令和３年度補正林野庁補助事業

令和３年度　木材製品の消費拡大対策のうち
ＣＬＴ建築実証支援事業のうち
ＣＬＴ等木質建築部材技術開発・普及事業

ＣＬＴパネル工法用接合金物の開発、合理化検討

報告書

令和５年２月

公益財団法人　日本住宅・木材技術センター
一般社団法人 日本ＣＬＴ協会

令和３年度　木材製品の消費拡大対策のうち
CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業
CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討　報告書

目　次

第 1 章　はじめに
1.1　事業の目的……第 1 章- 1
1.2　実業概要……第 1 章- 1
1.3　スケジュール……第 1 章- 2
1.4　実施体制……第 1 章- 3
1.5　接合金物委員会議事要録……第 1 章- 6
1.6　接合金物 WG 議事要録……第 1 章-16
1.7　構造設計小委員会議事要録……第 1 章-27

第 2 章　架構形式、接合部位による合理的な接合形式、耐力条件の整理
2.1　基本方針……第 2 章- 1
2.2　必要性能の整理……第 2 章- 2
2.2.1　必要性能の考え方……第 2 章- 2
2.2.2　Ｎ値計算による引張接合部の必要性能……第 2 章- 3
2.2.3　せん断接合部の必要性能……第 2 章- 7
2.3　接合形式の整理……第 2 章-15
2.3.1　検討対象……第 2 章-15
2.3.2　接合金物の分類……第 2 章-16
2.3.3　接合金物の比較表……第 2 章-34
2.4　まとめ……第 2 章-39

第 3 章　CLT パネル工法の設計、施工実務者等に対するアンケート
3.1　アンケートを行う背景と目的……第 3 章- 1
3.2　アンケート調査の概要……第 3 章- 1
3.2.1　調査方法……第 3 章- 1
3.2.2　アンケート回収率……第 3 章- 1
3.3　アンケート結果の概要……第 3 章- 2
3.3.1　回答者の属性と回答者が設計、施工を行った建築物の概要……第 3 章- 2
3.3.2　クロスマーク表示金物を設計、施工で用いて感じたこと……第 3 章- 7
3.3.3　クロスマーク表示金物に感じていることにおける金物別まとめ……第 3 章-12
3.3.4　クロスマーク表示金物がどのようなことで「使いにくい」「やや使いにくい」と感じているかの金物別まとめ……第 3 章-15
3.3.5　クロスマーク表示金物の改良方法について……第 3 章-16
3.3.6　クロスマーク表示金物に感じていること……第 3 章-18
3.3.7　他の木造建築物と CLT パネル工法の金物使用量を比較して感じること……第 3 章-19
3.3.8　低層の CLT パネル工法が Z マーク表示金物程度の接合部で設計可能となった場合について……第 3 章-20
3.3.9　CLT を利用した建築物についての意見、感想について……第 3 章-22
3.4　設計者向けアンケート結果の詳細……第 3 章-23
3.4.1　回収数……第 3 章-23
3.4.2　回答者属性……第 3 章-23
3.4.3　CLT を用いた建築物の設計経験の有無と経験棟数……第 3 章-25
3.4.4　CLT を用いて設計を行った建築物について……第 3 章-26
3.4.5　CLT を用いた設計経験者が採用している接合金物……第 3 章-30

3.4.6　クロスマーク表示金物を設計で用いた経験の有無と
設計時で生じた不都合、不具合……第 3 章-32
3.4.7　金物メーカー等のオリジナル金物の使用状況……第 3 章-33
3.4.8　クロスマーク表示金物を用いた設計をして感じたこと……第 3 章-35
3.4.9　クロスマーク表示金物の良いと思われる改良方法……第 3 章-38
3.4.10　クロスマーク表示金物について感じていること……第 3 章-39
3.4.11　CLT パネル工法で必要とされる金物数量に対して
感じていること……第 3 章-40
3.4.12　低層の CLT パネル工法建物が Z マーク表示金物程度の
接合部で設計可能となった場合……第 3 章-41
3.4.13　CLT を利用した建築物についての意見、感想……第 3 章-42
3.5　施工者向けアンケート結果の詳細……第 3 章-44
3.5.1　回収数……第 3 章-44
3.5.2　回答者属性……第 3 章-44
3.5.3　CLT を用いた建築物の施工経験の有無と経験棟数……第 3 章-46
3.5.4　CLT を用いて施工を行った建築物について……第 3 章-46
3.5.5　CLT を用いた施工経験者が使用した接合金物……第 3 章-49
3.5.6　クロスマーク表示金物を施工で用いた経験の有無と
施工時で生じた不都合、不具合……第 3 章-51
3.5.7　金物メーカー等のオリジナル金物の使用状況……第 3 章-52
3.5.8　クロスマーク表示金物を施工して感じたこと……第 3 章-54
3.5.9　クロスマーク表示金物の良いと思われる改良方法……第 3 章-57
3.5.10　クロスマーク表示金物について感じていること……第 3 章-57
3.5.11　CLT パネル工法で必要とされる金物数量に対して
感じていること……第 3 章-59
3.5.12　低層の CLT パネル工法建物が Z マーク表示金物程度の
接合部で設計可能となった場合……第 3 章-60
3.5.13　CLT を利用した建築物についての意見、感想……第 3 章-60
3.6　まとめ……第 3 章-62

第 4 章　低層小規模建築物向けの接合金物のプロトタイプの開発

4.1　基本方針……第 4 章- 1
4.2　実験計画……第 4 章- 2
4.3　実験結果……第 4 章- 9
4.4　考察……第 4 章-21
4.5　まとめ……第 4 章-27
4.6　低層小規模建築物向け接合金物を用いた CLT 建物の安全性の
確認をするための解析……第 4 章-28

第 5 章　CLT パネル工法に関する技術資料

5.1　CLT 関連告示等解説書（案）の改訂概要……第 5 章- 1
5.2　CLT 関連告示等解説書（案）……第 5 章- 9
5.3　設計施工マニュアル（案）の改訂概要……第 5 章-46
5.4　設計施工マニュアル（案）……第 5 章-50

第 6 章　まとめ

6.1　今年度の検討……第 6 章- 1
6.2　引きボルト方式の金物……第 6 章- 1
6.3　今後の課題……第 6 章- 1

参考

参考資料　試験報告書……参考資料- 1

第１章　はじめに

1.1　事業の目的

CLT パネル工法による低層小規模建築物から中高層建築物の効率的な生産体制と普及促進を図るため、CLT の層構成や建築物の様々な規模、架構形式に対応した効率的な接合形式について実験と解析を通して検証し、既存の接合金物の合理化に加え、新たな接合方法（引きボルト方式等）の開発検討を行う。

また、2050 カーボンニュートラルに向けた CLT の更なる利用拡大に向け、「CLT の普及に向けた新たなロードマップ」に対応して、CLT 関連告示（平成 28 年国交告第 611 号）が令和 4 年 11 月に改正された。このため、「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」及び「CLT 関連告示等解説書」（以下、「設計施工マニュアル等」という。）等について、最新の告示改正内容や技術的知見を反映し、分かりやすい解説等を加えて内容の拡充を図る。

1.2　事業概要

①接合金物委員会の開催等

学識経験者、設計実務者等により構成される接合金物委員会を設置し、CLT パネル工法の架構形式、構造特性を反映して、低層小規模建築物から中高層建築物までの接合金物の簡易化、合理化、適用範囲の検討、実験、解析による検証について検討する。

②CLT パネル工法の架構形式、接合部位による合理的な接合形式、耐力条件の整理

CLT パネル工法による 2 階建て延べ面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物から、6 階建て程度の中層建築物を対象とした、架構形式、接合部位における接合形式、耐力条件等に関する既往の設計図書、実験データ等の文献調査を行い、それぞれのケースにおける合理的な接合形式（長ビス接合、ドリフトピン接合、引きボルト方式等）、それぞれの耐力条件等について整理する。

③CLT パネル工法の設計、施工実務者等に対するアンケート

関係団体等の協力を得て、CLT パネル工法の設計、施工実務の経験者等に対して、CLT パネル工法において用いられている CLT パネルの層構成、材寸、工具等の状況のほか、意匠性、施工性等の観点も踏まえた接合金物の合理化に関するアンケートを行う。

④低層小規模建築物向けの接合金物のプロトタイプの開発

CLT パネル工法による２階建て延べ面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物を対象とする架構形式、用いる CLT パネルの層構成、耐力条件等の要求性能、みえがかり等の意匠性、施工性等の条件を整理し、要求性能を満たし、施工性が高く低コストな接合金物のプロトタイプ素案について開発する。

⑤接合金物のプロトタイプ素案の検証、規格案のまとめ

④のプロトタイプ素案について、構造試験等による性能検証、施工性の確認等を行い、接合金物の規格案をとりまとめる。

⑥技術資料の作成

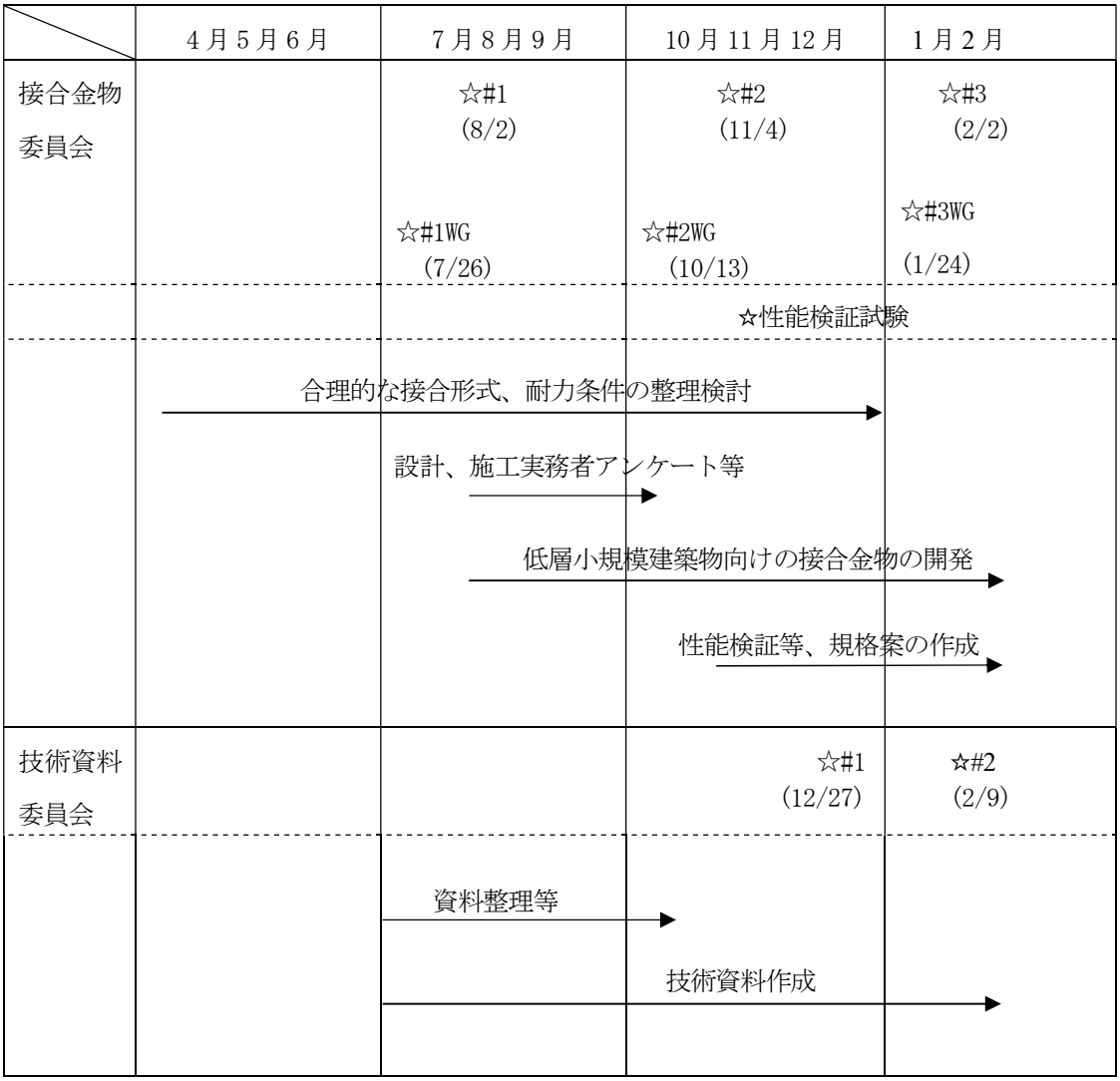
・CLT 関連告示の改正内容の反映 CLT の材料強度を定める告示（平成 13 年国交告第 1024 号）において、7 層 7 プライに係る曲げ及びせん断の基準強度が追加されるとともに、CLT パネル工法を用いた建築物に係る構造方法の技術基準を定める告示（平成 28 年国交告第 611 号）において、ルート 2 が適用可能な建築物の規模の拡大（3 階以下⇒6 階以下）及び応力割増係数の合理化、ルート 3 の構造特性係数の合理化等の構造方法に関する技術的基準の合理化がなされたことから、その内容を反映して、分かりやすい解説を加える。

・CLT パネル工法の構造計算手法の合理化等に関する解説 CLT パネル工法の構造計算手法について、技術的

基準の合理化の検討内容を反映して、分かりやすい解説を加える。

・設計施工マニュアル等の拡充 (1) から (2) の成果をもとに、設計施工マニュアル案等の内容の拡充を行う。

1.3　スケジュール



1.4　実施体制

ＣＬＴパネル工法用接合金物の開発、合理化検討　接合金物委員会（順不同、敬称略）

委員長	河合　直人	工学院大学　建築学部建築学科　教授
委　員	五十田　博	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　教授
	森　拓郎	広島大学大学院　先進理工系科学研究科　准教授
	中川　貴文	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　准教授
	槌本　敬大	(国研)建築研究所　材料研究グループ　上席研究員
	山崎　義弘	(国研)建築研究所　材料研究グループ　主任研究員
	中島　昌一	(国研)建築研究所　構造研究グループ　主任研究員
	荒木　康弘	国土交通省　国土技術政策総合研究所　建築研究部 基準認証システム研究室　主任研究官
	秋山　信彦	国土交通省　国土技術政策総合研究所　建築研究部 評価システム研究室　主任研究官
	貞広　修	(一社)日本建築構造技術者協会　木質系部会主査
	竹内　章博	(一社)日本建設業連合会　標準化・規格化サブＷＴ委員
	金井　邦夫	木造住宅接合金物協会　会長
	向井　昭義	(公財)日本住宅・木材技術センター　理事兼試験研究所長
	飯島　敏夫	(公財)日本住宅・木材技術センター　参与兼認証部長
	鈴木　圭	木構造振興（株）　主任研究員
協力委員	日向　潔美	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　課長補佐
	今井　翔	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　木材技術担当専門職
	納富　昭光	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付　課長補佐
	今田　多映	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付
	高梨　潤	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室　課長補佐
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	戸田　淳二	(株)中央設計　代表取締役
	篠原　昌寿	(株)構造計画研究所　室長
	野田　卓見	(株)構造計画研究所
	中越　隆道	中越建築設計事務所一級建築士事務所
	山本　昌秀	東急建設（株）　建築事業本部事業統括部木造推進部　担当課長
	辻　拓也	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野
事務局	坂部　芳平	(一社)日本ＣＬＴ協会　専務理事
	車田　慎介	(一社)日本ＣＬＴ協会
	谷口　翼	(一社)日本ＣＬＴ協会　開発技術部
	宿輪　桃花	(一社)日本ＣＬＴ協会　開発技術部
	金子　弘	(公財)日本住宅・木材技術センター　専務理事
	増村　浩	(公財)日本住宅・木材技術センター　認証部兼研究技術部課長
	高橋　秀樹	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	緒方　舞	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	渡部　宥太	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	板橋　雄一	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任

ＣＬＴパネル工法用接合金物の開発、合理化検討　接合金物 WG（順不同、敬称略）

主　査	五十田　博	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　教授
委　員	山崎　義弘	(国研) 建築研究所　材料研究グループ　主任研究員
	中島　昌一	(国研) 建築研究所　構造研究グループ　主任研究員
	秋山　信彦	国土交通省　国土技術政策総合研究所　建築研究部 評価システム研究室　主任研究官
	潮　康文	木造住宅接合金物協会
	向井　昭義	(公財) 日本住宅・木材技術センター　理事兼試験研究所長
	飯島　敏夫	(公財) 日本住宅・木材技術センター　参与兼認証部長
	鈴木　圭	木構造振興（株）　主任研究員
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	戸田　淳二	(株) 中央設計　代表取締役
	篠原　昌寿	(株) 構造計画研究所　室長
	野田　卓見	(株) 構造計画研究所
	中越　隆道	中越建築設計事務所一級建築士事務所
	辻　拓也	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野
	玉岡　富彦	タカヤマ金属工業(株)　商品開発部長
事務局	坂部　芳平	(一社) 日本ＣＬＴ協会　専務理事
	車田　慎介	(一社) 日本ＣＬＴ協会
	谷口　翼	(一社) 日本ＣＬＴ協会　開発技術部
	宿輪　桃花	(一社) 日本ＣＬＴ協会　開発技術部
	金子　弘	(公財) 日本住宅・木材技術センター　専務理事
	増村　浩	(公財) 日本住宅・木材技術センター　認証部兼研究技術部課長
	高橋　秀樹	(公財) 日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	緒方　舞	(公財) 日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	渡部　宥太	(公財) 日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	板橋　雄一	(公財) 日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任

ＣＬＴ設計施工マニュアル編集委員会　構造設計小委員会　委員名簿（順不同、敬称略）

主　査	河合　直人	工学院大学　建築学部建築学科　教授
委　員	五十田　博	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　教授
	中川　貴文	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　准教授
	三宅　辰哉	(株)日本システム設計　代表取締役
	槌本　敬大	(国研)建築研究所　材料研究グループ　上席研究員
	荒木　康弘	国土技術政策総合研究所　建築研究部　主任研究官
	貞広　修	(一社)日本建築構造技術者協会
	鈴木　圭	木構造振興(株)　主任研究員
協力委員	日向　潔美	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　課長補佐
	今井　翔	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　木材技術担当専門職
	納富　昭光	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付　課長補佐
	今田　多映	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付
	高梨　潤	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室　課長補佐
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	櫻井　郁子	(株)日本システム設計
	篠原　昌寿	(株)構造計画研究所　室長
	中島　昌一	(国研)建築研究所　構造研究グループ　主任研究員
事務局	坂部　芳平	(一社)日本ＣＬＴ協会　専務理事
	中越　隆道	(一社)日本ＣＬＴ協会
	谷口　翼	(一社)日本ＣＬＴ協会　開発技術部
	宿輪　桃花	(一社)日本ＣＬＴ協会　開発技術部
	金子　弘	(公財)日本住宅・木材技術センター　専務理事
	増村　浩	(公財)日本住宅・木材技術センター　認証部兼研究技術部課長
	高橋　秀樹	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	緒方　舞	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	渡部　宥太	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任
	板橋　雄一	(公財)日本住宅・木材技術センター　研究技術部技術主任

1.5　議事要録

令和 3 年度補正　CLT パネル工法用接合金物開発、合理化検討事業

第 1 回　接合金物委員会　議事要録

日時	令和 4 年 8 月 2 日（火） 10:00～12:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	委員長	河合直人			
	委員	五十田博 山崎義弘 貞広修 向井昭義	森拓郎 中島昌一 竹内章博 飯島敏夫	中川貴文 荒木康弘 金井邦夫 鈴木圭	槌本敬大 秋山信彦
	協力委員	（日向潔美） 今田多映	今井翔 （高梨潤）	巻田和丈	納富昭光
	オブザーバー	戸田淳二 （山本昌秀）	篠原昌寿 辻拓也	野田卓見	中越隆道
	協力	坂部芳平	車田慎介	谷口翼	宿輪桃花
	事務局	金子弘 渡部宥太	増村浩 板橋雄一	髙橋秀樹	緒方舞

配付資料
資料 1-0：第 1 回接合金物議事次第
資料 1-1：CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討
資料 1-2：木造住宅・CLT 建築物に関する接合金物の現行規格と合理化方向性（案）
資料 1-3：設計者向けのプレアンケート
資料 1-4：施工者向けのプレアンケート
資料 1-5：プレアンケート結果の考察
資料 1-6：設計者向けのアンケート（本番）
資料 1-7：施工者向けのアンケート（本番）
資料 1-8：アンケート実施内容

1. 開会の発声

・　事務局より開会の挨拶を行い、その後、林野庁の今井様よりご挨拶を頂いた。
・　委員紹介後、河合委員長よりご挨拶を頂いた。

2. 議事

（1）今年度の事業内容について

事務局より資料 1-1 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。

・　今年度は、2 階建て延べ面積 500 ㎡未満の低層小規模建築物を対象として開発・検討していくと説明があったが、「500 ㎡未満」の数字は変わると思うが、そのつもりでよいか。　荒木委員

⇒ご指摘の通りのため、資料 1-1 は 300 ㎡未満に訂正する。　住木 C

（2）接合金物の現行規格と合理化の方向性について 事務局より資料 1-2 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ 4 階建以上の建築物に使用する金物で、ドリフトピンφ20 で 5 本打ちのせん断金物が抜けいているので記載してほしい。	鈴木委員
⇒表へのせん断金物の追加を検討する。	住木 C
（3）プレアンケート調査結果について 事務局より資料 1-3～1-5 について説明したところ、委員より下記な意見・質問があった。	
・ プレアンケートに回答された方は、本アンケートでも回答をいただくのか。	河合委員長
⇒本アンケートの設問も同じ内容のため、改めて回答いただかない予定だが、貴重な回答や意見なので、最後の集計には反映させる。	CLT 協会
・ 資料 1-3 の Q7 に指定建築材料の記載があったが、クロスマーク金物や鋼板、ドリフトピンは指定建築材料の認識はなかったが行政指導などを受けたのか。	槌本委員
⇒行政指導などは受けていないが、建築基準法第 37 条に材料の品質が明示されているため、従来の規格金物よりも高耐力であるクロスマーク金物については、重要性を鑑みて指定建築材料の鋼材としている。	飯島委員
⇒木造建築物用の接合金物については、見方によっては構造用鋼材ではないかとの指摘も一部にはあるが、構造用鋼材ではないとの認識で進めてきているため、CLT パネル工法用以外の工法でも指定建築材料を使用しなければいけなくなるのではないか。品質は確保しなければいけないが、建築基準法第 37 条に指定されているとの記述はなくした方がいい。	槌本委員
⇒誤解を生まないように表現を変えて欲しい。	河合委員長
⇒住木センターと相談して書き方を変える。	CLT 協会
・ 設計者向けアンケートで、普段どのような工法の建築物を設計しているのか、属性や背景が分かるような質問があった方がよい。	貞広委員
⇒アンケート内に普段どのような工法の建築物を設計しているか、属性が分かる質問を追加する。	CLT協会
・ プレアンケートの自由回答では、現しの記述があった。今年度は、開発のメインターゲットが低層向けであり、現しのニーズが多いと思うため、現しに対する質問があったほうがよい。	荒木委員
⇒設問内で現しに対する記述を追加する。	中越氏
・ ヒアリング対象で大手ゼネコンの方がいた場合に、規模が大きく本年度のターゲットの低層向けとは異なってくるのではないか。	荒木委員

⇒中層で CLT を使っている方もアンケート対象になってくるが、中層や規模が大きい建物の場合は、オリジナル金物を使用していると思われる。アンケート結果に大きな影響を与えるとは思えないが、低層との記載を入れたほうが良いか。	中越氏
⇒アンケート序盤で今年度は低層を対象としていると記載したほうが、回答している方には意図が伝わりやすいと思うので低層の記載を入れる。	河合委員長
・ 住木センターが評価し認定を与える段階では指定建築材料としても良いと思うが、今回のターゲットが低層であり、開発をする前提なので指定建築材料でなければならないとの記述は無くした方が良い。	五十田委員
⇒一定の品質は必要と考えているが、木造の接合金物に関して建築基準法第 37 条の指定建築材料が必要との認識はしていない。誤解のないような記載が望ましい。	納富氏
⇒低層が対象であり既整促の委員会では住宅金物程度で進んでいる。次年度以降に中高層向けアンケートを取るのであれば、Q7 は無くても良いのでは。	荒木委員
⇒検討する。	住木C
・ 一人一回のアンケート回答のようだが、設計の方が携わった建物によって、アンケートの回答が異なるのではないか。	貞広委員
⇒アンケート内で代表的な建物について記入を求めているので、それを中心にした回答になると想定している。それ以外については自由記入欄に記載されることを想定している。	中越氏
⇒アンケート用紙に代表的な建物について記入してもらい、その他の建物については自由記入欄に書いていただけば良いのではないか。	河合委員長
(4) アンケート調査について 事務局より資料 1-6～1-8 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ Q4 にボルト(LSB 等)との記載があるが、ボルトと LSB が同じものとは言い難い。ボルト接合のみとした方が、その他の欄にオリジナルのものを記載してくれると思う。	森委員
→ボルト接合に修正する。	CLT協会
・ 今回の委員会で上がった意見などを反映して、本アンケートを進めて欲しい。	河合委員長
(5) その他 次回日程　第 2 回接合金物委員会　令和 4 年 11 月 4 日(金)10 時～12 時	
3. 閉会 事務局より、閉会の挨拶を行った。 以上	

令和 3 年度補正　CLT パネル工法用接合金物開発、合理化検討事業

第 2 回　接合金物委員会　議事要録

日時	令和 4 年 11 月 4 日（金） 10:00～12:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	委員長	河合直人			
	委員	五十田博 山崎義弘 貞広修 向井昭義	森拓郎 （中島昌一） 竹内章博 飯島敏夫	中川貴文 荒木康弘 金井邦夫 鈴木圭	槌本敬大 秋山信彦
	協力委員	日向潔美 （高梨潤）	今井翔	（納富昭光）	今田多映
	オブザーバー	戸田淳二 （山本昌秀）	篠原昌寿 （辻拓也）	野田卓見	中越隆道
	協力	坂部芳平	車田慎介	谷口翼	宿輪桃花
	事務局	金子弘 渡部宥太	増村浩 板橋雄一	髙橋秀樹	緒方舞

配付資料
資料 2-0：第 2 回検討委員会議事次第
資料 2-1：第 1 回検討委員会議事要録(案)
資料 2-2：設計者向けアンケート及び施工者向けアンケート結果まとめ
資料 2-3：引張接合部の目標性能と接合方式の検討
参考資料 1：CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討
参考資料 2：成果報告会のご連絡「CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業」

1. 開会の発声

・　事務局より開会の挨拶を行い、初参加の委員の紹介を行った。

2. 議事

（1）前回委員会の議事要録(案)の確認について

事務局より資料 2-1 について説明を行い、訂正等の意見がなかったため議事要録は承認となった。

（2）アンケート調査結果の報告について

日本 CLT 協会の宿輪氏より資料 2-2 について説明したところ、委員より下記の意見があった。

・　アンケート結果を参考にしながら、今後の方向性を検討し活用していきたい。　河合委員長

（3）引張接合部の目標性能と接合方式の検討について

構造計画研究所の野田氏より資料 2-3 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。

・ 試験体の図面に土台があるが必要あるのか？アンカータイプであれば土台は必要ないと思う。	鈴木委員
⇒加力は引っ張る側のみなのか？	河合委員長
⇒引っ張る側のみの試験になる。	野田氏
⇒正負交番でなければ土台は無しで良い。	河合委員長
⇒土台無しに変更する。	野田氏
・ 色々な金物を提案してもらった中で、C マーク金物の HD を CLT の木口面に取り付けるようなマイナーチェンジ型の金物で提案されているが、C マークは枠組み壁工法用なので耐力壁内に空隙があり、空隙側に金物を取り付けることでサッシや建具と干渉しないような納まりになる。CLT パネル工法で木口につけるとサッシや建具側に出てくるので、L 字型や T 型部分では非常に納まりが悪くなる。納まりについては詳細に検討しているのか？	中越氏
⇒C マークの HD に関しては現し対応△としており、木口をうまく隠せる場合のみとしている。完全な現し対応としてはパイプ金物や鋼板挿入金物を想定しているが、来年度以降に検討する予定となっている。	野田氏
⇒外周壁に関して壁倍率 5 倍は適当だと思う。外周壁で現し対応にしたい場合、ひら金物を外部側に取り付けて納める方がアンケートの結果からも望ましいと思う。オリジナルのひら金物を作って進める方向はなくなったのか？	中越氏
⇒今年度の優先順位の関係で、オリジナルのひら金物を検討するのは来年度以降を想定している。	野田氏
⇒現場や設計の会話の中で、周辺部材との納まりや施工性、コストの話題が上がる。ひら金物は一番安くアンケート結果からも望まれていると思う。ひら金物で耐力の出るものを開発することが一番の近道と認識している。	中越氏
・ 軸組工法でも枠組み壁工法でも、内部の壁は石膏ボード両面張りの壁倍率 2 倍程度が多いのだが、壁倍率 2 倍程度でも金物を付ける想定になるのか？	中越氏
⇒壁倍率 2 倍の必要性能は 10kN 程度で、ひら金物やコーナー金物の小さい金物で済むようになると思う。	野田氏
⇒2 階建ての 1 階の内壁脚部について壁倍率 2 倍で想定すれば、簡易な金物を使用できアンカーボルトがやたら出てこない設計ができるのか？	中越氏
⇒その認識である。	野田氏
・ 金物耐力に関して、短期許容耐力との記載だが、降伏耐力に上げることはできるのか？	中越氏
⇒靭性能は求めていなく、終局時は傾斜復元力で終局時を担保している。目標性能としては短期の中地震時の損傷防止を目的として短期許容耐力として決めている。	野田氏
⇒層間変形がない状態で剛接合に近い状態で金物が設定されることになるのか？	中越氏
⇒層間変形角に関しては目標性能とはしていない。	野田氏
⇒降伏耐力と短期基準耐力はどういう関係になっているのか？降伏耐力と 2/3Pmax の小さい方で決めているのではないのか？通常は降伏耐力で決まることが多いと思う。	河合委員長
⇒リストにある金物のほとんどは降伏耐力で決まっている。	飯島委員

・ 今年度は HD 金物タイプの実験データを取得することはいいと思う。3 層 3 プライはビスがいいところに来て、5 層 5 プライは少しずらすことで対応できるが、3 層 4 プライになるとビスが接着積層に来てしまっている。ずらすと CLT 木口面に打つことになってしまうので、今後検討してほしい。	河合委員長
・ 燃えしろ設計をほぞパイプや鋼板挿入で行う場合、納まり例の中に CLT90 ㎜厚の場合 10 ㎜厚の板、120 ㎜厚の場合 25 ㎜厚の板との記載があったが、金物に対する耐火についての仕様の解説文の中に、金物を隠す場合板厚 30 ㎜以上との記載がマニュアルにあったと思うので確認してほしい。	中越氏
⇒確認します。	野田氏
・ 曲げ戻しを考慮して引張金物の仕様を決めているが、梁の剛性によっても変わってくると思う。終局の研究結果を反映すると将来的に引張接合部の目標性能も変わってくるのか？	貞広委員
⇒梁の曲げ戻しに関しては、軸組工法と同程度の曲げ戻しが見込めると仮で想定して行っている。終局状態を考えるとさらに大きな梁が必要になるかもしれない。B の値の細かい数字は変わる可能性があるので精査する。	野田氏
・ 金物比較表の中に施工性と製造コストがかかれており、◎、〇など漠然と書かれているが、製造コストの中には施工性も含まれているのか？	貞広委員
⇒製造コストには単純に鋼材料のみで評価している。施工性は別で評価している。	野田氏
・ P4 の引張接合部の目標性能の図の部分で 2F の脚部は良いのだが、2F の真ん中にある耐力壁の頂部は 5kN で良いのか？端部の場合対角の B の値は下が 0.8 で上が 0.2 で良いが、内部の場合は下が 0.5 で上も 0.5 になる。	河合委員長
⇒訂正します。	野田氏
・ 別事業で N 値計算で目標性能を算出しているところだが、うまくいくかは今後の検討次第。まずは N 値計算でできる仕様を決めてみようという話である。この計算過程が成立する話であれば、梁成や床材がどれくらい必要になるか求めてみようと思っている。梁成がかなり大きくなってしまうのであれば、何かしらの数値を補正することも考えている。将来的には細かい仕様毎に B という値が変わってくるかもしれない。最初の段階としては現状の計算式で求まるような仕様を決めている。それがだめであればそこから求まる数値を決める。最後の手段としてパラスタをやっていろんな数値を決める必要がある。 　側面から金物を留め付ける仕様は京大で実験をしているが問題があると思っている。土台の割れで先に決まってしまうため、工法を変えるのか、下から金物をコの字に巻くか、もっと簡易な方法や 2 枚並べてみるような仕様にするのか。上下階の接合や頂部は問題ないと思うが、一番応力の大きくなる部分の土台については工夫が必要であると感じた。その辺の工夫をこの事業の中で検討すると思っているが、土台側で決まってしまいあまり耐力が上がってこないのかもしれない。 　納まりの話があったが、他の事業では納まり図を整理してある。どんなものが納まればよいかはわかってやっているが、整理した状態で保留にしてある。必要性能が決まらないと、納まりを考えても手戻りになる。	五十田主査

許容耐力と降伏耐力の話は結論が出たようだが、建研で実験をやっているところで、金物はあんまり効いていない印象。意外と効いているのはホゾパイプで土台が割れていく。せん断力が伝達されていくと、せん断力の摩擦によってホゾパイプのところで摩擦が効いて土台を持ち上げるというような現象が起こっていて、ホゾパイプが意外とせん断にも効き、引張にも効く状況になっている。せん断力が入る壁では、せん断のホゾパイプを引張にうまく使っていく話はあり得るかと思うが他の事業と関係してくる。 燃えしろの話があったがこの事業では燃えしろを対象としていないと思う。 とりあえずこれくらいの性能のもので実験したらこれくらいの耐力が出そうだっていうのを別事業で明らかにして、その情報がこの事業にフィードバックされてくると具体的な検討がされてくると思う。他の事業の方がこちらの事業に情報を提供できるくらいの十分な情報がまだ集まっていないところ。	
・ 燃えしろについては、表立って出てきてはいなかったが、アンケートでは現し対応という話が出てきているので、頭の片隅には入れておいたほうが良い。	河合委員長
・ 金物についていろいろなタイプのものを整理した中で、今年度特にデータを取得するということで 4 種類の HD 金物タイプで 6 体ずつという方向で進みたいと思う。	河合委員長
（4）その他 次回日程　第 3 回接合金物委員会　令和 5 年 2 月 2 日（木）10 時 30 分～12 時 30 分	
3. 閉会 事務局より、閉会の挨拶を行った。 以上	

令和 3 年度補正　CLT パネル工法用接合金物開発、合理化検討事業

第 3 回　接合金物委員会　議事要録

日時	令和 5 年 2 月 2 日（木） 10:30～12:30				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	委員長	河合直人			
	委員	五十田博 山崎義弘 貞広修 向井昭義	森拓郎 （中島昌一） 竹内章博 飯島敏夫	中川貴文 荒木康弘 金井邦夫 鈴木圭	槌本敬大 秋山信彦
	協力委員	日向潔美 （高梨潤）	今井翔	（納富昭光）	今田多映
	オブザーバー	戸田淳二 山本昌秀	篠原昌寿 （辻拓也）	野田卓見	中越隆道
	協力	坂部芳平	車田慎介	谷口翼	宿輪桃花
	事務局	金子弘 渡部宥太	増村浩 板橋雄一	（髙橋秀樹）	緒方舞

配付資料
資料 3-0：第 3 回接合金物委員会議事次第
資料 3-1：第 2 回接合金物委員会議事要録(案)
資料 3-2：接合金物の性能試験について
資料 3-3：報告書目次案
資料 3-4-1：CLTパネル工法用接合金物の開発、合理化検討事業スケジュール（案）
資料 3-4-2：事業成果概要記入フォーム
参考資料 1：CLTパネル工法用接合金物の開発、合理化検討
参考資料 2：接合部の目標性能と接合方式の検討

1. 開会の発声

・　事務局より開会の挨拶を行った。

2. 議事

（1）前回委員会の議事要録(案)の確認について

事務局より資料 3-1 について説明を行い、訂正等の意見がなかったため議事要録は承認となった。

（2）接合金物の性能試験結果について

構造計画研究所の野田氏より資料 3-2 について説明いただいたところ、委員より下記の意見があった。

・　今回使用している Z マークのビスは、ねじ部分の外径が 6 ㎜、胴の部分の外径も 6 ㎜と径が一緒のタイプになっている。ねじの部分は溝を切っているが、胴の部分は溝を切っていない形状なので、胴の部分で木材が圧縮されることにより、割れが生じていると思われた。ビスの胴　　鈴木委員

を細く改良する方法がある。縁距離の話もあったが、幅はぎの奥行きが違うと、割裂の面積が変わるので影響がありそう。胴の部分で割裂が生じているのであれば、胴の長さ分幅はぎが残ってしまうと割れやすくなると思う。 板目と柾目によって影響するのかどうか、今回は板目にビスを打っており、年輪の向きに対してビスを打っている。積層方向に斜めに打てるような金物の形状もあってもいいと思う。	
・ 幅はぎの位置が今回 67 ㎜だが、その半分の 30 ㎜になった場合、結果が大きく変わってくるのか。	貞広委員
⇒幅はぎの幅が大きい方が、割裂を抑えようとする効果が大きいと思う。30 ㎜くらい幅が小さくなれば、耐力は下がると思う。	野田氏
⇒今回の金物を取り付けた場合の基準耐力は、幅はぎに条件を付ける結果になると思う。	貞広委員
⇒最弱の場合の検証をするとしたら、回転の中心位置に幅はぎが来る場合と、胴部の長さの位置に幅はぎが来る場合の 2 点があると思う。	鈴木委員
⇒幅はぎ位置がビスの頭に近くなれば、割裂が生じやすくなることは確かだと思うが、幅はぎが小さくなれば、割裂したとしてもねじ部分が大きく残ると思う。割裂が生じれば耐力は低下すると思うが、幅はぎの幅が小さければあまり下がらないとも思う。 今回の結果から話を進めるのであれば、設計施工上で難しくなってしまうと思うが、設計の方で条件を付すことになる。	河合委員長
（3）報告書目次について 事務局より資料 3-3 について説明を行った。	
（4）今年度の今後のスケジュールについて 事務局より 3-4-1、3-4-2 について説明を行った。	
（5）来年度以降の展開について 参考 1、参考 2 を基に事務局より説明を行った。その後意見交換を行ったところ、委員より下記の意見があった。	
・ 今年度は要求性能がよくわからない中、仕様規定の創設に関連している部分と、ルート1に関連している部分と 2 つがある。仕様規定について明確に要求性能がまだわかっていない中で試行錯誤で検討している状況。ルート1の方についても倒壊限界を明らかにして必要性能を見直そうという動きもあるので、そちらとも連携していかなければいけない。 アンケートに基づいて検討を進めると、金物を簡易化したい、高強度取りたい、納まりよくしたいなど、トレードオフの関係になっているものがあり、なかなか難しいところがある。ターゲットを絞りながら来年度進めていきたいと思う。 幅はぎの問題やビスの胴径の問題、木材の割れの問題という話は、CLT パネル工法が出来た当初から、接合部に関わっていつも議論されている問題である。材料に関しては安全率をかけていて、設計上でも安全率をかけている中で、本当に注目しなければいけない問題なのか、	五十田主査

一度きちんと検討しなければいけないと思っている。CLT 全体について今一度考える時期に来ている印象を持っている。	
⇒幅はぎ位置と接合部耐力の関係について、全体としては未整理である。今回議論が再燃しているのは、今回従来の検討とは違った木口打ちというところで、知見が少ないためだと思う。	河合委員長
⇒CLT の新しい接合部を開発していくうえで、どういう評価をしたら安全が担保されているのか、まだまだ整理されていないと思う。	五十田主査
⇒学会の委員会では集合型破壊として、木質構造設計基準の検討で整理しようと思っているところ。今回の木口打ちについてはまだ知見がないので、検討は難しいと思う。	鈴木委員
・ 今後の開発案件でドリフトピンなど、SS400 に相当する材料として指定されてくると思う。指定建築材料なのかどうかの判断のアドバイスを取組みとして入れていただくと、製造する側としては生産しやすいと思う。HD 金物の接合具のビスについても SWRCH が指定された生産品として金物メーカーは作っている。軟鋼線材の SWR 材や冷間圧造用の CH 材は指定建築材料には含まれていない。金物本体は指定建築材料でも、接合具が準拠していない場合がある。その辺も読み取れる環境があると製造側として製造しやすくなると思う。	金井委員
⇒指定建築材料として指定されていないものについて、何かを言及すると色々と制限がかかってしまう。現状維持が技術開発として一番良いと思う。粗悪品等は排除するべきなので、そこをどういう風に担保するかは検討する必要がある。	槌本委員
・ CLT のドリフトピン接合というのは、有効な接合具として今後使えると思っている。研究としてもかなり進んでいることもある。マニュアルの改訂の中にドリフトピン接合も入れていただきたい。ドリフトピンの配置の事例集みたいなのを、この事業で検討することもできると思う。接合についてバリエーションを増やし、マニュアルに載ってくると設計しやすくなると思う。	五十田主査
⇒建研で設計式や適用範囲をまとめた資料を作成してあるので、2/9 の構造設計小委員会で諮りたい。マニュアルにドリフトピン接合部の設計方法を載せられるように進めていきたい。マニュアルに載れば、どこかの事業の中で具体的な配置例や鋼板の厚みなどの事例集を作れればいいと思う。	荒木委員
・ 指定建築材料には、鉄板を打ち抜くようなタッピングドリルねじがあり、強度区分や工場の品質管理等を定めているが鋼材の指定はない。接合金物用のタッピングねじは、指定建築材料に指定されていないので、住木センター規格のタッピンねじは指定建築材料のタッピンドリルネジを踏襲し、強度区分や工場の品質管理等を定めて性能や品質の維持に努めている。	飯島委員
（6）その他 林野庁の日向課長補佐より、ご挨拶を頂いた。	
3. 閉会 事務局より、閉会の挨拶を行った。 以上	

令和 3 年度補正　CLT パネル工法用接合金物開発、合理化検討事業

第 1 回　接合金物 WG　議事要録

日時	令和 4 年 7 月 26 日（火） 14:00～16:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	主査	五十田博			
	委員	山崎義弘 向井昭義	中島昌一 飯島敏夫	秋山信彦 鈴木圭	潮 康文
	オブザーバー	戸田淳二 辻拓也	篠原昌寿 玉岡富彦	野田卓見	中越隆道
	協力	坂部芳平	車田慎介	谷口翼	宿輪桃花
	事務局	金子弘 渡部宥太	増村浩 板橋雄一	髙橋秀樹	緒方舞

配付資料

資料 1－0 第 1 回検討WG議事次第
資料 1－1 今年度の事業内容、委員名簿について
資料 1－2 CLT パネル工法用接合金物の適用範囲
資料 1－3 設計者向けのプレアンケート
資料 1－4 施工者向けのプレアンケート
資料 1－5 プレアンケート結果の考察
資料 1－6 設計者向けのアンケート（本番）
資料 1－7 施工者向けのアンケート（本番）

1. 開会の発声

・ 事務局より開会の挨拶を行い、その後、五十田主査よりご挨拶を頂いた。
・ 事務局より委員を紹介した。

2. 議事

（1）今年度の事業内容、委員名簿について

事務局より資料 1-1 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。

・ 今年度は 2 階建て以下の CLT パネル工法用の建築物の検討を行うと説明があったが、ルート 1 の接合金物は対象にならないのか。　五十田主査
⇒ルート 1 の接合金物も対象となります。　住木 C
⇒事業概要の中で、ルート1の接合金物がどこに位置するのかわからない。　五十田主査

・ 仕様規定創設のための基整促のCLTパネル工法の仕様規定ルートとして、イ. 構造計算不要ルート検討 WG（以下、「構造計算不要WG」）とロ. 既存仕様規定対応仕様規定検討 WG（以下、「仕様規定 WG）が立ち上がっており、それぞれの WG で検討している内容が、合理的な接合金物のプロトタイプとして開発されるんだろうと思っている。ただ、構造計算不要 WG はルート 1 から外れる金物のため、この事業とどのように関連していくのかわかりにくい部分がある。一方で、仕様規定 WG では、合理的な金物の開発がありえると感じている。　五十田主査

⇒戸田氏は構造計算不要 WG のコンサルタントをされているため、事前に話を聞いたところ、接合金物の規格化に結びつけるところのイメージが沸かないと伺った。事務局としても、今後、どのような形で、話を進められるのかはわからない部分があるが、アンケートの結果が出てから、改めて打合せをさせていただければと考えている。	住木 C
⇒アンケートを踏まえて、ルート1の金物なり、基整促で検討している内容も反映できるものがあれば、それらを反映した形でプロトタイプを作っていこうということだと思う。凄くアンケートの結果が重要だと認識した。	五十田主査
・ 構造計算不要 WG は、ルート 1 から外れる接合方法もあり、その中から耐力を示せるものを検討している。採用している接合方法は、以前、建築研究所で実施した様々な接合方法からどれを利用したいのか聞いたアンケート結果から引きボルト接合を選んで、検討を進めた経緯がある。また、アンケートを取って、同じことを実施しようとしているのか。	山崎委員
⇒実施体制の図は、構造計算不要 WG と仕様規定 WG のどちらも検討の俎上に上げさせていただければという気持ちで作成している。仕様規定 WG では、住宅に使用している接合金物でもCLTに使えることが本事業で確認出来ればと考えている。構造計算不要 WG は、今の時点のニーズとして、なにがしか有益な結果がアンケートで得られれば、この場で活用していただくことを考えている。必ずしも以前の建築研究所で実施したアンケートとの関係を精査して作成したものではなく、現時点において、どのようなニーズがあるかを把握するものとご理解いただきたい。	住木 C
⇒構造計算不要 WG は、引きボルト形式で進めているが、もっと良いものがあれば適用を考えていく道筋を残しておく感じかと思う。何か新しい金物を考えた方が良くなった時に連携をはかることもあるのかもしれない。色々な場所で色々な事業が動いているので、整理は必要である。	五十田主査
⇒実施体制の図は、半年前に作成したものであり、現時点では少し進行しているため、色々と検討する余地があるとお考えいただければと思う。	住木 C
⇒別の事業で検討するから、ここでは実施しないのでは無く、耐力条件などを見つつ、新しい接合金物の可能性があるのなら、ここで検討を行う。	五十田主査
（2）CLT パネル工法用接合金物の適用範囲について 飯島委員より資料 1-2 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ 本事業が評価委員会であれば、資料 1-2 は凄く重要である。しかし、今回の事業はCLTパネル工法用の接合金物の開発であるため、最初から材料指定をすることが理解出来ない。試験を実施する時は材料の指定をしたり、品質を有するものを使用することに賛成であるが、ここの場は開発するための委員会のため縛りを設ける必要は無い。	五十田主査
（3）アンケート調査について 事務局より資料 1-3～1-7 について説明したところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ アンケートは、これから発信なのか。	五十田主査

⇒資料 1-3 及び 1-4 のプレアンケートでは一旦情報集めをさせていただいた。本番のアンケートについては 8 月 2 日の接合金物委員会で承認を得られた後の配信を考えている。CLT建築物の利用例で携わった事業者として、設計担当者 90 程度、施工担当者 60 程度の他、もう少し関係しているところがあれば配信を行う。なお、今回の委員会の関係者にも配信を考えている。	CLT 協会
⇒アンケート結果から、新しい接合金物を作っていく流れかと思うが、現状はコストが高い、ビスが多く施工が大変だという声を聴く。接合具の数を減らしたいのであれば、ドリフトピンなどに変えるべきだが、挿入型の鋼板の厚みが増したり、ボックス型の溶接が必要な重厚なものになり、コストが高くなる。新しい接合金物の開発をする時は、どうどう巡りしそうな心配もあり、アンケートの集計が難しいのではと感じた。前向きな意見でも、考えていく側の人間としては痛い意見も増え、ひとつひとつ解決しようと思うと、金物が重い・高いにたどり着いてしまう。	戸田氏
⇒住木センターとは、仕様規定 WG の接合金物は簡易化が図れそうで、そうの方向性として、資料 1-2 に示しているZマーク金物であれば簡易的に検討が出来そうだということ事前に打ち合わせも行っている。構造計算不要 WG では、引っ張りは引きボルトと限定しているが、せん断金物は合理化の可能性がありそうである。ビス径を太いものに変更したり、ドリフトピンの径を D20 に変更した場合、施工性、金物の重量、形状をどうするかを、これから検討するが、構造計算不要 WG やルート1の接合金物の簡易化・合理化へのアプローチになるのかと思っている。	中越氏
⇒クロスマーク金物を規格化した時は、ビス径が 6.5mm のものしか無かった。その後ビス径が 8 ㎜のものを規格化し、現在はビス径が 9 ㎜のものの規格化も検討している。径の太いビスを使用することで、ビスの本数を大幅に減らすことが出来ると考えている。納まりについては、色々と検討が必要となるが、接合具の種類が増えていため、様々なプロトタイプの開発が可能となると考えている。	飯島委員
⇒接合具の種類が増えたことで、1 本あたりのせん断耐力が上がるが、終局変形が大きい場合は、グラフ面積が大きくなり、Dsが稼げるということがあるが、終局変形が減ってしまい木材の割裂が起き、エネルギー吸収量が低くなる傾向にならないか。その辺が回避できるのであれば、本数が減らせて良いと思うが、靭性に富んだところにたどり着けそうなのか。	戸田氏
⇒クロスマーク金物では、6 階建て用のものを規格化している。その時の試験では、3 層 3 プライではなく、7 層 7 プライのため CLT 自体が厚くなり、厚さに見合った接合具、ドリフトピンの径で実験を行ったが、ある程度の靭性をもっていることを確認した。大型のものについては、来年、再来年の開発の中で検討いただければと考えている。	飯島委員
・ プレアンケートの設計者 8 名のうち、ゼネコン系は何名か。	飯島委員
⇒ゼネコン系は、竹中、清水、大成、飯田建設の 4 名である。	中越氏
⇒ゼネコンの方は、必ず建築基準法第 37 条指定建築材料のチェックシートを持っているので、回答では 37 条の扱いはきちんとなっているが、木造業界の方は、ほとんど確認されていないのではないか。クロス集計をすることによって、ある程度見えてくるのかと思うので、本番のアンケート結果の回答についてクロス集計をお願いできればと思う。	飯島委員

・　資料 1-6 の本アンケートの問 7 の質問だが、「低層の CLT パネル工法の建物が、Zマーク表示金物程度の簡易な接合部で・・・」となっているため、勢いで簡易になるのは良いとなってしまわないか。誘導しているような聞き方になっているため、「簡易な」は言わなくても良いと思う。	山崎委員
⇒そのように変更する。	中越氏
⇒このアンケートは、全体的に誘導しており、初めから答えがあって、その答えに行き着くためのアンケートになっているような感じはしている。接合部が簡単になれば良い、コストが安くなるのが良いと言うに決まっていると思うが、現状の問題点を今一度洗い出すというアンケートだと理解をしている。このアンケートの結果から、現状の問題点などを把握して、本事業の開発が正しい方向に進むようにバックアップする資料という位置づけだと思う。	五十田主査
・　資料 1-5 の問 5 では、「とても使いやすい」はあるが、「とても使いにくい」はない。どちらにも「とても」を付けるか、削除をして、バランスを取るべきではある。	中島委員
⇒「とても使いにくい」にするか「とても」を取ります。	中越氏
⇒補助事業のアンケートのため、「とても」は削除する。	五十田主査
・　今回のアンケートは、ビス 6 本打ちとドリフトピン 4 本打ちのどちらが良いかを聞くアンケートでは無い（1個を選ぶというものでは無い）ため、色々なバリエーションを作ってあげることが大事である。接合金物は、ケースバイケースで使えるような選べるメニューを用意してあげることが重要である。そのメニューは、誰が考えるのか。	五十田主査
⇒アンケートは、9 月 9 日に締め切り、その後に中越氏に集計してもらうが、集計を待たずに事務局とコンサルタントで打合せを実施し、本日の WG の意見などを基に方向性を検討していく。	住木 C
（4）その他	
・　次回日程　第 2 回接合金物 WG　令和 4 年 10 月 13 日(木)　10:30～12:30	
3. 閉会	
事務局より、閉会の挨拶を行った。	
以上	

令和 3 年度補正　CLT パネル工法用接合金物開発、合理化検討事業

第 2 回接合金物 WG　議事要録

日時	令和 4 年 10 月 13 日（木）　10:30～12:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	主査	五十田博			
	委員	山崎義弘 向井昭義	中島昌一 飯島敏夫	秋山信彦 鈴木圭	潮　康文
	オブザーバー	戸田淳二 辻拓也	篠原昌寿 玉岡富彦	野田卓見	中越隆道
	協力	坂部芳平	（車田慎介）	谷口翼	宿輪桃花
	事務局	金子弘 渡部宥太	増村浩 板橋雄一	髙橋秀樹	緒方舞

配付資料

資料 2－0　第2回検討WG議事次第

資料 2－1　第1回検討 WG 議事要録（案）

資料 2－2　設計者アンケート及び施工者向けアンケート結果のまとめ

資料 2－3　引張接合部の目標性能と接合方式の検討

参考 1　　CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討

1. 開会の発声

・　事務局より開会の挨拶を行った。

2. 議事

（1）前回 WG の議事要録（案）の確認について

事務局より資料 2-1 について説明した。

（2）アンケート調査結果の報告について

CLT 協会の宿輪氏より、資料 2-2 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。

・　今回のアンケート調査の結果はプレアンケートの結果と違いがあるのか、その点の分析もしてほしい。コストはいつもつきまとう問題で、現しで使うような金物を作ってほしいということと、せっかく木造で作るので、木を見せるために金物が見えないような接合というのがキーワードになっている。　　五十田主査

・　施工時にビスが折れるという回答（P6）についての情報として、アンケートのビスは住木センター規格のビスかは不明だが、過去にCLTの現場において施工時にビスが折れたというクレームがあった。ビスメーカーに折れたビスを回収し水素脆性破壊等の検査をしてもらったところ、製造上の問題ではないという結果が得られた。他の要因として、最近ではインパクトドライバーの性能が良くなったため、絞め過ぎによってねじ切れたと思われる。　　飯島委員

（3）引張接合部の目標性能と接合方式の検討について

構造計画研究所の野田氏より、資料 2-3 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。

・ 製造コストの欄は、金物の製造コストのことを記載してあると思うが、CLT パネルの加工コストや加工性も加えた視点で記載したほうが良い。鋼板挿入部分やドリフトピンは加工精度を必要とするため、加工コストに反映してくると思う。	鈴木委員
⇒金物の評価軸に、CLT の加工という項目を追加する。	五十田主査
・ コーナー金物は最外層に取りつけると、縁距離が短くなるので実験で確認したい。また、コーナー金物は木口につけるので端部の幅はぎの幅が、ビス位置によって耐力低下する可能性がある。塑性ヒンジの位置に幅はぎ面がくると耐力が落ちる可能性があるため、安全側の検証をしたい。 パイプ型金物のドリフトピンでは、縦一列にドリフトピンが並ぶため、幅はぎがこの位置になると、耐力が下がる影響があると思うので、これについても実験で検証したい。	鈴木委員
⇒ 接合金物の幅はぎの位置に関して、実験で検証したいと思う。実験のスケジュールはどのように計画されているのか？	五十田主査
⇒今回金物の提案があったので、次回の委員会にて実験の優先順位を決めたい。委員会後に実験を行うため、12月から1月中旬で行うことになると思う。予算が多いわけではないので、おおよそ4種類か5種類になる。今年度できないものに関しては来年度以降に実験ができればと思う。	住木 C
⇒プロトタイプをまずは作って、試験体数を増やすのは今後になると思う。委員会で優先順位をつけることになると思が、幅はぎに干渉した部分で実験をするのか、幅はぎに干渉しない部分で実験するのかは要検討。	五十田主査
⇒予算もあると思うが、幅はぎ部分がどう影響するのか1体だけでも良いので実験していただきたい。	鈴木委員
⇒幅はぎが金物に干渉しないよう意図的に来ないようにできるのか？	五十田主査
⇒壁の両端に来るので、片方は避けられると思うが、片方は避けられない可能性がある。	鈴木委員
・ 今回の金物の中にプレート型の金物の提案がなかったように思う。外周部であれば、外部側にプレート金物を付けて接続することも考えられる。プレート型の金物を優先的に用いれば、CLT の加工も無く、施工も難しいものでもない。アンケートの中でもプレート型の金物が非常に使いやすいと読み取れた。今回プレート型の金物の提案がなかったが、何か意図があるのか？	中越氏
⇒プレートに近いものは帯金物を入れてあり、現状かなり小さい平金物になっている。同じ形状でビス本数を増やして、土台と CLT を結ぶような金物を追加したいと思う。	野田氏
⇒追加という意味であれば、ほかの事業で先行して似たような実験を行っており、その中にプレート型の金物があったと思う。実験の情報なども盛り込める範囲で盛り込んでほしい。 基整促の事業で、せん断金物はパイプ金物が非常に有効という話になっている。隠して設置することができるので意匠上も有効。特に繊維の平行方向と平行方向にドリフトピンを打つので強度が高い。	五十田氏

・　ホールダウン金物の現し対応が「×」となっているが、「○」もしくは「△」になると思う。木口もしくは切断面に取り付けると思うので実際には金物は見えなくなる。	飯島委員
⇒納まり上難しい場合があると思うが、現し対応できると思うので「×」ではない。コーナー金物も同じ使い方になると思うので、「○」もしくは「△」になると思う。注釈を入れていろいろな情報を盛り込むこともできると思う。	五十田主査
・　製造コストというのは何を根拠に評価しているのか？	五十田主査
⇒定量的な評価はできていなく主観的な評価となっている。	野田氏
⇒最終的には、鋼材量と溶接長さで評価することになってくると思うので、その辺が入ってくれば現実的な評価になってくると思う。	五十田主査
・　アンケート内にコストに対するコメントがあったが、金物メーカーの方だと思うが、金物を設計する際に金型も含め、どうすれば製作が合理的に作れるか、金物メーカーの意見も反映しながら製作してほしいという意見があった。	中越氏
⇒金型が必要になるものは初期コストがかかる。数にもよるので一概には言えないが、板厚が厚ければ厚いほど鋼材の価格の割合が高いので、コストに反映されやすいと思う。	潮氏
⇒対象を絞っていく際に、これとこれのどちらにしようとなった際に、こちらの方がメーカーとして作りやすい、というような意見を頂きたい。最終優先順位をつける際に再度意見を頂きたい。	五十田主査
（4）その他	
・　第 3 回接合金物 WG　令和 5 年 1 月 24 日（火）10:00～12:00	
3. 閉会	
事務局より、閉会の挨拶を行った。	
以　上	

令和 3 年度補正　CLT パネル工法用接合金物開発、合理化検討事業

第 3 回接合金物 WG　議事要録

日時	令和 5 年 1 月 24 日（火） 10:00～12:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	主査	五十田博			
	委員	山崎義弘 向井昭義	中島昌一 飯島敏夫	秋山信彦 鈴木圭	潮 康文
	オブザーバー	戸田淳二 辻拓也	篠原昌寿 玉岡富彦	野田卓見	中越隆道
	協力	（坂部芳平）	車田慎介	（谷口翼）	宿輪桃花
	事務局	金子弘 （渡部宥太）	増村浩 板橋雄一	（髙橋秀樹）	緒方舞

配付資料

資料 3－0　第 3 回検討WG議事次第
資料 3－1　第 2 回検討 WG 議事要録（案）
資料 3－2　接合金物の性能試験について
資料 3－3　報告書目次案
資料 3-4-1　CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討事業スケジュール(案)
資料 3-4-2　事業成果概要記入フォーム
参考 1　CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討
参考 2　接合部の目標性能と接合方式の検討

1. 開会の発声

・　事務局より開会の挨拶を行った。

2. 議事

（1）前回 WG の議事要録（案）の確認について

事務局より資料 3-1 について説明した。

（2）接合金物の性能試験結果について

構造計画研究所の野田氏より、資料 3-2 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。

・　今回の金物は CLT パネル工法のルート1などとは別途だとは思うが、ルート1などで使っている金物を、単にボルトを交換すれば使えるなどとしているのであれば、許容耐力のみのまとめではなく、終局耐力もまとめておけば、CLT パネル工法ですでに規格されている金物と比較できると思う。　五十田主査

最後のまとめ部分について、今回の HD 金物の実験に対する検討で割裂防止ビスではあくまでマイナーチェンジにすぎない。ビスはあまり打ちたいものではないので、HD 金物を検討するのであれば、新たに金物を開発するなどまとめ部分で提案してほしい。

ビスもφ6.5 とφ8.0 しか試していないが、φ6.5 だと本数が増えるに従って 1 本あたりの耐力が増えているので、ビスを細くして本数を増やすなど、今回の考察から一歩進んで提案してほしい。

・　今回実験したHD金物とは別に、Zマーク金物に2連のHD金物でφ6.5のビスタイプのものが4種類ある。今回の実験でφ6.5のビスタイプのCマーク金物が要求性能に近い性能が確認できたので、Zマーク2連の金物でさらにその上の性能を狙ってもいいのではないか。そうすれば、現行の規格金物で対応できると思う。	飯島委員
⇒考察に加えていただければと思う。	五十田主査
（3）報告書目次について 事務局より、資料 3-3 について説明した	
（4）今年度の今後のスケジュールについて 事務局より、資料 3-4-1、3-4-2 について説明し、担当者に依頼する締切日等の確認を行った。	
（5）来年度以降の展開について 事務局より、参考 1、2 について説明し、下記のような意見交換を行った。	
・　今回の事業の金物は、CLT パネル工法に比べたら耐力は低くていいと思うが、目標耐力はどの程度なのか。	五十田主査
⇒仕様規定に対応するので、最大で壁倍率 7 倍を想定している。	野田氏
⇒仕様規定に対応するものだが、仕様規定の目標耐力が明確になっていない。提案されているものの最終的な結果が出ていない。耐力的なところはともかく、施工性や加工性が中心になってくると思う。	五十田主査
・　アンケート全体の設計者施工者から来ている一番の課題は、コストを下げてほしいとのこと。また、重いやビスが多いのをどうにかしてほしいという意見。設計者や施工者が好意的な金物として需要されているものは、プレート型金物を壁の側面につけるタイプや、床の上部につけるタイプというものが、使いにくいなどの意見はない。プレート型タイプの金物を展開していきたい。	中越氏
⇒HD 金物で数十kN のものは基礎から直接引っ張らなければいけなくて、土台の側面に打つものや、土台の上からあるいは床の上から壁に L 字型の金物をつけるというのは、限度が 10kN くらいになって、あまり耐力がとれない。なかなか難しい要望ではあるが、開発できたらいいと思う。	五十田主査
・　アンケートの中で、具体的で重要な意見だと思ったのは、サッシを取り付けるときに邪魔にならない、断熱性能を確保するときに金物が障害にならないとか、気密するときにもうまくできるような金物の展開をしたい。建物全体の性能を考えていいものを開発したい。	中越氏
⇒納まりを整理して、金物比較表に項目を載せてもいいと思う。いくつかの金物形状を整理して、その中に施工者の話や、気密性などについて記載したい。	五十田主査
・　CLT で気密性をとるとか断熱性をとるとか、既存のものと比較してどれくらい性能が上がるのか、既存のものと比較してどのレベルにあるのか。整理はしているのか。	五十田主査
⇒省エネ関係の基準は変わったばかりであり、断熱性能は5クラスを目指す仕様として住宅系のモデルで検討している。どんな気密や断熱が望ましいか。現場でどのような納まりが望ましいかなど検討を重ねている。	中越氏
⇒どこかで情報共有していきながら開発を進めないといけないと思う。	五十田主査

⇒金物の周辺部材などは、納まり、施工と密接に絡んでくるので、詳細な納まりを検討しつつアプローチする必要性がある。	中越氏
・ 納まりの話に関連するのだが、今回対象とする CLT の建物のまぐさや腰壁というのは、在来の間柱で組むのか。CLT のまぐさをはめ込むのか。	辻氏
⇒仕様規定で検討しているものは、CLT ではなく間柱などの雑部材で組む予定。	野田氏
⇒掃出しの開口は別だが、壁の小口につく HD 金物は、在来工法と同じ納まりで対応可能で、うまく腰壁垂れ壁部分に HD を仕込めればいいと思う。掃出し部分は納まりが難しいので、ドリフトピンのほぞ金物タイプにするなど、いくつか分類を整理すれば、安価な金物を建物の中で増やしていける印象があった。	辻氏
・ 今回実験した結果もそうだが、金物を強くしても木で負けてしまうところが難しい。今回の HD 金物に関して、ビス位置をもっと上の方にするなど、木の割裂を抑えるなど改良が必要と思う。木の面積が限られる中で取り付けるので、どこかしら妥協が必要になると思う。	潮委員
・ 金物のコストを抑えるには、材料の板厚を抑えたい。数が出るのであれば金型投資して、リブ形状とか箱曲げすることにより形状で強度を出すことができ、軽量化やコストダウンができると思う。Xマークでネックなのが、溶接箇所が溶接しづらい形状であったりする。金物のコストは溶接部分が割合を占めるので、出来るだけ溶接をなくしたり、溶接の量を減らすなど検討できると思う。	玉岡氏
・ CLT 単体のコストだけでいうと、加工をなくすとか、図面を簡単にするなどコストダウンを図れると思う。ビス止め金物などの、住宅の金物の延長線上で開発できるのは合理的だと思う。X マーク金物も比較的加工形状は複雑ではないのだが、総合的に見て TOTAL の金物費、加工費などバランスを見ていくと高価なものになっている。簡易な金物にしていくことで合理化が図れると思う。	車田氏
・ 太いビスは縁距離が足りなくて割れてしまうとのことで、CLT 側のラミナが 30 ㎜なので、平行層だけ太くするなどできると思う。別事業で 105 ㎜厚のCLTでラミナ厚 35 ㎜にするなどすれば、縁距離が稼げるのでビスが打ちやすくなると思う。 もう一つの方法として、CLTの小口から直角にビスを打っているので、少し斜めに打てば縁距離を取りやすくなると思う。	中島委員
⇒不等厚のCLTや等厚でも厚いものにすれば、いくつかの問題が解決できると思う。	五十田主査
・ この事業の最初のころに、指定建築材料の話があった。指定建築材料である必要はないと思っているが、強度は保証されているものでないとまずいと思っている。これまで木造は断面積に対して、強度確認するということはしていない。実験して壊れていなければいいという話になっている。ボルトの方はボルト径で上限は設けられてきた。接合部の金物の断面積の検定、端抜けの検定など、制度の問題とは別に設計の問題として必要になってくると思う。他の構造で行っている接合部設計は、計算上の担保は必要と思っている。	五十田主査
・ Z マークや C マークの中で使えるものがまだあると思うので、その辺の整理を来年度行いたい。玉岡氏から話があったように、形状の工夫なども検討していきたい。	住木 C
・ 指定建築材料の件であるが、接合金物は一般に指定建築材料以外のものも使われている。例えば、ドリフトピンはJISの軟鋼線材を使うことが多いようであるが、この軟鋼線材は引張強度、降伏点、耐力、伸びといった機械的性質が定められていないため、住木センター規格のドリフト	飯島委員

ピンはJISの SS400 構造用圧延鋼材としている。今後の開発にあたっては、軟鋼線材等は控えるべきと思う。	
⇒構造計算するような建物は品質保証されている材料を使うべきで、強度が保証されていないものは使ってはいけないと思う。住宅部品という観点で見ると、コストを抑えられるのであれば、何らかの評価体系で保証を付けてあげれば、使う余地があると思う。	五十田主査
⇒4 号特例の見直しが検討中であるが、これまで 4 号特例は建築基準法第 37 条建築材料の品質が審査の対象から外れていたが、今後新 2 号になることによって審査の対象になる。どこまで確認の対象になるか定かでないが、確認事項の一つになると思う。	飯島委員
⇒軟鋼線材のドリフトピンついて、ボルトで製造している材料を、ドリフトピンに転用して今に至ると思うが、ボルトに関しては引張強度区分が定められている。ドリフトピンには強度区分がないので、今の問題が起きていると思う。ドリフトピンはタッピンネジやボルトと同じように接合具として普及してきている。何かしらの検査基準や評価基準があってもいいと思う。ドリフトピン単体の評価基準が今後できたらいいと思う。	潮氏
⇒構造用合板も強度がないので、釘も同じことがいえると思う。うまく整理していかないといけないと思う。	五十田主査
（6）その他 ・　第 3 回委員会　令和 5 年 2 月 2 日（木）10:30～12:30	
3. 閉会 事務局より、閉会の挨拶を行った。 以　上	

令和 3 年度補正　技術資料作成委員会　CLT 設計施工マニュアル編集委員会

第1回　構造設計小委員会　議事要録

日時	令和 4 年 12 月 27 日（火） 18:00～20:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	主査	河合直人			
	委員	五十田博 荒木康弘	（中川貴文） 貞広修	三宅辰哉 鈴木圭	槌本敬大
	協力委員	日向潔美 （高梨潤）	今井翔	納富昭光	今田多映
	オブザーバー	櫻井郁子	篠原昌寿		
	事務局	坂部芳平 金子弘 （渡部宥太）	中越隆道 増村浩 （板橋雄一）	谷口翼 （髙橋秀樹）	宿輪桃花 緒方舞

配付資料
資料 1-0：第1回構造設計小委員会　議事次第
資料 1-1：CLT 関連告示等解説書、CLT 設計施工マニュアル等の拡充について(案)
資料 1-2：CLT 関連告示等解説書の拡充概要案
資料 1-3：設計施工マニュアルの拡充概要案
参考 1：CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討
参考 2：改正 CLT 関連告示(官報　令和4年 11 月8日(号外237号))
参考 3：CLT の構造関係規定等に係る改正要望及び検討課題一覧

1. 開会

- 林野庁　日向課長補佐よりご挨拶を頂いた。
- 事務局より委員を紹介した。
- 河合主査よりご挨拶を頂いた。

2. 議事

（1）主旨説明

事務局より資料 1-1 について、本小委員会の趣旨、スケジュール等についての説明を行った。

（2）CLT 関連告示等解説書の拡充について

三宅委員より資料 1-2 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。

- 資料3ページの通し壁架構についての確認事項で、腰壁垂壁も上下階で通しにしてしまうことも考えるかどうかについて、これを考えると新たな検討が必要になるかと思う。　河合主査
  ⇒事前に通し壁の実験も含めて検討なされたと思うが、その際にこのパターンが考慮されたかどうかだと思う。　三宅委員
  ⇒腰壁垂壁が一体となってラーメンを構成しているので、全く性状が異なると思う。上下で支えている形をとらず、梁が取りついているような形になっている。　貞広委員

⇒腰壁垂壁一体の形は想定してこなかった。	荒木委員
⇒これまで想定してこなかったということなので、今回の改訂では腰壁垂壁一体型は除くことにする。	河合主査
・ 第九の第二項について、靭性等が必要とされるのは Rf が 2.5 の場合も含めてという条文になっているのか。	河合主査
⇒第二項は Rf の値に関わらず適用される規定になっている。	今田氏
(3) 設計施工マニュアルの拡充について	
三宅委員より資料 1-3 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ 第九第二項は、梁自体の Rf について技術的には 2.0 くらい必要になるので、マニュアルの中で書いておく必要がある。	河合主査
・ 資料 1-2 の方に、標準的加工以外の Rf の数字を記載してあるが、上下間の引張接合部やせん断接合部で壁-基礎の引張が Rf2.5 になると、保証設計的な観点で見ると壁-基礎の引張の要求性能より上の方が小さくなるような条文の書き方になっているので、ここも併せてフォローしないといけないと思う。	篠原氏
⇒壁-基礎で降伏しない恐れがあるということか。	河合主査
⇒ルート2なので応力割増をするので壁-基礎引張ボルトの先行降伏のチェックをするが、応力割増のバランスが違うのでうまくはまらない場合があると思う。標準的加工以外であるのでそもそも先行降伏のチェックが不要にはなるが、想定されるメカニズムがアンバランスな感じがすると思う。今後マニュアルの中でフォローする必要があると思う。	篠原氏
・ 標準加工の中には、鉄骨梁勝ちというのはルート1に含まれて、ルート2，3にも含まれるという解釈でいいのか。	篠原氏
⇒ルート1に含まれるので、2，3にも含まれる。	三宅委員
⇒混構造というのは、ルート2であったら鉄骨の梁だったら断面はなんでもよいということになるのか。	篠原氏
⇒そうなるが、梁の断面を必要以上に大きくすると靭性が損なわれて危ない場合が出てくると思う。	三宅委員
⇒木質梁が Rf2.0 で鉄骨梁が Rf1.0 というイメージなのか。	篠原氏
⇒適切に梁が先行降伏するのであれば梁の Rf は 1.0 でいいと思う。梁勝ちの時に Rf や Ds が無条件に使っていいのかは、制限がいるような気がする。	三宅委員
⇒告示上はそのように読めるようになっているのか。	篠原氏
⇒告示上では触れられていない。梁勝ちというような文言自体がないが、床版を構成する梁は当然認められている。告示上梁の下に垂れ壁がない場合も認められる。それをマニュアルでは垂壁の省略と区別して、垂壁を省略した状態というのが結果的に梁勝ち加工になるという書き方に、マニュアルは 2019 年の時に変えた。	三宅委員
⇒応力割増係数は 2.5 と 2.0 でいいが、脚部で先行降伏させるならそれを目指した設計をしなければならないということになる。	河合主査

⇒応力割増係数が 2.5 や 2.0 でも高い数値なので、その辺を鑑みると今の書き方でも OK という考え方もできる。	篠原氏
・ CLT パネル工法の構造形式を問わない場合 Ds0.75 に当初は定めたが、RC 等は構造形式が定まった状態で Ds0.55 が最大になっている。CLT パネル工法の構造形式を問わないものを 0.75 として残すかどうか、今後考えたほうがいいと思う。	荒木委員
⇒今回のマニュアル改訂には考慮しないが、長期的に検討が必要になると思う。	河合主査
・ 伸び率 10%、δu2 ㎝という引張接合部のディテールの説明があったが、もともとその数値はボルトをイメージされていると思うが、ボルトの場合はそこが伸びても交換できたりメンテがしやすいと思う。ビスがめり込んで伸びてしまうようなディテールは、構造安全性上は問題ないかもしれないが、実務設計的には問題があると思っている。その辺の注意点もマニュアルに記載したほうがいいと思う。	貞広委員
⇒最低限の基準として、大地震時に安全限界を超えないことを確認できればいいので、ビスが伸びるようなティテールもあり得るのだが、修復限界の範囲内で納めるような話になるのであれば、より高い性能を与えないとそれを担保できない。	三宅委員
⇒この接合部はルート1に限定して、鉄骨の梁端降伏を基本的には想定するメカニズムとして捉えたうえで、この TC90 改の伸び率 10%、δu2 ㎝に入っていないということなのか。	篠原氏
⇒2㎝の変形能力はビス打ち部分で取れそうだという試験結果として図になっている。その結果を見ると 2cm であれば特段問題なさそうな性能が出ている。δu2㎝という必要性能はこの部分で担保できますよという説明ができるが、貞広委員のご指摘はそれを許すということは、修復が困難なビス打ち部分に損傷を許容することになるので、修復性という観点で問題がないかということ。	三宅委員
⇒ボルトを先行破壊で伸ばすということは、修復の際に基礎にも手をかけなければならないことになると思う。コストとの兼ね合いもあるが、ボックス型のボルトタイプでボルトのみが独立して交換可能なものにしなければならないと思う。最終的には設計者の選択になると思う。	鈴木委員
⇒世の中のお施主様に対して、インフォームドコンセントというか大規模地震でも安全ですが、結局こういうことなんですという説明がこれからの世の中には必要と思う。特に木造の部分は修復がしにくいようなパターンがある。だんだん建物が中大規模と大きくなってきている。住宅規模ではいいが、層数が増えたり規模も大きくなると今後課題になってくると思う。いい機会なのでマニュアルに注釈を入れておいた方がいいと思う。	貞広委員
⇒どこまで書くかということもあるが、現状のアンカーが直接の引きボルトであり同じような問題をはらんでいるので、お勧めするとすればボックス金物を設けてボルトだけを交換すればいいというディテールにするなど、大地震時の損傷の修復をどうするのかという注意書きを可能であればお願いしたい。	河合主査
⇒9章の接合部の解説の部分に、「ボルト等以外の材料で一様に伸び変形しない接合部位(例えばビスの引き抜けや鋼材の変形等)で変形性能を満たそうとする場合は、伸び率に代わるものとして上記の塑性率を満たすことが望ましい」と現行では整理している。	鈴木委員
⇒大地震時の構造性能という意味ではビスも含めて考えることはできるが、修復性の話は別途検討する必要がある。	河合主査

・ 集成材の梁勝ちに関して今回の改訂では見送らざるを得ない可能性がある。実際にやろうとするとせん断接合部が設計できないので、絵に描いた餅になってしまう。検討期間が短いため、今回の改訂では時期尚早で見送らざるを得ないと思う。	三宅委員
⇒曲げだけでもかなり大きな断面になるがせん断が厳しいということで、今回は踏み込めないと思うのでご了承いただきたい。	河合主査
・ 矩形以外のスラブのところで、特別な調査研究という文言のところに、精緻に FEM などを使って検討して応力を出すという形で実務設計した際に、FEM も特別な調査研究に認められるとマニュアルに記載していただきたい。	貞広委員
⇒もともとマニュアルに書いてある結論も FEM の解析を踏まえての話なので、FEM のモデルをどういう風に作ったのかというのを書いておくとよいと思った。要素分割をどんな風にしたのか、E などをどう設定したかなど。FEM で検討することが先に書いてあって、検討しない場合でも、この割増率だったらそれでいいですよというストーリーでよいか。	三宅委員
⇒FEM で解析したのに確認機関から指摘が上がってしまうという手間はなくなり、設計者の選択肢の幅が広がると思う。	貞広委員
⇒マニュアルに記載する方向で検討して、ご意見を頂きたい。	河合主査
・ 集成材梁勝ちのところで梁成表記をされているが、曲げ耐力でも表記すれば壁厚が 90 ㎜で梁巾が 120 ㎜前提で表が書かれているので、壁厚と梁巾が同じで設計したいと考えると、曲げ耐力でも表現していただけると選択肢が広がると思う。	篠原氏
⇒梁成が相当大きなものになると思うが、検討してみる。	三宅委員
（4）その他 次回日程　第 2 回構造設計小委員会　令和 5 年 2 月 9 日（木）14 時 00 分～16 時 00 分	
3. 閉会 事務局より、閉会の挨拶を行った。 以上	

令和 3 年度補正　技術資料作成委員会　CLT 設計施工マニュアル編集委員会

第 2 回　構造設計小委員会　議事要録

日時	令和 5 年 2 月 9 日（木） 14:00～16:00				
場所	住木センター＋ZOOM				
参加者 （敬称略） ※括弧は 欠席者	主査	河合直人			
	委員	五十田博 荒木康弘	中川貴文 貞広修	三宅辰哉 （鈴木圭）	槌本敬大
	協力委員	日向潔美 （高梨潤）	今井翔	納富昭光	今田多映
	オブザーバー	櫻井郁子	篠原昌寿	中島昌一	
	事務局	坂部芳平 金子弘 渡部宥太	中越隆道 増村浩 板橋雄一	谷口翼 （髙橋秀樹）	宿輪桃花 緒方舞

配付資料
資料 2-0：第 2 回構造設計小委員会　議事次第
資料 2-1：第 1 回構造設計小委員会　議事要旨（案）
資料 2-2：鋼板挿入ドリフトピン接合の設計方法について（荒木委員、中島様）
資料 2-3：CLT 関連告示等解説書の改訂概要案
資料 2-4：CLT 関連告示等解説書の改訂原稿案
資料 2-5：設計施工マニュアルの改訂概要案
資料 2-6：設計施工マニュアルの改訂原稿案
参考 1　：報告書目次案

1. 開会

事務局より開会の挨拶を行った。

2. 議事

（1）第 1 回構造設計小委員会　議事要旨の確認

事務局より資料 2-1 について説明を行った。

（2）CLT 関連告示等解説書の改訂原稿案

三宅委員より資料 2-3、2-4 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。

・　第九ルート 2 の応力割増係数のところ、壁幅による仕分けはなくなったが、ルート 3 と同じようにルート 2 でも幅が小さい壁も使えるという理解でよいのか。　貞広委員

⇒そういう理解で良いと思う。別途告示 1024 号に 36 ㎝という記載があるのでそれは下回れない。弾性範囲ではあるが、応力変形計算するのが前提のはずなので、幅をどんどん小さくすると利きは悪くなっていく。特質は弾性解析で、ある程度フォローできていることになると思う。　三宅委員

・ 第二材料のところに、強軸の 7 層 7 プライが追加になっているが、弱軸の 9 層 9 プライも追加になっているので追記してほしい。	中越委員
⇒追記します。	三宅委員
・ 第四第五号に絡む部分で、通し壁を使ってデザインする際に、吹抜や階段のところは、床が接していないためにせん断金物が付かないので、その際には隣接する床版や軸材を設けて、水平力を負担するようになるのか。吹抜のところに通し壁を使用すると思うので、設計手法として記載すると誤解がないと思う。	中越委員
⇒マニュアル改訂時に設計例が必要だと思う。今年度は時間の都合上設計例は難しいが、そういうものが整備されてくればフォローできると思う。	三宅委員
・ Ds や Rf の表で、90 ㎝以上がなくなっているが、第八第二号ロで、無開口壁パネル等の長さが 90 ㎝以上の記載はなくなっていない。第九の方も第八第二号のロ～トの基準に適合することと書いてあるので、ここでも 90 ㎝が生きてくる。下限が規定されている状態になる。	荒木委員
（3）設計施工マニュアルの改訂原稿案 三宅委員より資料 2-5、2-6 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ 告示解説書かマニュアルのどこかに、ルート1で腰壁垂れ壁も適切な範囲で小開口をあけた場合は、nに算入できると記載してほしい。	荒木委員
⇒ルート1の部分に記載する。	三宅委員
・ 三章の設計用構造モデルのところで、圧縮ばねの荷重変形が支圧とめり込みとあるが、変形制限を入れたほうがいいと思う。実験データを集めて三宅委員に提案する。	荒木委員
（4）鋼板挿入ドリフトピン接合の設計方法について 荒木委員、中島氏より資料 2-2 について説明いただいたところ、委員より下記の意見・質問があった。	
・ 表層のラミナとドリフトピンが耐力に影響すると思うが、そこに幅はぎがあった場合の関係性はどのように評価すればよいのか。集成材の終局強度比は 1 だと思うが、CLT に変わった場合にどうして 1.2 倍になるのか。	貞広委員
⇒Ru が集成材の場合は 1 になっているが、CLT の場合は直交層があって、繊維に直交する支圧の場合は二次剛性をもって耐力が上がっていくことが知られていると思う。直交して積層されているので孔からの割裂破壊が生じにくい。これまでの実験から変位が進むと降伏後も耐力が上がることが明らかとなっている。その結果からおよそ二次剛性は初期剛性の 8%くらい耐力が上がっているので、直交層の支圧を考慮して 1.2 と定めている。 幅はぎ有り無しの件で、これまでの実験等で多少剛性は低下するけれども、耐力はほとんど変わらないという結果が出ていたと思うので、データをあたりながら確認したいと思う。ドリフ	中島氏

トピンのすべてに幅はぎが干渉するわけではないのと、既往の実験で直交層で幅はぎが閉じる方向に力が伝達されるので、耐力の低下にはつながりにくい。	
・　開き止めはボルトのみになっているが、ビスではだめなのか。 ⇒開き止めの効果があるビスならば問題ない。	三宅委員
・　9 章に掲載する方向にて進めたいと思う。	河合主査
（5）その他 事務局より参考資料1を用いて今後の日程等の確認を行った。	
3. 閉会 事務局より、閉会の挨拶を行った。 以上	

第２章　架構形式、接合部位による合理的な接合形式、耐力条件の整理

2.1　基本方針

CLT パネル工法建築物の効率的な生産体制と普及促進を図るため、CLT の層構成や建築物の様々な規模、架構形式に対応した効率的な接合形式について検討する。今年度は CLT パネル工法による２階建て延床面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物を対象として、架構形式、接合形式、耐力条件等について整理する。

CLT パネル工法告示に適合した既往の接合金物として X マーク表示金物があるが、比較的規模の大きい建物まで対象に含めるため、在来工法の木造住宅レベルの金物と比べると、スペックの高い金物になっている。よって、2 階建て住宅程度の建物を CLT パネル工法で計画する際には、X マーク表示金物の性能が必要性能に対して過大になる場合があり、経済性、意匠性、施工性の面で改善の余地がある。また、本事業と並行して CLT パネル工法建築物の仕様規定ルートの創設に関する検討が進められており、2 階建て延床面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物に限定すれば、在来の住宅用金物程度で必要性能を満たす可能性が指摘されている。

本章では上記の仕様規定ルート（以下、仕様規定ルートと呼ぶ）に対応した、低層小規模建築物向け CLT パネル工法用金物の開発方針を検討する。既存金物の流通状況や効率的な生産体制を考えると、既存の生産設備で製造でき、新たな設備投資を必要としない金物の開発が望ましい。よって軸組工法用接合金物として規格化された Z マーク表示金物などを中心に、既存金物の CLT パネル工法への適用性を、耐力、納まり、施工性などの観点から検証する。また、既存の X マーク金物を必要性能に応じて小型化する方向性も含めて検討する。

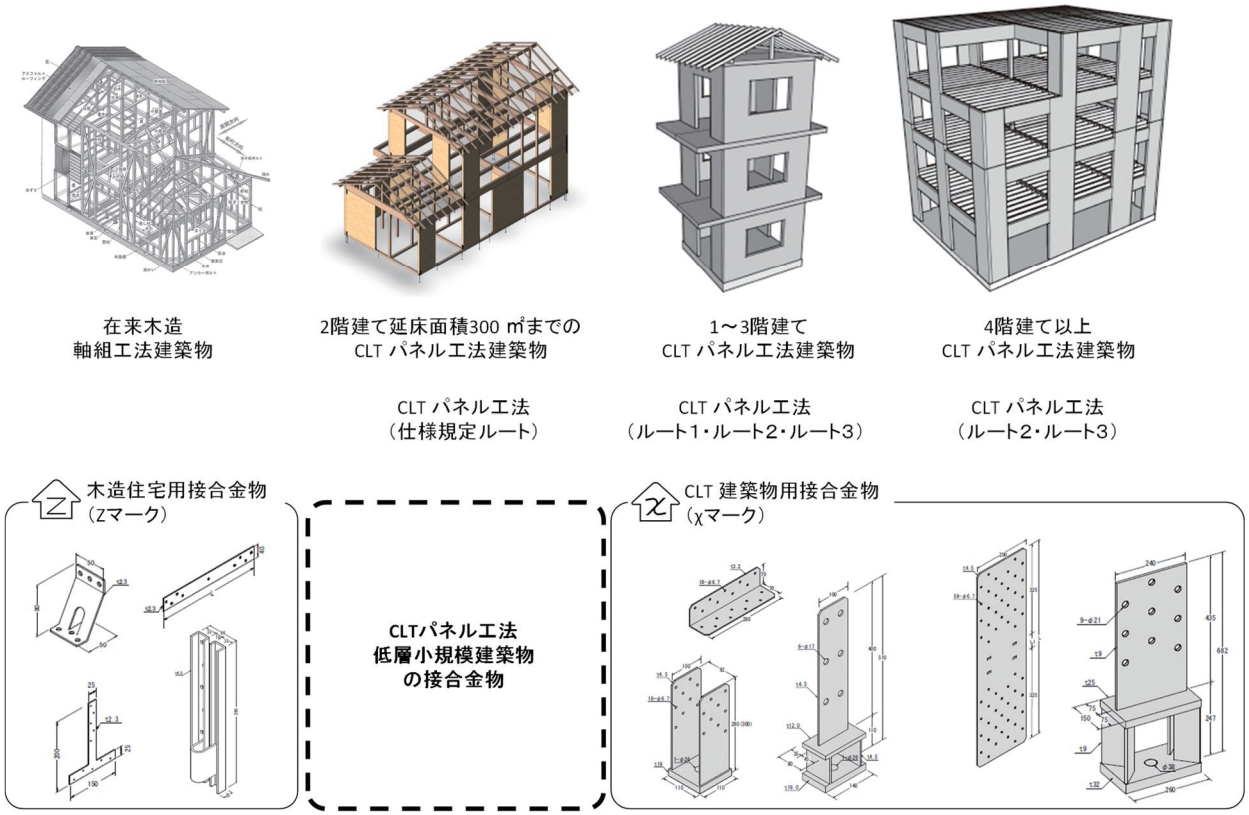


図 2. 1-1 検討対象の建物イメージと接合金物

2.2　必要性能の整理

2.2.1　必要性能の考え方

本節では低層小規模建築物向け CLT パネル工法用金物の開発目標を整理するため、各部の接合金物に必要となる性能について検討する。以下に基本的な考え方を示す。

現行の CLT パネル工法ルート 1 では、引張接合部の仕様が緊結する部分に応じて**表 2. 2. 1-1** のように規定されている。これにより、引張接合部の耐力と変形能力が担保され、大地震時にも壁パネルのロッキング抵抗により高い耐震性能が発揮され、建物としての安全性が確保される。一方で、仕様規定ルートで設計される建物は、大地震時に引張接合部が破壊し、抵抗力を失った後も、壁パネルの傾斜復元力により、ある程度の耐力を維持し、倒壊に至らないような機構を想定している。よって、壁パネルの引張接合部には中地震時の損傷防止のための剛性と耐力が要求されるが、大地震時の浮き上がり変位に対応した変形能力までは要求されない。ただし、壁パネルのせん断接合部は、壁パネルが最大耐力を発揮するまで横滑りを防止する必要があり、大地震時の浮き上がり変位への追従性が必要となる。また、中地震時の損傷防止のために引張接合部に必要となる性能は、木造軸組工法で用いられる N 値計算によって算定できると考える。なお、仕様規定ルートの壁倍率の上限は 7 倍を想定する。

本節では上記の考え方に基づき、壁パネルの引張接合部およびせん断接合部の必要性能を整理する。

表 2. 2. 1-1 現行 CLT パネル工法ルート 1 の引張接合部仕様

耐力壁 - 基礎	上下階の耐力壁相互 耐力壁 - 床版	耐力壁 - 小屋組 耐力壁 - 屋根版
A.Bolt M16 ABR490(JIS B 1220) 有効長さ 40cm 以上 終局引張耐力 86kN 以上	A.Bolt M20 ABR490(JIS B 1220) 有効長さ 20cm 以上 終局引張耐力 135kN 以上	終局引張耐力 25kN 以上

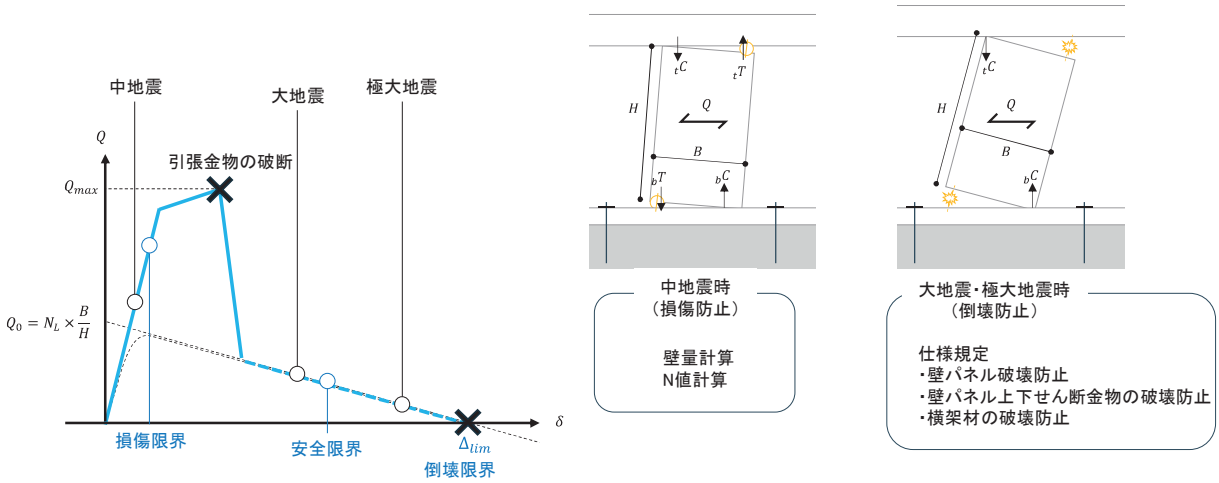


図 2. 2. 1-1 仕様規定ルートの構造性能の考え方

2.2.2　N 値計算による引張接合部の必要性能

仕様規定ルートで想定される引張接合部の短期荷重時の必要性能を N 値計算により算出する。以下に CLT パネル工法に対応した N 値計算の概要を示す。従来の N 値計算と異なる点は、応力中心間距離の補正係数を考慮している点である。CLT パネル工法では、在来軸組工法のように直交壁や隣接する壁と柱を共有することができないため、壁パネル同士の勝ち負けが生じる。この勝ち負けによって、モジュール芯間距離 D に対する応力中心間距離 j の取り方に違いがある。ここでは、代表的な例として**図 2.2.2-1** に示す勝ち - 負け納まりを想定し、応力中心間距離の補正係数 $D/j = 1.27$ を考慮する。

CLT パネル工法に対応した N 値計算法

平屋建て　または　2 階建ての 2 階部分

$N = A_1 \times B_1 \times D/j - L$

この式において、

N：接合部の必要引抜倍率

A_1：当該壁の壁倍率

B_1：周辺部材による押さえ効果を表す係数

L：鉛直荷重による押さえ効果を表す係数

D/j：応力中心間距離の補正係数

2 階建ての 1 階部分

$N = (A_1 \times B_1 + A_2 \times B_2) \times D/j - L$

この式において、

N：接合部の必要引抜倍率

A_1：当該壁の壁倍率

B_1：当該階の周辺部材による押さえ効果を表す係数

A_2：当該壁に連続する 2 階壁の壁倍率

B_2：2 階の周辺部材による押さえ効果を表す係数

L：鉛直荷重による押さえ効果を表す係数

D/j：応力中心間距離の補正係数

周辺部材による押さえ効果を表す係数 B

			隅壁（出隅）	その他
平屋 2/2 階	頭部	B_1	0.5	0.5
	脚部	B_1	0.8	0.5
1/2 階	頭部	B_2	0.8	0.5
		B_1	0.5	0.5
	脚部	B_2	0.8	0.5
		B_1	0.8	0.5

鉛直荷重による押さえ効果を表す係数 L

		隅壁（出隅）	その他
平屋 2/2 階	頭部	0.4	0.6
	脚部	0.4	0.6
1/2 階	頭部	1.0	1.6
	脚部	1.0	1.6

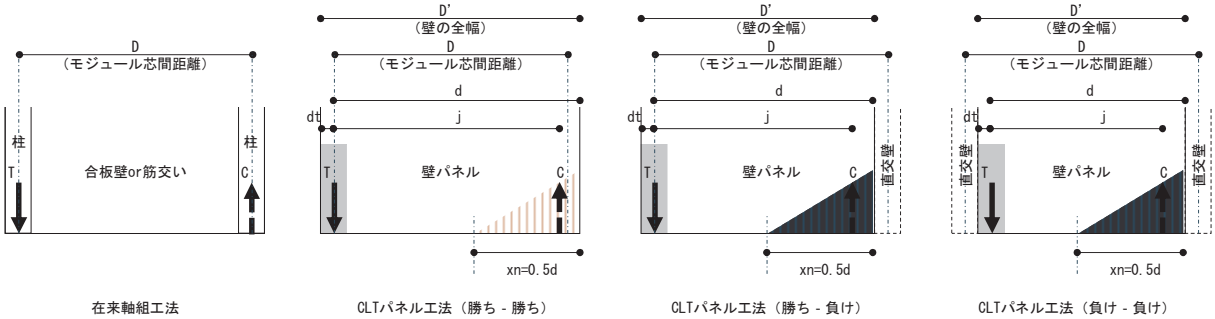


図 2.2.2-1 応力中心間距離の違い

＜勝ち - 負け納まり＞

モジュール芯間距離 D：910mm

壁パネルの全幅 D'：910mm

引張金物の縁端距離 dt：45mm

引張接合部中心から圧縮縁までの距離 $d = \mathrm{D}' - \mathrm{dt} = 865\mathrm{mm}$

応力中心間距離 $j = 0.83\mathrm{d} = 718\mathrm{mm}$

補正係数 $D/j = 910/718 = 1.27$

周辺部材による押さえ効果を表す係数 B については、梁の曲げ剛性や壁の接合部剛性などの影響を適切に評価して設定する必要がある。ここでは CLT パネル工法の梁勝ち架構を対象に、今後仕様規定ルートで在来軸組工法と同等の曲げ戻し効果が得られるような梁断面の規定等が設けられると想定して、在来軸組工法で用いられる現行の B の値を採用する。

また、鉛直荷重による押さえ効果を表す係数 L については、建物重量を適切に評価して設定する必要がある。CLT パネル工法建築物の重量は、床・屋根が CLT パネルにより構成される場合と、床・屋根が軸組工法で構成される場合で異なる。また今後、ZEH 水準等建築物への対応に伴い重量が増加することも考えられる。以上を踏まえて今後仕様規定ルートの検討事業では N 値計算に用いる係数 L が精査されるが、L の値を小さく見込む分には、安全側の評価になるため、ここでは床・屋根が在来軸組工法で構成される建物を想定し、現行の L を採用する。

以降のページに N 値計算により算出した各部の必要性能を示す。以下に示す接合箇所の分類ごとに、当該階の壁倍率をパラメータとして上限の 7 倍までの必要性能を算出した。接合部耐力は必要引き抜き倍率 N×1.96×階高で算出し、標準階高は 2.7m と設定する。2 階建ての 1 階部分の壁倍率を算出する際は、2 階の壁倍率を 2.5 倍と設定した。

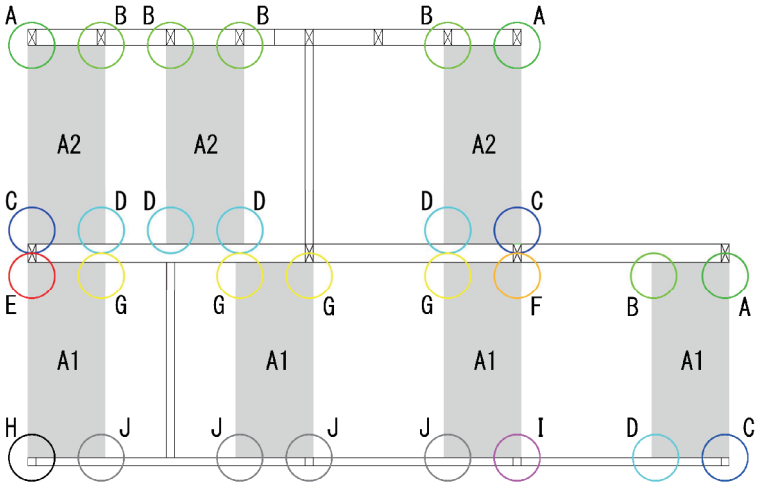
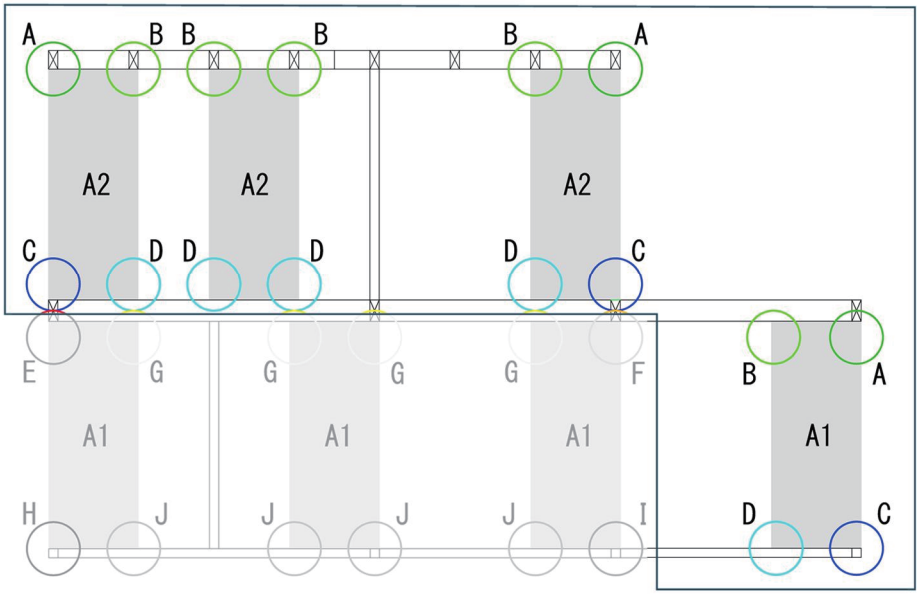


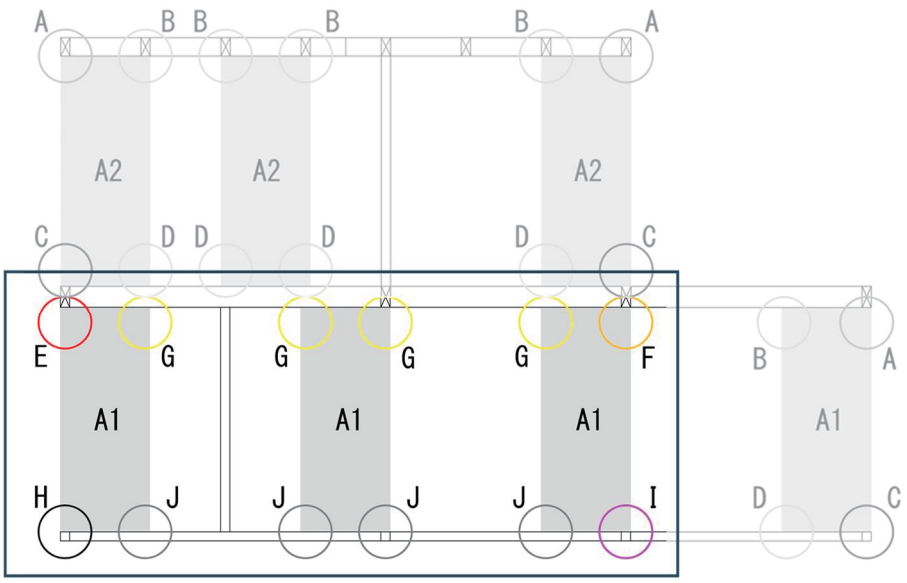
図 2. 2. 2-2 引張接合箇所の凡例

平屋部分　又は　最上階



	平屋部分又は最上階 壁頭		平屋部分又は最上階 壁脚	
N値計算の条件	A 出隅	B その他	C 出隅	D その他
L	0.4	0.6	0.4	0.6
B	0.5	0.5	0.8	0.5
D/j	1.27	1.27	1.27	1.27
当該階の壁倍率	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)
1.0	1.2	0.2	3.3	0.2
1.5	2.9	1.9	5.9	1.9
2.0	4.6	3.5	8.6	3.5
2.5	6.3	5.2	11.3	5.2
3.0	8.0	6.9	14.0	6.9
3.5	9.6	8.6	16.7	8.6
4.0	11.3	10.3	19.4	10.3
4.5	13.0	11.9	22.1	11.9
5.0	14.7	13.6	24.8	13.6
5.5	16.4	15.3	27.5	15.3
6.0	18.0	17.0	30.1	17.0
6.5	19.7	18.7	32.8	18.7
7.0	21.4	20.3	35.5	20.3

図 2. 2. 2-3 引張接合部の必要性能（平屋部分又は最上階）



2階建ての1階部分

	2階建ての1階 壁頭			2階建ての1階 壁脚		
N値計算の条件	E 上階：出隅 当階：出隅	F 上階：出隅 当階：出隅以外	G 上階：出隅以外 当階：出隅以外	H 上階：出隅 当階：出隅	I 上階：出隅 当階：出隅以外	J 上階：出隅以外 当階：出隅以外
L	1	1.6	1.6	1	1.6	1.6
B2	0.8	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5
B1	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
A2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
当該階の壁倍率	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)	引張接合部 短期必要耐力 (kN)
1.0	11.5	8.3	3.3	13.5	8.3	3.3
1.5	13.2	10.0	5.0	16.2	10.0	5.0
2.0	14.9	11.7	6.7	18.9	11.7	6.7
2.5	16.6	13.4	8.3	21.6	13.4	8.3
3.0	18.2	15.1	10.0	24.3	15.1	10.0
3.5	19.9	16.7	11.7	27.0	16.7	11.7
4.0	21.6	18.4	13.4	29.7	18.4	13.4
4.5	23.3	20.1	15.1	32.3	20.1	15.1
5.0	25.0	21.8	16.7	35.0	21.8	16.7
5.5	26.6	23.5	18.4	37.7	23.5	18.4
6.0	28.3	25.1	20.1	40.4	25.1	20.1
6.5	30.0	26.8	21.8	43.1	26.8	21.8
7.0	31.7	28.5	23.5	45.8	28.5	23.5

図 2. 2. 2-4 引張接合部の必要性能（2 階建ての 1 階部分）

2.2.3　せん断接合部の必要性能

壁パネルのせん断接合部は、壁パネルが最大耐力を発揮するまで横滑りを防止する必要があり、大地震時に壁が負担する最大せん断力を上回る終局耐力と浮き上がり変位への追従性が必要となる。

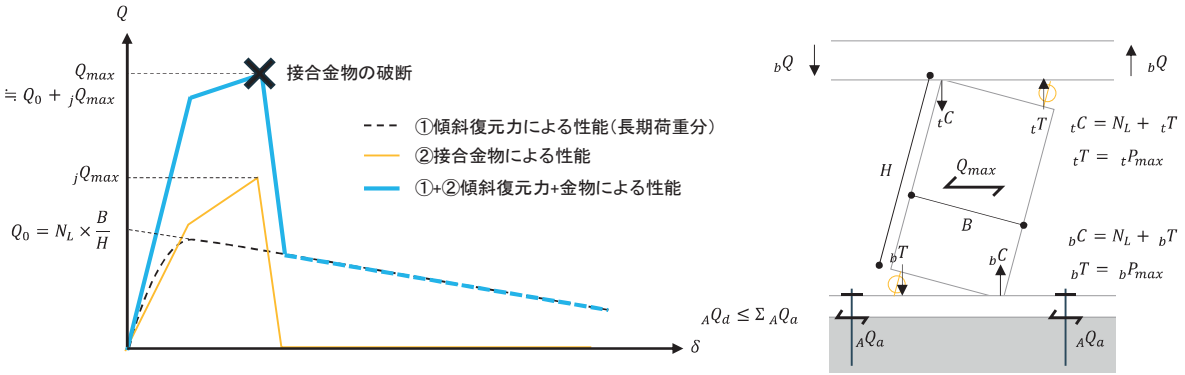


図 2. 2. 3-1 壁パネルに生じる最大せん断力

耐力壁に生じ得る最大のせん断力Q_{max}は以下のようにして算出する。耐力壁頭部および脚部の引張接合部がいずれも最大耐力P_{max}に至った時点の応力状態を考える。

① 壁全体に関する計算式

$Q_{max} \fallingdotseq Q_0 + {}_jQ_{max}$

② 傾斜復元力に関する計算式

Q_0：壁端部に集中反力を受ける場合の、長期荷重による傾斜復元力の最大値[kN]

$Q_0 = N_L \times B/H$

N_L：壁の長期軸力[kN]

N 値計算で用いる L の値を引用して、$N_L = 2L \times 1.96 \times H$とする。

③ 金物性能に関する計算式

${}_jQ_{max}$：接合金物により付加されるせん断力の最大値[kN]

${}_jQ_{max} = ({}_tP_{max} + {}_bP_{max}) \times B/H$

${}_bP_{max}$：壁脚引張金物の最大断力[kN]

${}_tP_{max}$：壁頭引張金物の最大断力[kN]

以上より

$Q_{max} \fallingdotseq (N_L + {}_tP_{max} + {}_bP_{max}) \times B/H$

壁の負担軸力について、実際には境界梁から付加軸力を受けるが、ここでは簡単のため、左右の梁から逆向きに同じ大きさのせん断力を受ける中壁の状態を想定し、付加軸力を考慮していない。終局状態では壁が床梁を浮き上がらせることで、それに取りつく柱や直交壁の引張抵抗分も境界梁を介して壁の軸力に加算されるため、実状に応じた付加軸力を評価する必要がある。

せん断接合部の設計用せん断力は、壁 - 土台間に生じる摩擦力を考慮して、壁脚部の圧縮反力 ${}_bC$に摩擦係数μを乗じたものを差し引いて考える。

せん断接合部の設計用せん断力

$Q_d = Q_{max} - \mu \times {}_bC$

Q_d：せん断接合部の設計用せん断力

μ：壁 - 土台間の摩擦係数(=0. 3 とする)

以上より、せん断接合部に必要な耐力は引張接合部の耐力および壁のアスペクト比に依存するため、壁パネルの位置、加力方向、階高、壁幅によって異なる必要性能が算出される。ここでは、2.2.2 項に示した N 値計算により各部の引張金物耐力を想定し、壁幅ごとに必要性能を整理する。以下に計算条件を示す。

計算条件

- 標準階高は 2.7m とする。
- 壁幅は 0.91m、1.365m、1.82m とする。
- 隅壁およびその他の壁について、加力方向ごとの必要性能を算出し、それらの最大値を必要性能とする。
- 検討対象階の壁倍率は上限の 7 倍を想定する。2 階建ての 1 階部分を算出する際の 2 階の壁倍率は 2.5 倍を想定する。

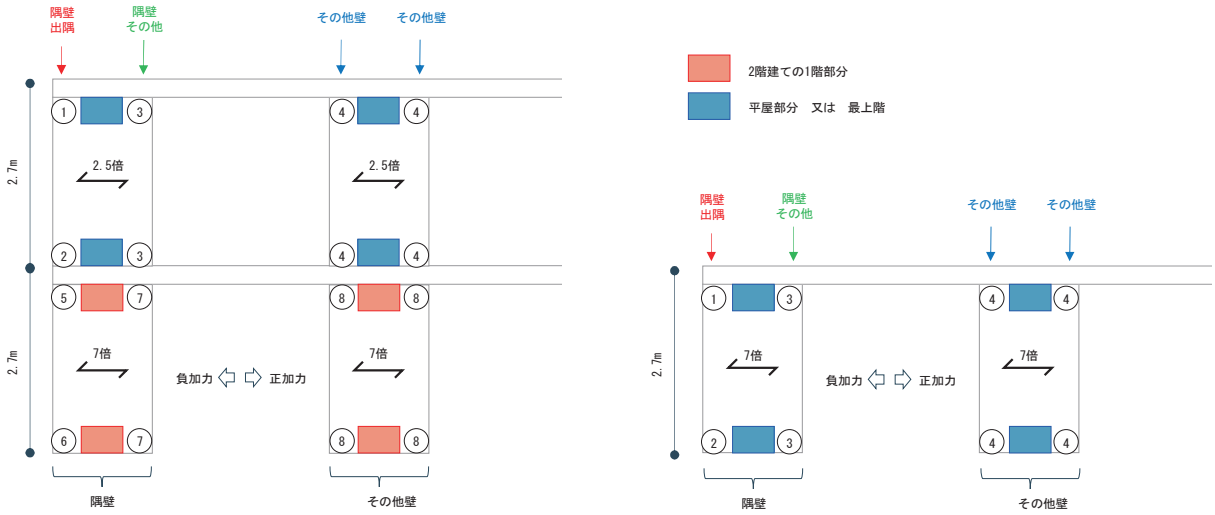
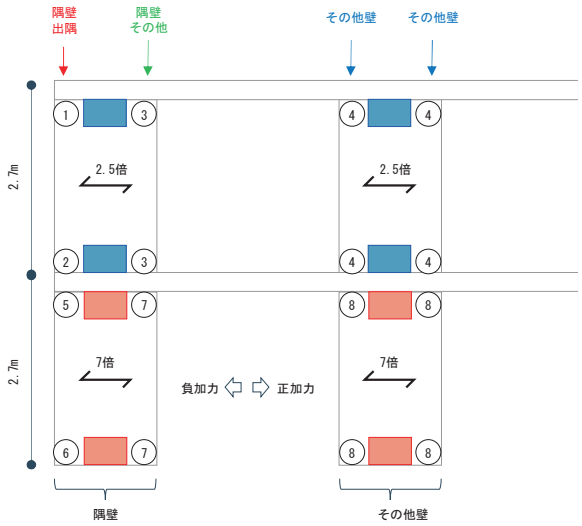


図 2.2.3-2 せん断接合部の凡例

表 2.2.3-1 に壁倍率の上限 7 倍に対応するせん断接合部の必要耐力を示す。必要耐力は壁単位長さあたりで示す。以降のページに算出根拠を示す。

表 2.2.3-1 壁単位長さあたりせん断接合部の必要終局耐力まとめ

壁倍率 上限	2 階建ての 1 階部分	平屋建て　又は　最上階
7.0 倍	20～30kN/m	15～25kN/m



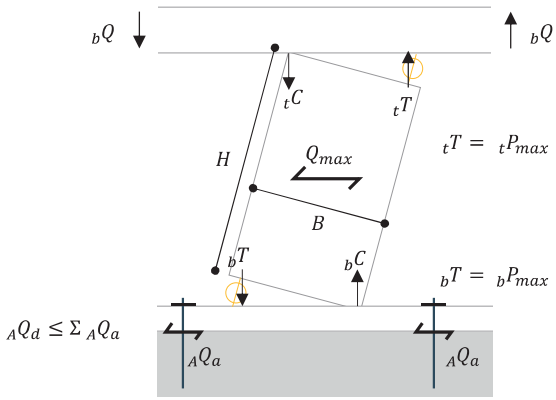
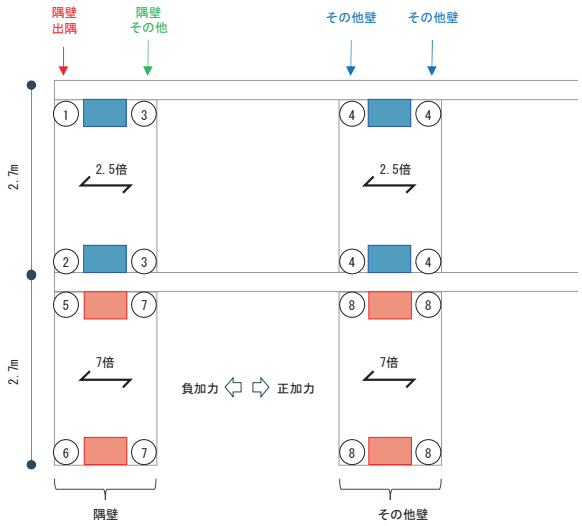


表 2.2.3-2 せん断接合部の必要終局耐力（2 階建ての 1 階部分、壁幅 0.91m）

		2階建ての1階					
		隅壁 正加力想定		隅壁 負加力想定		その他の壁 正負共通	
壁幅[m]	B	0.91		0.91		0.91	
壁高さ[m]	H	2.7		2.7		2.7	
アスペクト比	B/H	0.34		0.34		0.34	
	引張金物の分類	⑥	⑦	⑦	⑤	⑧	⑧
		隅壁 （出隅） 脚部	隅壁 （その他） 頭部	隅壁 （その他） 脚部	隅壁 （出隅） 頭部	その他壁 頭部・脚部	その他壁 頭部・脚部
鉛直荷重による抑え効果（2階）	L2	-	-	-	-	-	-
鉛直荷重による抑え効果（1階）	L1	1	1.6	1.6	1	1.6	1.6
周辺部材の曲げ戻し効果（2階）	B2	0.8	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
周辺部材の曲げ戻し効果（1階）	B1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2階の壁倍率	A2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
1階の壁倍率	A1	7	7	7	7	7	7
応力中心間距離の補正係数	D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
引張金物の必要耐力[kN]	P_a	45.79	23.46	23.46	31.67	23.46	23.46
引張金物の終局強度比	Cj	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
引張金物の最大耐力[kN]	P_{max}	68.68	35.19	35.19	47.51	35.19	35.19
壁の長期軸力[kN]	N_L	13.76		13.76		16.93	
壁の傾斜復元力[kN]	Q_0	4.64		4.64		5.71	
金物によるせん断耐力[kN]	$_jQ_{max}$	35.01		27.87		23.72	
壁の最大せん断力[kN]	Q_{max}	39.64		32.51		29.42	
圧縮合力[kN]	C	82.44		48.94		52.12	
摩擦係数	μ	0.30		0.30		0.30	
せん断接合部の設計用せん断力[kN]	Qd	14.91		17.83		13.79	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓
単位長さあたり必要性能[kN/m]	Qd/m	16.39		19.59		15.15	



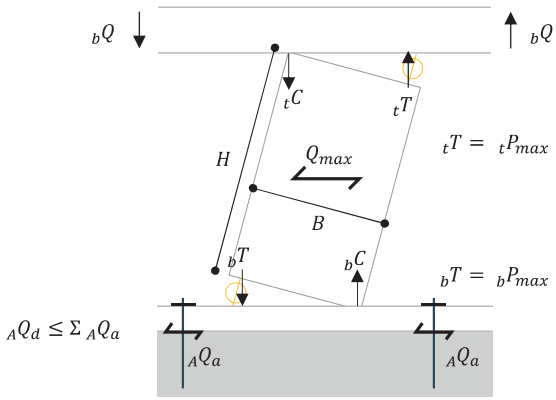
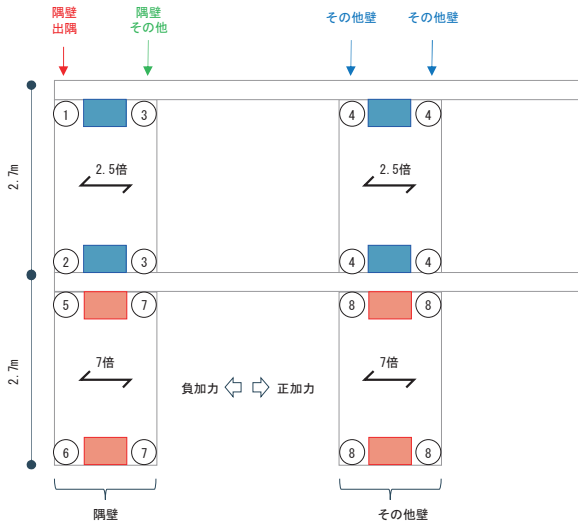


表 2.2.3-3 せん断接合部の必要終局耐力（2 階建ての 1 階部分、壁幅 1.365m）

		2階建ての1階					
		隅壁 正加力想定		隅壁 負加力想定		その他の壁 正負共通	
壁幅[m]	B	1.365		1.365		1.365	
壁高さ[m]	H	2.7		2.7		2.7	
アスペクト比	B/H	0.51		0.51		0.51	
	引張金物の分類	⑥	⑦	⑦	⑤	⑧	⑧
		隅壁 （出隅） 脚部	隅壁 （その他） 頭部	隅壁 （その他） 脚部	隅壁 （出隅） 頭部	その他壁 頭部・脚部	その他壁 頭部・脚部
鉛直荷重による抑え効果(2階)	L2	-	-	-	-	-	-
鉛直荷重による抑え効果(1階)	L1	1	1.6	1.6	1	1.6	1.6
周辺部材の曲げ戻し効果(2階)	B2	0.8	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
周辺部材の曲げ戻し効果(1階)	B1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2階の壁倍率	A2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
1階の壁倍率	A1	7	7	7	7	7	7
応力中心間距離の補正係数	D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
引張金物の必要耐力[kN]	P_a	45.79	23.46	23.46	31.67	23.46	23.46
引張金物の終局強度比	Cj	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
引張金物の最大耐力[kN]	P_{max}	68.68	35.19	35.19	47.51	35.19	35.19
壁の長期軸力[kN]	N_L	13.76		13.76		16.93	
壁の傾斜復元力[kN]	Q_0	6.96		6.96		8.56	
金物によるせん断耐力[kN]	$_jQ_{max}$	52.51		41.81		35.58	
壁の最大せん断力[kN]	Q_{max}	59.47		48.76		44.14	
圧縮合力[kN]	C	82.44		48.94		52.12	
摩擦係数	μ	0.30		0.30		0.30	
せん断接合部の設計用せん断力[kN]	Qd	34.73		34.08		28.50	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓
単位長さあたり必要性能[kN/m]	Qd/m	25.45		24.97		20.88	



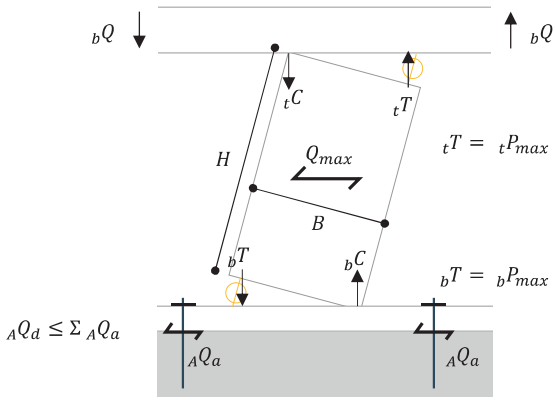
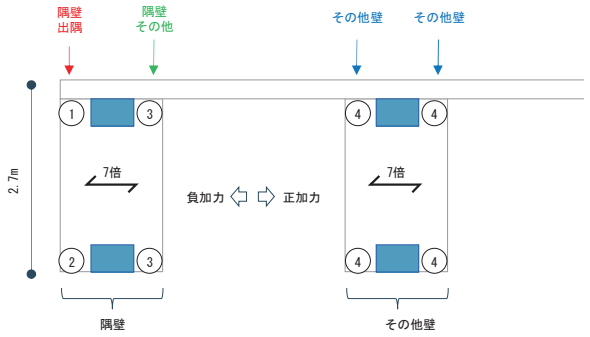


表 2.2.3-4 せん断接合部の必要終局耐力（2 階建ての 1 階部分、壁幅 1.82m）

		2階建ての1階					
		隅壁 正加力想定		隅壁 負加力想定		その他の壁 正負共通	
壁幅[m]	B	1.82		1.82		1.82	
壁高さ[m]	H	2.7		2.7		2.7	
アスペクト比	B/H	0.67		0.67		0.67	
	引張金物の分類	⑥ 隅壁 （出隅） 脚部	⑦ 隅壁 （その他） 頭部	⑦ 隅壁 （その他） 脚部	⑤ 隅壁 （出隅） 頭部	⑧ その他壁 頭部・脚部	⑧ その他壁 頭部・脚部
鉛直荷重による抑え効果(2階)	L2	-	-	-	-	-	-
鉛直荷重による抑え効果(1階)	L1	1	1.6	1.6	1	1.6	1.6
周辺部材の曲げ戻し効果(2階)	B2	0.8	0.5	0.5	0.8	0.5	0.5
周辺部材の曲げ戻し効果(1階)	B1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2階の壁倍率	A2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
1階の壁倍率	A1	7	7	7	7	7	7
応力中心間距離の補正係数	D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
引張金物の必要耐力[kN]	P_a	45.79	23.46	23.46	31.67	23.46	23.46
引張金物の終局強度比	Cj	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
引張金物の最大耐力[kN]	P_{max}	68.68	35.19	35.19	47.51	35.19	35.19
壁の長期軸力[kN]	N_L	13.76		13.76		16.93	
壁の傾斜復元力[kN]	Q_0	9.27		9.27		11.42	
金物によるせん断耐力[kN]	$_jQ_{max}$	70.01		55.74		47.43	
壁の最大せん断力[kN]	Q_{max}	79.29		65.02		58.85	
圧縮合力[kN]	C	82.44		48.94		52.12	
摩擦係数	μ	0.30		0.30		0.30	
せん断接合部の設計用せん断力[kN]	Qd	54.56		50.33		43.21	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓
単位長さあたり必要性能[kN/m]	Qd/m	29.98		27.66		23.74	



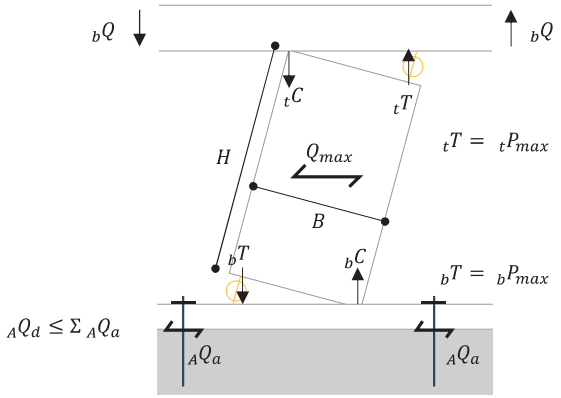
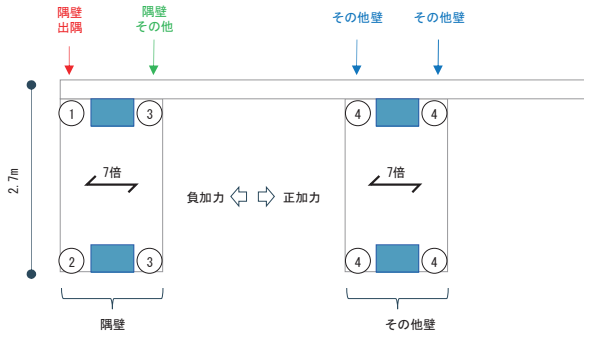


表 2.2.3-5 せん断接合部の必要終局耐力（平屋部分又は最上階、壁幅 0.91m）

		平屋建て					
		隅壁 正加力想定		隅壁 負加力想定		その他の壁 正負共通	
壁幅[m]	B	0.91		0.91		0.91	
壁高さ[m]	H	2.7		2.7		2.7	
アスペクト比	B/H	0.34		0.34		0.34	
	引張金物の分類	②	③	③	①	④	④
		隅壁 （出隅） 脚部	隅壁 （その他） 頭部	隅壁 （その他） 脚部	隅壁 （出隅） 頭部	その他壁 頭部・脚部	その他壁 頭部・脚部
鉛直荷重による抑え効果(2階)	L2	-	-	-	-	-	-
鉛直荷重による抑え効果(1階)	L1	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6
周辺部材の曲げ戻し効果(2階)	B2	-	-	-	-	-	-
周辺部材の曲げ戻し効果(1階)	B1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2階の壁倍率	A2	-	-	-	-	-	-
1階の壁倍率	A1	7	7	7	7	7	7
応力中心間距離の補正係数	D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
引張金物の必要耐力[kN]	P_a	35.52	20.35	20.35	21.41	20.35	20.35
引張金物の終局強度比	Cj	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
引張金物の最大耐力[kN]	P_{max}	53.28	30.52	30.52	32.11	30.52	30.52
壁の長期軸力[kN]	N_L	5.29		5.29		6.35	
壁の傾斜復元力[kN]	Q_0	1.78		1.78		2.14	
金物によるせん断耐力[kN]	$_jQ_{max}$	28.24		21.11		20.57	
壁の最大せん断力[kN]	Q_{max}	30.03		22.89		22.71	
圧縮合力[kN]	C	58.57		35.81		36.87	
摩擦係数	μ	0.30		0.30		0.30	
せん断接合部の設計用せん断力[kN]	Qd	12.46		12.15		11.65	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓
単位長さあたり必要性能[kN/m]	Qd/m	13.69		13.35		12.80	



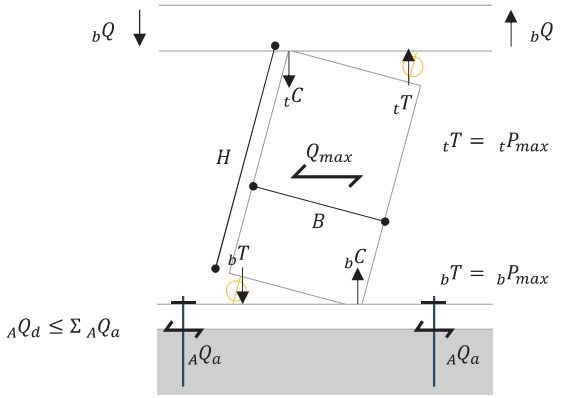
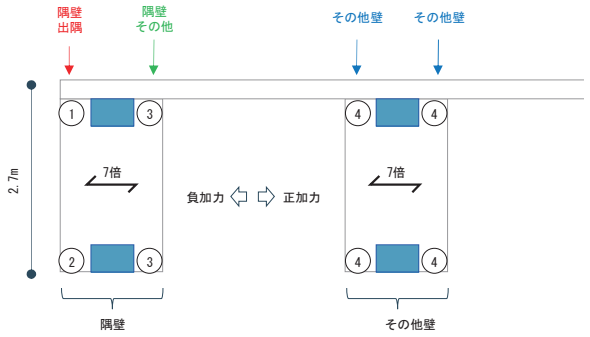


表 2.2.3-6 せん断接合部の必要終局耐力（平屋部分又は最上階、壁幅 1.365m）

		平屋建て					
		隅壁 正加力想定		隅壁 負加力想定		その他の壁 正負共通	
壁幅[m]	B	1.365		1.365		1.365	
壁高さ[m]	H	2.7		2.7		2.7	
アスペクト比	B/H	0.51		0.51		0.51	
	引張金物の分類	②	③	③	①	④	④
		隅壁 （出隅） 脚部	隅壁 （その他） 頭部	隅壁 （その他） 脚部	隅壁 （出隅） 頭部	その他壁 頭部・脚部	その他壁 頭部・脚部
鉛直荷重による抑え効果(2階)	L2	-	-	-	-	-	-
鉛直荷重による抑え効果(1階)	L1	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6
周辺部材の曲げ戻し効果(2階)	B2	-	-	-	-	-	-
周辺部材の曲げ戻し効果(1階)	B1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2階の壁倍率	A2	-	-	-	-	-	-
1階の壁倍率	A1	7	7	7	7	7	7
応力中心間距離の補正係数	D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
引張金物の必要耐力[kN]	P_a	35.52	20.35	20.35	21.41	20.35	20.35
引張金物の終局強度比	Cj	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
引張金物の最大耐力[kN]	P_{max}	53.28	30.52	30.52	32.11	30.52	30.52
壁の長期軸力[kN]	N_L	5.29		5.29		6.35	
壁の傾斜復元力[kN]	Q_0	2.68		2.68		3.21	
金物によるせん断耐力[kN]	$_jQ_{max}$	42.37		31.66		30.86	
壁の最大せん断力[kN]	Q_{max}	45.04		34.34		34.07	
圧縮合力[kN]	C	58.57		35.81		36.87	
摩擦係数	μ	0.30		0.30		0.30	
せん断接合部の設計用せん断力[kN]	Qd	27.47		23.59		23.01	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓
単位長さあたり必要性能[kN/m]	Qd/m	20.12		17.29		16.86	



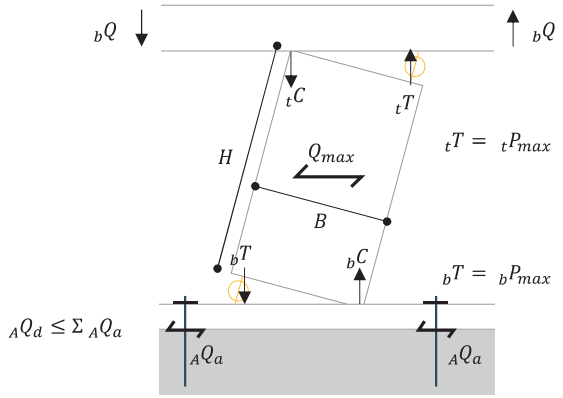


表 2.2.3-7 せん断接合部の必要終局耐力（平屋部分又は最上階、壁幅 1.82m）

		平屋建て					
		隅壁 正加力想定		隅壁 負加力想定		その他の壁 正負共通	
壁幅[m]	B	1.82		1.82		1.82	
壁高さ[m]	H	2.7		2.7		2.7	
アスペクト比	B/H	0.67		0.67		0.67	
	引張金物の分類	②	③	③	①	④	④
		隅壁 （出隅） 脚部	隅壁 （その他） 頭部	隅壁 （その他） 脚部	隅壁 （出隅） 頭部	その他壁 頭部・脚部	その他壁 頭部・脚部
鉛直荷重による抑え効果(2階)	L2	-	-	-	-	-	-
鉛直荷重による抑え効果(1階)	L1	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6
周辺部材の曲げ戻し効果(2階)	B2	-	-	-	-	-	-
周辺部材の曲げ戻し効果(1階)	B1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2階の壁倍率	A2	-	-	-	-	-	-
1階の壁倍率	A1	7	7	7	7	7	7
応力中心間距離の補正係数	D/j	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
引張金物の必要耐力[kN]	P_a	35.52	20.35	20.35	21.41	20.35	20.35
引張金物の終局強度比	Cj	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
引張金物の最大耐力[kN]	P_{max}	53.28	30.52	30.52	32.11	30.52	30.52
壁の長期軸力[kN]	N_L	5.29		5.29		6.35	
壁の傾斜復元力[kN]	Q_0	3.57		3.57		4.28	
金物によるせん断耐力[kN]	$_jQ_{max}$	56.49		42.22		41.15	
壁の最大せん断力[kN]	Q_{max}	60.06		45.79		45.43	
圧縮合力[kN]	C	58.57		35.81		36.87	
摩擦係数	μ	0.30		0.30		0.30	
せん断接合部の設計用せん断力[kN]	Qd	42.48		35.04		34.37	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓
単位長さあたり必要性能[kN/m]	Qd/m	23.34		19.25		18.88	

2.3　接合形式の整理

2.3.1　検討対象

本節では低層小規模建築物向け CLT パネル工法用金物の開発案を検討するため、既往金物を接合形式ごとに分類して整理する。検討対象は Z マーク表示金物を中心に、X マーク表示金物を必要性能に応じて小型化した案や、金物工法住宅で一般流通している接合形式を踏まえた新規開発案も含める。これらを接合形式ごとに分類し、CLT パネル工法への適用性を、耐力、納まり、施工性などの観点から検証する。

以下に既往の Z マーク、C マーク、X マーク表示金物のうち、CLT パネル工法への適用が考えられる金物の一覧を示す。主に鋼板添板ビス接合もしくは鋼板挿入ドリフトピン接合によるものをピックアップしている。

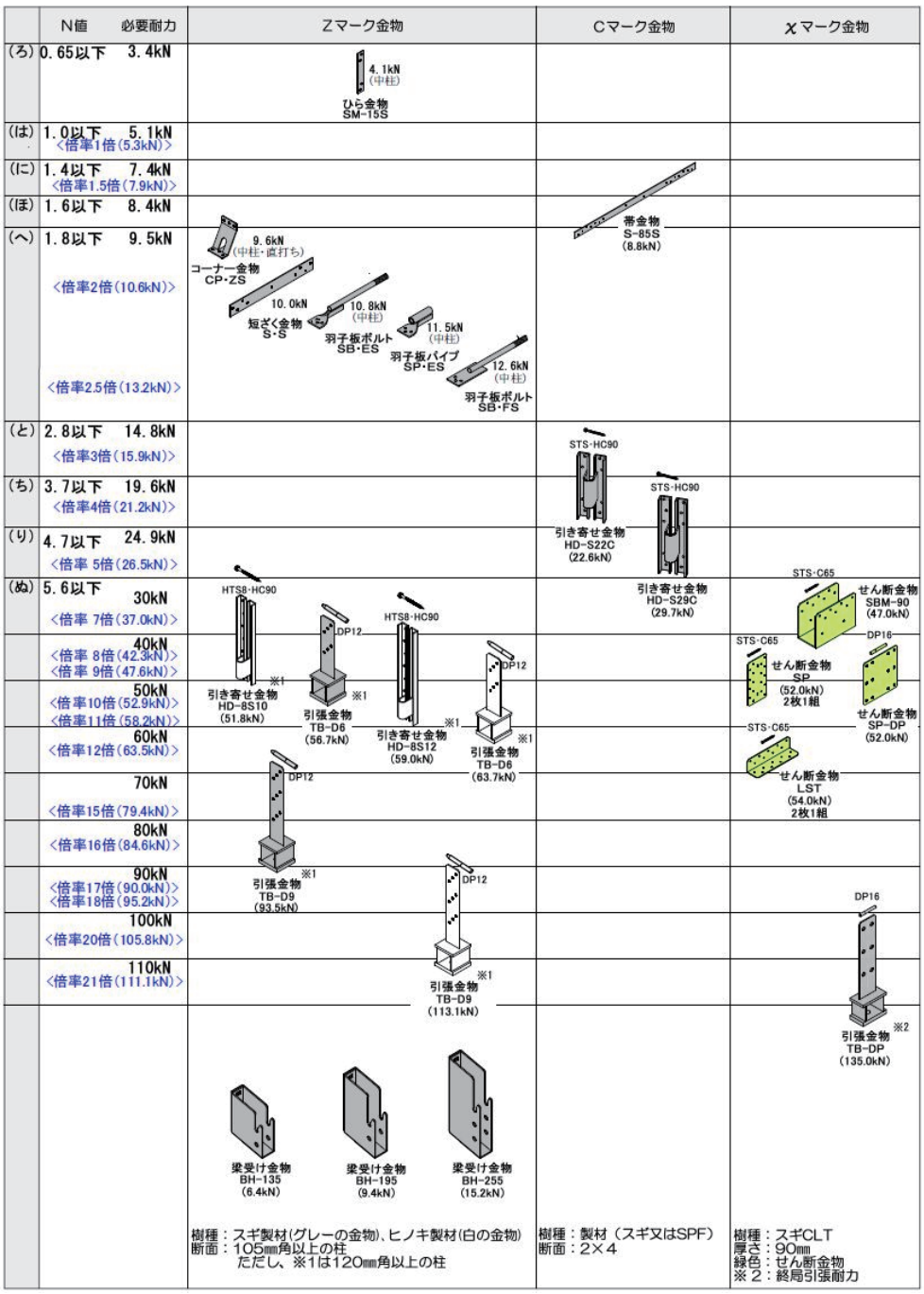


図 2.3.1-1 検討対象の既往金物一覧

2.3.2　接合金物の分類

接合形式ごとに代表的な金物を想定し、CLT パネル工法への適用性を納まり、製造、施工、コスト、強度性能の観点で検証する。

(1)　プレートＬ型金物（引張）

＜金物名称：CP・ZS＞

納まり

Ｚマーク表示金物「CP・ZS」の姿図と CLT パネルへの納まり例を以下に示す。次ページに各部の納まり例を示す。

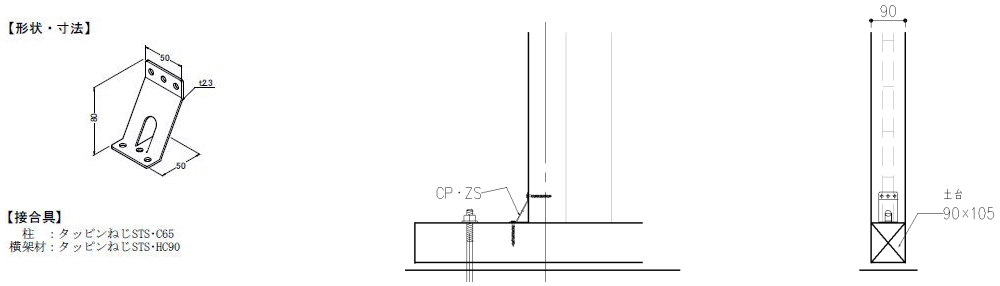


図 2.3.2-1 Ｚマーク表示金物「CP・ZS」の姿図と納まり例

・　壁 - 土台、壁 - 梁、壁 - 床接合部にて、CLT 壁パネル木口と土台・床・横架材を接合する。
・　壁木口面に金物が露出するため、開口サッシとの取り合いや現し使いの場合は注意が必要である。

CLT 加工・施工性

・　CLT 壁パネル側の加工なし
・　土台・横架材および CLT 壁パネルへのビス施工のみ

概算鋼材量　※アンカーボルト、ナット、座金を除く

CP・ZS	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-2.3	t ＝2.3	8400	7.87	152	1	152
ビス(STS・HC90)				24	3	72
ビス(STS・C65)				17	3	51
						275

耐力

・　既往実験（柱 - 土台）におけるＺマーク表示金物「CP・ZS(隅柱・直打ち仕様)」の短期基準耐力は 8.8kN。ビス１本あたり 3kN 程度。破壊性状は柱側ビスの引き抜け、金物破断など。
・　CLT 壁パネルへの接合の場合、壁木口面の直交層に打たれるビスは、ラミナ木口打ちとなるため、耐力低下が予想される。
・　壁木口の平行層にビスが打たれるような形状が望ましい。

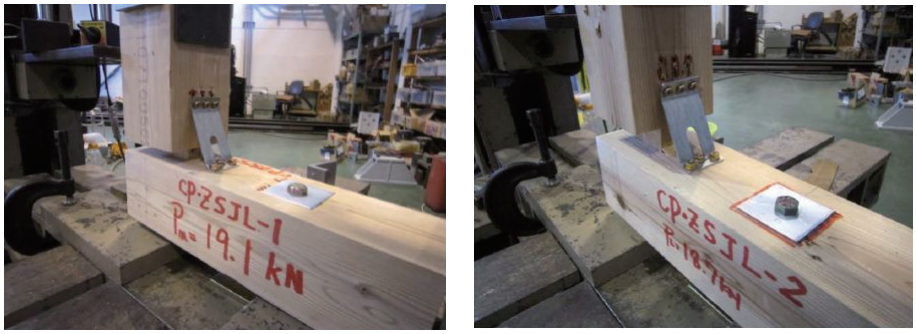
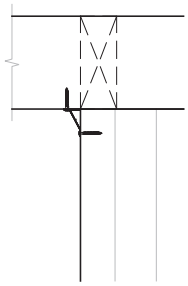
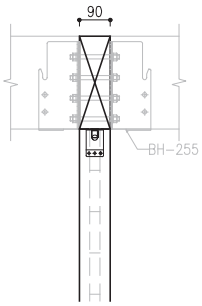


図 2.3.2-2 Ｚマーク表示金物「CP・ZS」の既往実験

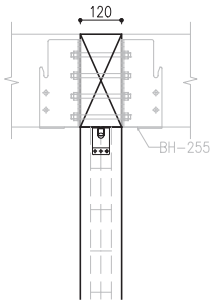
接合部参考納まり図

壁-屋根　　CP・ZS

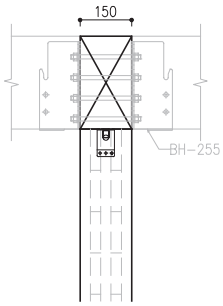




※ラミナ木口打ち



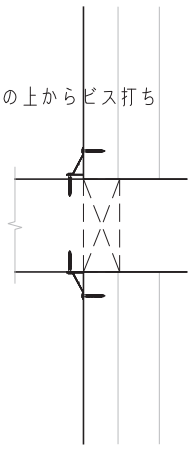
※ラミナ木口打ち

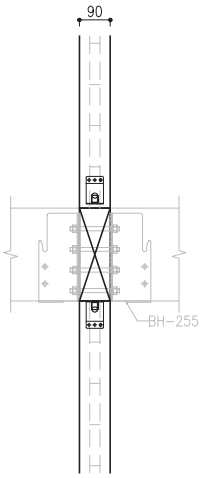


※ラミナ木口打ち

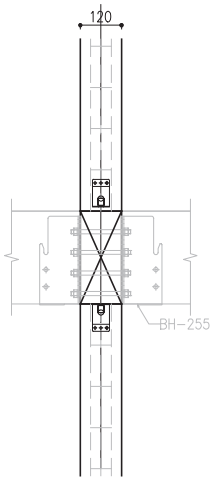
壁-梁-壁　　CP・ZS

※合板の上からビス打ち

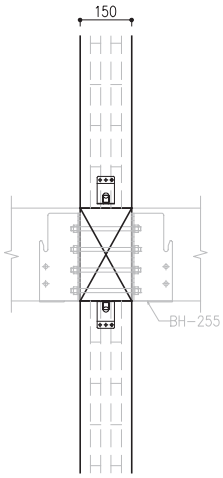




※ラミナ木口打ち

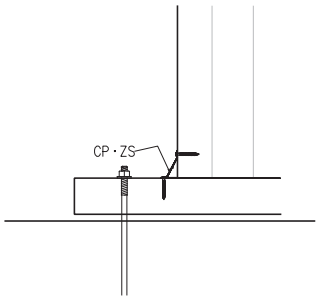


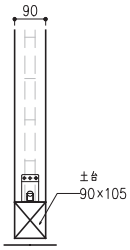
※ラミナ木口打ち



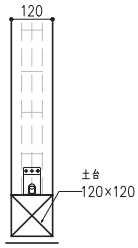
※ラミナ木口打ち

壁-基礎　　CP・ZS

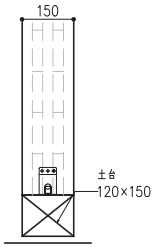




※ラミナ木口打ち



※ラミナ木口打ち



※ラミナ木口打ち

(2) プレート平型金物（引張）

＜金物名称：ひら金物 SM-15S＞

納まり

Ｚマーク表示金物「ひら金物 SM-15S」の姿図と CLT パネルへの納まり例を以下に示す。次ページに各部の納まり例を示す。

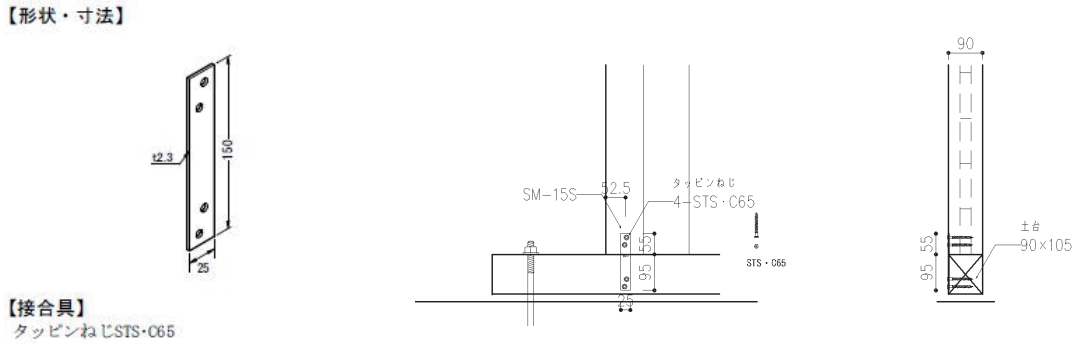


図 2.3.2-3 Ｚマーク表示金物「ひら金物 SM-15S」の姿図と納まり例

・　壁 - 土台、壁 - 梁接合部にて、CLT 壁パネル側面と土台・横架材を接合する。
・　壁側面に金物が露出するため、現し使いの場合は注意が必要である。

CLT 加工・施工性

・　CLT 壁パネル側の加工なし
・　土台・横架材および CLT 壁パネルへのビス施工のみ

概算鋼材量　※アンカーボルト、ナット、座金を除く

ひら金物SM-15S	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-2.3	t ＝2.3	11250	7.87	204	1	204
ビス（STS・C65）				17	4	68
						272

耐力

・　既往実験（柱 - 土台）におけるＺマーク表示金物「ひら金物 SM-15S」の短期基準耐力は 4.1kN。ビス１本あたり 2kN 程度。破壊性状は柱側ビス部せん断破壊など。
・　CLT 壁パネルへの接合の場合も壁側面に打たれるビスは同様の破壊が予想される。また土台せいを 105mm より小さくすると土台側の割裂で耐力が決まり、性能が低下する可能性がある。

図 2.3.2-4 Ｚマーク表示金物「ひら金物 SM-15S」の既往実験

＜金物名称：短ざく金物Ｓ・Ｓ＞

納まり

Ｚマーク表示金物「短ざく金物Ｓ・Ｓ」の姿図と CLT パネルへの納まり例を以下に示す。次ページに各部の納まり例を示す。

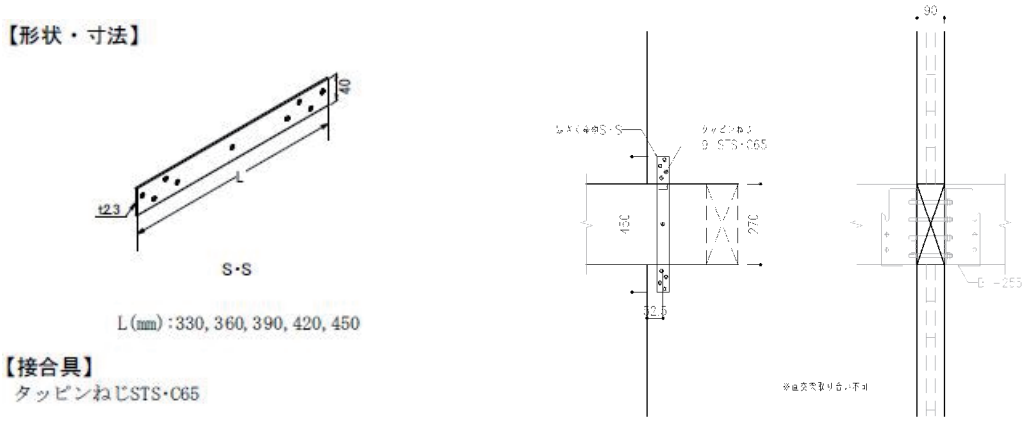


図 2.3.2-5 Ｚマーク表示金物「短ざく金物Ｓ・Ｓ」の姿図と納まり例

- 壁 - 壁接合部にて、上下階 CLT 壁パネルの側面同士を接合する。梁せいに応じた金物が必要。
- 壁側面に金物が露出するため、現し使いの場合は注意が必要である。
- 直交梁受け金物との干渉があるため、金物位置での直交梁の取り合いは不可。

CLT 加工・施工性

- CLT 壁パネル側の加工なし
- CLT 壁パネル・横架材へのビス施工のみ

概算鋼材量

短ざく金物S・S(L450)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-2.3	t ＝2.3	18000	7.87	326	1	326
ビス(STS・C65)				17	8	136
						462

耐力

- 既往実験（柱 - 胴差 - 柱）におけるＺマーク表示金物「短ざく金物Ｓ・Ｓ」の短期基準耐力は 10kN。ビス１本あたり 2.5kN 程度。破壊性状は柱側ビスの引き抜け、柱割れなど。
- CLT 壁パネルへの接合の場合も壁側面に打たれるビスは同様の破壊が予想される。

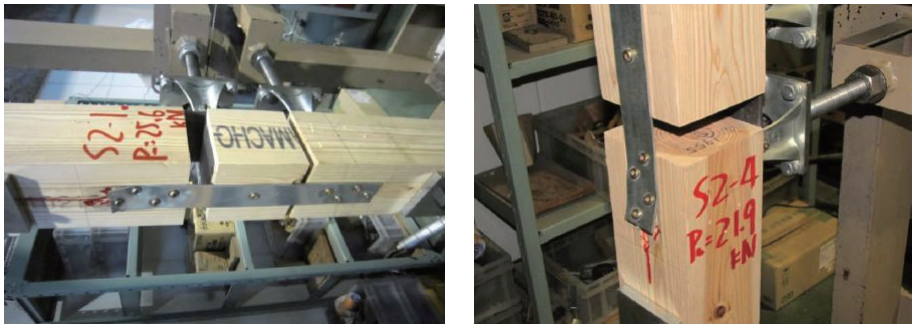
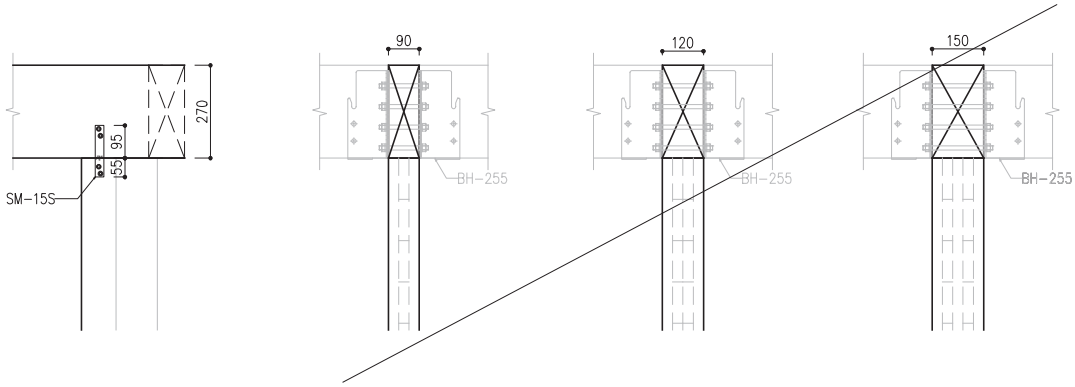


図 2.3.2-6 Ｚマーク表示金物「短ざく金物Ｓ・Ｓ」の既往実験

接合部参考納まり図

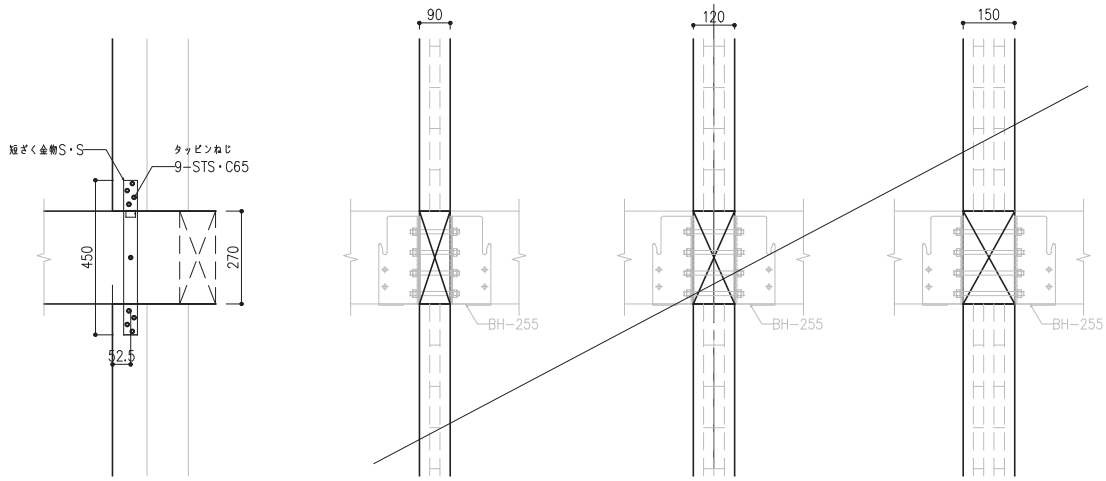
壁-屋根　　SM-15S



※直交梁は位置をずらして配置

※金物位置での直交梁取り合い不可

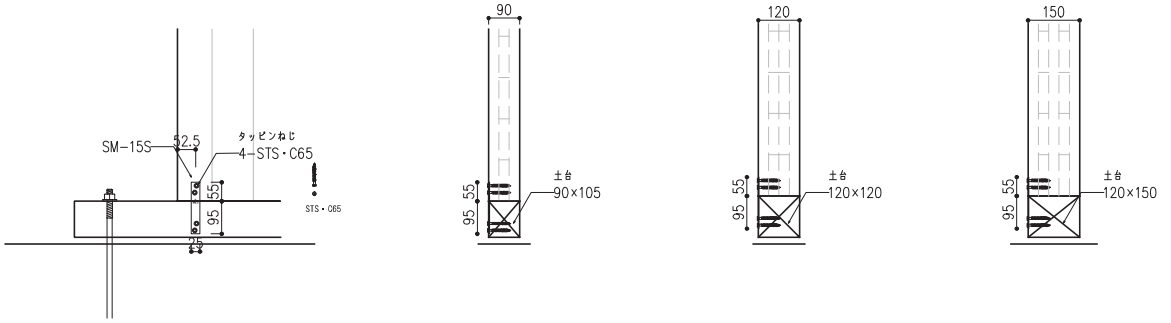
壁-梁-壁　　短ざく金物S・S



※直交梁は位置をずらして配置

※金物位置での直交梁取り合い不可

壁-基礎　　SM-15S



(3) ホールダウン金物（引張）

＜金物名称：HD-S22C＞

納まり

Ｃマーク表示金物「HD-S22C」の姿図と CLT パネルへの納まり例を以下に示す。次ページに各部の納まり例を示す。

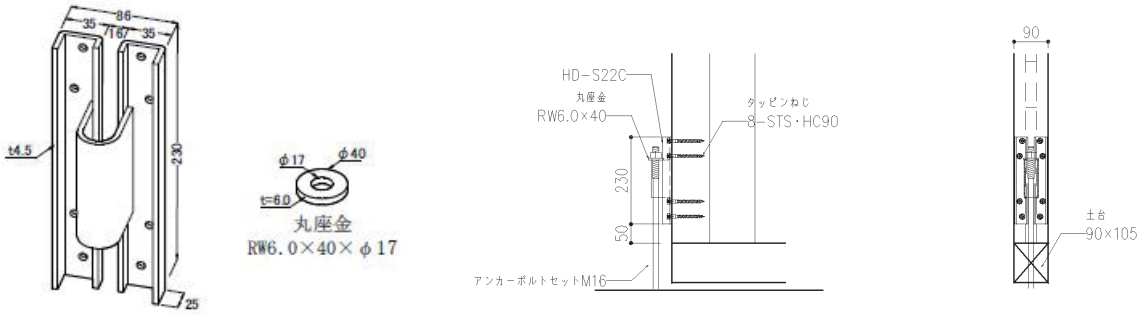


図 2.3.2-7 Ｃマーク表示金物「HD-S22C」の姿図と納まり例

- 壁 - 基礎、壁 - 梁 - 壁、壁 - 床 - 壁接合部にて、壁パネルの木口面と基礎または上階壁パネルの木口面を接合する。
- 壁木口面に金物が露出するため、開口サッシとの取り合いや現し使いの場合は注意が必要である。

CLT 加工・施工性

- CLT 壁パネル側の加工なし、土台および横架材への先穴加工が必要
- CLT 壁パネルへのビス施工およびアンカーボルト施工

概算鋼材量　※アンカーボルト、ナット、座金を除く

HD-S22C	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5①	t ＝4.5	17480	7.87	619	2	1238
PL-4.5②	t ＝4.5	12000	7.87	425	1	425
ビス(STS・HC90)				24	8	192
						1855

耐力

- 既往実験（たて枠脚部）におけるＣマーク表示金物「HD-S22C」の短期基準耐力は 22.6kN。ビス１本あたり 2.8kN 程度。破壊性状はビスによるたて枠材の割れ破壊。
- CLT 壁パネルへの接合の場合、二又形状なので壁木口面に打たれるビスは平行層にあたる。そのため、既往実験と同等の耐力が見込まれる。ただし、層構成によってはラミナ木口打ちになってしまうので注意が必要である。

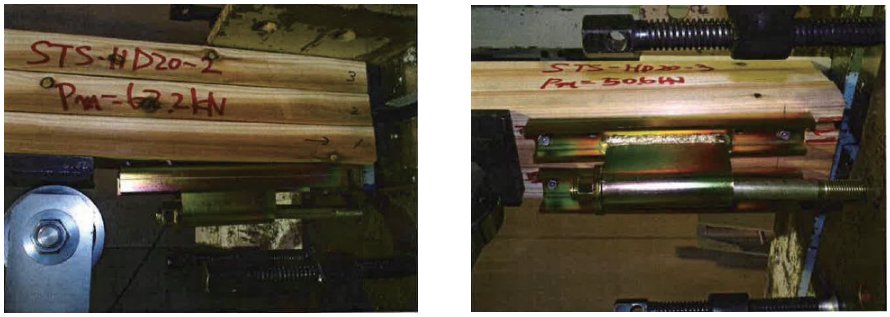
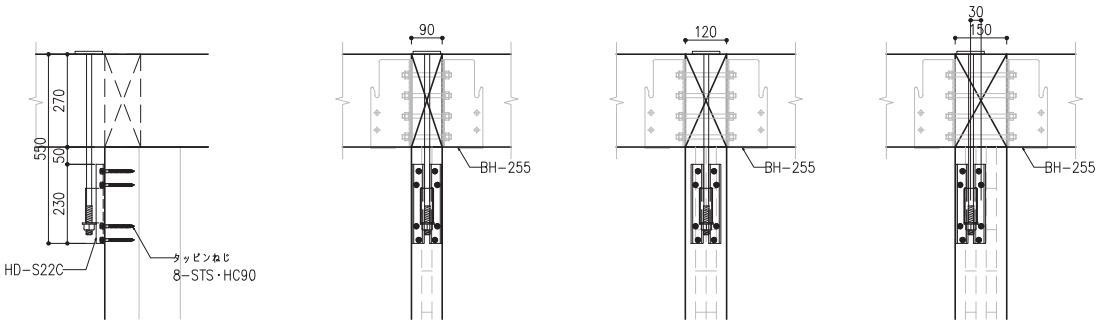


図 2.3.2-8 Ｃマーク表示金物「HD-S22C」の既往実験

接合部参考納まり図

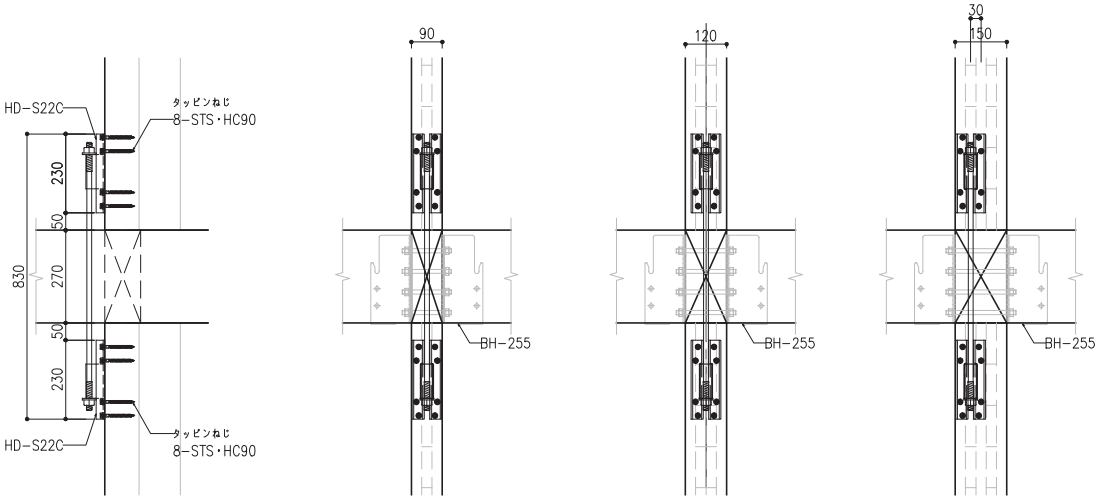
壁-屋根　HD-S22C



※ラミナ木口打ち

※芯合わせの場合、
ラミナ木口打ち
※芯ずれ30mmで
平行層打ち

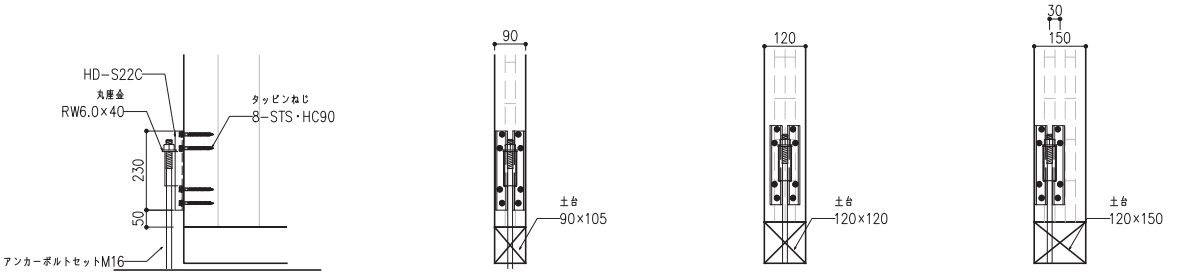
壁-梁-壁　HD-S22C



※ラミナ木口打ち

※芯合わせの場合、
ラミナ木口打ち
※芯ずれ30mmで
平行層打ち

壁-基礎　HD-S22C



※ラミナ木口打ち

※芯合わせの場合、
ラミナ木口打ち
※芯ずれ30mmで
平行層打ち

(4) プレートU型金物（引張）

＜金物名称：TB-90(縮小版①)＞

納まり

Xマーク表示金物「TB-90」の姿図と、一部ビス本数を減らし縮小した金物案「TB-90(縮小版①)」のCLTパネルへの納まり例を以下に示す。

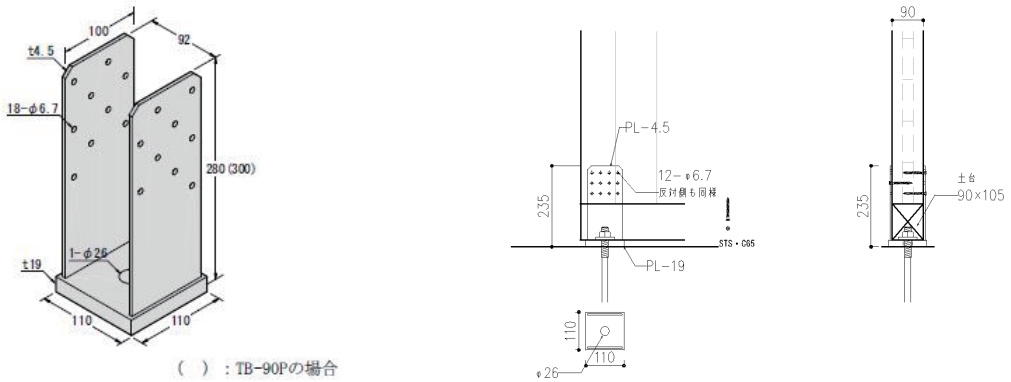


図2.3.2-9 Xマーク表示金物「TB-90」の姿図と「TB-90(縮小版①)」の納まり例

- 壁-基礎、壁-梁-壁、壁-床-壁接合部にて、壁パネル側面と基礎または上階壁パネル側面を接合する。壁厚、土台高さに応じた金物が必要である。
- 壁側面に金物が露出するため、現し使いの場合は注意が必要である。
- 上下階接合部において、直交梁受け金物との干渉があるため、金物位置での直交梁との取り合いは不可。

CLT加工・施工性

- CLT壁パネルもしくは土台側にアンカーボルト頭部分の座彫り加工が必要
- CLT壁パネルへのビス施工およびアンカーボルト施工

概算鋼材量　※アンカーボルト、ナット、座金を除く

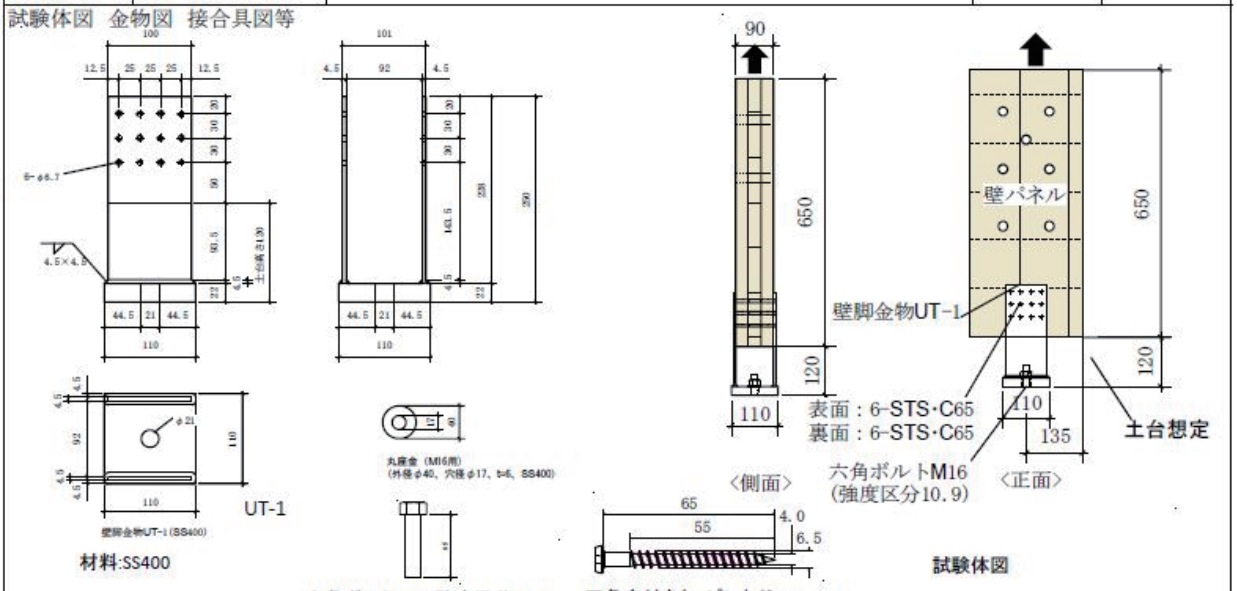
TB-90(縮小版①)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-19	t ＝19.0	12100	7.87	1809	1	1809
PL-4.5	t ＝4.5	20100	7.87	712	2	1424
ビス(STS・C65)				17	12	204
						3437

耐力

- CLT設計施工マニュアルに記載されているSTS・C65のビス1本あたりの強度性能は、U形引張金物形式の場合で、Pyが2.95kN。「TB-90(縮小版①)」はCLT壁パネルの両側面から6本ずつ、合計12本のSTS・C65で接合する。よって耐力は2.95×12=35.4kN程度が予想される。
- CLT設計施工マニュアルの「関連資料（付属DVD）第Ⅰ部,第2章,接合部データ等」に収録されている既往実験データを次ページに示す。

接合形式	鋼板添え板ビス接合	接合金物	鋼板添え板SS400(4.5㎜)、底板SS400(22㎜)、Zマーク四角穴付きタッピンねじSTS・C65(φ6.5㎜、首下長65㎜) 12本、固定用ボルトM16(強度10.9)
接合部位	①基礎-壁パネル 引張、②下階壁パネル-上階壁パネル 引張、③屋根パネル-壁パネル 引張		
試験体構成(材質等)	壁パネル	スギ、Mx60-3-3、A種構成、幅はぎ部の接着なし。接着剤:水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤(JIS K 6806)	密度(g/cm3) 0.42 / 含水率(%) 14.8
			密度(g/cm3) / 含水率(%)

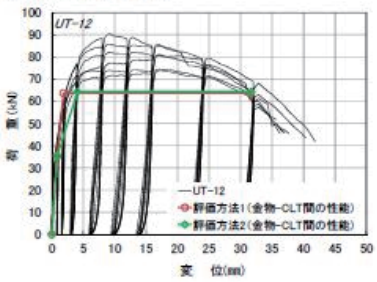
試験体図 金物図 接合具図等



評価モデル	項目	試験体番号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値	短期基準耐力
評価方法1	Pmax(kN)	90.4	85.6	74.5	73.9	80.6	82.2					81.2	6.4	-	-	-	-
	δ max (mm)	9.08	9.10	17.07	17.07	17.07	12.77					13.69	3.94	-	-	-	-
	2/3Pmax(kN)	60.2	57.1	49.6	49.3	53.8	54.8					54.1	4.2	0.078	0.818	44.2	-
	2/3 δ max (mm)	1.86	1.70	1.36	1.78	1.83	1.78					1.72	0.18	-	-	-	-
	Py (kN)	48.6	47.3	40.3	39.3	46	44					44.3	3.8	0.085	0.801	35.4	35.4
	δ y (mm)	1.12	1.16	0.86	1.05	1.21	1.07					1.08	0.12	-	-	-	-
	Pu (kN)	82.5	79.8	70.6	69.2	75.5	76.9					75.8	5.2	0.068	0.841	63.7	-
	δ v (mm)	1.90	1.96	1.51	1.85	1.99	1.87					1.85	0.17	-	-	-	-
	δ u (mm)	28.20	30.00	32.49	34.06	34.34	30.97					31.68	2.40	0.076	0.822	26.0	-
	K(kN/mm)	43.39	40.78	46.86	37.43	38.02	41.12					41.3	3.5	-	-	-	-
	μ	14.84	15.31	21.52	18.41	17.26	16.56					17.32	2.43	-	-	-	-
評価方法2	tPu (kN)	84.2	81	71.5	70.2	76.8	78.3					77	5.4	0.070	0.836	64.3	-
	t δ v (mm)	4.37	3.96	3.26	3.98	4.70	4.29					4.09	0.5	-	-	-	-
	K_2 (kN/mm)	10.95	12.02	12.98	10.56	8.83	10.65					11	1.4	-	-	-	-

※評価方法1はバイリニアモデルから、評価方法2はトリリニアモデルから算出した評価したもの

荷重-変位曲線/写真



破壊性状
・ねじのせん断、変形及び破断

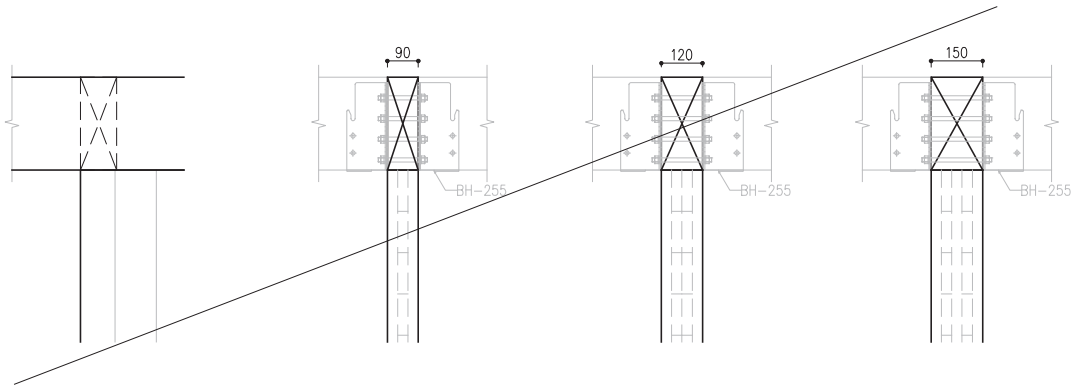
特記事項
・2つの金物をボルトを介して上下階で両引きする場合には、剛性を1/2、δv及びδuを2倍するものとする。

出 典:①平成25年林野庁委託事業 CLTパネルを用いたLSB及びビス接合部のデータ等の収集・分析報告書 木構造振興(株)
②鈴木圭、後藤隆洋、清水庸介、森拓郎、渡邊拓史、河合直人"CLT実物件のための構造設計に関する研究 その2 LSB及びビス金物接合部"日本建築学会学術梗概集2015(関東)

図 2.3.2-10 「TB-90(縮小版①)」の参考実験

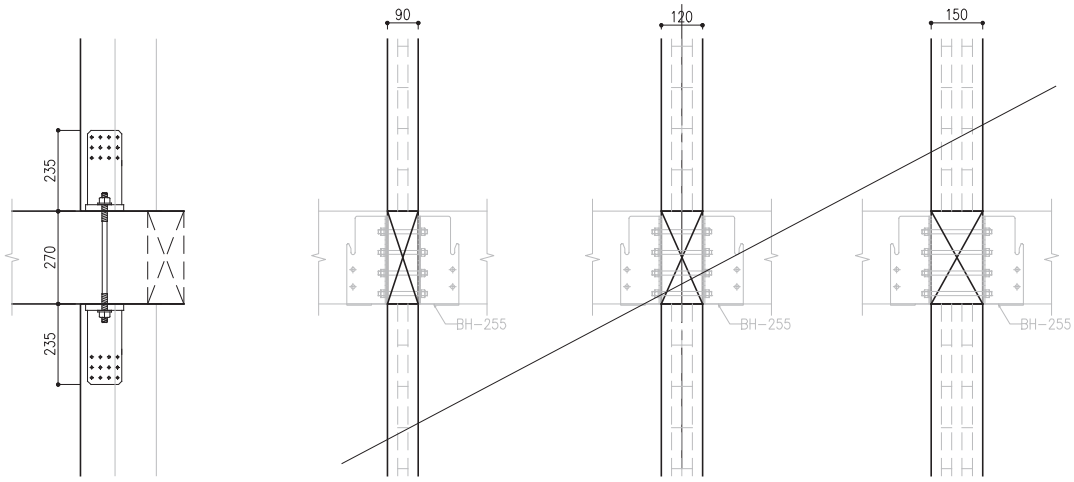
接合部参考納まり図

壁-屋根　　TB-90（縮小版①）



※最上階壁頭部に使用する金物としては、強度性能が過大になる

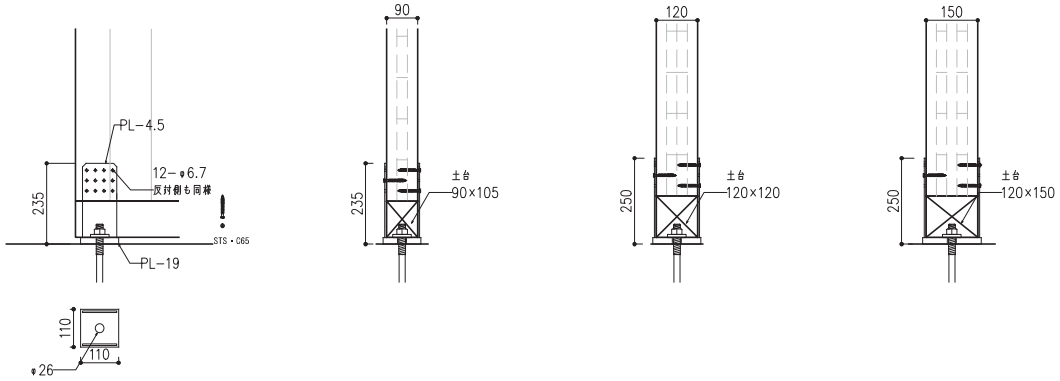
壁-梁-壁　　TB-90（縮小版①）



※直交梁は位置をずらして配置

※金物位置での直交梁取り合い不可

壁-基礎　　TB-90（縮小版①）



(5) 鋼板挿入金物（引張）

＜金物名称：TB-DP(縮小版①)＞

納まり

Xマーク表示金物「TB-DP」の姿図と、一部ドリフトピン本数を減らし縮小した金物案「TB-DP(縮小版①)」のCLTパネルへの納まり例を以下に示す。次ページに各部の納まり例を示す。

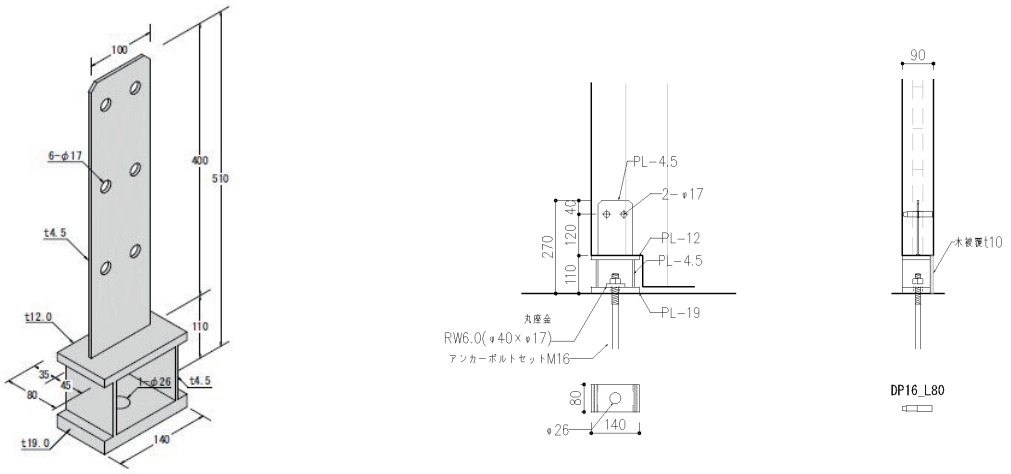


図2.3.2-11 Xマーク表示金物「TB-DP」の姿図と「TB-DP(縮小版①)」の納まり例

- 壁-基礎、壁-梁-壁、壁-床-壁接合部にて、CLT壁パネルと挿入鋼板をドリフトピンで接合する。層構成、壁厚に応じてドリフトピンの長さを変える必要がある。
- 壁内部に金物が隠されるため、現し使いに適している。土台のBOX金物の幅が80mmなので、壁厚が90mmの場合でも、片側から被覆することが可能。
- 上下階接合部において、直交梁受け金物との干渉があるため、金物位置での直交梁との取り合いは不可。

CLT加工・施工性

- CLT壁パネルに挿入鋼板のスリット加工およびBOX金物の切り欠き加工が必要。また、ドリフトピンの先穴加工が必要。
- CLT壁パネルへのドリフトピン施工およびアンカーボルト施工

概算鋼材量　※アンカーボルト、ナット、座金を除く

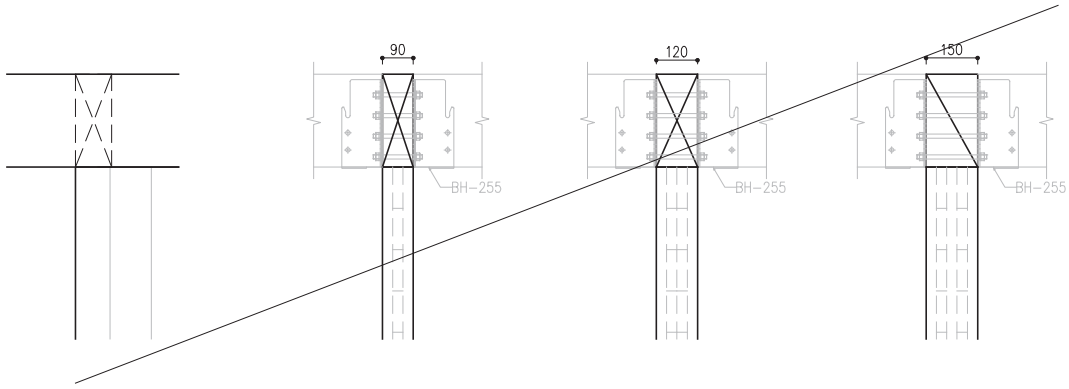
TB-DP(縮小版①)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-19	t ＝19.0	11200	7.87	1675	1	1675
PL-12	t ＝12.0	11200	7.87	1058	1	1058
PL-4.5①	t ＝4.5	6320	7.87	224	2	448
PL-4.5②	t ＝4.5	16000	7.87	567	1	567
ドリフトピンDP16				127	2	254
						4001

耐力

- Xマーク表示金物「TB-DP」はCLTパネル工法ルート1に対応した金物であり、ドリフトピン6-φ16で接合する。ここでは、「TB-DP(縮小版①)」としてドリフトピン2-φ16で接合する金物を想定する。
- 鋼板挿入2面せん断形式のドリフトピンφ16の1本あたりの耐力は、3層3プライ壁厚90mmのCLTに対して12kN/本程度と想定される。よって、「TB-DP(縮小版①)」の耐力は2×12=24kN程度と想定される。

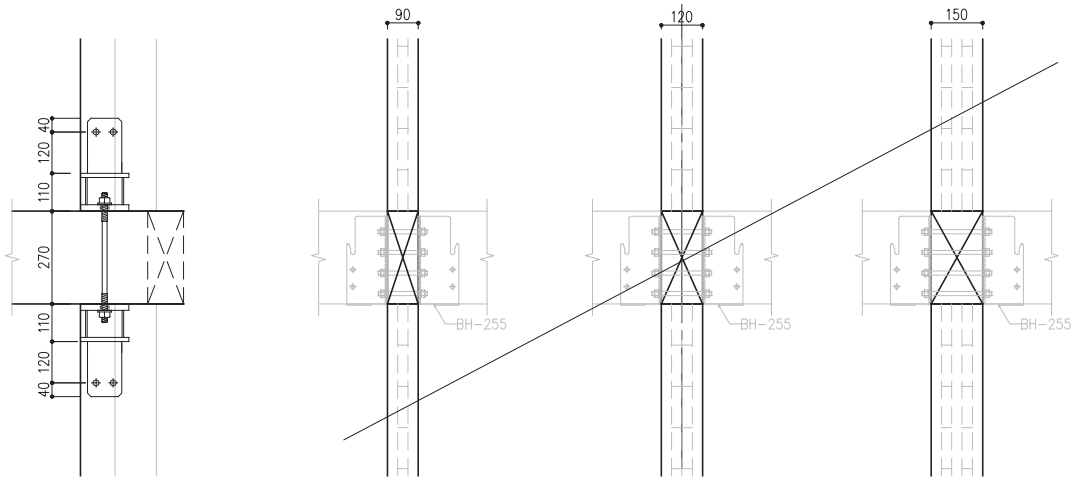
接合部参考納まり図

壁-屋根　　TB-DP(縮小版①)



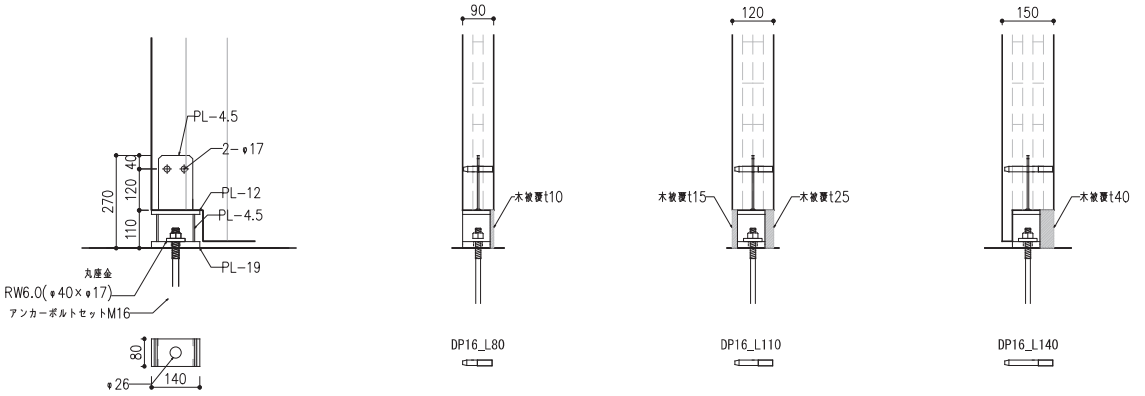
※最上階壁頭部に使用する金物としては、強度性能が過大になる

壁-梁-壁　　TB-DP(縮小版①)



※直交梁は位置をずらして配置　　※金物位置での直交梁取り合い不可

壁-基礎　　TB-DP(縮小版①)

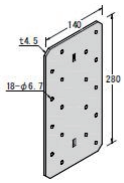


せん断金物については、既往の CLT パネル工法用金物である X マーク金物をベースに耐力を縮小した金物が考えられる。以降に、接合形式ごとに代表的な金物を想定する。

(6) プレート平型金物（せん断）

納まり・耐力

- プレート長手方向のサイズを縮小し、ビス本数を減らした金物を想定する。鋼板添え板ビス接合形式の金物であり、ビス本数に比例した耐力を想定する。
- 既往の金物は、壁 - 土台、壁 - 垂れ壁・腰壁や壁 - 床木口の接合を想定した金物であるが、梁勝ち架構において壁 - 梁せん断接合部に使用することも同様に可能であると考えられる。

せん断金物		既往の金物	縮小案
プレート平型		SP ビス STS・C65×9 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 26kN	SP(縮小版①) ビス STS・C65×4 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 26×4/9=11.5kN

CLT 加工・施工性

- CLT 壁パネル側の加工なし
- 土台・横架材および CLT 壁パネルへのビス施工のみ

概算鋼材量

SP	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5	t ＝4.5	39200	7.87	1388	1	1388
ビス(STS・C65)				17	18	306
						1694

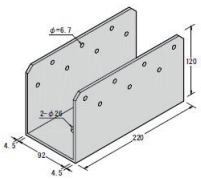
SP(縮小版①)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5	t ＝4.5	19600	7.87	694	1	694
ビス(STS・C65)				17	8	136
						830

(7) プレートU型金物（せん断）

納まり・耐力

・ 壁 - 基礎接合部にて、壁パネル側面と基礎を接合する。壁厚、土台高さに応じた金物が必要である。基本的な納まりは既往のXマーク表示金物と同様である。

・ プレート長手方向のサイズを縮小し、ビス本数を減らした金物を想定する。鋼板添え板ビス接合形式の金物であり、ビス本数に比例した耐力を想定する。

せん断金物		既往の金物	縮小案
プレート平型		SB-90 ビス STS・C65×14 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 47kN	SB-90(縮小版①) ビス STS・C65×6 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 47×6/14=20.1kN

CLT 加工・施工性

・ CLT 壁パネルもしくは土台側にアンカーボルト頭部分の座彫り加工が必要。

・ CLT 壁パネルへのビス施工およびアンカーボルト施工

概算鋼材量 ※アンカーボルト、ナット、座金を除く

SB-90	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5	t =4.5	73040	7.87	2587	1	2587
ビス(STS・C65)				17	14	238
						2825

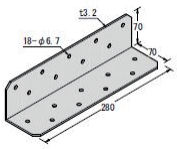
SB-90(縮小版①)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5	t =4.5	36520	7.87	1293	1	1293
ビス(STS・C65)				17	6	102
						1395

(8) プレートL型金物（せん断）

納まり・耐力

・ 壁 - 床接合部にて、壁パネル側面と床を接合する。基本的な納まりは既往のXマーク表示金物と同様である。

・ プレート長手方向のサイズを縮小し、ビス本数を減らした金物を想定する。鋼板添え板ビス接合形式の金物であり、ビス本数に比例した耐力を想定する。

せん断金物		既往の金物	縮小案
プレートL型		LST ビス STS・C65×9 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 27kN	LST(縮小版①) ビス STS・C65×4 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 27×4/9=12kN

CLT 加工・施工性

・　CLT 壁パネル側の加工なし

・　CLT 床パネルおよびCLT 壁パネルへのビス施工のみ

概算鋼材量

LST	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-3.2	t ＝3.2	39200	7.87	987	1	987
ビス(STS・C65)				17	18	306
						1293

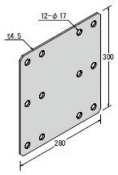
LST(縮小版①)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-3.2	t ＝3.2	19600	7.87	494	1	494
ビス(STS・C65)				17	8	136
						630

(9)　鋼板挿入金物（せん断）

納まり・耐力

・　プレート長手方向のサイズを縮小し、ビス本数を減らした金物を想定する。鋼板添え板ビス接合形式の金物であり、ビス本数に比例した耐力を想定する。

・　既往の金物は、壁 - 垂れ壁・腰壁の接合を想定した金物であるが、梁勝ち架構において壁 - 梁せん断接合部に使用することも同様に可能であると考えられる。

せん断金物		既往の金物	縮小案
鋼板挿入		SP-DP ドリフトピンφ16×6 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 52kN	SP-DP(縮小版①) ドリフトピンφ16×3 本 短期許容せん断耐力(1 枚あたり) 52×3/6=26kN

CLT 加工・施工性

・　CLT 壁パネルおよび垂れ壁・腰壁、土台・横架材に挿入鋼板のスリット加工が必要。また、ドリフトピンの先穴加工が必要。

・　CLT 壁パネルおよび垂れ壁・腰壁、土台・横架材へのドリフトピン施工

概算鋼材量

SP-DP	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5	t ＝4.5	84000	7.87	2975	1	2975
ドリフトピンDP16				127	12	1524
						4499

SP-DP(縮小版①)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
PL-4.5	t ＝4.5	54000	7.87	1912	1	1912
ドリフトピンDP16				127	6	762
						2674

(10) パイプ金物（せん断）

＜金物名称：ほぞパイプ①（短ほぞ）、ほぞパイプ②（長ほぞ）＞

納まり

新規金物開発案「ほぞパイプ①（短ほぞ）」、「ほぞパイプ②（長ほぞ）」の CLT パネルへの納まり例を以下に示す。次ページに各部の納まり例を示す。

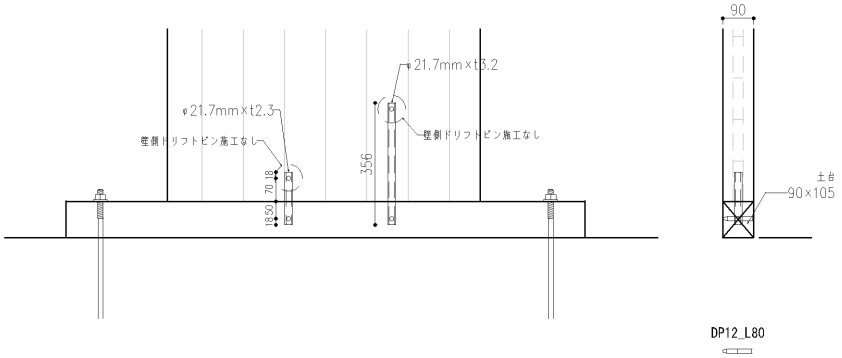


図 2.3.2-12 新規金物開発案ほぞパイプ①（短ほぞ）」、「ほぞパイプ②（長ほぞ）」の納まり例

- 壁 - 土台、壁 - 梁接合部にて、CLT 壁パネルと土台・横架材をドリフトピンで接合する。終局時に壁パネルの浮き上がり変位に追従させるため、壁パネル側にドリフトピンを施工しない。
- 一般流通規格に合わせて、パイプはφ21.7㎜、ドリフトピンはφ12㎜を使用する。層構成、壁厚に応じてドリフトピンの長さを変える必要がある。
- 壁内部に金物が隠されるため、現し使いに適している。

CLT 加工・施工性

- CLT 壁パネルおよび土台・横架材にパイプの先穴加工が必要。土台および横架材にドリフトピンの先穴加工が必要。
- 土台・横架材へのドリフトピン施工

概算鋼材量　※アンカーボルト、ナット、座金を除く

ほぞパイプ①(短ほぞ)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
パイプφ21.7	t ＝2.3	10635	7.87	193	1	193
ドリフトピンDP12				71	1	71
						264

ほぞパイプ②(長ほぞ)	厚さ [mm]	面積 [mm2]	単位体積重量 [g/cm3]	単位重量 [g]	数量	重量 [g]
パイプφ21.7	t ＝3.2	24269	7.87	611	1	611
ドリフトピンDP12				71	1	71
						682

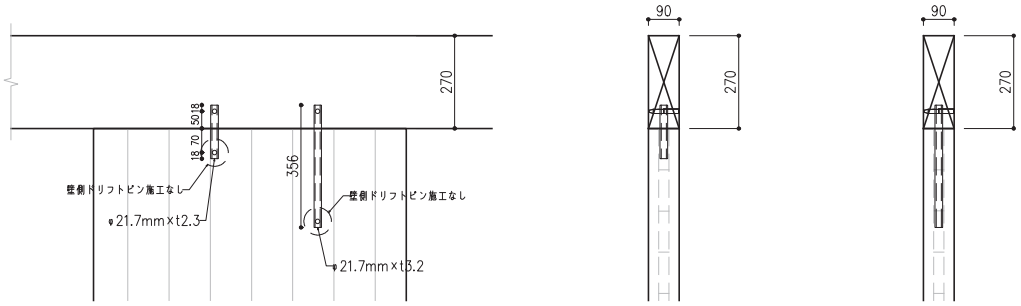
耐力

- 土台・横架材側はパイプと土台もしくは横架材の繊維方向が支圧抵抗し、壁パネル側はセンターに挿入したパイプと CLT の直交層が支圧抵抗する。別事業の実験速報値では、105㎜厚 CLT に対して「ほぞパイプ①（短ほぞ）」の方で１本あたり 11kN 程度、「ほぞパイプ②（長ほぞ）」の方で１本あたり 16kN 程度の短期基準耐力が確認されている。

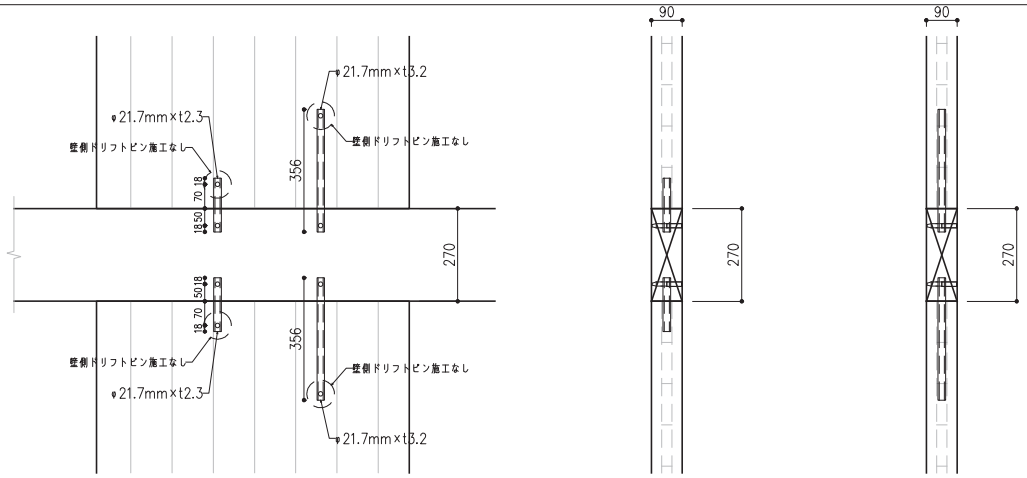
図 2.3.2-13 新規金物開発案ほぞパイプ①（短ほぞ）」、「ほぞパイプ②（長ほぞ）」の参考実験

接合部参考納まり図

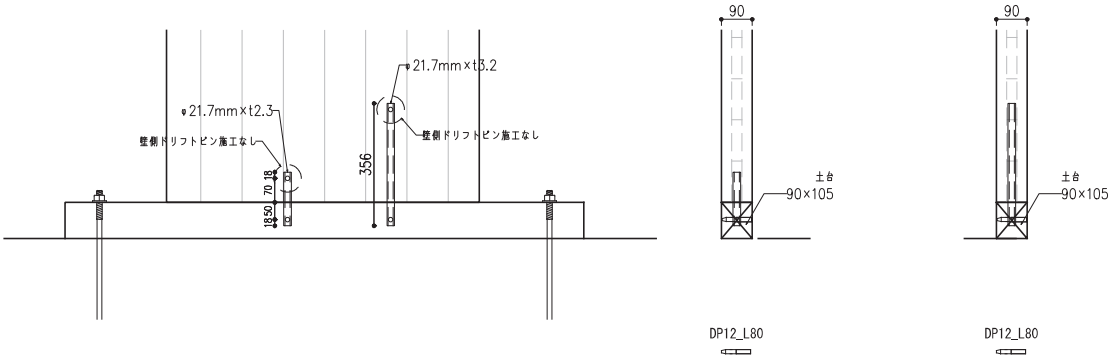
壁-屋根　　ほぞパイプ①（短ほぞ）、ほぞパイプ②（長ほぞ）



壁-梁-壁　　ほぞパイプ①（短ほぞ）、ほぞパイプ②（長ほぞ）



壁-基礎　　ほぞパイプ①（短ほぞ）、ほぞパイプ②（長ほぞ）



2.3.3　接合金物の比較表

本節で検討した在来工法用既往金物・新規開発金物案について、CLT パネル工法への適用性を、耐力、納まり、施工性、製造コストなどの項目で評価し、比較表として次ページ以降に示す。**表 2.3.3-1** は主に 1 階脚部の壁 - 基礎、壁 - 土台接合部で使用する引張金物を、**表 2.3.3-2** は主に 2 階・最上階の壁 - 梁 - 壁、壁 - 床 - 壁、壁 - 梁、壁 - 床接合部で使用する引張金物を示す。**表 2.3.3-3** は主に 1 階脚部の壁 - 基礎、壁 - 土台接合部で使用するせん断金物を、**表 2.3.3-4** は主に 2 階・最上階の壁 - 梁 - 壁、壁 - 床 - 壁、壁 - 梁、壁 - 床接合部で使用するせん断金物を示す。

引張金物の目標耐力は～10kN、10～30kN、30～50kN、50kN 以上で分類し、せん断金物の目標耐力は～10kN、10～20kN、20～30kN、30kN 以上で分類した。それぞれに予想される耐力の金物を記載している。また、金物の製造コストは使用鋼材量や溶接点数、加工点数に依存すると考えられるが、ここでは下記の条件で算出した鋼材量を数値で示し、その大小で評価を入れている。

鋼材量の算出条件

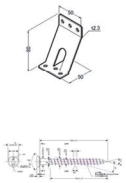
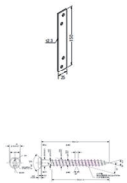
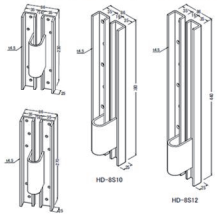
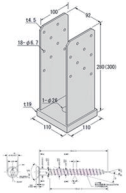
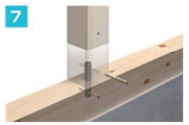
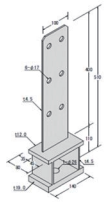
- 鋼材量の集計対象はプレート、パイプ、ビス、ドリフトピンとし、アンカーボルト、ナット、座金を除く
- 鋼材の穴空き部分は無いものとして計算

比較表による評価

- 目標耐力 10kN 以内の引張金物としては、プレート L 型や平型金物が、CLT 加工が不要で鋼材量も小さい。ただし、金物が現れてくるので、CLT 現し使いの場合は工夫が必要である。一方、土台や横架材に接続するタイプのパイプ金物（「ほぞパイプ①（短ほぞ）」）は、同等の鋼材量で現し対応も可能である。CLT 加工が必要となるが、現し対応の場合は使いやすいと思われる。
- 目標耐力 10～20kN の引張金物としては、プレート平型やパイプで上下階を連結するタイプのもの（「S-85S」、「壁 - 壁パイプ」など）が、鋼材量が小さい。パイプ金物は CLT 加工が必要となるが、同等の鋼材量で現し対応および直交梁との取り合いが可能である。
- 目標耐力 20～30kN の引張金物としては、ホールダウン金物（「HD-S22C」、「HD-S29C」）やパイプで上下階を連結するタイプのもの（「壁 - 壁パイプ」）が、鋼材量が小さい。ホールダウン金物は CLT 木口面を隠す場合のみ現し対応が可能である。パイプ金物は CLT 加工が必要となるが、同等の鋼材量で現し対応が可能である。
- 目標耐力 30～50kN の引張金物としては、ホールダウン金物（「HD-8S10」、「HD-8S12」）やプレート U 型金物（「TB-90」）、鋼板挿入型金物（「TB-DP（縮小版②）」）などが考えられる。この中ではホールダウン金物の鋼材量が小さい。
- 目標耐力 50kN 以上の引張金物としては、現行の X マーク表示金物（「TB-90」、「TB-DP」など）が使用できる。
- せん断金物は、パイプ金物（「ほぞパイプ①（短ほぞ）」、「ほぞパイプ②（長ほぞ）」）の鋼材量が小さく、終局時の浮き上がり追従性も有している。プレート平型金物（「SP（縮小版①）」）も比較的鋼材量が小さく、CLT 加工も無くて済むが、終局時の浮き上がり追従性に欠ける。
- 設計者および施工者向けアンケートにて、要望の多かったコスト（使用鋼材量）について見ると、全体的に BOX タイプの金物（「BOX パイプ」、「TB-DP」など）や、ベースプレートが必要となる U 型金物（「TB-90」）は、鋼材量が大きくなる傾向があり、プレート L 型や平型、パイプ金物は比較的少ない鋼材量でコストダウンが図れることが分かる。
- 仕様規定ルートで使用頻度が高いと思われる目標耐力 30kN 以内の金物で比較すると、ホールダウン金物が比較的少ない鋼材量で高耐力が目指せる。一方で目標耐力 10kN 以内の金物は、プレート L 型金物やプレート平型金物でさらに鋼材量を少なくすることができる。ただし、これらの金物は CLT パネルの外側に現れてくるため、壁の現し対応は工夫が必要である。
- 現し対応、製造コストの観点では、全体的にパイプ金物の評価が高く、既往の Z マーク表示金物や C マーク表示金物にはない形式ではあるが、今後の開発案として十分に可能性がある。

表 2.3.3-1 引張接合部の比較表（壁 - 基礎、壁 - 土台）

引張金物比較表　壁-基礎、壁-土台

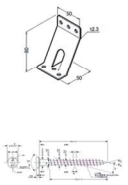
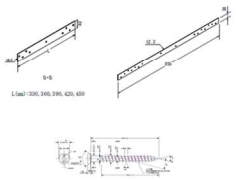
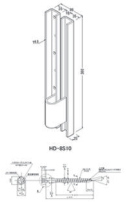
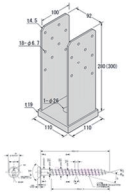
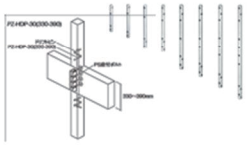
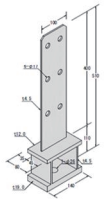
壁-基礎 壁-土台	プレート L型金物	プレート 平型金物	ホールダウン	プレート U型金物	パイプ金物 土台タイプ	パイプ金物 BOXタイプ	鋼板挿入金物
現し対応	×	×	△ ※木口面を隠す場合は可	×	○	○	○
イメージ							
土台対応	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：○ 土台無し：○	土台有り：○ 土台無し：○	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：× 土台無し：○	土台有り：× 土台無し：○
CLT加工	◎ 加工なし	◎ 加工なし	◎ 加工なし	○ A.Bolt頭部分切り欠き	○ パイプ・DPの先穴加工	△ パイプ・DPの先穴加工 BOX部分切り欠き	△ DPの先穴加工 挿入鋼板のスリット加工 BOX部分切り欠き
製造コスト	◎	◎	△～○	×	◎	×	×
施工性	○	○	○	△ ビス本数が多い？	○	○	○
目標耐力 ～10kN	L型金物① STS・C65×2本：5kN程度 鋼材量：159g	ひら金物SM-15S STS・C65×2本：4kN程度 鋼材量：272g	-	-	ほぞパイプ①（短ほぞ） DP(φ12)1本：6～10kN程度 鋼材量：335g	-	-
目標耐力 ～30kN	-	-	HD-S22C(スギで22.6kN) STS・HC90×8本：20kN程度 鋼材量：1855g HD-S29C(スギで29.7kN) STS・HC90×10本：25kN程度 鋼材量：2118g	TB-90(縮小版①) STS・C65×12本：30kN程度 鋼材量：3437g	-	BOXパイプ① DP(φ12)2本：15kN程度 鋼材量：3332g BOXパイプ② DP(φ12)4本：30kN程度 鋼材量：3766g	TB-DP(縮小版①) DP(φ16)2本：25kN程度 鋼材量：4001g
目標耐力 ～50kN	-	-	HD-8S10(ヒノキで51.8kN) STS8・HC90×10本：30～40kN 鋼材量：2746g HD-8S12(ヒノキで59.0kN) STS8・HC90×12本：30～40kN 鋼材量：3141g	TB-90 STS・C65×18本：50kN程度 鋼材量：3964g	-	-	TB-DP(縮小版②) DP(φ16)4本：50kN程度 鋼材量：4680g
目標耐力 50kN以上	-	-	-	-	-	-	TB-DP DP(φ16)6本：75kN程度 鋼材量：5359g
備考	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：2.6kN程度 ※CP・ZS(Zマーク)はビス3本で8kN程度、柱側ビス引き抜け、金物破断 ※L型金物①はビス2本仕様を想定	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度 ※柱側ビスせん断破壊	ビス：STS・HC90(φ6.5) 1本あたり(スギ類)：2.8kN程度 ビス：STS8・HC90(φ8) 1本あたり(ヒノキ)：5kN程度 1本あたり(スギ)：3kN程度	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度	※土台割裂による耐力 ※メーカー流通品より、パイプ径：φ21.7mm、DPφ12 ドリフトピン (t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：6～10kN程度	※メーカー流通品より、パイプ径：φ21.7mm、DPφ12 ドリフトピン (t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：8kN程度	ドリフトピン(t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：8kN程度 1本あたり（φ16）：12kN程度

※青字は既存のZマーク金物
※橙字は既存のCマーク金物
※緑字は既存のXマーク金物

※鋼材量はアンカーボルトを除いて試算

表 2.3.3-2 引張接合部の比較表（壁 - 梁 - 壁、壁 - 床 - 壁、壁 - 梁、壁 - 床）

引張金物比較表　壁-梁-壁、壁-床-壁、壁-梁、壁-床

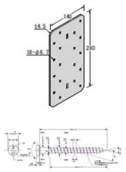
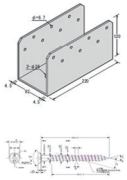
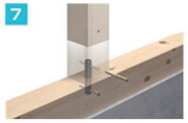
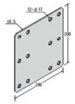
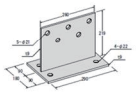
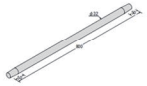
壁-梁-壁 壁-床-壁 壁-梁、壁-床	プレート L型金物	プレート 平型金物	ホールダウン	プレート U型金物	パイプ金物	鋼板挿入金物
現し対応	×	×	△ ※木口面を隠す場合は可	×	○	○
イメージ						
直交梁対応	○	×	○	×	○	×
CLT加工	◎ 加工なし	◎ 加工なし	◎ 加工なし	○ A.Bolt頭部分切り欠き	○ パイプ・DPの先穴加工	△ DPの先穴加工 挿入鋼板のスリット加工 BOX部分切り欠き
製造コスト	◎	○	△～○	×	○	×
施工性	○	○	○	△ ビス本数が多い？	○	○
目標耐力 ～10kN	L型金物① STS・C65×2本：5kN程度 鋼材量：159g	短ざく金物S・S STS・C65×4本：10kN程度 鋼材量：462g	-	-	-	-
目標耐力 ～30kN	-	S-85S STS・C65×7本：20kN程度 鋼材量：860g 短ざく金物S・S(拡大版①) STS・C65×8本：20kN程度 鋼材量：924g	HD-S22C(スギで22.6kN) STS・HC90×8本：20kN程度 鋼材量：1855g HD-S29C(スギで29.7kN) STS・HC90×10本：25kN程度 鋼材量：2118g	TB-90(縮小版①) STS・C65×12本：30kN程度 鋼材量：3437g	壁-壁パイプ① DP(φ12)2本：15kN程度 鋼材量：1434g 壁-壁パイプ② DP(φ12)4本：30kN程度 鋼材量：2302g	TB-DP(縮小版①) DP(φ16)2本：25kN程度 鋼材量：4001g
目標耐力 ～50kN	-	-	HD-8S10(ヒノキで51.8kN) STS8・HC90×10本：30～40kN 鋼材量：2746g HD-8S12(ヒノキで59.0kN) STS8・HC90×12本：30～40kN 鋼材量：3141g	TB-90 STS・C65×18本：50kN程度 鋼材量：3964g	-	TB-DP(縮小版②) DP(φ16)4本：50kN程度 鋼材量：4680g
備考	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度 ※柱側ビス引き抜け、金物破断 ※L型金物①はビス2本仕様を想定	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度 ※柱側ビスせん断破壊 ※梁せいに応じたプレートを用意する必要あり ※鋼材量は梁せい270用で試算	ビス：STS・HC90(φ6.5) 1本あたり(スギ類)：2.8kN程度 ビス：STS8・HC90(φ8) 1本あたり(ヒノキ)：5kN程度 1本あたり(スギ)：3kN程度	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度	※メーカー流通品より、パイプ径：φ21.7mm、DPφ12 ドリフトピン(t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：8kN程度 ※梁せいに応じたパイプを用意する必要あり ※鋼材量は梁せい270用で試算	ドリフトピン(t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：8kN程度 1本あたり（φ16）：12kN程度

※青字は既存のZマーク金物
※橙字は既存のCマーク金物
※緑字は既存のXマーク金物

※鋼材量はアンカーボルトを除いて試算

表 2.3.3-3 せん断接合部の比較表（壁 - 基礎、壁 - 土台）

せん断金物比較表　壁-基礎、壁-土台

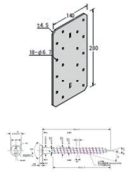
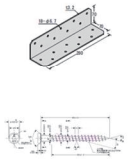
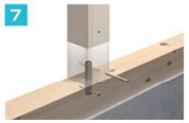
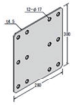
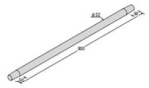
壁-基礎 壁-土台	プレート 平型金物	プレート U型金物	パイプ金物 壁-土台	鋼板挿入金物 壁-土台	鋼板挿入金物 壁-基礎	鋼棒挿入 壁-基礎
現し対応	×	×	○	○	○	○
イメージ						
土台対応	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：○ 土台無し：○	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：× 土台無し：○	土台有り：○ 土台無し：○
CLT加工	◎ 加工なし	○ A.Bolt頭部分切り欠き	○ パイプ・DPの先穴加工	△ DPの先穴加工 挿入鋼板のスリット加工	△ DPの先穴加工 挿入鋼板のスリット加工	○ 先穴加工
製造コスト	○	○	◎	○	×	×
施工性	○	○	○	○	△	×
目標耐力 ～10kN	SP(縮小版①) STS・C65×4本：10kN程度 鋼材量：830g	-	ほぞパイプ①（短ほぞ） DP(φ12)1本：10kN程度 鋼材量：264g	-	-	-
目標耐力 ～20kN		SB-90(縮小版①) STS・C65×6本：18kN程度 鋼材量：1395g	ほぞパイプ②（長ほぞ） DP(φ12)1本：15kN程度 鋼材量：682g	-	-	-
目標耐力 ～30kN	SP STS・C65×9本：26kN 鋼材量：1694g	-	-	SP-DP(縮小版①) DP(φ16)3本：26kN程度 鋼材量：2674g	-	D32(1本) 許容耐力：27kN程度 鋼材量：5064g
目標耐力 30kN以上	-	SB-90 STS・C65×14本：47kN 鋼材量：2825g	-	-	SB-5DP20(t210) DP(φ20)5本：166kN→○○kN程度 鋼材量：4772g	-
終局時の浮き上がり追従性	×	×	○	×	×	○
備考	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度	ドリフトピン (t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：10kN程度 ※土台側のみドリフトピン施工想定	ドリフトピン(t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：8kN程度 1本あたり（φ16）：12kN程度	ドリフトピン(t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：8kN程度 1本あたり（φ16）：12kN程度	

※青字は既存のZマーク金物
※橙字は既存のCマーク金物
※緑字は既存のXマーク金物

※鋼材量はアンカーボルトを除いて試算

表 2.3.3-4 せん断接合部の比較表（壁 - 梁 - 壁、壁 - 床 - 壁、壁 - 梁、壁 - 床）

せん断金物比較表　壁-梁-壁、壁-床-壁、壁-梁、壁-床

壁-梁-壁 壁-床-壁 壁-梁、壁-床	プレート 平型金物 壁-梁、壁-床（外周部）	プレート L型金物 壁-床	パイプ金物 壁-梁	鋼板挿入金物 壁-梁	鋼棒挿入 壁-梁-壁、壁-床-壁
現し対応	×	×	○	○	○
イメージ					
直交梁対応	×	×	○	○	×
CLT加工	◎ 加工なし	◎ 加工なし	○ パイプ・DPの先穴加工	○ DPの先穴加工 挿入鋼板のスリット加工	○ 先穴加工
製造コスト	○	○	◎	○	×
施工性	○	○	◎	○	×
目標耐力 ～10kN	SP(縮小版①) STS・C65×4本：10kN程度 鋼材量：830g	LST(縮小版①) STS・C65×4本：10kN程度 鋼材量：630g	ほぞパイプ①（短ほぞ） DP(φ12)1本：10kN程度 鋼材量：264g	-	-
目標耐力 ～20kN	-	-	ほぞパイプ②（長ほぞ） DP(φ12)1本：15kN程度 鋼材量：682g	-	-
目標耐力 ～30kN	SP STS・C65×9本：26kN 鋼材量：1694g	LST(1枚) STS・C65×9本：27kN 鋼材量：1293g	-	SP-DP(縮小版①) DP(φ16)3本：26kN程度 鋼材量：2674g	D32(1本) 許容耐力：27kN程度 鋼材量：5064g
目標耐力 30kN以上	-	-	-	-	-
終局時の浮き上がり 追従性	×	×	○	×	○
備考	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度	ビス：STS・C65(φ6.5) 1本あたり：3kN程度	ドリフトピン (t90用_L80想定) 1本あたり（φ12）：10kN程度 ※横架材側のみドリフトピン施工想定	SP-DP(φ16×6本)で52kN	

※青字は既存のZマーク金物
※橙字は既存のCマーク金物
※緑字は既存のXマーク金物

※鋼材量はアンカーボルトを除いて試算

2.4　まとめ

本章では２階建て延床面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物を対象とした仕様規定ルートに対応する金物について、接合部に必要となる耐力条件および接合形式を整理した。以下に得られた結果をまとめる。

- 仕様規定ルートに対応する金物について、必要性能の基本的な考え方を整理した。仕様規定ルートでは、引張接合部に大地震時の変形追従性を要求しない。よって、引張接合部の目標性能は中地震時の損傷防止のための剛性および耐力である。一方で、せん断接合部は、壁パネルが最大耐力を発揮するまで横滑りを防止する必要があり、 大地震時の浮き上がり変位への追従性が必要となる。
- 仕様規定ルートの壁倍率の上限を 7 倍と想定して、接合箇所ごとに壁倍率に応じた必要性能を N 値計算により算出した。参考に壁倍率 2.5 倍の壁に必要となる引張接合部の短期耐力は、最上階の壁頭で 6kN 程度、最上階の壁脚で 12kN 程度、1 階の壁頭で 17kN 程度、1 階の壁脚で 22kN 程度である。一般的なプランの住宅であれば、既往の住宅用金物で十分に対応できる可能性があることを確認した。
- 壁倍率 7 倍に対応するせん断接合部の必要耐力は、壁長さあたりの終局耐力にして、2 階建ての 1 階部分で、20～30kN/m、平屋建て又は最上階部分で、15～25kN/m である。
- Z マーク表示金物などを中心に、既往金物を接合形式ごとに分類し、CLT パネル工法への適用性を、耐力、納まり、製造コスト、施工性などの観点から検証した。全体的に BOX タイプの金物（「BOX パイプ」、「TB-DP」など）や、ベースプレートが必要となる U 型金物（「TB-90」）は、鋼材量が大きくなる傾向があり、プレート L 型や平型、パイプ金物は比較的少ない鋼材量でコストダウンが図れることを確認した。
- 仕様規定ルートで使用頻度が高いと思われる目標耐力 30kN 以内の金物で比較すると、ホールダウン金物が比較的少ない鋼材量で高耐力が目指せる。また、目標耐力 10kN 以内の金物については、プレート L 型金物やプレート平型金物が、さらに鋼材量を少なくすることができる。ただし、これらの金物は CLT パネルの外側に現れてくるため、壁の現し対応は工夫が必要である。
- 現し対応、製造コストの観点では、全体的にパイプ金物の評価が高く、既往の Z マーク表示金物や C マーク表示金物にはない接合形式ではあるが、今後の開発案として十分に可能性がある。

第３章　CLT パネル工法の設計、施工実務者等に対するアンケート

3.1　アンケートを行う背景と目的

2016 年に CLT パネル工法の技術基準告示第 611 号及び関連告示の公布・施行がされてから CLT を利用した建築物は、令和 4 年 3 月末には累計で 950 件（内閣官房公表値）を超える予定となっている。

この件数は、CLT を用いた建築物の設計、施工の実務を経験された方、また、その周辺で建築に協力された方が、多数いることを示している。

そこで、CLT を用いた建築物の設計経験または施工経験を有する技術者を主たる対象として、CLT パネル相互の緊結などに採用している接合金物に対する意識、及び、新規の金物開発に対する意識を調査し、その結果から金物の改良、新規金物開発への示唆を得ることを目的に、CLT パネル工法用接合金物に関するアンケートを実施する。

3.2　アンケート調査の概要

3.2.1　調査方法

調査名　　:「CLTパネル工法用接合金物の開発、合理化検討」に関する接合金物に対するアンケート調査
調査方法　:Webフォームによるアンケート
調査期間　:2022年8月17日（水）～2022年9月9日（金）
対象者　　:CLTを利用した建築物の設計、施工の経験者、CLT協会のWGメンバー
「CLTパネル工法用接合金物の開発、合理化検討」委員会の委員及びWGメンバー

表 3.2.1-1　アンケート協力依頼先と件数　（①及び④で重複している場合は、④から除外している。）

No	アンケート依頼先	アンケート依頼件数
①	一般社団法人日本 CLT 協会の HP に掲載してる「利用例集」の設計者、施工者	114
②	一般社団法人 CLT 協会の設計 WG メンバー、施工 WG メンバー	32
③	「CLT パネル工法用接合金物の開発、合理化検討」委員会の委員および WG メンバー	28
④	公益財団法人日本住宅・木材技術センターから依頼先提供を受けた林野庁実証支援事業実施者	85
	依頼先合計件数	259

3.2.2　アンケート回収率

設計向けアンケートの回収数　　:　72 件
施工者向けアンケートの回収数　:　41 件　　合計 113 件

回収率　　113/259×100＝43.62%

3.3　アンケート結果の概要

3.3.1　回答者の属性と回答者が設計、施工を行った建築物の概要

（１）担当業務

表 3.3.1-1　担当業務

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
担当業務	割合%	担当業務	割合%
意匠設計	44.4	施工管理	65.0
構造設計	29.2	大工工事業	7.5
その他	26.4	その他	27.5

設計者向けアンケートは、設計業務を担当しているとの回答が73.6%あり、施工者向けアンケートは、工事業務を担当しているとの回答が72.5%であった。

「その他」は、研究開発、CAD加工機開発、金物開発、資材販売、営業などである。

（２）経験年数

表 3.3.1-2　経験年数

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
経験年数	割合%	経験年数	割合%
20 年以上	44.4	20 年以上	56.1
10 年以上 20 年未満	29.2	10 年以上 20 年未満	14.6
5 年以上 10 年未満	20.8	5 年以上 10 年未満	19.5
5 年未満	5.6	5 年未満	9.8

設計者向けアンケートの回答、施工者向けアンケートの回答は、共に20年以上の業務経験者が、おおよそ半数を占めている。

（３）主に設計を行っている構造種別

表 3.3.1-3　主に設計を行っている構造種別

設計者向けアンケート　回答者数 72 件			
構造種別	回答件数	割合%	RC 造、S 造の設計のみとした回答数
木造　軸組工法	49	37.4	－
S 造	33	25.1	2 件
RC 造	28	21.3	3 件
木造全般	13	10.1	－
木造　枠組壁工法	8	6.1	－

複数選択を可とした設問であることから木造以外を担当している設計者は、重複回答となっているので、母数の72件から設計に関係のない「その他」回答の3件を除く69件を母数とし、かつ、S造のみ、RC造のみの5件を差し引いて木質系の設計に関係している割合を求めると、((69-5) ÷69) ×100＝92.7%となり、木質系の設計に関わっている割合はおよそ9割となる。

（４）CLT を用いた設計、施工の経験の有無

表 3.3.1-4　CLT を用いた設計、施工の経験の有無

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
経験の有無	%	経験の有無	%
経験あり	79.2	経験あり	70.7
経験なし	20.8	経験なし	29.3

設計の経験有りの件数は、およそ8割である。
施工の経験有りの件数は、およそ7割である。

（５）CLT を用いた設計、施工の経験棟数

上記の（４）で経験ありとした回答者に対するアンケート結果を以下に示す。

表 3.3.1-5　CLT を用いた設計、施工の経験棟数

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
棟数	%	棟数	%
1 棟	42.1	1 棟	41.4
2 棟	17.5	2 棟	13.8
3 棟以上	40.4	3 棟以上	44.8

設計、施工共に、およそ4割は、3棟以上の実務経験を有している。

（６）CLT を用いた設計、施工を行った建築物の階数

表 3.3.1-6　CLT を用いた設計、施工を行った建築物の階数

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
階数	%	階数	%
平屋建	33.3	平屋建	27.6
2 階建	43.9	2 階建	48.3
3 階建	19.3	3 階建	17.2
4 階建以上	3.5	4 階建以上	6.9

設計、施工を行った建築物の階数は、3階建以下がおよそ95%を占めている。従って、本アンケートは、低層建築物に関わる金物の改良、新規金物開発への示唆を得るデータとして扱うことに問題がないと判断することできる。

（７）CLT パネル工法で採用した計算ルート

表 3.3.1-7　CLT パネル工法で採用した計算ルート

設計者向けアンケート	
計算ルート	%
ルート 1	58.1
ルート 2	25.8
ルート 3	12.9
時刻歴応答解析	3.2

告示第611号第十のルート1の設計方法の採用割合は、およそ6割である。

（８）CLT を用いた建築物の構造種別

表 3.3.1-8　CLT を用いた建築物の構造種別

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
構造種別	%	構造種別	%
CLT パネル工法	54.4	CLT パネル工法	75.9
木造　軸組工法	15.8	木造　軸組工法	3.4
木造　枠組壁工法	5.3	木造　枠組壁工法	6.9
S 造	5.3	S 造	3.4
その他	19.2	その他	10.4

設計向けアンケートでは、CLTパネル工法が5割超えており、施工者向けアンケートでは、CLTパネル工法が7割を超えている。CLTを用いた木造の建築物の割合は、設計、施工共に8割を超えている。

（9）使用されているCLTの強度等級

1）壁パネル

設計で用いられている多い順に5番目までを示す。

表 3.3.1-9　壁パネルに使用されているCLTの強度等級

設計者向けアンケート	
強度等級	%
S60-5-5	29.7
Mx60-5-5	25.5
Mx60-3-3	23.4
S60-3-3	14.8
Mx90-5-5	12.7

5層5プライが29.7+25.5+12.7＝67.9%で5割を超える割合となっている。

2）床パネル、天井パネル、屋根パネル

設計で用いられている多い順に5番目までを示す。

表 3.3.1-10　床パネル、天井パネル、床パネルに使用されているCLTの強度等級

設計者向けアンケート	
強度等級	%
Mx60-5-5	19.6
S60-5-5	17.6
Mx90-5-5	17.6
Mx60-5-7	11.7
Mx60-3-3	11.7

5層5プライが、19.6+17.6+17.6＝54.8%で半数を超える割合となっている。

3）CLTパネル工法建築物に使用されているCLTの強度等級

CLTパネル工法建築物の階数別内訳は、平屋建て12棟、2階建て11棟、3階建て5棟で合計28棟であった。

表 3.3.1-11　CLTパネル工法建築物に使用されているCLTの強度等級　回答数47件

強度等級	件数	強度等級	件数
S60-3-3	3	-	-
Mx60-3-3	5	Mx90-3-3	3
S60-3-4	4	-	-
Mx60-3-4	2	-	-
S60-5-5	4	S90-5-5	1
Mx60-5-5	9	Mx90-5-5	5
Mx60-5-7	6	S90-5-7	4
		Mx90-5-7	1

この調査結果は、平屋建が約3割を占めているため、表3.3.1-11の47件の内訳をみると3層3プライ、3層4プライ、5層5プライの件数が多くなっている。仮定となるが、2階建、3階建の件数のデータ数が多くなった場合は、本アンケートの5層7プライの11件の割合11/47×100＝23.4%については、床パネルに使用される5層7プライの使用が増加することが想定されることから、割合は23.4%より増えると推測される。

（１０）CLT パネルの接合に用いた引張接合部、せん断接合部の仕様

1）引張接合部の仕様

データの多い順に 5 番目までを示す。

表 3.3.1-12　引張接合部の仕様

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
接合部	%	接合部	%
クロスマーク金物	26.6	クロスマーク金物	34.8
オリジナル金物	26.6	オリジナル金物	25.5
長ビス	17.3	長ビス	18.6
Z マーク金物	13.3	LSB	11.6
LSB	13.3	Z マーク金物	6.9

設計者向けアンケートでは、引張接合部の設計は、クロスマーク金物がオリジナル金物と同割合となっている。次位に長ビスとなっており、上位3位までの割合の合計は、70.5%となっている。

オリジナル金物の接合具は、回答を確認するとドリフトピンまたはネジを用いているものであった。

2）せん断接合部の仕様

データの多い順に 5 番目までを示す。

表 3.3.1-13　せん断接合部の仕様

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
接合部	%	接合部	%
クロスマーク金物	28.9	クロスマーク金物	45.4
オリジナル金物	27.6	オリジナル金物	33.3
長ビス	19.7	長ビス	15.1
Z マーク金物	11.8	Z マーク金物	6.0
LSB	2.6	LSB	3.0

（１１）クロスマーク表示金物を設計、施工で用いた経験の有無

表 3.3.1-14　クロスマーク表示金物を設計、施工で用いた経験の有無

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
経験の有無	%	経験の有無	%
経験あり	54.4	経験あり	65.5
経験なし	45.6	経験なし	34.5

設計者向けアンケート、施工者向けアンケート共に、クロスマーク金物の使用経験は、5 割を超えている。

（１２）設計、施工でクロスマーク表示金物を用いた中で感じた不都合、不具合

1）設計者向けアンケートのコメント　6 件

「燃えしろ設計で使用する配慮がされていない金物なので被覆に手間がかかる」、「隠蔽できない」など、現しで設計をする上でのコメントが多かった。

2）施工者向けアンケートのコメント　11 件

「現わしにおける金物被覆が手間」、「施工時にビスが折れる」、「仮置き時にプレートが曲がる」、「金物が見えるが意匠性がない」などのコメントがあった。

（１３）オリジナル金物を設計、施工で用いた経験の有無

表 3.3.1-15　オリジナル金物を設計、施工で用いた経験の有無

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
経験の有無	%	経験の有無	%
経験あり	42.1	経験あり	48.3
経験なし	57.9	経験なし	51.7

設計でオリジナル金物を用いた割合は、およそ4割、施工では、およそ5割となっている。

（１４）オリジナル金物を用いた接合部

表 3.3.1-16　オリジナル金物を用いた接合部

設計者向けアンケート	
接合部	%
壁パネルと基礎の接合	26.6
壁パネル上と壁パネル下	18.3
壁パネル上と小屋組または屋根パネル	20.0
床パネル相互	10.0
その他	25.1

およそ6割の箇所が、鉛直構面のCLTパネル相互の引張接合部に用いられている。

（１５）オリジナル金物の形状と接合具の種類

1）オリジナル金物の形状

表 3.3.1-17　オリジナル金物の形状

設計者向けアンケート	
形状	%
挿入型	47.2
プレート型（平形、L 形、U 形）	44.4
その他	8.4

挿入型金物、プレート形金物の割合は、ほぼ等しく合計では91.6%であった。

2）オリジナル金物に用いている接合具の種類

表 3.3.1-18　オリジナル金物に用いている接合具の種類

設計者向けアンケート	
接合具の種類	%
ドリフトピン	33.3
ボルト	26.1
木ねじ	19.0
釘	9.5
その他	12.1

ドリフトピン、ボルトの合計は、59.4%でおよそ6割となっている。

「その他」の回答は、ホームコネクター、ラグスクリューであった。

3.3.2　クロスマーク表示金物を設計、施工で用いて感じたこと

（1）U 形金物について感じたこと

表 3.3.2-1　U 形金物について感じたこと

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
感じたこと	%	感じたこと	%
使いにくい	22.8	使いにくい	21.0
やや使いにくい	28.5	やや使いにくい	15.7
どちらともいえない	17.4	どちらともいえない	21.3
やや使いやすい	14.2	やや使いやすい	31.5
使いやすい	17.1	使いやすい	10.5

図 3.3.2-1　設計者向けアンケート　U 形金物について感じたこと

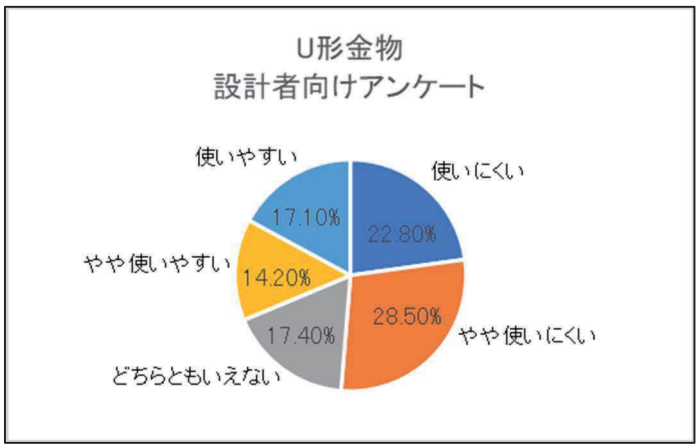
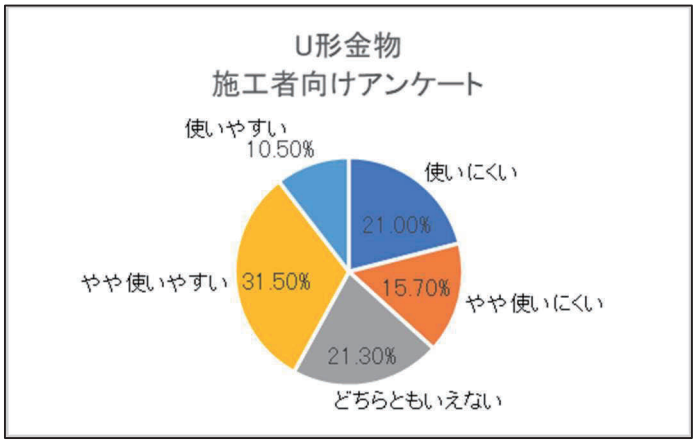


図 3.3.2-2　施工者向けアンケート　U 形金物について感じたこと



設計者向けアンケートでは、「使いにくい」、「やや使いにくい」が 51.3%であり、およそ半数近くがなんらかの理由で使いにくさを感じている。また、「使いやすい」、「やや使いやすい」は、31.3%でおよそ3割は許容している。

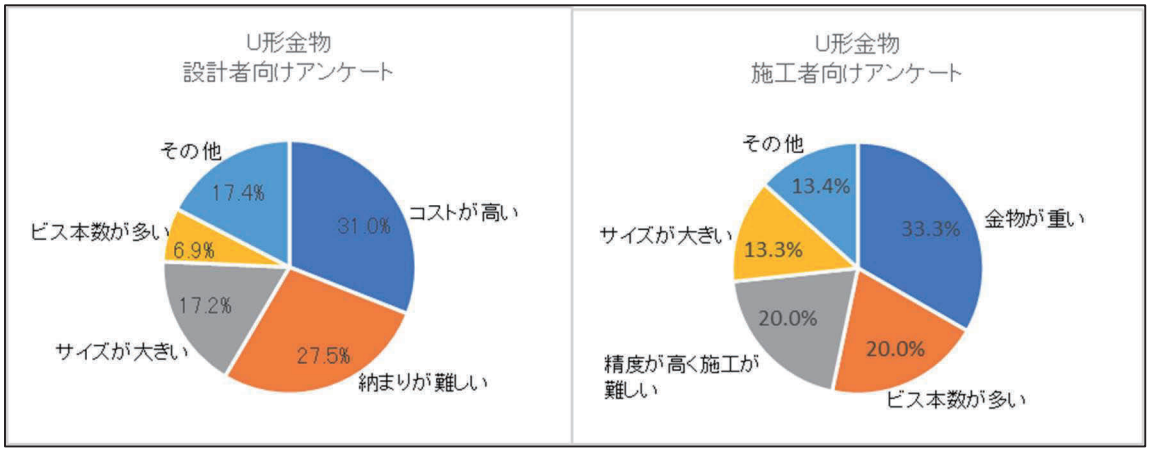
施工者向けアンケートでは、「使いにくい」、「やや使いにくい」が36.7%でおよそ4割となっており、ならかの理由で使いにくさを感じている。また、「使いやすい」、「やや使いやすい」は、42.0%で「使いにくい」、「やや使いにくい」より多少高い値となっており、4割程度は、許容していると捉えられる。

施工者アンケートで許容している割合が高めに表れている理由としては、施工サイドが設計図書をもとに施工する受動的立場にあることから、指定された金物用いることを当然として受け止めていることが考えられる。

表 3.3.2-2　どの様なことでＵ形金物に対して「使いにくい」「やや使いにくい」と感じたか

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
感じたこと	%	感じたこと	%
コストが高い	31.0	金物が重い	33.3
納まりが難しい	27.5	ビス本数が多い	20.0
サイズが大きい	17.2	精度が高く施工が難しい	20.0
ビス本数が多い	6.9	サイズが大きい	13.3
その他	17.4	その他	13.4

図 3.3.2-3　設計者向けアンケート施工者向けアンケート
どの様なことでＵ形金物に対して「使いにくい」「やや使いにくい」と感じたか



設計者向けアンケートでは、「コストが高い」が３割を超えている。施工者向けアンケートでは、「金物が重い」が3割を超えている。

設計向けアンケートの「その他」のコメントは、「現わし対応が難しい」、「ボルト位置の精度が高い」とのコメントがあった。

施工者向けアンケートの「その他」のコメントは、「溶接部分の調整が手間」、「コストが高い」とのコメントがあった。

（２）挿入型金物について感じたこと

表 3.3.2-3　挿入型金物について感じたこと

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
感じたこと	%	感じたこと	%
使いにくい	15.6	使いにくい	15.0
やや使いにくい	15.6	やや使いにくい	10.0
どちらともいえない	22.0	どちらともいえない	25.0
やや使いやすい	25.0	やや使いやすい	35.0
使いやすい	21.8	使いやすい	15.0

図 3.3.2-4　設計者向けアンケート　挿入型金物について感じたこと

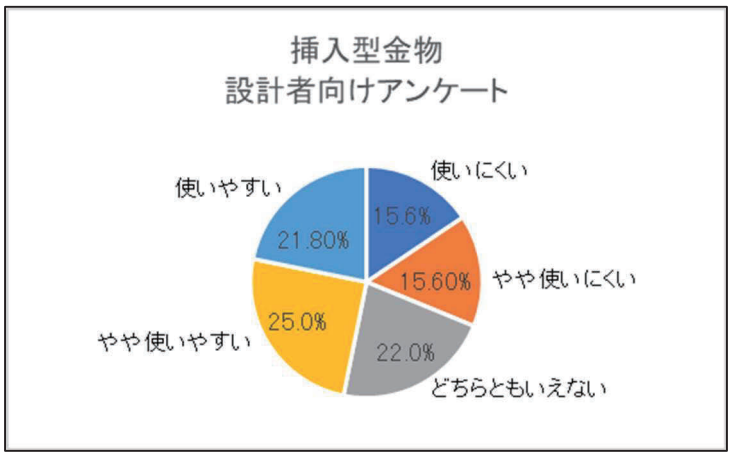
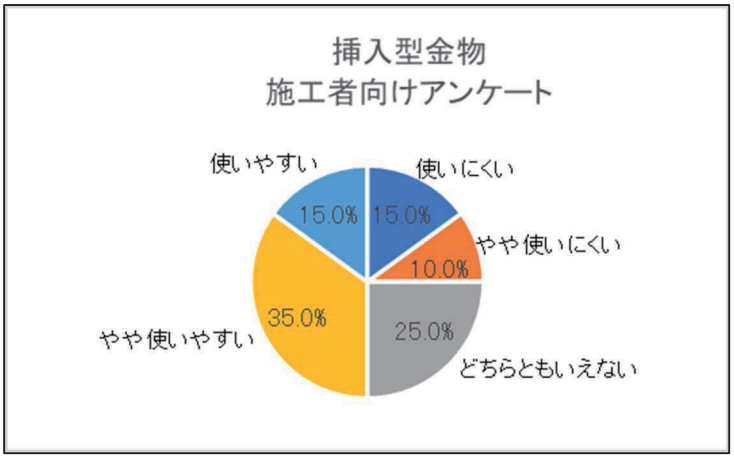


図 3.3.2-5　施工者向けアンケート　挿入型金物について感じたこと



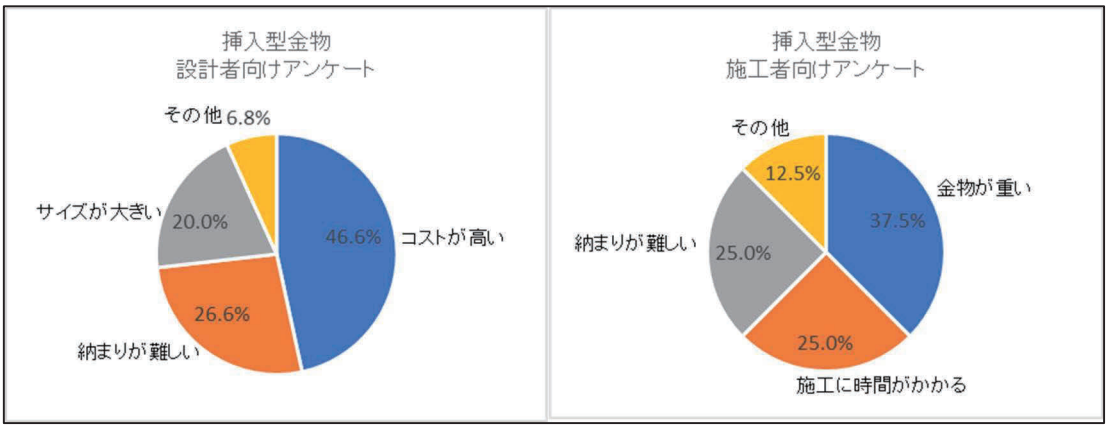
設計者向けアンケートでは、「使いにくい」、「やや使いにくい」が31.2%で約3割となっている。「使いやすい」、「やや使いやすい」は46.8%であり、5割近くは許容している。

施工者向けアンケートでは、「使いにくい」、「やや使いにくい」が25%で4分の1となっている。「使いやすい」、「やや使いやすい」は50.0%で半数は許容している。

表 3.3.2-4　どの様なことで挿入型金物に対して「使いにくい」「やや使いにくい」と感じたか

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
感じたこと	%	感じたこと	%
コストが高い	46.6	金物が重い	37.5
納まりが難しい	26.6	施工に時間がかかる	25.0
サイズが大きい	20.0	納まりが難しい	25.0
その他	6.8	その他	12.5

図 3.3.2-6　設計者向けアンケート施工者向けアンケート
どの様なことで挿入型金物に対して「使いにくい」「やや使いにくい」と感じたか



設計者向けアンケートでは、「コストが高い」が 5 割近い。施工者向けアンケートでは、「金物が重い」が 4 割近い。

「その他」の設問では、設計者向けアンケートからは「ボルト配置において高い精度を要求される」ことがコメントされている。施工者向けアンケートからは、「コストが高い」とコメントされている。

（3）プレート形金物について感じたこと

表 3.3.2-5　プレート形金物について感じたこと

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
感じたこと	%	感じたこと	%
使いにくい	6. 9	使いにくい	8. 4
やや使いにくい	10. 2	やや使いにくい	8. 4
どちらともいえない	32. 0	どちらともいえない	20. 8
やや使いやすい	12. 2	やや使いやすい	20. 8
使いやすい	38. 7	使いやすい	41. 6

図 3.3.2-7　設計者向けアンケート　プレート形金物について感じたこと

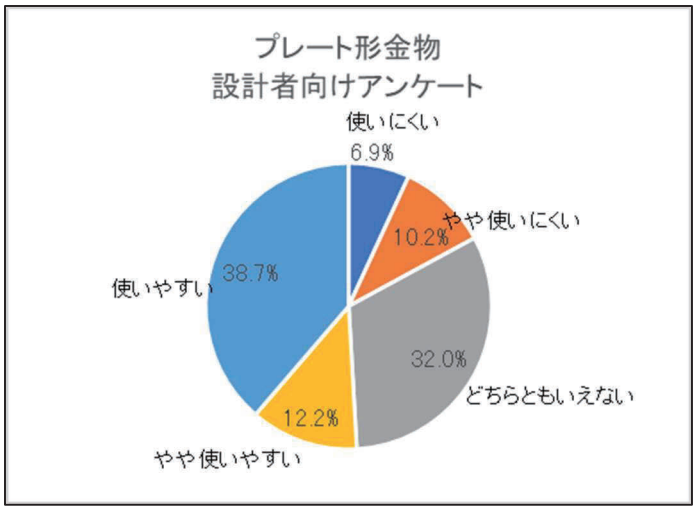
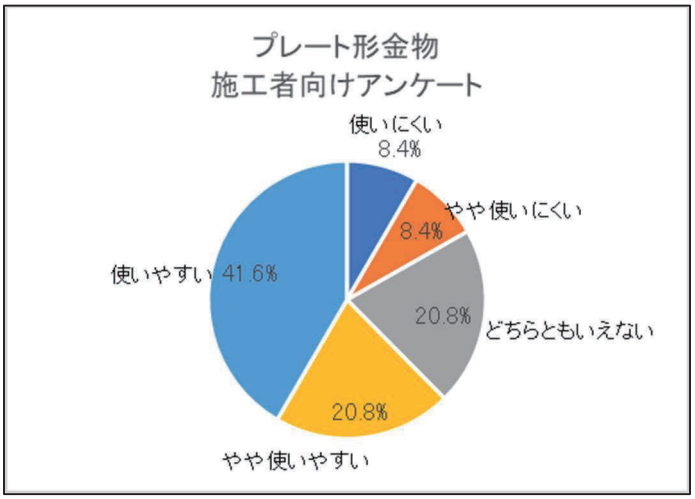


図 3.3.2-8　施工者向けアンケート　プレート形金物について感じたこと



設計者向けアンケートでは、「使いにくい」、「やや使いにくい」が 17.1%で、およそ 2 割である。「使いやすい」、「やや使いやすい」は、50.9%で、5 割近くは許容している。

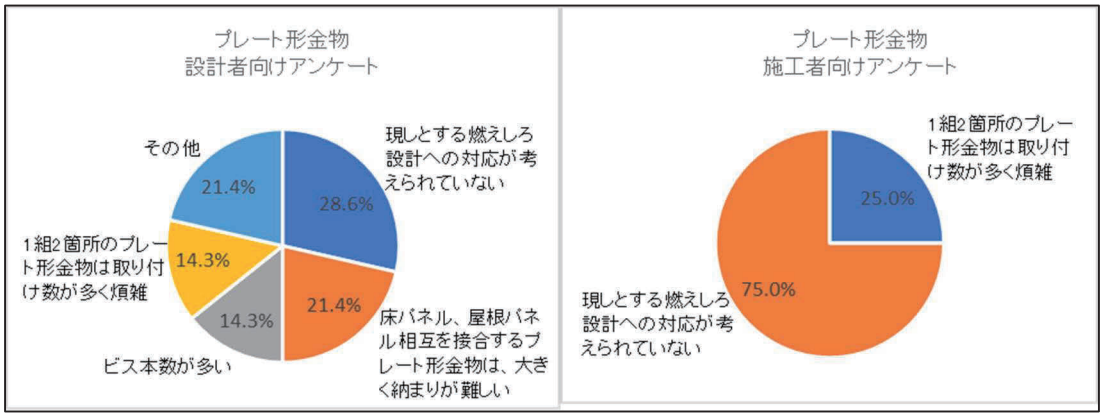
施工者向けアンケートでは、「使いにくい」、「やや使いにくい」が16.8%で、およそ1割5分となっている。「使いやすい」、「やや使いやすい」は62.4%で、6割近くは許容している。

アンケート結果から設計者、施工者の半数以上が、プレート形金物を「使いやすい」、「やや使いやすい」と捉えている。

表 3.3.2-6　どの様なことでプレート形金物に対して「使いにくい」「やや使いにくい」と感じたか

<table>
<tr><th colspan="2">設計者向けアンケート</th><th colspan="3">施工者向けアンケート</th></tr>
<tr><th>感じたこと</th><th>%</th><th colspan="2">感じたこと</th><th>%</th></tr>
<tr><td>現しとする燃えしろ設計への対応が考えられていない。</td><td>28.6</td><td colspan="2">1 組 2 箇所のプレート形金物は取り付け数が多く、施工に時間がかかる。</td><td>25.0</td></tr>
<tr><td>床パネル、屋根パネル相互を接合するプレート形金物は、大きく納まりが難しい。</td><td>21.4</td><td rowspan="4">その他</td><td>基本、見えると不細工なので隠す加工が多いと思う。なので見えても良いように考えた金物にしてほしい。</td><td>25.0</td></tr>
<tr><td>ビス本数が多い。</td><td>14.3</td><td>CLT の表面に出るので使い方が難しい。</td><td>25.0</td></tr>
<tr><td>1 組 2 箇所のプレート形金物は取り付け数が多く煩雑。</td><td>14.3</td><td rowspan="2">壁に接合する金物は躯体から出張るので、納まり検討を要して煩雑。</td><td rowspan="2">25.0</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>21.4</td></tr>
</table>

図 3.3.2-9　設計者向けアンケート施工者向けアンケート
どの様なことでプレート形金物に対して「使いにくい」「やや使いにくい」と感じたか



設計者向けアンケートでは、「現しとする燃えしろ設計への対応が考えられていない」が、28.5%でおよそ 3 割近い。

施工向けアンケートでは、「1組2箇所のプレート形金物は取り付け数が多く、施工に時間がかかる」が25%となっている。

「その他」の設問では、設計向けアンケートからは、「仕上げとの納まり整理が煩雑。受注生産品で納期とコストが掛かる。」、「床-床用は使いやすいが、壁に接合する金物は出張りが生じるので、納まりの検討が必要になり手間がかかる。」とコメントされている。

施工者向けアンケートからは、「CLTの表面に露出するので納まりが難しい。見えるので不細工」とコメントされている。ただし、回答数は4件で、表3.3.2-6の各欄の回答は各1件でありそれぞれが25.0%なっているので、データ数が少ないことから、アンケート結果は参考として扱うのが妥当と思われる。

3.3.3　クロスマーク表示金物に感じていることにおける金物別まとめ

（1）「使いやすさ」「使いにくさ」について

太字部分は、回答率が最も高かった箇所である。

表 3.3.3-1　「使いやすさ」「使いにくいさ」について

回答	内容	U形金物	挿入型金物	プレート形金物
設計者向けアンケート	使いやすい、やや使いやすい	31.3%	**46.8%**	**50.9%**
	どちらともいえない	17.1%	22.0%	32.6%
	使いにくい、やや使いにくい	**51.3%**	31.2%	17.1%
施工者向けアンケート	使いやすい、やや使いやすい	**42.0%**	**50.0%**	**62.4%**
	どちらともいえない	21.0%	25.0%	20.8%
	使いにくい、やや使いにくい	36.7%	25.0%	16.8%

設計者向けアンケートは、U形金物が「使いにくい」、「やや使いにくい」で51.3%となっており、5割以上が何らかの理由で使いにくさを感じている。

また、挿入型金物およびプレート形金物は、「使いやすい」、「やや使いやすい」が、前者で46.8%、後者で50.9%となっており、およそ半数は、許容している。

施工者向けアンケートは、U形金物が「使いやすい」、「やや使いやすい」で42.0%となっており半数近い。挿入型物、プレート形金物は、「使いやすい」、「やや使いやすい」が、前者で50.0%、後者で62.4%となっており、半数以は、許容している。

設計者向けアンケートおよび施工者向けアンケートにおいて、金物別で「使いやすい」、「やや使いやすい」の回答が最も大きかったのは、プレート形金物であった。

図 3.3.3-1　U 形金物の「使いやすさ」「使いにくさ」について

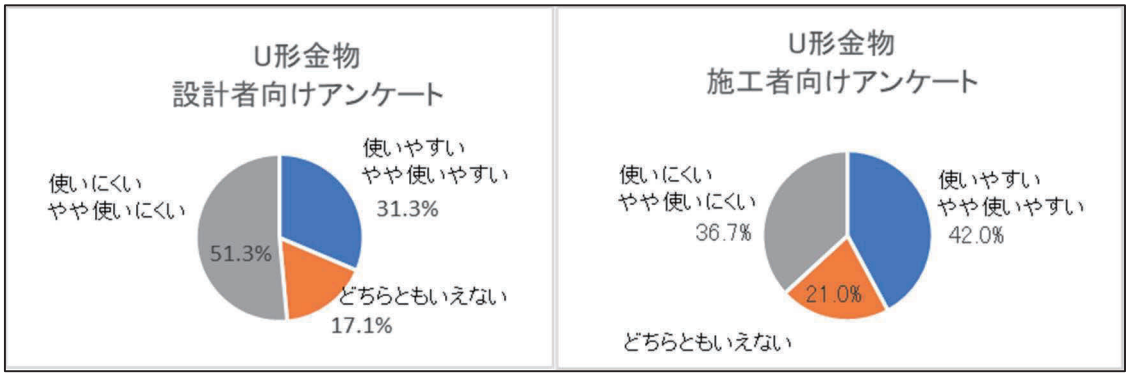


図 3.3.3-2　挿入型金物の「使いやすさ」「使いにくさ」について

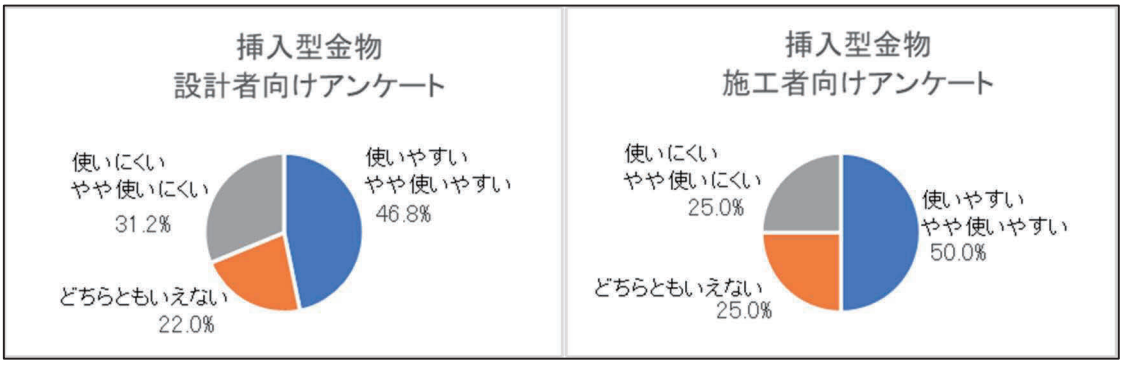
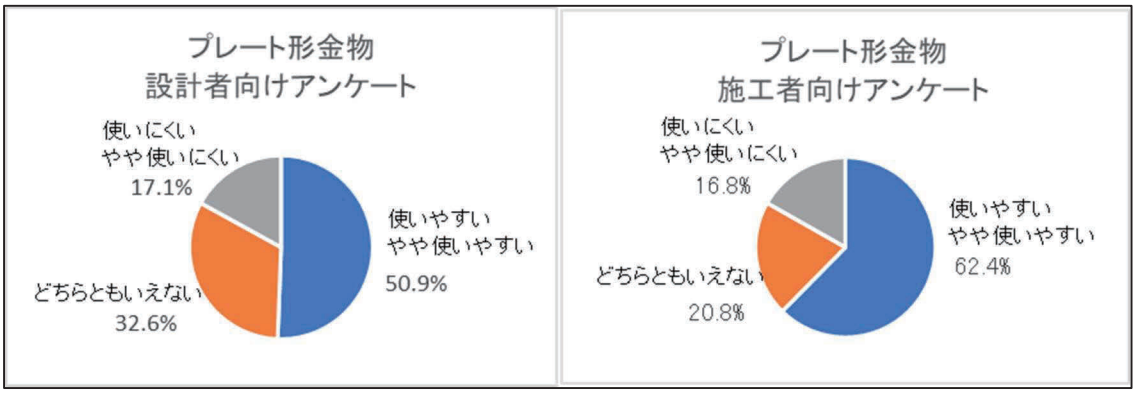


図 3.3.3-3　プレート形金物の「使いやすさ」「使いにくさ」について



（２）金物別の「使いやすさ」と「使いにくさ」について

図 3.3.3-4　金物別の「使いやすい、やや使いやすい」の割合

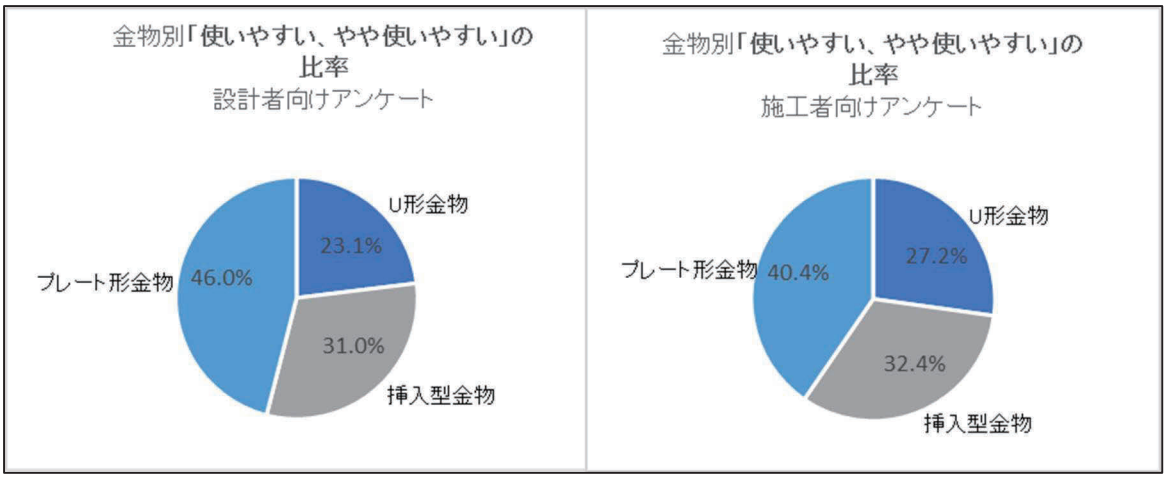
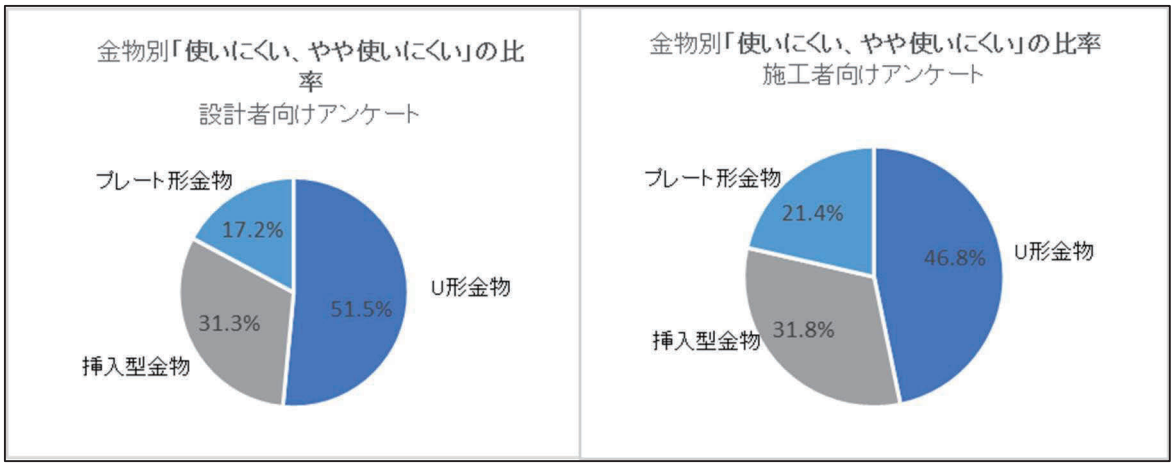


図 3.3.3-5　金物別の「使いにくい、やや使いにくい」の割合



3.3.4　クロスマーク表示金物がどのようなことで「使いにくい」「やや使いにくい」と感じているかの金物別まとめ

（1）「使いにくい」「やや使いにくい」と感じている理由

太字部分は、回答率が最も高かった箇所である。

表 3.3.4-1　「使いにくい」「やや使いにくい」と感じている理由

回答	内容	U形金物	挿入型金物	プレート形金物
設計者向けアンケート	**コストが高い**	**31.0%**	**46.6%**	－
	納まりが難しい	27.5%	26.6%	－
	サイズが大きい	17.2%	20.0%	－
	ビス本数が多い	6.9%	－	14.2%
	1組2箇所のプレート形金物は取り付け数が多く煩雑、施工に時間がかかる	－	－	14.2%
	現しとする燃えしろ設計への対応が考えられていない	－	－	**28.5%**
	床パネル、屋根パネル相互を接合するプレート形金物は、大きく納まりが難しい	－	－	21.4%
	その他	17.4%	6.8%	21.7%
施工者向けアンケート	**金物が重い**	**33.3%**	**37.5%**	－
	ビス本数が多い	20.0%	－	－
	精度が高く施工が難しい	20.0%	－	－
	施工に時間がかかる	－	25.0%	－
	納まりが難しい	－	25.0%	－
	サイズが大きい	13.3%	－	－
	1組2箇所のプレート形金物は取り付け数が多く煩雑、施工に時間がかかる	－	－	25.0%
	現しとする燃えしろ設計への対応が考えられていない	－	－	**75.0%**
	その他	13.4%	12.5%	－

設計者向けアンケートでは、U形金物、挿入型金物において「コストが高い」が最も回答率が高く、プレート形金物では、「燃えしろ設計への対応が考えられていない」が最も回答率が高い。

施工者向けアンケートでは、U形金物、挿入型金物において「金物が重い」が最も回答率が高く、プレート形金物では、「燃えしろ設計への対応が考えられていない」が最も回答率が高い。

施工者向けアンケートでは、「燃えしろ設計への対応」についての設問は設けていなかったが、「その他」の記載回答で「燃えしろ設計への対応ができていない」の回答が複数あり、上表では、「その他」の欄で扱わない整理をした。

3.3.5　クロスマーク表示金物の改良方法について

（1）望ましい改良方法

表 3.3.5-1　望ましい改良方法

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
改良方法	%	改良方法	%
現しとする燃えしろ設計への対応を行う。	22.3	ビス本数を減らす。	24.7
小型化する。	22.3	金物設置で位置調整ができ、施工精度が確保できるようにする。	19.4
ビス本数を減らす。	18.0	小型化する	16.8
1 組 2 箇所のプレート型金物を 1 箇所で済むようにする。	16.7	軽量化する。	14.1
軽量化する。	13.6	1 組 2 箇所のプレート型金物を 1 箇所で済むようにする。	11.5
－	－	現しとする燃えしろ設計への対応を行う。	9.7
その他	7.1	その他	3.8

図 3.3.4-1　設計者向けアンケート　望ましい改良方法

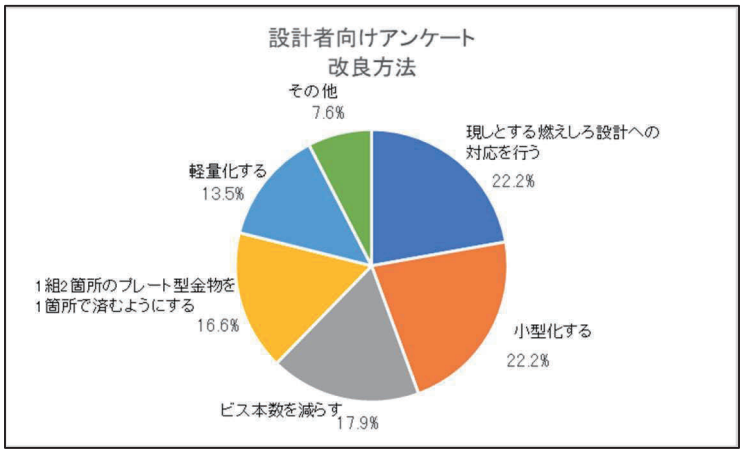
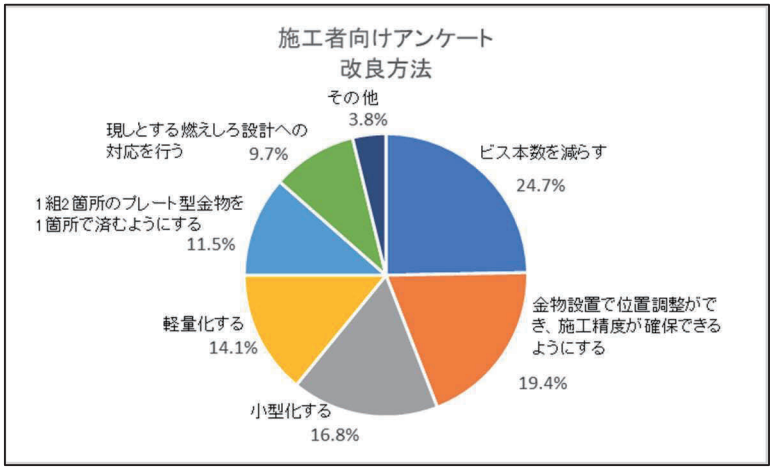


図 3.3.4-1　施工者向けアンケート　望ましい改良方法



設計者向けアンケートは、「燃えしろ設計への対応」、「小型化」の割合が、合計でおよそ4割となっている。

施工者向けアンケートは、「ビス本数を減らす」、「金物の位置調整で施工精度の確保を可能に」の割合が、合計でおよそ4割となっている。「その他」に対する回答を、以下に示す。

（2）「その他」の改良方法についてのコメント

表 3.3.5-2　設計者向けアンケート「その他」のコメント　全体に対する割合 7.6%回答数 10 件

件数	「その他」の記載内容
2	隠蔽される金物がほしい。隠蔽できるようにする。
1	せん断金物D32は大変使い難い。鋼板挿入スリット型にしたドリフトピン接合が良い。
3	コストダウン。性能を担保し安くする。安価にする。
1	見えてもよい金物デザイン。
1	取付け調整出来るようにしてほしい。
1	数量を減らして耐力を落とさない金物にすればよい。
1	構造設計者と施工業者と金物メーカーには、それぞれの言い分があるので、個別に考えていても良いものはできないと思う。構造設計者と施工業者と金物メーカーが対話をして、リーズナブルな形状・寸法を見出す作業をしてみる。そもそも今の金物は、振動台実験に間に合せるためにエイヤーと作ったもの。運用に即していない。

「隠蔽できる金物」、「D32 が使いにくい」、「コストダウン」、「見えてよい金物」、「数量を減らす」などのコメントがある。

表 3.3.5-3　施工者向けアンケート「その他」のコメント　全体に対する割合 3.8%回答数 4 件

件数	「その他」の記載内容
1	ボルトの後締めなど維持管理を考慮した仕様の検討。
1	せん断金物でD32は大変使いにくい。長さを短くすること。または梁受け金物のような鋼板挿入スリット型にしたドリフトピン接合が良い。
1	金物の生産性が上がる形状変更を行うことが課題だと思います。(溶接が困難な箇所等) コストダウンが可能となる形状変更が望まれます。ビス穴のピッチを揃えることで、穴明け金型を共有することが可能となります。
1	種類が少ないと管理し易い。

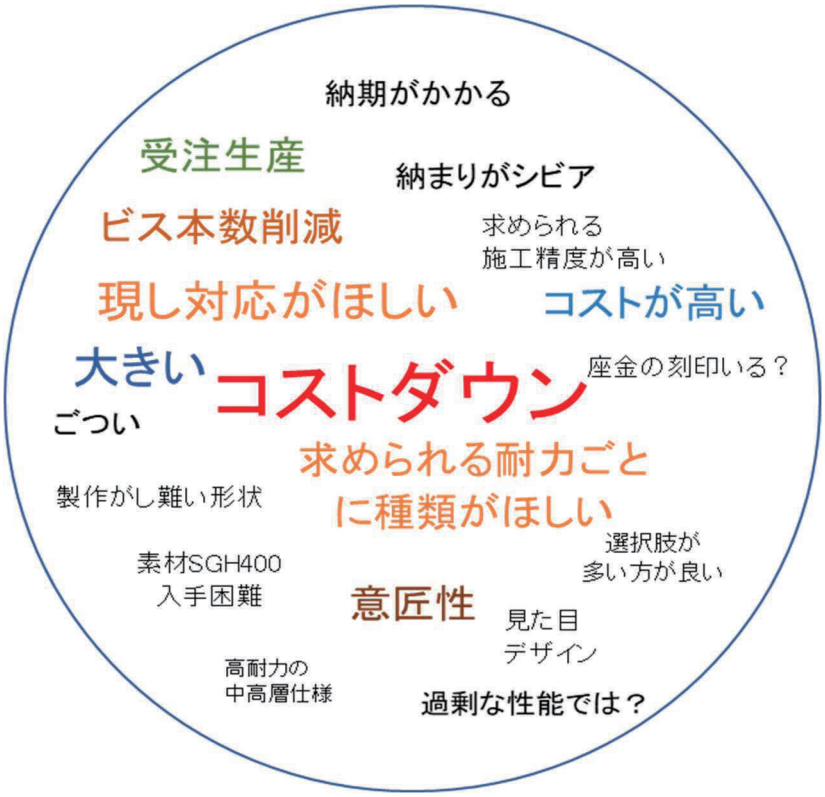
「維持管理できる金物」、「D32が使いにくい」、「種類を少なくする」などのコメントがある。

3.3.6　クロスマーク表示金物に感じていること

（1）設計者がクロスマーク表示金物に感じていること

設計者向けアンケートに記載されているコメント 28 件から、出現率の多い語彙を配置すると下図の様になる。

図 3.3.6-1　設計者がクロスマーク表示化金物に感じていること



（2）施工者がクロスマーク表示金物に感じていること

施工者向けアンケートに記載されているコメント 20 件から、出現率の多い語彙を配置すると下図の様になる。

施工関係、使用難易度関係、コスト関係に分けて示す。

図 3.3.6-2　施工者がクロスマーク表示金物に感じていること　施工関係

図 3.3.6-3　施工者がクロスマーク表示金物に感じていること　使用難易度関係

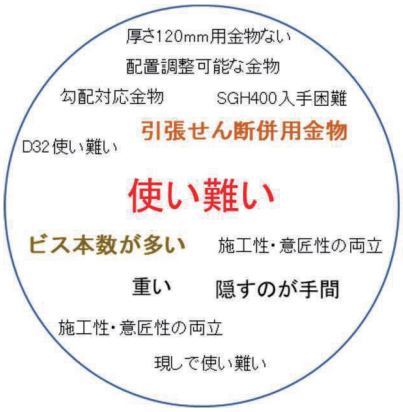


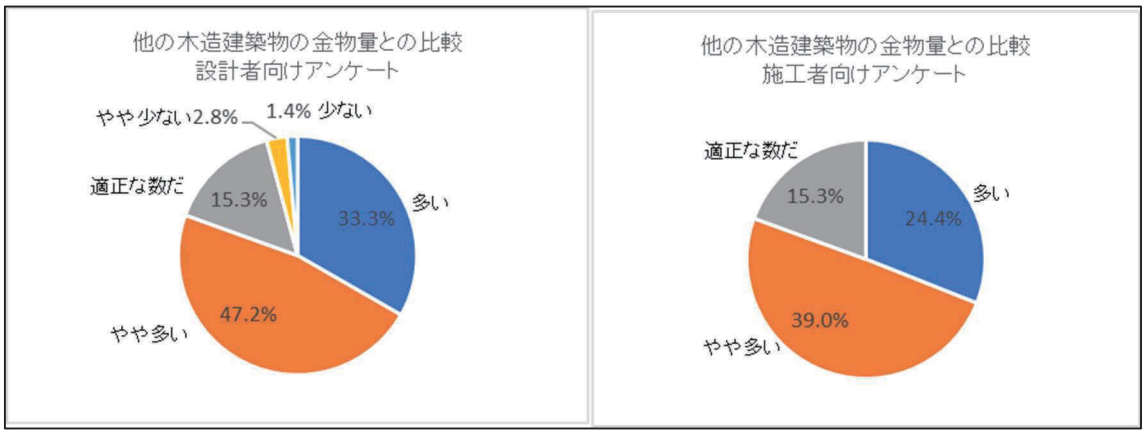
図 3.3.6-4　施工者がクロスマーク表示金物に感じていること　コスト関係

3.3.7　他の木造建築物と CLT パネル工法の金物使用量を比較して感じること

表 3.3.7-1　他の木造建築物と CLT パネル工法の金物使用量を比較して感じること

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
感じていること	%	感じていること	%
多い	33.3	多い	24.4
やや多い	47.2	やや多い	39.0
適正な数だ	15.3	適正な数だ	15.3
やや少ない	2.8	やや少ない	0.0
少ない	1.4	少ない	0.0

図 3.3.7-1　他の木造建築物と CLT パネル工法の金物使用量を比較して感じること



設計者向けアンケート結果は、「やや多い」が 47.2%でおおよそ 5 割となっている。「多い」と合わせると 80.5%となる。

施工者向けアンケート結果は、「やや多い」が 39.0%でおおよそ 4 割となっている。「多い」と合わせると 63.4%となる。

3.3.8　低層の CLT パネル工法が Z マーク表示金物程度の接合部で設計可能となった場合について

（1）Z マーク表示金物程度で設計可能となった場合に感じること

表 3.3.8-1　Z マーク表示金物程度で設計可能となった場合に感じること

設計者向けアンケート		施工者向けアンケート	
設計可能となった場合	%	施工可能となった場合	%
接合部が簡易になるのはよい。	20.4	施工が楽になるのでよい。	30.4
金物コストが下がるのでよい。	17.3	入手しやすくなると思うのでよい。	20.2
Ｚマーク表示金物のように在庫対応になると思うので、入手が楽になるのでよい。	12.5	接合耐力が低くなるので不安。	13.0
納まりが楽になるのでよい。	11.0	耐久性が不安。	13.0
接合部が簡易になれば工事費が安くなると思う。	9.4	施工手間は変わらない。	8.8
接合耐力が低いのは不安。	7.0	使用量が多くならないと受注生産なので、割高になり入手はしにくいと思う。	8.8
適用されるのは低層だが、Ｚマーク表示金物程度で設計ができるなら積極的に採用したい。	5.9	クロスマーク表示金物、Ｚマーク表示金物程度の接合部のどちらでもよい。	5.8
耐久性が不安。	3.5	－	－
使用量が多くならないと受注生産なので、割高になり入手はしにくいと思う。	3.5	－	－
低層でも耐震性がありそうなクロスマーク表示金物を用いた設計を採用したい。	3.1	－	－
クロスマーク表示金物、Ｚマーク表示金物程度の接合部のどちらでもよい。	2.7	－	－
その他	8 件	その他	5 件

設計者向けアンケートは、「接合部が簡易になるのはよい」、「金物コストが下がるのでよい」を合わせると38.9%で、およそ4割となっている。

施工者向けアンケートは、「施工が楽になるのでよい」、「入手しやすくなると思うのでよい」を合わせると50.6%で、およそ5割となっている。

（2）「その他」のコメントについて

表 3.3.8-2　設計者向けアンケート「その他」のコメント　回答数 8 件

件数	「その他」の記載内容
①	Zマーク表示金物だろうと設計の複雑さは変わらないと思う。工事は施工性が多少良くなると思う。
②	そもそもZマーク表示金物でCLTパネル工法になじむ金物がないのでは？
③	梁受け金物がCLTで使えると、小屋組が楽になる。
④	金物が増えないか？
⑤	ホールダウン金物の場合は、納まりに工夫が必要。「金物工法」のようなパイプ＋ドリフトピン形式等の方がCLTとの相性が良いと思う。
⑥	性能次第で金物コストは変わるかと思います。
⑦	弊社内で木造関係者の数人に求めた回答を整理すると、「金物を簡易にしてコストは下げたいが耐力を下げたくない。」、「規模に応じた設計ができビス、ドリフトピンの本数を変更できる金物がよいと思う。」でした。
⑧	低層であればCLT自体の剛性・耐力のポテンシャルのごくわずかしか使わないと思われるので、もっと簡便な金物にできるのではないかと思う。

表 3.3.8-3　施工者向けアンケート「その他」のコメント　回答数 4 件

件数	「その他」の記載内容
①	ビスを沢山使うのは良いですが、木は割れる物と認識しているため不思議に思う。長い・太いビスとあの数量なら後々意味はあるのか？
②	ビス、釘接合の場合、取付ラミナの違いによる影響が気になる。
③	告示対応金物はZマーク表示金物でもクロスマーク表示金物でも良いが、告示仕様の対応金物は規格を集約することで、コスト縮減と省施工、納期短縮を実現して欲しい。
④	簡易な形状で性能が出る金物開発が課題だと思います。

設計者向けアンケートでは、⑤に「ホールダウン金物の場合は、納まりに工夫が必要」とコメントしている。

考えられる理由としては、軸組工法、枠組壁工法では耐力壁の外端部柱またはタテ枠の壁内側にホールダウン金物を配置すれば、コンセント位置などに配慮が必要だが、サッシ、外装材の納まりに不都合は生じないことから、単純に位置決めして設計ができる。

しかし、CLTパネル工法は、CLT壁両端部の側面に取り付けるとサッシ、外装材の納まりが単純に納まらない。サッシ、外装材を受けるための材を配置し施工することになる。

また、外壁出隅L字部、内壁出隅L字部でホールウダウン金物を取り付ける場合には、CLT壁パネルを欠き取りしてホールダウン金物を配置することが想定されるが、金物を納める欠き取り部分には出隅部に下地を設け、十分な補強をする必要がある。出隅部の強度が十分でない場合には、建物に水平力が作用して変形する際に外装材、内装材に不具合が生じることが懸念される。さらに、サッシ、外装材を納めるのために補強材を配置しなければならない場合には、手間が生じることが想定されるので、⑤のコメントがされたのだと考えられる。

追加部材や手間をできるだけ増やさないでコストを上げないように、かつ、竣工後に不具合が生じないようにするためには、構造で定める金物形状、金物配置方法と、サッシ、外装材、内装材、防水、断熱、気密などの納まりと施工を、総合的に検討した合理性のある仕様であることが望まれる。

施工者向けアンケートでは、③に「コスト縮減と省施工、納期短縮を実現」とあり、金物の合理化がなされた場合に望まれる効果がコメントされている。

3.3.9　CLT を利用した建築物についての意見、感想について

設計者向けアンケートは、33件のコメントがあった。以下に共通して多かった内容を要約して示す。

① モデル化が複雑。構造設計者が限定される。設計時間がかかる。設計料が高い。
② CLTはコストが高い。コストダウンが必要。
③ 金物コストが高い。コストダウンが必要。
④ RC造、S造、軸組工法などとCLTを併用するのがよさそう。

上記の②、③で生じている課題が読み取れるコメントの抜粋を、以下に示す。

・相談案件は多数あるが、コスト面で実施にならない。軸組＋CLTで提案する場面が多いが、それでもなかなか実施には結びつかないのが現状です。
・CLTを使用するとコスト高になり、施主さんがどうしてもCLTを使いたいという要求がない限り提案が難しい。
・提案したことがあるが、価格が合わず実現に至っていない。高くてもCLTを使うメリットをお客様へ訴求できていない。
・可能性があるのにコストがかかりすぎで採用されない。
・施工性は良いのだが、専用金物を含めやはりコストがネックになる。

施工者向けアンケートは、24件のコメントがあった。以下に共通して多かった内容を要約して示す。

① CLTパネル工法の普及に期待したい。
② アンカーボルトの施工精度の要求が高い。施工が大変。
③ 金物、ビスの量が多い。金物コストが高い。コストダウンが必要。
④ 施工コスト（材料コスト）が高い。コストダウンが必要。
⑤ CLTを用いた混構造の計画が増加傾向にあると思う。

施工者からのコメントは、施工難易度とコストについてのコメントが中心となっている。

3.4　設計者向けアンケート結果の詳細

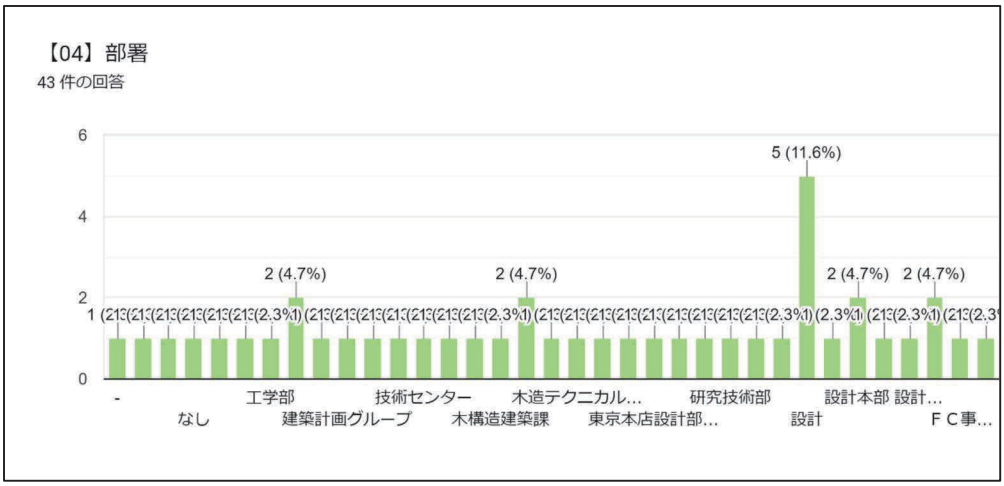
3.4.1　回収数

設計者向けアンケート回収数　　72 件

3.4.2　回答者属性

（１）部署

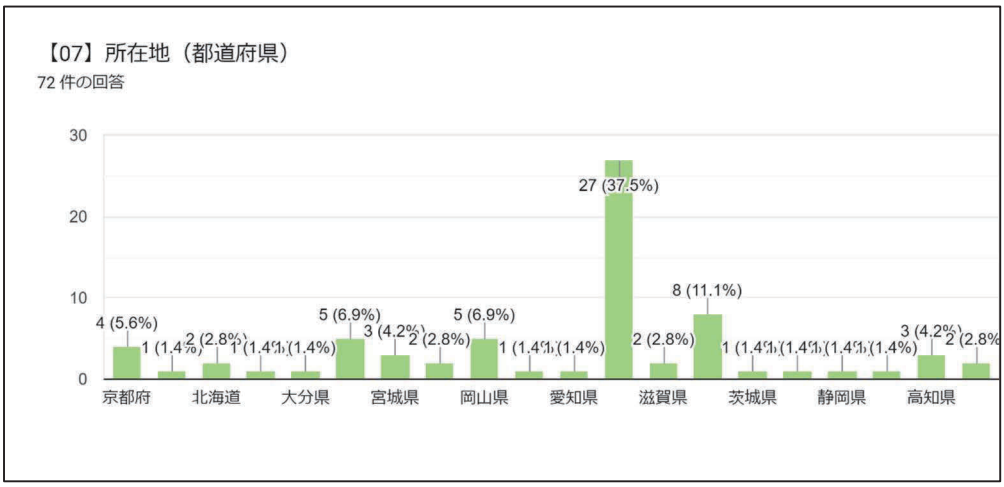
図 3.4.2-1　部署



回答 43 件の内 34 件は、　設計に関わる部署と判断できる。また、部署を記載していない多くは、設計事務所関係なので 72-43＝29 件は、設計に関わりのある部署のカテゴリーとして扱えるので、((34+29) ÷72) × 100＝87.5%は、設計関係者からの回答として扱える。

（２）所在地

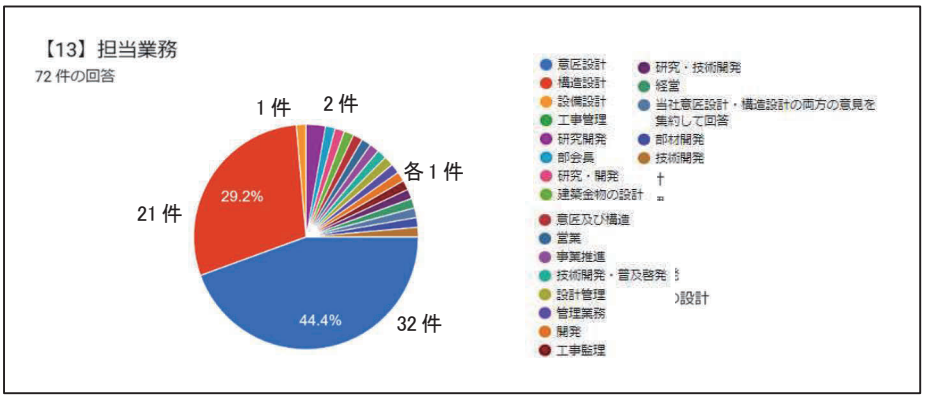
図 3.4.2-2　所在地



回答者の所在地は、北海道から九州に存在しているが、東京都が72件中27件で37.5%と多かった。北陸地方からの回答は無かった。

（３）担当業務

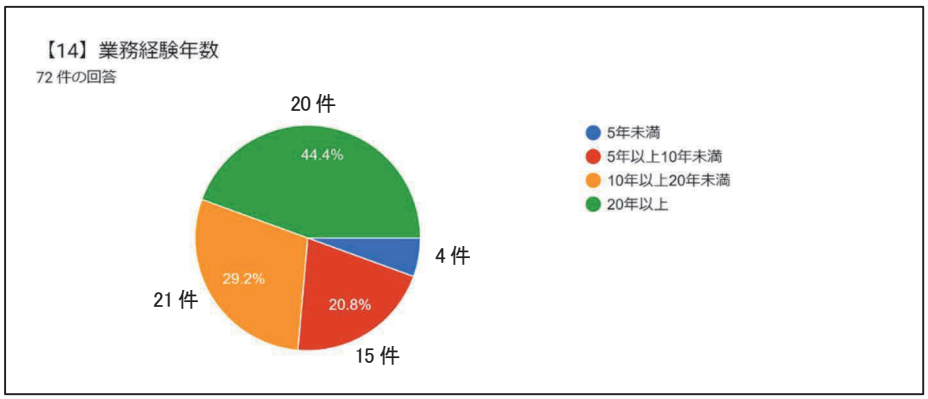
図 3.4.2-3　担当業務



意匠設計が32件44.4%、構造設計が21件29.2%となっており、建築の設計業務に直接関わりのある回答者が、全体の73.6%となっている。

（４）業務経験年数

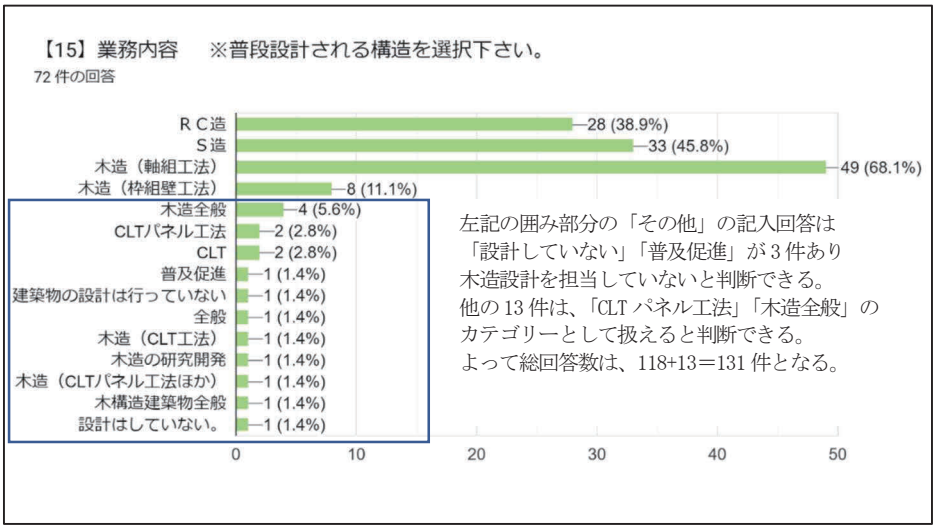
図 3.4.2-4　業務経験年数



業務経験年数は、20年以上が44.4%で最も多く。次位以降は、10年以上～20年未満29.2%、5年以上～10年未満20.8%の順となっている。

（５）主に設計を行っている構造種別

図 3.4.2-5　主に設計を行っている構造種別　回答数 131 件



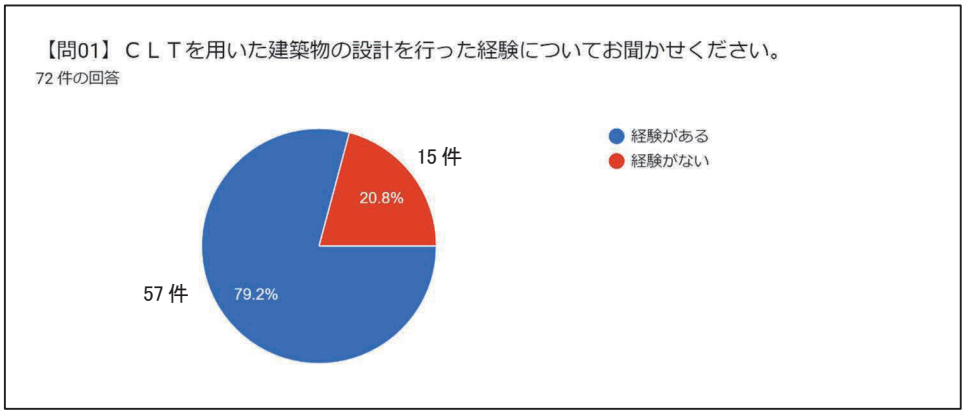
木造（軸組工法）が、総回答数131件に対して37.4%で最も多く。次位以降は、S造25.1%、RC造21.3%、木造枠組壁工法6.1%の順になっている。

「その他」の記入回答件数が16件あるが、その内訳は「設計しない」が3件、CLTパネル工法を含めて「木造全般」として扱えることのできる件数が13件となっている。

回答者数72件の内、設計に関係していない3件を除く69件を母数として木造系の設計に関わる割合を求めると、RC造のみ、S造のみの設計の回答が合わせて5件あるので、((69-5) ÷69) ×100＝92.7%となり、回答者の9割以上が、木造系の設計業務をしていることになる。

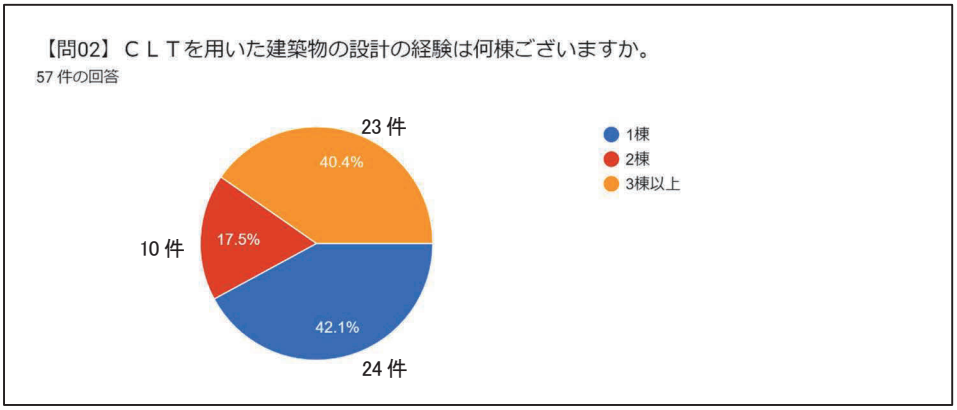
3.4.3 CLT を用いた建築物の設計経験の有無と経験棟数

図 3.4.3-1 設計経験の有無



CLTを用いた設計経験のある件数は、57件79.2%となっている。

図 3.4.3-2 設計経験の棟数

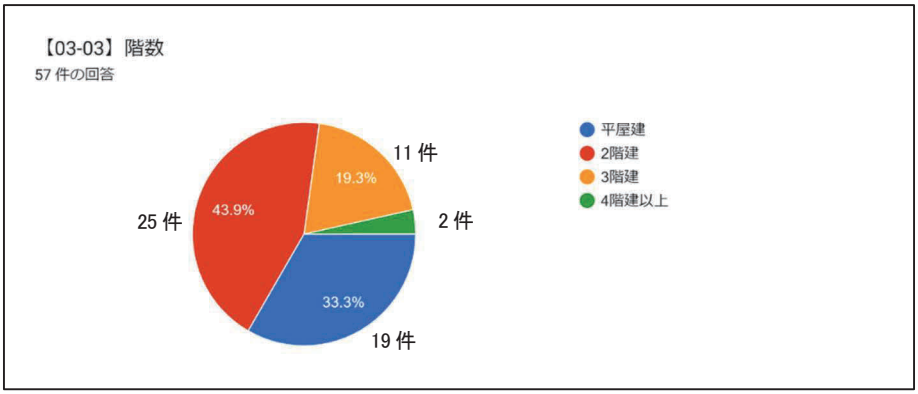


設計経験の棟数は、CLTを用いた設計をしたことがあると回答している57件の内、1棟が24件42.1%で最も多く、僅差で3棟以上23件40.4%、2棟が10件17.5%となっている。

3.4.4　CLT を用いて設計を行った建築物について

（１）建築物の階数

図 3.4.4-1　建築物の階数



CLTを用いて設計した建物の階数は、2階建て25件43.9%が最も多く、次位以降は、平屋建て19件33.3%、3階建て11件19.3%、4階建て以上2件3.5%となっており、3階以下の低層建物が96.5%を占めている。

（２）構造種別と計算方法

図 3.4.4-2　構造種別と計算方法

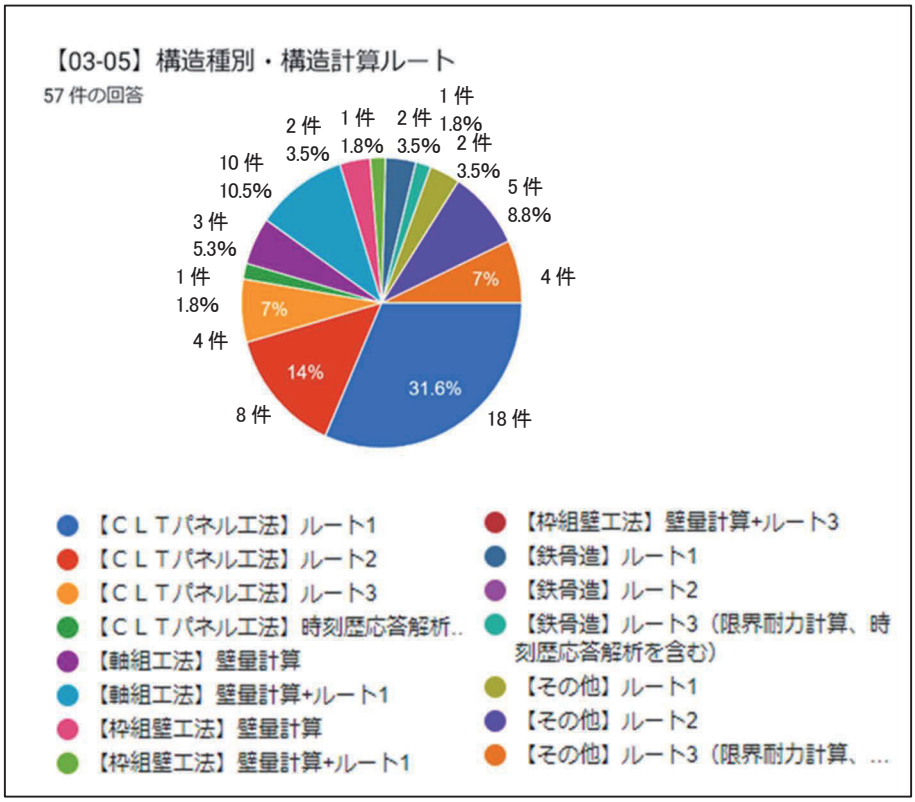


表 3.4.4-1　構造種別と計算方法　回答数 57 件

構造種別		計算方法	件数	割合%
木造	CLT パネル工法	ルート 1	18	31.6
		ルート 2	8	14.0
		ルート 3	4	7.0
		時刻歴応答解析	1	1.8
	軸組工法	壁量計算	3	5.3
		壁量計算+ルート 1	6	10.4
	枠組壁工法	壁量計算	2	3.5
		壁量計算+ルート 1	1	1.8
		壁量計算+ルート 3	0	0.0
鉄骨造		ルート 1	2	3.5
		ルート 2	0	0.0
		ルート 3（限界耐力計算、時刻歴応答解析）	1	1.8
その他		ルート 1	2	3.5
		ルート 2	5	8.8
		ルート 3（限界耐力計算、時刻歴応答解析）	4	7.0

CLTパネル工法に該当している件数は、57件中の31件で54.4%となっている。他の26件は、他工法、他構造にCLTを用いた設計となっている。

CLTパネル工法においてルート1を採用した割合は、31件中18件で58.0%となり、半数以上を占めている。

（3）（2）において「その他」を選択した回答の構造について

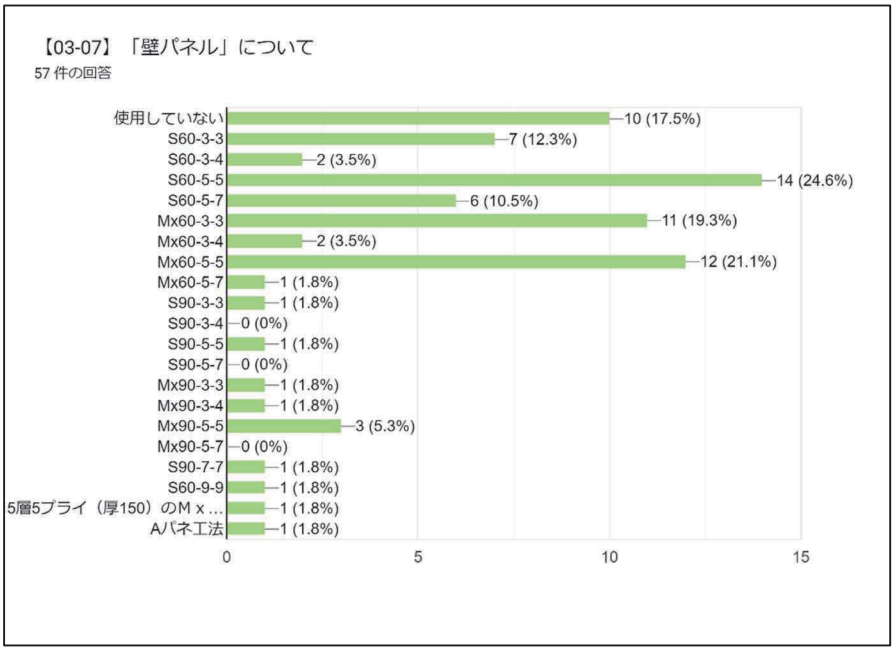
表 3.4.4-2　「その他」で回答している構造　回答数 11 件

構造種別	計算方法	件数	採用された構造
その他	ルート 1	1	大断面木造
		1	軸組工法+枠組壁工法
	ルート 2	1	1～3 階 鉄骨造、4～8 階 木造耐震壁付き軸組工法
		1	鉄骨造+木造(軸組工法)
		1	鉄骨造への CLT 利用
		2	木造軸組工法
	ルート 3（限界耐力計算、時刻歴応答解析）	1	鉄骨造一部木造
		1	平面混構造（RC 造　CLT パネル工法）
		1	CLT 長押工法（CLT 壁を長押で繋ぐオリジナル工法）
		1	木造軸組工法

（4）使用されている CLT の強度等級について

1）壁パネルの強度等級

図 3.4.4-3　壁パネルに使用されている強度等級　使用実績数 47 件

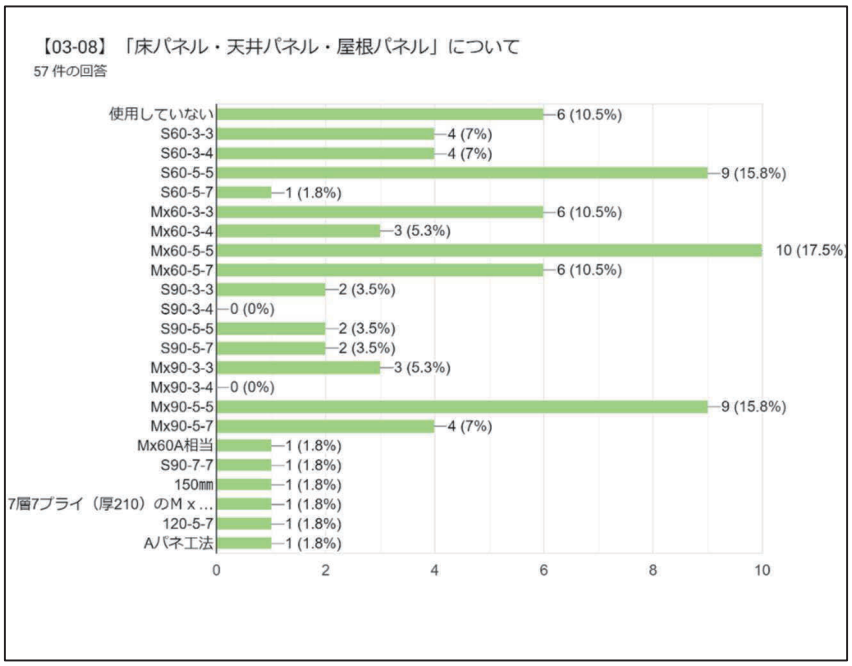


壁パネルに最も使用されている強度等級の使用率の内訳は、使用していないの10件を除く47件に対して割合を示すと、S60-5-5が14件29.7%となっており、次位以降は、Mx60-5-5で12件25.5%、Mx60-3-3で11件23.4%、S60-3-3で7件14.8%、S60-5-7で6件12.7%の順になっている。また、Mx90、S90関連の強度等級の使用率は、47件中の8件であり17.0%となっている。S120、Mx120は使用されていない。

ラミナ厚は、30ｍｍであることから使用されているCLTの厚さは、厚みのみでカウントすると150㎜が30件63.8%、90㎜が20件42.5%の順で用いられている。

2）床パネル、天井パネル、屋根パネルの強度等級

図 3.4.4-4　床パネル、天井パネル、屋根パネルに使用されている強度等級　使用実績数 51 件



床パネル、天井パネル、屋根パネルに使用されている強度等級の使用率の内訳は、使用していないの6件を除く51件に対して割合を示すと、Mx60-5-5が10件19.6%となっており、次位以降は、S60-5-5で9件17.6%、Mx90-5-5で9件17.6%、Mx60-5-7で6件11.7%、Mx60-3-3で6件11.7%の順になっている。S120、Mx120は使用されていない。

3）CLT パネル工法で床パネル、天井パネル、屋根パネルに用いられた強度等級

表 3.4.4-3　CLT パネル工法で床パネル、天井パネル、屋根パネルに用いられた強度等級　使用実績数 48 件

強度等級	件数	強度等級	件数
S60-3-3	3	S90-5-5	1
S60-3-4	4	S90-5-7	4
S60-5-5	4	S90-7-7	1
Mx60-3-3	5	Mx90-3-3	3
Mx60-3-4	2	Mx90-5-5	5
Mx60-5-5	9	Mx90-5-7	1
Mx60-5-7	6	-	-

ラミナ等級M60A、M30Aによる構成の実績数は33件なので、Mx60-5-5が9件27.2%と最も使用件数が多かった。次位以降は、Mx60-5-7で6件18.1%、Mx60-3-3で5件15.1%となっている。

また、ラミナ等級M90A、M30Aによる構成の実勢数は15件なので、Mx90-5-5が5件33.3%で最も件数が多かった。次位以降は、S90-5-7で4件26.6%、Mx90-3-3で3件20.0%となった。

上記のパネルが使用されたCLTパネル工法建築物の階数は、平屋建てが12件、2階建てが11件、3階建てが5件であり、床荷重を負担しない屋根パネル、天井パネルで用いている平屋建ての件数の割合が、全体の33.3%を占めていることから、本アンケートでは、3層3プライ、3層4プライ、5層5プライの使用件数が多くカウントされる傾向となっている。2階建て以上で件数が増加した場合は、5層7プライの使用割合が多くなると想定される。

（5）「その他の部位」に使用された CLT について

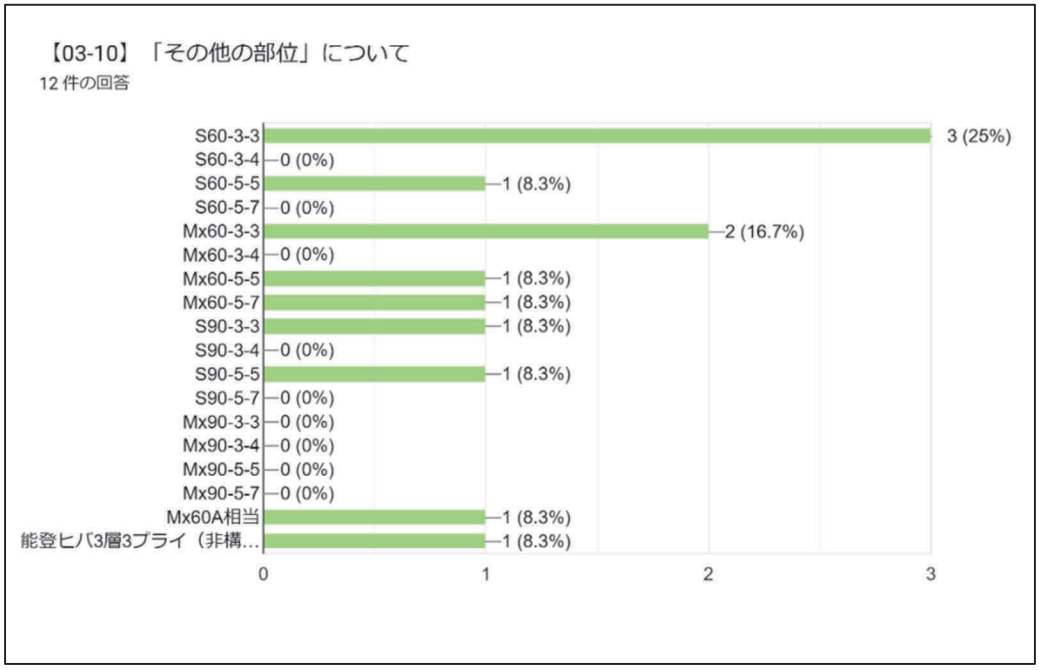
1）「その他の部位」で使用された箇所　回答数 8 件

- 柱、梁、トラス材
- ボールト屋根
- 意匠利用（デザインパネル）
- 階段パネル
- 臥梁
- 階段の段板
- 1階床、家具
- カウンター

壁パネル、屋根パネル、天井パネル、床パネル以外の「その他の部位」では、8件の回答があった。建物の構造に関わる部材として使用されているのは、「柱、梁、トラス材」「臥梁」「ボールト屋根」「階段パネル」「階段の段板」の5件で、他は家具などの利用となっている。

２）「その他の部位」に使用された強度等級

図 3.4.4-5　「その他の部位」に使用されている強度等級　使用実績数 12 件



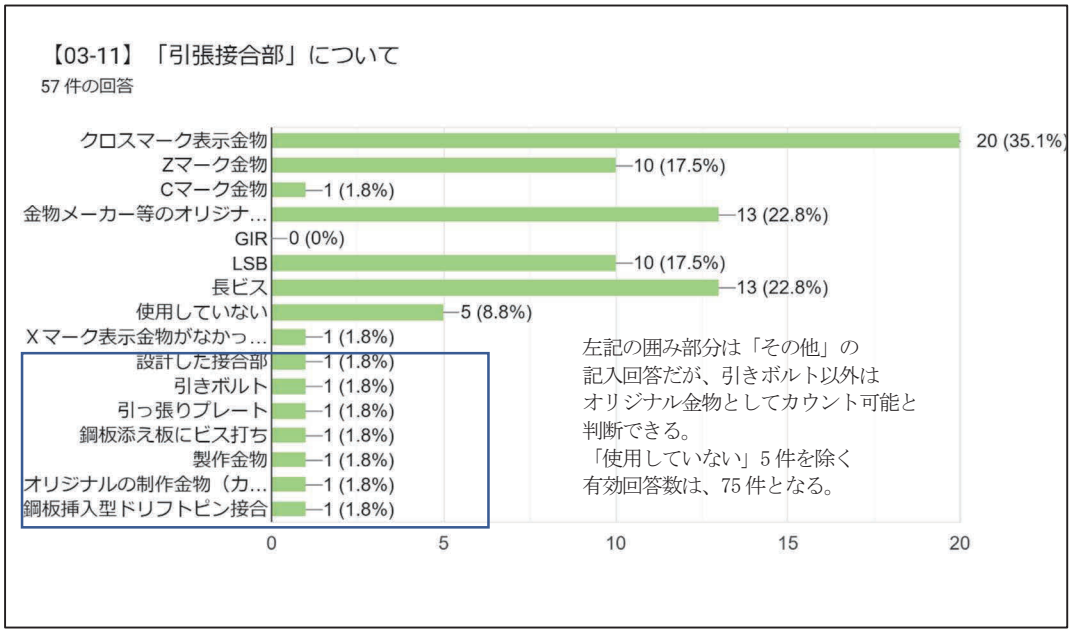
その他の部位に使用されている強度等級は、S60-3-3が最も多く25%、次位は、Mx60-3-3の16.6%となっている。

3.4.5　CLT を用いた設計経験者が採用している接合金物

（１）CLT パネルの接合に使用した引張接合部、せん断接合部の金物

１）引張接合部

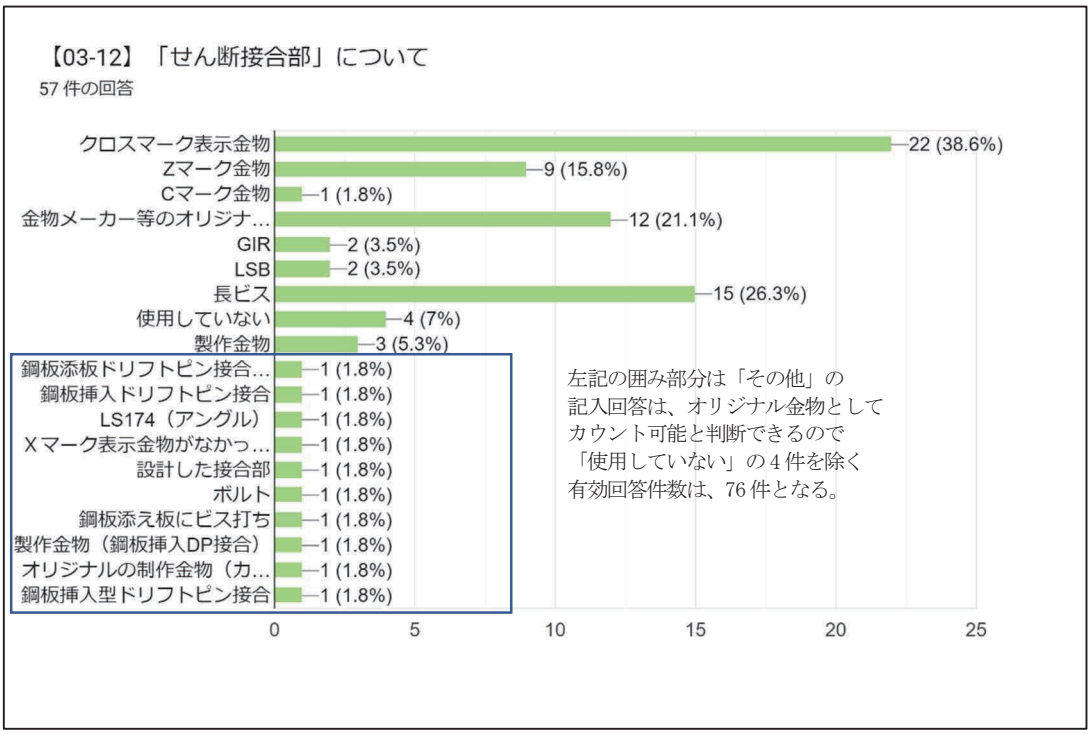
図 3.4.5-1　引張接合部　回答数 80 件



CLTを用いた建築物の設計に用いられている引張接合部は、クロスマーク表示金物が最も多く75件中20件26.6%であった。次位以降は、金物メーカー等のオリジナル金物13件+その他7件（オリジナル金物として扱える回答）＝20件26.6%、長ビスが13件17.3%、Zマーク表示金物が10件13.3%、LSBが10件13.3%となっている。

２）せん断接合部

図 3.4.5-2　せん断接合部　回答数 80 件



CLTを用いた建築物の設計に用いられているせん断接合部は、クロスマーク金物が最も多く76件中22件28.9%であった。次位以降は、金物メーカー等のオリジナル金物12件+その他9件（オリジナル金物として扱える回答）＝21件27.6%、長ビスが15件19.7%、Zマーク金物が9件11.8%、LSB、GIRがそれぞれ2件2.6%となっている。

（２）引張接合部、せん断接合部以外で CLT パネルの接合を行った箇所と使用した金物

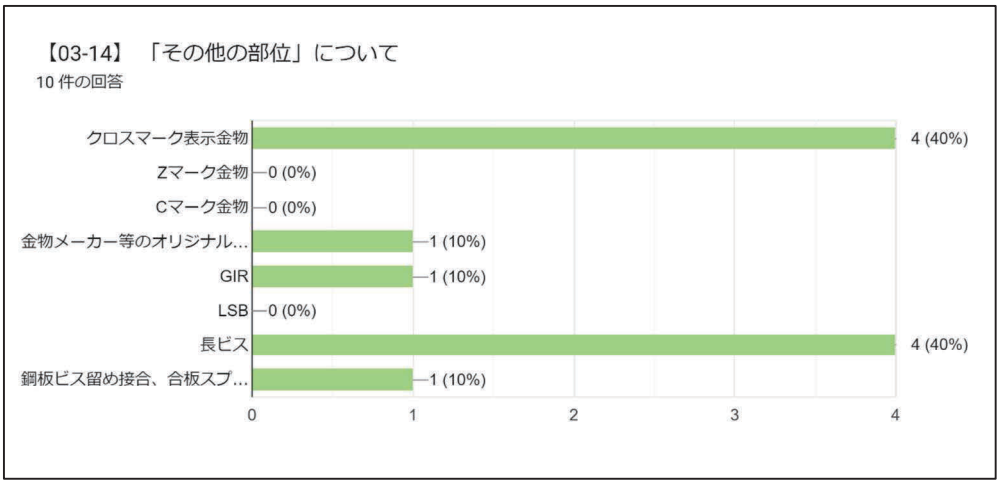
１）引張接合部、せん断接合部以外で CLT パネルの接合を行った部位　回答数５件

- 屋根パネル接合部、屋根パネル　2件
- 床パネル相互接合部　1件
- 非構造の外装、床、天井　1件
- 曲げ部分　1件

5件の回答の中で屋根パネル相互の接合が2件、床パネル相互の接合が1件となっている。

２）引張接合部、せん断接合部以外で CLT パネルの接合に使用した金物

図 3.4.5-3　引張接合部、せん断接合部以外で使用した金物　回答数 11 件

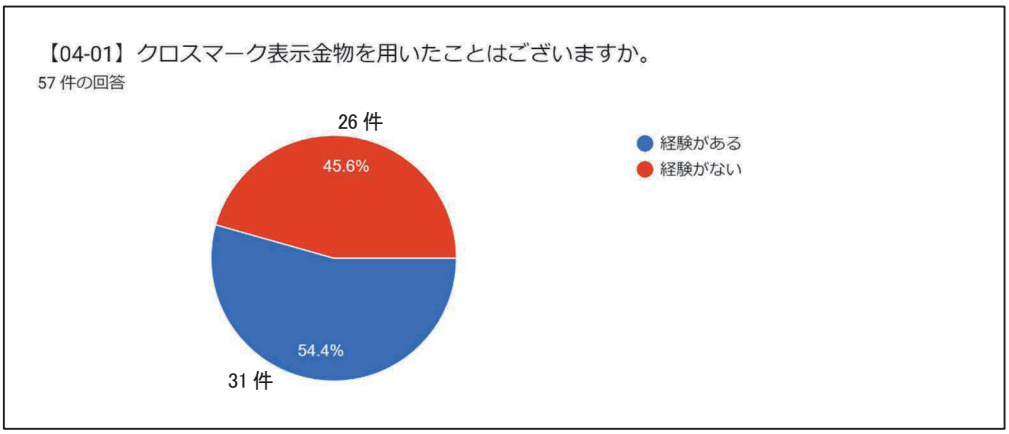


引張接合部、せん断接合部以外の「その他の部位」で用いた金物は、クロスマーク金物と長ビスが4件36.3%と等しい結果となっている。それ以外は、オリジナル金物、GIR、鋼板ビス留め接合が各1件9.0%となっている。

3.4.6　クロスマーク表示金物を設計で用いた経験の有無と設計時で生じた不都合、不具合

（１）クロスマーク表示金物を設計で用いた経験の有無

図 3.4.6-1　クロスマーク表示金物を設計で用いた経験の有無



クロスマーク表示金物を設計で用いた「経験がある」との回答は、57 件中 31 件 54.4%であった。

（２）クロスマーク表示金物を設計時で生じた不都合、不具合

総回答数　31 件

特に無しとの回答　25件

以下、各1件　計6件

①意図的に表に現わしたが、個人的には隠せる金物があればと感じた。

②せん断金物は隠蔽できないので使い勝手が悪いと感じます。

③壁幅に対して配置出来る金物個数に限りがある。パネル現し時に金物を被覆するのに手間が掛かる。

④金物の見た目が美しくない。

⑤CLT躯体に金物が出張るので、仕上げの納まり整理が煩雑になる。

⑥意匠設計の意向で金物を隠すのに苦労した。

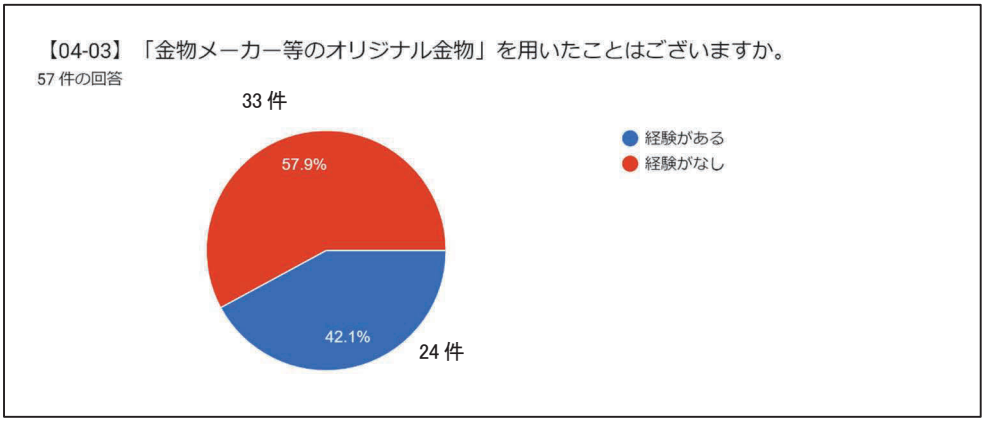
6件のコメント内容は、「隠せる金物があれば」「隠蔽できない」「被覆に手間がかかる」「隠すのに苦労」との語彙が多く確認できる。CLTを現わしで使用することを考慮して設計された金物ではないため、使用しにくいとのコメントが多い。

また、「配置可能な金物に限りがある」との記載があり、耐力壁パネル交差部で引張金物とせん断金物が干渉し合うようなことが生じていると想定される。

3.4.7　金物メーカー等のオリジナル金物の使用状況

（1）金物メーカー等のオリジナル金物の使用の有無

図 3.4.7-1　オリジナル金物の使用の有無

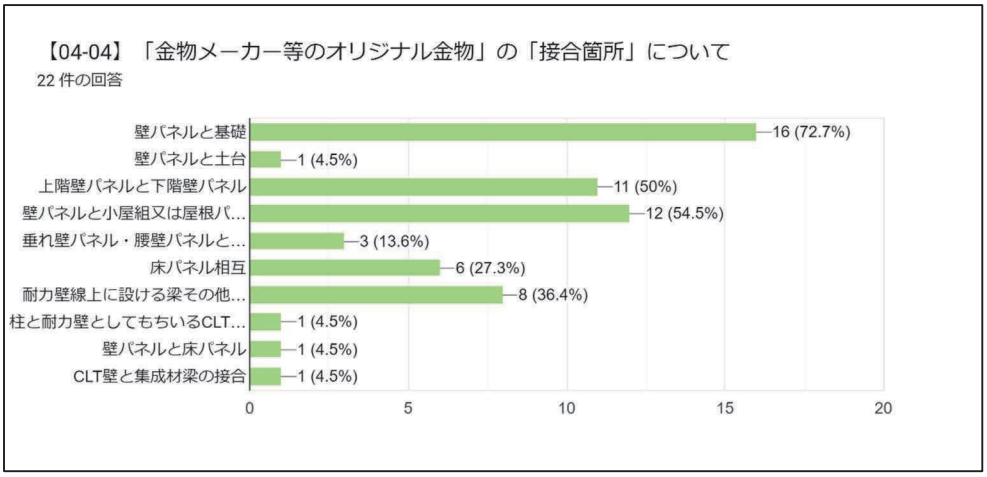


金物メーカー等のオリジナル金物について、「使用経験がある」との回答は、57件中24件42.1%であった。

（2）金物メーカー等のオリジナル金物の接合箇所、金物形状、ファスナー

1）オリジナル金物の接合箇所

図 3.4.7-2　オリジナル金物の接合箇所　回答数 60 件

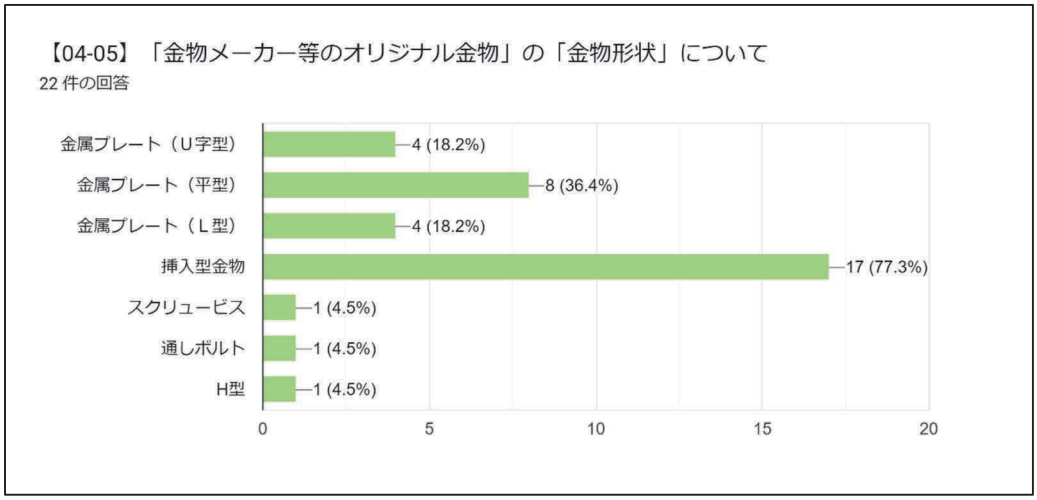


複数回答が可なので総回答数60件で換算して割合を示すと、「壁パネルと基礎」の接合が60件中16件26.6%、「壁パネルと小屋組又は屋根パネル」が12件20%、「上階壁パネルと下階壁パネル」が11件18.3%、「耐力壁線上に設けるはりその他の横架材」、8件13.3%、「床パネル相互」が6件10%となっている。

主に引張接合部にオリジナル金物が採用されていることが確認できる。

２）オリジナル金物の金物形状

図 3.4.7-3　オリジナル金物の金物形状　回答数 36 件

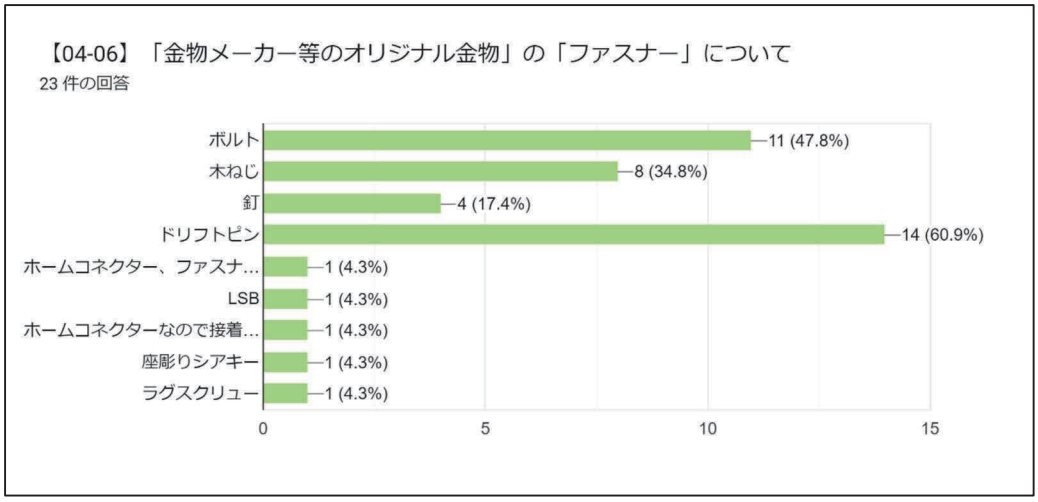


複数回答が可なので総回答数36件で換算して割合を示すと、オリジナル金物形状は、挿入型金物が17件47.2%と最も多く、次位以降は、金物プレート（平型）8件22.2%、金物プレート（U字型）、金物プレート（L型）がそれぞれ4件11.1%となっている。よって、プレートタイプは12件44.4%となっている。

CLTを現わしで用いるための挿入型金物が多く採用されている。

３）オリジナル金物のファスナー

図 3.4.7-3　オリジナル金物のファスナー　回答数 42 件



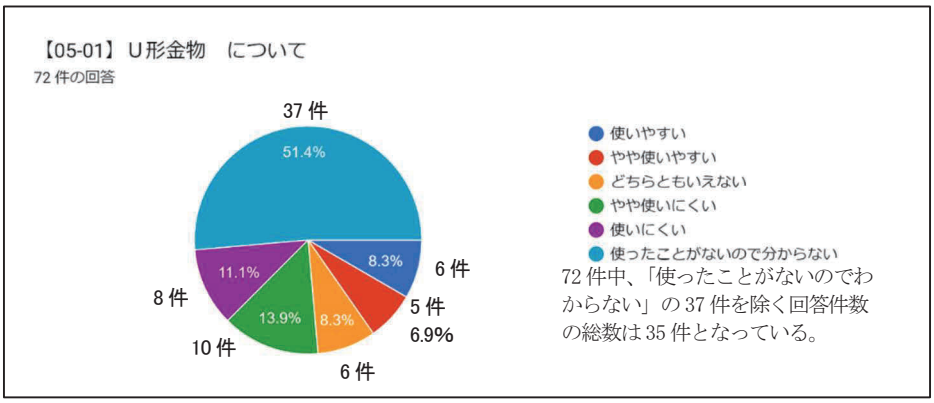
オリジナルの金物形状では挿入型金物との回答件数が多かったことから留め付けには、ドリフトピンが総回答件数42件中14件33.3%と最も採用されている。次位以降は、ボルト11件26.1%、木ねじ8件19%、釘4件9.5%となっている。

3.4.8　クロスマーク表示金物を用いた設計をして感じたこと

（1）U 形金物について

1）U 形金物について感じたこと

図 3.4.8-1　U 形金物について感じたこと

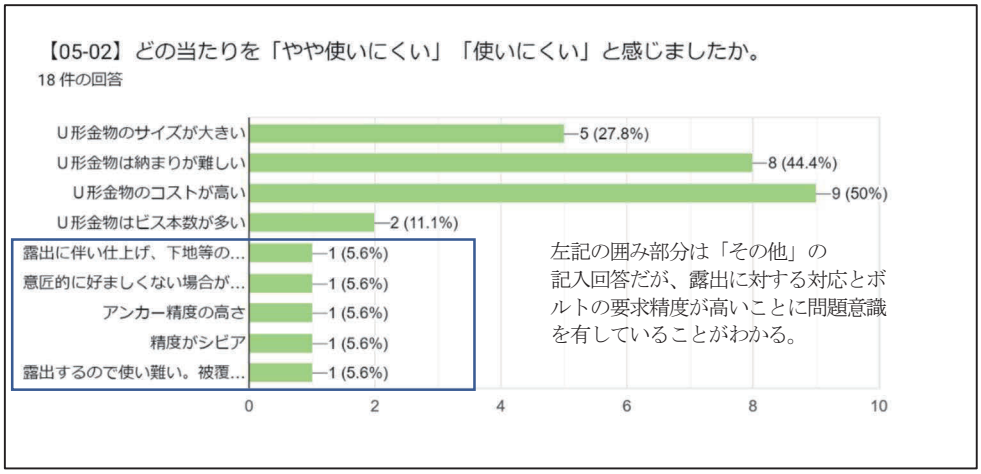


「使いやすい」が、35件中6件17.1%、「やや使いやすい」5件14.2%となっており、3割程度の採用者は、問題はないと感じている。

一方で「使いにくい」8件22.8%、「やや使いにくい」10件28.5%で使いにくさに対してのコメントは、合計すると51.3%になる。よって、採用者の約半数は、何らかの問題があると感じている。

2）U 形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由

図 3.4.8-2　U 形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由　回答数 29 件



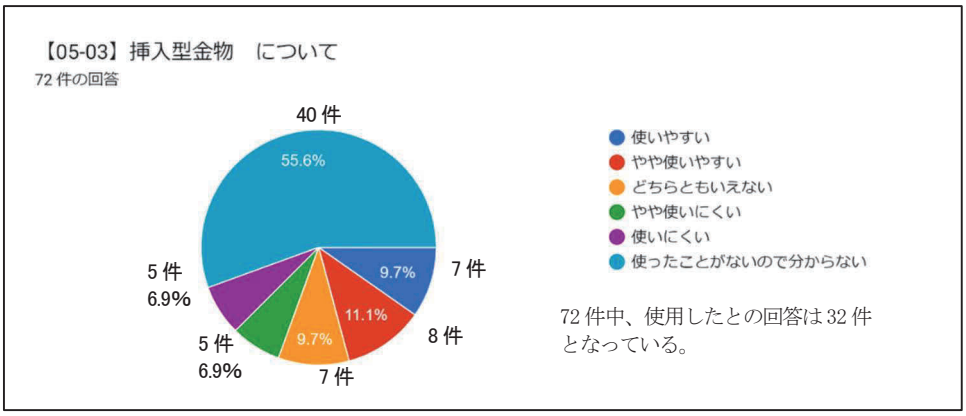
「使いにくい」「やや使いにくい」と回答した理由を、複数回答が可なので総回答数29件に対して示すと、「コストが高い」が29件中9件31%で最も多い。次位以降は、「納まりが難しい」が8件27.5%、「サイズが大きい」が5件17.2%となっている。

「その他」の記入では、現わしへの対応が難しいこと、ボルトと配置の精度の高さのことが使いにくさの理由として示されている。

（２）挿入型金物について

１）挿入型金物について感じたこと

図 3.4.8-3　挿入型金物ににについて感じたこと

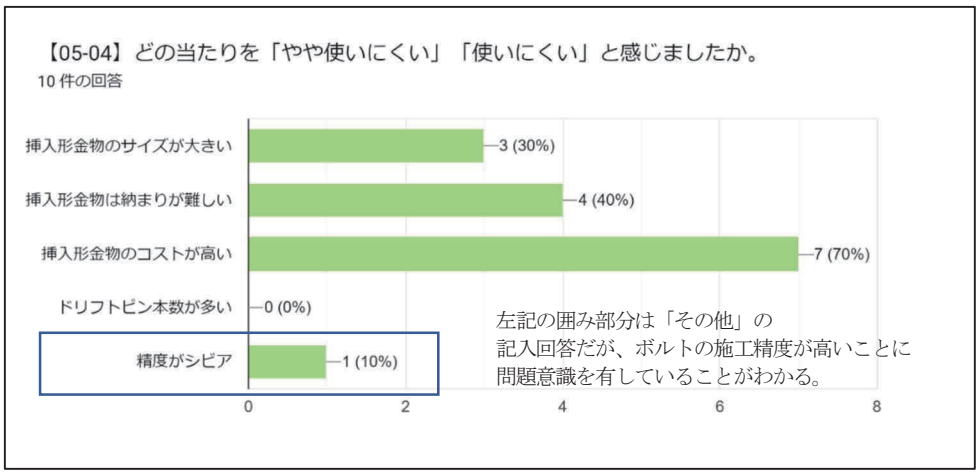


「使いやすい」が32件中7件21.8%、「やや使いやすい」が8件25%となっており、合計すると46.8%になっている。採用者の約半数は、問題はないと感じている。

「使いにくい」5件15.6%、「やや使いにくい」5件15.6%は、合計すると31.2%になっている。よって採用者の3割程度は、何らかの問題を感じている。

２）挿入型金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由

図 3.4.8-4　挿入型金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由　回答数 15 件



「使いにくい」「やや使いにくい」の回答に対してどのような意識を抱いているかでは、複数選択が可なので総回答件数15件に対して示すと、「コストが高い」が15件中7件46.6%で最も高い。次位以降は、「納まりが難しい」が4件26.6%、「サイズが大きい」が3件20%となっている。

「その他」の記入では、ボルト配置の施工精度の高さが問題として示されている。

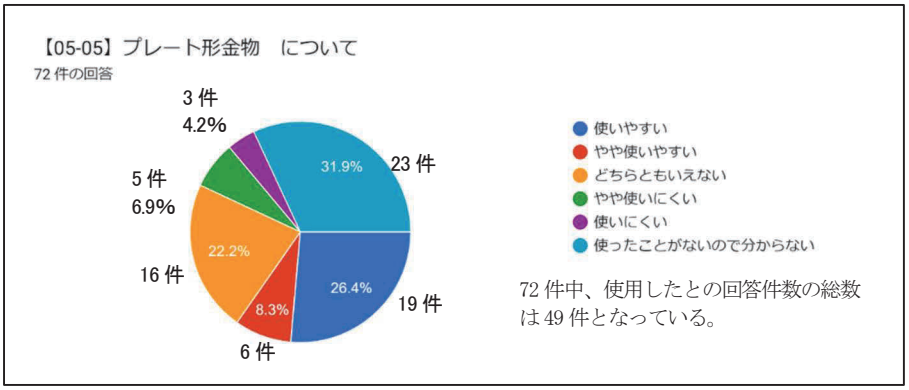
U形金物は、「現わし、仕上げに対応するのが難しい」との意識が高い傾向にある。U形金物、挿入型金物の共通意識としては、「コストが高い」が問題として意識されており、「納まりが難しい」「サイズが大きい」「ボルトの高い施工精度」がそれに続いている。

「納まりが難しい」は、「ボルトの高い施工精度」が影響していると推察される。

（3）プレート形金物について

1）プレート形金物について感じたこと

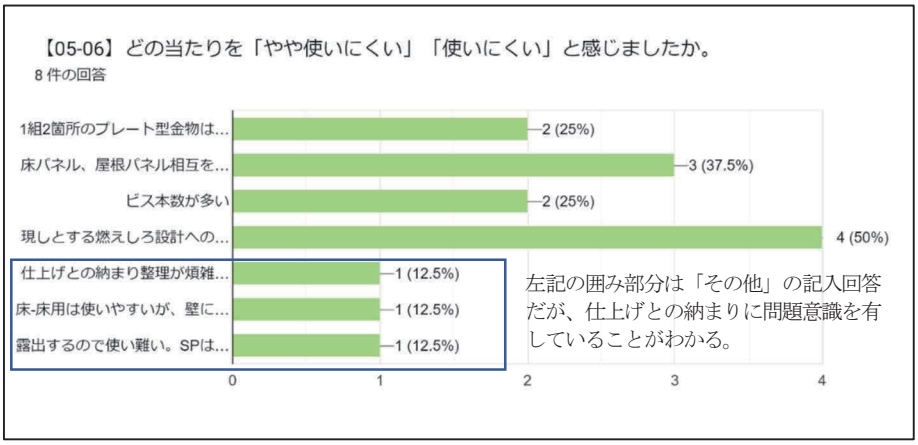
図 3.4.8-5　プレート形金物について感じたこと



「使いやすい」が19件、「やや使いやすい」が6件で49件中25件51％の約半数は、プレート形金物を許容している。一方で「使いにくい」3件6.1％、「やや使いにくい」5件10.2％で49件中8件16.3％になる。よって、採用者の2割程度は、何らかの問題を感じている。

2）プレート形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由

図 3.4.8-6　プレート形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由　回答数 14 件



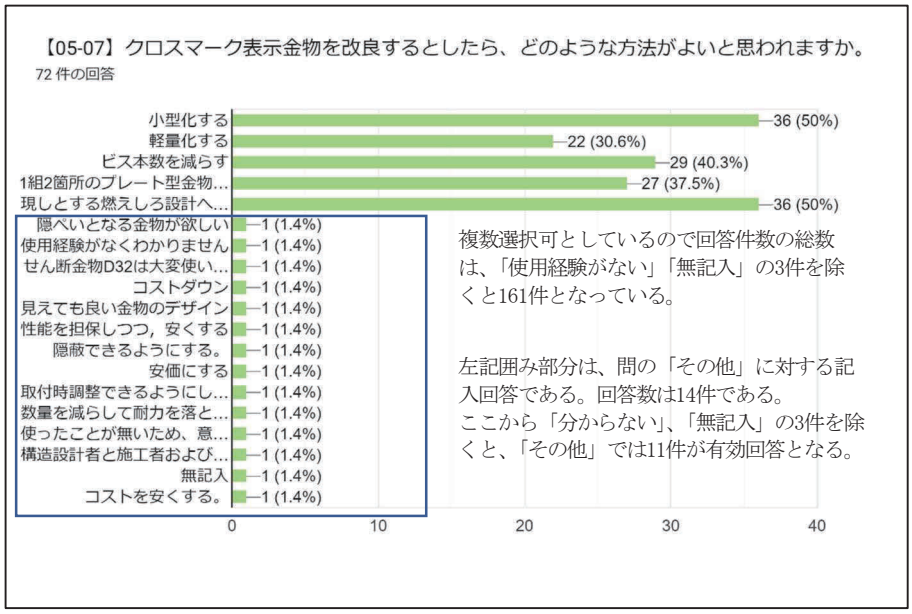
「使いにくい」「やや使いにくい」の回答数は、8件であり母数が小さいので傾向として捉える扱いとなるが、複数選択が可なので総回答件数14件に対して示すと、「現わしとする燃えしろ設計への対応が考えられていない」が4件28.5％と最も高く、意匠的な納まりへの配慮がされていない金物であることが、使いにくいと意識されていると推察される。

「床パネル、屋根パネル相互を緊結するプレート形金物は、大きく納まりが難しい」3 件 21.4％、「ビス本数が多い」2 件 14.2％、「1 組 2 箇所のプレート形金物は、取り付け数が多く煩雑」2 件 14.2％と続いている。「その他」の記入回答は、「納まりが煩雑」、「露出するので使い難い」となっている。

3.4.9　クロスマーク表示金物の良いと思われる改良方法

（1）良いと思われる改良方法

図 3.4.9-1　良いと思われる改良方法　回答数 162 件



複数選択が可なので総回答数161件で換算して示すと、同率で「小型化する」36件22.2%、「現わしとする燃えしろ設計への対応を行う」36件22.2%となっている。次位以降は、「ビス本数を減らす」29件17.9%、「1組2箇所のプレート型金物を1箇所で済むようにする」27件16.6%、「軽量化する」22件13.5%と続いている。

「その他」の記入回答11件を、各共通のカテゴリーは整理して表3.4.9-1に示す。

表 3.4.9-1　「その他」の記入回答

件数	「その他」の記載内容
2	隠蔽される金物がほしい。隠蔽できるようにする。
1	せん断金物D32は大変使い難い。鋼板挿入スリット型にしたドリフトピン接合が良い。
4	コストダウン。性能を担保し安くする。安価にする。
1	見えてもよい金物デザイン
1	取付け調整出来るようにしてほしい。
1	数量を減らして耐力を落とさない金物にすればよい。
1	構造設計者と施工業者と金物メーカーには、それぞれの言い分があるので、個別に考えていても良いものはできないと思う。構造設計者と施工業者と金物メーカーが対話をして、リーズナブルな形状・寸法を見出す作業をしてみる。そもそも今の金物は、振動台実験に間に合せるためにエイヤーと作ったもの。運用に即していない。

3.4.10　クロスマーク表示金物について感じていること

回答数　28 件

①クロスマークに関わらず構造設計が非常に大変である。対応したソフト開発若しくは新しい設計手法が望まれます。

②プレートタイプはコストが低くて使い勝手がよいと感じます。隠蔽タイプはコストダウンと、もう少しレパートリーがあれば使いやすいと思います。

③CLT 現しの建築可能範囲拡大に伴い、見た目の問題が大きくなると思います。

④現し利用を念頭に置き意匠性を高めた方がよいと思う。

⑤受注生産品でコストが高く、納期が掛かるため使いにくい。高耐力仕様も欲しい。 住木センターで定めたクロスマーク規格に防錆処理を 3 種類選択できるようにした事で、受注生産とせざるを得なくなっている。形状・防錆処理を含めて 1 種類に集約した方が量産できると考える。

⑥種類が多い為に 1 つの金物の生産数量が少なくなり、コストアップ要因となっている。 丸座金にも刻印を要求している為、コストアップになる。 製作し難い構造の金物もある。(TC-DP 等) SGH400 と入手困難な材料を指定している。

⑦屋根パネル使用時に結露問題を解決したい。

⑧選択肢が多い方が良い。

⑨全般的に大きすぎる。

⑩柱脚金物としては、重くて高額。

⑪現し仕様の金物種類が増えると良いと思う。

⑫現しへの対応が必要。

⑬見せてもカッコいい金物も増えるとよい。

⑭意匠上のデザインのバリエーションを増やす。

⑮使用できる種類が更に多くなると良いと思う。

⑯CLT との納まりがシビアだと思う。

⑰工法も JAS もない時の経験しかないので現状どうなっているのかよくわかっていないので間違っていたらすみません。告示の計算方法含め、松竹梅で選択していけるようなクロスマーク金物展開や同等認定を取得しやすい工法・金物への門戸が広がっていくとよい？計算方法のところから見直す必要もある？など、少し感じている。 (因みに、弊社は当時、外壁側に金物を配し内部は金物が見えてこないというコンセプトで金物をつくった)

⑱金物の使用数を増やすには、金物を用いることのメリットをどこか（メーカー等？）で積極的に公表するのも良いように思いました。例)ルート 1 で設計しやすい、このような建物を設計できる、等。

⑲ごつい。

⑳ラグスクリュー等の太径ビスによる本数削減。・中高層対応に向けた高耐力化。

㉑ビス接合の施工は容易だが、本数が多くなり手間がかかる。コストが高い。

㉒構造設計基準が安全率を大きく見ているので過剰な性能となっている気がする。

㉓クロスマーク表示金物だけが CLT パネル工法に適するわけでは無いと感じる。特化した金物であればコスト面の優位性が出ると思います。また、建物の規模によって打ち込む必要本数を設定できていると使いやすいと思います。

㉔U 型などはコスト高。引きボルト型だとアンカー精度が要求され施工精度が難しい。 金物が大きくて現しで使えない。

㉕金物が大きい。

㉖CLT パネル工法自体が少ないので、金物メーカーがラインナップしていても、在庫を持たずに受注生産となっていると以前金物メーカーから聞いている。これがコスト高の原因にもなっているのではないかと思っている。

㉗木はあらわしで使いたいというニーズがある中、クロスマーク表示金物は露出される納まりのものが多く、採用しづらい。

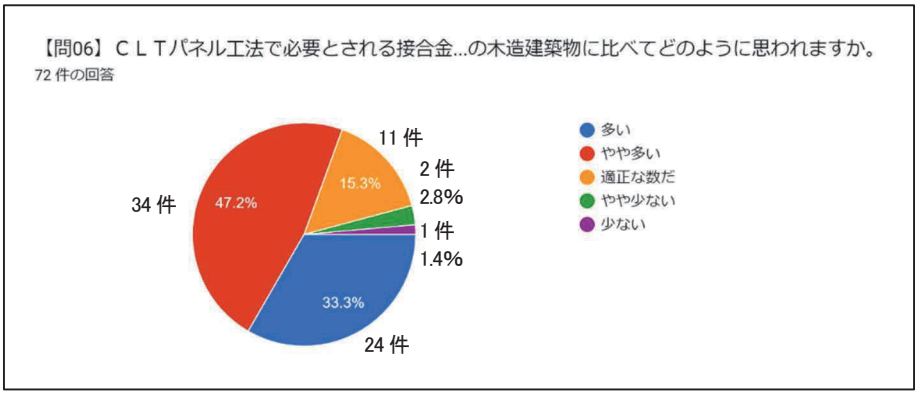
㉘納まりで対応できない場合がある。必要耐力が不足している場合がある。

クロスマーク金物に感じていることを、出現率の多い語彙ごとに配置すると下図の様になる。

図 3.4.10-1　出現率の多い語彙の整理

3.4.11　CLT パネル工法で必要とされる金物数量に対して感じていること

図 3.4.11-1　金物数量に対して感じていること

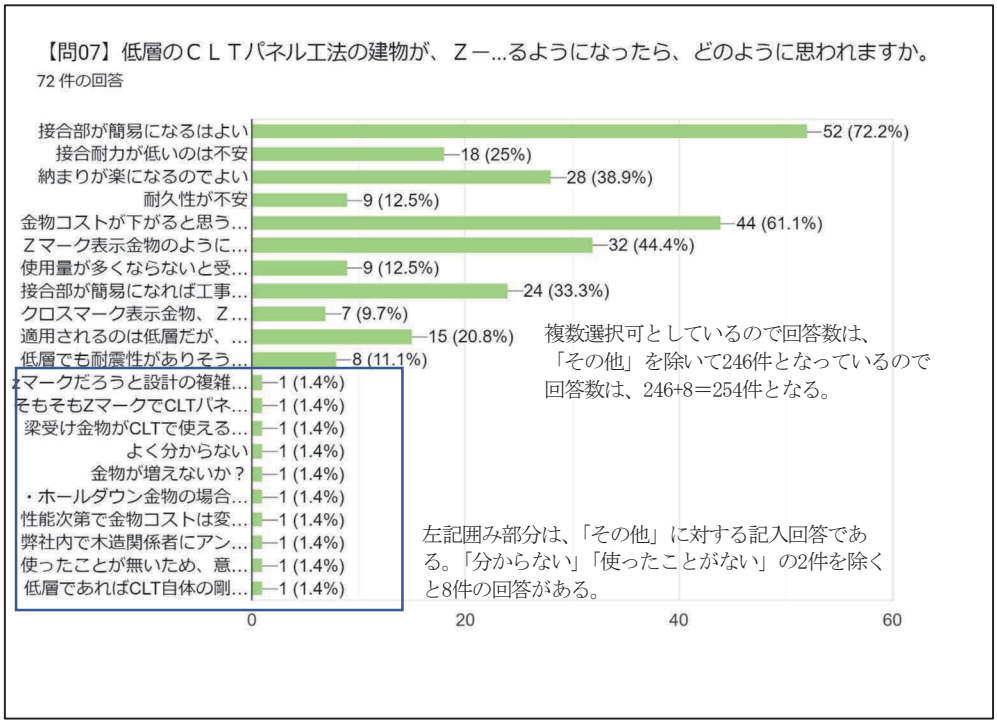


「多い」24件33.3%、「やや多い」34件47.2%で、合計58件80.5%となっており、金物が多いとの意識が設計者にある。「適正な数だ」11件15.3%、「やや少ない」2件2.8%、「少ない」1件1.4%となっている。

3.4.12　低層のＣＬＴパネル工法建物がＺマーク表示金物程度の接合部で設計可能となった場合

（１）Ｚマーク表示金物程度の接合部で設計、施工できるようになることに感じること

図 3.4.12-1　Ｚマーク表示金物程度の接合部で設計、施工できるようになることに感じること
回答数 254 件



「その他」の記入回答　8 件

①Z マークだろうと設計の複雑さは変わらないと思う。工事は施工性が多少良くなると思う。

②そもそも Z マークで CLT パネル工法になじむ金物がないのでは？

③梁受け金物が CLT で使えると、小屋組が楽になる。

④金物が増えないか？

⑤ホールダウン金物の場合は納まりに工夫が必要。「金物工法」のようなパイプ＋ドリフトピン形式等の方が CLT との相性が良いと思う。

⑥性能次第で金物コストは変わるかと思います。

⑦弊社内で木造関係者の数人に求めた回答を整理すると、「金物を簡易にしてコストは下げたいが耐力を下げたくない。規模に応じた設計ができビス、ドリフトピンの本数を変更できる金物がよいと思う。」でした。

⑧低層であれば CLT 自体の剛性・耐力のポテンシャルのごくわずかしか使わないと思われるので、もっと簡便な金物にできるのではないかと思う。

複数選択が可なので総回答件数254件で換算して示すと、「接合部が簡易になるのはよい」が52件20.4%、「金物コストが下がると思うので良い」が44件17.3%、「Ｚマーク表示金物のように在庫対応になると思うので、入手が楽になるのでよい」が32件12.5%、「納まりが楽になるのでよい」が28件11.0%、「接合部が簡易になれば工事費が安くなると思う」が24件9.4%、「接合耐力が低いのは不安」が18件7.0%、「適用されるのは低層だが、Ｚマーク表示金物程度で設計ができるなら積極的に採用したい」が15件5.9%との順となっている。

以降は、少数回答で、「耐久性が不安」9件3.5%、「使用量が多くならないと受注生産なので、割高になり入手はしにくいと思う」9件3.5%、「低層でも耐震性がありそうなクロスマーク表示金物を用いた設計を採用したい」8件3.1%、「クロスマーク表示金物、Ｚマーク表示金物程度の接合部のどちらでもよい」7件2.7%と続いている。

「その他」の記入回答では、「工事は施工性が多少良くなる」以外は、Zマーク金物程度の採用に消極的なコメントがされてる。要約すると以下となる。「設計の複雑さは変わらない」、「CLTパネル工法になじむ金物がないのでは」、「金物が増えないか」、「ホールダウン金物の場合は納まりに工夫が必要」、「金物工法のようなパイプ＋ドリフトピン形式等の方がよいのでは」、「ドリフトピンの本数を変更できる金物がよい」「もっと簡便な金物にできるのでは」などのコメントであった。

3.4.13 CLT を利用した建築物についての意見、感想

回答数　33 件

【問08】ＣＬＴパネル工法建築物、ＣＬＴを利用した建築物について、ご意見・ご感想がございましたら、ご自由にお書きください。

①採用例が多くなり普及すると工事費も安くなり、より施工しやすい方法が出てくると思う。
②CLTは法規的に厳しい部分が多いと感じます。（ルート1の耐力壁設備開口、ルート2の割増係数等）またルート2以降のモデル化に関しては、煩雑すぎると思うので、もう少し簡素化できれば、設計者さんも手を出ししやすくなると思います。
③CLTパネル工法による建築物の性能値を、広く多くの方に認知してもらいたい。
④耐火、準耐火建築への対応、内装制限への対応が進むとより使いやすくなると思います。
⑤低層向けの規制緩和で簡易な金物などを利用できるようになったとしても、設計・加工・生産の工程においてのシステム構築がコストダウンにおける最大の課題のように思います。
⑥CLT告示第611号を終局保障型でまとめている限り、Zマーク金物の利用はハードルが高いと考えます。Zマーク金物を使えるようにするには設計法を短期耐力型へ告示改正するか、Zマークの終局性能を開示する必要があると考えます。
⑦RC造やS造と、CLTとの混合構造について、設計施工指針（耐火構法含む）があると、CLTの活用がより一層促進されていくと思います。
⑧欧米並みに日本でCLTパネル工法が普及するためのお手伝いが出来ればと希望します。
⑨すべての部材がCLTパネルで作られることを前提にした設計法の思想がおかしい。
⑩コストの問題が指摘されることが多いですが、金物代がかなりかかるため、そこを簡単にするのは良いことだと思います。また、CLTを表しで使う場合の金物の見た目、防火は弱点になると思います。
⑪自分は自社開発のプログラムを用いて構造設計を行っているので慣れているが，スパンを飛ばしたいなどの理由でルート2以上での確認申請となると，各所接合部に対応した復元力特性を与えたばね要素を１つ１つモデル化する必要のある現状では対応できる構造設計事務所は限られてくるのだろうなと思う。（手間がかかるので設計料もそれなりに頂かないといけない）ユニット化して計算を簡略化すると今度は汎用性に乏しくなりクリエイティビティが低下するのでそこの塩梅が難しい。どうしても母材単価が高いので補助金絡みでないと積極的に使おうとはならないので，補助金の蛇口が閉まったときに市場が維持できるのか懐疑的である。
⑫施工性は良いのだが、専用金物含めやはりコストがネックになるので、いっそうの普及を期待します。
⑬資産価値が木造として取り扱われてしまうことが残念。 他工法、他構造などとの比較で絶対的となりうるメリットが不明確。
⑭鉄骨造や鉄筋コンクリート造、在来軸組との併用など混構造がやりやすくなると、パネル工法よりも自由にデザインしやすい、というイメージも生まれ、設計も楽しくなりそうな気がします。 将来に向けて、CLT再利用のためのトレーサビリティを整え、素材リユースの可能性も建物の価値にフィードバックできるようになると、子孫のために山を買って木を植えるように、CLTをたっぷり使った建物をつくって子孫に残す、というのができるようなるのかもしれない？と思います。
⑮CLTパネル自体のコストダウンが必要、各業者の競争が必要。
⑯住宅への補助金を充実させて欲しい。
⑰コストを出来るだけ抑えられれば良い。

⑱基礎とＣＬＴとの接合をもっと簡易に出来たらいいと思う。
⑲ＣＬＴ工法に適した建物に構造躯体としての利用が良い。CLTありきで進めることはかえってＣＬＴの普及促進を阻害すると思います。
⑳壁パネル間をスプライン接合で接合した壁の設計もルート1で出来る様になれば、引張接合の数が減り、理想的。
㉑未だ勉強不足でCLTパネル工法についてよくわかっていないので、正解がどうかわかりませんが、あまり自由度がない印象があり、それによって普及促進が進んでいかないのかと少し感じています。
㉒CLT自体は強度も素材も良いものですが、予算的、構造計算的に戸建て住宅には向かいのかなというところは残念に思います。
㉓可能性があるのにコストがかかりすぎで採用されない。
㉔接合部はCLTパネル工法の耐震性能の要点ですが、現在のクロスマーク金物は納まり・施工性の面で最良とは言えないと思います。耐震性能が確保されることを前提として、さらなる改良・拡充が望まれます。 また、現在の工法・設計法はCLTの潜在能力を十分に引き出しているとは言えず、それら改良により設計自由度・施工性がさらに向上する余地があると感じます。
㉕金物費が高い。プランの制約が大きい。
㉖相談案件は多数あるが、コスト面で実施にならない。コスト面を改善していかないと普及が進みにくいと感じる。軸組＋CLTで提案する場面が多いが、それでもなかなか実施には結びつかないのが現状です。
㉗CLTを利用した複合材料、耐震要素利用について採用していきたいと思っているが、材料コストを下げられる方法が無いでしょうか。
㉘CLTを提案したことがあるが価格が合わず実現至っていない。高くてもCLTを使うメリットをお客様へ訴求できてい　ない。案件が上がりましたら設計支WGへサポートをお願いしようと思います。
㉙CLTパネル工法の材積は、軸組工法の３倍程度で、m^3単価が半分程度なら材料価格は単純に1.5倍となる。施工費は重機が大型化するなどの影響で下がらないという実績がある。CLTを使用するとコスト高になり、施主さんがどうしてもCLTを使いたいという要求がない限り提案が難しい。 補助金等で補填もあるが、JASの補助金などは倍率が高くタイミングが合わないと対象になり難いというところもあり、もっと簡単な仕組みとして、例えば材料の販売時に補助金が補填されて販売価格自体が下がるなど制度を変えられないか。対応してもらえると提案しやすくなると思う。
㉚国産材の有効活用として効果的な工法です。壁、天井において、構造材があらわし材として利用できる事がメリットです。床においても遮音性能をクリアした上で、あらわしの納まりができればなお使いやすいです。
㉛パネルを非住宅で比較的規模の大きい建物に使う場合には、鉄骨造や鉄筋コンクリート造と上手く組合せて使うことが相応しいと思っている。 低層住宅に用いるのであれば、例えばコア的にCLTで固めてそこに地震力（水平力）負担させ、その他の部分には木造軸組構法や２×４工法で鉛直荷重のみを支えるような使い方をすることで、木造軸組構法や２×４工法単独ではできないような自由な設計ができるのではないかと思っている。 個別に考えたことなどを集めてもなかなか良い結果には繋がらないような気がしている。多くのCLT関係者が集まり多様な視点からブレストする機会を継続的に開催し、課題解決に向けて取り組んではどうかと思う。
㉜よく言われることだが解析手法が複雑すぎるため、自由度が低く、採用しづらい。
㉝構造仕様の規定が多くプランに制約が生じている。設計に時間を要する。

自由記入の内容の中で、共通する意見を整理すると以下の内容となっている。
・モデル化が複雑。構造設計者が限定される。設計時間、設計料がかかる。
・CLT はコストが高い。コストダウンが必要。
・金物コストが高い。コストダウンが必要。
・RC 造、S 造、軸組工法などと CLT を併用するのがよさそう。

3.5　施工者向けアンケート結果の詳細

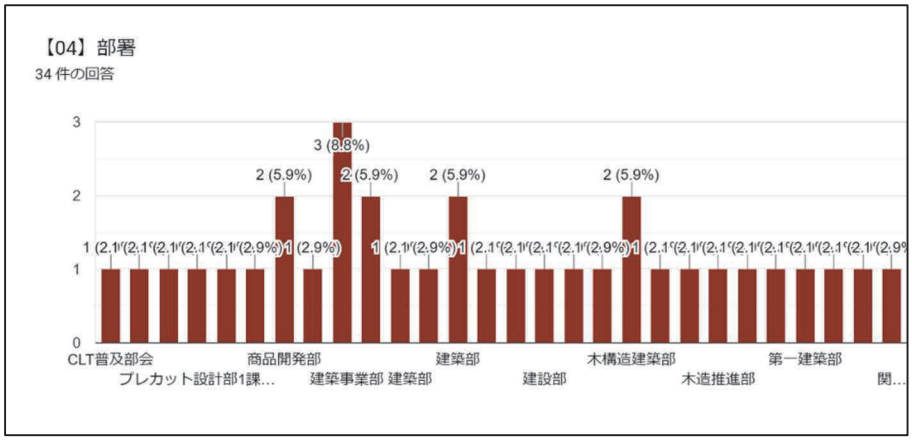
3.5.1　回収数

施工者向けアンケート回収数　　41 件

3.5.2　回答者属性

（1）部署

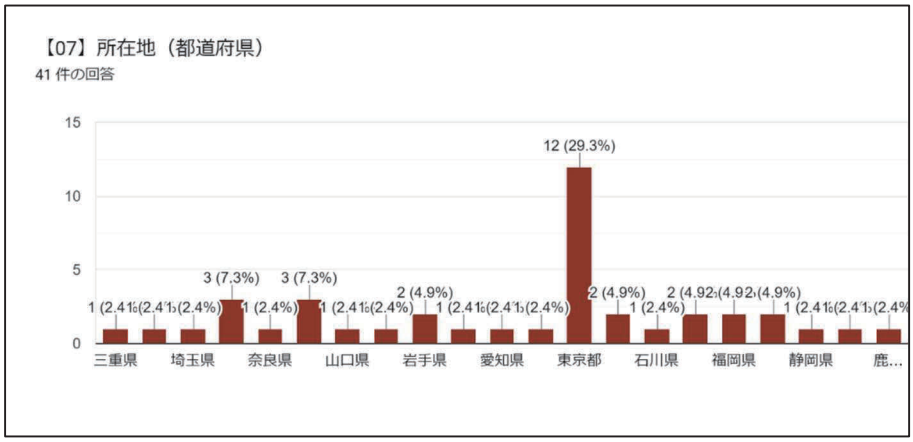
図 3.5.2-1　部署



回答41件のうち、部署の回答は34件あり、「CLT普及部会」、「商品開発部」、「営業本部」などの5件を除く29件は、施工に関わる部署と判断できる。部署の回答がないのは、建材メーカー、加工機メーカー、金物メーカーが該当していた。これら7件は、工事を担当していない部署となるため無回答になっている。

（2）所在地

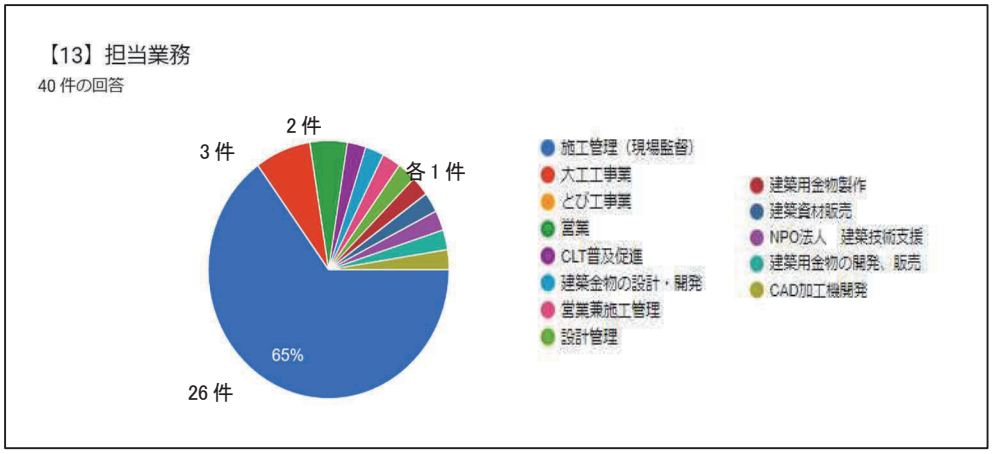
図 3.5.2-2　所在地



回答者の所在地は、東北から九州に存在しているが、東京都が41件中12件29.2%と多かった。北海道からの回答は無かった。

（３）担当業務

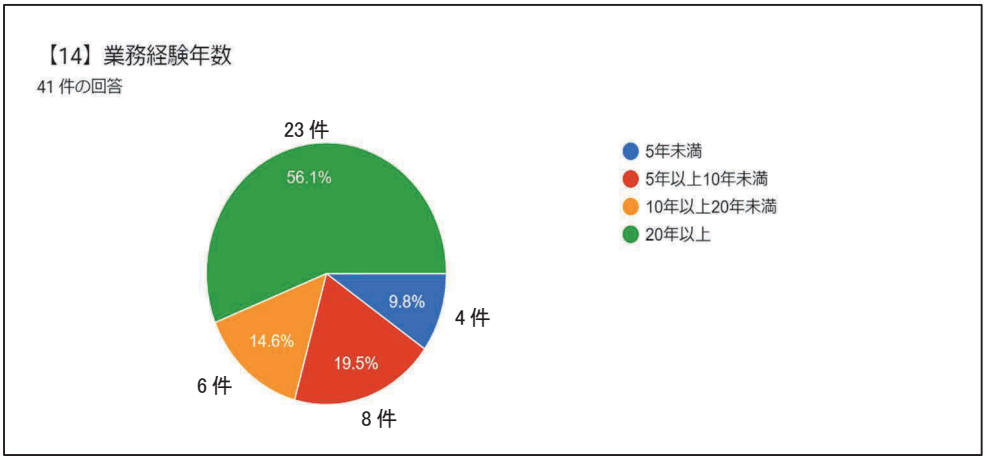
図 3.5.2-3　担当業務



施工管理が40件中の26件65%。次位以降は、大工工事業が3件7.5%となっており、他は、工事に無関係な担当であった。よって、工事を担当業務としている割合は、72.5%であった。

（４）業務経験年数

図 3.5.2-4　業務経験年数



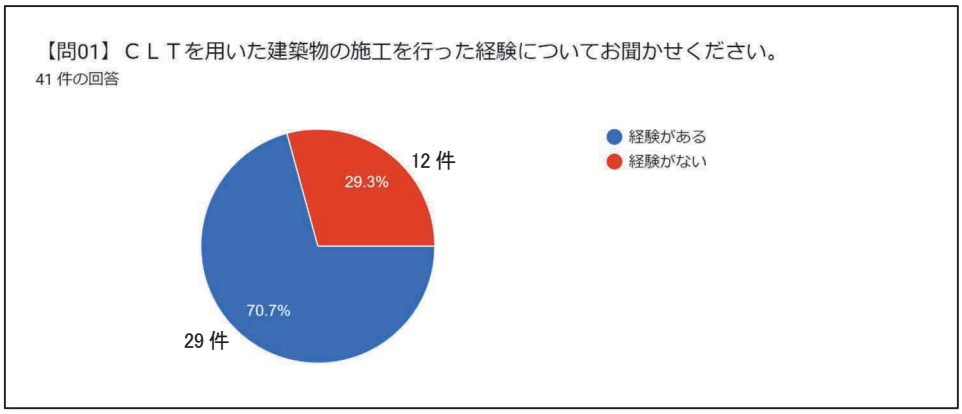
業務経験年数は、20年以上が23件56.1%で最も多い。

次位以降は、5年以上～10年未満8件19.5%、10年以上～20年未満6件14.6%の順となっている。

3.5.3　CLT を用いた建築物の施工経験の有無と経験棟数

（１）CLT を用いた施工経験の有無

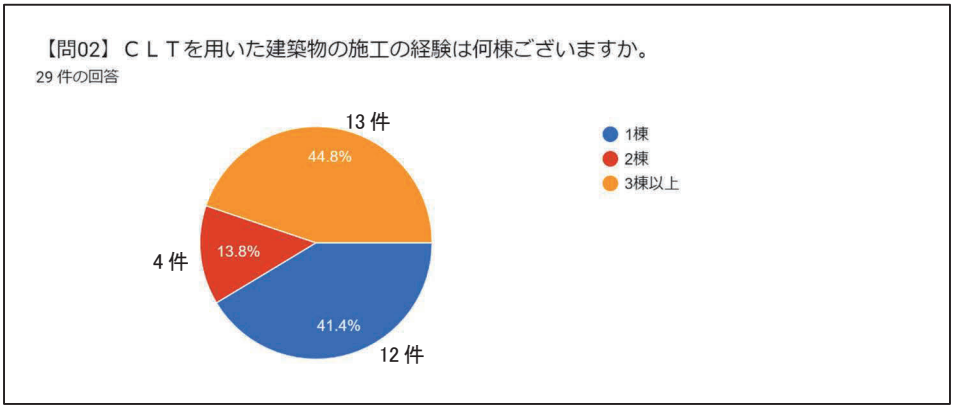
図 3.5.3-1　CLT を用いた施工経験の有無



CLTを用いた施工経験のある件数は、29件70.7%となっている。

（２）CLT を用いた施工経験の棟数

図 3.5.3-2　CLT を用いた施工経験の棟数

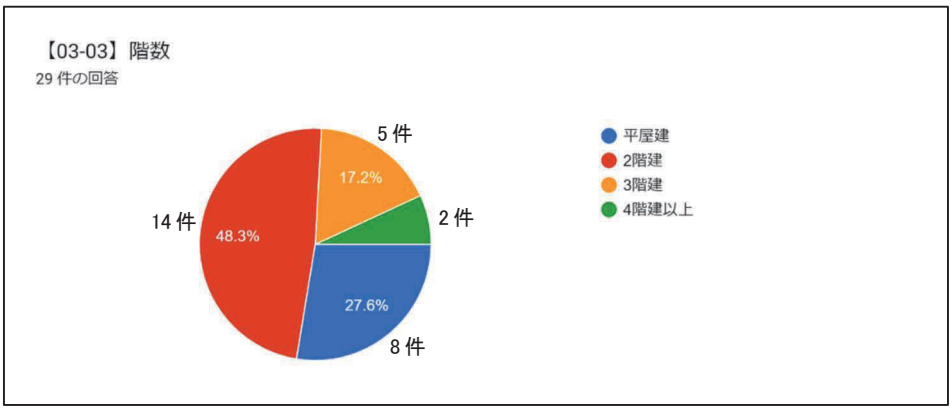


施工経験数は、CLTを用いた施工をしたことがあると回答している29件の内、3棟以上が13件44.8%で最も多く、僅差で1棟12件41.4%、2棟が4件13.8%となっている。

3.5.4　CLT を用いて施工を行った建築物について

（１）CLT を用いて施工を行った建築物の階数

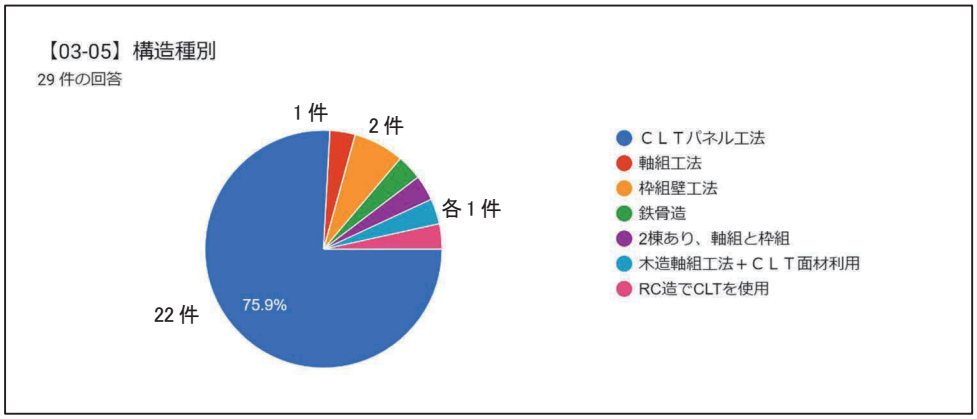
図 3.5.4-1　CLT を用いて施工を行った建築物の階数



CLTを用いて施工した建物の階数は、2階建て14件48.3%が最も多く、次位以降は、平屋建て8件27.6%、3階建て5件17.2%、4階建て以上2件6.9%となっており、3階以下の低層建物が93.1%を占めている。

（２）CLT を用いて施工を行った建築物の構造種別

図 3.5.4-2　CLT を用いて施工を行った建築物の構造種別

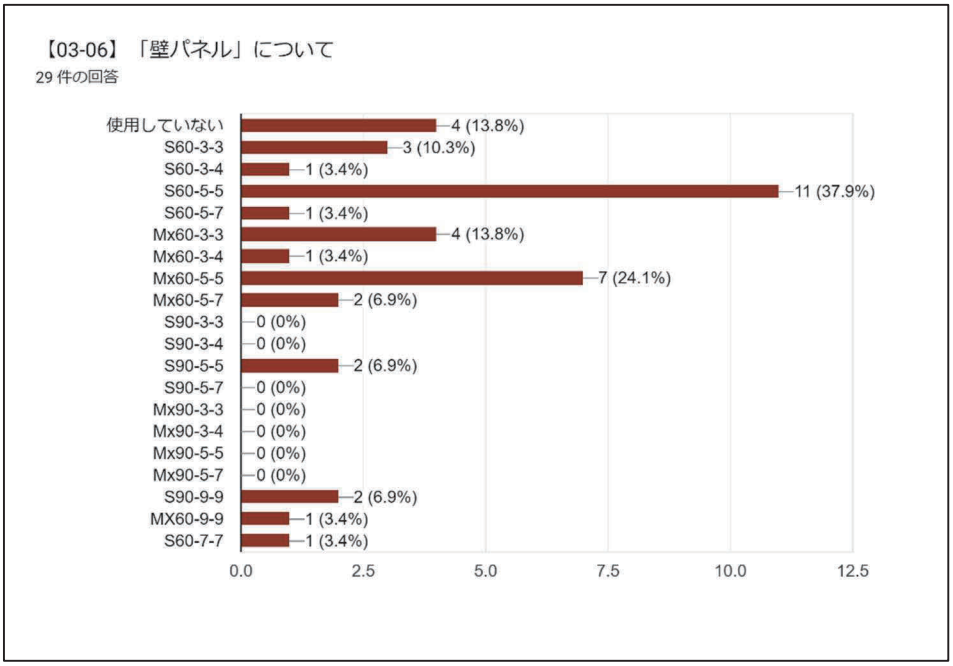


CLTパネル工法に該当している件数は、29件中の22件で75.9%となっている。他の7件は、他工法、他構造にCLTを用いた建物となっている。

（３）使用されている CLT の強度等級

１）壁パネルの強度等級

図 3.5.4-3　壁パネルの強度等級　回答数 40 件

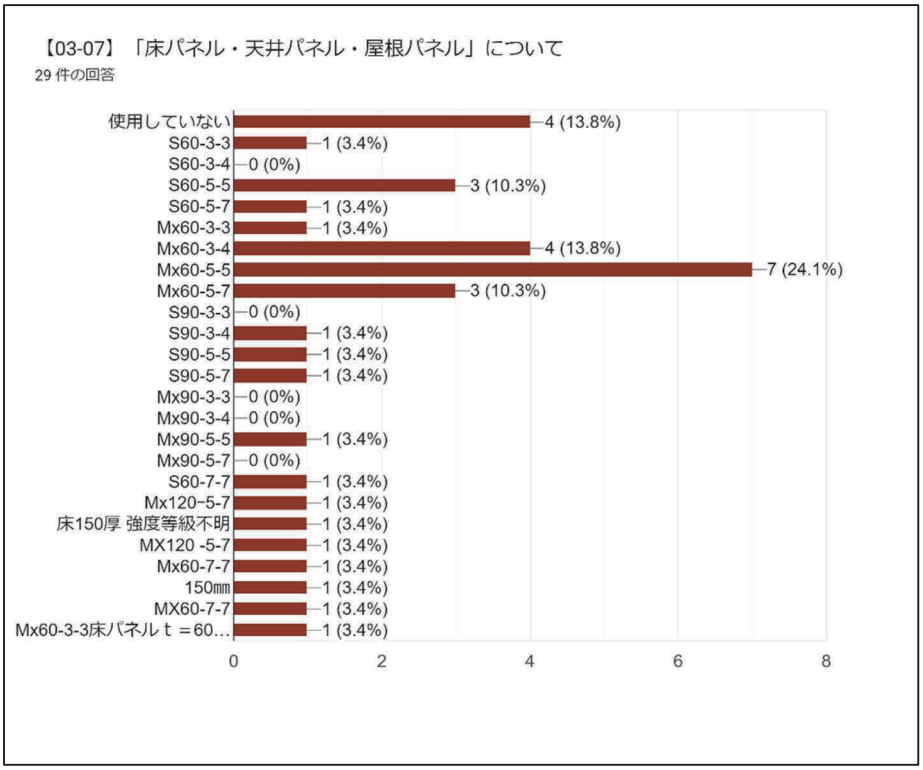


壁パネルに最も使用されている強度等級の使用率の内訳は、使用していない 4 件を除く 25 件に対する割合で示すと、S60-5-5 が 25 件中 11 件 44.0%となっており、次位以降は、Mx60-5-5 で 7 件 28.0%、Mx60-3-3 で 4 件 16.0%、S60-3-3 で 3 件 12.0%の順になっている。また、Mx90、S90 関連の強度等級の使用率は、29 件中の 6 件で 20.6%となっている。

ラミナ厚は30ｍｍであることから使用されているＣＬＴの厚さは、厚みのみでカウントすると150㎜が20件80.0%、90㎜が7件28.0%の順位で用いられている。

２）床パネル、天井パネル、屋根パネルの強度等級

図 3.5.4-4　床パネル、天井パネル、屋根パネルの強度等級



屋根パネル、天井パネル、床パネルに使用されている強度等級の使用率の内訳は、使用していないの 4 件を除く 25 件に対する割合で示すと、Mx60-5-5 が 25 件中 7 件 28.0%となっており、次位以降は、Mx60-3-4 で 4 件 16.0%、S60-5-5 で 3 件 12.0%、Mx60-5-7 で 3 件 12.0%、Mx120-5-7 で 2 件 8.0%、他は各 1 件で 4.0%の順になっている。使用したとの回答数 32 件に対する厚さごとの使用率は、150mmは 14 件 43.7%、210mmは 10 件 31.2%、120mmは 5 件 15.6%、90mmは 2 件 6.2%、3 層 3 プライ 60mmが 1 件 3.3%となっている。

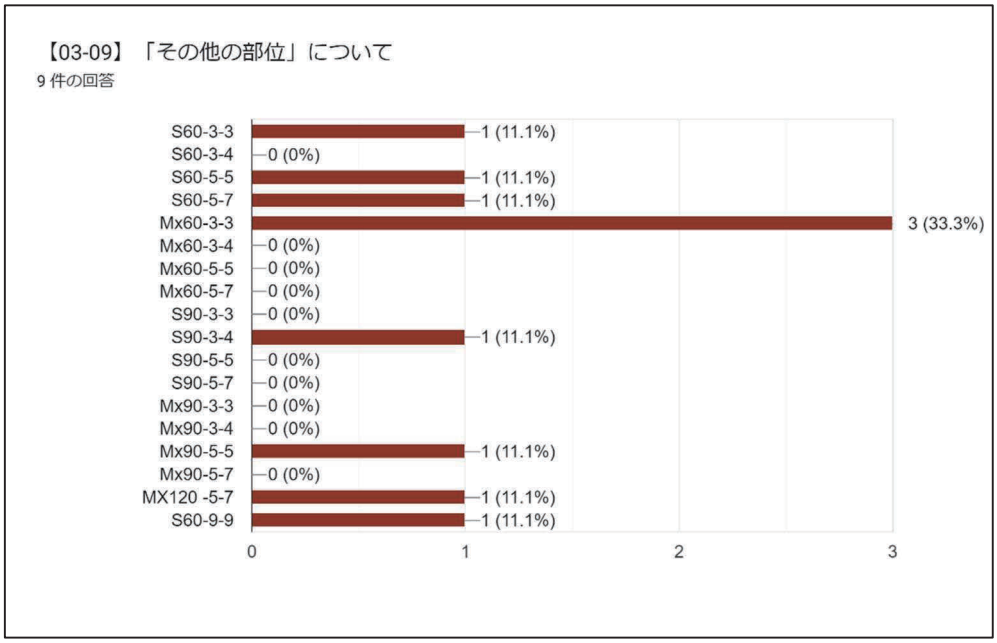
３）その他の使用部位と使用された CLT の強度等級

【03-08】「その他の部位」について　　10 件の回答″

- 無し
- 小梁
- 階段
- 内部階段
- 内部階段踏板
- 階段パネル
- 造作家具
- CLT 梁
- 階段踏板
- 段板

壁パネル、屋根パネル、天井パネル、床パネル以外の「その他の部位」では、10件の回答があった。建物の構造に関わる部材として使用されているのは、「梁」、「階段部材」の8件で、他は家具などを含む「意匠的な利用」1件となっている。

図 3.5.4-5　「その他の部位」の強度等級



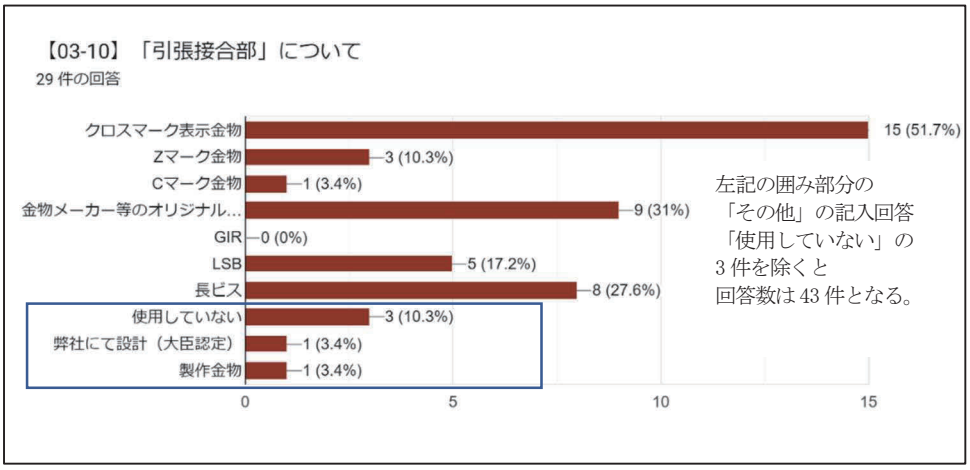
「その他の部位」に使用されている強度等級は、Mx60-3-3が3件と最も多く、次位は、S60-3-3など各1件となっている。

3.5.5　CLT を用いた施工経験者が使用した接合金物

（1）CLT パネルの接合に使用した引張接合部、せん断接合部の金物

1）引張接合部

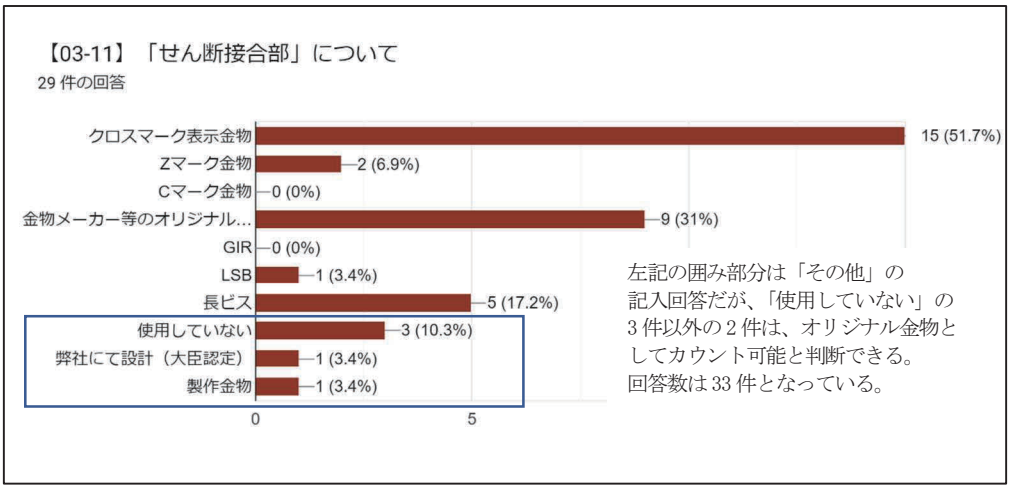
図 3.5.5-1　引張接合部　回答数 43 件



CLTを用いた建築物の施工に用いられている引張接合部は、クロスマーク表示金物が最も多く、回答数の43件に対して割合を示すと、15件34.8%であった。次位以降は、金物メーカー等のオリジナル金物9件+その他2件（オリジナル金物として扱える回答）＝11件25.5%、長ビスが8件18.6%、LSBが5件11.6%、Zマーク表示金物が3件6.9%、Cマーク表示金物1件2.3%となっている。

２）せん断接合部

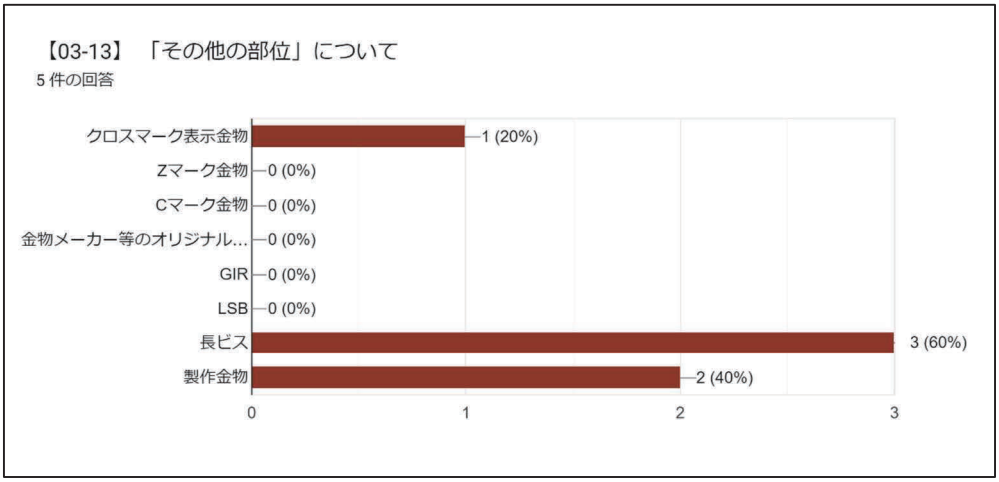
図 3.5.5-2　引張接合部　回答数 33 件



CLTを用いた建築物の施工に用いられているせん断接合部は、回答数33件に対して割合を示すと最も多い15件45.4%であった。次位以降は、金物メーカー等のオリジナル金物9件+その他2件（オリジナル金物として扱える回答）＝11件33.3%、長ビスが5件15.1%、Zマーク表示金物が2件6.0%、LSBが1件3.0%となっている。

３）引張接合部、せん断接合部以外で CLT パネルの接合に使用した金物

図 3.5.5-2　引張接合部、せん断接合部以外の接合部に使用した金物　回答数 6 件

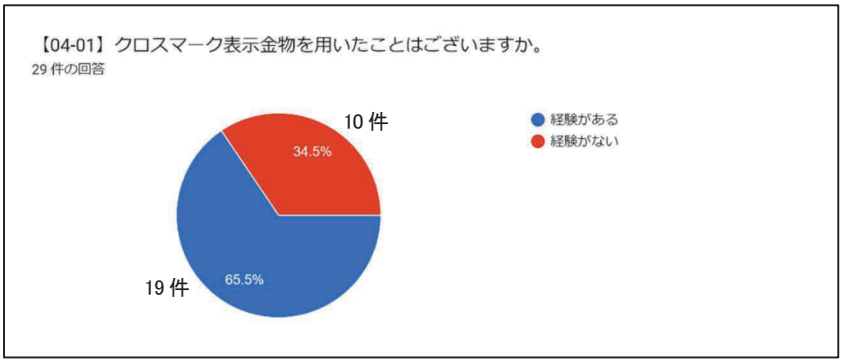


引張接合部、せん断接合部以外の「その他の部位」で用いた金物は、使用件数6件に対して割合を示すと、長ビス3件50%、製作金物2件33.3%、クロスマーク表示金物1件16.6%の結果となっている。

3.5.6　クロスマーク表示金物を施工で用いた経験の有無と施工時に生じた不都合、不具合

（1）クロスマーク表示金物を施工で用いた経験の有無

図 3.5.6-1　クロスマーク表示金物を施工で用いた経験の有無



クロスマーク金物を設計で用いた「経験がある」との回答は、29件中19件65.5%であった。

（2）クロスマーク表示金物を施工で用いた際に生じた不都合、不具合

【04-02】クロスマーク表示金物を用いて施工をした際に生じた不都合、不具合などございましたか。
ご自由にご記入ください。

回答数　19 件

①特になし　9 件

以下、各 1 件

②意匠上、評判がよくない

③TB-DP金物寸法図に隅肉溶接及び寸法の記載がなかった為、CLT側の加工が合わなかった。

（クロスマーク金物規格図には溶接サイズが表示されている。規格図以外には寸法記載がない。規格図以外を見て規定がないと思い込んで加工したことで生じた確認不足による不具合）

④壁パネル現しの際に発生する被覆手間。

⑤壁厚120ｍｍの際、せん断金物がない(SB等)。

⑥SBMのせん断金物を使う時、勾配がつくと座彫り深さが変わるため、いちいち計算しないといけないから面倒です。

（原則は勾配のある箇所では使用できないので、上記のコメントは使用範囲外で生じた不具合）

⑦在庫が少なく、調達にやや苦労した。

⑧防錆処理方法が統一されておらず計画時点で苦労します。アンカー等の精度も含め、金物のクリアが小さいので（表面処理後の影響か）金物設置に時間がかかってしまうことが多かった。

（防錆処理は、使用環境1～3で規定されている。統一されていないとの記載は、設計において使用環境ごとに指定がされていないことにより生じた不都合。原因は設計の技術不足）

⑨せん断プレート取付け位置が見え掛りの場合に意匠性に乏しい。

⑩施工時にビスが折れる。

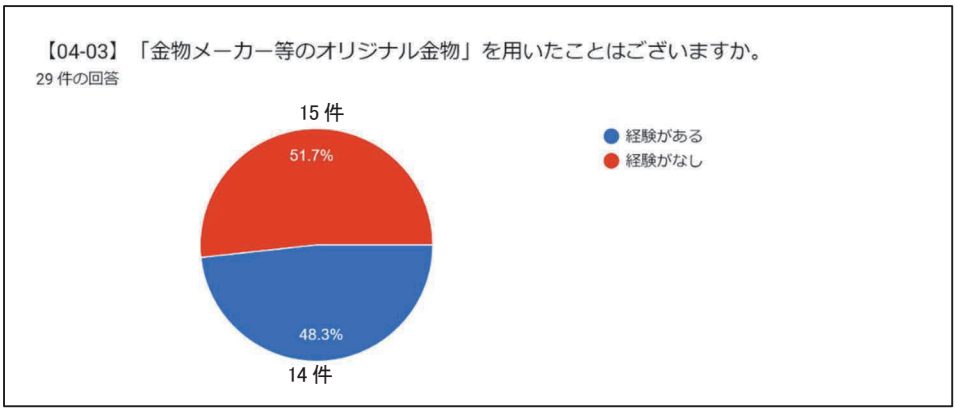
⑪搬入及び仮置き時にプレートが曲がる。

共通した内容では、「意匠性がない」、「現わしにおける金物の被覆が手間」など現しで用いる場合の不都合が3件あった。

3.5.7　金物メーカー等のオリジナル金物の使用状況

（1）金物メーカー等のオリジナル金物の使用の有無

図 3.5.7-1　金物メーカー等のオリジナル金物の使用の有無

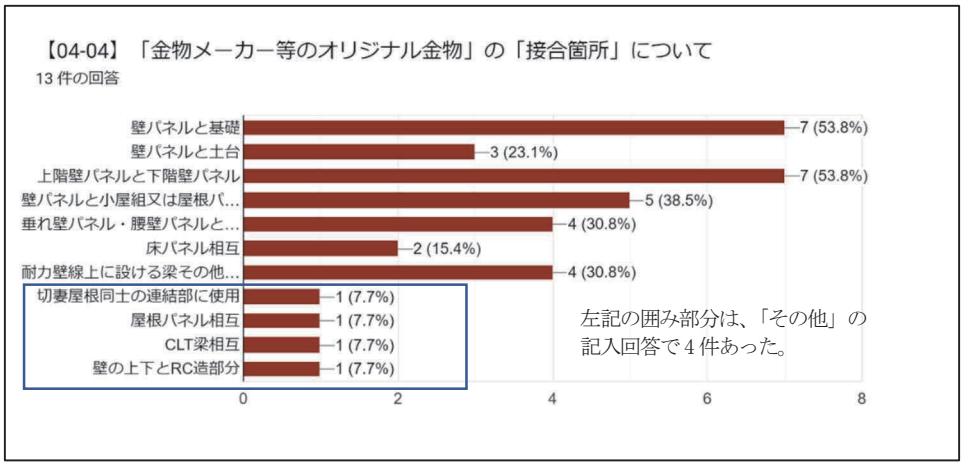


金物メーカー等のオリジナル金物の採用経験があるが、29件中14件48.3%であった。

（2）金物メーカー等のオリジナル金物の接合箇所、金物形状、ファスナー

1）金物メーカー等のオリジナル金物の接合箇所

図 3.5.7-2　金物メーカー等のオリジナル金物の接合箇所　回答数 36 件

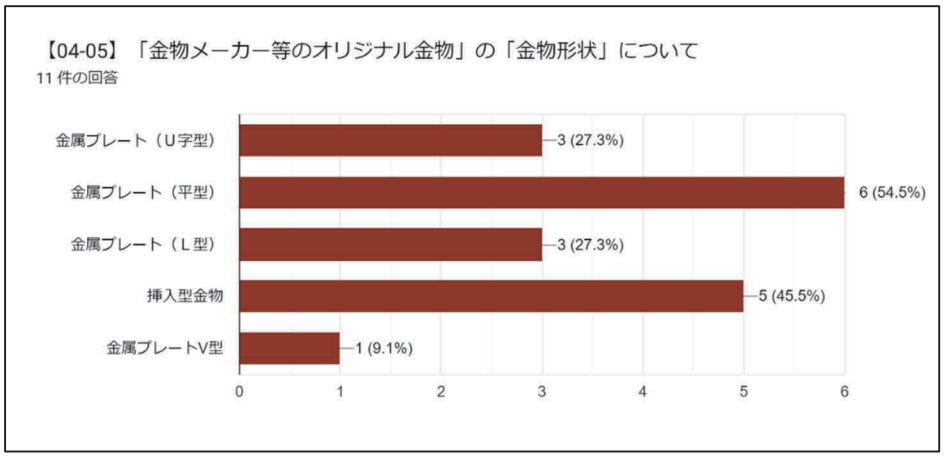


複数回答があるので回答数36件に対して割合を示すと、「壁パネルと基礎」の接合が、36件中7件19.4%、「上階壁パネルと下階壁パネル」が7件19.4%、「壁パネルと小屋組又は屋根パネル」が5件13.8%、「垂れ壁パネル・腰壁パネルと壁パネル」が4件11.1%、「耐力壁線上に設けるはりその他の横架材」が、4件11.1%、「壁パネルと土台」が3件8.3%、「床パネル相互」が2件5.5%となっている。

主に引張接合部にオリジナル金物が採用されていることが確認できる。

２）金物メーカー等のオリジナル金物の形状

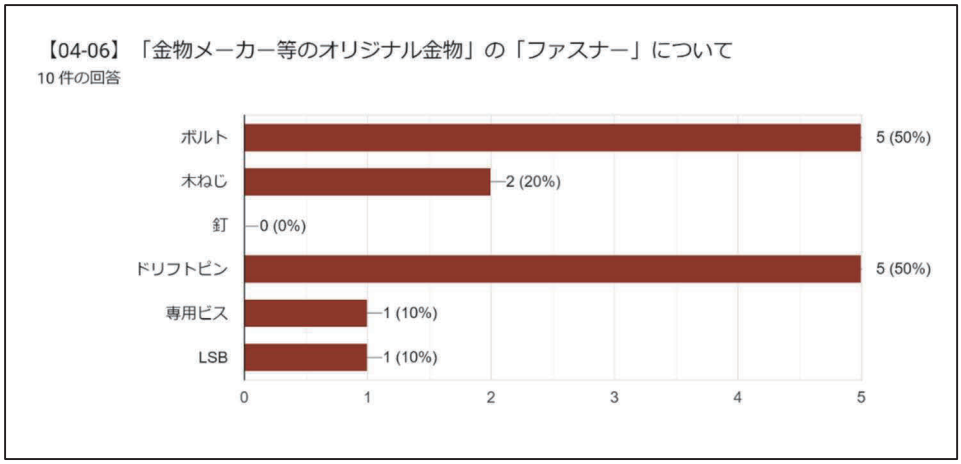
図 3.5.7-2　金物メーカー等のオリジナル金物の形状　回答数 18 件



複数回答が可なので回答数18件に対して金物形状ごとの割合を示すと、金物プレート（平型）が6件33.3%と最も多く、次位以降は、挿入型金物5件27.7%、金物プレート（U字型）、金物プレート（L型）がそれぞれ3件16.6%となっている。

３）金物メーカー等のオリジナル金物のファスナー

図 3.5.7-3　金物メーカー等のオリジナル金物のファスナー　回答数 14 件



オリジナル金物で用いられている接合具は「ボルト」、「ドリフトピン」が、回答数14件中でそれぞれ5件35.7%、次位以降は、木ねじ2件14.2%、専用ビス、LSBが各1件7.12%となっている。

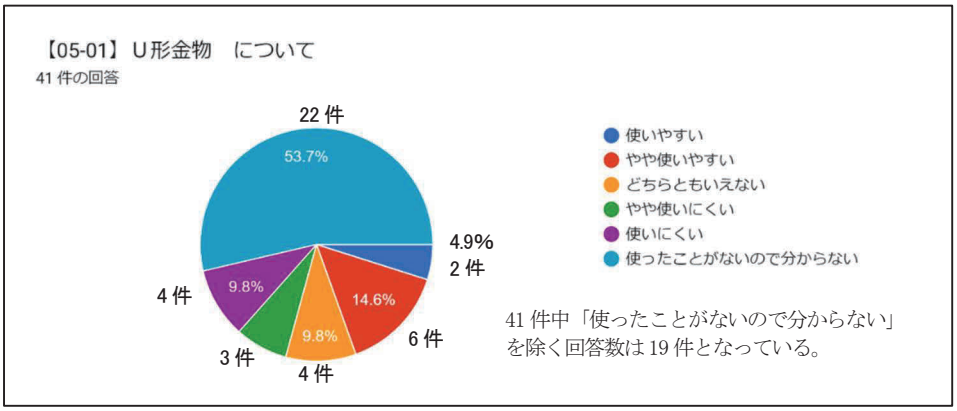
引張金物にオリジナル金物を用いる場合が多いので、「ボルト」、「ドリフトピン」の割合が高くなっている。

3.5.8　クロスマーク表示金物を施工して感じたこと

（1）U 形金物について

1）U 形金物について感じたこと

図 3.5.8-1　U 形金物について感じたこと

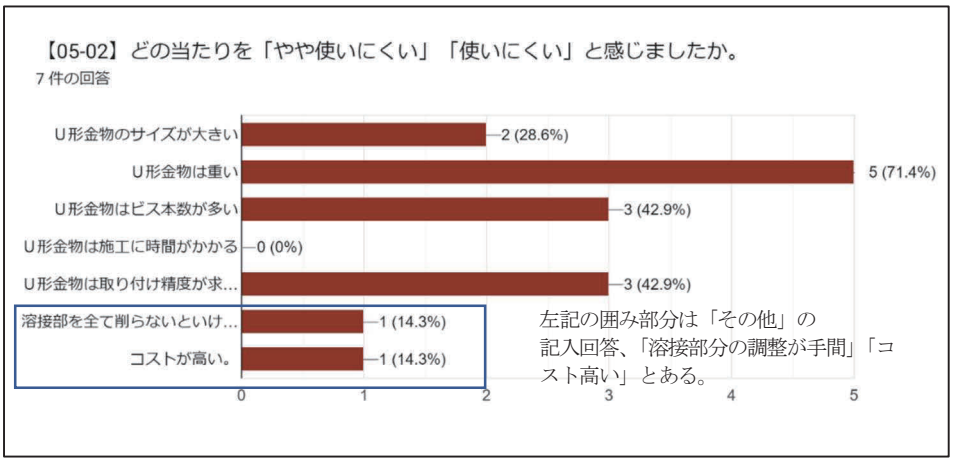


施工した19件に対する割合を示すと、「使いやすい」が2件10.5%、「やや使いやすい」が6件31.5%となっており、合計すると42.0%となっている。4割程度の施工者は許容している。

一方で「使いにくい」4件21.0%、「やや使いにくい」3件15.7%で使いにくさを問題と捉えている割合は、合計すると46.7%になる。よって、施工者のおよそ半数は何らかの問題を感じている。

2）U 形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由

図 3.5.8-2　U 形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由　回答数 15 件



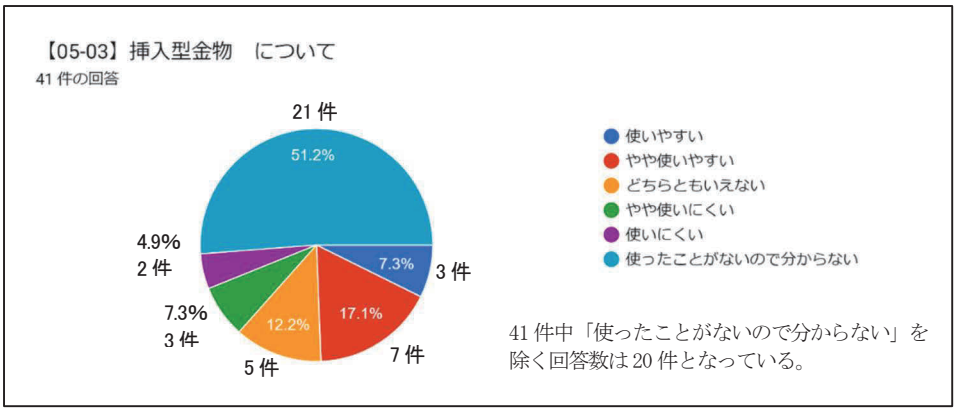
「使いにくい」、「やや使いにくい」の回答に対してどのような意識を抱いているかでは、複数回答が可なので回答件数15件に対して割合を示すと、「U形金物は重い」が5件33.3%で最も多い。次位以降は、「ビス本数が多い」が3件20.0%、「取付け精度が求められるので施工が難しい」が3件20.0%、「サイズが大きい」が2件13.3%となっている。

「その他」の記入では、「溶接部分の調整が手間」、「コストが高い」との問題意識が示されている。

（２）挿入型金物について

１）挿入型金物について感じたこと

図 3.5.8-3　挿入型金物を施工して感じたこと

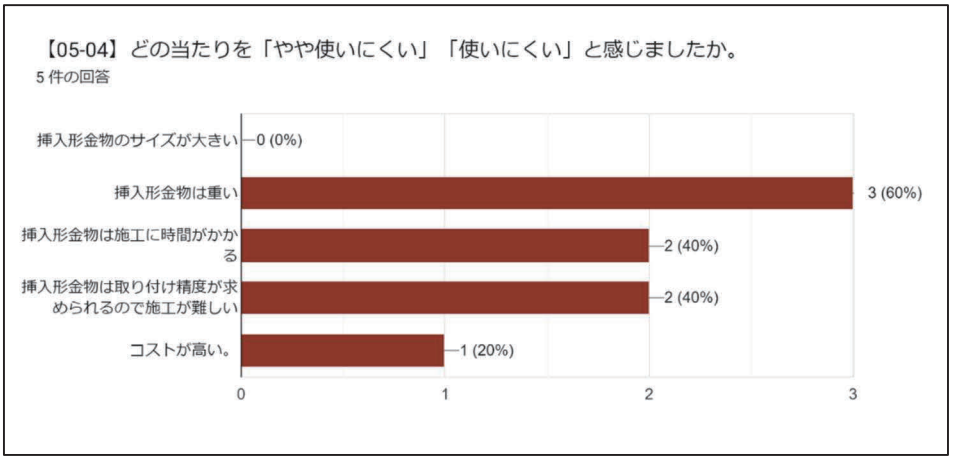


施工した20件に対する割合を示すと、「使いやすい」が3件15.0%、「やや使いやすい」7件35.0%となっており、合計すると50.0%となっている。施工者のおよそ半数は許容している。

「使いにくい」3件15.0%、「やや使いにくい」2件10.0%は、合計すると25.0%になっている。よって、採用者の4分の1は何らかの問題を感じている。

２）挿入型金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由

図 3.5.8-4　挿入型金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由　回答数 8 件



「使いにくい」、「やや使いにくい」の回答に対してどのような意識を抱いているかでは、複数選択が可なので回答件数8件に対する割合で示すと、「金物が重い」が3件37.5%で最も多い。次位以降は、「施工に時間がかかる」、「納まりが難しい」が各2件25.0%になっている。

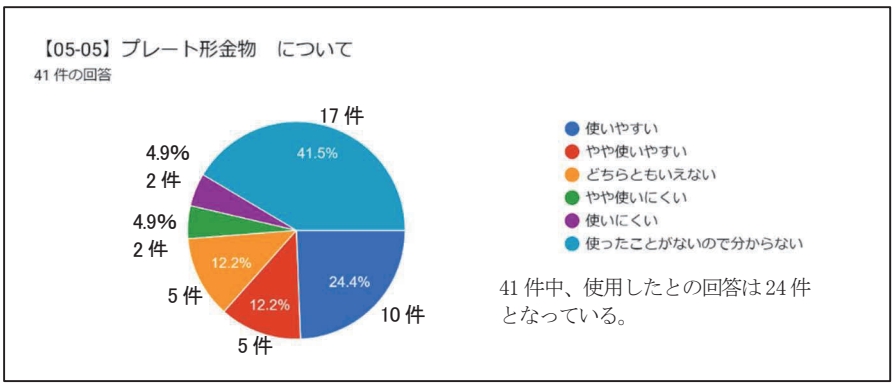
「その他」では、コストが高いとコメントされている。

U形金物、挿入型金物の「使いにくさ」については、「金物が重い」、「取付け精度が求められるので施工が難しい」が共通で示されている。

（3）プレート形金物について

1）プレート形金物について感じたこと

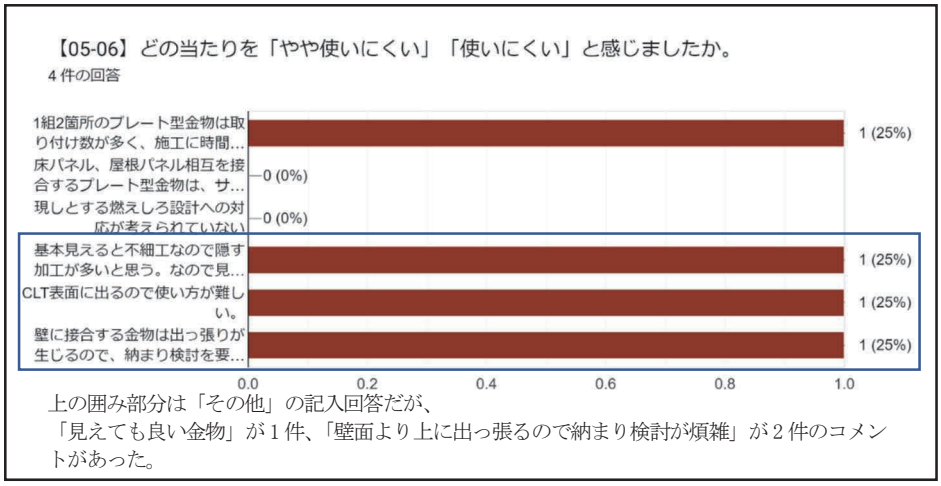
図 3.5.8-5　プレート形金物について感じたこと



施工した24件に対する割合を示すと、「使いやすい」が10件、「やや使いやすい」が5件で合計15件62.5%であり、およそ半数は許容している。一方で「使いにくい」が2件、「やや使いにくい」が2件で、合計4件16.6%であり、施工者の2割程度は何らかの問題を感じている。

2）プレート形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由

図 3.5.8-6　プレート形金物を「やや使いにくい」「使いにくい」と感じた理由　回答数 4 件



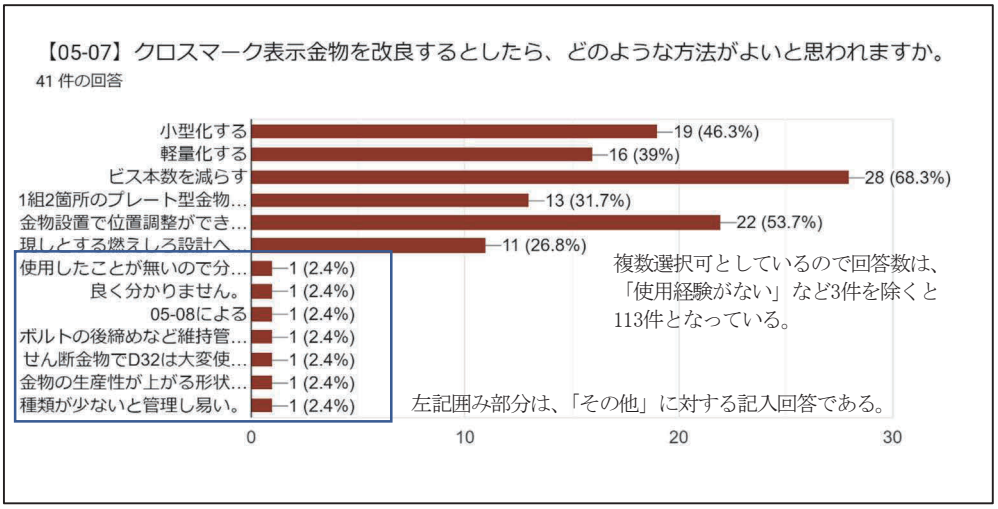
前の設問で「使いにくい」、「やや使いにくい」の回答数は「その他」を含め4件であり、母数が小さいので傾向として捉える扱いとなるが、「1組2箇所は取り付け数が多い。施工が手間」、「見えてもいい金物がよい」、「壁から上に出張りが生じるので納まり検討が煩雑」とのコメントがされている。

施工の省力化が課題として示されている。

3.5.9　クロスマーク表示金物の良いと思われる改良方法

（１）良いと思われる改良方法

図 3.5.9-1　良いと思われる改良方法　回答数 113 件



複数選択が可なので回答数113件に対して割合を示すと、「ビス本数を減らす」28件24.7%、「金物設置で位置調整ができ、施工精度が確保できるようにする」が22件19.4%、「小型化する」が19件16.8%、「軽量化する」が16件14.1%、「1組2箇所のプレート型金物を1箇所で済むようにする」が13件11.5%、「現わしとする燃えしろ設計への対応を行う」が11件9.7%となっている。次位以降は、「その他」4件3.5%と続いている。

「その他」の記入回答を、以下に示す。

表 3.5.9-1　「その他」の記入回答

件数	「その他」の記載内容
1	ボルトの後締めなど維持管理を考慮した仕様の検討
1	せん断金物でD32は大変使いにくい。長さを短くすること。または梁受け金物のような鋼板挿入スリット型にしたドリフトピン接合が良い。
1	金物の生産性が上がる形状変更を行うことが課題だと思います。（溶接が困難な箇所等） コストダウンが可能となる形状変更が望まれます。ビス穴のピッチを揃えることで、穴明け金型を共有することが可能となります。
1	種類が少ないと管理し易い。

3.5.10　クロスマーク表示金物について感じていること

【05-08】クロスマーク表示金物について感じていることを、ご自由にお書きください。

回答数　20 件

①全ての接合金物が工場取付になればうれしい。

②壁厚 120mmで計画する際の金物種類が乏しい

③現し利用を前提とした施工性と意匠性の両立が課題だと思います。

④生産性が悪いこともあり、加工コストが高くなる。

⑤ビスが長い。取付位置がよく基礎が当たるので、他の種類も増やして欲しい。

⑥基礎アンカーボルトの正確さによる施工時間短縮

⑦精度を要求される割に余分にはみ出していたりするので納まりはよくない

⑧CLT 厚よりも幅を小さくして欲しい。内部仕上げの時に金物隠す時の仕上げが困難。

⑨CLT 施工を多数行った職人によると、下記の意見がありました。

・勾配に対応する金物が欲しい。

・引張とせん断両方に対応可能な金物が便利。

・U形金物はビスを含めて表しとなる為、使いにくい。
・せん断金物 D32 は、精度や傾きの施工難易度が高い為、使用しにくい。

⑩アンカーボルト穴のクリアランスは施工性が良いが、せん断力の伝達に不安を感じる。 釘、ビス、ドリフトピンなどの接合具と CLT の幅、ラミナ、幅はぎの関連を明確にして、どの仕様で検証すればすべてを網羅できるか明示してほしい。

⑪クロスマーク表示金物が出来て数年経つが、普及しているようには思えない。物件数自体が少ないからなのか、独自の金物を使用されてるのか分からないが市場調査が必要と感じる。製造メーカーとしてもその辺りを知りたい。新たないい金物が出来たとしても、需要が伴っていかなければ、クロスマーク表示金物の承認を取る事業者も出てこず、普及しないとコストも下がっていかないと感じる。

⑫せん断金物が多いと感じる。

⑬プレート金物タイプは、仮止め、面合わせに使用でき使いやすい。

⑭コストが高いことが懸念。

⑮丸ワッシャにまでクロスマークの刻印を入れるのは不要となることを望みます。刻印によりコストアップになる。SGH400 は入手が困難な材料（材質）です。市場で入手が容易な材料に変更して欲しい。

⑯基礎の精度を要求しない金物があると便利だと思う。

⑰重量があり扱いにくいと思う。

⑱先行取付けをする金物を少なくしたい。後付け金物で対応したい。

⑲施工に時間を要する。コストが高いイメージがある。

⑳ビスの留める本数が非常に多い、少なく施工できる工法が選別されると思います。

クロスマーク金物に感じていることを、語彙ごとに整理すると下図の様になる。

図 3.5.10-1　施工者がクロスマーク表示金物に感じていること　施工関係

図 3.5.10-2　施工者がクロスマーク表示金物に感じていること　使用難易度関係

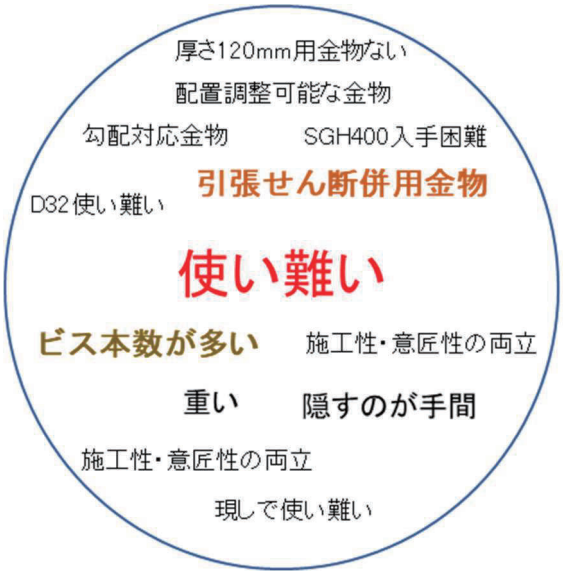
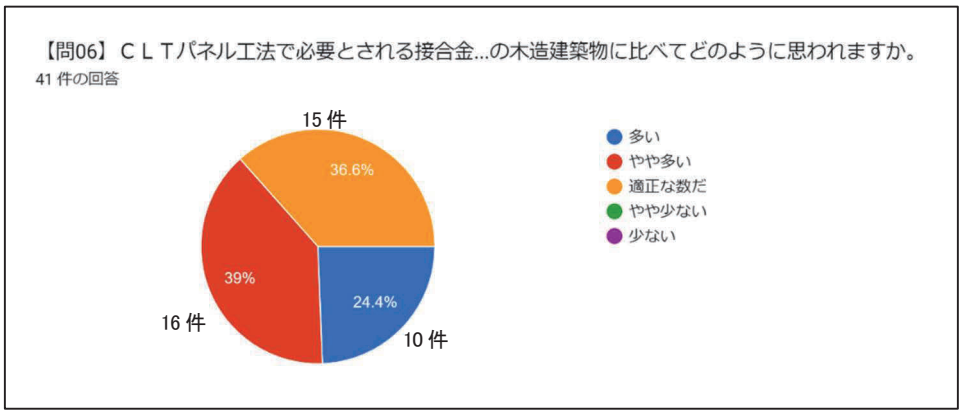


図 3.5.10-3　施工者がクロスマーク表示金物に感じていること　コスト関係

3.5.11　CLT パネル工法で必要とされる金物数量に対して感じていること

図 3.5.11-1　金物数量に対して感じていること

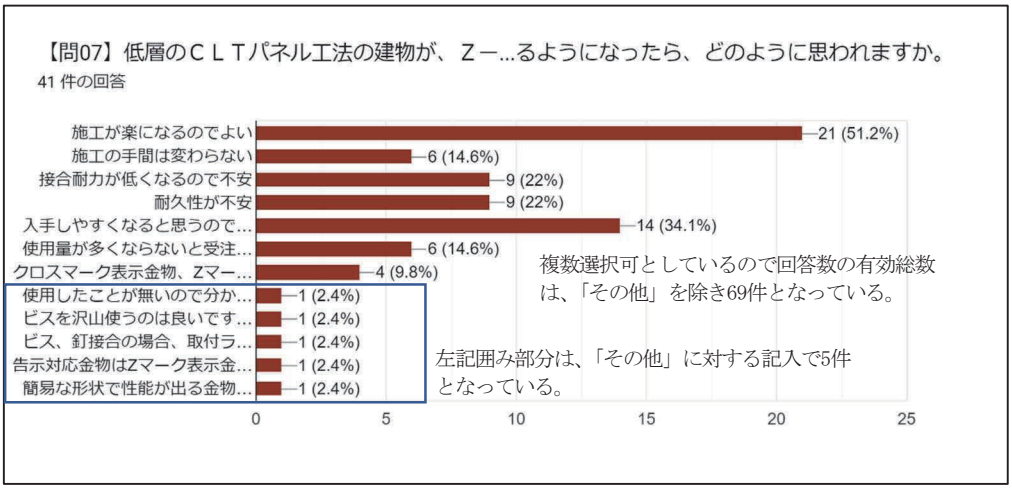


「多い」10件24.4%、「やや多い」16件39.0%で、合計26件63.4%となっており、金物が多いとの意識が施工者にある。「適正な数だ」15件15.3%、「やや少ない」、「少ない」は各0件となっている。

3.5.12　低層のＣＬＴパネル工法建物がＺマーク表示金物程度の接合部で施工可能となった場合

（１）Ｚマーク表示金物程度の接合部で施工できるようになることに感じること

図 3.5.12-1　Ｚマーク表示金物程度の接合部で施工できるようになることに感じること



「その他」の記入回答　　４件

①ビスを沢山使うのは良いですが、木は割れる物と認識しているため不思議に思う。長い・太いとビスとあの数量なら後々意味はあるのか？

②ビス、釘接合の場合、取付ラミナの違いによる影響が気になる。

③告示対応金物はＺマーク表示金物でもクロスマーク表示金物でも良いが、告示仕様の対応金物は規格を集約することで、コスト縮減と省施工、納期短縮を実現して欲しい。

④簡易な形状で性能が出る金物開発が課題だと思います。

複数選択が可なので「その他」を除く回答数69件に対して割合をして示すと、「接合部が簡易になるのはよい」が21件30.4%、「入手がしやすくなると思うのでよい」が14件20.2%、「接合耐力が低くなるので不安」が9件13.0%、「耐久性が不安」9件13.0%、「施工の手間は変わらない」が6件8.8%、「使用量が多くならないと受注生産なので、割高になり入手はしにくいと思う」が6件8.8%、「クロスマーク表示金物、Zマーク表示金物程度の接合部のどちらでもよい」4件5.8%、の順となっている。

「その他」の記入回答では、「ビス接合、釘接合の取付け位置とラミナの関係」「コスト縮減、省施工化、納期短縮」「簡易な形状で性能のある金物」のコメントがされている。

3.5.13　CLT を利用した建築物についての意見、感想

【問 08】ＣＬＴパネル工法建築物、ＣＬＴを利用した建築物について、ご意見・ご感想がございましたら、ご自由にお書きください。　回答数　24 件

①CLTパネル工法が、今後伸びることを期待しています。

②CLTならではの建物が、今後増えていく事に期待したい。

③CLTを広く普及させていきたい。

④CLTパネル工法による建築物の性能を、広く多くの方に認知して頂きたい。

⑤CLTパネル工法は、普及させていくべき工法だと考えます。

⑥もっともっとCLTの普及活動に尽力願いたい。協力をしたいと思います。

⑦工法の合理化・コストダウンを実現するには、生産・設計・施工の現場が共通したCLTのあるべき姿を共有し、合理性を皆で追求していく連携システムを構築することが最大の課題だと考えます。

⑧平屋で60坪くらいなのに金物代が200万近くになるなんて普通の木造ではありえない。CLTパネル工法は他の木造に比べて異常。

⑨アンカーボルトの据付方法を簡素化出来たらよい。例えば、打ち込み時、アングルにボルトを固定してそのまま、コンクリートと一体化する等で、手間軽減・精度の確保・レベリングの省略に対応できる。

⑩施工的観点からすると、金物の量、ビスの本数が多すぎる。二次元図面だと干渉する箇所があり事前確認が難しい。金物を小型化し個数も少なくできればよいと思う。

⑪CLTの使用建物が、住宅並みに増えればZマーク表示金物と比較して性能とコストの優位性など判断が出来るが

現状では難しい。

⑫箱を積み重ねるような建物形状ならクロスマーク表示金物でも構成出来るが、デザイン性のある建物だとクロスマーク表示金物では、接合部の納まりに対応できないのでオリジナルの製作金物で設計することになる。

⑬建物形状の計画段階で部分的でもいいのでクロスマーク表示金物を使用出来るよう考えて欲しい。

⑭完成後の景観は良いものが多いと思うので、適材適所で使用できれば良いと考えています。施工性については、接合部のところで改善があるとより良くなるとも考えている。

⑮高耐力の耐力壁が可能となることで、木造の大規模化、高層化に対する技術革新となった。

⑯大工としての特別な技術が無くても施工出来る。現場加工が無いため、施工効率が良い。在来工法と比べCLT耐力壁を使用することで重厚に感じる。

⑰CLTパネル工法は金物費が高い。金物の意匠性が乏しく、見え掛りの処置に工夫を要する。金物費の縮減と材料納期の短縮が急務と考える。製造工場が実質、銘建工業とサイプレス・スナダヤに限定されており、地域産材の活用に横持ち運賃が大きいので、東日本地域でも大判製造が出来ると良い。

⑱施工コストを下げ、かつ、設計が容易にならないと、CLTを活用していない人々は、CLTを選択肢として知ろうとしないので広まらない。

⑲頑丈に感じ構造に安心が持てる。木の現しが可能で安心感が伝わる。

⑳話題性、需要は出てきているが、実際の案件、施工実績が伸びてない。案件数が増えなければ部材供給量も少なく部材単価、金物単価は下がらず手が出し難い状況が変わらない。弊社は加盟店様に案件を出してもらっているが、自社での営業、設計、施工物件で手本を示すことが出来ていない状況である。独自工法の開発、認定の取得などは出来ているが、課題は多い。各社が色々な試みで開発などを行っているが、開発技術の共有などにより標準的仕様ができないと高層建物はRCという考え方が、いつまでたっても変化してこないと感じています。

㉑床にのみCLTを使用するなど、部分利用で良いのではと思う。

㉒今後更なる進化が期待できるが、鉄骨と比べて基礎アンカーが多く、精度維持をする事が難しいと感じます。

㉓今後はCLTを用いた混構造の計画が増加する傾向だと思う。CLTパネルを用いる建物が施工実績を積上げる中で、より良い施工方法が開発され標準施工法として一般化すれば、普及が進むと考える。

㉔基礎のアンカーボルトの施工が大変なので簡易になると良い。補助金がなくともCLTが使用されるようになるとよい。

自由記入の内容の中で、共通するコメントを整理すると以下の内容となっている。

・CLTパネル工法の普及に期待したい。
・アンカーボルトの施工精度の要求が高い。施工が大変。
・金物、ビスの量が多い。金物コストが高い。コストダウンが必要。
・施工コストが高い。コストダウンが必要。
・CLTを用いた混構造の計画が増加傾向にあると思う。

3.6　まとめ

クロスマーク表示金物に対するアンケートでは、設計者と施工者が金物に対してどのように感じているかについて、及び、金物形状別などにどのような認識を有しているかについて、アンケート結果から捉えることができた。

各金物について「どのように感じているか」の設問についての回答からは、設計者ではU形金物において「使いにくい、やや使いにくい」との回答が5割を超えているが、挿入型金物では3割程度、プレート形金物では2割弱の回答になっている。

この結果は、U形金物が改良されより使いやすい金物となることを望んでいることが示されている。また、挿入型金物、プレート形金物は、概ね設計者に受け入れられていると推定される。

施工者からは、U形金物の「使いにくい、やや使いにくい」との回答は3割強で、設計者より回答率が低い結果となっている。この結果は、施工サイドが設計図書で指定された金物で施工する受動的な立場にあり、金物を改良するなどの要求を設計サイドに安易に求められないことから、指定された金物の使用を許容している状況が回答率に影響していると考えられる。

また、挿入型金物では2割強、プレート形金物では1割強が「使いにくい、やや使いにくい」と回答しており、U形金物を除くと概ね施工者にはクロスマーク表示金物が受け入れられていると推定される。

各金物の「使いにくい、やや使いにくい」と感じる理由についての設問の回答からは、設計者からU形金物で3割程度、挿入型金物で5割弱が、「コストが高い」と回答しており、金物の価格がZマーク表示金物などと比較してかなり高いと感じていることがわかる。価格を下げることの必要性が示唆されている。

また、施工者からU形金物、挿入型金物は、「重い」「施工時間が掛かる」との回答が3割強あることから、軽量化と施工の容易性のある金物として使用できればとの印象をもっていることが認識される。

よって、アンケート結果からは、U形金物、挿入型金物は、軽量化し価格を安くすることが改良点として優先される内容であることが示唆されている。

プレート形金物については、設計者、施工者には概ね受け入れられているようだが、設計者では3割弱、施工者では8割弱が「現わしとする設計への対応が考えられていない」と回答しており、施工サイドで高い回答率となっている。室内表面に金物が露出することが現しにおいて障害となっていることが示されている。このことは、金物が室内側に露出しない納まりとなる金物を開発する必要性を示唆している。

各金物に対する「課題解決方法」に対する設問の回答からは、各金物共通で設計者、施工者共に「ビス本数を減らし小型軽量化する」との回答が多かった。小型軽量化することでコストダウン並びに設計及び施工の容易性が向上できると考えていることが、回答から伺うことができる。

また、設計者、施工者からは、「現わしとする設計へ対応を行う」との回答があり、室内側に露出しない納まりとなる金物への対応が示されており、これらのことは、改良点として示された内容に一致している。

「Z マーク表示金物程度で低層の CLT パネル工法が設計、施工可能となった場合についてどう感じるか」の設問の回答では、設計者では 4 割弱、施工者では 5 割程度で「良い」との回答となっている。設計者からは「接合部が簡易になるのはよい」、施工者からは「施工が楽になるのでよい」との回答が多かった。これらの回答からは、Z マーク表示金物程度を用いることで生じるコストダウン、施工の省力化などの効果が期待できると捉えていることがわかる。

ただし、この設問では、具体的な Z マーク表示金物程度を用いた設計の内容には触れていないことから、クロスマーク表示金物と Z マーク表示金物程度を単純に比較した回答となっていると想定されることを考慮すると、具体的な設計方法が示された場合に、回答内容が同様になるかは不確実である。

ここまでの内容を整理すると、金物開発、金物改良に取り組む場合には、一般的な金物は要求耐力を保持することを最優先として開発されているが、要求耐力を保持すること、合理的に制作できる形状であること、及び、コストが高くならないことに配慮しつつ、さらに、金物を躯体に取り付けることで内装下地、サッシなどを納めるために追加的な部材が生じるなど、施工手間が増えないように施工合理性に配慮

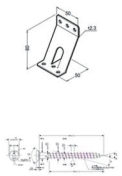
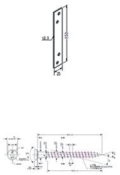
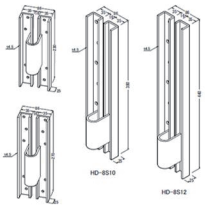
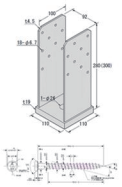
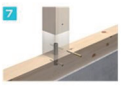
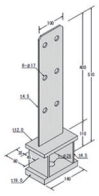
すること、及び、設計で求める断熱性能、気密性能を確保するために無理が生じない納まりとなる様な配慮を行いながら、金物開発、金物改良が進められることが望ましいとアンケート結果は示唆している。

第４章　低層小規模建築物向けの接合金物のプロトタイプの開発

4.1　基本方針

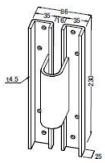
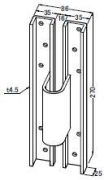
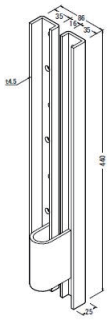
本章では２階建て延べ面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物を対象とした CLT パネル工法用金物のプロトタイプ素案の性能検証を行う。第 2 章で整理した金物開発案から、今年度は既往金物の形状を変更せず、比較的高耐力が見込めるホールダウン形式の金物４種類を対象として、引張接合部試験を実施し、設計用性能の基礎的なデータを取得する。

表 4.1-1 性能検証試験を実施する金物の位置づけ

壁-基礎 壁-土台	プレート L型金物	プレート 平型金物	ホールダウン	プレート U型金物	パイプ金物 土台タイプ	パイプ金物 BOXタイプ	鋼板挿入金物
現し対応	×	×	△ ※木口面を隠す場合は可	×	○	○	○
イメージ							
土台対応	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：○ 土台無し：○	土台有り：○ 土台無し：○	土台有り：○ 土台無し：×	土台有り：× 土台無し：○	土台有り：× 土台無し：○
CLT加工	◎ 加工なし	◎ 加工なし	◎ 加工なし	○ 座金部分切り欠き	○ パイプ・DPの先穴加工	△ パイプ・DPの先穴加工 BOX部分切り欠き	△ DPの先穴加工 挿入鋼板のスリット加工 BOX部分切り欠き
製造コスト	◎	◎	△～○	×	◎	×	×
施工性	○	○	○	△ ビス本数が多い？	○	○	○
目標耐力 ～10kN	L型金物① STS・C65×2本：5kN程度 鋼材量：159g	ひら金物SM-15S STS・C65×2本：4kN程度 鋼材量：272g	- 今年度実施	-	ほぞパイプ① （短ほぞ） DP（φ12）1本： 6～10kN程度 鋼材量：335g	-	-
目標耐力 ～30kN	-	-	HD-S22C（スギで22kN） STS・HC90×8本：20kN程度 鋼材量：1855g HD-S29C（スギで29kN） STS・HC90×10本：25kN程度 鋼材量：2118g	TB-90（縮小版①） STS・C65×12本： 30kN程度 鋼材量：3437g	-	BOXパイプ① DP（φ12）2本： 15kN程度 鋼材量：3332g BOXパイプ② DP（φ12）4本： 30kN程度 鋼材量：3766g	TB-DP（縮小版①） DP（φ16）2本： 25kN程度 鋼材量：4001g
目標耐力 ～50kN	-	-	HD-8S10（ヒノキで50kN） STS8・HC90×10本：30～40kN?? 鋼材量：2746g HD-8S12（ヒノキで59kN） STS8・HC90×12本：30～40kN?? 鋼材量：3141g	TB-90 STS・C65×18本： 50kN程度 鋼材量：3964g	-	-	TB-DP（縮小版②） DP（φ16）4本： 50kN程度 鋼材量：4680g
目標耐力 50kN以上	-	-	-	-	-	-	TB-DP DP（φ16）6本： 75kN程度 鋼材量：5359g

※青字は既存のZマーク金物　※鋼材量はアンカーボルトを除いて試算
※橙字は既存のCマーク金物
※緑字は既存のXマーク金物

表 4.1-2 今年度性能検証試験を実施する接合金物

名称	HD-S22C	HD-S29C	HD-8S10	HD-8S12
金物姿図				

4.2 実験計画

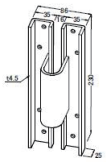
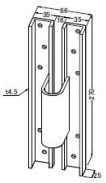
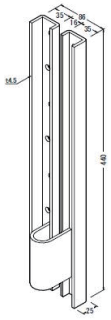
(1) 試験の目的

低層小規模建築物向けCLTパネル工法用接合金物のプロトタイプについて、引張接合部としての性能を検証し、設計用強度性能のデータを取得する。

(2) 試験体概要

以下に試験体概要を示す。試験体はφ6.5mm のビスを使用する C マーク表示金物の HD-S22C、HD-S29C、φ8.0mm のビスを使用する Z マーク表示金物の HD-8S10、HD-8S12 の 4 種類とする。試験に使用するアンカーボルトボルトの材質は、強度区分 10.9 を採用してボルト部分の降伏がないようにし、ボルト以外の部分の性能を確認する。CLT の樹種および強度等級は、安全側の耐力を得るためスギの Mx60-3-3 を採用する。CLT の壁厚は仕様規定ルートの下限である 90mm を採用する。

表 4.2-1 試験体概要

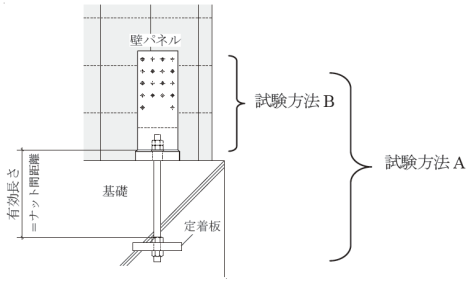
No.	試験体名称	金物姿図	金物仕様	CLT 仕様
1	S22C		ホールダウン金物 HD-S22C （C マーク表示金物） タッピンねじ STS・HC90 × 8 本 両ねじアンカーボルト： M16(強度区分 10.9) _L350 構造用平座金： M16_200J(JIS B 1220) ナット： M16(強度区分 10.9 に対応するもの)	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 接着剤： 水性高分子ーイソシアネート系木材接着剤（JIS K 6806） 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向
2	S29C		ホールダウン金物 HD-S29C （C マーク表示金物） タッピンねじ STS・HC90 × 10 本 両ねじアンカーボルト： M16(強度区分 10.9) _L350 構造用平座金： M16_200J(JIS B 1220) ナット： M16(強度区分 10.9 に対応するもの)	
3	8S10		ホールダウン金物 HD-8S10 （Z マーク表示金物） タッピンねじ STS8・HC90 × 10 本 両ねじアンカーボルト： M20(強度区分 10.9) _L300 構造用平座金： M20_200J(JIS B 1220) ナット： M20(強度区分 10.9 に対応するもの)	
4	8S12		ホールダウン金物 HD-8S12 （Z マーク表示金物） タッピンねじ STS8・HC90 × 12 本 両ねじアンカーボルト： M20(強度区分 10.9) _L300 構造用平座金： M20_200J(JIS B 1220) ナット： M20(強度区分 10.9 に対応するもの)	

(3)　試験方法

「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（以下、「CLT マニュアル」)」、第 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法に準拠した試験を実施する。「CLT マニュアル」に準拠した引張試験は、評価方法の違いによって 2 種類の試験方法が定められている。本試験では、「試験方法 B（接合部の一部分を評価するための試験)」を採用し、CLT 壁パネルとホールダウン金物の接合部分の性能を確認する。そのため、アンカーボルトの材質は強度区分 10.9 を採用し、ボルト部分で降伏しないような試験体仕様とした。

表 4. 2-2 現行 CLT パネル工法ルート１の引張接合部仕様

試験方法の種類	試験の目的	採用
A 接合部全体を評価するための試験	接合部全体の荷重－変形関係を直接試験によって確認しようとする試験	
B 接合部の一部分を評価するための試験	靭性確保のためのボルト等の部分の影響を除き、主として壁パネルと金物部分の接合部の性能が担保できる限界を見極めるための試験	●



試験方法 A:接合部全体を評価するための試験
試験方法 B:接合部の部分を評価するための試験

図 4. 2-1 「CLT マニュアル」による引張試験の分類

また、加力時に試験体を偏心させないための配慮として、CLT パネル（500mm×1000mm）の両側木口面にホールダウン金物を設置し、CLT パネルの中央を加力した。さらに CLT パネルの両側にサポート治具も配置した。

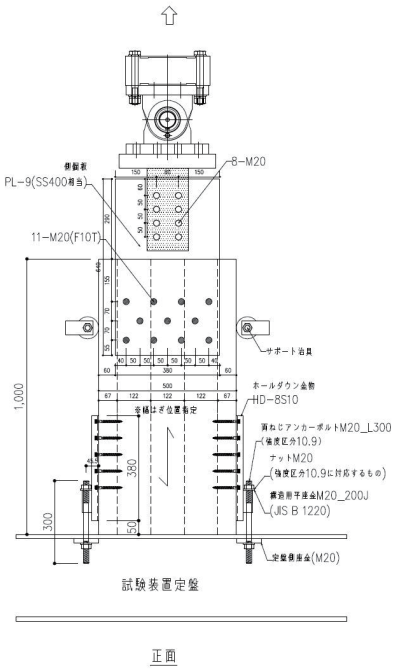


図 4. 2-2 試験体の配置

また、木口面に打たれたビスが幅はぎの位置にかかる場合に耐力低下の懸念があったため、本試験では CLT パネルの幅はぎ位置を指定し、ビスが幅はぎ位置をまたぐような仕様とした。

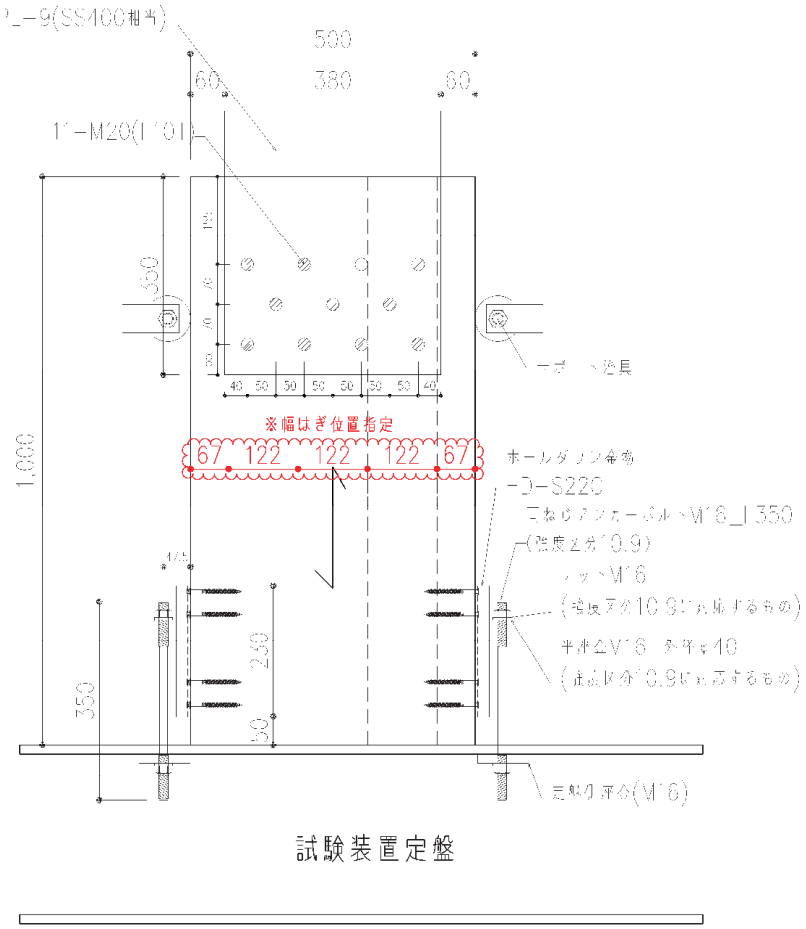
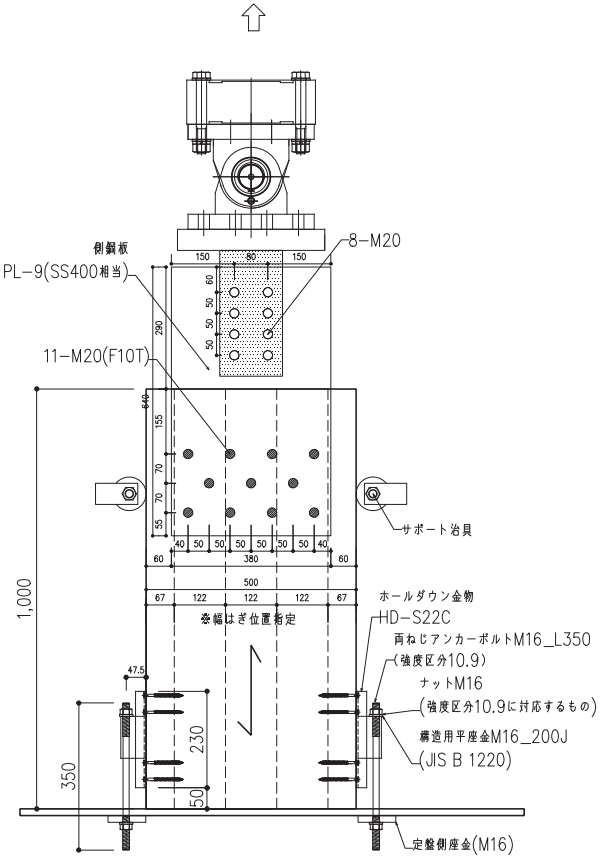


図 4.2-3 CLT の幅はぎ位置

次ページ以降に試験体図を示す。

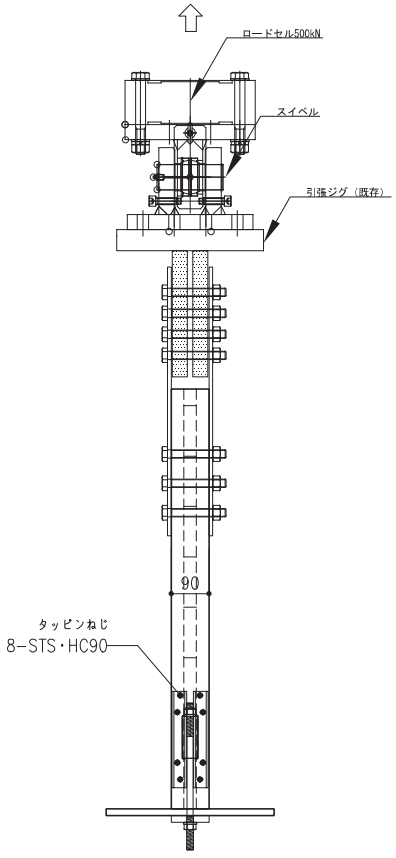
試験体No.1：HD−S22C

試験体数：予備試験×1体＋本試験×6体＋予備×1体＝8体



試験装置定盤

正面



試験装置定盤

側面

参考実験の結果

試験体：HD−S22C

主材：枠組工法用製材　スギ　204×3材合わせ

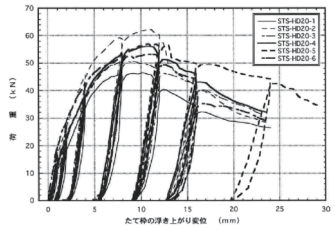


図3.19：STS−HD20−1～6　荷重−変位曲線

HD−S22C試験体

使用材料（試験体1体あたり）

CLT

樹種：スギ

強度等級：Mx60−3−3、A種構成

幅はぎ部の接着なし、幅はぎ位置指定あり

接着剤：水性高分子−イソシアネート系木材接着剤（JIS K 6806）

厚さ：90

平面寸法：500×1000

強軸方向：長辺方向

※試験体は同一個体由来のラミナが混ざっていない箇所で切り出すこと。

接合具

ホールダウン金物HD−S22C × 2個

タッピンねじSTS・HC90 × 16本

両ねじアンカーボルトM16(強度区分10.9) _L350× 2本

ナットM16(強度区分10.9に対応するもの) × 4個

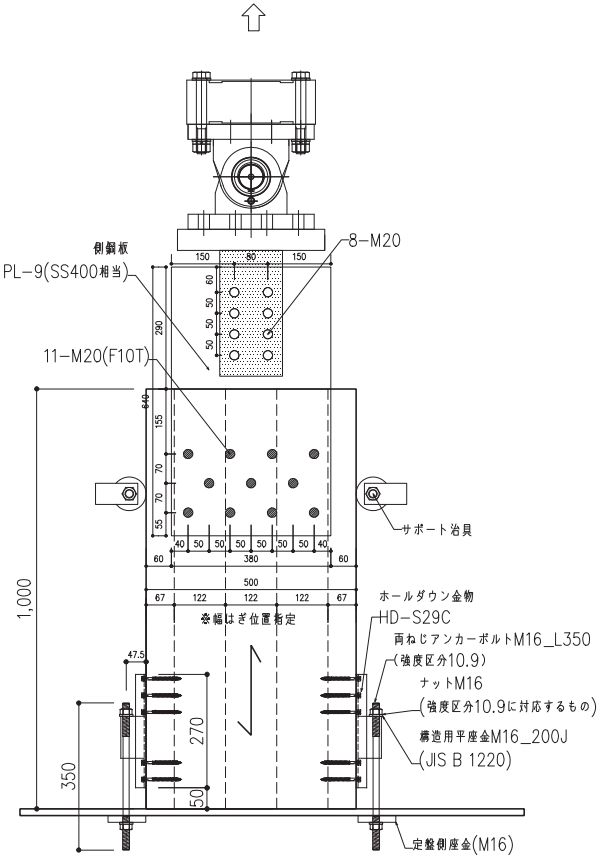
構造用平座金M16_200J(JIS B 1220) × 4枚

定盤側座金(M16用)：PL−OO×OO×OO × 2枚 ← 既存のもの使用

担当	記事	年 月 日 作成 年 月 日 訂正 年 月 日 年 月 日	設計No.	工事名称	図面名称	縮尺	図面番号
				CLTパネル工法用接合金物の開発 合理化検討事業	試験体図面(HD−S22C)	A1: 1/5 A3: 1/10	S − 01

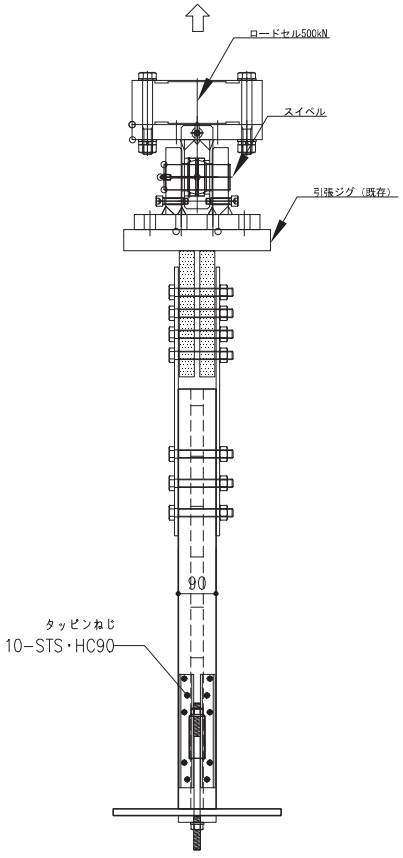
試験体No.2：HD−S29C

試験体数：予備試験×1体＋本試験×6体＋予備×1体＝8体



試験装置定盤

正面



試験装置定盤

側面

参考実験の結果

試験体：HD−S29C

主材：枠組工法用製材　スギ　204×3材合わせ

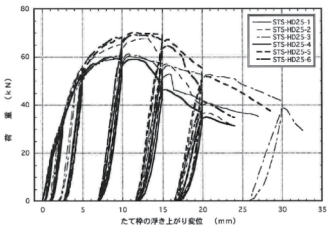


図3.20：STS-HD25-1～6　荷重-変位曲線

HD−S29C試験体

使用材料（試験体1体あたり）

CLT

樹種：スギ

強度等級：Mx60−3−3、A種構成

幅はぎ部の接着なし、幅はぎ位置指定あり

接着剤：水性高分子−イソシアネート系木材接着剤（JIS K 6806）

厚さ：90

平面寸法：500×1000

強軸方向：長辺方向

※試験体は同一個体由来のラミナが混ざっていない箇所で切り出すこと。

接合具

ホールダウン金物HD−S29C × 2個

タッピンねじSTS・HC90 × 20本

両ねじアンカーボルトM16(強度区分10.9) _L350× 2本

ナットM16(強度区分10.9に対応するもの) × 4個

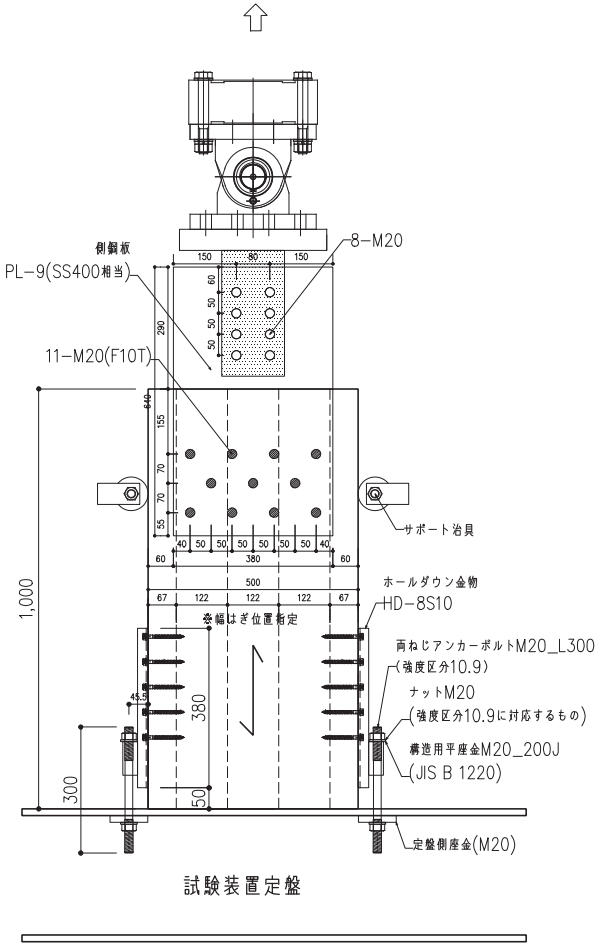
構造用平座金M16_200J(JIS B 1220) × 4枚

定盤側座金(M16用)：PL−OO×OO×OO × 2枚 ← 既存のもの使用

担当	記事	年 月 日 作成 年 月 日 訂正 年 月 日 年 月 日	設計No.	工事名称	図面名称	縮尺	図面番号
				CLTパネル工法用接合金物の開発 合理化検討事業	試験体図面(HD−S29C)	A1: 1/5 A3: 1/10	S − 02

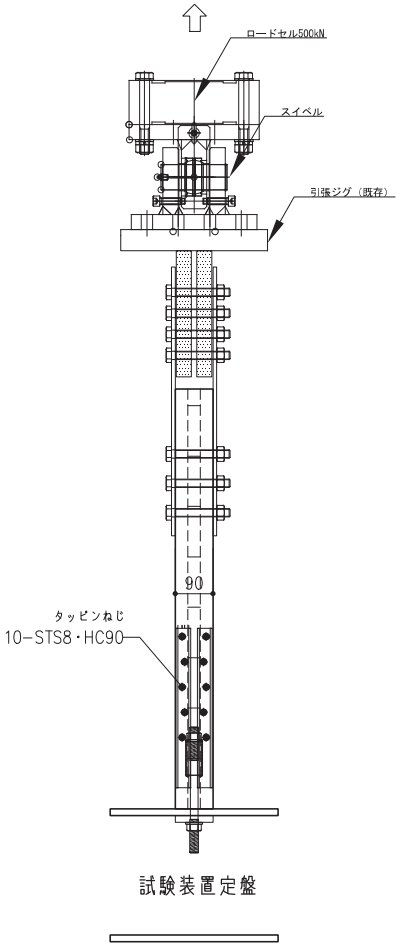
試験体No.3：HD−8S10

試験体数：予備試験×1体＋本試験×6体＋予備×1体＝8体



試験装置定盤

正面



試験装置定盤

側面

参考実験の結果

試験体：HD−8.0S10

主材：ヒノキ製材　120角

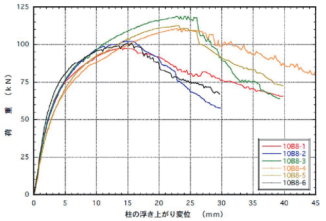


図4.13：10B8−1～6　包絡線

HD−8S10試験体

使用材料（試験体1体あたり）

CLT

樹種：スギ

強度等級：Mx60−3−3、A種構成

幅はぎ部の接着なし、幅はぎ位置指定あり

接着剤：水性高分子−イソシアネート系木材接着剤（JIS K 6806）

厚さ：90

平面寸法：500×1000

強軸方向：長辺方向

※試験体は同一個体由来のラミナが混ざっていない箇所で切り出すこと。

接合具

ホールダウン金物HD−8S10 × 2個

タッピンねじSTS8・HC90 × 20本

両ねじアンカーボルトM20(強度区分10.9) _L300× 2本

ナットM20(強度区分10.9に対応するもの) × 4個

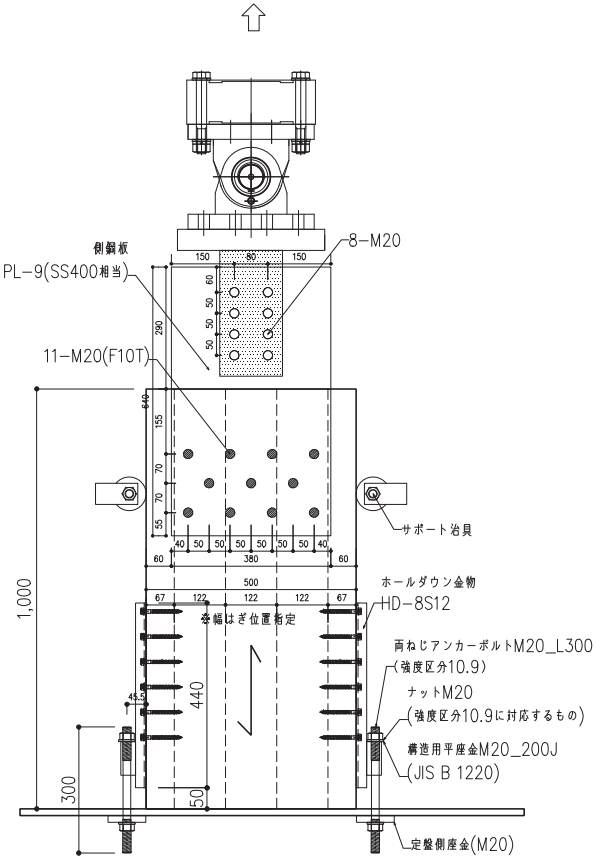
構造用平座金M20_200J(JIS B 1220) × 4枚

定盤側座金(M20用)：PL−OO×OO×OO × 2枚 ← 既存のもの使用

担当	記事	年 月 日 作成 年 月 日 訂正 年 月 日 年 月 日	設計No.	工事名称	図面名称	縮尺	図面番号
				CLTパネル工法用接合金物の開発 合理化検討事業	試験体図面(HD−8S10)	A1: 1/5 A3: 1/10	S − 03

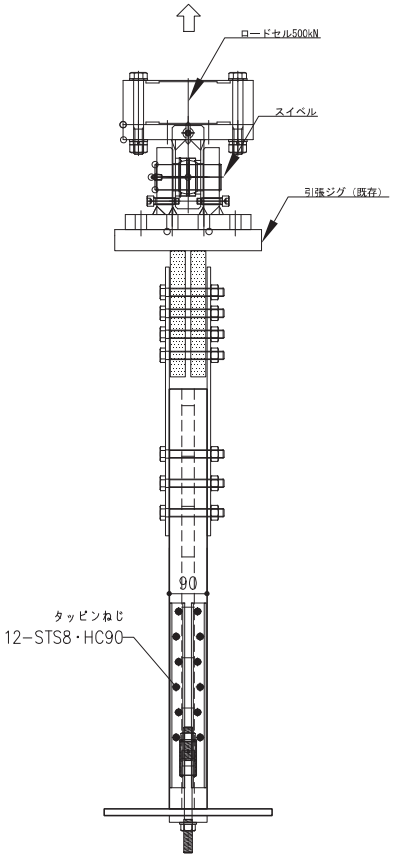
試験体No.4：HD−8S12

試験体数：予備試験×1体＋本試験×6体＋予備×1体＝8体



試験装置定盤

正面



試験装置定盤

側面

参考実験の結果

試験体：HD−8.0S12

主材：ヒノキ製材　120角

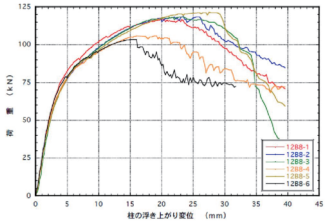


図4.14：12B8-1～6　包絡線

HD−8S12試験体

使用材料（試験体1体あたり）

CLT

樹種：スギ

強度等級：Mx60−3−3、A種構成

幅はぎ部の接着なし、幅はぎ位置指定あり

接着剤：水性高分子−イソシアネート系木材接着剤（JIS K 6806）

厚さ：90

平面寸法：500×1000

強軸方向：長辺方向

※試験体は同一個体由来のラミナが混ざっていない箇所で切り出すこと。

接合具

ホールダウン金物HD−8S12 × 2個

タッピンねじSTS8・HC90 × 24本

両ねじアンカーボルトM20(強度区分10.9) _L300× 2本

ナットM20(強度区分10.9に対応するもの) × 4個

構造用平座金M20_200J(JIS B 1220) × 4枚

定盤側座金(M20用)：PL−OO×OO×OO × 2枚 ← 既存のもの使用

担当	記事	年 月 日 作成 年 月 日 訂正 年 月 日 年 月 日	設計No.	工事名称	図面名称	縮尺	図面番号
				CLTパネル工法用接合金物の開発 合理化検討事業	試験体図面(HD−8S12)	A1: 1/5 A3: 1/10	S − 04

4.3 実験結果

(1) HD-S22C

試験体 S22C(HD-S22C)の荷重 - 変位包絡線、特性値一覧、代表的な写真を示す。

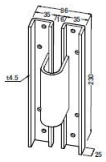
No.	試験体名称	金物姿図	金物仕様	CLT 仕様
1	S22C		ホールダウン金物 HD-S22C （C マーク表示金物） タッピンねじ STS・HC90 × 8 本 両ねじアンカーボルト： M16(強度区分 10.9) _L350 構造用平座金： M16_200J(JIS B 1220) ナット： M16(強度区分 10.9 に対応するもの)	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 接着剤： 水性高分子ーイソシアネート系 木材接着剤（JIS K 6806） 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向

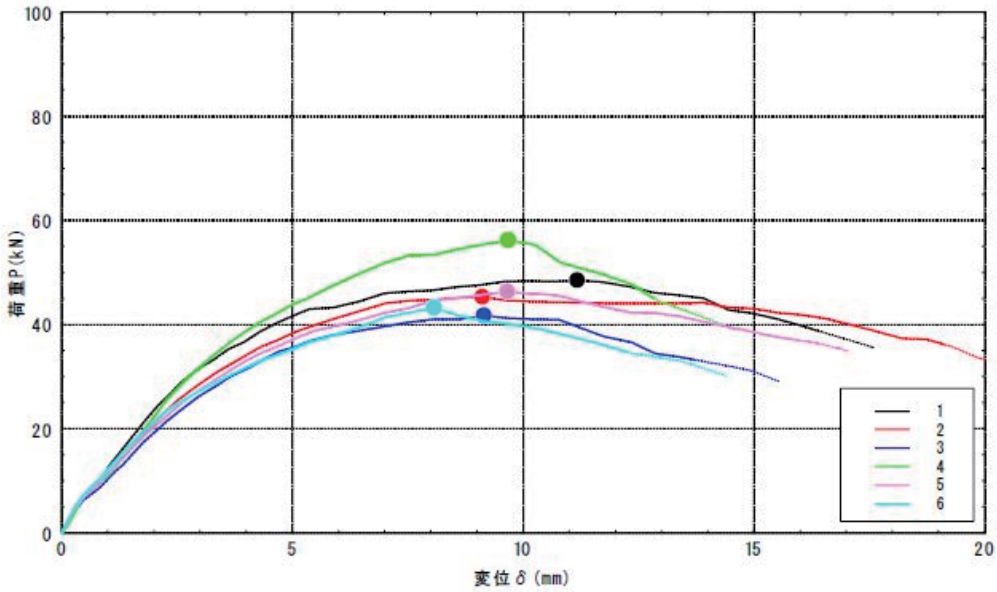
表 4.3-1 耐力算定のための基礎データ（HD-S22C）

試験体		加力方向	降伏時		$2/3P_{max}$ 時		P_{max} 時	
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)
S22C	0	単調	28.2	2.9	27.7	2.9	41.6	13.3
	1	一方向繰返し	29.2	2.6	32.3	3.1	48.5	11.2
	2		26.3	2.6	30.1	3.2	45.2	9.1
	3		24.1	2.7	27.7	3.3	41.6	9.2
	4		32.8	3.1	37.4	3.8	56.1	9.7
	5		26.8	2.9	30.8	3.6	46.2	9.7
	6		23.5	2.3	28.8	3.3	43.2	8.1
	平均		27.1	2.7	31.2	3.4	46.8	9.5
	標準偏差		3.45	0.28	3.44	0.26	5.14	1.02
	変動係数		0.127	—	0.110	—	—	—
	ばらつき係数		0.703		0.743			
	短期基準引張耐力 P_{ot} (kN)		**19.1**		23.2			

（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。
接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。

P = 試験機荷重×0.5　　δ = (DG1＋DG2＋DG3＋DG4)／4

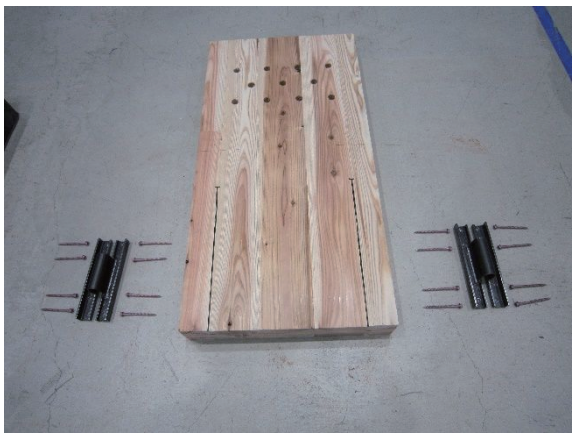
DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位



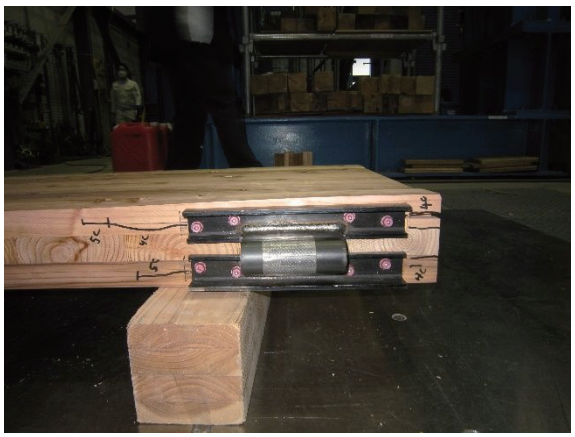
（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

図 4.3-1 荷重 - 変位包絡線(HD-S22C)

図 4.3-2 試験の様子 (HD-S22C)

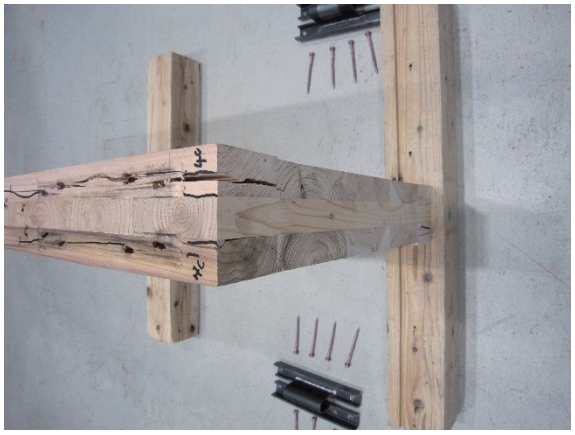


加力後試験体（3 体目）

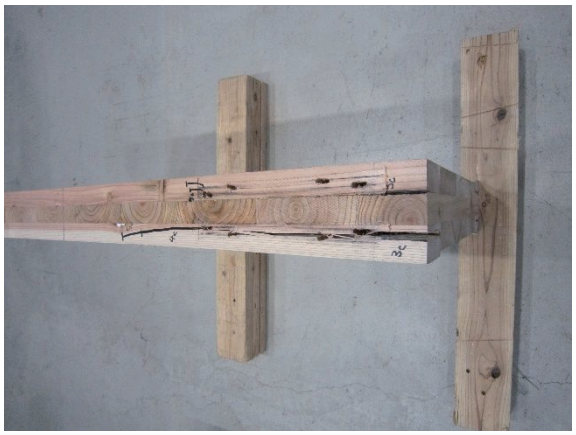


試験後の CLT 木口（4 体目）

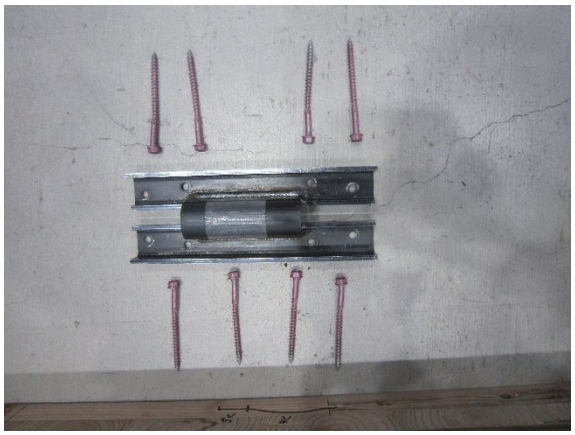
試験後の CLT 木口（3 体目）



外層ラミナの割裂（4 体目）



外層ラミナの割裂（3 体目）



試験後の金物（4 体目）

図 4.3-3 代表的な破壊性状（HD-S22C）

(2)　HD-S29C

試験体 S29C(HD-S29C)の荷重 - 変位包絡線、特性値一覧、代表的な写真を示す。

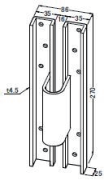
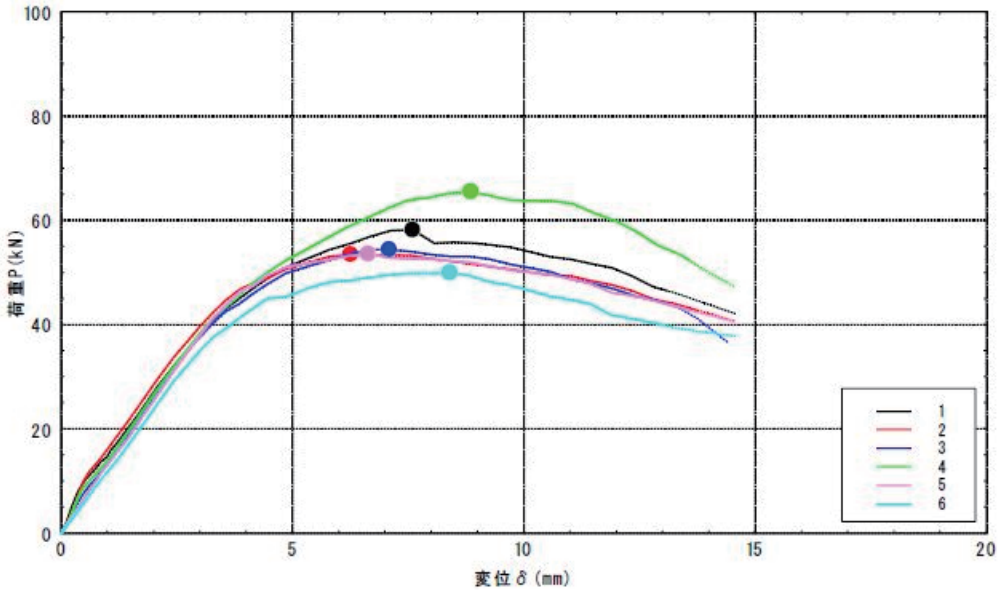
No.	試験体名称	金物姿図	金物仕様	CLT 仕様
2	S29C		ホールダウン金物 HD-S29C （C マーク表示金物） タッピンねじ STS・HC90 × 10 本 両ねじアンカーボルト： M16(強度区分 10.9) _L350 構造用平座金： M16_200J(JIS B 1220) ナット： M16(強度区分 10.9 に対応するもの)	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 接着剤： 水性高分子ーイソシアネート系 木材接着剤（JIS K 6806） 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向

表 4.3-2 耐力算定のための基礎データ（HD-S29C）

試験体		加力方向	降伏時		$2/3P_{max}$ 時		P_{max} 時	
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)
S29C	0	単調	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	一方向繰返し	37.4	2.9	38.7	3.1	58.1	7.6
	2		31.4	2.2	35.6	2.6	53.4	6.3
	3		37.0	2.9	36.3	2.9	54.4	7.1
	4		39.9	3.1	43.7	3.6	65.5	8.9
	5		40.4	3.2	35.7	2.8	53.5	6.6
	6		34.1	2.9	33.3	2.8	49.9	8.4
	平均		36.7	2.9	37.2	3.0	55.8	7.5
	標準偏差		3.45	0.35	3.61	0.35	5.43	1.02
	変動係数		0.094	—	0.097	—	—	—
	ばらつき係数		0.780		0.773			
	短期基準引張耐力 P_{ot} (kN)		**28.6**		28.8			

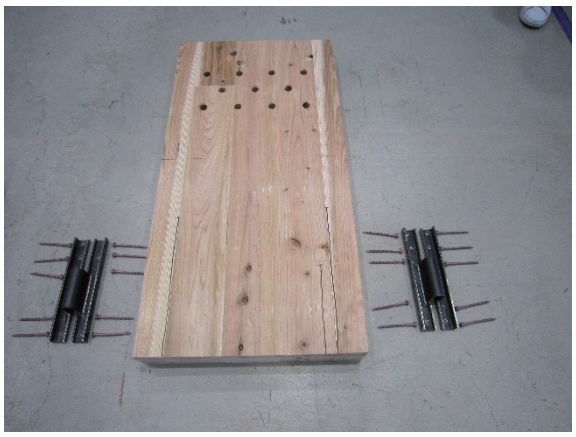
（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。
接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。
P ＝ 試験機荷重×0.5　　δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）/ 4
DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位



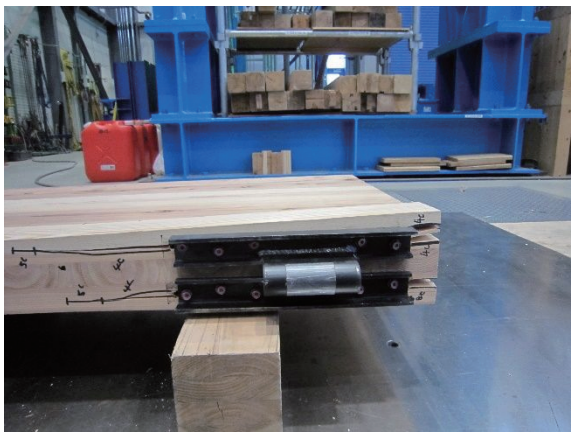
（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

図 4.3-4 荷重 - 変位包絡線(HD-S29C)

図 4.3-5 試験の様子 (HD-S29C)

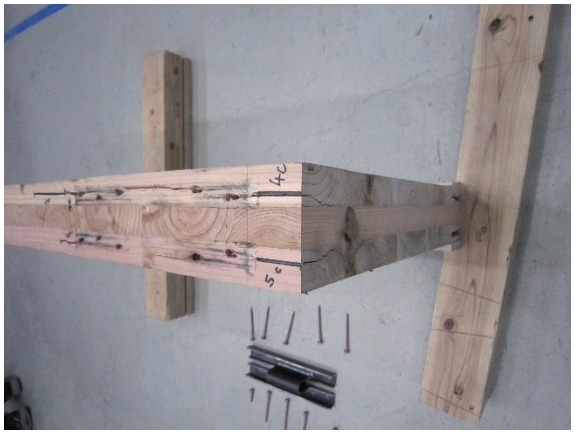


加力後試験体（4 体目）

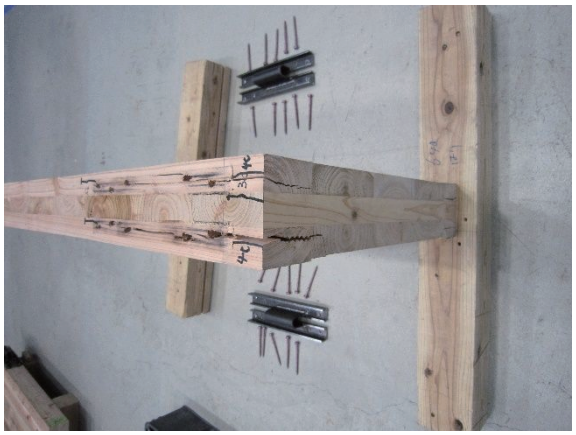


試験後の CLT 木口（6 体目）

試験後の CLT 木口（4 体目）



外層ラミナの割裂（6 体目）



外層ラミナの割裂（4 体目）

試験後の金物（4 体目）

図 4.3-6 代表的な破壊性状（HD-S29C）

(3)　HD-8S10

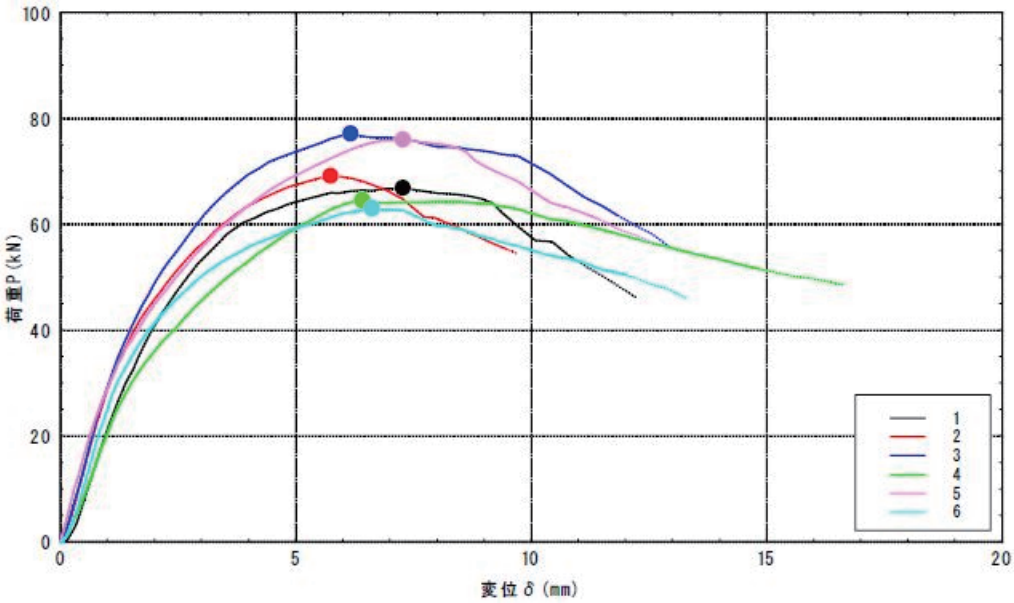
試験体 8S10(HD-8S10)の荷重 - 変位包絡線、特性値一覧、代表的な写真を示す。

No.	試験体名称	金物姿図	金物仕様	CLT 仕様
3	8S10		ホールダウン金物 HD-8S10 （Z マーク表示金物） タッピンねじ STS8・HC90 × 10 本 両ねじアンカーボルト： M20(強度区分 10.9) _L300 構造用平座金： M20_200J(JIS B 1220) ナット： M20(強度区分 10.9 に対応するもの)	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 接着剤： 水性高分子ーイソシアネート系 木材接着剤（JIS K 6806） 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向

表 4.3-3 耐力算定のための基礎データ（HD-8S10）

試験体		加力方向	降伏時		$2/3P_{max}$ 時		P_{max} 時	
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)
8S10	0	単調	29.5	1.2	35.4	1.6	53.1	4.1
	1	一方向繰返し	36.4	1.7	44.5	2.3	66.8	7.3
	2		36.5	1.4	46.1	2.0	69.1	5.8
	3		41.4	1.5	51.4	2.2	77.1	6.2
	4		32.3	1.7	43.0	2.7	64.5	6.4
	5		39.4	1.6	50.6	2.5	75.9	7.3
	6		35.0	1.5	41.9	2.0	62.9	6.6
	平均		36.8	1.6	46.3	2.3	69.4	6.6
	標準偏差		3.21	0.13	3.95	0.28	5.91	0.60
	変動係数		0.087	—	0.085	—	—	—
	ばらつき係数		0.797		0.801			
	短期基準引張耐力 P_{ot} (kN)		**29.3**		37.1			

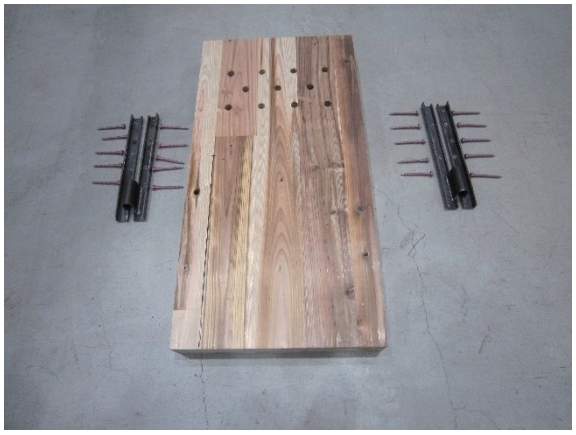
（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。
接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。
P ＝ 試験機荷重×0.5　　δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）/ 4
DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位



（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

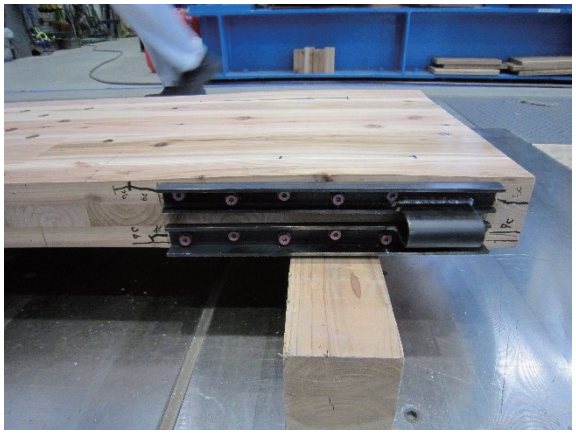
図 4.3-7 荷重 - 変位包絡線(HD-8S10)

図 4.3-8 試験の様子 (HD-8S10)

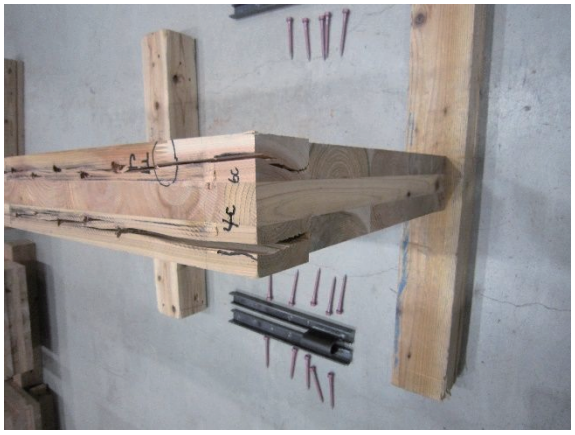


加力後試験体（6 体目）

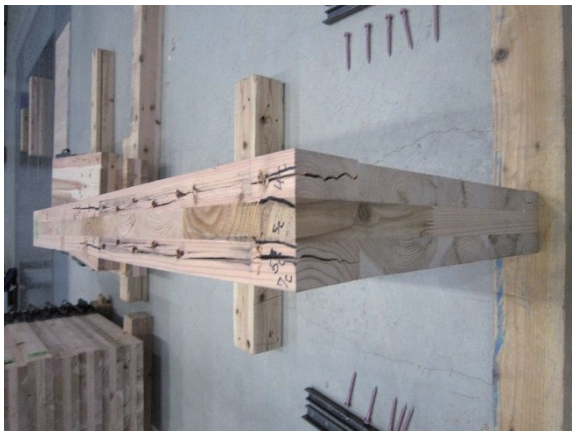
試験後の CLT 木口（6 体目）



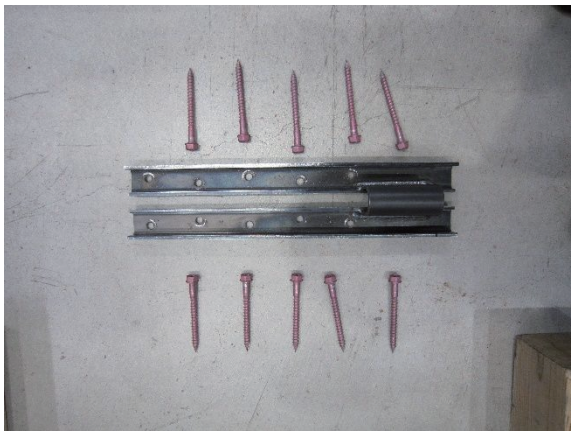
試験後の CLT 木口（3 体目）



外層ラミナの割裂（6 体目）



外層ラミナの割裂（3 体目）



試験後の金物（3 体目）

図 4.3-9 代表的な破壊性状（HD-8S10）

(4)　HD-8S12

試験体 8S12(HD-8S12)の荷重 - 変位包絡線、特性値一覧、代表的な写真を示す。

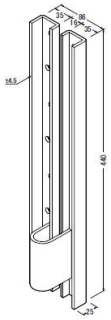
No.	試験体名称	金物姿図	金物仕様	CLT 仕様
4	8S12		ホールダウン金物 HD-8S12 （Z マーク表示金物） タッピンねじ STS8・HC90 × 12 本 両ねじアンカーボルト： M20(強度区分 10.9) _L300 構造用平座金： M20_200J(JIS B 1220) ナット： M20(強度区分 10.9 に対応するもの)	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 接着剤： 水性高分子ーイソシアネート系 木材接着剤（JIS K 6806） 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向

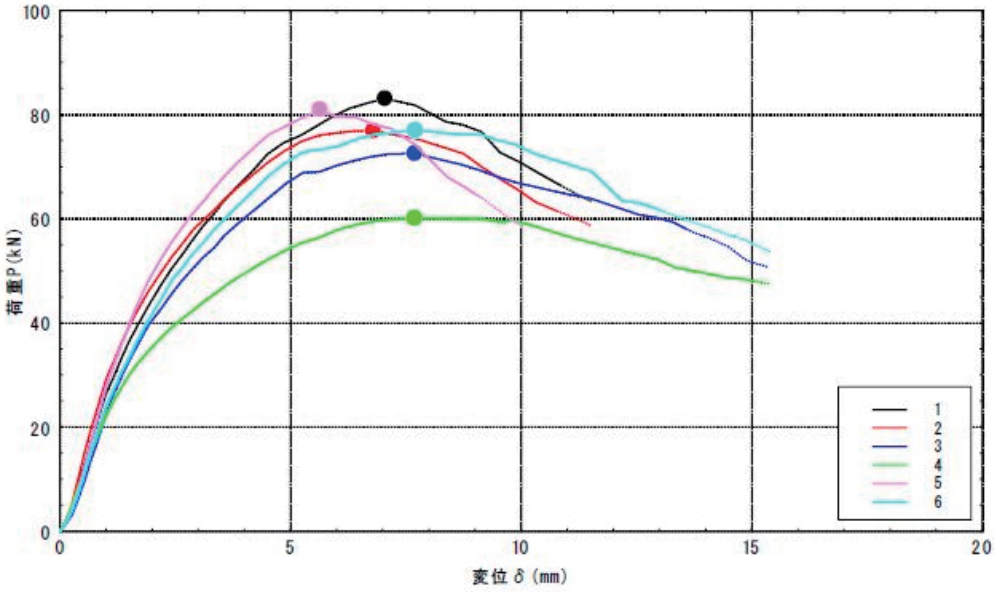
表 4.3-4 耐力算定のための基礎データ（HD-8S12）

試験体		加力方向	降伏時		$2/3P_{max}$ 時		P_{max} 時	
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)
8S12	0	単調	44.1	1.9	51.2	2.3	76.8	6.5
	1	一方向繰返し	41.5	1.8	55.3	2.8	83.0	7.1
	2		40.2	1.5	51.3	2.3	76.9	6.8
	3		37.2	1.8	48.3	2.7	72.5	7.7
	4		31.4	1.6	40.1	2.6	60.2	7.7
	5		43.6	1.7	54.0	2.3	81.0	5.6
	6		39.8	1.9	51.3	2.7	77.0	7.7
	平均		39.0	1.7	50.1	2.6	75.1	7.1
	標準偏差		4.25	0.15	5.45	0.22	8.16	0.83
	変動係数		0.109	—	0.109	—	—	—
	ばらつき係数		0.745		0.745			
	短期基準引張耐力 P_{ot} (kN)		**29.1**		37.3			

（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。
接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。

P ＝ 試験機荷重×0.5　　δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）/ 4

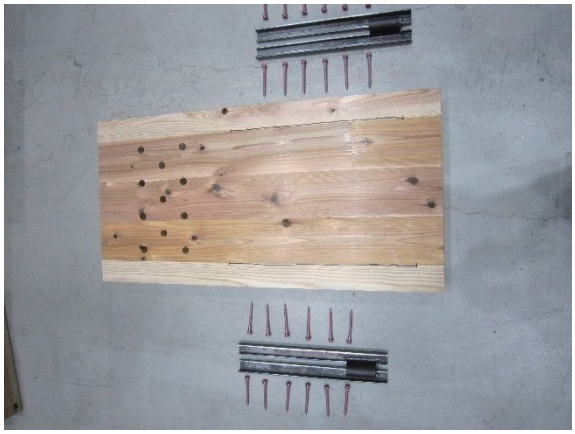
DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位



（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

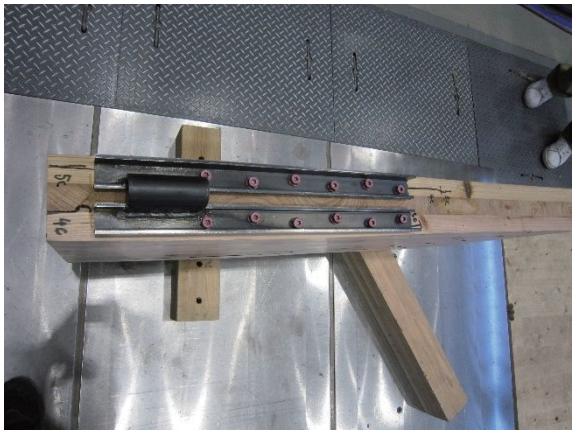
図 4.3-10 荷重 - 変位包絡線(HD-8S12)

図 4.3-11 試験の様子 (HD-8S12)

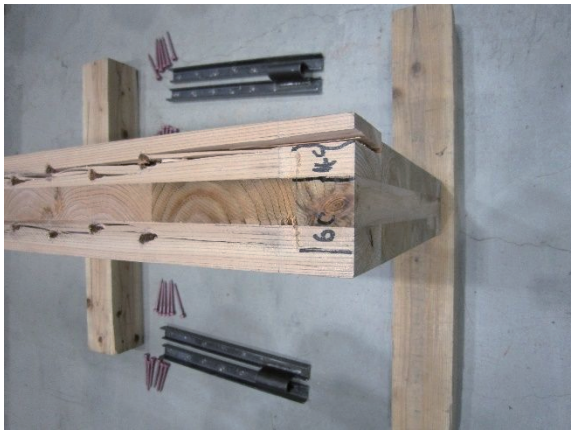


加力後試験体（4 体目）

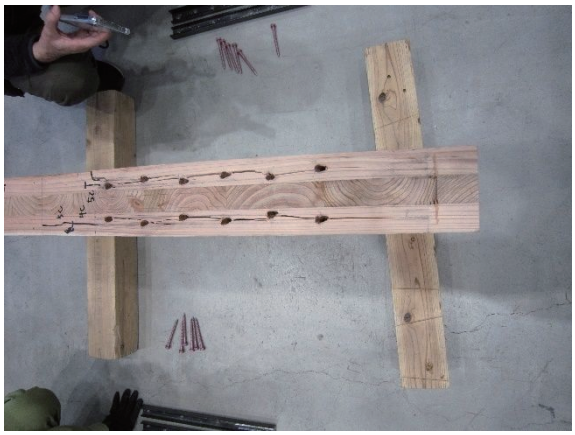
試験後の CLT 木口（4 体目）



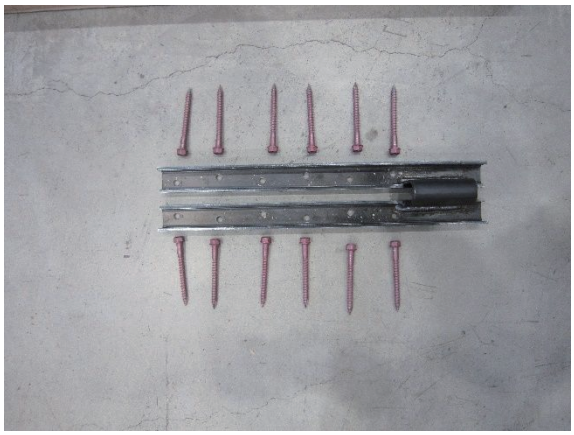
試験後の CLT 木口（1 体目）



外層ラミナの割裂（4 体目）



外層ラミナの割裂（1 体目）



試験後の金物（1 体目）

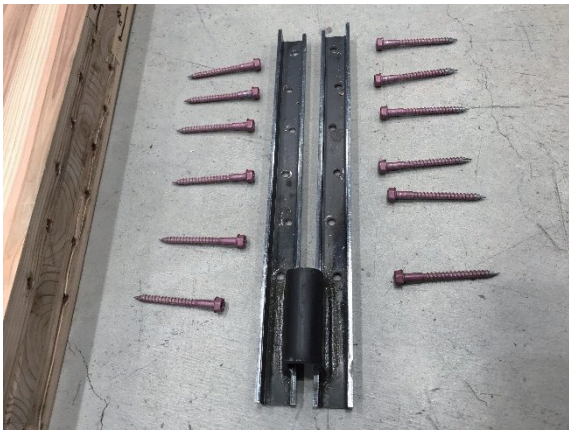
図 4.3-12 代表的な破壊性状（HD-8S12）

4.4　考察

試験結果の考察を以下に記す。

・　いずれの試験体も CLT パネルの外層ラミナが割裂して荷重低下しており、ビスの損傷は小さかった。CLT 側の要因で早期に荷重低下しているとすれば、ビスやホールダウン金物の性能を十分に活かしきれていない可能性がある。

代表的な破壊性状は割裂

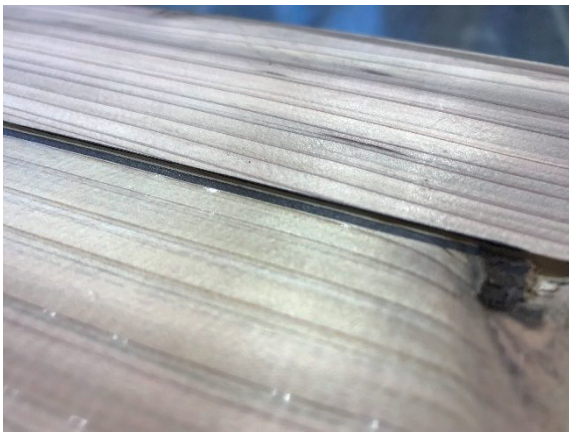


金物は損傷が小さい

・　外層ラミナの亀裂は CLT パネルの一番木口に近い側端部ラミナで生じており、隣のラミナまで進行していない様子が見られた。また、ラミナの割裂は年輪に沿って生じている様子が確認できた。

・　今回の試験体のように幅はぎ接着していない場合、ビスのめり込み量が最も大きい側端部ラミナが一体となって縦割裂し、耐力が決定されると考えられる。幅はぎ位置によっては、側端ラミナの幅が極端に小さくなる場合も考えられ、耐力低下する可能性があるので注意が必要である。

側端部ラミナの割れ



幅はぎに沿った亀裂

・　一部ホールダウン金物が僅かに CLT にめり込んでいる状況も確認できた。アンカーボルト芯位置とビスせん断面が偏心していることにより、付加曲げ応力が生じ、ホールダウン下部が CLT に対してめり込んだと考えられる。今回の試験体形状では、耐力に与える影響は大きくないと考えられるが、逆にこれを積極的に活用するような金物形状も今後の可能性として考えられる。

ホールダウンがめり込んだ痕跡①

ホールダウンがめり込んだ痕跡②

- 次ページ以降に各金物の既往実験との比較を示す。HD-S22C と HD-S29C については、既往実験と概ね同等の性能が確認できる。一方で HD-8S10 と HD-8S12 については、既往実験よりも耐力が小さくなっていることが分かる。前者は母材の樹種が同じスギであり、ビスの最小縁距離もほぼ同じであるのに対し、後者は既往実験の樹種がヒノキであること、ビスの最小縁距離が 2 倍程度違うことなどが耐力低下の主な要因であると考えられる。
- 以下に各試験体から得られる短期基準耐力をビス 1 本あたりに直した数値を比較する。HD-8S10 と HD-8S12 はφ8.0 の太径ビスを採用しているが、1 本あたりの耐力はφ6.5 仕様と概ね同等である。全体としての性能が CLT の割裂で決定しており、これ以上にビスを太径にしても、全体としての耐力は頭打ちになる可能性が高い。

試験体	HD-S22C	HD-S29C	HD-8S10	HD-8S12
使用ビス	8-φ6.5(STS・HC90)	10-φ6.5(STS・HC90)	10-φ8.0(STS8・HC90)	12-φ8.0(STS8・HC90)
短期基準耐力 （ビス１本あたり）	t_0=2.39kN	t_0=2.86kN	t_0=2.93kN	t_0=2.43kN

金物の改善案や今後の展望について記す。

- 目標耐力 20～30kN の金物としては、今回実施した HD-S22C と HD-S29C が使用できる。耐力の主な決定要因は CLT 外層ラミナの割裂であり、ビスや金物の損傷がかなり小さかったことから、今後金物の板厚を小さくしたり、ビス径や本数を小さくしても同等の耐力が得られる可能性がある。金物の軽量化の可能性は十分に考えられる。
- 目標耐力 30kN を超える金物を同様のホールダウン形式の金物で目指す場合は、CLT 外層ラミナの割裂を抑える工夫が必要である。
- 今回実施した金物形状では外層ラミナに打たれたビスのみが抵抗しているが、内層ラミナは遊んでいる状態である。内層ラミナの木口面にビスを打っても耐力は見込めないが、金物形状を工夫してダボのように効かせることは考えられる。

表 4.3-5 既往実験との比較（HD-S22C）

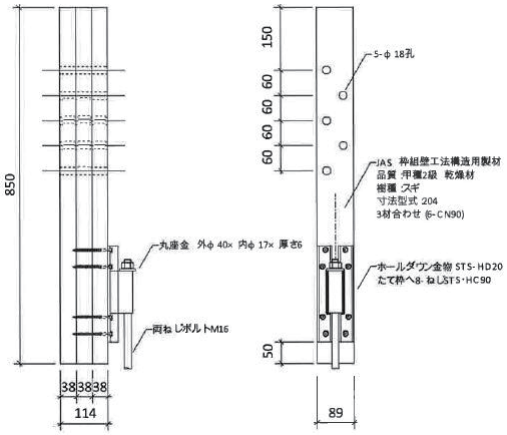
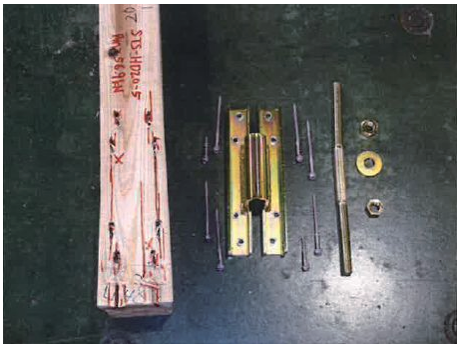
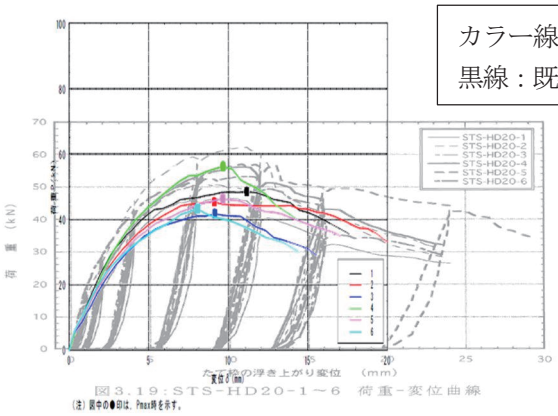
No. 1	本実験	既往実験
試験体図	 ビス径：φ6.5mm ビスの最小縁距離：14.5mm	 ビス径：φ6.5mm ビスの最小縁距離：14mm
試験写真		
母材仕様	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向	樹種：スギ JAS　枠組工法構造用製材 強度等級：甲種２級、乾燥材 寸法形式：204 たて枠長さ：850mm、3 材合わせ（6-CN90 打ち）
荷重 - 変形関係の比較	 カラー線：今回の実験 黒線：既往実験	
ビス１本あたりの性能	短期基準耐力 T_0=19.1kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=2.39kN	短期基準耐力 T_0=22.6kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=2.83kN

表 4.3-6 既往実験との比較（HD-S29C）

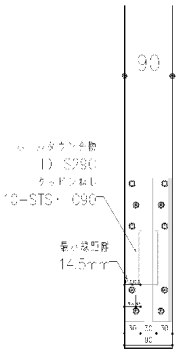
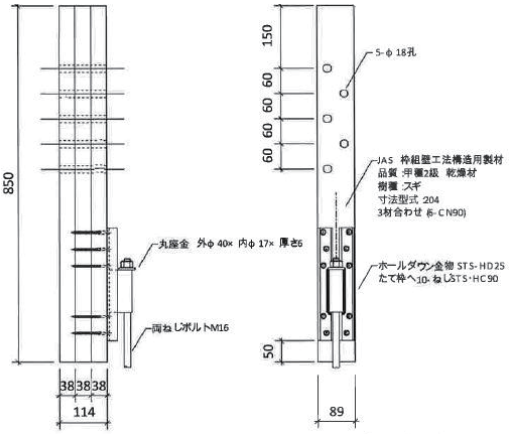
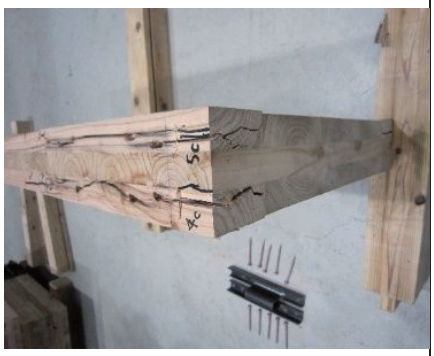
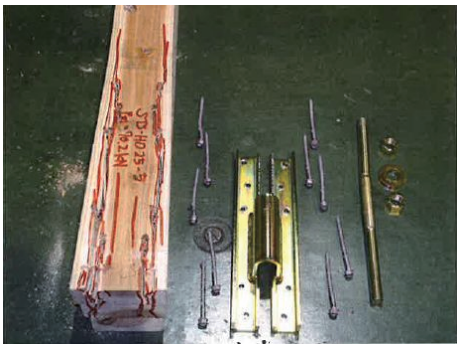
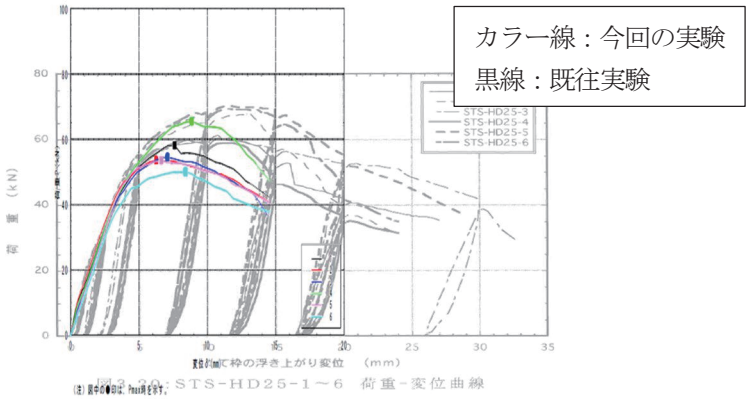
No. 2	本実験	既往実験
試験体図	 ビス径：φ6.5mm ビスの最小縁距離：14.5mm	 ビス径：φ6.5mm ビスの最小縁距離：14mm
試験写真		
母材仕様	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向	樹種：スギ JAS　枠組工法構造用製材 強度等級：甲種２級、乾燥材 寸法形式：204 たて枠長さ：850mm、3 材合わせ（6-CN90 打ち）
荷重 - 変形関係の比較	 	
ビス１本あたりの性能	短期基準耐力 T_0=28.6kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=2.86kN	短期基準耐力 T_0=29.7kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=2.97kN

表 4.3-7 既往実験との比較（HD-8S10）

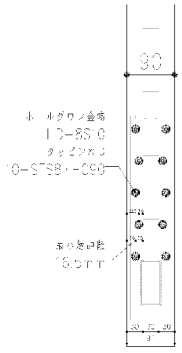
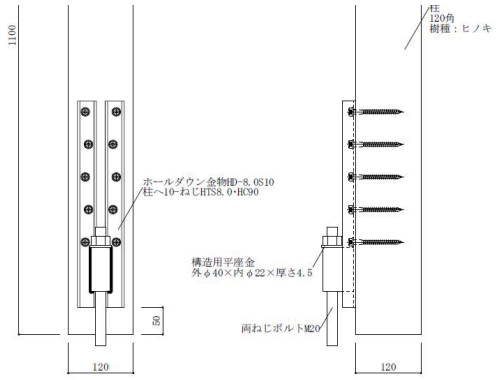
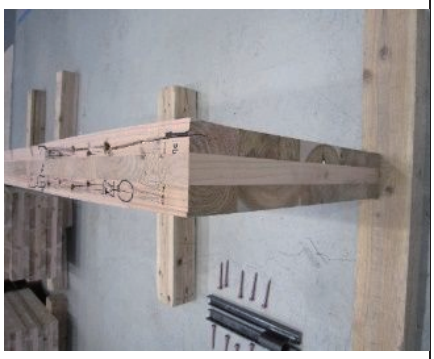
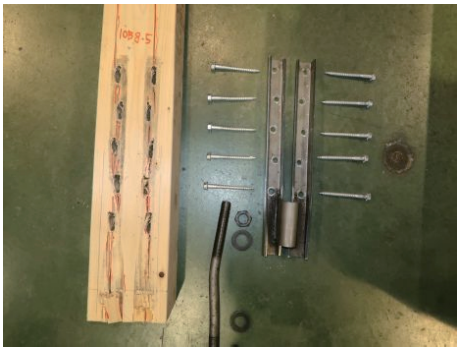
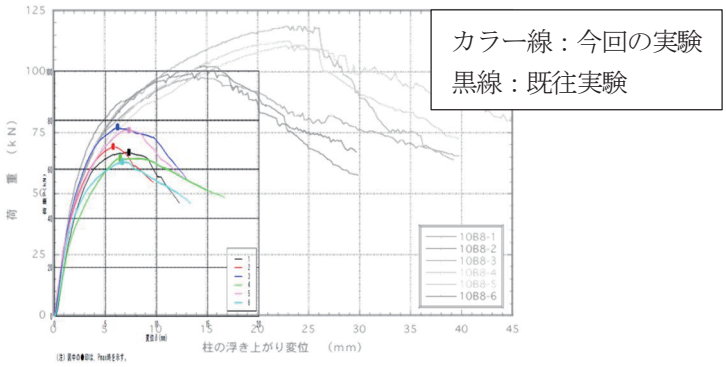
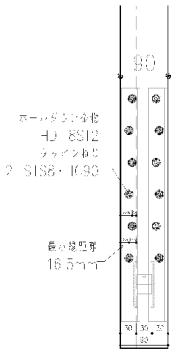
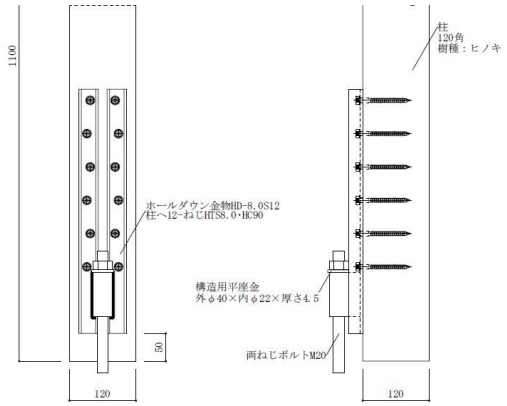
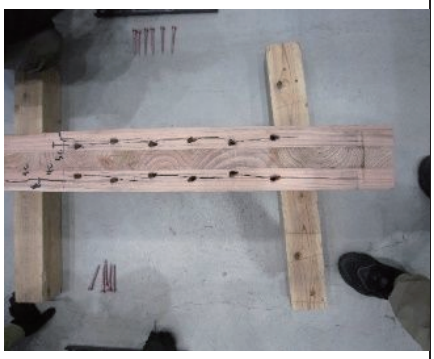
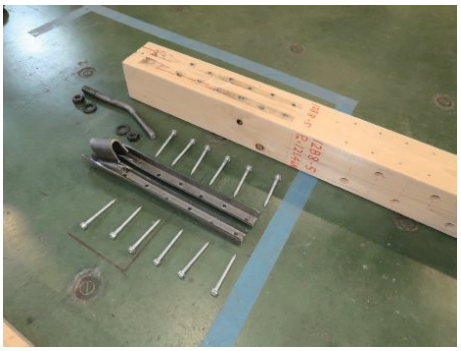
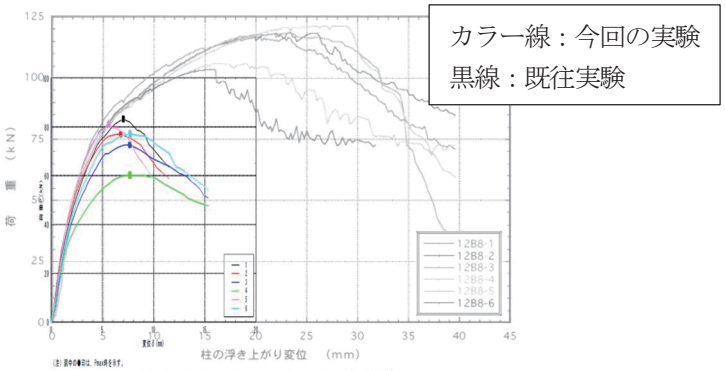
No. 3	本実験	既往実験
試験体図	 ビス径：φ8.0mm ビスの最小縁距離：16.5mm	 ビス径：φ8.0mm ビスの最小縁距離：31.5mm
試験写真		
母材仕様	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向	樹種：ヒノキ 製材 寸法：120 角
荷重 - 変形関係の比較	 	
ビス１本あたりの性能	短期基準耐力 T_0=29.3kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=2.93kN	短期基準耐力 T_0=51.8kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=5.18kN

表 4.3-8 既往実験との比較（HD-8S12）

No. 4	本実験	既往実験
試験体図	 ビス径：φ8.0mm ビスの最小縁距離：16.5mm	 ビス径：φ8.0mm ビスの最小縁距離：31.5mm
試験写真		
母材仕様	樹種：スギ 強度等級：Mx60-3-3 、A 種構成 幅はぎ部の接着なし 幅はぎ位置指定あり 厚さ：90 平面寸法：500×1000 強軸方向：長辺方向	樹種：ヒノキ 製材 寸法：120 角
荷重 - 変形関係の比較	 図4.14：12B8-1～6 包絡線	
ビス１本あたりの性能	短期基準耐力 T_0=29.1kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=2.43kN	短期基準耐力 T_0=59.0kN 短期基準耐力（ビス１本あたり） t_0=4.92kN

4.5　まとめ

本章では２階建て延べ面積 300 ㎡未満の低層小規模建築物を対象とした CLT パネル工法用金物のプロトタイプ素案の性能検証試験を実施し、設計用性能の基礎的なデータを取得した。以下に得られた結果をまとめる。

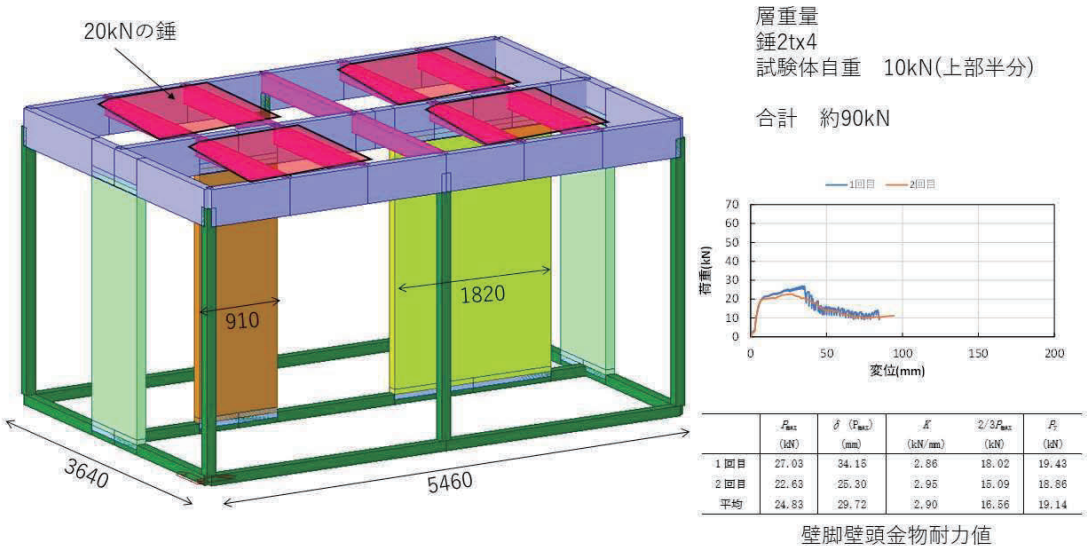
- 今年度は既往金物の形状を変更せず、比較的高耐力が見込めるホールダウン形式の金物４種類を対象として、引張接合部試験を実施した。HD-S22C および HD-S29C は C マーク表示金物で、φ6.5mm のビスを各々8 本および 10 本使用した金物である。HD-8S10 および HD-8S12 は Z マーク表示金物で、φ8.0mm のビスを各々10 本および 12 本使用した金物である。
- 接合部試験は CLT 壁パネルの両側木口面にホールダウン金物を取りつけた形式で行い、得られた金物の短期基準耐力は、HD-S22C が 19.1kN、HD-S29C が 28.6kN、HD-8S10 が 29.3kN、HD-8S12 が 29.1kN である。以上から、今回実施した金物は必要性能 20～30kN 用の引張接合金物として使用できることが確認できた。
- 枠組工法部材および軸組工法部材を対象とした既往実験との比較を行い、HD-S22C と HD-S29C については、概ね同等の性能が確認できた。一方で HD-8S10 と HD-8S12 については、既往実験よりも耐力が小さくなっていた。前者は母材の樹種が既往実験と同じスギであり、ビスの最小縁距離もほぼ同じであるのに対し、後者は既往実験が軸組工法部材を対象とした実験であり、母材の樹種がヒノキであること、ビスの最小縁距離が 2 倍程度違うことなどが耐力低下の主な要因であると考えられる。
- 各試験体の短期基準耐力をビス１本あたりに直した数値を比較すると、いずれの試験体も１本あたり 2.4～2.9kN 程度であった。φ8.0 の太径ビスを採用している金物（HD-8S10 と HD-8S12）がφ6.5 のビスを採用している金物（HD-S22C と HD-S29C）と同程度の値となることから、全体としての性能が CLT の割裂で決定しており、これ以上にビスを太径にしても、全体としての耐力は頭打ちになる可能性が高いことが分かった。
- いずれの試験体も耐力の主な決定要因は CLT 外層ラミナの割裂であり、ビスや金物の損傷がかなり小さかったことから、今後金物の板厚を小さくしたり、ビス径や本数を小さくしても、同等の耐力が得られる可能性がある。以上より、必要性能 20～30kN 用の金物としては、さらなる軽量化の可能性を確認できた。
- 一方で目標耐力 30kN を超える金物を同様のホールダウン形式の金物で目指す場合は、CLT 外層ラミナの割裂を抑える工夫が必要であることが分かった。

4.6　低層小規模建築向け接合金物を用いた CLT 建物の安全性の確認をするための解析

本章では低層小規模建築向け接合金物を用いた CLT 建物の安全性を確認することを目的に今後実験を実施する平屋建て模型建物の解析的検討の結果について報告する。これまで CLT パネル工法の告示によれば基礎－壁脚部には 4cm かつ伸び 10%以上が要求される。ここでは強度は満足するが伸び性能のないような一般の軸組構法などに用いられる接合部を用いた場合についての水平力に対する性能確認が対象である。静加力実験的に性能を確認した事例はあるものの、振動台実験においての確認がされていないため、振動台実験に向けての事前検討である。

(1)　対象の建物

図 4.5-1 に対象建物の概要を示す。静加力実験にもちいた試験体をほぼ再現しつつ、振動台のサイズに合わせてモジュールがメーターモジュールから尺モジュールに変更されている。試験体の自重のうち地震力算定重量である上半分は 10kN であり、さらに 20kN の重りを 4 か所に設置することにしている。壁脚壁頭の接合部の引張性能は図中の右に示すものであり、短期許容耐力は約 15kN である。なお、梁に継手のないものが試験体 A で継手のあるものが試験体 B であり、2 種類の実験を予定しており、解析をそれに合わせて進めた。



	P_{max} (kN)	δ (P_{max}) (mm)	K (kN/mm)	$2/3P_{max}$ (kN)	P_1 (kN)
1 回目	27.03	34.15	2.86	18.02	19.43
2 回目	22.63	25.30	2.95	15.09	18.86
平均	24.83	29.72	2.90	16.56	19.14

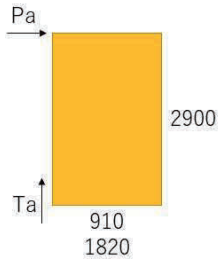
図 4.5-1　対象建物（試験体）の概要

図 4.5-2 には水平抵抗性能の概算を計算過程とともに示した。用いている金物で層の短期許容耐力を求めて検定したものが図の右上で、必要性能 18kN に対して、21kN と検定比は 0.86 であり、一般に建てられる建物と変わるものではない。また、本試験体の壁量を面積と設定した錘と壁の耐力から逆算的に求めると 54.92cm/㎡となり ZEH 水準等で想定している 1 階の壁量であり、今後建てられていく建物に対する検討として妥当なものと判断される。

金物短期耐力　Pa=約15kN

曲げ戻し効果(反曲点位置)　0.7と仮定

抑え込み荷重　考慮無しで仮定



Pa×2.9×0.7=Ta×(0.91or1.82)

Pa≒7kN、14kN　壁倍率_約4倍

層の短期耐力(金物より決定)

Qa=7+14＝21kN

層重量　約90kN

1次設計時Qd=90×0.2＝18kN ＜ Qa=21kN

試験体の単位面積当たりの重量
W=90/3.64/5.46=4.5kN/m²　約2階建て木造程度

壁量
（91cm+182cm）/(3.64×5.46)=13.73cm/㎡

壁倍率4.0による割り戻し

13.73×4=54.92cm/㎡　→概ねZEHの新基準の2階建て壁量程度

<方法②> 面積当たりの必要壁量表(ZEH水準等の数値)により確かめる方法(令第46条第4項の表の数値)

(cm/m²)

	平家	2階建て		3階建て		
		1階	2階	1階	2階	3階
軽い屋根	11	29	15	46	34	18
重い屋根	15	33	21	50	39	24
【基準(案)】 ZEH水準等の建築物	25	53	31	81	62	36

※令第88条第2項の規定により、指定した区域の場合は表の数字を1.5倍した数値
※多雪区域については、枠組壁工法の検討(案)参照(P13,14)

図 4.5-2　試験体の設計性能

(2)　解析結果

以上の建物に対して、まず、静加力解析を実施した。モデル化における仮定条件は以下のとおりである。

1．小梁はピン接合ではなく半剛接合（母材の 0.5 倍）としている。
2．大梁継ぎ手は、完全なピン接合としている。
3．ホゾパイプの引張抵抗は効かせない。

増分解析の結果を図 4.5-3 に示した。910mm 側からの加力では、1820 の壁の抑え込み荷重が多いため、傾斜復元力が大きくなり耐力が高くなることがわかる。

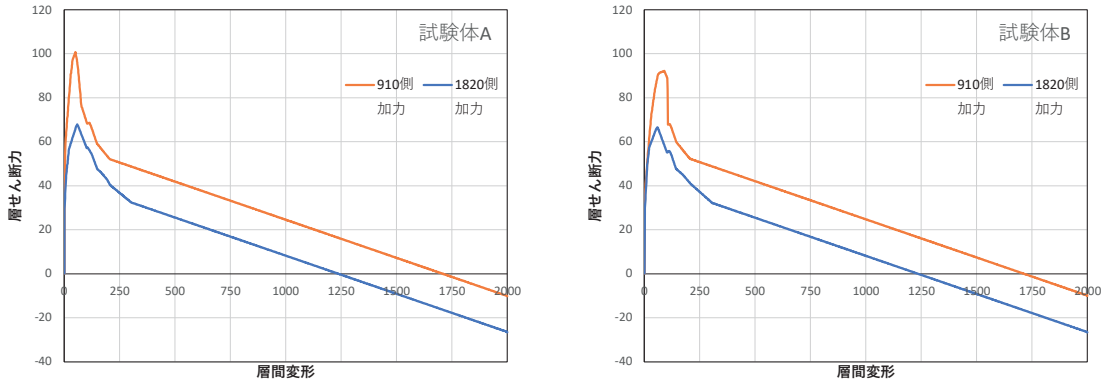


図 4.5-3　増分解析の結果

図 4.5-4 には上記で求めた荷重変形関係に 2 種地盤の告示波に対して 20%（中地震：レベル 1）と 100%（大地震：レベル 2）の Sa-Sd 関係を重ねて示した。なお、減衰は 20%では 5%を 100%では 10%を用いた。中地震に対しては金物降伏前ぐらいに収まる想定、つまり 1mm 程度の応答　1/2500 ぐらいとなり、ほとんど壁の曲げ剛性で負担レベルなので、かなりの高剛性になるという結果となった。一方、大地震に対しては金物破断するかしないかの最大荷重に達する応答レベルとなり、この時の変位が 5~10cm 程度である。ただし、不利側で最大応答となると 30cm 程度の変形が生じる可能性がある。一般の低層木造建物の壁倍率評価では 1/15 までを想定しているとみなすと、30cm は 1/10 となり、それよりも大きな変形となることが予想される。とはいえ、図 4.5-3 のとおり倒壊限界は 1m を超えており、今回実施予定の一方向加振だとすると倒壊限界よりもかなり余裕のある結果となっている。ただし、後述するように二方向入力を考えるとここまでの余裕はないことも推定される。

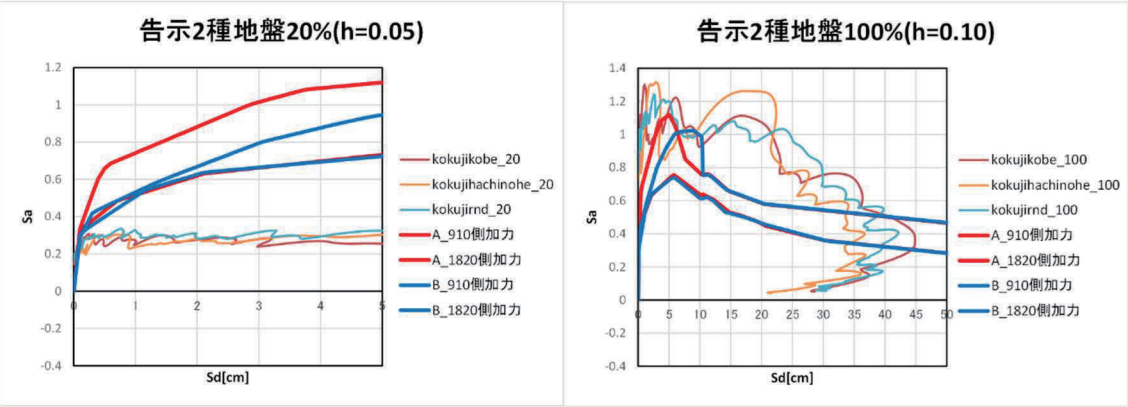


図 4.5-4　Sa-Sd との比較

観測地震波との比較として神戸波に加えていくつかの地震波の Sa-Sd（h=10%）と比較したのが図 4.5-5 である。今後実施する振動台の最大加振は神戸で 130%、そのほかの地震

波も最大入力を考慮して比較した。最大 45cm 程度変位と予想される。なお、静的増分解析の検討では応答変位が 30cm 程度超えてくると直交ホゾパイプなどは抜けてくる可能性が高く、横方向やすべりの拘束がなくなること、つまり、壁の回転や壁の横移動が想定される。45cm 程度の応答が二方向加振に対してどのような状況となるかは今後の検討課題である。一方で回転の拘束は引張抵抗に比べてその力も小さく、横方向については壁の横にストッパーを設置することにより防止することも可能であり、対処の難易度はほかと比べてさほど高くないとも考えられる。

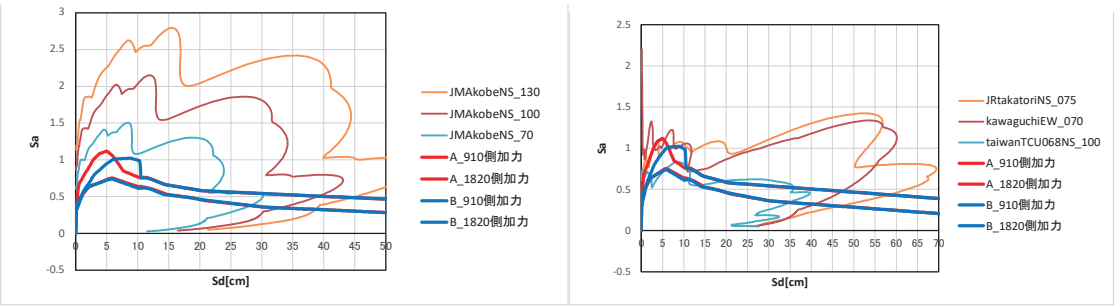


図 4.5-5　観測波との比較（左：JMA 神戸、右、鷹取ほか）

時刻歴応答解析の結果の一例として図 4.5-6 に JMA 神戸と鷹取の結果を示した。それぞれ振動台の最大加振を考慮した JMA 神戸で 25cm 程度、鷹取では 10cm 程度とスペクトルの比較よりも小さな値となっている。鷹取の結果は加速度一定領域で応答が収まった場合であるため、引張金物なしの結果についても合わせて示したものが図 4.5-7 である。それぞれ 40cm 程度で解析上強制終了となってしまった。

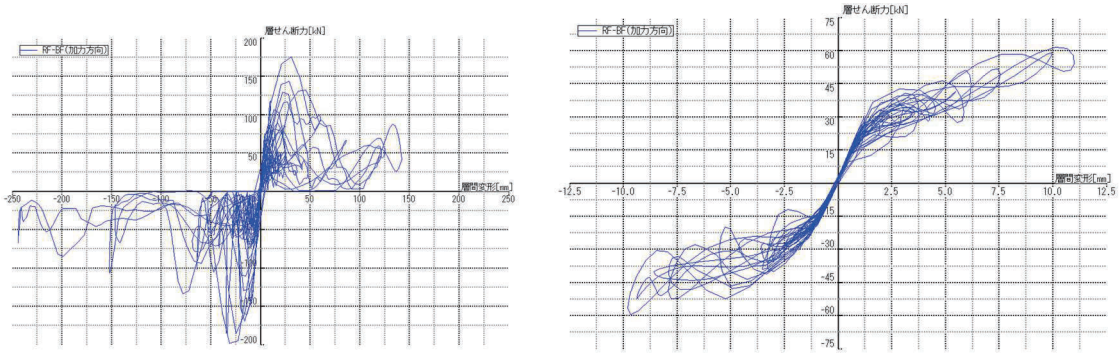


図 4.5-6　時刻歴応答解析の結果（左：JMA 神戸 130%と JR 鷹取 75%）

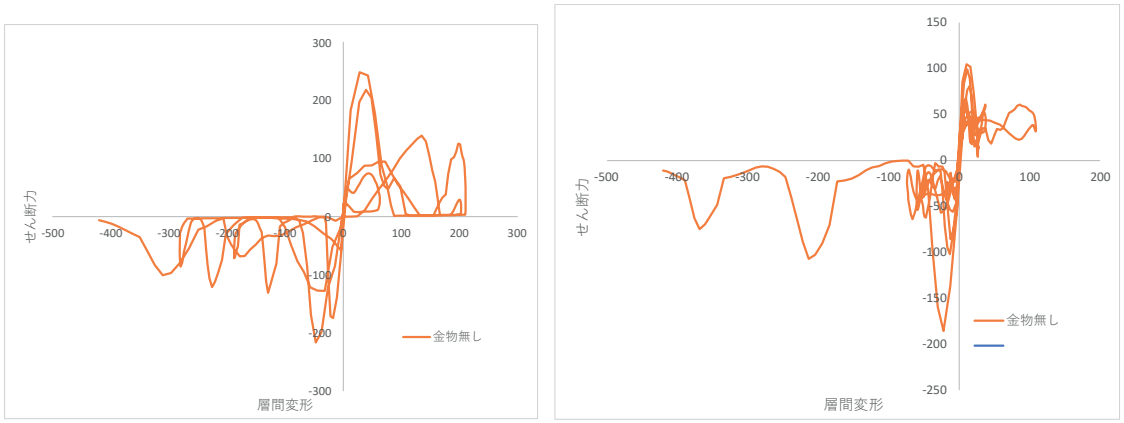


図 4.5-7　引張金物なしの結果（左：JMA 神戸 130%と JR 鷹取 75%）

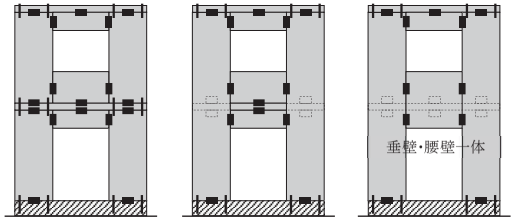
（3）まとめ

以上、許容応力度計算を検定比 0.87 で満足し、ZEH 水準等の壁量において 2 階建ての 1 階に層とする建物に対して解析的な検討を加えた。中地震に対しては法令上構造の損傷制御、仕上げの脱落防止から 1/200（1/120 まで緩和の可能性あり）が求められるが、事前の解析では 1/2500 と仕上げの損傷損傷もほとんど生じないような結果となった。一方で大地震に対しては一般には 1/30、低層では 1/15 までが限界変形角と考えられるが、それを超えるような 1/10 となった。ただし倒壊限界変形までは余裕があるとも考えられる。今後実施予定の振動台実験によりより精度の高い解析が進められるよう高度化を進める予定である。

5.1　CLT 関連告示等解説書（案）の改訂概要

平 28 国交告第 611 号(改正前)	平 28 国交告第 611 号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
第一　適用の範囲		
CLT パネル工法を用いた建築物等の構造方法は、次の各号に掲げる建築物の区分に応じ、それぞれ当該各号に定める基準に適合するものでなければならない。	CLT パネル工法を用いた建築物等の構造方法は、次の各号に掲げる建築物の区分に応じ、当該各号に定める基準に適合するものでなければならない。	
【時刻歴応答解析ルート】 一　高さが 60m を超える建築物　第十一に指定する耐久性等関係規定（ 以下単に「耐久性等関係規定」という。）に適合し、かつ、建築基準法（昭和二十五年法律第二百一号。以下「法」という。）第二十条第一項第一号後段に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。	同左	
【保有水平耐力計算（ルート 3）、限界耐力計算】 二　高さが 31m を超え、又は地階を除く階数が 4 以上の建築物（前号に掲げるものを除く。）次のいずれかに適合するものであること。 イ　第二から第七までに規定する技術的基準（ 第十二に指定するものを除く。）に適合し、かつ、第八に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。 ロ　耐久性等関係規定に適合し、かつ、建築基準法施行令（以下「令」という。）第八十一条第 2 項第一号ロに規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。 ハ　前号に定める基準に適合するものであること。	二　高さが 31m を超え、又は地階を除く階数が 7 以上（耐力壁の構造が第五第三号ハに掲げる基準に適合する場合にあっては、4 以上）の建築物（前号に掲げるものを除く。）次のいずれかに適合するものであること。 イ　同左 ロ　同左 ハ　同左	＊　ルート 2 の上限階数の緩和に伴う変更。
【許容応力度等計算（ルート 2）】 三　高さが 31m 以下及び地階を除く階数が 3 以下の建築物（次号に掲げる建築物を除く。）次のいずれかに適合するものであること。 イ　第二から第七までに規定する技術的基準に適合し、かつ、第九に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。 ロ　前二号に定める基準のいずれかに適合するものであること。	三　高さが 31m 以下及び地階を除く階数が 6 以下（耐力壁の構造が第五第三号ハに掲げる基準に適合する場合にあっては、3 以下）の建築物（次号に掲げる建築物を除く。）次のいずれかに適合するものであること。 イ　同左 ロ　同左	• ルート 2 の上限階数の緩和 小幅パネル架構・大版パネル架構①　6 階以下 大版パネル架構②　3 階以下（緩和なし） ※ 構造計算フロー等の修正
【許容応力度計算（ルート 1）】 四　高さが 13m 以下、軒の高さが 9m 以下及び地階を除く階数が 3 以下の建築物　次のいずれかに適合するものであること。 イ　第二から第七までに規定する技術的基準に適合し、かつ、第十に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。 ロ　前三号に定める基準のいずれかに適合するものであること。	同左	
		表 2.2.1-1　構造計算ルートと仕様規定の適用関係 • 告示改正に伴う修正
第二　材料		
【CLT パネルの品質】 一　構造耐力上主要な部分（間柱、小ばりその他これらに類するものを除く。）に使用する直交集成板は、直交集成板の日本農林規格（平成二十五年農林水産省告示第三千七十九号。以下「直交集成板規格」という。）に規定する直交集成板又は法第三十七条第二号の規定による国土交通大臣の認定を受け、かつ、平成十三年国土交通省告示第千二十四号第一第十九号ニ及び第二第十八号ニの規定に基づき、国土交通大臣がその許容応力度及び材料強度の数値を指定した直交集成板（これらの直交集成板の各ラミナの厚さが 24mm 以上 36mm 以下である場合に限る。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、直交集成板の材料特性を適切に考慮し、安全上支障のないことが確かめられた場合にあっては、この限りでない。）とすること。	同左	
【柱・梁の品質】 二　構造耐力上主要な部分である柱及び横架材（間柱、小ばりその他これらに類するものを除く。）に使用する集成材その他の木材は、昭和六十二年建設省告示第千八百九十八号第一号から第六号までに掲げる基準のいずれかに適合すること。	同左	
【接合部に使用する材料の品質】 三　接合部に使用する材料は、その種類に応じて構造耐力上必要な品質を有するものとすること。	同左	

平 28 国交告第 611 号(改正前)	平 28 国交告第 611 号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
第三　土台 [第二号はルート 3 の構造計算による場合は適用除外]		
一　構造耐力上主要な部分である土台を設ける場合にあっては、当該土台は基礎に緊結しなければならない。	同左	
二　構造耐力上主要な部分である土台を設ける場合にあっては、当該土台の幅は当該土台の上部に設ける耐力壁の厚さと同寸法以上にしなければならない。	同左	
第四　床版 [ルート 3 の構造計算による場合は適用除外]		
一　床版は、水平力によって生ずる力を構造耐力上有効に耐力壁(最下階に床版を設ける場合にあっては、土台又は基礎)に伝えることができる剛性及び耐力を有する構造としなければならない。ただし、建築物に作用する水平力を負担しない部分については、この限りでない。	同左	
二　床版に床パネル(一の直交集成板で次のイからハまでのいずれかに該当するものをいう。以下同じ。)を使用する場合にあっては、床パネルとして使用する直交集成板の外層ラミナの方向は、当該床パネルの長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。 イ　形状が矩形であり、かつ、構造耐力上支障のある開口部又は欠き込み(以下「開口部等」という。)を設けないもの ロ　形状が矩形であるものに開口部等を設けたもので、かつ、開口部等を設けない場合と同等以上の剛性及び耐力を有するように当該開口部等の周囲が補強されているもの ハ　形状が矩形であるものに開口部等を設けたもので、かつ、当該パネルの剛性及び耐力の低減について特別な調査又は研究の結果に基づき算出した上で構造耐力上主要な部分として構造計算を行うもの	二　床版に一の直交集成板で次のイからハまでのいずれかに該当するものを使用する場合にあっては、当該直交集成板の外層ラミナの方向は、当該直交集成板の長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。 イ　同左 ロ　同左 ハ　形状が矩形であるものに開口部等を設けたもので、かつ、当該直交集成板の剛性及び耐力の低減について特別な調査又は研究の結果に基づき算出した上で構造耐力上主要な部分として構造計算を行い構造耐力上安全であることが確かめられたもの	＊「床パネル」は第三号で定義。 付録 CD「参考 2　構造計算上の留意点」第 3 章 • 開口を有する CLT パネルの構造性能評価方法を記述。 • 「マニュアル参照」に変更。
三　床版に床パネルを使用する場合にあっては、床パネルは、平行する二つの壁又ははりによって、構造耐力上有効に支持しなければならない。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、安全上及び使用上支障のないことが確かめられた場合にあっては、この限りでない。	三　床版に床パネル(一の直交集成板で、前号イからハまでのいずれかに該当するもの又はその形状が四角形であり、かつ、その剛性及び耐力の低減について特別な調査若しくは研究の結果に基づき算出した上で構造耐力上主要な部分として構造計算を行い構造耐力上安全であることが確かめられたものをいう。以下同じ。)を使用する場合にあっては、床パネルを、平行する二つの壁又ははりによって、構造耐力上有効に支持しなければならない。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、安全上及び使用上支障のないことが確かめられた場合にあっては、この限りでない。	• 特別な調査・研究による四角形(非矩形)床パネル、斜辺支持を許容。 ※ 非矩形床パネルの有効支持スパン、鉛直構面への荷重伝達 付録 CD「参考 2　構造計算上の留意点」第 4 章 • 2 方向持出しを記述。 • 床パネル、斜辺支持を含めて「マニュアル参照」に変更。
四　床版に床パネルを使用する場合にあっては、床パネル相互は、構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、床パネル相互が接する線と耐力壁線が交さする部分は、当該部分に生ずる引張応力を伝えるように緊結しなければならない。	同左	
五　吹抜きその他床版を設けない部分で外壁に接する部分は、はりを設けることその他の方法により風圧力その他の外力に対して構造耐力上有効に補強しなければならない。	同左	
第五　壁等 [波下線部を除きルート 3 の構造計算による場合は適用除外]		
一　耐力壁は、壁パネル(次に掲げるものをいう。以下同じ。)を使用したものとし、建築物に作用する水平力及び鉛直力に対して安全であるように釣合いよく配置するとともに、CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルを除き、床版の上部に配置しなければならない。この場合において、耐力壁の負担する鉛直力を負担する柱又は耐力壁以外の壁を設ける場合においては、当該耐力壁に代えて当該柱又は耐力壁以外の壁を配置することができる。 イ　無開口壁パネル(一の直交集成板で第四第二号イからハまでのいずれかに該当するものをいう。以下同じ。) ロ　有開口壁パネル(開口部等を有する一の直交集成板でイに規定する無開口壁パネルに該当しないものをいう。以下同じ。)であって、垂れ壁部分(当該開口部等の直上の部分をいう。以下同じ。)、腰壁部分(当該開口部等の直下の部分をいう。以下同じ。)及び袖壁部分(腰壁部分及び垂れ壁部分以外の部分をいう。以下同じ。)がそれぞれ第四第二号イからハまでのいずれかに該当するもの	一　耐力壁は、壁パネル(次に掲げるものをいう。以下同じ。)を使用したものとし、建築物に作用する水平力及び鉛直力に対して安全であるように釣合いよく配置するとともに、CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルを除き、床版(2 以上の階に連続して一の耐力壁を設ける場合にあって、当該耐力壁の構造が第三号イ又はロに掲げる基準に適合するときは、当該耐力壁の脚部にある階の床版)の上部に配置しなければならない。この場合において、耐力壁の負担する鉛直力を負担する柱又は耐力壁以外の壁を設ける場合においては、当該耐力壁に代えて当該柱又は耐力壁以外の壁を配置することができる。 イ　同左 ロ　同左	• 小幅パネル架構、大版パネル架構①において「通し壁」をルート 1, 2 でも許容。
二　壁パネルとして使用する直交集成板の外層ラミナの方向は、当該壁パネルの長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。	同左	

平28国交告第611号(改正前)	平28国交告第611号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
三　耐力壁の構造は、次のイからハまでのいずれかに適合しなければならない。 イ　次の(1)から(3)までに掲げる基準に適合すること【小幅パネル架構】 (1)　無開口壁パネルを使用し、かつ、有開口壁パネルを使用しないこと。 (2)　垂れ壁パネル(無開口壁パネルを垂れ壁として使用する場合における当該無開口壁パネルをいう。以下同じ。)を設ける場合にあっては当該垂れ壁パネルの両側、腰壁パネル(無開口壁パネルを腰壁として使用する場合における当該無開口壁パネルをいう。以下同じ。)を設ける場合にあっては当該腰壁パネルの両側に、袖壁パネル(無開口壁パネルを袖壁として使用する場合における当該無開口壁パネルをいう。以下同じ。)(ロに適合する耐力壁の構造と同一の方向(張り間方向及び桁行方向をいう。以下同じ。)で併用する場合にあっては、袖壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分)を設け、構造耐力上有効に緊結しなければならない。 (3)　無開口壁パネルは、構造耐力上主要な部分である床版その他の部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、無開口壁パネル(垂れ壁パネル及び腰壁パネルを除く。)の上下四隅は、次に掲げる基準に適合するように緊結しなければならない。 (ⅰ)　次に掲げる部分を緊結すること。 (イ)　CLTパネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分 (ロ)　上下階の壁パネル相互又は壁パネルと床版、小屋組若しくは屋根版 (ⅱ)　接合部は、当該接合部に生ずる引張応力を伝えるように緊結すること。 ロ　次の(1)から(3)までに掲げる基準に適合すること【大版パネル架構①】 (1)　有開口壁パネル又は有開口壁パネル及び無開口壁パネル(垂れ壁パネル、腰壁パネル及び袖壁パネルを除く。以下「独立無開口壁パネル」という。)を使用すること。 (2)　有開口壁パネルの端に袖壁部分を設けない場合にあっては、当該有開口壁パネルの垂れ壁部分又は腰壁部分(袖壁を設けていない部分に限る。)は、当該有開口壁パネルと同一方向に設けた独立無開口壁パネル(イに適合する耐力壁の構造と同一の方向で併用する場合にあっては、無開口壁パネル(垂れ壁パネル及び腰壁パネルを除く。))又は他の有開口壁パネルの袖壁部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。 (3)　独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルは、構造耐力上主要な部分である床版その他の部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分の上下四隅は、イ(3)(ⅰ)及び(ⅱ)に掲げる基準に適合するように緊結しなければならない。 ハ　次の(1)及び(2)に掲げる基準に適合すること【大版パネル架構②】 (1)　ロ(1)及び(2)に掲げる基準に適合すること。 (2)　独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルは、構造耐力上主要な部分である床版その他の部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの上下四隅(有開口壁パネルの端に袖壁部分を設けない場合にあっては、当該有開口壁パネルの垂れ壁部分又は腰壁部分(袖壁を設けていない部分に限る。)の隅部を除く。)は、イ及びに掲げる基準に適合しなければならない。	同左	• 標準的架構に通し壁架構が含まれる。 • 通し壁架構の標準仕様(特に床版の支持・接合方法)  ※　通し壁架構の標準仕様、モデル化など
四　地階の壁は、鉄筋コンクリート造としなければならない。ただし、直接土に接する部分及び地面から30cm以内の外周の部分以外の壁は、構造耐力上安全なものとした壁パネルを使用することができる。	同左	
第六　小屋組等 [ルート3の構造計算による場合は適用除外]		
第四第一号から第五号までに掲げる基準に適合する構造としなければならない。この場合において、これらの規定(第四第一号を除く。)中「床版」とあるのは「小屋組又は屋根版」と、「床パネル」とあるのは「屋根パネル」と、同号中「床版は」とあるのは「小屋組又は屋根版は」と、「耐力壁(最下階に床版を設ける場合にあっては、土台又は基礎)」とあるのは「耐力壁」と読み替えるものとする。	同左	
第七　防腐措置等		
一　土台及び耐力壁が基礎と接する面の下地には、防水紙その他これに類するものを使用しなければならない。	同左	

<table>
<tr><th>平 28 国交告第 611 号(改正前)</th><th>平 28 国交告第 611 号(改正後)</th><th>告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項</th></tr>
<tr><td>二　地面から 1m 以内の構造耐力上主要な部分(床版の屋外に面しない部分を除く。)に使用する木材には、有効な防腐措置を講ずるとともに、必要に応じて、しろありその他の虫による害を防ぐための措置を講じなければならない。</td><td>同左</td><td></td></tr>
<tr><td>三　構造耐力上主要な部分のうち、直接土に接する部分及び地面から 30cm 以内の外周の部分は、鉄筋コンクリート造若しくは鉄骨造とするか、又は腐朽及びしろありその他の虫による害を防ぐための措置を講じなければならない。</td><td>同左</td><td></td></tr>
<tr><td>四　腐食のおそれのある部分及び常時湿潤状態となるおそれのある部分の部材を緊結するための金物には、有効なさび止めのための措置を講じなければならない。</td><td>同左</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">第八　保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算(ルート３)</td></tr>
<tr><td>令第八十一条第 2 項第一号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算は、次に定める基準に従った構造計算とする。</td><td>同左</td><td></td></tr>
<tr><td>一　令第三章第八節第一款の二に定めるところによること。この場合において、令第八十二条の三第二号中「各階の構造特性を表すものとして、建築物の構造耐力上主要な部分の構造方法に応じた減衰性及び各階の靭性を考慮して国土交通大臣が定める数値」とあるのは、「平成二十八年国土交通省告示第 611 号第八第二号に定める数値」と読み替えるものとする。</td><td>同左</td><td></td></tr>
<tr><td>二　建築物の各階の Ds は、次のイからトまでに定める基準に適合する場合にあっては耐力壁の構造並びに無開口壁パネル(垂れ壁パネル及び腰壁パネルを除く。)及び有開口壁パネルの袖壁部分(以下「無開口壁パネル等」という。)の長さに応じて次の表に掲げる数値以上の数値とし、当該基準に適合しない場合にあっては 0.75 以上の数値とする。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、当該建築物の振動に関する減衰性及び当該階の靭性を適切に評価して算出することができる場合においては、当該算出によることができる。

<table>
<tr><th rowspan="2">耐力壁の構造</th><th colspan="3">無開口壁パネル等の長さ</th></tr>
<tr><th>90cm 以上、1.5m 以下の場合</th><th>1.5m 超え、2m 以下の場合</th><th>2m を超える場合</th></tr>
<tr><td>第五第二号及び第三号イ((2)を除く。)又はロ((2)を除く。)に適合するもの【小幅、大版①】</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.55</td></tr>
<tr><td>第五第二号及び第三号ハ((1)(同号ロ(2)に係る部分に限る。)を除く。)に適合するもの【大版②】</td><td>0.55</td><td>0.55</td><td>0.55</td></tr>
<tr><td colspan="4">この表において、Ds を計算する階における耐力壁の構造及び無開口壁パネル等の長さについて、異なる区分のものが混在する場合は、異なる区分ごとの数値のうち最大の数値を当該階の Ds とする。</td></tr>
</table>

イ　耐力壁の構造が、次のいずれかに適合するものであること。
(1)　第五第二号及び第三号イ((2)を除く。)又はロ((2)を除く。)に掲げる基準に適合すること。【小幅、大版①】
(2)　第五第二号及び第三号ハ((1)(同号ロ(2)に係る部分に限る。)を除く。)に掲げる基準に適合すること。【大版②】
ロ　無開口壁パネル等の長さが 90cm 以上であること。
ハ　垂れ壁パネル及び有開口壁パネルの垂れ壁部分(以下「垂れ壁パネル等」という。)並びに腰壁パネル及び有開口壁パネルの腰壁部分(以下「腰壁パネル等」という。)の長さが 70cm 以上 4m 以下であること。
ニ　引張応力を負担する接合部(以下「引張接合部」という。)が、その緊結する部分に応じて、それぞれ次に定める基準に適合すること。
(1)　第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に掲げる部分　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 4cm 以上で、伸び率(当該接合部の引張応力に対して有効な部分の長さに対する当該部分の終局引張耐力時の変形量の割合をいう。以下同じ。)が 10%以上であること。</td><td>二　建築物の各階の Ds は、次のイからトまでに定める基準に適合する場合にあっては次の表の上欄に掲げる耐力壁の構造に応じてそれぞれ同表の下欄に掲げる数値以上の数値とし、当該基準に適合しない場合にあっては 0.75 以上の数値とする。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、当該建築物の振動に関する減衰性及び当該階の靭性を適切に評価して算出することができる場合においては、当該算出によることができる。

<table>
<tr><th>耐力壁の構造</th><th>数　値</th></tr>
<tr><td>イ(1)に適合するもの【小幅、大版①】</td><td>0.4</td></tr>
<tr><td>イ(2)に適合するもの【大版②】</td><td>0.55</td></tr>
<tr><td colspan="2">この表において、Ds を計算する階における耐力壁の構造について、異なる区分のものが混在する場合は、0.55 を当該階の数値とする。</td></tr>
</table>

イ　同左
ロ　無開口壁パネル(垂壁パネル及び腰壁パネルを除く)及び有開口壁パネルの袖壁部分(以下「無開口壁パネル等」という。)の長さが 90cm 以上であること。
ハ　同左
ニ　次に掲げる引張応力を負担する接合部(以下「引張接合部」という。)が、それぞれ次に定める基準に適合すること。
(1)　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分との接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 4cm 以上で、伸び率(当該接合部の引張応力に対して有効な部分の長さに対する当該部分の終局引張耐力時の変形量の割合をいう。以下同じ。)が 10%以上であること。</td><td>• 小幅パネル架構、大版パネル架構①の Ds の緩和

付録 CD「参考 2　構造計算上の留意点」第 6 章
• 増分解析結果に基づく Ds の計算方法を記述。
• 「マニュアル参照」に変更。

付録 CD「参考 5　CLT 工法における接合部試験・評価方法」
• 本号冒頭のただし書き適用として試験による性能確認を許容。
• 「マニュアル参照」に変更。</td></tr>
</table>

平 28 国交告第 611 号(改正前)	平 28 国交告第 611 号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
(2) 第五第三号イ(3)(ｉ)(ロ)に掲げる部分　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局耐力時の変形量が 2cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。	(2) 上下階の壁パネル相互の接合部又は壁パネルと床版との接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局耐力時の変形量が 2cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。	• 壁-屋根引張接合部を除外
ホ 垂れ壁パネル等を設ける場合にあっては、次に掲げる措置又はこれと同等以上に有効な垂れ壁パネル等の脱落防止措置を講じていること。 (1) 垂れ壁パネルを設ける場合にあっては、袖壁パネルに幅が 45mm 以上の欠き込みを設け、又は厚さが当該垂れ壁パネルと同寸法以上で幅が 45mm 以上の受け材を設置すること。 (2) 有開口壁パネルに垂れ壁部分を設ける場合にあっては、厚さが当該垂れ壁部分と同寸法以上で幅が 45mm 以上の受け材を設置すること。	ホ 同左	
ヘ 耐力壁線上に壁パネルを設けない部分を有する場合にあっては、当該部分の上部に設けられたはり、床版又は屋根版が脱落しないための措置を講じていること。	ヘ 同左	
ト 第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に掲げる部分の接合部が降伏する場合において、当該接合部以外の CLT パネル工法を用いる建築物等の部分が降伏しないことが確かめられたものであること。	ト 同左	
第九　許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算(ルート２)		
令第八十一条第 2 項第二号イに規定する許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算は、次に定める基準に従った構造計算とする。	同左	
一 令第八十二条の六に定めるところによること。	同左	
二 令第八十二条第一号の規定により計算した当該階の構造耐力上主要な部分に生ずる令第八十八条第一項の規定による地震力による応力の数値に、構造耐力上主要な部分の種類に応じて次に掲げる応力割増し係数を乗じて得た数値を当該応力の数値として令第八十二条第二号及び第三号に規定する構造計算を行うこと。	二 令第八十二条第一号の規定により計算した当該階の構造耐力上主要な部分に生ずる令第八十八条第一項の規定による地震力による応力の数値に、次に掲げる構造耐力上主要な部分の種類に応じてそれぞれ次に定める応力割増し係数を乗じて得た数値を当該応力の数値として令第八十二条第二号及び第三号に規定する構造計算を行うこと。	
イ 引張接合部(第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に掲げる部分の接合部を除く。) 及びせん断応力を負担する接合部(以下「せん断接合部」という。) 2.5 以上の数値とする。	イ 引張接合部(上下階の壁パネル相互又は壁パネルと床版との接合部に限る。)及びせん断応力を負担する接合部(以下「せん断接合部」という。) 次の表の上欄に掲げる耐力壁の構造に応じてそれぞれ同表の下欄に掲げる数値以上の数値。 耐力壁の構造 ／ 数　値 第五号イ又はロに掲げる基準に適合するもの【小幅、大版①】 ／ 2.0 第五号ハに掲げる基準に適合するもの【大版②】 ／ 2.5 この表において、応力割増し係数を計算する階における耐力壁の構造について、異なる区分のものが混在する場合は、2.5 を当該階の応力割増し係数とする。	• Rf の緩和 部　位 ／ 小幅パネル架構 大版パネル架構① ／ 大版パネル架構② 前提※1OK ／ 前提※1NG ／ 前提※1OK ／ 前提※1NG 上下壁間引張接合部 壁-床版引張接合部 せん断接合部 ／ 2.0 ／ 2.5 上記以外の接合部、部材※2 ／ 1.0 ／ 2.5 ／ 1.8 ／ 2.5 ※1 前提：第八第二号ロ～ト ※2 水平構面、基礎も含まれる
ロ イ以外の構造耐力上主要な部分　次に掲げる基準に適合する場合にあっては耐力壁の構造及び無開口壁パネル等の長さに応じて次の表に掲げる数値以上の数値とし、当該基準に適合しない場合にあっては 2.5 以上の数値とする。 (1) 第八第二号ロからトまでに掲げる基準に適合すること。 (2) 耐力壁の構造が、次のいずれかに適合するものであること。 (ｉ) 第五第三号イ又はロに掲げる基準に適合すること。 (ii) 第五第三号ハに掲げる基準に適合すること。 耐力壁の構造 ／ 無開口壁パネル等の長さ 90cm 以上 1.5m 以下の場合 ／ 1.5m 超え、2m 以下の場合 ／ 2m を超える場合 第五第三号イ又はロに適合するもの【小幅、大版①】 ／ 1.3 ／ 1.6 ／ 1.8 第五第三号ハに適合するもの【大版②】 ／ 1.8 ／ 1.8 ／ 1.8 この表において、応力割増し係数を計算する階における無開口壁パネル等の長さについて、異なる区分のものが混在する場合は、異なる区分ごとの数値のうち最大の数値を当該階の応力割増し係数とする。	ロ 壁パネルと小屋組又は屋根版との引張接合部及びイに掲げる構造耐力上主要な部分以外の構造耐力上主要な部分　次に掲げる基準に適合する場合にあっては次の表の上欄に掲げる耐力壁の構造に応じてそれぞれ同表の下欄に掲げる数値以上の数値とし、当該基準に適合しない場合にあっては 2.5 以上の数値。 (1) 同左 (2) 同左 耐力壁の構造 ／ 数　値 ロ(2)(ｉ)に適合するもの【小幅、大版①】 ／ 1.0 ロ(2)(ii)に適合するもの【大版②】 ／ 1.8 この表において、応力割増し係数を計算する階における耐力壁の構造について、異なる区分のものが混在する場合は、1.8 を当該階の応力割増し係数とする。	

平 28 国交告第 611 号(改正前)	平 28 国交告第 611 号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
	2　前項に定める基準に従った構造計算は、次の各号に掲げる引張接合部が、当該各号に定める基準に適合する場合に適用する。	• Rf＝2.5 の場合も引張接合部靭性規定を適用 ＊　壁-屋根引張接合部は除外
	一　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分との接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 4cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。	
	二　上下階の壁パネル相互の接合部又は壁パネルと床版の接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 2cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。	
第十 令第八十二条各号及び令第八十二条の四に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算(ルート 1)		
令第八十一条第 3 項に規定する令第八十二条各号及び令第八十二条の四に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算は、次の各号に定める基準のいずれかに従った構造計算とする。	同左	
一　次に定めるところによること。 イ　令第八十二条各号及び令第八十二条の四に定めるところによること。 ロ　令第八十八条第一項に規定する標準層せん断力係数を 0.3 以上として計算した地震力によって構造耐力上主要な部分(耐力壁を除く。)に生ずる力を計算して令第八十二条第一号から第三号までに規定する構造計算を行うこと。 ハ　令第八十二条の六第二号ロに定めるところにより張り間方向及び桁行方向の偏心率を計算し、それぞれ 0.15 を超えないことを確かめること。ただし、偏心率が 0.15 を超える方向について、次のいずれかに該当する場合にあっては、この限りでない。 (1) 偏心率が 0.3 以下であり、かつ、令第八十八条第一項に規定する地震力について標準層せん断力係数を 0.2 に昭和五十五年建設省告示第千七百九十二号第七の表二に掲げる Fe の数値を乗じて得た数値以上とする計算をして令第八十二条第一号から第三号までに規定する構造計算を行って安全性が確かめられた場合 (2) 偏心率が 0.3 以下であり、かつ、令第八十八条第一項に規定する地震力が作用する場合における各階の構造耐力上主要な部分の当該階の剛心からの距離に応じたねじれの大きさを考慮して当該構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算して令第八十二条第一号から第三号までに規定する構造計算を行って安全性が確かめられた場合	同左	
二　前号イに定めるところによること。	同左	
2　前項の場合において、同項第一号に定める基準に従った構造計算は、次の各号に定める基準に適合する場合に適用し、同項第二号に定める基準に従った構造計算は、建築物が平成十九年国土交通省告示第五百九十三号第四号イ又はロに該当する場合に適用する。	2　前項第一号に定める基準に従った構造計算は、次の各号に定める基準に適合する場合に適用し、同項第二号に定める基準に従った構造計算は、建築物が平成十九年国土交通省告示第五百九十三号第四号イ又はロに該当する場合に適用する。	
一　耐力壁の構造が、第五第三号イ又はロに掲げる基準に適合するものであること。	同左	
二　耐力壁として設ける無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分、垂れ壁部分若しくは腰壁部分に第四第二号ハに該当する開口部等を設ける場合にあっては、当該開口部等の寸法は、24cm 角以下であること。	二　耐力壁として設ける無開口壁パネル又は有開口壁パネルの垂れ壁部分、腰壁部分若しくは袖壁部分(以下この号において「垂壁部分等」という。)であって、第四第二号ハに該当するものにあっては、無開口壁パネル又は有開口壁パネルの垂れ壁部分等に設けた開口部等の寸法は 25cm 角以下とするとともに、無開口壁パネル又は有開口壁パネルの垂れ壁部分等が構造耐力上安全であるよう当該開口部等を適当な位置に設けること。	• 壁パネル小開口の大きさ緩和　24cm 角 → 25cm 角 • 耐力壁への小開口設置を前提とした構造安全性確保 ※ 小開口の配置ルール → 第四第二号ハ(第五第一号イ)　特別な調査・研究に基づく壁パネルの小開口
三　耐力壁として設ける無開口壁パネル等の下階に、次に掲げる基準に適合する無開口壁パネル等を耐力壁として設けること。 イ　上階の無開口壁パネル等と同じ長さ、かつ、同寸法以上の厚さであること。 ロ　接合部(第五第三号イ(3)(ⅰ)(イ)に掲げる部分の接合部を除く。)は、上階の無開口壁パネル等の接合部と同等の耐力及び変形性能を有するものであること。	同左	
四　各階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等の長さは、次の式に適合するものとすること。 $\sum Q_a L \geqq P$ この式において、Q_a、L 及び P は、それぞれ次の数値を表すものとする。 Q_a　当該階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等(長さが 90cm 以上 2m 以下であるものに限り、第二号の規定による開口部等を設けたものを除く。)のうち計算	四　各階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等の長さは、次の式に適合するものとすること。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、当該耐力壁の脚部における曲げモーメントを適切に評価して算出することができる場合においては、当該算出によることができる。 $\sum Q_a L \geqq P$ この式において、Q_a、L 及び P は、それぞれ次の数値を表すものとする。 Q_a　当該階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等(長さが 90cm 以上 2m 以下であるものに限る。)のうち計算しようとする方向に設けたものの許容せん断耐力で、次の式によって計算した数値(単位 kN/m)	• 特別な調査・研究により転倒モーメントによる水平耐力検定を許容 ※ 転倒モーメントによる水平耐力検定方法 → 小幅パネル架構・大版パネル架構①、木梁勝ち架構、鉄骨梁勝ち架構 → 壁幅≦2.5m への対応

平 28 国交告第 611 号(改正前)	平 28 国交告第 611 号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
しようとする方向に設けたものの許容せん断耐力で、次の式によって計算した数値(単位 kN/m) $Q_a = \frac{3}{H}(Q_0 + 1.5n)$ この式において、H、Q_0及びnは、それぞれ次の数値を表すものとする。 H　当該階の階高(当該階高が3m以下である場合は、3とする。)(単位 m) Q_0　地階を除く階数が 2 以下の場合にあっては 15、3 の場合にあっては 10(単位 kN/m) n　耐力壁の構造が第五第三号イに掲げる基準に適合する場合にあっては、当該独立無開口壁パネル及び袖壁パネル(その上下階の独立無開口壁パネル及び袖壁パネルを含む。)に緊結された垂れ壁パネル及び腰壁パネル(長さが 90cm 以上 4m 以下で、高さが 50cm 以上のものに限り、第二号の規定による開口部等を設けたものを除く。)を合計した数値、耐力壁の構造が第五第三号ロに掲げる基準に適合する場合にあっては、当該独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分(その上下階の独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分を含む。)に接する垂れ壁部分及び腰壁部分(次に掲げる基準に適合するものに限り、第二号の規定による開口部等を設けたものを除く。)を合計した数値 (イ)　長さが 90cm 以上 4m 以下であること。 (ロ)　高さが 50cm 以上であること。 (ハ)　高さが、当該垂れ壁部分又は腰壁部分に接する独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分の長さに 1.67(当該独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分が二の垂れ壁部分又は腰壁部分に接する場合にあっては、0.83)を乗じて得た数値以下であること。ただし、当該垂れ壁部分又は腰壁部分に接する独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分が曲げ破壊又はせん断破壊する時の力が、当該独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分の に 3.75 を乗じて得た数値以上であることが確かめられた場合にあっては、この限りでない。 L　当該階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等(長さが 90cm 以上 2m 以下であるものに限り、第二号の規定による開口部等を設けたものを除く。)のうち計算しようとする方向に設けたものの長さ(単位 m) P　各階に生ずる外力として、前項第一号イにより計算した令第八十八条第一項の規定による地震力(単位 kN)	$Q_a = \frac{3}{H}(Q_0 + 1.5n)$ この式において、H、Q_0及びnは、それぞれ次の数値を表すものとする。 H　当該階の階高(当該階高が3m以下である場合は、3とする。)(単位 m) Q_0　地階を除く階数が 2 以下の場合にあっては 15、3 の場合にあっては 10(単位 kN/m) n　耐力壁の構造が第五第三号イに掲げる基準に適合する場合にあっては、当該独立無開口壁パネル及び袖壁パネル(その上下階の独立無開口壁パネル及び袖壁パネルを含む。)に緊結された垂れ壁パネル及び腰壁パネル(長さが 90cm 以上 4m 以下で、高さが 50cm 以上のものに限る。)を合計した数値、耐力壁の構造が第五第三号ロに掲げる基準に適合する場合にあっては、当該独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分(その上下階の独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分を含む。)に接する垂れ壁部分及び腰壁部分(次に掲げる基準に適合するものに限る。)を合計した数値 (イ)　長さが 90cm 以上 4m 以下であること。 (ロ)　高さが 50cm 以上であること。 (ハ)　高さが、当該垂れ壁部分又は腰壁部分に接する独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分の長さに 1.67(当該独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分が二の垂れ壁部分又は腰壁部分に接する場合にあっては、0.83)を乗じて得た数値以下であること。ただし、当該垂れ壁部分又は腰壁部分に接する独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分が曲げ破壊又はせん断破壊する時の力が、当該独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分の に 3.75 を乗じて得た数値以上であることが確かめられた場合にあっては、この限りでない。 L　当該階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等(長さが 90cm 以上 2m 以下であるものに限る。)のうち計算しようとする方向に設けたものの長さ(単位 m) P　各階に生ずる外力として、前項第一号イにより計算した令第八十八条第一項の規定による地震力(単位 kN)	• 耐力壁に第二号の小開口を許容 ＊ 袖壁の先行破壊防止規定。大版パネル架構①のみ。 • 耐力壁に第二号の小開口を許容
五　第八第二号ホに掲げる基準に適合すること。	五　第八第二号ホ及びへに掲げる基準に適合すること。	• 床版脱落防止措置の追加
六　耐力壁として設ける壁パネルには、直交集成板規格第三条に規定する強度等級 S60-3-3 若しくは Mx60-5-5 に該当する直交集成板でラミナの厚さが 24mm 以上 36mm 以下のもの又はこれと同等以上の耐力を有するものを使用すること。	同左	
七　引張接合部が、緊結する部分に応じ、それぞれ次に掲げるものであること。 イ　第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に掲げる部分　次のいずれかに適合するもの (1) U 形の鋼材その他これに類するものに JIS B 1220(構造用転造両ねじアンカーボルトセット)-2010 のうち ABR490 に適合するもの(以下単に「ABR490」という。)でねじの呼びが M16 のボルトを有効長さ 40cm 以上を確保して接合した金物を、直交集成板に終局引張耐力が 86kN 以上となるように緊結したもの (2) ABR490 でねじの呼びが M16 のボルトを有効長さ 40cm 以上を確保して、直交集成板に鋼板を介して終局引張耐力が 86kN 以上となるように緊結したもの ロ　第五第三号イ(3)(ｉ)(ロ)に掲げる部分　次のいずれかに適合するもの (1) U 形の鋼材その他これに類するものに ABR490 でねじの呼びが M20 以上のボルトを有効長さ 20cm 以上を確保して接合した金物を、直交集成板に終局引張耐力が 135kN 以上となるように緊結したもの (2) ABR490 でねじの呼びが M20 以上のボルトを有効長さ 20cm 以上を確保して、直交集成板に鋼板を介して終局引張耐力が 135kN 以上となるように緊結したもの	七　次に掲げる引張接合部が、それぞれ次に掲げるものであること。 イ　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分との接合部　次のいずれかに適合するもの (1) 同左 (2) 同左 ロ　上下階の壁パネル相互の接合部又は壁パネルと床版の接合部　次のいずれかに適合するもの (1) 同左 (2) 同左	

平 28 国交告第 611 号(改正前)	平 28 国交告第 611 号(改正後)	告示解説書改訂事項　＊コメント　※マニュアル改訂事項
(3) 第八第二号ニ(2)に定める基準に適合し、かつ、135kNキロニュートン以上の終局引張耐力を有するもの	(3) 同左 ハ 壁パネルと小屋組又は屋根版との接合部　25kN 以上の終局引張耐力を有するもの。	• 壁-屋根引張接合部の必要耐力緩和、靭性不問
八　壁パネル相互を緊結する場合にあっては接合部の短期に生ずる力に対する許容せん断耐力が一箇所当たり 52kN 以上、床パネル相互又は耐力壁線上に設けるはりその他の横架材相互を緊結する場合にあっては接合部(床パネル相互を緊結する場合にあっては、床パネル相互が接する線と耐力壁線が交さする部分に限る。)の短期に生ずる力に対する許容引張耐力が一箇所当たり 50kN 以上となるようにすること。	同左	• 小幅パネル架構、大版パネル架構①に通し壁架構を含む ※ 通し壁架構の接合部構成
九　耐力壁である壁パネルと次に掲げる部分を緊結する場合にあっては、金物その他これに類するものの間隔を 1m 以下として当該壁パネルの部分に配置するとともに、当該接合部の短期に生ずる力に対する許容せん断耐力が次に掲げる部分に応じて、それぞれ次に掲げる数値以上となるようにすること。 イ　基礎又は土台一箇所当たり 47kN ロ　床版、小屋組又は屋根版一箇所当たり 54kN	同左	• 床版の鉛直支持も必要
第十一　耐久性等関係規定の指定		
令第三十六条第一項に規定する耐久性等関係規定として、第七に定める安全上必要な技術的基準を指定する。	同左	
第十二　令第三十六条第 2 項第一号の規定に基づく技術的基準の指定		
令第三十六条第 2 項第一号の規定に基づき、第八に規定する構造計算を行った場合に適用を除外することができる技術的基準として、第三第二号、第四、第五(　第三号イ(3)前段、ロ(3)前段及びハ(2)前段を除く。)　及び第六に定める技術的基準を指定する。	同左	

5.2　CLT 関連告示等解説書（案）

第 2 章　CLT パネル工法技術基準の解説

（平 28 国交告第 611 号関係）

2.1　CLT パネル工法の構造計算に関する法体系

CLT パネル工法[1]を用いた建築物の構造方法の技術基準が平 28 国交告第 611 号として公布された。本告示が対象とする CLT パネル工法は CLT パネル[2]を水平力及び鉛直力を負担する壁として設ける工法であり、これ以外の工法は対象外である。以下、平 28 国交告第 611 号を「CLT パネル工法告示」、同告示の対象となる建築物を「CLT パネル工法建築物」と記す。

CLT パネル工法建築物を含む木造建築物の構造計算ルートを図 2.1-1 に示す。CLT パネル工法建築物の場合は、図 2.1-1 中の太線のように、建築基準法施行令（以下、「令」と記す）第 80 条の 2 第一号に基づき CLT パネル工法告示に準拠して構造計算を行う。この場合、令第 3 章第 3 節等の柱やはり等の軸組に関する仕様規定は適用されない。

また、時刻歴応答解析ルート（細実線）と限界耐力計算（太破線）は CLT パネル工法告示の主要対象ではなく、それぞれ令第 81 条第 1 項、令第 81 条第 2 項第一号ロに準拠して構造計算を行う。ただし、いずれの場合も CLT パネル工法告示第七の規定は耐久性等関係規定として適用される。

CLT パネル工法建築物に該当しない木造建築物については、令第 80 条の 2 第一号に基づく告示が規定される場合は当該告示に準拠し、それ以外の場合は図 2.1-1 太実線以外のルートとなる。

[1] CLT パネル工法とは、平 28 国交告第 611 号に定義されている用語で、直交集成板を用いたパネルを水平力及び鉛直力を負担する壁として設ける工法をいう。ここでいう「直交集成板」については、日本農林規格に規定されるものと 37 条認定のものを含む。

[2] 平 28 国交告第 611 号に規定された、直交集成板を用いたパネルをいう。CLT パネルとそれを構成する直交集成板は同一であるため、本章では材料の構成等を記す場合であっても「CLT パネル」と記す。

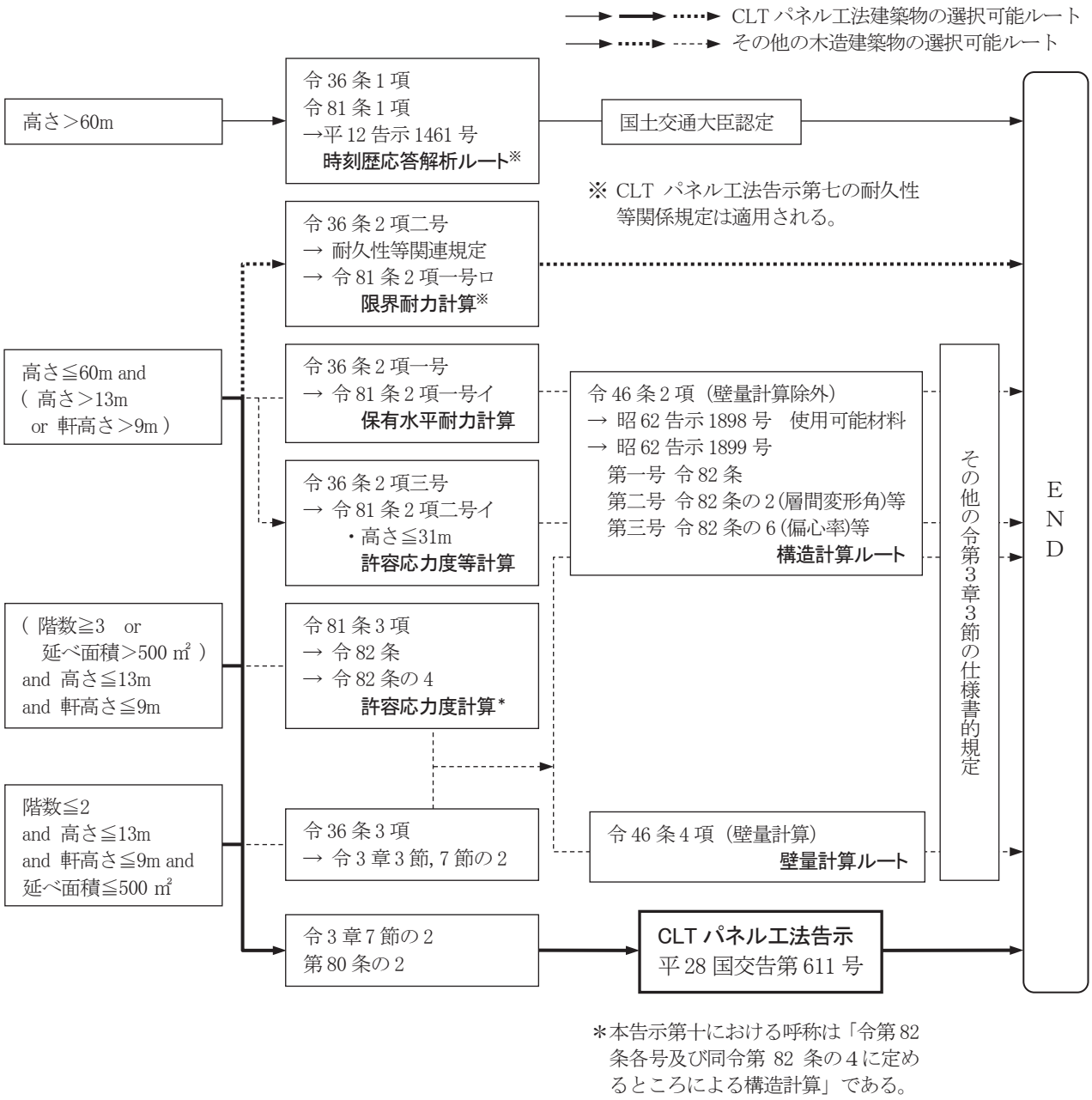


図 2.1-1　CLT パネル工法建築物を含む木造建築物の構造計算ルート

2.2　CLT パネル工法技術基準告示

（平 28 国交告第 611 号の解説）

平成 28 年国土交通省告示第 611 号
CLT パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件

建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）第 80 条の 2 第一号の規定に基づき、構造耐力上主要な部分に CLT パネル工法（直交集成板を用いたパネルを水平力及び鉛直力を負担する壁として設ける工法をいう。以下同じ。）を用いた建築物又は建築物の構造部分（以下「建築物等」という。）の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を第二から第七までに定め、同令第 36 条第 1 項の規定に基づき、建築物等の構造方法に関する安全上必要な技術的基準のうち耐久性等関係規定を第十一に、同条第 2 項第一号の規定に基づき、同令第 81 条第 2 項第一号イに規定する保有水平耐力計算によって安全性を確かめる場合に適用を除外することができる技術的基準を第十二にそれぞれ指定し、同号イの規定に基づき、CLT パネル工法を用いた建築物等の構造計算が、第八に適合する場合においては、当該構造計算は、同号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同項第二号イの規定に基づき、CLT パネル工法を用いた建築物等の構造計算が、第九に適合する場合においては、当該構造計算は、同号イに規定する許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認め、同条第 3 項の規定に基づき、CLT パネル工法を用いた建築物等の構造計算が、第十に適合する場合においては、当該構造計算は、同項に規定する同令第 82 条各号及び同令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができるものと認める。

本告示は、令第 80 条の 2（構造方法に関する補則）第一号の規定に基づき、国土交通大臣が CLT パネル工法の構造方法に関する技術的基準を定めたものである。本告示が対象とする CLT パネル工法は CLT パネルを水平力及び鉛直力を負担する壁として設ける工法であり、これ以外の、例えば図 2.2-1 のように、軸組に鉛直力を負担させることで、鉛直力を負担しない壁として CLT パネルを併用する工法などは対象外である。本告示の構成は次のとおりである。

第一　適用の範囲
第二　材料
第三　土台
第四　床版
第五　壁等
第六　屋根版
第七　防腐措置等
第八　保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算（ルート 3）
第九　許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算（ルート 2）
第十　令第 82 条各号及び令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算 [3]と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算（ルート 1）
第十一　耐久性等関係規定の指定
第十二　令第 36 条第 2 項第一号の規定に基づく技術的基準の指定（ルート 3 による適用除外）

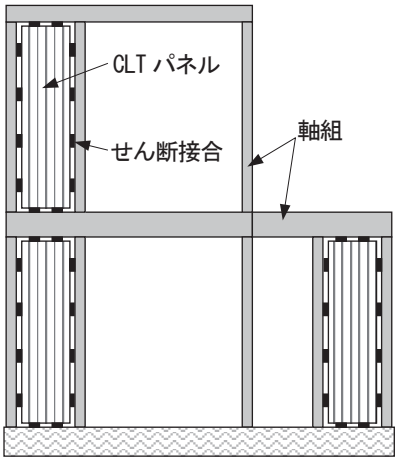


図 2.2-1　本告示の対象外構法の例

[3]「令第 82 条各号及び令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算」は、いわゆる許容応力度計算（ルート 1）のことである。

以下の解説において、文献[4]を「マニュアル」と言う。

第一　適用の範囲

CLT パネル工法を用いた建築物等の構造方法は、次の各号に掲げる建築物の区分に応じ、当該各号に定める基準に適合するものでなければならない。

第一には適用範囲として、建築物の高さ、階数に応じて適用することのできる構造計算ルートが次のように規定されている。

時刻歴応答解析ルート

一　高さが 60 メートルを超える建築物　第十一に指定する耐久性等関係規定（以下単に「耐久性等関係規定」という。）に適合し、かつ、建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号。以下「法」という。）第 20 条第 1 項第一号後段に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。

高さが 60m を超える建築物については、第十一に指定される耐久性等関連規定、すなわち「第七　防腐措置等」に適合するとともに、法第 20 条第 1 項第一号後段に規定される構造計算によって安全性を確かめなければならない。法第 20 条第 1 項第一号後段の規定される構造計算とは、令第 81 条第 1 項及び平 12 建告第 1461 号に準拠して時刻歴応答解析を踏まえた構造計算によって安全性を確かめ、国土交通大臣の認定を受けることである。

保有水平耐力計算（ルート 3）、限界耐力計算

二　高さが 31m を超え、又は地階を除く階数が 7 以上（耐力壁の構造が第五第三号ハに掲げる基準に適合する場合にあっては、4 以上）の建築物（前号に掲げるものを除く。）　次のいずれかに適合するものであること。

イ　第二から第七までに規定する技術的基準（第十二に指定するものを除く。）に適合し、かつ、第八に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。

ロ　耐久性等関係規定に適合し、かつ、建築基準法施行令（以下「令」という。）第 81 条第 2 項第一号ロに規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。

ハ　前号に定める基準に適合するものであること。

高さが 31m を超えるのほか、耐力壁の構造が第五第三号イ又はロに掲げる基準に適合（小幅パネル架構、大版パネル架構①）し地階を除く階数が 7 以上の建築物、及び耐力壁の構造が第五第三号ハに掲げる基準に適合（大版パネル架構②）し地階を除く階数が 4 以上の建築物については、第二から第七までの規定に適合し（第十二に規定するものを除く）、第八に規定される保有水平耐力計算によって安全性が確かめられたもの、または耐久性関連等規定（第七　防腐措置等）に適合し、令第 81 条第 2 項第一号ロ（限界耐力計算）によって安全性が確かめられたものでなければならない。（より上位の構造計算ルートも可能。）

許容応力度等計算（ルート 2）

三　高さが 31m 以下及び地階を除く階数が 6 以下（耐力壁の構造が第五第三号ハに掲げる基準に適合する場合にあっては、3 以下）の建築物（次号に掲げる建築物を除く。）　次のいずれかに適合するものであること。

イ　第二から第七までに規定する技術的基準に適合し、かつ、第九に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。

ロ　前二号に定める基準のいずれかに適合するものであること。

高さが 31m 以下かつ、耐力壁の構造が第五第三号イ又はロに掲げる基準に適合（小幅パネル架構、大版パネル架構①）し地階を除く階数が 6 以下の建築物、及び耐力壁の構造が第五第三号ハに掲げる基準に適合（大版パネル架構②）し地階を除く階数が 3 以下の建築物については、第二から第七までの規定に適合し、第九に規定される許容応力度等計算によって安全性が確かめられたものでなければならない。（より上位の構造計算ルートも可能。）

[4] 日本住宅・木材技術センター：2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル 2021 年構造・材料増補版，令和 3 年 11 月

許容応力度計算（ルート 1）

四　高さが 13 メートル以下、軒の高さが 9 メートル以下及び地階を除く階数が 3 以下の建築物　次のいずれかに適合するものであること。 イ　第二から第七までに規定する技術的基準に適合し、かつ、第十に規定する構造計算によって安全性が確かめられたものであること。 ロ　前三号に定める基準のいずれかに適合するものであること。

高さが 13m 以下、軒の高さが 9m 以下かつ地階を除く階数が 3 以下の建築物については、第二から第七までの規定に適合し、第十に規定される許容応力度計算によって安全性が確かめられたものでなければならない。（より上位の構造計算ルートも可能。）

これらの構造計算ルートと第二以降の規定の適用関係を表 2.2.1-1 に示す。また、第二以降の規定中には、特別な調査又は研究の結果に基づいて当該規定を除外できる旨が付記されているものがある。「特別な調査又は研究」とは原則として、実験による性能確認とそれに対応する理論的評価を指す。一方、表 2.2.1-1 に示すように、ルート 3 の構造計算を行う場合は本告示の第十二で指定されるいくつかの規定が適用除外となる。これは、ルート 3 においては増分解析等により終局耐震性能が直接的に検証されることを含め、仕様規定によらず、適切な構造計算による検証が行われることを前提としている。しかしながら、現時点では、様々な建築物の形態に応じた CLT パネル工法の構造安全性検証に関する知見は十分とは言えず、ルート 3 の構造計算を行う場合にもそれらの規定を適用するか、適用を除外する場合は特別な調査又は研究に準じた検討を行うことが望ましい。この点については、第二以降の解説の中で注記する。（本書では、ルート 3 で適用除外等となる条項については、各見出しの後に[ ]内に記す。）

基礎については、令第 38 条第 3 項の「国土交通大臣が定めた構造方法」である平 12 建告第 1347 号によるほか、保有水平耐力計算を行う場合は、本告示の第八第二号トによる基礎の先行降伏防止の確認、許容応力度等計算を行う場合は、第九第二号ロによる地震時応力の割増し、許容応力度計算を行う場合は、第十第一号ロにより標準層せん断力係数を 0.3 とすることが必要である。そのほか、アンカーボルトの引張力によるコーン状破壊等の防止について確認が必要であるとともに、CLT パネル工法建築物では、壁パネルから基礎に伝達される圧縮力および水平せん断力が他の木造建築物に比べて大きいため、文献 [5]に示される「立ち上げ部縁辺のコンクリート剥落防止」、「立ち上げ部コンクリートの割裂防止」および「立ち上げ部側面のせん断力によるコンクリートの剥落防止」等に準じた検討も必要である。

[5] 「技術基準解説書 2015 年版」，付録 1-2.6 柱脚の設計の考え方，(2) 露出型柱脚，P.630-631

表 2.2.1-1　構造計算ルートと仕様規定の適用関係

番号等	規定の概要	時刻歴	限耐	ルート3※1		ルート2※2		ルート1
				Ds<0.75	Ds=0.75	Rf<2.5	Rf=2.5	
品質基準告示（平12建告第1446号（最終改正：平28国交告第561号））								
第一第二十三号	CLTを構造材として用いる場合には、JASまたは認定に適合すること	※3	○	○	○	○	○	○
許容応力度・材料強度告示（平13国交告第1024号（最終改正：平28国交告第562号））								
第一第十九号イ　(3)	（認定でない場合）ラミナ厚　12～36mm		○	○	○	○	○	○
(4)	CLTの幅・長さ　36cm以上		○	○	○	○	○	○
第三第九号ハ※4	長期許容応力度（面外曲げ）は、強軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、弱軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、9-9に限る		○	○	○	○	○	○
第三第九号ニ※4	長期許容応力度（面外せん断）は、強軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、弱軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、9-9に限る		○	○	○	○	○	○
CLTパネル工法告示（平28国交告第611号）								
第二　材料　一	JAS品又は認定品のCLT			○	○	○	○	○
	ラミナ厚　24mm～36mm			○	○	○	○	○
二	柱梁に用いる集成材その他の木材は昭62建告第1898号に適合			○	○	○	○	○
三	接合部に使用する材料は品質が確保されたものであること			○	○	○	○	○
第三　土台　一	土台基礎緊結			○	○	○	○	○
二	壁厚さ以上の土台					○	○	○
第四　床版　一	床版は有効に壁・柱・はりに力を伝えること。					○	○	○
二	床CLTの外層ラミナ方向は当該床パネルの長辺・短辺方向と平行(安全側の矩形置換を含む)で次のいずれかに該当					○	○	○
イ	形状が矩形で開口部等なし					○	○	○
ロ	形状が矩形で開口部等周囲を補強したもの					○	○	○
ハ	形状が矩形で開口部等を特別な調査研究により検証					○	○	○
三	特別な調査研究による検証で非矩形の床パネルOK					○	○	○
	床パネルを平行する2つの耐力壁・はりで有効に支持(特別な調査研究による検証で除外)							
四	床パネルは相互に有効に緊結					○	○	○
五	耐風はりで有効に補強					○	○	○
第五　壁等　一	壁パネルを釣り合いよく配置。壁パネル以外の水平力負担禁止					○	○	○
	壁パネルは床版の上部に配置。通し壁もOK							
イ	無開口壁パネルの定義							
ロ	有開口壁パネルの定義							
二	壁パネルの外層ラミナ方向は当該壁パネルの長辺・短辺方向と平行（安全側の矩形置換を含む）					○	○	○
三	耐力壁は小幅・大版①、大版②のいずれか~~（水平構面勝ちが前提）~~					○	○	○
イ	小幅の定義							
(1)	有開口壁パネルを使わない					○	○	○
(2)	垂壁・腰壁の両側に袖壁を設け、有効に緊結					○	○	○
(3)	無開口壁パネル上下部は床版等と有効に緊結			○	○	○	○	○
	袖壁部分四隅を十分な金物で接合					○	○	○
ロ	大版①の定義							
(1)	有開口壁パネルを使う					○	○	○
(2)	袖壁部分を設けない場合、袖壁に有効に緊結					○	○	○
(3)	壁パネル上下部は床版等と有効に緊結			○	○	○	○	○
	袖壁部分四隅を十分な金物で接合					○	○	○
ハ	大版②の定義							
(1)	有開口壁パネルを使う					○	○	×
(1)	袖壁部分を設けない場合、袖壁に有効に緊結					○	○	×
(2)	壁パネル上下部は床版等と有効に緊結			○	○	○	○	×
	有開口壁パネル四隅を十分な金物で接合					○	○	×
四	土に接する部分や地面から30cm以内の外周の壁はRC造					○	○	×
第六　小屋組等　一	第四第一号～第三号に適合					○	○	○
一	第四第四号～第五号に適合					○	○	○
第七　防腐措置等　一	防水紙	○	○	○	○	○	○	○
二	有効な防腐・防蟻措置	○	○	○	○	○	○	○
三	土に接する部分や地面から30cm以内の外周の壁は原則RC造	○	○	○	○	○	○	○
四	金物に有効なさび止め	○	○	○	○	○	○	○
第八　ルート3　一	Dsを次号に読み替え			○	○			
二	イ～トに適合：表の数値　それ以外：0.75以上　特別な調査研究で除外			○				
イ	耐力壁は小幅・大版①・大版②のいずれか　袖壁無しOK			○				
ロ	無開口壁パネル等の長さ　90cm以上			○		○		
ハ	垂れ壁パネル等・腰壁パネル等の長さ　70cm～4m			○		○		
ニ	引張接合部			○		○		
(1)	最下階の壁パネル下部　変形4cm以上、伸び10%以上			○		○		
(2)	上下壁間、壁-床版　変形2cm以上、伸び10%以上			○		○		
ホ	垂れ壁パネル・垂れ壁部分の脱落防止措置			○		○		
(1)	袖壁に45mm以上の切り欠き			○		○		
(2)	幅が45mm以上の受け材			○		○		
ヘ	床版・屋根版脱落防止措置（耐力壁線上に壁パネルを設けない場合）			○		○		
ト	二(1)以外の部分が降伏しない			○		○		

表 2.2.1-1　構造計算ルートと仕様規定の適用関係　（つづき）

番号等	規定の概要	時刻歴	限耐	ルート3※1		ルート2※2		ルート1
				Ds<0.75	Ds=0.75	Rf<2.5	Rf=2.5	
第九　ルート2　一	令第82条の6に準拠					○	○	
二	応力割増し係数					○	○	
イ	引張接合部（上下壁間、壁-床版）、せん断接合部　表の値 (2.0, 2.5)					○	○	
ロ	イ以外の部分　表の値 (1.0, 1.8)					○		
(1)	ルート3のロ～トに適合					○		
(2)	小幅・大版①、大版②のいずれかに適合					○		
2	引張接合部の必要変形性能							
一	最下階の壁パネル下部　変形4cm以上、伸び10%以上					○	○	
二	上下壁間、壁-床版　変形2cm以上、伸び10%以上					○	○	
第十　ルート1　一	原則ルート							○
イ	令第82条各号・令第82条の4							○
ロ	水平構面・基礎の応力割増1.5倍							○
ハ	偏心率計算							○
(1)	Re≦0.3、C0=0.2でFe割増し							○
(2)	Re≦0.3、C0=0.2でねじれ補正							○
二	混構造で実質ルート2のルート：第一号イの計算							○
2	前項第一号の構造計算を行う場合は次の各号の基準に適合。 混構造は特になし。							○
一	小幅又は大版①							○
二	壁の設備小開口の条件							○
三	下階の無開口壁パネル							
イ	上階の無開口壁パネル等と同じ長さ、かつ、同寸法以上の厚さ							○
ロ	接合部が上階の接合部と同等の耐力及び変形性能を有するもの							○
四	無開口壁パネル等の許容せん断耐力の確認							○
	無開口壁パネル等の長さ 90cm～2m							○
	垂れ壁パネル等・腰壁パネル等の長さ 90cm～4m、高さ 50cm以上							○
	大版①の開口高さ制限							○
	特別な調査研究により壁脚部曲げモーメントを基準とした方法もOK							○
五	垂れ壁パネル・垂れ壁部分、床版・屋根版の脱落防止措置							○
六	強度等級　壁はS60-3-3、Mx60-5-5で24mm～36mm又は同等以上の耐力							○
七	引張接合部仕様（一部性能）							○
八	壁パネル相互せん断接合部、床パネル相互引張接合部の耐力							○
九	壁パネル上下端のせん断接合部の耐力							○
第十一　耐久性等関係規定の指定		○	○	○	○	○	○	○
第十二　令第36条第2項第一号の規定に基づく技術的基準の指定（ルート3による適用除外項目）				○	○			

○：適用される
×：適用できない
※1　Ds<0.75：技術基準告示第八第二号表中の値とする場合
　　Ds=0.75：Ds=0.75または増分解析結果に基づいて計算する場合
※2　Rf：第九第二号による応力割増し係数
※3　品質基準告示（平12建告第1446号）と同等以上の品質を確認
※4　△-◇は「△層◇プライ」を表す

第二　材料

CLT パネルの品質

一　構造耐力上主要な部分(間柱、小ばりその他これらに類するものを除く。)に使用する直交集成板は、直交集成板の日本農林規格(平成 25 年農林水産省告示第 3079 号。以下「直交集成板規格」という。)に規定する直交集成板又は法第 37 条第二号の規定による国土交通大臣の認定を受け、かつ、平成 13 年国土交通省告示第 1024 号第一第十九号ニ及び第二第十八号ニの規定に基づき、国土交通大臣がその許容応力度及び材料強度の数値を指定した直交集成板(これらの直交集成板の各ラミナの厚さが 24mm 以上 36mm 以下である場合に限る。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、直交集成板の材料特性を適切に考慮し、安全上支障のないことが確かめられた場合にあっては、この限りでない。)とすること。

構造耐力上主要な部分に用いる CLT パネルはラミナ厚さが 24mm 以上 36mm 以下であり、かつ、次のいずれかに適合するものでなくてはならない。

①直交集成板規格すなわち直交集成板の JAS に規定されるもの。

②法第 37 条第二号に基づく材料認定および平 13 国交告第 1024 号第一第十九号ニ及び第二第十八号ニ(本書第 4 章にて解説する)に基づく強度指定を受けたもの。

なお、上記①による CLT パネルを構造耐力上主要な部分に用いる場合には、平 13 国交告第 1024 号により基準強度が規定されたものである必要があるため、CLT パネルの幅・長さは 36cm 以上であり、面外の長期荷重を支持する CLT パネル(したがって、面外の長期荷重を支持しない壁パネル [6]等は除外)のラミナ構成は下記のものに限定される(図 2.2.2-1)。

強軸方向[7]の応力を負担するもの　3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ

弱軸方向[7]の応力を負担するもの　3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ、9 層 9 プライ

これらの限定は限界耐力計算を行う場合にも適用される。

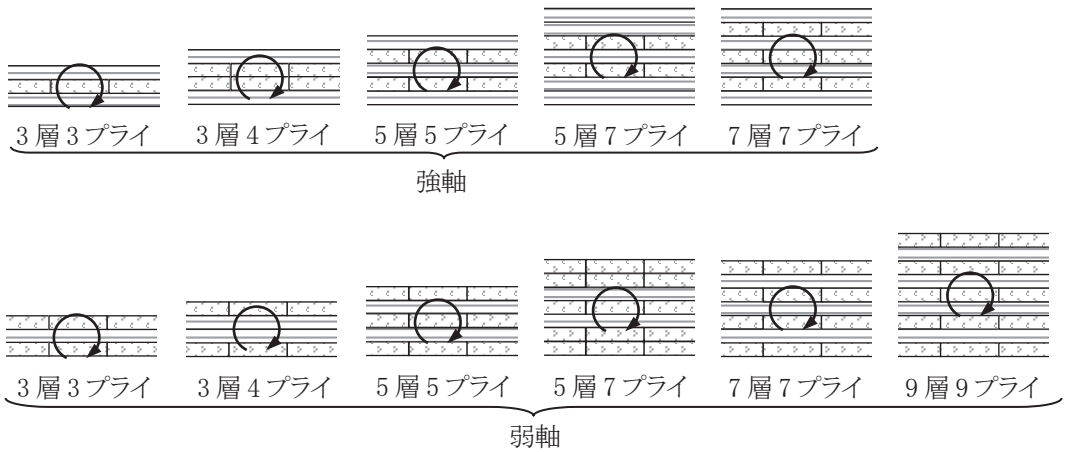


図 2.2.2-1　面外の基準強度が規定された CLT パネル（矢印は曲げ応力の方向を表す）

柱・梁の品質

二　構造耐力上主要な部分である柱及び横架材(間柱、小ばりその他これらに類するものを除く。)に使用する集成材その他の木材は、昭和 62 年建設省告示第 1898 号第一号から第六号までに掲げる基準のいずれかに適合すること。

構造耐力上主要な部分に用いる柱および横架材は、下記の昭 62 建告第 1898 号の規定のいずれかに適合しなけれ

[6] 本章で用いる「壁パネル」は、本告示の第五第一号に規定するものをいう。
[7] 本書の巻末に掲載している参考資料「直交集成板の日本農林規格」第 2 条図 1 を参照のこと

ばならない。

一　集成材の日本農林規格(平 19 農水告第 1152 号)第 5 条に規定する構造用集成材または第 6 条に規定する化粧ばり構造用集成材

二　単板積層材の日本農林規格(平 2 農水告第 701 号)第 4 条に規定する構造用単板積層材

三　平 13 国交告第 1024 号第三第三号の規定に基づき、国土交通大臣が基準強度の数値を指定した集成材

四　法第 37 条第二号の規定による国土交通大臣の認定を受け、かつ、平 13 国交告第 1540 号第二第三号の規定に基づき、国土交通大臣がその許容応力度及び材料強度の数値を指定した木質接着成形軸材料又は木質複合軸材料

五　製材の日本農林規格(平 19 農水告第 1083 号)第 5 条に規定する目視等級区分製材または第 6 条に規定する機械等級区分構造用製材のうち、含水率が 15%以下（径 24 ㎜の込み栓を用いた接合又はこれと同等以上に乾燥割れにより耐力が低下するおそれの少ない構造の接合とした場合にあっては、30%以下)のもの

六　平 12 建告第 1452 号第七号の規定に基づき、国土交通大臣が基準強度の数値を指定した木材のうち、含水率が 15%以下（径 24 ㎜の込み栓を用いた接合又はこれと同等以上に乾燥割れにより耐力が低下するおそれの少ない構造の接合とした場合にあっては、30%以下)のもの

接合部に使用する材料の品質

三　接合部に使用する材料は、その種類に応じて構造耐力上必要な品質を有するものとすること。

本規定は主として接合金物、接合具を対象としている。JIS、JAS への適合が確認できるもののほか、それらの規格に準じた海外規格または品質確認、実験に基づく品質確認を行ったものは、構造耐力上必要な品質を有するものとみなす。

第三　土台［第二号はルート 3 の構造計算による場合は適用除外］

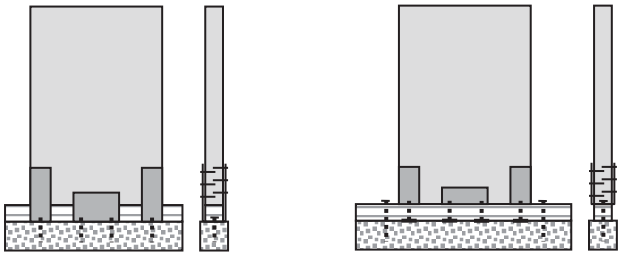
一　構造耐力上主要な部分である土台を設ける場合にあっては、当該土台は基礎に緊結しなければならない。

土台の設置は必須ではないが、設ける場合は他の木造建築物と同様にアンカーボルト等により基礎に緊結する。緊結の仕様は土台の構造的役割により異なる。

図 2.2.3-1(a)のように壁パネル脚部が金物等を介して基礎に直結され、土台に 1 階の水平構面が緊結されていない場合は、土台は壁パネルから伝達される面外風圧力に対してアンカーボルト等で有効に基礎に緊結する必要がある。

図 2.2.3-1(b)のように壁パネル脚部が土台を介して基礎に留めつけられる場合は、土台は地震時・風圧時応力に対して有効に基礎に緊結する必要がある。なお、このような接合方法は、第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)によりルート 3 以外では禁止されている。

また、いずれの場合も壁パネル脚部の鉛直下向きの力が金物等を介して直接基礎に伝達される場合を除き、壁パネルの土台へのめり込みに対する検定が必要である。長期荷重と短期の地震力・風圧力に対してそれぞれ長期許容応力度以下、短期許容応力度以下であることを検定する。保有水平耐力時および安全限界時に対しては、増分解析を行う際に、当該接合部に壁パネルの土台へのめり込みを考慮した応力変形特性を適切に設定する。



(a) 基礎に直接緊結する場　　(b) 土台を介して緊結する場

図 2.2.3-1　土台の緊結

二　構造耐力上主要な部分である土台を設ける場合にあっては、当該土台の幅は当該土台の上部に設ける耐力壁の厚さと同寸法以上にしなければならない。

壁パネルに偏心圧縮力が作用しないように、土台の幅は壁パネルの厚さと同寸法以上とする。

なお、図 2.2.3-2 ②のように壁心と基礎梁心が偏心する場合で、3 階建てを超える建築物等で壁パネルの軸力が大きい場合は、偏心軸力による基礎梁の捩りに対する検討が必要である。

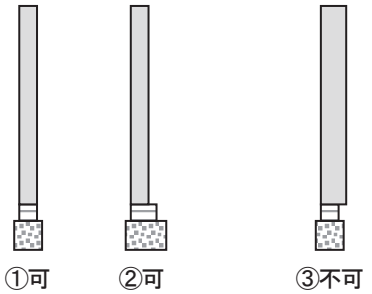


図 2.2.3-2　土台の幅と壁パネル厚さの関係

第四　床版［ルート 3 の構造計算による場合は適用除外］

一　床版は、水平力によって生ずる力を構造耐力上有効に耐力壁（最下階に床版を設ける場合にあっては、土台又は基礎）に伝えることができる剛性及び耐力を有する構造としなければならない。ただし、建築物に作用する水平力を負担しない部分については、この限りでない。

床版は CLT パネルで構成するほか、他の木質構造建築物と同様に、製材・集成材等による軸材（梁・根太等）と構造用合板等の面材によって構成しても良い。ただし、いずれの場合も、水平力によって生じる力に対して水平構面自体が有効に抵抗し、かつ、それらの力を耐力壁等の他部材に有効に伝達できる剛性・耐力が必要である。また、床版に用いる CLT パネルのラミナ構成は第二第一号解説で述べたものに限定される。

水平力によって床版に生じる力として、他の木質構造建築物と同様に、水平構面としての面内せん断力および水平構面端部の引張力が挙げられる。また、耐力壁線の水平変形が不均一となることを防止するために面内剛性を確保することも重要である。CLT パネル工法では一般に壁パネルの水平耐力が他の木質構造に比べて大きく、それに伴い水平構面に必要な耐力・剛性も大きくなることに注意が必要である。

このほかに、CLT パネル工法特有の力として、鉛直構面の変形に伴う力がある。具体的には、図 2.2.4-1 のように、壁パネルによって構成される鉛直構面に水平力が作用する場合、腰壁・垂壁-耐力壁間には「めり込み力 C_1 ～ C_4」、「鉛直せん断力 S_1 ～ S_4」および「C_2, C_3 と釣合う離間力 T_1, T_2」が生じ、それらによって「圧縮ストラット C_{s1}, C_{s2}」が形成されることにより、腰壁・垂壁も鉛直構面の水平耐力向上に寄与する。このとき、「離間力 T_1, T_2」は水平構面に負担されるので、水平構面はそれに抵抗することのできる耐力が必要となる。また、「離間力 T_1, T_2」が生じる前提として、耐力壁-基礎間、腰壁-基礎間、耐力壁-水平構面間および垂れ壁-水平構面間に水平せん断力が生じるので、それに抵抗することのできるせん断接合部を設ける必要がある。

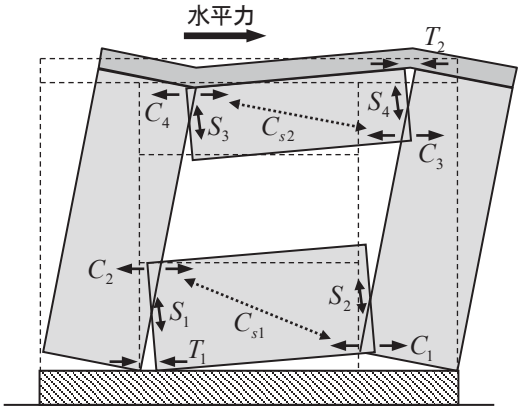


図 2.2.4-1　水平力による鉛直構面の応力

二　床版に 1 の直交集成板で次のイからハまでのいずれかに該当するものを使用する場合にあっては、当該直交集成板の外層ラミナの方向は、当該直交集成板の長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。

イ　形状が矩形であり、かつ、構造耐力上支障のある開口部又は欠き込み（以下「開口部等」という。）を設けないもの

ロ　形状が矩形であるものに開口部等を設けたもので、かつ、開口部等を設けない場合と同等以上の剛性及び耐力を有するように当該開口部等の周囲が補強されているもの

ハ　形状が矩形であるものに開口部等を設けたもので、かつ、当該直交集成板の剛性及び耐力の低減について特別な調査又は研究の結果に基づき算出した上で構造耐力上主要な部分として構造計算を行い構造耐力上安全であることが確かめられたもの

床版に用いる CLT パネルの形状は矩形を原則とし、外層ラミナの方向は、CLT パネルの長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。そのほか、用いることのできる CLT パネルの幅・長さの最小値について、第二第一号に解説した制限がある。

設備用等の小開口を設けた CLT パネルでは、面内応力が開口隅に集中し、開口隅を起点とした亀裂が生じる可能性がある。面外荷重に対しては、このような亀裂が生じても床パネルが脱落することの無いように開口周辺に梁による補強を行うことが有効と考えられる。しかし、面内性能の補強については現時点では有効な技術が確立されておらず、ロの規定を適用することは困難と考えられる。

ハの規定による剛性・耐力の低減については、その計算方法 がマニュアル第Ⅲ部 3.3.2 項に例示されており、それらを含む適切な方法により、開口部を設けた床パネルの面外・面内の剛性・耐力を評価し、応力算定、断面検定およびたわみの算定・検定を行う。なお、ルート 3 の構造計算では保有水平耐力時の面内応力も検定の対象となり、ルート 2 の構造計算では第九の第二号の規定による応力割増し係数が床パネルにも適用されること、およびルート 1 の構造計算では標準層せん断力係数を 0.3 とした地震力による応力が対象となることに注意する。

また、形状が矩形ではない CLT パネルについては、矩形のパネルを斜めに切り欠いたものとし、その切り欠き部分を本号に規定される「開口部等」とみなしてハの規定を適用することができる。このとき、図 2.2.4-2 に示すような CLT パネルで、外層ラミナ方向と辺のなす角度 θ が 30 度程度以下のものについては、図 2.2.4-2 中の破線部分のように、辺が外層ラミナ方向と平行な矩形部分を有効矩形とし、有効矩形部の断面性能により応力算定・断面検定やたわみ計算等を行う場合はハの規定に適合するものとみなす。

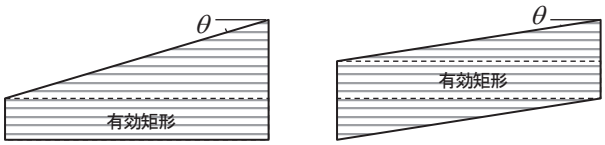


図 2.2.4-2　第二号の規定に適合しない CLT パネル

本号の規定はルート 3 の構造計算により適用除外となるが、外層ラミナ方向が長辺または短辺と平行でない CLT パネルおよび開口部等を有する CLT パネルを用いる場合は、上記の方法をはじめとした適切な方法によって剛性・耐力を評価する必要がある。

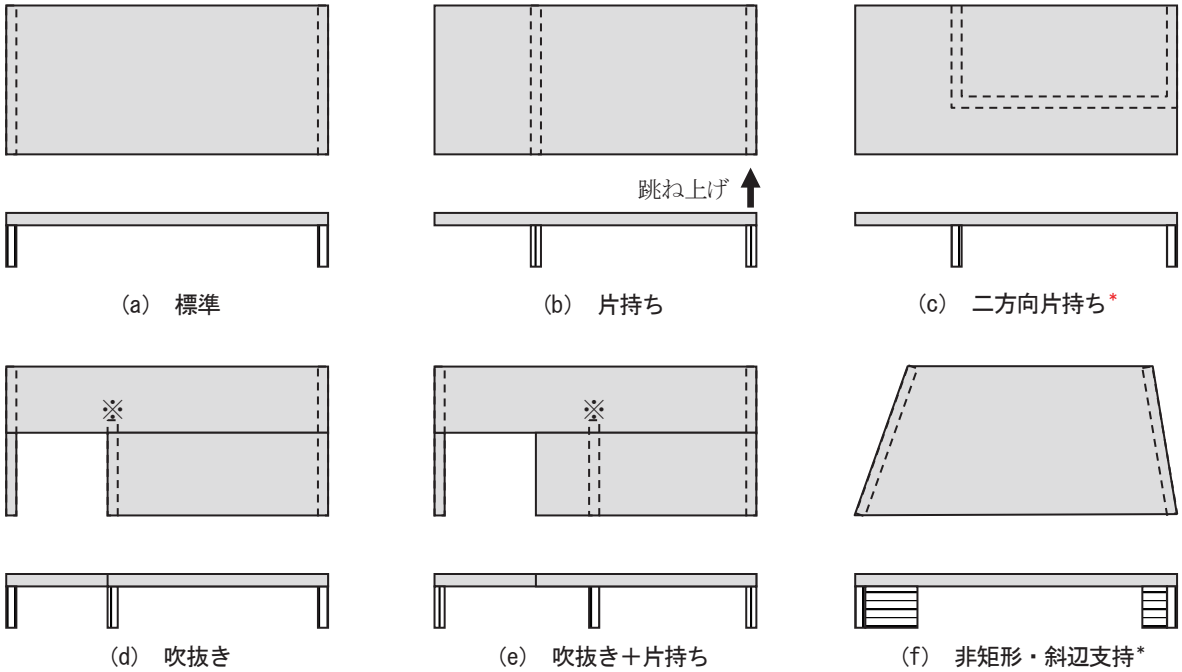
三　床版に床パネル（一の直交集成板で、前号イからハまでのいずれかに該当するもの又はその形状が四角形であり、かつ、その剛性及び耐力の低減について特別な調査若しくは研究の結果に基づき算出した上で構造耐力上主要な部分として構造計算を行い構造耐力上安全であることが確かめられたものをいう。以下同じ。）を使用する場合にあっては、床パネルを、平行する二つの壁又ははりによって、構造耐力上有効に支持しなければならない。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、安全上及び使用上支障のないことが確かめられた場合にあっては、この限りでない。

床版に用いる CLT パネルについて、本号では第二号の規定によるものを含めて「床パネル」とし、その形状、支持方法が規定されている。形状については、第二号イからハまでのいずれかに該当する矩形のほか、特別な調査又は研究に基づく構造計算により構造耐力上の安全性が検証されることを条件として四角形（非矩形）も含まれる。

また、床パネルは原則として平行する二つの壁又ははりによって支持する。この「壁」は、第五に規定される壁であり、垂れ壁も含まれる。支持形式は図 2.2.4-3((a)が標準である。図 2.2.4-3((b)のように片持ち部分を設けることもできるが、図 2.2.4-3((c)のように一つの床パネルを二方向に持ち出すことはできない。また、片持ち部分を設ける場合は控え部分端部の跳ね上げに対する検討が必要である。吹抜き等床版を設けない部分については図 2.2.4-3((d)、(e)のように支持する。この場合、隣接する床パネルのたわみに差が生じ、その近傍の床パネル相互接合部の構造性能に影響を及ぼす可能性があることに注意が必要である。当該部分のたわみの差を、その影響を無視できる程度に小さくするかまたは図 2.2.4-3(d)、(e)中※印部のように下部の支持部材を床パネルの厚さ程度延長するなどの措置が望ましい。そのほか、CLT パネル工法建築物についても他構造と同様に平 19 国交告第 594 号が適用され、同告示第二第三号ニの規定により出が 2m を超える片持ち部分には鉛直震度を 1.0 以上とした検定が必要であることに注意する。

なお、図 2.2.4-3(c)のような二方向持ち出し床パネルの面外の剛性・耐力の評価方法、及び図 2.2.4-3(f)のような非矩形・斜（非平行）辺支持床パネルの有効支持スパンの設定方法が、特別な調査又は研究に該当するものとして マニュアルに例示されている。

また、本号の規定はルート 3 の構造計算により適用除外となるが、ルート 3 の構造計算においても上記の方法をはじめとした適切な方法によって面外の剛性・耐力を評価する必要がある。



＊特別な調査又は研究に基づく構造安全性の検証が必要。

図 2.2.4-3　床パネルの支持方法

四　床版に床パネルを使用する場合にあっては、床パネル相互は、構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、床パネル相互が接する線と耐力壁線が交さする部分は、当該部分に生ずる引張応力を伝えるように緊結しなければならない。

第一号に解説したように、建築物に水平力が作用すると床版に面内のせん断応力と引張応力が生じる。床パネル相互の接合部においてもこれらの力が安全に伝達されなければならない。既往の振動台実験試験体および設計事例の多くでは写真 2.2.4-1 のように、せん断接合部としてビス打ち合板スプライン（やといざね）、引張接合部としてビス打ち鋼板が用いられている。

また、引張接合部については他の木造建築物と同様に、建物平面外周部に設けるほか、頭つなぎとしての性能を確保するために、図 2.2.4-4 に示すように床パネル相互が接する線と耐力壁線が交さする部分、すなわち耐力壁線上あるいはその近傍に設ける必要がある。

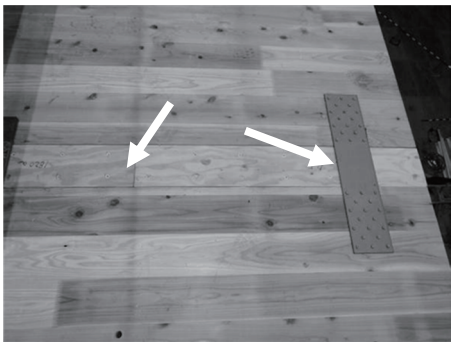


写真 2.2.4-1　床パネル相互接合部の例

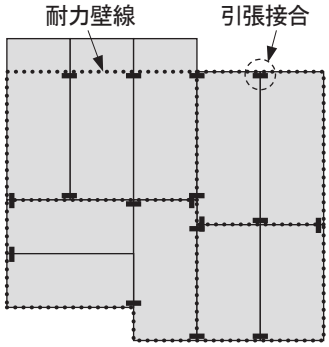


図 2.2.4-4　引張接合部の配置例

五　吹抜きその他床版を設けない部分で外壁に接する部分は、はりを設けることその他の方法により風圧力その他の外力に対して構造耐力上有効に補強しなければならない。

吹抜き等床版を設けない部分が外壁に接する場合は、図 2.2.4-5 のように耐風梁等により外壁面に作用する風圧力に対して有効に補強する。また、耐風梁についても頭つなぎとしての性能を確保するために、耐風梁端部と床版の間に引張接合部を設ける必要がある（写真 2.2.4-2）。

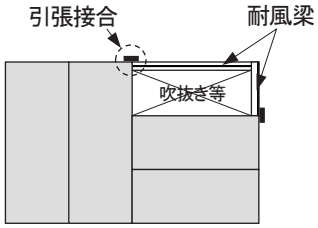


図 2.2.4-5　耐風梁の配置例

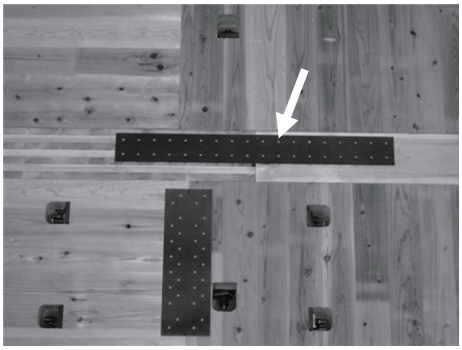


写真 2.2.4-2　耐風梁-床パネル間引張接合部の例

第五　壁等［波下線部を除きルート 3 の構造計算による場合は適用除外］

一　耐力壁は、壁パネル（次に掲げるものをいう。以下同じ。）を使用したものとし、建築物に作用する水平力及び鉛直力に対して安全であるように釣合いよく配置するとともに、CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルを除き、床版（2 以上の階に連続して 1 の耐力壁を設ける場合にあって、当該耐力壁の構造が第三号イ又はロに掲げる基準に適合するときは、当該耐力壁の脚部にある階の床版）の上部に配置しなければならない。この場合において、耐力壁の負担する鉛直力を負担する柱又は耐力壁以外の壁を設ける場合においては、当該耐力壁に代えて当該柱又は耐力壁以外の壁を配置することができる。

イ　無開口壁パネル（1 の直交集成板で第四第二号イからハまでのいずれかに該当するものをいう。以下同じ。）

ロ　有開口壁パネル（開口部等を有する 1 の直交集成板でイに規定する無開口壁パネルに該当しないものをいう。以下同じ。）であって、垂れ壁部分（当該開口部等の直上の部分をいう。以下同じ。）、腰壁部分（当該開口部等の直下の部分をいう。以下同じ。）及び袖壁部分（腰壁部分及び垂れ壁部分以外の部分をいう。以下同じ。）がそれぞれ第四第二号イからハまでのいずれかに該当するもの

耐力壁はイまたはロに適合する CLT パネルを用い、建築物に作用する水平力及び鉛直力に対して安全であるように釣合いよく配置するとともに、最下階の壁パネルを除き、床版の上部に配置しなければならない。ただし、耐力壁の構造が第三号イ又はロに掲げる基準に適合する場合（小幅パネル架構又は大版パネル架構①）で、2 以上の階に連続して 1 の耐力壁を設ける場合、すなわち壁パネルが通し壁の場合は、その脚部にある階の床版の上部に配置し、通し壁の中

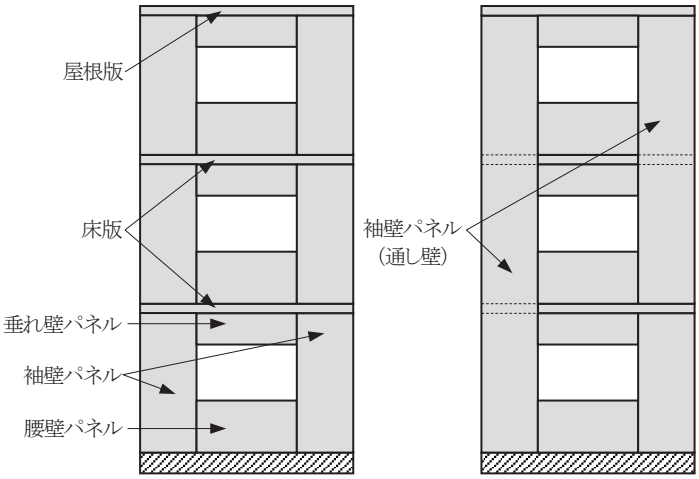


図 2.2.5-1　耐力壁（鉛直構面）の構成例 ― イ 無開口壁パネルを用いる場合

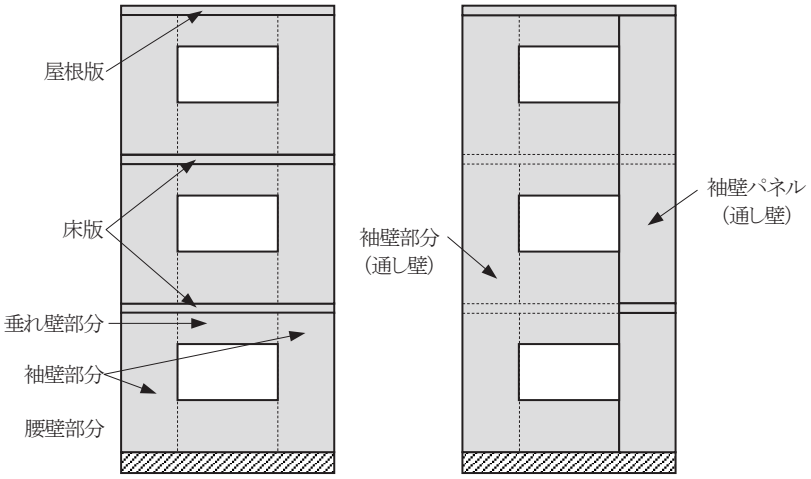


図 2.2.5-2　耐力壁（鉛直構面）の構成例 ― ロ 有開口壁パネルを用いる場合
※右図は第三号ロ（大版パネル架構①）のみ

間に位置する床版はその通し壁によって支持する。構成例を図 2.2.5-1, 2 に示す。そのほか、鉛直力のみを負担する柱・壁を設けることができる。

また、壁パネルに設備用等の小開口を設ける場合は第四第二号の規定に従う。

本号の規定はルート 3 の構造計算により適用除外となる。しかし、本号の規定以外の鉛直構面については特に面内の剛性・耐力の計算方法に関する知見が十分ではないので、それらについてはルート 3 の構造計算においても特別な調査又は研究に準じて性能を評価することが望ましい。

二　壁パネルとして使用する直交集成板の外層ラミナの方向は、当該壁パネルの長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。

壁パネルとして使用する CLT パネルの外層ラミナの方向は、当該壁パネルの長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。また、第一号において壁パネルの要件として第四第二号イ～ハ(床版)を参照しているので、壁パネル形状は有開口パネルの垂れ壁部分、腰壁部分および袖壁部分を含めて矩形でなければならない。したがって、図 2.2.5-3 に示すもののうち、(a)、 (b)は可となるが、その他のものは不可である。

ただし、第四第二号ハの規定により、形状が矩形であるものに開口部等を設けた壁パネルは、特別な調査又は研究により耐力・剛性を設定したものであれば使用可能であり、さらに、矩形パネルを斜めに切取ることも開口部等(欠き込み)に含まれる。したがって、特別な調査又は研究として、実験による性能確認とそれに対応する理論的評価を行えば、図 2.2.5-3(a)、(b)以外の壁パネルも使用可能となる。

また、図 2.2.5-3(d)、(e)の壁パネルについて、圧縮座屈の検定および面外の応力・変形の計算・検定では図中点線で示す外接矩形とみなし、面内の応力・変形の計算・検定では図中破線で示す内接矩形部分あるいはそれより小さな矩形部分のみを有効とするなど、安全側に矩形に置換することができる場合は、特別な調査又は研究に該当するものとして、当該壁パネルを使用することができるものとする。図 2.2.5-3(f)、(g)の壁パネルについて、図中破線で示す内接矩形部分のみで、当該パネルに作用する面内力・面外力に抵抗できる場合も同様とする。

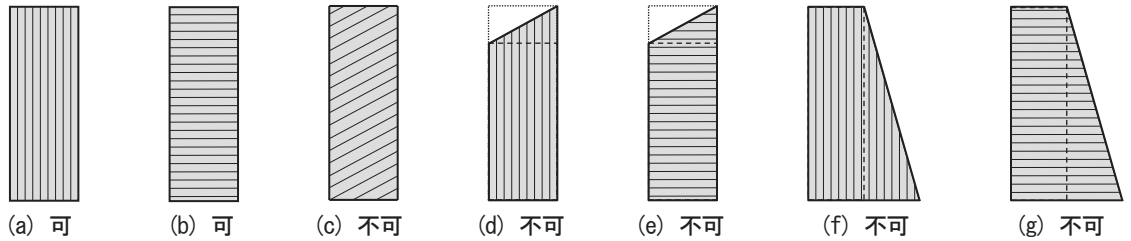


図 2.2.5-3　壁パネルの形状と外層ラミナ方向の関係

そのほか、図 2.2.5-4 のような勾配屋根の妻壁部分を含む鉛直構面について、鉛直面内力および水平面外力に対しては図 2.2.5-4(a)の破線より下の部分を有効とし、当該鉛直構面の水平耐力性能の計算では図 2.2.5-4(b)の破線より下の部分を有効とする場合なども特別な調査又は研究に該当するものとする。

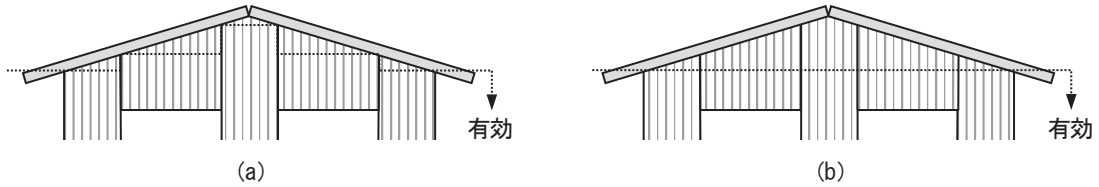


図 2.2.5-4　妻壁部分の壁パネルの第一号・第二号への適合条件

なお、第一号に加え本号の規定もルート 3 の構造計算により適用除外となる。しかし、外層ラミナの方向が長辺方向又は短辺方向と平行でない CLT パネル、および形状が矩形でない CLT パネルを壁パネルとして用いる場合の水平耐力性能の計算方法に関する知見は十分ではないので、上述のように応力・変形の計算・検定に際してそれらの壁パネルを安全側に矩形に置換できる場合を除いて、ルート 3 の構造計算においても特別な調査又は研究に準じて性能を評価す

ることが望ましい。

三　耐力壁の構造は、次のイからハまでのいずれかに適合しなければならない。
イ　次の(1)から(3)までに掲げる基準に適合すること
(1)　無開口壁パネルを使用し、かつ、有開口壁パネルを使用しないこと。
(2)　垂れ壁パネル(無開口壁パネルを垂れ壁として使用する場合における当該無開口壁パネルをいう。以下同じ。)を設ける場合にあっては当該垂れ壁パネルの両側、腰壁パネル(無開口壁パネルを腰壁として使用する場合における当該無開口壁パネルをいう。以下同じ。)を設ける場合にあっては当該腰壁パネルの両側に、袖壁パネル(無開口壁パネルを袖壁として使用する場合における当該無開口壁パネルをいう。以下同じ。)(ロに適合する耐力壁の構造と同一の方向(張り間方向及び桁行方向をいう。以下同じ。)で併用する場合にあっては、袖壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分)を設け、構造耐力上有効に緊結しなければならない。
(3)　無開口壁パネルは、構造耐力上主要な部分である床版その他の部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、無開口壁パネル(垂れ壁パネル及び腰壁パネルを除く。)の上下四隅は、次に掲げる基準に適合しなければならない。
(ⅰ)　次に掲げる部分を緊結すること。
(イ)　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分
(ロ)　上下階の壁パネル相互又は壁パネルと床版、小屋組若しくは屋根版
(ⅱ)　接合部は、当該接合部に生ずる引張応力を伝えるように緊結すること。
ロ　次の(1)から(3)までに掲げる基準に適合すること
(1)　有開口壁パネル又は有開口壁パネル及び無開口壁パネル(垂れ壁パネル、腰壁パネル及び袖壁パネルを除く。以下「独立無開口壁パネル」という。)を使用すること。
(2)　有開口壁パネルの端に袖壁部分を設けない場合にあっては、当該有開口壁パネルの垂れ壁部分又は腰壁部分(袖壁を設けていない部分に限る。)は、当該有開口壁パネルと同一方向に設けた独立無開口壁パネル(イに適合する耐力壁の構造と同一の方向で併用する場合にあっては、無開口壁パネル(垂れ壁パネル及び腰壁パネルを除く。))又は他の有開口壁パネルの袖壁部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。
(3)　独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルは、構造耐力上主要な部分である床版その他の部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分の上下四隅は、イ(3)(ⅰ)及び(ⅱ)に掲げる基準に適合しなければならない。
ハ　次の(1)及び(2)に掲げる基準に適合すること
(1)　ロ(1)及び(2)に掲げる基準に適合すること。
(2)　独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルは、構造耐力上主要な部分である床版その他の部分と構造耐力上有効に緊結しなければならない。この場合において、独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの上下四隅(有開口壁パネルの端に袖壁部分を設けない場合にあっては、当該有開口壁パネルの垂れ壁部分又は腰壁部分(袖壁を設けていない部分に限る。)の隅部を除く。)は、イ(3)(ⅰ)及び(ⅱ)に掲げる基準に適合しなければならない。

第三号では耐力壁の構造、すなわち鉛直構面の構成方法が規定されている。本書では、これらのうちイに適合するものを「小幅パネル架構」、ロに適合するものを「大版パネル架構①」、ハに適合するものを「大版パネル架構②」と称する。なお、前述の第四第二号ハの規定による開口部を設けた壁パネルは、ここでは「無開口壁パネル」および「独立無開口壁パネル」とみなす。このほか、有開口壁パネルに第四第二号ハの規定による開口部を設けることができる。

イ　小幅パネル架構

小幅パネル架構は下記に適合するように構成する。

(1)有開口壁パネルを用いず、無開口壁パネルのみを用いる。

(2)垂れ壁パネル、腰壁パネルを設ける場合は、それらの両側に袖壁パネルまたは袖壁部分を設け、主として垂れ壁パネル、腰壁パネル端部の鉛直せん断力に対して有効に緊結する。したがって、図 2.2.5-5(d)は小幅パネル架構に該当せず、図 2.2.5-5(e)は該当する。本規定は、図 2.2.5-5(d)のような場合に、直交する壁または柱に折損が生じて鉛直支持能力を喪失することを防止する目的で設定されている。したがって、このような架構が存在する場合は保有水平耐力計算によって終局時に直交壁および柱に折損が生じないことを確認するか、または垂れ壁・腰壁を CLT パネル以外の材料で構成し、その短期許容せん断耐力が 1.96kN/m 程度以下の面内抵抗の少ないものとする必要がある。

(3)すべての無開口壁パネルは、写真2.2.8-1、 2.2.10-1～9 に例示する接合部等で、主としてそれらの辺に生じるせん断力に対して基礎、床版等と有効に緊結する。また、垂れ壁パネル、腰壁パネル以外の無開口壁パネルの上下四隅は当該部分に生じる引張に対して下記の部分を有効に緊結する。

- 最下階の壁パネル−基礎
- 上下階の壁パネル相互または壁パネル−床版
- 壁パネル−小屋組・屋根版

このほか、第一号で述べた通し壁を用いる場合も図 2.2.5-5(f)に示すように第三号イ(1)～(3)に準拠して壁パネル、床版、屋根版、基礎相互を有効に緊結する。ただし、(3)(ｉ)(ロ)による壁パネル−床版の引張接合部は省略できる。また、第三号イに規定はないが、床版が接する通し壁の中間部には床版から伝達される鉛直せん断力に対して有効なせん断接合部を設ける必要がある。

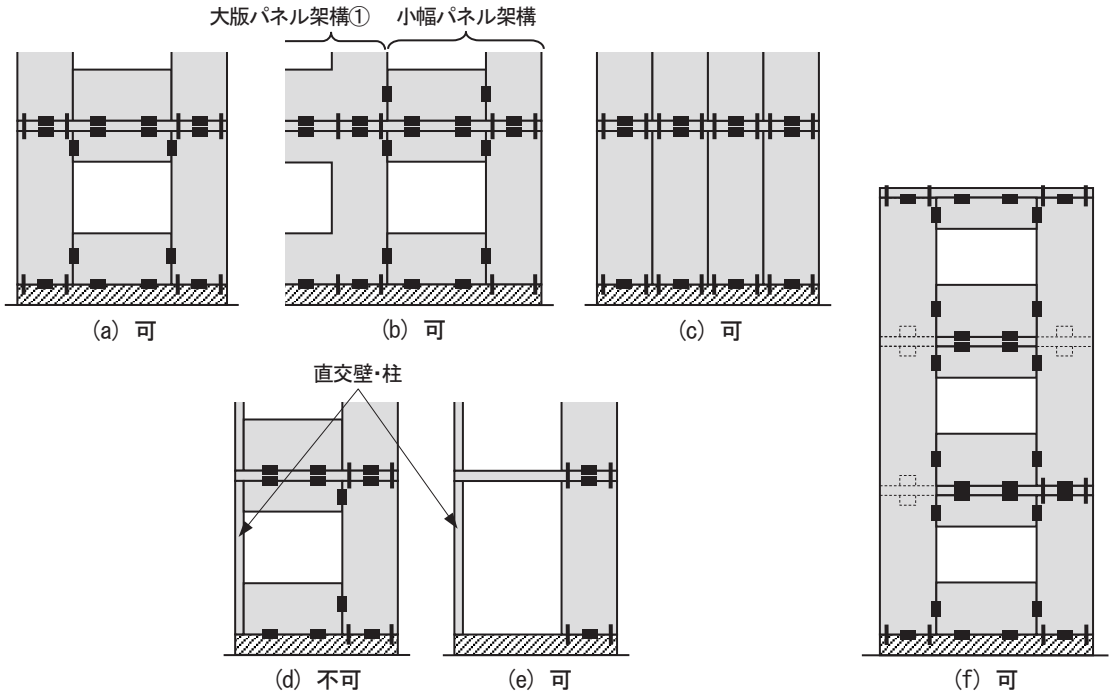


図 2.2.5-5　小幅パネル架構の条件

ロ 大版パネル架構①

大版パネル架構①は下記に適合するように構成する。

(1)有開口壁パネルと独立無開口壁パネルを用いて鉛直構面を構成する（図 2.2.5-6)。なお、独立無開口壁パネルは無開口壁パネルを大版パネル架構に用いる際の呼称である。

(2)一端に袖壁部分の無い有開口壁パネルについては、垂れ壁部分および腰壁部分は、主としてそれらの端部に生じる鉛直方向せん断力に対して、独立無開口壁パネル、無開口壁パネル(袖壁パネルのみ)または他の有開口壁パネルの袖壁部分に有効に緊結する（図 2.2.5-6(b)、(c))。

(3)すべての独立無開口壁パネルと有開口壁パネルは、主としてそれらの辺に生じるせん断力に対して基礎、床版等と有効に緊結する。また、独立無開口壁パネルと有開口壁パネル(袖壁パネルのみ)の袖壁部分の上下四隅は当該部

分に生じる引張に対してイ(3)解説と同様に、下記の部分を有効に緊結する。

- 最下階の壁パネル−基礎
- 上下階の壁パネル相互または壁パネル−床版
- 壁パネル−小屋組・屋根版

小幅パネル架構と同様に、第一号で述べた通し壁を用いる場合も図 2.2.5-6(d)に示すように第三号ロ(1)～(3)に準拠して壁パネル、床版、屋根版、基礎相互を有効に緊結する。ただし、(3)による壁パネル−床版の引張接合部は省略できる。また、第三号ロに規定はないが、床版が接する通し壁の中間部には床版から伝達される鉛直せん断力に対して有効なせん断接合部を設ける必要がある。

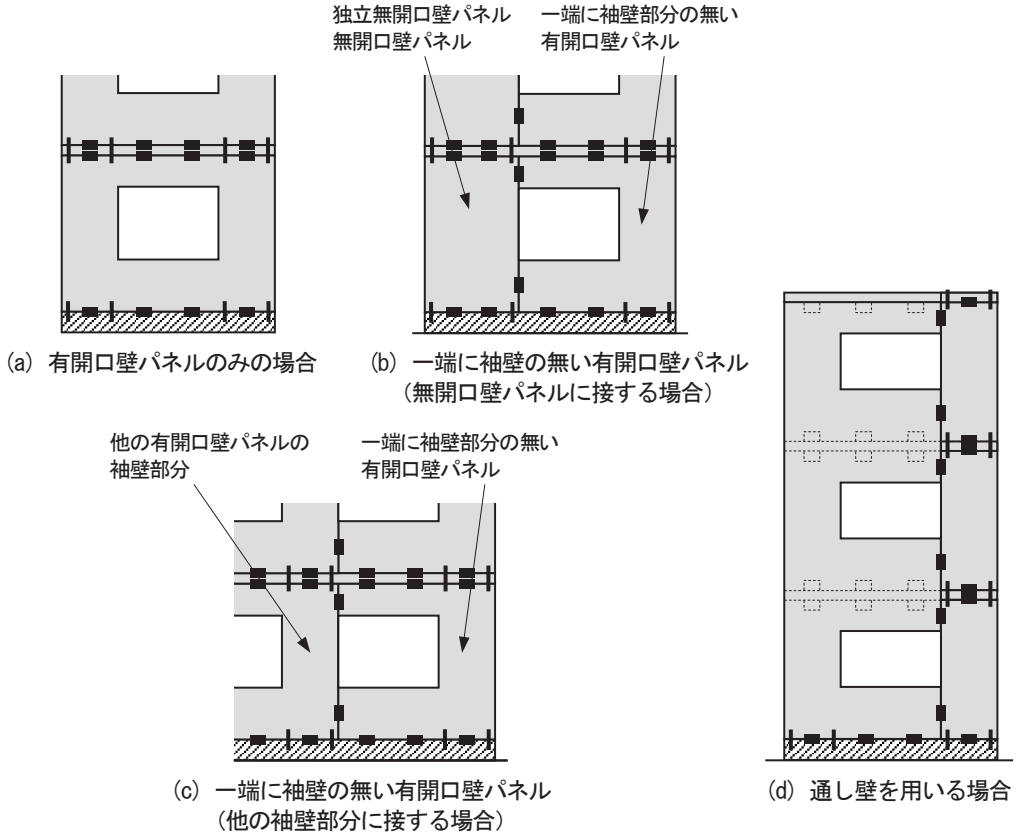


図 2.2.5-6　大版パネル架構①の条件

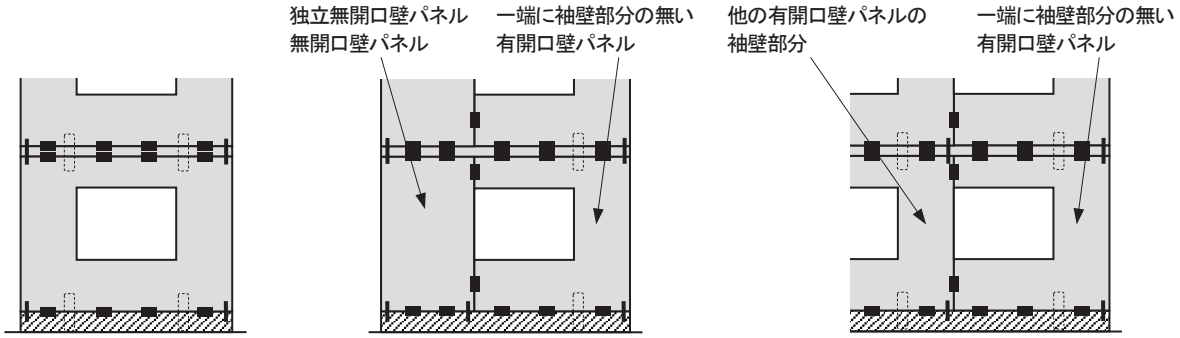
ハ　大版パネル架構②

大版パネル架構②は下記に適合するように構成する。

(1)鉛直構面の構成方法はロ(1)、(2)と同じであり、一端に袖壁部分の無い有開口壁パネルについては、垂れ壁部分および腰壁部分は、主としてそれらの端部に生じる鉛直方向せん断力に対して、独立無開口壁パネル、無開口壁パネル(袖壁パネルのみ)または他の有開口壁パネルの袖壁部分に有効に緊結する（図 2.2.5-7(b)、(c)）。

(2)すべての独立無開口壁パネルと有開口壁パネルは、主としてそれらの辺に生じるせん断力に対して基礎、床版等と有効に緊結する。また、独立無開口壁パネルと有開口壁パネルの上下四隅は、袖壁部分を設けない側の垂壁部分・腰壁部分の隅部を除き、当該部分に生じる引張に対してイ(3)解説と同様に、下記の部分を有効に緊結する。

- 最下階の壁パネル−基礎
- 上下階の壁パネル相互または壁パネル−床版
- 壁パネル−小屋組・屋根版



(a) 有開口壁パネルのみの場合　(b) 一端に袖壁の無い有開口壁パネル（無開口壁パネルに接する場合）　(c) 一端に袖壁の無い有開口壁パネル（他の袖壁部分に接する場合）

図 2.2.5-7　大版パネル架構②の条件（破線部に引張接合部を設けないことが大版パネル架構①と異なる）

なお、大版パネル架構①、②のいずれについても水平力により開口隅に応力集中が生じ、写真 2.2.5-1 のように開口隅を起点とした亀裂が生じやすい。この亀裂の方向は垂れ壁部分・腰壁部分の曲げ耐力が袖壁部分より小さい場合は鉛直方向に生じ、逆の場合は水平方向に生じる。亀裂が水平方向に生じる場合は、架構が鉛直荷重支持能力を喪失するなど、極めて危険な状態になる可能性が高いと考えられる。ただし、保有水平耐力計算または限界耐力計算を行う場合で、増分解析等により保有水平耐力時または安全限界変形時の亀裂発生位置と方向が確認でき、当該亀裂発生後も当該架構がなお倒壊、崩壊等に至っていないことが確認できる場合は問題ない。

また、第八第二号の表に規定される Ds および第九第二号の表に規定される応力割増し係数は、小幅パネル架構・大版パネル架構①および大版パネル架構②に対する値がそれぞれ示されている。これは、大版パネル架構①、②では亀裂が鉛直方向に生じること、および大版パネル架構①は、亀裂発生後は小幅パネル架構とみなすことができることを前提としている。したがって、ルート 3 で第八第二号の表に規定される Ds を用いる場合、およびルート 2 で第九第二号の表に規定される応力割増し係数を用いる場合は、垂れ壁部分・腰壁部分の曲げ耐力が袖壁部分より小さいことを確認する必要がある。このとき、袖壁部分の左右両側に垂れ壁部分・腰壁部分が存在する場合は、左右の曲げ耐力の合計が袖壁部分より小さいことを確認する。なお、ルート 1 の場合は第十第四号（ハ）の規定がこの確認に該当するが、外層ラミナが鉛直方向であることが前提となっている。

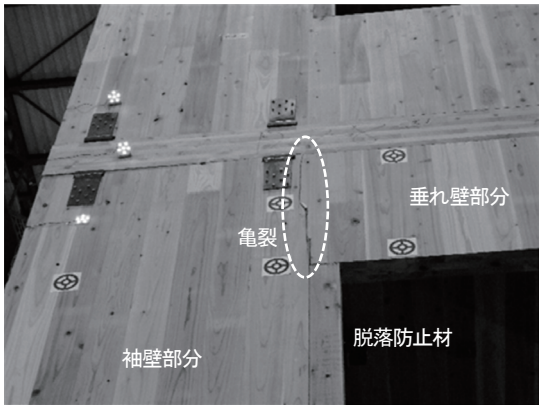


写真 2.2.5-1　大版パネル開口隅を起点とした亀裂

四　地階の壁は、鉄筋コンクリート造としなければならない。ただし、直接土に接する部分及び地面から 30cm 以内の外周の部分以外の壁は、構造耐力上安全なものとした壁パネルを使用することができる。

地階のほとんどの部分が地盤面下にある場合は、地階の外周部の壁は一体の鉄筋コンクリート造とし、計算により必要な壁量を確保するほか、1 階の耐力壁の直下部には地階の壁を設けるか、または 1 階の床版を構造耐力上有効に補強しなければならない。また、地階を壁式鉄筋コンクリート造とする場合は、平 13 国交告第 1026 号第 5 の規定により、限界耐力計算および保有水平耐力計算を行う場合以外は、床版を鉄筋コンクリート造としなければならない。

地下部分については、基礎型式及び土圧、地下水位等により、地階の壁の厚さ、鉄筋の配筋量が異なるため、設計

条件に応じて個々の建築物ごとの構造計算によって設計を行うべきである。また、地階の鉄筋コンクリート造の部分には、令第 3 章第 6 節(鉄筋コンクリート造)、第 3 章第 8 節(構造計算)の規定が適用され、地階を壁式鉄筋コンクリート造とする場合は平 13 国交告第 1026 号が適用されるので、これらの規定に適合した設計としなければならない。

地階の一部が地盤面上にある場合には、本号ただし書きにより、地盤面上 30 cm を超える外周部の壁を CLT パネルによる壁とすることができる(図 2.2.5-8)。地階の内部の壁も CLT パネルによる壁とすることができるが、この場合、地階に作用する水平力は地階の外周部の壁に負担させ、内部の壁は鉛直力のみを負担するような構造とするのが望ましい。これらの壁パネルの構成は第一号～第三号の規定に準じる。また、地階の壁を CLT パネルによる壁とする場合は、当該壁パネルと直上の 1 階壁パネルの接合部が第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に該当するため、第八第二号ニ(1)あるいは第十第七号イ(1)の規定が適用される。

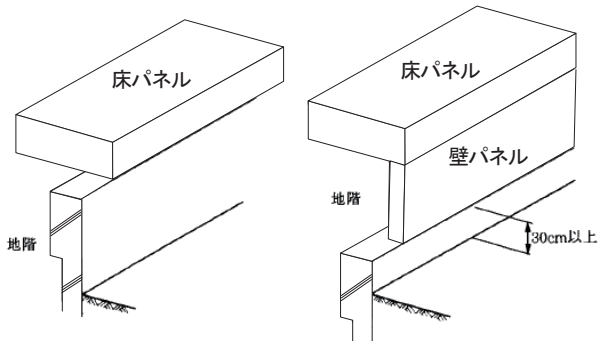


図 2.2.5-8　地階の壁の構造

第六　小屋組等［ルート３の構造計算による場合は適用除外］

第四第一号から第五号までに掲げる基準に適合する構造としなければならない。この場合において、これらの規定（第四第一号を除く。）中「床版」とあるのは「小屋組又は屋根版」と、「床パネル」とあるのは「屋根パネル」と、同号中「床版は」とあるのは「小屋組又は屋根版は」と、「耐力壁（最下階に床版を設ける場合にあっては、土台又は基礎）」とあるのは「耐力壁」と読み替えるものとする。

屋根レベルの水平構面は、図 2.2.6-1(a)、(b)のように屋根パネルで構成するほか、他の木質構造建築物と同様に、図 2.2.6-1(c)のように製材・集成材等による小屋組と構造用合板等の面材によって構成する。ただし、「第四　床版」と同様に、いずれの場合も、水平力によって生じる力に対して水平構面自体が有効に抵抗し、かつ、それらの力を耐力壁等の他部材に有効に伝達できる剛性・耐力が必要である。

図 2.2.6-1(d)～(f)のように軒レベルに CLT パネルによる水平構面を設け、その上に小屋組部分を載せる場合（置き屋根）は、当該小屋組部分は「建築物に作用する水平力を負担しない部分」（第四第一号ただし書き）に該当するので、第六の規定の対象外となり、当該部分に作用する鉛直荷重・水平力等に対して安全であるように設計する。

また、図 2.2.6-1(a)、(b)、(d)～(f)の小屋組等に用いる CLT パネルのラミナ構成は第二第一号に解説したものに限定される。

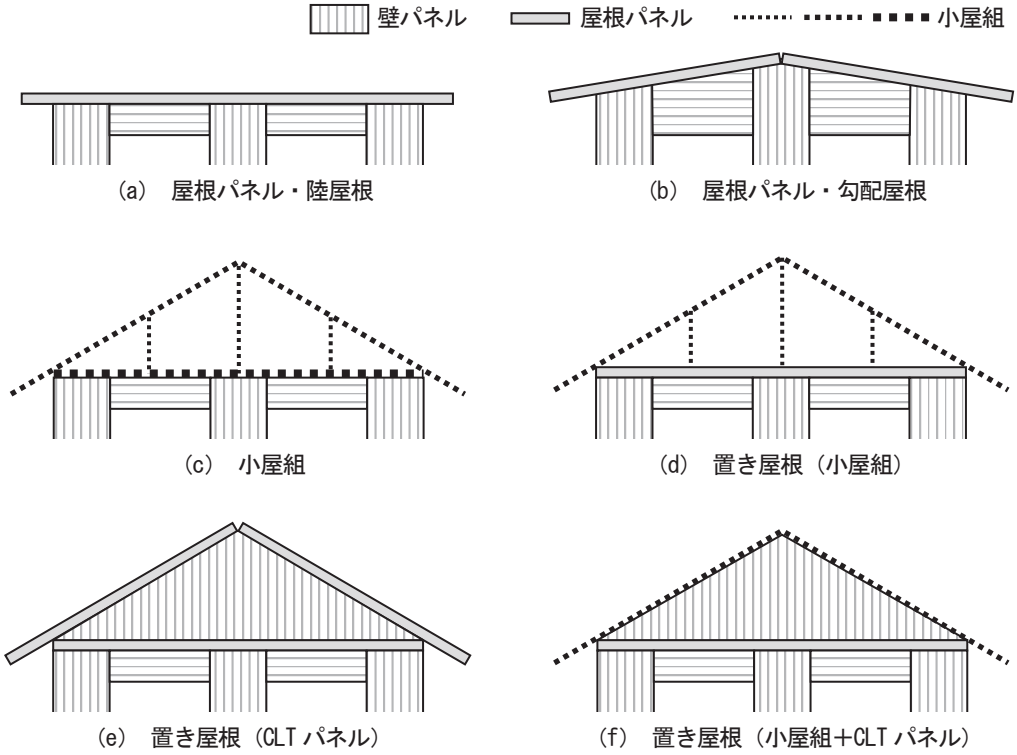


図 2.2.6-1　小屋組等の構成方法

第七　防腐措置等

CLT パネル工法は欧州・北米等では一定の建設実績があるが、欧州の劣化外力に対する耐久措置と同等でよいとは限らない。これを気候・風土の異なるわが国で健全に発展させるためには、防腐措置等について十分に検討する必要がある。特に木質材料の腐朽、蟻害の面から防腐措置に関する規定は重要である。

一　土台及び耐力壁が基礎と接する面の下地には、防水紙その他これに類するものを使用しなければならない。

土台又は耐力壁が基礎と接する面には、防腐対策上、防水紙を敷く必要がある。なお、ねこ土台（基礎の上に樹脂・金属等によるスペーサーを用いて土台を浮かせ、水湿を防ぐとともに、基礎に穴を設けず床下換気が確保できる構法）により床下換気を確保する場合はこの限りではない。

また、外壁、浴室をはじめ雨掛かり、水掛かりの部分に鉄網モルタル塗りを施工する場合は、開口部の隅角部、ラスの継ぎ目等亀裂の発生しやすい箇所が多くある。モルタル塗りは乾燥収縮などのため、弾性リシンで仕上げない限り壁面には必ず亀裂が発生するものと考えられ、この亀裂を通じて浸入した水分が滞留すると木質部材は腐りやすくなる。弾性リシンの施工とその維持管理、又は水分の滞留を防ぐ通気工法の採用など下地の防腐措置には十分配慮する必要がある。

メタルラス張り下地（防水紙）は、アスファルトフェルト 430 等とし、縦張りの継ぎ目は 90 mm 以上重ね、たるみ、しわ等のないように入念に張り上げるなど、日本建築学会 JASS15 左官工事標準仕様書に則ることが望ましい。縦使いの際の横の継ぎ目の重ねも同様 90 mm 以上とする。防水紙はステープル（またはくぎ）にて間隔 300 mm 以内ごとに下地材に取り付けることなども重要であるが、構成部材は日本工業規格（JIS）に製品規格があるものについては、それに適合した部材を採用することが望ましい。

ワイヤーラスの場合の防水紙も、メタルラスの場合と同様にし、入念な防水紙の張り付けを行う。開口部の隅、ラスの継ぎ目等亀裂の発生しやすい箇所には、亀裂防止として補強張りを行う必要がある。

二　地面から 1m 以内の構造耐力上主要な部分（床版の屋外に面しない部分を除く。）に使用する木材には、有効な防腐措置を講ずるとともに、必要に応じて、しろありその他の虫による害を防ぐための措置を講じなければならない。

構造耐力上主要な部分である土台、壁、柱、床版（屋外に面する部分のみ）等のうち、地面から 1m 以内の木質部材には有効な防腐・防蟻措置を施す。

防腐措置の方法としては、防水紙等を用いて水分が直接木質部材に接触しない方法、直接防腐防蟻薬剤を木材に注入する方法、防腐防蟻薬剤の塗布、浸せき等による防腐処理法等がある。そのほか、外壁内に通気層等を設けて壁体内通気を可能とする構造とした場合の外壁下地及び、下記のいずれかの床下防湿措置を講じた場合の内壁は防腐措置が施されたものとみなせる。

【2007 年枠組壁工法建築物設計の手引より抜粋し一部要約】

1. べた基礎とする場合
2. 防湿用コンクリートを施工する場合
   イ. 床下地面全面に、厚さ 60 mm 以上のコンクリートを打設する。
   ロ. コンクリート打設に先立ち、床下地面は盛り土し、十分突き固める。
3. 防湿フィルムを施工する場合
   イ. 床下地面全面に JIS A 6930（住宅用プラスチック系防湿フィルム）、JIS Z 1702（包装用ポリエチレンフィルム）若しくは JIS K 6781（農業用ポリエチレンフィルム）に適合するものまたはこれらと同等以上の効力を有する防湿フィルムで厚さ 0.1mm 以上のものを敷きつめる。
   ロ. 防湿フィルムの重ね幅は 150 mm 以上とし、防湿フィルムの全面を乾燥した砂、砂利またはコンクリート押さえとする。

我が国で多く生息しているシロアリは、大きく分けて2通りである。北海道北部以外の全域に生息するヤマトシロアリと沖縄、九州～関東の太平洋岸に生息するイエシロアリである。ヤマトシロアリに対する有効な防蟻措置は、防腐措置とほぼ同様で、木部への水の滞留を防ぎ、木質部材の乾燥状態を保つことが重要であり、ほとんどの蟻害は防げる。一方で、イエシロアリは乾燥剤を食すため、水の滞留を防ぐだけでは十分な対策とはいえない。地盤面から 1m 以内の防腐防蟻薬剤処理も効力はあるものの、1m を超える部分の対策としては不十分である。このため、イエシロアリ対策としては、地盤処理、ベイト工法などが有効であるが、それも万全ではないのでイエシロアリ生息域においては、日常の点検、維持管理が重要である。

三　構造耐力上主要な部分のうち、直接土に接する部分及び地面から 30cm 以内の外周の部分は、鉄筋コンクリート造若しくは鉄骨造とするか、又は腐朽及びしろありその他の虫による害を防ぐための措置を講じなければならない。

構造耐力上主要な部分のうち、直接土に接する部分及び地面から 30cm 以内の外周の部分は鉄筋コンクリート造または鉄骨造とすることが望ましい。土中に木材腐朽菌は存在し、光を嫌うシロアリは土中での食害活動は活発になる。通常の建築物の耐用年数に応じた期間について土中での耐朽性、耐蟻性を保証した薬剤などは存在しない。

四　腐食のおそれのある部分及び常時湿潤状態となるおそれのある部分の部材を緊結するための金物には、有効なさび止めのための措置を講じなければならない。

CLT パネル工法では、CLT パネル自体は剛性・耐力は大きいが破壊性状は脆性的であり、水平力に対する建築物の破壊靭性のほとんどは接合部によって担保される。したがって、接合部を構成する金物、ビス、ボルト等のうち、腐食のおそれのある部分や常時湿潤状態となるおそれのある部分に用いるものについては特に慎重に防錆措置を施す必要がある。

常時湿潤状態となるおそれのある部分には、コンクリート・石材に接する部分、外気あるいは床下部分に暴露して用いられる部分、浴室周りをはじめとする水掛かり部分、屋根軒先や外壁開口部周り、さらには結露を生じやすい壁内部分等、かなり多くの箇所が該当する。また、建築物が建設される敷地環境が海浜に近い地区、道路沿い等の特殊の劣化要因のある場所については、特別な注意が必要である。

公共建築木造工事標準仕様書[10]に規定されている 防錆措置は、(公財)日本住宅・木材技術センターが行う接合金物認証制度の使用環境 2 の区分のものとしている。参考として、その防せい防食基準を表 2.2.7-1 に示す。その他、これと同等以上の防錆性能を有する錆止め塗装仕上げ、化成皮膜処理等があり、コンクリート、モルタル等によるアルカリの影響のある箇所は、耐アルカリ性塗料を塗布するか、めっき処理を行う。

表 2.2.7-1　接合金物に対する使用環境と防せい防食処理

種類		使用環境 1 室内のような乾燥した環境での使用	使用環境 2 直接雨に暴露されない屋外環境又は多湿な屋内環境での使用	使用環境 3 直接雨に曝される屋外環境での使用
接合金物	引き寄せ金物	・JIS H 8610(電気亜鉛めっき)Ep-Fe/Zn5/CM2 ・その他、同等以上の処理	・JIS H 8641(溶融亜鉛めっき) 1 種 A HDZ A ・JIS H 8610(電気亜鉛めっき) Ep-Fe/Zn8/CM2 ・その他、同等以上の処理	・JIS G 3302(溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯)Z35 NC ・その他、同等以上の処理
接合金物	その他*1		・JIS G 3302(溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯)Z27 NC ・その他、同等以上の処理	
接合具等	四角穴付きタッピンねじ		・JIS H 8610(電気亜鉛めっき) Ep-Fe/Zn20/CM1 ・その他、同等以上の処理	・JIS H 8610(電気亜鉛めっき) Ep-Fe/Zn25/CM1 ・その他、同等以上の処理
接合具等	くぎ類*2		・JIS H 8641(溶融亜鉛めっき) 1 種 A HDZ A ・その他、同等以上の処理	
接合具等	ボルト類*3		・JIS H 8610(電気亜鉛めっき) Ep-Fe/Zn8/CM2 ・その他、同等以上の処理	
接合具等	その他*4			

凡例
＊1 そ の 他：短ざく金物、ひら金物、かね折り金物、ひねり金物、折曲げ金物、くら金物、火打金物、コーナー金物、かど金物、山形プレート、筋かいプレート、梁受け金物、小型角座金、
＊2 く ぎ 類：太めくぎ、平くぎ、スクリューくぎ
＊3 ボルト類：六角ボルト、角根六角ボルト、角根平頭ボルト、両ねじボルト、全ねじボルト、アンカーボルト、座金付きボルト、六角ナット、六角袋ナット、ジョイントナット
＊4 そ の 他：ラグスクリュー、ドリフトピン、角座金、丸座金、柱脚金物、羽子板ボルト、羽子板パイプ、座金用スプリング かすがい、手違いかすがい

[10] 国土交通省大臣官房官庁営繕部:公共建築木造工事標準仕様書、 平成 28 年版

第八　保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算（ルート 3）

令第81条第2項第一号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算は、次に定める基準に従った構造計算とする。

第八の構造計算は、令第 81 条第 2 項第一号イに規定する保有水平耐力計算と同等以上に安全性を確かめることができるものとして位置付けられている。この第八に規定する保有水平耐力計算によって適用除外とすることができる仕様書的規定は、本告示第十二で指定されている。

一　令第 3 章第 8 節第 1 款の 2 に定めるところによること。この場合において、令第 82 条の 3 第二号中「各階の構造特性を表すものとして、建築物の構造耐力上主要な部分の構造方法に応じた減衰性及び各階の靭性を考慮して国土交通大臣が定める数値」とあるのは、「平成 28 年国土交通省告示第 611 号第八第二号に定める数値」と読み替えるものとする。

令第三章第八節第一款の二に規定される保有水平耐力計算によって構造耐力上の安全性を確認する。このとき、構造特性係数 Ds は次の第二号の規定に従って設定する。

二　建築物の各階の Ds は、次のイからトまでに定める基準に適合する場合にあっては次の表の上欄に掲げる耐力壁の構造に応じてそれぞれ同表の下欄に掲げる数値以上の数値とし、当該基準に適合しない場合にあっては 0.75 以上の数値とする。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、当該建築物の振動に関する減衰性及び当該階の靭性を適切に評価して算出することができる場合においては、当該算出によることができる。

耐力壁の構造	数　値
イ(1)に適合するもの	0.4
イ(2)に適合するもの	0.55
この表において、Ds を計算する階における耐力壁の構造について、異なる区分のものが混在する場合は、0.55 を当該階の数値とする。	

各階の Ds は、次のイ～トに適合しない場合は 0.75 以上とし、適合する場合は本号に掲載される表の値以上とすることができる。同表の上段は、「第五第三号イ、ロ」による小幅パネル架構および大版パネル架構①に対する Ds の値であり、下段は「第五第三号ハ」による大版パネル架構②に対する Ds の値である。Ds の値は、階ごとおよび建築物の桁行方向・梁間方向ごとに、耐力壁の構造に応じた最大値を採用する。

なお、第五第三号で解説したように、本号の表に掲載される Ds は、大版パネル架構①、②では亀裂が鉛直方向に生じること、および大版パネル架構①は、亀裂発生後は小幅パネル架構とみなすことができることを前提としている。したがって、本表の Ds を用いる場合は、垂れ壁部分・腰壁部分の曲げ耐力が袖壁部分より小さいことを確認する必要がある。このとき、袖壁部分の左右両側に垂れ壁部分・腰壁部分が存在する場合は、左右の曲げ耐力の合計が袖壁部分より小さいことを確認する。

また、増分解析による Ds の算出方法を、特別な調査又は研究に該当するものとして マニュアル第Ⅲ部・第 5 章・5.2.2 項に示されている。

イ　耐力壁の構造が、次のいずれかに適合するものであること。
(1)　第五第二号及び第三号イ（(2)を除く。）又はロ（(2)を除く。）に掲げる基準に適合すること。
(2)　第五第二号及び第三号ハ（(1)（同号ロ(2)に係る部分に限る。）を除く。）に掲げる基準に適合すること。

第五第二号により、壁に用いる CLT パネルの外層ラミナの方向は、当該壁パネルの長辺方向又は短辺方向と平行でなければならない。

また、第五第三号による小幅パネル架構、大版パネル架構①および大版パネル架構②のいずれかに該当しなければならない。ただし、小幅パネル架構では、垂れ壁パネル・腰壁パネルに接して袖壁パネルを設ける必要はなく、大版パネル架構では、垂れ壁部分・腰壁部分に接して独立無開口壁パネルや有開口壁パネルの袖壁部分を設ける必要が

ないので、図 2.2.8-1 のように、垂れ壁パネル・腰壁パネルおよび垂れ壁部分・腰壁部分が直交壁あるいは柱に接する架構も対象となる。なお、同図中、大版パネル架構②は破線部に引張接合部を設けないことが大版パネル架構①と異なる。

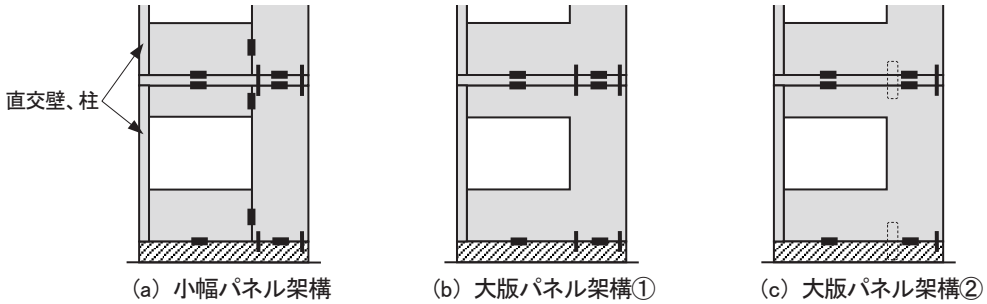


図 2.2.8-1　第二号イに適合する耐力壁

また、ルート 3 では第五第一号も適用除外となるので、CLT パネル以外の耐力壁を設けること、およびラーメンフレーム等を設けて、柱に水平力を負担させることもできる。この場合の Ds は増分解析結果に基づいて評価するほか、例えば第八第二号による Ds とラーメンフレーム等の Ds の大きい方とする等の方法による。

ロ　無開口壁パネル（垂壁パネル及び腰壁パネルを除く）及び有開口壁パネルの袖壁部分（以下「無開口壁パネル等」という。）の長さが 90cm 以上であること。

ハ　垂れ壁パネル及び有開口壁パネルの垂れ壁部分（以下「垂れ壁パネル等」という。）並びに腰壁パネル及び有開口壁パネルの腰壁部分（以下「腰壁パネル等」という。）の長さが 70cm 以上 4m 以下であること。

無開口壁パネル等の長さ（幅）は 90cm 以上であり、垂れ壁パネル等、腰壁パネル等の長さ（開口幅）は 70cm 以上 4m 以下でなければならない（図 2.2.8-2）。

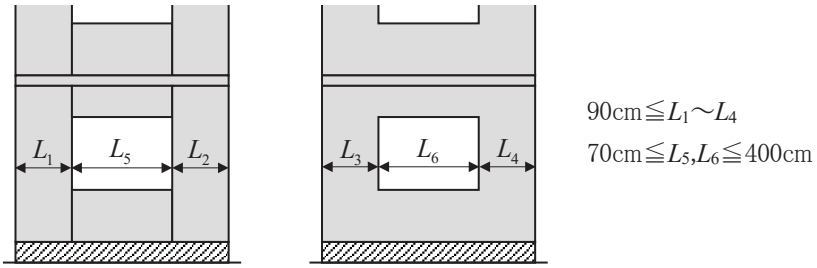


図 2.2.8-2　第二号ロ、ハの適合条件

このほかに、平 13 国交告第 1024 号（最終改正：平 28 国交告第 562 号）第一第十九号イ(2)（本書第 4 章にて解説）において許容応力度が規定されている CLT パネルの幅・長さが原則として 36cm 以上であるので、無開口壁パネル等、垂れ壁パネル等および腰壁パネル等の幅の最小値も 36cm となることに注意されたい。

ニ　次に掲げる引張応力を負担する接合部（以下「引張接合部」という。）が、それぞれ次に定める基準に適合すること。

(1)　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分との接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 4cm 以上で、伸び率（当該接合部の引張応力に対して有効な部分の長さに対する当該部分の終局引張耐力時の変形量の割合をいう。以下同じ。）が 10%以上であること。

(2)　上下階の壁パネル相互の接合部又は壁パネルと床版との接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局耐力時の変形量が 2cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。

引張接合部は下記の変形能力を有するものでなければならない。

(1) 壁パネル−基礎 ……終局変形量≧4cm かつ 伸び率≧10%

(2) 上下階壁パネル相互、壁パネル−床版、壁パネル−小屋組・屋根版 ……終局変形量≧2cm かつ 伸び率≧10%

伸び率の定義は「終局変形量 / 引張力に対する有効長さ」である。この規定は写真 2.2.8-1 のようなアンカーボルトまたはボルトの伸びによって伸び能力を確保する引張接合部を念頭に設定されており、アンカーボルトおよびボルトに JIS B 1220:2001(構造用両ねじアンカーボルトセット)に規定される ABR400 または ABR490 を用い、それら以外の部分の先行破壊が生じないことを確認できる場合は本規定に適合するとみなせる。

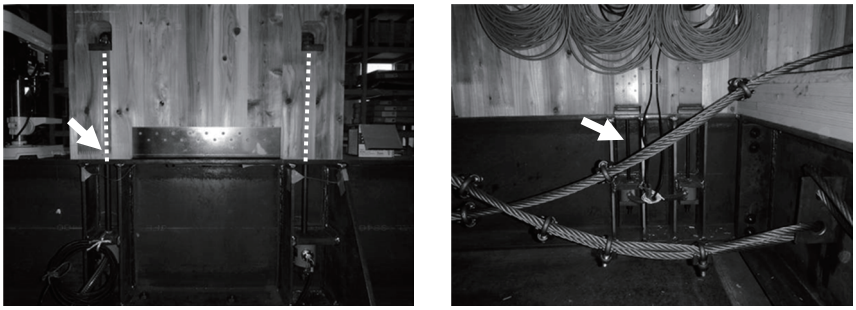


写真 2.2.8-1　壁パネル−基礎の引張接合部例

鋼板ビス打ち接合部および鋼板挿入ドリフトピン接合部等で、ボルト以外の部分で変形性能を確保できる接合部については、本号冒頭に示される特別な調査又は研究として、マニュアル第Ⅲ部・第 10 章に掲載される試験方法・評価方法に準拠して試験に基づく性能評価を行って、本規定への適合を確認する。これに関連して、マニュアル第Ⅲ部・第 9 章・9.2 節には、ボルト以外の部分で変形性能を確保しようとする接合部について、(1)に該当するものは塑性率が 6 以上、(2)に該当するものは塑性率が 3 以上であればそれぞれ伸び率が 10%以上と見なせる旨が記載されている。

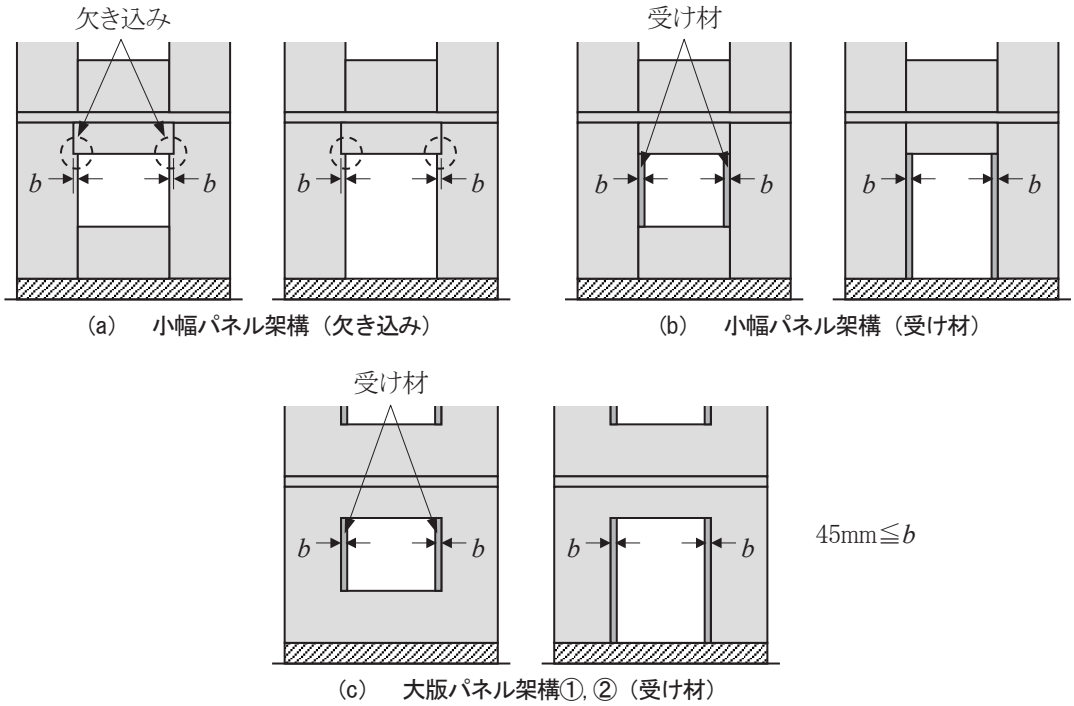
ホ　垂れ壁パネル等を設ける場合にあっては、次に掲げる措置又はこれと同等以上に有効な垂れ壁パネル等の脱落防止措置を講じていること。

(1)　垂れ壁パネルを設ける場合にあっては、袖壁パネルに幅が 45mm 以上の欠き込みを設け、又は厚さが当該垂れ壁パネルと同寸法以上で幅が 45mm 以上の受け材を設置すること。

(2)　有開口壁パネルに垂れ壁部分を設ける場合にあっては、厚さが当該垂れ壁部分と同寸法以上で幅が 45mm 以上の受け材を設置すること。

大版パネル架構①、②の場合は、特に地震時において開口隅に応力集中が生じ、同部分を起点とする亀裂が生じやすい。その結果として、垂れ壁部分と袖壁部分が分離され、垂れ壁が脱落する危険性が高くなる。小幅パネル架構の場合も、建築物の水平変形に伴って垂れ壁と袖壁に離間が生じ、当該部分の鉛直方向せん断耐力が低下することにより垂れ壁の脱落が生じる可能性がある。これを考慮して、図 2.2.8-3 に示すように垂れ壁の端部に欠き込みまたは受け材を設ける。受け材の幅は 45mm 以上とし、厚さは垂れ壁パネルまたは垂れ壁部分の厚さ以上とする。また、受け材と袖壁パネルまたは袖壁部分との接合方法について、既往の振動台実験試験体では胴径 6mm のビスを受け材側面から壁パネルの鉛直方向ラミナに対して打ち込み深さ 45mm、間隔 200mm で打ち込んでいる。

なお、垂れ壁端部の鉛直せん断接合部が保有水平耐力時に生じる垂れ壁と袖壁の離間に対して耐力を保持することが確認できる場合は、これらの補強は不要である。



(a)　小幅パネル架構（欠き込み）

(b)　小幅パネル架構（受け材）

(c)　大版パネル架構①, ②（受け材）

図 2.2.8-3　垂れ壁の脱落防止

ヘ　耐力壁線上に壁パネルを設けない部分を有する場合にあっては、当該部分の上部に設けられたはり、床版又は屋根版が脱落しないための措置を講じていること。

図 2.2.8-4 のように壁パネルを設けない部分については、建築物が保有水平耐力に達する前に床パネルまたは屋根パネルに折損が生じて同パネルが部分的に脱落する危険性がある。これを考慮して、壁パネルを設けない部分の端部にはホと同様の受け材を設けるなどの脱落防止措置を講じる。

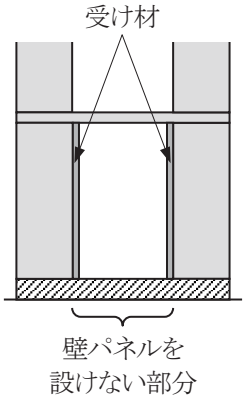


図 2.2.8-4　床パネル等の脱落防止

ト　第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に掲げる部分の接合部が降伏する場合において、当該接合部以外の CLT パネル工法を用いる建築物等の部分が降伏しないことが確かめられたものであること。

本号に規定される Ds は壁パネル−基礎の引張接合部に先行降伏が生じる架構を対象として定められている。したがって、当該 Ds を用いて構造計算を行う建築物は増分解析等によって壁パネル−基礎の引張接合部に先行降伏が生じ、その時点でその他の建築物等の部分が降伏しないことを確かめなければならない。具体的には、壁パネル−基礎の引張接合部が終局変形に達する時点で、せん断接合部を含め、その他の接合部の応力が終局変形に達していないこと、および CLT パネルの応力度が基準強度に達していないことを確認する。

また、降伏しないことを確かめる部分には水平構面、基礎も含まれる。基礎については、壁パネル−基礎の引張接合部に降伏が生じるときの基礎梁応力が終局耐力以下であるとともに、第一解説末尾で述べたように、アンカーボルトの引張力によるコーン状破壊等の防止についても確認が必要である。

第九　許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算（ルート 2）

令第81条第2項第二号イに規定する許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算は、次に定める基準に従った構造計算とする。

第九の構造計算は、令第 81 条第 2 項第一号イに規定する許容応力度等計算と同等以上に安全性を確かめることができるものとして位置付けられている。

一　令第 82 条の 6 に定めるところによること。

令第 82 条の 6 に規定される許容応力度等計算によって構造耐力上の安全性を確認する。このとき、地震時応力に次の第二号による割増し係数を乗じる。なおこの場合、令第 82 条の 6 第三号、昭 55 建告 1791 号第一第五号の規定による「構造耐力上主要な部分である柱若しくははり又はこれらの接合部が、割裂き、せん断破壊等によって構造耐力上支障のある急激な耐力の低下を生ずるおそれのないこと」が確かめられたものとみなす。

二　令第 82 条第一号の規定により計算した当該階の構造耐力上主要な部分に生ずる令第 88 条第一項の規定による地震力による応力の数値に、次に掲げる構造耐力上主要な部分の種類に応じてそれぞれ次に定める応力割増し係数を乗じて得た数値を当該応力の数値として令第 82 条第二号及び第三号に規定する構造計算を行うこと。

イ　引張接合部（上下階の壁パネル相互又は壁パネルと床版との接合部に限る。）及びせん断応力を負担する接合部（以下「せん断接合部」という。）　次の表の上欄に掲げる耐力壁の構造に応じてそれぞれ同表の下欄に掲げる数値以上の数値。

耐力壁の構造	数　値
第五号イ又はロに掲げる基準に適合するもの	2.0
第五号ハに掲げる基準に適合するもの	2.5
この表において、応力割増し係数を計算する階における耐力壁の構造について、異なる区分のものが混在する場合は、2.5 を当該階の応力割増し係数とする。	

ロ　壁パネルと小屋組又は屋根版との引張接合部及びイに掲げる構造耐力上主要な部分以外の構造耐力上主要な部分　次に掲げる基準に適合する場合にあっては次の表の上欄に掲げる耐力壁の構造に応じてそれぞれ同表の下欄に掲げる数値以上の数値とし、当該基準に適合しない場合にあっては 2.5 以上の数値。

(1)　第八第二号ロからトまでに掲げる基準に適合すること。

(2)　耐力壁の構造が、次のいずれかに適合するものであること。

（ｉ）　第五第三号イ又はロに掲げる基準に適合すること。

（ⅱ）　第五第三号ハに掲げる基準に適合すること。

耐力壁の構造	数　値
ロ(2)（ｉ）に適合するもの	1.0
ロ(2)（ⅱ）に適合するもの	1.8
この表において、応力割増し係数を計算する階における耐力壁の構造について、異なる区分のものが混在する場合は、1.8 を当該階の応力割増し係数とする。	

令第 82 条第一号の規定に従って、弾性時応力を求め、標準層せん断力係数を 0.2 以上とした地震時応力に本号に規定される応力割増し係数を乗じたうえで、令第 82 条第二号および三号に規定に規定される許容応力度計算を行う。

応力割増し係数は階・方向ごとに、イに該当する接合部については小幅パネル架構、大版パネル架構①及び大版パネル架構②の別と、ロに該当する部材・接合部については加えて第八第二号ロ～トへの適否に応じて次表の値以上とする。なお、ロに該当する部材・接合部について第八第二号ロ～トに適合しない部分が存在する場合は全ての階・全ての方向について 2.5 以上とする。また、大版パネル架構②となる部分が混在する階・方向については大版パネル架構②の応力割増し係数を適用する。

表 2.2.7-2　応力割増し係数

部　位	小幅パネル架構 大版パネル架構①		大版パネル架構②	
	前提※1 に適合	前提※1 に不適合	前提※1 に適合	前提※1 に不適合
上下壁間引張接合部 壁-床版引張接合部 せん断接合部	2.0		2.5	
上記以外の接合部、部材※2	1.0	2.5	1.8	2.5

※1　前提：第八第二号ロ～ト
※2　水平構面、基礎も含まれる。

第五第三号で解説したように、本号の表に掲載される応力割増し係数は、大版パネル架構①、②では亀裂が鉛直方向に生じること、および大版パネル架構①は、亀裂発生後は小幅パネル架構とみなすことができることを前提としている。したがって、本表の応力割増し係数を用いる場合は、垂れ壁部分・腰壁部分の曲げ耐力が袖壁部分より小さいことを確認する必要がある。このとき、袖壁部分の左右両側に垂れ壁部分・腰壁部分が存在する場合は、左右の曲げ耐力の合計が袖壁部分より小さいことを確認する。

また、第八第二号ト への適合確認ついては、応力割増し係数を乗じない応力に対する耐力壁-基礎の引張接合部の検定比が、他の引張接合部、せん断接合部、壁パネル、水平構面および基礎の検定比以上であることの確認に代えることができる。

2　前項に定める基準に従った構造計算は、次の各号に掲げる引張接合部が、当該各号に定める基準に適合する場合に適用する。
一　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分との接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 4cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。
二　上下階の壁パネル相互の接合部又は壁パネルと床版の接合部　当該接合部の引張応力に対して有効な部分の終局引張耐力時の変形量が 2cm 以上で、伸び率が 10%以上であること。

引張接合部は下記の変形能力を有するものでなければならない。本規定は壁-屋根版引張接合部が除外されることを除いて第八第二号ニ解説と同様であり、内容は第八第二号ニ解説と同様である。本規定は応力割増し係数の値によらず適用されることに注意されたい。

第十　令第 82 条各号及び令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算（ルート 1）

令第 81 条第 3 項に規定する令第 82 条各号及び令第 82 条の 4 に定めるところによる構造計算と同等以上に安全性を確かめることができる構造計算は、次の各号に定める基準のいずれかに従った構造計算とする。

第十の構造計算は、令第 81 条第 3 項に規定する令 82 条各号および令 82 条の 4 に定められる構造計算、すなわち許容応力度計算と同等以上に安全性を確かめることができるものとして位置付けられている。

一　次に定めるところによること。

イ　令第 82 条各号及び令第 82 条の 4 に定めるところによること。

ロ　令第 88 条第 1 項に規定する標準層せん断力係数を 0.3 以上として計算した地震力によって構造耐力上主要な部分（耐力壁を除く。）に生ずる力を計算して令第 82 条第一号から第三号までに規定する構造計算を行うこと。

ハ　令第 82 条の 6 第二号ロに定めるところにより張り間方向及び桁行方向の偏心率を計算し、それぞれ 0.15 を超えないことを確かめること。ただし、偏心率が 0.15 を超える方向について、次のいずれかに該当する場合にあっては、この限りでない。

(1)　偏心率が 0.3 以下であり、かつ、令第 88 条第 1 項に規定する地震力について標準層せん断力係数を 0.2 に昭和 55 年建設省告示第 1792 号第七の表 2 に掲げる Fe の数値を乗じて得た数値以上とする計算をして令第 82 条第一号から第三号までに規定する構造計算を行って安全性が確かめられた場合

(2)　偏心率が 0.3 以下であり、かつ、令第 88 条第 1 項に規定する地震力が作用する場合における各階の構造耐力上主要な部分の当該階の剛心からの距離に応じたねじれの大きさを考慮して当該構造耐力上主要な部分に生ずる力を計算して令第 82 条第一号から第三号までに規定する構造計算を行って安全性が確かめられた場合

イの規定に従い、令第 81 条第 3 項に規定する令第 82 条各号および令第 82 条の 4 に定められる構造計算、すなわち許容応力度計算を行う。このとき、耐力壁以外の部分についてはロの規定に従い、地震時応力を計算する際の標準層せん断力係数を 0.3 以上とする。また、ハには偏心に関する規定がある。この規定内容は昭 62 建告第 1899 号第三号と同じである。

耐力壁については、許容せん断耐力の計算方法と地震力に対する検定方法が第 2 項第四号に示されている。風圧力に対する検定にもこの許容せん断耐力を用いることができる。なお、本号の規定に基づく許容応力度計算の方法はマニュアル第Ⅲ部第 7 章に示されている。

二　前号イに定めるところによること。

2　前項第一号に定める基準に従った構造計算は、次の各号に定める基準に適合する場合に適用し、同項第二号に定める基準に従った構造計算は、建築物が平成十九年国土交通省告示第五百九十三号第四号イ又はロに該当する場合に適用する。

平 28 国交告第 613 号により、平 19 国交告第 593 号第四号の規定（本書第 7 章にて解説）が改正され、CLT パネル工法と鉄筋コンクリート造とを併用した混構造とする建築物に関する規定が追加された。CLT パネル工法部分に本告示第九第二号に定める構造計算（検定応力の割増し）を行ったものは、「その安全性を確かめるために地震力によって地上部分の各階に生ずる水平方向の変形を把握することが必要であるものとして、構造又は規模を限って国土交通大臣が指定する建築物」から除外されることが示された。本規定により、その適用が除外された建築物、すなわち CLT パネル工法部分に本告示第九第二号に定める構造計算（検定応力の割増し）を行った混構造建築物は、第一号イの構造計算、すなわち標準層せん断力係数を 0.2 以上とした許容応力度計算を行った CLT パネル工法建築物とみなされる。

また、混構造ではない建築物については、前項第一号および次の各号の規定が適用される。

一　耐力壁の構造が、第五第三号イ又はロに掲げる基準に適合するものであること。

ルート 1 の適用対象は、小幅パネル架構および大版パネル架構①に限定される。また、後に解説する第四号(ハ)の規定は、外層ラミナが下記の方向であることが前提となっている。

小幅パネル架構　　袖壁パネル:鉛直方向、垂れ壁パネル・腰壁パネル:水平方向

大版パネル架構①　鉛直方向

二　耐力壁として設ける無開口壁パネル又は有開口壁パネルの垂れ壁部分、腰壁部分若しくは袖壁部分(以下この号において「垂壁部分等」という。)であって、第四第二号ハに該当するものにあっては、無開口壁パネル又は有開口壁パネルの垂れ壁部分等に設けた開口部等の寸法は 25cm 角以下とするとともに、無開口壁パネル又は有開口壁パネルの垂れ壁部分等が構造耐力上安全であるよう当該開口部等を適当な位置に設けること。

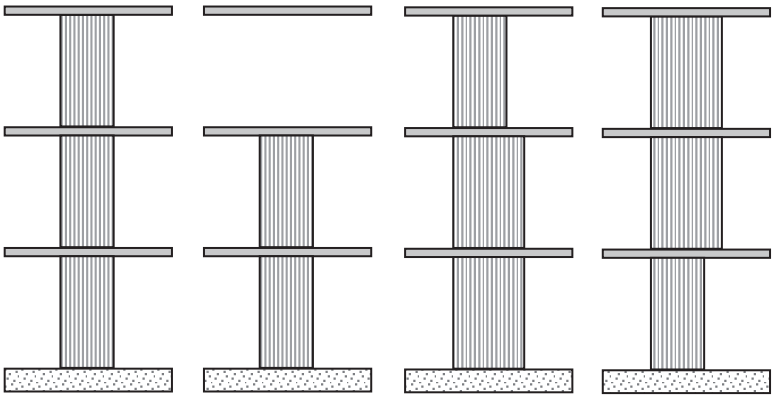
耐力壁として用いる壁パネルに設ける設備用等の小開口は 25cm 角の正方形に包含される大きさでなければならない。また、第四第二号ハに規定される特別な調査又は研究により剛性・耐力の低減率を算出し、構造計算により構造耐力上の安全性が確かめられた場合は、小開口を設けた壁パネルを第四号におけるnおよびLの算定に含めることができる。

三　耐力壁として設ける無開口壁パネル等の下階に、次に掲げる基準に適合する無開口壁パネル等を耐力壁として設けること。

イ　上階の無開口壁パネル等と同じ長さ、かつ、同寸法以上の厚さであること。

ロ　接合部(第五第三号イ(3)(ｉ)(イ)に掲げる部分の接合部を除く。)は、上階の無開口壁パネル等の接合部と同等の耐力及び変形性能を有するものであること。

耐力壁として用いる無開口壁パネル等[13]、すなわち、小幅パネル架構の袖壁パネルおよび大版パネル架構①の袖壁部分、独立無開口壁パネルの長さ(幅)は上階の無開口壁パネル等の長さと同じとし、厚さは上階の無開口壁パネル等



(a) 可　(b) 可　(c) 不可　(d) 不可

図 2.2.10-1　上下階の耐力壁配置

以上とする。なお、本規定中の無開口壁パネル等には第二号の規定による小開口を設けたものも含まれる。

また、耐力壁-基礎以外の接合部は上階の接合部と同等の性能とする。具体的には、第七号～第九号の規定に適合する接合部とし、図 2.2.10-1 のような連層する耐力壁群ごとに、耐力壁-基礎の接合部を除いて、上階の接合部と同等の性能とする。

[13] 無開口壁パネル(垂れ壁パネル及び腰壁パネルを除く)及び有開口壁パネルの袖壁部分のことを「無開口壁パネル等」という。第八第二号に定義されている。

四　各階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等の長さは、次の式に適合するものとすること。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき、当該耐力壁の脚部における曲げモーメントを適切に評価して算出することができる場合においては、当該算出によることができる。

$$\sum Q_a L \geqq P$$

この式において、Q_a 、L 及び P は、それぞれ次の数値を表すものとする。

Q_a　当該階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等（長さが 90cm 以上 2m 以下であるものに限る。）のうち計算しようとする方向に設けたものの許容せん断耐力で、次の式によって計算した数値（単位 kN/m）

$$Q_a = \frac{3}{H}(Q_0 + 1.5n)$$

この式において、H 、Q_0 及び n はそれぞれ次の数値を表すものとする。

H　当該階の階高（当該階高が 3 メートル以下である場合は、3 とする。）（単位　メートル）

Q_0　地階を除く階数が 2 以下の場合にあっては 15、3 の場合にあっては 10　（単位　1 メートルにつきキロニュートン）

n　耐力壁の構造が第五第三号イに掲げる基準に適合する場合にあっては、当該独立無開口壁パネル及び袖壁パネル（その上下階の独立無開口壁パネル及び袖壁パネルを含む。）に緊結された垂れ壁パネル及び腰壁パネル（長さが 90cm 以上 4m 以下で、高さが 50cm 以上のものに限る。）を合計した数値、耐力壁の構造が第五第三号ロに掲げる基準に適合する場合にあっては、当該独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分（その上下階の独立無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁部分を含む。）に接する垂れ壁部分及び腰壁部分（次に掲げる基準に適合するものに限る。）を合計した数値

（イ）　長さが 90 センチメートル以上 4 メートル以下であること。

（ロ）　高さが 50 センチメートル以上であること。

（ハ）　高さが、当該垂れ壁部分又は腰壁部分に接する独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分の長さに 1.67（当該独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分が 2 の垂れ壁部分又は腰壁部分に接する場合にあっては、0.83）を乗じて得た数値以下であること。ただし、当該垂れ壁部分又は腰壁部分に接する独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分が曲げ破壊又はせん断破壊する時の力が、当該独立無開口壁パネル又は有開口壁パネルの袖壁部分の Q_a に 3.75 を乗じて得た数値以上であることが確かめられた場合にあっては、この限りでない。

L　当該階の耐力壁として設ける無開口壁パネル等（長さが 90cm 以上 2m 以下であるものに限る。）のうち計算しようとする方向に設けたものの長さ（単位 m）

P　各階に生ずる外力として、前項第一号イにより計算した令第 88 条第 1 項の規定による地震力（単位　キロニュートン）

各階・各方向について、無開口壁パネル等の長さ 1m 当りの許容せん断耐力 Q_a に、それらの壁の合計長さ L を乗じた値が、前項第一号イにより計算した地震力、すなわち標準層せん断力係数を 0.2 以上として計算した地震力 P 以上であることを確認する。なお本規定は、第 1 項第一号解説に示す耐力壁の検定を行う場合は、それに含まれる。

$Q_a \cdot L$ は連層する耐力壁群ごとに計算する。L は当該耐力壁群を構成する無開口壁パネル等の長さ（幅）である。L は 90cm 以上 2m 以下でなければならない。L が 90cm 未満の場合は当該耐力壁群の Q_a は 0 とする。また、L が 2m を超える耐力壁群も Q_a を 0 とすれば本号の規定に適合するが、長さの長い耐力壁の混在は水平力に対する建築物の靭性を低下させる可能性があるので、そのような耐力壁は用いないことが望ましい。そのほか、第二号の規定による小開口を設けた無開口壁パネル等の L を考慮する場合は第四第二号ハによる特別な調査又は研究によって構造安全性を検証する必要がある。これに関して、小開口を設けた壁パネル（無開口壁パネル等）のLを考慮する場合の小開口の配置条件が、第四第二号ハによる特別な調査又は研究の結果として、マニュアル第Ⅲ部第 7 章に掲載されている。

n は当該耐力壁群に取付く垂れ壁パネル、腰壁パネルの合計数であり、図 2.2.10-2 のように計数する。また、n に算入することのできる垂れ壁・腰壁の長さおよび高さには図 2.2.10-3 に示す制限がある。その他、n に算入する垂れ壁パ

ネル、腰壁パネルに対する小開口の配置条件についてもマニュアル第Ⅲ部第 7 章に掲載されている。

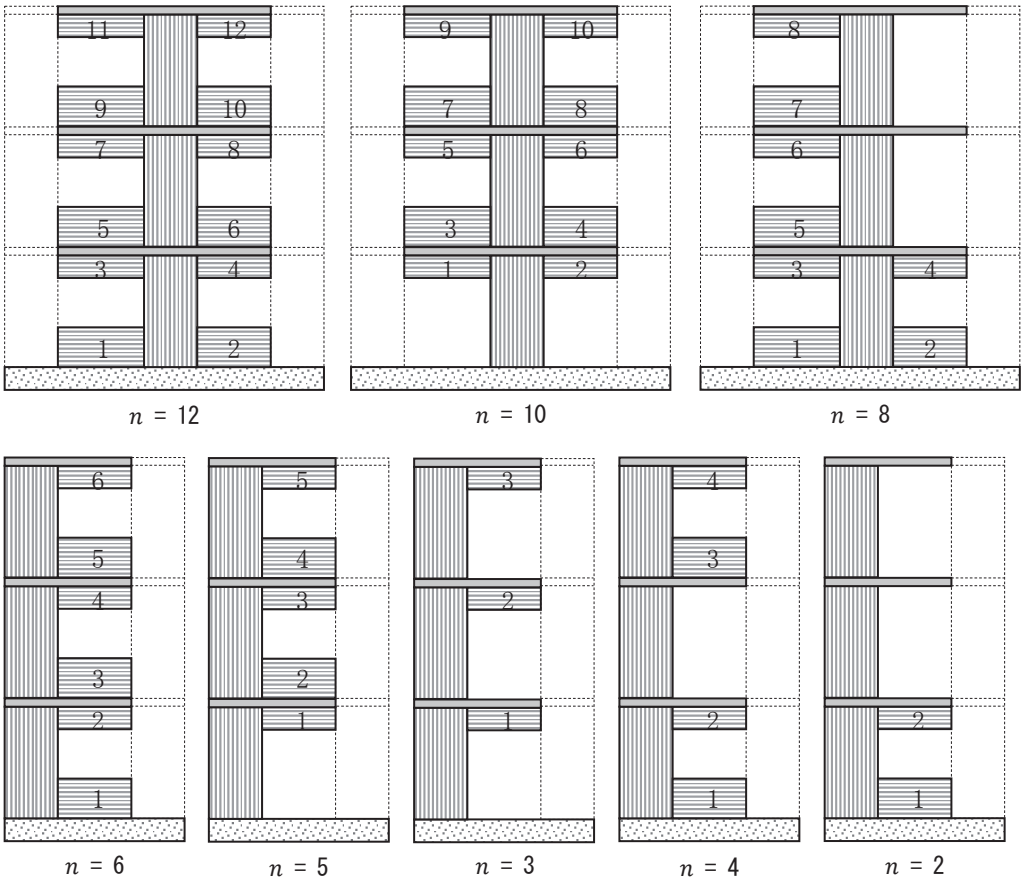
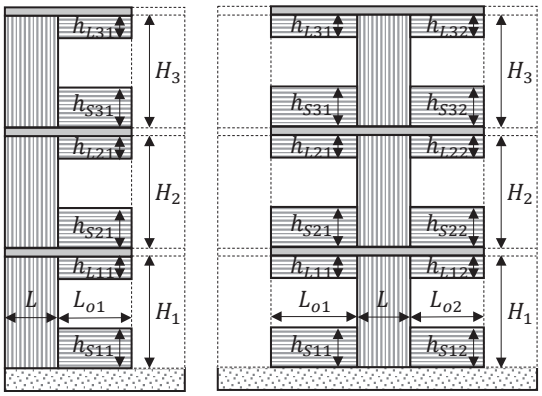


図 2.2.10-2　nの計数例



$$\begin{cases} 90\text{cm} \leqq L_{oj} \leqq 400\text{cm} \\ 50\text{cm} \leqq h_{Lij},\ h_{Sij} \end{cases}$$

かつ（大版パネル架構①のみ）

$$\begin{cases} \begin{cases} \text{片側付き}\ \ h_{Lij},\ h_{Sij} \leqq 1.67L \\ \text{両側付き}\ \ h_{Lij},\ h_{Sij} \leqq 0.83L \end{cases} \\ \text{または} \\ \begin{cases} 3.75Q_aL \leqq Q_b \\ Q_b = \min[F_bZ/\{H_i - \min(h_1, h_2)\}, F_sA] \\ h_1 = h_{Li1} + h_{Si2}、h_2 = h_{Li2} + h_{Si1} \\ F_b,\ F_s\text{:無開口壁パネル等の曲げおよびせん断基準強度} \\ Z,\ A\ \text{:無開口壁パネル等の有効断面係数および断面積} \end{cases} \end{cases}$$

図 2.2.10-3　nに算入できる垂れ壁・腰壁の形状制限

以上のほか、本号ただし書きの特別な調査又は研究の結果に基づく、耐力壁脚部の曲げモーメントを基準とした水平耐力検定方法がマニュアル第Ⅲ部第 7 章に掲載されている。

五　第八第二号ホに掲げる基準に適合すること。

第八第二号ホに掲げる基準に適合するように垂れ壁脱落防止のための欠き込みまたは受け材を設けなければならない。なお、欠き込みを設ける場合は、第四号における無開口壁パネル等の長さ L はもとのパネル長さから欠き込みの幅(深さ)を減じた値とする。

六　耐力壁として設ける壁パネルには、直交集成板規格第 3 条に規定する強度等級 S60－3－3 若しくは Mx60－5－5 に該当する直交集成板でラミナの厚さが 24mm 以上 36mm 以下のもの又はこれと同等以上の耐力を有するものを使用すること。

耐力壁に用いる CLT パネルは 3 層 3 プライ(強度等級 S60)または 5 層 5 プライ(強度等級 Mx60)のいずれかとし、ラミナ厚さ 24mm 以上 36mm 以下とする。また、これらの同等以上の耐力を有することが確認できる場合は当該パネルを耐力壁に用いることができる。

七　次に掲げる引張接合部が、それぞれ次に掲げるものであること。

イ　CLT パネル工法を用いる建築物等の最下階の壁パネルと基礎又はこれに類する部分との接合部　次のいずれかに適合するもの

(1)　U 形の鋼材その他これに類するものに JIS B1220(構造用転造両ねじアンカーボルトセット)－2010 のうち ABR490 に適合するもの(以下単に「ABR490」という。)でねじの呼びが M16 のボルトを有効長さ 40cm 以上を確保して接合した金物を、直交集成板に終局引張耐力が 86kN 以上となるように緊結したもの

(2)　ABR490 でねじの呼びが M16 のボルトを有効長さ 40cm 以上を確保して、直交集成板に鋼板を介して終局引張耐力が 86kN 以上となるように緊結したもの

ロ　上下階の壁パネル相互の接合部又は壁パネルと床版の接合部　次のいずれかに適合するもの

(1)　U 形の鋼材その他これに類するものに ABR490 でねじの呼びが M20 以上のボルトを有効長さ 20cm 以上を確保して接合した金物を、直交集成板に終局引張耐力が 135kN 以上となるように緊結したもの

(2)　ABR490 でねじの呼びが M20 以上のボルトを有効長さ 20cm 以上を確保して、直交集成板に鋼板を介して終局引張耐力が 135kN 以上となるように緊結したもの

(3)　第八第二号ニ(2)に定める基準に適合し、かつ、135kN 以上の終局引張耐力を有するもの

ハ　壁パネルと小屋組又は屋根版との接合部　25kN 以上の終局引張耐力を有するもの。

引張接合部の仕様が次のように規定されている。

イ　耐力壁-基礎

(1)　金物＋アンカーボルト(写真 2.2.10-1)

- アンカーボルトは ABR490(JIS B 1220)、M16、有効長さ(定着下端からナット下端までの距離)≧40cm
- アンカーボルトと壁パネル接合部(U 形金物)の終局引張耐力≧86kN

(2)　引きボルト(写真 2.2.10-2)

- 引きボルト(アンカーボルト)は ABR490(JIS B 1220)、M16、有効長さ(定着下端からナット下端までの距離)≧40cm
- 引きボルト(アンカーボルト)と壁パネル接合部(座金部)の終局引張耐力≧86kN

ロ　上下階の耐力壁相互、耐力壁-床版

(1)　金物＋ボルト(写真 2.2.10-3)

- ボルトは ABR490(JIS B 1220)、M20 以上、有効長さ(上下のナット間内法距離)≧20cm
- ボルトと壁パネル接合部(U 形金物)の終局引張耐力≧135kN

(2)　引きボルト(写真 2.2.10-4)

- ボルトは ABR490(JIS B 1220)、M20 以上、有効長さ(上下のナット間内法距離)≧20cm
- ボルトと壁パネル接合部(座金部)の終局引張耐力≧135kN

(3)　その他の接合部

- 終局変形量≧2cm、伸び率≧10%、終局引張耐力≧135kN

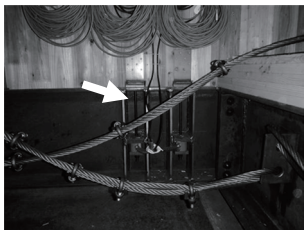


写真 2.2.10-1
STS65C×16 本

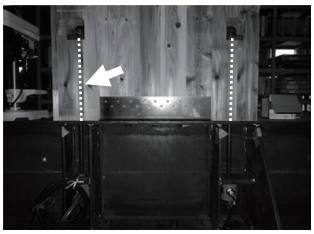


写真 2.2.10-2
STS65C×16 本

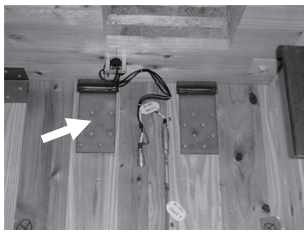


写真 2.2.10-3
STS65C×16 本

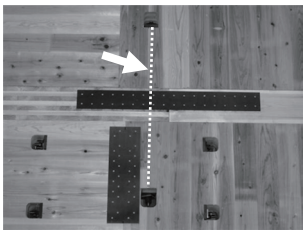


写真 2.2.10-4
STS65C×16 本

なお、ロに該当する引張接合部について、ボルト以外の部分で変形性能を確保する場合は、第八第二号ニ解説で述べたように、マニュアル第Ⅲ部・第 10 章に掲載される試験方法・評価方法に準拠した性能評価によって(3)への適合を確認する。このとき、塑性率≧3 であれば伸び率≧10%と見なせるものとする。

ハ 耐力壁−小屋組・屋根版

- 終局引張耐力≧25kN

八　壁パネル相互を緊結する場合にあっては接合部の短期に生ずる力に対する許容せん断耐力が一箇所当たり 52kN 以上、床パネル相互又は耐力壁線上に設けるはりその他の横架材相互を緊結する場合にあっては接合部（床パネル相互を緊結する場合にあっては、床パネル相互が接する線と耐力壁線が交さする部分に限る。）の短期に生ずる力に対する許容引張耐力が一箇所当たり 52kN 以上となるようにすること。

壁パネル相互（耐力壁−垂壁、耐力壁−腰壁）せん断接合部、床パネル相互・横架材相互の引張接合部の仕様が次のように規定されている。

- 壁パネル相互　短期許容せん断耐力≧52kN　（写真 2.2.10-5）
- 床パネル相互・横架材相互（耐力壁線上）　短期許容引張耐力≧52kN　（写真 2.2.10-6、7）

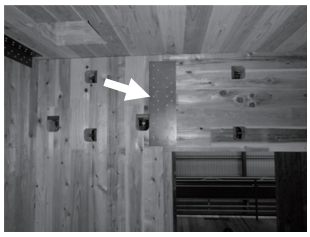


写真 2.2.10-5
STS65C×16 本

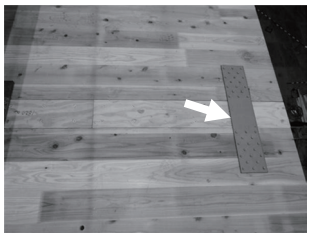


写真 2.2.10-6
STS65C×18 本

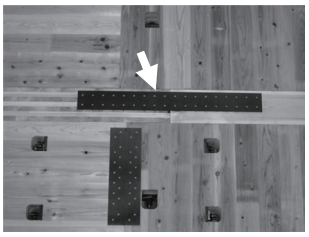


写真 2.2.10-7
STS65C×18 本

また、前述の第四第四号の規定と同様に、引張接合部は図 2.2.10-4 のように、床パネル相互が接する線と耐力壁線が交さする部分および床パネルと横架材が接する部分に設ける。このほか、吹抜きの隅角部にも引張接合部を設ける必要がある。なお、これらの接合部の配置では、壁パネル等と接合金物のクリアランスを 10mm 程度以下とするなどして、接合部の中心から耐力壁線あるいは吹抜き隅角部までの距離はできるだけ小さくする。

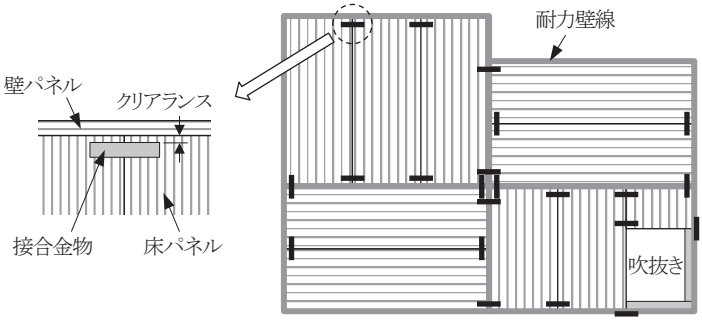


図 2.2.10-4　床パネル相互引張接合部の配置

九　耐力壁である壁パネルと次に掲げる部分を緊結する場合にあっては、金物その他これに類するものの間隔を1m 以下として当該壁パネルの部分に配置するとともに、当該接合部の短期に生ずる力に対する許容せん断耐力が次に掲げる部分に応じて、それぞれ次に掲げる数値以上となるようにすること。

イ　基礎又は土台　1 箇所当たり 47kN

ロ　床版、小屋組又は屋根版　1 箇所当たり 54kN

耐力壁と基礎・土台・床版等のせん断接合部の仕様が次のように規定されている。

- 間隔≦1m (壁パネル幅 1m 当り 1 箇所以上)
- 耐力壁-基礎・土台　短期許容耐力≧47kN （写真 2.2.10-8）
- 耐力壁-床版・小屋組・屋根版　短期許容耐力≧54kN （写真 2.2.10-9）

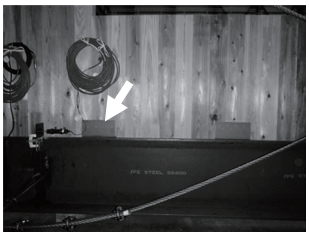


写真 2.2.10-8
STS65C×16 本

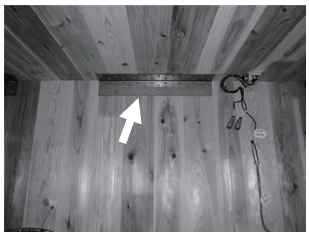


写真 2.2.10-9
STS65C×16 本

なお、第五第三号解説で述べたように、壁パネルを通し壁とする場合は、床版が接する通し壁の中間部には床版から伝達される鉛直せん断力に対して有効なせん断接合部を本号の規定とは別に設ける必要がある。

第十一　耐久性等関係規定の指定

令第 36 条第 1 項に規定する耐久性等関係規定として、第七に定める安全上必要な技術的基準を指定する。

これらの耐久性等関連規定は限界耐力計算を行う場合にも適用される。

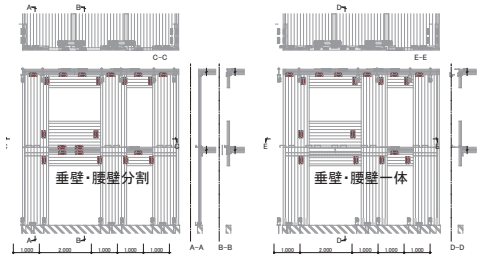
第十二　令第 36 条第 2 項第一号の規定に基づく技術的基準の指定

令第 36 条第 2 項第一号の規定に基づき、第八に規定する構造計算を行った場合に適用を除外することができる技術的基準として、第三第二号、第四、第五（第三号イ(3)前段、ロ(3)前段及びハ(2)前段を除く。）及び第六に定める技術的基準を指定する。

保有水平耐力計算による適用除外対象が規定されている。

5.3　設計施工マニュアル（案）の改訂概要

第Ⅱ部　CLT を用いた建築物の特徴と留意点

現行目次	改訂目次	改訂概要
第 1 章　構法・構造性能		
1.1　CLT を用いた建築物の構造計算に関する法体系		
1.2　CLT パネルの剛性・耐力		
1.3　架構の構成と構造性能		
1.3.1　架構の構成方法		
(1)　水平構面勝ち架構（標準的架構）	(1)　標準的架構	
(1.1)　原則的架構	(1.1)　原則的架構	
(1.2)　垂壁の省略	(1.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）	
	(1.3)　通し壁架構	• 下図のような通し壁架構も標準的架構に含める。  • 「垂壁・腰壁分割」は原則的架構の壁を通し壁としたもの。 • 「垂壁・腰壁一体」の水平力に対する構造特性は原則的架構と異なる。 →　本書ではルート 3 でのみ OK とする。
(2)　鉛直構面勝ち架構、他	(2)　その他の架構	• ルート 3・計算 Ds の場合は標準的架構以外の架構形式も可能。
(3) 鉛直構面配置・水平構面支持方法		
(3.1)　鉛直構面の斜め配置		
(3.2)　床版・屋根版の斜辺支持		• 非矩形床・屋根パネルも OK
(3.3)　2 方向床・屋根パネル		
(4)　架構の構成と構造計算ルートの関係		**表 1.3.1-1　構面・架構の構成方法と構造計算ルートの概略的関係** 構面・架構の構成方法 ／ ルート 1 ／ ルート 2 ／ ルート 3※（仕様 Ds ／ 計算 Ds） ／ 限界耐力計算 架構構成：原則的架構（水平構面勝ち架構）　○　○　○　○　○ 架構構成：垂壁の省略　○　○　○　○　○ 架構構成：通し壁架構（垂壁・腰壁分割）　○　○　○　○　○ 架構構成：通し壁架構（垂壁・腰壁一体）　▲　▲　○　○　○ 架構構成：その他の架構　×　×　▲　○　○ 併用架構：壁組併用（水平力負担なし）　○　○　○　○　○ 併用架構：壁組併用（水平力負担あり）　×　×　▲　○　○ 併用架構：柱梁フレーム併用（水平力負担なし）　○　○　○　○　○ 併用架構：柱梁フレーム併用（水平力負担あり）　×　×　▲　○　○ ○: 適用可、×: 適用不可、▲: 本書では対応外 ※　仕様 Ds : D_s の値を技術基準告示第八第二号表中の値（0.40～0.55）とする場合。 計算 Ds : D_s = 0.75 または増分解析結果に基づいて値を設定する場合。
1.3.2　架構の変形・耐力発現メカニズム		
(1)　鉛直力に対して		
(1.1)　原則的架構の場合		
(1.2)　垂壁を省略する場合	(1.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合	
	(1.3)　通し壁架構の場合	• 通し壁中間における水平構面支持方法。
(2)　水平力に対して		
(2.1)　原則的架構の場合	(2.1)　原則的架構の場合	
(2.2)　垂壁を省略する場合	(2.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合	
	(2.3)　通し壁架構の場合	• 原則的架構では鉛直構面の水平変形は主として壁-基礎接合部の浮上りによって生じようにすることで、終局時において鉛直構面は全体崩壊形となり、終局耐震性能を確保するうえで有利となる。これを踏まえて、ルート 1 の接合部に関する規定では、上下階壁間引張接合部の耐力を壁-基礎引張接合部より大きくすることとされている。通し壁架構の場合は、そのような全体崩壊形の形成がより確実になる。 • 通し壁の面内応力に注意が必要。 • 通し壁中間における水平構面との水平力伝達を確実にする。
1.3.3　標準的な接合方法		
(1)　原則的架構の場合	(1)　原則的架構の場合	
(2)　垂壁を省略する場合	(2)　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合	
	(3)　通し壁架構の場合	• 通し壁中間・一体型垂壁・腰壁と床版（CLT、床組）との接合方法 →　水平せん断力と鉛直せん断力の両方を伝達する必要がある。 →　水平せん断力接合部と鉛直せん断接合部を別に設ける。
		•
第Ⅱ部・付録 1　振動台実験における耐震性能・損傷状態		

第Ⅲ部　構造設計

現行目次	改訂目次	改訂概要
第 1 章　はじめに		• 2～8 章の変更点を追記（未対応）
第 2 章　構造計算の前提条件		
2.1　適用範囲		
2.1.1　対象とする工法		
2.1.2　壁パネルの分類		
2.1.3　架構形式		
(1) 標準的架構		
（1.1）原則的架構の場合	（1.1）原則的架構の場合	
（1.2）垂壁を省略する場合	（1.2）垂壁省略（梁勝ち架構）の場合	• ルート 1, 2 でも梁勝ち架構 OK • ルート 1 でも床版脱落防止措置は必要。
	（1.3）通し壁架構の場合	• 原則的架構（小幅パネル架構・大版パネル架構①のみ）を通し壁にしたもの →　本書では垂壁・腰壁一体はルート 3 のみ →　大版パネル架構①は必然的に垂壁・腰壁一体 →　鉛直方向亀裂の保証条件適用に注意
(2)　ルート 3 における架構形式		• 鉛直構面勝ちは「計算 Ds」に限る　→　削除 • 梁勝ち架構も OK　鉄骨梁では靭性向上、Ds 低減 cf. 5.2.2 (2)～(4)
(3)　ルート 2 における架構形式		• 告示改正による Rf 緩和　保証規定[M 特記] cf. 6.2 • 鉛直構面勝ちも OK　ただし、通し壁は矩形 • 梁勝ち架構も OK　木質梁 Rf=2.0[M 特記]、鉄骨梁 Rf=1.0、保証規定あり cf. 6.2
(4)　ルート 1 における架構形式		• 耐力壁脚部の曲げモーメントを基準とした水平耐力検定を行う場合は壁幅≦2.5m • 通し壁架構（垂壁・腰壁分割のみ）、垂壁省略（梁勝ち架構）も OK
(5)　柱・梁フレームの併用		
(6)　CLT パネル以外の壁の併用		
(7)　鉛直構面の斜め配置		• ルート 1,2 では斜め配置は床組・在来小組の場合のみ可能　→　CLT 床版でも可能
(8)　限界耐力計算における架構形式		
2.1.4 技術基準告示以外の制限		
(1)　土台 [第三]		
(2)　床版・屋根版 [第四、第六]		
(3)　壁等（鉛直構面）[第五]		
2.2　使用できる構造材料		
2.2.1　CLT パネル		• 面外基準強度に 7 層 7 プライ・強軸を追加。
2.2.2　柱・梁		
2.2.3　接合部に用いる材料		
2.3　構造計算ルート		• ルート 2 の上限階数の緩和 →　小幅パネル架構・大版パネル架構①：6 階以下、大版パネル架構②：3 階以下（緩和なし） • 改正告示を踏まえた表 2.3-1 の修正
第 3 章　設計用構造モデルの構成方法及び応力検定方法		
3.1　設計用構造モデルの構成方法		
3.1.1　構造モデルの種類		
3.1.2　鉛直構面の構成方法		
(1)　フレームモデル		
（1.1）モデル化の原則	（1.1）原則的架構の場合	
（1.2）垂壁を省略する場合	（1.2）垂壁省略（梁勝ち架構）場合	
	（1.3）通し壁架構の場合	• 通し壁架構のモデル化方法を追記 • 垂壁・腰壁一体はルート 3 のみ
（1.3）壁パネルのモデル化	（1.4）壁パネルのモデル化	
（1.4）床版・屋根版のモデル化	（1.5）床版・屋根版のモデル化	
（1.5）接合部モデル化の原則	（1.6）接合部モデル化の原則	
（1.6）引張接合部・せん断接合部の応力変形特性	（1.7）引張接合部・せん断接合部の応力変形特性	
（1.7）圧縮接合部の応力変形特性	（1.8）圧縮接合部の応力変形特性	
（1.8）壁パネル端部の引張・圧縮接合部の位置	（1.9）壁パネル端部の引張・圧縮接合部の位置	
（1.9）二次元モデルにおける直交壁のモデル化	（1.10）二次元モデルにおける直交壁のモデル化	
（1.10）大版パネル架構①における受け材のモデル化	（1.11）大版パネル架構①における受け材のモデル化	
（1.11）二次元モデルにおける斜め鉛直構面の扱い	（1.12）二次元モデルにおける斜め鉛直構面の扱い	
(2)　壁エレメントモデル		
(2.1)　壁エレメントの定義		
(2.2)　壁エレメントモデルの設定方法		• 通し壁架構のモデル化方法を追記
(3)　MS モデル		
(3.1)　MS 要素の定義		
(3.2)　MS モデルの設定方法		• 通し壁架構のモデル化方法を追記
(3.3)　引張バネ・せん断バネの応力変形特性		
(3.4)　圧縮バネの応力変形特性		
(3.5)　垂壁・腰壁との接続部分における壁パネルのせん断応力		
3.1.3 水平構面の構成方法		
(1)　面内性能のモデル化 — 非剛床モデルの場合		• 非矩形床パネルのせん断剛性計算方法を追記
(2)　面内性能のモデル化 — 剛床モデルの場合		
(3)　面外性能のモデル化		
(3.1)　鉛直構面内の水平構面		
(3.2)　鉛直構面への鉛直荷重伝達		• 非矩形床・屋根パネルの場合の分割・伝達方法を追記 • 適切な FEM 解析に基づく設定も OK
(3.3)　2 方向床・屋根パネルのモデル化		• 適切な FEM 解析に基づく設定も OK
3.1.4　壁組・床組等による鉛直構面・水平構面のモデル化		
3.2　応力検定方法		
3.2.1　CLT パネル応力度の計算方法		
(1)　一般部		
(2) せん断パネル・水平構面の面内せん断応力度		
3.2.2　鉛直構面 CLT パネルの検定方法		
(1)　面内応力の検定		
(1.1)　許容応力度に対する検定		
(1.2)　終局時の検定		
(2)　大版パネル架構①における亀裂方向の検定		

現行目次	改訂目次	改訂概要
(3) 面外応力の検定		
3.2.3 水平構面 CLT パネルの検定方法		
(1) 鉛直構面内床パネルの面外耐力		
(2) 鉛直構面内床パネルの面内せん断耐力		
(3) 鉛直構面外床パネルの面外耐力		
(3.1) 1 方向床パネル		
(3.2) 斜辺支持床パネルの有効スパン		• 非矩形・3 辺支持の有効支持スパンを追記 • 適切な FEM 解析結果に基づく検定も OK
(3.3) 2 方向床パネル		• 支持辺が途切れる場合はせん断応力×1.2 • 適切な FEM 解析結果に基づく検定も OK
3.2.4 接合部の検定方法		
(1) 検定の原則		
(2) MS 要素の検定方法		
(2.1) CLT パネル端接合面の応力		
(2.2) 短期時圧縮応力度の検定		
3.2.5 在来工法による鉛直構面・水平構面の検定方法		
3.2.6 直交壁効果を保証するための検定方法		
3.3 CLT パネルの剛性・強度		• 7 層 7 プライ、9 層 9 プライ弱軸の面外基準強度が告示に追加された
3.3.1 CLT パネルの弾性係数・基準強度		
3.3.2 小開口を有する CLT パネルの剛性・強度		• 適切な FEM 解析による耐力・剛性低減率の設定も OK
(1) 方法 1: 欠損を考慮した断面性能低減		• b. の「240mm 角以下」はルート 1 に合わせて「250mm 角以下」 • b.でパネル強軸方向の複数開口も OK
(2) 方法 2: 開口係数法に準じた方法		
(3) 方法 3: FEM 解析に基づく構造性能		
第 4 章 各ルート共通の構造計算		
4.1 令第 82 条各号の構造計算		
4.1.1 荷重・外力		
(1) 荷重・外力の組合せ［令第 82 条第二号］		
(2) 固定荷重［令第 84 条］		
(3) 積載荷重［令第 85 条］		
(4) 積雪荷重［令第 86 条, 平 12 建告第 1455 号］		
(5) 風圧力［令第 87 条, 平 12 建告第 1454 号］		
(5.1) 建築物に作用する風圧力		
(5.2) 軒等の設計で考慮する風圧力		
(5.3) 通り・区間ごとの風圧力 — 剛床モデルの場合		
(6) 地震力［令第 88 条, 昭 55 建告第 1793 号］		
(6.1) 建築物に作用する地震力		
(6.2) 通り・区間ごとの地震力 — 剛床モデルの場合		
4.1.2 応力計算 ［令第 82 条第一号］		
(1) 設計用構造モデルを用いた応力計算		
(2) 水平構面の応力計算 — 剛床モデルの場合		
(2.1) 水平構面の面内せん断応力の計算方法		
(2.2) 水平構面引張接合部の引張応力の計算方法		
(2.3) 鉛直構面の変形に伴う離間力の計算方法		
4.1.3 応力検定 ［令第 82 条第三号］		
(1) 応力検定の原則		
(2) 斜め鉛直構面が存在する場合の水平耐力検定		
4.1.4 使用上の支障防止 ［令第 82 条第四号、平 12 建告第 1459 号］		
4.1.5 その他の留意事項		
4.2 層間変形角 ［令第 82 条の 2］		
4.3 剛性率・偏心率の確認 ［令第 82 条の 6 第二号］		
4.3.1 剛性率		
4.3.2 偏心率		
(1) 偏心率検定の原則		
(2) 斜め鉛直構面が存在する場合の偏心率		
4.4 屋根葺き材等の構造計算 ［令第 82 条の 4, 平 12 建告第 1458 号］		
4.4.1 風圧力に対する検定		
(1) 局部風圧力の算定		
(2) 判定方法		
4.4.2 地震力に対する検定 （限界耐力計算の場合のみ）		
4.5 地盤・基礎		
4.5.1 地盤・基礎の設計方針		
4.5.2 地盤・杭の許容耐力		
第 5 章 保有水平耐力計算（ルート 3）		
5.1 ルート 3 の構造計算概要		
5.2 保有水平耐力の確認		
5.2.1 保有水平耐力の計算 ［令第 82 条の 3 第一号］		
(1) 鉛直構面		• 床版梁要素、木質梁勝ち架構の木質梁の設計クライテリア → 木質梁も保有水平耐力時に基準強度以下
(2) 水平構面		
(3) 基礎梁		
5.2.2 必要保有水平耐力の計算 ［令第 82 条の 3 第二号］		
(1) 技術基準告示第八第二号の仕様規定による場合		• 分割型架構のD_s値の緩和 0.4～0.55 → 分割型架構 0.4、一体型架構 0.55
(2) 荷重増分解析結果に基づいて計算する場合		• 保証設計を満足する鉄骨梁勝ち架構のD_s値は 0.75 倍
(3) 鉄骨梁を用いた梁勝ち架構の Ds の下限値		
(4) 架構の変形能力確保のための鉄骨梁に関する規定		
(4.1) 崩壊メカニズムの保証		• 安全率αを考慮した増分解析で、鉄骨梁・壁-基礎引張接合部以外は終局耐力以下、または、当該解析結果でD_s算定して(2)との最大値を採る を追記。
(4.2) 保有耐力横補剛		
第 6 章 許容応力度等計算（ルート 2）		
6.1 ルート 2 の構造計算概要		
6.2 地震時応力割増し係数		• R_fの緩和
6.3 靭性保証		

現行目次	改訂目次	改訂概要
	6.3.1 昭 55 建告第 1791 号第 1 への適合	
	6.3.2 鉄骨梁勝ち架構の靭性保証	• 壁パネルは連層配置 • 壁-梁引張接合部の先行破壊防止 • CLT 壁パネルの先行破壊防止
第 7 章 許容応力度計算（ルート 1）		
7.1 ルート 1 の構造計算概要		
7.2 応力計算		
7.2.1 耐力壁の水平耐力の検定		• Lに算入できる耐力壁小開口（特別な調査・研究に該当する方法として）
(1) 層せん断力分布を基準とする方法		
	(2) 壁列脚部の転倒モーメントを基準とする方法	• 特別な調査・研究に該当する方法として
	(2.1) 原則的架構・通し壁架構	• 許容転倒モーメントの計算方法 • 水平剛性の計算方法 • 袖壁の破壊防止規定は順守 • 適用条件
	(2.2) 木質梁勝ち架構	• 許容転倒モーメントの計算方法 • 水平剛性の計算方法 • 適用条件
	(2.3) 鉄骨梁勝ち架構	• 許容転倒モーメントの計算方法 • 水平剛性の計算方法 • 適用条件
7.2.2 水平構面の面内耐力の検定		• 壁列脚部の転倒モーメントを基準とする水平耐力検定の場合の耐力壁の負担水平力Q_iは$C_0 = 0.3$時層せん断力をK_hで分配
7.2.3 基礎梁の水平力作用時応力計算		同上
7.2.4 その他の応力計算		
7.3 偏心率		• 壁列脚部の転倒モーメントを基準とする水平耐力検定の場合 剛心は耐力壁のK_hに基づいて計算
第 8 章 限界耐力計算		
8.1 限界耐力計算の構造計算概要		
8.2 安全限界変位の上限値等［限界耐力計算告示第 6, 7］		
8.3 減衰定数		
第Ⅲ部・付録 1 有開口壁パネルの開口周辺の剛性・強度		
第Ⅲ部・付録 2 CLT パネル・接合部の軸耐力と曲げ耐力の関係		
第Ⅲ部・付録 3 CLT パネルの FEM モデル化に関する留意事項		• 新規追加

第Ⅱ部　CLT を用いた建築物の特徴と留意点

第 1 章　構法・構造性能

1.1　CLT を用いた建築物の構造計算に関する法体系

木造建築物の構造計算ルートを図 1.1-1 に示す。CLT を用いた建築物は下記の①～④に大別され、このうち①～③の建築物の構造計算ルートの分岐点を図 1.1-1 に併記した。

① CLT パネル工法建築物

CLT を水平力と鉛直力の両方を負担する壁として設ける建築物であり、下層を RC 造あるいは鉄骨造とする場合の CLT パネル工法建築物部分も含まれる。その構造設計に関する技術基準は平 28 国交告第 611 号（以下、「技術基準告示」と記す。）に規定され、必要な構造計算書の構成は平 28 国交告第 612 号に規定されている。これらの建築物の構造設計方法等は「第Ⅲ部 構造設計、 第 2 章～第 10 章」に示されている。

② CLT を部分的利用した木造軸組構法建築物

木造軸組構法の床版、水平力のみを負担する（鉛直力を負担しない）壁または鉛直力のみを負担する（水平力を負担しない）壁として CLT を用いる建築物である。本建築物の構造計算ルートは従来の木造軸組構法建築物と同様である。これらの建築物の構造設計時の留意点及び実施例・実験例等は「第Ⅲ部 構造設計、 11.3 節」に示されている。

なお、これらの建築物の構造計算に令第 46 条第 2 項の規定を適用する場合は、昭 62 建告第 1898 号による使用可能材料に CLT が含まれていないので、床版に用いる CLT が横架材の役割を兼ねること、及び壁に用いる CLT が柱を兼ねることはできない。したがって、床版に用いる CLT が横架材の役割を兼ねること、及び壁に用いる CLT が柱を兼ねることは、階数が 3 以下で、令第 46 条第 4 項の規定による壁量計算を行う場合に限って可能である。また、床版に用いる CLT が横架材の役割を兼ねることにより横架材を省略する場合は、必然的に火打材も省略することになるが、この点については「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版, 3.3.7（3）項」の記載と同様に CLT が火打材を兼ねるものとする。

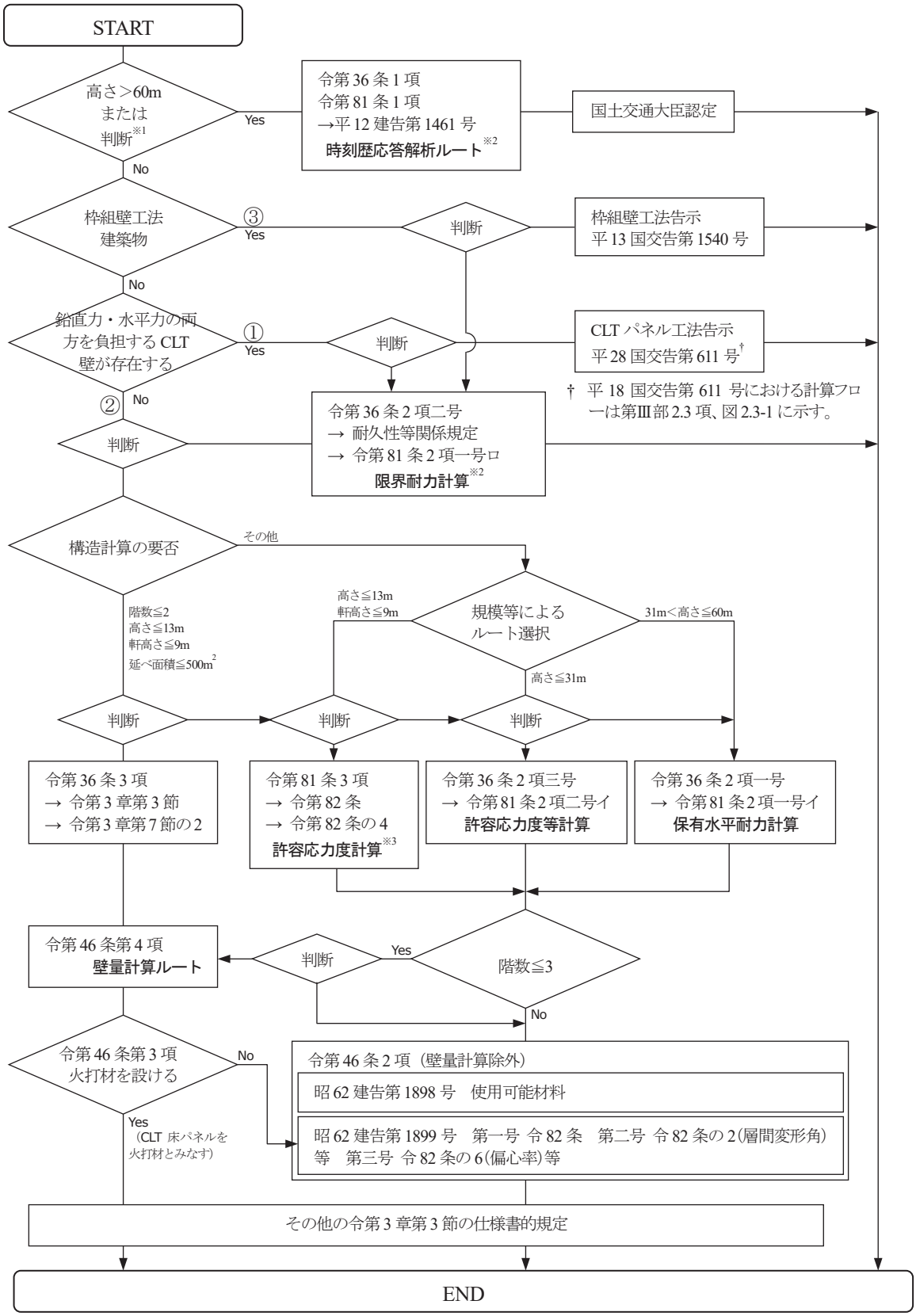
床版に用いる CLT が横架材の役割を兼ねること、及び壁に用いる CLT が柱を兼ねることについては、階数 2 以下、高さ 13m 以下、軒高さ 9m 以下、延べ面積 500m^2 以下の建築物で、壁量計算を行う場合は構造計算が不要であるが、当該部材の断面決定に際して、CLT の弾性係数・基準強度は一般的な製材・集成材の 1/3～1/2 程度であることに留意が必要である。また、壁量計算について、製材・集成材等による軸組に面材として CLT を用いた耐力壁には壁倍率が規定されていないので、昭 56 建告第 1100 号第一第十二号に基づく国土交通大臣の壁倍率認定が必要である。そのほか、軸組の横架材・柱を CLT とする場合の耐力壁については水平耐力性能が不明であるので本書では壁倍率は与えられないものとする。

③ CLT を部分的利用した枠組壁工法建築物

枠組壁工法の床版、水平力のみを負担する（鉛直力を負担しない）壁、鉛直力のみを負担する（水平力を負担しない）壁として CLT を用いる建築物であり、その構造安全性に関する技術基準は平 13 国交告第 1540 号に準拠する。

④ CLT を部分的利用した他構造建築物、併用構造建築物

RC 造、鉄骨造の床、壁等として CLT を用いる建築物、及び①、②に RC 造、鉄骨造を併用した建築物である。これらの扱いについては「第Ⅲ部 構造設計、 11.1 節、 11.2 節」を参照されたい。

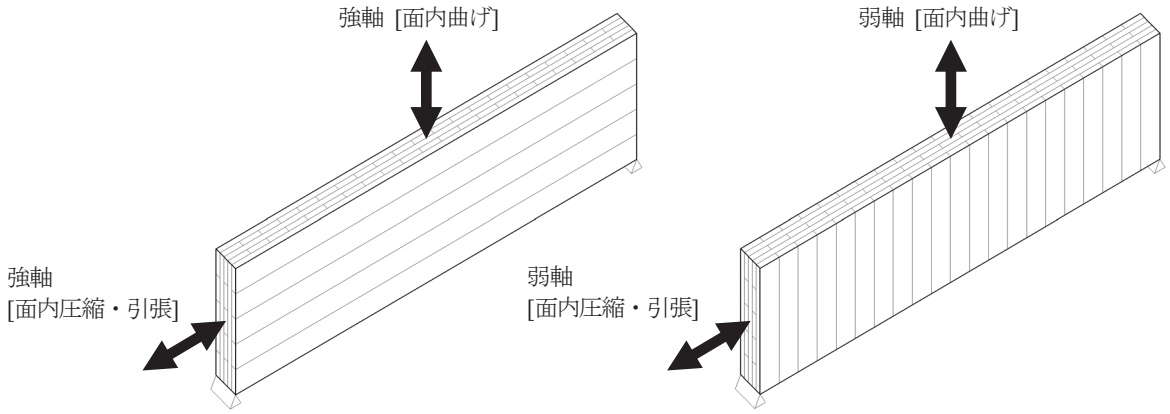


※1　判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。例えば、高さ 31m 以下の建築物であっても、より詳細な検討を行う設計法であるルート 3 を選択する判断等のことを示している。
※2　CLT を用いる場合は、平 28 国交告第 611 号第七の耐久性等関係規定が適用される。
※3　法令上の呼称は「令第 82 条各号及び同令第 82 条の4に定めるところによる構造計算」である。

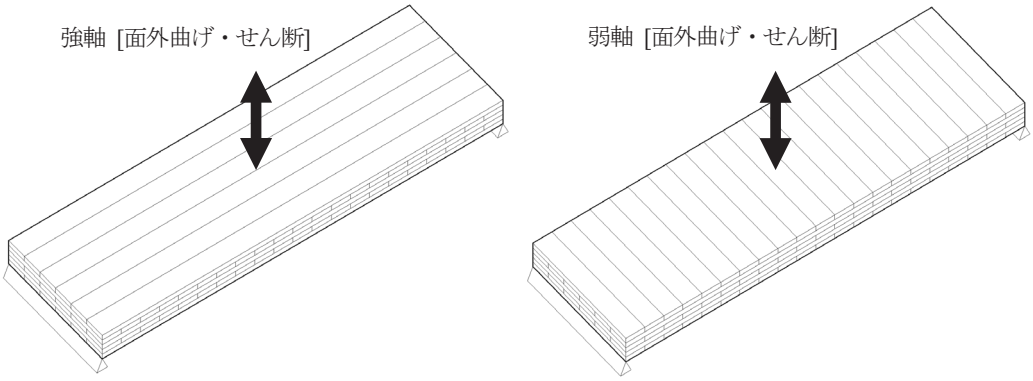
図 1.1-1　木造建築物の構造計算ルート

1.2　CLT パネルの剛性・強度

ラミナを交互に直交して積層した CLT パネルには、ラミナの繊維方向が面外支持スパン方向あるいは面内直応力に平行する層（平行層）とラミナの繊維方向がそれらに直交する層（直交層）が存在する。ラミナの繊維直交方向の弾性係数・強度は繊維平行方向に比べて著しく小さいので、CLT パネルの弾性係数・強度を評価するうえでは直交層を無効とするのが妥当である。このため、CLT パネルの弾性係数・強度には異方性があり、図 1.2-1 のように平行層が多くなる方向が強軸、それに直交する方向が弱軸となる。また、直交層が無効であることに伴い、CLT パネルの弾性係数・強度は強軸方向であっても製材・集成材等の木質材料の繊維方向の値に比べて小さくなる。



（a）　面内力（幅方向の力）に対する異方性

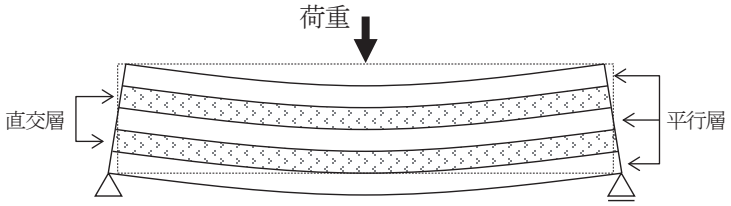


（b）　面外力（積層方向の力）に対する異方性

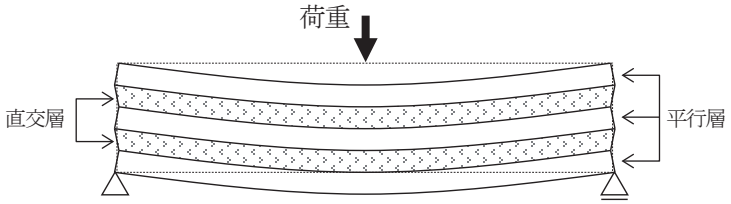
図 1.2-1　CLT パネルの弾性係数・強度の異方性

集成材や CLT パネルのような積層材料に面外力が作用する場合、図 1.2-2（a）のように一体の材料として変形するモードのほかに、図 1.2-2（b）のように各ラミナが個別に変形するモードが同時に生じる。CLT パネルに面外力が作用する場合は直交層には繊維直交方向のせん断応力が生じるが、木材の繊維直交方向のせん断弾性係数とせん断強度は繊維平行方向に比べて極めて小さいため、集成材に比べて個別変形モードの寄与が大きくなるとともに、曲げ応力に対するせん断応力の比率が大きい場合は写真 1.2-1 のような直交層の層内せん断（ローリングシア）破壊が生じる可能性が高くなる。すなわち、CLT パネルでは直交層の存在により面外のせん断弾性係数とせん断強度が他の木質材料より小さくなる。

CLT を用いた建築物の構造設計では、以上のような CLT パネルの力学的特徴に留意する必要がある。なお、平 13 国交告第 1024 号（平 28 国交告第 562 号）では、これらの特徴を前提として CLT パネルの基準強度が規定されており、それは弾性係数の評価においても同様である。CLT パネルの基準強度・弾性係数の詳細については「第Ⅳ部 材料と耐久性」を参照されたい。



(a) 一体変形モード



(b) 個別変形モード

図 1.2-2　面外荷重に対する CLT パネルの変形モード

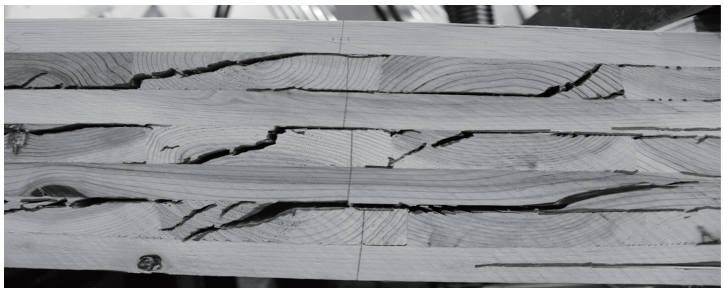


写真 1.2-1　面外荷重による CLT パネル直交層のせん断破壊

1.3　架構の構成と構造性能

本節では CLT パネル工法建築物を対象として、標準的な架構の構成方法について解説する。

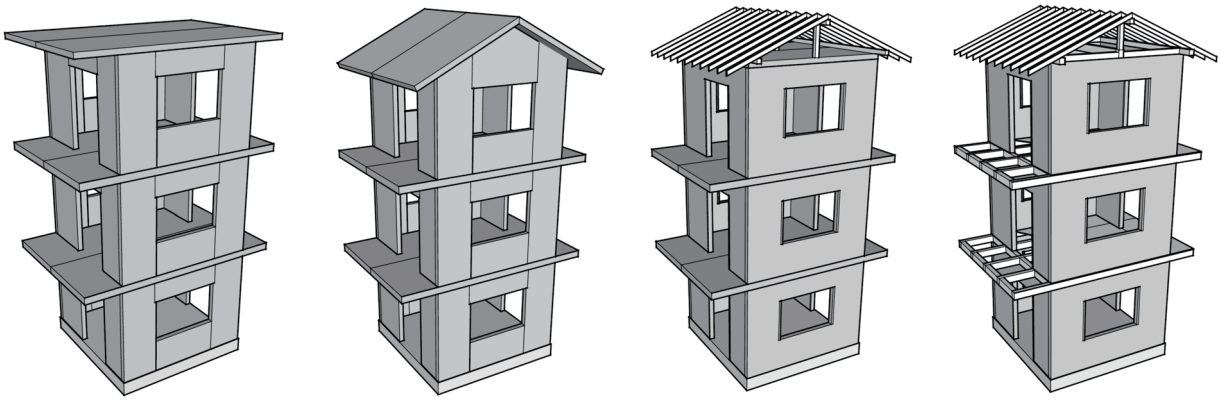
1.3.1　架構の構成方法

（1）　標準的架構

（1.1）　原則的架構

本書では技術基準告示第五第三号に適合する架構を「標準的架構」とする。CLT パネル工法における架構の構成方法としては、水平構面勝ちのいわゆるプラットフォーム工法として、基礎、鉛直構面、水平構面の順に構築し、以降は鉛直構面、水平構面を順次積上げる方法（図 1.3.1-1～3）が一般的であり、既存の CLT による建築物のほとんどがその方法によっている。本書ではこのような水平構面勝ち架構を「原則的架構」と称する。

原則的架構の鉛直構面は、無開口の CLT パネルを組合わせて構成する「小幅パネル架構」（図 1.3.1-1（a）、（b））と、開口を有する CLT パネルを用いて構成する「大版パネル架構」（図 1.3.1-1（c）、（d））に大別される。また、図 1.3.1-2 のように、軸組構法及び枠組壁工法等と同様の柱・間柱・面材等によって構成される壁（以下、「壁組」という）を併用すること、柱梁フレームを併用すること、及び構造計算ルート 3 で、D_s = 0.75 または増分解析結果に基づいて D_s の値を設定する場合はそれらに水平力を分担させることも可能である。水平構面については、原則として矩形の CLT パネルによって構成する（図 1.3.1-1（a）～（c））。そのほか、軸組構法及び枠組壁工法等と同様の梁・根太等の軸材と面材によって構成される床組及び小屋組を用いること（図 1.3.1-1（d））、さらに、梁を H 形鋼等の鉄骨部材とすることも可能である。また、小屋組を CLT パネルの上に載せるなどの方法（図 1.3.1-1（c））もある。床組の場合



（a）小幅パネル架構 CLT 陸屋根　（b）小幅パネル架構 CLT 勾配屋根　（c）大版パネル架構 小屋組（置き屋根）　（d）大版パネル架構 床組・小屋組

図 1.3.1-1　架構の種類

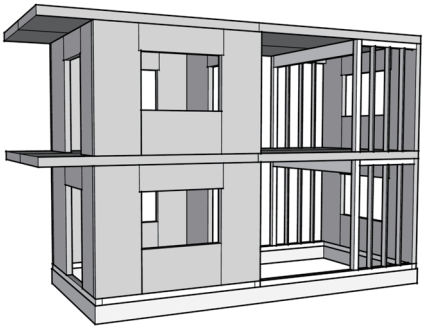
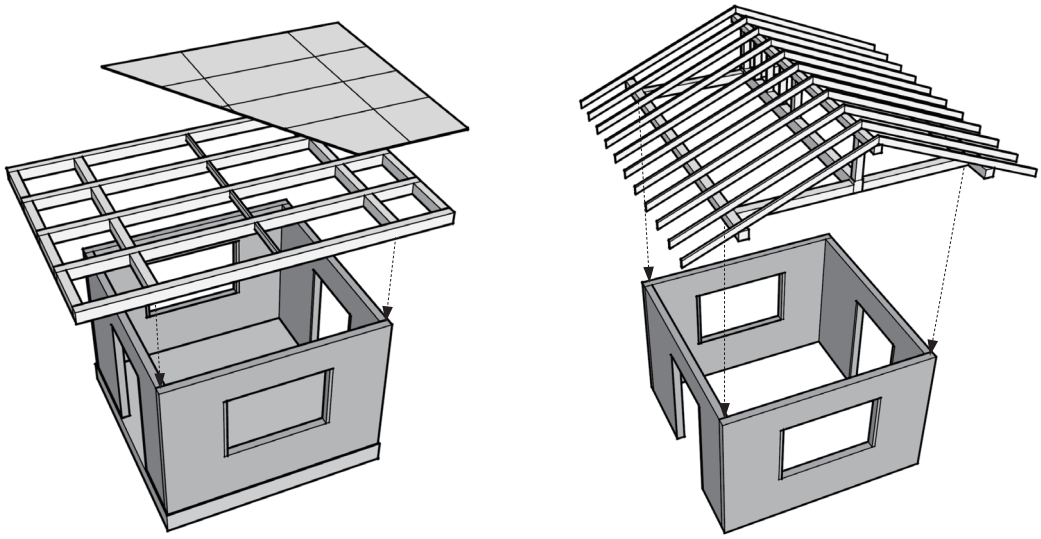


図 1.3.1-2　壁組、柱梁フレームの併用



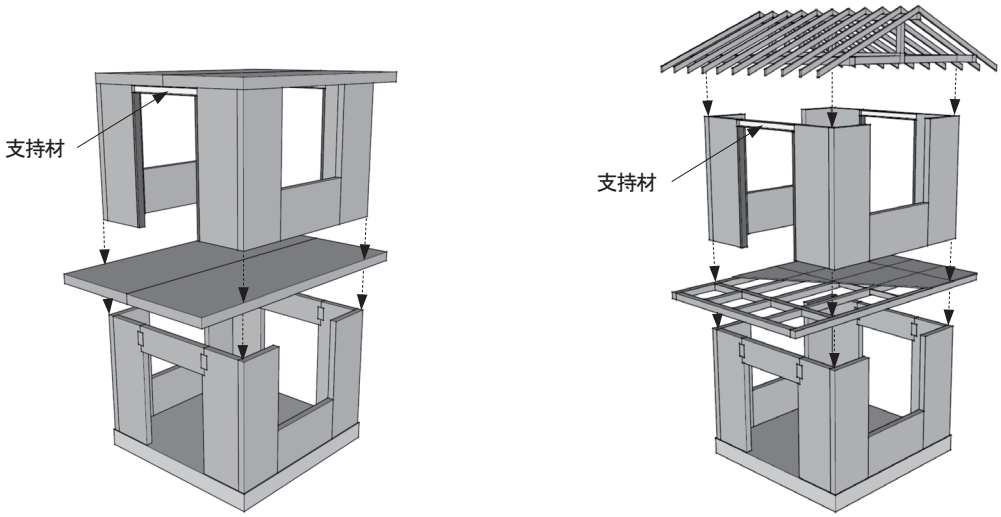
(a)　床組　　(b)　小屋組

図 1.3.1-3　床組・小屋組による水平構面

(図 1.3.1-3(a))は、壁パネル上に載る梁の幅は壁パネル厚さと同寸法以上とし、それらの梁の間に小梁・根太を設け、その上に構造用合板等の面材を配置する。小屋組(図 1.3.1-3(b))についても、壁パネルの上に壁パネルの厚さ以上の幅を有する梁を設け、その上に小屋組を構成する。なお、壁組、床組、小屋組の構成は上述のほか、文献 1, 2)等に準じた適切なものとする。

(1.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）

図 1.3.1-1～3 における垂壁は開口上部に作用する鉛直荷重を支持する梁の役割も果たすが、図 1.3.1-4 のように垂壁を省略して水平構面を構成する CLT パネルあるいは梁に鉛直荷重を支持させることも可能である。ただし、CLT パネルの場合は鉛直荷重に対して原則として平行な 2 辺を支持する必要があるので、支持辺に該当する垂壁を省略する場合は、別途支持材を設ける。なお、支持材は開口上部の鉛直荷重のみを負担し、架構の水平耐力には寄与しないものとする。また、開口上部の補強部材として図示以外の位置に設けることは任意である。

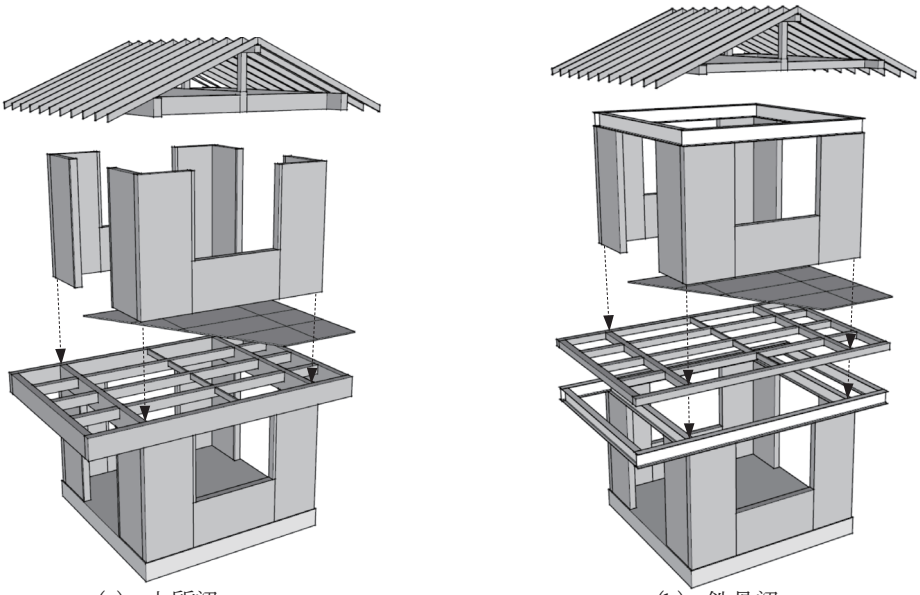


(a)　CLT 床　　(b)　床組・小屋組

図 1.3.1-4　垂壁の省略

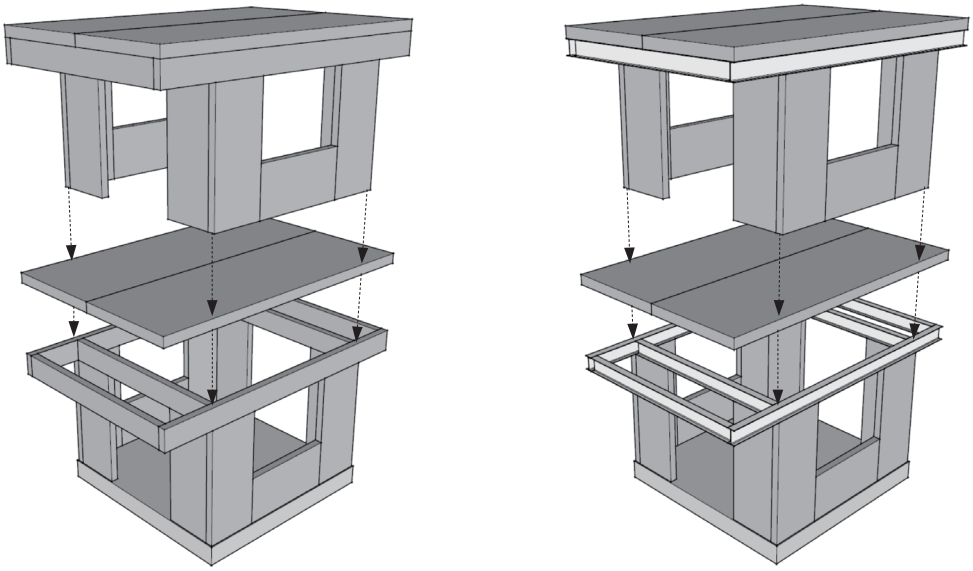
1)　日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年版)
2)　日本ツーバイフォー建築協会：2018 年枠組壁工法建築物設計の手引き・構造計算指針

梁を用いる場合、すなわち水平構面を床組あるいは小屋組で構成する場合は図 1.3.1-5 のように当該梁の断面を大きくすることで開口幅の拡大が可能となるほか、水平耐力の向上も期待できる。また、図 1.3.1-6 のように梁の上部に CLT パネルを用いること、及びそれらを梁の中に落し込むことも可能である。ただし、梁に集成材等の木質材料を用いる場合は、大地震時においても梁を基準強度以下とするためには梁断面が相応に大きくなること、同様に梁端接合部にも大きなせん断耐力が必要となることに注意が必要である。



(a) 木質梁　　(b) 鉄骨梁

図 1.3.1-5　垂壁省略（梁による開口上部支持）

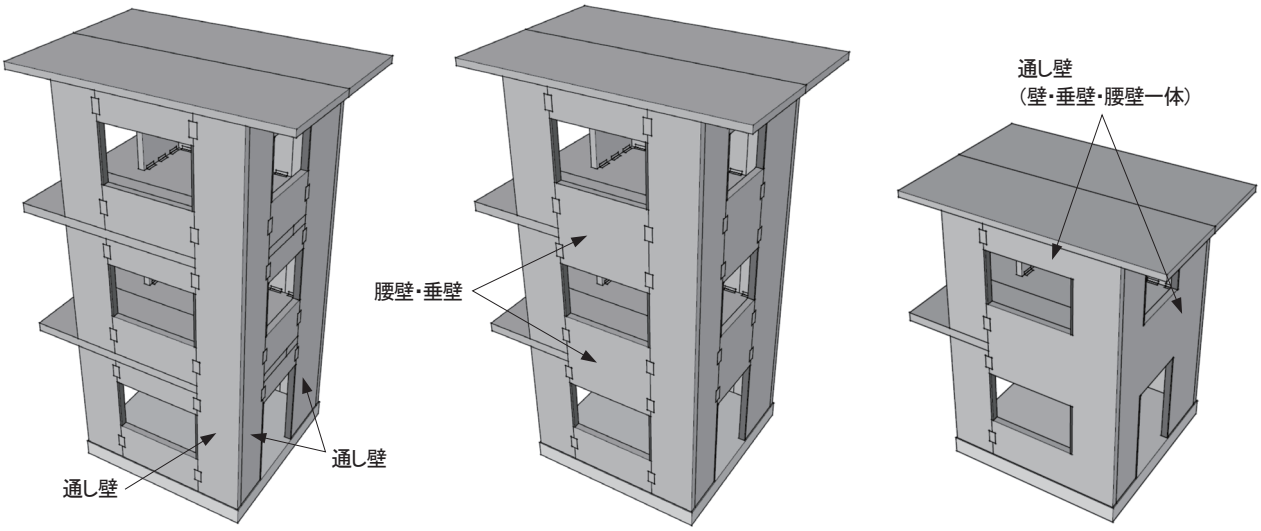


(a) 木質梁　　(b) 鉄骨梁

図 1.3.1-6　垂壁省略（CLT パネルと梁の併用）

(1.3)　通し壁架構

図 1.3.1-7 のような通し壁架構も標準的架構に含める。図 1.3.1-7(a)に示すように垂壁と腰壁をそれぞれ別の CLT パネルとする「垂壁・腰壁分割」の場合は、通し壁の中間で水平構面を支持することを除いて原則的架構と同様である。また、原則的架構との併用も可能である。技術基準告示では図 1.3.1-7(b)のように上下の垂壁と腰壁を一体の CLT パネルとする「垂壁・腰壁一体」も許容されるが、水平力に対する構造特性が「垂壁・腰壁分割」と異なる可能性が高いので、本書では「垂壁・腰壁一体」は構造計算ルート 3 でのみ可能とする。



(a)　小幅パネル架構
垂壁・腰壁分割

(b)　小幅パネル架構
垂壁・腰壁一体

(c)　大版パネル架構
垂壁・腰壁一体

図 1.3.1-7　通し壁架構

(2)　その他の架構

構造計算ルート 3 で、D_s= 0.75 とするかまたは増分解析結果に基づいて D_s の値を設定する場合は、標準的架構以外の様々な架構形式が可能である。

(3)　鉛直構面配置・水平構面支持方法

(3.1)　鉛直構面の斜め配置

水平構面勝ち架構、鉛直構面勝ち架構のいずれにおいても鉛直構面を直交する X, Y 方向と異なる角度に配置することができる。ただし、このような鉛直構面の斜め配置を行う場合は、鉛直構面の軸心が一点で交わるような放射状配置あるいはそれに近い状態とすると建物平面の捩じれ剛性が極めて小さくなるため危険であること、及び層の水平耐力・水平剛性が最小となる方向が X, Y 方向とは異なる可能性などに注意が必要である。

(3.2)　床版・屋根版の斜辺支持

CLT パネル工法では床レベルの水平構面を「床版」、屋根レベルの水平構面を「屋根版」と称する。CLT パネルによる床版・屋根版は平行な 2 辺で支持することが原則であるが、(3.1)項に関連して平行ではない斜辺によって支持することも可能である。ただし、第Ⅲ部 3.2.3(3.2)項に示すように応力・たわみ算定に関する有効スパンが支持スパンより大きくなる場合があることに注意が必要である。

(3.3)　2 方向床・屋根パネル

CLT パネルのラミナ構成によっては強軸・弱軸の 2 方向に面外の基準強度が規定されているものがあるので、そのような CLT パネルによって床版・屋根版を構成する場合は例えば建物出隅において 2 方向に跳ね出しを設けることができる。

(4)　架構の構成と構造計算ルートの関係

技術基準告示に規定される鉛直構面、水平構面及び架構の構成方法と構造計算ルートの概略的な関係を表 1.3.1-1 に示す。なお、これら以外にもいくつかの制限がある。その詳細については「第Ⅲ部 構造設計、 2.1 節」を参照されたい。

表 1.3.1-1　構面・架構の構成方法と構造計算ルートの概略的関係

構面・架構の構成方法		ルート 1	ルート 2	ルート 3 ※		限界耐力計算
				仕様 Ds	計算 Ds	
架構構成	原則的架構	○	○	○	○	○
	垂壁省略（梁勝ち架構）	○	○	○	○	○
	通し壁架構（垂壁・腰壁分割）	○	○	○	○	○
	通し壁架構（垂壁・腰壁一体）	▲	▲	○	○	○
	その他の架構	×	×	▲	○	○
併用架構	壁組併用（水平力負担なし）	○	○	○	○	○
	壁組併用（水平力負担あり）	×	×	▲	○	○
	柱梁フレーム併用（水平力負担なし）	○	○	○	○	○
	柱梁フレーム併用（水平力負担あり）	×	×	▲	○	○

○: 適用可、×: 適用不可、▲: 本書では対応外

※ 仕様 Ds : D_s の値を技術基準告示第八第二号表中の値（0.40～0.55）とする場合。
計算 Ds : $D_s = 0.75$ または増分解析結果に基づいて値を設定する場合。

表 1.3.1-1 中の▲印については、技術基準告示においては禁止されていない。しかし、水平力を負担する壁組・柱梁フレームの併用及び鉛直構面勝ち架構については、終局耐震性能に関する知見が必ずしも十分ではないこと、及び国内における設計事例がなく、構造部材の接合方法及びその構造性能に関する知見が不十分であることを考慮して、本書においては対応外とする。これらの構成方法については限界耐力計算、及びルート 3 においては構造特性係数D_sを技術基準告示上の最大値である 0.75 とするか、またはD_sを荷重増分解析結果に基づいて設定する場合（計算 Ds）に限定することとする。

1.3.2　架構の変形・耐力発現メカニズム

本項では、水平構面勝ち架構（標準的架構）を対象として、鉛直荷重及び水平力に対する CLT パネル工法の変形・耐力発現メカニズムの特徴ならびにそれに付随する構造設計上の留意点について述べる。

（1）　鉛直力に対して

（1.1）　原則的架構の場合

前項で述べたように水平構面勝ち架構の場合は、基礎、土台、1 階壁、2 階床の順に積み上げて 1 層を構成し、その上に上階の壁、床または屋根を順次積み上げて架構を構成することにより、鉛直力は屋根、最上階壁、最上階床の順に伝達され、以降はそれより下の階の壁、床を経て土台、基礎へ伝わる。

CLT パネルにより床版・屋根版を構成する場合は、原則として図 1.3.2-1 のように CLT 床パネルの平行な 2 辺を壁、垂れ壁または梁によって支持する。また、支持される辺を持ち出して片持ち部分を構成する場合は、控え部分端部の跳ね上げ力が大きくならないように、控え部分の長さは持ち出し長さ以上とするなどの配慮が必要である。床組・小屋組により床版・屋根版を構成する場合は、梁を壁、垂れ壁によって支持する。

垂れ壁については、小幅パネル架構では垂れ壁端部に鉛直せん断接合部を設けて垂れ壁を支持する。大版パネル架構では垂れ壁部分はその左右の袖壁部分と一体であるので、このような接合部は不要である。しかし、小幅パネル架構では、鉛直構面の水平変形に伴い垂れ壁端部の鉛直せん断接合部が損傷して耐力を喪失する恐れがあり、また、大版パネル架構では、(2.1)項で述べるように、鉛直構面の水平変形に伴い開口隅部を起点とした亀裂

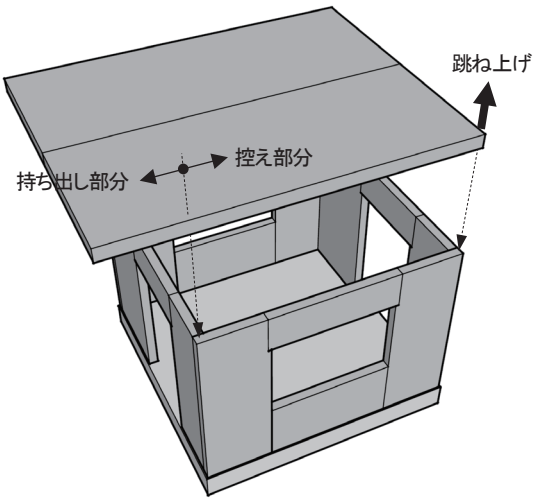
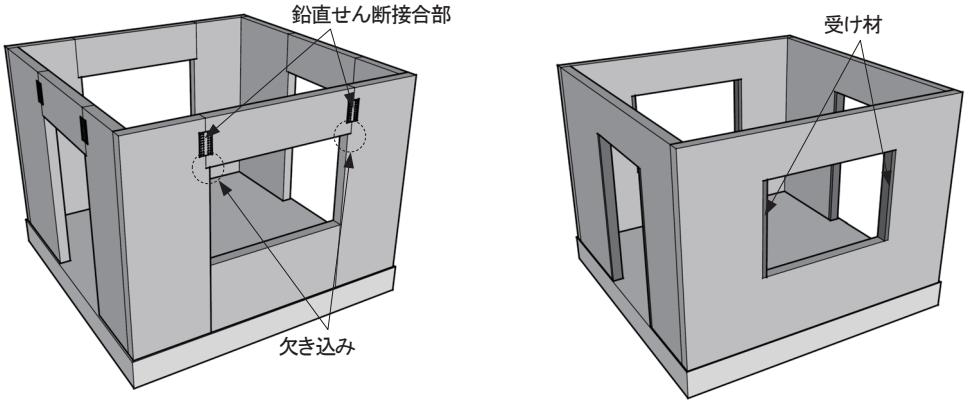


図 1.3.2-1　CLT 床パネルの配置



(a)　壁パネルの欠き込み　　(b)　受け材

図 1.3.2-2　垂れ壁の脱落防止措置

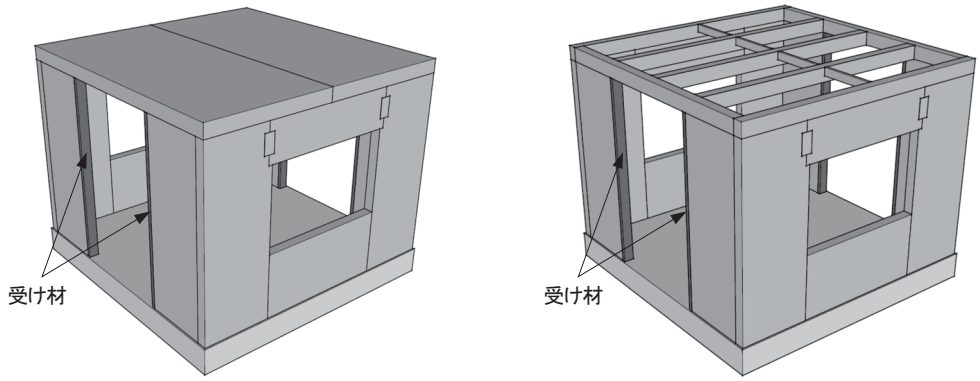
が生じる可能性がある。このような場合のフェールセーフとして、図 1.3.2-2 のように壁パネルの欠き込みあるいは受け材等を設けて、垂れ壁の脱落を防止する。この措置は、構造計算ルート 1 の場合、ルート 2 において応力割増し係数を 2.5 未満の値とする場合、及びルート 3 においてD_sの値を技術基準告示第八第二号表中の値(0.40～0.55)とする場合は必須である。さらに、大版パネル架構では構造計算方法によらず必須となる場合がある。詳細は第Ⅲ部 2.1.3 項を参照されたい。

(1.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合

垂壁を省略する場合は、鉛直構面の水平変形に伴い床版・屋根版が損傷して面外耐力を喪失して脱落する可能性を考慮して、垂壁の場合と同様に図 1.3.2-3 のように受け材等の脱落防止措置を講じる。告示上、この措置はルート 1 の場合、ルート 2 においては応力割増し係数を 2.5 未満の値とする場合、及びルート 3 においてはD_sの値を技術基準告示第八第二号表中の値(0.40～0.55)とする場合に必須である。なお、床版・屋根版を床組・小屋組によって構成する場合において、梁を H 形鋼等の鉄骨部材とする場合は、鉛直構面の水平変形に伴う降伏が生じても脱落の恐れはないと考えられるので、脱落防止措置は不要とする。

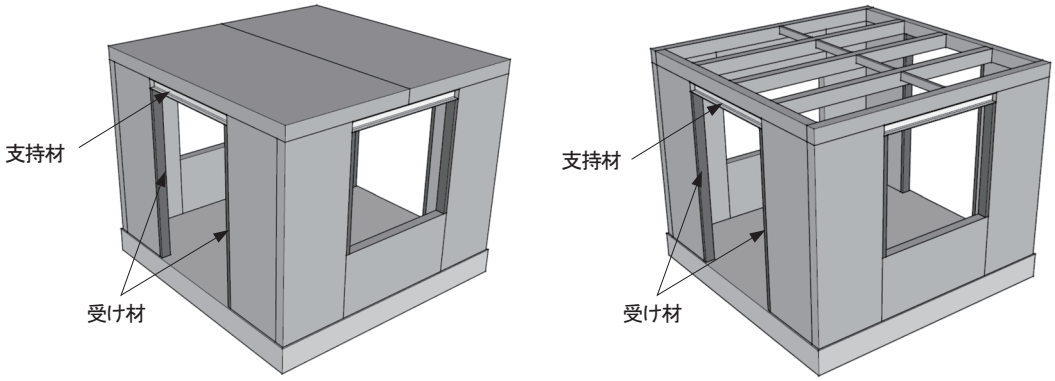
また、図 1.3.2-4 のように開口上部に支持材を設ける場合はそれを床版・屋根版の脱落防止措置とみなす。ただし、支持材の脱落を防止するために支持材に対する受け材を設けるなど支持材と壁パネル間の鉛直せん断接合を適切に設計する必要がある。

なお、床版・屋根版の脱落現象とその危険性については未解明な部分が多く、に図 1.3.2-3 のように受け材を脱



(a)　CLT 床　　(b)　床組

図 1.3.2-3　床版・屋根版の脱落防止措置



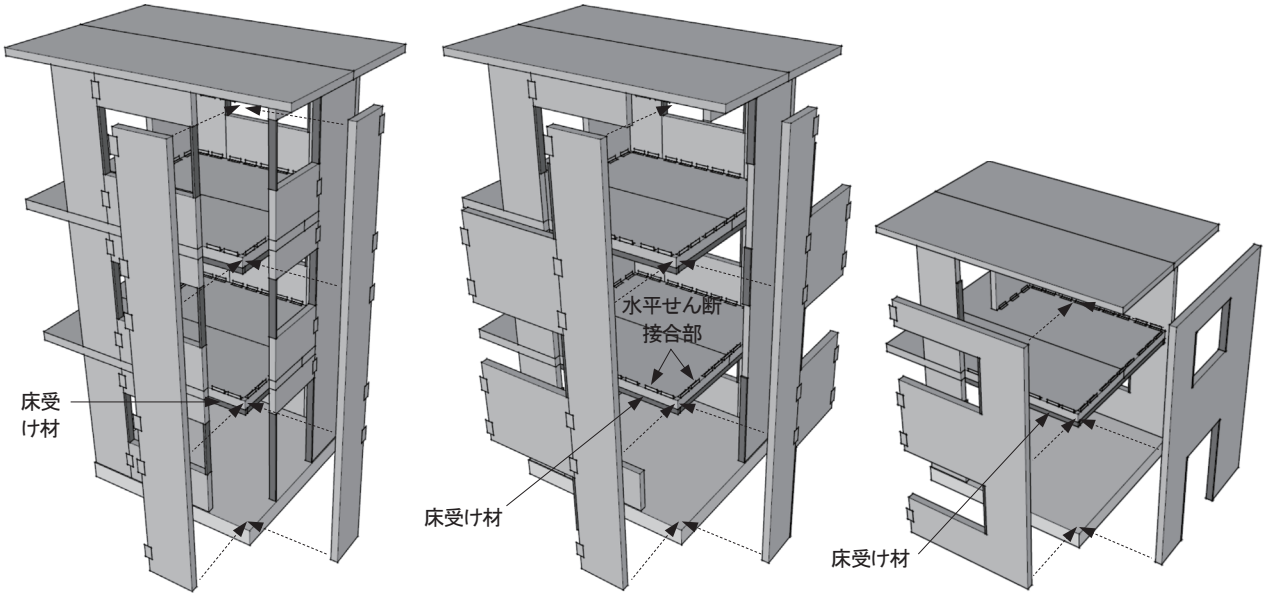
(a)　CLT 床　　(b)　床組

図 1.3.2-4　支持材の脱落防止措置

落防止措置とすることは技術基準告示第八第二号ヘに対応する当面の措置である。

（1.3）　通し壁架構の場合

通し壁架構（垂壁・腰壁分割）については、床版が通し壁の中間で支持されることを除いて原則的架構と同様である。通し壁架構（垂壁・腰壁一体）の場合は、一体とした垂壁・腰壁の中間においても床版が支持される。それらの床版支持部分には図 1.3.2-5 のように床受け材を設けることが一般的と考えられる。



(a)　小幅パネル架構　垂壁・腰壁分割　　(b)　小幅パネル架構　垂壁・腰壁一体　　(c)　大版パネル架構　垂壁・腰壁一体

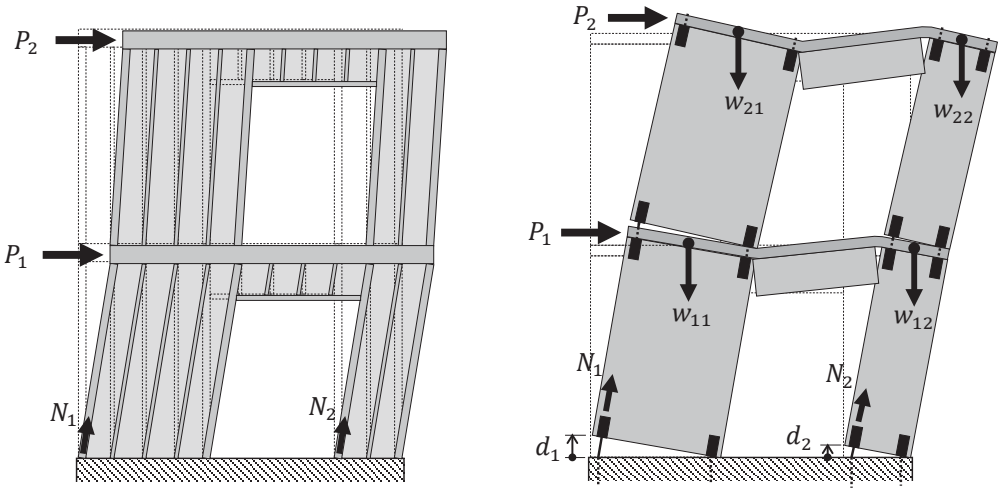
図 1.3.2-5　通し壁中間部における床版の支持

（2）　水平力に対して

（2.1）　原則的架構の場合

CLT パネル工法による鉛直構面に水平力が作用する場合の水平変形パターンを在来軸組構法による鉛直構面と比較して図 1.3.2-6 に示す。

在来軸組構法の場合は、架構の水平変形のほとんどは図 1.3.2-6(a)のように耐力壁のせん断変形によって生じる。したがって、一つの層の水平変形がその上層の水平変形に影響することはほとんどなく、各層の水平変形は相



(a)　在来軸組構法　　(b)　CLT パネル工法

図 1.3.2-6　鉛直構面の水平変形パターン

互に独立しているとみなせる。また、水平変形に伴って耐力壁端部柱の脚部等には引抜き力N_1,N_2などが生じ、これらの接合部は耐力壁が終局状態に達するまで破断せず、かつ過大な変形が生じないような耐力が必要となる。これらは枠組壁工法においても同様である。

一方、CLT パネル工法の場合は、耐力壁自体の剛性・耐力が接合部と比較して大きいため耐力壁は剛体的に回転し、架構の水平変形のほとんどは図 1.3.2-6(b)のように接合部の変形によって生じる。したがって、接合部には引抜き力N_1,N_2等に抵抗するための耐力のほかに変形d_1,d_2等に対応した変形能力も必要となる。また、耐力壁にはロッキング変位が生じ、一つの層の水平変形がその上層の水平変形に影響を及ぼすほか、耐力壁に作用する鉛直力w_{11},w_{12},w_{21},w_{22}等が耐力壁の水平耐力に影響を及ぼす。

このように CLT パネル工法による鉛直構面の水平力に対する変形・耐力発現メカニズムは従来の耐力壁構造とは大きく異なり、構造設計ではこれを考慮する必要がある。

また、CLT パネル工法による鉛直構面では、それに接する水平構面の面内剛性・耐力が当該鉛直構面の水平耐力に寄与する。具体的には、図 1.3.2-7 のように、壁パネルによって構成される鉛直構面に水平力が作用する場合、腰壁・垂れ壁-耐力壁間には「めり込み力C_1～C_4」、「鉛直せん断力S_1～S_4」及び「C_2,C_3と釣合う離間力T_1,T_2」が生じ、それらによって「圧縮ストラットC_{s1},C_{s2}」が形成されることにより、腰壁・垂れ壁も鉛直構面の水平耐力向上に寄与する。このとき、「離間力T_1,T_2」は水平構面に負担されるので、水平構面(屋根版、床版、基礎梁)にはそれに抵抗することのできる耐力が必要となる。また、「離間力T_1,T_2」が生じる前提として、図 1.3.2-7 中に破線丸印で示す位置の耐力壁-基礎間、腰壁-基礎間、耐力壁-水平構面間及び垂れ壁-水平構面間に水平せん断力が生じるので、それに抵抗することのできるせん断接合部を設ける必要がある。また、これらのせん断接合部には壁パネルのロッキング変位に伴い不可避的な鉛直方向変形が生じるので、それに追随できる構成とするとともに壁パネルの左右端部からできるだけ離れた位置に設置するなどの配慮が必要である。

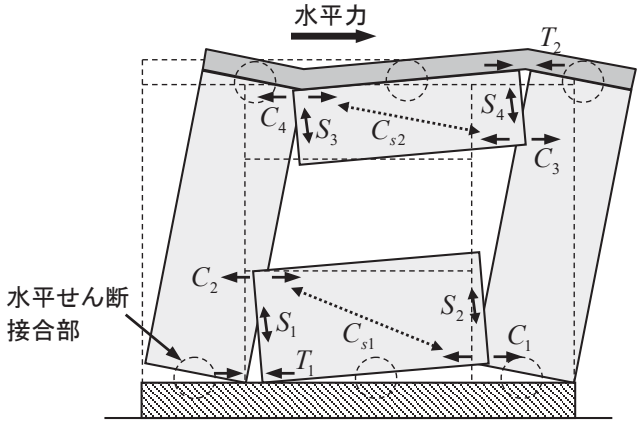


図 1.3.2-7　水平力による鉛直構面の応力分布

そのほか、大版パネル架構では写真 1.3.2-1 のように水平変形に伴う開口隅部の応力集中により亀裂が生じやすいことに注意が必要である。1.4 節で述べるように、既往の振動台実験では、亀裂が鉛直方向であり、亀裂発生後も垂れ壁の脱落が生じなければ水平耐力はほとんど低下せず、亀裂部分で垂れ壁と袖壁が分離された小幅パネル架構と同等の性能を示すことが確認されている。技術基準告示ではこれを考慮し、大版パネル架構については垂れ壁の脱落防止措置を講じることを条件として、初期から亀裂が生じているものとして、小幅パネル架構とみなして構造計算ができることとされている。ただし、垂れ壁または腰壁の面内曲げ耐力に比べて袖壁の面内曲げ耐力が小さい場合は、亀裂は袖壁を横断するように水平方向に生じる可能性があり、その場合は袖壁の鉛直荷重支持能力が低下して極めて危険な状態になるため、特に注意が必要である。

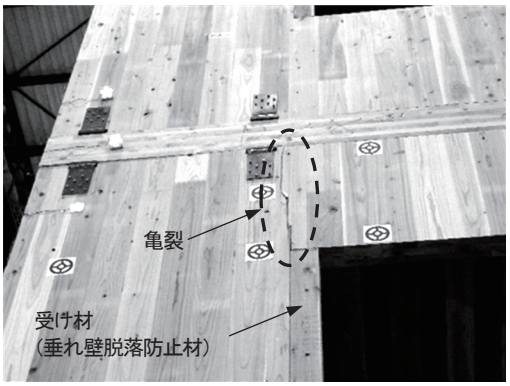


写真 1.3.2-1　大版パネル開口隅部に生じた亀裂

(2.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合

垂壁を省略する場合は、当然ながら垂壁の圧縮ストラット効果は期待できないので、その分だけ水平耐力が減少する。また、支持材等で床版・屋根版を支持する場合を除き、鉛直構面の水平変形にともなって生じる面外応力によって水平構面の破壊が生じることの無いように注意が必要である。

一方で、水平構面を床組・小屋組で構成する場合において、梁の断面を大きくすれば耐力壁のロッキング変位が抑制され、それに応じた水平耐力の向上が期待できる。ただし、木質梁を用いる場合は断面に相応の大きさが必要となること、梁端部のせん断接合部に大きな耐力が必要になることなどに注意が必要である。鉄骨梁を用いる場合は、木質梁の場合に比べて必要断面とせん断接合部耐力を確保することは容易と考えられる。また、大地震時における鉄骨梁の曲げ降伏を考慮した設計を行う場合は架構の靭性が向上することによりD_sの値が低減されることが期待できる。ただし、その効果は構造計算ルート 3 で、増分解析結果に基づいてD_sの値を設定する場合に限定される。

(2.3)　通し壁架構の場合

標準的架構では、鉛直構面の水平変形は主として壁-基礎接合部の浮上りによって生じようにすることで、終局時において鉛直構面は全体崩壊形となり、終局耐震性能を確保するうえで有利となる。これを踏まえて、構造計算ルート 1 の接合部に関する規定では、上下階壁間引張接合部の耐力を壁-基礎引張接合部より大きくすることとされている。通し壁架構の場合は、そのような全体崩壊形の形成がより確実になる。ただし、通し壁中間における床版との水平力伝達を確実にする必要があり、図 1.3.2-5 に示すように水平せん断接合部を床受け材と別に設けることが一般的と考えられる。また、水平力による通し壁の面内応力に注意が必要である。

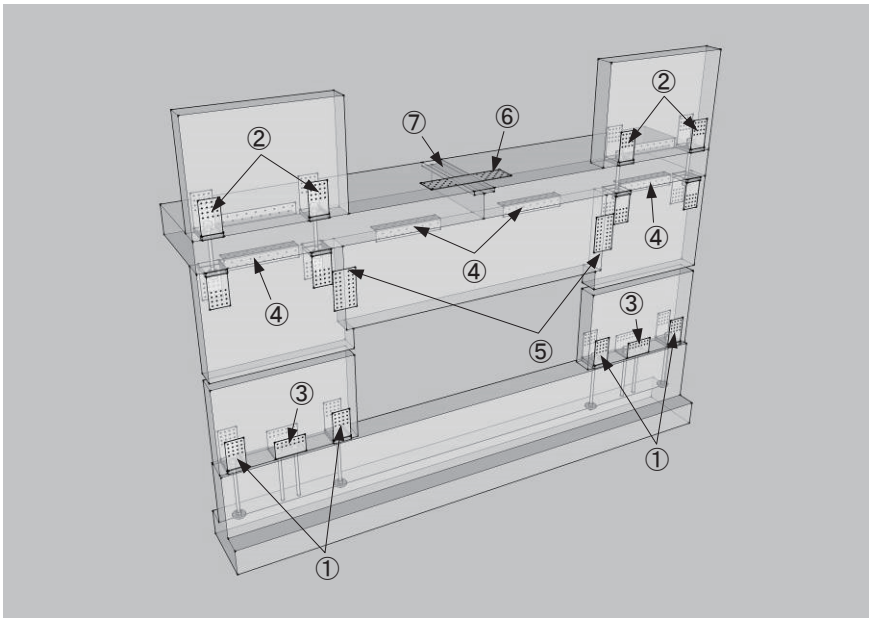
1.3.3　標準的な接合方法

本項では、標準的架構を対象として、CLT パネル相互の標準的な接合方法を例示する。

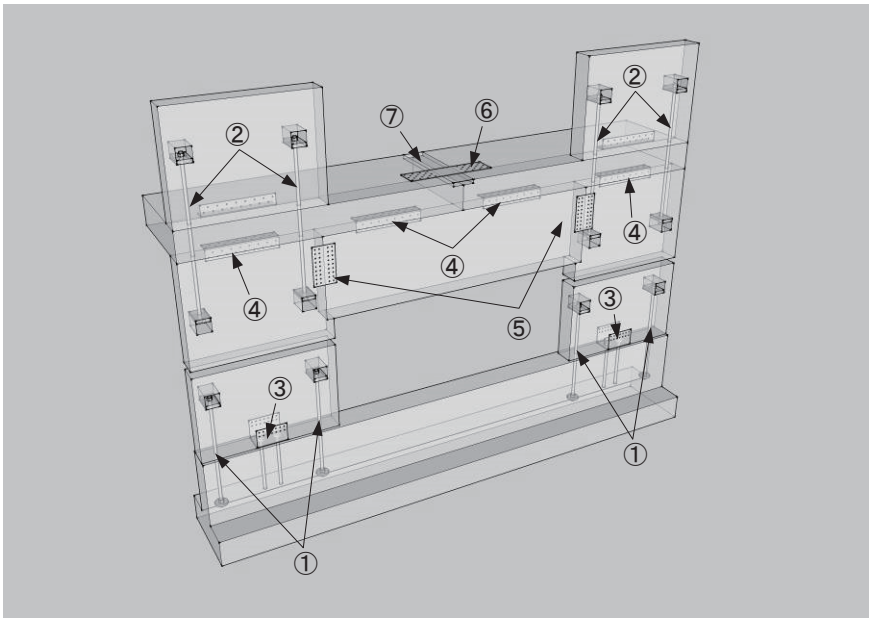
(1)　原則的架構の場合

CLT パネル相互の接合方法として、欧州などでは長尺ビスによる接合が主流であるが、日本では地震力が大きいので、より高耐力の接合方法が必要となる。また、1.3.2(2.1)項で述べたように、特に引張接合部については耐力のほかに変形能力も必要となる。これを考慮して、既往の振動台実験試験体及び実建築物の多くでは図 1.3.3-1 に示すような接合方法が採用され、引張接合部に用いるボルトには変形性能が確実な ABR（JIS B 1220 構造用両ねじアンカ

①壁-基礎引張接合部　②上下階壁間引張接合部　③壁-基礎せん断接合部　④壁(垂れ壁)-床せん断接合部
⑤垂れ壁-壁せん断接合部　⑥床-床引張接合部　⑦床-床せん断接合部



(a)　ビス打ち鋼板＋ボルト形式



(b)　引きボルト形式

図 1.3.3-1　標準的架構（原則的架構）の接合部例

ーボルトセット）が用いられている。その仕様と力学性能については「第Ⅲ部 構造設計、 第 9 章」を参照されたい。

図 1.3.3-1 (b)に示す引きボルト形式の場合はボルト端部の座金・ナットを配置するために CLT パネルに 100mm 角程度の開口が必要であり、構造計算ではそれを考慮して CLT パネルの面内耐力を第Ⅲ部 3.3.2（1）項の方法などにより適切に低減する必要がある。また、これらの接合部のうち、③壁-基礎せん断接合部、④壁（垂れ壁）-床せん断接合部及び図示はしていないが腰壁-基礎せん断接合部については、垂れ壁・腰壁も相応の水平力を負担することを考慮して概ね均等に配置するなどバランスに留意することが合理的である。なお、接合方法にはここに示すもの以外にも多様な可能性があり、今後の開発・提案が期待されるところである。

また、1.3.2（2.1）項で述べたように、鉛直構面に接する水平構面には鉛直構面の水平変形に伴って離間力（面内引張力）が生じる場合がある。この離間力に対して図 1.3.3-1 中の「⑥床-床引張接合」が抵抗するが、それに代えて、図 1.3.3-2 のように垂れ壁と袖壁の間に水平方向の引張接合部を設ける方法もある。この場合は、垂れ壁と袖壁によるラーメン効果による水平耐力の向上も期待できる。

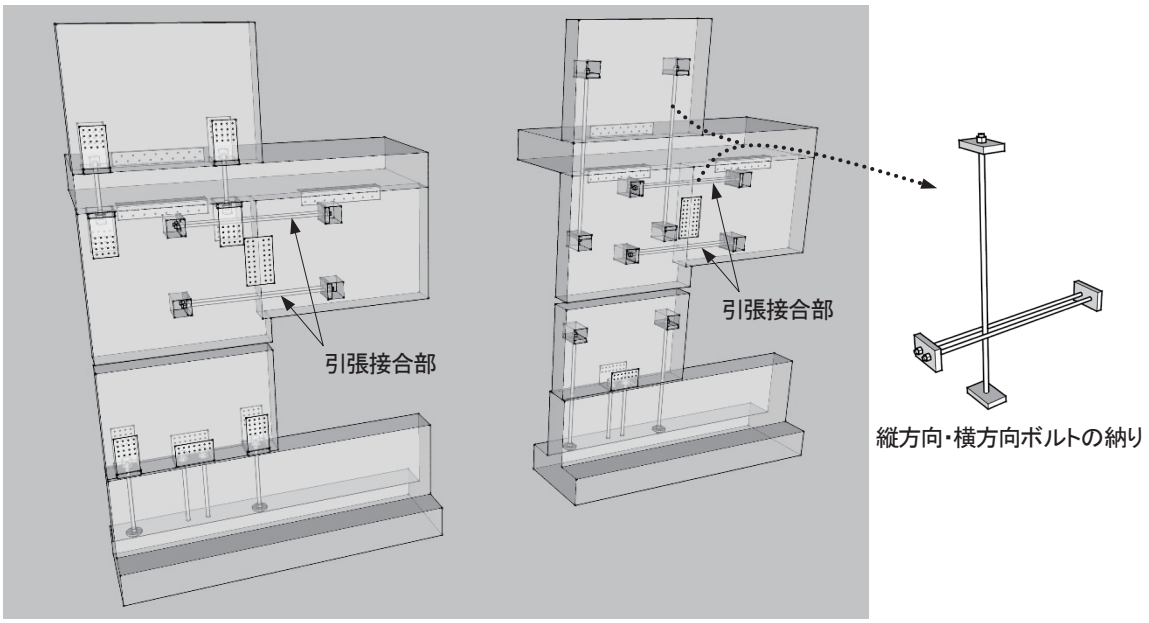


図 1.3.3-2　垂れ壁-袖壁間の引張接合部例

（2）　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合

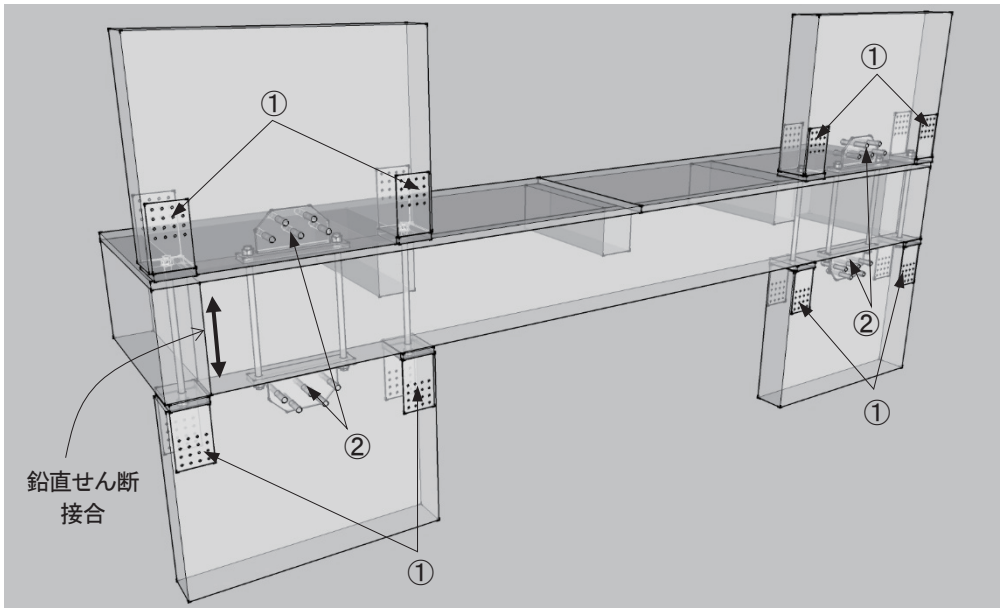
原則的架構に対して単に垂壁を省略する場合の接合部の構成方法は前項と同様である。水平構面を床組・小屋組によって構成し、梁断面を大きくする場合および鉄骨梁を用いる場合の接合部例を図 1.3.3-3 に示す。木質梁の場合は、上下階壁引張接合ボルトが梁を縦方向に貫通としている。鉄骨梁の場合は、鋼板挿入ドリフトピン接合により壁パネルに固定された金物を介して壁と梁をボルトにより接合している。また、壁パネル上下端のせん断接合は鋼板挿入ドリフトピン接合としている。

このほか、床パネルと梁の水平せん断接合および梁相互の鉛直せん断接合が必要である。木質梁相互の鉛直せん断接合については、一般的な集成材構造に用いられる接合金物等を用いることも可能であるが、1.3.2（2.2）で述べたように CLT パネル工法では他工法を上回る耐力が必要になることに注意が必要である。鉄骨梁と床パネルの水平せん断接合については、鉄骨梁に溶接したスタッド鋼棒を床パネルに設けた孔に挿入し、その部分に無収縮モルタルあるいはエポキシ樹脂等を充填する工法がある[4)]。

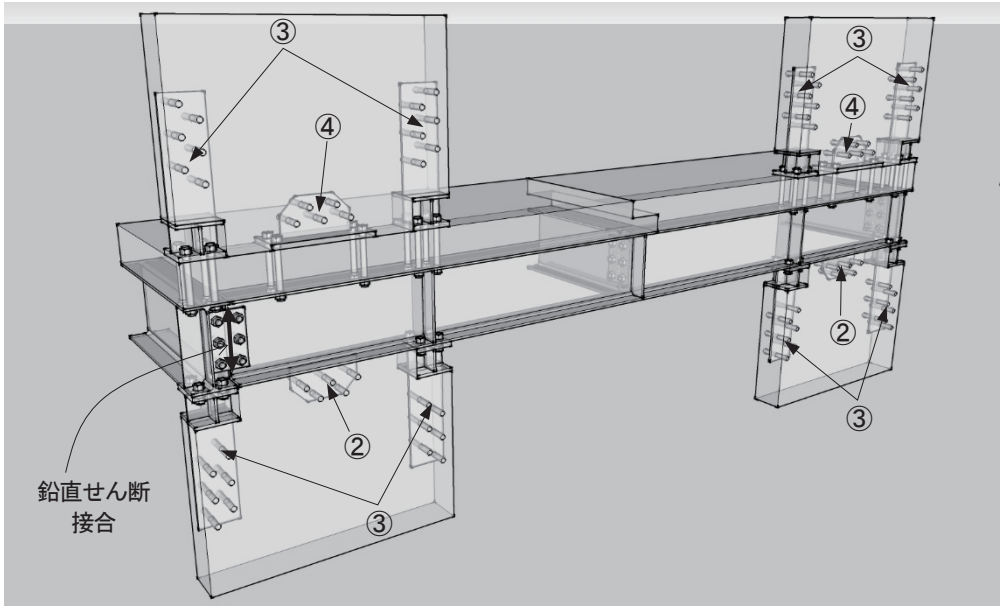
垂壁を省略する場合についても、接合方法にはここに示すもの以外にも多様な可能性があり、今後の開発・提案が期待されるところである。

4) 山佐木材: 平成 27 年度林野庁委託事業, CLT 等新たな製品・技術の開発・普及事業（木質耐火部材開発）,「鋼構造オフィスビル床の CLT 化」（木質耐火部材開発） 研究成果報告書, 平成 28 年 3 月

①上下階壁間引張接合部　②壁-梁せん断接合部　③壁-梁引張接合部　④壁-床-梁せん断接合部



(a)　木質梁



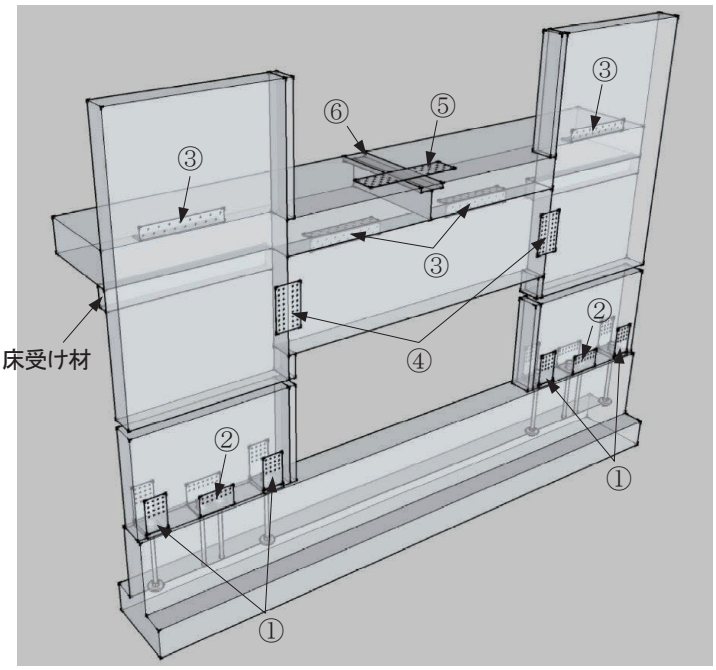
(b)　鉄骨梁

図 1.3.3-3　標準的架構（垂壁省略）の接合部例

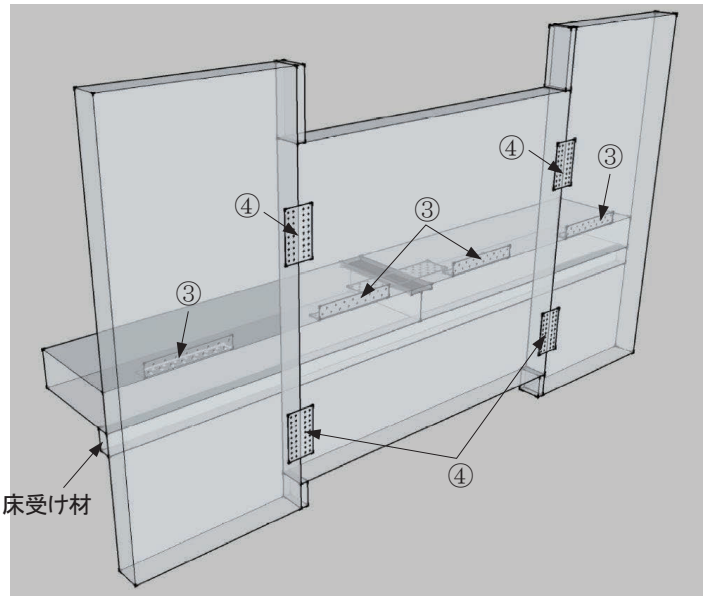
（3）　通し壁架構の場合

通し壁架構（垂壁・腰壁分割）については、通し壁の中間なおける床版支持部を除いて原則的架構と同様である。通し壁架構（垂壁・腰壁一体）の場合は、一体型垂壁・腰壁の中間においても床版が支持される。通し壁の中間および一体型垂壁・腰壁の中間における床版支持部分は床版を支持することのほかに、地震時・風圧時には通し壁あるいは一体型垂壁・腰壁と床版の面内せん断力の伝達経路となり、鉛直方向と水平方向の両方にせん断耐力が必要となる。これに対する接合部の構成として、図 1.3.3-4 のように、鉛直方向せん断力に対して床版の下部に床受け材を設け、水平方向せん断力に対して床版の上部に通し壁あるいは一体型垂壁・腰壁とのせん断接合部を設けることが考えられる。

①壁-基礎引張接合部　②壁-基礎せん断接合部　③壁・垂壁・腰壁-床せん断接合部　④垂れ壁-壁せん断接合部
⑤床-床引張接合部　⑥床-床せん断接合部



(a)　垂壁・腰壁分割



(b)　垂壁・腰壁一体

図 1.3.3-4　通し壁架構の接合部例

第Ⅲ部　構造設計

第１章　はじめに

「第Ⅲ部 構造設計」第 2 章～第 10 章では第Ⅱ部 1.1 節で述べた CLT パネル工法建築物を対象として、構造計算の方法（以下、「本設計法」と記す。）、接合部の強度性能及び接合部の試験方法・評価方法について解説する。続く第 11 章では、CLT の部分的利用・併用構造の扱いについて解説する。各章の概要を以下に示す。

「第 2 章 構造計算の前提条件」では、「2.1 適用範囲」において、2.1.1 項で対象を CLT パネル工法建築物とすることを述べ、2.1.2 項では本設計法における壁パネルの分類、2.1.3 項では標準的な架構形式及び各設計ルートにおける架構形式、柱梁フレーム及び CLT パネル以外の壁の併用などについて解説している。2.1.4 項では、本設計法で規定する技術基準告示外の制限が示されている。

「2.2 使用できる構造材料」では、2.2.1 項で CLT パネル、2.2.2 項で柱・梁、2.2.3 項で接合部について使用可能な材料が示されている。

「2.3 構造計算ルート」では、技術基準告示第一の規定に基づく構造計算フローのほか、構造計算ルートと技術基準告示等規定の適用関係が一覧表として示されている。

「第 3 章 設計用構造モデルの構成方法及び応力検定方法」では構造計算ルートに関わらない共通事項として、「3.1 設計用構造モデルの構成方法」では、3.1.1 項において、FEM モデルに比べ、より構造計算において実用性の高いフレームモデル等を標準的な構造モデルとすることを述べている。3.1.2 項、3.1.3 項では構造モデルの鉛直構面と水平構面の部材・接合部バネの配置方法と力学性能の設定方法などが解説され、3.1.4 項では在来工法による鉛直構面・水平構面のモデル化の方法が解説されている。

「3.2 応力検定方法」では、3.2.1 項でフレームモデル等の応力を用いた CLT パネルの応力度の計算方法、3.2.2 項、3.2.3 項で鉛直構面及び水平構面の CLT パネルの検定方法、3.2.4 項で接合部の検定方法、3.2.5 項で在来工法による鉛直構面・水平構面の検定方法が解説されている。

「3.3 CLT パネルの剛性・強度」では、3.3.1 項で CLT パネルの弾性係数・基準強度と方向の関係を述べるとともにそれらの値を一覧表に示している。3.3.2 項では設備貫通口等の目的で設定する小開口を有する場合の CLT パネルの剛性・強度の低減方法が示され、付録 1 では有開口壁パネルの開口隅部の応力集中及び垂れ壁・腰壁部分と袖壁部分が交差する部分のパネルゾーンの剛性低減について解説されている。付録 2 では壁パネル脚部を対象として、軸耐力と曲げ耐力の相互関係に関する考察が示されている。この結果は 3.1.2 項において壁パネル端部の応力中心間距離の設定根拠として参照され、3.2.2 項における壁パネルの終局耐力検定式の根拠として参照されている。

「第 4 章 各ルート共通の構造計算」では、2.3 節に示される構造計算フローの中で複数の構造計算ルートで必要となる構造計算方法について解説している。「4.1 令第 82 条各号の構造計算」ではルート 1～3 及び限界耐力計算で必要となる、いわゆる許容応力度計算の方法が示されている。4.1.1 項では荷重・外力として、荷重・外力の組み合わせ、固定荷重、積載荷重、積雪荷重、風圧力及び地震力の計算方法が解説されている。4.1.2 項では応力計算として、剛床モデルを用いる場合の水平構面の応力計算方法などが示されている。4.1.3 項では応力検定の方法、4.1.4 項では使用上の支障防止、すなわちたわみの検定方法が示され、4.1.5 項ではその他の留意事項として、平 19 国交告第 594 号第 2 第三号の規定に基づく検定項目が示されている。

そのほか「4.2 層間変形角」、「4.3 剛性率・偏心率の確認」、「4.4 屋根葺き材等の構造計算」が掲載され、「4.5 地盤・基礎」では地盤・基礎の設計方針などが述べられている。

第 5 章～第 8 章ではルート 1～3 及び限界耐力計算のそれぞれ特有の構造計算に関する方法あるいは留意点が述べられている。

「第 9 章 CLT パネル工法における接合部の強度性能」では、既往の実験等によって構造性能が明らかになっている接合方法を対象として、「9.1 CLT パネル工法における接合部の概要」、「9.2 告示で要求されている接合部の要求性能」、「9.3 構造計算ルート 1 に対応した接合部の強度性能」、「9.4 構造計算ルート 1 以外の接合部の強度性能」が示され、そのほか「9.5 接合金物の耐久性」について解説されている。

「第 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」では、第 9 章で対象とした接合方法を含む任意の接合方法について構造性能に関する試験方法と評価方法が解説されている。

「第 11 章 CLT の部分的利用・併用構造の扱い」においては、「11.1 鉄骨造建築物への CLT 利用について」、「11.2 鉄筋コンクリート造建築物への CLT 利用について」では、それぞれ鉄骨造建築物及び鉄筋コンクリート造建築物の床・壁として CLT パネルを用いる場合、及び鉄骨造建築物あるいは鉄筋コンクリート造建築物との併用構造とする場合の構造設計上の考え方や留意点が述べられている。「11.3 木造軸組構法建築物への CLT 利用について」では、CLT パネル工法建築物に該当しない木造建築物として、CLT を用いた木造軸組構法建築物の構造設計上の考え方や留意点が述べられている。

第 2 章　構造計算の前提条件

2.1　適用範囲

2.1.1　対象とする工法

本設計法の対象は、「第Ⅱ部 CLT を用いた建築物の特徴と留意点、1.1 節」に示す「① CLT パネル工法建築物」及び「④ CLT を部分的利用した他構造建築物、併用構造建築物」のうち下層階を RC 造あるいは鉄骨造とした建築物の CLT パネル工法部分であり、その他の「② CLT を部分的利用した木造軸組構法建築物」、「③ CLT を部分的利用した枠組壁工法建築物」等は対象外である。

2.1.2　壁パネルの分類

本設計法では、図 2.1.2-1 左側の技術基準告示における壁パネルの分類を図 2.1.2-1 右側のように変更する。すなわち、階高分の高さを有する無開口壁パネルを「袖壁等パネル」と称し、独立無開口壁パネルもそれに含める。関連して、有開口壁パネルの袖壁部分を「袖壁等部分」と称する。また、他の木質構造と同様に袖壁等パネルと袖壁等部分を耐力壁と称する。

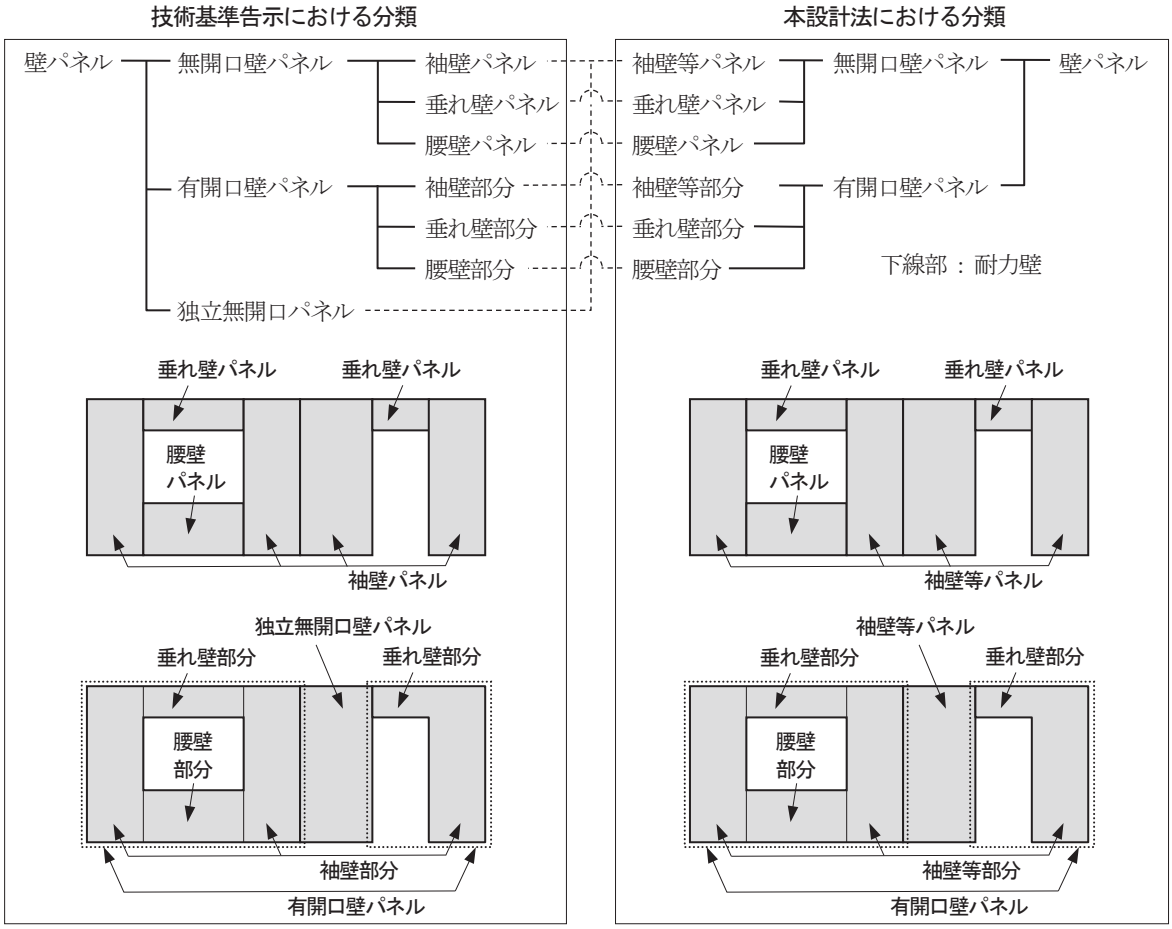


図 2.1.2-1　技術基準告示と本設計法における壁パネル分類の比較

2.1.3　架構形式

（1）　標準的架構

（1.1）　原則的架構の場合

技術基準告示第五第一号では 2 階より上の壁パネルは床版の上に配置すること、すなわち水平構面勝ち架構とすることが原則であり、同告示第五第三号には CLT パネル工法建築物の標準的な鉛直構面として、小幅パネル架構、大版パネル架構①及び大版パネル架構②の 3 種類の架構形式が規定されている。これらのうち大版パネル架構①では、地震力・風圧力による水平変形に伴って開口隅部を起点とする鉛直方向亀裂が生じ、亀裂発生後は小幅パネル架構と同様の部材構成になることが技術基準告示の前提となっている。なお、3.2.2(2)項に述べるように、亀裂が鉛直方向に生じることを保証するために、ルート 2 で応力割増し係数を技術基準告示第九第二号の表中の値(1.0, 1.8)とする場合や、ルート 3 でD_sを技術基準告示第八第二号の表中の値(0.40, 0.55)とする場合は、腰壁部分・垂れ壁部分の面内曲げ検定比が接する袖壁等部分の曲げ検定比を上回ることを確認する。ルート 1 では技術基準告示第十第四号にその規定が含まれている。

したがって本設計法では、図 2.1.3-1 に示すように小幅パネル架構と大版パネル架構①は同種とみなして、それらを「分割型架構」と称し、大版パネル架構②を「一体型架構」と称する。また、これに関連して、大版パネル架構①の構造計算では応力変形計算に用いる構造モデルの設定に当たり、初期状態から上述の亀裂が生じているものとして、袖壁等部分、垂れ壁部分、腰壁部分を分離した小幅パネル架構として扱う。また、それにより開口隅部の応力検定は省略できるものとする。

また、技術基準告示第八第二号ホには垂壁の脱落防止措置として壁パネルの欠き込みあるいは受け材の設置が規定されている。これらの規定は、ルート 1 の場合、ルート 2 において応力割増し係数を 2.5 以上とする場合以外の場合、及びルート 3 において構造特性係数D_sを 0.75 以上とするかまたは個別にD_sを計算する場合以外の場合に適用される。ただし、大版パネル架構①では上述のように水平変形にともなって開口隅部を起点とする鉛直方向亀裂が発生することを前提としており、亀裂発生後は垂れ壁パネル端部、腰壁パネル端部に鉛直方向のせん断接合部が存在せず、同ホ(2)の規定による受け材がその役割を負うことになる。したがって本書では、大版パネル架構①については、応力割増し係数及びD_sの値によらず受け材の設置を必須とする。

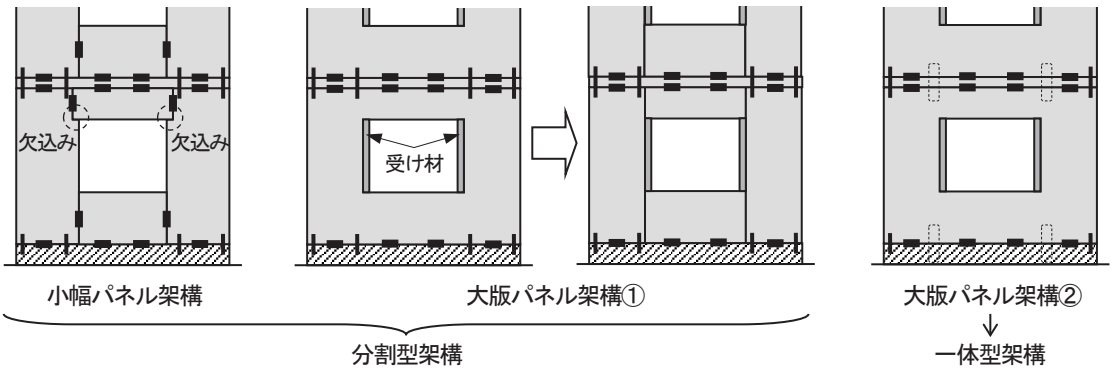


図 2.1.3-1　本設計法における原則的架構の分類

(1.2)　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合

垂壁は開口上部に作用する鉛直荷重を支持する梁の役割も果たすが、これを省略して水平構面内の CLT パネルあるいは床組を構成する梁に鉛直荷重を支持させることが可能である。ただし、CLT パネルの場合は鉛直荷重に対して原則として平行な 2 辺を支持する必要があるので、垂壁省略は支持される辺以外の部分に限定するか、または垂壁の代わりに第Ⅱ部 1.3.1(1.2)項で述べた支持材を設ける。床組の場合はこのような制限はなく、また梁の断面を大きくすることで開口幅の拡大が可能となるほか、水平耐力の向上も期待できる。さらに、梁に H 形鋼等の鉄骨を用いることも可能であり、ルート 3 において増分解析結果に基づいてD_sを計算する場合には当該梁の塑性化による靭性向上が期待できる。

また、技術基準告示第八第二号ヘには垂壁を省略する場合について床版・屋根版の脱落防止措置に関する規定がある。脱落防止措置としては図 2.1.3-2 に示すような受け材の設置などが有効と考えられる。この措置は、ルート 1 の場合、ルート 2 において応力割増し係数を 2.5 以上とする場合以外の場合、及びルート 3 において構造特性係数D_sを 0.75 以上とするかまたは個別にD_sを計算する場合以外の場合に必要となる。また、鉄骨梁を用いる場合は、鉄骨梁自体が有効な脱落防止措置とみなせるものとして、特段の脱落防止措置は不要とする。

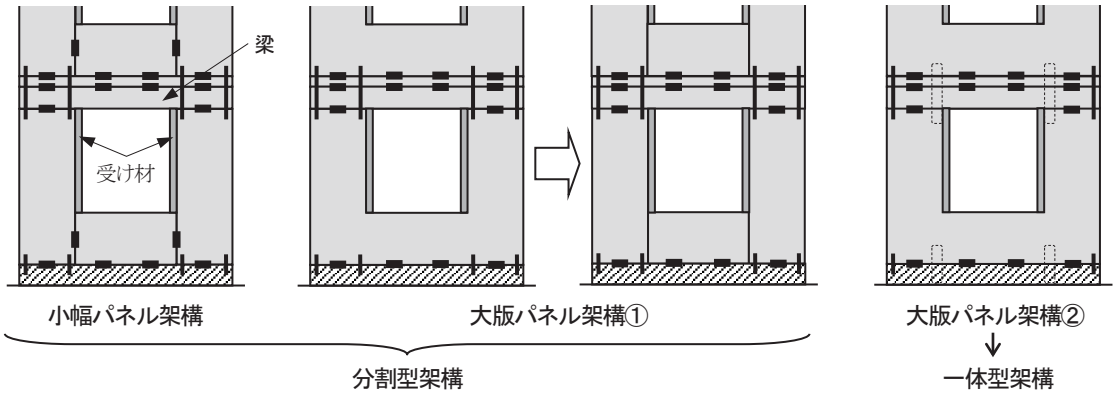
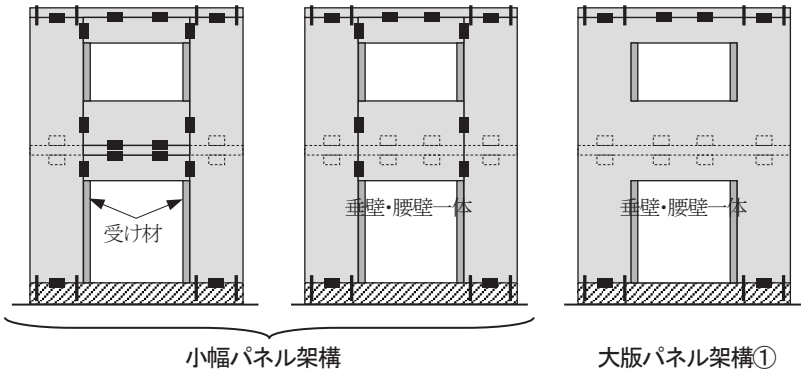


図 2.1.3-2　本設計法における標準的架構（垂壁省略の場合）の分類

(1.3)　通し壁架構の場合

第Ⅱ部 1.3.1(1.3)項で述べたように、分割型架構では図 2.1.3-3 のような通し壁を用いることができるが、本書では「垂壁・腰壁一体」は構造計算ルート 3 でのみ可能とする。大版パネル架構①では必然的に「垂壁・腰壁一体」となり、(1.1)項で述べた、開口隅部を起点とする亀裂が鉛直方向に生じることを保証するための条件はその場合についても適用されることに注意が必要である。



2.1.3-3　本設計法における通し壁架構の分類

(2)　ルート３における架構形式

構造特性係数D_sを技術基準告示第八第二号の表中の値(0.40, 0.55)とする場合は、(1)項による標準的架構形式とするほか、下記の技術基準告示第八第二号ロ～トの規定に従う。

ロ　耐力壁の長さ(幅)は 90cm 以上とする。

ハ　開口部の幅は 70cm 以上 4m 以下とする。

ニ　引張接合部は所定の変形能力を有する。

ホ　垂れ壁パネルの脱落防止措置(欠き込み、受け材等)を講じる。

ヘ　直下に壁パネル及び垂れ壁パネルが存在しない床パネル・屋根パネルの脱落防止措置(受け材等)を講じる。

ト　壁パネル-基礎間引張接合部の先行降伏を確認する。

なお、ルート3 では、垂れ壁パネル、腰壁パネル、垂れ壁部分、腰壁部分に接して袖壁等パネルあるいは袖壁等部分を設ける必要はないので、図 2.1.3-4 のように、垂れ壁パネル・腰壁パネル及び垂れ壁部分・腰壁部分が直交壁あるいは柱に接する架構も標準的架構に含まれる。

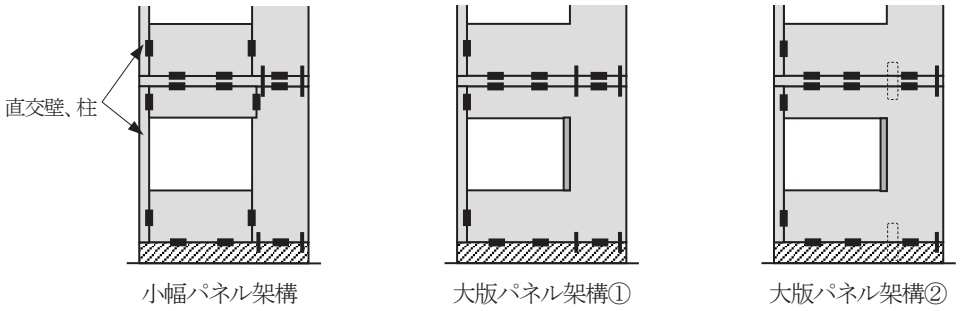


図 2.1.3-4　ルート３において追加される標準的架構形式

D_sを 0.75 以上の値とするか、あるいは増分解析結果に基づいてD_sを設定する場合は架構形式に関する制限は無く、前述のロ～トの規定も適用されない。ただし、当然ながらその場合も構造モデルの設定及び応力変形の評価が適切であることが条件となる。

(3)　ルート２における架構形式

技術基準告示第九第二号ロの規定による応力割増し係数を同号表中の値(1.0, 1.8)とする場合は、(1)項による標準的架構形式とするほか、前述の技術基準告示第八第二号ロ～トの規定に従う。また、ルート 2 では技術基準告示第五第三号イ(2)及びロ(2)の規定により、垂れ壁パネル、腰壁パネル、垂れ壁部分、腰壁部分に接して袖壁等パネルあるいは袖壁等部分を設ける必要がある。したがって、図 2.1.3-4 のような架構を構成する場合は、図 2.1.3-5 のように垂れ壁、腰壁に CLT パネルを用いず、面内せん断耐力が 1.96kN/m (壁倍率 1.0)以下の面材張壁等とし、構造計算ではそれらによる水平耐力の増加は考慮しない。

応力割増し係数を2.5 以上の値とする場合は架構形式に関する制限は無く、前述のロ～トの規定も適用されない。た

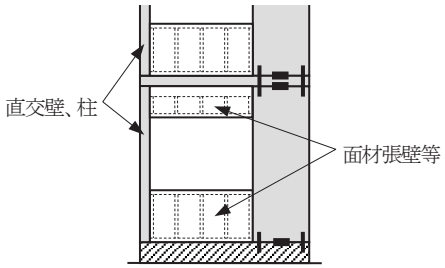


図 2.1.3-5　直交壁・柱に接する垂れ壁・腰壁　(ルート２の場合)

だし、当然ながらその場合も構造モデルの設定及び応力変形の評価が適切であることが条件となる。

(4)　ルート 1 における架構形式

ルート 1 では、技術基準告示第十第 2 項等の規定により下記の制限がある。

- 分割型架構（小幅パネル架構、大版パネル架構①）のみ
- 耐力壁の直下には同幅で同厚以上の耐力壁を配置する
- 垂れ壁・腰壁パネルの両端は耐力壁に接する
- 耐力壁の幅は 90cm 以上 2m 以下
  （耐力壁脚部の曲げモーメントを基準とした水平耐力検定を行う場合は 2.5m 以下）
- 開口部の幅は 90cm 以上 4m 以下
- 垂れ壁・腰壁の高さは 50cm 以上
  （大版パネル架構①の場合は接する耐力壁の幅に応じた高さの上限がある）
- 壁パネルに用いる CLT パネルは強度等級 S60-3-3 または Mx60-5-5、または同等以上の耐力

したがって、例えば図 2.1.3-4 に示すような架構が可能である。また、上記の規定を満足する範囲で、図 2.1.3-3 のように面内せん断耐力が 1.96kN/m（壁倍率 1.0）以下の面材張壁等による垂れ壁・腰壁を設けることもできる。

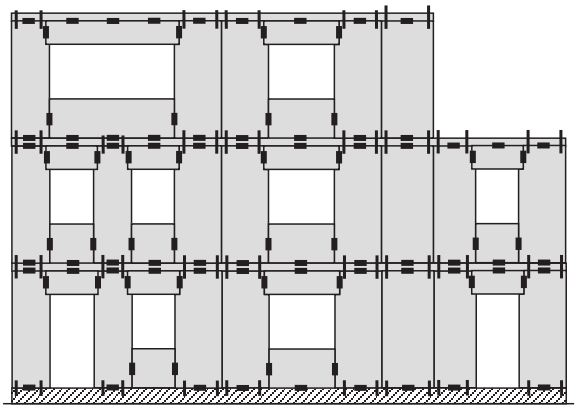


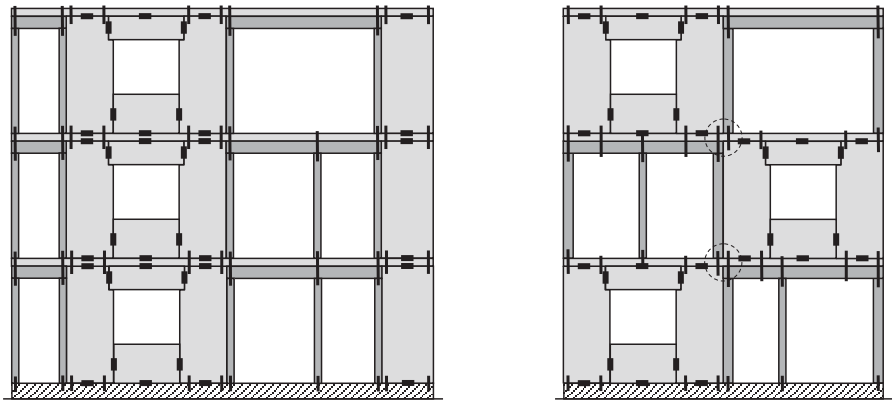
図 2.1.3-4　ルート 1 における架構例

また、通し壁架構（垂壁・腰壁分割のみ）も適用可能であり、耐力壁脚部の曲げモーメントを基準とした水平耐力検定を行う場合は垂壁省略（梁勝ち架構）も可能である。

(5)　柱梁フレームの併用

技術基準告示では第五第一号の規定により、鉛直力のみを負担する（水平力を負担しない）柱を設けることができ、梁の使用については特段の制限は無い。したがって、(2)～(4)項の条件を満足する架構に鉛直力のみを負担する柱梁フレームを併用することができる。したがって、例えば図 2.1.3-5 のような架構が可能となる。ただし当然ながら、柱・梁はそれに接する他の部材と構造耐力上有効に緊結する必要がある。また、立面的併用については、上階の耐力壁の転倒モーメントによる偶力を下階の柱・梁フレームが負担することになるため、耐力壁-床-梁または柱間引張接合部、柱-梁間引張接合部または柱-梁間鉛直せん断接合部などに特に慎重な設計が必要である。そのほか、図 2.1.3-5 右側のように CLT 架構部分が市松状に配置される場合はそれらの境界部（同図中破線〇印部）の床版・屋根版の面内引張力が大きくなることにも注意が必要である。

また、ルート 3 では、技術基準告示第五第一号の適用が除外されるので、水平力を負担する柱を設けることができる。本設計法では、ルート 3 においてD_sを 0.75 以上の値とするか、あるいは増分解析結果に基づいてD_sを設定する場合に限り、柱梁フレームをラーメンフレーム等として水平力を負担させることができることとする。



平面的併用（ルート1～3で可）　　立面的併用（ルート2, 3で可）

図 2.1.3-5　柱梁フレームの併用例

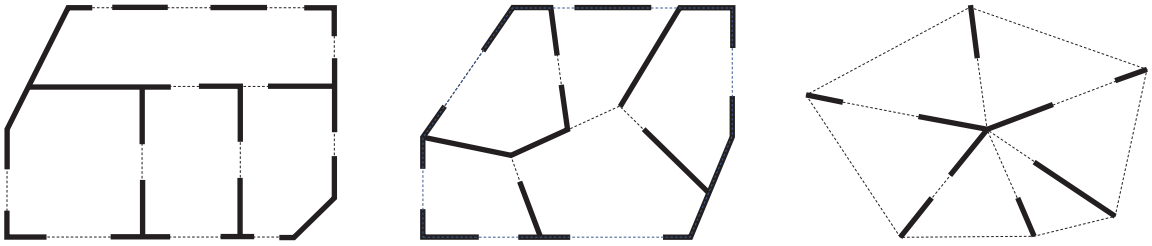
(6)　CLT パネル以外の壁の併用

技術基準告示では第五第一号の規定により、鉛直力のみを負担する（水平力を負担しない）壁を設けることができる。袖壁等パネルについては、脚部・頭部の引張接合部を省略しても鉛直力による押さえ込みによって対角方向に圧縮ストラットが形成されるため、水平力負担が 0 にはならない。本設計法では、面内せん断耐力が 1.96kN/m（壁倍率 1.0）程度以下の面材張壁等を「水平力を負担しない壁」とみなし、(1.2)～(1.4)項の条件を満足する架構に当該壁を併用することができるものとする。「水平力を負担しない壁」は袖壁等として設ける以外に、(1.3)項で述べた垂れ壁・腰壁及び開口端部に袖壁状に設ける等の方法が考えられ、耐力壁の釣合い（偏心）の調整のほか、設備貫通用の壁とすることで壁パネルの欠損を回避するなどの利用方法がある。ただし、当然ながら、「水平力を負担しない壁」を構成する間柱の圧縮力に対する検定が必要であり、また、これらの壁を建築物外周に設ける場合は面外風圧力に対する検定も必要となる。

また、ルート3 では、技術基準告示第五第一号の適用が除外されるので、CLT パネル以外の水平力を負担する壁を設けることができる。本設計法では、ルート 3 においてD_sを 0.75 以上の値とするか、あるいは増分解析結果に基づいてD_sを設定する場合に限り、CLT パネル以外の壁に水平力を負担させることができることとする。

(7)　耐力壁の斜め配置

耐力壁は直交する二つの軸（直交軸）に平行に配置するのが一般的であるが、図 2.1.3-7 のように直交軸と平行でない耐力壁を設けることもできる。ただし、図 2.1.3-7(c)のようにすべての耐力壁心が一転で交わるような配置は捩り剛性が極めて小さくなる（理論上は 0）ため行ってはならない。また、層の水平剛性・耐力が最小となる方向が XY 方向と異なる可能性に注意が必要である。



(a)　限定的な斜め壁　　(b)　ランダムな斜め壁　　(c)　一点で交わる斜め壁（禁止）

図 2.1.3-7　耐力壁の斜め配置の例

(8)　限界耐力計算における架構形式

限界耐力計算では、ルート 3 においてD_sを 0.75 以上の値とするか、あるいは増分解析結果に基づいてD_sを設定する場合と同様に、架構形式に関する制限は無い。ただし、当然ながらその場合も構造モデルの設定及び応力変形の評価を適切に行うことが必要である。

2.1.4　技術基準告示外の制限

技術基準告示では、ルート3の構造計算を行う場合は、第三～第六の規定のほとんどが適用除外となる。これは、ルート 3 においては増分解析等により終局耐震性能が直接的に検証されることを含め、仕様規定によらず、適切な構造計算による検証が行われることを前提としている。しかしながら、現時点では、様々な建築物の形態に応じた CLT パネル工法の構造安全性検証に関する知見は十分とは言えず、ルート 3 の構造計算を行う場合にもそれらの規定を適用するか、適用を除外する場合は特別な調査又は研究に準じた検討を行うことが望ましい。本設計法ではこれを考慮して、ルート 3 及び限界耐力計算においても以下の規定を満足することとする。

(1)　土台 [第三]

a. 土台を設ける場合は基礎に緊結し、土台の幅は直上の壁パネルの厚さ以上とする。

(2)　床版・小屋組等　(水平構面)　[第四、第六]

a. 床パネル・屋根パネルの外層ラミナの方向はパネル長辺または短辺に平行とする。
b. 床パネル・屋根パネルに設備用等の小開口部を設ける場合は剛性・耐力を適切に低減する。

(3)　壁等　(鉛直構面)　[第五]

a. 壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁等部分、垂れ壁部分、腰壁部分の形状は矩形または構造計算上安全側に矩形に置換できること。
b. 壁パネルの外層ラミナの方向はパネル長辺または短辺に平行とし、かつ有開口壁パネルの外層ラミナは鉛直方向とする。
c. 無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁等部分、垂れ壁部分、腰壁部分に設備用等の小開口部を設ける場合は剛性・耐力を適切に低減する。

2.2　使用できる構造材料

2.2.1　CLT パネル

構造耐力上主要な部分に用いる CLT パネルは、ラミナ厚さが 24mm 以上 36mm 以下であり、かつ、次のいずれかに適合するものとする。

①直交集成板規格すなわち直交集成板の日本農林規格に規定されるもの、かつ、平 13 国交告第 1024 号により基準強度が規定されたもの。

②法第 37 条第二号に基づく材料認定及び平 13 国交告第 1024 号第一第十九号ニ及び第二第十八号ニに基づく強度指定を受けたもの。

上記①への適合条件は下記の通りである。

- 強度等級は Mx120、Mx90、Mx60、S120、S90、S60、S30 のいずれかとする。
- CLT パネルの幅・長さは 36cm 以上とする。
- 面外の長期荷重を支持する CLT パネル（したがって、面外の長期荷重を支持しない壁パネル等は除外）のラミナ構成は下記のいずれかとする（図 2.2.1-1）。

  強軸方向の応力を負担するもの　3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ

  弱軸方向の応力を負担するもの　3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライ、7 層 7 プライ、9 層 9 プライ

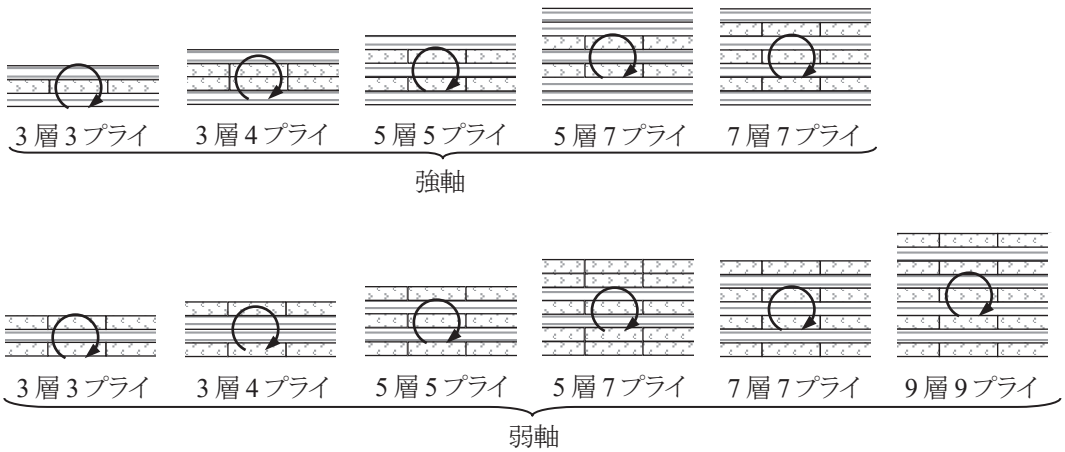


図 2.2.1-1　面外の基準強度が規定された CLT パネル（矢印は曲げ応力の方向を表す）

これらのうち、3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、5 層 5 プライ、5 層 7 プライについては強軸方向と弱軸方向の両方の面外長期荷重を支持できるので、2 方向床版・屋根版としての使用が可能であり、例えば直交する 2 方向に跳ね出す床版・屋根版などに用いることができる。ただし、3 層 3 プライの弱軸方向は中央の 1 プライのみが有効であるため、剛性・耐力が極めて小さいことに注意されたい。

2.2.2　柱・梁

構造耐力上主要な部分である柱及び横架材に使用する集成材、その他の木材は、下記の昭 62 建告第 1898 号の規定のいずれかに適合するものとする。

①集成材の日本農林規格（平 19 農水告第 1152 号）第 5 条に規定する構造用集成材または第 6 条に規定する化粧ばり構造用集成材
②単板積層材の日本農林規格（平 20 農水告第 701 号）第 4 条に規定する構造用単板積層材
③平 13 国交告第 1024 号第 3 第三号の規定に基づき、国土交通大臣が基準強度の数値を指定した集成材
④法第 37 条第二号の規定による国土交通大臣の認定を受け、かつ、平 13 国交告第 1540 号第 2 第三号の規定に基づき、国土交通大臣がその許容応力度及び材料強度の数値を指定した木質接着成形軸材料又は木質複合軸材料
⑤製材の日本農林規格（平 19 農水告第 1083 号）第 5 条に規定する目視等級区分製材又は同告示第 6 条に規定する機械等級区分構造用製材のうち、含水率が 15%以下（次のイ又はロに掲げる接合とした場合にあっては、当該接合の種類に応じてそれぞれ次のイ又はロに定める数値以下）のもの
　イ 径 24mm の込み栓を用いた接合又はこれと同等以上に乾燥割れにより耐力が低下するおそれの少ない構造の接合 30%
　ロ 乾燥割れにより耐力が低下するおそれの少ない構造の接合（イに掲げる接合を除く。） 20%
⑥平 12 建告第 1452 号第六号の規定に基づき、国土交通大臣が基準強度の数値を指定した木材のうち、含水率が 15%以下（⑤のイ又はロに掲げる接合とした場合にあっては、当該接合の種類に応じてそれぞれ⑤のイ又はロに定める数値以下）のもの

また、構造耐力上主要な部分である柱及び横架材に使用する鉄骨材は平 12 建告第 1446 号の規定、及び下記に示す令第 5 節の規定に適合するものとする。

2.2.3　接合部に用いる材料

接合部に用いる金物、接合具の材料の品質は日本工業規格、日本農林規格または海外規格への適合が確認できるものとし、接合部の構成は試験に基づく構造性能の確認を行ったものとする。CLT パネルに関する接合部については、既往の試験により明らかとなっている構造性能が第 9 章に示され、試験・評価方法が第 10 章に示されている。

鉄骨材相互の接合部に用いる材料は平 12 建告第 1446 号及び令第 5 節の規定に適合するものとする。

2.3　構造計算ルート

技術基準告示第一には建築物の高さ・階数等に応じて適用可能な構造計算ルートが図 2.3-1 のように規定されている。また、構造計算ルートと技術基準告示等規定の適用関係を表 2.3-1 に示す。

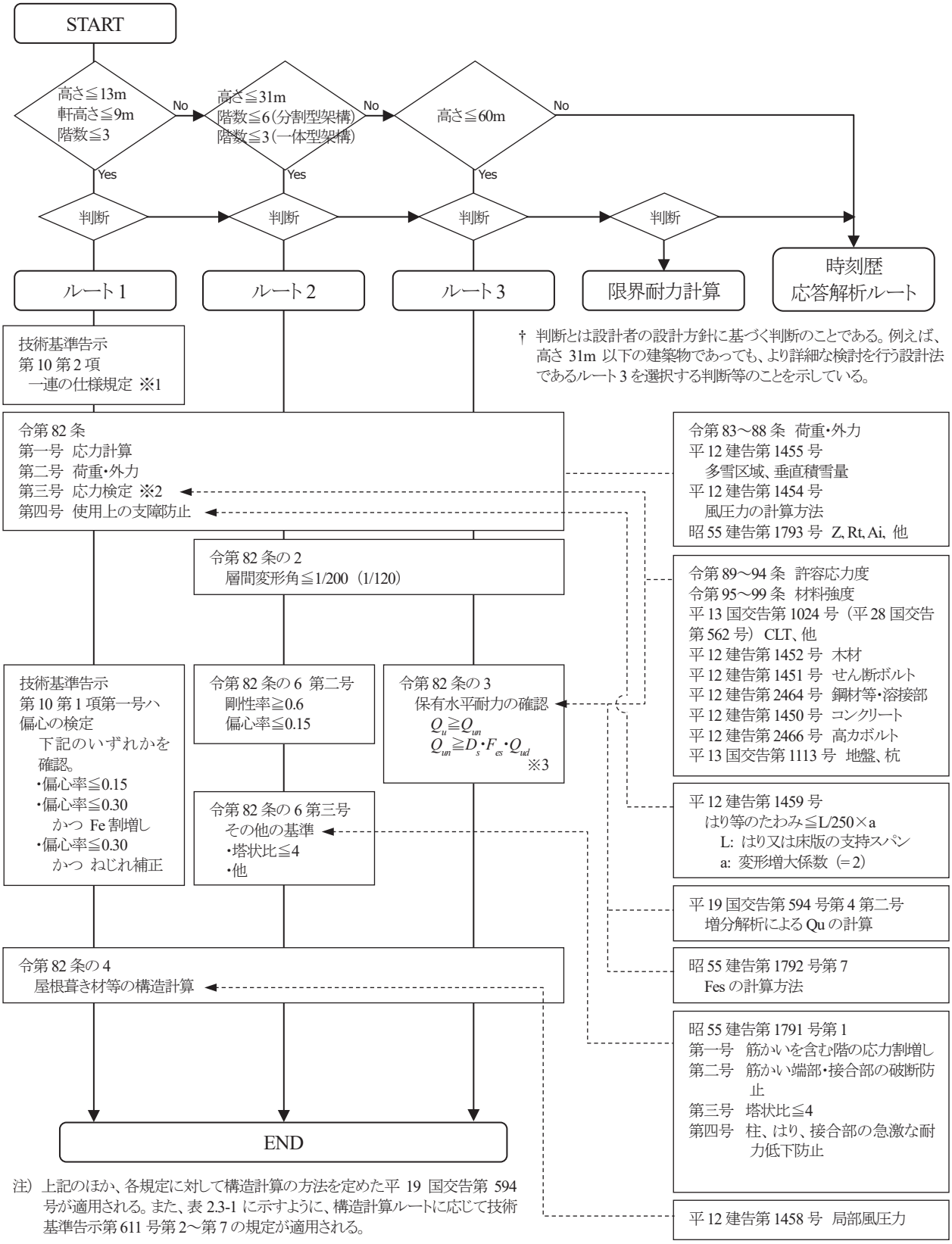


図 2.3-1　CLT パネル工法建築物の構造計算ルート

※1　技術基準告示第 10 第 2 項　仕様規定抜粋
第一号　耐力壁の構造(架構形式)が第 5 第三号に規定する「小幅パネル架構」、「大版パネル架構①」のいずれかに該当する。
第二号　壁パネルに設ける設備用等開口の大きさは 25cm 角以下。水平耐力に算入するためには構造安全性確認。
第三号　壁パネルの長さ(幅)は下階の壁パネルと同じ(連層配置)とし、かつ厚さは下階の壁パネル以上。
第四号　連層する壁パネル群ごとに、階数及び接合する垂れ壁パネル・腰壁パネルの個数に応じた許容水平耐力を計算し、その合計が $C_0 = 0.2$ として計算した地震力以上。
　　壁パネルの長さ(幅)は 90cm 以上 2m 以下、開口幅は 90cm 以上 4m 以下、垂れ壁・腰壁パネルの高さは 50cm 以上。
第五号　垂れ壁パネルの脱落防止措置(欠き込み、受け材等)を講じる。
第六号　壁に用いる CLT パネルは強度等級 S60-3-3 又は Mx60-5-5、ラミナ厚さは 24mm 以上 36mm 以下。
第七号　壁パネル上下端引張接合部の仕様と必要耐力。
第八号　壁パネル間せん断接合部、床パネル間引張接合部の必要耐力。
第九号　壁パネル上下端せん断接合部の必要耐力。

※2　技術基準告示第 10 第一号
　ルート 1 では、耐力壁(鉛直構面)以外の検定では $C_0 = 0.3$ とする。
※2　技術基準告示第 9 第二号　応力割増し係数
　ルート 2 では、上下階壁パネル間引張接合部、壁-床間引張接合部、せん断接合部については第 9 第二号イの表中の値(2.0, 2.5)とする。その他の部分については、第 8 第二号ロ～ト(下記)に適合する場合は、耐力壁の構造(架構形式)に応じて第 9 第二号ロの表中の値(1.0, 1.8)とし、それ以外の場合は 2.5 とする。

※3　平 28 国交告第 611 号第 8 第二号　構造特性係数 Ds
　構造特性係数 Ds は、下記のイ～トに適合する場合は、耐力壁の構造(架構形式)に応じて第 8 第二号の表中の値(0.40, 0.55)とし、それ以外の場合は 0.75 とする。そのほか、特別な調査又は研究の結果に基づいて設定することができる。
イ　壁パネルの外層ラミナ方向が壁パネル長辺又は短辺に平行で、架構形式が第 5 第三号に規定する「小幅パネル架構」、「大版パネル架構①」、「大版パネル架構②」のいずれかに該当する。
ロ　壁パネルの長さは 90cm 以上。
ハ　開口部の幅は 70cm 以上 4m 以下。
ニ　引張接合部は所定の変形能力を有する。
ホ　垂れ壁パネルの脱落防止措置(欠き込み、受け材等)を講じる。
ヘ　直下に壁パネル及び垂れ壁パネルが存在しない床パネルの脱落防止措置(受け材等)を講じる。
ト　壁パネル-基礎引張接合部の先行降伏を確認する。

図 2.3-1　CLT パネル工法建築物の構造計算ルート　（つづき）

表 2.3-1　構造計算ルートと技術基準告示等規定の適用関係

番号等	規定の概要	時刻歴	限耐	ルート3※1		ルート2※2		ルート1
				Ds<0.75	Ds=0.75	Rf<2.5	Rf=2.5	
品質基準告示（平12建告第1446号（最終改正：平28国交告第561号））								
第一第二十三号	CLTを構造材として用いる場合には、JASまたは認定に適合すること	※4	○	○	○	○	○	○
許容応力度・材料強度告示（平13国交告第1024号（最終改正：平28国交告第562号））								
第一第十九号イ　(3)	（認定でない場合）ラミナ厚　12～36mm		○	○	○	○	○	○
(4)	CLTの幅・長さ　36cm以上		○	○	○	○	○	○
第三第九号ハ※3	長期許容応力度（面外曲げ）は、強軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、弱軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、9-9に限る		○	○	○	○	○	○
第三第九号ニ※3	長期許容応力度（面外せん断）は、強軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、弱軸3-3、3-4、5-5、5-7、7-7、9-9に限る		○	○	○	○	○	○
CLTパネル工法告示（平28国交告第611号）								
第二　材料　一	JAS品又は認定品のCLT			○	○	○	○	○
	ラミナ厚　24mm～36mm			○	○	○	○	○
二	柱梁に用いる集成材その他の木材は昭62建告第1898号に適合			○	○	○	○	○
三	接合部に使用する材料は品質が確保されたものであること			○	○	○	○	○
第三　土台　一	土台基礎緊結		☆	○	○	○	○	○
二	壁厚さ以上の土台		☆	☆	☆	○	○	○
第四　床版　一	床版は有効に壁・柱・はりに力を伝えること。			☆	☆	○	○	○
二	床CLTの外層ラミナ方向は当該床パネルの長辺・短辺方向と平行(安全側の矩形置換を含む)で次のいずれかに該当		☆	☆	☆	○	○	○
イ	形状が矩形で開口部等なし		☆※6	☆※6	☆※6	○	○	○
ロ	形状が矩形で開口部等周囲を補強したもの		☆※6	☆※6	☆※6	○	○	○
ハ	形状が矩形で開口部等を特別な調査研究により低減		☆※6	☆※6	☆※6	○	○	○
三	特別な調査研究による検証で非矩形の床パネルOK		☆※7	☆※7	☆※7	○※7	○※7	○※7
	床パネルを平行する2つの耐力壁・はりで有効に支持(特別な調査研究による検証で除外)							
四	床パネルは相互に有効に緊結					○	○	○
五	耐風はりで有効に補強					○	○	○
第五　壁等　一	壁パネルを釣り合いよく配置。壁パネル以外の水平力負担禁止			☆		○	○	○
	壁パネルは床版の上部に配置。通し壁もOK			☆		○	○	○
イ	無開口壁パネルの定義			☆	☆	○	○	○
ロ	有開口壁パネルの定義			☆	☆	○	○	○
二	壁パネルの外層ラミナ方向は当該壁パネルの長辺・短辺方向と平行（安全側の矩形置換を含む）		☆	☆	☆	○	○	○
三	耐力壁は小幅・大版①、大版②のいずれか（水平構面勝ちが前提）					○	○	○
イ	小幅の定義							
(1)	有開口壁パネルを使わない			☆		○	○	○
(2)	垂壁・腰壁の両側に袖壁を設け、有効に緊結					○	○	○
(3)	無開口壁パネル上下部は床版等と有効に緊結			○	○	○	○	○
(3)	袖壁部分四隅を十分な金物で接合			☆		○	○	○
ロ	大版①の定義							
(1)	有開口壁パネルを使う			☆		○	○	○
(2)	袖壁部分を設けない場合、袖壁に有効に緊結					○	○	○
(3)	壁パネル上下部は床版等と有効に緊結			○	○	○	○	○
(3)	袖壁部分四隅を十分な金物で接合			☆		○	○	○
ハ	大版②の定義							
(1)	有開口壁パネルを使う			☆		○	○	×
(1)	袖壁部分を設けない場合、袖壁に有効に緊結					○	○	×
(2)	壁パネル上下部は床版等と有効に緊結			○	○	○	○	×
(2)	有開口壁パネル四隅を十分な金物で接合			☆		○	○	×
四	土に接する部分や地面から30cm以内の外周の壁はRC造					○	○	×
第六　小屋組等　一	第四第一号～第三号に適合		☆	☆	☆	○	○	○
一	第四第四号～第五号に適合					○	○	○
第七　防腐措置等　一	防水紙	○	○	○	○	○	○	○
二	有効な防腐・防蟻措置	○	○	○	○	○	○	○
三	土に接する部分や地面から30cm以内の外周の壁は原則RC造	○	○	○	○	○	○	○
四	金物に有効なさび止め	○	○	○	○	○	○	○
第八　ルート3　一	Dsを次号に読み替え			○	○			
二	イ～トに適合：表の数値　それ以外：0.75以上　特別な調査研究でOK			○				
イ	耐力壁は小幅・大版①・大版②のいずれか　袖壁無しOK			○				
ロ	無開口壁パネル等の長さ　90cm以上			○		○		
ハ	垂れ壁パネル等・腰壁パネル等の長さ　70cm～4m			○		○		
ニ	引張接合部			○		○		
(1)	最下階の壁パネル下部　変形4cm以上、伸び10%以上			○		○		
(2)	上下壁間、壁-床版　変形2cm以上、伸び10%以上			○		○		
ホ	垂れ壁パネル・垂れ壁部分の脱落防止措置			○		○		
(1)	袖壁に45mm以上の切り欠き			○		○		
(2)	幅が45mm以上の受け材			○		○		
ヘ	床版・屋根版脱落防止措置（耐力壁線上に壁パネルを設けない場合）			○	☆※5	○	☆※5	☆
ト	ニ(1)以外の部分が降伏しない			○		○		

表 2.3-1　構造計算ルートと技術基準告示等規定の適用関係　（つづき）

番号等	規定の概要	時刻歴	限耐	ルート3※1		ルート2※2		ルート1
				Ds<0.75	Ds=0.75	Rf<2.5	Rf=2.5	
第九　ルート2　一	令第82条の6に準拠					○	○	
二	応力割増し係数					○	○	
イ	引張接合部（上下壁間、壁-床版）、せん断接合部　表の値 (2.0, 2.5)					○	○	
ロ	イ以外の部分　表の値 (1.0, 1.8)					○		
(1)	ルート3のロ～トに適合					○		
(2)	小幅・大版①、大版②のいずれかに適合					○		
2	引張接合部の必要変形性能							
一	最下階の壁パネル下部　変形4cm以上、伸び10%以上					○	○	
二	上下壁間、壁-床版　変形2cm以上、伸び10%以上					○	○	
第十　ルート1　一	原則ルート							○
イ	令第82条各号・令第82条の4							○
ロ	水平構面・基礎の応力割増1.5倍							○
ハ	偏心率計算							○
(1)	Re≦0.3、C0=0.2でFe割増し							○
(2)	Re≦0.3、C0=0.2でねじれ補正							○
二	混構造で実質ルート2のルート：第一号イの計算							○
2	第一号の構造計算を行う場合は次の各号の基準に適合。 混構造は特になし。							○
一	小幅又は大版①							○
二	壁の設備小開口の条件							○
三	下階の無開口壁パネル							
イ	上階の無開口壁パネル等と同じ長さ、かつ、同寸法以上の厚さ							○
ロ	接合部が上階の接合部と同等の耐力及び変形性能を有するもの							○
四	無開口壁パネル等の許容せん断耐力の確認							○
	無開口壁パネル等の長さ　90cm～2m							○
	垂れ壁パネル等・腰壁パネル等の長さ90cm～4m、高さ50cm以上							○
	大版①の開口高さ制限							○
	特別な調査研究により壁脚部曲げモーメントを基準とした方法もOK							○
五	垂れ壁パネル・垂れ壁部分、床版・屋根版の脱落防止措置							○
六	強度等級　壁はS60-3-3、Mx60-5-5で24mm～36mm又は同等以上の耐力							○
七	引張接合部仕様（一部性能）							○
八	壁パネル相互せん断接合部、床パネル相互引張接合部の耐力							○
九	壁パネル上下端のせん断接合部の耐力							○
第十一　耐久性等関係規定の指定		○	○	○	○	○	○	○
第十二　令第36条第2項第一号の規定に基づく技術的基準の指定（ルート3による適用除外項目）				○	○			

○：適用される
×：適用できない
☆：本設計法では適用される
※1　Ds<0.75：技術基準告示第八第二号表中の値とする場合
　　Ds=0.75：Ds=0.75または増分解析結果に基づいて計算する場合
※2　Rf：第九第二号による応力割増し係数
※3　△-◇は「△層◇プライ」を表す
※4　品質基準告示（平12建告第1446号）と同等以上の品質を確認
※5 大版パネル架構①、面外耐力無視の場合は適用
※6「矩形」の規定は除外
※7 第Ⅲ部 3.2.3(3.2)項による有効支持スパン考慮で除外

第 3 章　設計用構造モデルの構成方法及び応力検定方法

3.1　設計用構造モデルの構成方法

3.1.1　構造モデルの種類

各種の荷重・外力に対する構造躯体の応力・変形の計算は原則として適切な構造モデルを用いた弾性解析による。また、保有水平耐力計算（ルート 3）及び限界耐力計算では地震力に対する増分解析を行う必要がある。本来、CLT パネル工法建築物に対応する構造モデルの構成方法は多様であるが、現時点において実架構の構造性能に対する適合性が確認されているものとして、図 3.1.1-1 に示すように有限要素モデルの他にフレームモデル、壁エレメントモデルがある。フレームモデルでは壁パネルは梁要素及びせん断パネルに置換され、接合部はバネ要素に置換される。壁エレメントモデルでは、壁パネルは RC 造の構造計算モデルとして一般的な壁エレメントに置換される。接合部の扱いはフレームモデルと同様である。有限要素モデルでは、通常、CLT パネルは弾性平面異方性シェル要素、接合部は非線形バネ要素に置換される。実架構に対する忠実性の高いモデルを構成することも可能であり、既往の振動台実験に対する解析モデル、及びいくつかの実設計の構造計算モデルとして使用されている。ただし、シェル要素の分割の細かさによって、最大応力度が変化するなど、モデルの妥当性判断に高度な知見を要する。これに対してフレームモデル及び壁エレメントモデルは、構造計算用モデルとして一般的な梁要素、バネ要素等によって構成され、その点で実用性の高いモデルといえる。また、このほかに図 3.1.1-2 に示

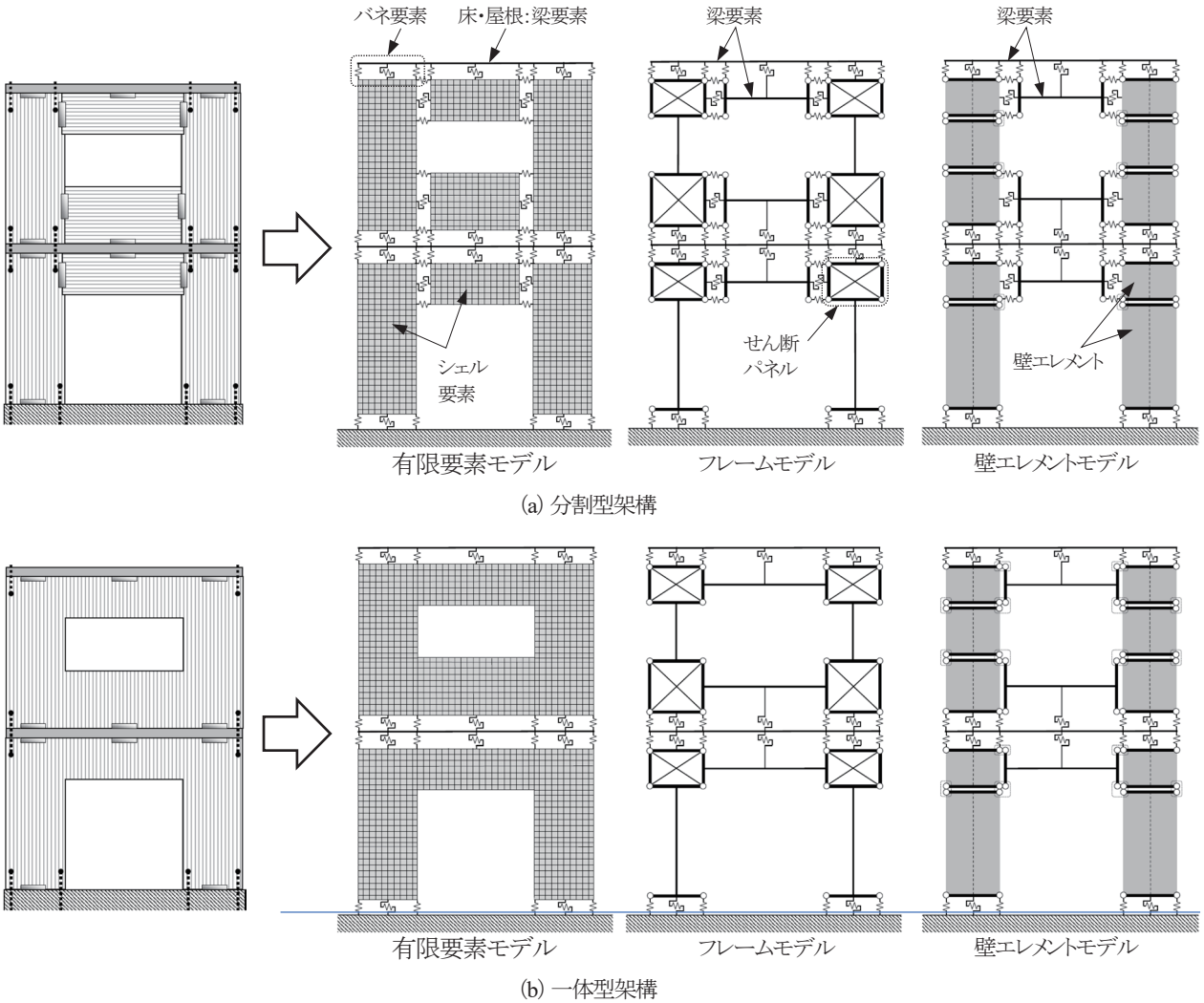


図 3.1.1-1　構造モデルの種類 — 有限要素モデル、フレームモデル、壁エレメントモデル（バネ要素は略記）

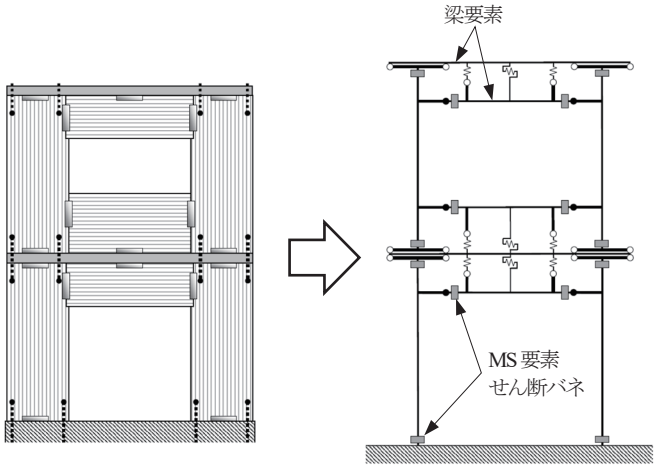


図 3.1.1-2　構造モデルの種類 — MS モデル（分割形架構のみ、バネ要素は略記）

すように壁パネル端接合部に MS（Multi Spring）要素を用いた MS モデルがある。MS 要素は RC 造柱の構造モデルとして開発されたものであり、軸力による曲げ耐力の変化が解析の過程で自動的に考慮されるという長所がある。MS モデルの構成は MS 要素を用いること以外はフレームモデルと同様であり、フレームモデル及び壁エレメントモデルと同等に実用性が高いといえる。本設計法ではフレームモデル、壁エレメントモデル及び MS モデルを標準構造モデルとする。ただし、MS モデルについては一体型架構への適用性に関する知見が不十分であるので分割形架構への適用に限定する。

構造モデルの構成方法については、図 3.1.1-1, 2 に示す「二次元モデル」のほかに、図 3.1.1-3 に示すように構造躯体全体を立体としてモデル化する「三次元モデル」がある。なお、図 3.1.1-1, 2 では引張バネと圧縮バネを区別しないなど、バネ要素を略記しており、図 3.1.1-3 ではバネ要素の表記を省略している。二次元モデルの場合は、個々の鉛直構面を剛床仮定に基づいて連成することを原則とし、三次元モデルにおいても水平構面に面内剛体変位を指定するなどの方法により剛床を仮定することが可能である。これらを「剛床モデル」と称し、それら以外の、水平構面の変形も含めて考慮する三次元モデルを「非剛床モデル」と称する。いずれのモデルを採用するかは設計者の判断によるが、建築物の平面・立面形状が不整形な場合、あるいは水平構面の変形が無視できないと考えられる場合などは非剛床モデルを採用することが望ましい。

なお、剛床モデル、非剛床モデルのいずれにおいてもルート 1、2 の構造計算では地震時・風圧時の面内応力が許容耐力以下であること、ルート 3 の構造計算では、それに加えて保有水平耐力時の応力が終局耐力以下であることを確認することにより、剛床とみなすことのできる面内剛性・耐力を確保する。

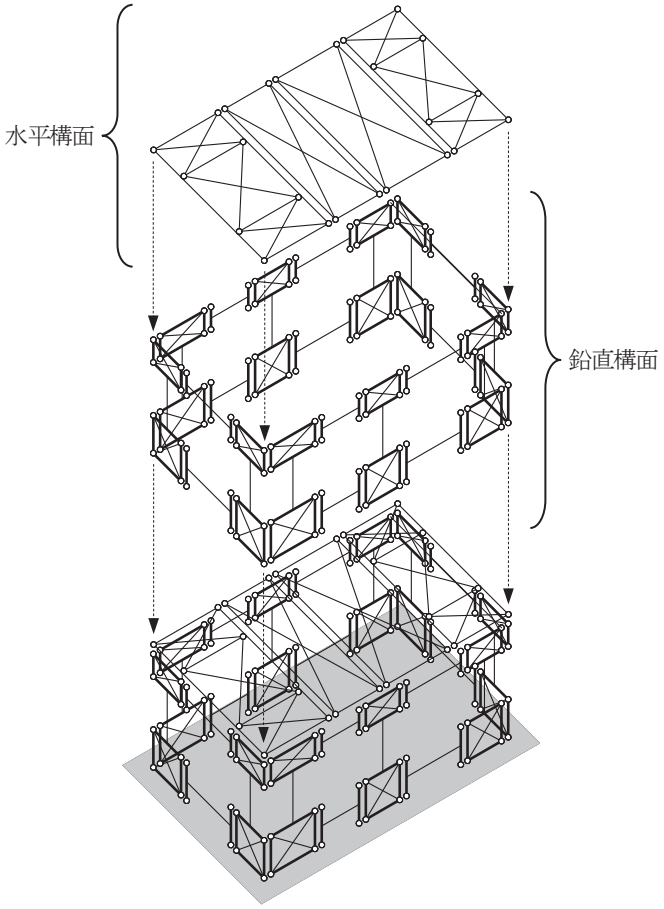


図 3.1.1-3　三次元フレームモデルの例
（バネ要素の表記は省略）

3.1.2　鉛直構面の構成方法

(1)　フレームモデル

(1.1)　原則的架構の場合

三次元モデル、二次元モデルのいずれにおいても、鉛直構面は図 3.1.2-1, 3.1.2-2 のように平面としてモデル化する。二次元モデルの場合は直交壁に対応する梁要素を設けることができる。三次元モデルの場合は直交方向の壁パネルが脚部・頭部のバネ要素及び床版・屋根版に相当する梁要素等を介して接続されることにより、その影響が自動的に考慮される。なお、図 3.1.1-1 ではせん断バネは CLT パネル幅中央に対置されているのに対して、図 3.1.2-1 等ではせん断バネを圧縮バネと一体として CLT パネル端部に配置している。いずれとするかは設計者の判断によるが、後者の方がモデルの節点数が少ないというメリットがある。

原則的架構に対するフレームモデルとして図 3.1.2-1 に示すように、壁パネル、床版・屋根版は弾性梁要素とし、壁が垂壁・腰壁に接する部分には弾性せん断パネルを配置する。接合部はバネ要素として、弾性解析では弾性剛性を設定し、増分解析では非線形の応力変形特性を設定する。

また、床版・屋根版が壁・垂壁・支持材等によって支持されていれば面外応力によって床版・屋根版が損傷しても脱落

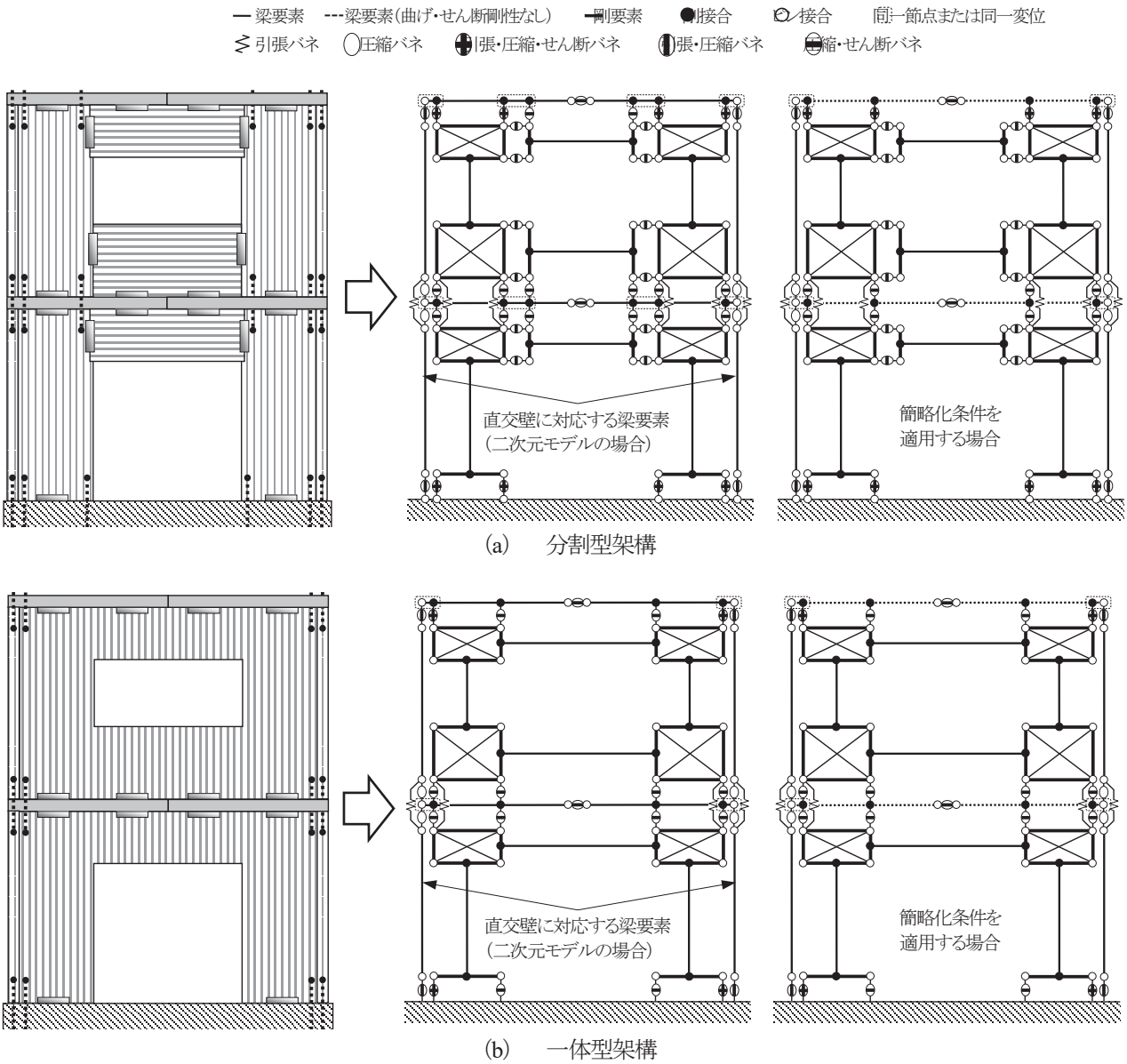


図 3.1.2-1　原則的架構のフレームモデル構成例

の恐れはないと考えられるので、床版・屋根版に対応する梁要素の曲げ・せん断剛性を 0 相当の値とすることで床版・屋根版の鉛直構面内の面外曲げ・面外せん断に対する断面検定を省略しても良いこととする。これを含めて次のような条件を設定すれば、モデルは図 3.1.2-1 中央のように簡略化される。

条件 1)　床版・屋根版の面外剛性を 0 とする

条件 2)　垂壁・腰壁と床版・屋根版の間に鉛直方向圧縮バネを設けない

条件 3)　垂壁・腰壁と床版・屋根版の間には水平方向のせん断バネを設けない

これらの条件（以下、「簡略化条件」という）を適用すると鉛直構面の水平剛性・水平耐力は低下するが、モデルの簡略化によるメリットが勝る場合は一つの選択肢である。

（1.2）　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合

垂壁を省略する場合も前項と同様に図 3.1.2-2 に示すようにモデルを設定する。この場合は、第Ⅱ部 1.3.1（1.2）項で述べた支持材を開口上部に設ける場合を除き、床版・屋根版を構成する CLT パネルあるいは床組の梁が鉛直荷重に対する支持部材となるので、簡略化条件 1)を適用することはできないが、簡略化条件 2), 3)を適用すれば図 3.1.2-2 中央のようにモデルが簡略化される。

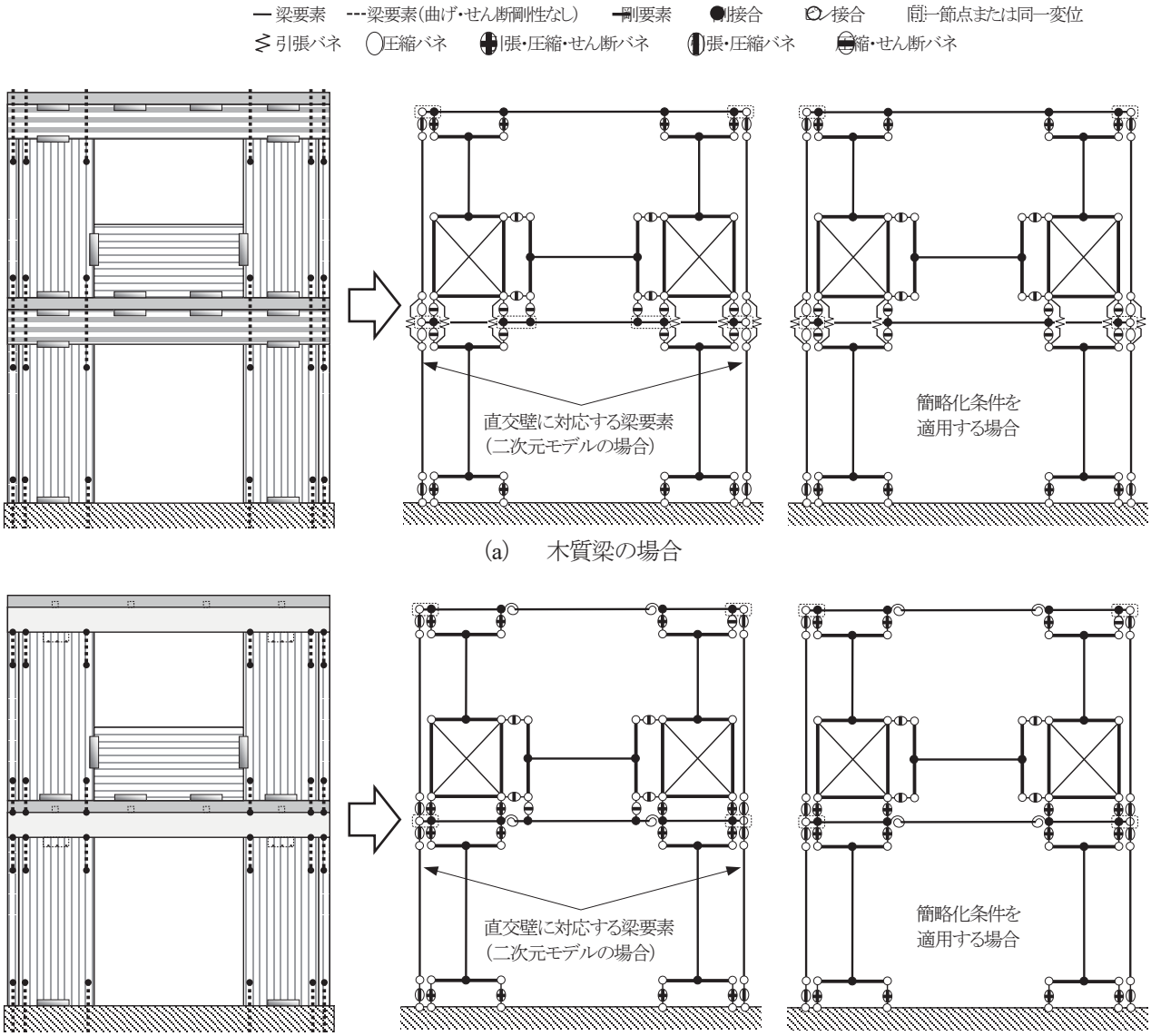
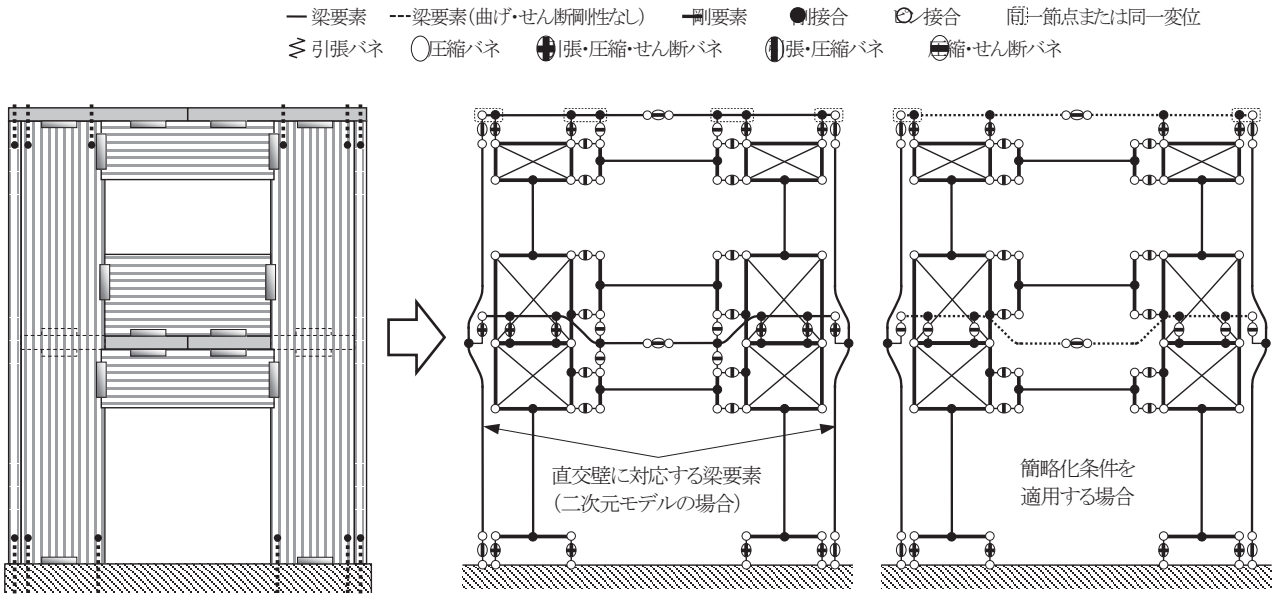


図 3.1.2-2　垂壁省略（梁勝ち架構）のフレームモデル構成例

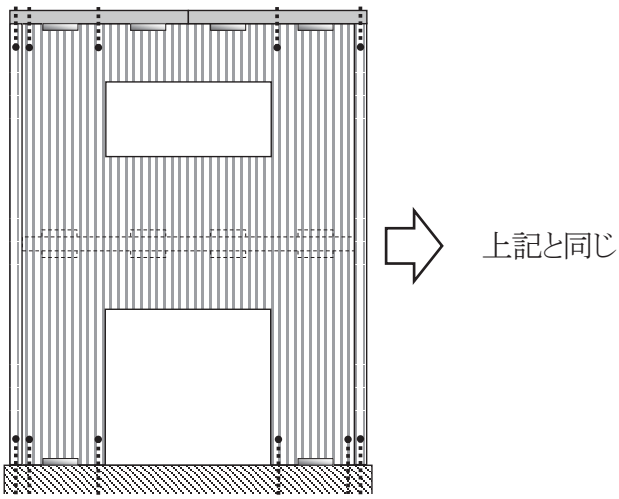
床版・屋根版を CLT パネルあるいは木質梁を用いた床組・小屋組とする場合は対応する梁要素は弾性とする。鉄骨梁を用いる場合は、弾性解析では弾性とし、増分解析では塑性ヒンジの形成が想定される部位に非線形の応力変形特性を有する回転バネを設定する。なお、前項において鉄骨梁を用いる場合のモデル化も同様である。

(1.3)　通し壁架構の場合

通し壁架構についても(1.1)項と同様に図 3.1.2-3 に示すようにモデルを設定する。第 2 章 2.1.3(1.3)で述べたように本書では図 3.1.2-3(b)のように垂壁・腰壁を一体とすることは構造計算ルート 3 でのみ可能とする。なお、同図では表記の都合上、通し壁と床版に対応する梁要素を湾曲させているが、当然ながらこれらも直線要素とする。



(a)　小幅パネル架構



(b)　大版パネル架構①

図 3.1.2-3　通し壁架構のフレームモデル構成例

(1.4)　壁パネルのモデル化

壁パネルは弾性体としてせん断パネル、梁要素及び剛要素に置換する。

せん断パネルは、分割型架構では袖壁等パネルが垂れ壁パネル、腰壁パネルと接する部分に設け、一体型架構では袖壁等部分が垂れ壁部分、腰壁部分と交差する部分に設ける。いずれの場合も、せん断パネルは図 3.1.2-4 のように四周の剛要素とその内部に X 字形に設定するブレース要素によって構成する。剛要素相互はピン接合とし、ブレース要素の軸剛性EA_bは対応する壁パネルのせん断剛性に基づいて式(3.1.2-1)のように設定する。

$$EA_b = \frac{G \cdot A \cdot L}{2H \cdot cos^3\,\theta} \tag{3.1.2-1}$$

ここで、 G　:壁パネルの面内せん断弾性係数

$A = L \cdot t_{gross}$

L,H　:せん断パネルの幅、高さ (図 3.1.2-1)

θ　:ブレース要素の角度 (図 3.1.2-1)

t_{gross}　:壁パネルの厚さ

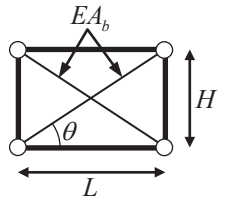


図 3.1.2-4　せん断パネルの形状

なお、有開口壁パネルについては、せん断パネル部分のせん断剛性が壁パネルのせん断剛性より小さくなることが実験により確認されており、一体型架構ではそれを考慮して、ブレース要素の軸剛性は式(3.1.2-1)による値の 1/2 倍とする。その根拠については「付録 1 有開口壁パネルの開口周辺の剛性・強度」を参照されたい。そのほか、せん断パネルに接続する部分以外の壁パネル端部には剛要素を配置する。

分割型架構の各壁パネル及び一体型架構の袖壁等部分、垂れ壁部分、腰壁部分のせん断パネル以外の部分には、それらの軸剛性・曲げ剛性に相当する剛性を有する梁要素を、せん断パネルあるいは剛要素の間に配置する。

また、設備用等の小開口を有する壁パネルについては「3.3.2 小開口を有する CLT パネルの剛性・強度」に示す方法により剛性を低減し、せん断パネルブレース要素の軸剛性及び梁要素の軸剛性・曲げ剛性は低減後の剛性に基づいて設定する。

(1.5)　床版・屋根版のモデル化

鉛直構面内においては、床版・屋根版は弾性梁要素(以下、「床版梁要素」と記す。)としてモデル化する。なお、この床版梁要素は非剛床モデルでは 3.1.3 項で述べる枠要素を兼ねる。床版梁要素の軸剛性、曲げ剛性、せん断剛性は、床版・屋根版を CLT パネルで構成する場合は、当該床パネル・屋根パネルの幅の 1/2 以下かつ 1m 以下(以下、「床有効幅」と記す。)の部分の軸剛性、面外曲げ剛性、面外せん断剛性とし、床版・屋根版を床組・小屋組で構成する場合は、当該部分の横架材の軸剛性、曲げ剛性及びせん断剛性とする。なお、剛床モデルでは軸剛性は意味を持たないので、0 とするなど計算可能な適切な値とする。また、床版梁要素の中間に床パネル間引張接合部または根太等の継手が存在する場合は、非剛床モデルでは、当該部分に 3.1.3 項に基づく引張圧縮バネ要素を設定する。このバネ要素についても剛床モデルでは意味を持たないので、当該接合部・継手は単にピン接合とする。なお、(1.1)項で述べたように、壁・垂壁・支持材等によって支持される床版・屋根版に対応する床版梁要素については、その曲げ・せん断剛性を 0 相当の値とすることで鉛直構面内の面外曲げ・面外せん断に対する断面検定を省略しても良い。

また、既往の実大架構の水平加力実験では連続する壁パネルの継ぎ目位置において終局時に図 3.1.2-4 に示すように床パネル内に圧縮ストラットが形成され、床パネルの面外圧縮変形またはめり込み変形が生じるがせん断破壊は生じていない。これを考慮して、図 3.1.2-5(a)のように、床版・屋根版と壁パネル間の引張接合部位置と床パネル・屋根パネルの継ぎ目位置あるいは横架材の継ぎ目(仕口・継手)位置の水平距離が床パネル・屋根パネルの厚さあるいは横架材せい以上であり、屋根版については直下の壁パネルとの間に引張接合部が設けられている場合は、図 3.1.2-5(b)のように壁パネル継ぎ目位置左右の二つの節点を同一とするか、またはそれらの節点間に同一変位を指定できるものとする。この扱いは壁パネルと垂壁パネル・腰壁パネルの継ぎ目についても適用できる。また、床版梁要素の曲げ・せん断剛性を 0 相当の値とする場合にも適用できる。

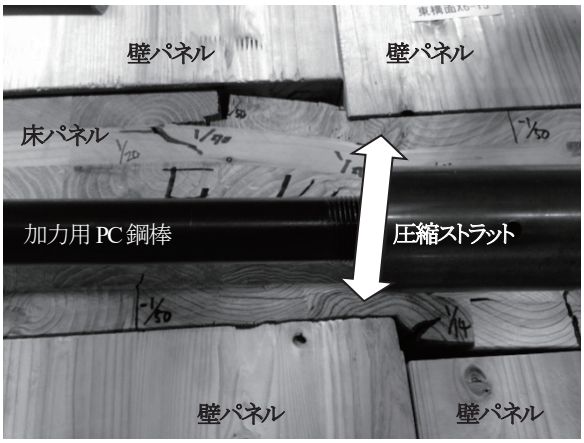


図 3.1.2-4　連続壁パネル継ぎ目位置における
床パネルの面外変形状態

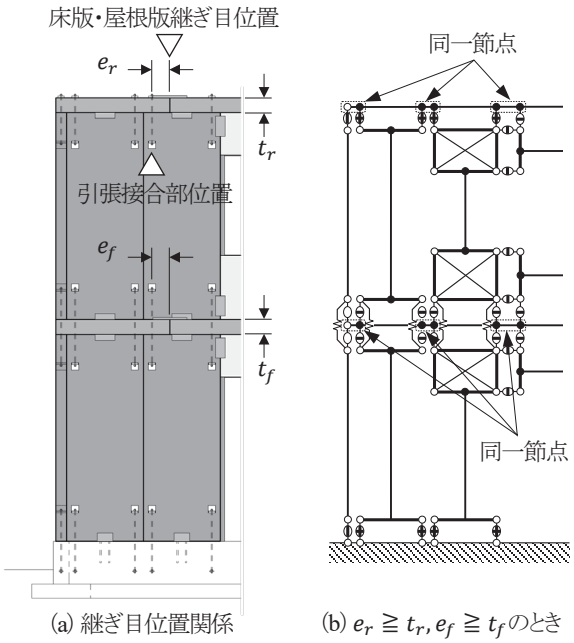


図 3.1.2-5　連続壁パネル継ぎ目位置における
床・屋根節点の扱い

(1.6)　接合部モデル化の原則

壁パネル相互、壁パネル-基礎間、壁パネル-床版・屋根版間及び床パネル相互の接合部の変形が無視できない場合は当該部分にバネ要素を配置する。これらのバネ要素は「引張バネ」、「圧縮バネ」及び「せん断バネ」に大別される。引張バネは圧縮力には無抵抗とし、圧縮バネは引張力には無抵抗とする。バネ要素の応力変形特性は、弾性解析では線形（弾性）、増分解析では非線形とする。

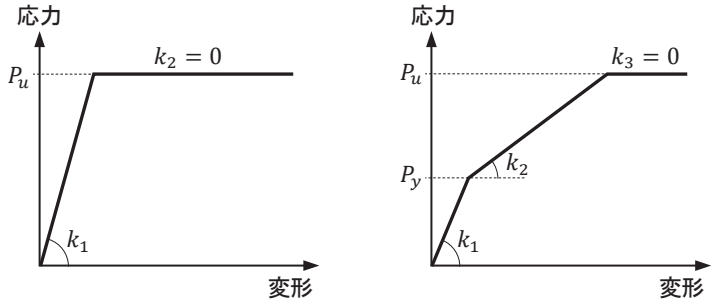
また、ルート 2 の弾性解析における床パネル相互の引張バネについては剛相当としても良い。ただし、その場合も当該バネの応力に対して 3.2.4(1) 項に準拠した検定を行う。

(1.7)　引張接合部・せん断接合部の応力変形特性

引張バネ及びせん断バネについては「第 9 章　CLT パネル工法における接合部の強度性能」あるいは「第 10 章　CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」等に基づいて設定する。また、引張接合部として壁パネルにビス打ち等で固定された金物にボルト（アンカーボルト含む）を接続し、ボルトの伸びによる塑性変形能力に期待する場合は、ボルトの先行降伏を確実にするために、壁パネル-金物間の終局耐力をボルト軸部の引張耐力（軸部断面積×引張強度）の 1.1 倍以上とする。この条件を満足し、かつボルトが JIS B 1220 に規定される ABR である場合は当該接合部の終局耐力を（軸部断面積×基準強度）の 1.1 倍とすることができる。

壁脚・壁頭のせん断接合部については、鉛直力による摩擦抵抗として、壁パネルの軸力Nが圧縮である場合は当該軸力に摩擦係数 0.3 を乗じた値をせん断耐力に加算できるものとする。当然ながら、Nが引張の場合は、この加算は行わない。なお、摩擦係数は地震上下動や直交壁の寄与の度合いによって変動すると考えられるが、振動台実験結果等に基づく安全側の判断として 0.3 としている。

(1.8)　圧縮接合部の応力変形特性



(a) 支圧型　　(b) めり込み型

図 3.1.2-6　圧縮バネの応力変形関係

圧縮バネについては、応力変形特性は図 3.1.2-6 に示すように支圧型としてバイリニア、めり込み型としてトリリニアとし、降伏耐力 P_y 、終局耐力P_u、弾性剛性 k_1 及び降伏後剛性 k_2 、k_3を次のように設定する。ただし、めり込み型において $F_{cv} > F_c$となる場合は、支圧型と同じバイリニアとする。また、これらの部分を、圧縮力を伝達する金物等を設けた接合部とする場合は、当該接合部の応力変形特性を試験等に基づいて別途設定する。

壁パネル-基礎(支圧型)

$$P_y = F_c \cdot A_e \tag{3.1.2-2}$$

$$k_1 = k_e \cdot A_e \tag{3.1.2-3}$$

$$k_2 = 0 \tag{3.1.2-4}$$

壁パネル-土台・床パネル(めり込み型)

$$P_y = F_{cv} \cdot A_e \tag{3.1.2-5}$$

$$P_u = F_c \cdot A_e \tag{3.1.2-6}$$

$$k_1 = \frac{E_{90} \cdot A_e}{Z_0} \tag{3.1.2-7}$$

$$k_2 = k_1 / 8 \tag{3.1.2-8}$$

$$k_3 = 0 \tag{3.1.2-9}$$

壁パネル-垂れ壁・腰壁パネル(めり込み型)

$$P_y = F_{cv} \cdot A_e \tag{3.1.2-10}$$

$$P_u = F_c \cdot A_e \tag{3.1.2-11}$$

$$k_1 = \frac{1.5E_{90} \cdot A_e}{Z_0} \tag{3.1.2-12}$$

$$k_2 = k_1 / 8 \tag{3.1.2-13}$$

$$k_3 = 0 \tag{3.1.2-14}$$

ここで、 F_c :壁パネルの圧縮の基準強度

A_e :有効支圧面積、有効めり込み面積 (壁パネル厚さ× d /4とする)

d :引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離

k_e :壁パネルの支圧剛性 (=15.6N/mm^{3}とする[1)])

F_{cv} :式(3.1.2-5)では土台または床パネルラミナのめり込みの基準強度、式(3.1.2-10)では袖壁等パネルのラミナのめり込みの基準強度

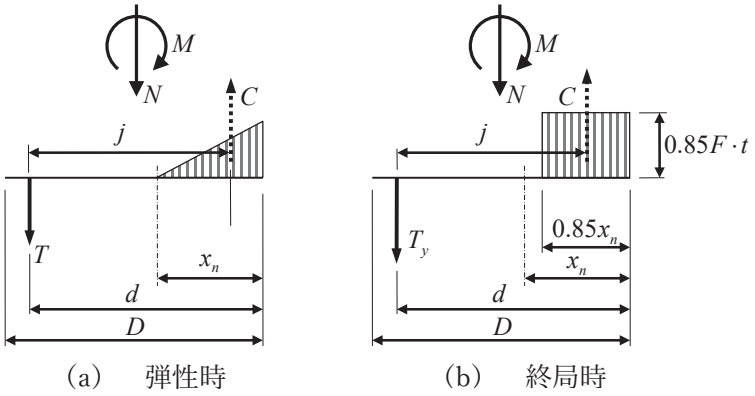
E_{90} :(3.1.2-7)では土台または床パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数、式(3.1.2-12)では袖壁等パネルのラミナの繊維直交方向のヤング係数 (いずれも繊維平行方向のヤング係数の 1/30とする。)

Z_0 :式(3.1.2-7)では土台または床パネルの厚さ、式(3.1.2-12)では袖壁等パネルのラミナ幅

1) 井道裕史, 杉本健一, 長尾博文, 宮武　敦, 渡部　博: スギを用いて製造したクロス・ラミネイティド・ティンバー(CLT)の強度性能, その6 縦圧縮及びめり込みに対する性能, 日本建築学会大会学術講演集(北海道)2013 年 8 月

(1.9)　壁パネル端部の引張・圧縮接合部の位置

袖壁等パネル、垂れ壁パネル及び腰壁パネル端部には一対の引張・圧縮バネを配置する。その一対の引張・圧縮バネ相互の距離は引張接合部と圧縮接合部の応力中心間距離jとする必要がある。壁パネル脚部に軸力Nと曲げMが作用するときの応力分布を図 3.1.2-7 のように仮定する。この場合、「付録 2 CLT パネル・接合部の軸耐力と曲げ耐力の関係、(6.1)項」に示すように、地震時のNの壁パネルの軸耐力 N_u $(=F_c \cdot A)$ に対する比率 N/N_u が、土台上設置で 0.10 程度以下、基礎上設置で 0.15 程度以下であれば概ね$j/d \geqq 0.83$ $(x_n \leqq 0.5d)$となる。鉛直構面の水平耐力評価においてj/dを小さく設定することは安全側であるので、壁パネル端部に設定する一対の引張・圧縮バネ相互の距離を$0.83d$以下として、壁パネル中央とそれらの距離を等しく配置することとする。



(a)　弾性時　　(b)　終局時

図 3.1.2-7　壁パネル脚接合部の応力分布の仮定

解析モデルの簡単のために引張・圧縮バネを壁パネル隅角部に配置する場合は、$R = j/D = 0.83d/D$とし、鉛直構面の検定では地震時応力が支配的であるものとして、引張・圧縮バネの線形剛性にR^2を乗じることとし、非線形応力変形特性の耐力にはRを乗じ、変形を R で除することとする。なおこの場合、引張・圧縮バネの検定では許容耐力・終局耐力にもRを乗じるか、または解析による応力をRで除したものを検定用応力とする。

(1.7)項では圧縮バネの剛性・耐力を算出する際の有効支圧面積A_eを「壁パネル厚さ×$d/4$」としている。これは、剛性については$x_n = 0.5d$とし、圧縮応力度の分布は図 3.1.2-7(a)のように三角形であることを考慮すれば 0.25d分の面積が有効とみなせること、耐力については「付録 2 CLT パネル・接合部の軸耐力と曲げ耐力の関係、(3.2)項」において終局時応力分布を図 3.1.2-7(b)のように仮定していることを考慮し、終局時においても$j/d = 0.83$ とみなせるものとすれば$(d - 0.83d) \times 2 \times 0.85^2 = 0.25d$分の面積が有効となることによる。

なお、建築物の層数が多い場合などでN/N_uが 0.15 程度以上となる場合は本考察の適用範囲外となるため、MS モデル等の、軸力と曲げによって生じる接合部の応力分布の変化を自動的に考慮できる解析モデルを用いることが望ましい。また、上述の$x_n = 0.5d$及び$j/d = 0.83$ は付録 2 に示すように、接合部の圧縮力が CLT パネル-基礎(土台)間及び CLT パネル相互の接触面で伝達されることを前提としている。したがって、圧縮力を伝達する金物等を有する接合部(以下、「圧縮接合部」と記す。)を用いる場合は、応力中心間距離jを引張接合部心と圧縮接合部心の距離とするなどの措置が必要であるほか、圧縮接合部に摩擦係数 0.3 に応じた水平せん断力が同時に作用するものとして当該接合部の検定を行うかまたは、摩擦抵抗を無視してせん断接合部の検定を行う必要がある。

(1.10)　二次元モデルにおける直交壁のモデル化

二次元モデルでは、対象とする鉛直構面に接する直交方向の壁パネルに対応する梁要素を設けることができる。この梁要素の軸剛性は直交壁パネルの幅以下かつ 1m 以下の部分(以下、「有効部分」と記す。)の軸剛性とし、その上下端には(1.6)～(1.8)項に基づく引張バネ、圧縮バネを配置する。引張バネの応力変形特性は交点から 1m 以内にある直交壁引張接合部を有効として設定し、圧縮バネの応力変形特性は交点から 50cm 以内にある直交壁を有効として設定する。

(1.11)　大版パネル架構①における受け材のモデル化

分割型架構のうち大版パネル架構①については 2.1.3(1)項で述べたように、初期状態から開口隅部を起点とする鉛直方向亀裂が生じているものとして分割型架構として扱う。この場合、垂れ壁パネル端部、腰壁パネル端部に鉛直方向のせん断接合部が存在せず、技術基準告示第八第二号ホ(2)の規定による受け材がその役割を負うことになる。これを考慮して、大版パネル架構①の鉛直構面に対応するフレームモデルでは、図 3.1.2-1(a)に示すモデルにおいて、垂壁-壁接合部及び腰壁-壁接合部の鉛直方向せん断バネの応力変形特性を式(3.1.2-10)～(3.1.2-14)によって設定する。この場合、A_e, F_{cv}, E_{90}, Z_0は次のように設定する。

A_e　:受け材の断面積
F_{cv}　:垂れ壁・腰壁パネルラミナのめり込みの基準強度
E_{90}　:垂れ壁・腰壁パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数
Z_0　:垂れ壁・腰壁パネルラミナ幅

あるいは、図 3.1.2-8 に示すように垂れ壁・腰壁と袖壁等の間に鉛直せん断バネを設けず、受け材に対応する梁要素・圧縮バネ要素を配置しても良い。受け材上下端に配置する圧縮バネの応力変形特性の算出については式(3.1.2-10)～(3.1.2-14)においてA_e ,F_{cv} ,E_{90} ,Z_0を次のように設定する。

A_e　:受け材の断面積
F_{cv}　:垂れ壁・腰壁パネルラミナのめり込みの基準強度
E_{90}　:垂れ壁・腰壁パネルラミナの繊維直交方向のヤング係数
Z_0　:垂れ壁・腰壁パネルラミナ幅

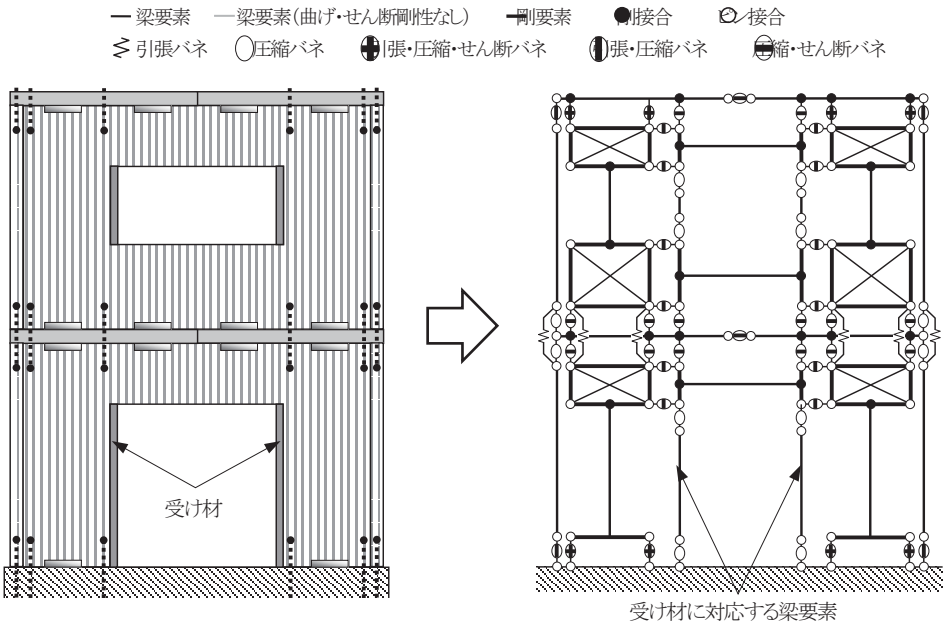


図 3.1.2-8　フレームモデルの構成例（大版パネル架構①）

(1.12)　二次元モデルにおける斜め鉛直構面の扱い

図 3.1.2-9 のように水平耐力の検定方向との角度がθである鉛直構面に検定方向への強制水平変位が生じる場合について、その構面方向の負担水平力、水平変形及び水平弾性剛性をQ_w, δ_w, K_wとすれば、検定方向の負担水平力Q、水平変形δ及び水平弾性剛性Kは次のようになる。

$$Q = Q_w \cdot \cos\theta \quad \delta = \delta_w / \cos\theta \quad K = K_w \cdot \cos^2\theta \tag{3.1.2-15}$$

層の水平力を算出する際にはこれを考慮する。なお、三次元モデル場合はこのような補正は不要である。

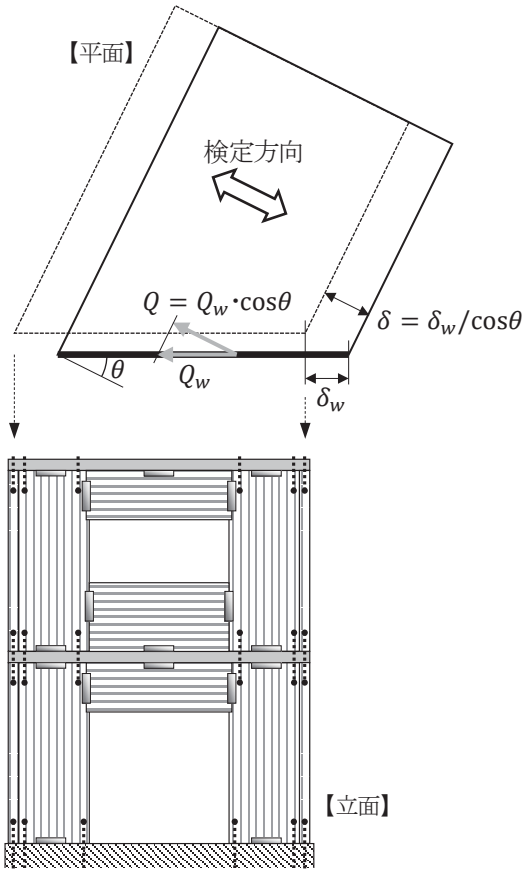


図 3.1.2-9　斜め鉛直構面の水平耐力・水平変形

(2)　壁エレメントモデル

(2.1)　壁エレメントの定義

(1)項に示すフレームモデルでは、壁パネルは図 3.1.2-10 左側のように 6 個の節点の間にエの字形に梁要素を配置されたフレームとしてモデル化される。エの字の横辺には壁パネル幅に相当する長さを有する剛要素が配置され、エの字の縦辺には壁パネルの高さに相当する長さと壁パネルの軸剛性EA、曲げ剛性EI、せん断剛性GAを有する中心要素が配置される。これに対して、壁エレメントは図 3.1.2-10 右側のように壁パネル隅角部に位置する 4 個の節点によって定義される。力学的概念としてはフレームモデルと同様の剛要素と中心要素が存在するものと理解することができるが、壁エレメントの設定に必要な情報は壁パネル幅・高さ(隅角部節点)と壁パネルのEA、EI、GAであり、解析モデルを設定する上では剛要素や中心要素の存在を意識する必要はない。フレームと壁エレメントの力学的機能は同じであるが、壁エレメントはフレームモデルと比べて節点数が少ないことのほかに、RC 造における耐震壁に対応するモデルとして一般的であり、多くの計算ソフトに装備されているなどのメリットがあるといえる。

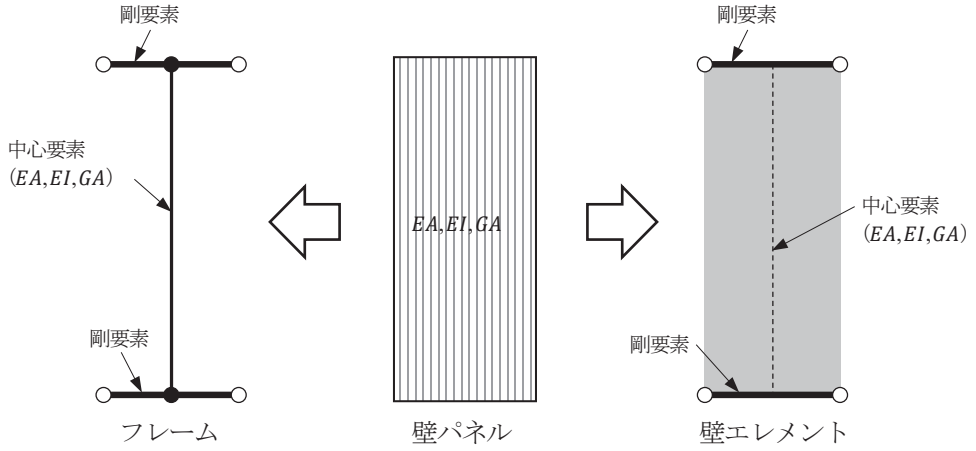


図 3.1.2-10　フレームモデルと壁エレメントモデルにおける壁パネルのモデル化

(2.2)　壁エレメントモデルの設定方法

壁エレメントモデルでは図 3.1.2-11, 12 のように壁パネルを壁エレメントとしてモデル化し、フレームモデルにおいて垂壁・腰壁との交差部に設定するせん断パネル部分も壁エレメントとする。図中央は(1.1)項で述べた簡略化条件を適用する場合である。また、床版・屋根版、接合部、直交壁、受け材などのモデル化及び斜め鉛直構面の扱いについては(1.4)～(1.11)項と同じとする。

なお、図 3.1.2-11～13 では垂壁・腰壁パネルはフレームモデルと同様の構成としているが、計算ソフトの機能として壁エレメントを 90 度回転することが可能であれば垂壁・腰壁パネルも壁エレメントとすることができる。

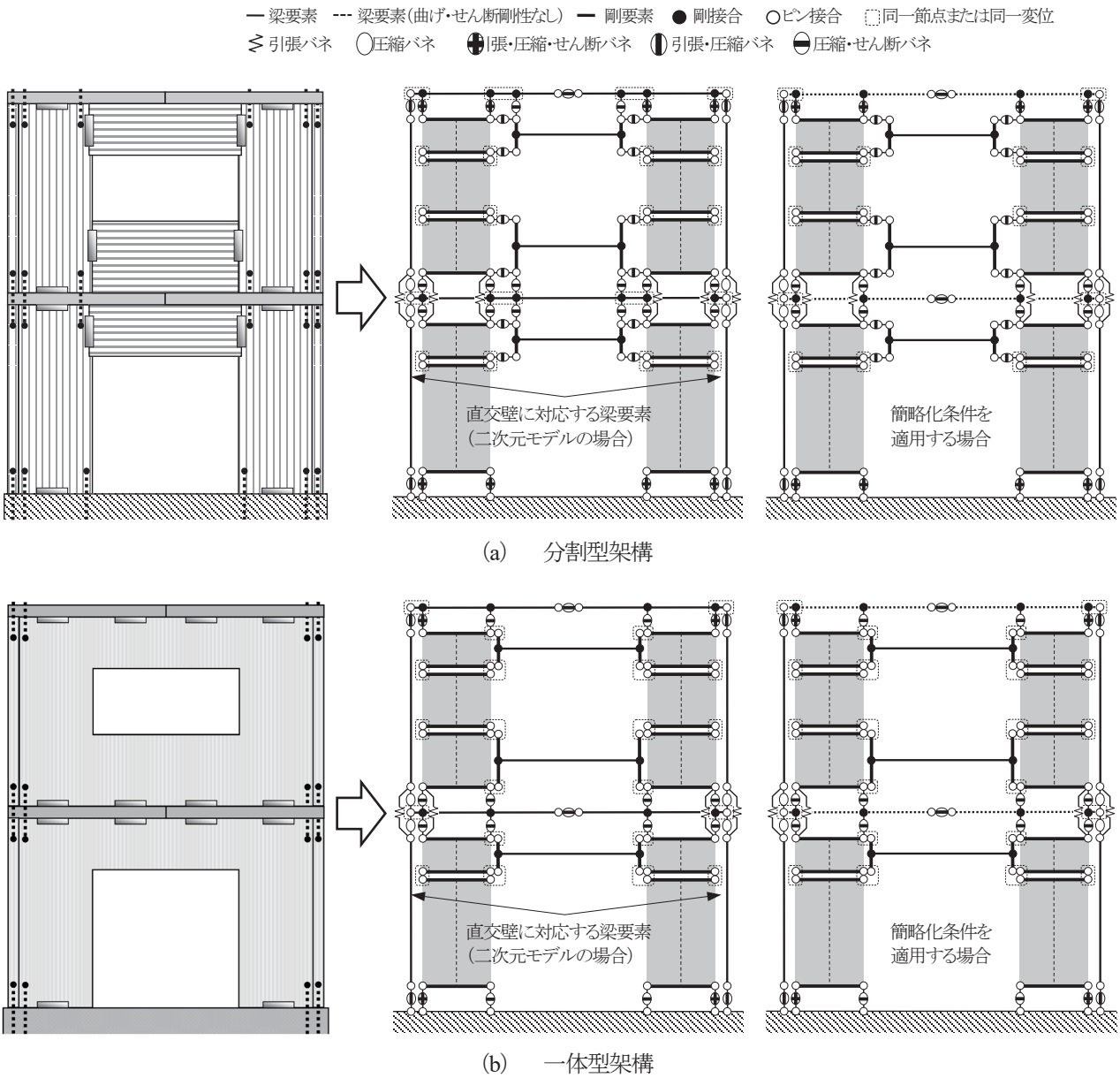


図 3.1.2-11　原則的架構の壁エレメントモデル構成例

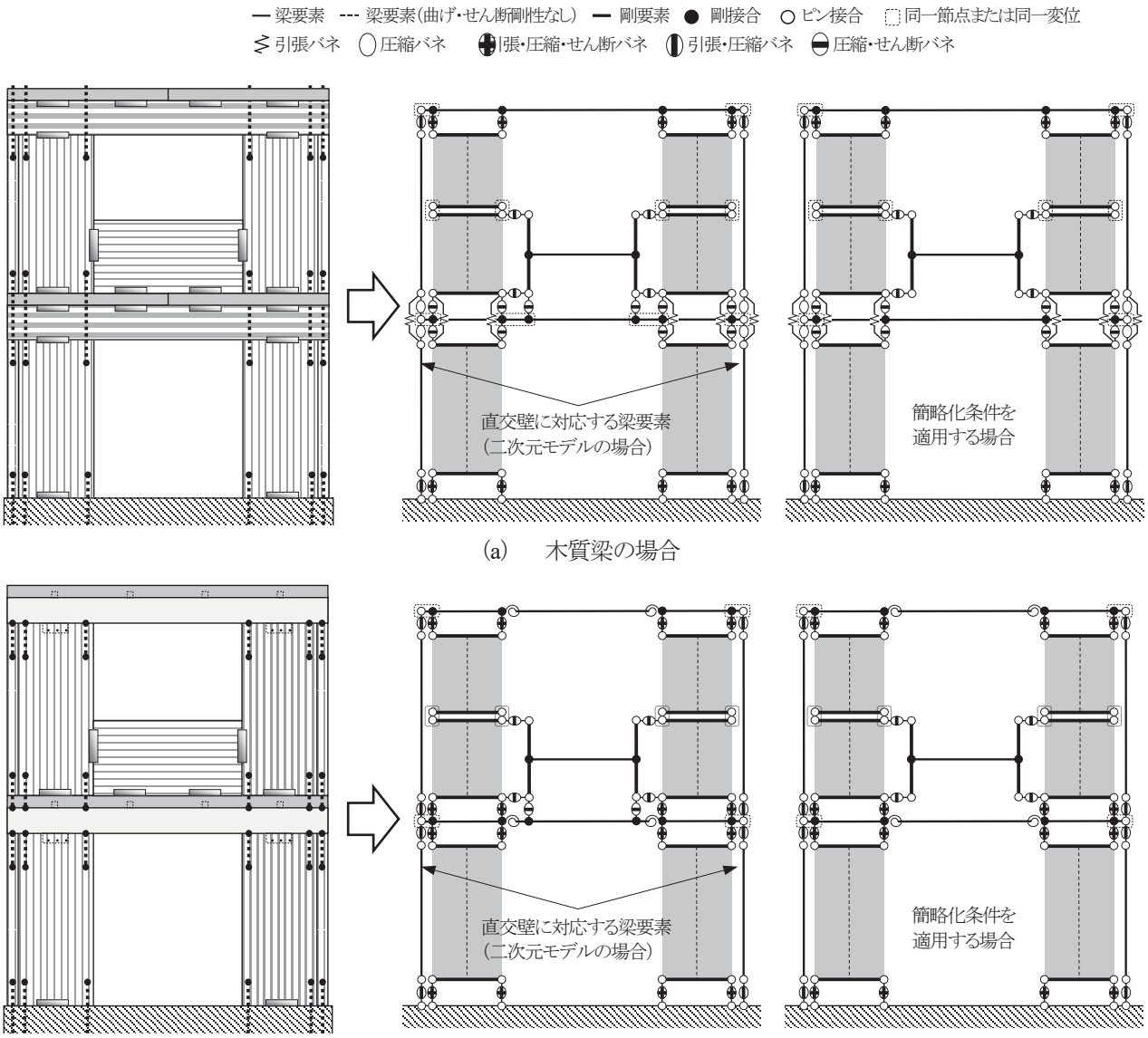
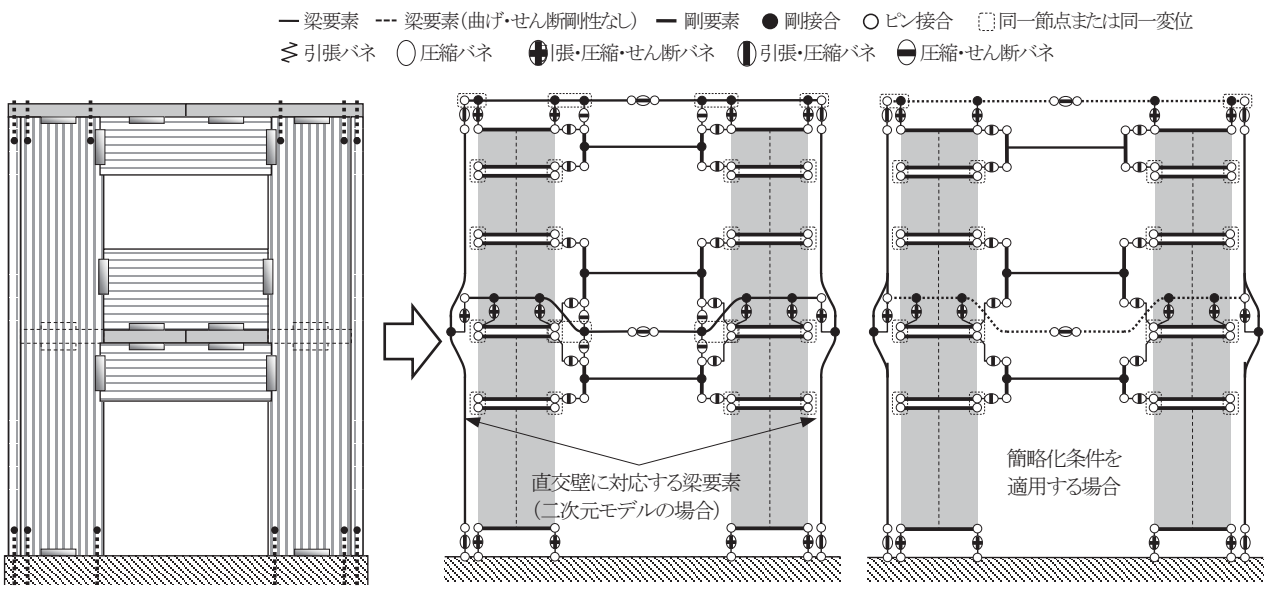
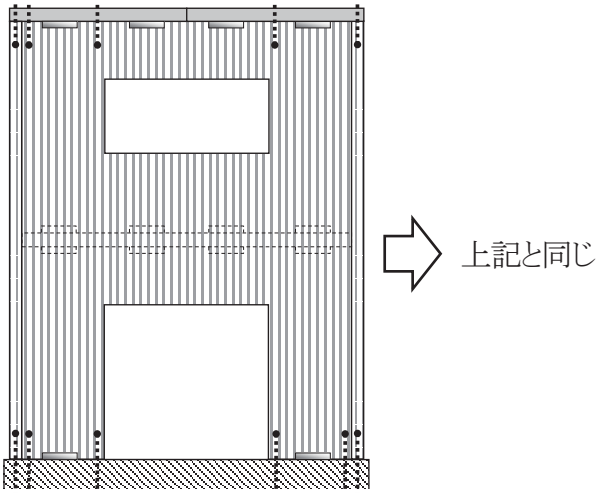


図 3.1.2-12　垂壁省略（梁勝ち架構）の壁エレメントモデル構成例



(a)　小幅パネル架構の場合



(b)　大版パネル架構①の場合

図 3.1.2-13　通し柱架構の壁エレメントモデル構成例

(3)　MS モデル

(3.1)　MS 要素の定義

RC 造柱などでは曲げ耐力が軸力によって変化する。このような力学的特徴を考慮できるバネ要素として MS（Multiple Spring）要素があり、多くの計算ソフトに装備されている。CLT 壁パネル端が床パネル、土台、梁、基礎などに接する接合面についても RC 柱と同様に曲げ耐力が軸力の影響を受けるため MS 要素の適用が有効である。

壁パネル端接合面にモーメントMと軸力Nが作用し、図 3.1.2-14（a）のように変形した状態を考える。壁パネル端部が床パネル、土台、木質梁及び他の壁パネルに接する部分ではめり込み変形が生じ、基礎、鉄骨梁に接する部分では壁パネル端部に支圧変形が生じる。また、いずれも引張接合部に引張応力が生じる。MS 要素ではこのような応力変形状態を追跡するために壁パネル端を図 3.1.2-14（b）のように分割し、図 3.1.2-14（c）のように各分割区画の重心位置に、その面積に応じた剛性・耐力を有する圧縮バネを配置する。また、引張接合部が存在する位置に引張バネを配置する。これらのバネは 2 つの剛材に挟まれ、それぞれの剛材上の節点変位と各バネの応力・変形が関係付けられる。したがって構造モデル構築上は、MS 要素は 2 つの節点の間に配置された単一のバネ要素と認識することができる。MS 要素を設定するために必要な情報は断面分割、接合面の圧縮に対する応力度と変形関係、及び引張接合部の位置、応力と変形関係であり、それをもとに 2 つの節点間の応力変形関係が計算ソフトによって自動的に設定される。

なお、圧縮バネを（1.7）項に示す支圧型とする場合は、パネル端部から、その応力変形特性を設定する際に参照する圧縮試験の試験体高さ（150mm 程度とする例が多い）の部分が MS 要素に相当することになる。しかし、めり込み型を含めて、変形は接合面に生じることを考慮して、MS 要素を定義する節点の間隔は解析可能な範囲でできるだけ小さくする。

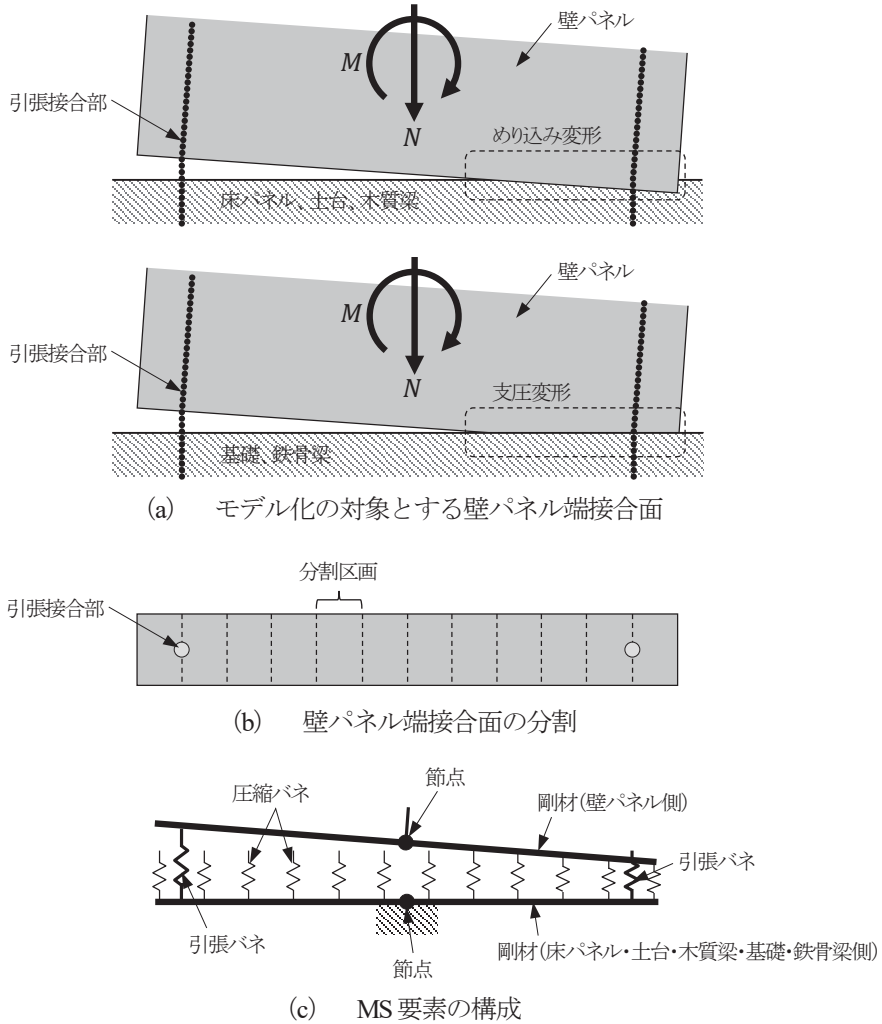


図 3.1.2-14　壁パネル端接合面に対応する MS 要素の構成

(3.2)　MS モデルの設定方法

大版パネル架構については MS 要素の適用性が十分に検証されていないので、MS モデルの適用は小幅パネル架構に限定することとし、原則的架構、垂壁省略(梁勝ち架構)及び通し壁架構に対する MS モデルを図 3.1.2-15～17 のように設定する。図右側は(1.1)項で述べた簡略化条件等を適用する場合である。

壁パネルの上下端及び垂壁・腰壁の左右端に MS 要素を配置する。壁パネル上下端については、床版・屋根版あるいは梁に対応する梁要素に対して壁パネル幅と長さの等しい剛要素を配置し、MS 要素はその剛要素の中間に設けた節点に接続する。壁パネルと垂壁・腰壁の接合部については、壁パネルに対応する梁要素から当該接合部の間に剛要素を配置し、その端部に MS 要素を接続する。壁パネル、垂壁・腰壁パネルは、その軸剛性、曲げ剛性、せん断剛性を有する梁要素として MS 要素に接続する。

また、床版・屋根版、直交壁、受け材などのモデル化及び斜め鉛直構面の扱いについては(1.5)、(1.10)～(1.12)項と同じとする。

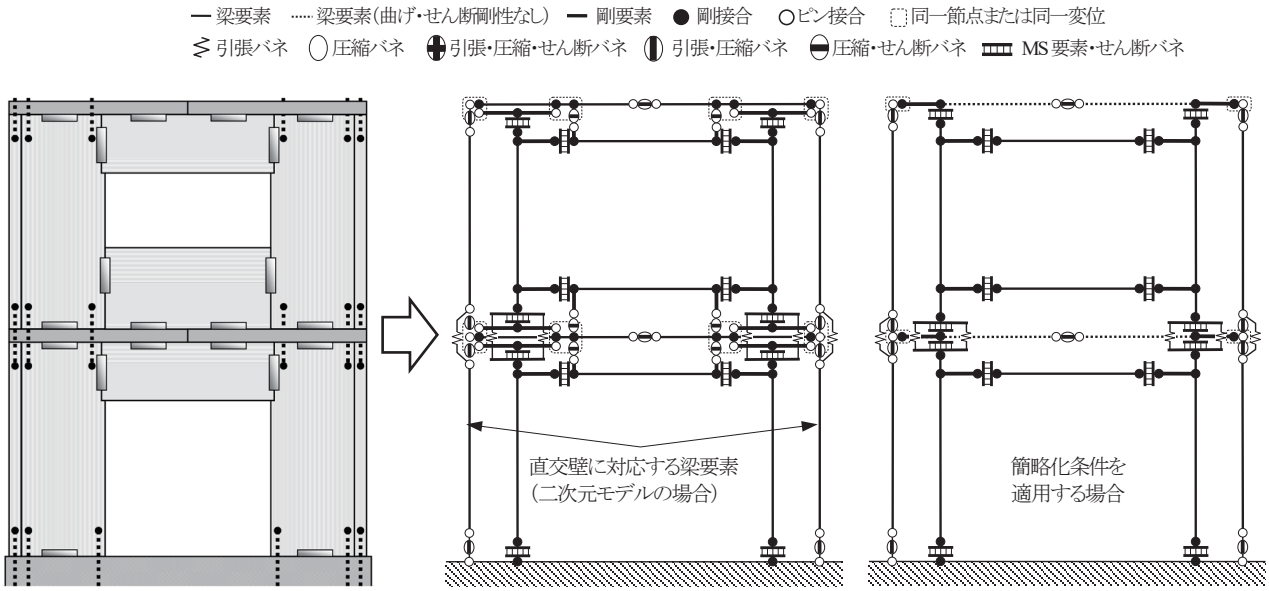


図 3.1.2-15　原則的架構（小幅パネル架構）の MS モデル構成例

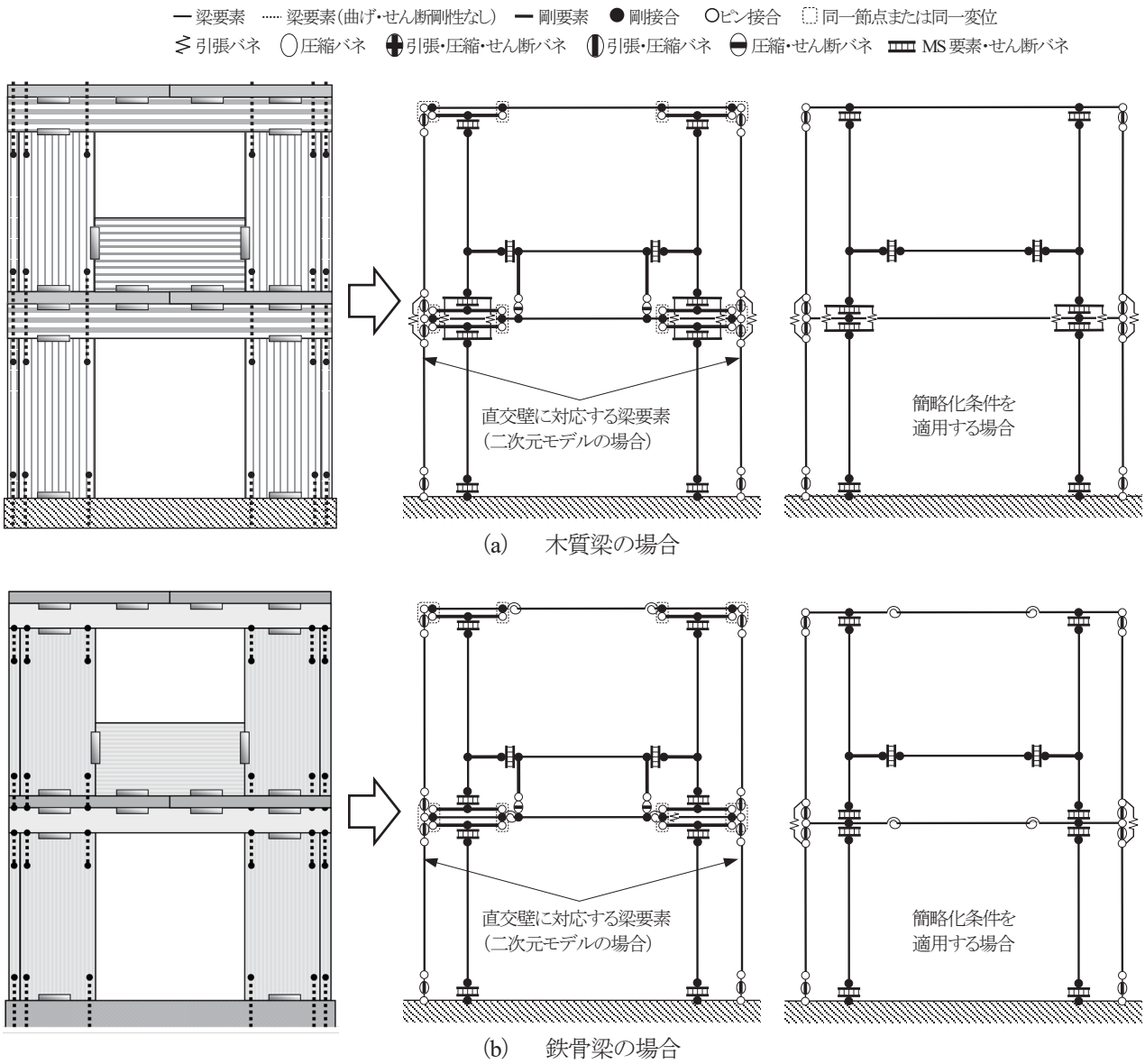


図 3.1.2-16　垂壁省略（梁勝ち架構）の場合の MS モデル構成例

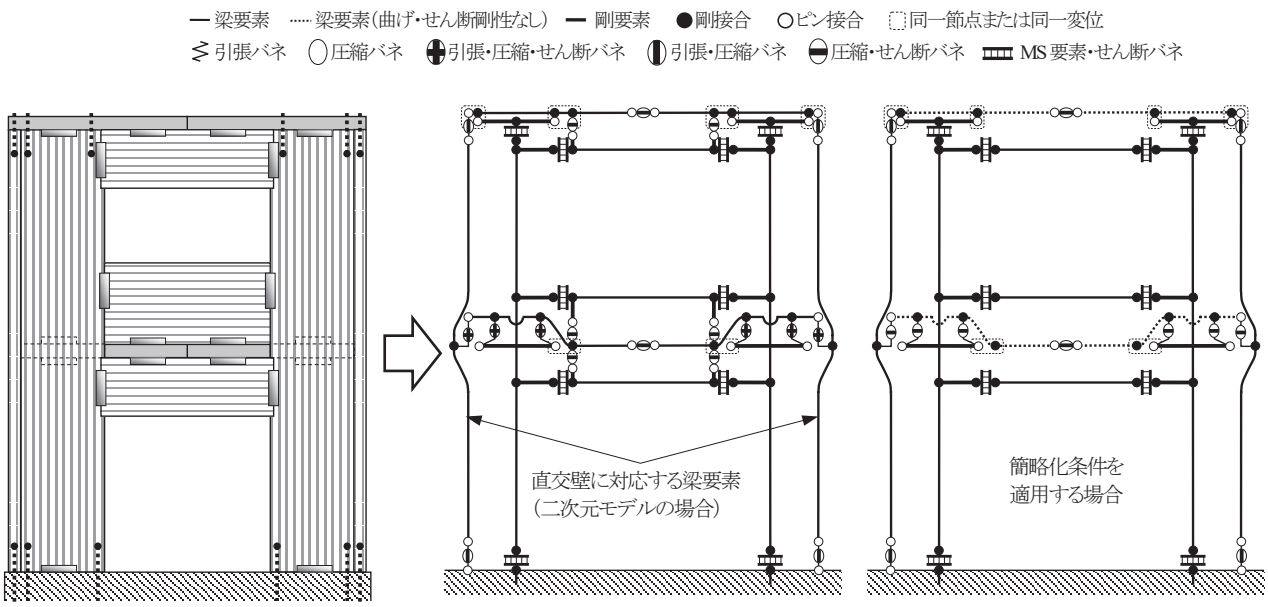
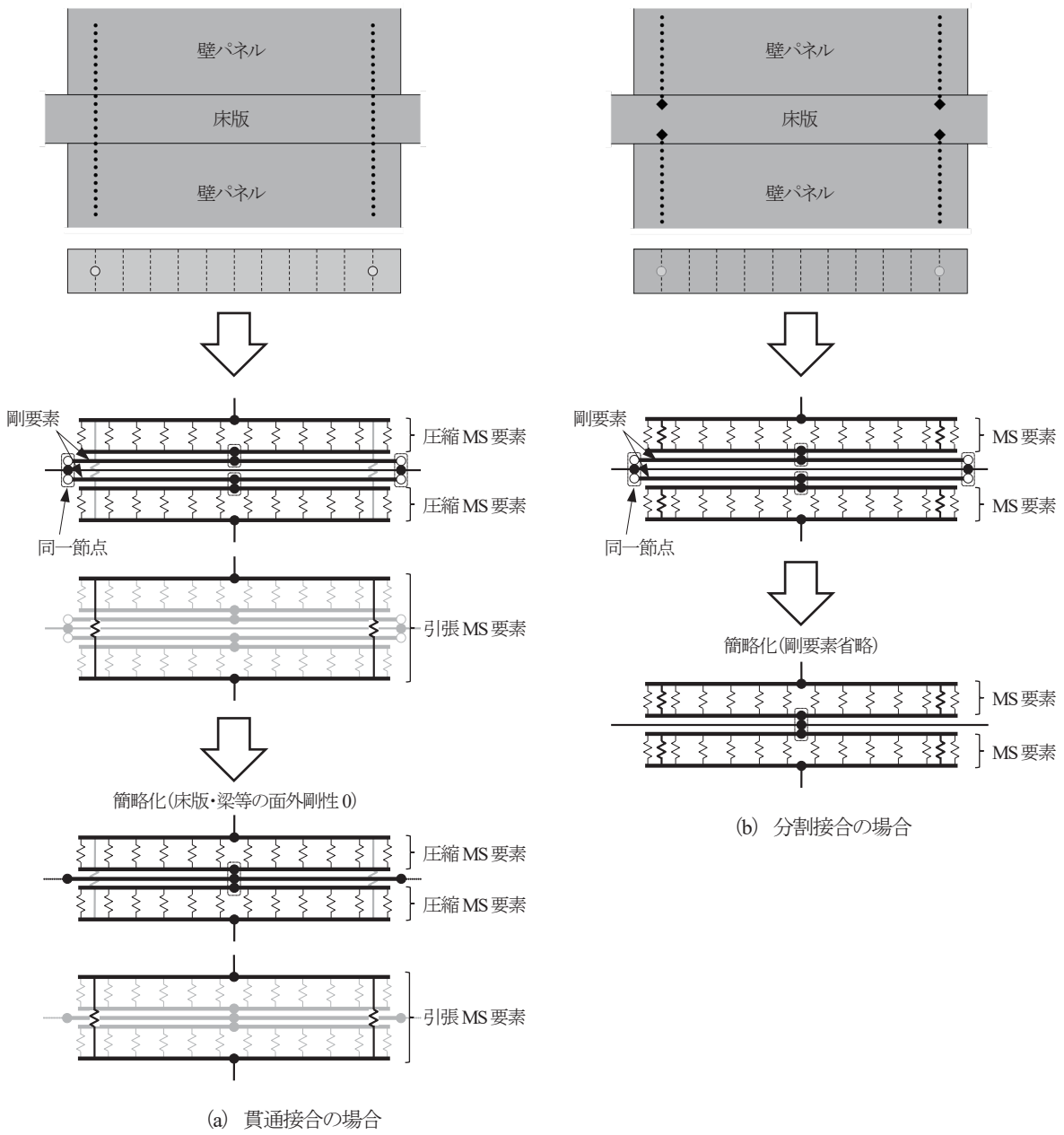


図 3.1.2-17　通し壁架構（小幅パネル架構）の MS モデル構成例

図 3.1.2-18 左のように上下階の壁パネル相互の引張接合部が床版を貫通するように設置する場合（貫通接合）は、圧縮バネのみを有する MS 要素（圧縮 MS 要素）を床版の上下に配置し、別途、引張バネのみを有する MS 要素（引張 MS 要素）を上下の壁パネル端部の節点間に配置する。図 3.1.2-18 右のように上下階壁パネルの引張接合部がそれぞれ床版に接続される場合（分割接合）はそれらの上下に圧縮バネ・引張バネの両方を有する MS 要素を配置する。なお、図 3.1.2-14, 3.1.2-16（a）では貫通接合、図 3.1.2-16（b）では分割接合としている。

これらのモデルの簡略化として、貫通接合については（1.1）項で述べた簡略化条件 1)を適用して床版・屋根版の面外剛性を 0 とすれば、モデルは図 3.1.3-18（a）下段のようになる。分割接合については剛要素を省略することによりモデルは図 3.1.3-18（b）下段のようになる。図 3.1.2-15, 3.1.2-16 中央ではこれらの簡略化を適用している。これらの簡略化を行うと鉛直構面の水平剛性・水平耐力は低下するが、モデルの簡略化によるメリットが勝る場合は一つの選択肢である。



（a）貫通接合の場合

（b）分割接合の場合

図 3.1.2-18　床版・梁等を挟む部分の MS モデル構成例

また、MS 要素はせん断には無抵抗として、図 3.1.2-19 のように別途せん断バネを配置する。

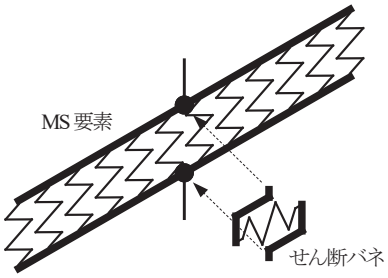


図 3.1.2-19　壁パネル端接合面のせん断バネの配置

(3.3)　引張バネ・せん断バネの応力変形特性

MS 要素内の引張バネは圧縮力には無抵抗とし、MS 要素に併設するせん断バネを含めて応力変形特性は、弾性解析では線形(弾性)、増分解析では非線形とする。それらの応力変形特性の設定方法は(1.6)項と同様である。

(3.4)　圧縮バネの応力変形特性

MS 要素内の圧縮バネを設定する際の断面分割数は 10 以上とする。圧縮バネは引張力には無抵抗とする。圧縮力に対する応力変形特性の設定方法は(1.7)項と同様であり、基礎、鉄骨梁に対する接合面では支圧型、その他の木質部材に対する接合面ではめり込み型として、式(3.1.2-2)～(3.1.2-14)におけるA_eを分割区画の面積として算出する。また、圧縮力を伝達する金物等を設ける場合は、それに対応する圧縮バネを配置し、その応力変形特性は試験等に基づいて別途設定する。

(3.5)　垂壁・腰壁との接続部分における壁パネルのせん断応力

壁パネルの垂壁との接続部分の応力状態は図 3.1.2-20(a),(b)のように表わされ、壁パネルのパネルゾーンのせん断応力Q_pは図示のように壁パネル端せん断接合部の応力Qと垂壁上端の水平応力TまたはCとの和として求められる。フレームモデルではパネルゾーンにせん断パネルを配置し、壁エレメントモデルではそれに対応する壁エレメントを配置することにより、Q_pはそれらの水平せん断応力として求められる。これに対して、MS モデルおける当該部分の応力状態は図 3.1.2-20(c)のようになることを考慮して、壁-垂壁間の引張接合部の有無に応じて次のようにQ_pを求める。

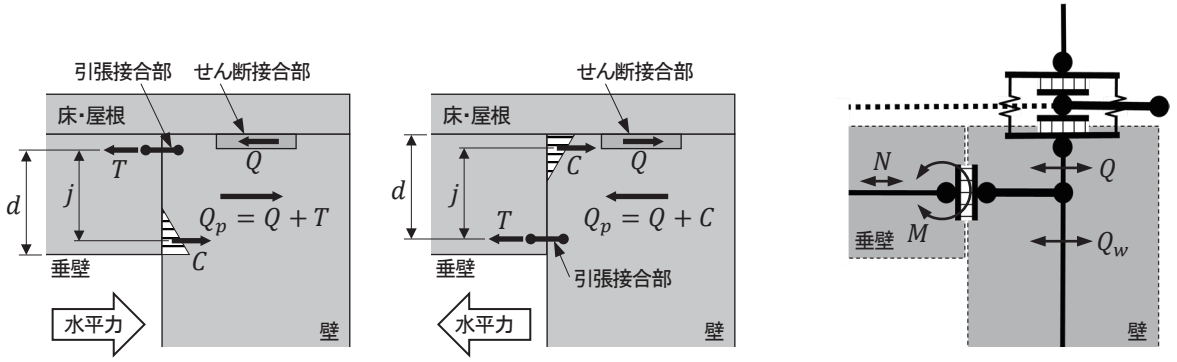
引張接合部を設けない場合

$$Q_p = \max\left(|Q|, |Q_w|\right) \tag{3.1.2-16}$$

引張接合部を設ける場合

$$\begin{aligned} &\text{右方向加力時}\ \ Q_p = |Q| + T \\ &\text{左方向加力時}\ \ Q_p = |Q| + C \end{aligned} \tag{3.1.2-17}$$

ここで、Q:壁上端に対応する梁要素のせん断応力



(a)　右方向加力　　(b)　左方向加力　　(c)　モデルの応力

図 3.1.2-20　垂壁との接続部における応力状態

$$C = \frac{|M|}{j} + \frac{N}{2} \quad (C < 0\text{のときは}C = 0\text{とする})$$
$$T = \frac{|M|}{j} - \frac{N}{2} \quad (T < 0\text{のときは}T = 0\text{とする})$$
(3.1.2-18)

M:垂壁・腰壁に対応する梁要素端部の曲げ応力
N:垂壁・腰壁に対応する梁要素端部の軸応力(圧縮を正とする)
j:CとTの距離(応力中心間距離、$j = 0.83d$とすることができる)

壁パネルの腰壁との接続部分についても同様とする。また、垂壁・腰壁に接しない部分についてはこの計算は不要である。

3.1.3　水平構面の構成方法

(1)　面内性能のモデル化 — 非剛床モデルの場合

非剛床モデルの場合の水平構面の面内性能のモデル化の例を図 3.1.3-1 に示す。床パネルはせん断パネルとし、内部の X 字形ブレース要素の軸剛性は床パネルのせん断剛性に基づいて設定する。このとき、設備用等の小開口を有する床パネルについては「3.3.2　小開口を有する CLT パネルの剛性・強度」に示す方法により剛性を低減し、ブレース要素の軸剛性は低減後の剛性に基づいて設定する。また、四周の枠要素の軸剛性は、床パネルの幅の 1/2 かつ 1m 以下(床有効幅)の部分の枠要素方向の剛性とする。図 3.1.3-1 には枠要素と床有効幅の対応関係を丸付数字で例示した。

床パネル間引張接合部及びせん断接合部は鉛直構面と同様にそれぞれバネ要素としてモデル化する。また、3.1.2(1.5)で述べたように、ルート 2 の弾性解析における床パネル間引張接合部については剛相当としても良い。そのほか、床パネル間の接触を考慮する部分に圧縮バネを配置する。この圧縮バネの応力変形特性は式(3.1.2-10)～(3.1.2-14)によって設定しても良い。なお、検定に必要な応力が得られるモデルであれば、本モデルに限定されない。

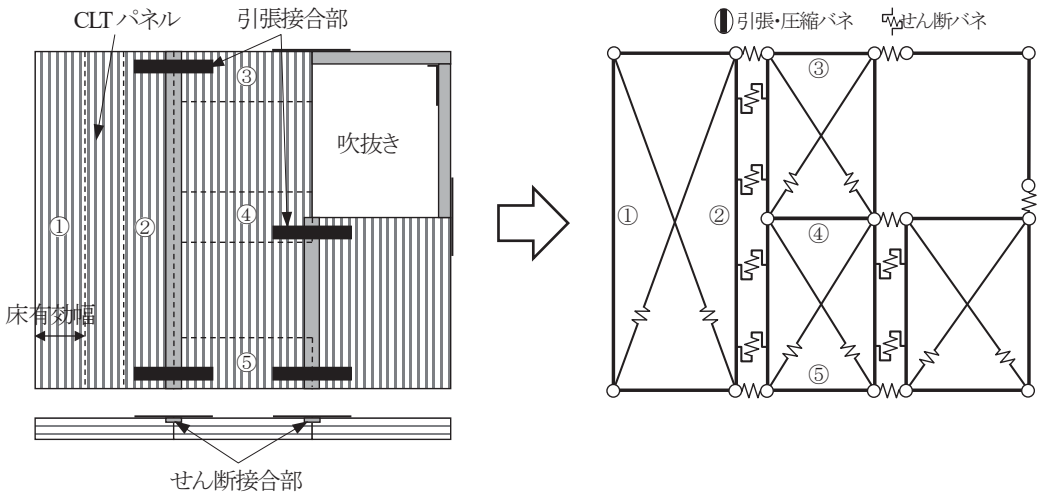
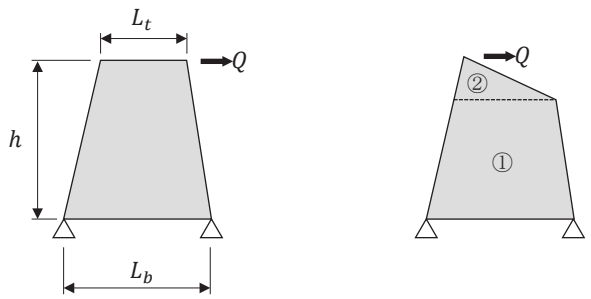


図 3.1.3-1　水平構面のモデル化の例

また、非矩形の床パネルについても同様にせん断パネルとする。非矩形パネルのうち、図 3.1.3-2(a)のような 2 辺平行の場合の面内せん断剛性K_sは式(3.1.3-1)のように求められる。図 3.1.3-2(b)のように 2 辺平行でない場合は同図①,②のように分割し、それぞれの面内せん断剛性を式(3.1.3-1)によって求めたうえで、それらを直列バネとして全体の面内せん断剛性を求める。

$$K_s = \frac{(L_b - L_t)\cdot G\cdot t}{h\cdot(\ln G\cdot t\cdot L_b - \ln G\cdot t\cdot L_t)} \quad \text{ただし、} L_t \neq L_b$$
(3.1.3-1)

ここで、t : パネル厚
G : せん断弾性係数



(a) 2辺平行の場合　　(b) 床パネルの分割

図 3.1.3-2　非矩形パネルの例

(2)　面内性能のモデル化 — 剛床モデルの場合

剛床モデルの場合は、3.1.2(1.1)項で述べた鉛直構面内の床版・屋根版以外の部分はモデル化の対象とならない。剛床モデルの場合の水平構面の面内せん断応力及び引張接合部の引張応力は 4.1.2(2)項の方法によって別途計算する。

(3)　面外性能のモデル化

(3.1)　鉛直構面内の水平構面

非剛床モデル・剛床モデルのいずれについても、鉛直構面内における水平構面の面外性能の設定方法については 3.1.2(1.5)項によることとする。なお 3.1.2(1.1)項でも述べたように、壁・垂壁・支持材等で支持される床版・屋根版に対応する床版梁要素については、その曲げ・せん断剛性を 0 相当の値とすることで鉛直構面内の面外曲げ・面外せん断に対する断面検定を省略しても良い。

(3.2)　鉛直構面への鉛直荷重伝達

床・屋根 CLT パネルの鉛直荷重伝達は原則として図 3.1.3-3(a)のように一方向とする。ただし、パネルの 3 辺以上が支持される場合はその直交方向にも荷重が伝達される。これを考慮して、図 3.1.3-3 のように負担部分を設定するのも一つの方法である。また、非矩形パネルを含めて図 3.1.3-4 のよう負担部分を設定すると FEM 解析結果による鉛直荷重伝達に比較的良く適合することが確認されている。

なお、(3.3)項で述べるように強軸・弱軸の両方向の面外性能を考慮するために床・屋根パネルを格子梁としてモデル化する場合は、その反力を鉛直構面への鉛直荷重としても良い。そのほか、FEM 解析あるいは格子梁モデル等により鉛直荷重伝達を適切に設定できる場合は当該方法によることができる。

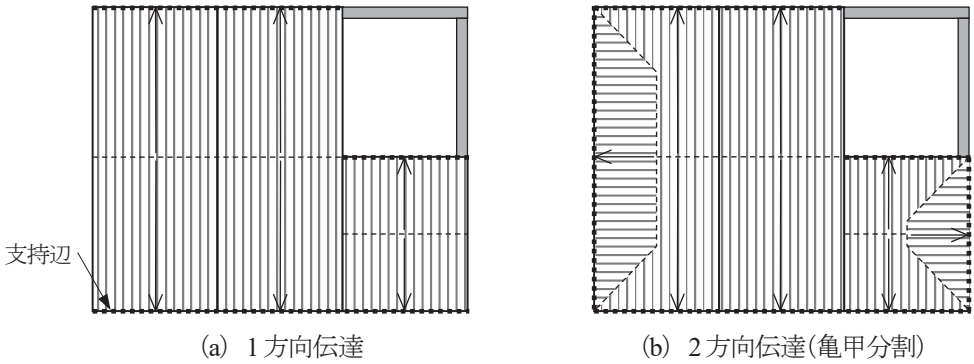


図 3.1.3-3　CLT パネル水平構面の鉛直荷重伝達の例 1

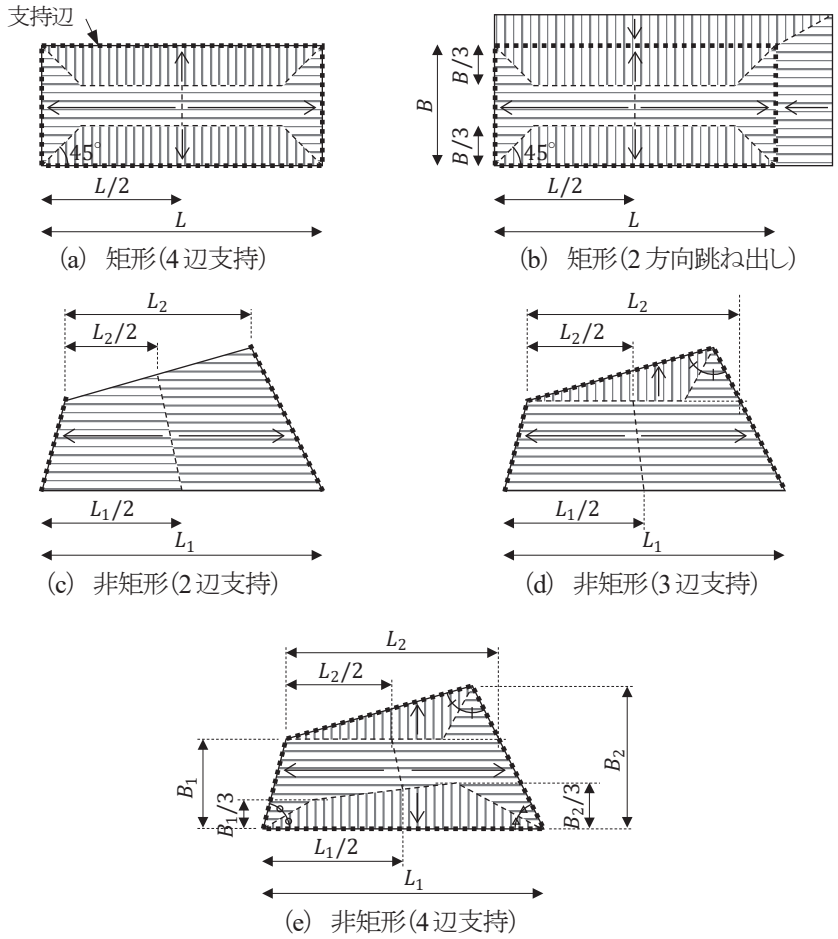


図 3.1.3-4　CLT パネル水平構面の鉛直荷重伝達の例 2

(3.3)　2 方向床・屋根パネルのモデル化

強軸方向と弱軸方向の 2 方向の面外性能を考慮した設計を行う場合は、図 3.1.3-5 に示すように床・屋根パネルを面外格子梁にモデル化して応力・変形を求めることができる。ただし、原則として図 3.1.3-6(a)のように床・屋根パネルが下階の壁、垂壁あるいは梁等の支持辺により連続的に支持される場合に限り、図 3.1.3-6(b)のように支持辺が途中で途切れる場合はせん断応力が大きくなる場合があるため格子梁のせん断応力を 1.2 倍に割増して検定することとする。また、図 3.1.3-6(c)のように柱等によって点状に支持される場合は応力・たわみが過小評価となることがあるため、本設計法では適用できないものとする。

格子梁モデルは下記のように設定する。

- 床・屋根パネルを 300mm 以下の間隔d_x, d_yで分割し、その分割に沿って格子梁を配置する。分割は等間隔でな

くても良い。

- 中間部の梁では両側の格子梁間隔の平均値、パネル端部の梁では格子梁間隔の 1/2 を有効幅として断面二次モーメント及び断面積を計算し、3.3.1 項に示す CLT パネル面外方向の弾性剛性を用いて曲げ剛性及びせん断剛性を設定する。
- 捩り剛性はサンブナンの捩り定数による。
- 下階の支持辺が存在する位置の節点を支点とする。ただし、支持辺を構成する垂壁、梁等のたわみが床・屋根パネルの応力・変形分布に及ぼす影響が無視できない場合は、それらの垂壁、梁等を別途梁要素としてモデル化するなどの適切な方法による。

上記のほか、FEM 解析等により面外の応力・変形を適切に設定できる場合は当該方法によることができる。

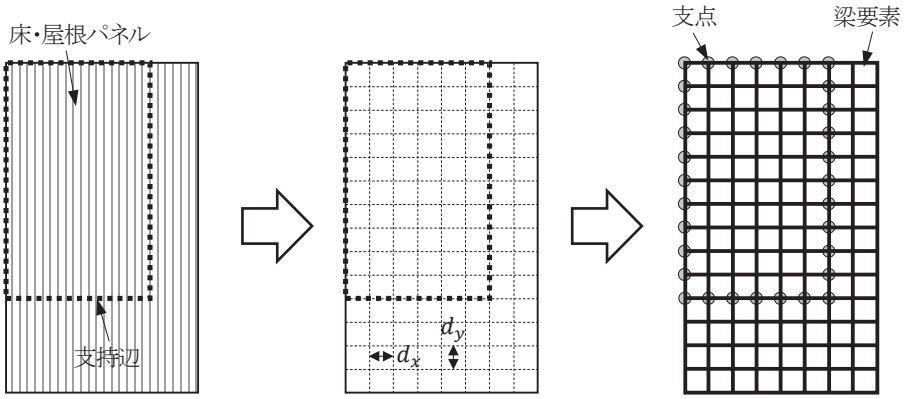


図 3.1.3-5　2 方向床・屋根パネルのモデル化の例

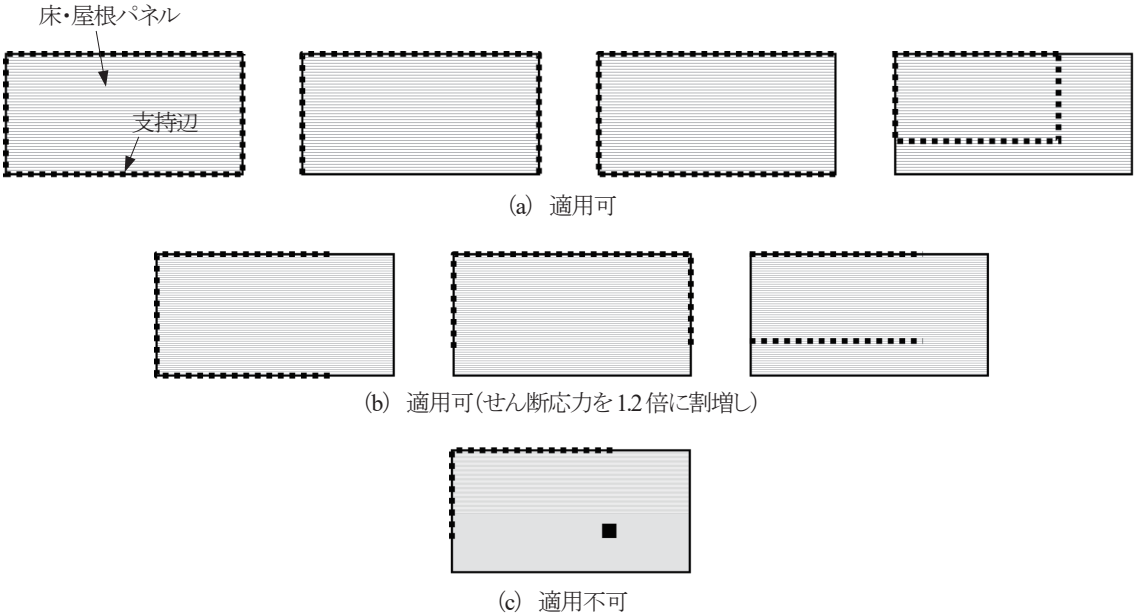


図 3.1.3-6　格子梁モデル適用の可否

3.1.4　壁組・床組等による鉛直構面・水平構面のモデル化

壁組を軸組構法あるいは枠組壁工法と同様の構成とする場合の鉛直構面のモデル化および壁組・接合部の荷重変形特性については文献 2, 3）等に準じて適切に設定することを原則とする。

壁組による鉛直構面のモデル化の例を図 3.1.4-1 に示す。壁はせん断パネルとし、内部の X 字形ブレース要素軸方向の非線形特性は対応する壁の面内水平力に対する荷重変形特性とする。また、図 3.1.4-1 のように垂壁・腰壁をモデルに含める場合は、それらが接する柱の変形・応力を適切に考慮する。

柱脚・柱頭接合部バネの引張力に対する特性は対応する接合部の引張力に対する荷重変形特性とする。圧縮力に対する特性は接合される横架材のめり込みに対する荷重変形特性とするか、または基礎等の相対的に剛とみなすことのできる部材に接合される部分では柱端部の支圧に関する荷重変形特性とする。

壁上下の水平せん断接合部バネの特性は柱脚・柱頭接合部及び壁上下端と横架材接合部の水平力に対する荷重変形特性とする。ただし、壁が令第 46 条第 4 項及び昭 56 建告第 1100 号第 2 に規定される耐力壁あるいは同等以下の水平耐力を有する耐力壁である場合は、水平せん断接合部バネを剛とし、当該部分の検定は省略できることとする。

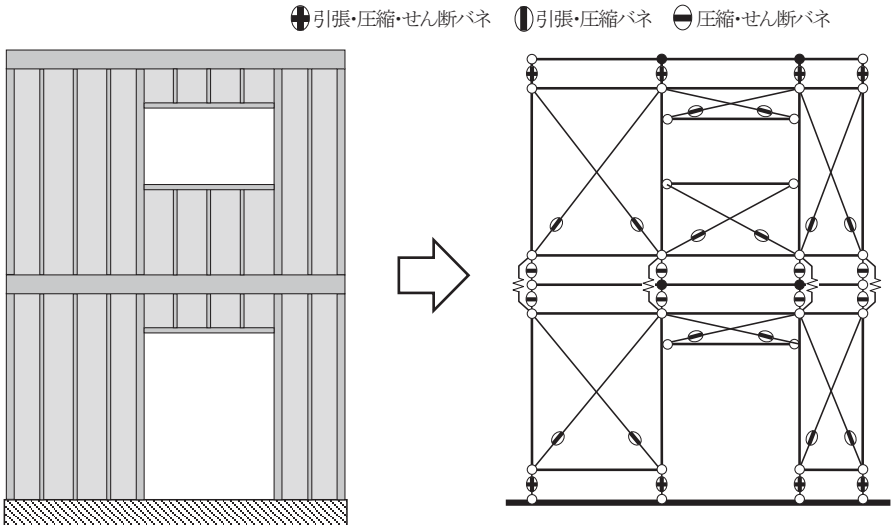


図 3.1.4-1　在来工法鉛直構面のモデル化の例

床組・小屋組による水平構面についても、それらを軸組構法あるいは枠組壁工法と同様の構成とする場合のモデル化および床組・小屋組・接合部の荷重変形特性については文献 2, 3）等に準じて適切に設定することを原則とする。

床組・小屋組による水平構面については図 3.1.3-1 と同様にせん断パネルとしてモデル化することが可能である。このとき、床パネル相互間のせん断バネは省略できることとする。せん断パネル内部の X 字形ブレース要素軸方向の非線形特性は対応する床組あるいは小屋組の面内水平力に対する荷重変形特性とする。地震時・風圧時に引張力が生じる横架材継手・仕口部には引張バネを配置し、その特性は対応する接合部の引張力に対する荷重変形特性とする。

なお、壁、床、小屋組の面内水平力に対する荷重変形性能及び引張接合部の荷重変形性能は、文献 2, 3）等に準じて適切に設定する。

2）日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）
3）日本ツーバイフォー建築協会：2007 年枠組壁工法建築物設計の手引き・構造計算指針

3.2　応力検定方法

3.2.1　CLT パネル応力度の計算方法

(1)　一般部

フレームモデルの解析結果として得られる、無開口壁パネル及び有開口壁パネルの袖壁等部分、垂れ壁部分、腰壁部分に対応する梁要素の軸方向の圧縮応力をC 、引張応力をT 、曲げ応力をM 、せん断応力をQ とする。このとき、CLT パネルの応力度を次のように求める。

圧縮応力度　$$\sigma_c = \frac{C}{A_0} \tag{3.2.1-1}$$

引張応力度　$$\sigma_t = \frac{T}{A_0} \tag{3.2.1-2}$$

曲げ応力度　$$\sigma_b = \frac{M}{Z_0} \tag{3.2.1-3}$$

面内せん断応力度　$$\tau_I = \frac{Q}{A_0} \tag{3.2.1-4}$$

面外せん断応力度　$$\tau_O = \beta \cdot \frac{Q}{A_0} \tag{3.2.1-5}$$

ここで、A_0 は CLT パネルの断面積、Z_0 は面内または面外方向の断面係数で、M の方向に応じて決定する。いずれも直交層を含む全断面を有効とした値とし、床パネルについては 3.1.2(2) 項による床有効幅に相当する値とする。なお、壁パネルの面外風圧力に対する応力、床パネル中間部の鉛直荷重に対する応力等を別途計算する場合は、当該計算で対象とした部分の断面に基づく値とする。

式(3.2.1-5)右辺のβは断面内のせん断応力度分布係数(最大値)で、次のように求める。

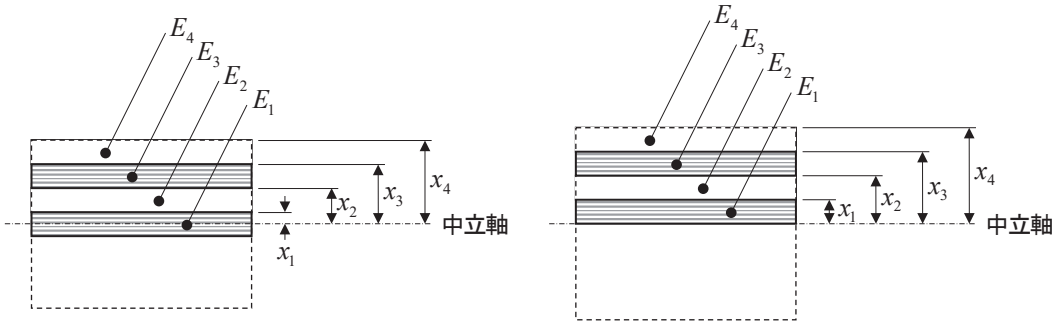
$$\beta = \frac{A_0}{2 \cdot E \cdot I_0} \cdot \left\{ E_1 \cdot x_1^{\ 2} + \sum_{i=2}^{m} E_i \cdot (x_i^{\ 2} - x_{i-1}^{\ 2}) \right\} \tag{3.2.1-6}$$

ここで、E ,I_0　: CLT パネル面外方向の弾性係数、断面二次モーメント

m　: CLT パネル中立軸（対称構成の場合は厚さの中央）より外側のラミナ層数

E_i　: i 番目の層の弾性係数（直交層では$E_i = 0$）

x_i　: CLT パネル中立軸から、i 番目の層の CLT パネル中立軸から遠い面までの距離（図 3.2.1-1 参照）



(a)　層数が奇数の場合　　(b)　層数が偶数の場合

図 3.2.1-1　β 計算用の寸法等の定義

(2)　せん断パネル・水平構面の面内せん断応力度

せん断パネル・水平構面の面内せん断応力については、非剛床モデルの場合は X 字形に配置したブレース要素軸

応力の検定方向成分の合計とし、面内せん断応力度 τ_I は式(3.2.1-4)によって計算する。このとき、A_0 は CLT パネルの検定方向の断面積とする。剛床モデルの場合は 4.1.2(2.1)項の方法等により面内せん断応力 Q を求め、式(3.2.1-4)によって面内せん断応力度 τ_I を計算する。

3.2.2　鉛直構面 CLT パネルの検定方法

(1)　面内応力の検定

(1.1)　許容応力度に対する検定

表 4.1.1-1 に示す荷重・外力の組合せに対する圧縮応力度 σ_c 、引張応力度 σ_t 、面内曲げ応力度 σ_b 及び面内せん断応力度 τ_I を 3.2.1 項の方法によって求め、それらを用いて下式の検定を行う。このとき、ルート 2 の構造計算では、地震時応力に対して技術基準告示第九第二号の規定による応力割増し係数が適用されることに注意する。なお、σ_c と σ_t が同時に生じることは無いので、以降の検定式において両者が併記されている場合は応力状態に応じていずれか一方を 0 とする。

$$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_{bI}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.2\text{-}1)$$

$$\frac{\sigma_c}{f_k} \leqq 1.0 \qquad (3.2.2\text{-}2)$$

$$\frac{\tau_I}{f_{sI}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.2\text{-}3)$$

ここで、f_c , f_t ,f_{bI},f_{sI} はそれぞれ圧縮、引張、面内曲げ、面内せん断の許容応力度、f_k は(圧縮)座屈の許容応力度であり、「第Ⅳ部　材料と耐久性、第 1 章」に基づいて設定する。また、一体型架構に用いる有開口壁パネルの開口隅部を構成する垂れ壁部分・腰壁部分については「3.3.3　有開口壁パネルの開口周辺の剛性・強度」に示す応力集中を考慮して、3.2.1 項による面内曲げ応力度 σ_b の 1.5 倍の値を用いて検定する。そのほか、小開口を有する CLT パネルについて、3.3.2(1), (2)項の方法により耐力低減率を計算する場合は許容応力度に当該低減率を乗じる。

なお本項では、第Ⅱ部 1.4 節に示す一連の振動台実験及びその他の静的実験において CLT パネルの座屈現象は確認されていないことを考慮して、圧縮座屈については式(3.2.2.-2)のように圧縮応力度 σ_c に対してのみ検定することとし、曲げ座屈(横座屈)による面内曲げ耐力の低下は考慮しないこととしている。しかし、CLT パネルの複合応力に対する圧縮座屈耐力及び曲げ座屈耐力に関する知見は不十分であるので、圧縮座屈については壁パネルの細長比が上述の振動台実験試験体の最大値(104)を超える場合は式(3.2.2-1)左辺の f_c を f_k とし、曲げ座屈については垂れ壁・腰壁パネルの厚さに対するスパン(開口部幅)の比率が上述の振動台実験試験体の最大値(45)を超える場合は文献 4)等に準じて曲げ座屈を考慮した曲げ耐力の低減を行うなどの配慮が必要である。

(1.2)　終局時の検定

保有水平耐力計算による保有水平耐力時及び限界耐力計算における安全限界時(以下、「終局時」と記す。)の検定、及び限界耐力計算における令第 82 条の 5 に基づく極めて稀に発生する風圧力・積雪荷重に対する検定では許容応力度に代えて基準強度を用いる。このとき、引きボルト孔等の小開口を有する CLT パネルについては(1.1)項と同様に基準強度に耐力低減率を乗じる。

また、壁パネルの無欠損部分の終局時の軸力 N 、面内曲げ応力 M に対する検定は、「付録 2　CLT パネル及び接合部の軸耐力と曲げ耐力の関係、(3.1)項」に示す検討結果に基づき、式(3.2.2-7)による x_n が壁パネル幅 D 未満であるとき、式(3.2.2-4)によって行うことができるものとする。なお、式(3.2.2-6)、式(3.2.2-7)において N は圧縮を正とする。また、式(3.2.2-4)による検定において、壁パネル端引張接合部を鋼板挿入ドリフトピン、LSB、グルードインロッド等とする場合は、引張接合部としての耐力は試験等によって評価されるので、壁パネルは無欠損とみなすことができるものとする。

$$M \leqq \min\,(M_{a1}, M_{a2}) \qquad (3.2.2\text{-}4)$$

ここで、

$$M_{a1}=\frac{D-0.85x_n}{2}\cdot C+\frac{D+2x_n}{6}\cdot T \qquad (3.2.2\text{-}5)$$

4) 日本建築学会:木質構造設計規準・同解説,―許容応力度・許容耐力設計法―,第 4 版第 2 刷,2009 年 3 月 25 日

$N \geqq 0$（圧縮）のとき　$M_{a2} = \left(\frac{N}{D \cdot t \cdot F_c} + 1\right) \cdot Z \cdot F_b$

$N < 0$（引張）のとき　$M_{a2} = \left(\frac{N}{D \cdot t \cdot F_t} + 1\right) \cdot Z \cdot F_b$　(3.2.2-6)

$$x_n = \frac{N + F_b \cdot t \cdot D/2}{(0.85^2 \cdot F_c + 1/2 \cdot F_b) \cdot t} \quad (3.2.2\text{-}7)$$

$$T = F_b \cdot t \cdot (D - x_n)/2 \quad (3.2.2\text{-}8)$$

$$C = 0.85^2 F_c \cdot t \cdot x_n \quad (3.2.2\text{-}9)$$

F_c, F_t　:面内圧縮、面内引張の基準強度

F_b　:面内曲げの基準強度

Z　:壁パネルの断面係数（全断面有効として）

t　:壁パネルの厚さ

D　:壁パネルの幅

N 、M は壁パネルに対応する梁要素端部の軸応力、曲げ応力とするほか、梁要素端部にせん断パネルが存在する場合は、当該せん断パネルに接続する引張バネ・圧縮バネの軸応力を用いて計算される値のうち不利な方とする。

(2)　大版パネル架構①における亀裂方向の検定

2.1.3(1)項で述べたように、大版パネル架構①では開口隅部を起点とする亀裂が鉛直方向に生じることを前提として、当該架構を小幅パネル架構と同様の分割型架構に含める。亀裂が袖壁等部分に水平方向に生じる場合は、袖壁等部分の鉛直荷重支持能力が低下して極めて危険な状態になる可能性が高い。したがって、亀裂が鉛直方向に生じることを保証するために、袖壁等部分の曲げ耐力がそれに接する垂れ壁部分・腰壁部分の曲げ耐力を上回ることを下記のように確認する。

$$\frac{{}_w\sigma_c}{{}_wf_c} + \frac{{}_w\sigma_t}{{}_wf_t} + \frac{{}_w\sigma_b}{{}_wf_{bI}} < \frac{{}_{ls}\sigma_b}{{}_{ls}f_{bI}} \quad (3.2.2\text{-}8)$$

ここで、${}_wf_c$, ${}_wf_t$, ${}_wf_{bI}$　:それぞれ袖壁等部分の圧縮、引張、面内曲げの許容応力度

${}_{ls}f_{bI}$　:垂れ壁部分または腰壁部分の面内曲げの許容応力度

${}_w\sigma_c$, ${}_w\sigma_t$, ${}_w\sigma_{bI}$　:それぞれ袖壁等部分の開口隅部における圧縮、引張、面内曲げ応力度

${}_{ls}\sigma_{bI}$　:垂れ壁部分または腰壁部分の面内曲げ応力度

なお、ルート 2 では${}_w\sigma_c$,${}_w\sigma_t$,${}_w\sigma_{bI}$,${}_{ls}\sigma_{bI}$は技術基準告示第九第二号に規定される応力割増し係数を考慮した値とする。ルート 3 及び限界耐力計算では${}_w\sigma_c$,${}_w\sigma_t$,${}_w\sigma_{bI}$,${}_{ls}\sigma_{bI}$は終局時の値とし、${}_wf_c$,${}_wf_t$,${}_wf_{bI}$,${}_{ls}f_{bI}$に代えて基準強度を用いる。また、ルート 1 では技術基準告示第 10 第 2 項第四号に同様の規定が存在するので、本項の検定は不要である。

(3)　面外応力の検定

建築物外周に配置する壁パネルには風圧力による面外曲げ応力が生じる。このような壁パネルについては下式の検定を行う。

$$\frac{\sigma_c}{f_k} + \frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_{bO}} \leqq 1.0 \quad (3.2.2\text{-}9)$$

ここで、f_k　:（圧縮）座屈の許容応力度

f_t, f_{bO}　:それぞれ引張、面外曲げの許容応力度

$\sigma_c, \sigma_t, \sigma_b$　:それぞれ圧縮、引張、面外曲げ応力度

なお、限界耐力計算において極めて稀に発生する風圧力に対する検定を行う場合は許容応力度に代えて基準強度を用いる。

3.2.3　水平構面 CLT パネルの検定方法

(1)　鉛直構面内床パネルの面外耐力

3.1.2(2)項による床版・屋根版及び 3.1.3(1)項による枠要素については、それらに対応して鉛直構面内に設定される梁

要素の圧縮応力C、引張応力T、面外曲げ応力M、面外せん断応力Qをもとに、式(3.2.1-1)～(3.2.1-3)、式(3.2.1-5)により圧縮応力度σ_c、引張応力度σ_t、面外曲げ応力度σ_b及び面外せん断応力度τ_Oを求めて下式の検定を行う。このとき、ルート 2 の構造計算では、地震時応力に対して技術基準告示第九第二号の規定による応力割増し係数が適用され、ルート 1 の構造計算では、技術基準告示第十第一号ロの規定により標準層せん断力係数 0.3 に相当する応力を対象とすることに注意する。これは次の(2)項においても同様である。なお、3.1.2(1.5)で述べたように、構造モデルの設定において床版梁要素の曲げ・せん断剛性を 0 とする場合は本検定を省略する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c}+\frac{\sigma_t}{f_t}+\frac{\sigma_b}{f_{bO}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.3\text{-}1)$$

$$\frac{\tau_O}{f_{sO}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.3\text{-}2)$$

ここで、f_c ,f_t ,f_{bO},f_{sO}　:それぞれ圧縮、引張、面外曲げ、面外せん断の許容応力度

また、終局時の検定では許容応力度に代えて基準強度を用いる。

(2)　鉛直構面外床パネルの面内せん断耐力

3.2.1 項による面内せん断応力度τ_Iを用いて下式の検定を行う。

$$\frac{\tau_I}{f_{sI}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.3\text{-}3)$$

ここで、f_{sI}　:面内せん断の許容応力度

小開口を有する床パネルについて、3.3.2(1), (2)項の方法により耐力低減率を計算する場合は許容応力度に当該低減率を乗じる。3.3.2(3)項の方法により面内の許容せん断耐力を設定する場合は、面内せん断応力が当該許容せん断耐力以下であることを確認する。また、終局時の検定では許容応力度に代えて基準強度を用いる。

(3)　鉛直構面外床パネルの面外耐力

(3.1)　1 方向床パネル

鉛直構面外の床パネルについては、通常、鉛直荷重による面外応力・たわみは原則として床パネルを強軸方向の 1 方向版とみなして計算する。この応力をもとに式(3.2.1-3)、式(3.2.1-5)により面外曲げ応力度σ_b及び面外せん断応力度τ_Oを計算し、下式の検定を行う。

$$\frac{\sigma_b}{f_{bO}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.3\text{-}4)$$

$$\frac{\tau_O}{f_{sO}} \leqq 1.0 \qquad (3.2.3\text{-}5)$$

ここで、f_{bO},f_{sO}　:それぞれ面外曲げ、面外せん断の許容応力度

限界耐力計算において極めて稀に発生する積雪荷重に対する検定を行う場合は許容応力度に代えて基準強度を用いる。そのほか、小開口を有する床パネルについては、3.3.2(1), (2)項で述べるように残存断面の断面性能に基づいて応力度を計算する。また、検定対象床パネルの負担重量が 3.3.2(3)項に示す負担可能重量以下であることの確認を本項の検定に代えることができる。

面外たわみについては平 12 建告第 1459 号第 2 に準拠し、変形増大係数 2.0 として、スパンの 1/250 以下であることを検定する。

(3.2)　斜辺支持床パネルの有効スパン

技術基準告示第四第三号に基づき、非矩形・斜辺支持床パネルの面外荷重に対する応力・たわみ算定に関する有効支持スパンを次のように設定する。

図 3.2.3-1(a),(b)に示すように、床パネル直交軸に対する支持辺の傾斜が同じ方向の場合は「平行四辺形状」、異なる場合を「台形状」と称する。いずれか一方の支持辺の傾斜が 0 である場合は平行四辺形状とする。図 3.2.3-1(c)に示す片持ちを含め、それらの床パネルを幅Bに応じた鉛直荷重を負担する単純梁として面外曲げ応力、面外せん断応力及びたわみを算定する場合の有効支持スパンL_eを表 3.2.3-1 のように定める。なお、図 3.2.3-1(a)に示すものが 3 辺支持

となる場合のL_eも表 3.2.3-1 と同じとし、図 3.2.3-1 (a), (b) 示すものが 4 辺支持となる場合のL_eはL_1とする。

上記のほか、FEM 解析等により有効支持スパンL_eを適切に設定できる場合は当該方法によることができる。

表 3.2.3-1　斜辺支持床・屋根パネルの有効支持スパンL_e

床形状		曲げ応力	せん断応力	たわみ
2 辺平行 2 辺支持	平行四辺形状	$1.1L_1$	$1.2L_1$	$1.1L_1$
	台形状	L_1	$1.1L_1$	L_1
3 辺支持	平行四辺形状	$1.1L_1$	$2.0L_1$	$1.1L_1$
	台形状	L_1	L_1	L_1
片持ち		L_1		

L_1 :最大支持スパン

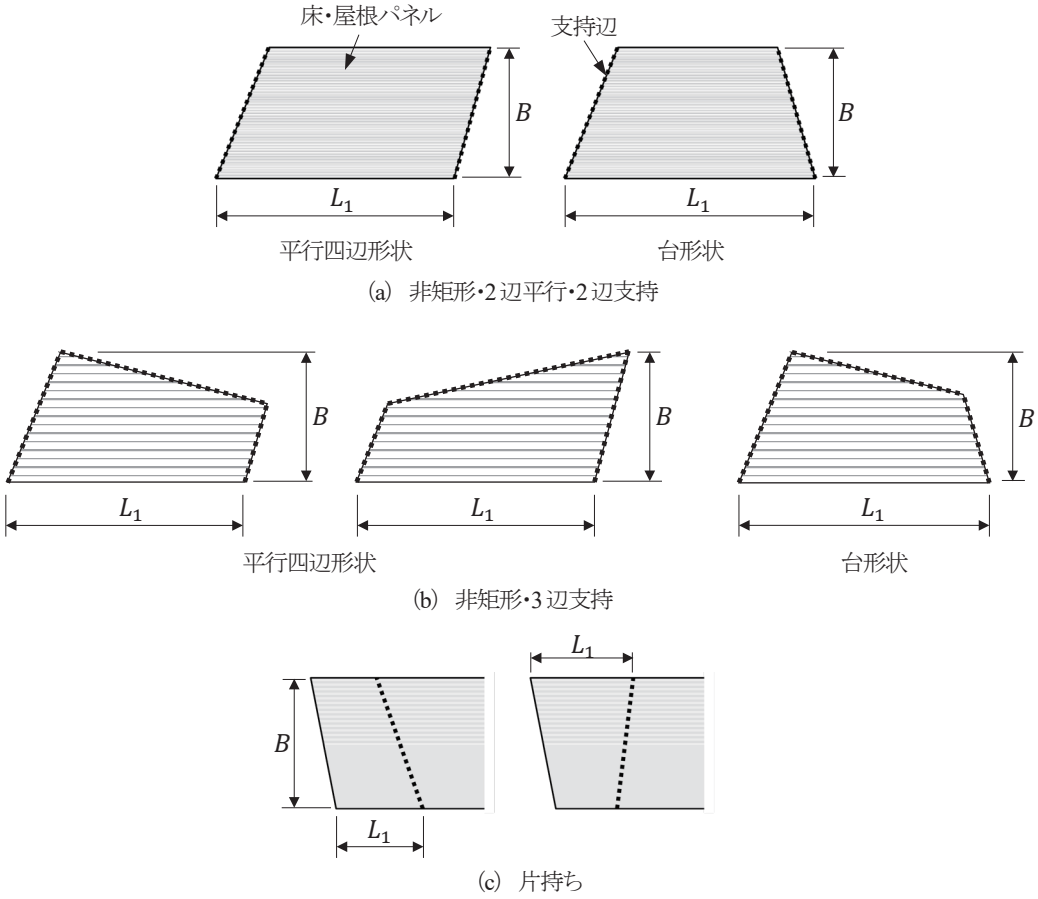


図 3.2.3-1　斜辺支持床・屋根パネルの分類

(3.3)　2 方向床パネル

3.1.3 (3.3) 項の方法により面外格子梁としてモデル化した 2 方向床・屋根パネルを対象として、梁要素の曲げ応力、せん断応力及び最大たわみについて以下の検定を行う。

- 梁要素の許容応力算定に関する有効幅は、中間部の梁では両側の格子梁間隔の平均値、パネル端部の梁では格子梁間隔の 1/2 とする。
- 曲げ応力については、梁の応力を有効幅に基づく断面係数で除したものを曲げ応力度σ_bとし、3.3.1 項に示す CLT パネル面外方向の曲げの基準強度に基づく許容応力度f_{bO}でσ_bを除した値が 1.0 以下であることを検定する。なお、この検定は各梁要素について独立で行う。
- せん断応力については、一つの節点で交わる一組の強軸方向、弱軸方向の梁要素を対象として、梁の応力を有効幅に基づく断面積で除した値に、3.3.1 項に示す CLT パネル面外方向のせん断応力度分布係数βを乗じたもの

をせん断応力度τ_0とし、3.3.1 項に示す CLT パネル面外方向のせん断の基準強度に基づく許容応力度f_{s0}でτ_0を除した値をそれぞれ算出し、その合計が 1.0 以下であること検定する。なお、図 3.1.3-6(b)のように指示辺が途中で途切れる場合はτ_0を上記の 1.2 倍とする。

- たわみについては、節点の最大鉛直変位に変形増大係数 2.0 を乗じた値が最大支持スパンの 1/250 以下であることを検定する。このとき、2 方向の片持ちパネルについては図 3.2.3-2 のように支持辺隅角部からパネル隅角部までの距離を最大支持スパンとする。

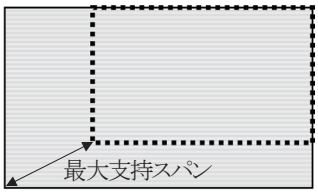


図 3.2.3-2　2 方向片持ち部分の最大支持スパン

上記のほか、FEM 解析等の結果に基づいて応力・たわみを適切に検定できる場合は当該方法によることができる。

3.2.4　接合部の検定方法

(1)　検定の原則

引張接合部、せん断接合部の許容耐力は「第 9 章　CLT パネル工法における接合部の強度性能」あるいは「第 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」などに基づいて設定する。式(3.1.2-2)～(3.1.2-10)によって応力変形特性を設定する圧縮接合部の許容耐力は式(3.1.2-2), (3.1.2-5), (3.1.2-10)による降伏耐力 P_y に平 13 国交告第 1024 号（平 28 国交告第 562 号）第 1 第十九号イに準じて下記の数値を乗じた値とする。

壁パネル-基礎（支圧で決まる場合）　長期: 1.1/3　長期積雪: 1.43/3　短期積雪: 1.6/3　短期: 2/3

その他（めり込みで決まる場合）　長期: 1.5/3　短期: 2/3

保有水平耐力計算及び限界耐力計算における終局時の検定については、接合部バネ要素の変形が設定した終局変形以下であることを検定する。この検定は接合部バネ要素のいずれかが終局変形に達した時点で増分解析を終了することにより省略できる。

(2)　MS 要素の検定方法

CLT パネル接合面について、長期及び短期の圧縮応力度及び引張接合部の引張応力を(2.1)項の方法によって求め、それらが許容圧縮応力度及び許容引張耐力以下であることを検定する。許容引張耐力の設定方法は(1)項と同じである。許容圧縮応力度は、支圧で決まる場合については CLT パネルの圧縮の基準強度に、めり込みで決まる場合についてはめり込みの基準強度にそれぞれ(1)項の数値を乗じた値とする。また、短期の圧縮応力度の検定については(2.2)項の方法によることができる。

保有水平耐力計算及び限界耐力計算における終局時の検定については、MS 要素を構成する引張バネ、圧縮バネの変形が設定した終局変形以下であることを検定する。この検定はバネ要素のいずれかが設定した終局変形に達した時点で増分解析を終了することにより省略できる。

(2.1)　CLT パネル端接合面の応力

図 3.2.4-1 のように MS 要素が設定される 2 つの節点の並進変位をv_1,v_2、回転変位をθ_1, θ_2とする。このとき、引張バネの変形δ_t及びパネル圧縮縁の変形δ_cは次のように求められる。なお、v_1,v_2及びθ_1, θ_2は図 3.2.4-1 中の矢印の方向と正としている。

$$\delta_t = v_2 - v_1 + (\theta_2 - \theta_1)\cdot d_t \qquad (3.2.4\text{-}1)$$

$$\delta_c = -v_2 + v_1 + (\theta_2 - \theta_1)\cdot d_c \qquad (3.2.4\text{-}2)$$

3.1.2(3.3), (3.4)項で設定した引張バネ・圧縮バネの応力変形関係にこれらの変形を適用して引張バネの応力Tと圧縮バネの応力Cを求める。Cを区画面積で除したものをパネル圧縮縁応力度σ_cとする。

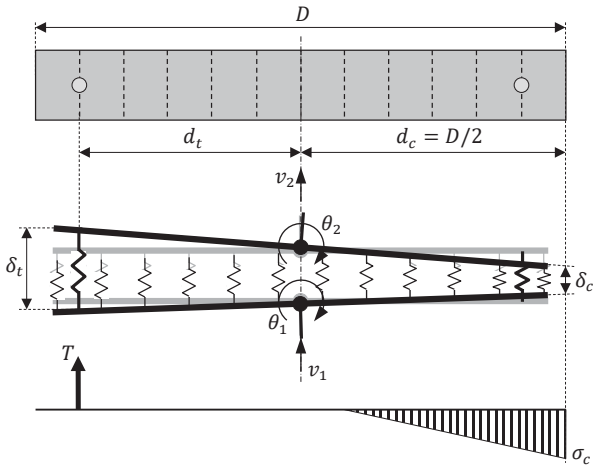


図 3.2.4-1　MS 要素を構成するバネの変形

(2.2)　短期応力に対する圧縮応力度の検定

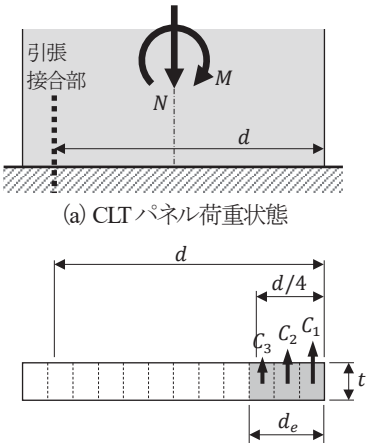
短期の荷重・外力によって生じる圧縮応力度の検定については(2.1)項の方法によるほか、以下の方法による平均圧縮応力度$\bar{\sigma}_c$を用いることができる。

図 3.2.4-2 に示すようにパネルの圧縮縁から$d/4$以内に存在する圧縮バネの応力C_iをもとに平均圧縮応力度$\bar{\sigma}_c$を次のように求める。

$$\bar{\sigma}_c = \frac{\sum_i C_i}{d_e \cdot t} \tag{3.2.4-3}$$

ここで、d_e:　$d/4$以内に存在する圧縮バネ区画幅の合計

t:　CLT パネル厚さ



(a) CLT パネル荷重状態

(b) MS 要素応力状態

図 3.2.4-2　MS 要素の短期許容時応力の検定対象範囲

3.2.5　在来工法による鉛直構面・水平構面の検定方法

在来工法の耐力壁、床組・小屋組(面内)、接合部の許容水平耐力、終局水平耐力は 3.1.4 項で挙げた文献等に準じて適切に設定する。

3.2.6　直交壁効果を保証するための検定方法

4.1.3 項に示す令第 82 条各号の構造計算による応力検定において下記の検定を行う。

a. 建築物平面出隅部において、検定方向構面内の引張接合部及び直交壁のうち 3.1.2(1.9)項で述べた有効部分に存在する引張接合部(図 3.2.6-1 において※印の接合部及びP_1～P_6が生じている接合部)の地震時の検定比を 0.7 以下とする。ただし、平 19 国交告第 594 号第 2 第三号に規定される 45 度方向の地震力に対する検定を行う場合は適用しない。

b. 全ての直交壁について、それらが直交壁効果として負担する鉛直軸力N_cが、それを伝達する部分の短期許容耐力以下であることを確認する。N_cを伝達する部分を当該直交壁と検定方向構面をつなぐ床版・屋根版、梁または梁端接合部の鉛直せん断とする場合はN_cを式(3.2.6-1)によって求める。なお、床版・屋根版を CLT パネルで構成する場合は、面外の短期許容せん断耐力は 3.1.2(2)で述べた有効床幅に対応する部分の値とする。

$$N_c = P_3 + P_4 + P_5 + P_6 \tag{3.2.6-1}$$

N_cを伝達する部分を当該直交壁と検定方向構面内の耐力壁との間に設けたせん断接合部の鉛直せん断とする場合はN_cを式(3.2.6-2)によって求める。

$$N_c = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \tag{3.2.6-2}$$

ここで、P_1～P_6は床版(最上階では屋根版)に作用する力の方向が図 3.2.6-1 中の矢印の方向である場合を正とする。なお、3.1 節による構造モデルを用いた解析の結果として直交壁に伝達される力が求められる場合は当該力をN_cとすることができる。

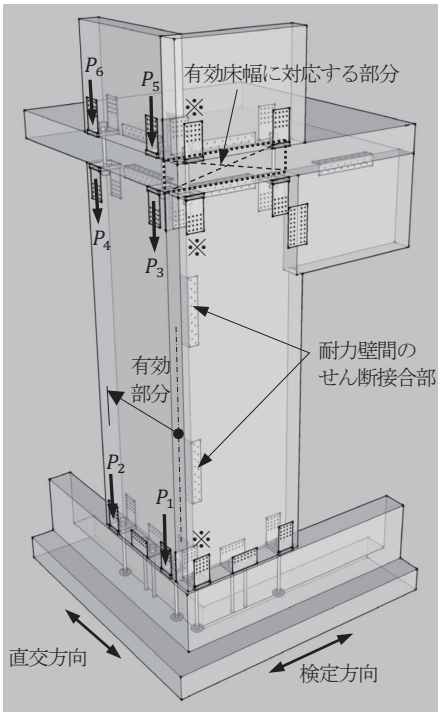


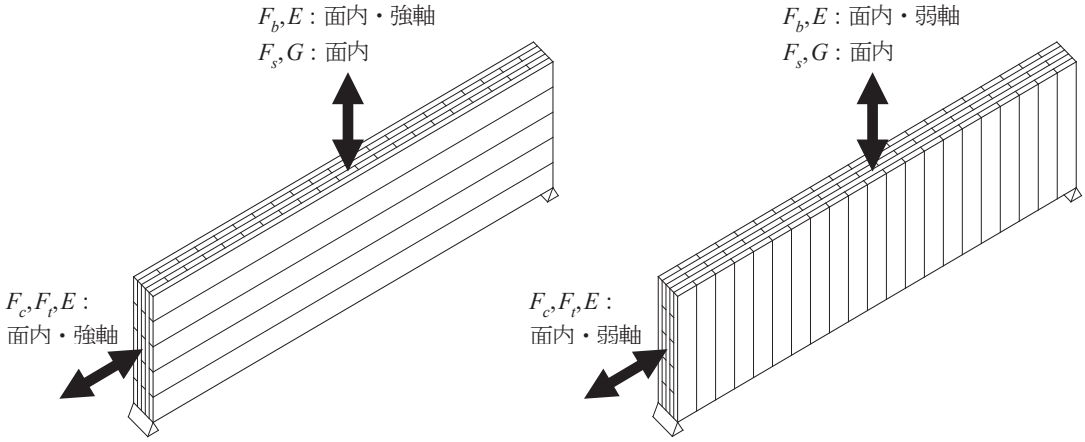
図 3.2.6-1　直交壁の構成の例

3.3　CLT パネルの剛性・強度

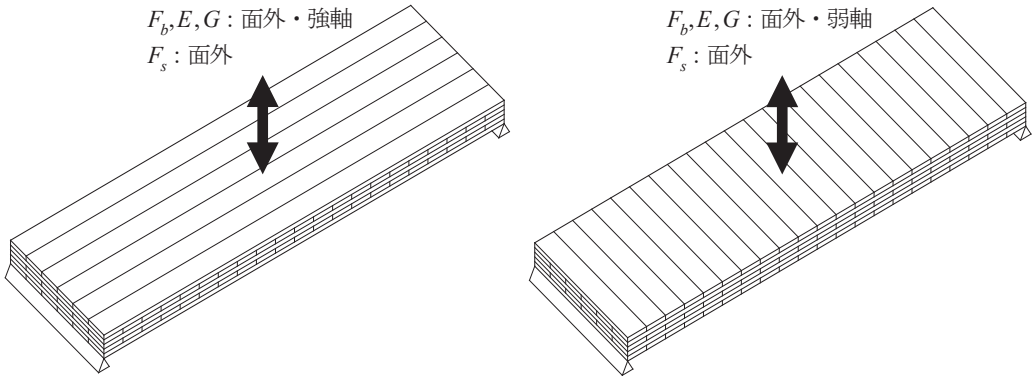
3.3.1　CLT パネルの弾性係数・基準強度

CLTパネルの基準強度及び弾性係数とCLTパネルに作用する荷重の方向の関係を図3.3.1-1に示す。表3.3.1-2、表3.3.1-3 にはラミナの強度区分を等級区分機によって設定する場合について、圧縮、引張、曲げの基準強度F_c, F_t, F_b及び弾性係数E, Gを示す。表 3.3.1-4 にはせん断の基準強度F_s及び式(3.2.1-6)によるせん断応力度分布係数βの値を示す。なお、F_sの算出については平 13 国交告第 1024 号の規定に従って樹種を表 3.3.1-1 にようにⅠ～Ⅳのグループに分けている。また、面内方向のF_sはラミナの厚さt_{lmn}、ラミナの幅b、ラミナ幅方向の最小数mによって変化するが、表 3.3.1-4 では標準的な値としてt_{lmn}=30mm、b=120mm、m=3 または 7 としている。

基準強度、弾性係数の計算方法については「第Ⅳ部　材料と耐久性」を参照されたい。



(a)　面内力(幅方向)に対する基準強度・弾性係数



(b)　面外力(積層方向)に対する基準強度・弾性係数

図 3.3.1-1　CLT パネルの基準強度・弾性係数と荷重方向の関係

表 3.3.1-1　せん断の基準強度F_s算出における樹種グループ

グループ	樹　種
Ⅰ	ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ
Ⅱ	つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン及びべいつが
Ⅲ	もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ポンデローサパイン、おうしゅうあかまつ及びジャックパイン
Ⅳ	すぎ及びべいすぎ

表 3.3.1-2　CLT パネルの圧縮・引張・曲げの基準強度（等級区分機による等級）（N/mm²）

(a)　強度等級 Mx60、S60

強度等級 ラミナ構成	面内方向						面外方向	
	Fc		Ft		Fb		Fb	
	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸
Mx60-3-3	10.80	3.90	8.00	2.87	10.80	3.90	12.67	0.35
Mx60-3-4	8.10	5.85	6.00	4.31	8.10	5.85	11.51	1.18
Mx60-5-5	8.10	4.68	6.00	3.45	8.10	4.68	10.37	1.97
Mx60-5-7	10.41	3.34	7.71	2.46	10.41	3.34	12.14	0.72
Mx60-7-7	6.94	5.01	5.14	3.69	6.94	5.01	8.86	2.74
Mx60-9-9	6.30	5.20	4.66	3.83	6.30	5.20	7.86	3.18
S60-3-3	10.80	5.40	8.00	4.00	10.80	5.40	12.67	0.48
S60-3-4	8.10	8.10	6.00	6.00	8.10	8.10	11.51	1.64
S60-5-5	9.72	6.48	7.20	4.80	9.72	6.48	10.42	2.73
S60-5-7	11.57	4.62	8.57	3.42	11.57	4.62	12.16	0.99
S60-7-7	9.25	6.94	6.85	5.14	9.25	6.94	9.36	3.79
S60-9-9	9.00	7.20	6.66	5.33	9.00	7.20	8.75	4.40

(b)　強度等級 Mx90、S90

強度等級 ラミナ構成	面内方向						面外方向	
	Fc		Ft		Fb		Fb	
	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸
Mx90-3-3	13.80	3.90	10.25	2.87	13.80	3.90	16.19	0.35
Mx90-3-4	10.35	5.85	7.68	4.31	10.35	5.85	14.71	1.18
Mx90-5-5	9.66	4.68	7.17	3.45	9.66	4.68	13.23	1.97
Mx90-5-7	12.81	3.34	9.51	2.46	12.81	3.34	15.51	0.72
Mx90-7-7	7.88	5.01	5.85	3.69	7.88	5.01	11.11	2.74
Mx90-9-9	6.90	5.20	5.12	3.83	6.90	5.20	9.66	3.18
S90-3-3	13.80	6.90	10.25	5.12	13.80	6.90	16.19	0.62
S90-3-4	10.35	10.35	7.68	7.68	10.35	10.35	14.71	2.10
S90-5-5	12.42	8.28	9.22	6.15	12.42	8.28	13.32	3.49
S90-5-7	14.78	5.91	10.98	4.39	14.78	5.91	15.54	1.27
S90-7-7	11.82	8.87	8.78	6.58	11.82	8.87	11.96	4.85
S90-9-9	11.50	9.20	8.54	6.83	11.50	9.20	11.18	5.62

(c)　強度等級 Mx120、S120

強度等級 ラミナ構成	面内方向						面外方向	
	Fc		Ft		Fb		Fb	
	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸
Mx120-3-3	16.80	3.90	12.50	2.87	16.80	3.90	19.71	0.35
Mx120-3-4	12.60	5.85	9.37	4.31	12.60	5.85	17.91	1.18
Mx120-5-5	11.34	4.68	8.43	3.45	11.34	4.68	16.09	1.97
Mx120-5-7	15.30	3.34	11.38	2.46	15.30	3.34	18.87	0.72
Mx120-7-7	9.00	5.01	6.69	3.69	9.00	5.01	13.40	2.74
Mx120-9-9	7.70	5.20	5.72	3.83	7.70	5.20	11.53	3.18
S120-3-3	16.80	8.40	12.50	6.25	16.80	8.40	19.71	0.75
S120-3-4	12.60	12.60	9.37	9.37	12.60	12.60	17.91	2.55
S120-5-5	15.12	10.08	11.25	7.50	15.12	10.08	16.21	4.25
S120-5-7	18.00	7.20	13.39	5.35	18.00	7.20	18.92	1.55
S120-7-7	14.40	10.80	10.71	8.03	14.40	10.80	14.56	5.91
S120-9-9	14.00	11.20	10.41	8.33	14.00	11.20	13.62	6.85

※ 表の網掛け部分について、9 層 9 プライの強軸方向は、積層方向の長期に生ずる力に対する曲げ及びせん断の許容応力度は定められていない。

表 3.3.1-3　CLT パネルの弾性係数（等級区分機による等級）（N/mm^2）

(a)　強度等級 Mx60、S60

強度等級 ラミナ構成	面内方向			面外方向			
	E		G	E		G	
	強軸	弱軸	共通	強軸	弱軸	強軸	弱軸
Mx60-3-3	4000	1000	500	5777	111	23.8	62.5
Mx60-3-4	3000	1500	500	5250	375	20.5	46.8
Mx60-5-5	3000	1200	500	4728	624	27.9	13.6
Mx60-5-7	3857	857	500	5536	227	29.7	9.7
Mx60-7-7	2571	1285	500	4040	865	29.6	19.4
Mx60-9-9	2333	1333	500	3584	1004	30.6	22.7
S60-3-3	4000	2000	500	5777	222	45.4	125.0
S60-3-4	3000	3000	500	5250	750	40.1	93.7
S60-5-5	3600	2400	500	4752	1248	54.5	27.2
S60-5-7	4285	1714	500	5545	454	55.8	19.4
S60-7-7	3428	2571	500	4268	1731	58.4	38.9
S60-9-9	3333	2666	500	3991	2008	60.6	45.4

(b)　強度等級 Mx90、S90

強度等級 ラミナ構成	面内方向			面外方向			
	E		G	E		G	
	強軸	弱軸	共通	強軸	弱軸	強軸	弱軸
Mx90-3-3	6000	1000	500	8666	111	24.1	62.5
Mx90-3-4	4500	1500	500	7875	375	20.7	46.8
Mx90-5-5	4200	1200	500	7080	624	28.1	13.6
Mx90-5-7	5571	857	500	8300	227	30.4	9.7
Mx90-7-7	3428	1285	500	5947	865	29.8	19.4
Mx90-9-9	3000	1333	500	5172	1004	30.7	22.7
S90-3-3	6000	3000	500	8666	333	68.1	187.5
S90-3-4	4500	4500	500	7875	1125	60.2	140.6
S90-5-5	5400	3600	500	7128	1872	81.8	40.9
S90-5-7	6428	2571	500	8317	682	83.7	29.2
S90-7-7	5142	3857	500	6402	2597	87.6	58.4
S90-9-9	5000	4000	500	5987	3012	90.9	68.1

(c)　強度等級 Mx120、S120

強度等級 ラミナ構成	面内方向			面外方向			
	E		G	E		G	
	強軸	弱軸	共通	強軸	弱軸	強軸	弱軸
Mx120-3-3	8000	1000	500	11555	111	24.3	62.5
Mx120-3-4	6000	1500	500	10500	375	20.8	46.8
Mx120-5-5	5400	1200	500	9432	624	28.2	13.6
Mx120-5-7	7285	857	500	11064	227	30.7	9.7
Mx120-7-7	4285	1285	500	7854	865	29.9	19.4
Mx120-9-9	3666	1333	500	6761	1004	30.8	22.7
S120-3-3	8000	4000	500	11555	444	90.9	250.0
S120-3-4	6000	6000	500	10500	1500	80.3	187.5
S120-5-5	7200	4800	500	9504	2496	109.0	54.5
S120-5-7	8571	3428	500	11090	909	111.6	38.9
S120-7-7	6857	5142	500	8536	3463	116.8	77.9
S120-9-9	6666	5333	500	7983	4016	121.2	90.9

※ 表の網掛け部分について、9 層 9 プライの強軸方向は、積層方向の長期に生ずる力に対する曲げ及びせん断の許容応力度は定められていない。

表 3.3.1-4　CLT パネルのせん断の基準強度、せん断応力度分布係数

ラミナ構成	Fs (t_{lmn}=30mm, b=120mm) (N/mm^2)												β（面外方向のみ）	
	面内方向								面外方向					
	m=3				m=7								強軸	弱軸
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ		
3-3	2.43	1.84	1.74	1.68	3.02	2.16	2.08	2.04	1.20	1.10	1.00	0.90	1.385	4.500
3-4	1.82	1.38	1.30	1.26	2.26	1.62	1.56	1.53	1.20	1.10	1.00	0.90	1.286	3.000
5-5	2.91	2.20	2.09	2.02	3.60	2.59	2.50	2.45	1.20	1.10	1.00	0.90	1.257	2.308
5-7	2.08	1.57	1.49	1.44	2.59	1.85	1.78	1.75	1.20	1.10	1.00	0.90	1.344	3.231
7-7	3.12	2.36	2.24	2.17	3.60	2.77	2.68	2.62	1.20	1.10	1.00	0.90	1.273	1.804
9-9	3.24	2.45	2.32	2.25	3.60	2.88	2.78	2.70	1.20	1.10	1.00	0.90	1.256	1.771

※ 表の網掛け部分について、9 層 9 プライの強軸方向は、積層方向の長期に生ずる力に対する曲げ及びせん断の許容応力度は定められていない。

3.3.2　小開口を有する CLT パネルの剛性・強度

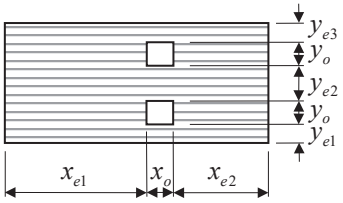
技術基準告示第 4 第二号ハの規定による開口を有する CLT パネルの剛性・耐力の低減に関する特別な調査又は研究に該当する構造性能評価方法として、現在のところ以下のものが挙げられる。設備貫通孔などの小開口に対しては「方法 1」の条件に従った断面性能の低減、それを超える中程度の開口に対しては「方法 2」による剛性・耐力の低減、あるいは「方法 3」による許容耐力・剛性低減率などを適用することができる。上記のほか、FEM 解析等により剛性・耐力の低減を適切に評価できる場合は当該方法によることができる。

なお、モデル化及び検定においては当該開口を無視し、本章の解説に基づく低減後の剛性・耐力を用いる。

(1)　方法 1: 欠損を考慮した断面性能低減

開口部が下記のいずれかの条件を満足する場合は、面内剛性の低減は不要であり、面内・面外の曲げ耐力及びせん断耐力の低減率はそれぞれ、開口部を設けることによる断面係数の減少率及び断面積の減少率とすることができる。

a. 開口部の大きさが辺長 120mm の正方形に包含され、開口部と CLT パネルの端部の距離を表層ラミナ方向については 240mm 以上、表層ラミナ直交方向については 70mm 以上とし、開口部の間の内法距離を 240mm 以上とする。

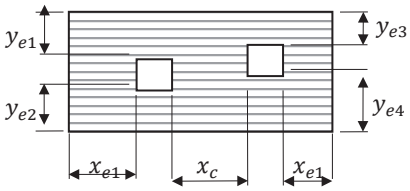


x_o , y_o ≦120mm
x_{e1} , x_{e2} , y_{e2} ≧240mm
y_{e1} , y_{e3} ≧70mm

図 3.3.2-1　方法 1 を適用できる開口部寸法 その 1

なお、7.2.1 項末尾でも述べているように、ルート 1 の構造計算おいて引きボルト接合の座金・ナットを設置する目的で設ける開口については面内耐力の低減は不要とする。

b. 図 3.3.2-2 のように一つの CLT パネルに設ける開口部数がパネル弱軸方向に 1 つであり、開口部の大きさが辺長 250mm の正方形に包含され、開口部を CLT パネルの端部から 250mm 以上離して設ける。パネル強軸方向に複数の開口部を設ける場合は相互の内法距離を 500mm 以上とする。

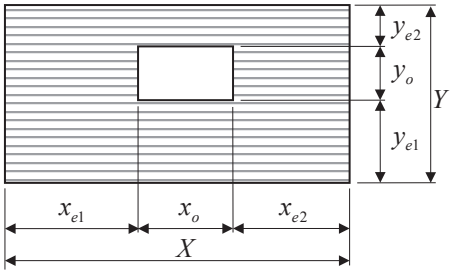


開口部≦250mm 角
x_{e1},x_{e2} ≧250mm
y_{e1},y_{e2},y_{e3},y_{e4} ≧250mm
x_c ≧500mm

図 3.3.2-2　方法 1 を適用できる開口部寸法 その 2

(2)　方法 2: 開口係数法に準じた方法

図 3.3.2-3 の条件を満足する場合は、開口を設けることによる面内の剛性・耐力の低減率R_oを式(3.3.2-1)によって計算することができる。



外層ラミナ方向の開口幅: x_o ≦1100mm
外層ラミナ直交方向の開口幅: y_o ≦740mm
開口端距離: $x_{e1}, x_{e2}, y_{e1}, y_{e2}$ ≧500mm

図 3.3.2-3　方法 2 を適用できる開口部寸法

$$R_o = \frac{r}{8 - 7 \cdot r} \qquad (3.3.2\text{-}1)$$

ここで、

$$r = \frac{1}{1 + \alpha/\beta} \qquad \alpha = \frac{x_o \cdot y_o}{X \cdot Y} \qquad \beta = \frac{y_{e1} + y_{e2}}{Y}$$

構造計算では、面内の曲げ耐力、せん断耐力、曲げ剛性、せん断剛性のすべてについて、無開口状態の値にR_oを乗じたものを、開口を設けた状態における値とする。

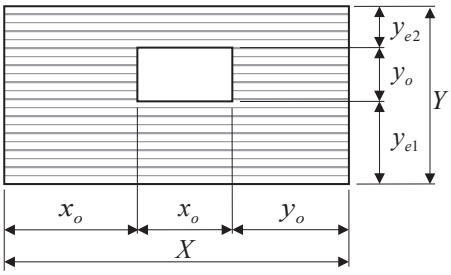
面外の剛性・耐力は、残存断面の断面性能に基づいて計算する。残存断面とは図 3.3.2-2, 3 におけるx_{e1},x_{e2}の部分及びy_{e1}～y_{e3}の部分である。

(3) 方法 3: FEM 解析に基づく構造性能　(※日本 CLT 協会: 低層 CLT 構造システム一般認定資料より)

床パネルの強度等級が Mx60、ラミナ構成が 5 層 7 プライで、強軸方向支持スパンXが 4.0m 以下、それに直交する床パネル幅Yが 1.0m 以上 2.5m 以下であって、図 3.3.2-4 の条件を満足する場合は、面内の短期許容せん断力、剛性低下率及び面外の負担可能荷重を次の値とすることができる。

面内　短期許容せん断力　47.6kN/m
　　剛性低減率　0.75
面外　負担可能長期重量　6.3kN/m^2 (CLT パネル重量含む)

なお、保有水平耐力時あるいは安全限界時の面内許容せん断力は上記の 3/2 倍の値とし、面外の負担可能重量については上記の値に対して、長期積雪で 1.3、短期積雪で 1.6/1.1、短期で 2/1.1、極稀時で 3/1.1 を乗じた値とする。



表層ラミナ方向開口幅: x_0 ≦ X /4　かつ　x_0 ≦1000mm
表層ラミナ直交方向開口幅: y_0 ≦ Y /2.5　かつ　y_0 ≦625mm
開口端距離: $x_{e1}, x_{e2}, y_{e1}, y_{e2}$ ≧250mm

図 3.3.2-4　方法 3 を適用できる開口部寸法

第 4 章　各ルート共通の構造計算

4.1　令第 82 条各号の構造計算

4.1.1　荷重・外力

(1)　荷重・外力の組合せ　［令第 82 条第二号］

部材検定に用いる荷重の組合せを表 4.1.1-1 のように設定する。

表 4.1.1-1　検定に用いる荷重・外力の組合せ

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	荷重の組合せ	
		一般地	令第86条第2項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域
長期に生ずる力	常時	G+P	G+P
	積雪時	G+P	G+P+0.7S
短期に生ずる力	積雪時	G+P+S	G+P+S
	暴風時	G+P+W	G+P+W
			G+P+0.35S+W
	地震時	G+P+K	G+P+0.35S+K

G：固定荷重　（（2）項）　P：積載荷重　（（3）項）　S：積雪荷重　（（4）項）
W：風圧力　（（5）項）　K：地震力　（（6）項）

(2)　固定荷重　［令第 84 条］

建築物の各部の固定荷重は、当該建築物の実況に応じて計算しなければならない。ただし、表 4.1.1-2 に掲げる建築物の部分の固定荷重については、それぞれ同表の単位面積当たり荷重の欄に定める数値に面積を乗じて計算することができる。そのほか、CLT パネルの比重はすぎを用いる場合は 0.45 以上、その他の樹種を用いる場合は 0.50 以上とし、せっこうボードの比重は 0.9 以上、強化せっこうボードの比重は 0.95 以上とする。

表 4.1.1-2　令第 84 条による固定荷重の標準値

建築物の部分	種別			単位面積当たり荷重 (N/m²)		備考
屋根	瓦ぶき	ふき土がない場合		屋根面につき	640	下地及び垂木を含み、もやを含まない。
		ふき土がある場合			980	
	波形鉄板ぶき	もやに直接ふく場合			50	もやを含まない。
	薄鉄板ぶき				200	下地及び垂木を含み、もやを含まない。
	ガラス屋根				290	鉄製枠を含み、もやを含まない。
	厚形スレートぶき				440	下地及び垂木を含み、もやを含まない。
木造のもや	もやの支点間の距離が 2m 以下の場合			屋根面につき	50	
	もやの支点間の距離が 4m 以下の場合				100	
天井	さお縁			天井面につき	100	つり木、受木及びその他の下地を含む
	繊維板張、打上げ板張、合板張又は金属板張				150	
	木毛セメント板張				200	
	格縁				290	
	しっくい塗				390	
	モルタル塗				590	
床	木造の床	板張		床面につき	150	根太を含む。
		畳敷			340	床板及び根太を含む。
		床ばり	梁り間が 4m 以下の場合		100	
			梁り間が 6m 以下の場合		170	
			梁り間が 8m 以下の場合		250	
	コンクリート造の床の仕上げ	板張			200	根太及び大引を含む。
		フロアリングブロック張			150	仕上げ厚さ 1 cmごとに、そのcmの数値を乗ずるものとする。
		モルタル塗、人造石塗及びタイル張			200	
		アスファルト防水層			150	厚さ 1 cmごとに、そのcm の数値を乗ずるものとする。
壁	木造の建築物の壁の軸組			壁面につき	150	柱、間柱及び筋かいを含む。
	木造の建築物の壁の仕上げ	下見板張、羽目板張又は繊維板張			100	下地を含み、軸組を含まない。
		木ずりしっくい塗			340	
		鉄網モルタル塗			640	
	木造の建築物の小舞壁				830	軸組を含む。
	コンクリート造の壁の仕上げ	しっくい塗			170	仕上げ厚さ 1 cmごとに、そのcmの数値を乗ずるものとする。
		モルタル塗及び人造石塗			200	
		タイル張			200	

(3)　積載荷重［令第 85 条］

建築物の各部の積載荷重は、当該建築物の実況に応じて計算しなければならない。ただし、表 4.1.1-3 に掲げる室の床の単位床面積当りの積載荷重については、それぞれ同表の値とすることができる。

表 4.1.1-3　積載荷重の標準値　(N/m²)

室の種類			床版用	架構用	地震用
(1)	住宅の居室、住宅以外の建築物における寝室又は病室		1800	1300	600
(2)	事務室		2900	1800	800
(3)	教室		2300	2100	1100
(4)	百貨店又は店舗の売場		2900	2400	1300
(5)	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場その他これらに類する用途に供する建築物の客席又は集会室	固定席の場合	2900	2600	1600
		その他の場合	3500	3200	2100
(6)	自動車車庫及び自動車通路		5400	3900	2000
(7)	廊下、玄関又は階段		(3)から(5)までに掲げる室に連絡するものにあっては、(5)の「その他の場合」の数値による。		
(8)	屋上広場又はバルコニー		(1)の数値による。ただし学校又は百貨店の用途に供する建築物にあっては、(4)の数値による。		

柱又は基礎の垂直荷重による圧縮力を計算する場合においては、表 4.1.1-3 の「架構用」の数値は、その支える床の数に応じて、これに表 4.1.1-4 の低減係数を乗じた数値まで減らすことができる。ただし、表 4.1.1-3 の(5)に掲げる室の床の積載荷重については、この限りでない。

表 4.1.1-4　積載荷重の低減係数

支える床の数	低減係数
2	0.95
3	0.9
4	0.85
5	0.8
6	0.75
7	0.7
8	0.65
9 以上	0.6

また、倉庫業を営む倉庫における床の積載荷重は、実況に応じて計算した数値が 3,900N/m² 未満の場合においても、3,900N/ m² としなければならない。

(4)　積雪荷重　［令第 86 条, 平 12 建告第 1455 号］

単位水平投影面積当たりの積雪荷重は式(4.1.1-1)により計算する。

$$\text{積雪荷重} = \mu_b \times d \times \rho \quad (\mathrm{N/m^2}) \qquad (4.1.1\text{-}1)$$

ここで、μ_b: 屋根形状係数

雪止めがある場合　$\mu_b = 1.0$

雪止めがない場合　$\mu_b = \sqrt{cos(1.5\theta)}$　ただし、$\theta > 60^\circ$の場合は$\mu_b = 0$

θ: 屋根勾配の角度

d: 垂直積雪量（cm）特定行政庁の定めによる。

ρ: 積雪の単位荷重　一般地では20N/cm/m²、多雪区域では特定行政庁の定めによる。

屋根形状係数μ_bについては、特定行政庁が屋根ふき材、雪の性状等を考慮して上記と異なる数値を定める場合がある。そのほか、令第 86 条には下記の規定がある。

- 屋根面における積雪量が不均等となるおそれのある場合においては、その影響を考慮して積雪荷重を計算しなければならない。
- 雪下ろしを行う習慣がある地方においては、その地方における垂直積雪量が 1m を超える場合においても、積雪荷重は、雪下ろしの実況に応じて垂直積雪量を 1m まで減らして計算することができる。
- 上記の規定により垂直積雪量を減らして積雪量を計算した建築物については、その出入口、主要な居室又はその他の見やすい場所に、その軽減の実況その他必要な事項を表示しなければならない。

(5)　風圧力　[令第 87 条, 平 12 建告第 1454 号]

(5.1)　建築物に作用する風圧力

風圧力は下式(4.1.1-2)により計算する。

$$風圧力 = q \times C_f \tag{4.1.1-2}$$

ここで、q: 速度圧

C_f: 風力係数

速度圧qは下記のように計算する。

$$q = 0.6E \cdot {V_0}^2 \quad (\mathrm{N/m^2}) \tag{4.1.1-3}$$

ここで、$E = {E_r}^2 \cdot G_f$ (4.1.1-4)

E_r: 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$$H \leqq Z_b \text{のとき} \quad E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{Z_b}{Z_G}\right)^{\alpha} \tag{4.1.1-5}$$

$$H > Z_b \text{のとき} \quad E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H}{Z_G}\right)^{\alpha} \tag{4.1.1-6}$$

H: 建築物の高さと軒の高さの平均（m）

Z_b、Z_G、α: 地表面粗度区分に応じて表4.1.1-5に掲げる数値とする。

G_f: ガスト影響係数（表4.1.1-5による）。

V_0: 地方の区分に応じた基準風速(m/s)。30～46(m/s)の値をとる。

表 4.1.1-5 平均風速分布算定用係数、ガスト影響係数

地表面粗度区分		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
Z_b(m)		5	5	5	10
Z_G(m)		250	350	450	550
α		0.10	0.15	0.20	0.27
G_f	$H \leqq 10$(m)	2.0	2.2	2.5	3.1
	$10 < H \leqq 40$(m)	上段と下段を直線補間した値			
	$40 < H$(m)	1.8	2.0	2.1	2.3

風力係数C_fは平 12 建告第 1454 号第 3 の規定に従い、次式(4.1.1-7)のように算出する。

$$C_f = 外圧係数C_{pe} - 内圧係数C_{pi} \tag{4.1.1-7}$$

ここで、C_fは当該部分を屋外から垂直に押す方向を正とする。C_{pe},C_{pi}は次の図 4.1.1-1～4 に掲げる形状の建築物または工作物にあっては、それぞれ当該形状に応じて表 4.1.1-6～11 に掲げる数値とする。そのほか、風洞試験の結果に基づいて風力係数を算出することができる。

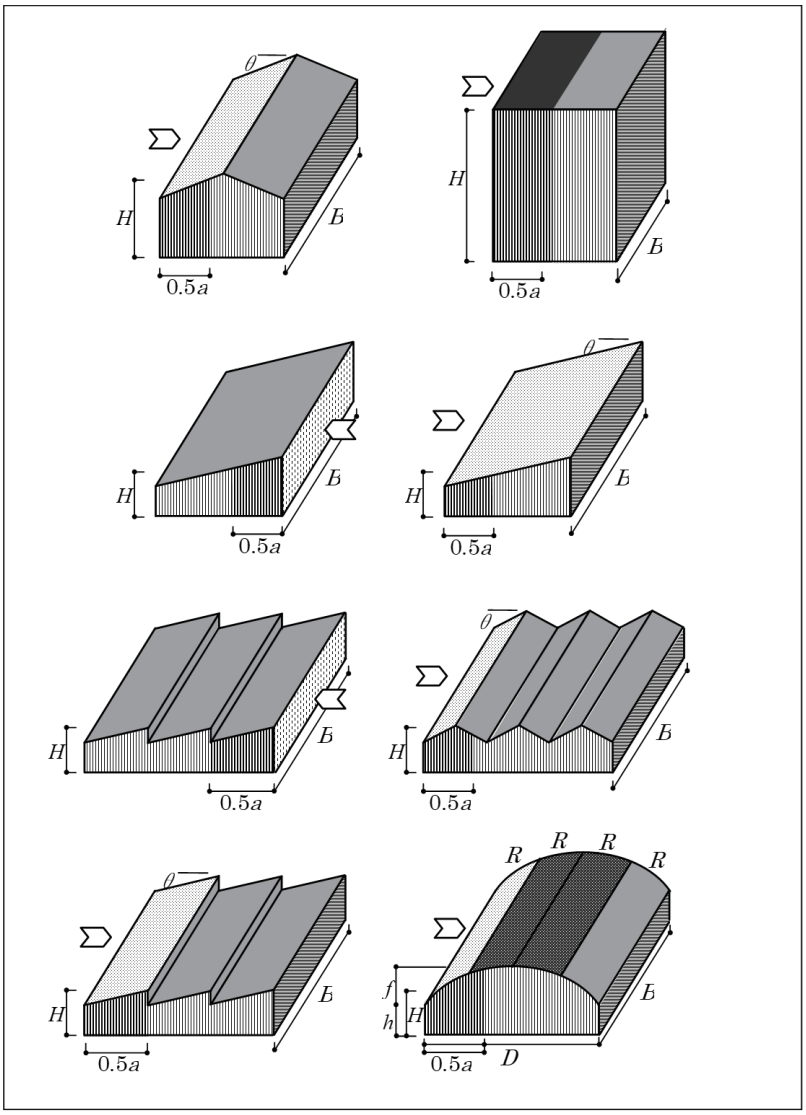


図 4.1.1-1 閉鎖型の建築物 （張り間方向に風を受ける場合。表 4.1.1-6～10 を用いる。）

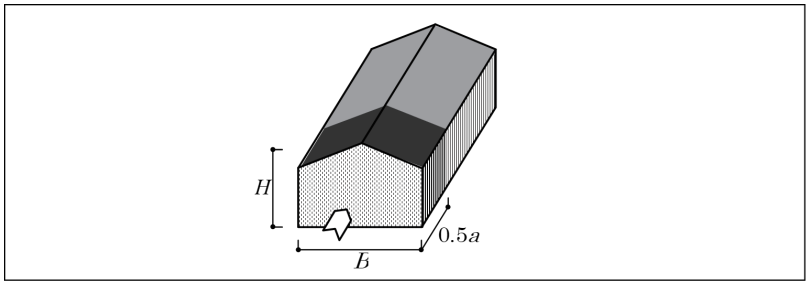


図 4.1.1-2 閉鎖型の建築物 （けた行方向に風を受ける場合。表 4.1.1-6, 7, 10 を用いる。）

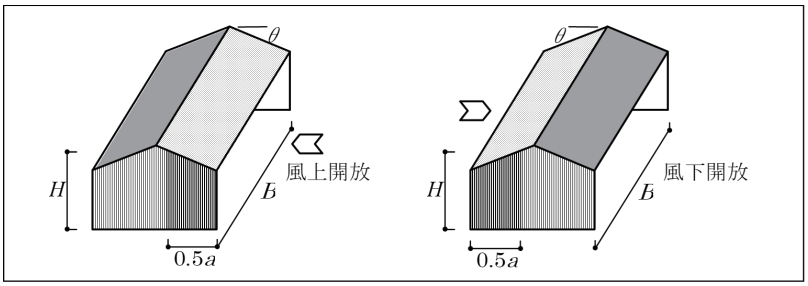


図 4.1.1-3 開放型の建築物　（表 4.1.1-6, 8, 10 を用いる。）

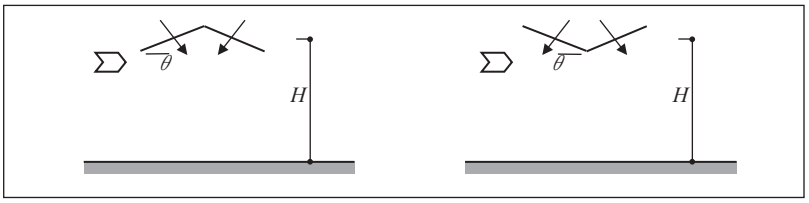


図 4.1.1-4 独立上家　（表 4.1.1-11 を用いる。）

表 4.1.1-6 壁面のC_{pe}

部位	風上壁面	側壁面		風下壁面
		風上端部より0.5aの領域	左に掲げる領域以外の領域	
C_{pe}	0.8k_z	−0.7	−0.4	−0.4

表 4.1.1-7 陸屋根面のC_{pe}

部位	風上端部より0.5aの領域	左に掲げる領域以外の領域
C_{pe}	−1.0	−0.5

表 4.1.1-8 切妻屋根、片流れ屋根及びのこぎり屋根面のC_{pe}

部位 / θ	風上面		風下面	
				この表における θ の数値以外の θ に応じた C_{pe}は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とする。ただし、θ が10度未満の場合にあっては正の係数を、θ が45度を超える場合にあっては負の係数を用いた計算は省略することができる。
	正の係数	負の係数		
10度未満	—	−1.0	−0.5	
10度	0	−1.0		
30度	0.2	−0.3		
45度	0.4	0		
90度	0.8	—		

表 4.1.1-9 円弧屋根面のC_{pe}

部位 / f/D	R1部				R2部	R3部
	h/Dが0の場合		h/Dが0.5以上の場合			
	正の係数	負の係数	正の係数	負の係数		
0.05未満	—	0	—	−1.0	−0.8	−0.5
0.05	0.1	0	0	−1.0		
0.2	0.2	0	0	−1.0		
0.3	0.3	0	0.2	−0.4		
0.5以上	0.6	—	0.6	—		

この表に掲げるh/D及びf/Dの数値以外の当該比率に応じたC_{pe}は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とする。ただし、R1部において、f/Dが0.05未満の場合にあっては正の係数を、f/Dが0.3を超える場合にあっては負の係数を用いた計算を省略することができる。

また、図4.1.1-1における円弧屋根の境界線は弧の4分点とする。

表 4.1.1-10 閉鎖型及び開放型の建築物のC_{pi}

型式	閉鎖型	開放型	
		風上開放	風下開放
C_{pi}	0及び−0.2	0.6	−0.4

表 4.1.1-11 独立屋根のC_f

部位 / θ		切妻屋根				翼型屋根			
		風上屋根		風下屋根		風上屋根		風下屋根	
		正	負	正	負	正	負	正	負
(一)	10度以下の場合	0.6	−1.0	0.2	−0.8	0.6	−1.0	0.2	−0.8
(二)	10度を超え、30度未満の場合	(一)と(三)に掲げる数値を直線的に補間した数値							
(三)	30度	0.9	−0.5	0	−1.5	0.4	−1.2	0.8	−0.3

けた行方向に風を受ける場合にあっては、10度以下の場合の数値を用いるものとし、風上からH相当の範囲は風上屋根の数値を、それ以降の範囲は風下屋根の数値を用いるものとする。

図 4.1.1-1～4、表 4.1.1-6～11 において、Z、B、D、k_z、a、h、f及びθはそれぞれ次の数値を、 は風向きを表すものとする。

Z:当該部分の地盤面からの高さ（m）

B:風向に対する見付幅（m）

D:風向に対する奥行（m）

k_z:次に揚げる表によって計算した数値

H が Z_b 以下の場合		1.0
H が Z_b を越える場合	Z が Z_b 以下の場合	$\left(\frac{Z_b}{H}\right)^{2\alpha}$
	Z が Z_b を越える場合	$\left(\frac{Z}{H}\right)^{2\alpha}$

この表において、Z_b及びαは、それぞれ表4.1.1-5の数値を表すものとする。

a:BとHの2倍の数値のうちいずれか小さな数値（m）

h:建築物の軒の高さ（m）

f:建築物の高さと軒の高さとの差（m）

θ:屋根面が水平面となす角度（度）

(5.2)　軒等の設計で考慮する風圧力

軒(庇)及びけらばに作用する風圧力は図 4.1.1-5 のように屋根面上面に加わる風圧の他に、軒等下部の壁面に加わる風圧が屋根面下面(軒下面)に上向きに作用するものとして、これらを同時に考慮する。

軒部分については図 4.1.1-1 の方向(図 4.1.1-6 においては X 方向)の風を対象とする。屋根面上面に加わる風圧力算定用風力係数は表 4.1.1-8 の風上面の C_{pe} の負の係数を用い、屋根面下面(軒下面)に上向きに作用する風圧力算定用風力係数は表 4.1.1-6 の風上壁面の C_{pe} (=0.8k_z 、Z(地盤面からの高さ)は算定部分の軒高さ)を用いる。

けらば部分については図 4.1.1-2 の方向(図 4.1.1-6 においては Y 方向)の風を対象とする。屋根面上面に加わる風圧力算定用風力係数は表 4.1.1-7 の風上端部より 0.5a の領域の C_{pe} (=−1)を用い、屋根面下面(軒下面)に上向きに作用する風圧力算定用風力係数は表 4.1.1-6 の風上壁面の C_{pe} (=0.8k_z)を用いる。k_z を計算する際の Z (地盤面からの高さ)は、屋根の平均高さとする。

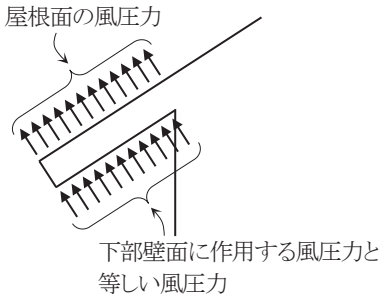


図 4.1.1-5 軒・けらばに作用する風圧力

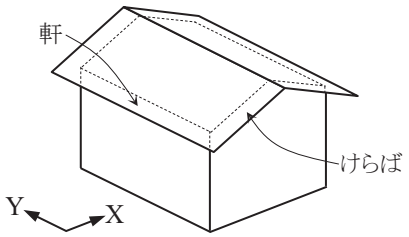


図 4.1.1-6 軒部分とけらば部分

(5.3)　通り・区間ごとの風圧力 — 剛床モデルの場合

設計用構造モデルを剛床モデルとする場合は 4.1.2(2)項における水平構面の応力計算の準備として、各階、各方向について、図 4.1.1-7 に示すように見つけ面を分割し、通りに直接作用する「通り風圧力$_WQ_{i.j}$」(i階j通りの通り風圧力)と、通り間に作用する「区間風圧力$_Wq_{i.j}$」(i階のj通り-$j+1$通り間の区間風圧力)に分けて算定する。「通り」とは建築物外周の通りと建築物外周を含む通り、及び耐力壁等の水平耐力を有する鉛直構面の存在する通りを意味する。通り風圧力とは当該通り方向の外壁面から突出するバルコニー、庇などに加わる風圧力であり、区間風圧力とは隣接する二つの通り間に加わる風圧力である。なお、階は階高の 1/2 の高さで分割する。

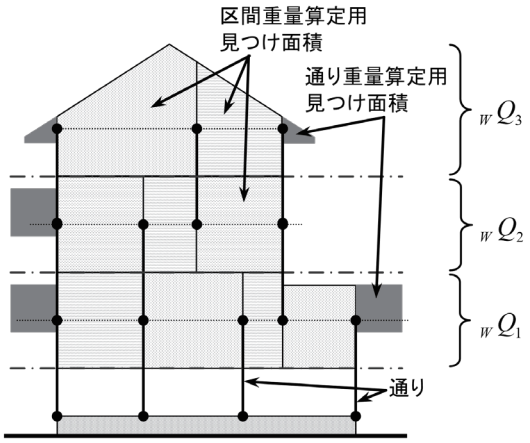


図 4.1.1-7 建築物の見つけ面積の分割

(6)　地震力 ［令第 88 条, 昭 55 建告第 1793 号］

(6.1)　建築物に作用する地震力

i階の地震層せん断力Q_iを式(4.1.1-8)によって計算する。

$$Q_i = C_i \cdot \sum_{j=i}^{N} w_j \tag{4.1.1-8}$$

ここで、$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$

N: 地上部分の階数

w_i: i階の地震力算定用重量(多雪区域では 4.1.1(4)項の積雪荷重の 35%を加える)

Z: 地震地域係数 [昭 55 建告第 1793 号第 1]

R_t: 振動特性係数 [昭 55 建告第 1793 号第 2]

A_i: 地震層せん断力分布係数 [昭 55 建告第 1793 号第 3]

C_0: 標準層せん断力係数 (0.2 以上の値とする)

なお、令第 88 条第 2 項の規定により、地盤種別が第三種地盤の場合は、C_0を 0.3 以上とする。

また、建築物の地下部分の各部分に作用する地震力は、当該部分の固定荷重と積載荷重との和に式(4.1.1-9)に適合する水平震度kを乗じて計算する。

$$k \geq 0.1 \cdot \left(1 - \frac{H}{40}\right) \cdot Z \tag{4.1.1-9}$$

ここで、H: 建築物の地下部分の各部分の地盤面からの深さ(20 を超えるときは 20 とする。) (m)

(6.2)　通り・区間ごとの地震力 — 剛床モデルの場合

設計用構造モデルを剛床モデルとする場合は(5.3)項と同様に、4.1.2(2)項における水平構面の応力計算の準備として、各階、各方向について、図 4.1.1-8 に示すように建築物重量を「通り重量$W_{i.j}$」(i階j通りの通り重量)と「区間重量$w_{i.j}$」(i階のj通り-$j+1$通り間の区間重量)に分けて算定する。階は階高の 1/2 の高さで分割する。通り重量とは当該通り方向の外壁で、当該通り上にあるものの重量、及びその外壁に接するバルコニー、庇などの重量の総和であり、区間重量とは隣接する二つの通りに挟まれる短冊状の平面部分に存在する床・屋根、当該通りと直交方向の外壁、及びその外壁に接するバルコニー、庇などの重量の総和である。なお、多雪区域では建築物重量に積雪荷重の 35%を加える。

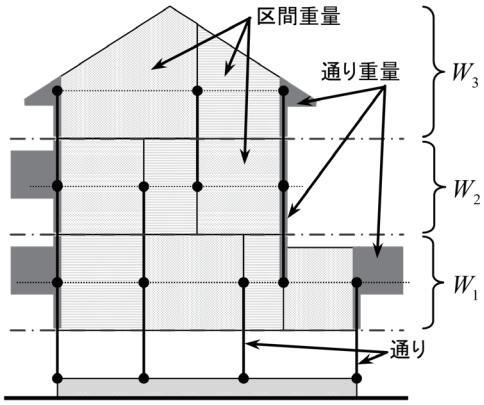


図 4.1.1-8 建物重量の分割

4.1.2　応力計算　［令第 82 条第一号］

（1）　設計用構造モデルを用いた応力計算

3.1 節で述べた設計用構造モデルを用いた弾性解析を行い、4.1.1（1）項に示す荷重・外力の組み合わせに対する応力・変形を求める。

（2）　水平構面の応力計算 ― 剛床モデルの場合

設計用構造モデルとして剛床モデルを用いた解析を行うこととする場合は水平構面の面内応力は得られないので、別途、計算する必要がある。その一つの方法として、4.1.1（5.3）項による通り・区間ごとの風圧力、4.1.1（6.2）項による通り・区間ごとの地震力及び弾性解析による各通りの負担水平力を用いた水平構面の面内応力の計算方法例を以下に示す。

（2.1）　水平構面の面内せん断応力の計算方法

地震時及び風圧時の荷重状態を図 4.1.2-1 のように考え、i 階水平構面の j 通り- $j+1$ 通り区間の必要せん断力を次式により算定する。

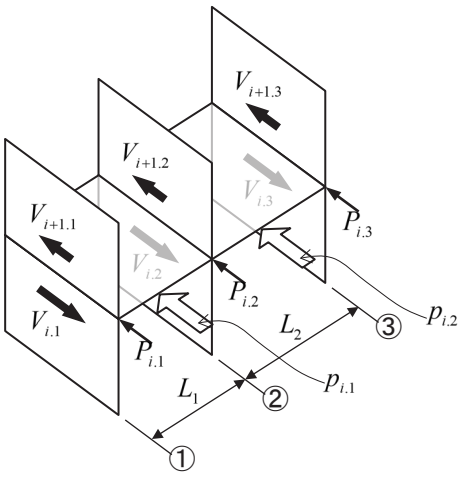


図 4.1.2-1 水平構面の荷重状態

$$Q_{i.j} = \max(Q_{i.j.L}\ ,\ Q_{i,j,R}) \tag{4.1.2-1}$$

ここで、$Q_{i.j.L}, Q_{i.j.R}$ ： j 通り側及び $j+1$ 通り側のせん断力　(kN)

j 通り側

$$Q_{i.j.L} = \left| \sum_{k=1}^{j} (V_{i.k} - V_{i+1.k} - P_{i.k}) - \sum_{k=1}^{j-1} p_{i.k} \right| \tag{4.1.2-2}$$

$j+1$ 通り側

$$Q_{i.j.R} = \left| \sum_{k=1}^{j} (V_{i.k} - V_{i+1.k} - P_{i.k}) - \sum_{k=1}^{j} p_{i.k} \right| \tag{4.1.2-3}$$

$V_{i.j}$ ：i 階 j 通りの負担水平力

$P_{i.j}$ ：$i+1$ 階 j 通りに作用する水平力

$p_{i.j}$ ：$i+1$ 階の j 通り- $j+1$ 通り間に作用する水平力

風圧時

$$P_{i.j} = {}_wQ_{i.j} \tag{4.1.2-4}$$

$$p_{i.j} = {}_wq_{i.j} \tag{4.1.2-5}$$

${}_wQ_{i.j}$ ：4.1.1（5.3）項による i 階 j 通りの通り風圧力

${}_wq_{i.j}$ ：4.1.1（5.3）項による i 階 j 通り- $j+1$ 通り間の区間風圧力

地震時

$$P_{i.j} = k_i \cdot W_{i.j} \tag{4.1.2-6}$$

$$p_{i.j} = k_i \cdot w_{i.j} \tag{4.1.2-7}$$

$W_{i.j}$ ：4.1.1(6.2)項による i 階 j 通りの通り重量

$w_{i.j}$ ：4.1.1(6.2)項による i 階 j 通り- $j+1$ 通り間の区間重量

k_i ：地震時の i 階の水平震度

最上階　$k_N = \frac{Q_N}{W_N}$ (4.1.2-8)

一般階　$k_i = \frac{Q_i - Q_{i+1}}{W_i}$ (4.1.2-9)

Q_i ：4.1.1（6.1）項による i 階の地震層せん断力

$$W_i = \sum_{j=i}^{N} w_j \tag{4.1.2-10}$$

w_i ：4.1.1（6.1）項による i 階の地震力算定用重量

N ：階数

(2.2)　水平構面引張接合部の引張応力の計算方法

建築物外周部に存在する水平構面引張接合部の地震時及び風圧時の引張応力を式(4.1.2-11)により算定する。

$$T_J = \frac{|M_J|}{D} + F \tag{4.1.2-11}$$

ここで、M_J ：当該接合部が存在する位置における曲げモーメント（kN･m）

D ：当該接合部位置における水平構面の奥行き長さ（m）

F ：(2.3）項による引張応力　（F＜0のときは0とする）

M_Jは通り区間内のモーメント分布 M_x に基づく当該接合部が存在する位置における曲げモーメントである。

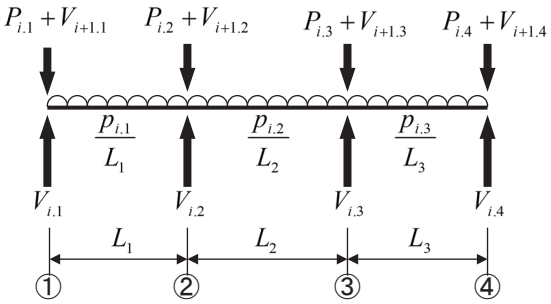


図 4.1.2-2 水平構面の荷重状態

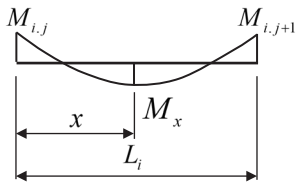


図 4.1.2-3 一区間内の曲げモーメント分布

通り区間内のモーメント分布 M_x は次のように計算する。

$$M_x = M_{i.j} + (M_{i.j+1} - M_{i.j}) \cdot \frac{x}{L_j} - p_{i.j} \cdot \frac{(L_j - x) \cdot x}{2L_j} \tag{4.1.2-12}$$

ここで、$M_{i.j}$ ：j通りにおけるモーメント（kN･m）

x ：j通りからモーメント算定位置までの距離（m）

j通りにおけるモーメント$M_{i.j}$ は次のように計算する。

$$M_{i.j} = M_{0.i.j} - \frac{M_{0.i.ni}}{\sum_l L_l} \cdot \sum_{k=1}^{j-1} L_k \tag{4.1.2-13}$$

ここで、$M_{0.i.j} = \sum_{k=1}^{j-1}\left\{(P_{i.k} - V_{i.k}) \cdot \sum_{l=k}^{j-1} L_l\right\} + \sum_{k=1}^{j-1}\left\{p_{i.k} \cdot \left(\frac{L_k}{2} + \sum_{l=k+1}^{j-1} L_l\right)\right\}$　(4.1.2-14)

n_i　:i階・当該方向の通りの数
$V_{i.j}$　:i階j通りにある耐力要素の負担水平力の合計(kN)
$P_{i.j}$　:$i+1$階j通りに作用する水平力(kN)
$p_{i.j}$　:$i+1$階のj通り-$j+1$通り間に作用する水平力(kN)
$V_{i.j}$,$P_{i.j}$,$p_{i.j}$は前項と同じである。

(2.3)　鉛直構面の変形に伴う離間力の計算方法

図 4.1.2-4 に示すように、対象とする引張接合部から一方の建築物外周までの床版梁要素を「対象梁要素」とする。対象梁要素の上下の壁パネルとのせん断接合部応力を S_1 ～ S_4 、対象梁要素両側の水平構面の面内せん断応力を ${}_dS_1$, ${}_dS_2$ とする。いずれも対象梁要素に伝達されるせん断応力であり、図 4.1.2-4 の矢印の方向を正とする。これらを用いて対象とする引張接合部の応力を次のように求める（F ＞0 のとき引張、F ＜0 のとき圧縮）。

$$F = (-S_1 - S_2 + S_3 + S_4) + {}_dS_1 + {}_dS_2$$

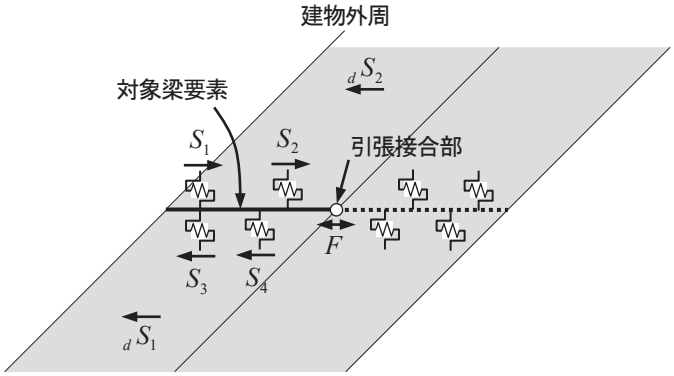


図 4.1.2-4　剛床仮定の場合の水平引張接合部の応力算定方法例

4.1.3　応力検定　［令第 82 条第三号］

（1）　応力検定の原則

前項によって計算した長期及び短期の各応力度が、それぞれ長期に生ずる力または短期に生ずる力に対する許容応力度を超えないことを確かめる。応力度の計算方法、応力検定の方法は 3.2 節に示されている。

（2）　斜め鉛直構面が存在する場合の水平耐力検定

第Ⅲ部 3.1.2（1.11）項で述べたように、水平耐力の検定方向との角度がθである鉛直構面について、検定方向と直交する方向またはそれに近い方向の鉛直構面が十分にあり、検定方向への強制水平変位が生じるとみなせる場合には、その構面方向の負担水平力、水平変形及び水平剛性をQ_w，δ_w，K_wとすれば、検定方向の負担水平力Q、水平変形δ及び水平弾性剛性Kは次のようになる。

$$Q = Q_w \cdot \cos\theta \quad \delta = \delta_w / \cos\theta \quad K = K_w \cdot \cos^2\theta \tag{4.1.3-1}$$

二次元モデルを用いて鉛直構面の水平剛性を算出し、層せん断力を鉛直構面の水平剛性に比例して配分したものを当該鉛直構面の負担水平力とする場合には、水平剛性を式（4.1.3-1）によるKとする。そのようにして求めた検定方向の負担水平力は式（4.1.3-1）によるQに相当し、当該鉛直構面の構面方向の負担水平力Q_wは下式となる。

$$Q_w = Q / \cos\theta \tag{4.1.3-2}$$

この負担水平力Q_wに基づいて求めた応力を検定の対象とする。なお、三次元モデル場合はこのような補正は不要である。

また、三次元モデルを用いる場合を含め、斜め鉛直構面が存在する場合は、一般的な水平耐力検定で対象とする直交する X, Y 方向以外の方向の水平耐力が低下する場合があるので注意が必要である。

4.1.4　使用上の支障防止　［令第 82 条第四号、平 12 建告第 1459 号］

CLT パネルその他の木質材料を用いた屋根版、床版、垂れ壁、横架材について、支持スパンがそれらのせい（断面高さ）の 12 倍を超える場合は、地震用の積載荷重を用いた鉛直荷重によるたわみに変形増大係数（2.0）を乗じた値が支持スパンの 1/250 以下であることを確認する。たわみの計算は 3.1 節に示す設計用構造モデルを用いた応力変形計算、あるいは単純梁置換による計算等による。そのとき対象部材のせん断変形も考慮する。

同様に、鉄骨梁、鉄筋コンクリート梁については平 12 建告第 1459 号の該当部分の規定を満足することを確認する。

4.1.5　その他の留意事項

平 19 国交告第 594 号第 2 第三号の規定により下記の検定が必要となる（特別な調査・研究による除外あり）。

イ　RC 造、SRC 造で、耐力壁（その端部の柱を含む。）の負担水平力が地震層せん断力の 1/2 を超える場合は、柱（耐力壁の端部となる柱を除く。）について、柱の支持重量に令第 88 条第 1 項に規定する地震層せん断力係数を乗じた数値の 0.25 倍以上となるせん断力が作用するものとして検定する。本規定は対象建築物が RC 造、SRC 造の部分を含む混構造の場合に適用される。なお、本設計法では同一階における CLT パネル工法と RC 造、SRC 造の混用は想定していない。

ロ　階数 4 以上または高さ 20m 超で、端部柱が層の支持重量の 20%以上を支持する場合は、XY 方向以外の水平力、具体的には 45 度方向の地震力・風圧力に対して検定する。また、幅が 1m 未満の壁パネルである場合も本規定の対象とする。

ハ　階数 4 以上または高さ 20m 超の場合は、高さ 2m 超の屋上突出物または屋外階段等の水平突出物については、1G の水平力に対して当該部分と接続部分を検定する。

ニ　出が 2m 超の片持ち部分については、長期荷重±1G の鉛直力に対して検定する。

4.2　層間変形角　［令第 82 条の 2］

ルート2, 3 の場合は、建築物の地上部分について4.1.1(6)項による地震力によって各階に生ずる層間変形角が 1/200（地震時変形によって建築物の非構造部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合は 1/120）以内であることを確かめる。このとき、平 19 国交告第 594 号第 3 第一号の規定に準拠して、捩れを考慮した最大の層間変位を対象とする。また、「著しい損傷が生ずるおそれのない場合」とは試験によって 1/120 の変形角まで著しい損傷が生じないこと確認した場合とする。

また、斜め鉛直構面が存在する建築物の層間変形を二次元モデルにより算出する場合は、当該構面の検定方向の水平剛性を式(4.1.3-1)によるKとする。

4.3　剛性率・偏心率の確認　［令第 82 条の 6 第二号］

4.3.1　剛性率

ルート 2 の場合は次の式(4.3.1-1)によって計算した各階の剛性率R_sが、それぞれ 6/10 以上であることを確認する。

$$R_s = \frac{r_s}{\bar{r}_s} \tag{4.3.1-1}$$

ここで、r_s: 当該方向、当該階の層間変形角の逆数

$\bar{r}_s$: 当該方向各階のr_sの相加平均

なお、上記の計算に用いる層間変形角は、各階において当該階が計算しようとする方向のせん断力に対して一様に変形するものとして計算した水平剛性の数値に基づき計算するものとする。すなわち、 剛心位置の層間変位とする。

4.3.2　偏心率

(1)　偏心率検定の原則

偏心率は次の式(4.3.2-1)によって計算する。ルート 2 の場合は各階の X 方向及び Y 方向の偏心率R_{ex},R_{ey}が、それぞれ 15/100 を超えないことを確認する。

$$R_{ex} = \frac{|e_y|}{r_{ex}} \qquad R_{ey} = \frac{|e_x|}{r_{ey}} \tag{4.3.2-1}$$

ここで、$e_x = g_x - j_x \quad e_y = g_y - j_y$　: 偏心距離　(4.3.2-2)

$$r_{ex} = \sqrt{\frac{K_r}{K_x}} \qquad r_{ey} = \sqrt{\frac{K_r}{K_y}} \quad \text{: 弾力半径} \tag{4.3.2-3}$$

$$K_r = \sum_{i=1}^{Nx}\{k_{xi}\cdot(y_i - j_y)^2\} + \sum_{i=1}^{Ny}\{k_{yi}\cdot(x_i - j_x)^2\} \quad \text{: 捩り剛性} \tag{4.3.2-4}$$

$$K_x = \sum_{i=1}^{Nx} k_{xi} \qquad K_y = \sum_{i=1}^{Ny} k_{yi} \quad \text{: 水平剛性} \tag{4.3.2-5}$$

N_x,N_y:　X 方向及び Y 方向の耐力壁線の数

g_x,g_y: 重心の X 座標及び Y 座標

j_x,j_y: 剛心の X 座標及び Y 座標

k_{xi},k_{yi}:　X 方向及び Y 方向のi番目の耐力壁線の水平剛性

y_i,x_i:　X 方向及び Y 方向のi番目の耐力壁線の Y 座標及び X 座標

X 方向及び Y 方向のi番目の耐力壁線の水平剛性k_{xi},k_{yi}は、4.1.1(6)項の地震力を荷重とした 4.1.2(1)項の応力計算による各耐力壁線の負担水平力を当該耐力壁線の水平変形で除して求める。

(2)　斜め鉛直構面が存在する場合の偏心率

斜め鉛直構面が存在する場合の水平剛性、剛心、捩り剛性は次のように算出する。

水平剛性　$K_x = \sum_i K_i \cdot \cos^2\theta_{xi}$　　$K_y = \sum_i K_i \cdot \cos^2\theta_{yi}$　(4.3.2-7)

剛心　$j_x = \dfrac{\sum_i K_{yi} \cdot X_i}{\sum_i K_{yi}}$　　$j_y = \dfrac{\sum_i K_{xi} \cdot Y_i}{\sum_i K_{xi}}$　(4.3.2-8)

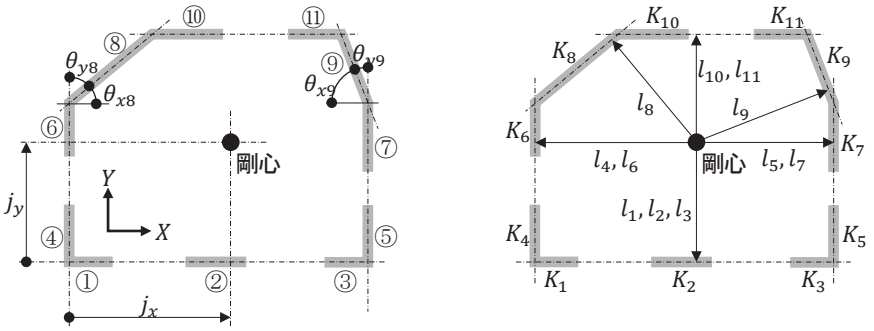
捩り剛性　$K_r = \sum_i K_i \cdot {l_i}^2$　(4.3.2-9)

ここで、K_i：i番目の壁の面内方向の水平剛性

θ_{xi}, θ_{yi}：i番目の壁がX方向およびY方向となす角度

X_i, Y_i：i番目の壁中央のX座標およびY座標

l_i：i番目の壁の剛心からの法線距離



(a) 壁番号、角度、剛心　　(b) 面内方向剛性、法線距離

図 4.3.2-1　偏心率算出のための諸量

4.4　屋根葺き材等の構造計算　［令第 82 条の 4，平 12 建告第 1458 号］

4.4.1　風圧力に対する検定

(1)　局部風圧力の算定

屋根葺き材と屋外に面する帳壁を検討対象とする。ただし、高さが 13m 以下の建築物では帳壁の検討は除外できる。

単位面積あたりの局部風圧力$\widehat{W}$は式(4.4.1-1)で算定する。

$$\widehat{W} = \bar{q} \cdot \hat{C}_f \tag{4.4.1-1}$$

ここで、$\bar{q} = 0.6 \cdot {E_r}^2 \cdot {V_0}^2$

E_r：平均風速の高さ方向の分布を表す係数。4.1.1(5.1)項による。ただし、地表面粗度区分Ⅳの場合は地表面粗度区分Ⅲの値とする。

V_0：基準風速。4.1.1(5.1)項による。

ピーク風力係数$\hat{C}_f$は当該部分を屋外から垂直に押す方向を正とする。屋根葺き材及び帳壁のピーク風力係数$\hat{C}_f$は次のように算出する。

正の場合　$\hat{C}_f = G_{pe} \cdot C_{pe} - C_{pi}$　(4.4.1-2)

負の場合　$\hat{C}_f = C_{pe} - C_{pi}$　(4.4.1-3)

ピーク外圧係数C_{pe}、G_{pe}、及びピーク内圧係数C_{pi}は屋根形状に応じて下記の表を参照する。

切妻屋根、片流れ屋根、のこぎり屋根

正のC_{pe}：表4.4.1-1　G_{pe}：表4.4.1-2　負のC_{pe}：表4.4.1-3　C_{pi}：表4.4.1-6

円弧屋根

正のC_{pe}：表4.4.1-4　G_{pe}：表4.4.1-2　負のC_{pe}：表4.4.1-5　C_{pi}：表4.4.1-6

帳壁

正のC_{pe}：表4.4.1-8　G_{pe}：表4.4.1-9　負のC_{pe}：表4.4.1-10　C_{pi}：表4.4.1-11

独立上家のピーク風力係数$\hat{C}_f$は、4.1.1(5.1)項による風力係数C_fに次の表に示すC_{pe}を乗じた値とする。

$C_f \geqq 0$ のとき：表4.4.1-2　$C_f < 0$ のとき：表4.4.1-7

表 4.4.1-1 切妻屋根面、片流れ屋根面、のこぎり屋根面の正のC_{pe}

θ	10度	30度	45度	90度
C_{pe}	0	0.2	0.4	0.8
この表において、θ は表4.4.1-3の図中に掲げる θ とする。また、この表に掲げる θ の値以外の θ に応じたC_{pe}は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とし、θ が10度未満の場合にあっては当該係数を用いた計算は省略することができる。				

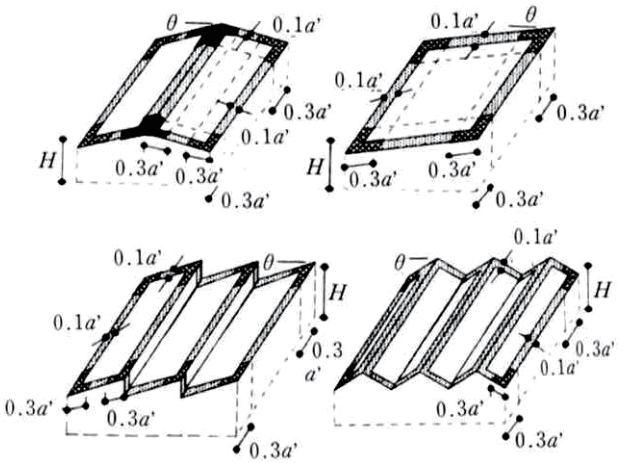
表 4.4.1-2 屋根面の正圧部のG_{pe}

H ／ 地表面粗度区分	(一)	(二)	(三)
	5以下の場合	5を超え、40未満の場合	40以上の場合
Ⅰ	2.2	(一)と(三)とに掲げる数値を直線的に補間した数値	1.9
Ⅱ	2.6		2.1
Ⅲ及びⅣ	3.1		2.3
この表においてHは、建築物の高さと軒の高さとの平均(m)を表す。			

表 4.4.1-3 切妻屋根面、片流れ屋根面、のこぎり屋根面の負のC_{pe}

部位＼θ	10度以下の場合	20度	30度以上の場合
	−2.5	−2.5	−2.5
	−3.2	−3.2	−3.2
	−4.3	−3.2	−3.2
	−3.2	−5.4	−3.2

この表において、部位の位置は、下図に定めるものとする。また、表に掲げるθの値以外のθに応じたピーク外圧係数は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とし、θが10度以下の切妻屋根については、当該θの値における片流れ屋根面の数値を用いるものとする。



この図において、H, θ ,a'は、それぞれ次の数値を表す。

H　建築物の高さと軒の高さとの平均（m）

θ　屋根面が水平面となす角度（度）

a'　平面の短辺長さとHの2倍の数値のうちいずれか小さな数値（30を超えるときは30とする。）（m）

表 4.4.1-4 円弧屋根面の正のC_{pe}

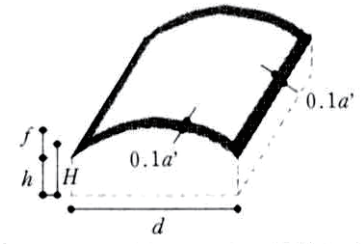
$\frac{h}{d}$＼$\frac{f}{d}$	0.05	0.2	0.3	0.5以上
0	0.1	0.2	0.3	0.6
0.5以上	0	0	0.2	0.6

この表において、f, d, hは表4.4.1-5の図中に規定するf, d, hとする。また、表に掲げるf/d及びh/d以外の当該比率に対応するC_{pe}は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とし、f/dが0.05未満の場合にあっては、当該係数を用いた計算は省略することができる。

表 4.4.1-5 円弧屋根面の負のC_{pe}

	の部位	−2.5
	の部位	−3.2

この表において、部位の位置は下図に定めるものとする。



この図において、H, d, h, f, a'は、それぞれ次の数値を表す。

H　建築物の高さと軒の高さとの平均（m）
d　円弧屋根の張り間方向の長さ（m）
h　建築物の軒の高さ（m）
f　建築物の高さと軒の高さの差（m）
a'　平面の短辺長さとHの2倍の数値のうちいずれか小さな数値（30を超えるときは30とする。）（m）

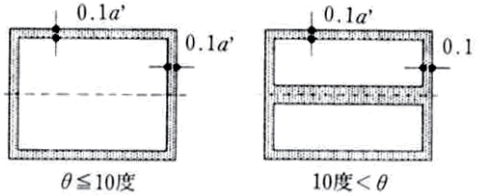
表 4.4.1-6 屋根面のC_{pi}

閉鎖型の建築物	ピーク外圧係数が0以上の場合	−0.5
	ピーク外圧係数が0未満の場合	0
開放型の建築物	風上開放の場合	1.5
	風下開放の場合	−1.2

表 4.4.1-7 独立上家のG_{pe}　（C_f＜0 のとき）

	の部位	3.0
	の部位	4.0

この表において、部位の位置は下図に定めるものとする。



この図において、θ , a'は、それぞれ次の数値を表す。

θ　屋根面が水平面となす角度（度）
a'　平面の短辺長さとHの2倍の数値のうちいずれか小さな数値（30を超えるときは30とする。）（m）

表 4.4.1-8 帳壁の正のC_{pe}

Hが5以下の場合		1.0
Hが5を超える場合	Zが5以下の場合	$\left(\frac{5}{H}\right)^{2\alpha}$
	Zが5を超える場合	$\left(\frac{Z}{H}\right)^{2\alpha}$

この表において、H, Z, α は、それぞれ次の数値を表す。

H　建築物の高さと軒の高さとの平均（m）
Z　帳壁部分の地盤面からの高さ（m）
α　平12建告第1454号第1第2項に規定する数値（地表面粗度区分がⅣの場合にあっては、地表面粗度区分がⅢの場合における数値を用いる。）

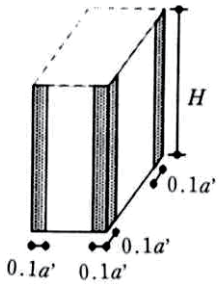
表 4.4.1-9 帳壁の正圧部のG_{pe}

Z / 地表面粗度区分	(一)	(二)	(三)
	5以下の場合	5を超え、40未満の場合	40以上の場合
Ⅰ	2.2	(一)と(三)とに掲げる数値を直線的に補間した数値	1.9
Ⅱ	2.6		2.1
Ⅲ及びⅣ	3.1		2.3
この表においてZは、帳壁の部分の地盤面からの高さ(m)を表す。			

表 4.4.1-10 帳壁の負のC_{pe}

H / 部位	(一)	(二)	(三)
	45以下の場合	45を超え、60未満の場合	60以上の場合
	-1.8	(一)と(三)とに掲げる数値を直線的に補間した数値	-2.4
	-2.2		-3.0

この表において、部位の位置は下図に定めるものとする。



この図において、H, a'は、それぞれ次の数値を表す。

H　建築物の高さと軒の高さの平均（m）

a'　平面の短辺長さとHの2倍の数値のうちいずれか小さな数値（m）

表 4.4.1-11 帳壁のC_{pi}

閉鎖型の建築物	ピーク外圧係数が0以上の場合	−0.5
	ピーク外圧係数が0未満の場合	0
開放型の建築物	風上開放の場合	1.5
	風下開放の場合	−1.2

(2)　判定方法

屋根葺き材、帳壁について式(4.4.1-1)による局部風圧力$\widehat{W}$による脱落・破壊が生じないこと、すなわち$\widehat{W}$による屋根葺き材、帳壁及びそれらの取り付け部の応力が強度を超えないことを確認する。屋根葺き材、帳壁、及びそれらの緊結部の許容応力度、強度、変位追随性能等は個々の屋根葺き材・帳壁に固有の性能であるので、それぞれの材の製造者あるいは販売者から供与されることを前提とする。ただし、帳壁にガラスを使用する場合は$\widehat{W}$が表 4.4.1-12 の許容耐力を超えないことを確認する。

表 4.4.1-12 局部風圧に対するガラスの許容耐力

単板ガラス、合わせガラス	$P = \dfrac{300k_1k_2}{A}\left(t + \dfrac{t^2}{4}\right)$
複層ガラス	構成するそれぞれのガラスごとに上に掲げる式を適用して計算した値のうち、いずれか小さい数値

この式においてP, k_1, k_2, A, t は、それぞれ次の数値を表す。

P　ガラスの許容耐力（N/m^2）

k_1　ガラスの種類に応じて次の表に掲げる数値（合わせガラスの場合においては、構成するそれぞれのガラスの合計の厚さに対応した単板ガラスの数値または構成するそれぞれのガラスの厚さに対応したk_1の数値のうち、いずれか小さい数値とする。）

普通板ガラス			1.0
磨き板ガラス			0.8
フロート板ガラス	厚さ	8mm以下	1.0
		8mmを超え、12mm以下	0.9
		12mmを超え、20mm以下	0.8
		20mm超	0.75
倍強度ガラス			2.0
強化ガラス			3.5
網入、線入磨き板ガラス			0.8
網入、線入型板ガラス			0.6
型板ガラス			0.6
色焼付ガラス			2.0

k_2　ガラスの構成に応じて次の表に掲げる数値

単板ガラス	1.0
合わせガラス	0.75
複層ガラス	$0.75(1 + r^3)$
この表において、rはPを計算しようとする複層ガラスのそれぞれのガラスの厚さに対する対向ガラス（複層ガラスとして対をなすガラス）の厚さの割合の数値（2を超える場合は2とする。）	

A　ガラスの見つけ面積（m^2）

t　ガラスの厚さ（合わせガラスにあっては中間膜を除いたそれぞれのガラスの厚さの合計の厚さとし、複層ガラスにあってはこれを構成するそれぞれのガラスの厚さとする。）（mm）

4.4.2　地震力に対する検定　（限界耐力計算の場合のみ）

以下の規定は限界耐力計算の場合にのみ適用される。本章の対象は「各ルート共通の構造計算」であるが、前項との関連が深いので、ここに記載する。

次のⅠまたはⅡに適合することを確認する。

Ⅰ　建築物が損傷限界に達するとき（以下、「損傷限界時」と記す。）の層間変形角が1/200以下であり、かつ下記の項目を満足すること。

①屋根葺き材について

- 屋根葺き材は脱落・浮き上がりが生じないように構造部材に取付ける。
- 屋根葺き材・緊結金物には防錆・防腐処理を行う。
- 軒・けらばから2枚以内の瓦はすべて、棟の瓦は1枚おきに銅線、鉄線、釘等で下地に緊結する。

②外装材について

- 屋外に面する飾石、張り石等はボルト、かすがい、銅線、金物等で構造耐力上主要な部分に緊結する。
- 屋外に面するタイル等は銅線、釘、金物等、またはモルタル等の接着剤で下地に緊結する。

③3階建て以上の建築物の屋外に面する帳壁について

- 帳壁は荷重・外力により脱落しないよう取付ける。
- 鉄網モルタル塗りの帳壁に使用するラスシート等は、JIS A5524-1994, JIS A5504-1994, JIS A5505-1995に適合する。
- ガラスはめごろし戸を帳壁として用いる場合は硬化性のシーリング材を使用しない。

Ⅱ　下記の項目を満足すること。

①屋根葺き材の緊結部の損傷限界時の応力が短期許容耐力以下。

②外装材等の緊結部の損傷限界時の応力が短期許容耐力以下。

③損傷限界時の層間変位によって生じる外装材等の緊結部の応力が短期許容耐力以下であるか、または脱落防止等の手法により同等以上の安全性を有する。

外装材等とは外装材及び屋外に面する帳壁をさす。①,②の応力を算出する際の、損傷限界時に屋根葺き材・外装材等に作用する水平力$\hat{Q}_d$は式(4.4.2-1)による。

$$\hat{Q}_d = Q_{d.1} \cdot \frac{d}{\sum_i m_i \cdot d_i} \cdot m \cdot \beta \qquad (4.4.2\text{-}1)$$

ここで、$Q_{d.1}$　:損傷限界時の1階の層せん断力

d　:外装材等の緊結部が存在する床レベルの基礎からの水平変位

d_i　: i階上部床レベルの基礎からの水平変位

m_i　: i階上部床レベルの質量

m　:検討する屋根葺き材・外装材等の質量

β　:屋根葺き材・外装材等の応答倍率により定まる係数（下表4.4.2-1による）

表 4.4.2-1 材（屋根葺き材・外装材等）の応答倍率により定まる係数 [1)]

材の形状	板　状			棒柱状		
材の主体構造への固定方法 / 材の剛性	表面または裏面を面的に固定	上下端あるいは左右端もしくは端面全部を線的に固定	一端のみ線的に固定	材軸に平行に線的に固定	両端固定	一端のみ固定
剛性が高いもの	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5
剛性が低いもの	1.0	1.5	2.0以上	1.0	1.0	2.0以上

＊ 剛性が高いものとは固有振動数が10Hz以上のものをいう。

1）日本建築学会：非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領, P.15, 昭和 60 年 11 月

4.5　地盤・基礎

4.5.1　地盤・基礎の設計方針

地盤及び基礎の仕様と構造計算方法は令第 38 条、平 12 建告第 1347 号によるほか、「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版 [2)], 第 3 章 構造細則, 3.1 基礎, P.75-89」に準拠するとともに、基礎、杭の応力計算では「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版, 第 6 章 保有水平耐力計算等の構造計算, 6.7.4 耐震計算における基礎及び基礎ぐいの扱い, P. 434」に準じて、基礎バネを考慮せず構造計算を行うことを原則とする。引抜きが生じる場合は支点を解除し、併せて全体転倒の検定を行う。

また、保有水平耐力計算（ルート 3）を行う場合は、技術基準告示第八第二号トによる基礎の先行降伏防止の確認を行い、許容応力度等計算（ルート 2）を行う場合は、第九第二号ロによる地震時応力の割増しを行う。許容応力度計算（ルート 1）を行う場合は、第十第一号ロにより標準層せん断力係数を 0.3 とする。

そのほか、アンカーボルトの引張力によるコーン状破壊等の防止について確認が必要であるとともに、CLT パネル工法建築物では、壁パネルから基礎に伝達される圧縮力及び水平せん断力が他の木造建築物に比べて大きいため、「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版, 付録 1-2.6 柱脚の設計の考え方, (2) 露出型柱脚, P.630-631」に示される「立ち上げ部縁辺のコンクリート剥落防止」、「立ち上げ部コンクリートの割裂防止」及び「立ち上げ部側面のせん断力によるコンクリートの剥落防止」等に準じた検討も必要である。

4.5.2　地盤・杭の許容耐力

地盤・杭の許容耐力は令第 93 条、平 13 国交告第 1113 号によるほか、「建築物の構造関係技術基準解説書 2015 年版, 第 9 章 許容応力度及び材料強度, 9.6 地盤及び基礎ぐい, P. 552-581」に準拠する。

2) 国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人建築研究所、2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書、平成 27 年 6 月

第 5 章　保有水平耐力計算（ルート 3）

5.1　ルート 3 の構造計算概要

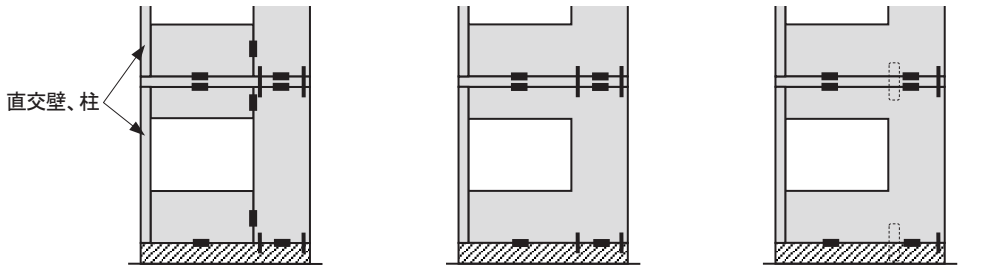
技術基準告示第八の規定に従い以下の構造計算を行う。構造計算の項目及び対応する本書の解説部分は下記の通りである。本章では、これらのうち「4）保有水平耐力の確認」の方法について解説する。

1）令第 82 条各号の構造計算
　1.1）荷重・外力 [令第 82 条第二号] ……4.1.1 項
　1.2）設計用構造モデルの設定 ……3.1 節
　1.3）応力計算 [令第 82 条第一号] ……4.1.2 項
　1.4）応力検定 [令第 82 条第三号] ……3.2 節, 4.1.3 項
　1.5）使用上の支障防止 [令第 82 条第四号] ……4.1.4 項
2）層間変形角 [令第 82 条の 2] ……4.2 節
3）剛性率・偏心率の計算 [令第 82 条の 6 第二号] ……4.3 節
4）保有水平耐力の確認 [令第 82 条の 3]
　4.1）保有水平耐力の計算
　4.2）必要保有水平耐力の計算
　4.3）保有水平耐力の検定
5）屋根葺き材等の構造計算 [令第 82 条の 4] ……4.4 節

5.2　保有水平耐力の確認

5.2.1　保有水平耐力の計算　[令第 82 条の 3 第一号]

保有水平耐力は原則として、平 19 国交告第 594 号第 4 第二号の規定に従い、A_i分布による水平力分布に基づく荷重増分解析によって計算する。設計用構造モデルの設定方法は 3.1 節に準拠し、荷重増分解析においていずれかのバネ要素が終局変位に達した解析ステップあるいはそれ以前の解析ステップの層せん断力を保有水平耐力とする。なお、ルート 3 では 2.1.3(2)項で述べたように、垂れ壁・腰壁あるいは垂れ壁部分・腰壁部分の端部が直交壁あるいは柱に接続することが許容される。この場合、直交壁も梁要素に置換するが、その断面性能を計算する際の有効幅は 3.1.2(1.10)項でも述べているように当該直交壁の幅または 1m のうち小さい方とする。



(a) 小幅パネル架構　(b) 大版パネル架構①　(c) 大版パネル架構②

図 5.2.1-1 ルート 3 で許容される架構

また、保有水平耐力時の保証設計として以下の検定を行う。

（1）　鉛直構面

保有水平耐力時の鉛直構面 CLT パネルの応力度が基準強度以下であることを確認する。応力度の計算方法は

3.2.1 項、検定方法は 3.2.2 項による。また、荷重増分解析において 3.1.2（1.5）項で述べた床版梁要素の面外性能を考慮する場合は、それらの面外応力度が基準強度以下であることを確認する。応力度の計算方法は 3.2.1 項、検定方法は3.2.3 項による。そのほか、垂壁を省略する場合の木質梁についても応力度が基準強度以下であることを確認する。

（2）　水平構面

保有水平耐力時の水平構面 CLT パネルの面内せん断応力度が基準強度以下であること、及び接合部のせん断応力と引張応力が終局耐力以下であることを確認する。応力度の計算方法は 3.2.1 項、検定方法は 3.2.3 項による。また、在来工法による水平構面を用いる場合は、面内せん断応力が終局耐力以下であることを確認する。

（3）　基礎梁

保有水平耐力時の基礎梁の曲げ応力及びせん断応力がそれぞれ終局耐力以下であることを確認する。なお、4.5.1 項で述べたように、荷重増分解析では基礎バネを考慮しないことを原則とする。したがって、構造モデルでは基礎梁交点あるいは杭の位置にピン支点を設け、それらに引抜き（浮上り）が生じる場合は支点を解除するとともに、全体転倒の検定を行う。

5.2.2　必要保有水平耐力の計算　［令第 82 条の 3 第二号］

必要保有水平耐力Q_{un}は下式によって計算する。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud} \qquad (5.2.2\text{-}1)$$

ここで、D_s: 構造特性係数

F_{es}: 形状特性係数

Q_{ud}: 地震力によって各階に生ずる水平力

F_{es}は昭 55 建告第 1792 号第 7 に準拠して偏心率、剛性率に応じて計算し、Q_{ud}は式(4.1.1-8)においてC_0を 1.0 以上として求める。D_sは 0.75 とするかまたは、標準的架構（水平力を負担する壁組・柱梁フレームを有しないものに限る）については(1)項または(2)項の方法により、それ以外の架構方法の場合は(2)項の方法による。

（1）　技術基準告示第八第二号の仕様規定による場合

下記のイ～トに適合する場合は、表 5.2.2-1 に示す値以上とする。なお、異なる区分のものが混在する場合は、それらのD_sのうち最大のものを当該階のD_sとする。

- イ　壁パネルの外層ラミナ方向が壁パネル長辺又は短辺に平行で、架構形式が 2.1.3（1）項に規定する標準的架構に該当する。
- ロ　耐力壁の長さは 90cm 以上。
- ハ　開口部の幅は 70cm 以上 4m 以下。
- ニ　引張接合部は所定の変形能力を有する。
- ホ　垂れ壁パネルの脱落防止措置（欠き込み、受け材等）を講じる。（大版パネル架構①では(2)項においても必要）
- ヘ　直下に壁パネル及び垂れ壁パネルが存在しない床パネルの脱落防止措置（受け材等）を講じる。
- ト　耐力壁-基礎引張接合部の先行降伏を確認する。

表 5.2.2-1　必要な仕様を満足する場合のD_s

分割型架構	一体型架構
0.40	0.55

※ 分割型架構 ： 小幅パネル架構、大版パネル架構①
一体型架構 ： 大版パネル架構②

(2)　荷重増分解析結果に基づいて計算する場合

技術基準告示第八第二号に規定される特別な調査又は研究に該当する措置として、荷重増分解析による各層の層せん断力-層間変位関係をもとに、限界耐力計算告示(平 12 建告第 1457 号)第 3 を準用して式(5.2.2-2)，(5.2.2-3)によって等価一自由度系の加速度A -代表変位Δ関係を求め、それに対応するエネルギー的に等価な完全弾塑性バイリニア関係から計算される塑性率μを用いて式(5.2.2-4)によりD_sを計算する。

$$A = Q_B \cdot \frac{\sum_i m_i \cdot {d_i}^2}{(\sum_i m_i \cdot d_i)^2} \tag{5.2.2-2}$$

$$\Delta = \frac{\sum_i m_i \cdot {d_i}^2}{\sum_i m_i \cdot d_i} \tag{5.2.2-3}$$

ここで、Q_B ：1 階の層せん断力

m_i ：i階の質量

d_i ：i階の基礎からの水平変位

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \tag{5.2.2-4}$$

ただし、一つの方向のすべての鉛直構面において、垂壁を省略し、(4)項の規定を満足する鉄骨梁を用いる場合のD_sは、式(5.2.2-4)によるD_sに 0.75 を乗じた値と(3)項によるD_sの下限値の大きい方の値以上の値とし、それ以外の場合は 0.4 以上の値とする。

(3)　鉄骨梁を用いた架構のD_sの下限値

鉄骨造においては昭 55 建告第 1792 号第 3 に準拠して部材群の種別に応じてD_sの下限値を設定することができる。部材群の種別の判別については、「崩壊形に達する場合に塑性ヒンジを生じないことが明らかな柱の種別は梁の種別による」とされる。したがって、H 形鋼による鉄骨梁を用いた架構においては、壁 CLT パネルを柱とみなし、保有水平耐力時に鉄骨梁と 1 階壁脚引張接合部を除く部位の降伏が生じないとすれば、表 5.2.2-1 に示す幅厚比の上限値によって判別される梁の種別(FA～FD)を部材群の種別とみなし得る。(4)項の規定を満足する鉄骨梁勝ち架構について、梁の種別に応じてD_sの下限値を下記のように設定する。

FA:$D_s \geqq 0.30$　FB:$D_s \geqq 0.35$　FC:$D_s \geqq 0.40$　FD:不可

上記の値は、鉄骨梁の他に 1 階壁脚引張接合部にも降伏が生じることを考慮して、昭 55 建告第 1792 号第 3 に規定される値に 0.05 を加えている。また、FD については梁の塑性変形能力が著しく低下する可能性があることを考慮して禁止することとする。

表 5.2.2-2　梁の種別に応じた幅厚比の上限値

梁の種別	炭素鋼		ステンレス鋼	
	フランジ	ウェブ	235N 級	325N 級
FA	$9\sqrt{235/F}$	$60\sqrt{235/F}$	$\left(\frac{b/t_f}{13}\right)^2 + \left(\frac{d/t_w}{67}\right)^2$ かつ $\frac{d/t_w}{65}$	$\left(\frac{b/t_f}{9}\right)^2 + \left(\frac{d/t_w}{47}\right)^2$ かつ $\frac{d/t_w}{58}$
FB	$11\sqrt{235/F}$	$65\sqrt{235/F}$	$\left(\frac{b/t_f}{12}\right)^2 + \left(\frac{d/t_w}{90}\right)^2$ かつ $\frac{d/t_w}{68}$	$\left(\frac{b/t_f}{12}\right)^2 + \left(\frac{d/t_w}{66}\right)^2$ かつ $\frac{d/t_w}{58}$
FC	$15.5\sqrt{235/F}$	$71\sqrt{235/F}$	$\left(\frac{b/t_f}{18}\right)^2 + \left(\frac{d/t_w}{153}\right)^2$ かつ $\frac{d/t_w}{71}$	$\left(\frac{b/t_f}{18}\right)^2 + \left(\frac{d/t_w}{101}\right)^2$ かつ $\frac{d/t_w}{61}$
FD	FA, FB, FC のいずれにも該当しない場合			
ここで、F:基準強度 (N/mm²)、b:フランジ幅の 1/2 (mm)、d:ウェブのせい(mm)、t_f:フランジの厚さ (mm)、t_w:ウェブの厚さ (mm)				

(4)　架構の変形能力確保のための鉄骨梁に関する規定

(4.1)　崩壊メカニズムの保証

鉄骨梁の先行降伏による崩壊メカニズムを保証するために下記のいずれかを確認する。

- 鉄骨梁の終局曲げ耐力に表 5.2.2.-3 に示す鉄骨梁の鋼種に応じた安全率α [1)]を乗じた状態で荷重増分解析を行い、(2)項の方法によりD_sを計算する。ただし、保有水平耐力の計算にはαを考慮しない。
- 鉄骨梁と 1 階壁脚引張接合部を除く部材・接合部について、保有水平耐力に達するときの応力に表 5.2.2.-3 に示す鉄骨梁の鋼種に応じた安全率αを乗じた応力が終局耐力以下。

表 5.2.2-3　応力の安全率α

作用応力	400N 級炭素鋼	490N 級炭素鋼	235N 級 ステンレス鋼	235N 級 ステンレス鋼
曲げ・せん断	1.3	1.2	1.6	1.6

(4.2)　鉄骨梁の保有耐力横補剛 [1)]

鉄骨梁の塑性変形能力を確保するために横補剛(直交材)を設ける。横補剛の間隔は下記のいずれかによる。

- 梁の全長にわたって均等間隔で横補剛を設ける方法

  梁の弱軸まわりの細長比λ_yが次式を満足するように必要な数の横補剛を均等間隔に配置する。

$$\lambda_y \leqq 170 + 20n \quad \text{(400N 級炭素鋼の場合)}$$
$$\lambda_y \leqq 130 + 20n \quad \text{(490N 級炭素鋼の場合)} \qquad (5.2.2\text{-}9)$$

  ここで、$\lambda_y = l/i_y$

  l　:梁の長さ

  i_y　:梁の弱軸まわりの断面二次半径(= $\sqrt{I_y/A}$)

  I_y　:梁の弱軸まわりの断面二次モーメント

  A　:梁の断面積

  n　:横補剛の個所数

- 主として塑性ヒンジ形成部に近い部分に横補剛を設ける方法

  降伏曲げ応力を超える曲げ応力が生じる領域において、次式で示す間隔l_bで横補剛を配置する。

$$\frac{l_b \cdot h}{A_f} \leqq 250 \quad \text{かつ} \quad \frac{l_b}{i_y} \leqq 65 \quad \text{(400N 級炭素鋼の場合)}$$
$$\frac{l_b \cdot h}{A_f} \leqq 200 \quad \text{かつ} \quad \frac{l_b}{i_y} \leqq 50 \quad \text{(490N 級炭素鋼の場合)} \qquad (5.2.2\text{-}10)$$

  ここで、h　:梁のせい

  A_f　:圧縮フランジの断面積

  i　:梁の弱軸まわりの断面二次半径

  なお、塑性ヒンジ形成部に近い部分とは、梁の曲げモーメント分布に表 5.2.2-4 に示す安全率を乗じた曲げモーメントが降伏曲げ応力を超える領域とする。

表 5.2.2-4　曲げモーメント分布に乗じる安全率

400N 級炭素鋼	490N 級炭素鋼
1.2	1.1

1) 全国官報販売協同組合:2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書, 第 1 版 第 3 刷, 平成 29 年 7 月

第 6 章　許容応力度等計算（ルート 2）

6.1　ルート 2 の構造計算概要

技術基準告示第九の規定に従い以下の構造計算を行う。構造計算の項目及び対応する本書の解説部分は下記の通りである。本章では、これらのうち「1.4）応力検定」における応力割増しの方法及び「4）靭性保証」の扱いについて解説する。

1）令第 82 条各号の構造計算
　1.1）荷重･外力 [令第 82 条第二号] ……4.1.1 項
　1.2）設計用構造モデルの設定 ……3.1 節
　1.3）応力計算 [令第 82 条第一号] ……4.1.2 項
　1.4）応力検定 [令第 82 条第三号] ……3.2 節, 4.1.3 項
　1.5）使用上の支障防止 [令第 82 条第四号] ……4.1.4 項
2）層間変形角 [令第 82 条の 2] ……4.2 節
3）剛性率･偏心率 [令第 82 条の 6 第二号] ……4.3 節
4）靭性保証 [令第 82 条の 6 第三号]
5）屋根葺き材等の構造計算 [令第 82 条の 4] ……4.4 節

6.2　地震時応力割増し係数

ルート 2 における応力検定では 4.1.1(6)項による地震力による応力に表 6.2-1 に示す応力割増し係数を乗じる。応力割増し係数は表 6.2-1 によるほか、本書では垂壁省略（梁勝ち架構）の木質梁の応力割増し係数は 2.5 とする。

表 6.2-1　応力割増し係数

部　位	小幅パネル架構 大版パネル架構①		大版パネル架構②	
	前提※1 に適合	前提※1 に不適合	前提※1 に適合	前提※1 に不適合
上下壁間引張接合部 壁-床版引張接合部 せん断接合部	2.0		2.5	
上記以外の接合部、部材※2	1.0	2.5	1.8	2.5

※1　前提：第八第二号ロ～ト（下記）
※2　水平構面、基礎も含まれる。

ロ　耐力壁の長さは 90cm 以上。
ハ　開口部の幅は 70cm 以上 4m 以下。
ニ　引張接合部は所定の変形能力を有する。
ホ　垂れ壁パネルの脱落防止措置（欠き込み、受け材等）を講じる。
ヘ　直下に壁パネル及び垂れ壁パネルが存在しない床パネルの脱落防止措置（受け材等）を講じる。
ト　耐力壁-基礎引張接合部の先行降伏を確認する。

また、「前提に不適合」として応力割増し係数を設定する場合についても、上記ニの条件は常に満足する必要があることに注意されたい。これに関連して、クロスマーク金物 TB-90, TC-90 と同じ仕様で CLT 壁パネルにビス打ちされた引張接合部については、ビス打ち部分のみでニの条件のうち「終局時変形量≧2cm、伸び率≧10%」を満足するものとする。

そのほか、上記ト の条件への適合確認ついては、応力割増し係数を乗じない応力に対する耐力壁-基礎の引張接合部の検定比が、他の引張接合部、せん断接合部、壁パネル、水平構面及び基礎の検定比以上であることの確認に代えることができる。

6.3　靭性保証

6.3.1　昭 55 建告第 1791 号第 1 への適合

昭 55 建告第 1791 号第 1 には次の規定がある。

第一号 筋かい耐力壁の水平力分担率 β に応じた地震時応力の割増し
第二号 筋かいの端部・接合部の割裂き・せん断破壊等の防止
第三号 筋かいの端部・接合部の先行破断の防止
第四号 塔状比≦4
第五号 柱・梁・接合部の急激な耐力低下の防止

これらのうち、第一号～第三号については、2.1.3(6)項で述べたようにルート 2 では CLT 壁パネル以外の部分が水平力を負担することは認められないので、対象とならない。第五号については、6.2 節の応力割増し係数を用いることで急激な耐力低下の防止が確かめられたものとみなす。

6.3.2　鉄骨梁勝ち架構の靭性保証

垂壁を省略し梁に鉄骨を用いる鉄骨梁勝ち架構においては、鉄骨梁の先行降伏による架構の靭性を確保するために以下の規定を設ける。

(1)　CLT 壁パネルの配置

上階の壁パネルは下階壁パネル直上に配置(連層配置)し、上階の壁パネル幅は下階壁パネル幅以下とする。

(2)　壁-梁引張接合部の先行破壊防止

壁-梁引張接合部の終局耐力T_uに対する鉄骨梁の降伏(短期許容)曲げ耐力M_yの比率は 0.41 以下とする。

$$M_y/T_u \leqq 0.41 \qquad (5.2.2\text{-}1)$$

ここで、M_y　：鉄骨梁の降伏曲げ耐力(kN・m)
T_u　：形状特性係数(kN)

(3)　CLT 壁パネルの先行破壊防止

開口幅L_oが 0.5m を超える場合は下式のγ_{sc}を 0.6 以下とする。ここで、開口幅L_oは隣接する連層壁列との内法距離であり、左右両側に隣接連層壁列が存在する場合はそれらとの内法距離の平均値とする。

$$\gamma_{sc} = \frac{Z_s \cdot F_s}{Z_c \cdot F_c} \cdot \frac{L_w + L_o}{L_o} \qquad (6.3.2\text{-}1)$$

ここで、Z_s, F_s　:梁の断面係数、基準曲げ強度(片側梁(端壁列)では 1/2 を乗じる)
Z_c, F_c　:CLT 壁パネルの断面係数、基準曲げ強度
L_w, L_o　:壁幅、開口幅

第 7 章　許容応力度計算（ルート 1）

7.1　ルート 1 の構造計算概要

許容応力度計算（ルート 1）においては技術基準告示第十の規定に従い下記の構造計算を行う。まず、技術基準告示第十第 2 項に規定される一連の仕様規定への適合を確認する。このとき、引きボルト接合の座金・ナット用として設ける小開口は同項第二号に規定される開口部等に該当しないものとする。

その後、技術基準告示第十第 1 項第一号イの規定に従い、令第 82 条各号及び令第 82 条の 4 に定められる構造計算、すなわち許容応力度計算を行う。このとき、同号ロの規定に従い、耐力壁（鉛直構面）以外の部分については、標準層せん断力係数を 0.3 以上として求めた地震時応力を含めて応力度を計算し、それらが許容応力度以下であることを確認する。そのほか、同号ハの規定による偏心率等の検定を行う。

1）仕様規定への適合確認 ……2.1.3（4）項
技術基準告示第十第 2 項第一号～第九号
2）令第 82 条各号の構造計算
2.1）荷重・外力 [令第 82 条第二号] ……4.1.1 項
2.2）設計用構造モデルの設定 ……3.1 節
2.3）応力計算 [令第 82 条第一号] ……4.1.2 項
2.4）応力検定 [令第 82 条第三号] ……3.2 節, 4.1.3 項
2.5）使用上の支障防止 [令第 82 条第四号] ……4.1.4 項
3）偏心率等……4.3 節
4）屋根葺き材等の構造計算 [令第 82 条の 4] ……4.4 節

上記の構造計算の方法として、ルート 2 の場合と同様に「3.1　設計用構造モデルの構成方法」等に基づく構造モデルを設定して弾性解析により各部の応力・変形を求め、それをもとに「3.2　応力検定方法」等の方法で検定を行うことが考えられる。このほか、応力変形の計算については構造モデルを用いた解析によらない方法の一例として、下記の方針に基づく方法がある。

7.2　応力計算

7.2.1　耐力壁の水平耐力の検定

耐力壁の水平耐力の検定は技術基準告示第十第 2 項第四号に規定されるQ_aLに基づき（1）項または（2）項の方法によって行う。このとき、（1）項の方法では、垂壁を省略する場合について、床版・屋根版を構成する梁の断面を大きくしても、Q_aLの算出において、梁は垂壁とみなさず、垂壁・腰壁枚数nに算入しない。

技術基準告示第十第 2 項第四号の規定によるQ_aLは、壁パネル及び接合部を含めて許容耐力以下とすることを前提として設定されている。したがって、本項の検定を行う場合は、接合部を含む上部架構鉛直構面の地震時・風圧時検定を行ったものとみなす。また同様の理由により、引きボルト接合部の座金・ナットを設置する目的で壁パネルに設ける開口は技術基準告示第十第 2 項第二号に規定される開口部等に該当せず、当該開口を設けた壁パネルは同第四号によってQ_aを計算できるものとする。

また、技術基準告示第十第 2 項第二号では、同第四第二号ハによる特別な調査研究に基づいて、壁パネルに 250mm 角以下の小開口を構造耐力上安全な位置に設けることが認められている。これに該当するひとつの方法として、図 7.2.1-1 に小開口の配置条件を示す。矩形の袖壁等パネルでは、パネルの 4 辺から小開口までの距離を 250mm 以上とする。垂壁・腰壁に接する袖壁等パネルおよび袖壁等部分では、パネルゾーン（垂壁・腰壁の高さ部分）以外の部分に小開口を配置し、パネル左右端から小開口までの距離を 250mm 以上、パネルゾーンと小開口の距離を開口高さの

0.1 倍以上とする。水平に複数の小開口を設けることはできず、上下に複数の小開口を設ける場合は内法距離を 500mm 以上とする。これらの条件に適合する場合は当該壁パネルを耐力壁として層の許容水平耐力に算入できる。ただし、壁パネルの許容水平耐力Q_aは表 7.2.1-1 に示す値以下とする。垂れ壁パネル・腰壁パネルについても同様にパネルの 4 辺から小開口までの距離を 250mm 以上とし、左右に複数の小開口を設ける場合は内法距離を 500mm 以上とする。

表 7.2.1-1　小開口を有する壁パネルの許容水平耐力の上限値（kN/m）

壁パネル※1		壁幅※2	
等級・構成	厚さ(mm)	1.0m 以下	1.5m 以上
Mx60-5-5	150	42.5	32.3
S60-3-3	90	29.4	22.4
S90-3-3		37.6	28.6
S120-3-3		45.7	34.8

※1　これと異なる等級・構成、厚さの場合は Mx60-5-5 を基準として、「面内曲げ基準強度×厚さ」に比例するものとする。
※2　壁幅 1.0～1.5m の場合は直線補間による。

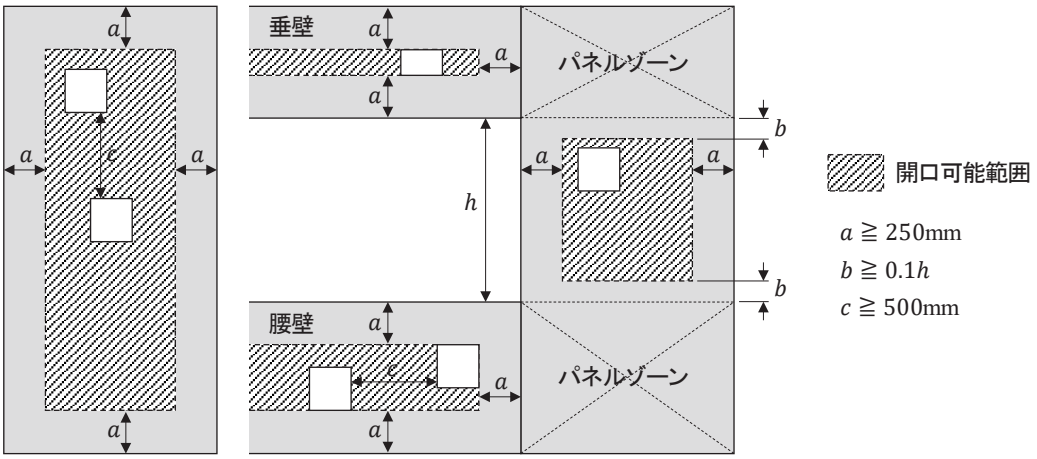


図 7.2.1-1　耐力壁に設ける小開口の可能範囲

(1)　層せん断力分布を基準とする方法

X,Y 方向それぞれについて、i 階 j 番目の耐力壁の負担水平力 Q_{ij} を次式(7.2.1-1)のように求める。すなわち、$Q_{e.i}$ を技術基準告示第十第 2 項第四号の規定による Q_aL で分配したものを Q_{ij} とする。

$$Q_{ij} = Q_{e.i} \cdot \frac{(Q_aL)_j}{\sum_k (Q_aL)_k} \tag{7.2.1-1}$$

ここで、$Q_{e.i}$　：標準層せん断力係数を 0.2 以上として計算した i 階の地震時層せん断力

$(Q_aL)_j$　：j 番目の耐力壁の CLT パネル工法告示第十第四号の規定による Q_aL。よって、$\sum_k (Q_aL)_k$ は CLT パネル工法告示第十第四号の規定による $\sum Q_aL$ と同じ。

i 階 j 番目の耐力壁の許容水平耐力 $Q_{a.ij}$ を次式(7.2.1-2)のように求める。すなわち、$(Q_aL)_j$ に 1 階の層せん断力に対する i 階の層せん断力の比率を乗じたものを $Q_{a.ij}$ とする。

$$Q_{a.ij} = \frac{Q_{e.i}}{Q_{e.1}} \cdot (Q_aL)_j \tag{7.2.1-2}$$

このとき、耐力壁の水平耐力の検定比 γ は、

$$\gamma = \frac{Q_{ij}}{Q_{a.ij}} = \frac{Q_{e.1}}{\sum_k (Q_aL)_k} \tag{7.2.1-3}$$

となり、$\sum_k (Q_aL)_k$ が各階で同一であれば、上記の γ も各階で同一となる。風圧時の検定比は次式(7.2.1-4)のように計

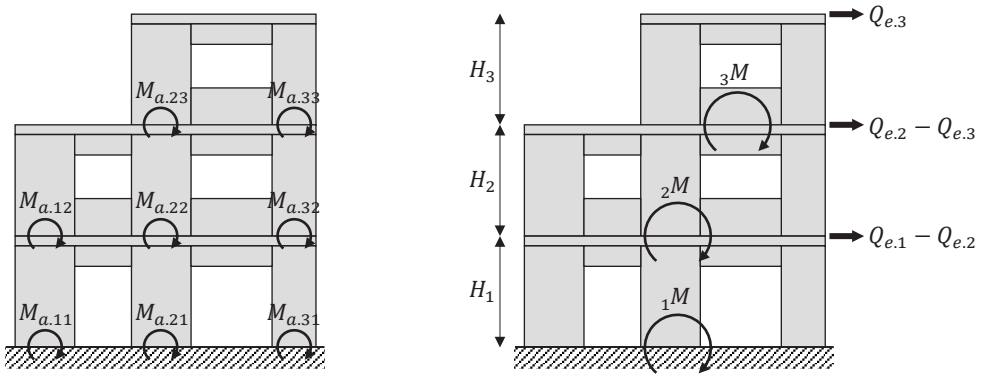
算する。

$$\gamma = \frac{Q_{w.i}}{\sum_j Q_{a.ij}} \tag{7.2.1-4}$$

ここで、$Q_{w.i}$　：i 階の風圧時層せん断力

(2)　壁列脚部の転倒モーメントを基準とする方法

上下に連層する耐力壁を「壁列」とする。図 7.2.1-2 に示すように、壁列ごとに各床レベルの許容転倒モーメントを算出して、階ごとにその合計を許容転倒モーメントとし、それが地震層せん断力分布に基づいて計算される各床レベルの転倒モーメント以上であることを検定する。検定に必要な壁列の許容転倒モーメント$M_{a.ij}$および偏心率の計算に必要な耐力壁の水平剛性の計算方法は(2.1)～(2.4)項に示す。



(a) 各壁列・各床レベルの許容転倒モーメント　　(b) 各階の転倒モーメント

図 7.2.1-2　転倒モーメントの概念

j階の許容転倒モーメント$_jM_a$は次のように求める。

$$_jM_a = \sum_i M_{a.ij} \tag{7.2.1-5}$$

ここで、$M_{a.ij}$　：i番目の壁列のj階床レベルの許容転倒モーメント

j階の転倒モーメント$_jM$は次のように求める。

$$_jM = \sum_{k=j}^{N} Q_{e.k} \cdot H_k \tag{7.2.1-6}$$

ここで、$Q_{e.k}$　：標準層せん断力係数を 0.2 以上として計算したk階の地震時層せん断力

H_k　：k階の階高

N　：階数

なお、(1)の方法では、耐力壁の許容水平耐力$Q_{a.ij}$を式(7.2.1-2)のように求める。このとき、上階の床面積が下階より小さい、いわゆるセットバック建物の場合は、上階の$Q_{e.i}$が小さくなることによって$Q_{a.ij}$も小さくなることに加え、床面積が小さいことにより配置可能な耐力壁量も減少するため、階の許容水平耐力が二重に減少するという不合理が生じる。

これに対して方法(2)では、階ごとに各壁列の許容転倒モーメント$M_{a.ij}$の合計を階の許容転倒モーメント$_jM_a$とする。$M_{a.ij}$は後述のように$Q_{e.i}$と無関係に定まり、(1)の方法における不合理は緩和される。

(2.1)　原則的架構・通し壁架構

原則的架構および通し壁架構の許容転倒モーメント$M_{a.ij}$と耐力壁の水平剛性K_hは次のように計算する。なお、ここでは壁列脚部すなわち 1 階の許容転倒モーメントをM_aと表記して、その計算方法を述べる。2 階より上の許容転倒モーメントについては、当該階床レベルを基礎とみなしたM_aとして計算する。例えば、3 層壁列の 2 階部の許容転倒モーメントは、2 階床レベルを基礎とみなした 2 層壁列として計算する。この点は(2.2)～(2.3)において同様である。

また、参考として、M_aと 1 階耐力壁の許容水平耐力$Q_{a.1}$の関係を、各階耐力壁の負担水平力はA_i分布に従うものとし、

各階重量比を最上階が 0.75、その他が 1.0 として略算的に求めると次のようになる。

3 層壁列 $M_a = Q_{a.1} \times 2.16H$　2 層壁列 $M_a = Q_{a.1} \times 1.54H$　3 層壁列 $M_a = Q_{a.1} \times H$　(7.2.1-7)

- 壁列脚部の許容転倒モーメントM_a

壁列の許容転倒モーメントM_aは次のように計算する。

$$M_a = (A_m \cdot n_{eff} + B_m) \cdot L_w \quad \text{(kN·m)} \qquad (7.2.1\text{-}8)$$

ここで、A_m, B_m :係数

$n_{eff} = n_t + 1.5n_k$

n_t, n_k :当該壁列に取付く垂壁、腰壁の枚数(左右片側に取付く場合は 1、左右両側に取付く場合にn_tは 1.5 とし、n_kは 2 とする)

L_w :耐力壁幅(m)

係数A_m, B_mは開口長さ(隣接する壁列との内法距離)$L_o =$ 0, 0.5, 2, 4m に対して表 7.2.1-2 の値とし、それ以外のL_oについては直線補間によりM_aを計算する。両側に垂壁・腰壁が取付く場合のL_oは左右の平均値とする。また、$n_{eff} = 0$の場合は$L_o = 0$m の値を用いる。

表 7.2.1-2　原則的架構・通し壁架構のM_a算定式係数

層数	3層壁列				2層壁列				1層壁列			
Lo (m)	0	0.9	2	4	0	0.9	2	4	0	0.9	2	4
Am	8.7	8.7	11.1	8.7	6.6	8.1	10.2	6.6	5.1	10.2	9.6	5.1
Bm	66	105	72	66	63	87	66	63	57	66	57	57

式(7.2.1.-8)によるM_a/L_wとn_{eff}の関係を図示すると図 7.2.1-3 のようになる。

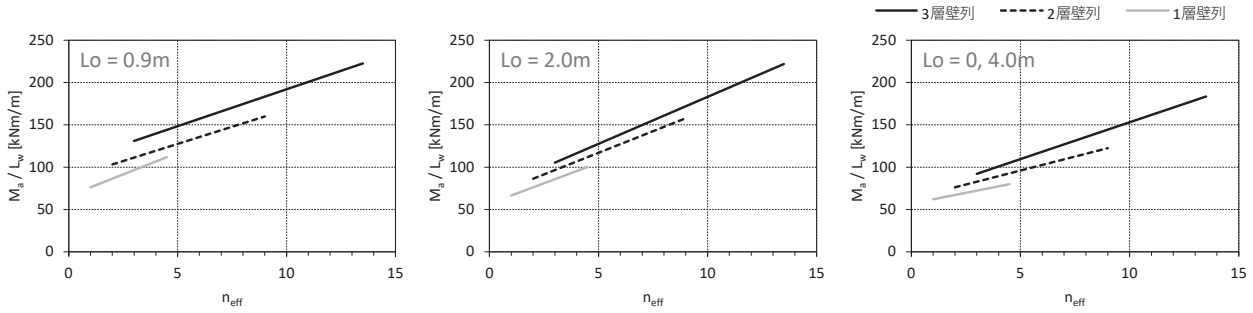


図 7.2.1-3　M_a/L_wとn_{eff}の関係

- 耐力壁の水平剛性K_h

単位壁幅(1m)当りの各階壁の水平剛性K_hは次のように計算する。

$$K_h = \left(A_k \cdot n_{eff.s} + B_k\right) \cdot {L_w}^{1.5} \cdot \left(\frac{3}{H}\right)^2 \quad \text{(kN/cm)} \qquad (7.2.1\text{-}9)$$

ここで、A_k, B_k :係数

$n_{eff.s}$: 階ごとのn_{eff}

L_w : 耐力壁の幅(m)

H : 階高(m)

係数A_k, B_kは開口長さL_o =0, 0.5, 2, 4m に対して表 7.2.1-3 に示す値とし、それ以外のL_oについては直線補間によりK_hを計算する。両側に垂壁・腰壁が取付く場合のL_oは左右の平均値とする。$n_{eff.s}$はn_{eff}と同様に算出する。ただし、n_t, n_kは当該耐力壁が存在する階の垂壁、腰壁の枚数とする。また、$n_{eff.s} = 0$の場合は$L_o = 0$m の値を用いる。

表 7.2.1-3　原則的架構・通し壁架構のK_h算定式係数

階	1階壁				2階壁				3階壁			
Lo (m)	0	0.9	2	4	0	0.9	2	4	0	0.9	2	4
Ak	2.2	2.4	2.3	2.2	3.2	3.5	3.2	1.7	3	3	3	1.9
Bk	19	22	21	19	7.4	10	7.4	7.2	1.7	4.5	1.7	0.4

式(7.2.1.-9)によるK_h ($L_w = 1.0\mathrm{m}, H = 3.0\mathrm{m}$)と$n_{eff.s}$の関係を図示すると図 7.2.1-4 のようになる。

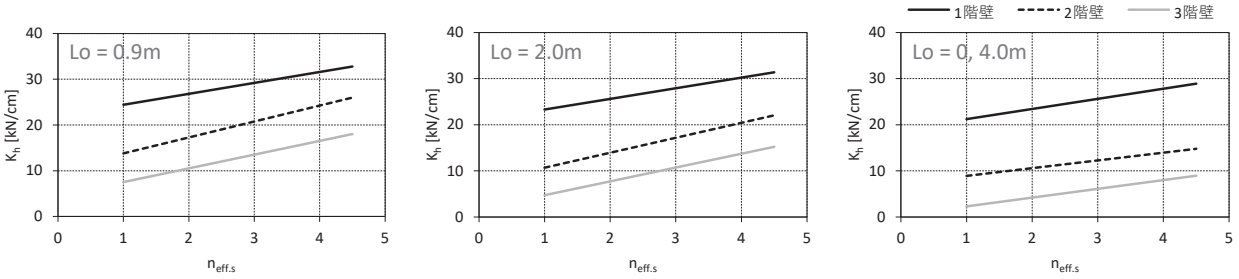


図 7.2.1-4　K_hと$n_{eff.s}$の関係（$L_w = 1.0\mathrm{m},\ H = 3.0\mathrm{m}$）

- 適用条件

上述のM_a、K_h計算方法の適用条件は下記の通りである。

1) 壁 CLT パネルは S60-3-3 (90mm 厚)または同等以上の耐力を有するものとする。
2) 壁幅は 0.9m 以上 2.5m 以下とする。
3) $n_{eff}, n_{eff.s}$に算入できる垂壁・腰壁は、技術基準告示第十第 2 項第四号によるnの計算に関する規定を満足するものに限る。

(2.2)　木質梁勝ち架構（垂壁の省略）

- 壁列脚部の許容転倒モーメントM_a

壁列の許容転倒モーメントM_aは次のように計算する。

$$M_a = A_m \cdot {L_w}^2 + B_m \cdot L_w \quad (\mathrm{kN \cdot m}) \tag{7.2.1-10}$$

ここで、L_w　:耐力壁の幅(m)

$A_m = a_1 + a_2 \cdot L_o$

$B_m = b_1 + b_2 \cdot L_o$

$a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2$　:係数

L_o　:開口幅(m)

係数$a_1,\ a_2,\ b_1,\ b_2$は端壁列、中壁列ごとに開口幅(隣接する壁列との内法距離)L_oに応じて表 7.2.1-4 に示す値とする。中壁列のL_oは左右の平均値とする。ここで、中壁列とは梁の中間に存在するか壁列、端壁列とは梁の端部に存在する壁列であり、図 7.2.1-5 では壁列 B, D, E が中壁列、その他が端壁列に該当する。ただし、壁列 B, D のように梁の一端が直交する梁に接合される場合は、当該接合部のせん断耐力が後述の適用条件 4)に示す必要耐力を満足する場合に限り中壁列とし、満足しない場合は端壁列($L_o = L_1$、$L_o = L_3$)とする。また、壁列 E のように、セットバックにより下階は中壁列、上階は外壁列となる場合は、全層にわたって中壁列、端壁列である場合のM_aとそれらの境界梁数(壁列から左右に伸びる木質梁の総本数)を基準として、次のように計算する。

$$M_a = M_{ae} + (M_{ac} - M_{ae}) \cdot \frac{n_g - n_{ge}}{n_{gc} - n_{ge}} \tag{7.2.1-11}$$

ここで、$M_{ac},\ M_{ae}$　:　全層にわたって中壁列、端壁列である場合のM_a

$n_{gc},\ n_{ge}$　:　全層にわたって中壁列、端壁列である場合の境界梁数

n_g　:　計算対象壁列の境界梁数

例えば、壁列 E では$n_{gc} = 6$、$n_{ge} = 3$、$n_g = 5$とする。

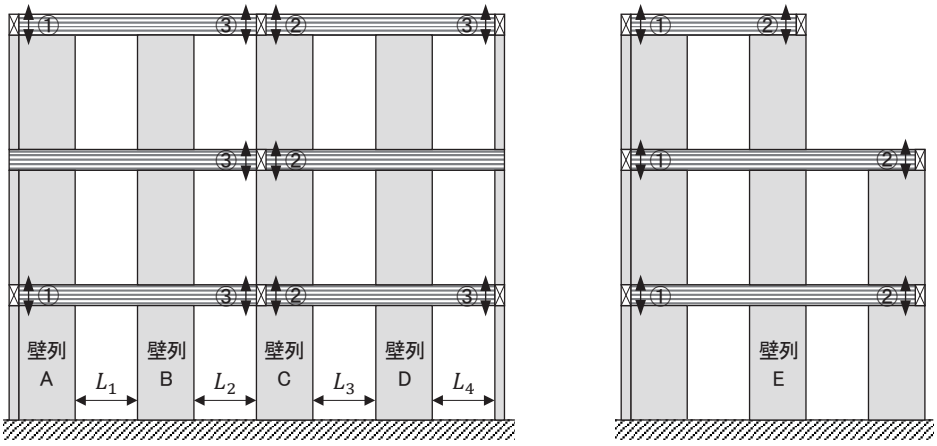
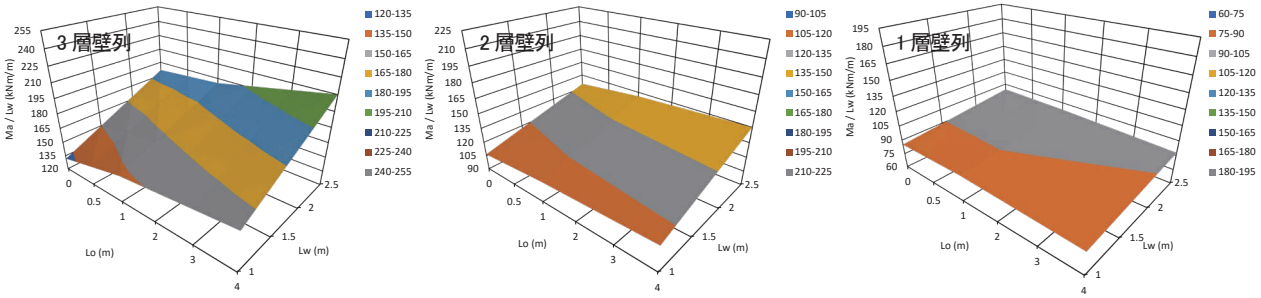


図 7.2.1-5　木質梁勝ち架構における壁列の分類

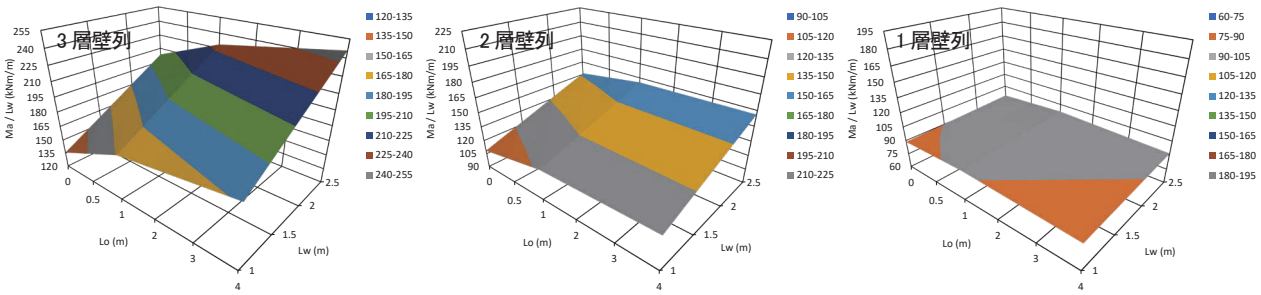
表 7.2.1-4　木質梁勝ち架構（垂壁の省略）のM_a算定式係数

壁列位置	層数	3層壁列		2層壁列		1層壁列	
	Lo (m)	＜1.0	≧1.0	＜1.0	≧1.0	＜1.0	≧1.0
端壁列	a1	12.1	8.90	7.30	7.50	3.00	2.40
	a2	-2.56	0.67	0.29	0.06	-0.61	-0.02
	b1	31.8	39.0	28.2	29.2	25.4	26.9
	b2	7.76	0.55	1.38	0.35	1.08	-0.43
中壁列	a1	14.9	13.9	9.50	8.60	1.00	1.30
	a2	-0.91	0.11	-0.94	-0.06	0.29	0
	b1	30.3	39.7	26.7	31.7	28.5	29.4
	b2	10.9	1.61	5.29	0.27	0.43	-0.49

式(7.2.1.-10)によるM_a/L_wとL_w, L_oの関係を図示すると図 7.2.1-6 のようになる。



(a)　端壁列



(b)　中壁列

図 7.2.1-6　木質梁勝ち架構のM_aとL_w, L_oの関係

- 耐力壁の水平剛性K_h

各階壁の水平剛性K_hは次のように計算する。

$$K_h = (A_k \cdot {L_w}^2 + B_k \cdot L_w) \cdot \left(\frac{3}{H}\right)^2 \quad \text{(kN/cm)} \qquad (7.2.1\text{-}12)$$

ここで、A_k, B_k :係数

L_w :耐力壁の幅(m)

H :階高(m)

係数A_k, B_kは表 7.2.1-5 に示す値とする。

表 7.2.1-5　木質梁勝ち架構（垂壁の省略）のK_h算定式係数

位置	階	1階壁	2階壁	3階壁
端壁	Ak	16.0	14.0	8.5
	Bk	6.0	-5.0	0.3
中壁	Ak	16.0	15.5	12.4
	Bk	8.0	-5.0	-2.3

式(7.2.1.-12)によるK_h/L_w ($H = 3.0$m)とL_wの関係を図示すると図 7.2.1-7 のようになる。

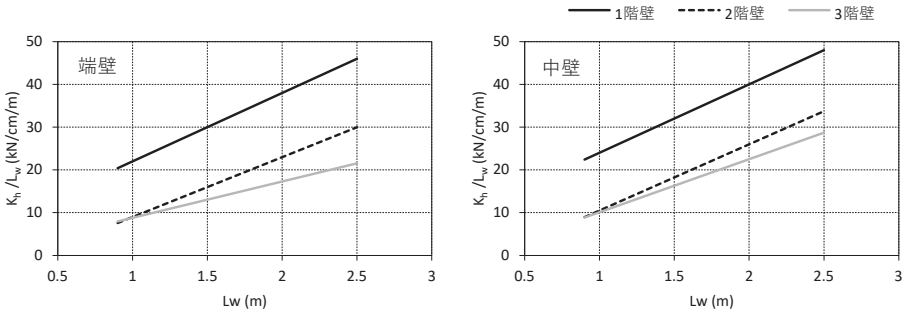


図 7.2.1-7　K_hとL_wの関係（$H = 3.0$m）

- 適用条件

上述のM_a、K_h計算方法の適用条件は下記の通りである。

1) 壁 CLT パネルは S60-3-3(90mm 厚)または同等以上の耐力を有するものとする。
2) 壁幅は 0.9m 以上 2.5m 以下、開口幅は 4m 以下とする。
3) 梁の曲げ強さ(曲げ基準強度×断面係数)は表 7.2.1-6 の値以上とし、CLT 壁パネル引張接合部にルート 1 仕様より耐力が高いものを用いる場合は、梁の必要曲げ強さをそれに比例して増大する。表中に記載のないL_w, L_oについては直線補間による。

表 7.2.1-6　木質梁の必要曲げ強さ（kN･m）

L_w \ L_o	1 以下	2	3	4
1.0 以下	91.3	138.3	175	216
1.5	138.3	216	285.7	311.1
2.0	156.1	261.4	337.5	423.4
2.5	156.1	261.4	337.5	454.2

L_o :開口幅(m)　左右両側に開口がある場合はその最大値

L_w :壁幅(m)

4) 接合部

- CLT 壁パネル引張接合部はルート 1 仕様以上の耐力・変位能力を有するものとする。
- CLT 壁パネルせん断接合部はルート 1 仕様以上の耐力を有するものとする。
- 梁端せん断接合部については下記の①～③のように分類し（図 7.2.1-5 参照）、それらの必要耐力を定める。

① 上または下に壁パネルが存在し、壁パネル縁に位置するせん断接合部

終局耐力≧86kN

② 上または下に壁パネルが存在し、壁パネル縁より内側に位置するせん断接合部

終局耐力≧135kN

③ 上下に壁パネルが存在しないせん断接合部

終局耐力≧max（梁曲げ強さ / 梁長さ※ ,86kN）

※ 境界梁の持出し長さ（図 7.2.1-5 の壁列 B ではL_2、壁列 D ではL_4）

（2.3）　鉄骨梁勝ち架構（垂壁の省略）

- 壁列脚部の許容転倒モーメントM_a

壁列の許容転倒モーメントM_aは、有効開口幅L_{eo}に応じて次のように計算する。端壁列、中壁列の定義は（2.2）項と同様であり、梁の中間に存在する壁列を中壁列、梁の端部に存在する壁列を端壁列とする。

開口幅L_{eo} ≧ 0.9m の場合

$$M_a = \min\left(54 \cdot n_{eff} + 30, M_{au}\right) \cdot L_w \quad \text{(kN・m)} \qquad (7.2.1\text{-}13)$$

ここで、M_{au}　：　端壁列 $180L_w$（kN・m）　中壁列 $225L_w$（kN・m）

$$n_{eff} = n \cdot \sqrt{\frac{M_y}{M_{y200} \cdot L_{eo}}}$$

n　　:壁列に取付く梁の本数（端壁列:層数、中壁列:層数×1.1）

M_y　　:梁の降伏モーメント（kN・m）

M_{y200}　:H-200×100×5.5×8（SS400）の降伏モーメント（42.5kN・m）

開口幅$L_{eo} = 0$の場合

M_aは下記の値とする。

3 層壁列　端壁列 $150.9L_w$（kN・m）　中壁列 $172.8L_w$（kN・m）

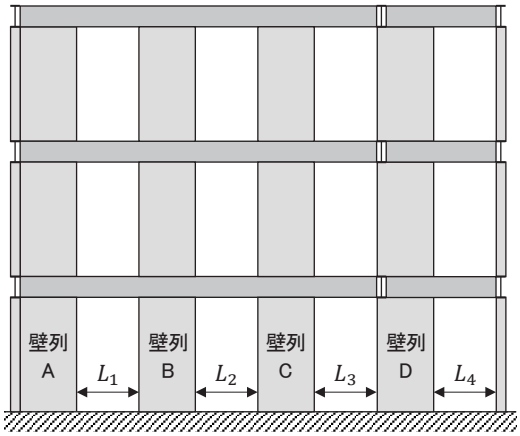
2 層壁列　端壁列 $130.2L_w$（kN・m）　中壁列 $139.8L_w$（kN・m）

1 層壁列　端壁列 $98.7L_w$（kN・m）　中壁列 $96.3L_w$（kN・m）

$0 < L_{eo} < 0.9$m の場合

$L_{eo} = 0, 0.9$m のときのM_aをもとにL_{eo}の値に応じて直線補間により求める

L_{eo}は図 7.2.1-8 に示すように、梁の一端が直交梁に接合される場合は開口幅の 2 倍とし、中壁列のL_{eo}は左右の平均



壁列 A（端壁列）　$L_{eo} = L_1$
壁列 B（中壁列）　$L_{eo} = (L_1 + L_2)/2$
壁列 C（中壁列）　$L_{eo} = (L_2 + 2L_3)/2$
壁列 D（端壁列）　$L_{eo} = 2L_4$

図 7.2.1-8　鉄骨梁勝ち架構における壁列の分類と有効開口幅L_{eo}の計算方法

値とする。

セットバックにより下階は中壁列、上階は外壁列となる場合は、全層にわたって中壁列、端壁列である場合のM_aとそれらのnを基準として、次のように計算する。

$$M_a = M_{ae} + (M_{ac} - M_{ae})\cdot\frac{n_0 - n_e}{n_c - n_e} \tag{7.2.1-14}$$

ここで、M_{ac}, M_{ae} ： 全層にわたって中壁列、端壁列である場合のM_a

n_c, n_e ： 全層にわたって中壁列、端壁列である場合のn

n_0 ： 計算対象壁列のn

M_a/L_wとn_{eff}の関係を図示すると図 7.2.1-9 のようになる。

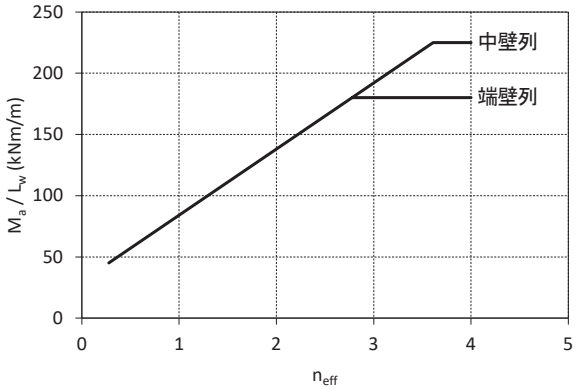


図 7.2.1-9　鉄骨梁勝ち架構のM_a/L_wとn_{eff}の関係

- 耐力壁の水平剛性K_h

開口幅L_{eo} ≧ 0.9m の場合は、各階壁の水平剛性K_hは次のように計算する。

$$K_h = (A_k\cdot n_{eff.s} + B_k)\cdot {L_w}^{1.5}\cdot\left(\frac{3}{H}\right)^2 \quad \text{(kN/cm)} \tag{7.2.1-15}$$

ここで、

$$n_{eff.s} = \frac{n}{L_{eo}}\cdot\sqrt{\frac{I}{I_{200}}} \tag{7.2.1-16}$$

n ：当該層壁左右に取付く梁の本数

I ：梁の断面二次モーメント（mm^4）

I_{200} ：H-200×100×5.5×8 の断面二次モーメント（$18.1\times10^6 mm^4$）

L_o ：開口幅（m）

L_w ：耐力壁の幅（m）

H ：階高（m）

A_k, B_k ：係数（表 7.2.1-7 による）

表 7.2.1-7　鉄骨梁勝ち架構（垂壁の省略）のK_h算定式係数

$n_{eff.s}$	階	1 階壁	2 階壁	3 階壁
$n_{eff.s}$ ≦ 2.0	A_k	1.6	4.0	6.5
	B_k	22	8	1
$n_{eff.s}$ > 2.0	A_k	1.6	2.0	2.5
	B_k	22	12	9

$L_{eo} = 0$の場合のK_hは下記の値とする。

1 階端壁 $27.1{L_w}^{1.5}$ (kN/cm)　1 階中壁 $29.3{L_w}^{1.5}$ (kN/cm)

2 階端壁 $21.9{L_w}^{1.5}$ (kN/cm)　2 階中壁 $26.1{L_w}^{1.5}$ (kN/cm)

3 階端壁 $16.1{L_w}^{1.5}$ (kN/cm)　3 階中壁 $21.4{L_w}^{1.5}$ (kN/cm)

$0 < L_{eo} < 0.9$m の場合のK_hは、上式による$L_{eo} = 0.9$m のときの値と上記の値をもとにL_{eo}の値に応じて直線補間により求める

$K_h/{L_w}^{1.5}$ ($H = 3.0$m)と$n_{eff.s}$の関係を図示すると図 7.2.1-10 のようになる。

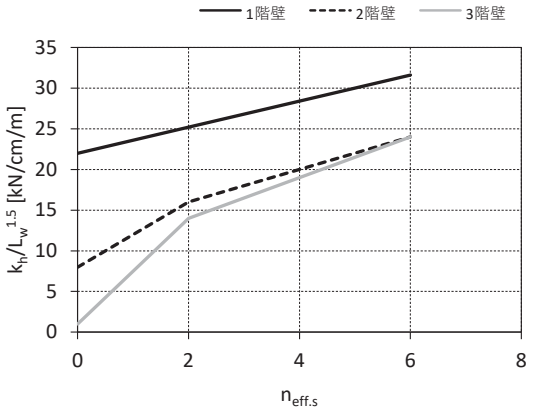


図 7.2.1-10　鉄骨梁勝ち架構の$K_h/{L_w}^{1.5}$と$n_{eff.s}$の関係（$H = 3.0$m）

- 適用条件

上述のM_a、K_h計算方法の適用条件は下記の通りである。

1) 壁 CLT パネルは S60-3-3（90mm 厚）または同等以上の耐力を有するものとする。
2) 壁幅は 0.9m 以上 2.5m 以下、開口幅は 4m 以下とする。
3) 鉄骨梁の降伏モーメント（基準強度×断面係数）は H-250×100×4.5×9（SWH400）の降伏モーメント（58.0kN･m）以下とする。
4) 鉄骨梁には 5.2.2（4.2）項の規定を満足するように横補剛（直交材）を設ける。
5) 鉄骨梁フランジのボルト孔欠損部は下式を満足するようにカバープレート等で適切に補強する。

$$Z_e \cdot \sigma_b \geqq 1.4Z \cdot F \qquad (7.2.1\text{-}16)$$

ここで、Z_e　:断面欠損部の有効断面係数

σ_b　:鉄骨梁の破断強度

Z　:鉄骨梁の断面係数

F　:鉄骨梁の基準強度

6) 接合部

- CLT 壁パネル引張接合部はルート 1 仕様以上の耐力･変位能力を有するものとする。このとき、6.2 節で述べたように、クロスマーク金物 TB-90, TC-90 と同じ仕様で CLT 壁パネルにビス打ちされた引張接合部については、ビス打ち部分のみで「終局時変形量≧2cm、伸び率≧10%」を満足するものとする。
- CLT 壁パネルせん断接合部はルート 1 仕様以上の耐力を有するものとする。
- 梁端せん断接合部の短期許容せん断耐力${}_sQ_a$は下式を満足するものとする。

$${}_sQ_a \geqq 1.4Z \cdot F / L_{wo} \qquad (7.2.1\text{-}17)$$

ここで、Z　:鉄骨梁の断面係数

F　:鉄骨梁の基準強度

L_{wo} :当該せん断接合部に接する壁パネル幅または開口幅

図 7.2.1-8 に示す壁列のL_{wo}は下記のようになる。

壁列 A　L_{wo} = 壁幅　壁列 C　$L_{wo} = L_3$　壁列 D　$L_{wo} = L_4$

7) 開口幅L_oが 0.5m を超える場合は下式のγ_{sc}を 0.6 以下とする。中壁列のL_oは左右の開口幅の平均値とする。

$$\gamma_{sc} = \frac{Z_s \cdot F_s}{Z_c \cdot F_c} \cdot \frac{L_w + L_o}{L_o} \tag{7.2.1-18}$$

ここで、Z_s, F_s :梁の断面係数、基準曲げ強度（片側梁（端壁列）では 1/2 を乗じる）

Z_c, F_c :CLT 壁パネルの断面係数、基準曲げ強度

L_w, L_o :壁幅、開口幅

7.2.2 水平構面の面内耐力の検定

面内せん断力の計算は 4.1.2（2.1）項の方法による。このとき、各通りの負担水平力は 7.2.1 項によるQ_{ij}の 1.5 倍の値を用いて計算し、4.1.1（6.2）項の方法により各通り及び通り間に作用する地震力を計算する際の標準層せん断力係数は 0.3 以上とする。なお、7.2.1（2）項の方法で水平耐力の検定を行う場合のQ_{ij}は、（2.1）～（2.3）各項による耐力壁の水平剛性K_hに基づいて層せん断力を配分して求める。

また、4.1.2（2.2）項及び 4.1.2（2.3）項の方法により水平構面引張接合部の応力を計算し、それが、技術基準告示第 10 第 2 項第八号に規定される床パネル相互の引張接合部の短期許容耐力（52kN）を上回る場合は、当該応力を必要な短期許容耐力とする。

7.2.3 基礎梁の水平力作用時応力計算

図 7.2.3-1 のように、基礎梁の上に 3 つの 1 階耐力壁が載る状態を考える。これらの耐力壁を水平力方向の順に「壁 1」、「壁 2」、「壁 3」とする。壁i脚部の曲げ応力M_iは次式（7.2.3-1）のように求める。

$$M_i = 1.5 Q_{1i} \cdot H \cdot y_i \tag{7.2.3-1}$$

ここで、Q_{1i} ： 式（7.2.1-1）または 7.2.2 項の方法による壁iの負担水平力

H ： 耐力壁の高さ

y_i ： 壁iの反曲点高さ比

M_i及び鉛直荷重による壁iの軸力N_iと基礎梁に作用する鉛直力T_i, C_iには次の関係がある。

$$M_i = \frac{D_i}{2}(C_i + T_i) \tag{7.2.3-2}$$

$$N_i = C_i - T_i \tag{7.2.3-3}$$

ここで、D_i ： 壁iの幅

したがって、T_i, C_iは次のように求められる。

$$T_i = \frac{M_i}{D_i} - \frac{N_i}{2} \tag{7.2.3-4}$$

$$C_i = \frac{M_i}{D_i} + \frac{N_i}{2} \tag{7.2.3-5}$$

ただし、上記のT_iが壁-基礎引張接合部の短期許容引張耐力T_aより大きい場合は、T_i, C_iは次のように求める。

$$T_i = T_a \tag{7.2.3-6}$$

$$C_i = \frac{2M_i}{D_i} - T_a \tag{7.2.3-7}$$

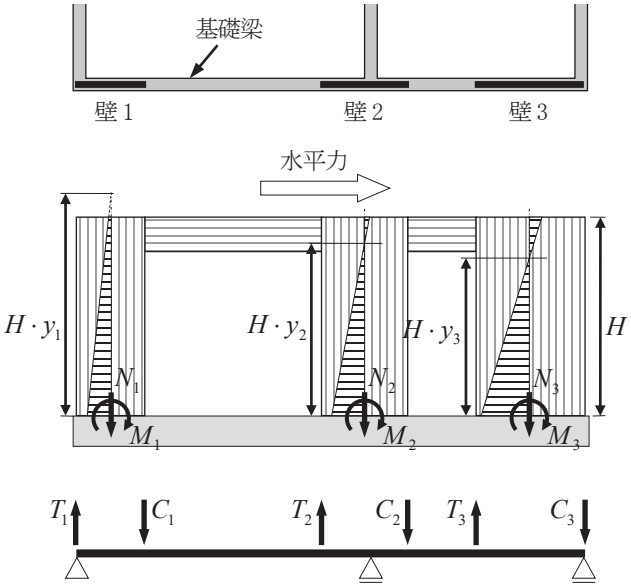


図 7.2.3-1　水平力作用時に 1 階壁パネルから基礎梁に作用する鉛直力

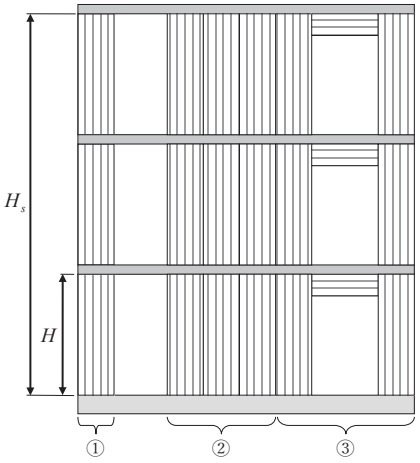
図 7.2.3-1 のように、直交方向の基礎梁が存在する位置をピン支点とし、T_i , C_i による応力を水平力作用時応力として計算する。そのほかの方法として、ピン支点とする位置（直交方向の基礎梁が存在する位置）で基礎梁を分割した単純梁として応力を計算する場合は、単純梁とみなすことにより一般に最大応力は安全側に評価されるが、応力分布は正しく評価されないため、基礎梁の断面形状と配筋を基礎梁の全長（例えば図 7.2.3-1 に示す基礎梁の左端から右端まで）にわたって同一とする場合、または同区間の曲げ耐力・せん断耐力を同区間における最小値で代表する場合に限る。

壁 i の反曲点高さ比 y_i については、壁 i 及びその上階の耐力壁が各床レベル及び屋根レベルで垂れ壁パネルに接する場合は、当該壁両側の開口幅の平均値 L_{oa} に応じて表 7.2.3-1 に示す値とすることができる。ただし、図 7.2.3-1 中の壁 1, 3 のように鉛直構面端部の耐力壁については L_{oa} は当該壁片側の開口幅とする。

また、各床レベル及び屋根レベルで垂れ壁パネルに接しない場合として、図 7.2.3-2②のような連続耐力壁については y_i は 1.0 とする。図 7.2.3-2①のように床パネルのみで接続する耐力壁の y_i については、最上部までの合計高さを 1 階耐力壁高さで除した値とする。

表 7.2.3-1　反曲点高さ比 y_i
（各階に垂れ壁がある場合）

開口幅 L_{oa} (cm)	層数	
	2 以下	3
100 以下	0.8	0.9
200 以下	1.0	1.2
300 以下	1.1	1.3
400 以下	1.2	1.3



① 床パネルのみで接続する耐力壁

$$y_i = \frac{H_s}{H}$$

② 連続耐力壁

$$y_i = 1.0$$

③ 各床レベルで垂れ壁に接する耐力壁

y_i は表 7.2.3-1 によ

図 7.2.3-2　反曲点高さ比 y_i 設定方法による耐力壁配置パターンの分類

7.2.4　その他の応力計算

長期、積雪時の壁パネルの負担重量は負担面積を適切に仮定して計算し、垂れ壁パネル、梁、床版等の曲げ・せん断応力は、それらを単純梁に置換するなどの方法で計算する。

また、地震時接地圧の計算においては標準層せん断力係数 0.2 相当の地震力を考慮する。そのほか、地盤と基礎の応力計算・検定について、本章に解説されるものを除き、文献 1)の「2.6 地盤と基礎の計算」に準拠できるものとする。

7.3　偏心率

偏心率の計算は 4.3.2 項による。剛心を計算する際の耐力壁の水平剛性は、水平耐力の検定を 7.2.1(1)項の方法で行う場合は$(Q_a L)_j$ に比例するとみなすことができるものとし、水平耐力の検定を 7.2.1(2)項の方法で行う場合は(2.1)～(2.3)各項による耐力壁の水平剛性K_hとする。

1) 日本住宅・木材技術センター ： 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年版)

第 8 章　限界耐力計算

8.1　限界耐力計算の構造計算概要

令第 82 条の 5 及び平 12 建告第 1457 号(以下、「限界耐力計算告示」と記す。)の規定に従い以下の構造計算を行う。そのほか、CLT パネル工法建築物を含め CLT を用いる建築物には耐久性等関係規定として技術基準告示第七が適用される。令第 82 条の 5 に規定される構造計算の項目は下記の通りである。本章では、これらのうち CLT パネル工法建築物において特に注意が必要と考えられる、限界耐力計算告示第 6, 7 に規定される安全限界変形角等、及び限界耐力計算告示第 9 に規定される減衰定数(建築物の減衰を表す数値)の扱いについて解説する。

■令第 82 条の 5

一　地震時を除き、令第 82 条第一号から第三号まで(地震に係る部分を除く。)に定めるところによること。

二　極稀積雪時、極稀風圧時に材料強度以下。

三　中地震時の地震力が損傷限界耐力以下。層間変形角が 1/200 (1/120)以下。

　イ　損傷限界耐力の計算方法 [限界耐力計算告示第 2]

　ロ　損傷限界固有周期の計算 [限界耐力計算告示第 3]

　ハ　中地震により建築物の各階に作用する地震力の計算 [限界耐力計算告示第 4]

　ニ　中地震時の層間変位の計算 [限界耐力計算告示第 5]

四　地下部分の地震力 [令第 88 条第 4 項]、地下部分の構造耐力上主要な部分の断面に生ずる応力度 [令第 82 条第一号及び第二号]が、短期許容応力度 [第 3 款]以下。

五　大地震時の地震力が保有水平耐力以下。

　イ　安全限界変位の計算 [限界耐力計算告示第 6]

　ロ　安全限界固有周期の計算 [限界耐力計算告示第 7]

　ハ　大地震時の地震力の計算 [限界耐力計算告示第 8, 9]

六　使用上の支障防止 [令第 82 条第四号]

七　地震力・風圧力に対する屋根ふき材、特定天井、外装材及び帳壁の安全性 [限界耐力計算告示第 11]

八　特別警戒区域内における居室を有する建築物の外壁等の破壊防止

8.2　安全限界変位の上限値等［限界耐力計算告示第 6, 7］

限界耐力計算告示第 6 第 2 項では、木造建築物の安全限界変位時の層間変形角(以下、「安全限界変形角」と記す。)の上限値γ_sは 1/30、その他の建築物については 1/75 と規定されている。このように、木造建築物のみ他構造建築物の 2.5 倍の変位が許容される理由として、木造建築物は一般に他構造建築物より軽量かつ低層であること、及び振動台実験等による実大架構の終局変形能力に関する知見が比較的豊富であることが挙げられる。

CLT パネル工法建築物の場合は、一般的な木造建築物より重量が大きく、さらに実現可能な層数も一般的な木造建築物より多い。安全限界変形角に上限値を設定する理由の一つに PΔ効果による水平耐力の減少があり、その度合いは層数が多いほど大きくなる。3 層程度の建築物については第Ⅱ部 1.4.4 項の振動台実験結果に示すように層間変形角が 1/15 程度に達しても、水平耐力の低下は少なく、安全限界変形角の上限値を 1/30 とすることに問題は無いといえる。これらを考慮して、本設計法では PΔ効果による終局水平耐力の減少率を 3 層の場合と等しくすることを条件として、表 8.2-1 に示すように階数に応じて安全限界変形角の上限値γ_sを設定する。なお、PΔ効果による水平耐力の減少を考慮した解析により水平耐力を評価する場合は階数によらずγ_sを 1/30 とすることができる。

表 8.2-1　安全限界変形角の上限値γ_s【暫定値】

階数	3 以下	4	5	6	7	8 以上
γ_s	1/30	1/40	1/45	1/50	1/60	1/75

また、限界耐力計算告示第 7 第 3 項の規定により、塑性ヒンジを生じる部分については建築物が安全限界変位の 1.5 倍に対応する変形状態に達した時の変形角が限界（終局）変形角以下であることを確認する必要がある。CLT パネル工法建築物では柱梁ラーメンフレーム等を併用する場合にその柱梁接合部が本規定に該当するが、それ以外の部分については同項第二号の規定により、CLT パネル、その他の木質部材の安全限界時応力度が基準強度以下であること、壁組、床組、在来小屋組及び接合部の変形が終局変形以下であることを確認する。

8.3 減衰定数

限界耐力計算告示第 9 第 2 項の規定に基づいて減衰定数（建築物の減衰を表す数値）を計算する。同項には第一号イ、ロ、第二号及び第三号に 4 種類の計算方法が示されており、CLT パネル工法建築物では第一号イ、第二号及び第三号における部材の構造形式に応じた減衰特性を表す係数γ_1の値は 0.2 とする。なお、第Ⅱ部 1.4.4 項に示すように、第二号に規定される下記の計算方法が既往の振動台実験結果に対して比較的良い対応を示している。

$$h = \gamma_1 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\Delta_d \cdot Q_s}{\Delta_s \cdot Q_d}}\right) \tag{8.3-1}$$

ここで、Δ_d ：第 3 第 1 項に規定する建築物の損傷限界時における代表変位

Δ_s ：第 7 第 1 項に規定する建築物の安全限界時における代表変位

Q_d ：第 3 第 1 項に規定する建築物の損傷限界耐力

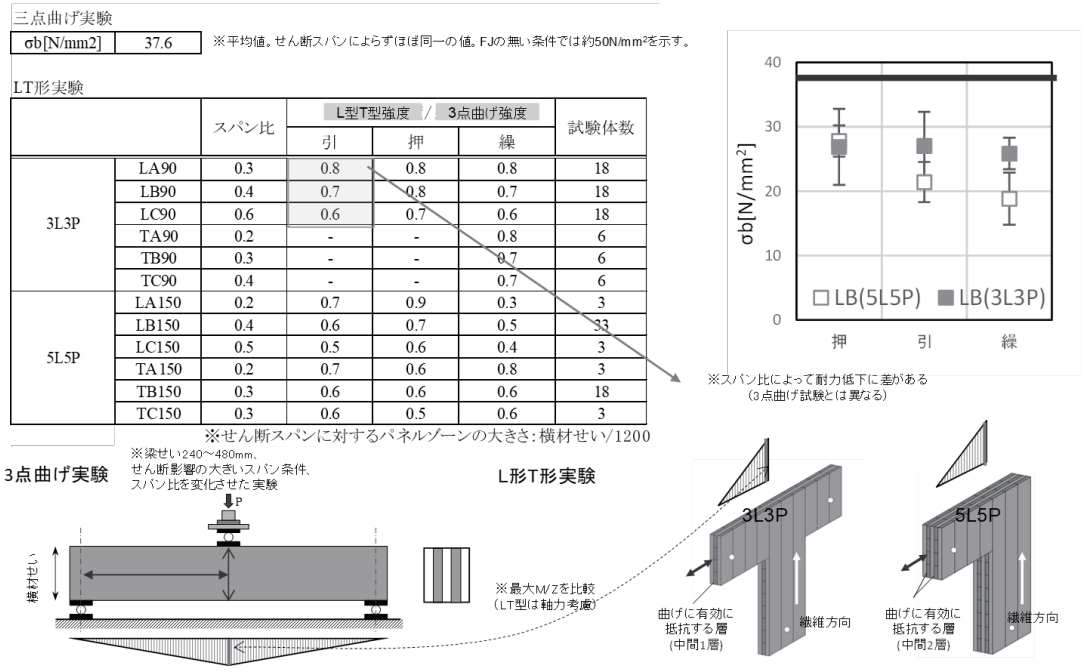
Q_s ：第 7 第 1 項に規定する建築物の安全限界耐力

ただし、大版パネル架構①については損傷限界を、亀裂が生じていない状態で計算すると減衰性をやや過大評価する場合があるので、初期から亀裂が生じているものとして、小幅パネル架構とみなして計算することが妥当といえる。

付録１　有開口壁パネルの開口周辺の剛性・強度 [1)]

（1）強度に関する考察

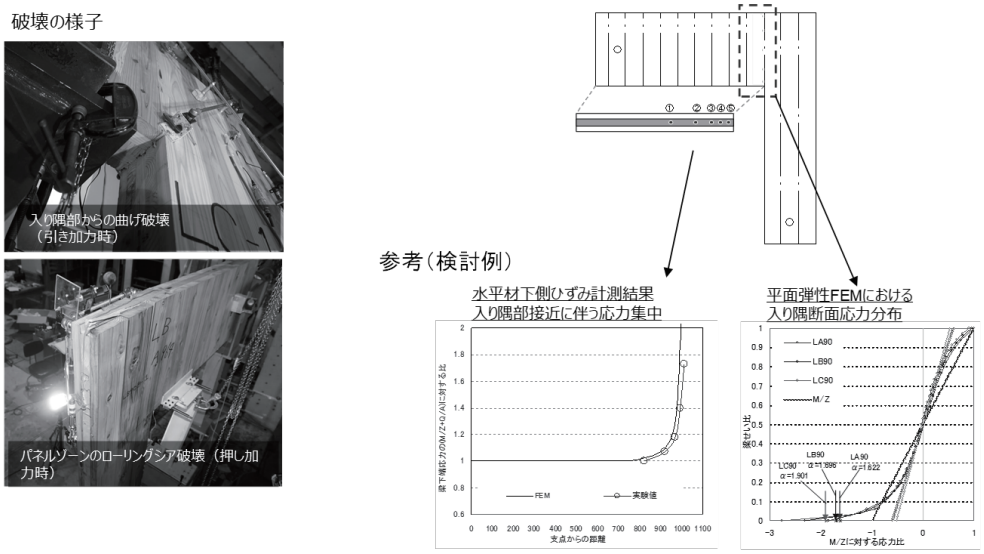
入隅部を有するＬ形Ｔ形試験体では、断面の平面保持を仮定して計算される破壊応力は、スパン比や加力の方向性によって傾向に差が見られるが、おしなべて、3 点曲げの条件に対して約 0.65 倍程度の耐力低減が生じた。すなわち、設計上は 1.5 倍程度の応力集中を見込むと良い（付図 1-1）。



		スパン比	L型T型強度 / 3点曲げ強度 引	押	繰	試験体数
3L3P	LA90	0.3	0.8	0.8	0.8	18
	LB90	0.4	0.7	0.8	0.7	18
	LC90	0.6	0.6	0.7	0.6	18
	TA90	0.2	-	-	0.8	6
	TB90	0.3	-	-	0.7	6
	TC90	0.4	-	-	0.7	6
5L5P	LA150	0.2	0.7	0.9	0.3	3
	LB150	0.4	0.6	0.7	0.5	33
	LC150	0.5	0.5	0.6	0.4	3
	TA150	0.2	0.7	0.6	0.8	3
	TB150	0.3	0.6	0.6	0.6	18
	TC150	0.3	0.6	0.5	0.6	3

付図 1-1　3 点曲げ試験で得られた CLT 有効層曲げ強度に対するＬ型Ｔ型試験体の曲げ応力度の比（耐力低減率）

強度低下の原因は、引張・繰り返し加力時には入り隅部での曲げ応力集中、押し加力時にはパネルゾーンでのラミナ層内ねじり破壊（ローリングシア強度）と、異なるメカニズムによるものと考えている。ただし、その数値推定に関しては完全には明らかになっていない（付図 1-2）。

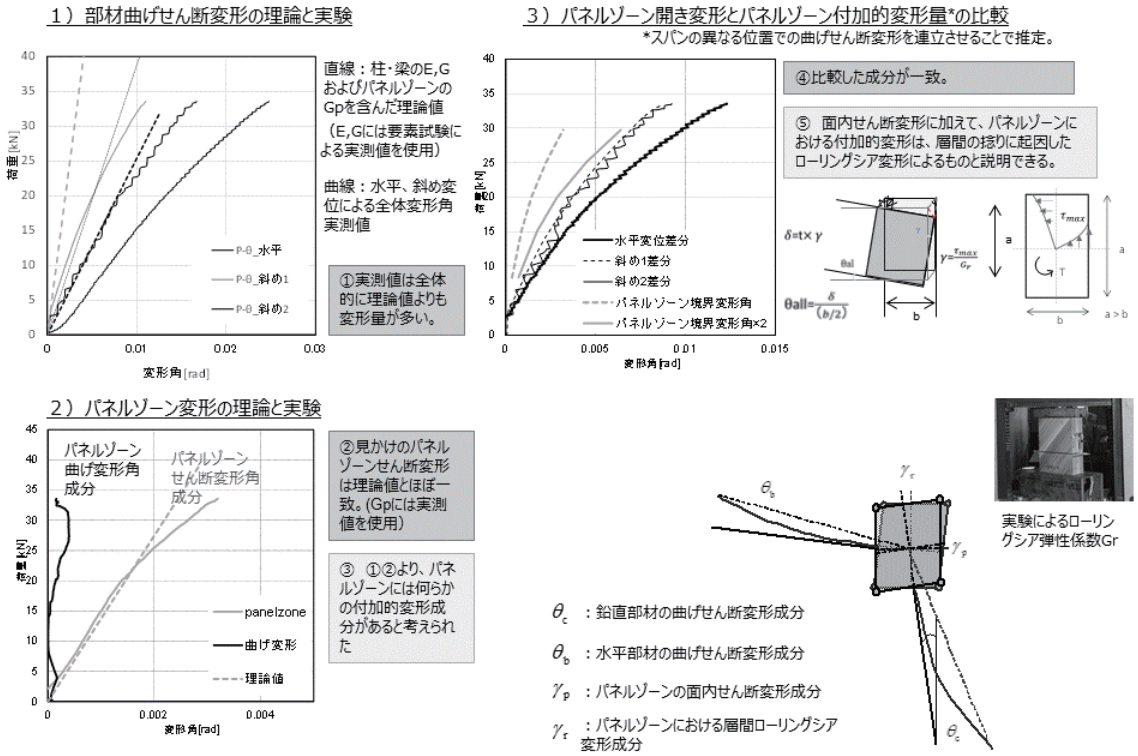


付図 1-2　強度低下の原因

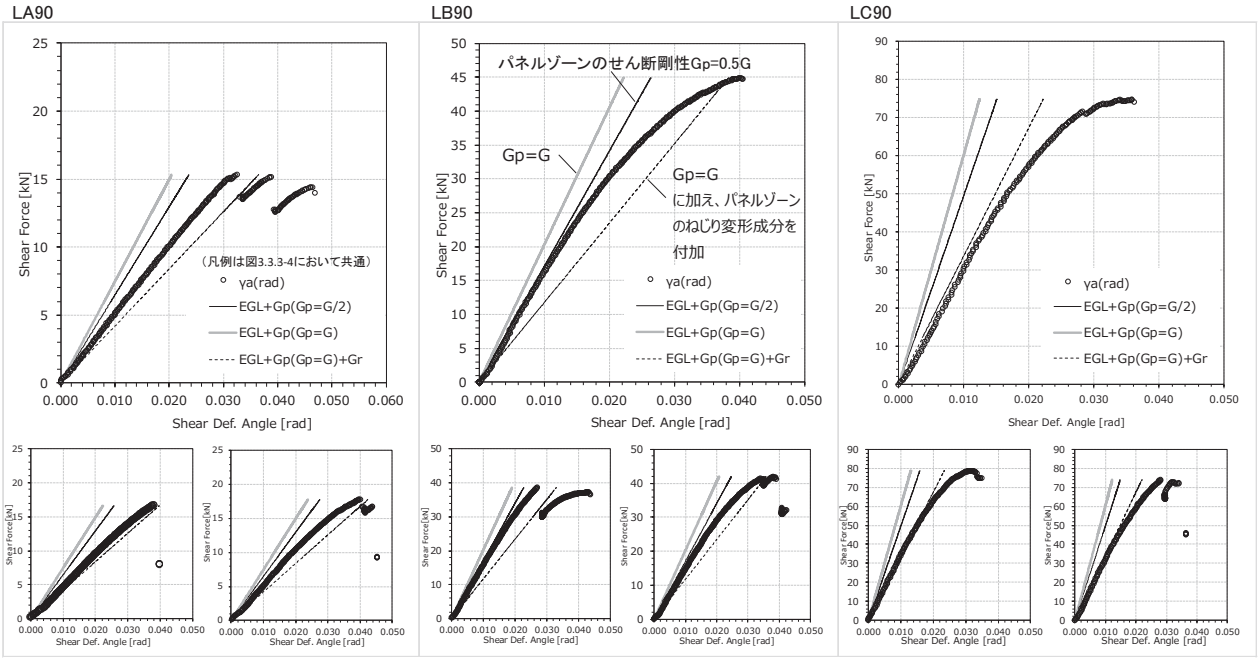
1）和田真美, 青山 剛, 三宅 辰哉, 北守 顕久, 森 拓郎, 中川 貴文, 五十田 博: CLT による構造の設計法検討のための実大震動台実験, その 17, 3 層 3 プライＬ形･Ｔ形パネル水平加力実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅲ, pp.199-200, 2016.8

（2）パネルゾーン部における剛性低減について

試験体の剛性試験値を部材の曲げヤング係数とせん断弾性係数を用いた推定値と比較した（付図 1-3、付図 1-4）。



付図 1-3　試験体の剛性試験値と推定値の比較の考え方



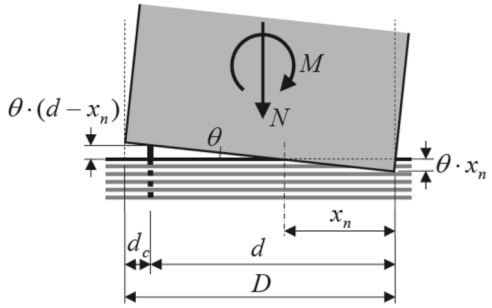
付図 1-4　試験体の剛性試験値と推定値の比較

以上より、有開口 CLT 大型パネルをフレームモデルに置換する際、パネルゾーンの変形成分には、せん断弾性係数とラミナ層間ローリングシアの両者を考慮した数値を用いるべきと考えられるが、設計上簡略化するためにパネルゾーンのせん断弾性係数を実際の 1/2（係数 0.5 を乗じる）とみなすと、実測値と比較的一致することが確認された。

付録 2　CLT パネル・接合部の軸耐力と曲げ耐力の関係

(1)　想定する応力変形状態

CLT パネル端接合部の荷重・変形状態を付図 2-1 のように考え、CLT パネル端接合面直上の CLT パネル断面及び CLT パネル端接合面について、CLT パネル縁の圧縮応力度及び引張接合部の応力度が短期許容応力度に達するとき(以下「許容耐力時」)、同じく基準強度に達するとき(以下「基準強度時」)、及び CLT パネル断面あるいは CLT パネル端接合面が終局耐力に達するとき(以下「終局時」)のMとNの関係(以下「M-N関係」)等について検討する。



付図 2-1　CLT パネル端接合部の応力変形状態

終局時のM-N関係の定式化については、鉄筋コンクリート造柱の終局耐力計算式 [1)]に準じた近似手法を用いるが、このほかに歪み分布の平面保持仮定に基づく非線形計算によりM-N関係を求めることができる。後者の方がより実態に近いM-N関係が得られると考えられるが、それを定式化することは困難である。幸い、3.1.2(3)項で述べた MS モデルではこのようなM-N関係が解析の過程で自動的に考慮されるので、設計にあたって定式化は不要である。

本項では、近似手法及び平面保持仮定に基づく非線形計算によるM-N関係の相違を概観するとともに、3.1 節で述べた設計用構造モデルのうちフレームモデル及び壁エレメントモデル(以下「フレームモデル等」)を用いる場合について、CLT パネル端接合面における圧縮部分の剛性・耐力及び引張接合部との応力中心間距離の評価方法などについて検討する。

なお、本項では付図 2-1 のように一つの CLT パネルとその他の CLT パネル、土台あるいは基礎との接触面において圧縮力が伝達される接合方法を対象とする。したがって、それ以外に圧縮力を伝達する金物が存在する場合などは対象外である。

(2)　許容耐力時・基準強度時の$M-N$関係

(2.1)　CLT パネル断面

CLT パネルの応力度が短期許容応力度に達するときのNとMの関係は、式(付 2-1)の検定式より、Mは正の値として、式(付 2-2)のように得られる。

$$\frac{|N|}{A \cdot f_{ct}} + \frac{|M|}{Z \cdot f_b} = 1.0 \qquad \text{(付 2-1)}$$

$$M = \left(1 - \frac{|N|}{A \cdot f_{ct}}\right) \cdot Z \cdot f_b \qquad \text{(付 2-2)}$$

ここで、A,Z　:CLT パネルの断面積、断面係数

f_{ct}　:$N \geqq 0$ (圧縮)のとき CLT パネルの短期許容圧縮応力度、$N < 0$ (引張)のとき CLT パネルの短期許容引張応力度

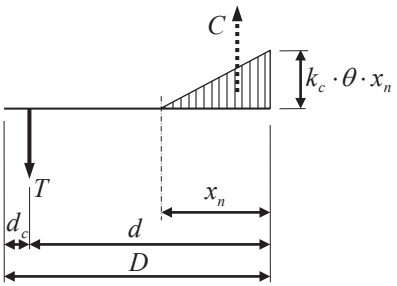
f_b　:CLT パネルの短期許容曲げ応力度

f_{ct}, f_bを基準強度とすれば、CLT パネルの応力度が基準強度に達するときのN-M関係が得られる。

1) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建物の靭性保証型耐震設計指針(案)・同解説,1997.7

(2.2)　CLT パネル端接合面

付図 2-1 に示すように接合部の回転角をθとし、CLT パネル接触部の単位長さ当りの圧縮剛性をk_c、引張接合部の引張剛性をk_tとして、応力状態を付図 2-2 のように表わす。



付図 2-2　接合部の弾性時応力分布の仮定

このとき、圧縮応力の合力C、引張応力T、軸力N、曲げMは次のように計算される。

$$C = k_c \cdot \theta \cdot {x_n}^2/2 \qquad (付\ 2\text{-}3)$$

$$T = k_t \cdot \theta \cdot (d - x_n) \qquad (付\ 2\text{-}4)$$

$$N = C - T \qquad (付\ 2\text{-}5)$$

$$\begin{aligned} M &= \left(\frac{D}{2} - d_c\right) \cdot T + \left(\frac{D}{2} - \frac{x_n}{3}\right) \cdot C \\ &= \left(\frac{D}{2} - d_c\right) \cdot k_t \cdot \theta \cdot (d - x_n) + \left(\frac{D}{2} - \frac{x_n}{3}\right) \cdot \frac{k_c \cdot \theta \cdot {x_n}^2}{2} \end{aligned} \qquad (付\ 2\text{-}6)$$

圧縮側縁応力度が短期許容圧縮応力度f_cに達するときのθをθ_cとして、

$$k_c \cdot \theta_c \cdot x_n = f_c \cdot t \quad より \quad \theta_c = \frac{f_c \cdot t}{k_c \cdot x_n} \qquad (付\ 2\text{-}7)$$

このθ_cを式(付 2-3)、式(付 2-4)のθとし、式(付 2-3)、式(付 2-4)を式(付 2-5)に代入すれば、下式のx_nに関する二次方程式が得られ、その解をx_{nc}とする。

$$\frac{f_c \cdot t}{2} \cdot {x_n}^2 + \left(\frac{k_t \cdot f_c \cdot t}{k_c} - N\right) \cdot x_n - \frac{k_t \cdot d \cdot f_c \cdot t}{k_c} = 0 \qquad (付\ 2\text{-}8)$$

x_{nc}を式(付 2-7)に代入してθ_cの値を求め、それらを式(付 2-6)に代入して得られるMをM_cとする。また、引張接合部の応力Tが短期許容耐力T_aに達するときのθをθ_tとして、

$$k_t \cdot \theta \cdot (d - x_n) = T_a \quad より \quad \theta_t = \frac{T_a}{k_t \cdot (d - x_n)} \qquad (付\ 2\text{-}9)$$

このθ_tを用いて、式(付 2-8)と同様にx_nに関する二次方程式が下式のように得られ、その解をx_{nt}とする。

$$\frac{k_c}{2} \cdot {x_n}^2 + \left(k_t + \frac{N \cdot k_t}{T_a}\right) \cdot x_n - \left(1 + \frac{N}{T_a}\right) \cdot k_t \cdot d = 0 \qquad (付\ 2\text{-}10)$$

x_{nt}を式(付 2-9)に代入してθ_tの値を求め、それらを式(付 2-6)に代入して得られるMをM_tとし、M_cとM_tの最小値を軸力Nに対応する接合部の短期許容曲げ耐力M_{je}とする。

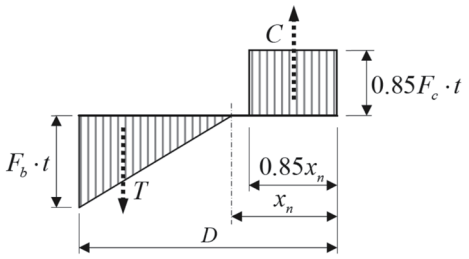
$$M_{je} = \min(M_c,\ M_t) \qquad (付\ 2\text{-}11)$$

また、f_cを圧縮基準強度、T_aを引張接合部の基準強度に対応する引張耐力とすれば、M_{je}は接合部の弾性限界耐力となる。

(3)　近似手法による終局時のM−N関係

(3.1)　CLT パネル断面

CLTパネル断面で圧縮応力度が生じる部分は基準強度F_cに達した段階で塑性化するものとし、鉄筋コンクリート造柱の終局耐力計算式[6]に準じて、圧縮応力度を付図2-3のように単純化する。引張側の縁応力度は基準強度F_bに達しているものとする。なお、付図2-3においてtはCLTパネルの厚さを表す。



付図 2-3　CLT パネルの終局時応力分布の仮定

このとき、圧縮応力及び引張応力の合力C,Tは次のように求められる。

$$T = F_b \cdot t \cdot (D - x_n)/2 \qquad (付\ 2\text{-}12)$$

$$C = 0.85^2 F_c \cdot t \cdot x_n \qquad (付\ 2\text{-}13)$$

軸力Nは次のように表され、

$$N = C - T \qquad (付\ 2\text{-}14)$$

上式より圧縮縁から中立軸までの距離x_nが次のように計算される。

$$x_n = \frac{N + F_b \cdot t \cdot D/2}{(0.85^2 \cdot F_c + 1/2 \cdot F_b) \cdot t} \qquad (付\ 2\text{-}15)$$

このx_nを式(付 2-12)、式(付 2-13)に代入してC, Tの値を計算し、曲げMの値を次のように求める。

$$\begin{aligned} M &= \left(\frac{D}{2} - \frac{0.85x_n}{2}\right) \cdot C + \left(\frac{D}{2} - \frac{D - x_n}{3}\right) \cdot T \\ &= \frac{D - 0.85x_n}{2} \cdot C + \frac{D + 2x_n}{6} \cdot T \end{aligned} \qquad (付\ 2\text{-}16)$$

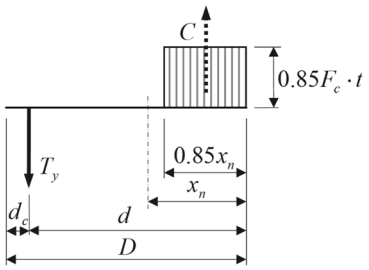
また、軸力Nが小さい場合あるいは負(引張)の場合には引張側の縁応力度が先に基準強度に達して破断が生じる可能性があり、そのときのMは次のように求められる。

$$\begin{aligned} &N \geqq 0\,(圧縮)のとき \quad M = \left(1 + \frac{N}{A \cdot F_c}\right) \cdot Z \cdot F_b \\ &N < 0\,(引張)のとき \quad M = \left(1 + \frac{N}{A \cdot F_t}\right) \cdot Z \cdot F_b \end{aligned} \qquad (付\ 2\text{-}17)$$

式(付 2-16)と式(付 2-17)によるMのうち小さい方を採用して終局時のM-N関係とする。

(3.2)　CLT パネル端接合面

(3.1)項と同様に、CLT パネル断面で圧縮応力度が生じる部分は基準強度F_cに達した段階で塑性化するものとし、圧縮応力度を付図 2-4 のように単純化する。引張接合部の応力は降伏耐力T_yに達しているものとする。なお、付図 2-4 においてtは CLT パネルの厚さを表す。



付図 2-4　接合部の終局時応力分布の

このとき、圧縮応力の合力Cは次のように求められる。

$$C = 0.85^2 F_c \cdot t \cdot x_n \tag{付 2-18}$$

軸力Nは次のように表され、

$$N = C - T_y \tag{付 2-19}$$

上式より圧縮縁から中立軸までの距離x_nが次のように計算される。

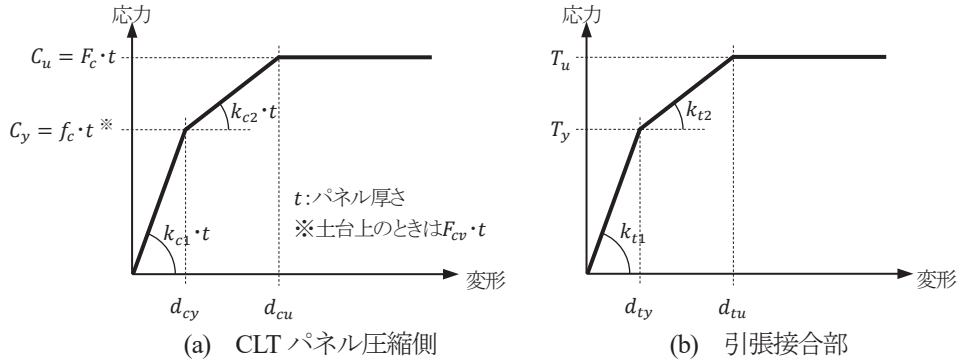
$$x_n = \frac{N + T_y}{0.85^2 F_c \cdot t} \tag{付 2-20}$$

このx_nを式(付 2-18)に代入してCの値を計算し、曲げMの値を次のように求める。

$$\begin{aligned} M &= \left(\frac{D}{2} - \frac{0.85x_n}{2}\right) \cdot C + \frac{D - 2d_c}{2} \cdot T_y \\ &= \frac{(N + T_y) \cdot D}{2} \cdot \left(1 - \frac{N + T_y}{0.85F_c \cdot t \cdot D}\right) + \frac{D - 2d_c}{2} \cdot T_y \end{aligned} \tag{付 2-21}$$

(4) 平面保持仮定に基づくM−N関係

付図 2-1 と同様の応力変形状態を考え、CLT パネル圧縮側及び引張接合部の応力変形関係を付図 2-5 のようなトリリニアとする。ここで、CLT パネルについては有限な材軸方向の長さ部分(以下「可撓長さ」)において歪み分布は変化しないものとして、歪みに可撓長さを乗じた変形を対象とする。また、CLT パネル引張側は弾性とする。



(a) CLT パネル圧縮側　　(b) 引張接合部

付図 2-5 CLT パネル、引張接合部の応力変形関係(模式図)

CLT パネル断面あるいはパネル端接合面の変形分布について平面保持仮定が成立するものとして、応力状態を付図 2-6、付図 2-7 のように設定する。回転変形角θを既知数とし、中立軸位置x_nを未知数とすればパネル断面内あるいは接合面の任意の位置における変形がx_nを介して得られ、それに付図 2-5 の応力変形関係を適用すれば応力もx_nを変数として定式化できる。これらの応力と曲げモーメントM、軸力Nの関係はは次のようなる。

$$M = \sum_{i=1}^{3} C_i \cdot a_{ci} + T \cdot a_t \tag{付 2-22}$$

$$N = \sum_{i=1}^{3} C_i - T \tag{付 2-23}$$

x_nを変数として定式化された応力C_i、Tを式(付 2-23)に代入すればx_nに関する方程式が得られ、それを解いてx_nの値を求める。x_nが既知となれば応力C_i、T及びそれらの位置a_{ci}、a_tが決まり、式(付 2-22)によりMが求められる。

以上の方法に基づき、θを既知数として順次増加し、そのθに対応するMの値を以下の手順で求める。

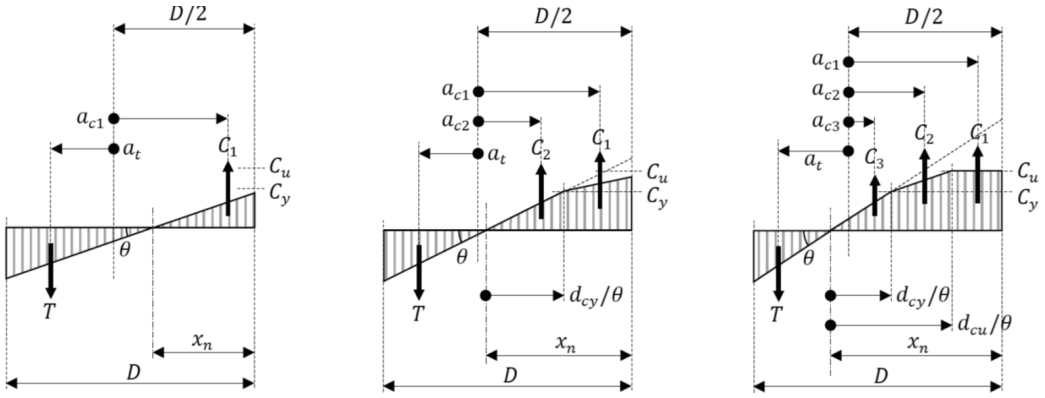
① Nの値を設定する。

② x_nの初期値をdとし、$k_{c1} \cdot \theta \cdot {x_n}^2/2 < N$ のとき(x_nがdを超えるとき)はθを更新して②に戻る。

③ x_nを用いて CLT パネル圧縮縁と引張縁あるいは引張接合部の変形を求め、それらの降伏状態(弾性状態、一次降伏、二次降伏)を判別し、降伏状態に応じたx_nの方程式を解いてx_nの値を更新する。

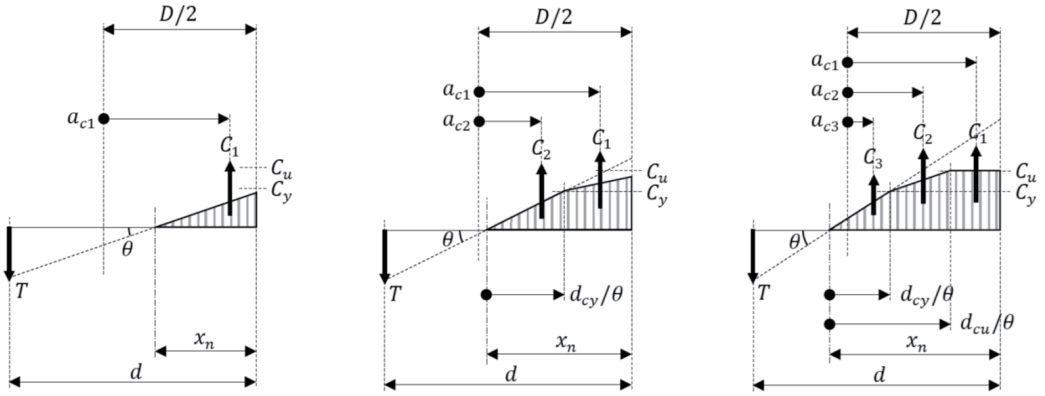
④更新されたx_nを用いて判別される降伏状態が③における降伏状態と一致すれば、式(付 2-22)によりMを計算し、θを更新して②に戻る。一致しない場合は更新されたx_nを維持して③に戻る。

なお、本方法による CLT パネル端断面および接合面のモーメントMと回転角θの関係は、壁パネル単体定軸力下水平加力実験の結果に適合することが確認されている[2,3,4]。



(a) 弾性状態　(b) 一次降伏　(c) 二次降伏

付図 2-6　CLT パネル断面の応力分布



(a) 弾性状態　(b) 一次降伏　(c) 二次降伏

付図 2-7　CLT パネル端接合面の応力分布

(5)　$M-N$関係の計算例

下記の CLT パネル及び CLT パネル端接合面を対象として、(2)～(4)項に示す方法によって計算した$M-N$関係等を計算する。下記の応力変形関係を付図 2-8 に示す。なお、(4)項の平面保持仮定に基づく計算では、CLT パネル引張側は弾性とし、剛性・強度は圧縮側と同じとする。

CLT パネル(CLT 断面、基礎上接合面)：Mx60-5-5

D =1000, 2000mm, t = 150mm, d_c=100mm

F_c = F_b = 8.1N/mm^2, E = 3000N/mm^2, k_{c1}= k_{c2}= 15.6N/mm^3（既往試験結果[5]より、可撓長さ 150mm）

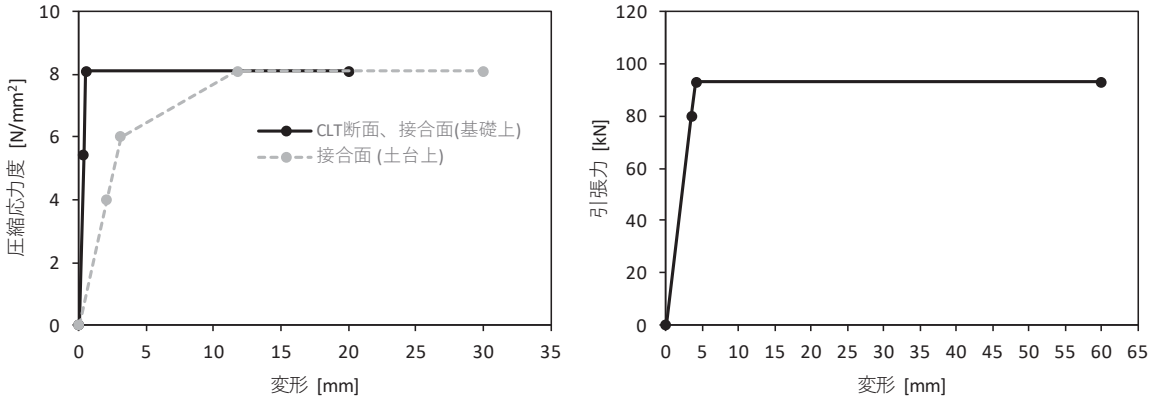
土台(土台上接合面)：幅 150mm×せい 120mm

2) 日本システム設計: CLT 等新たな木質建築部材利用促進・定着事業,「CLT パネル工法における架構方法の合理化と構造モデルの簡略化検討」事業報告書, 平成 31 年 3 月

3) 渡邉拓史, 槌本敬大, 中島昌一, 三宅辰哉, 松本和行, 安曇良治: CLT パネル工法の構造設計法拡充・合理化に関する検討, その4 CLT パネル端接合部における平面保持仮定の妥当性, 日本建築学会大会学術講演集(北陸), 2019 年 9 月

4) 三宅辰哉, 安曇良治, 河合直人, 五十田博, 荒木康弘, 秋山信彦:CLT パネル工法の構造設計法拡充・合理化に関する検討, その15 構造設計における CLT 壁パネルの終局面内耐力評価法, 日本建築学会大会学術講演集, 2020 年

5) 井道裕史, 杉本健一, 長尾博文, 宮武　敦, 渡部　博: スギを用いて製造したクロス・ラミネイティド・ティンバー(CLT)の強度性能, その6 縦圧縮及びめり込みに対する性能, 日本建築学会大会学術講演集(北海道), 2013 年 8 月



(a) CLT パネル圧縮側　　(b) 引張接合部

付図 2-8　CLT パネル、引張接合部の応力変形関係

E =7000N/mm^2, F_{cv}=6.0N/mm^2, F_c = 8.1N/mm^2

k_{c1}= $(E/30)/120$ = 1.94N/mm^3, k_{c2} = $k_{c1}/8$ = 0.24N/mm^3

引張接合部(接合面)：引きボルト M20（ABR490）

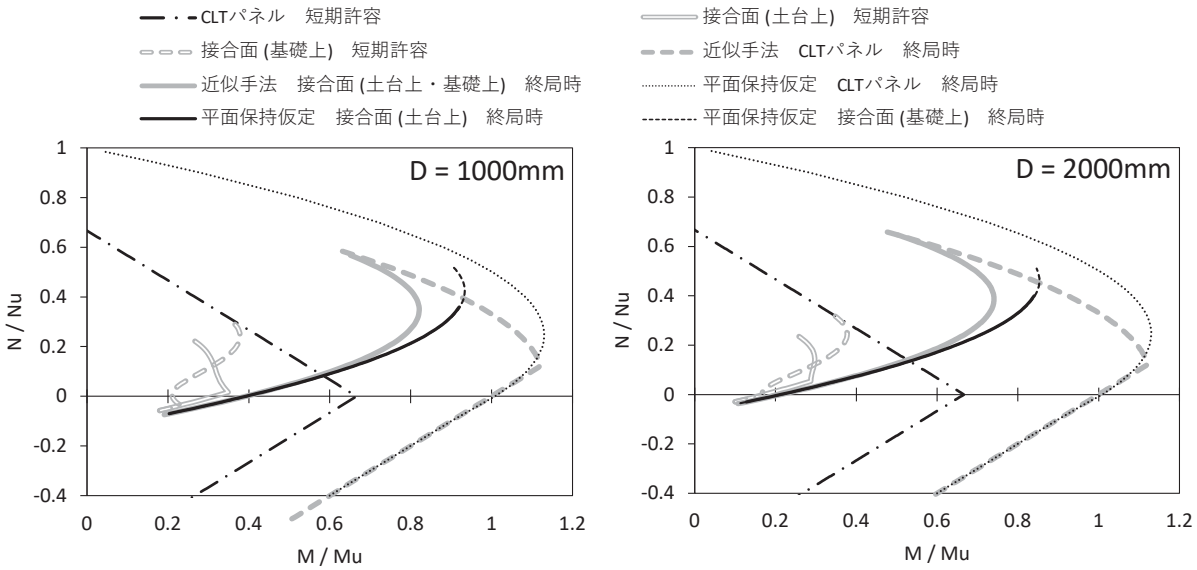
T_a= 79.6kN, T_y= 84.5×1.1 = 93.0kN, k_{t1}= k_{t2}= 22.64kN/mm（9.4.2(1)項の方法による）

以上の条件下で計算したM−N関係を付図 2-9 に示し、接合面の応力中心間距離jをdで除した値とNの関係を付図 2-10 に示す。なお、(2),(3)項に示す方法の場合はjをCとTの距離とし、(4)項に示す方法の場合はC_1～C_3の重心とTの距離としている。また、M,Nは式(付 2-24)による CLT パネルの終局応力M_u,N_uで除した値としている。

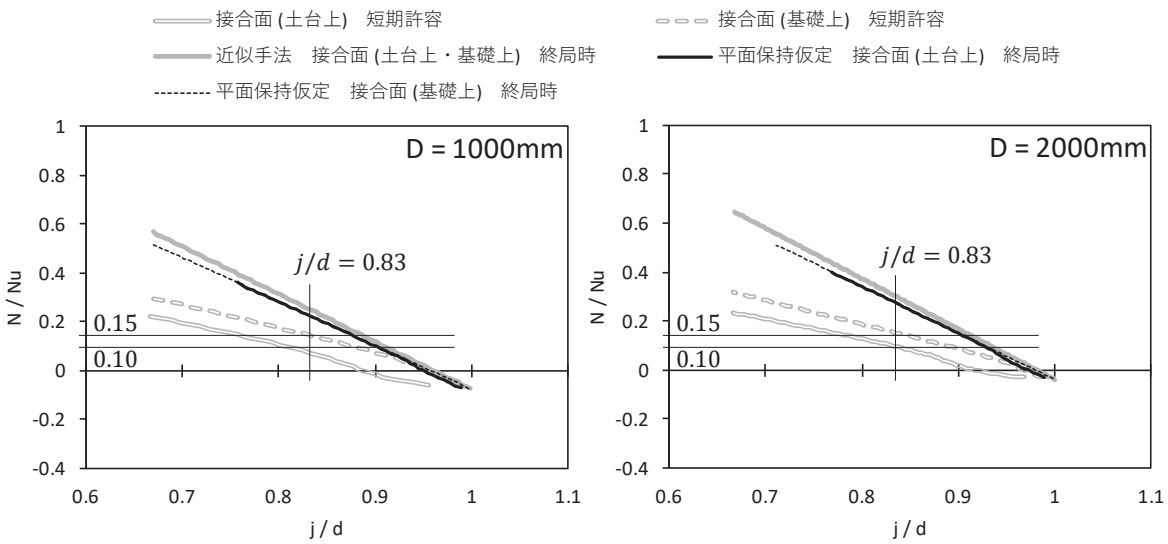
$$M_u = F_b \cdot Z \quad N_u = F_c \cdot A \qquad \text{(付 2-24)}$$

また、短期許容時M−N関係の計算では、式(付 2-2)右辺のf_{ct}は曲げ応力度が卓越するものとしてf_bとしている。

なお、(4)項の計算方法ではNの値に応じてMとθの関係が連続して得られる。CLT パネル断面については、そのM-θ関係においてパネル縁応力度が短期許容応力度f_bに達するときのMを短期許容耐力とし、圧縮側パネル縁の変形が終局変形(20mm とした)に達するとき、または引張側のパネル縁応力度が基準強度F_bに達するときの早い方のMを終局耐力としている。CLT パネル端接合面については、圧縮側パネル縁応力度が短期許容応力度f_bに達するとき、または引張接合部の応力が短期許容耐力T_aに達するときの早い方のMを短期許容耐力としている。ただし、この短期許容時M−N関係及びj/d−N関係は(2.2)項の方法による結果と一致するので付図 2-9, 10 では表記していない。終局耐力は圧縮側パネル縁の変形が終局変形(基礎上で 20mm、土台上で 30mm とした)に達するとき、または引張接合部の変形が終局変形(60mm とした)に達するときの早い方のMとしている。



付図 2-9　CLT パネル断面・接合面のM- N関係計算例　(Mx60-5-5, M20（ABR490）)



付図 2-10　CLT パネル端接合面のj/d- N関係計算例　(Mx60-5-5, M20（ABR490）)

また、(2)～(4)項に示す計算方法では中立軸の位置x_nが下記の範囲にあることが適用条件であるので、付図 2-9, 10 のプロットもこの範囲に限定している。

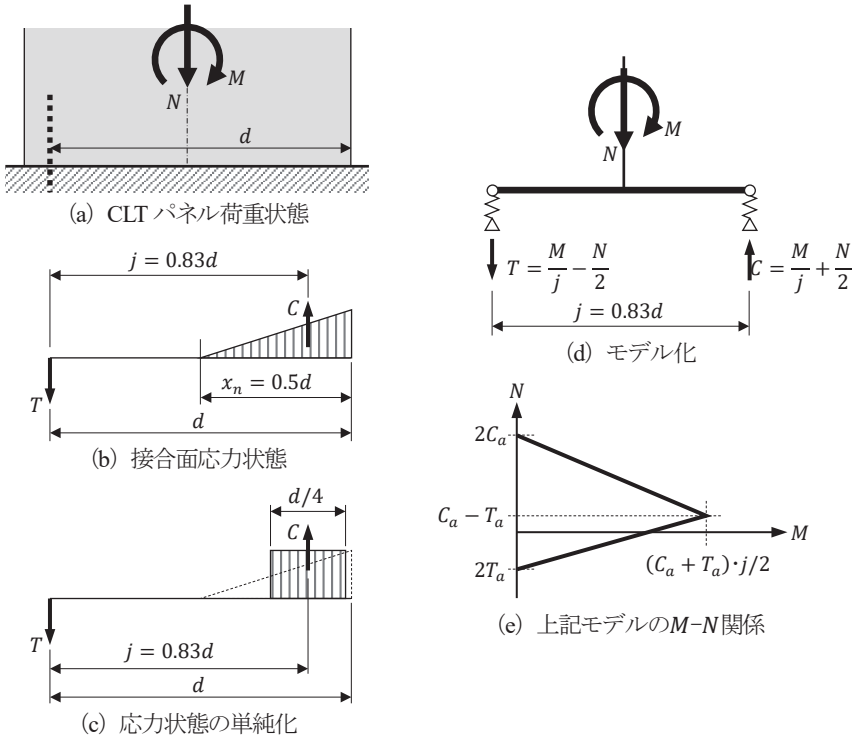
CLT パネル断面について　　$0 \leqq x_n \leqq D$

CLT パネル端接合面について　$0 \leqq x_n \leqq d$

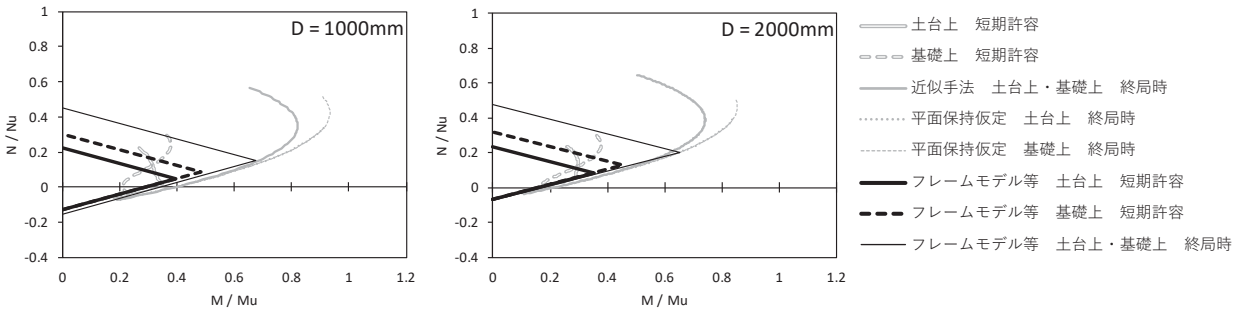
(6)　設計用構造モデルにおける CLT パネル端接合部モデル化の方針

(6.1)　フレームモデル等におけるモデル化

構造計算に用いる構造モデルのうちフレームモデル等(フレームモデル及び壁エレメントモデル)においては、CLT パネル隅角部に引張バネと圧縮バネを一つずつ設定する。このとき、両者の間隔は付図 2-10 に示すj/d以下とする必要がある。付図 2-10 の短期許容時のj/d-N関係ではN/N_uが土台上で 0.10 程度以下、基礎上で 0.15



付図 2-11　CLT パネル端接合部のモデル化　（フレームモデル等の場合）



付図 2-12　フレームモデル等のM- N関係

程度以下であればj/d = 0.83（x_n= 0.5d）とすることはほぼ安全側である。ここで、CLT 壁パネルの単位長さ当たりの短期許容水平耐力をQ_aとし、それがC_0 = 0.2に相当する地震力に一致するものとして、CLT 壁パネルの単位長さ当たりの負担重量$W = Q_a/0.2$とし、直交方向にも同量の耐力壁が存在しているものとして$N = W/2$とする。このとき、(5)項で仮定した CLT パネル及び引張接合部の構造性能を考慮して実現可能なQ_aの上限を 50kN/m とすればN/N_u≒ 0.10 となる。CLT 耐力壁の配置状態によるWの変動及び地震水平力による付加軸力の影響によって個々の壁パネルのN/N_uは 0.10 を上回ることがあり得るが、平均的には 0.10 程度が上限と考えられる。

なお、前述のように付図 2-9, 10 に示すM−N関係及びj/d−N関係のうち終局時に関するものは、圧縮応力度の分布が文献 6)に示される鉄筋コンクリート柱と同じであることを前提としているが、CLT パネルをはじめとする木質材料とコンクリートでは応力度-歪み関係が異なるので、その妥当性は定かではない。しかしながら、文献 6)では構成が付図 2-1 と同様の接合部を対象とした曲げ実験結果に基づいてj/dが 0.85～0.95 程度であることが確認されており、この点からも上述のようにj/d = 0.83 とすることは安全側といえる。

以上の考察に基づき、フレームモデル等の構造モデルでは付図 2-11(a)の荷重状態にある CLT パネル端接合部について、その接合面の応力状態を付図 2-11(b)のようにみなすこととする。さらに、付図 2-11(c)のように CLT パネル圧縮縁近傍の圧縮応力度が一様に分布しているものとして、圧縮力に対しては CLT パネル圧縮縁近傍の$d/4$の部分が有効であるものとする。このとき、構造モデル及び引張バネと圧縮バネの応力T, Cは付図 2-11(d)のようになり、引張バネ・圧縮バネの短期許容耐力から決まるM−N関係は付図 2-11(e)のようになる。ここで、C_a, T_aは圧縮バネ・引張バネの短期許容応力である。これを基準強度に基づく耐力とすれば終局時のM−N関係となる。なお、このモデルでは基準強度時のM−N関係は終局時と同じである。

このM−N関係を、C_a, T_aを(5)項で設定した CLT パネル、土台及び引張接合部の構造性能に基づいて定め、(5)項で計算したM−N関係と比較して付図 2-12 に示す。終局時についてはN/N_uが 0.2 程度以下の場合は(5)項のM−N関係とほぼ一致しているが、N/N_uがそれを上回る領域ではM/M_uが急激に減少する。これは、(5)項の計算ではN/N_uの増加にともなってx_n、すなわち圧縮領域が大きくなるのに対して付図 2-11(d)のモデルではx_nを$d/2$に固定していることによる。

短期許容時のM−N関係は(5)項で計算したM−N関係と形状が異なり、N/N_uが 0.10～0.15 程度以下の領域で(5)項の結果に対して過大評価となっている。これは、(5)項の計算によるM−N関係は CLT パネル圧縮縁の応力度が短期許容応力度に達する状態に対応するのに対して、付図 2-11(d)のモデルによるM−N関係は圧縮縁から$d/4$程度の領域における平均圧縮応力度が短期許容応力度に達する状態に対応することが主原因である。しかしながら、壁パネル単体定軸力水平加力実験 [3), 4)]による荷重変形関係においては、付図 2-11(e)のモデルによるM−N関係による最大のMに相当する水平力に達する時点では比例限界内にあるとみなせることから、その水平力を短期許容耐力とみなすことに問題はないと判断できる。したがって、設計用構造モデルに付図 2-11(d)のモデル化を適用できるものとする。

6) 大島弘也, 和田真美, 北森頭久, 五十田博: CLT による構造の設計法検討のための実大震動台実験, その 4, 1P パネルの水平力に対する抵抗性能に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造Ⅲ, pp.357-358, 2015.9

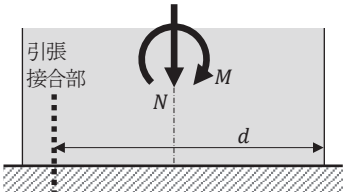
(6.2)　MS モデルにおける検定方法

3.1.2(3)項で述べた MS モデルでは CLT パネル端接合面とその近傍の CLT パネル断面を MS 要素としてモデル化することにより、(4)項で述べた平面保持仮定に基づく$M-N$関係が自動的に考慮される。MS 要素内に離散的に設定した圧縮バネ・引張バネの変形と応力は3.2.4 項に示す方法によって求められ、原則としてそれらのすべてが所定の許容値以下であることを検定する。ただし、接合面における短期許容時の CLT パネル圧縮縁の検定については、前項で述べたようにフレームモデルでは CLT パネルの圧縮縁から$d/4$程度の領域における平均圧縮応力度を対象とすること、及び、そのために短期許容時の$M-N$関係は平面保持仮定によるものと異なるものになることを考慮して、付図 2-13 に示すようにパネルの圧縮縁から$d/4$以内に存在する圧縮バネの応力C_iをもとに平均圧縮応力度$\bar{\sigma}_c$を次のように求め、それが短期許容圧縮応力度以下であることを検定することとする。

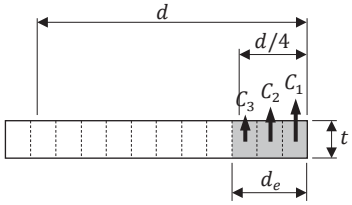
$$\bar{\sigma}_c = \frac{\sum_i C_i}{d_e \cdot t} \qquad \text{(付 2-25)}$$

ここで、d_e: $d/4$以内に存在する圧縮バネ区画幅の合計

t: CLT パネル厚さ



(a) CLT パネル荷重状態



(b) MS 要素応力状態

付図 2-13　MS 要素の短期許容時応力の検定対象範囲

付録 3　CLT パネルの FEM モデル化に関する留意事項

3.1.3(3.2)項に示す鉛直構面への鉛直荷重伝達、3.2.3(3.2)項に示す斜辺支持床版の有効スパン、3.3.2 項に示す小開口を有する CLT パネルの剛性・強度および 7.2.1 に示す水平耐力を考慮する耐力壁の小開口配置条件などの規定は CLT パネルの FEM 解析による検討結果に基づいて設定されている(以下、「既往事例」という)。それらと同等の妥当性を確保するための CLT パネルの FEM モデル化に関する留意事項を以下に示す。

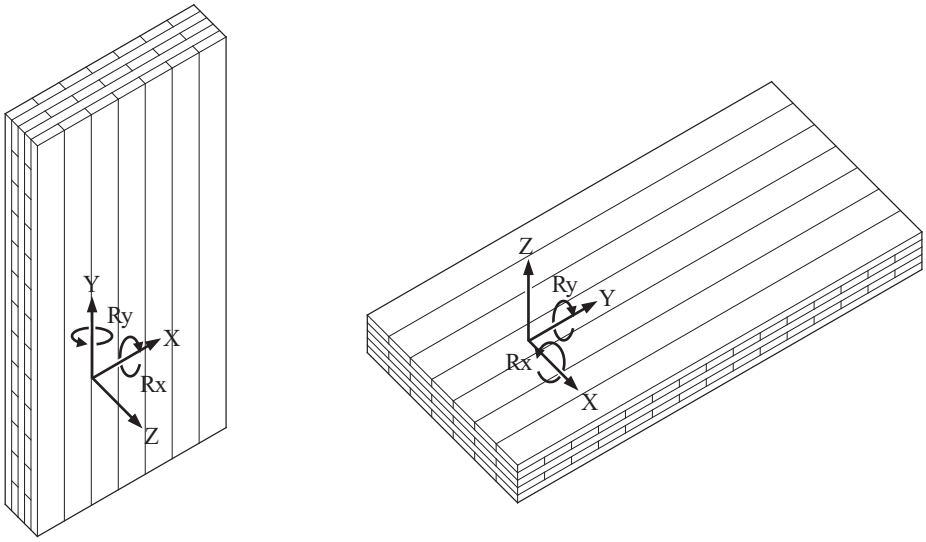
(1)　弾性係数、ポアソン比

既往事例では、CLT パネルを弾性平面シェル要素としてモデル化している。平面シェル要素自体は厚さを持たず、その断面性能は別途厚さを数値で指定することによりプログラム内で自動的に計算される。ここで、CLT パネルの方向を付図 3-1 のように定義する。3.3.1 項における方向との対応は次のようになり、弾性係数Eは該当する方向の値を指定する。

X 方向:面内方向・弱軸　Y 方向:面内方向・強軸　Rx 方向:面外方向・強軸　Ry 方向:面外方向・弱軸

ただし、一般に平面シェル要素では X 方向と Ry 方向、および Y 方向と Rx 方向のEは区別されないので、面内の応力・変形を検討する場合は面内方向の値、面外の応力・変形を検討する場合は面外方向の値を指定する。

せん断弾性係数Gは、XY 面内について面内方向の値、YZ 面内について面外方向・強軸の値、ZX 面内について面外方向・弱軸の値を指定する。ポアソン比νについては、鋼材のような等方性材料の場合はE、Gとの関係式によりプログラム内で自動的に計算されるが、CLT パネルのような異方性材料ではそのような関係式が成立しないので、上述のように各方向のE、Gを優先し、νは指定しない。



付図 3-1　CLT パネルの方向の定義

(2)　メッシュ分割の大きさ

メッシュ分割を粗く(メッシュサイズを大きく)すると応力度が低下する傾向があること、および過度に細かくしても応力度はほとんど変化しないことに注意が必要である。既往事例では、メッシュサイズによる応力度の変化を確認したうえで、メッシュサイズを 200mm 程度以下、かつ、パネル 1 辺を 10 程度以上に分割することとしている。

(3)　検定用応力度

面内の応力・変形を検討する場合は、X 方向応力度を弱軸方向応力度、Y 方向応力度を強軸方向応力度、XY 面せん断応力度を面内せん断応力度とする。面外の応力・変形を検討する場合は、X 方向応力度を弱軸方向応力度、Y 方向応力度を強軸方向応力度とする点は同じであるが、厚さ方向に値が変化するので、CLT パネル表面の応力度を検定対象とする。せん断応力度については、YZ 面が面外方向・強軸、ZX 面が面外方向・弱軸に対応する。

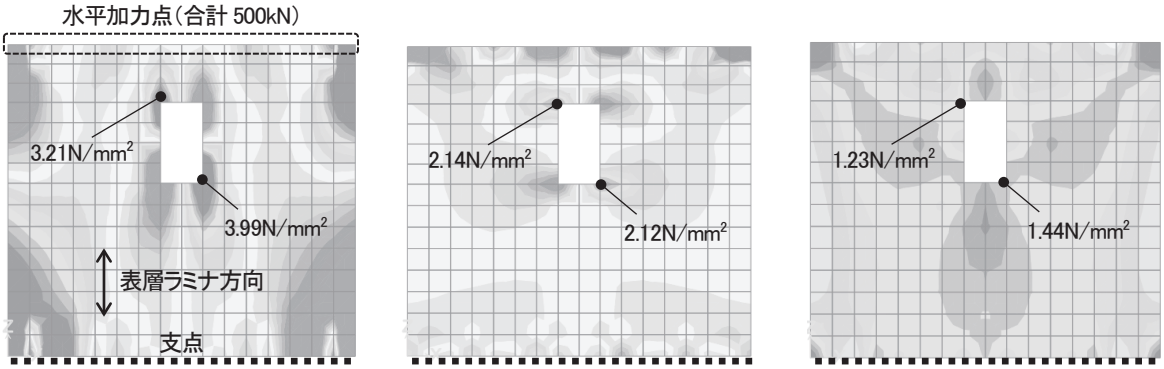
なお、平面シェル要素では材料は厚さ方向に均質とみなされる。この点については、3.3.1 項に示す CLT パネルの基準強度・弾性係数も CLT パネルを厚さ方向に均質とみなした場合の値であるので特に問題はないが、解析によって得られる応力度はラミナの応力度ではないことに注意されたい。また、前述のように CLT パネルは異方性材料なので、上述の各方向応力度を当該方向の許容応力度あるいは基準強度に対してそれぞれ独立に検定し、鋼材等で参照されるフォンミーゼスの相当応力度は検定の対象としない。

(4) その他の留意事項

単一の節点を支点あるいは加力点とする場合などに、局部的に大きな応力度が生じることが多い。このような局部的応力集中は、例えば、柱で支持される床版の場合は柱の断面積に応じた面支持を設定するなどの実態に近いモデルとすることで緩和される。また、FEM モデルを用いない一般的な構造設計では、通常、柱端部のめり込み応力度は柱軸力を断面積で除した値とすることを考えれば、柱断面領域の平均応力度を検定対象とすることも工学的判断として妥当と言える。同様に、実際の加力状態および支持状態が面状あるいは線状である場合は、加力点・支持点の応力度として適切と考えられる範囲内の平均値を検定対象とすることなども妥当と考えられる。

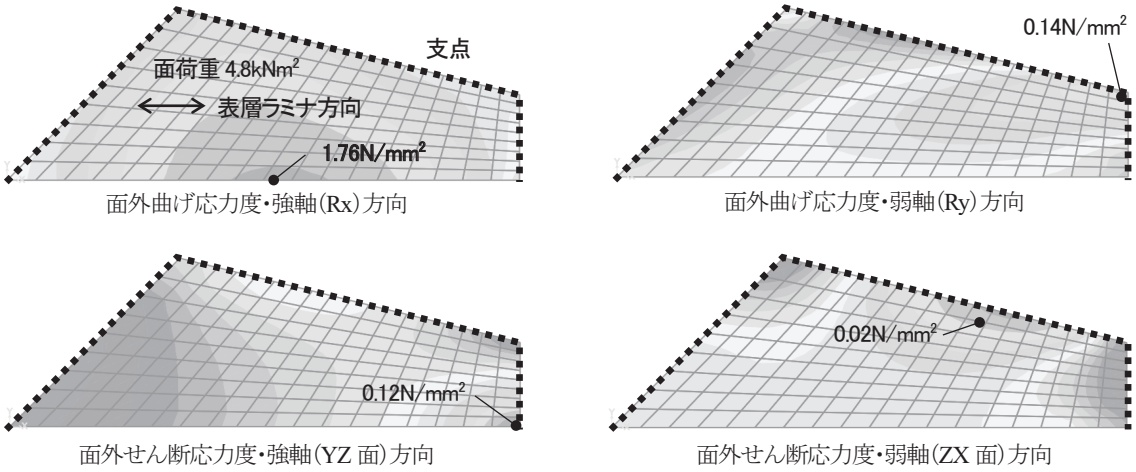
(5) 解析事例

参考として、①小開口を有する壁パネルの面内応力度および②非矩形床パネルの面外応力度の解析結果を付図 3-2 に示す。①ではパネル脚部の節点をピン支点とし、パネル頂部の節点に合計 500kN の水平力を与えている。②ではパネル 3 辺の節点をピン支点とし、4.8kN/m^2 の鉛直面荷重を与えている。



面内応力度・強軸（Y）方向　　面内応力度・弱軸（X）方向　　面内せん断応力度（XY 面）

(a) 小開口を有する壁パネルの面内応力度（S60-5-5）



面外曲げ応力度・強軸（Rx）方向　　面外曲げ応力度・弱軸（Ry）方向

面外せん断応力度・強軸（YZ 面）方向　　面外せん断応力度・弱軸（ZX 面）方向

(b) 非矩形床パネルの面外応力度（Mx60-5-7）

付図 3-2　FEM モデルによる CLT パネルの解析事例

第６章　まとめ

6.1　今年度の検討

今年度の検討として、ＣＬＴパネル工法の架構形式、接合部位による合理的な接合形式、耐力条件の整理、ＣＬＴパネル工法の設計、施工実務者等に対するアンケートに基づいて、低層小規模建築物向けの接合金物のプロトタイプの開発に向け、引きボルト方式の金物をＣＬＴパネル木口側に用いた場合の検討を行なった。

引きボルト方式の金物をＣＬＴパネル木口側に用いた場合、ラミナ木口を避けてビス打ちを行った場合でも、30 ㎜幅のラミナにビスが打たれると割裂を生じやすく、通常の平にビス打ちをした場合に比べ、接合部の引張耐力が低下することが明らかとなった。特にビスの径が 8mm と大きい場合にその傾向が顕著であった。このことを理解して用いれば危険な設計とはならないが、実務を考えるとより大きな許容耐力を有する引張金物の開発が望まれる。改良の方向としては、割裂防止策を講じる、細めのビスで本数を増すなどの方法が考えられる。

6.2　引きボルト方式の金物

引きボルト方式の金物をＣＬＴパネル木口側に用いた場合、ラミナ木口を避けてビス打ちを行った場合でも、30 ㎜幅のラミナにビスが打たれると割裂を生じやすく、通常の平にビス打ちをした場合に比べ、接合部の引張耐力が低下することが明らかとなった。このことを理解して用いれば危険な設計とはならないが、実務を考えるとより大きな許容耐力を有する引張金物の開発が望まれる。改良の方向としては、割裂防止策を講じる、細めのビスで本数を増すなどの方法が考えられる。

6.3　今後の課題

今後の課題としては、①低層建築物用の金物として、引きボルト方式の金物の改良、およびこれ以外の形式の引張金物や、せん断金物などの検討、②中高層のＣＬＴパネル工法建築物用の金物についての効率的な接合方法の検討があげられる。

こうした検討に際しては、ＣＬＴパネル工法建築物の地震時限界性能把握など、他の事業での成果も参照しつつ、検討を進める必要があると考えている。

発行番号：第２２Ａ３４５５号
発 行 日：２０２３年　３月１５日

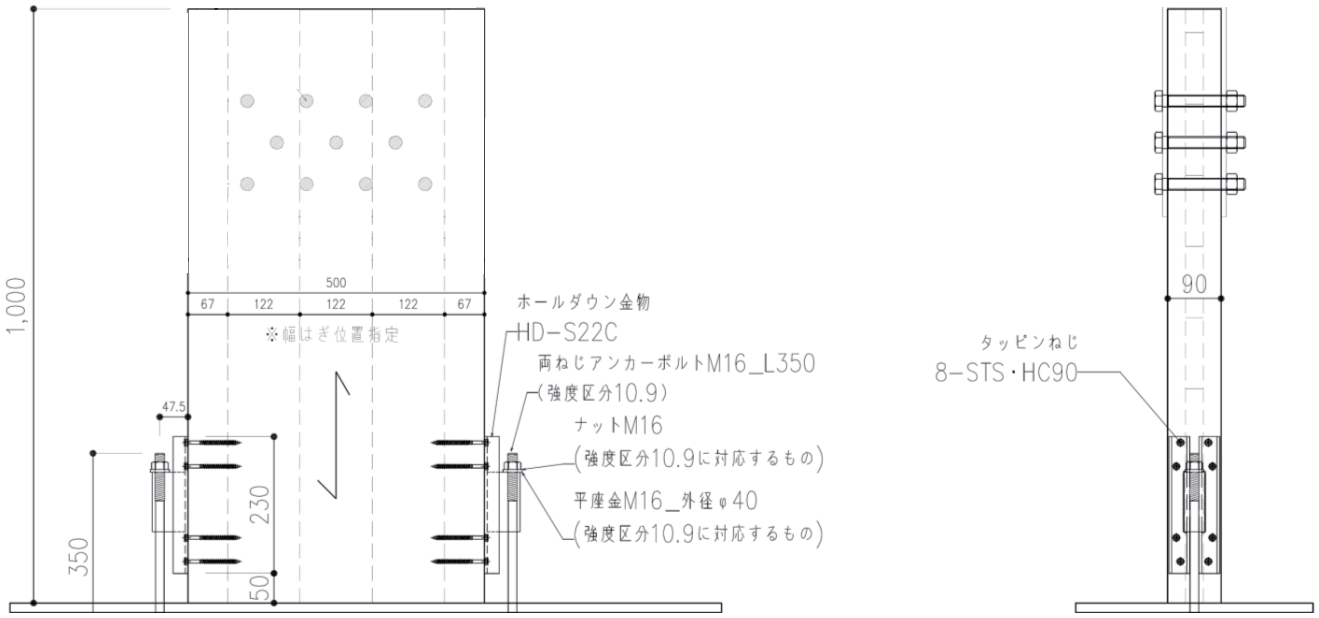
品　質　性　能　試　験　報　告　書

一般財団法人　建材試験センター
中央試験所長　真　野　孝　次
埼玉県草加市稲荷５丁目21番20号

試験名称	CLT パネル工法用接合金物を使用した接合部の引張試験
依頼者	名　称：公益財団法人　日本住宅・木材技術センター 所在地：東京都江東区新砂 3-4-2
試験体 (依頼者提出資料)	接合金物　名　称：CLT パネル工法用壁脚金物 用　途：壁パネル－基礎接合部に使用する金物 寸　法：86mm×230mm×60mm 材　質：SS400（JIS G 3101） 接合具　タッピンねじ：径 5.5 mm × 90 mm，金物 1 個あたり 8 本使用 アンカーボルト：M16×350mm，金物 1 個あたり 1 本使用 壁パネル　樹　種：スギ，強度等級：Mx60-3-3，A 種構成 寸　法：500mm×90mm×1000mm 試験体数　7 体（うち 1 体予備試験体） 参　　照　図 1 及び図 2（試験体）
試験方法	CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（2016 年版）（企画：公益財団法人日本住宅・木材技術センター及び一般財団法人日本 CLT 協会，編集：CLT 設計施工マニュアル編集委員会，発行：公益財団法人日本住宅・木材技術センター）の第Ⅲ部第 10 章「CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図 3 に示す。
試験結果	**短期基準引張耐力（P_{ot}）：１９．１ｋＮ** 耐力算定基礎資料：表 1 荷重－変位曲線：図 4 及び図 5 試験終了後の状況：写真 1～写真 6
試験期間	２０２３年　１月１１日 ～ １３日
担当者	構造グループ　統括リーダー　上　山　耕　平 主査　庄　司　秀　雄（主担当） 菱　沼　　匠
試験場所	中央試験所（埼玉県草加市稲荷 5 丁目 21 番 20 号）

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



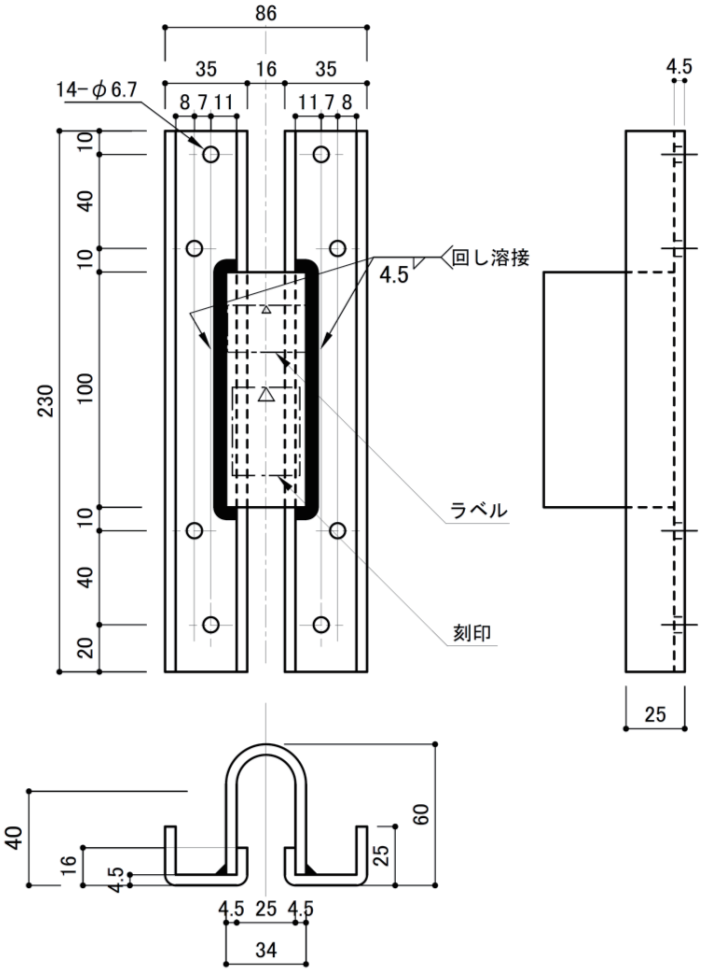
試験体		壁パネル 樹種：スギ	
記号	番号	含水率 (%)	密度 (g/cm³)
S22C	0	12.2	0.41
	1	12.8	0.42
	2	11.2	0.40
	3	11.3	0.41
	4	12.1	0.41
	5	10.6	0.40
	6	13.0	0.40
（注）含水率及び密度は，試験終了後に測定した値である。なお，含水率は，木材水分計（測定範囲：7.0%～80.0%）を用いて行い，各部材 3 箇所測定した平均値を示す。			

（依頼者提出資料）
試験体記号：S22C

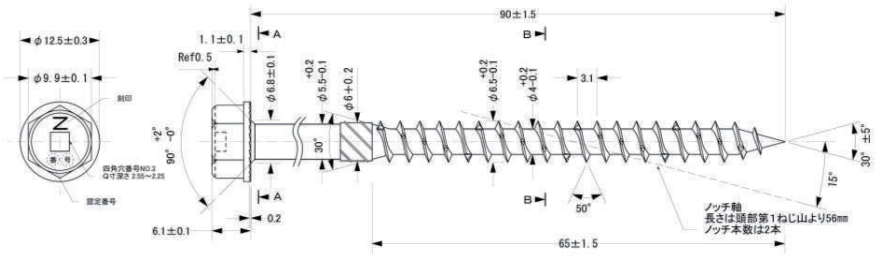
図 1　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



材質：SS400（JIS G 3101）



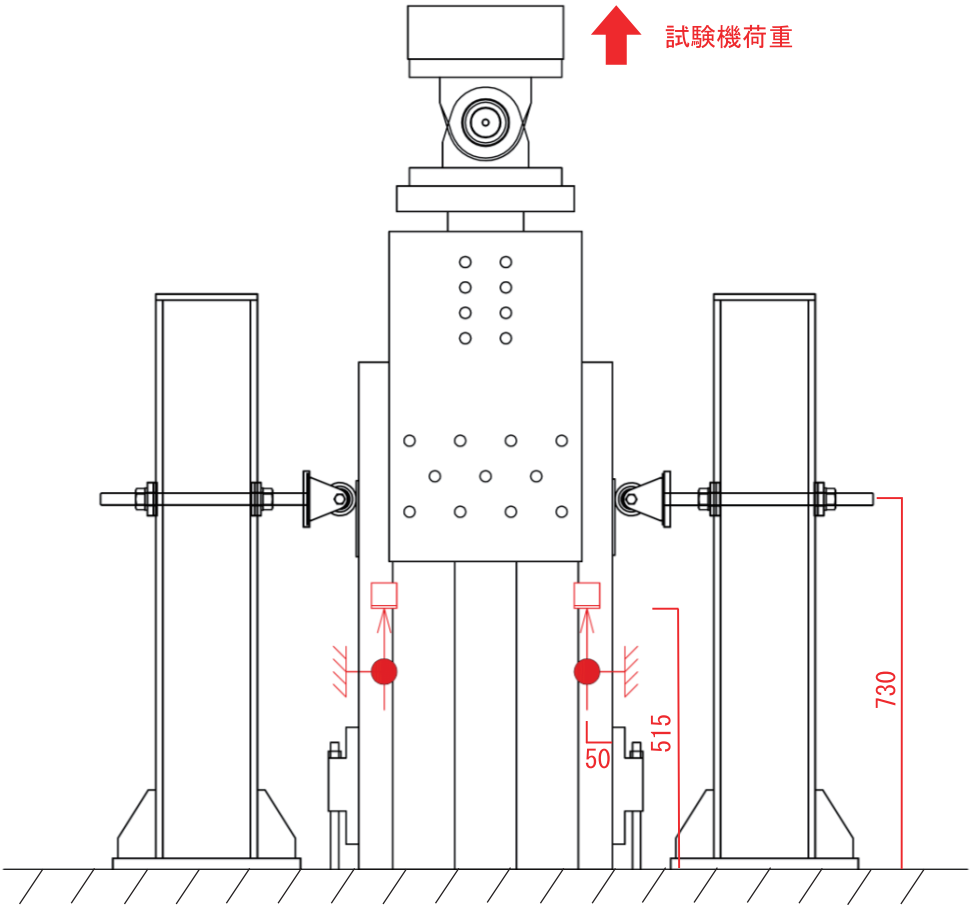
材質：冷間圧造用炭素鋼（JIS G 3507-2）

（依頼者提出資料）
試験体記号：S22C

図２　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



（注）接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。

P ＝ 試験機荷重×0.5

DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位（電気式変位計）
δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）／ 4

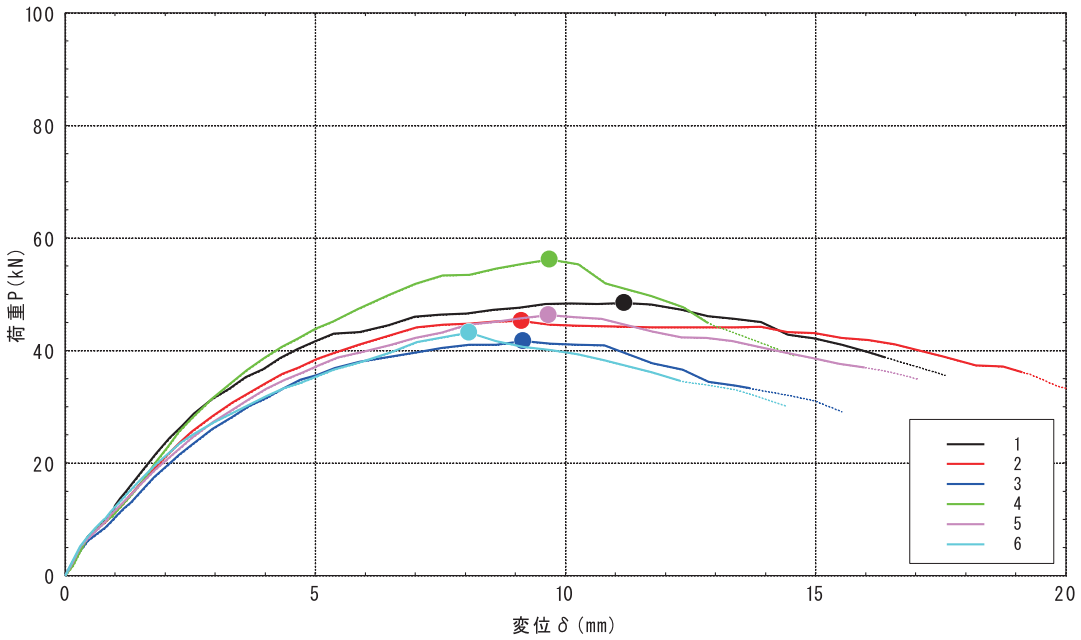
図 3　試験方法

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

表１　耐力算定のための基礎資料

試験体		加力方向	降伏時		$2/3P_{max}$ 時		P_{max} 時		破壊状況
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
S22C	0	単調	28.2	2.9	27.7	2.9	41.6	13.3	・壁パネルの割裂
	1	一方向繰返し	29.2	2.6	32.3	3.1	48.5	11.2	・壁パネルの割裂
	2		26.3	2.6	30.1	3.2	45.2	9.1	・壁パネルの割裂
	3		24.1	2.7	27.7	3.3	41.6	9.2	・壁パネルの割裂
	4		32.8	3.1	37.4	3.8	56.1	9.7	・壁パネルの割裂
	5		26.8	2.9	30.8	3.6	46.2	9.7	・壁パネルの割裂
	6		23.5	2.3	28.8	3.3	43.2	8.1	・壁パネルの割裂
	平均		27.1	2.7	31.2	3.4	46.8	9.5	—
	標準偏差		3.45	0.28	3.44	0.26	5.14	1.02	
	変動係数		0.127	—	0.110	—	—	—	
	ばらつき係数		0.703		0.743				
	短期基準引張耐力 P_{ot} (kN)		**19.1**		23.2				

（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。

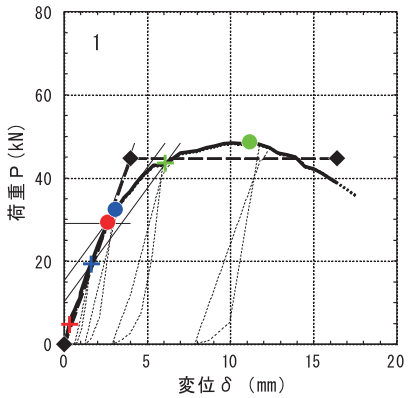


（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

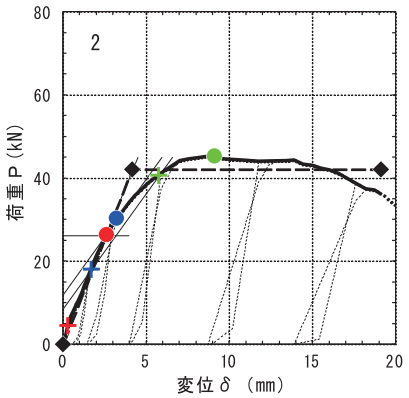
図４　荷重－変位包絡線の比較

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

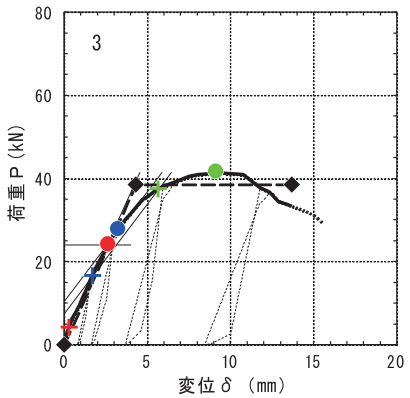
試験体記号：S22C



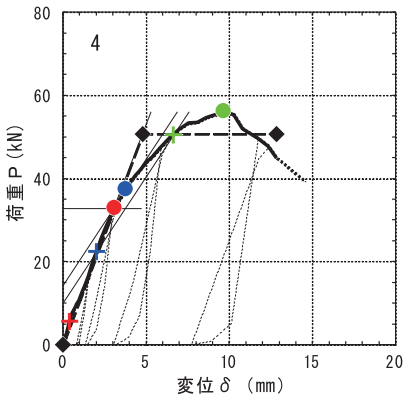
Pmax : 48.5 kN
δPmax : 11.2 mm
2/3Pmax : 32.3 kN
δ2/3Pmax : 3.1 mm
Py : 29.2 kN
δy : 2.6 mm
K : 11.23 kN/mm
Pu : 44.7 kN
δu : 16.4 mm
δv : 4.0 mm



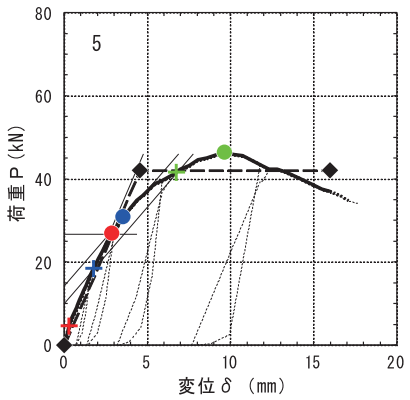
Pmax : 45.2 kN
δPmax : 9.1 mm
2/3Pmax : 30.1 kN
δ2/3Pmax : 3.2 mm
Py : 26.3 kN
δy : 2.6 mm
K : 10.12 kN/mm
Pu : 42.1 kN
δu : 19.1 mm
δv : 4.2 mm



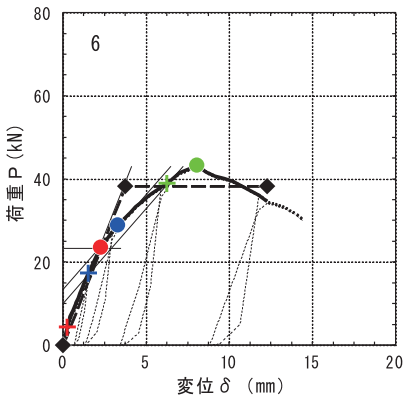
Pmax : 41.6 kN
δPmax : 9.2 mm
2/3Pmax : 27.7 kN
δ2/3Pmax : 3.3 mm
Py : 24.1 kN
δy : 2.7 mm
K : 8.93 kN/mm
Pu : 38.5 kN
δu : 13.7 mm
δv : 4.3 mm



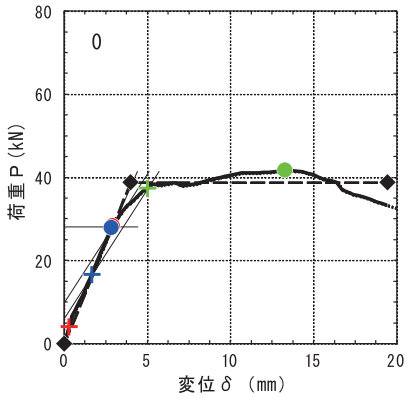
Pmax : 56.1 kN
δPmax : 9.7 mm
2/3Pmax : 37.4 kN
δ2/3Pmax : 3.8 mm
Py : 32.8 kN
δy : 3.1 mm
K : 10.58 kN/mm
Pu : 50.7 kN
δu : 12.9 mm
δv : 4.8 mm



Pmax : 46.2 kN
δPmax : 9.7 mm
2/3Pmax : 30.8 kN
δ2/3Pmax : 3.6 mm
Py : 26.8 kN
δy : 2.9 mm
K : 9.24 kN/mm
Pu : 42.0 kN
δu : 16.0 mm
δv : 4.5 mm



Pmax : 43.2 kN
δPmax : 8.1 mm
2/3Pmax : 28.8 kN
δ2/3Pmax : 3.3 mm
Py : 23.5 kN
δy : 2.3 mm
K : 10.22 kN/mm
Pu : 38.2 kN
δu : 12.3 mm
δv : 3.7 mm



Pmax : 41.6 kN
δPmax : 13.3 mm
2/3Pmax : 27.7 kN
δ2/3Pmax : 2.9 mm
Py : 28.2 kN
δy : 2.9 mm
K : 9.72 kN/mm
Pu : 38.8 kN
δu : 19.4 mm
δv : 4.0 mm

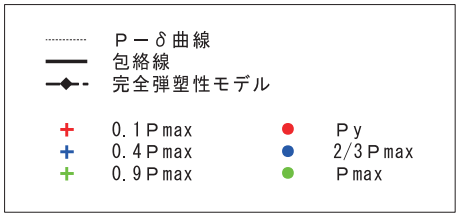


図５　荷重－変位曲線，包絡線及び完全弾塑性モデル

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

試験体記号：S22C

写真 1　破壊状況

番号:1
P_{max}＝48.5kN

・壁パネルの割裂

写真 2　破壊状況

番号:2
P_{max}＝45.2kN

・壁パネルの割裂

写真 3　破壊状況

番号:3
P_{max}＝41.6kN

・壁パネルの割裂

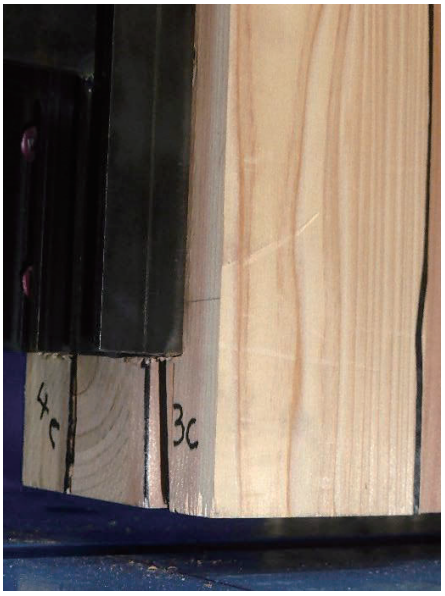


写真 4　破壊状況

番号:4
P_{max}＝56.1kN

・壁パネルの割裂

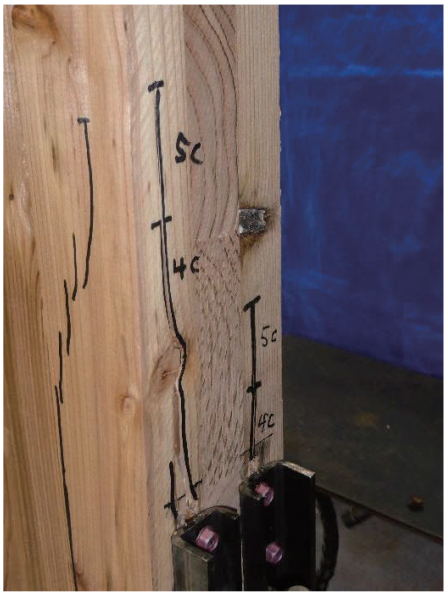


写真 5　破壊状況

番号:5
P_{max} =46.2kN

・壁パネルの割裂

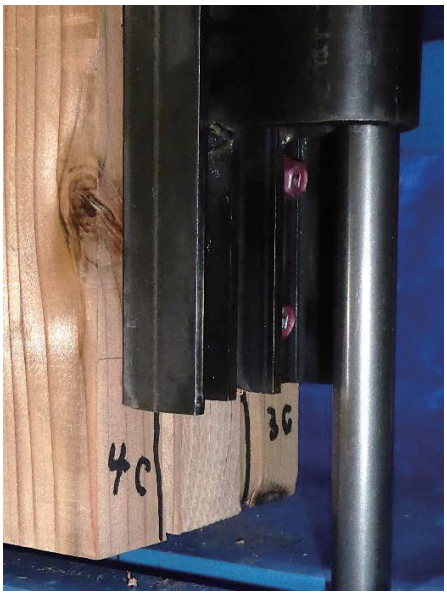


写真 6　破壊状況

番号:6
P_{max} =43.2kN

・壁パネルの割裂

以上

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

発行番号：第２２Ａ３４５６号
発 行 日：２０２３年　３月１５日

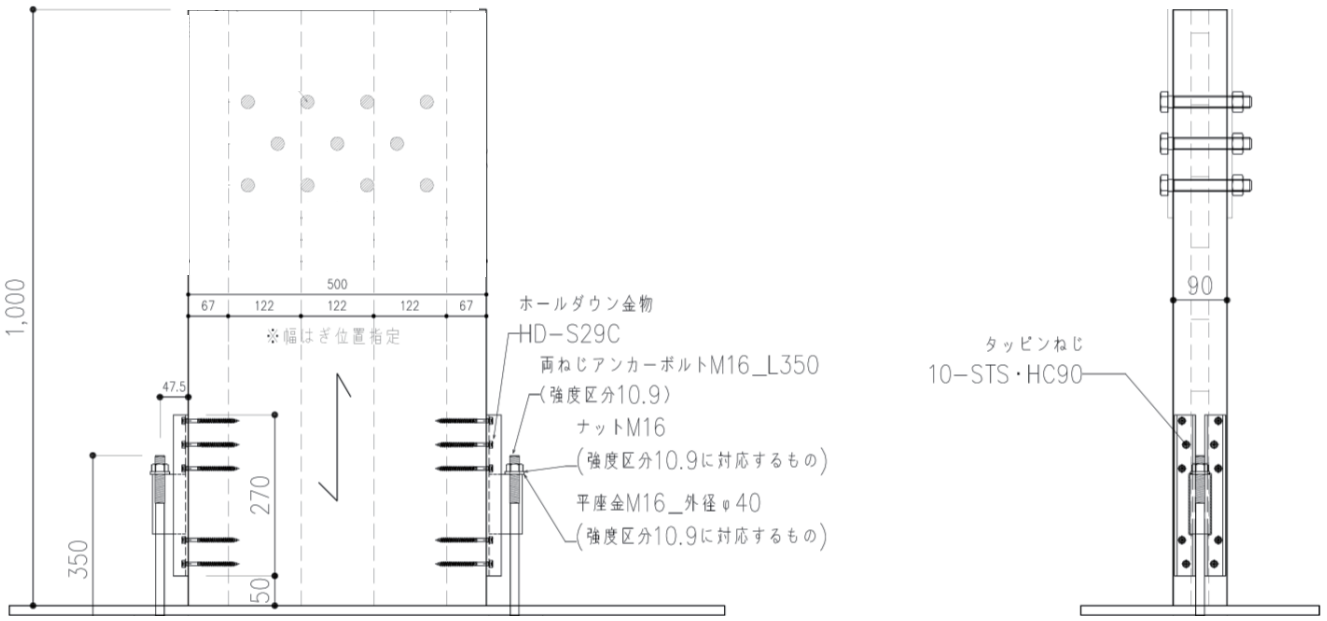
品　質　性　能　試　験　報　告　書

一般財団法人　建材試験センター
中央試験所長　真　野　孝　次
埼玉県草加市稲荷５丁目21番20号

試験名称	CLT パネル工法用接合金物を使用した接合部の引張試験
依頼者	名　称：公益財団法人　日本住宅・木材技術センター 所在地：東京都江東区新砂 3-4-2
試験体 （依頼者提出資料）	接合金物　名　称：CLT パネル工法用壁脚金物 用　途：壁パネル－基礎接合部に使用する金物 寸　法：86mm×270mm×60mm 材　質：SS400（JIS G 3101） 接合具　タッピンねじ：径 5.5 mm × 90 mm，金物 1 個あたり 10 本使用 アンカーボルト：M16×350mm，金物 1 個あたり 1 本使用 壁パネル　樹　種：スギ，強度等級：Mx60-3-3，A 種構成 寸　法：500mm×90mm×1000mm 試験体数　7 体（うち 1 体予備試験体） 参　　照　図 1 及び図 2（試験体）
試験方法	CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（2016 年版）（企画：公益財団法人日本住宅・木材技術センター及び一般財団法人日本 CLT 協会，編集：CLT 設計施工マニュアル編集委員会，発行：公益財団法人日本住宅・木材技術センター）の第Ⅲ部第 10 章「CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図 3 に示す。
試験結果	**短期基準引張耐力（P_{0t}）：２８．６ｋＮ** 耐力算定基礎資料：表 1 荷重－変位曲線：図 4 及び図 5 試験終了後の状況：写真 1～写真 6
試験期間	２０２３年　１月１１日 ～ １３日
担当者	構造グループ　統括リーダー　上　山　耕　平 主査　庄　司　秀　雄（主担当） 菱　沼　　匠
試験場所	中央試験所（埼玉県草加市稲荷 5 丁目 21 番 20 号）

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



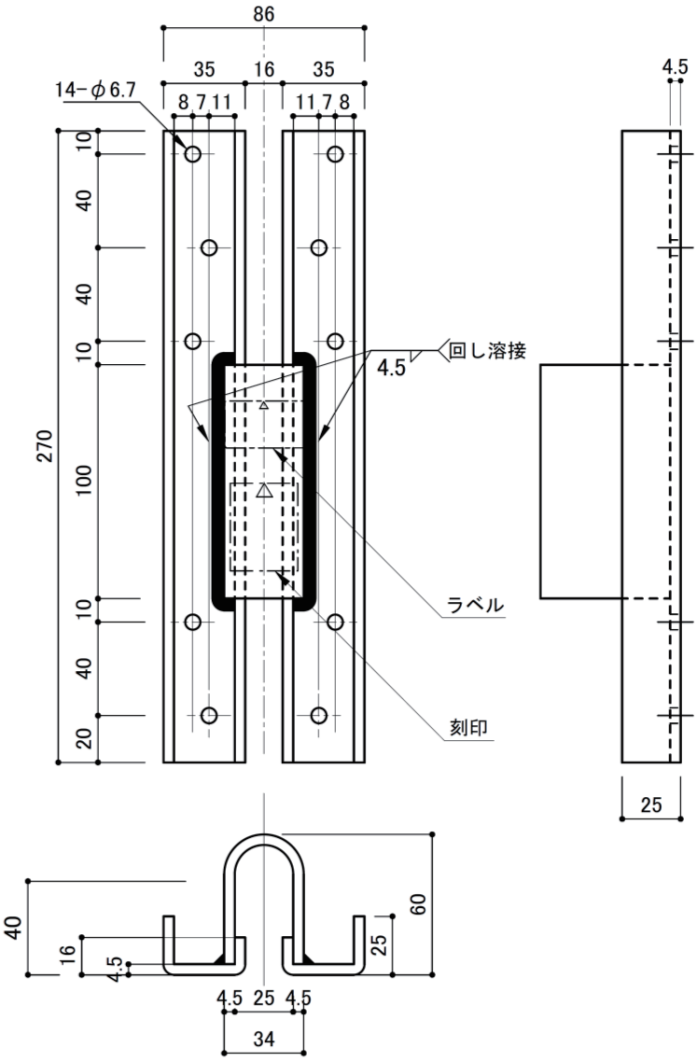
試験体		壁パネル 樹種：スギ	
記号	番号	含水率 （%）	密度 （g/cm^3）
S29C	0	11.0	0.40
	1	9.6	0.39
	2	11.9	0.41
	3	12.2	0.42
	4	10.6	0.41
	5	10.6	0.40
	6	12.6	0.42
（注）含水率及び密度は，試験終了後に測定した値である。なお，含水率は，木材水分計（測定範囲：7.0%～80.0%）を用いて行い，各部材 3 箇所測定した平均値を示す。			

（依頼者提出資料）
試験体記号：S29C

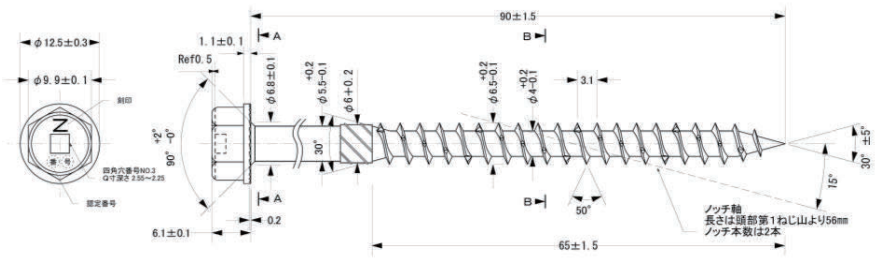
図 1　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



材質：SS400（JIS G 3101）



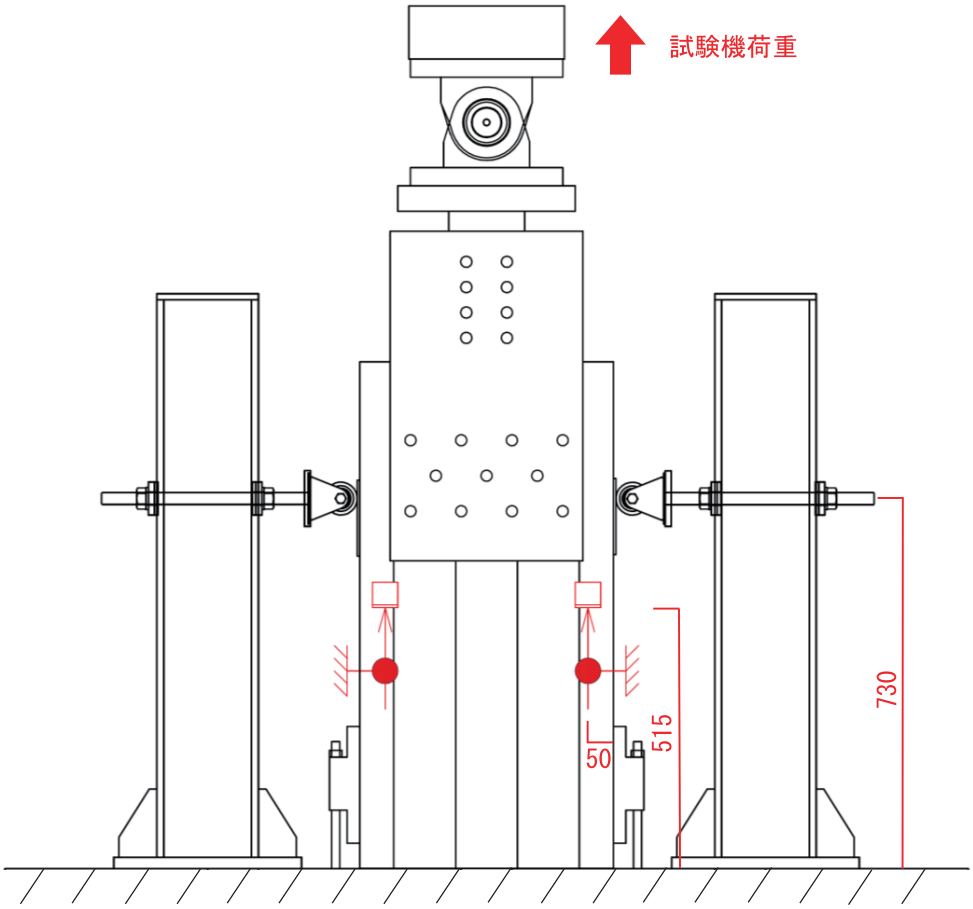
材質：冷間圧造用炭素鋼（JIS G 3507-2）

（依頼者提出資料）
試験体記号：S29C

図 2　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



（注）接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。

P ＝ 試験機荷重×0.5

DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位（電気式変位計）
δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）／ 4

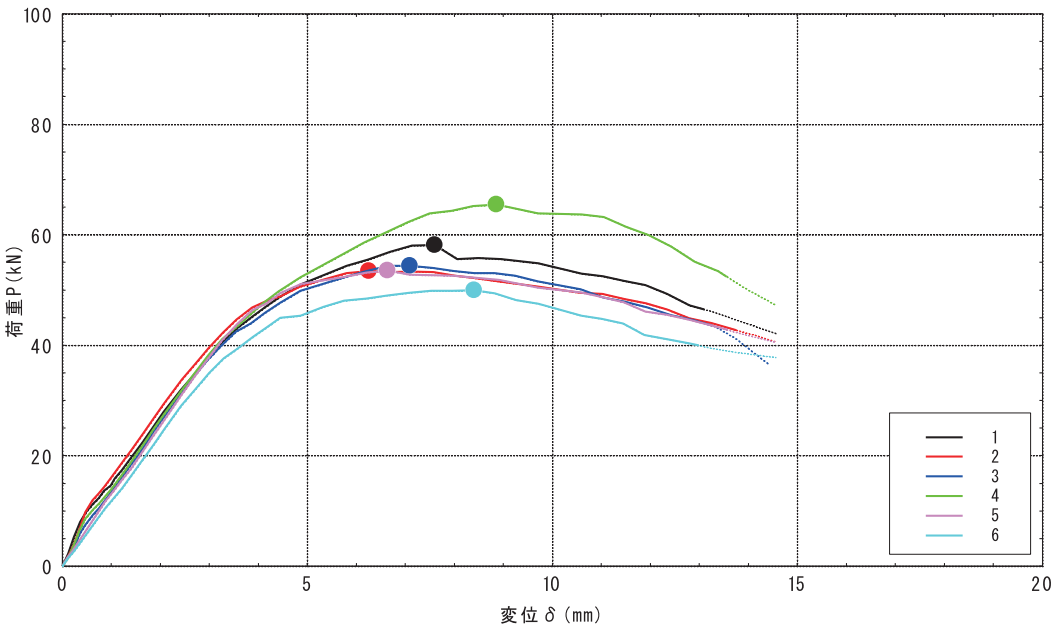
図 3　試験方法

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

表１　耐力算定のための基礎資料

試験体		加力方向	降伏時		2/3P_{max} 時		P_{max} 時		破壊状況
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
S29C	0	単調	32.5	2.4	37.2	2.8	55.8	7.7	・壁パネルの割裂
	1	一方向繰返し	37.4	2.9	38.7	3.1	58.1	7.6	・壁パネルの割裂
	2		31.4	2.2	35.6	2.6	53.4	6.3	・壁パネルの割裂
	3		37.0	2.9	36.3	2.9	54.4	7.1	・壁パネルの割裂
	4		39.9	3.1	43.7	3.6	65.5	8.9	・壁パネルの割裂
	5		40.4	3.2	35.7	2.8	53.5	6.6	・壁パネルの割裂
	6		34.1	2.9	33.3	2.8	49.9	8.4	・壁パネルの割裂
	平均		36.7	2.9	37.2	3.0	55.8	7.5	—
	標準偏差		3.45	0.35	3.61	0.35	5.43	1.02	
	変動係数		0.094	—	0.097	—	—	—	
	ばらつき係数		0.780		0.773				
	短期基準引張耐力 P_{ot}（kN）		**28.6**		28.8				

（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。

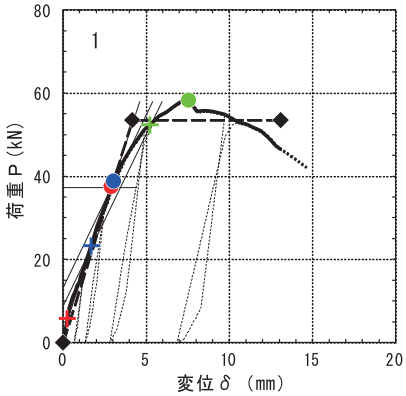


（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

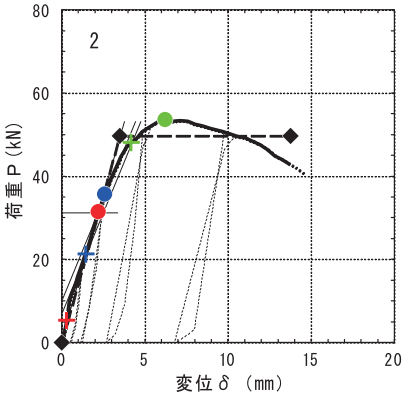
図４　荷重－変位包絡線の比較

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

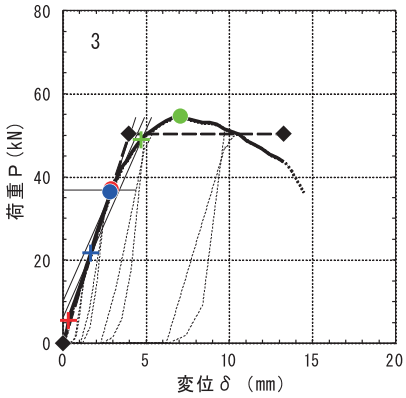
試験体記号：S29C



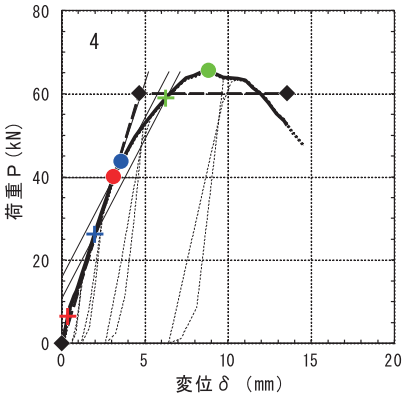
Ｐmax : 58.1 kN
δ Pmax : 7.6 mm
2/3Ｐmax : 38.7 kN
δ 2/3Ｐmax : 3.1 mm
Ｐy : 37.4 kN
δy : 2.9 mm
K : 12.90 kN/mm
Ｐu : 53.5 kN
δu : 13.1 mm
δv : 4.1 mm



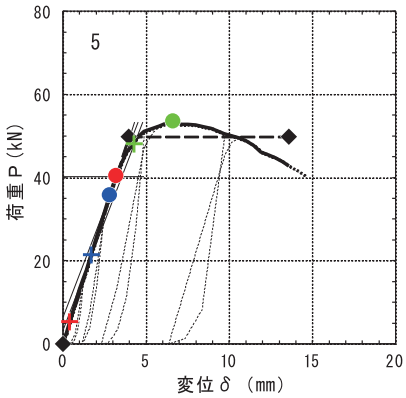
Ｐmax : 53.4 kN
δ Pmax : 6.3 mm
2/3Ｐmax : 35.6 kN
δ 2/3Ｐmax : 2.6 mm
Ｐy : 31.4 kN
δy : 2.2 mm
K : 14.27 kN/mm
Ｐu : 49.7 kN
δu : 13.8 mm
δv : 3.5 mm



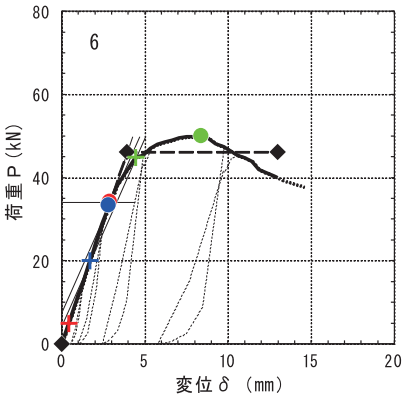
Ｐmax : 54.4 kN
δ Pmax : 7.1 mm
2/3Ｐmax : 36.3 kN
δ 2/3Ｐmax : 2.9 mm
Ｐy : 37.0 kN
δy : 2.9 mm
K : 12.76 kN/mm
Ｐu : 50.3 kN
δu : 13.3 mm
δv : 3.9 mm



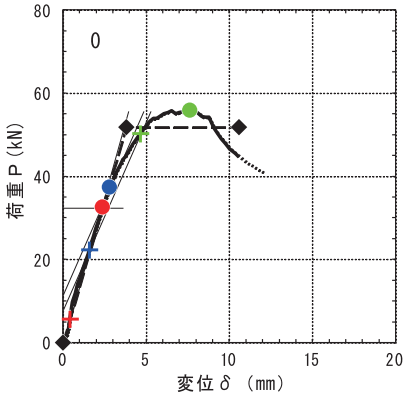
Ｐmax : 65.5 kN
δ Pmax : 8.9 mm
2/3Ｐmax : 43.7 kN
δ 2/3Ｐmax : 3.6 mm
Ｐy : 39.9 kN
δy : 3.1 mm
K : 12.87 kN/mm
Ｐu : 60.1 kN
δu : 13.6 mm
δv : 4.7 mm



Ｐmax : 53.5 kN
δ Pmax : 6.6 mm
2/3Ｐmax : 35.7 kN
δ 2/3Ｐmax : 2.8 mm
Ｐy : 40.4 kN
δy : 3.2 mm
K : 12.63 kN/mm
Ｐu : 49.8 kN
δu : 13.6 mm
δv : 3.9 mm



Ｐmax : 49.9 kN
δ Pmax : 8.4 mm
2/3Ｐmax : 33.3 kN
δ 2/3Ｐmax : 2.8 mm
Ｐy : 34.1 kN
δy : 2.9 mm
K : 11.76 kN/mm
Ｐu : 46.2 kN
δu : 13.0 mm
δv : 3.9 mm



Ｐmax : 55.8 kN
δ Pmax : 7.7 mm
2/3Ｐmax : 37.2 kN
δ 2/3Ｐmax : 2.8 mm
Ｐy : 32.5 kN
δy : 2.4 mm
K : 13.54 kN/mm
Ｐu : 51.8 kN
δu : 10.6 mm
δv : 3.8 mm

Ｐ－δ曲線
包絡線
完全弾塑性モデル
0.1Ｐmax
0.4Ｐmax
0.9Ｐmax
Ｐy
2/3Ｐmax
Ｐmax

図５　荷重－変位曲線，包絡線及び完全弾塑性モデル

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

試験体記号：S29C

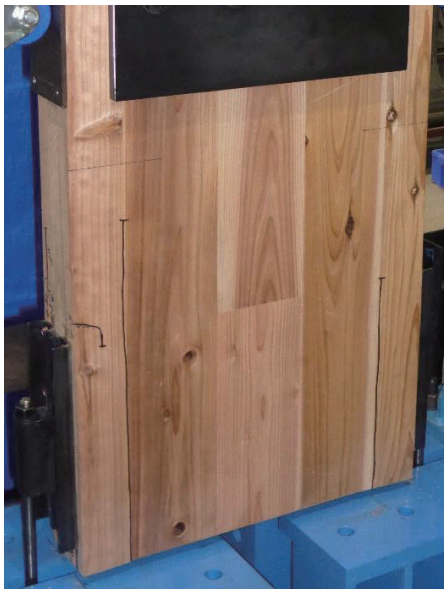


写真 1　破壊状況

番号:1
P_{max}＝58.1kN

・壁パネルの
割裂

写真 2　破壊状況

番号:2
P_{max}＝53.4kN

・壁パネルの
割裂

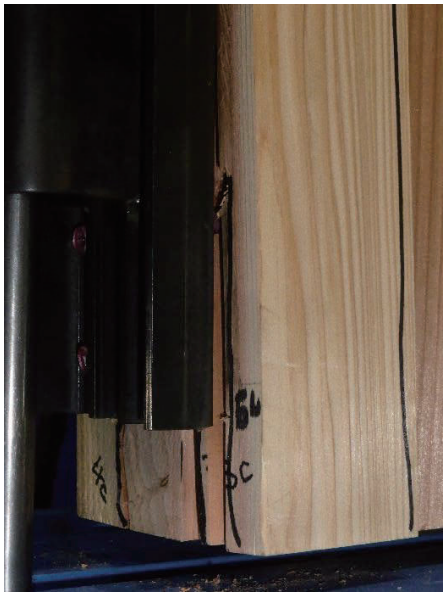


写真 3　破壊状況

番号:3
P_{max}＝54.4kN

・壁パネルの
割裂

写真 4　破壊状況

番号:4
P_{max}＝65.5kN

・壁パネルの
割裂

写真 5　破壊状況

番号:5
P_{max} =53.5kN

・壁パネルの
割裂

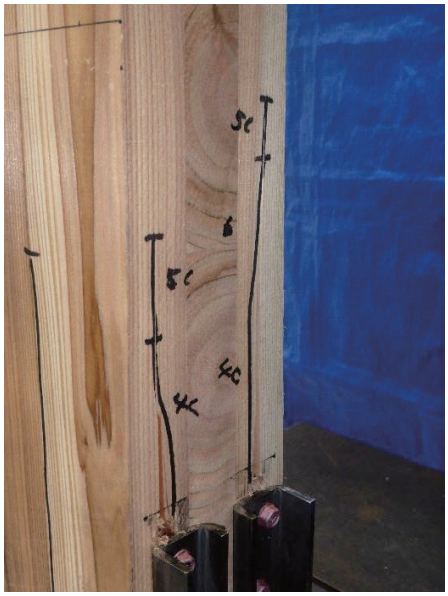


写真 6　破壊状況

番号:6
P_{max} =49.9kN

・壁パネルの
割裂

以上

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

発行番号：第２２Ａ３４５７号
発 行 日：２０２３年　３月１５日

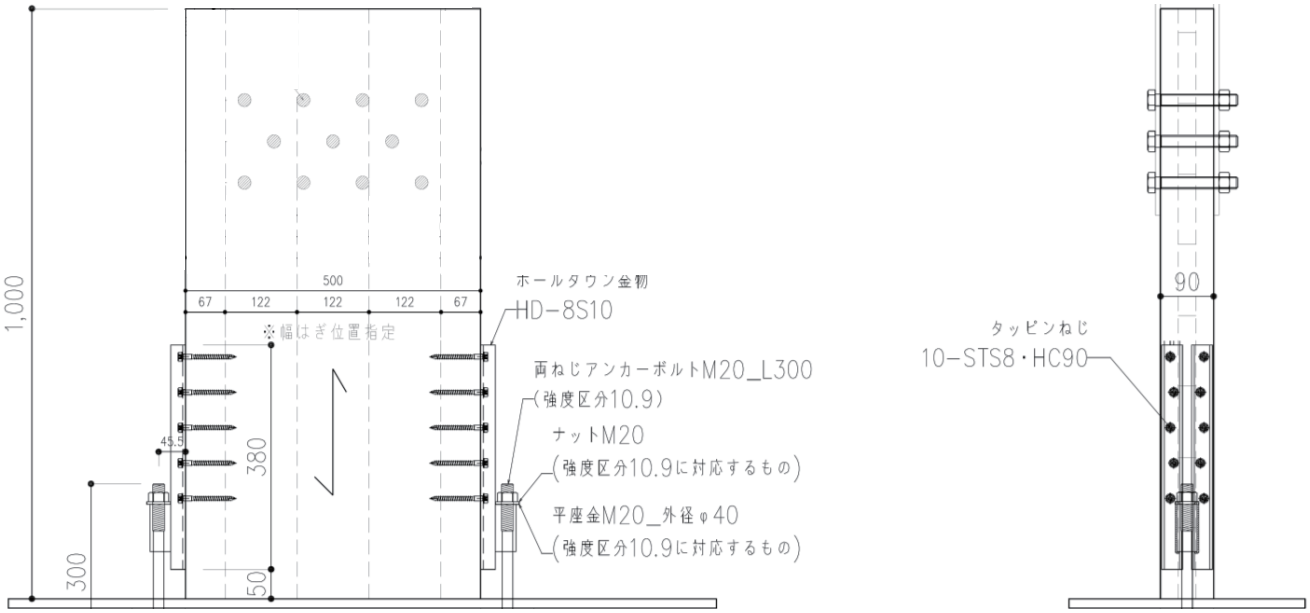
品　質　性　能　試　験　報　告　書

一般財団法人　建材試験センター
中央試験所長　真　野　孝　次
埼玉県草加市稲荷５丁目21番20号

試験名称	CLT パネル工法用接合金物を使用した接合部の引張試験
依頼者	名　称：公益財団法人　日本住宅・木材技術センター 所在地：東京都江東区新砂 3-4-2
試験体 （依頼者提出資料）	接合金物　名　称：CLT パネル工法用壁脚金物 用　途：壁パネル－基礎接合部に使用する金物 寸　法：86mm×380mm×60mm 材　質：SS400（JIS G 3101） 接合具　タッピンねじ：径 8.0 mm × 90 mm，金物 1 個あたり 10 本使用 アンカーボルト：M20×300mm，金物 1 個あたり 1 本使用 壁パネル　樹　種：スギ，強度等級：Mx60-3-3，A 種構成 寸　法：500mm×90mm×1000mm 試験体数　7 体（うち 1 体予備試験体） 参　　照　図 1 及び図 2（試験体）
試験方法	CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（2016 年版）（企画：公益財団法人日本住宅・木材技術センター及び一般財団法人日本 CLT 協会，編集：CLT 設計施工マニュアル編集委員会，発行：公益財団法人日本住宅・木材技術センター）の第Ⅲ部第 10 章「CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図 3 に示す。
試験結果	**短期基準引張耐力（P_{0t}）：２９．３ｋＮ** 耐力算定基礎資料：表 1 荷重－変位曲線：図 4 及び図 5 試験終了後の状況：写真 1～写真 6
試験期間	２０２３年　１月１１日 ～ １２日
担当者	構造グループ　統括リーダー　上　山　耕　平 主査　庄　司　秀　雄（主担当） 菱　沼　　匠
試験場所	中央試験所（埼玉県草加市稲荷 5 丁目 21 番 20 号）

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



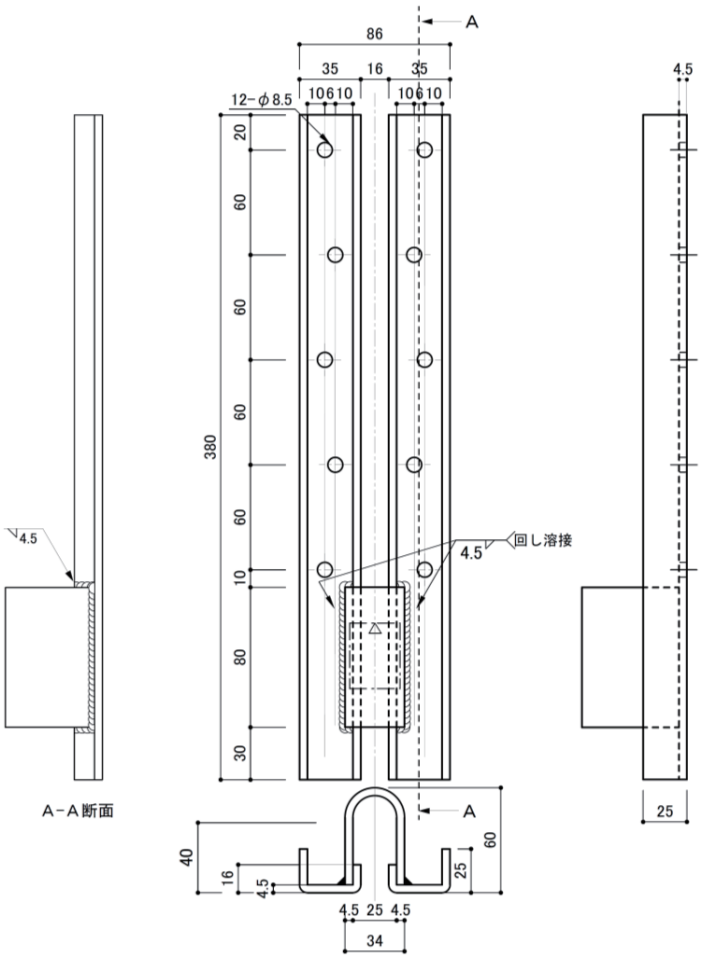
試験体		壁パネル 樹種：スギ	
記号	番号	含水率 (%)	密度 (g/cm^3)
8S10	0	10.9	0.41
	1	11.1	0.40
	2	11.3	0.42
	3	11.2	0.41
	4	11.9	0.41
	5	11.3	0.40
	6	12.1	0.40
（注）含水率及び密度は，試験終了後に測定した値である。なお，含水率は，木材水分計（測定範囲：7.0%～80.0%）を用いて行い，各部材 3 箇所測定した平均値を示す。			

（依頼者提出資料）
試験体記号：8S10

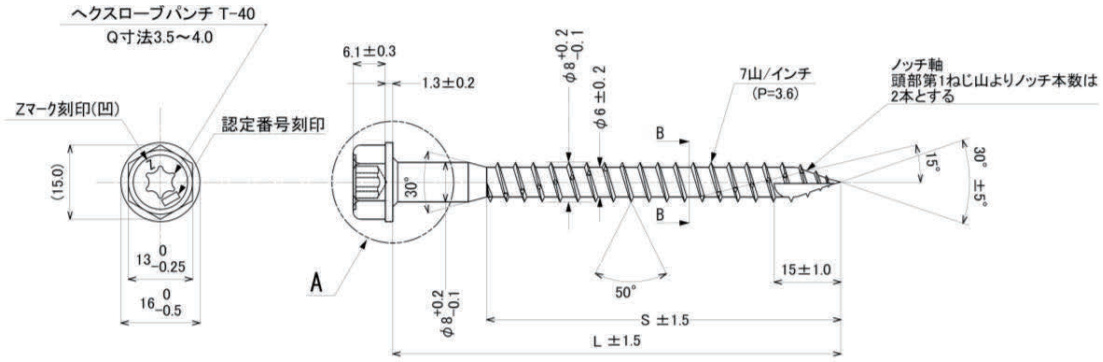
図 1　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



材質：SS400（JIS G 3101）



寸法・着色

記号	寸法		着色
	L	S	
HTS8・HC90	90	70	赤色
HTS8・HC120	120	100	灰色

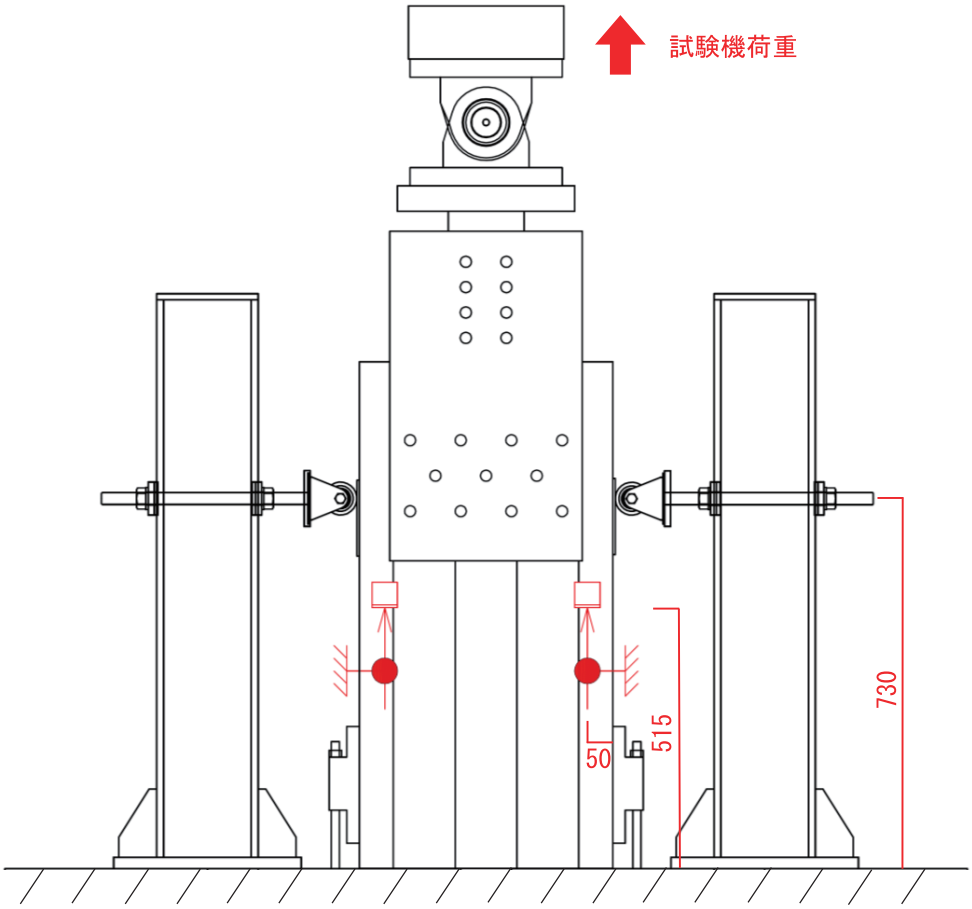
材質：冷間圧造用炭素鋼（JIS G 3507-2）

（依頼者提出資料）
試験体記号：8S10

図 2　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



（注）接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。

P ＝ 試験機荷重×0.5

DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位（電気式変位計）
δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）／ 4

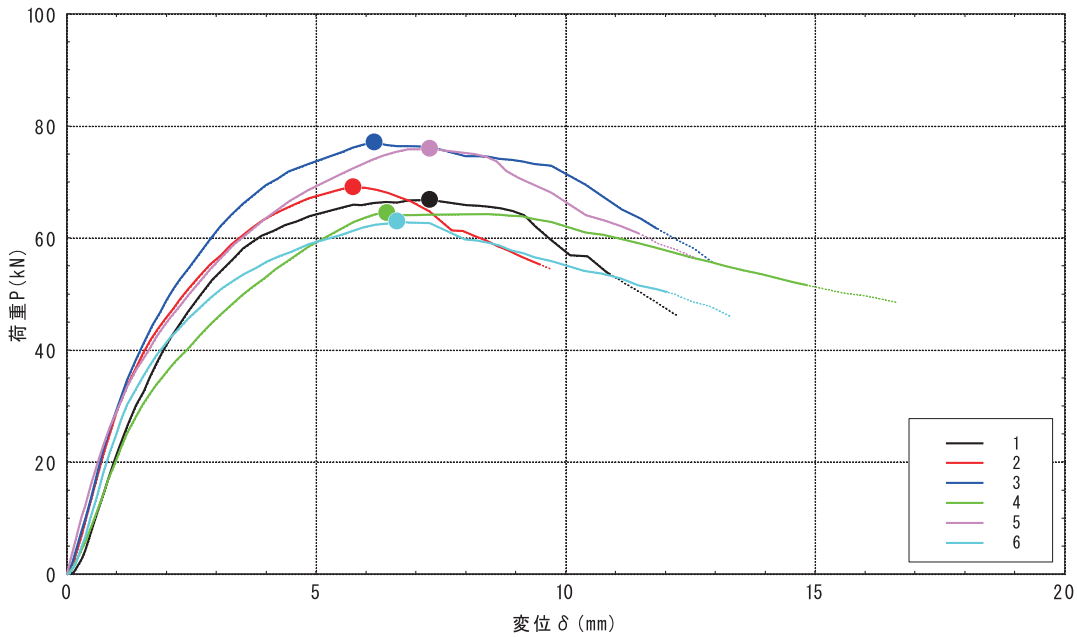
図 3　試験方法

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

表１　耐力算定のための基礎資料

試験体		加力方向	降伏時		2/3P_{max} 時		P_{max} 時		破壊状況
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
8S10	0	単調	29.5	1.2	35.4	1.6	53.1	4.1	・壁パネルの割裂
	1	一方向繰返し	36.4	1.7	44.5	2.3	66.8	7.3	・壁パネルの割裂
	2		36.5	1.4	46.1	2.0	69.1	5.8	・壁パネルの割裂
	3		41.4	1.5	51.4	2.2	77.1	6.2	・壁パネルの割裂
	4		32.3	1.7	43.0	2.7	64.5	6.4	・壁パネルの割裂
	5		39.4	1.6	50.6	2.5	75.9	7.3	・壁パネルの割裂
	6		35.0	1.5	41.9	2.0	62.9	6.6	・壁パネルの割裂
	平均		36.8	1.6	46.3	2.3	69.4	6.6	—
	標準偏差		3.21	0.13	3.95	0.28	5.91	0.60	
	変動係数		0.087	—	0.085	—	—	—	
	ばらつき係数		0.797		0.801				
	短期基準引張耐力 P_{ot}（kN）		**29.3**		37.1				

（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。

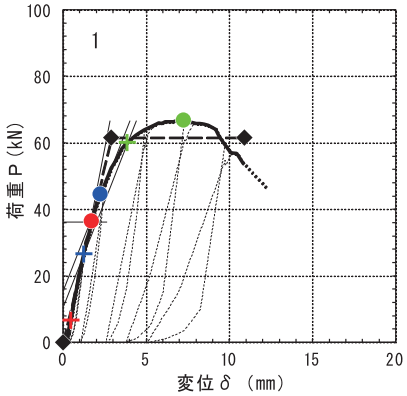


（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

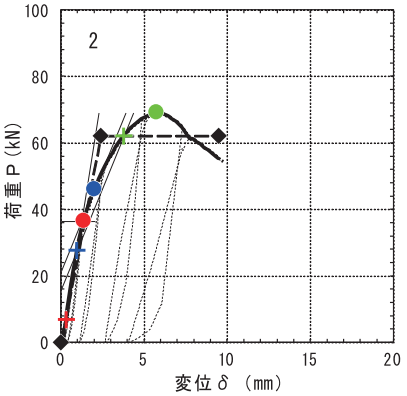
図４　荷重－変位包絡線の比較

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

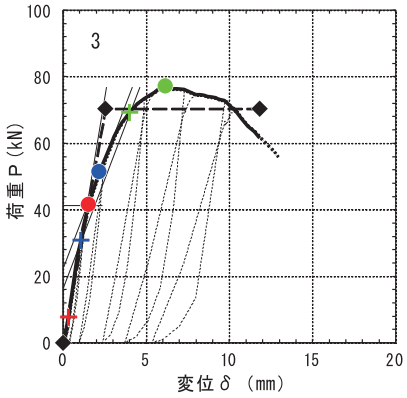
試験体記号：8S10



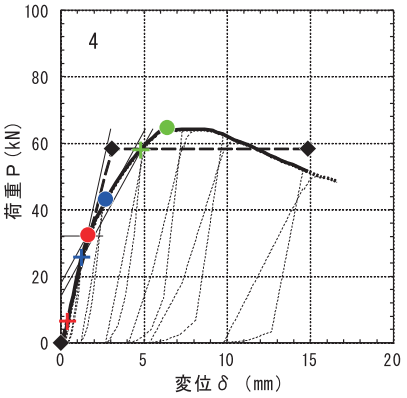
Pmax : 66.8 kN
δPmax : 7.3 mm
2/3Pmax : 44.5 kN
δ2/3Pmax : 2.3 mm
Py : 36.4 kN
δy : 1.7 mm
K : 21.41 kN/mm
Pu : 61.6 kN
δu : 10.9 mm
δv : 2.9 mm



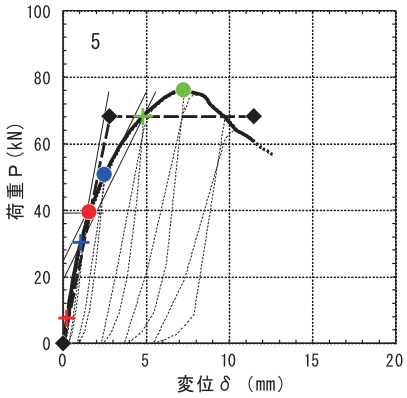
Pmax : 69.1 kN
δPmax : 5.8 mm
2/3Pmax : 46.1 kN
δ2/3Pmax : 2.0 mm
Py : 36.5 kN
δy : 1.4 mm
K : 26.07 kN/mm
Pu : 62.1 kN
δu : 9.5 mm
δv : 2.4 mm



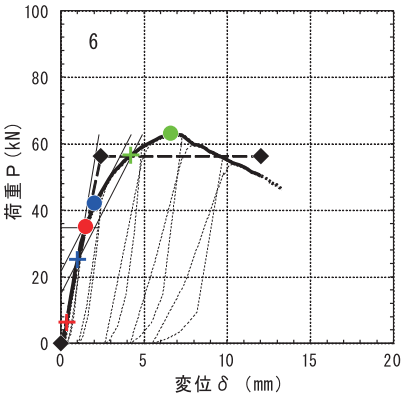
Pmax : 77.1 kN
δPmax : 6.2 mm
2/3Pmax : 51.4 kN
δ2/3Pmax : 2.2 mm
Py : 41.4 kN
δy : 1.5 mm
K : 27.60 kN/mm
Pu : 70.5 kN
δu : 11.8 mm
δv : 2.6 mm



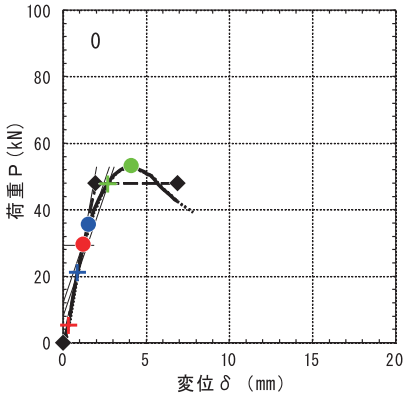
Pmax : 64.5 kN
δPmax : 6.4 mm
2/3Pmax : 43.0 kN
δ2/3Pmax : 2.7 mm
Py : 32.3 kN
δy : 1.7 mm
K : 19.00 kN/mm
Pu : 58.5 kN
δu : 14.8 mm
δv : 3.1 mm



Pmax : 75.9 kN
δPmax : 7.3 mm
2/3Pmax : 50.6 kN
δ2/3Pmax : 2.5 mm
Py : 39.4 kN
δy : 1.6 mm
K : 24.63 kN/mm
Pu : 68.2 kN
δu : 11.5 mm
δv : 2.8 mm



Pmax : 62.9 kN
δPmax : 6.6 mm
2/3Pmax : 41.9 kN
δ2/3Pmax : 2.0 mm
Py : 35.0 kN
δy : 1.5 mm
K : 23.33 kN/mm
Pu : 56.3 kN
δu : 12.0 mm
δv : 2.4 mm



Pmax : 53.1 kN
δPmax : 4.1 mm
2/3Pmax : 35.4 kN
δ2/3Pmax : 1.6 mm
Py : 29.5 kN
δy : 1.2 mm
K : 24.58 kN/mm
Pu : 48.0 kN
δu : 6.9 mm
δv : 2.0 mm

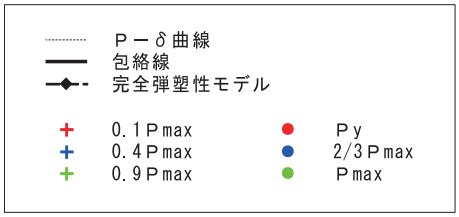


図５　荷重－変位曲線，包絡線及び完全弾塑性モデル

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

試験体記号：8S10

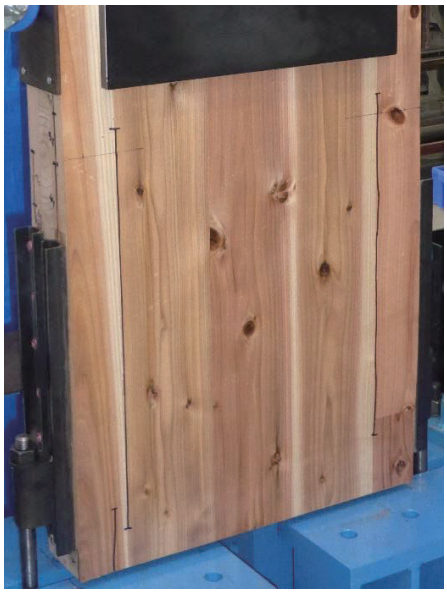


写真 1　破壊状況

番号:1
P_{max}＝66.8kN

・壁パネルの
割裂

写真 2　破壊状況

番号:2
P_{max}＝69.1kN

・壁パネルの
割裂

写真 3　破壊状況

番号:3
P_{max}＝77.1kN

・壁パネルの
割裂

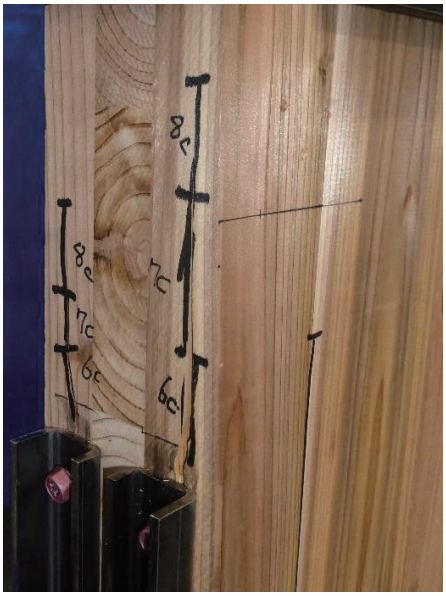


写真 4　破壊状況

番号:4
P_{max}＝64.5kN

・壁パネルの
割裂

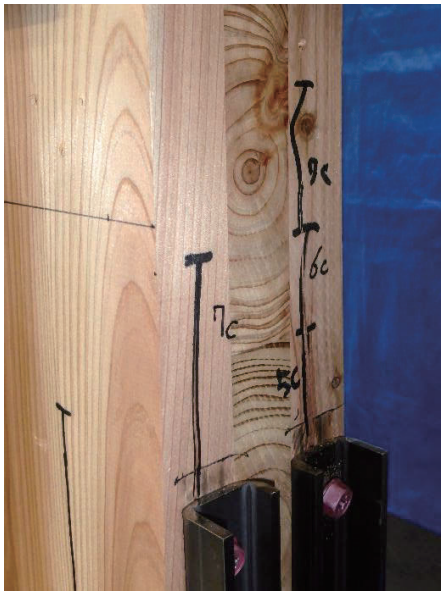


写真 5　破壊状況

番号:5
P_{max} =75.9kN

・壁パネルの
割裂

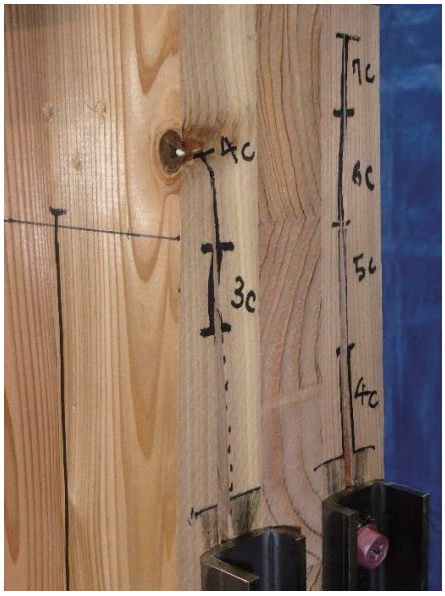


写真 6　破壊状況

番号:6
P_{max} =62.9kN

・壁パネルの
割裂

以上

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

発行番号：第２２Ａ３４５８号
発 行 日：２０２３年　３月１５日

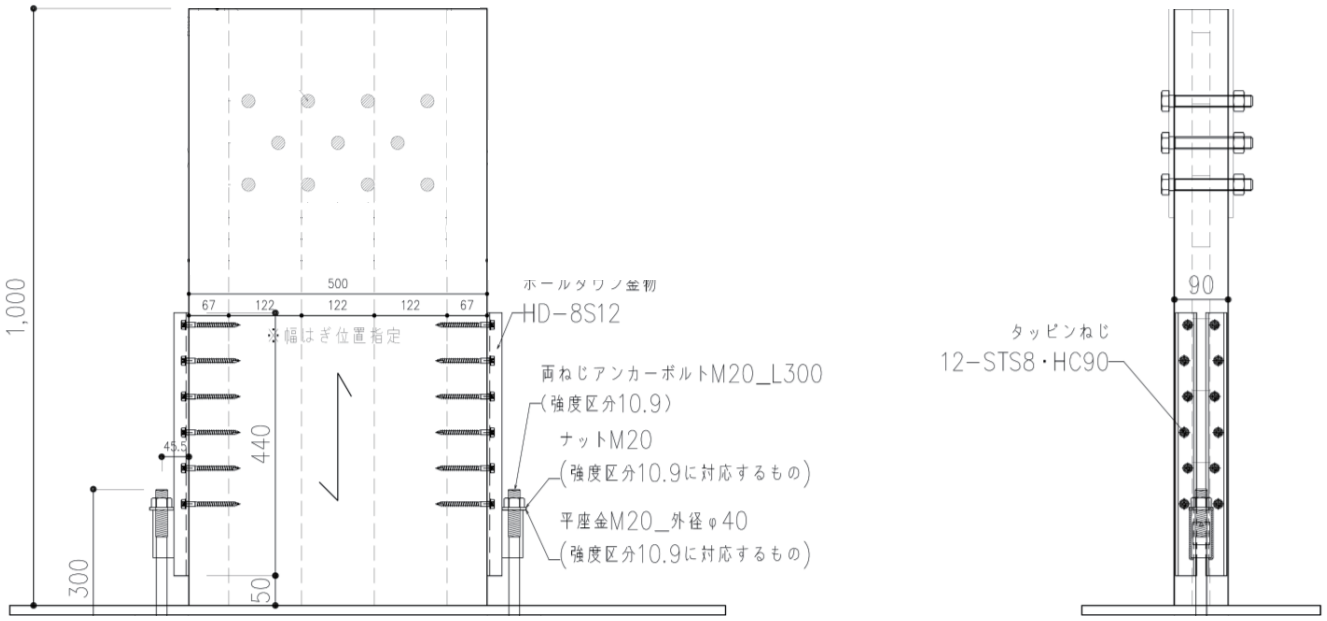
品　質　性　能　試　験　報　告　書

一般財団法人　建材試験センター
中央試験所長　真　野　孝　次
埼玉県草加市稲荷５丁目21番20号

試験名称	CLT パネル工法用接合金物を使用した接合部の引張試験
依頼者	名　称：公益財団法人　日本住宅・木材技術センター 所在地：東京都江東区新砂 3-4-2
試験体 (依頼者提出資料)	接合金物　名　称：CLT パネル工法用壁脚金物 用　途：壁パネル－基礎接合部に使用する金物 寸　法：86mm×440mm×60mm 材　質：SS400（JIS G 3101） 接合具　タッピンねじ：径 8.0 mm × 90 mm，金物 1 個あたり 12 本使用 アンカーボルト：M20×300mm，金物 1 個あたり 1 本使用 壁パネル　樹　種：スギ，強度等級：Mx60-3-3，A 種構成 寸　法：500mm×90mm×1000mm 試験体数　7 体（うち 1 体予備試験体） 参　　照　図 1 及び図 2（試験体）
試験方法	CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（2016 年版）（企画：公益財団法人日本住宅・木材技術センター及び一般財団法人日本 CLT 協会，編集：CLT 設計施工マニュアル編集委員会，発行：公益財団法人日本住宅・木材技術センター）の第Ⅲ部第 10 章「CLT パネル工法における接合部試験・評価方法」に準じて行った。試験方法を図 3 に示す。
試験結果	**短期基準引張耐力（P_{0t}）：２９．１ｋＮ** 耐力算定基礎資料：表 1 荷重－変位曲線：図 4 及び図 5 試験終了後の状況：写真 1～写真 6
試験期間	２０２３年　１月１１日 ～ １２日
担当者	構造グループ　統括リーダー　上　山　耕　平 主査　庄　司　秀　雄（主担当） 菱　沼　　匠
試験場所	中央試験所（埼玉県草加市稲荷 5 丁目 21 番 20 号）

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



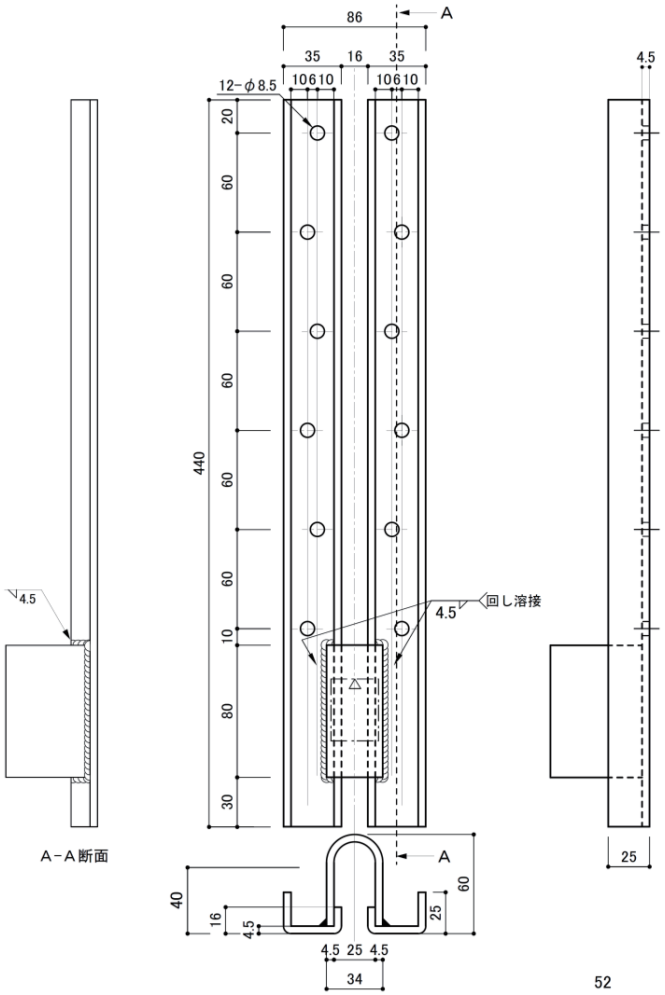
試験体		壁パネル 樹種：スギ	
記号	番号	含水率 (%)	密度 (g/cm^3)
8S12	0	12.3	0.41
	1	9.7	0.39
	2	12.5	0.40
	3	13.1	0.40
	4	11.6	0.43
	5	10.8	0.41
	6	10.9	0.41
（注）含水率及び密度は，試験終了後に測定した値である。なお，含水率は，木材水分計（測定範囲：7.0%～80.0%）を用いて行い，各部材 3 箇所測定した平均値を示す。			

（依頼者提出資料）
試験体記号：8S12

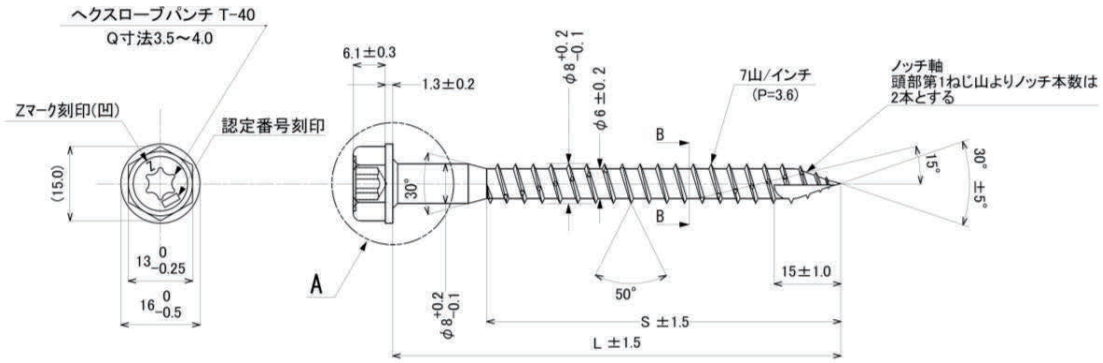
図 1　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



材質：SS400（JIS G 3101）



寸法・着色

記号	寸法		着色
	L	S	
HTS8・HC90	90	70	赤色
HTS8・HC120	120	100	灰色

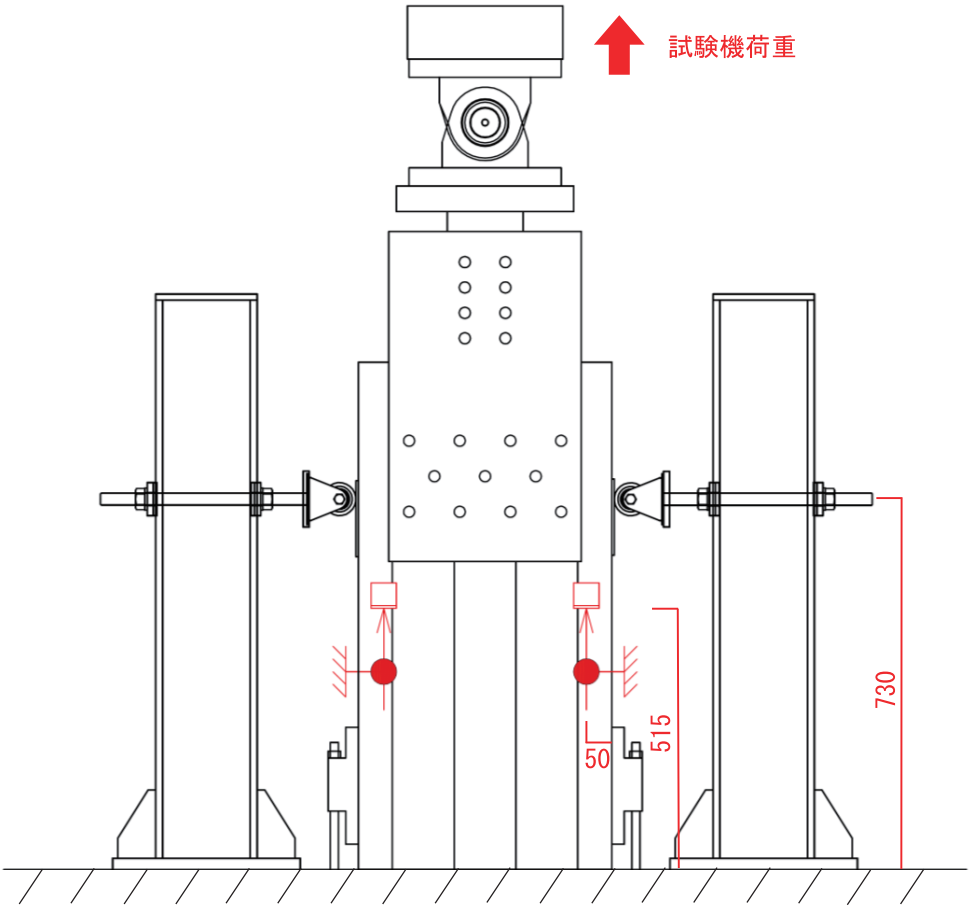
材質：冷間圧造用炭素鋼（JIS G 3507-2）

（依頼者提出資料）
試験体記号：8S12

図 2　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位 mm



（注）接合部 1 箇所の荷重 P 及び変位 δ は，下式による。

P ＝ 試験機荷重×0.5

DG1～DG4：壁パネルの上下方向変位（電気式変位計）
δ ＝（DG1＋DG2＋DG3＋DG4）／ 4

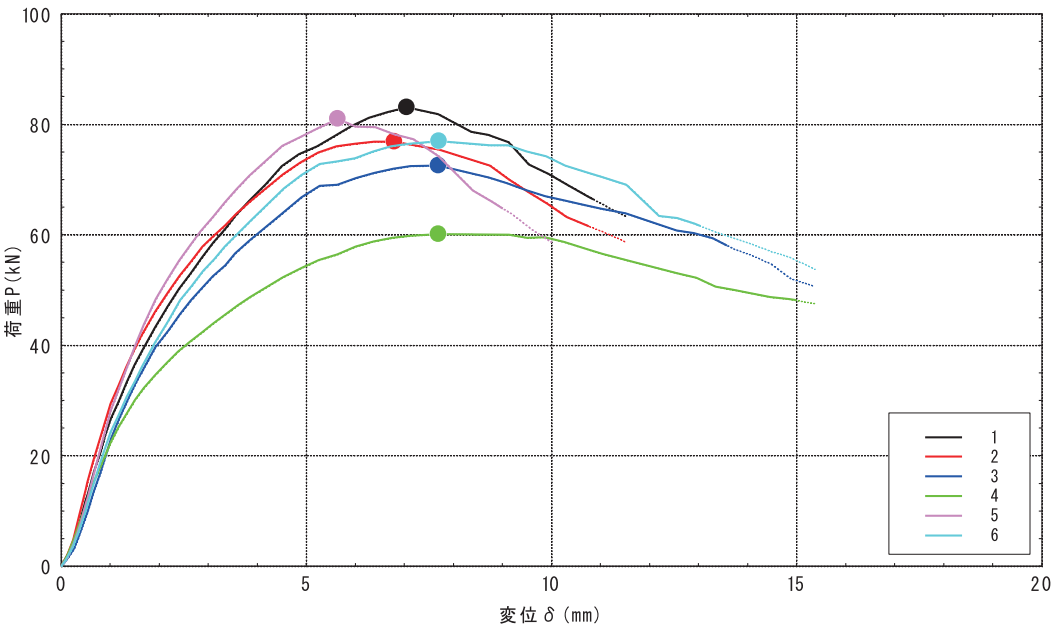
図 3　試験方法

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

表１　耐力算定のための基礎資料

試験体		加力方向	降伏時		2/3P_{max} 時		P_{max} 時		破壊状況
記号	番号		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
8S12	0	単調	44.1	1.9	51.2	2.3	76.8	6.5	・壁パネルの割裂
	1	一方向繰返し	41.5	1.8	55.3	2.8	83.0	7.1	・壁パネルの割裂
	2		40.2	1.5	51.3	2.3	76.9	6.8	・壁パネルの割裂
	3		37.2	1.8	48.3	2.7	72.5	7.7	・壁パネルの割裂
	4		31.4	1.6	40.1	2.6	60.2	7.7	・壁パネルの割裂
	5		43.6	1.7	54.0	2.3	81.0	5.6	・壁パネルの割裂
	6		39.8	1.9	51.3	2.7	77.0	7.7	・壁パネルの割裂
	平均		39.0	1.7	50.1	2.6	75.1	7.1	—
	標準偏差		4.25	0.15	5.45	0.22	8.16	0.83	
	変動係数		0.109	—	0.109	—	—	—	
	ばらつき係数		0.745		0.745				
	短期基準引張耐力 P_{ot}（kN）		**29.1**		37.3				

（注）短期基準引張耐力（P_{ot}）は，降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□ に示した値である。

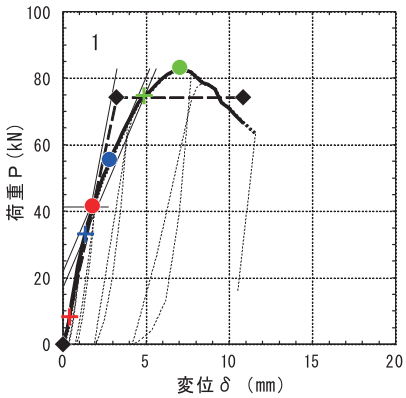


（注）図中の●印は，Pmax時を示す。

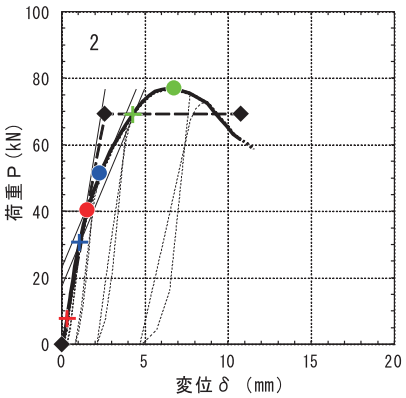
図４　荷重－変位包絡線の比較

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

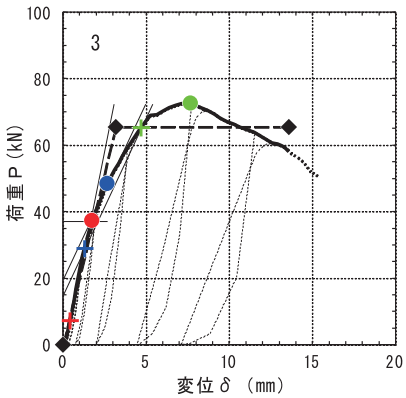
試験体記号：8S12



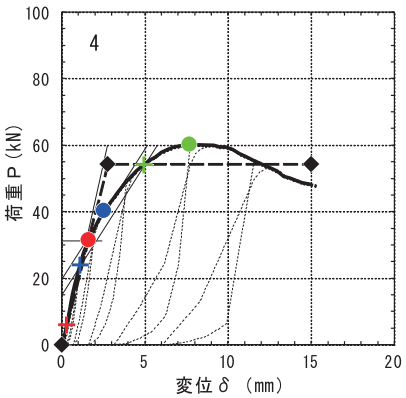
Ｐmax : 83.0 kN
δ Pmax : 7.1 mm
2/3Ｐmax : 55.3 kN
δ 2/3Pmax : 2.8 mm
Ｐy : 41.5 kN
δy : 1.8 mm
K : 23.06 kN/mm
Ｐu : 74.2 kN
δu : 10.8 mm
δv : 3.2 mm



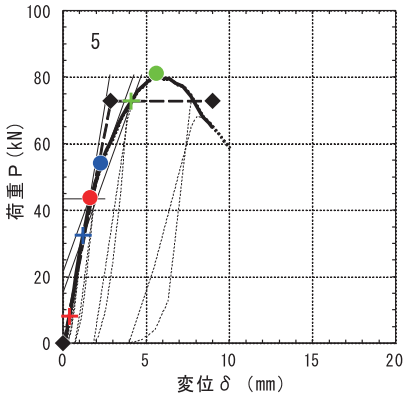
Ｐmax : 76.9 kN
δ Pmax : 6.8 mm
2/3Ｐmax : 51.3 kN
δ 2/3Pmax : 2.3 mm
Ｐy : 40.2 kN
δy : 1.5 mm
K : 26.80 kN/mm
Ｐu : 69.4 kN
δu : 10.8 mm
δv : 2.6 mm



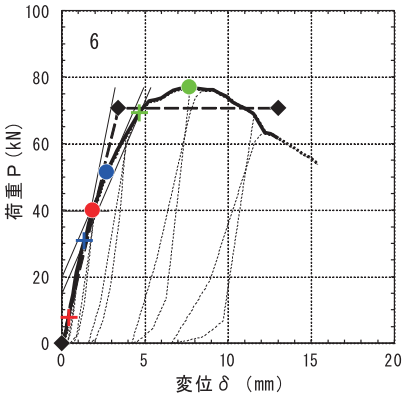
Ｐmax : 72.5 kN
δ Pmax : 7.7 mm
2/3Ｐmax : 48.3 kN
δ 2/3Pmax : 2.7 mm
Ｐy : 37.2 kN
δy : 1.8 mm
K : 20.67 kN/mm
Ｐu : 65.4 kN
δu : 13.6 mm
δv : 3.2 mm



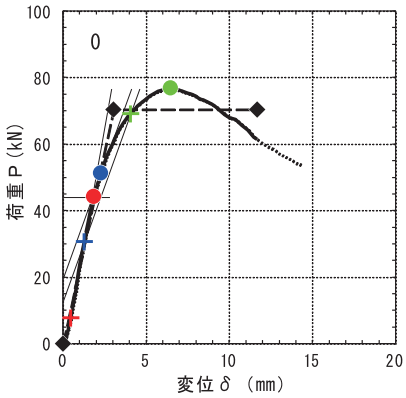
Ｐmax : 60.2 kN
δ Pmax : 7.7 mm
2/3Ｐmax : 40.1 kN
δ 2/3Pmax : 2.6 mm
Ｐy : 31.4 kN
δy : 1.6 mm
K : 19.63 kN/mm
Ｐu : 54.3 kN
δu : 15.0 mm
δv : 2.8 mm



Ｐmax : 81.0 kN
δ Pmax : 5.6 mm
2/3Ｐmax : 54.0 kN
δ 2/3Pmax : 2.3 mm
Ｐy : 43.6 kN
δy : 1.7 mm
K : 25.65 kN/mm
Ｐu : 72.9 kN
δu : 9.0 mm
δv : 2.8 mm



Ｐmax : 77.0 kN
δ Pmax : 7.7 mm
2/3Ｐmax : 51.3 kN
δ 2/3Pmax : 2.7 mm
Ｐy : 39.8 kN
δy : 1.9 mm
K : 20.95 kN/mm
Ｐu : 70.7 kN
δu : 13.0 mm
δv : 3.4 mm



Ｐmax : 76.8 kN
δ Pmax : 6.5 mm
2/3Ｐmax : 51.2 kN
δ 2/3Pmax : 2.3 mm
Ｐy : 44.1 kN
δy : 1.9 mm
K : 23.21 kN/mm
Ｐu : 70.4 kN
δu : 11.7 mm
δv : 3.0 mm

Ｐ－δ曲線
包絡線
完全弾塑性モデル
0.1Ｐmax
0.4Ｐmax
0.9Ｐmax
Ｐy
2/3Ｐmax
Ｐmax

図５　荷重－変位曲線，包絡線及び完全弾塑性モデル

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

試験体記号：8S12

写真 1　破壊状況

番号:1
P_{max}＝83.0kN

・壁パネルの
割裂

写真 2　破壊状況

番号:2
P_{max}＝76.9kN

・壁パネルの
割裂

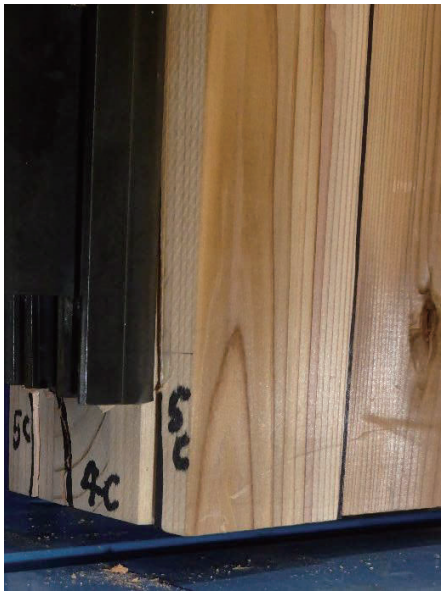


写真 3　破壊状況

番号:3
P_{max}＝72.5kN

・壁パネルの
割裂

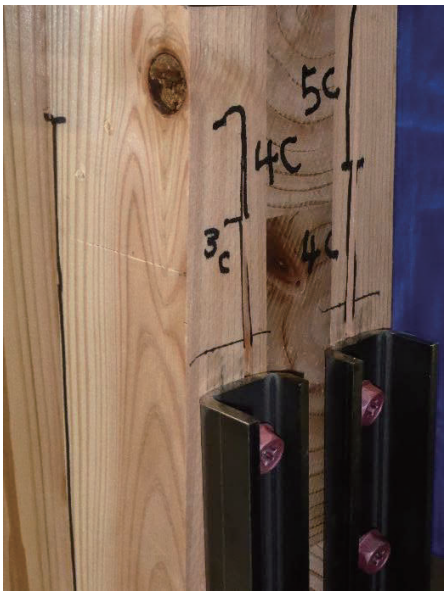


写真 4　破壊状況

番号:4
P_{max}＝60.2kN

・壁パネルの
割裂

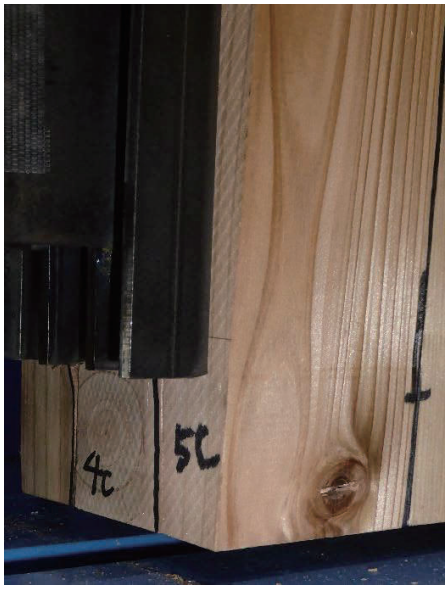


写真 5　破壊状況

番号:5
P_{max} =81.0kN

・壁パネルの
割裂

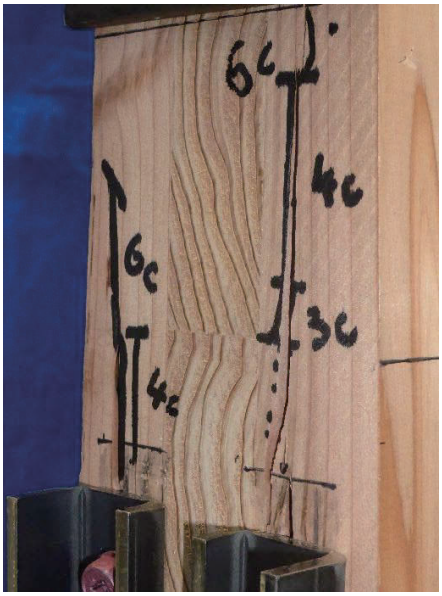


写真 6　破壊状況

番号:6
P_{max} =77.0kN

・壁パネルの
割裂

以上

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。