令和２年度　林業成長産業化総合対策補助金等
中高層建築物を中心としたＣＬＴ等の木質建築部材の利用促進事業のうち、⑥ＣＬＴ等の利用促進及び低コスト化の推進に係る技術開発・検証等事業

鉄骨床梁や木造軸組と併用したCLTパネル耐力壁等の開発事業報告書

令和３年３月

木構造振興株式会社

一般社団法人日本CLT協会

報告書目次

１.事業概要

１．１　事業の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1.1-1

１．２　実施内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1.2-1

１．３　実施体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1.3-1

２.木造軸組工法に面材として CLT パネルを用いた耐力壁の開発

２．１　検討の目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.1-1

２．２　軸組工法フレーム＋ＣＬＴ面材工法における構面の種類・・・・・2.2-1

２．３　ビス単体試験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.3-1
２．３．１　試験の種類と試験体仕様・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.3-1
２．３．２　試験方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.3-11
２．３．３　試験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.3-12

２．４　耐力壁の面内せん断試験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-1
２．４．１　実験前の推定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-1
２．４．２　試験の種類と試験体仕様・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-6
２．４．３　試験方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-17
２．４．４　試験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-18
２．４．５　ビスの変位量から換算した荷重-変形角関係の比較・・・・・・・2.4-27
２．４．６　ＣＬＴ脚部の回転中心位置・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-32
２．４．７　設計法案・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.4-34

２．５　まとめ及び今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2.5-1

３.鉄骨床梁を併用した CLT パネル耐力壁の開発

３．１　事業の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.1-1
３．１．１　事業の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.1-1

３．２　想定する建築物の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.2-1
３．２．１　意匠図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.2-1

３．２．２　構造図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.2-1

３．３　要素実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-1
３．３．１　丸鋼引張試験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-1
３．３．１．１　目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-1
３．３．１．２　実験概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-1
３．３．１．３　実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-2
３．３．２　鋼板挿入ドリフトピン接合部引張実験・・・・・・・・・・・・・・3.3-3
３．３．２．１　目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-3
３．３．２．２　実験概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-3
３．３．２．３　実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-6
３．３．２．４　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-45
３．３．３　引きボルト接合部引張実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-46
３．３．３．１　目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-46
３．３．３．２　実験概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-46
３．３．３．３　実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-49
３．３．３．４　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-79
３．３．４　鋼板挿入ドリフトピン接合部せん断実験・・・・・・・・・・・・・3.3-80
３．３．４．１　目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-80
３．３．４．２　実験概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-80
３．３．４．３　実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-85
３．３．４．４　まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-104
３．３．５　CLT 材料圧縮試験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-105
３．３．５．１　目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-105
３．３．５．２　実験概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-105
３．３．５．３　実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.3-109

３．４　構面実験・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-1
３．４．１　目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-1
３．４．２　実験計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-1
３．４．３　実験結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-7
３．４．４　考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-25
３．４．５　解析値との比較 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-26
３．４．６　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.4-30

３．５　検討内容、解析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-1
３．５．１　検討内容 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-1
３．５．２　解析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-2
３．５．２．１　仮定荷重 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-2

３．５．２．２　モデル建物の外力算定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-6
３．５．２．３　解析方法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-27
３．５．２．４　解析パターン ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-28
３．５．２．５　接合部特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-29
３．５．２．６　弾性係数 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-30
３．５．２．７　解析結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-31
３．５．２．８　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.5-43

３．６　　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3.6-1

参考資料
参考１　４階建て共同住宅設計図　意匠図
参考２　４階建て共同住宅設計図　構造図
参考３　接合部実験の解析的検討

１．事業概要

1. 事業概要

1.1. 事業の目的

CLT を用いて中層大規模建築物を設計する場合、建築物の壁・床構面全てに CLT を採用してしまうと構造的、経済的に非効率を生じさせてしまうことがある。しかし、鉄骨床梁を取り入れた適材適所で CLT を採用する CLT パネル工法の設計や、軸組工法に CLT パネルを面材として併用した鉛直構面の設計を行うことができれば、効率の良い合理的な設計を訴求することが可能となる。

よって、CLT パネルの合理的な設計法の展開による普及促進を目的に、CLT パネルの床に替えて鉄骨床梁を用い、CLT を耐力壁とした CLT パネル工法の合理的な設計方法、及び、木造軸組構法の柱・梁フレームに CLT パネルを取り入れた構面の設計方法と接合方法等の開発を行うものとする。

1.2. 実施内容

（1） 軸組構法フレーム+CLT パネル

軸組構法の許容応力度設計を用いて比較的簡易に構造設計ができ、軸組と併用することにより、効率的に CLT パネルを多用途な建築物の設計で採用することが可能となる。接合部試験と構面試験の結果より、計算によりバリエーションに対応可能な設計法を作成する。

1）軸組構法+CLT パネルの構面試験

構面は、柱と梁に JAS 製材または集成材を用いたフレームとし、そのフレーム内に CLT パネルを配置した構成とする。

構面試験は、無載荷の面内せん断試験とし、下記の２）の接合部試験結果を参考に設計を行い、試験後に計算との比較を行うことにより、計算によるバリエーション設計が可能であることを確認する。

2）軸組+CLT パネルの接合部試験

フルスレッドビスで軸組と壁パネルを接合し、構面の設計に必要なデータを取得する。

（2） 鉄骨床梁+CLT 壁パネル工法

構面試験等の結果から、ルート３で必要となる Ds などの設計方法の作成に必要となるデータを取得する。

1）鉄骨床梁+CLT 壁パネルの構面試験

耐力壁は、CLT 壁パネルの上端・下端に鉄骨床梁を配置し、鉄骨梁相互をタイロッドで接合した構成とする。

構面試験は、一定の鉛直軸力を耐力壁に作用させた面内せん断試験とする。

2）鉄骨床梁+CLT 壁パネルの接合部試験

過去の知見から CLT パネルは圧縮側で先行降伏することが分かっているため､CLT の圧縮部位は、接合金物等での補強が必要となる。よって、CLT パネルの圧縮部位の補強を接合金物、ビスなどで行い、設計に際して支障とならない納まりを試験で確認する。

1.3. 実施体制

実施体制は、学識経験者等からなる委員会を設け、接合金物の要求性能、仕様、試験計画、評価について諮問する。試験は、(公財)日本住宅・木材技術センター試験研究所及び建築研究所で実施した。

委員会開催実績

第１回

日　時：令和２年　８月２８日（金）　１３：００～１５：００

会　場：Zoom による web 会議室

第 2 回

日　時：令和３年　３月　９日（水）　１５：００～１７：００

会　場：Zoom による web 会議室

鉄骨床梁や木造軸組と併用したCLTパネル耐力壁等の開発

委員名簿（案）

(敬称略、順不同)

委員長

五十田　博　京都大学　生存圏研究所　教授

委員

神谷　文夫　セイホク株式会社　技師長

小林　研治　静岡大学学術院農学領域　生物資源科学科　住環境構造学研究室　准教授

中島　昌一　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　主任研究官

コンサル

中越　隆道　中越建築設計事務所

事務局

鈴木　　圭　木構造振興株式会社　主任研究員

坂部　芳平　一般社団法人　日本 CLT 協会　専務理事

高士　博行　一般社団法人　日本 CLT 協会

谷口　翼　　一般社団法人　日本 CLT 協会

２．木造軸組工法に面材としてCLTパネルを用いた耐力壁の開発

2.　木造軸組工法に面材として CLT パネルを用いた耐力壁の開発

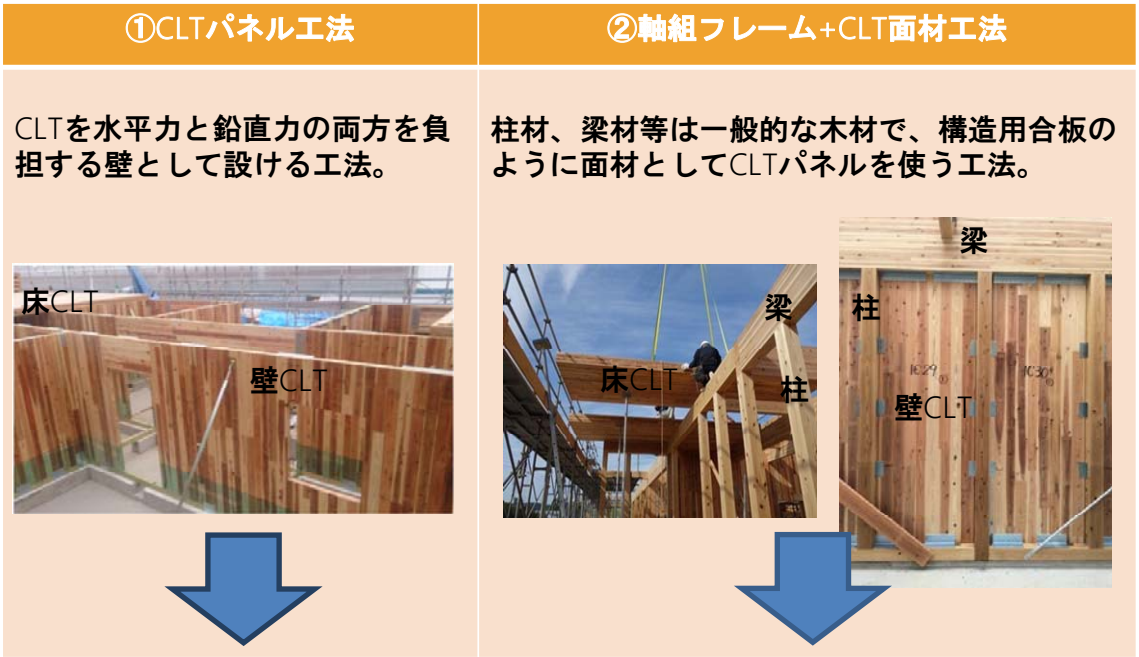
2.1.　検討の目的

CLT パネルを活用した建築物は、CLT パネルを水平力と鉛直力の両方を負担する壁として設ける CLT パネル工法が代表的だが、在来軸組工法に壁や床等の面材として用いるような部分利用の使い方もある。図 2.1-1 の②は軸組工法に面材として使う工法だが、例えば表しとして少量の CLT パネルを面材として用い、隠れて見えない部分は構造用合板耐力壁とするなど、適材適所の使い方が可能であり、コスト減にも繋がる。また曲げに対して有効ではない弱軸層を有する CLT パネルを床材として曲げを負担させるのではなく、せいの高い梁材を用いた方が曲げに対しては遥かに合理的である。

また、現在の設計方法においては軸組工法の設計方法の方が構造設計に掛かる負担が少ない。

CLT パネルを用いた建築物は、直交集成板の日本農林規格制定後、建てられてきたが、CLT を部分利用した建築物は CLT パネル工法よりも 4 割程度多い（図 2.1-2）。

このようなことから本事業では、軸組フレームに壁として CLT を用いた耐力壁の設計方法を確立するため、接合部及び耐力壁の開発を行う。



○構造計算ルート

CLT パネル工法	軸組構法
告示第 611 号	令 82 条許容応力度設計、令 46 条 2 項ルート ルート 2 以上も。

図 2.1-1　CLT パネル工法と軸組併用工法の違い

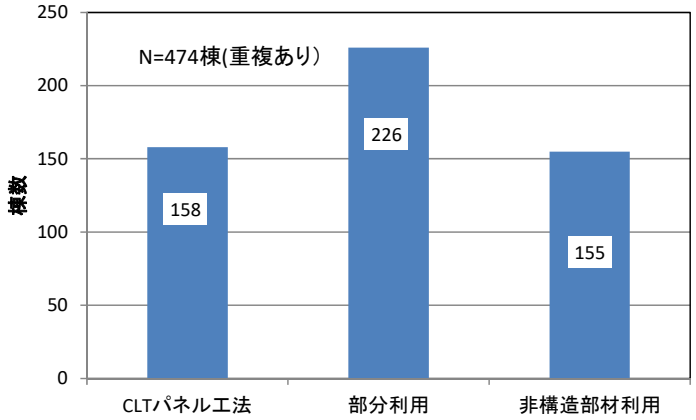


図 2.1-2　CLT を用いた建築物の CLT の用途

（内閣官房ＣＬＴを用いた建築物の一覧（都道府県別）（R2.7.31 現在）より）

2.2. 軸組フレーム+CLT 面材工法における構面の種類

図 2.2-1 に軸組と CLT の納まりの例を示す。本事業では左下図の軸材と CLT をビス接合した真壁耐力壁の強度性能について検討を行う。

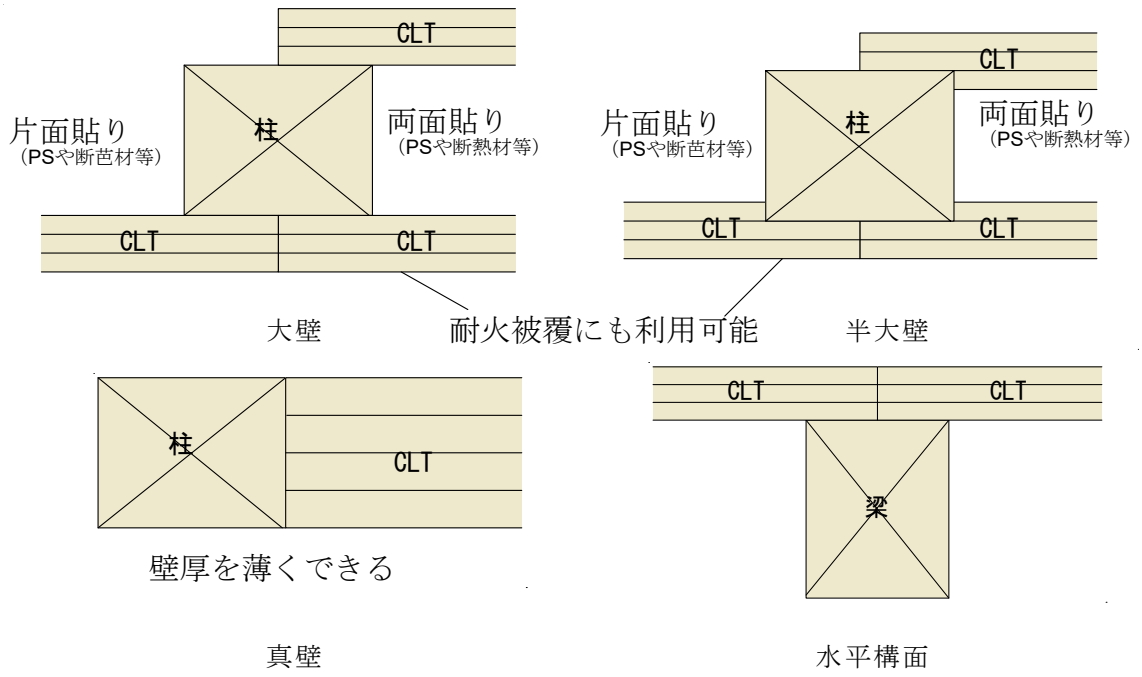


図 2.2-1　　軸組フレーム+CLT 面材工法における構面の種類

2.3. ビス単体試験

2.3.1. 試験の種類と試験体仕様

対象となるフルスレッドビスは図 2.3.1-1 の 2 種類とする。

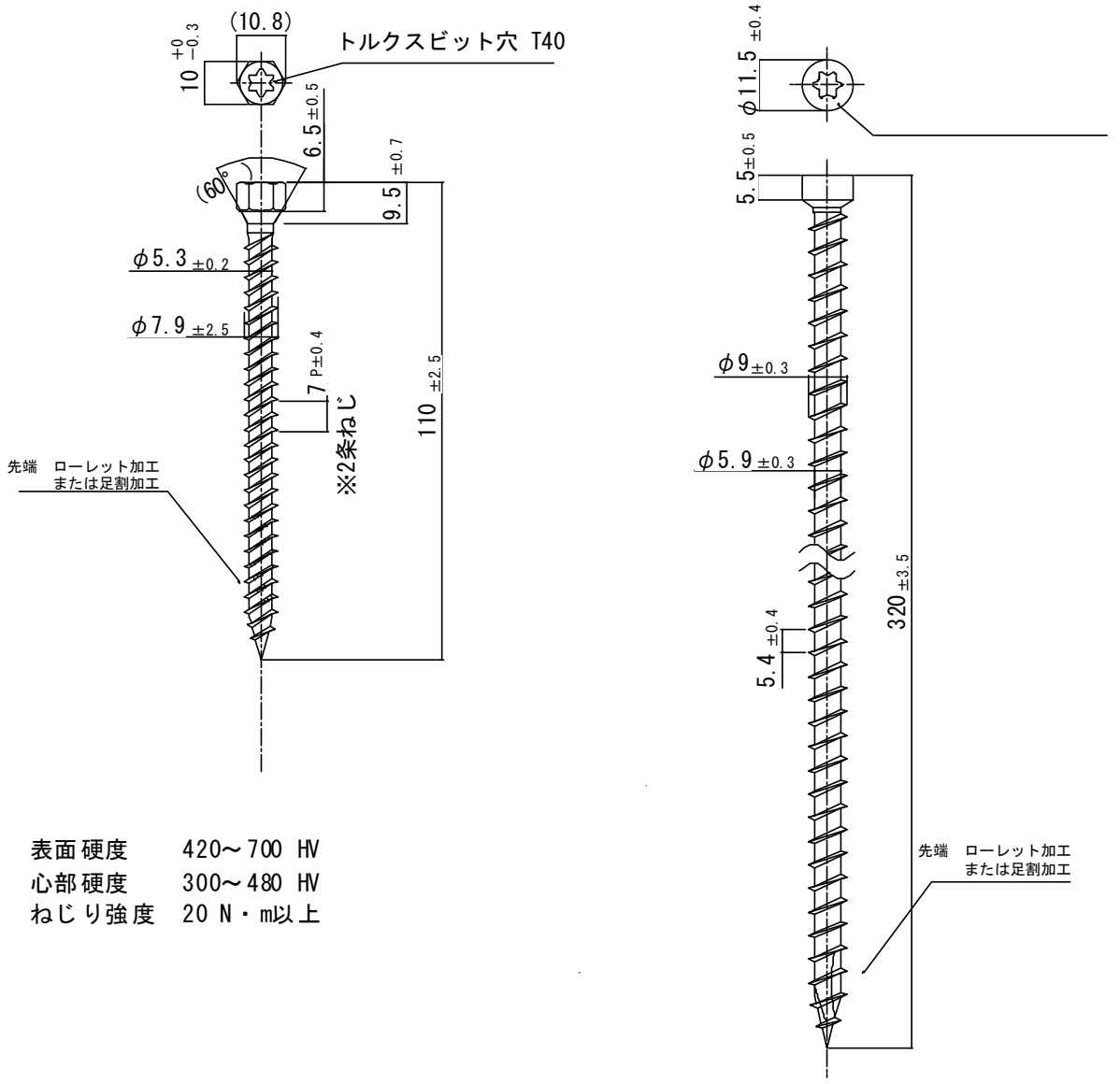
試験の種類は表 2.3.1-1 及び表 2.3.1-2 のとおり 15 種類 53 体の試験とする。試験体の記号の意味を図 2.3.1-2 に、試験体別のビスの打ち方を図 2.3.1-3 に示す。各試験体図を図 2.3.1-4～図 2.3.1-18 に、試験体作成の様子を写真 2.3.1-1～写真 2.3.1-2 に、試験体の密度と含水率を表 2.3.1-3～表 2.3.1-4 に示す。なお、本章において試験体名を呼称する場合は、表 2.3.1-1、表 2.3.1-2 中の試験体番号を用いるものとする。

図 2.3.1-3 のとおり、No.1～4，15 は加力と直交方向に 45°傾け、試験体の表裏から交互に打つ方法とし、製材側から打つ場合と CLT 側から打つ場合を実施した。No.5～14 は加力方向に対して 45°,70°,90°, 110°,135°に傾けてビス打ちした。図 2.3.1-2 における「ビスを打つ角度と方向」の記号では、下向きか(down)、上向きか(up)でビスを打つ方向が決まり、45°、70°、90°の 3 種類の角度で分類している。

本接合部のように地震力に抵抗するための接合部試験は、正負交番加力とすることが望ましいとされている。しかしながら実際には試験装置やセッティングの煩雑さや加力時間の長さ等の理由により、ロケット型単調加力試験とすることも多い。本事業では、No.1～14 までを正負交番繰り返し試験とし、比較検証のため、No,15 のみロケット型単調加力試験とすることとした（表 2.3.1-2）。試験体 No.15 の CLT パネルは試験体 No.1 と同一個体のものを使用しており、No.1 の試験後の試験体から健全な部分を切り取り、1 体目と 1 体目、2 体目と 2 体目、3 体目と 3 体目が同一個体となるように試験を行った。

No.15 を除き、CLT の加力方向に対する強軸・弱軸の影響について比較する試験も実施した。

また、図 2.3.1-4～図 2.3.1-18 の赤斜線部分のとおり CLT と製材の間にはテフロンシートを挿入し、摩擦が生じないように配慮した。



表面硬度　420～700 HV
心部硬度　300～480 HV
ねじり強度　20 N・m以上

HTS8-110　　HTS9-320

図 2.3.1-1　フルスレッドビス図面

表 2.3.1-1　正負交番型試験

No.	試験体記号	ビスの種類			CLTの種類	軸材の種類	CLTの加力方向	ビスの打ち方		試験体数（体）
		名称	山径 d(㎜)	ビス長さ l(㎜)				図2.3.1-2の角度α	ビスを打つ方向	
1	FSFC110	HTS8-110	8	110	スギCLT／Mx60-3-3／A種構成	スギ製材無等級材90角	強軸	90°	製材からCLT	6
2	FSCF110								CLTから製材	6
3	FWFC110						弱軸		製材からCLT	6
4	FWCF110								CLTから製材	6
5	FS45D320	HTS9-320	9	320		スギ製材無等級材120角	強軸	45°	製材からCLT	3
6	FS45U320							135°		3
7	FW45D320						弱軸	45°		3
8	FW45U320							135°		3
9	FS70 D320						強軸	70°		3
10	FS70U320							110°		3
11	FW70D320						弱軸	70°		3
12	FW70U320							110°		3
13	FS90320						強軸	90°		1
14	FW90320						弱軸			1
	合計									50

表 2.3.1-2　ロケット型単調加力試験

No.	試験体記号	ビスの種類			CLTの種類	軸材の種類	CLTの加力方向	ビスの打ち方		試験体数（体）
		名称	山径 d(㎜)	ビス長さ l(㎜)				図2.3.1-2の角度α	ビスを打つ方向	
15	RFSFC110	HTS8-110	8	110	スギCLT／Mx60-3-3／A種構成	スギ製材無等級材90角	強軸	90°	製材からCLT	3
	合計									3

F
ビスの種類
Full thread

S
加力に対する CLT の向き
Strong axis
Weak axis

FC
ビスを打つ方向
Frame →CLT
CLT　→Frame

110
ビスの長さ
110 ㎜

F
ビスの種類
Full thread

S
加力に対する CLT の向き
Strong axis
Weak axis

45D
ビスを打つ角度と方向
45°　Down
45°　Up

320
ビスの長さ
320 ㎜

R
試験方法
ロケット型

FSFC110
上記に同じ

図 2.3.1-2　試験体記号の意味

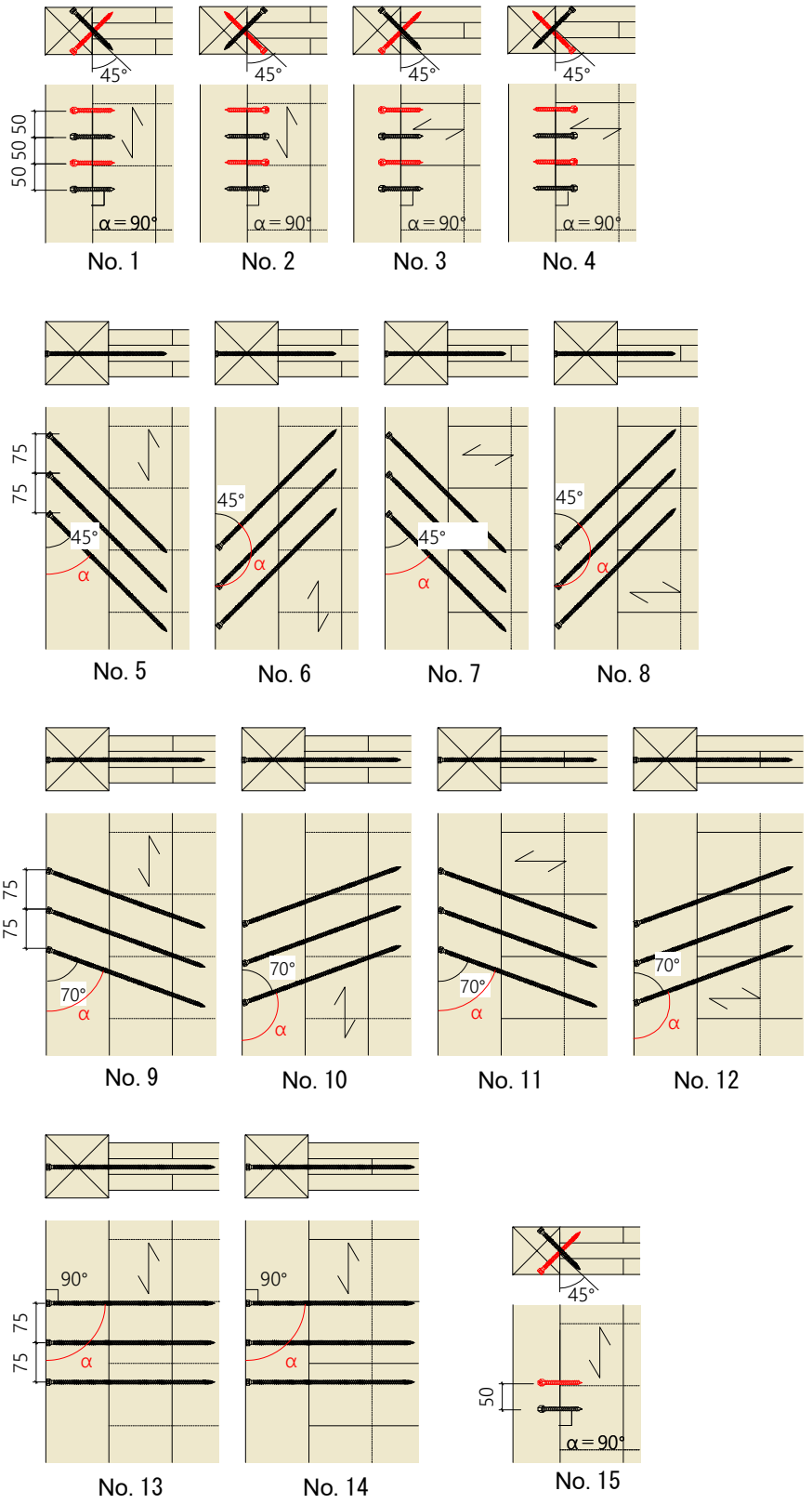


図 2.3.1-3　フルスレッドビスの打ち方（角度αは表 2.3.1-1 に記載）

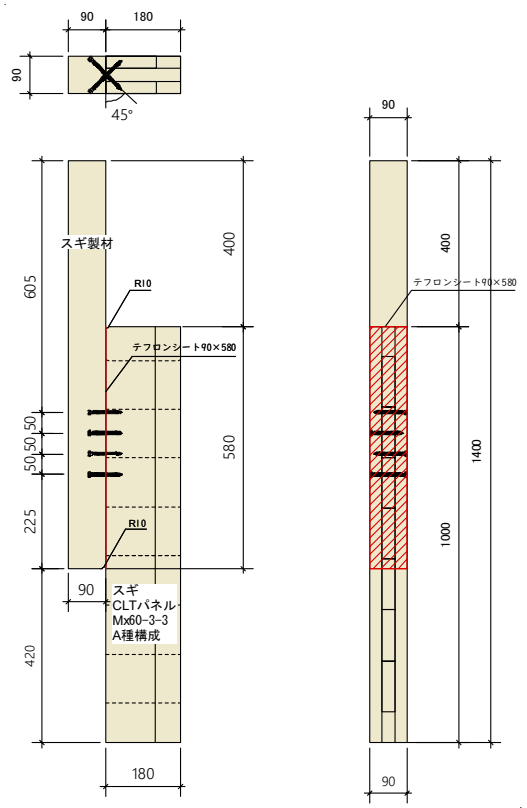


図 2.3.1-4　FSFC110 試験体

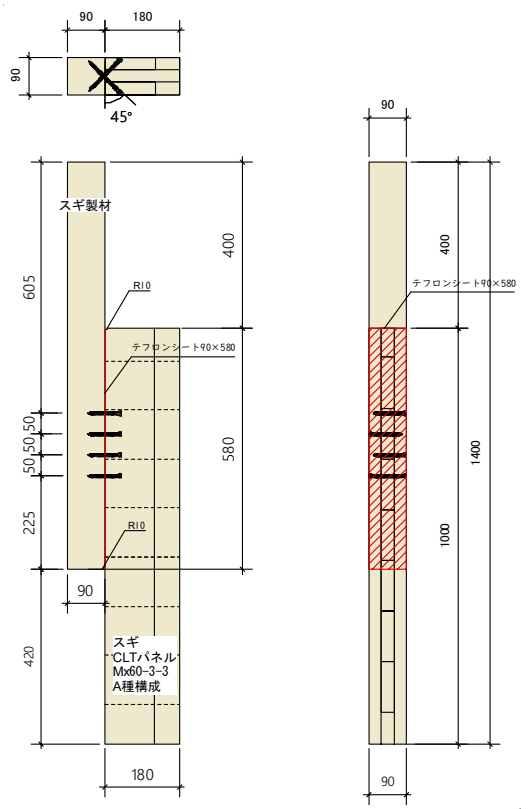


図 2.3.1-5　FSCF110 試験体

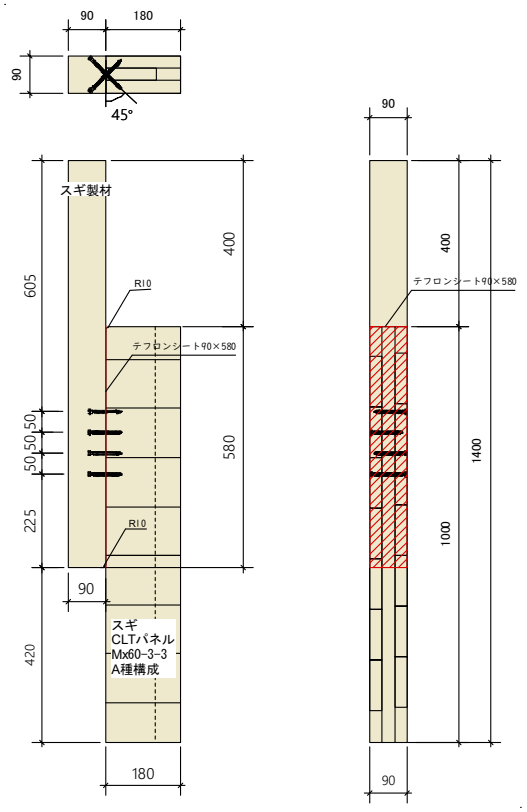


図 2.3.1-6　FWFC110 試験体

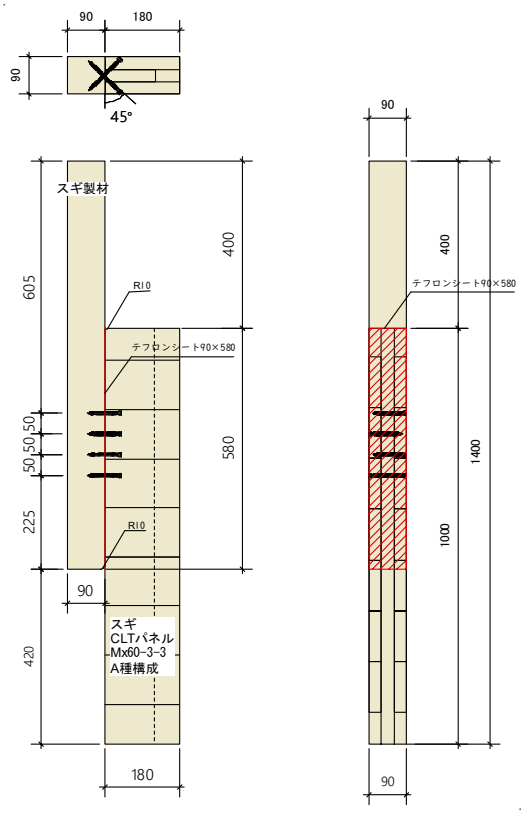


図 2.3.1-7　FWCF110 試験体

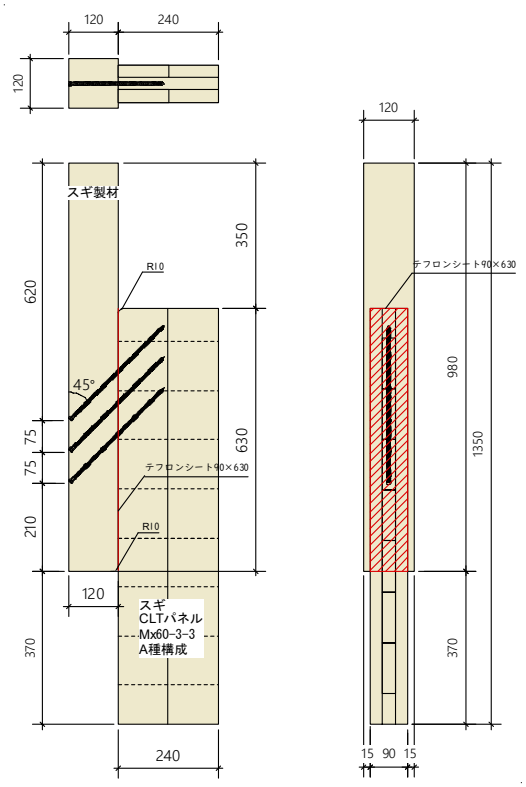


図 2.3.1-8　FS45U320 試験体

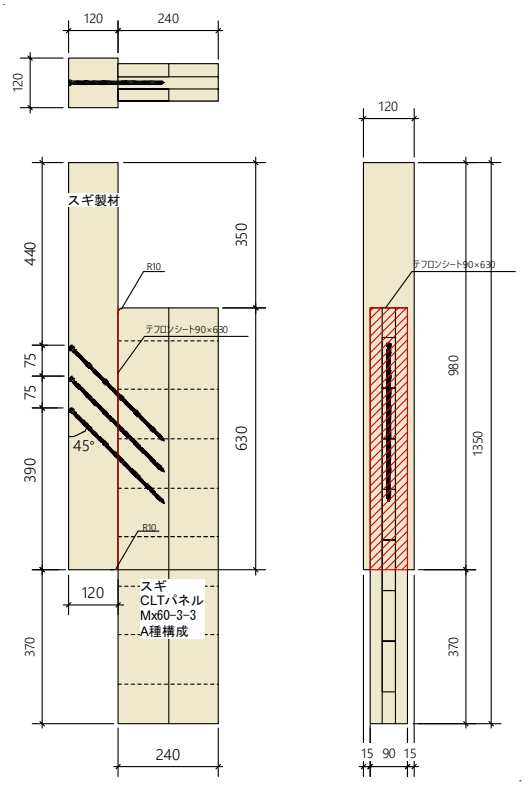


図 2.3.1-9　FS45D320 試験体

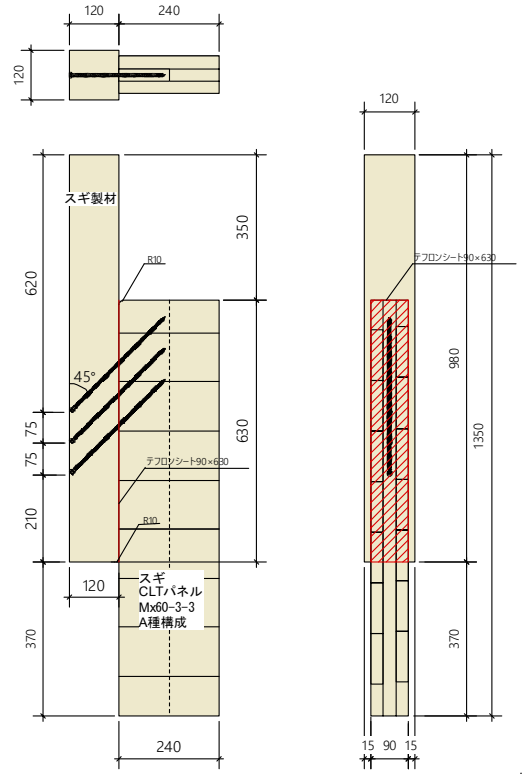


図 2.3.1-10　FW45U320 試験体

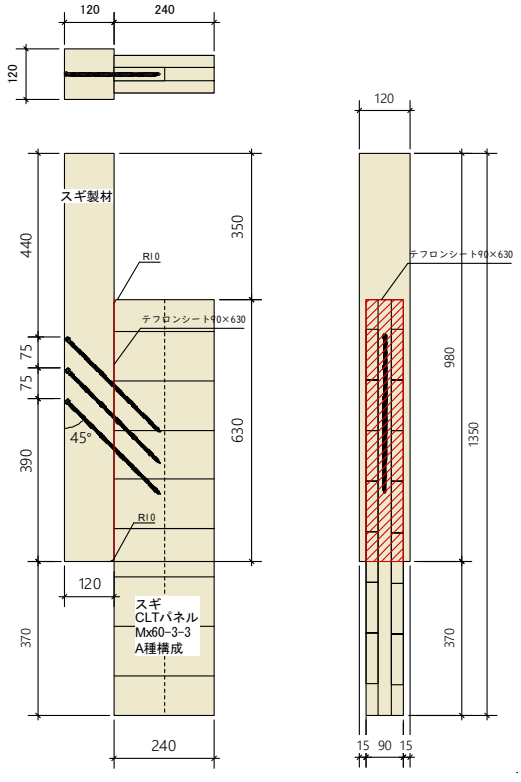


図 2.3.1-11　FW45D320 試験体

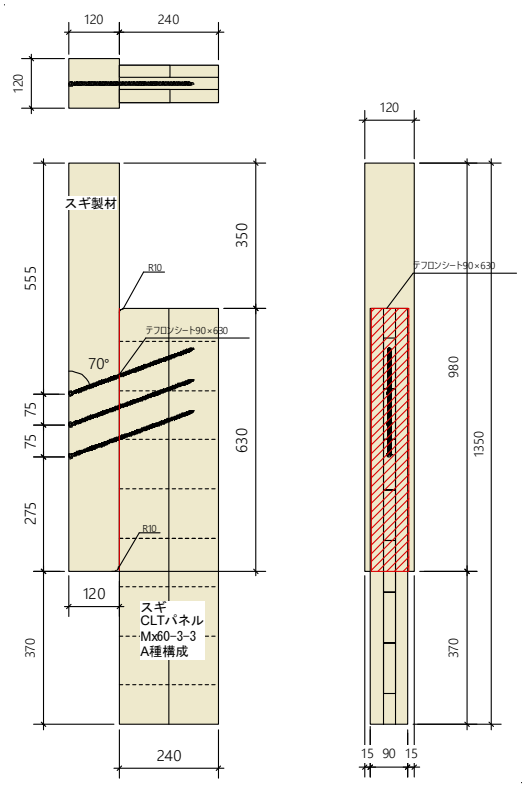


図 2.3.1-12　FS70U320 試験体

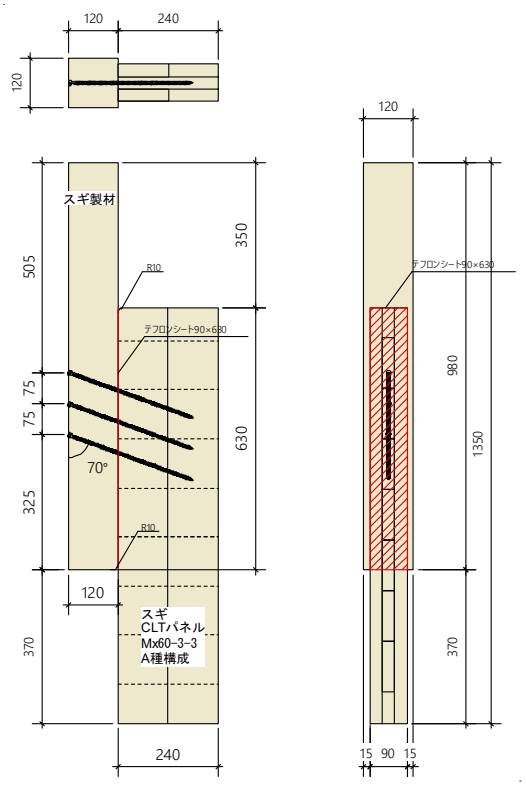


図 2.3.1-13　FS70D320 試験体

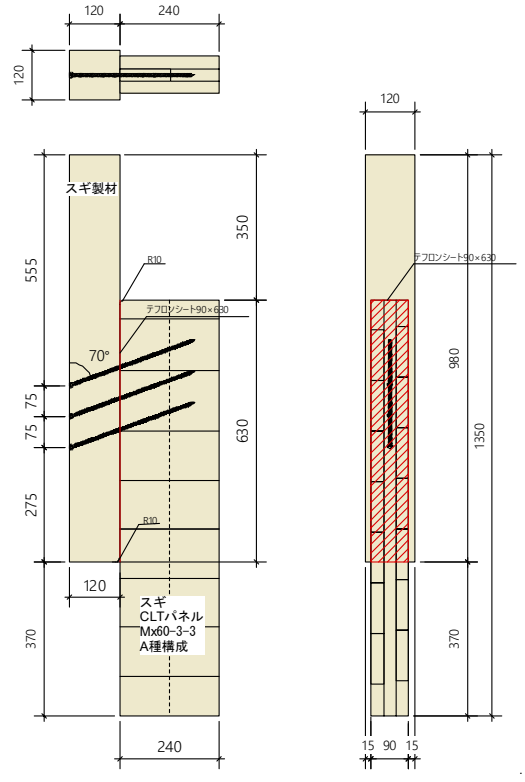


図 2.3.1-14　FW70U320 試験体

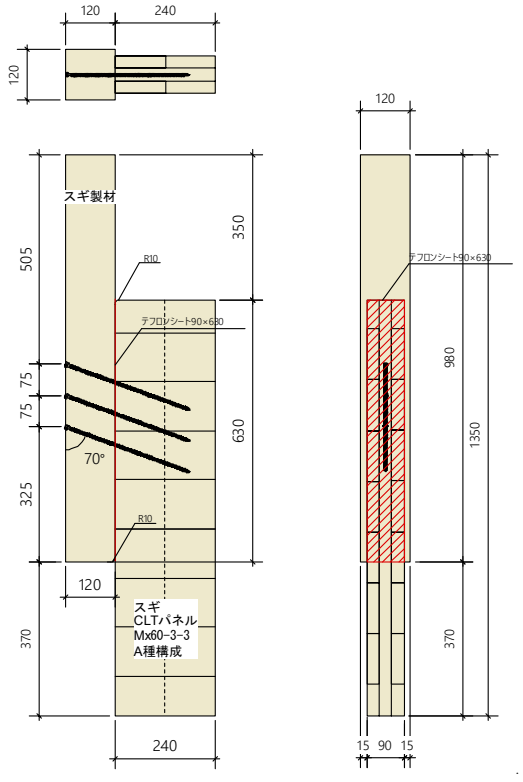


図 2.3.1-15　FW70D320 試験体

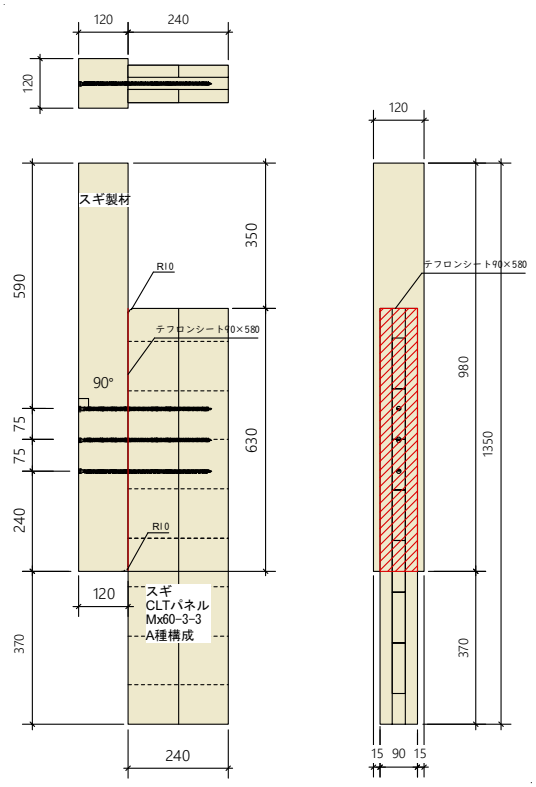


図 2.3.1-16　FS90320 試験体

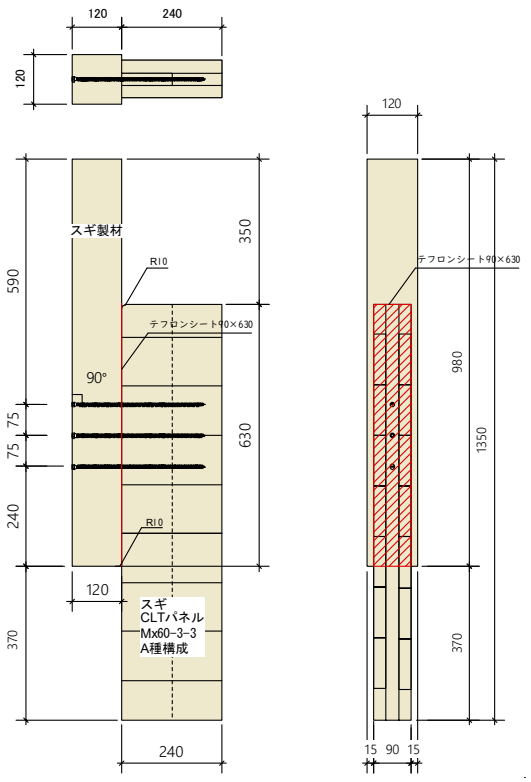


図 2.3.1-17　FW90320 試験体

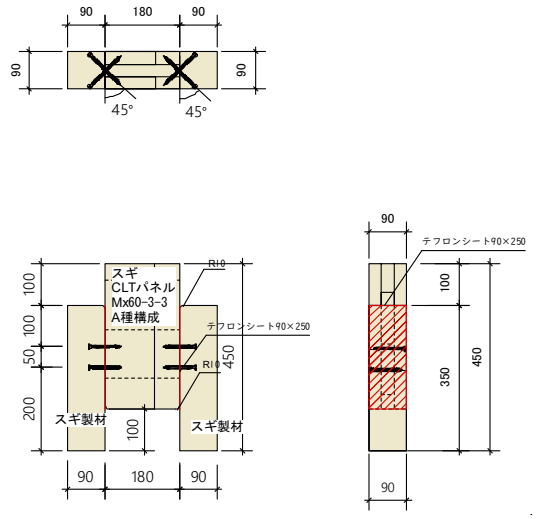


図 2.3.1-18　RFSFC110 試験体

写真 2.3.1-1　斜め打ち用治具

・斜めにカットした木材に塩ビ管を固定したもの

写真 2.3.1-2　斜め打ちビス施工の様子

・ポンチで位置決めした後は、先孔無しで施工。ある程度まで埋め込んだらガイドを外して残りを打ち込む。

表 2.3.1-3　密度と含水率　その１

No.	試験体記号	試験体番号等	CLT		製材	
			含水率（%）	密度（g/cm^3）	含水率（%）	密度（g/cm^3）
1	FSFC110	0	14.5	0.43	22.5	0.43
		1	8.5	0.40	8.5	0.39
		2	9.0	0.40	9.0	0.41
		3	10.0	0.41	11.0	0.41
		4	10.0	0.42	15.0	0.41
		5	10.5	0.42	12.5	0.42
		6	10.5	0.43	14.0	0.43
		平均(0～6)	10.4	0.42	13.2	0.41
		平均(1～6)	9.8	0.41	11.7	0.41
2	FSCF110	0	17.0	0.43	13.0	0.44
		1	9.0	0.39	11.0	0.39
		2	9.5	0.40	9.0	0.40
		3	10.5	0.41	8.0	0.41
		4	10.7	0.41	14.5	0.42
		5	10.0	0.42	13.0	0.44
		6	16.0	0.43	15.0	0.43
		平均(0～6)	11.8	0.41	11.9	0.42
		平均(1～6)	10.9	0.41	11.8	0.42

No.	試験体記号	試験体番号等	CLT		製材	
			含水率（%）	密度（g/cm^3）	含水率（%）	密度（g/cm^3）
3	FWFC110	0	14.0	0.44	23.0	0.43
		1	11.0	0.40	9.0	0.39
		2	11.0	0.42	12.0	0.41
		3	9.5	0.41	20.0	0.42
		4	8.5	0.42	11.0	0.42
		5	16.0	0.43	11.5	0.42
		6	9.0	0.44	15.5	0.42
		平均(0～6)	11.3	0.42	14.6	0.42
		平均(1～6)	10.8	0.42	13.2	0.41
4	FWCF110	0	13.0	0.44	20.0	0.44
		1	6.5	0.40	17.0	0.40
		2	10.0	0.41	9.5	0.41
		3	17.0	0.42	9.0	0.41
		4	10.0	0.42	9.5	0.42
		5	11.0	0.42	19.0	0.43
		6	9.0	0.43	15.0	0.44
		平均(0～6)	10.9	0.42	14.1	0.42
		平均(1～6)	10.6	0.42	13.2	0.42

表 2.3.1-4　密度と含水率　その 2

No.	試験体記号	試験体番号等	CLT		製材1	
			含水率（%）	密度（g/cm^3）	含水率（%）	密度（g/cm^3）
5	FS45D320	0	-	-	-	-
		1	10.0	0.41	9.0	0.45
		2	10.0	0.41	11.0	0.42
		3	12.0	0.45	15.5	0.42
		平均(0～3)	10.7	0.42	11.8	0.43
		平均(1～3)	10.7	0.42	11.8	0.43
6	FS45U320	0	-	-	-	-
		1	10.0	0.41	9.5	0.45
		2	9.5	0.41	15.0	0.42
		3	11.5	0.45	9.0	0.42
		平均(0～3)	10.3	0.42	11.2	0.43
		平均(1～3)	10.3	0.42	11.2	0.43
7	FW45D320	0	-	-	-	-
		1	9.5	0.40	12.0	0.45
		2	9.0	0.40	11.0	0.43
		3	12.0	0.45	11.0	0.41
		平均(0～3)	10.2	0.42	11.3	0.43
		平均(1～3)	10.2	0.42	11.3	0.43
8	FW45U320	0	-	-	-	-
		1	10.0	0.40	10.5	0.46
		2	9.5	0.41	12.0	0.43
		3	11.5	0.45	9.5	0.42
		平均(0～3)	10.3	0.42	10.7	0.43
		平均(1～3)	10.3	0.42	10.7	0.43

No.	試験体記号	試験体番号等	CLT		製材1	
			含水率（%）	密度（g/cm^3）	含水率（%）	密度（g/cm^3）
9	FS70 D320	0	10.5	0.43	22.0	0.43
		1	9.5	0.40	9.5	0.45
		2	11.0	0.42	15.0	0.44
		3	11.5	0.44	13.0	0.40
		平均(0～3)	10.6	0.42	14.9	0.43
		平均(1～3)	10.7	0.42	12.5	0.43
10	FS70U320	0	11.5	0.43	20.0	0.45
		1	9.0	0.40	7.5	0.45
		2	13.0	0.42	11.0	0.43
		3	11.5	0.44	12.5	0.40
		平均(0～3)	11.3	0.43	12.8	0.43
		平均(1～3)	11.2	0.42	10.3	0.43
11	FW70D320	0	-	-	-	-
		1	10.0	0.40	16.0	0.42
		2	10.5	0.41	9.5	0.44
		3	10.5	0.40	10.0	0.38
		平均(0～3)	10.3	0.41	11.8	0.41
		平均(1～3)	10.3	0.41	11.8	0.41
12	FW70U320	0	11.0	0.42	25.0	0.45
		1	8.5	0.39	13.0	0.46
		2	9.0	0.41	9.5	0.44
		3	12.5	0.45	9.5	0.40
		平均(0～3)	10.3	0.42	14.3	0.43
		平均(1～3)	10.0	0.42	10.7	0.43
13	FS90320	1	10.5	0.45	14.5	0.41
14	FW90320	1	12.0	0.42	13.5	0.46

No.	試験体記号	試験体番号等	CLT		製材1		製材2	
			含水率	密度	含水率	密度	含水率	密度
15	RFSFC110	1	8.5	0.40	15.0	0.43	14.5	0.42
		2	9.0	0.40	11.0	0.39	9.0	0.40
		3	10.0	0.41	15.0	0.43	12.5	0.42
		平均(1～3)	9.2	0.40	13.7	0.42	12.0	0.41

2.3.2. 試験方法

No.1～No.14 試験体の正負交番加力試験は図 2.3.2-1、写真 2.3.2-1 のとおりとし、No.15 試験体については、図 2.3.2-2、写真 2.3.2-2 のとおりとする。

試験体は面外方向の変形をサポート治具やボルト接合した C 形鋼で押える試験とした。加力方法は、No.15 を除き、別途実施した単調加力試験から求めた δ_y の 1/2,1,2,4,6,8,12,16 倍の順で正負交番加力方向繰り返し加力とし、最大荷重後に 80%以下まで荷重が落ちるか、加力可能な変位まで測定を行った。変位は CLT と製材の相対変位を計測した。

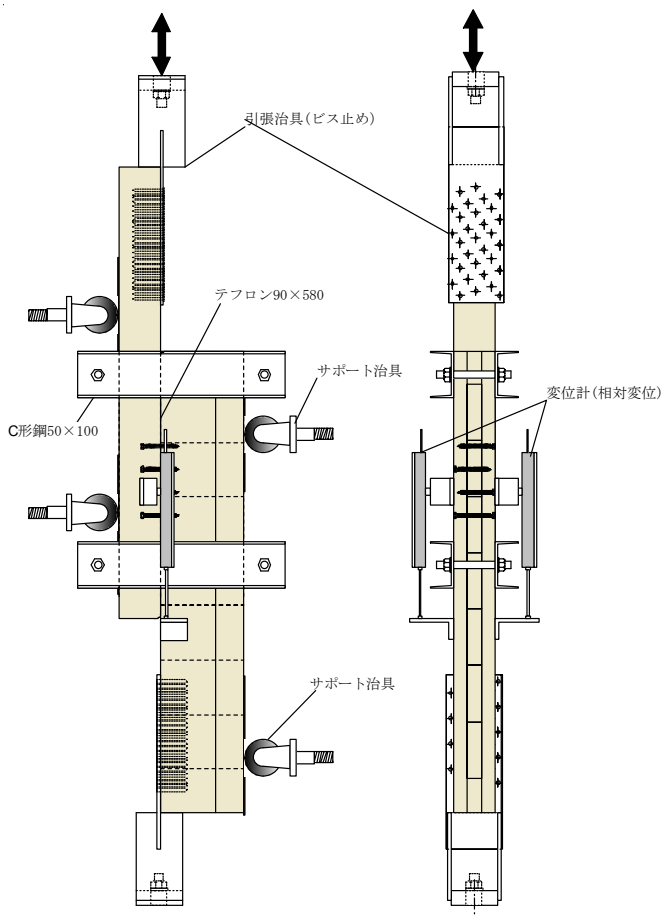


図 2.3.2-1　正負交番型せん断試験

写真 2.3.2-1　正負交番型せん断試験

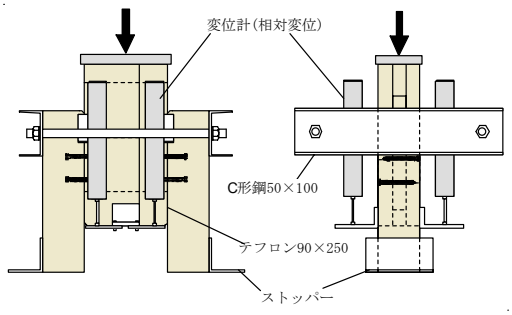


図 2.3.2-2　ロケット型せん断試験

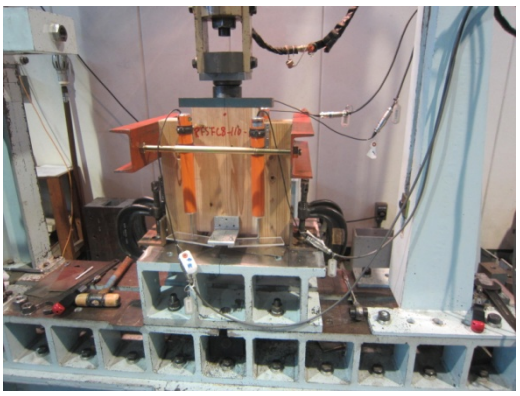


写真 2.3.2-2　ロケット型せん断試験

2.3.3. 試験結果

（1）フルスレットビス HTS8-110 を用いた試験体(No.1～4,15)の荷重変形関係と破壊性状

フルスレットビス HTS8-110 を用いた試験体(No.1～4,15)の荷重変形曲線を図 2.3.3-1～図 2.3.3-12 に、破壊性状を写真 2.3.3-1～写真 2.3.3-16 に示す。

図 2.3.3-1～図 2.3.3-8 より、CLT の向き（強軸方向 or 弱軸方向）、ビスの打ち込み方向（CLT から軸材へ or 軸材から CLT へ）の違いはほぼ見られなかった。

単調加力ロケット型試験については、2.3.1 項で述べたとおり、正負交番加力と同一個体の CLT パネルを使用しており、図 2.3.3-10～図 2.3.3-12 は同一個体同士を比較している。結果から、ロケット型の 2 体目の最大耐力が低かったものの、その他の 2 体は最大耐力や剛性は正負交番加力と変わらない結果となった。ただし、正負交番加力の場合、繰り返しの影響により、最大荷重後の荷重低下が大きく、靭性が低い結果となった。（塑性率の値の比較については後述する。）

破壊性状については、写真 2.3.3-3 や写真 2.3.3-9 のとおりいずれも破壊性状としてはビス頭側の材料が割れ破壊しやすく、特に製材側から打つとビス列に沿った割れが生じやすい傾向が見られた。それ以外の破壊としては外観上見えるものとしてはビス頭のめり込み程度であった(写真 2.3.3-4、写真 2.3.3-12)。試験体を解体するとビスの曲げ変形や木部の支圧の様子が観察できた（写真 2.3.3-3,5～8,10,11,13,14）。

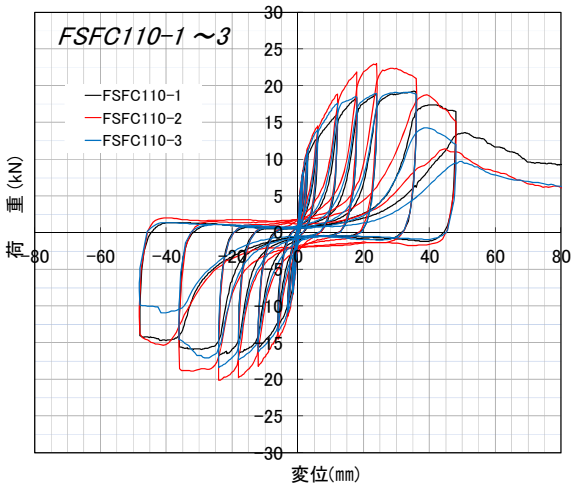


図 2.3.3-1　FSFC110-1～3(No.1)の荷重変形曲線

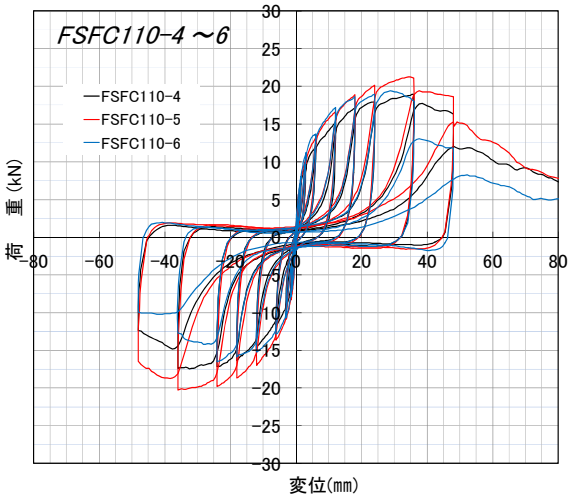


図 2.3.3-2　FSFC110-4～6(No.1)の荷重変形曲線

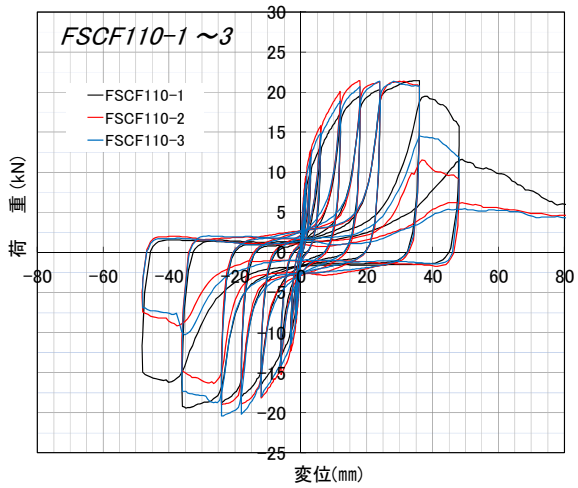


図 2.3.3-3　FSCF110-1～3(No.2)の荷重変形曲線

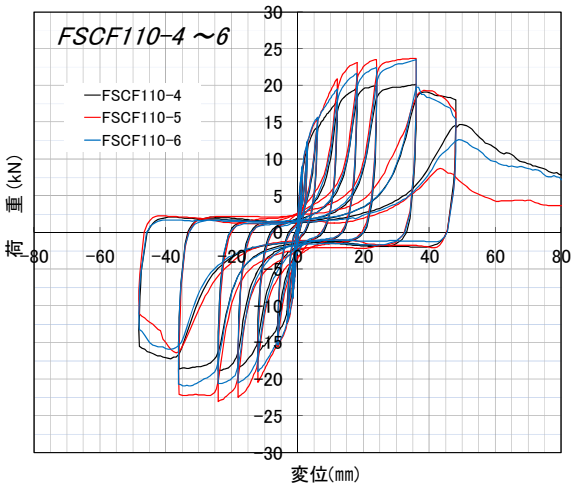


図 2.3.3-4　FSCF110-4～6(No.2)の荷重変形曲線

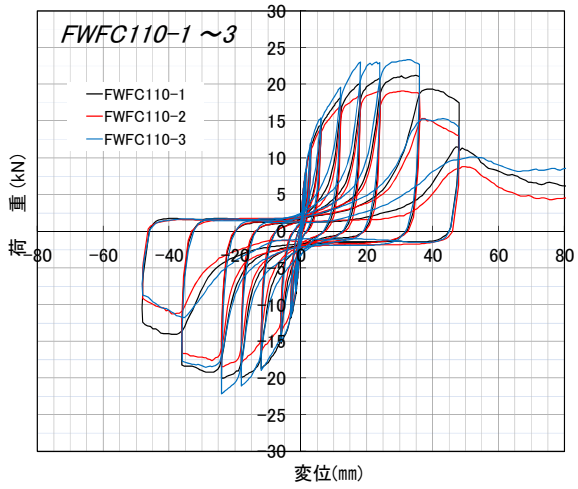


図 2.3.3-5　FWFC110-1～3(No.3)の荷重変形曲線

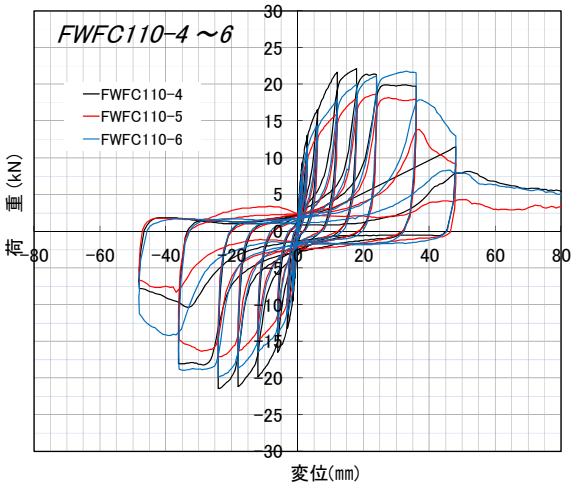


図 2.3.3-6　FWFC110-4～6(No.3)の荷重変形曲線

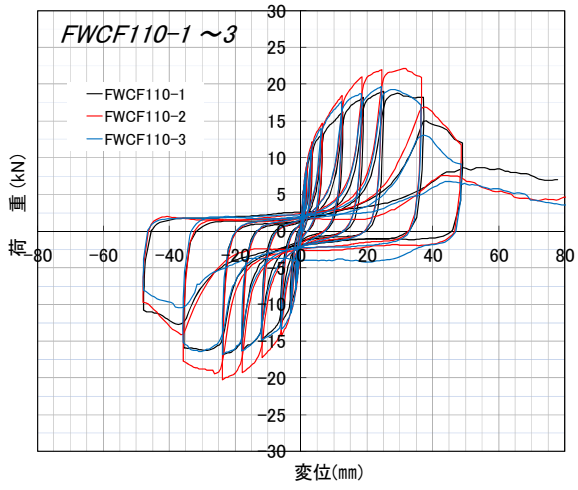


図 2.3.3-7　FWCF110-1～3(No.4)の荷重変形曲線

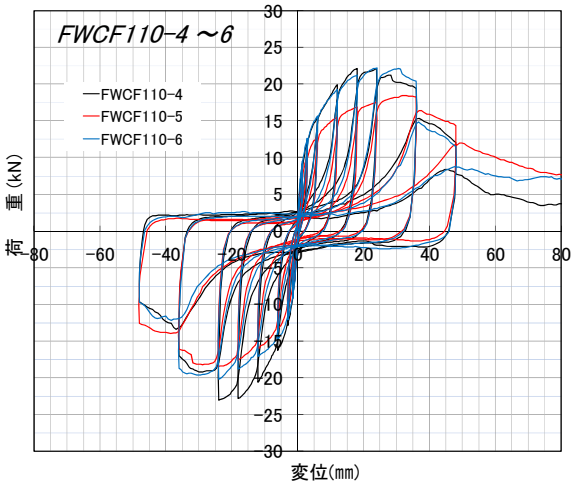


図 2.3.3-8　FWCF110-4～6(No.4)の荷重変形曲線

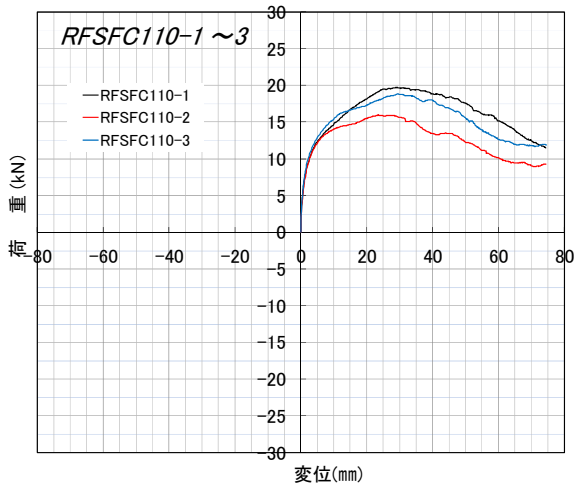


図 2.3.3-9　RFSFC110-1～3(No.15)の荷重変形曲線

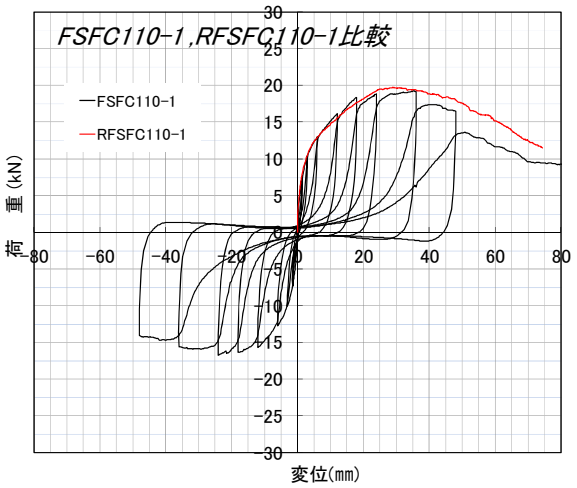


図 2.3.3-10　FSFC110-1(No.1)と
RFSFC110-1(No.15)の荷重変形曲線の比較

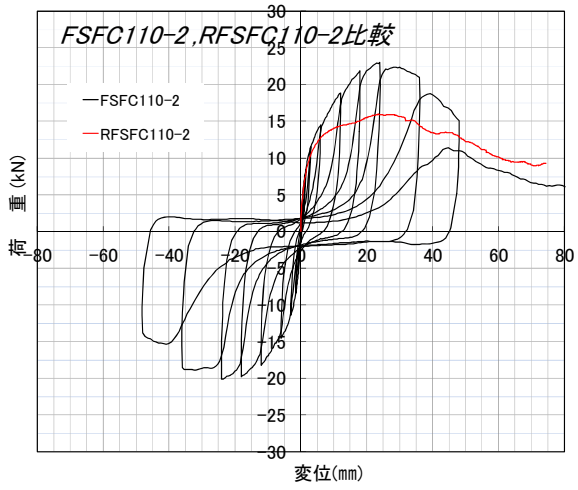


図 2.3.3-11 FSFC110-2(No.1)と RFSFC110-2(No.15)
の荷重変形曲線の比較

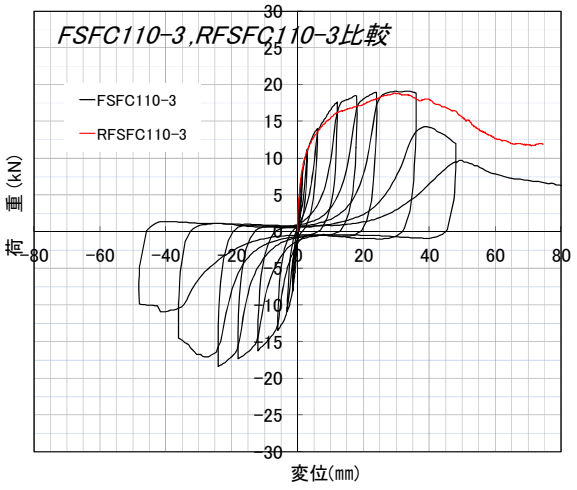


図 2.3.3-12　FSFC110-3(No.1)と
RFSFC110-3(No.15)の荷重変形曲線の比較

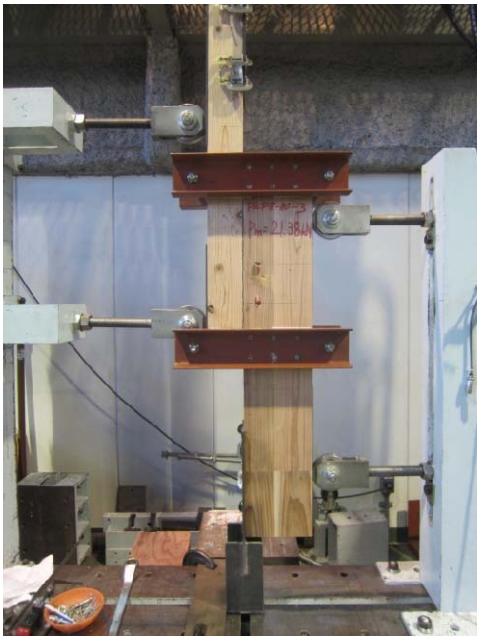


写真 2.3.3-1　試験の様子

写真 2.3.3-2　FSFC110-8　製材の割れ

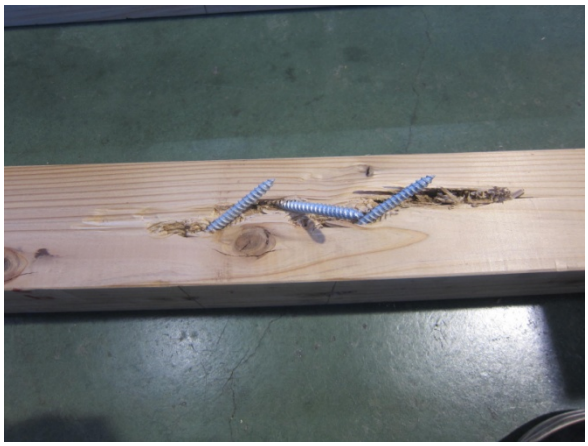


写真 2.3.3-3　FSFC110-5　ビスによる製材の支圧

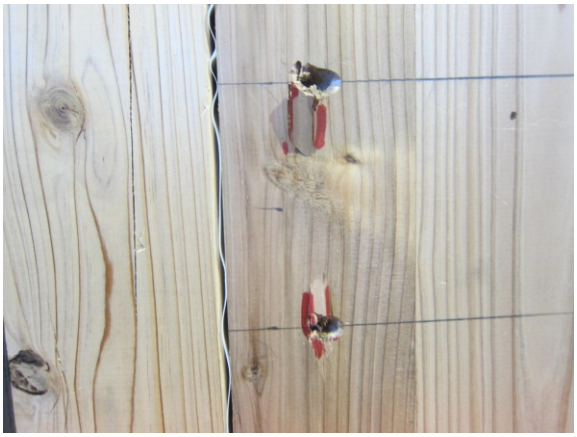


写真 2.3.3-4　FSCF110-3　ビス頭のめり込み

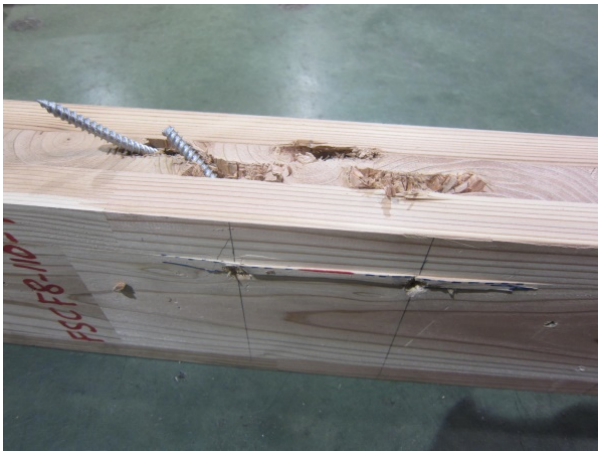


写真 2.3.3-5　FSCF110-1 ビスによる CLT(強軸方向)の支圧、ビスの折損

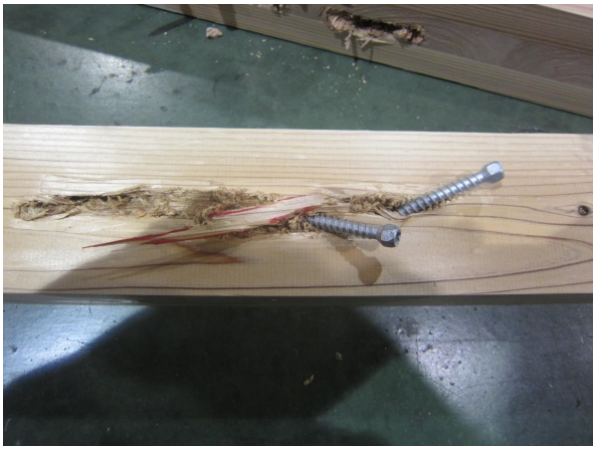


写真 2.3.3-6　FSCF110-1　ビスによる製材の支圧

写真 2.3.3-7　FSCF110-2　ビスによる CLT の割れ
幅はぎ未接着部と積層接着面の一致した部分

写真 2.3.3-8　FSCF110-3　CLT 側のビス埋め込み位置。

写真 2.3.3-9　FWFC110-4　製材の割れ

写真 2.3.3-10　FWFC110-2　ビスによる CLT(弱軸方向)の支圧

写真 2.3.3-11　FWCF110-4 ビス頭部分による CLT(弱軸方向)の割れ

写真 2.3.3-12　FWCF110-6 ビス頭のめり込み

写真 2.3.3-13　ビスの変形

写真 2.3.3-14　試験後のテフロンシート

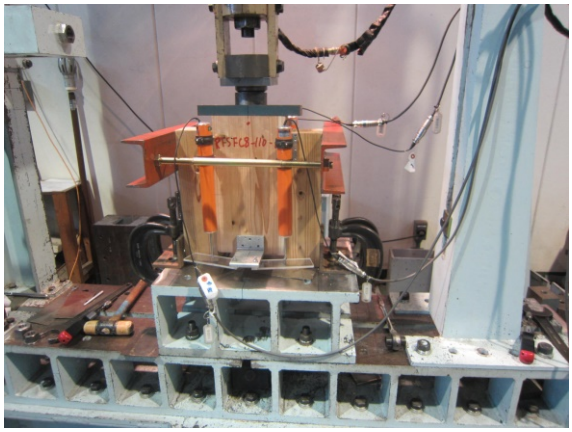


写真 2.3.3-15　ロケット試験の様子

写真 2.3.3-16　ロケット試験　破壊性状

（２）フルスレットビス HTS9-320 を用いた試験体(No.5～14)の荷重変形関係と破壊性状

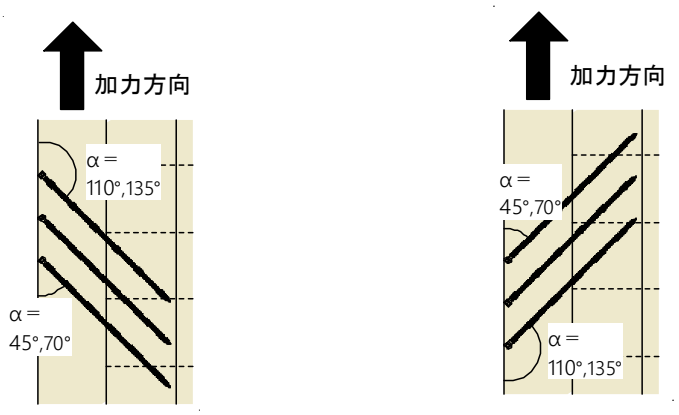
フルスレットビス HTS9-320 を用いた試験体(No.5～14)の荷重変形曲線を図 2.3.3-14～図 2.3.3-23 に、破壊性状を写真 2.3.3-17～写真 2.3.3-38 に示す。

斜め打ちしたビス試験体(表 2.3.1-1 の No.5～12)の荷重変位関係はグラフの第 1 象限と第 3 象限で全く異なる性状を示した。

表 2.3.1-1、図 2.3.1-3 における角度 α が 45°,70° となる試験体（No.5,7,9,11）は第 1 象限、110°,135° となる試験体（No.6,8,10,12）は第 3 象限が図 2.3.3-13 に示すビス引き抜き方向となる。ビス引き抜き方向は、ビスの曲げ降伏という行程がスキップされ、ロープ効果が加力初期から発生するため、高い剛性と最大耐力が得られるが、ビスが曲げ降伏しないため脆性的になる。ビスの角度が鋭角になればなるほど、その特徴は顕著になる。

一方、角度 α が 45°,70° となる試験体（No.5,7,9,11）の第 3 象限、110°,135° となる試験体（No.6,8,10,12）の第 1 象限は図 2.3.3-13 の右図のようにビス曲げ方向となり、引き抜き方向と比べて剛性や最大耐力が低めになるが靭性は高い性状を示した。

なお、ビスは CLT の 2 層目に打ち込まれるので、強軸方向加力試験体は木口打ちとなるものの、それによる脆さの影響はなさそうである。



＜ビス引き抜き方向＞　　＜ビス曲げ方向＞

図 2.3.3-13　加力方向とビスの打ち込み角度

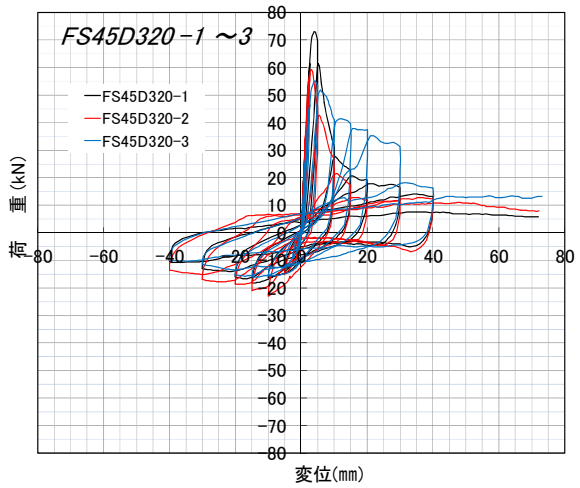


図 2.3.3-14　FS45D320-1～3(No.5)の荷重変形曲線

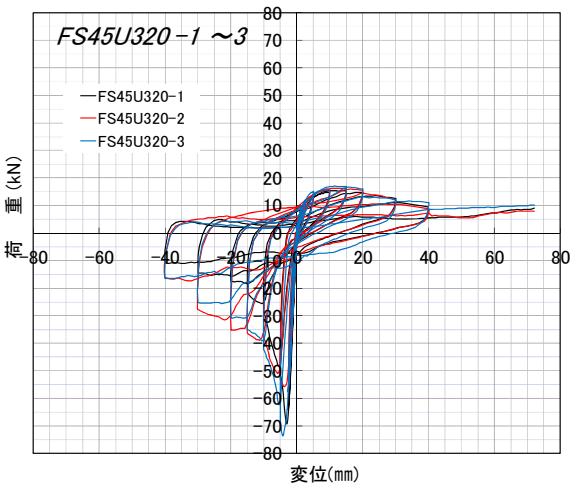


図 2.3.3-15 FS45U320-1～3(No.6)の荷重変形曲線

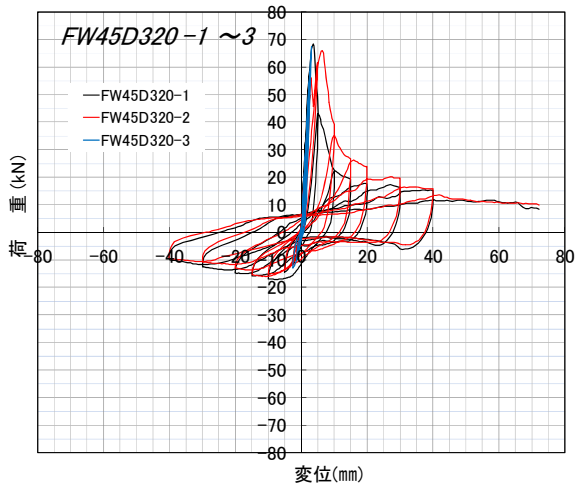


図 2.3.3-16　FW45D320-1～3(No.7)の荷重変形曲線

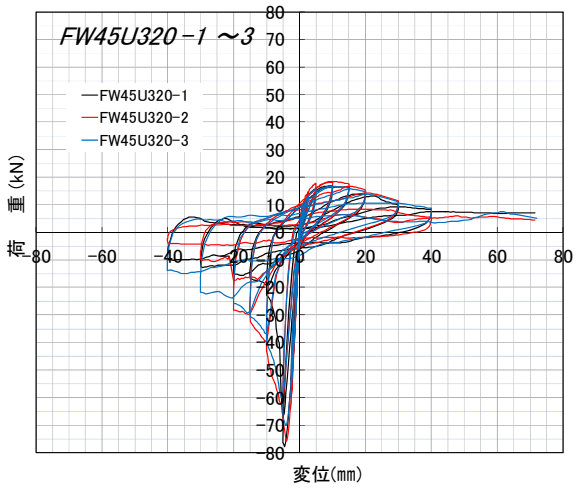


図 2.3.3-17 FW45U320-1～3(No.8)の荷重変形曲線

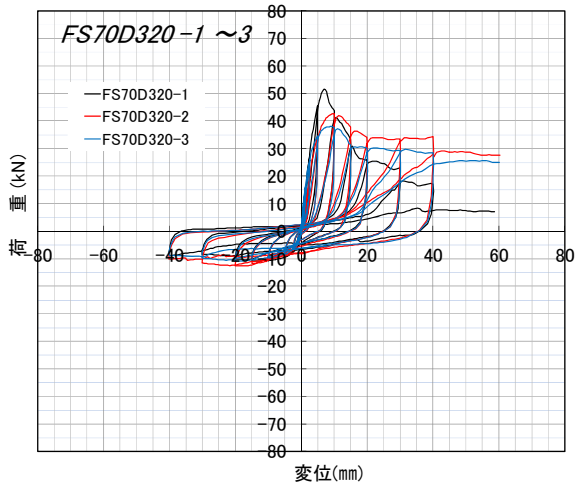


図 2.3.3-18 FS70D320-1～3(No.9)の荷重変形曲線

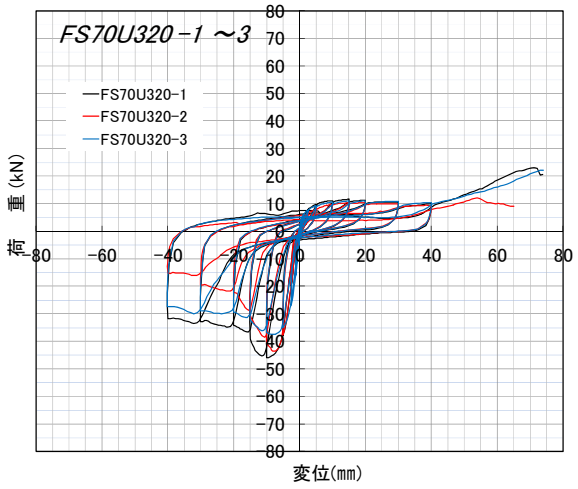


図 2.3.3-19 FS70U320-1～3(No.10)の荷重変形曲線

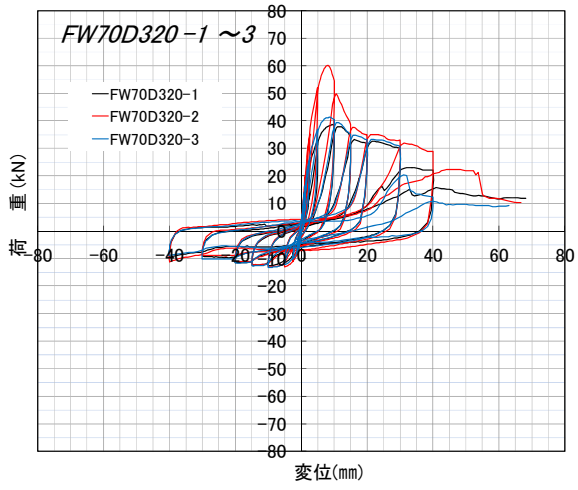


図 2.3.3-20 FW70D320-1～3(No.11)の荷重変形曲線

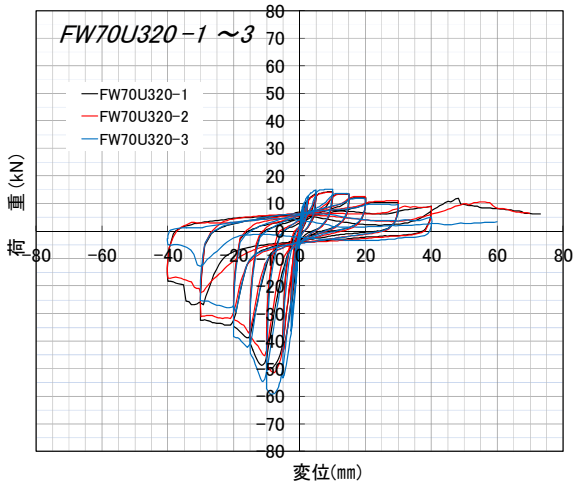


図 2.3.3-21 FW70U320-1～3(No.12)の荷重変形曲線

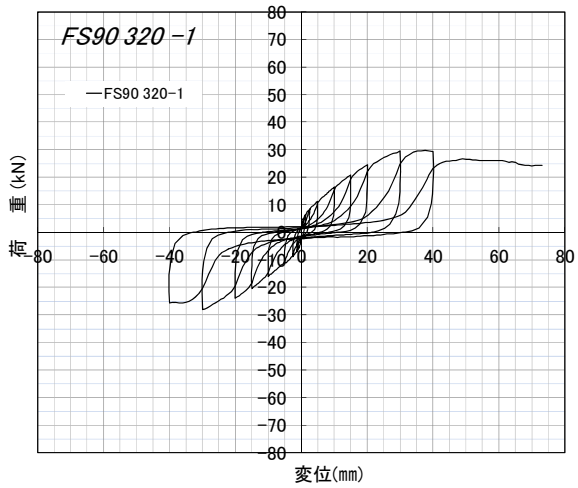


図 2.3.3-22 FS90320-1 (No.13)の荷重変形曲線

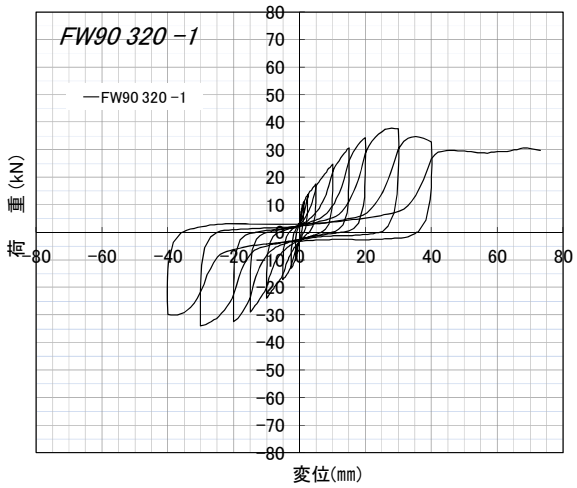


図 2.3.3-23 FW90320-1 (No.14)の荷重変形曲線

■打ち込み角度 45° の試験体（※印は丸鋸で実験後に切断したものである）

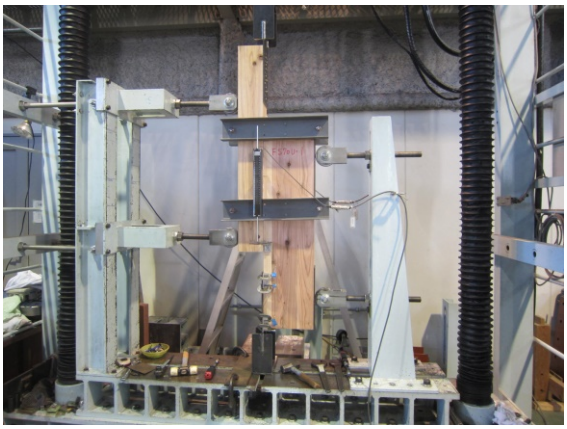


写真 2.3.3-17　試験の様子

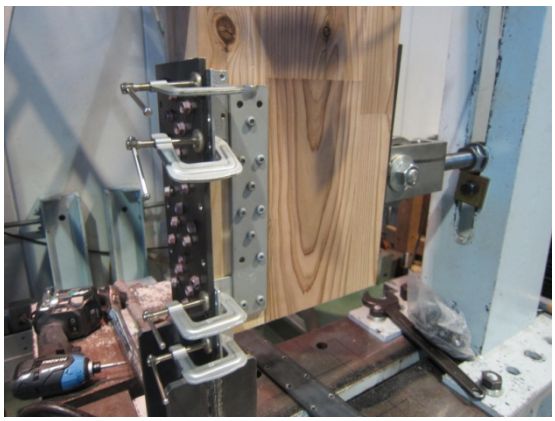


写真 2.3.3-18　接合金物を用いた試験体部材の補強

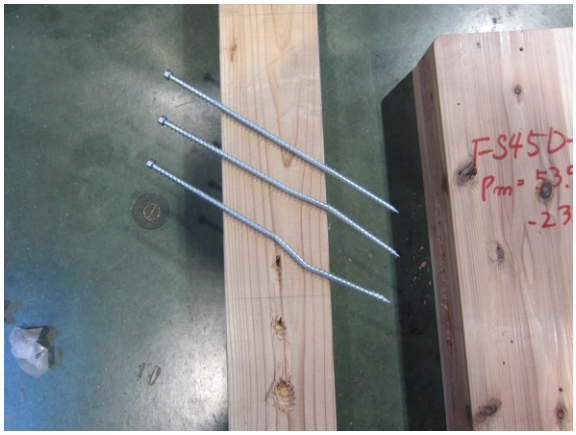


写真 2.3.3-19　FS45D320-2　ビスの曲げ変形

写真 2.3.3-20　FS45D320-2 ビスによる CLT の支圧破壊

写真 2.3.3-21　FS45D320-2　CLT ビス孔切断面※
ビスによる木部の支圧

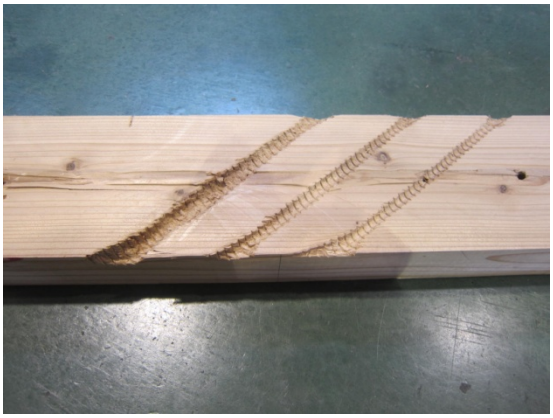


写真 2.3.3-22 FS45D320-2　製材ビス孔切断面※
ビスによる製材の支圧

写真 2.3.3-23　FS45U320-3　ビス頭の抜け出し

写真 2.3.3-24 FW45D320-0　製材ビス孔切断面※
ビスによる製材の支圧

写真 2.3.3-25　FW45D320-1　CLT ビス孔切断面※
ビスによる CLT パネルの支圧

写真 2.3.3-26　FW45D320-1 製材ビス孔切断面※
ビスによる製材の支圧

写真 2.3.3-27　FW45D320-1 上下のビス支圧による木部の欠損が繋がってしまっている

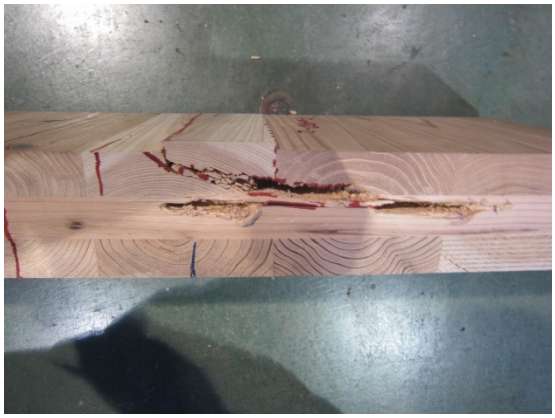


写真 2.3.3-28　FW45D320-2 ビス支圧による CLT 外層の破壊

写真 2.3.3-27　FW45D320-3　CLT パネルの引張破壊(1 体のみ)

写真 2.3.3-28　FW45U320-1 接着層のせん断破壊(1 体のみ)

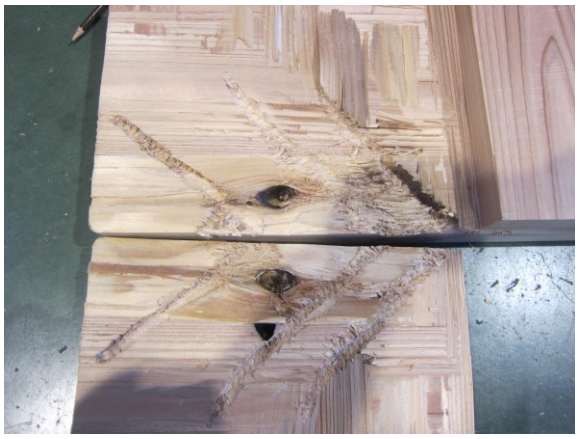


写真 2.3.3-28　FW45U320-1 接着層のせん断破壊
ビスの曲げ降伏・支圧の様子

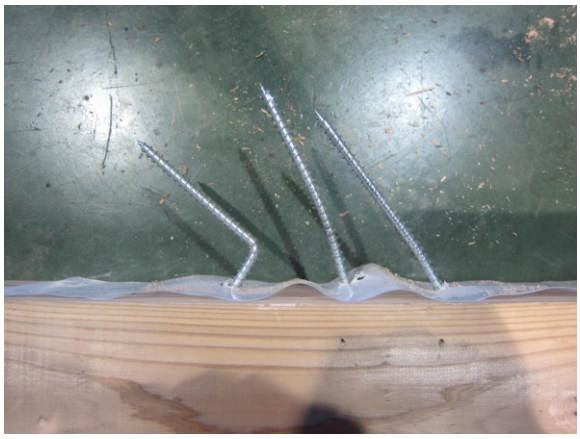


写真 2.3.3-29　FW45U320-1 ビスの変形の様子
ビスの曲げ変形

■打ち込み角度 70°の試験体（※印は丸鋸で実験後に切断したものである）

写真 2.3.3-30　FS70D320-1 ビスの曲げ変形、折損

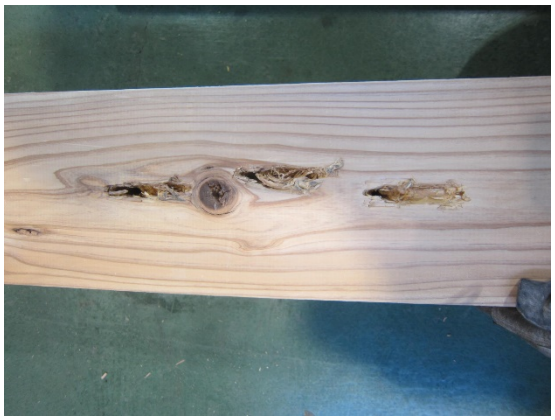


写真 2.3.3-31　FS70D320-1 ビスによる製材の支圧破壊

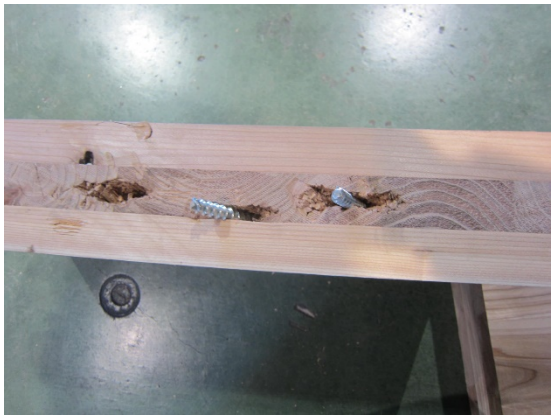


写真 2.3.3-32　FS70D320-1 ビスによる CLT の支圧破壊

写真 2.3.3-33　FS70D320-2 CLT ビス孔切断面※ビスによる木部の支圧

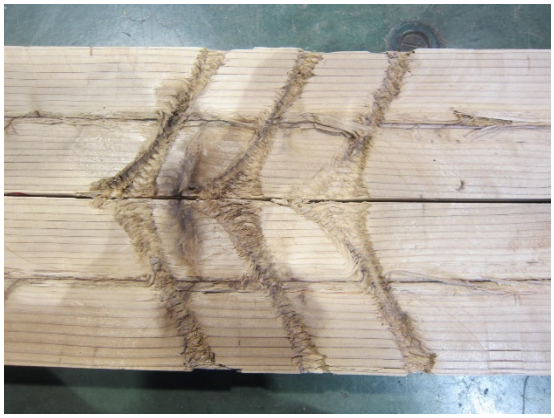


写真 2.3.3-34　FS70D320-2 製材ビス孔切断面※ビスによる製材の支圧

写真 2.3.3-35　FS70U320-3 製材ビス孔切断面※ビスによる木部の支圧

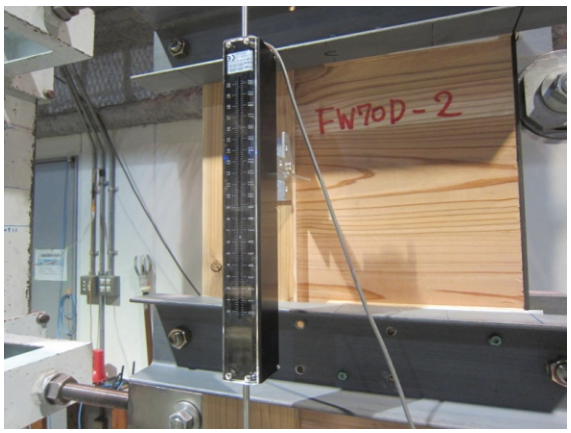


写真 2.3.3-36　FW70D320-2　ビス引き抜きにより部材相互が密着

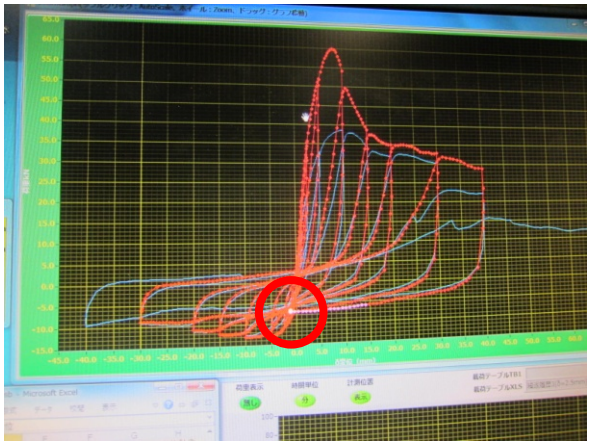


写真 2.3.3-37　FW70D320-2　0 mm付近で部材相互が離間（ビス頭は出ない）

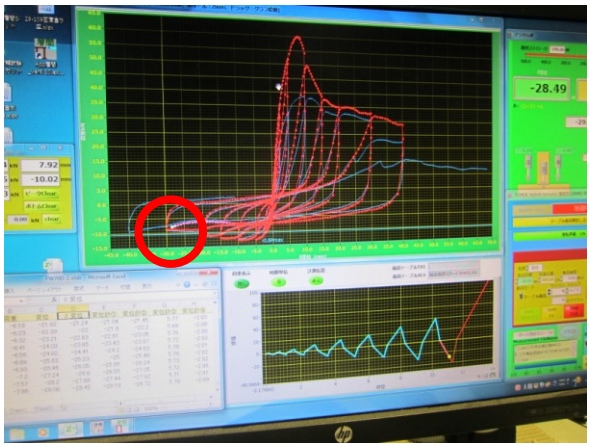


写真 2.3.3-38　FW70D320-2　ビス軸方向圧縮で部材相互が離間（ビス頭は出ない）

（３）特性値の算出（通常版）

実験より得られた特性値を表 2.3.3-1 に、特性値ごとに各試験体を比較したグラフを図 2.3.3-24～図 2.3.3-35 に示す。なお、HTS9-320 ビスを使った図 2.3.3-28～図 2.3.3-35 の特性値については、負側（荷重変形角曲線の第 3 象限の値）の値も含まれている。表 2.3.3-2 は、これら負側の値を含めて評価を行ったものである。例えば試験体 No.5 の第 1 象限はビスが引き抜かれる側、試験体 No.6 の第 3 象限もビスが引き抜かれる側となり、試験条件が一致し、且つ No.5 の 3 体と No.6 の 3 体は全て同一個体ではないので、6 体を 1 試験体として評価可能となる。

公益財団法人日本住宅・木材技術センター発行「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2016 年版）」(以下、「グレー本」)の接合部の試験評価方法は、5%下限値で評価することになっているが、耐力壁に使うことを前提として、本事業では 50%下限値の評価を追加した。また、グレー本では、変位 30mm までの計測データから特性値を算出することになっているが、耐力壁の設計を行う際に、少なくとも耐力壁が 1/15rad まで変形した状態までの接合部の荷重変形関係が分かっていないといけないので、最大荷重後、80%まで荷重が落ちきるまでの評価とした。

ただし、図 2.3.3-3 のとおり試験体 FS70U については、ロープ効果によって荷重が上昇し、70mm を超えても荷重が低下しなかったため、適切な評価ができないと判断し、変位 40mm までの荷重変形関係で評価を行った。

以下、考察を述べる。

１）フルスレットビス HTS8-110 を用いた試験体(No.1～4,15)

ビスの打つ方向、CLT 強軸・弱軸に関わらず、強度性能はほぼ変わらないが、降伏耐力・終局耐力・初期剛性は強軸 CF(CLT から製材へビスを打った仕様)が高く、強軸 FC(製材から CLT へビス
を打った仕様)が低い結果となった(図 2.3.3-24～図 2.3.3-27)。

接合部データとして運用する場合は、No.1,2 の 12 体分を強軸方向の 1 データ、No.3,4 の 12 体分を弱軸方向の 1 データとして評価し直して、耐力壁では好きな方向から打てるという方法をとっても良いと思われる。

正負交番加力による試験では繰り返しによってビスが折損してしまうため、ビスが折損しにくいロケット型単調加力試験と比較すると、塑性率が低くなる結果となった（**表 2.3.3-1、図 2.3.3-27**）。したがってロケット型単調加力試験は、地震力が生じる接合部を評価する場合には適切な試験方法ではないと考えられる。

２）フルスレットビス HTS9-320 を用いた試験体(No.5～14)

図 2.3.3-28～図 2.3.3-35 中の引き抜き方向からの角度については、表 2.3.1-1 及び図 2.3.1-3 をご参照いただきたい。

CLT の強軸と弱軸を比較すると、弱軸試験体の方が終局耐力や降伏耐力がやや大きくなる傾向となった。ビスが打ち込まれる場所が CLT の 2 層目であるため、加力に対して繊維直交となる強軸よりも繊維方向となる弱軸の方が高くなるためと思われる。

終局耐力及び降伏耐力を比較すると、110°が一番低く、110°を境にして角度が小さくなると高くなり、大きくすると緩やかに高くなる結果となった。初期剛性についても似たような傾向があるが、こちらは 90°が境となっている。

角度が小さい 45°、70°の場合は初期加力時にロープ効果が発現し、剛性・最大耐力(終局耐力)が高くなる一方で脆性的になる。一方、角度が大きい 90°、110°、135°の場合は初期加力時にビスの曲げ降伏による影響で回転半径距離が短くなる 135°が一番初期剛性が高くなり、ビスの曲げによる耐力が低下する前にロープ効果が発現する 90°は最大耐力(終局耐力)が一番高い結果となった。110°については、図 2.3.3-19 のとおり、変形が 40 ㎜を超えたあたりからロープ効果が発現しており、今回はこの部分を評価に含んでいないことが原因である。

表 2.3.3-1 の特性値一覧の数値を詳細に比較すると、下記のとおりとなる。

45°（No.5～8）試験体の引抜とビス圧縮方向の P_y を平均すると 90°より 1.5～1.7 倍程度大きくなる。同様に P_u については 1.2～1.4 倍程度、K については強軸方向 8.7 倍、弱軸方向 4.8 倍、塑性率は 2.5～3.0 倍となる。一方で δ_u については半分程度に低下する。70°（No.9～12）試験体についても同様に Py は強軸方向 1.2 倍、弱軸方向 0.9 倍、Pu については 0.8～1.0 倍程度であるが、K については強軸方向 3.9 倍、弱軸方向 3.0 倍、塑性率は 3.2～3.9 倍となる。一方で δ_u について 0.7 倍程度に低下する。

斜めに打った場合のビスの P_y や $_Pu$ はばらつきが大きく、5%下限値は総じて低くなる傾向にある。ただし、本事業では多数本打つ耐力壁への使い方を想定しているので、ばらつきについては特に問題にならないと考えている。

表 2.3.3-1　ビス試験特性値一覧（ビス 1 本あたり）

No.	試験体記号	Py(kN)			δy(㎜)	Pu(kN)			δv(㎜)	δu(㎜)	塑性率	剛性(kN/㎜)
		平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値		平均値
1	FSFC110	2.68	2.25	2.60	3.07	4.56	3.80	4.45	5.22	43.62	8.43	0.89
2	FSCF110	2.92	2.53	2.85	2.97	5.02	4.35	4.93	5.09	41.09	8.19	1.01
3	FWFC110	2.84	2.40	2.78	3.00	4.81	3.88	4.68	5.07	39.54	7.90	0.96
4	FWCF110	2.78	2.38	2.73	2.85	4.67	3.70	4.53	4.77	38.50	8.08	0.99
5	FS45D320	13.10	7.50	12.23	1.57	19.27	9.23	17.73	2.33	6.54	2.81	8.35
6	FS45U320	3.10	2.53	3.00	1.66	4.97	4.07	4.80	2.67	26.09	9.87	1.88
7	FW45D320	14.97	10.90	14.33	1.98	20.20	17.77	19.83	2.65	5.25	1.94	7.68
8	FW45U320	3.10	2.67	3.03	1.04	5.30	4.30	5.13	1.77	21.56	12.17	3.01
9	FS70 D320	9.80	2.63	8.70	3.32	13.40	6.70	12.40	4.39	16.76	4.16	3.23
10	FS70U320	2.07	1.60	2.00	1.60	3.43	2.90	3.33	2.68	40.00	15.30	1.32
11	FW70D320	8.27	0.10	7.03	2.05	13.87	2.10	12.10	3.48	20.70	6.09	3.97
12	FW70U320	2.67	2.27	2.60	1.06	4.43	3.87	4.33	1.76	20.79	11.95	2.65
13	FS90320	5.00	−	−	8.68	8.90	−	−	15.43	73.00	4.73	0.58
14	FW90320	6.00	−	−	5.42	11.23	−	−	10.15	45.23	4.46	1.11

No.	試験体記号	Py(kN)			δy(㎜)	Pu(kN)			δv(㎜)	δu(㎜)	塑性率	剛性(kN/㎜)
		平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値		平均値
15	RFSFC110	2.61	2.05	2.53	2.84	4.11	2.75	3.90	4.47	52.68	11.91	0.93

表 2.3.3-2　ビス試験特性値一覧(ビス 1 本あたり)

D(U)の第 1 象限 3 体と U(D)の第 3 象限 3 体を合わせて 6 体で評価したもの

No.	試験体記号	Py(kN)			δy(mm)	Pu(kN)			δv(mm)	δu(mm)	塑性率	剛性(kN/mm)
		平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値		平均値
5正＋6負	FS45D320(正) FS45U320(負)	13.83	9.17	13.23	1.65	19.77	13.30	18.93	2.36	6.39	2.75	8.43
6正＋5負	FS45U320(正) FS45D320(負)	3.20	2.43	3.10	1.88	5.27	3.80	5.07	3.11	24.22	8.10	1.73
7正＋8負	FW45D320(正) FW45U320(負)	14.93	13.00	14.67	1.95	21.57	17.53	21.03	2.81	5.58	1.98	7.70
8正＋7負	FW45U320(正) FW45D320(負)	2.93	2.07	2.80	1.12	4.90	3.33	4.70	1.87	18.58	9.54	2.80
9正＋10負	FS70D320(正) FS70U320(負)	9.13	5.10	8.60	3.07	13.17	9.40	12.67	4.34	16.33	4.13	3.19
10正＋9負	FS70U320(正) FS70D320(負)	2.10	1.70	2.03	1.79	3.43	2.93	3.37	2.91	36.76	13.16	1.24
11正＋12負	FW70D320(正) FW70U320(負)	9.73	4.07	9.00	2.53	15.23	8.33	14.33	3.93	17.34	4.67	3.92
12正＋11負	FW70U320(正) FW70D320(負)	2.53	2.07	2.47	1.01	4.20	3.53	4.10	1.69	21.02	12.69	2.59

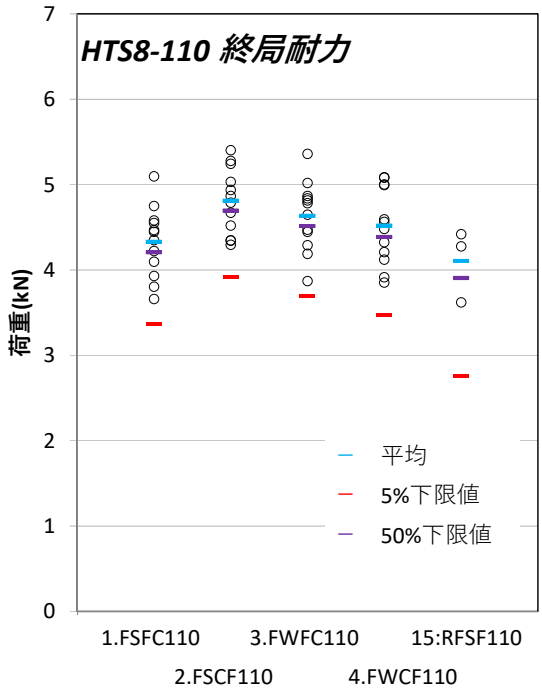


図 2.3.3-24　No.1～4、15 の終局耐力の比較

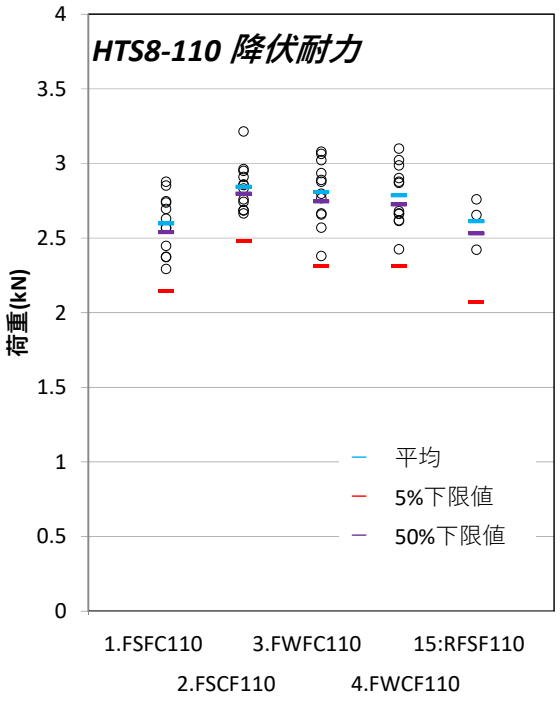


図 2.3.3-25　No.1～4、15 の降伏耐力の比較

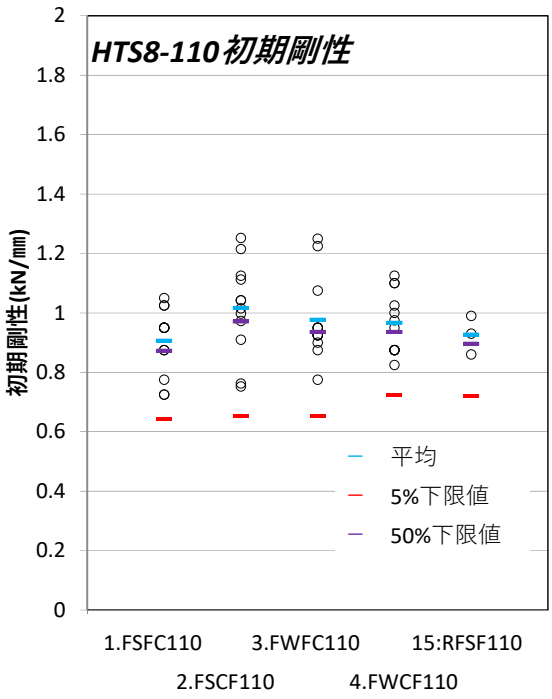


図 2.3.3-26　No.1～4、15 の初期剛性の比較

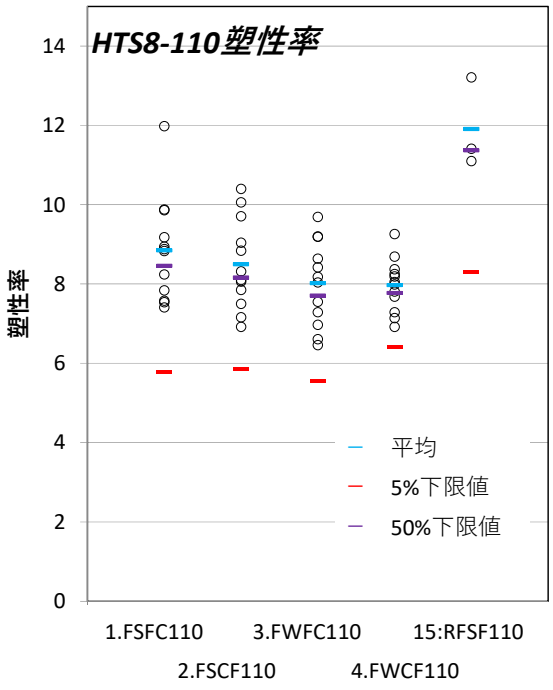


図 2.3.3-27　No.1～4、15 の塑性率の比較

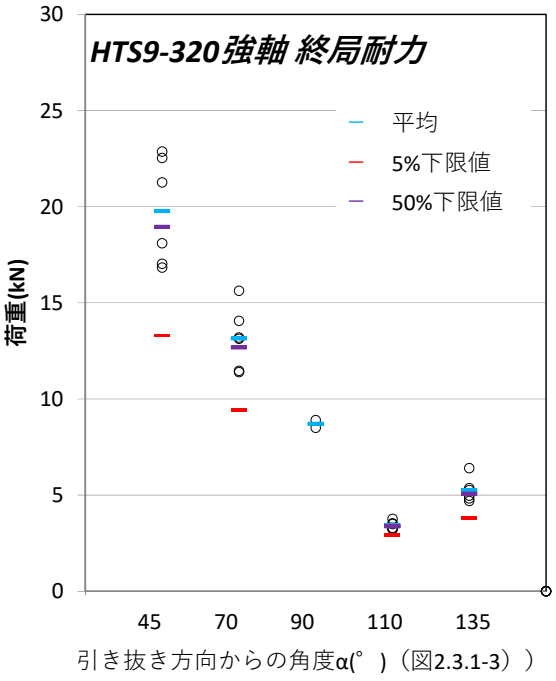


図 2.3.3-28　No.5, 6, 9, 10, 13 の終局耐力の比較

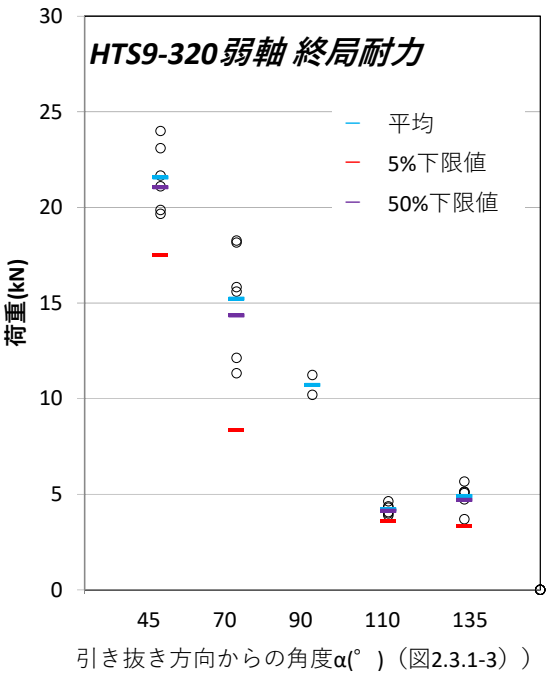


図 2.3.3-29　No.7, 8, 11, 12, 14 の終局耐力の比較

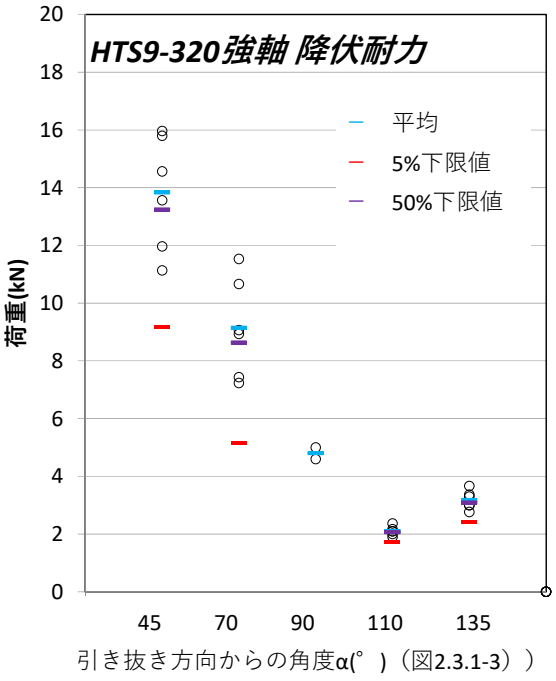


図 2.3.3-30　No.5, 6, 9, 10, 13 の降伏耐力の比較

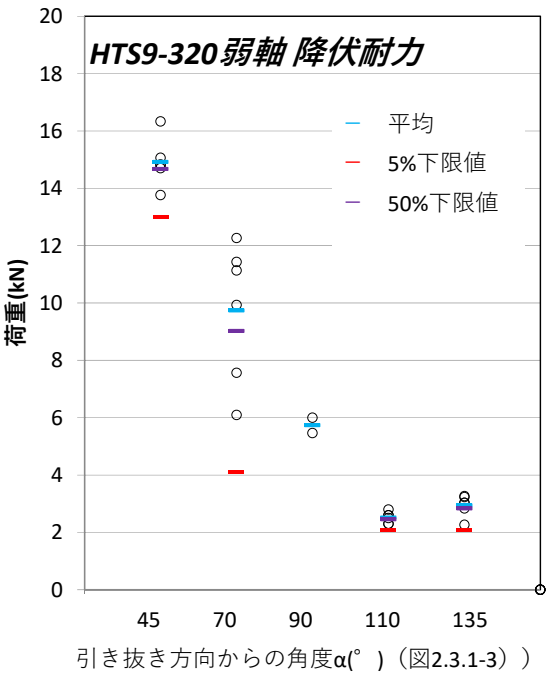


図 2.3.3-31　No.7, 8, 11, 12, 14 の降伏耐力の比較

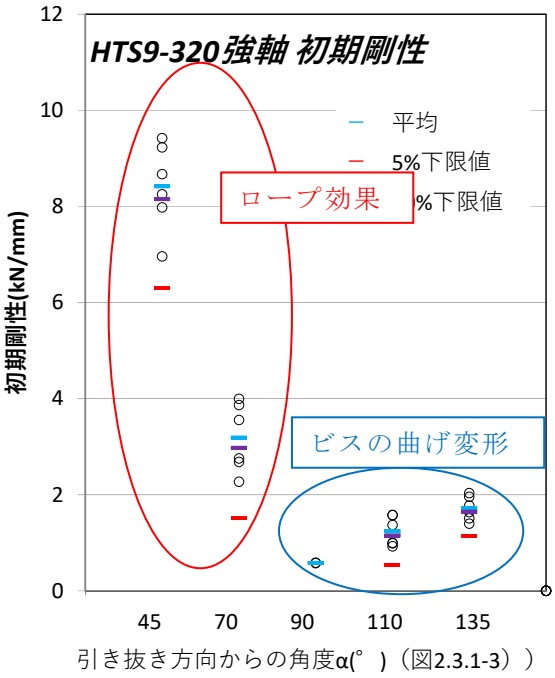


図 2.3.3-32　No.5, 6, 9, 10, 13 の初期剛性の比較

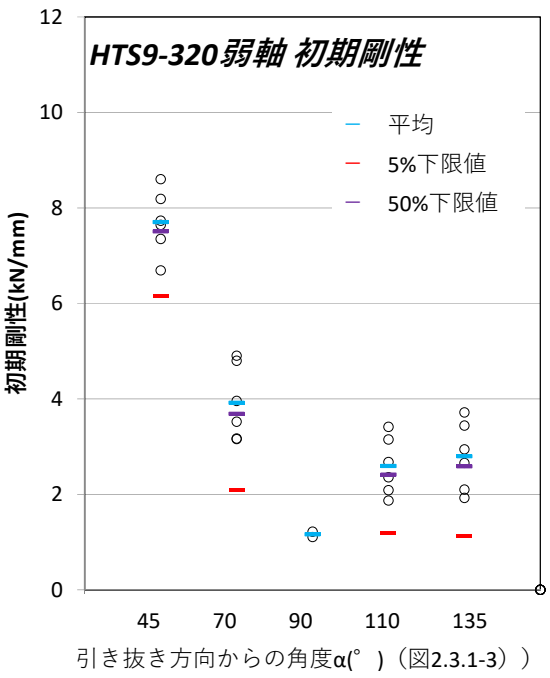


図 2.3.3-33　No.7, 8, 11, 12, 14 の初期剛性の比較

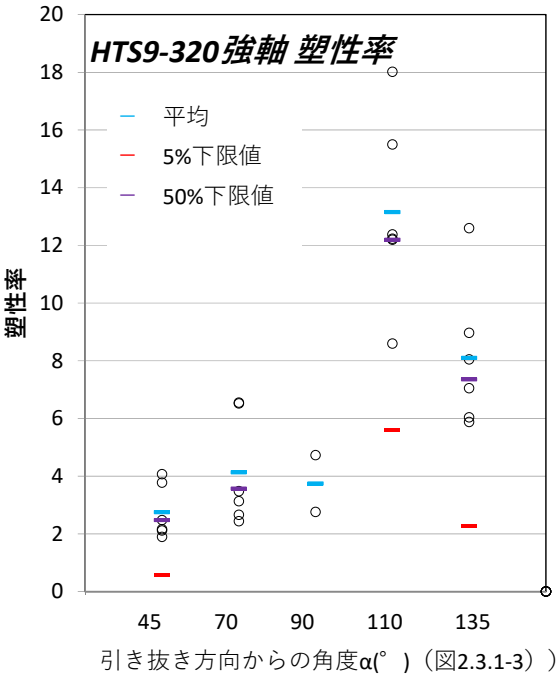


図 2.3.3-34　No.5, 6, 9, 10, 13 の塑性率の比較

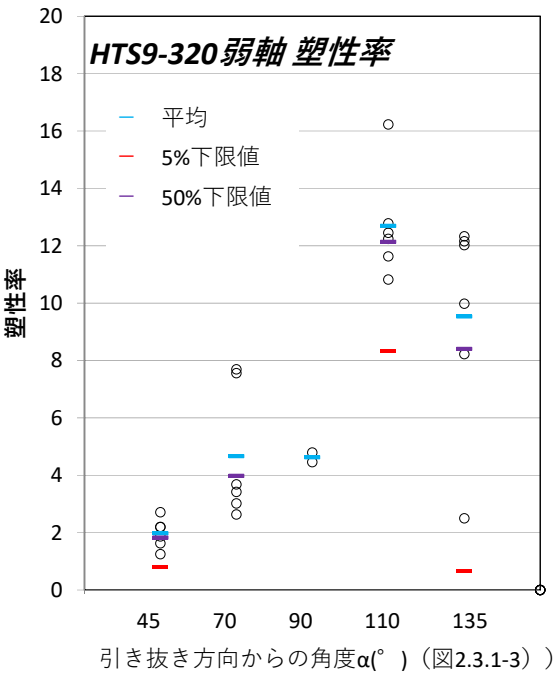


図 2.3.3-35　No.7, 8, 11, 12, 14 の塑性率の比較

（４）特性値の算出（包絡線の合成版）

45°及び 70°試験体の耐力壁の計算に用いるデータとして、試験体 U シリーズの第 1 象限と D シリーズの第 3 象限、試験体 D シリーズの第 1 象限と U シリーズの第 3 象限の包絡線をそれぞれ平均し(図 2.3.3-5～図 2.3.3-8)、同一試験体シリーズ 6 体として再評価を行った(表 2.3.3-2)。

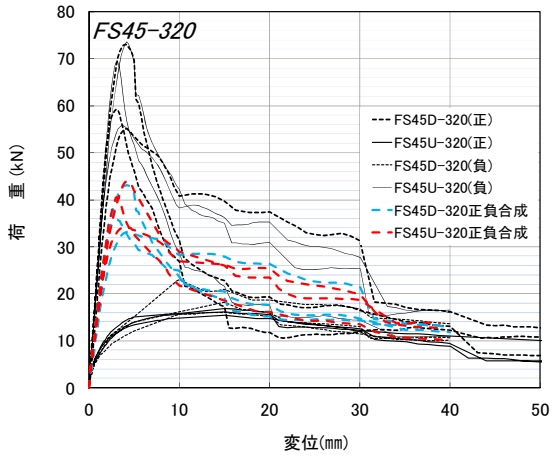


図 2.3.3-36 FS45-320 正負合成包絡線（緑と青点線を評価に使用）

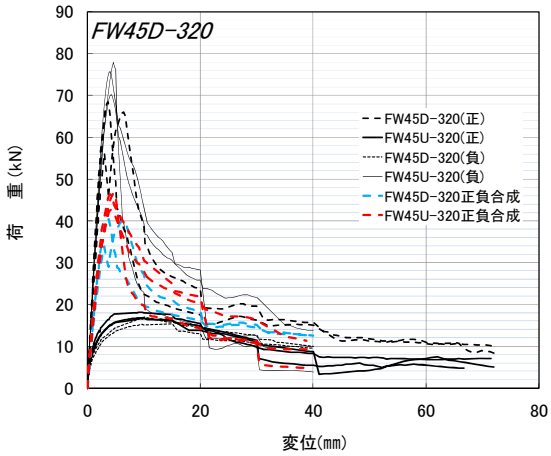


図 2.3.3-37 FW45-320 正負合成包絡線（緑と青点線を評価に使用）

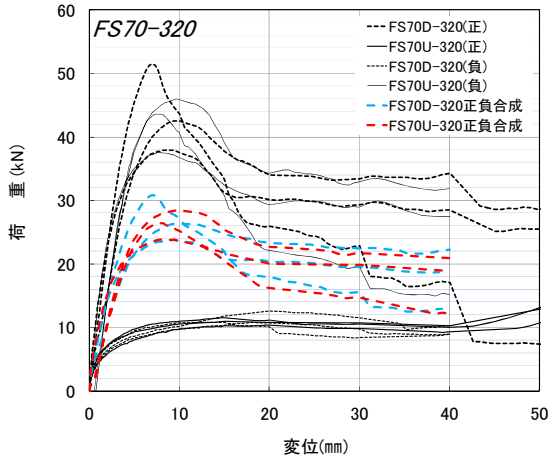


図 2.3.3-38 FS70-320 正負合成包絡線（緑と青点線を評価に使用）

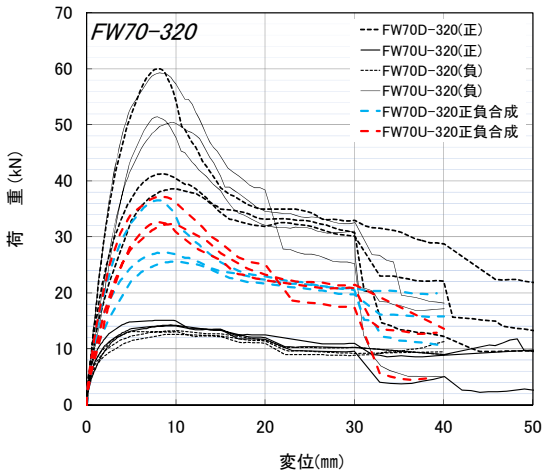


図 2.3.3-39 FW70-320 正負合成包絡線（緑と青点線を評価に使用）

表 2.3.3-2 合成したビス試験特性値一覧(ビス 1 本あたり)

No.	試験体記号	Py(kN)			δy(mm)	Pu(kN)			δv(mm)	δu(mm)	塑性率	剛性(kN/mm)
		平均値	5%下限値	50%下限値	平均値	平均値	5%下限値(kN)	50%下限値	平均値	平均値		平均値
5+6	FS45(D+U)320	7.78	5.60	7.50	1.51	11.81	7.92	11.30	2.30	8.27	3.60	5.17
7+8	FW45(D+U)320	8.12	4.73	7.68	1.65	12.74	9.25	12.28	2.57	5.86	2.28	5.00
9+10	FS70(D+U)320	5.27	3.80	5.07	2.61	7.96	5.85	7.68	3.92	26.46	7.67	2.13
11+12	FW70(D+U)320	5.93	3.25	5.58	2.11	9.68	6.05	9.20	3.43	17.50	5.10	2.87

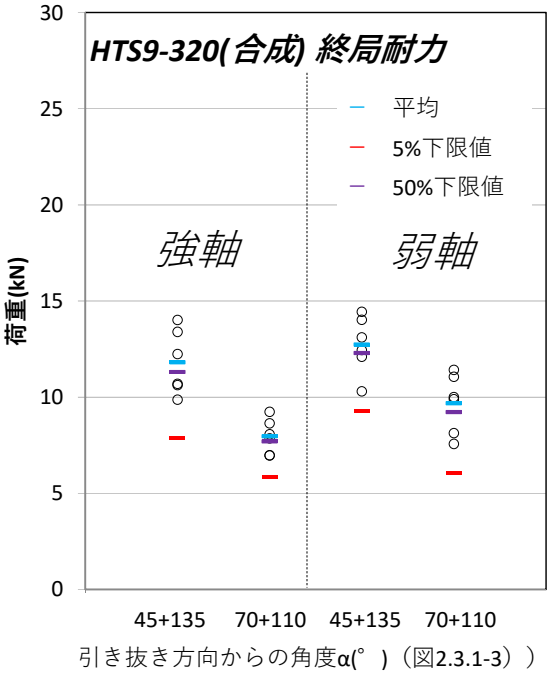


図 2.3.3-40　合成した包絡線の終局耐力の比較

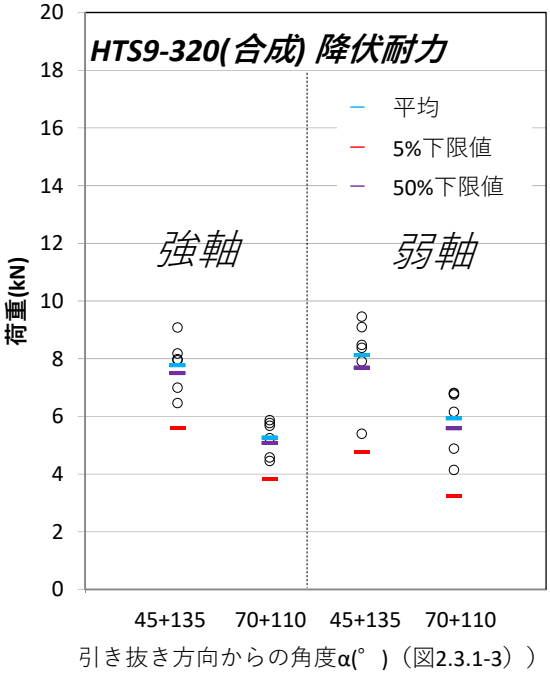


図 2.3.3-41　合成した包絡線の降伏耐力の比較

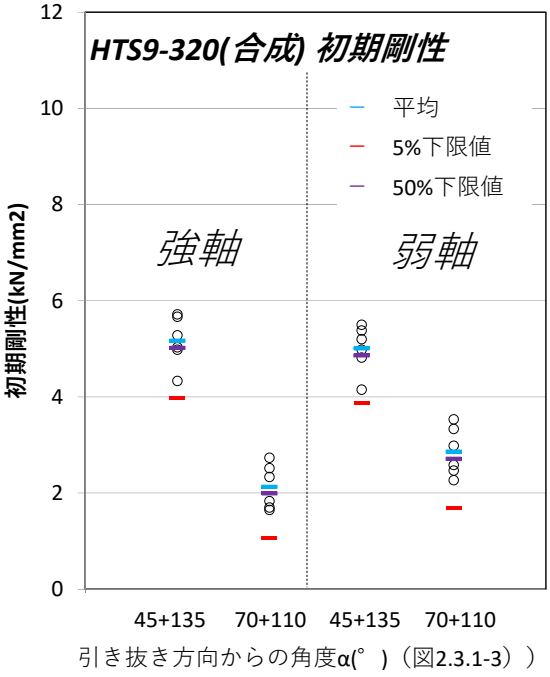


図 2.3.3-42　合成した包絡線の初期剛性の比較

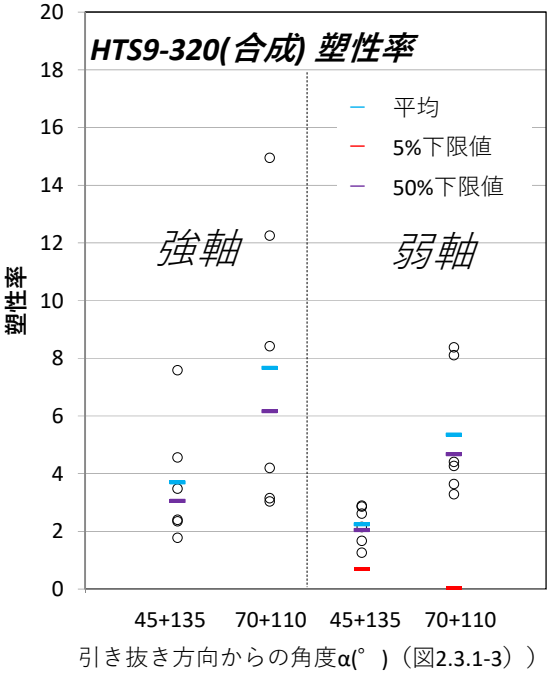


図 2.3.3-43　合成した包絡線の塑性率の比較

2.4.　耐力壁の面内せん断試験

2.4.1.　実験前の推定

（１）推定方法

耐力壁強度性能推定のため、ビスの要素試験体の荷重変形関係の平均曲線を求めた。計算の簡略化のため、繰り返し地点の Y 座標を平均して求めた。

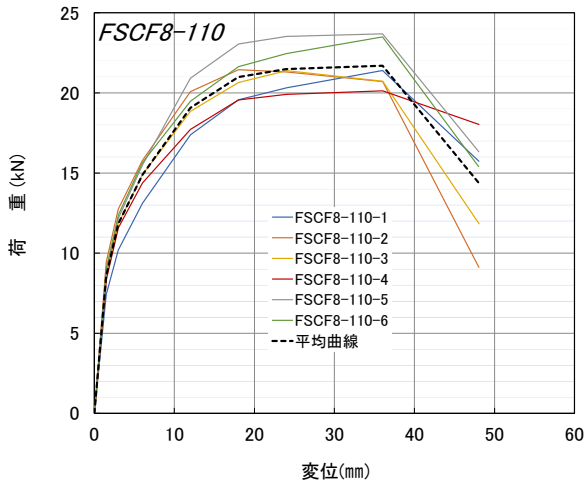


図 2.4.1-1　FSCF110（No.2）から求めた平均曲線

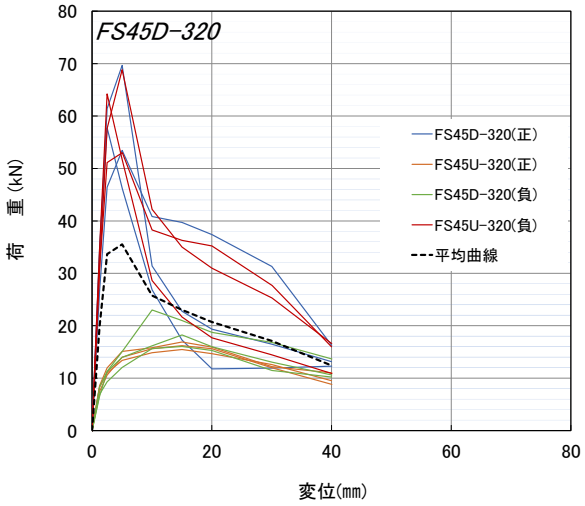


図 2.4.1-2　FS45D320（No.5）と FS45U320（No.6）の平均曲線

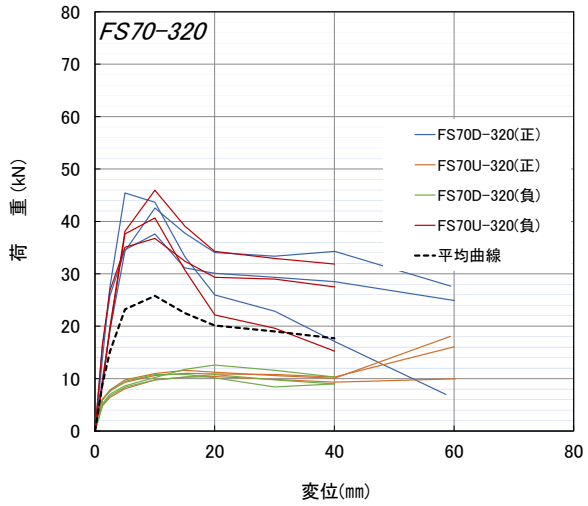


図 2.4.1-3　FS70D320（No.9）と FS70U320（No.10）の平均曲線

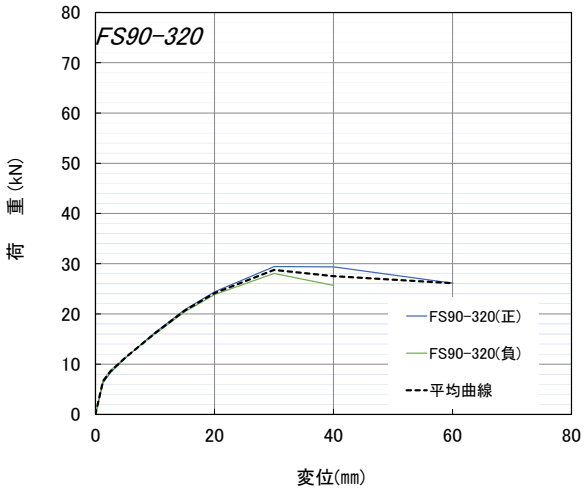


図 2.4.1-4 FS90320（No.13）の平均曲線

端部欠き込みがあるので、CLT の端部圧縮とビスの引張の力のつり合いは、図 2.4.1-5 と仮定した。せん断キー設置のため、CLT の中央を横架材に接地させる仕様とした。

なお、CLT 端部の三角形めり込み、圧縮筋かい効果については、ある程度変形が進んでから効いてくると考えられるため、1/150rad 時の耐力の算出には考慮しないこととした。

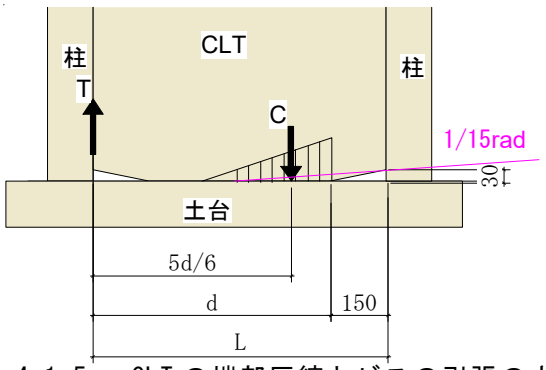


図 2.4.1-5　CLT の端部圧縮とビスの引張の力のつり合い

推定にあたっては、ビス平均曲線の荷重変形関係から、下記の式に当てはめて耐力壁の荷重－変形角を算出した。

それを完全弾塑性評価して、壁倍率を算出した。

$$K = \frac{25\Delta P_i \cdot n \cdot (L-150)^2}{36H \cdot \Delta\delta_i}$$

ここで、L:壁幅(㎜)
H:壁高さ（㎜）
K：耐力壁の剛性(kN/rad)
ΔP_i：接合具 1 本あたりの δ_i㎜時の耐力(kN)
n：柱 1 本へのビス打ち込み本数(本)
$\Delta\delta_i$：接合具 1 本当たりの δ_i（㎜）
Ri　：ビス δ_i㎜時の耐力壁の変形角(rad)
P_i：ビス δ_i㎜時の耐力壁の耐力(kN)

ビス性能からの耐力壁の荷重変形関係の推定は下式のとおり

$$P_i = 2 \cdot \Delta P_i \cdot n \cdot \frac{5(L-150)}{6H}$$

$$R_i = \frac{2 \cdot 6 \cdot \Delta\delta_i}{5(L-150)}$$

（２）推定結果について

算定結果が 18 倍程度になるようにビス本数を調整した。結果は以下のとおりである。

18 倍×低減係数 0.85 として 15 倍程度を想定している。

フルスレッドビス HTS9-320 を用いた試験については、柱の鉛直方向に対するビスの角度が 45°（135°）→70°（110°）→90°の順に必要となるビス本数が増える傾向にあり、これはビス斜め打ちによる剛性と終局耐力が上昇する効果によるものと思われる。例えば表 2.4.1-2 の FS45-320 は 16 本、FS70-320 は 24 本、FS90-320 は 37 本となった。

表 2.4.1－1　フルスレッドビス HTS8-110 を使った耐力壁の推定結果

			FS90-110
試験体仕様	壁高さ	H（mm）	3000
	壁幅	L（mm）	775
ビス1本あたりのせん断性能	ビスの種類		HTS8-110
	打ち方		90°
	CLTの向き		強軸方向
	ビス1本当たりの1.5mm時降伏耐力	$\Delta P_{1.5}$(kN)	2.15
	ビス1本当たりの3.0mm時降伏耐力	ΔP_{3}(kN)	2.96
	ビス1本当たりの6.0mm時降伏耐力	ΔP_{y6}(kN)	3.72
	ビス1本当たりの12.0mm時降伏耐力	ΔP_{y12}(kN)	4.77
	ビス1本当たりの18.0mm時降伏耐力	ΔP_{y18}(kN)	5.25
	ビス1本当たりの24.0mm時降伏耐力	ΔP_{y24}(kN)	5.37
	ビス1本当たりの36.0mm時降伏耐力	ΔP_{y36}(kN)	5.42
	ビス1本当たりの48.0mm時降伏耐力	ΔP_{y48}(kN)	3.60
柱1本へのビス本数	ビスの呼び径	d（mm）	8.00
	ビス端部距離	15d以上(mm)	120.00
	ビスピッチ	12d以上(mm)	96.00
	柱1本へのビス打ち可能本数	n_{max}（本）	52
	柱1本へのビス本数	n（本）	41
耐力壁の荷重変形角関係	ビス1.5mm時耐力	$P_{1.5}$(kN)	30.6
	ビス3.0mm時耐力	P_{3}(kN)	42.1
	ビス6.0mm時耐力	P_{6}(kN)	53.0
	ビス12.0mm時耐力	P_{12}(kN)	67.9
	ビス18.0mm時耐力	P_{18}(kN)	74.7
	ビス24.0mm時耐力	P_{24}(kN)	76.5
	ビス36.0mm時耐力	P_{36}(kN)	77.2
	ビス48.0mm時耐力	P_{48}(kN)	51.3
	ビス1.5mm時変形角	$\delta_{1.5}$（rad）	0.0058
	ビス3.0mm時変形角	δ_{3}（rad）	0.0115
	ビス6.0mm時変形角	δ_{6}（rad）	0.0230
	ビス12.0mm時変形角	δ_{12}(rad)	0.0461
	ビス18.0mm時変形角	δ_{18}(rad)	0.0691
	ビス24.0mm時変形角	δ_{24}(rad)	0.0922
	ビス36.0mm時変形角	δ_{36}（rad）	0.1843
	ビス48.0mm時変形角	δ_{48}（rad）	0.3686
	1/15変形角	$\delta_{end\ (rad)}$	0.0667
	1/15時荷重	P_{end}(kN)	73.9717
壁倍率評価		Py	37.86
		2/3 Pmax	49.31
		P150	32.39
		Pu*0.2/Ds	34.50
		min	32.39
		壁倍率	**18.16**

※グレー部分は 1/15rad を超えた部分を示す。

表 2.4.1－2　フルスレッドビス HTS9-320 を使った耐力壁の推定結果

			FS45-320	FS70-320	FS90-320	FW45-320
試験体仕様	壁高さ	H(mm)	3000	3000	3000	3000
	壁幅	L(mm)	790	790	790	790
ビス1本あたりのせん断性能	ビスの種類		HTS9-320	HTS9-320	HTS9-320	HTS9-320
	打ち方		45°	70°	90°	45°
	CLTの向き		強軸方向	強軸方向	強軸方向	弱軸方向
	ビス1本当たりの1.25mm時降伏耐力	$\Delta P_{y12.5}$(kN)	6.63	2.97	2.20	6.61
	ビス1本当たりの2.5mm時降伏耐力	$\Delta P_{y2.5}$(kN)	11.22	5.05	2.86	11.41
	ビス1本当たりの5.0mm時降伏耐力	ΔP_{y5}(kN)	11.84	7.74	3.77	13.30
	ビス1本当たりの10.0mm時降伏耐力	ΔP_{y10}(kN)	8.59	8.59	5.39	8.36
	ビス1本当たりの15.0mm時降伏耐力	ΔP_{y15}(kN)	7.68	7.51	6.89	6.90
	ビス1本当たりの20.0mm時降伏耐力	ΔP_{y20}(kN)	6.91	6.72	8.05	6.08
	ビス1本当たりの30.0mm時降伏耐力	ΔP_{y30}(kN)	5.70	6.34	9.58	4.53
	ビス1本当たりの40.0mm時降伏耐力	ΔP_{y40}(kN)	4.14	5.90	9.17	3.36
柱1本へのビス本数	ビスの呼び径	d(mm)	9.00	9.00	9.00	9.00
	ビス端部距離	15d以上(mm)	135.00	135.00	135.00	135.00
	ビスピッチ	12d以上(mm)	108.00	108.00	108.00	108.00
	柱1本へのビス打ち可能本数	n_{max}(本)	23	23	23	23
	柱1本へのビス本数	n(本)	16	24	37	22
耐力壁の荷重変形角関係	ビス1.25mm時耐力	$P_{1.25}$(kN)	37.7	25.4	28.9	51.7
	ビス2.5mm時耐力	$P_{2.5}$(kN)	63.8	43.1	37.6	89.3
	ビス5.0mm時耐力	P_{5}(kN)	67.4	66.1	49.6	104.0
	ビス10.0mm時耐力	P_{10}(kN)	48.9	73.3	70.9	65.4
	ビス15.0mm時耐力	P_{15}(kN)	43.7	64.1	90.6	54.0
	ビス20.0mm時耐力	P_{20}(kN)	39.3	57.3	105.9	47.6
	ビス30.0mm時耐力	P_{30}(kN)	32.4	54.1	126.0	35.4
	ビス40.0mm時耐力	P_{40}(kN)	23.5	50.4	120.6	26.2
	ビス1.25mm時変形角	$\delta_{1.25}$ (rad)	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
	ビス2.5mm時変形角	$\delta_{2.5}$(rad)	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094
	ビス5.0mm時変形角	$\delta_{5.0}$ (rad)	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188
	ビス10.0mm時変形角	δ_{10}(rad)	0.0375	0.0375	0.0375	0.0375
	ビス15.0mm時変形角	δ_{15}(rad)	0.0563	0.0563	0.0563	0.0563
	ビス20.0mm時変形角	δ_{20}(rad)	0.0750	0.0750	0.0750	0.0750
	ビス30.0mm時変形角	δ_{30} (rad)	0.1125	0.1125	0.1125	0.1125
	ビス40.0mm時変形角	δ_{40} (rad)	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500
	1/15変形角	$\delta_{end\ (rad)}$	0.0667	0.0667	0.0667	0.0667
	1/15時荷重	P_{end}(kN)	41.2430	60.3178	99.1198	50.4218
壁倍率評価		Py	37.72	37.33	41.73	71.01
		2/3 Pmax	44.92	48.87	66.08	69.36
		P150	48.74	32.86	32.57	67.57
		Pu*0.2/Ds	33.74	38.89	33.61	32.97
		min	33.74	32.86	32.57	32.97
		壁倍率	**18.92**	**18.42**	**18.26**	**18.48**

※90°については、推定は行ったが、耐力壁試験は実施しなかった。

※グレー部分は 1/15rad を超えた部分を示す。

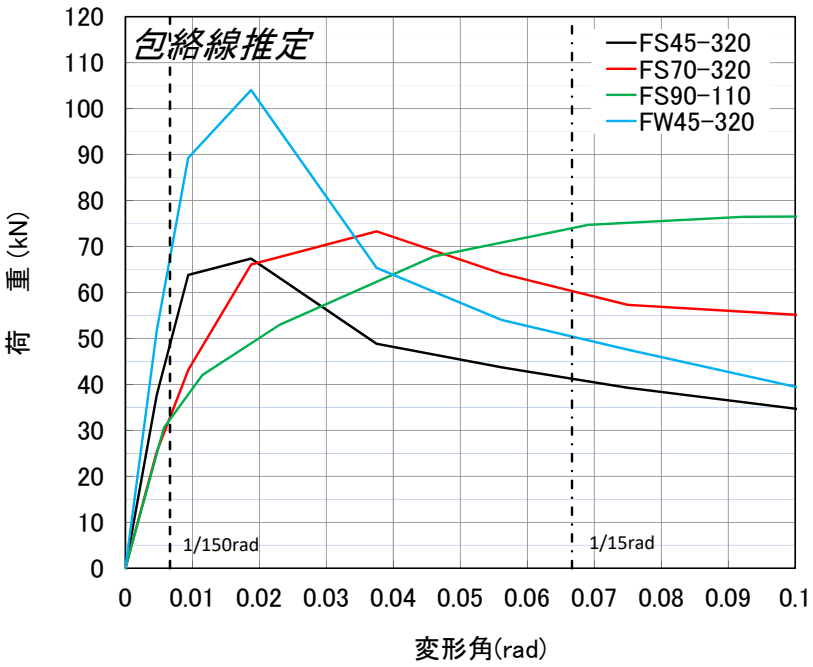


図 2.4.1-6　耐力壁の推定荷重変形角関係

2.4.2. 試験の種類と試験体仕様

（１）試験体の種類

表 2.4.2-1 のとおり、4 仕様各 1 体ずつの試験とした。

試験体図を図 2.4.2-1～図 2.4.2-4 に示す。2.4.1 項の推定結果より、ビス本数を決定し、耐力壁の設計を行った。フルスレッドビス HTS9-320 については打ち込み角度と CLT の向きの組み合わせを 45° 強軸、70° 強軸、45° 弱軸の 3 仕様とし、フルスレッドビス HTS8-110 を用いた耐力壁は強軸 1 仕様のみとした。

また、試験体 FS45-320 及び FS90-110 の試験体詳細図を図 2.4.2-5～図 2.4.5-6 に示す。CLT の突き上げによる横架材のせん断破壊対策として CLT の四隅に長さ 150×高さ 30 ㎜の三角形の欠き込みを入れている。突き上げ防止のためには壁長さ方向に欠き込みをもう少し長く取るべきであるが、せん断キーを配置するため、この長さとした。

表 2.4.2-1　試験の種類

No.	1	2	3	4
試験体記号	FS45-320	FS70-320	FW45-320	FS90-110
鉛直方向標点距離H(㎜)	3000			
フレームの内法幅L(㎜)	790		775	
水平方向標点距離(㎜)	910			
柱材	スギ集成材E65-255／120×120		スギ集成材E65-255／奥行120×見付135	
添え柱材	スギ集成材E65-255／120×120			
横架材	スギ製材E70／SD15／幅120×せい240			
土台材	ベイマツ製材E110／SD15／120×120			
面材（壁パネル）	スギCLT／Mx60-3-3／A種構成／厚90×786×2820		スギCLT／Mx60-3-3／A種構成／厚90×771×2820	
CLTの鉛直方向の向き	強軸方向		弱軸方向	強軸方向
フルスレッドビスの種類	HTS9-320			HTS8-110
柱1本へのビス打ち込み本数(本)	16	24	22	41
柱の鉛直方向に対するビスの角度	45°、135°	70°、110°	45°、135°	90°
試験体数（体）	1	1	1	1

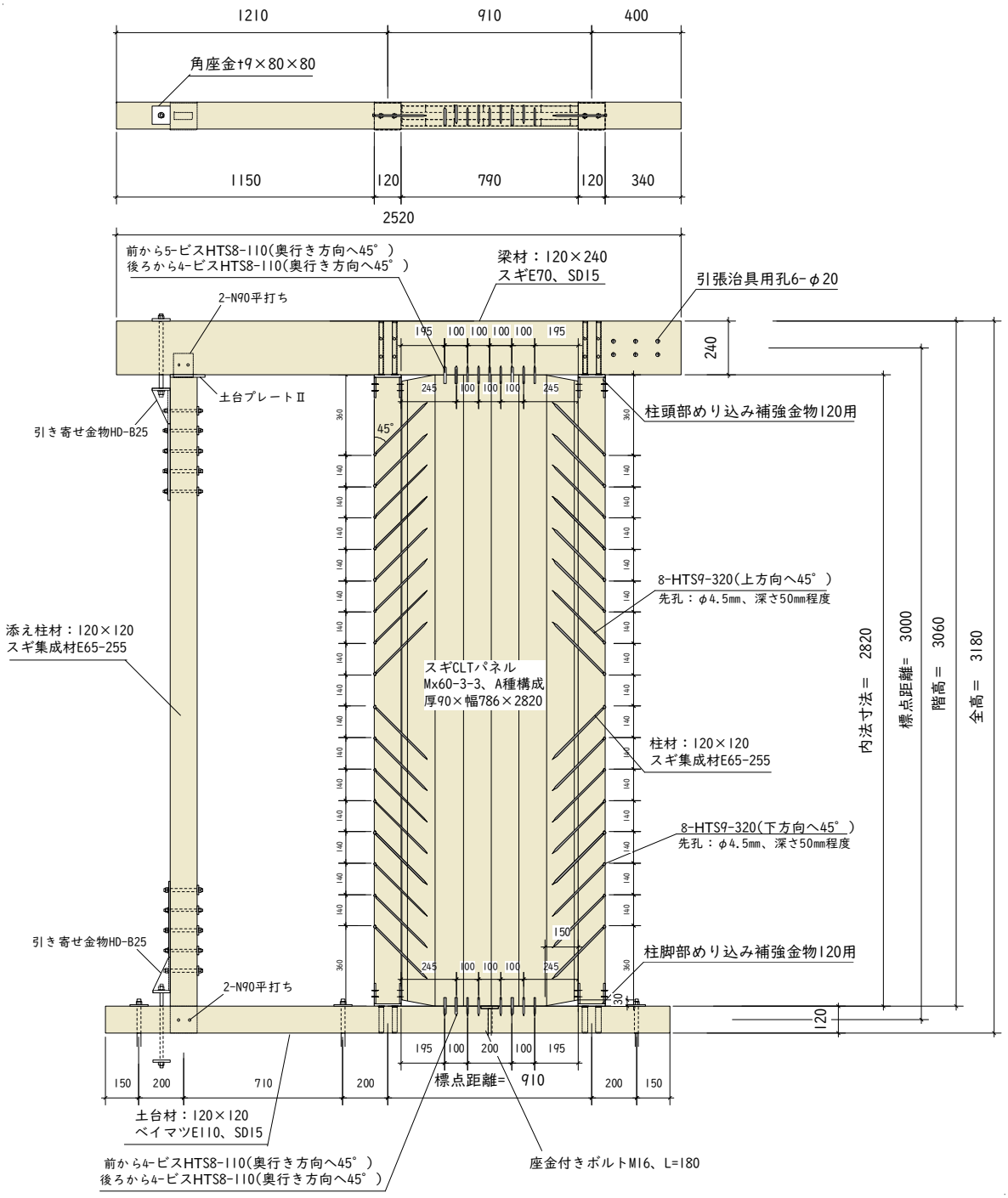


図 2.4.2-1　試験体 FS45-320

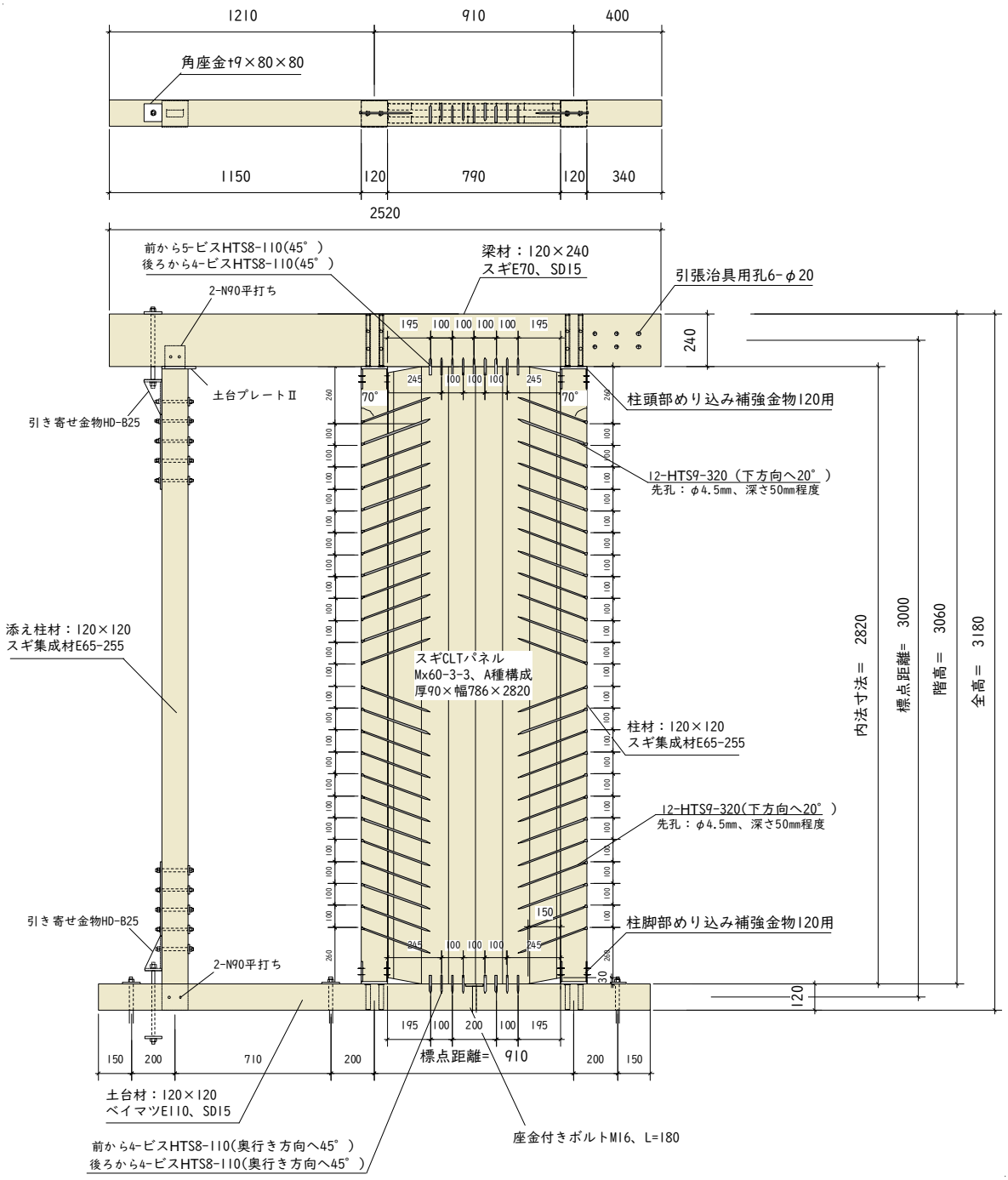


図 2.4.2-2　試験体 FS70-320

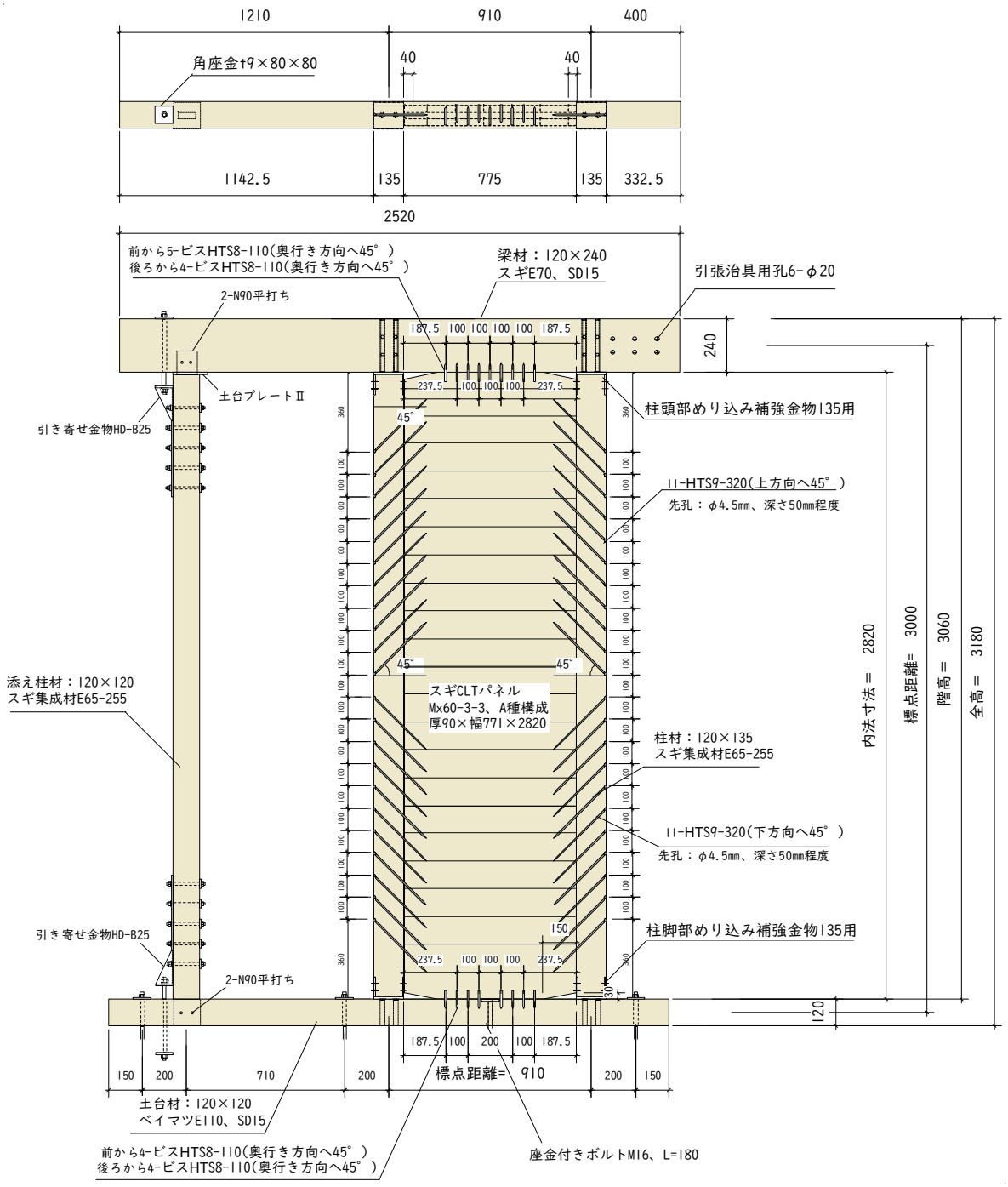


図 2.4.2-3　試験体 FW45-320

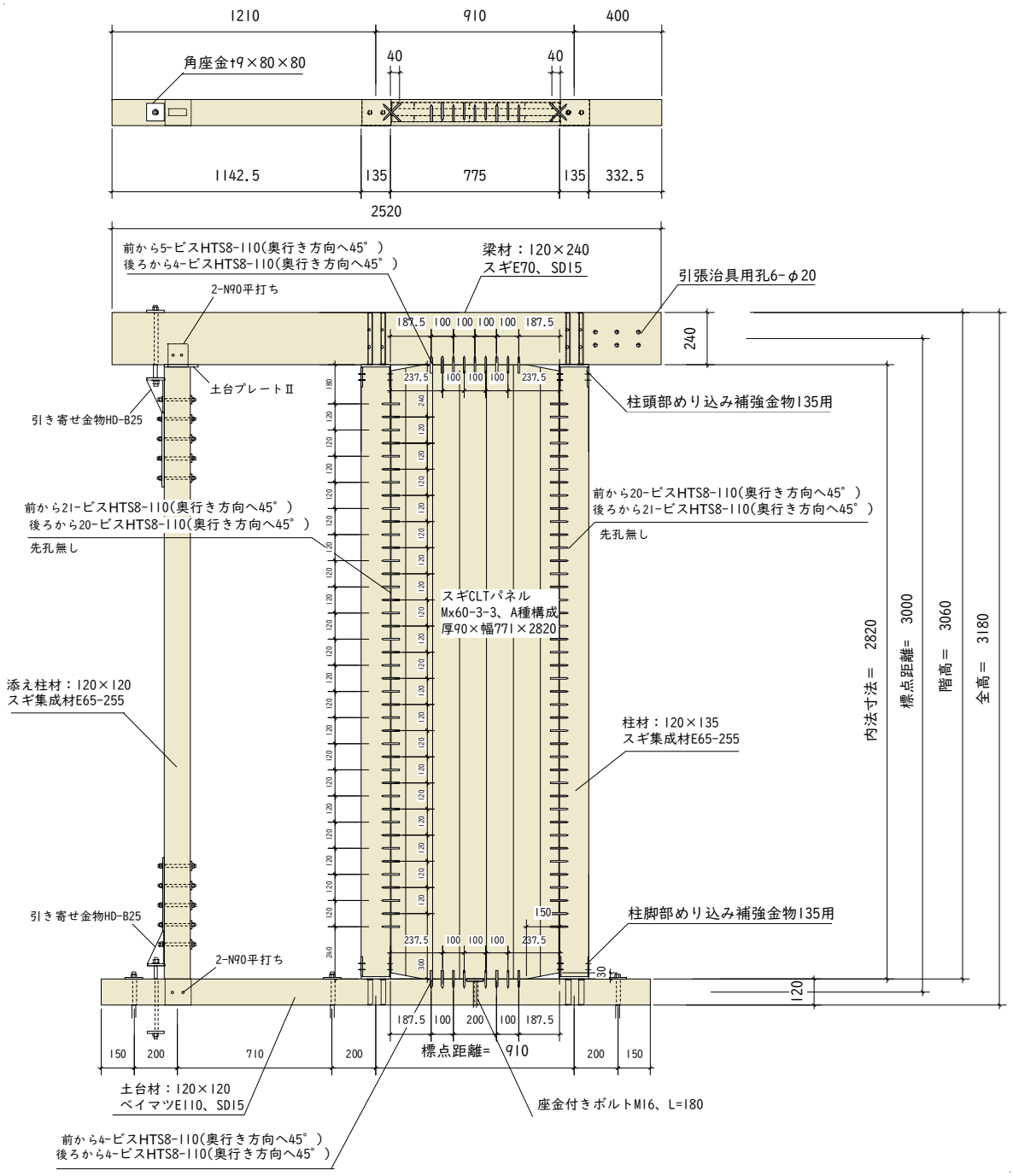


図 2.4.2-4　試験体 F90-110

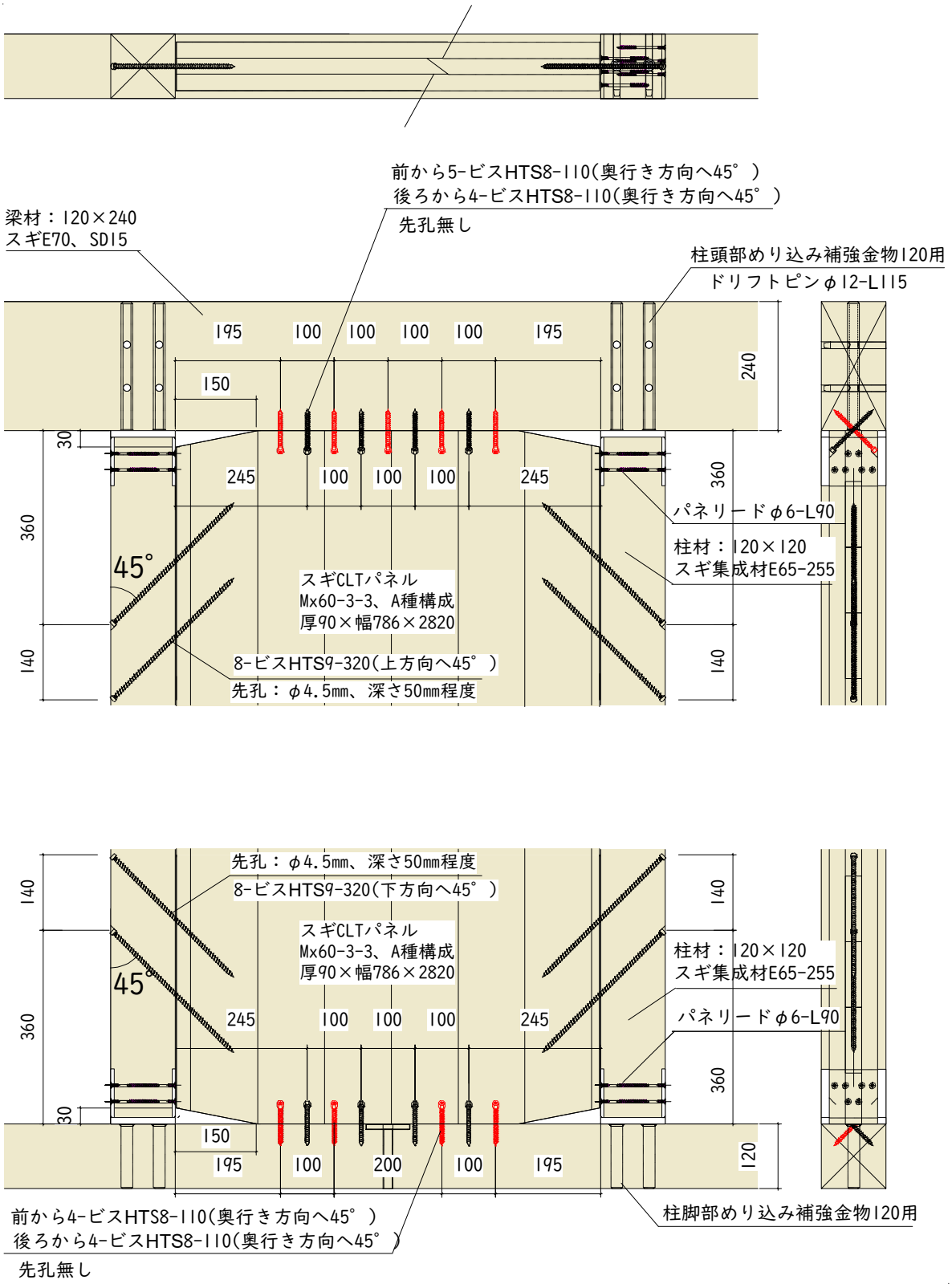


図 2.4.2-5　試験体詳細図　FS45-320

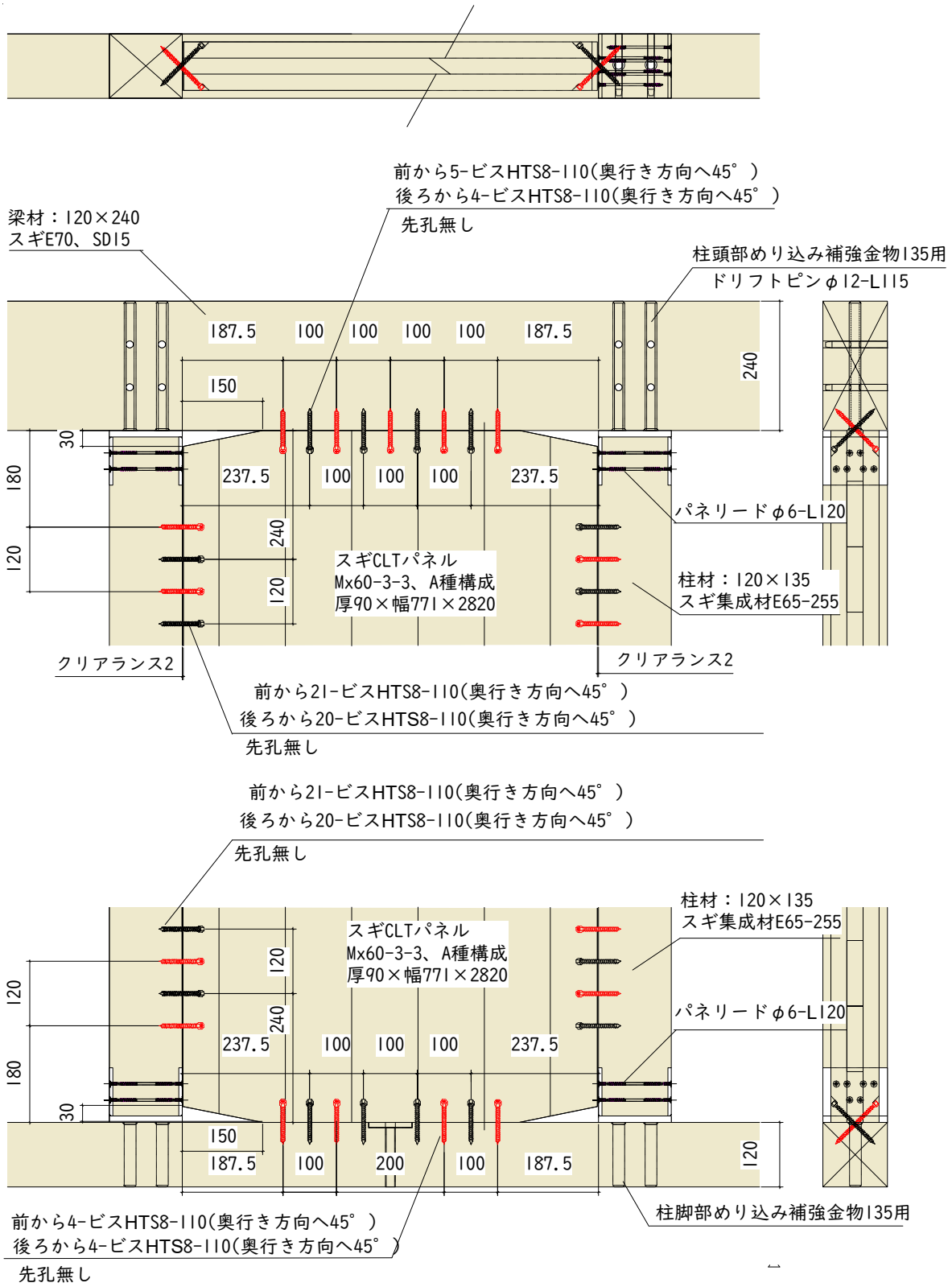


図 2.4.2-6　試験体詳細図　F90-110

（２）試験用金物の仕様

試験用金物の仕様を図 2.4.2-7～図 2.4.2-11 に示す。

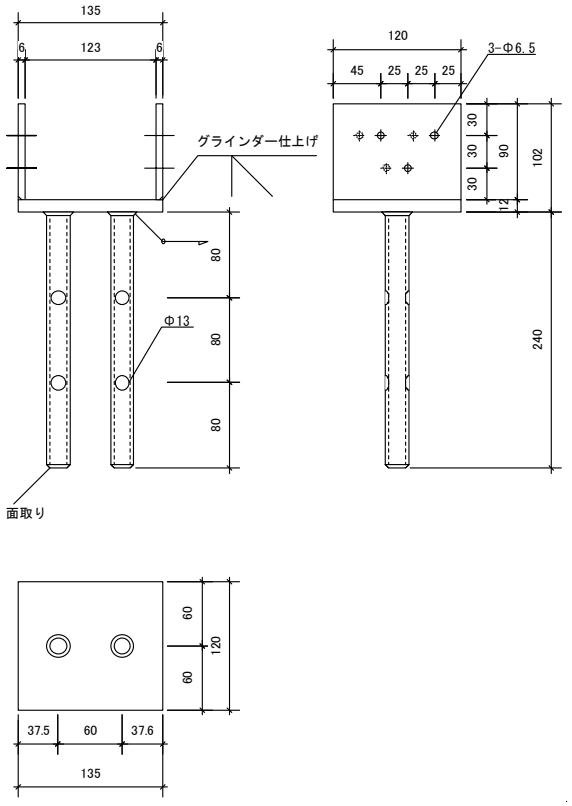


図 2.4.2-7　柱頭部めり込み補強金物 135 用

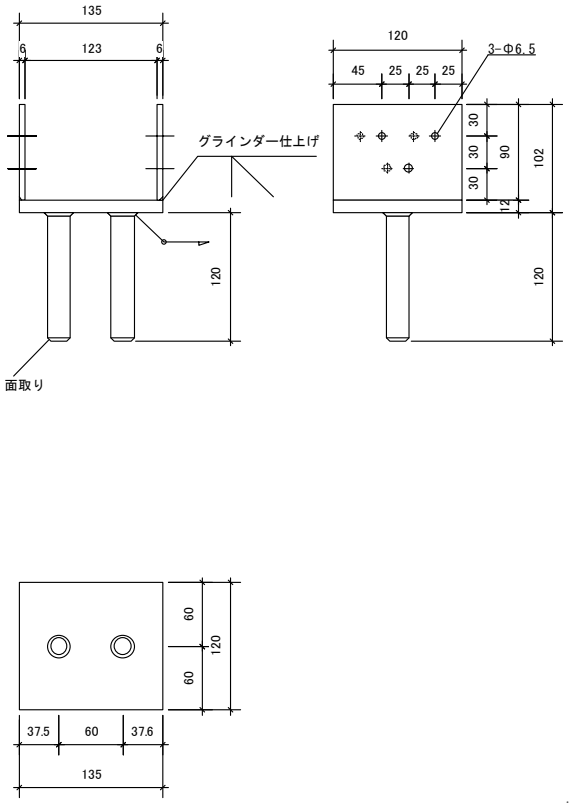


図 2.4.2-8　柱脚部めり込み補強金物 135 用

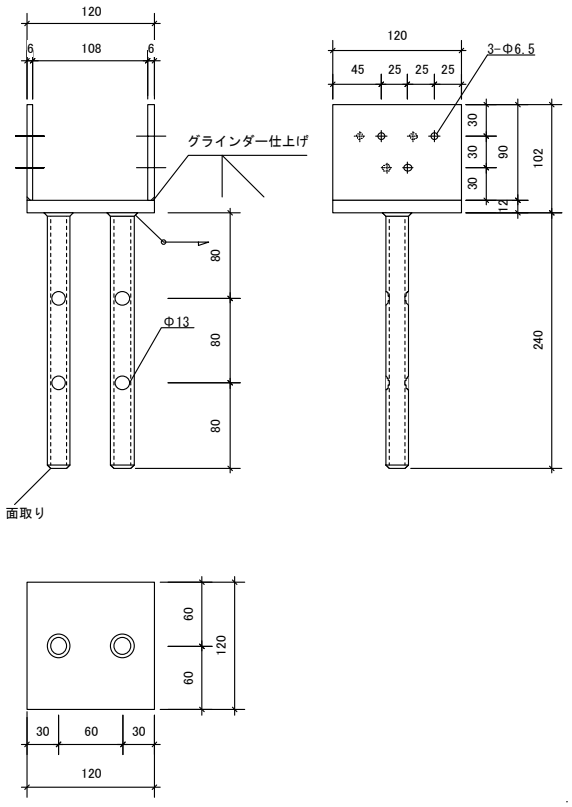


図 2.4.2-9　柱頭部めり込み補強金物 120 用

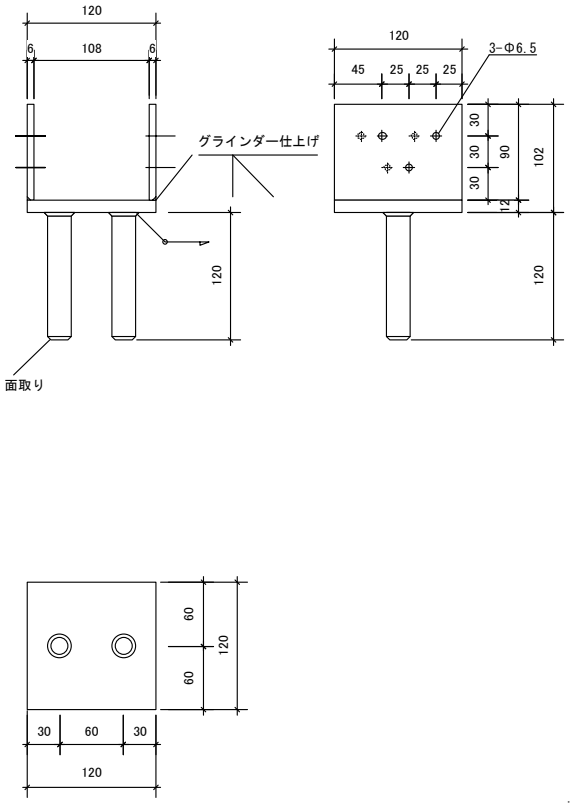


図 2.4.2-10　柱脚部めり込み補強金物 120 用

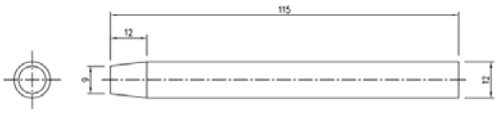


図 2.4.2-11　ドリフトピン　φ12　L=115

（３）試験用部材の仕様

試験用金物の仕様を図 2.4.2-12～図 2.4.2-19 に、部材の密度及び含水率を表 2.4.2-2 に示す。

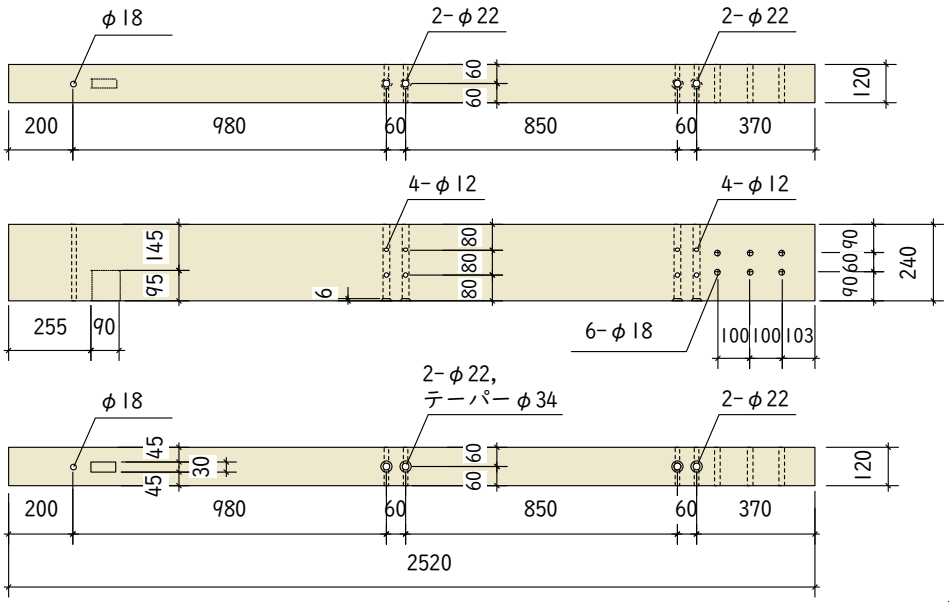


図 2.4.2-12　梁材　120×240、スギ E70　SD15

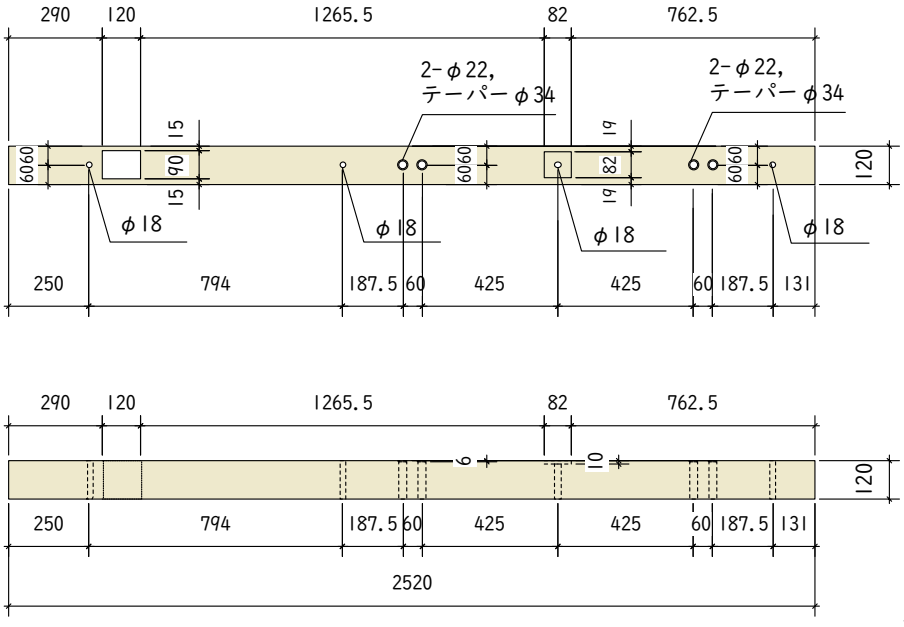


図 2.4.2-13　土台材　120×120、ベイマツ E110　SD15

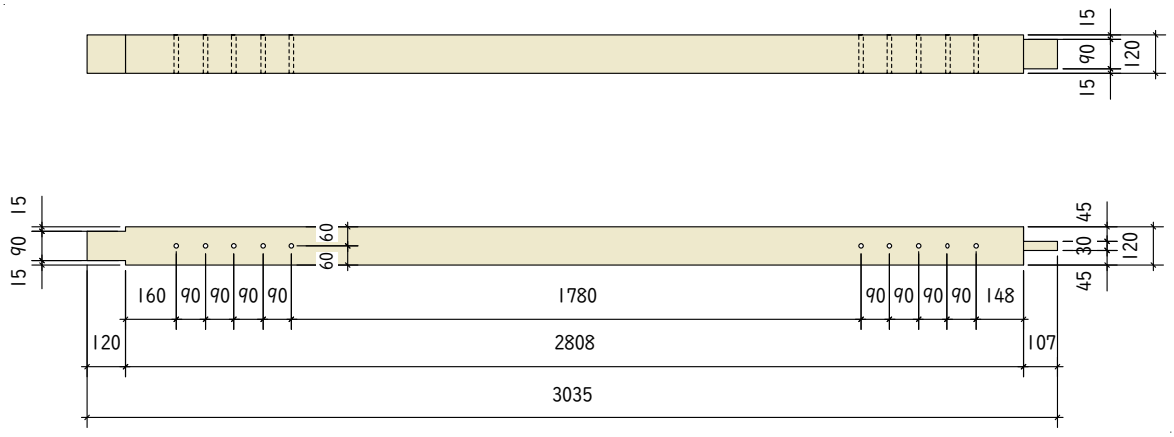


図 2.4.2-14　添え柱材　120×120、スギ集成材 E65-F255

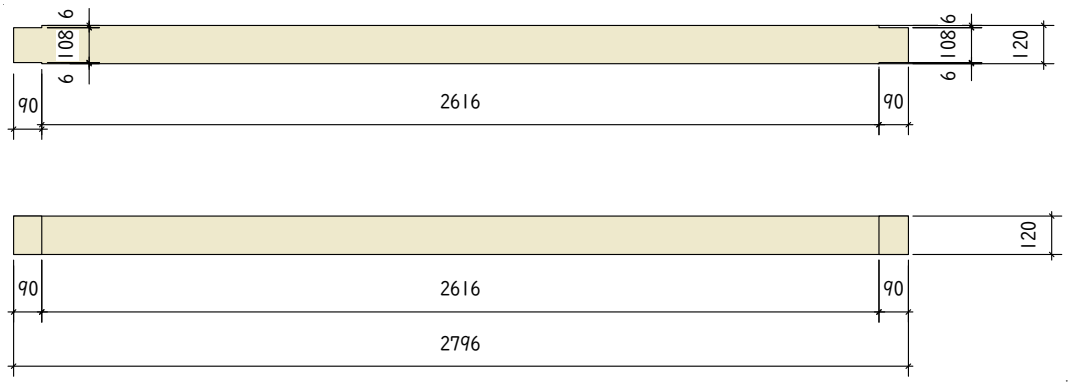


図 2.4.2-15　柱材　120×120、スギ集成材 E65-F255

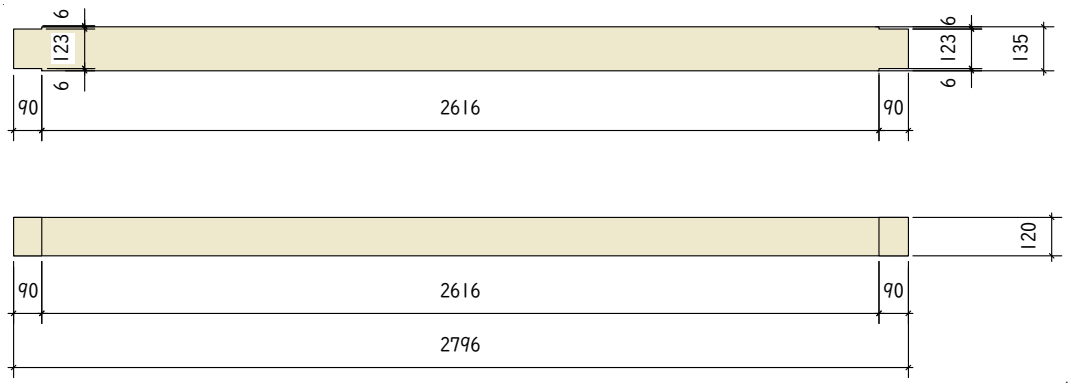


図 2.4.2-16　柱材　135×120、スギ集成材 E65-F255

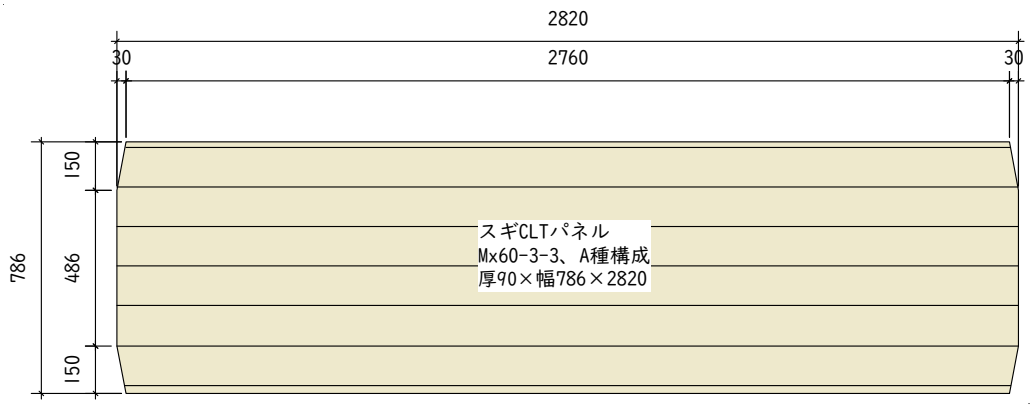


図 2.4.2-17　CLT パネル　786×2,820　Mx60-3-3　強軸方向

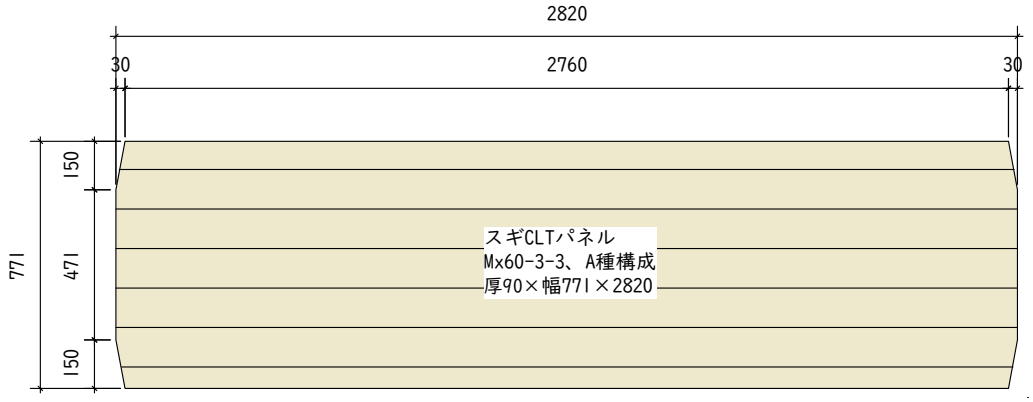


図 2.4.2-18　CLT パネル　771×2,820　Mx60-3-3　強軸方向

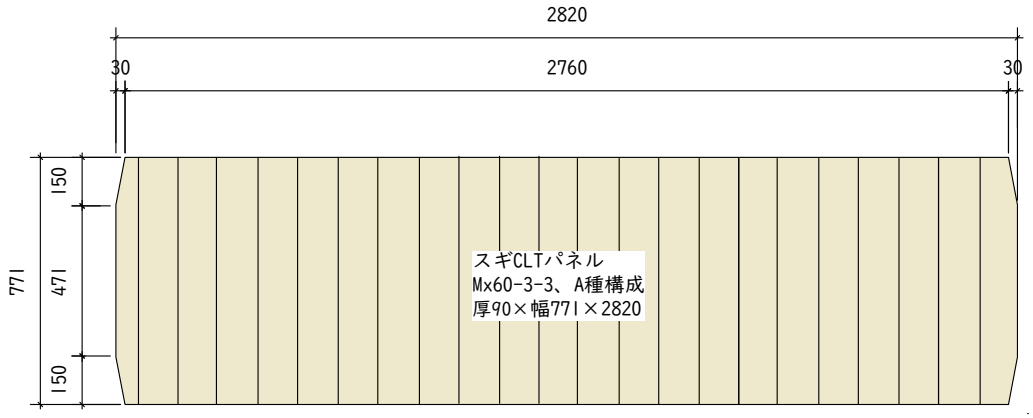


図 2.4.2-19　CLT パネル　771×2,820　Mx60-3-3　弱軸方向

表 2.4.2-2　耐力壁試験の密度と含水率

	梁		土台		柱			CLTパネル	
	密度(g/cm^3)	含水率(%)	密度(g/cm^3)	含水率(%)	部位名	密度(g/cm^3)	含水率(%)	密度(g/cm^3)	含水率(%)
SF45-320	0.37	13.4	0.45	14.3	右柱	0.40	11.6	0.37	10.4
					左柱	0.38	12.6		
SF70-320	0.40	18.3	0.49	15.9	右柱	0.39	11.0	0.39	10.5
					左柱	0.37	14.0		
SW45-320	0.36	16.5	0.53	17.5	右柱	0.39	9.8	0.40	10.0
					左柱	0.42	9.7		
SF90-110	0.40	15.4	0.46	14.3	右柱	0.42	9.6	0.40	10.1
					左柱	0.37	9.2		

2.4.3. 試験方法

試験方法は図 2.4.3-1 のとおり、タイロッド式とした。

グレー本の試験方法に則って実験を行い、1/30rad で 1 回繰り返すものとした。

変位計は、標準的なものの他、CLT と柱の変位、CLT 脚部と架台の変位（1 体目を除く）を測定した。

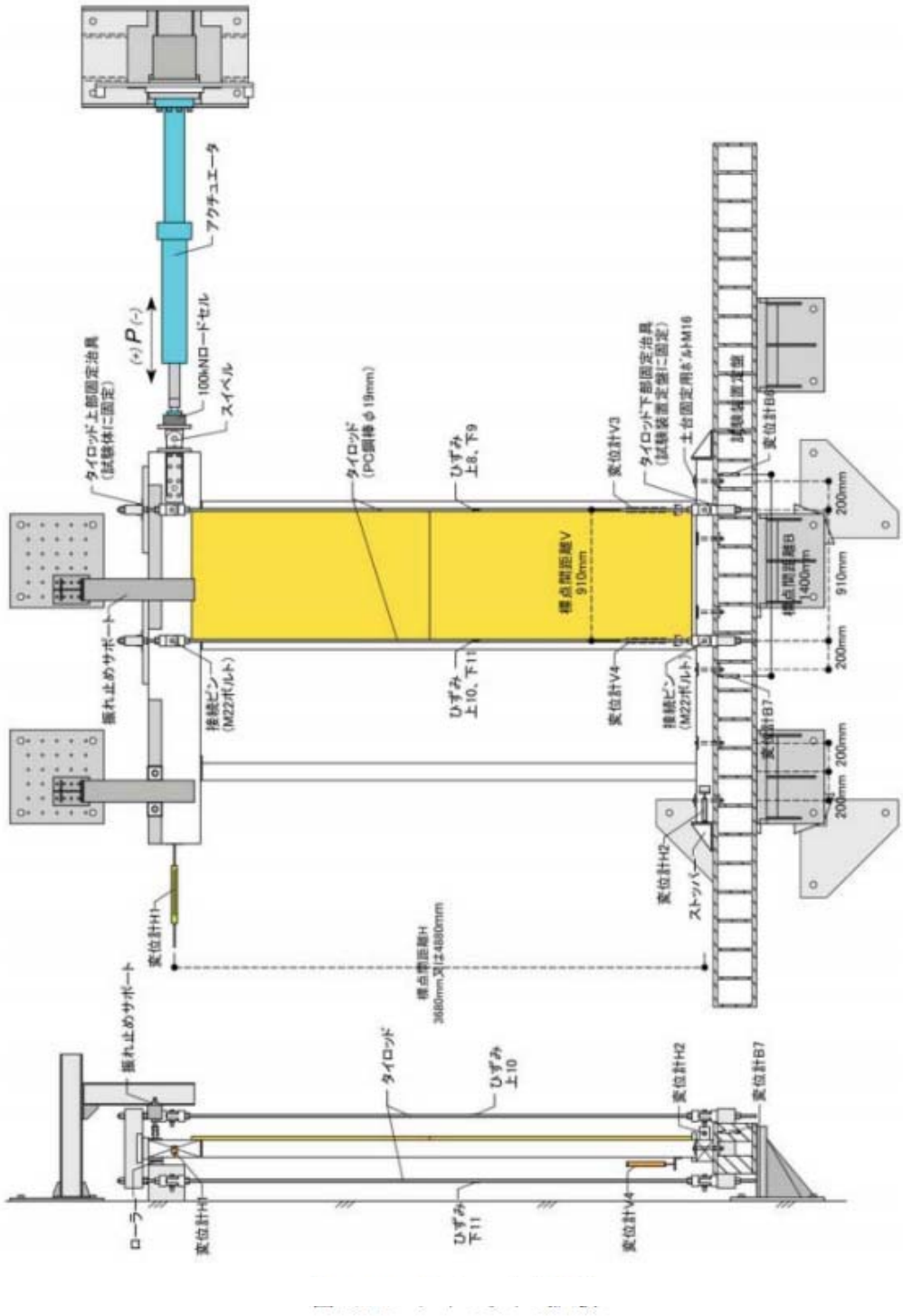


図 2.4.3-1　試験方法

2.4.4. 試験結果

（１）FS45-320

荷重変位曲線を図 2.4.4-1 に、破壊性状を写真 2.4.4-1～写真 2.4.4-10 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

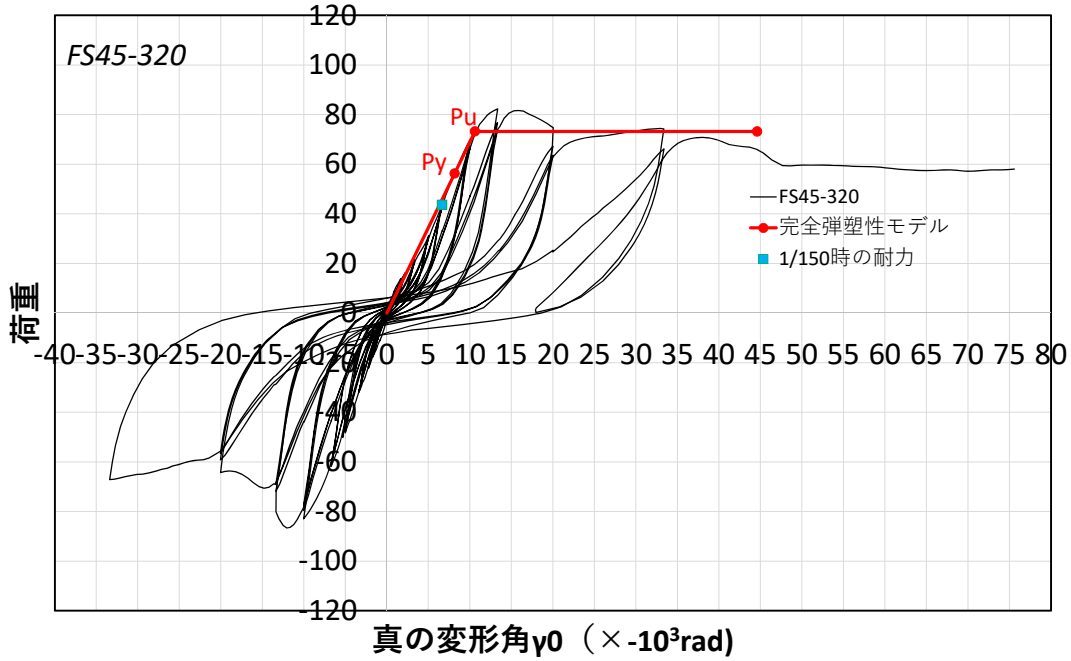


図 2.4.4-1　荷重変位曲線とバイリニア

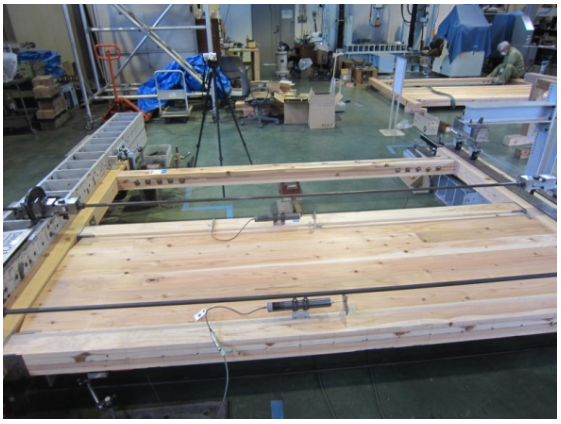


写真 2.4.4-1　試験前

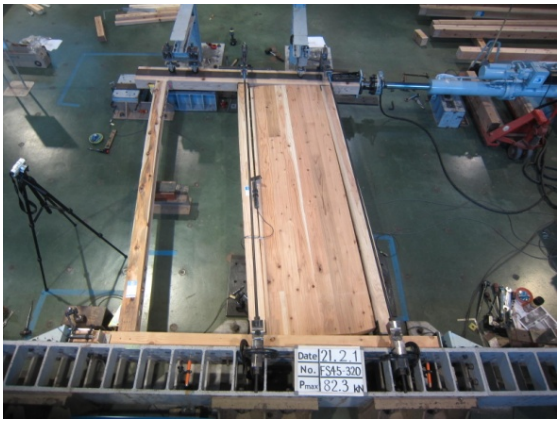


写真 2.4.4-2　試験後

写真 2.4.4-3　試験後　壁頭部

写真 2.4.4-4　試験後　壁脚部

写真 2.4.4-5　解体後

写真 2.4.4-6　脚部めり込みの程度（鉛筆部分）

写真 2.4.4-7　脚部めり込みの程度(鉛筆部分)

写真 2.4.4-8　土台側のめり込み

写真 2.4.4-9　ビスによる CLT の支圧

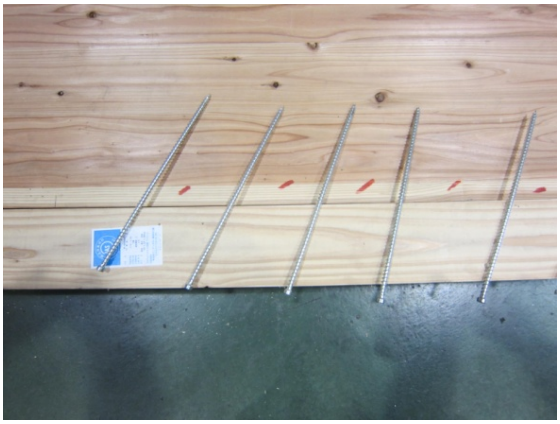


写真 2.4.4-10　ビスの変形

（２）FS70-320

荷重変位曲線を図 2.4.4-2 に、破壊性状を写真 2.4.4-11～写真 2.4.4-20 に示す。引き 1/50rad 時(第 3 象限)に右柱(加力側柱)にビス列に沿った割れが発生し、荷重が低下した(写真 2.4.4-11)。

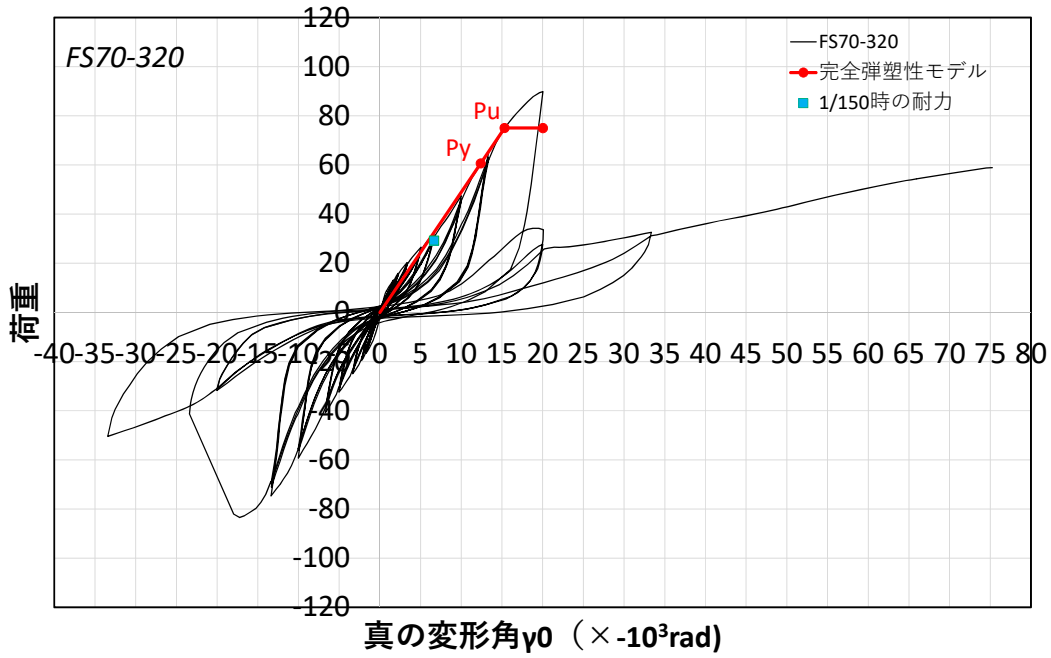


図 2.4.4-2　荷重変位曲線とバイリニア

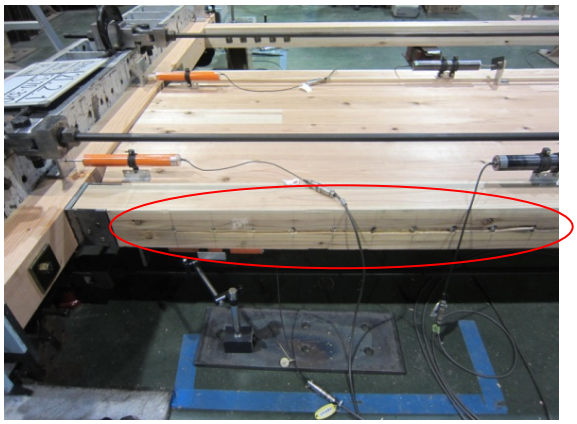


写真 2.4.4-11　ビスによる柱の割裂
（引き 1/50rad 時）

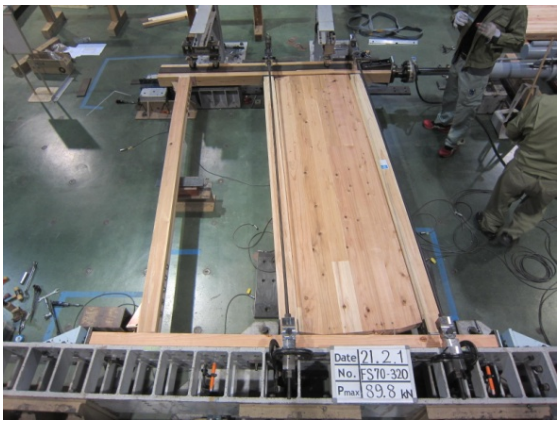


写真 2.4.4-12　試験終了後

写真 2.4.4-13　脚部の浮き上がり

写真 2.4.4-14　頭部のめり込み

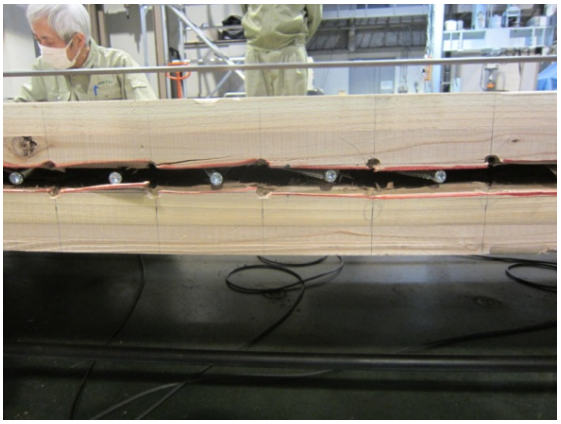


写真 2.4.4-15　試験後、柱の割裂

写真 2.4.4-16　解体後

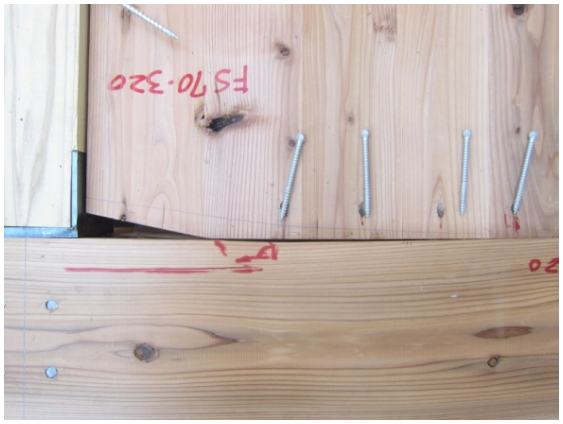


写真 2.4.4-17 頭部めり込みの程度(鉛筆部分)

写真 2.4.4-18　梁のめり込み

写真 2.4.4-19　柱の割れ

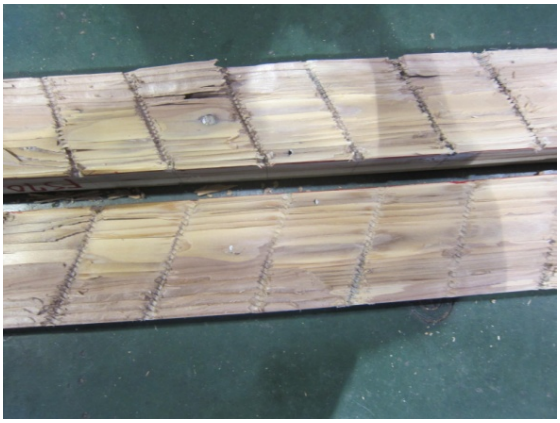


写真 2.4.4-20　ビスによる柱の支圧

（３）FW45-320

荷重変位曲線を図 2.4.4-3 に、破壊性状を写真 2.4.4-21～写真 2.4.4-30 に示す。左柱（非加力側柱）と CLT 間のビス接合の変形が進んだことで、右柱の柱頭が圧縮破壊した。

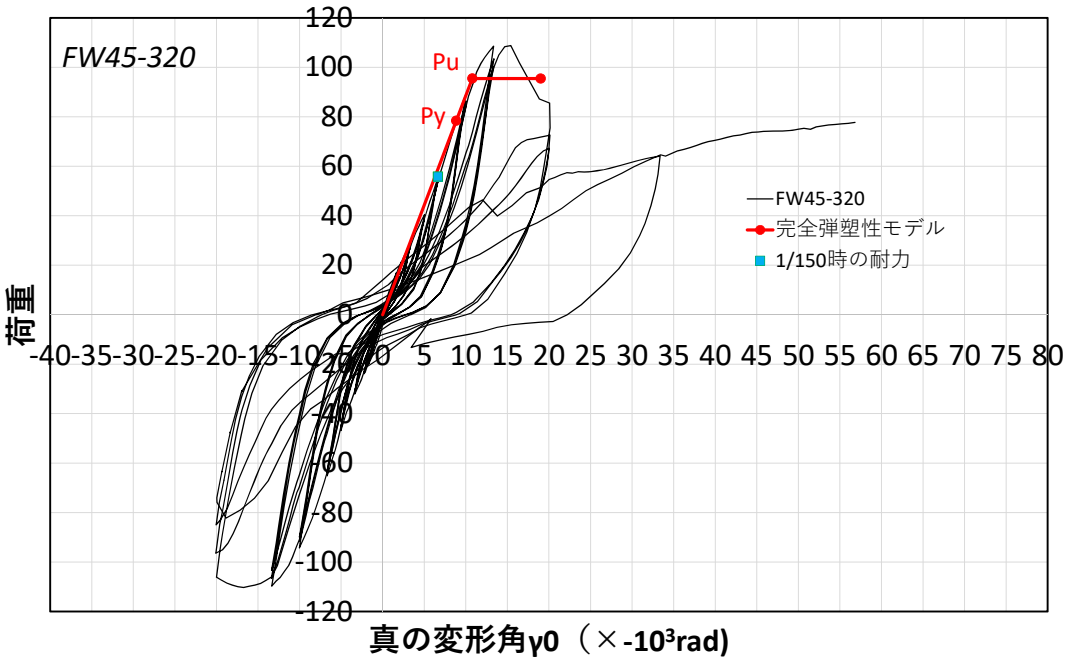


図 2.4.4-3　荷重変位曲線とバイリニア

写真 2.4.4-21　試験前

写真 2.4.4-22　試験後

写真 2.4.4-23　加力側柱頭部の圧縮破壊

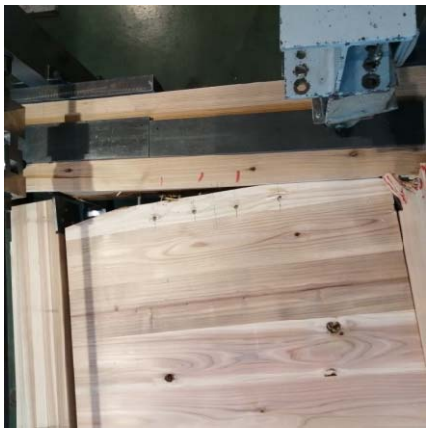


写真 2.4.4-24　CLT 頭部のめり込み

写真 2.4.4-25　CLT 脚部のめり込み、割れ

写真 2.4.4-26　解体後

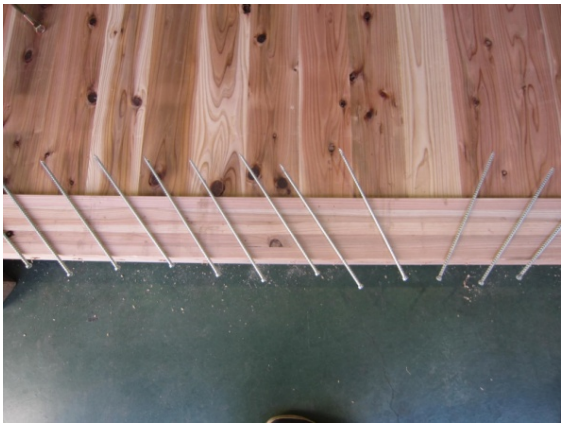


写真 2.4.4-27　解体後、ビスの変形

写真 2.4.4-28　ビスによる CLT の支圧

写真 2.4.4-21　試験前写真 2.4.4-29　CLT 側のめり込み

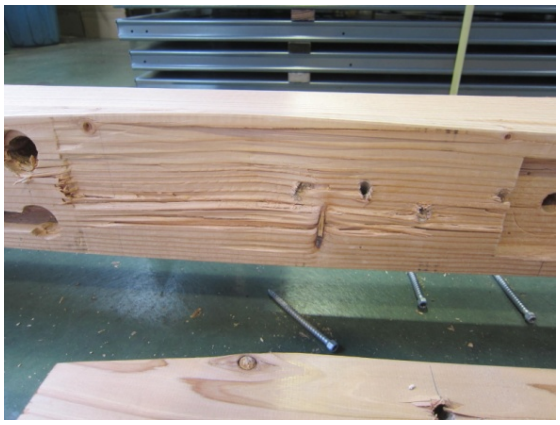


写真 2.4.4-22　試験後写真 2.4.4-30　土台側のめり込み

（４）FS90-110

荷重変位曲線を図 2.4.4-4 に、破壊性状を写真 2.4.4-31～写真 2.4.4-41 に示す。35×10^{-3}rad 時の耐力の上昇はビス接合のロープ効果ではなく、CLT の圧縮筋かい効果によるものである。

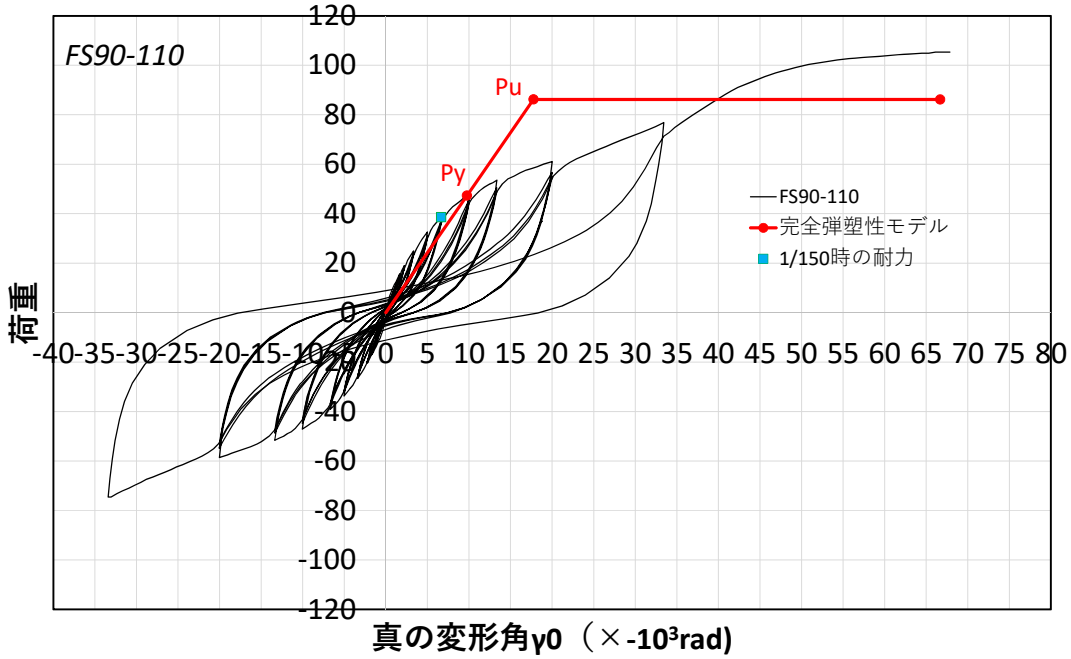


図 2.4.4-4　荷重変位曲線とバイリニア

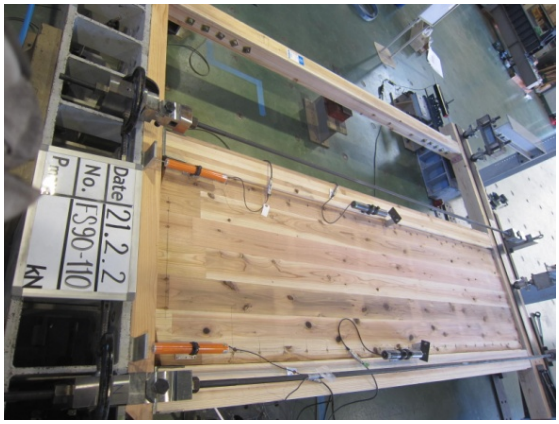


写真 2.4.4-31　試験前

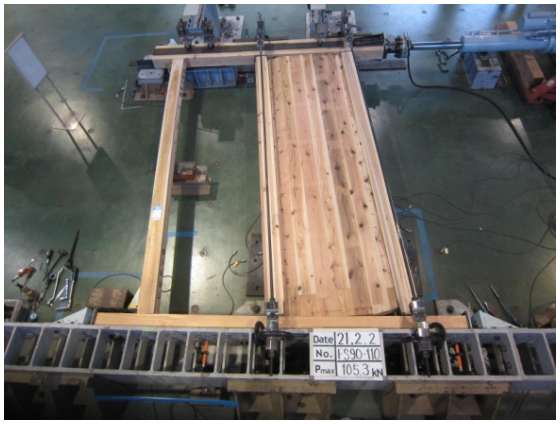


写真 2.4.4-32　試験後

写真 2.4.4-33　頭部のめり込み

写真 2.4.4-34　脚部のめり込み

写真 2.4.4-35　解体後

写真 2.4.4-36　ビスの変形

写真 2.4.4-37　ビスによる CLT の支圧

写真 2.4.4-38　ビスによる柱の支圧

写真 2.4.4-39　土台のめり込み

写真 2.4.4-40　CLT の圧縮変形

写真 2.4.4-41　めり込みの程度(鉛筆部分)

（５）特性値のまとめ

特性値を纏めたものを表 2.4.4-2 に示す。

試験体 FS45-320 及び FD90-110 は終局耐力が推定より大きくなったため、20 倍を超え、FW45-320 は 16.9 倍とほぼ目標値を満足したが、FS70-320 は写真 2 のとおり負側 1/50rad 時に柱の割裂が生じ、塑性率が小さくなったため、10.7 倍と目標に達することができなかった。

表 2.4.4-2　特性値一覧

試験体記号	FS45-320		FS70-320		FW45-320		FS90-110	
	正側	負側（参考）	正側	負側（参考）	正側	負側（参考）	正側	負側（参考）
Pmax (kN)	82.3	86.6	89.8	83.5	108.8	110.3	105.3	
2/3Pmax(kN)	**54.9**	**57.7**	**59.9**	**55.6**	**72.5**	**73.5**	**70.2**	
δ max (10-3rad)	13.35	12.05	20.03	17.25	15.41	16.72	66.67	
Py (kN)	**56.3**	**43**	**60.6**	**55.7**	**78.4**	**69.5**	**47.3**	
δ y (10^{-3}rad)	8.17	4.44	12.39	9.39	8.85	7.14	9.76	
Pu (kN)	73.2	78.1	75	79.6	95.5	104.4	86.2	
δ u (10^{-3}rad)	44.61	13.6	20.03	17.95	19	20.01	66.67	
δ v (10^{-3}rad)	10.62	8.07	15.32	13.42	10.79	10.73	17.77	
K (MN/rad)	6.89	9.68	4.89	5.93	8.86	9.73	4.85	
μ	4.2	1.69	1.31	1.34	1.76	1.86	3.75	
Ds	0.37	0.65	0.79	0.77	0.63	0.61	0.39	
真1/300rad時耐力(kN)	15.0	30.8	10.9	24.9	21.1	32.0	24.9	26.6
真1/200rad時耐力(kN)	29.3	48.3	20.0	32.4	38.4	46.9	32.6	33.7
真1/150rad時耐力(kN)	**43.6**	**61.7**	**29.2**	**40.8**	**55.8**	**65.1**	38.6	39.1
Pu・0.2/Ds(kN)	39.8	24.0	19.1	20.7	30.3	34.2	**44.0**	
換算壁倍率	**22.3**	**13.5**	**10.7**	**11.6**	**16.9**	**19.2**	**21.6**	**21.9**

2.4.5. ビスの変位量から換算した荷重—変形角関係の比較

耐力壁試験では、写真 2.4.5-1 のとおり、柱材と CLT 間の変位を測定している（赤丸部分）。ビス要素試験の荷重—変位関係を使って、柱材と CLT 間の変位量に見合う荷重を算出し、実際の荷重との比較を行った(図 2.4.5-1～図 2.4.5-4)。

結果から、CLT が横架材にめり込むことによる荷重上昇は無視しがたいと考えられる（FW45-320 は柱が割裂したので影響が少ない）。また、実験前の推定値は、実際のビスの変位から求めた荷重変形角関係と概ね合っているが、FS90-110 については推定値の変形角あたりの荷重が低くなる結果となった。

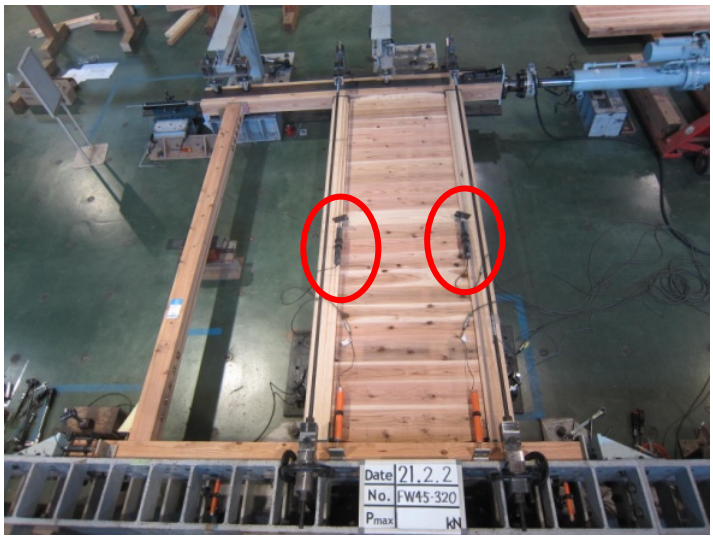
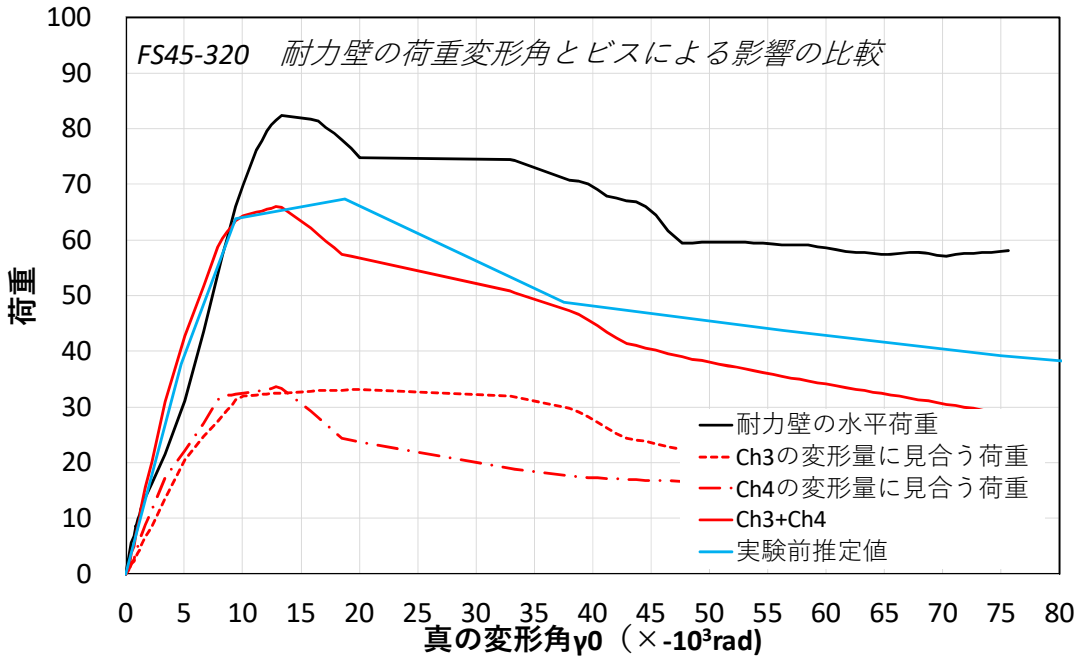


写真 2.4.5-1　柱材と CLT 間の変位の測定

＜正側＞



＜負側＞

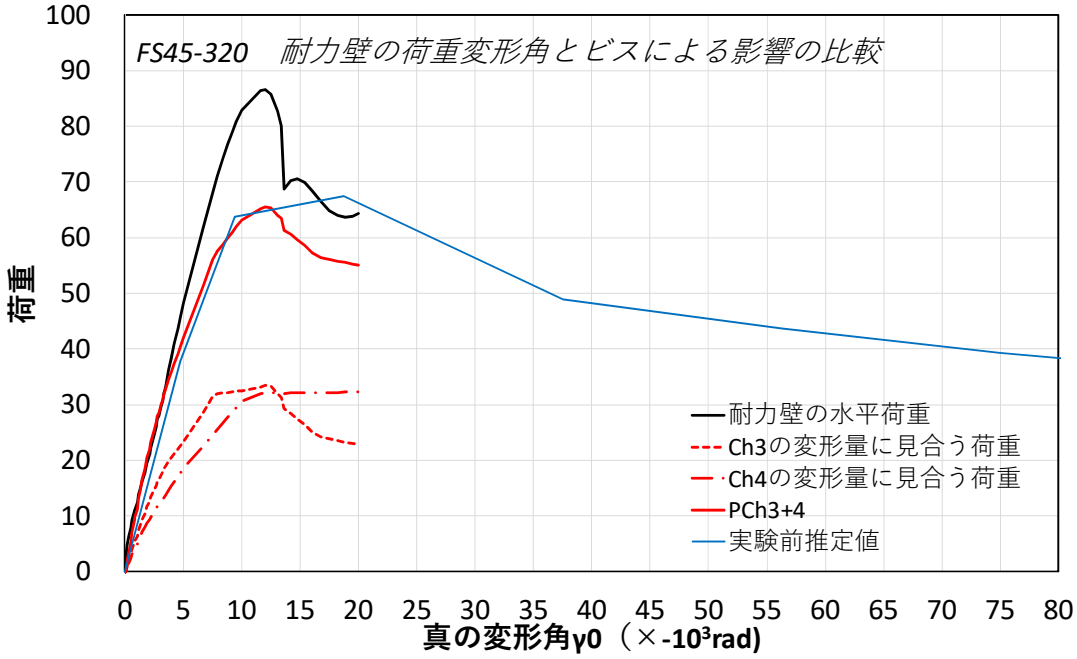
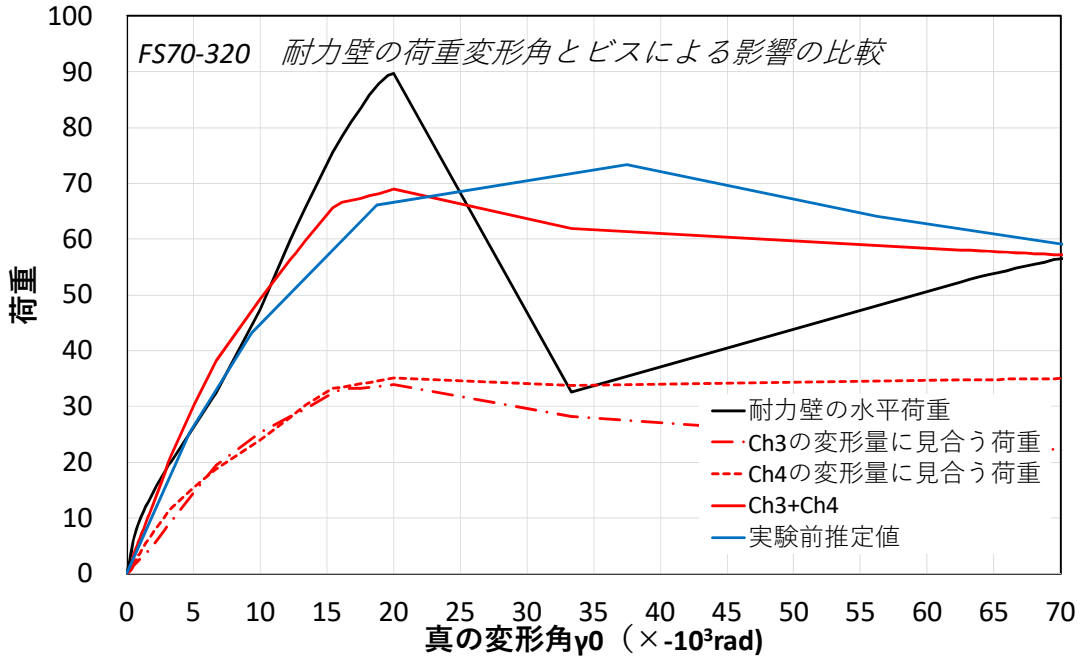


図 2.4.5-1　FS45-320 の柱材と CLT 間の変位の測定

＜正側＞



＜負側＞

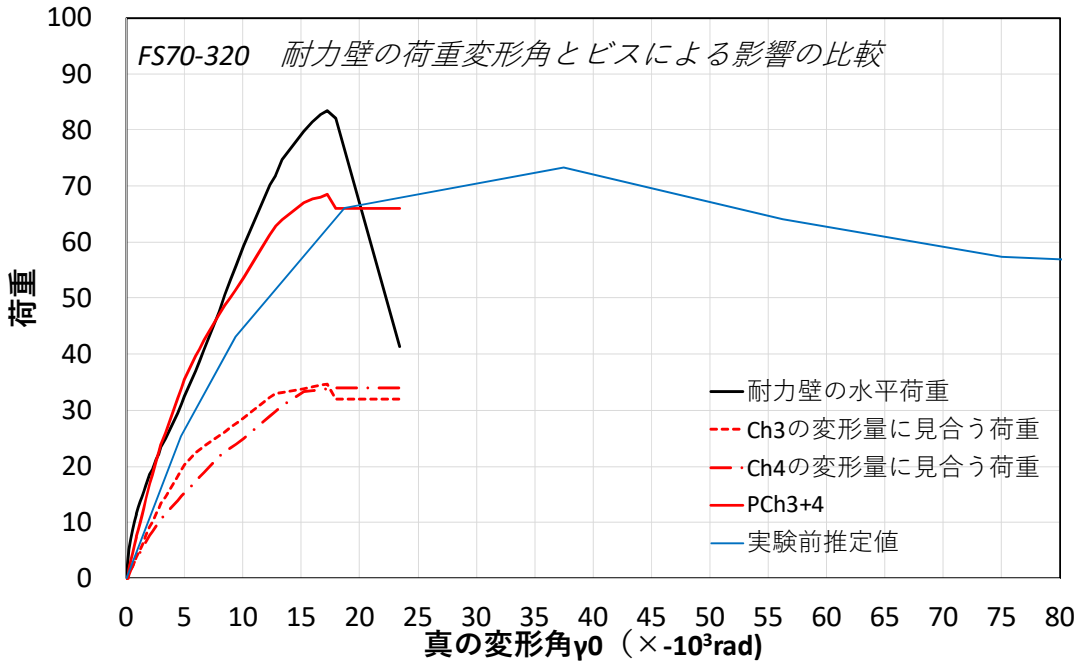
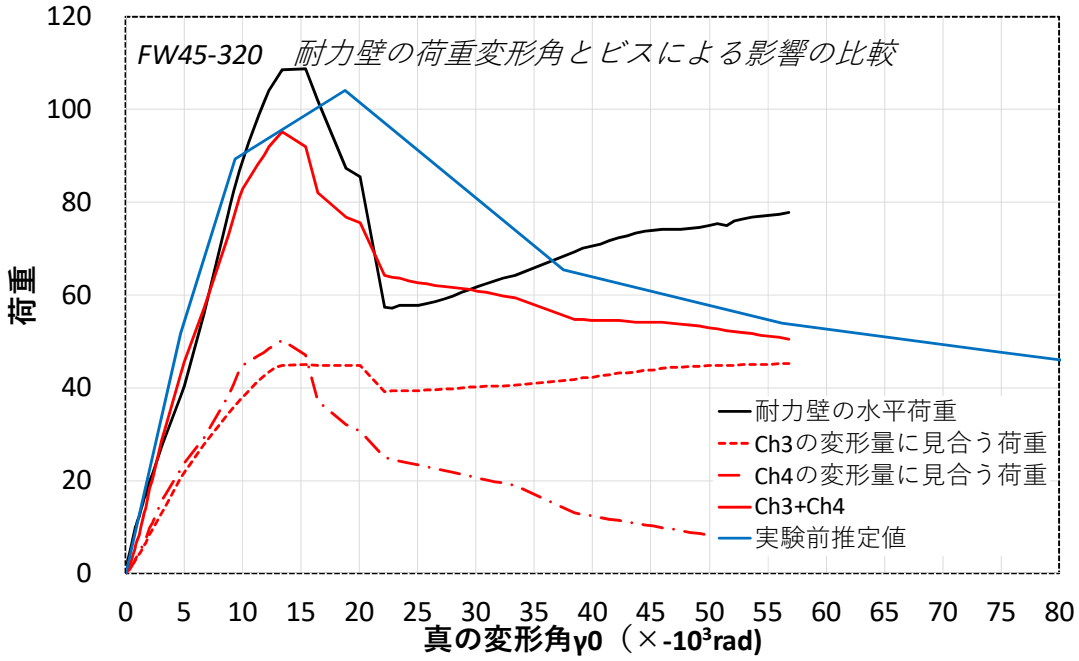


図 2.4.5-2　FS70-320 の柱材と CLT 間の変位の測定

＜正側＞



＜負側＞

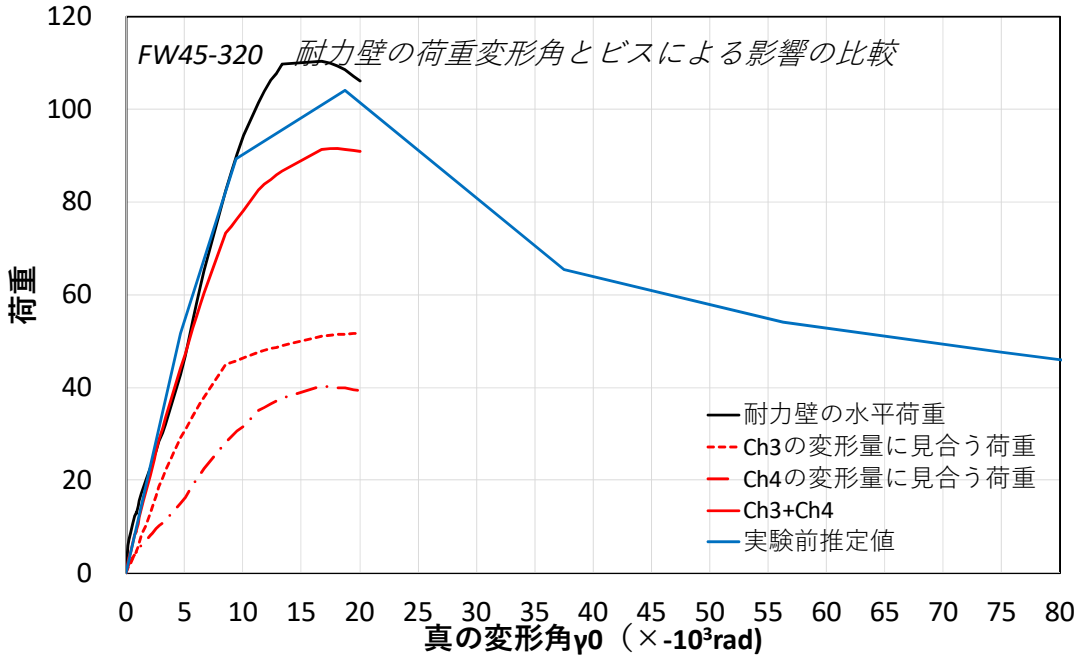
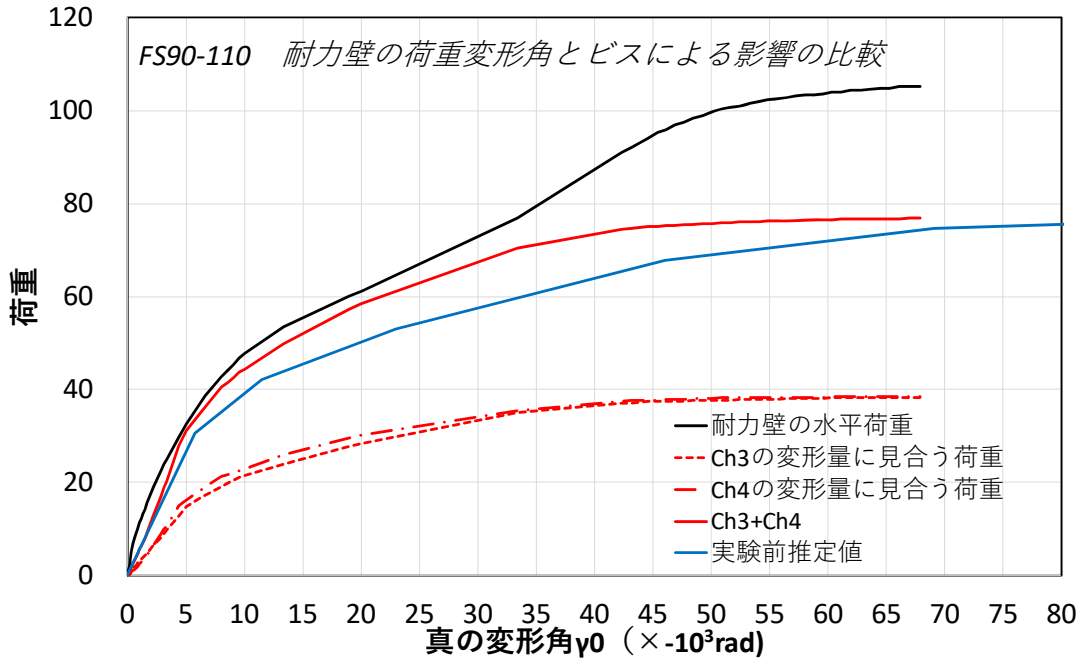


図 2.4.5-3　FW45-320 の柱材と CLT 間の変位の測定

＜正側＞



＜負側＞

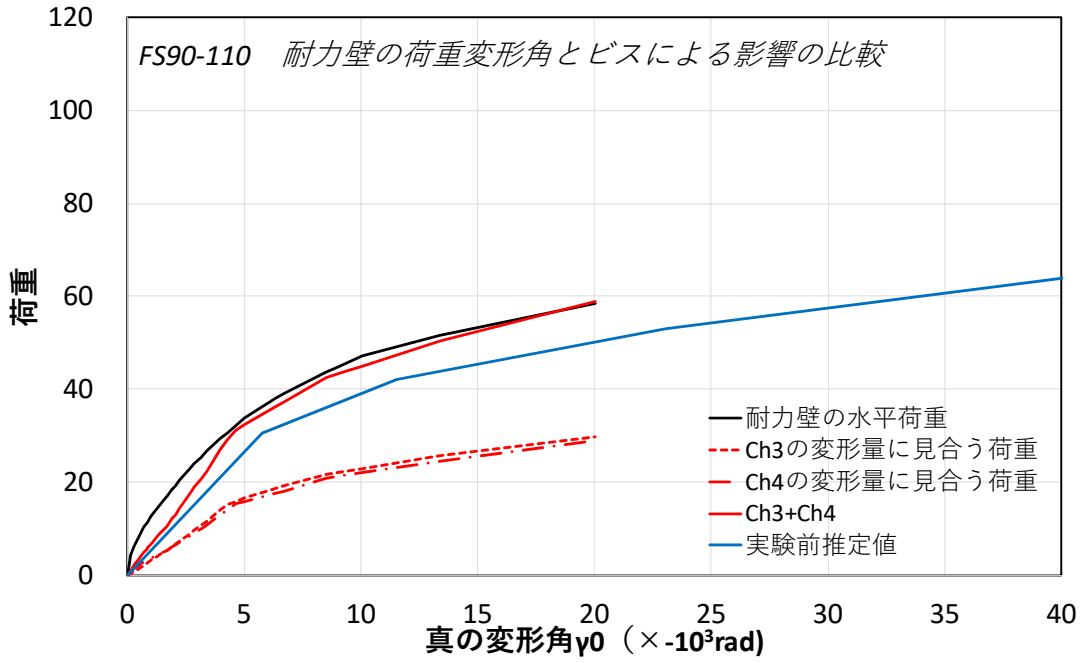


図 2.4.5-4　FW45-320 の柱材と CLT 間の変位の測定

2.4.6. CLT 脚部の回転中心位置

耐力壁試験では、写真 2.4.6-1 のとおり、柱材と CLT 間の変位を測定している（赤丸部分）。左右の変位をそれぞれ CH5,CH6 とすると、回転中心の割合は下式より算出できる。

$$回転中心の割合 = CH5/(CH5 - CH6)$$

X 軸を STEP 数としてグラフにすると図 2.4.6-1～図 2.4.6-3 のとおりとなる。なお、FS45-320 については測定していない。

計算による回転中心は緑線のとおりである。

1/150rad 時では、FS70-320 は計算値とほぼ一致、FW45-320 は計算値より大きめに、FS90-110 では計算値より小さめになった。

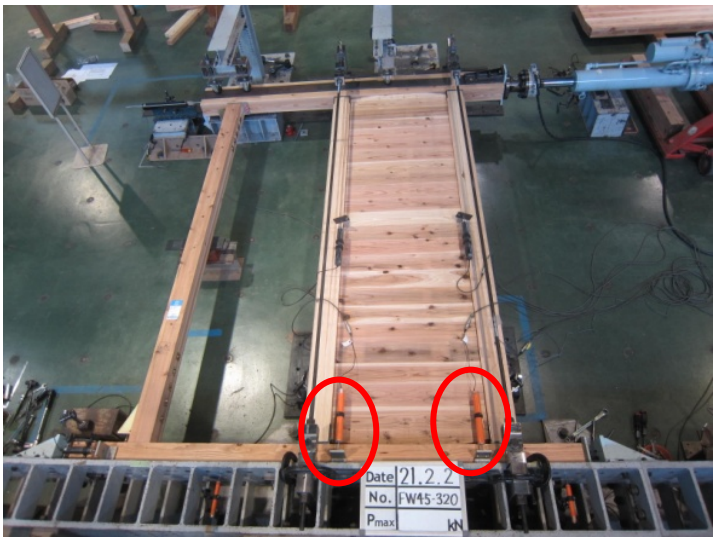


写真 2.4.6-1　柱材と CLT 間の変位の測定

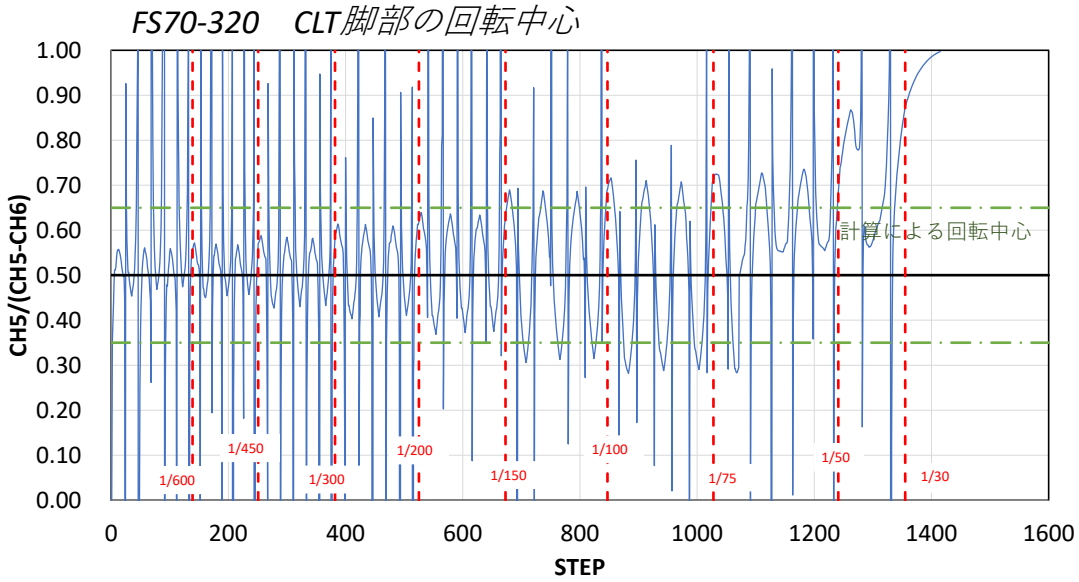


図 2.4.6-1　FS70-320　CLT 脚部の回転中心位置

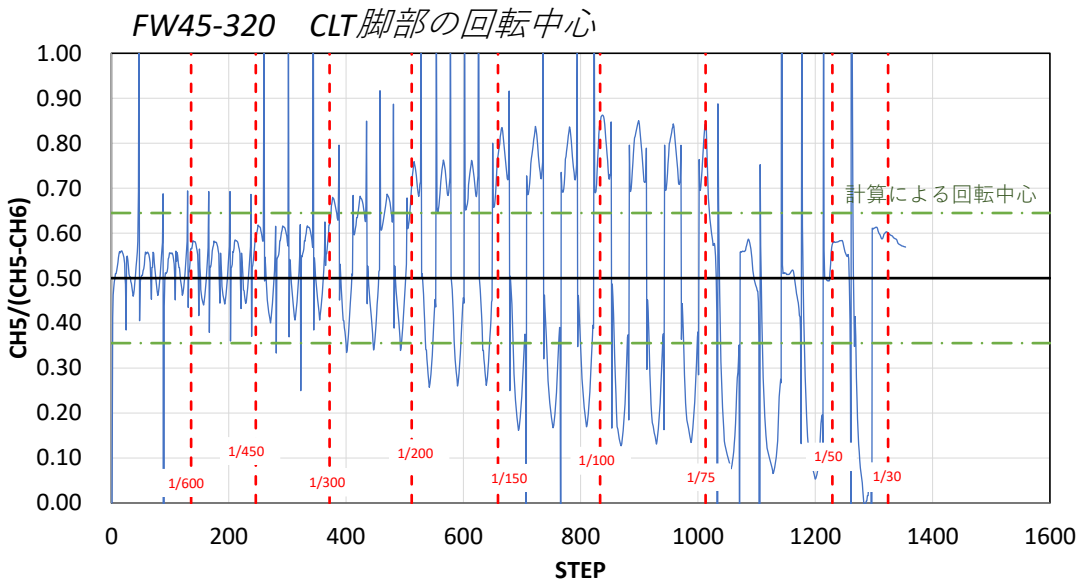


図 2.4.6-2　FW45-320　CLT 脚部の回転中心位置

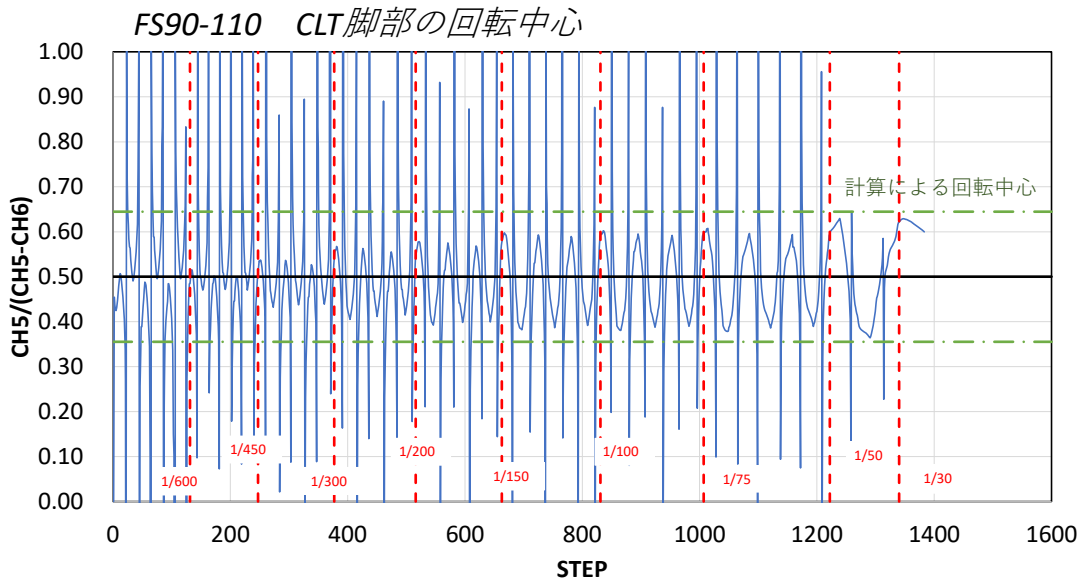


図 2.4.6-3　FS90-110　CLT 脚部の回転中心位置

2.4.7. 設計法の提案及び実験値と計算値の比較

（１）設計法の提案

1.2.1 項の推定式を踏まえて、設計法を提案する。

加力初期からは、CLT の端部めり込みは効いているものの、四隅が接していないことから、圧縮筋かい効果はないと思われるので、下式のとおりとする。

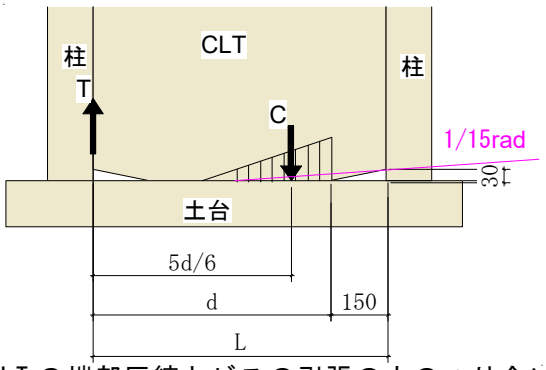


図 2.4.7-1 CLT の端部圧縮とビスの引張の力のつり合い（図 2.4.1-5 の再掲）

１）初期剛性 K

初期剛性は、ビスの一面せん断剛性 K_b、CLT の横架材へのめり込み剛性 K_m は図 2.4.7-1 より 2.4.7-2 式及び 2.4.7-3 式とし、これらを並列バネとした。これらの剛性と CLT パネルのせん断剛性 K_s(2.4.7-4 式)を直列バネとして 2.4.7-1 式のとおり算出するものとした。

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{K_b + K_m} + \frac{1}{K_s}\right)} \qquad \text{2.4.7-1 式}$$

$$K_b = \frac{25\Delta P_u \cdot n \cdot (\mathrm{L} - \mathrm{a})^2}{36H \cdot \Delta\delta_v} \qquad \text{2.4.7-2 式}$$

$$K_m = \frac{L(2L - 5a)(L - a) \cdot t \cdot C_{yb} \cdot E_{90h}}{24H \cdot d_b} \qquad \text{2.4.7-3 式}$$

$$K_s = G_{clt} \cdot L \cdot t \qquad \text{2.4.7-4 式}$$

ここで、K：耐力壁の剛性(kN/rad)

K_b：ビスのせん断剛性(kN/rad)

K_s：CLT のせん断剛性(kN/rad)

K_m：CLT 端部のめり込み剛性(kN/rad)

C_{yb}：稲山めり込み式より

d_b：横架材のせい（㎜）

E_{90h}：横架材の横圧縮ヤング係数（ここでは 1/50$E_{//}$とする。）

a: CLT 四隅の欠き込み長さ(㎜)　当該耐力壁では 150 ㎜

L: フレームの内法寸法(㎜)

H:壁高さ（㎜）

G_{clt}:CLT のせん断弾性係数 500N/㎟

t ：CLT の厚さ（㎜）

n：柱 1 本へのビス打ち込み本数(本)

2）降伏耐力 P_y

降伏耐力 P_yは柱-CLT 間のビス接合の降伏耐力 ΔP_yで決まるものとして、2.4.7-5 式のとおりとした。

$$P_y = 2 \cdot \Delta P_y \cdot n \cdot \frac{5(\mathrm{L}-\mathrm{a})}{6H} \qquad \text{2.4.7-5 式}$$

ここで、ΔP_y：ビス 1 本あたりの 50%下限値による降伏耐力(kN)

2）終局耐力 P_u

終局耐力 P_uは柱-CLT 間のビス接合の終局耐力 ΔP_uで決まるものとして、2.4.7-5 式のとおりとした。

$$P_u = 2 \cdot \Delta P_u \cdot n \cdot \frac{5(\mathrm{L}-\mathrm{a})}{6H} \qquad \text{2.4.7-6 式}$$

ここで、ΔP_u：ビス 1 本あたりの 50%下限値による終局耐力(kN)

3）塑性率 μ

塑性率 μ はビス単体の終局変位と Δ δv の比で決まるものとし、2.4.7-7 式のとおりとした。

$$\mu = \frac{\Delta \delta_u}{\Delta \delta_v} \qquad \text{2.4.7-7 式}$$

ここで、$\Delta \delta_v$：ビス 1 本当たりの δv(㎜)

$\Delta \delta_u$：ビス 1 本当たりの終局耐力時の変位(㎜)

4）その他

その他、R_vや 1/150rad 時の耐力P_{150}は 2.4.7-8 式、2.4.7-9 式によるものとした。

$$R_v = \frac{P_u}{K} \qquad \text{2.4.7-8 式}$$

$$P_{150} = \frac{K}{150} \qquad \text{2.4.7-9 式}$$

ここで、R_v ：耐力壁の終局変形角(rad)

（２）実験値と計算値の比較

設計式案による計算結果と実験結果は表 2.4.7-1 のとおりである。図 2.4.7-1～図 2.4.7-4 のとおり実験における正側・負側の包絡線と、計算によるバイリニア曲線の比較を示す。

図 2.4.7-1～図 2.4.7-3 より、No.1～3 の試験体について初期剛性はよく一致する結果となったが、図 2.4.7-4 の No.4 については上に凸の形状をしているため、表 2.4.7-1 のとおり 1/150rad 時の耐力が推定より高い結果となっている。

また、四隅に欠き込みを入れたことで、実験での終局耐力が推定より 5～20ｋN の上昇に抑えられる結果となった(計算では圧縮筋かい効果を見込んでいない)(図 2.4.7-1～図 2.4.7-4)。加えて、No.1 の塑性率が高くなったのも圧縮筋かい効果によって荷重が持ち直したことが原因ではないかと思われる。No.2 については、柱の割裂により、推定結果より靭性が低くなる結果となった。

表 2.4.7-1　計算結果と実験結果

				No.1		No.2		No.3		No.4	
				FS45-320		FS70-320		FW45-320		FS90-110	
入力データ	耐力壁の仕様	ビスの種類		8-320		8-320		8-320		8-320	
		打ち方		45°		70°		45°		90°	
		CLTの向き		強軸方向		強軸方向		弱軸方向		強軸方向	
		壁高さ	H(mm)	3000		3000		3000		3000	
		壁幅	L(mm)	790		790		775		775	
		せん断弾性係数	G_{clt}(kN/mm^2)	0.5		0.5		0.5		0.5	
		CLT板厚	t	90		90		90		90	
		CLT端部の開口幅	a(mm)	150		150		150		150	
		横架材の横圧縮ヤング係数	E_{90b}(kN/mm2)	0.216		0.216		0.216		0.216	
		横架材のせい	d_b(mm)	120		120		120		120	
		横架材の幅	B(mm)	120		120		120		120	
		横架材の繊維直角方向置換係数		7		7		7		7	
		柱1本あたりの使用本数	n	16		22		24		41	
	ビス1本あたりの強度性能	ビス1本の降伏耐力	ΔPy	7.5		5.1		7.7		2.9	
		ビス1本の終局耐力	ΔPu	11.3		7.7		12.3		4.9	
		ビス1本の初期剛性	ΔK	5.2		2.1		5.0		1.0	
		ビスのδv	Δδv	2.30		3.95		2.57		4.90	
		ビスの塑性率	μ	3.6		5.8		2.3		6.1	
出力結果	耐力壁評価		Cyb	1.19		1.19		1.19		1.19	
		ビスのせん断剛性(kN/rad)	Kb	7453		4057		10372		3726	
		CLT脚部のめり込み剛性(kN/rad)	Km	1119		1119		1034		1034	
		CLTのせん断剛性(kN/rad)	Ks	35550		35550		34875		34875	
		耐力壁の剛性(kN/rad)	K	8573		4519		8595		4188	
		終局耐力	Pu	64.28		60.10		102.36		70.11	
		降伏耐力	Py	42.67		39.63		64.03		40.57	
		1/150rad時の耐力	P150	57.15		30.13		57.30		27.92	
		Pu*0.2 *√(2μ-1)		31.99		39.00		38.63		47.02	
		換算壁倍率		**17.9**		**16.9**		**21.7**		**15.7**	
実験結果				**正側データ**	**負側データ**	**正側データ**	**負側データ**	**正側データ**	**負側データ**	**正側データ**	**負側データ**
		2/3Pmax		54.9	57.7	59.9	55.6	72.5	73.5	70.2	–
		降伏耐力	Py	56.3	43.0	60.6	55.7	78.4	69.5	47.3	–
		1/150rad時の耐力	P150	43.6	61.7	29.2	40.8	55.8	65.1	38.6	39.1
		Pu*0.2 *√(2μ-1)		39.8	24.0	19.1	20.7	30.3	34.2	44.0	–
		換算壁倍率		**22.3**	**13.5**	**10.7**	**11.6**	**17.0**	**19.2**	**21.6**	**21.9**
計算 / 実験				**0.80**	**1.33**	**1.58**	**1.46**	**1.27**	**1.13**	**0.72**	**0.71**

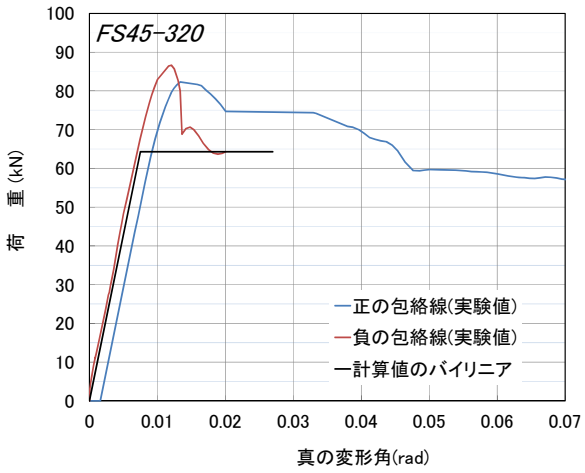


図 2.4.7-1　FS45-320 の包絡線（実験値）とバイリニア（計算値）の比較

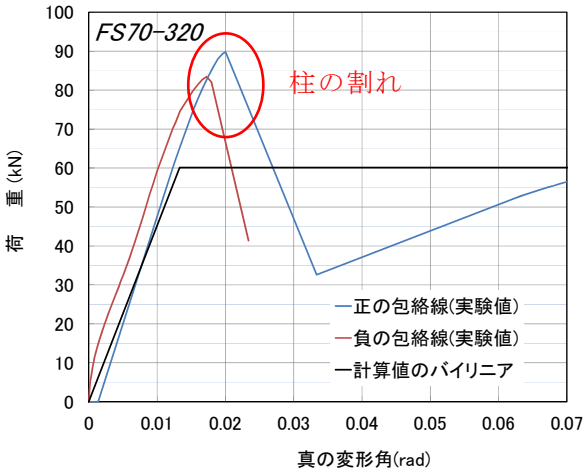


図 2.4.7-2　FS70-320 の包絡線（実験値）とバイリニア（計算値）の比較

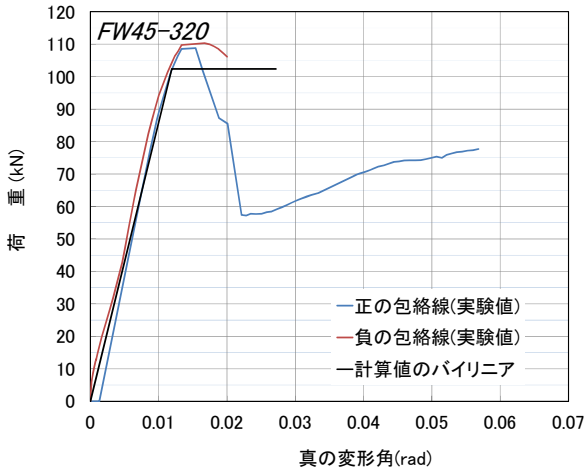


図 2.4.7-3　FW45-320 の包絡線（実験値）とバイリニア（計算値）の比較

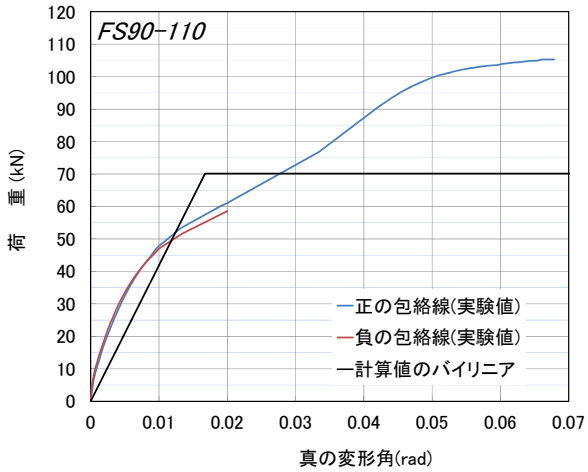


図 2.4.7-4　FS90-110 の包絡線（実験値）とバイリニア（計算値）の比較

2.5. まとめ及び今後の課題

（１）まとめ

本章では、木造軸組み工法の鉛直構面に CLT を面材として用いた耐力壁の開発を目的として、フルスレッドビスを用いた真壁耐力壁について、ビス接合部の一面せん断試験（要素試験）及び耐力壁の面内せん断試験を行い、その設計法について検討を行った。

ビス接合部の一面せん断試験の結果、フルスレッドビス HTS8-110 を用いた試験については、CLT の向き（強軸方向 or 弱軸方向）、ビスの打ち込み方向（CLT から軸材へ or 軸材から CLT へ）の違いはほぼ見られない結果となった。一方、フルスレッドビス HTS9-320 を用いた試験では、加力方向に対して斜めに打ち込む仕様について実験を行っており、その結果加力方向に対する打ち込み角度を変えると荷重変形関係が大きく変化することが分かった。通常は加力方向に対して直角にビスを打つことが一般的だが、ビスが引き抜き方向となる加力の場合、初期剛性・降伏耐力・終局耐力が上昇し、靭性が低下する。ビスが引き抜き方向と逆に加力した場合は、初期剛性が高くなるが、降伏耐力や終局耐力は低くなる結果となった。

耐力壁強度性能推定のため、上記のビスの荷重変形関係の平均曲線を求め、CLT 端部と横架材への圧縮力とビスの引張力とのつり合いから、耐力壁の荷重変形関係を推定し、耐力壁が 15 倍（低減係数を見込んで 18 倍）になるようにビス本数を調整して耐力壁の設計を行った。

耐力壁の面内せん断試験は、上記の結果を踏まえて 4 種類の試験を実施した。そのうちの 3 種類については目標を満足する結果となったが、終局時に CLT の圧縮筋かい効果によって最大耐力（終局耐力）が推定よりも大きくなる結果となった（想定の範囲内）。残りの 1 種類については、ビスを多数本打ったことにより、柱が割裂し、目標を満足することができなかった。

ビスの要素試験データから耐力壁の特性値を求めるための設計式を作成し、その妥当性を確認した。

（２）今後の課題

耐力壁試験では、柱の割裂により脆性的に破壊した試験体があったので、今後の課題として、ビスの打ち方を千鳥配置 2 列以上とすることや、柱断面を大きくするなど、対策を講じる必要がある。ただし、CLT の厚みが 90 ㎜と比較的薄いので、2 列打ちにする場合には加力方向だけでなく、加力と直交方向に対しても斜めにビス打ちすることになり、施工が困難なものとなる。

また、今回の鉛直構面の面内せん断試験はタイロッド式で実施しているため、実際の柱脚金物に使う場合には、柱の引張性能も考慮する必要がある。なお、合板耐力壁等の場合は、壁長さを長くする場合に合板相互の目地が必要となるため、柱に繊維方向のせん断力が生じるが、CLT を面材にする場合には、目地を設けず 1 枚のパネルを使用することで、この問題を解決したいと考える。

３．鉄骨床梁を併用したCLTパネル耐力壁の開発

3. 鉄骨床梁を併用したCLTパネル耐力壁の開発

3.1 事業の目的

CLT を用いた中層大規模建築物を設計する際、建築物の壁・床構面の全てに CLT を用いると、構造的・経済的に非効率な建築物となることがある。この課題に対し、鉄骨床梁を用いて CLT パネル工法が設計できれば、構造的・経済的に効率が良く、かつ合理的な設計を行うことが可能となる。そこで本事業では、CLT パネル工法の合理的な設計法の展開による普及促進を目的に、CLT パネル工法の CLT 床構面を鉄骨床梁架構に置換した CLT パネル工法の合理的な設計方法と接合方法等の開発を事業の目的とする。

3.2　想定する建築物の概要

本事業では、4 階建て共同住宅を対象とし検討を行う。建築物の概要を表 3.2-1 示す。

表 3.2-1　4 階建て共同住宅の建築物概要

建物名称	4 階建て共同住宅
用途	共同住宅
階数	地上 4 階建て
戸数	全 16 戸（4 住戸×4 層）
建築面積	192.32㎡
延床面積	694.00㎡
1 戸当たりの面積	36.00㎡（10.89 坪）
建物高さ	14.162m
軒の高さ	13.512m
屋根勾配	1/50（水勾配）
防耐火要件	1 時間耐火構造
構造種別	CLT 壁パネル+鉄骨梁
構造形式	CLT パネル工法
計算ルート	ルート 3
CLT 壁厚さ	150㎜
構造材料(壁)	ヒノキ CLT　S90-5-5

3.2.1　意匠図

4 階建て共同住宅の設計図のうち、意匠図を参考 1 に示す。

3.2.2　構造図

4 階建て共同住宅の設計図のうち、構造図を参考 2 に示す。

3.3　要素実験

3.3.1　丸鋼引張実験

3.3.1.1 目的

ドリフトピンに用いた丸鋼（SS400）の材料強度を求め、鋼板挿入ドリフトピン接合におけるドリフトピンの性能を把握する。

3.3.1.2 実験概要

(1) 試験体

試験体は、SS400、φ16、長さ 1000mm の丸鋼で、試験体数は 3 体とした。試験体中央部 2 箇所にひずみゲージを貼り付けた。

(2) 実験方法

写真 3.3.1-1 に試験体の設置状況を示す。加力方法は単調載荷とし、試験体が破断するまで載荷した。

写真 3.3.1-1　試験体の設置状況

3.3.1.3実験結果

応力度ひずみ関係を図 3.3.1-1 に示す。

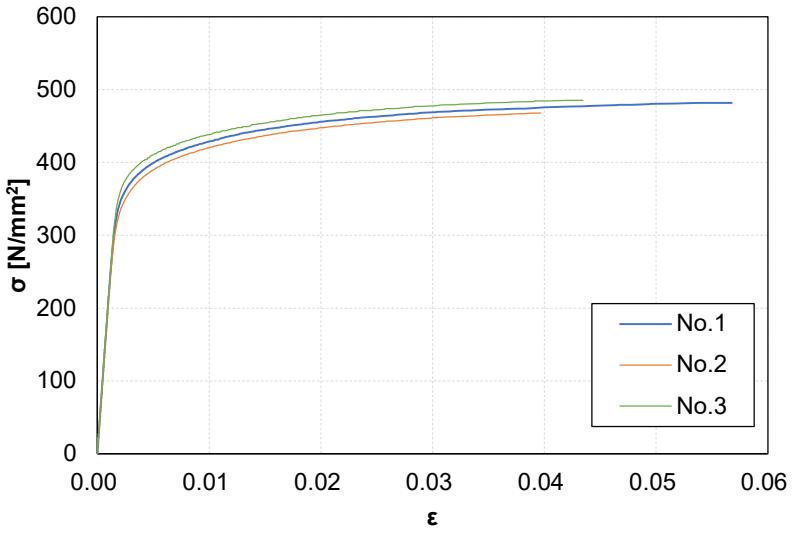


図 3.3.1-1　応力度ひずみ関係

表 3.3.1-1 の各特性値を示す。降伏応力度 σ_y については、0.2%オフセット法により算出した。算出方法は以下のとおりである。

①包絡線上の $0.1\sigma_{max}$ と $0.4\sigma_{max}$ を結ぶ第Ⅰ直線を引く

②第Ⅰ直線をドリフトピン径の 0.2%だけ平行移動した第Ⅱ直線を引く

③第Ⅱ直線と包絡線との交点を降伏応力度 σ_y とする

また、ヤング係数 E については $0.1\sigma_{max}$ と $0.4\sigma_{max}$ を結ぶ直線の傾きとした。

表 3.3.1-1　各特性値

DP 引張	σ_{max} [N/mm²]	σ_y [N/mm²]	ε_y	E [N/mm²]
No.1	483.5	385.0	0.0038	213292
No.2	481.4	375.0	0.0038	209384
No.3	491.5	419.9	0.0062	213292
平均値	485.5	393.3	0.0046	211989
5%下限値	468.7	319.0	-	-
50%下限値	-	-	-	210927
最大値	491.5	419.9	0.0062	213292
最小値	481.4	375.0	0.0038	209384
標準偏差	5.33	23.57	0.00	2256
CV	0.01	0.06	0.30	0.01

3.3.2　鋼板挿入ドリフトピン接合部引張実験

3.3.2.1 目的

現在、CLT 設計施工マニュアルには、引きボルトを用いた接合、添え板鋼板と木ねじを用いた接合等の事例が掲載されている。一方、近年、中高層建築物等を対象として、挿入鋼板とドリフトピンを用いた接合による設計例がみられるようになっている。

ここでは、鋼板挿入 CLT ドリフトピン接合部の構造性能に関するデータを収集するために、ドリフトピン間隔をパラメータとする接合部の引張実験を実施した。

3.3.2.2 実験概要

(1) 試験体

試験体の樹種はヒノキ、強度等級は S90、層構成は 5 層 5 プライである。使用した鋼板は厚さ 12mm、ドリフトピン径はφ16 である。表 3.3.2-1 に試験体の材料特性を示す。

試験体の概要として、4d×4d-1×6 の試験体図を図 3.3.2-1 に示す。試験体の種類は端距離、縁距離をパラメータに 6 種類とし、試験体数は各パラメータ 4 体ずつ（5d×5d-1×6 のみ 3 体）計 23 体とした。表 3.3.2-2 に試験体一覧を、図 3.3.2-2 に試験体のパラメータを示す。

表 3.3.2-1　材料特性

CLT					ドリフトピン		鋼板	
樹種	等級	層構成	厚さ[mm]	スリット厚 [mm]	規格	径[mm]	規格	厚 [mm]
ヒノキ	S90	5 層 5 プライ	150	14	SS400	φ16	SS400	12

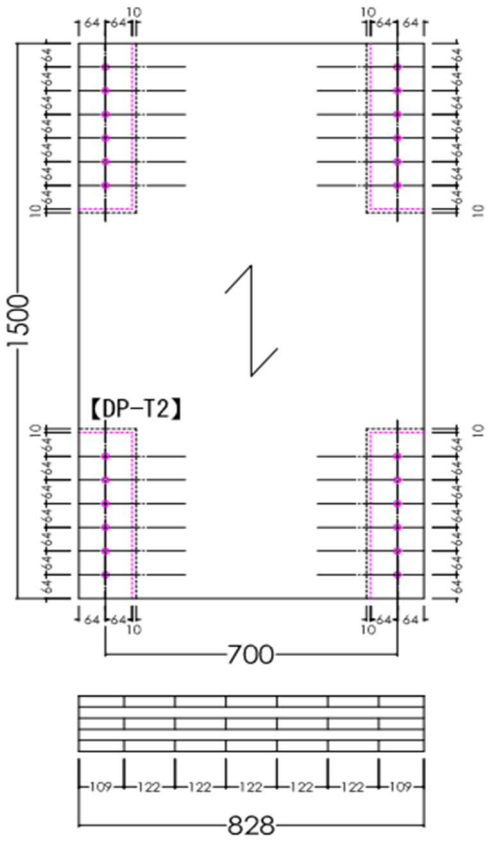
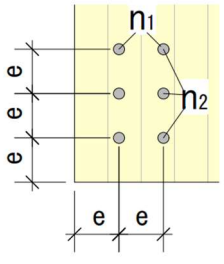


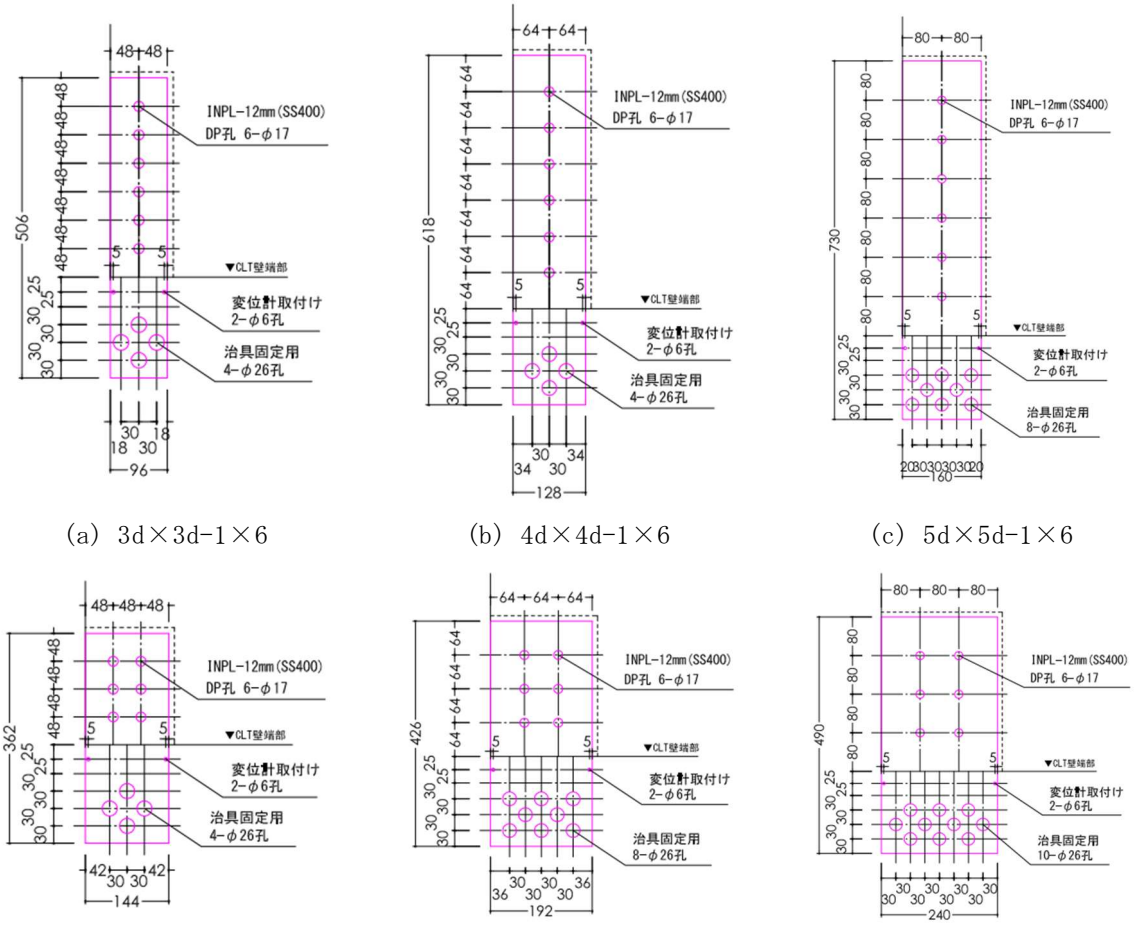
図 3.3.2-1　試験体図

表 3.3.2-2　試験体一覧

試験体	t_{gross} [mm]	d [mm]	n_1	n_2	e [mm]		試験体数
3d×3d-1×6	150	16	1	6	48	3d	4
4d×4d-1×6			1	6	64	4d	4
5d×5d-1×6			1	6	80	5d	3
3d×3d-2×3			2	3	48	3d	4
4d×4d-2×3			2	3	64	4d	4
5d×5d-2×3			2	3	80	5d	4

t_{gross}：CLT 厚さ
d：ドリフトピン径
n_1：横方向のドリフトピン本数
n_2：縦方向のドリフトピン本数
e：端距離、縁距離およびドリフトピン間隔





(a) 3d×3d-1×6　(b) 4d×4d-1×6　(c) 5d×5d-1×6

(d)3d×3d-2×3　(e) 4d×4d-2×3　(f) 5d×5d-2×3

図 3.3.2-2　パラメーター一覧

(2) 試験体名

試験体名の命名方法を図 3.3.2-3 に示す。

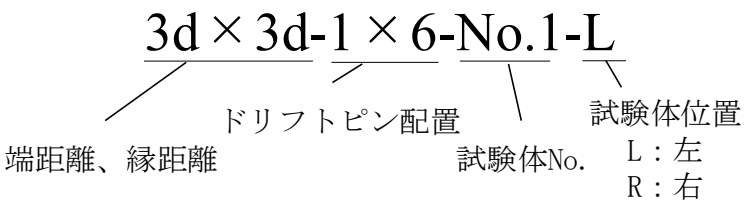


図 3.3.2-3　試験体名の命名方法

(3) 実験方法

加力は 1000kN の試験機を用いて行い、加力方法は単調引張とした。また、加力の終了は最大荷重到達後、最大荷重の 80%まで低下した時点とした。図 3.3.2-4 に計測機器設置図、写真 3.3.2-1 に試験体の設置状況を示す。左右の接合部の各 2 箇所に変位計（CDP-50）を設置し、鋼板と CLT との相対変位を計測した。

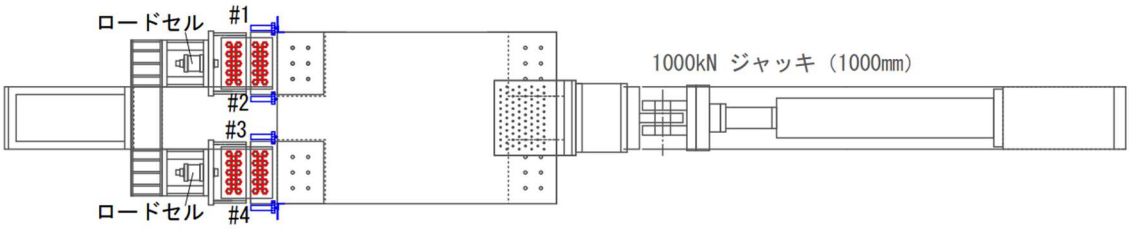
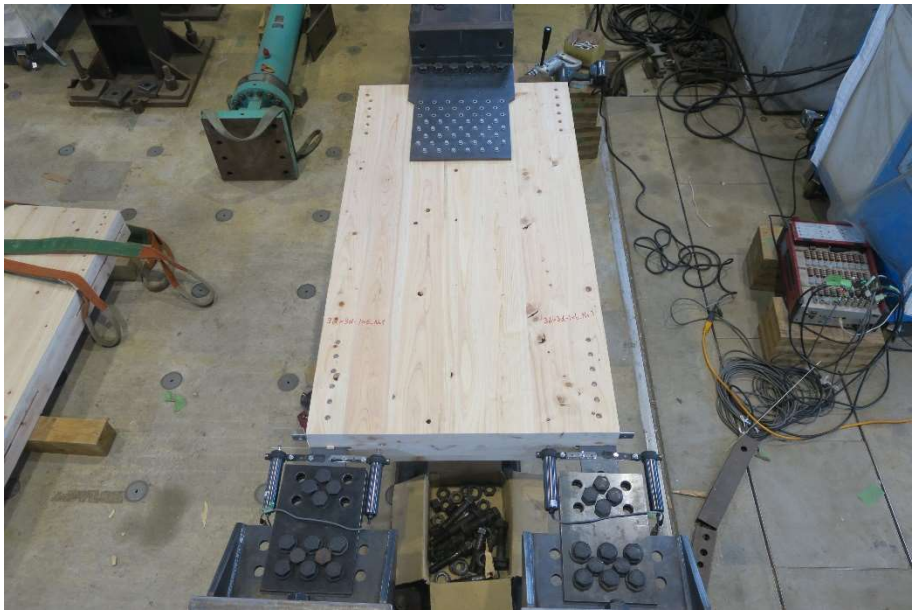


図 3.3.2-4　計測機器設置図



3d×3d-1×6

写真 3.3.2-1　試験体の設置状況

3.3.2.3 実験結果

(1) 破壊モードの分類

破壊モードの定義を図 3.3.2-5 に示す。破壊モードは以下の 4 種類である。

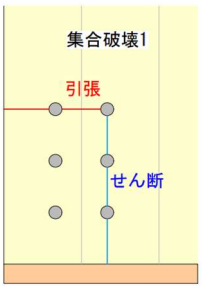
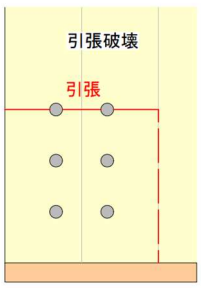
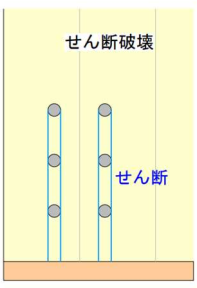
破壊モード	集合破壊 1	引張破壊	せん断破壊	割裂破壊
概要				スリットの開きによる割裂破壊
	引張+せん断破壊	引張破壊のみ	せん断破壊のみ	

図 3.3.2-5　破壊モードの定義

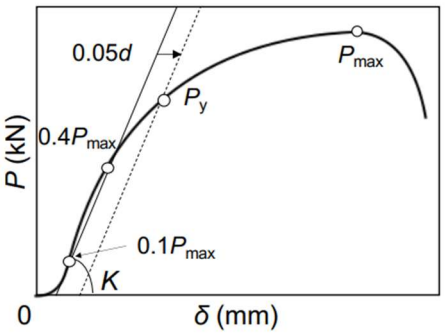
(2) データの整理方法

各試験体において、接合部の変位は以下のように求める。

$$\text{左側接合部変位：}\frac{(\#1+\#2)}{2}$$

$$\text{右側接合部変位：}\frac{(\#3+\#4)}{2}$$

初期剛性 K と降伏荷重 P_y は図 3.3.2-6 に示す方法で求めた。初期剛性は、最大荷重 P_{max} の 10%と 40%を結んだ直線の傾きとし、降伏荷重は初期剛性の直線を右に 5%（ドリフトピン径の 5%）オフセットした直線と曲線の交点の値とした。



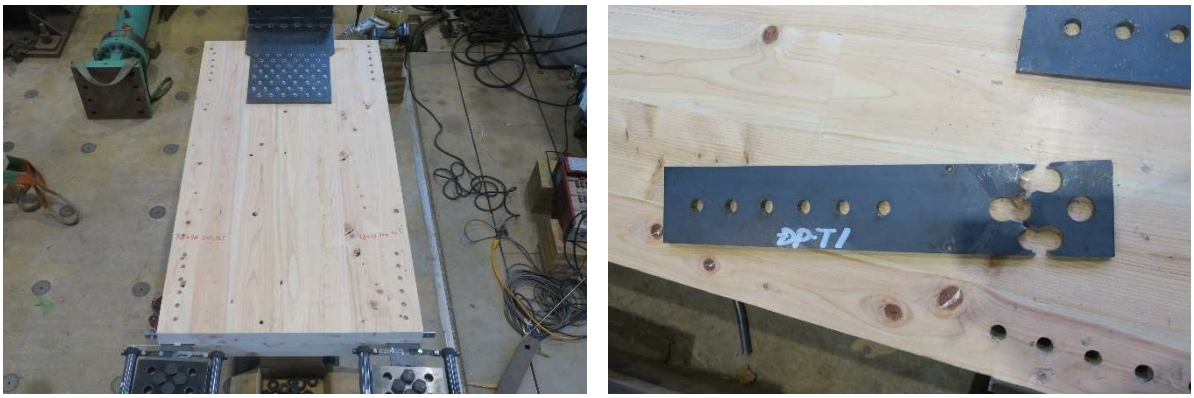
P_{max}：最大荷重
K：初期剛性 $0.1P_{max}$と$0.4P_{max}$を結んだ線
P_y：Kの直線を0.05d（DP直径dの5%）
　　右にオフセットした直線と曲線の交点
δ_{max}；P_{max}のときの変位
δ_y：P_yのときの変位

図 3.3.2-6　初期剛性と降伏荷重の求め方

(3) 各試験体の破壊性状、荷重変形関係および特性値

1) 3d×3d-1×6

写真 3.3.2-2~8 に破壊性状を、図 3.3.2.7 に荷重変形関係を、表 3.3.2-3 に各特性値を示す。No.1 のみ鋼板が引張破断となった。



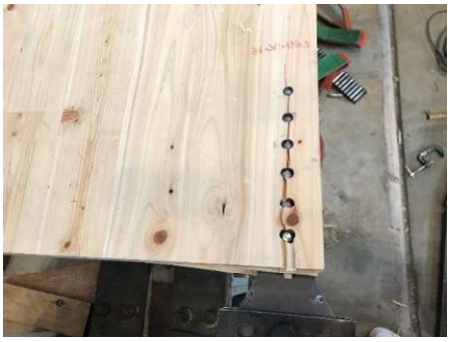
(a) 加力後の様子　　(b) 鋼板の破断

写真 3.3.2-2　No.1 の破壊性状

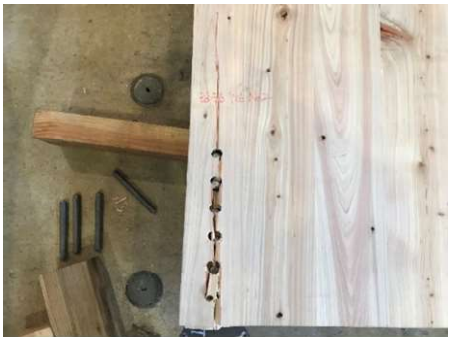
(a) 表面　　(b) 裏面

(c) 底面　　(d) 側面

写真 3.3.2-3　No.2-L の破壊性状



(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-4　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

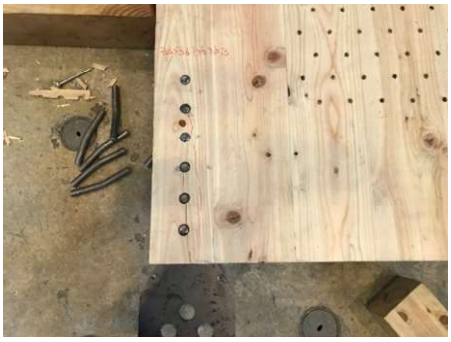
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-5　No.3-L の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-6　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-7　No.4-L の破壊性状

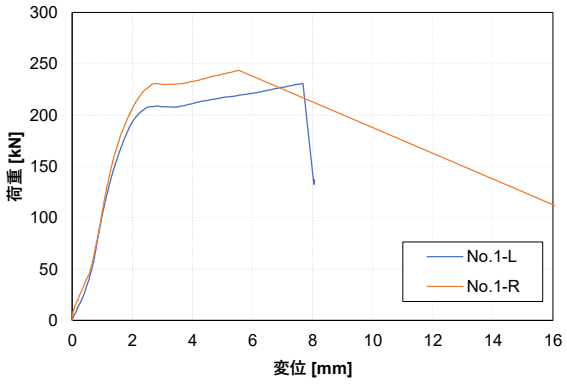
(a) 表面

(b) 裏面

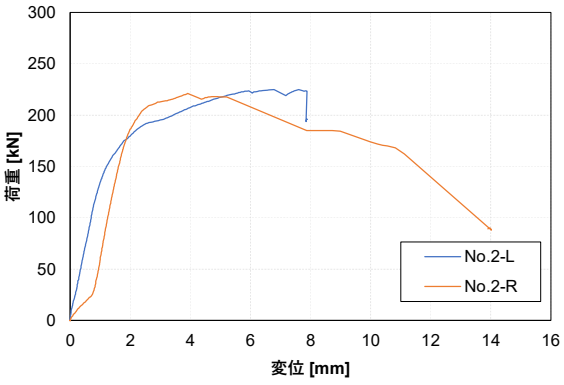
(c) 底面

(d) 側面

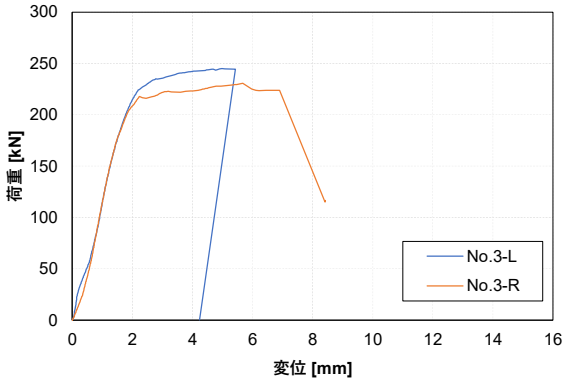
写真 3.3.2-8　No.4-R の破壊性状



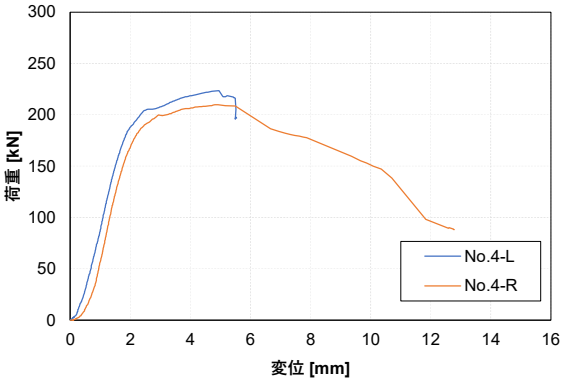
(a) No.1



(b) No.2



(c) No.3



(d) No.4

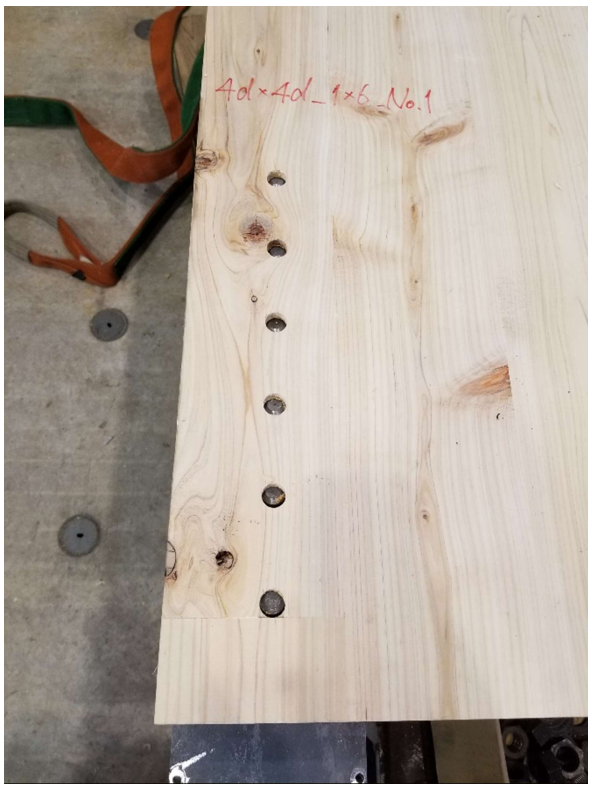
図 3.3.2-7　荷重変形関係

表 3.3.2-3　各特性値

3d×3d_1×6	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
No.1-L	230.7	7.65	208.5	2.64	120.5
No.1-R	243.6	5.52	230.7	2.80	103.9
No.2-L	225.0	7.60	182.5	2.09	138.2
No.2-R	221.1	3.91	212.7	2.98	119.3
No.3-L	244.8	4.99	235.9	3.05	100.0
No.3-R	230.4	5.68	215.9	2.46	130.0
No.4-L	223.3	4.96	205.6	2.80	113.1
No.4-R	209.6	4.82	199.6	2.95	115.6
平均値	228.6	5.64	211.4	2.72	117.6
5%下限値	203.0	-	174.3	-	-
50%下限値	-	-	-	-	114.4
最大値	244.8	7.65	235.9	3.05	138.2
最小値	209.6	3.91	182.5	2.09	100.0
標準偏差	11.67	1.33	16.95	0.32	12.60
CV	0.05	0.24	0.08	0.12	0.11

2)　4d×4d-1×6

写真 3.3.2-9~3.2-16 に破壊性状を、図 3.3.2-8 に荷重変形関係を、表 3.3.2-4 に各特性値を示す。



(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-9　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

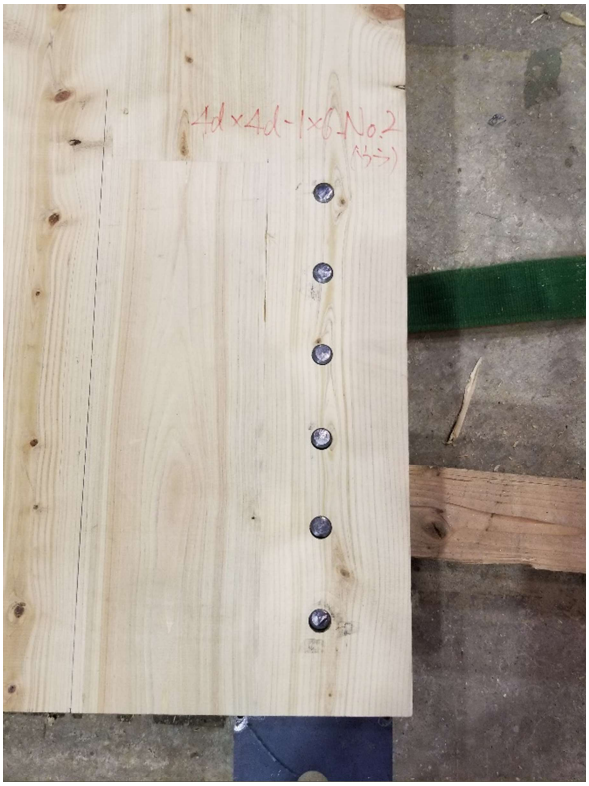
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-10　No.1-R の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面

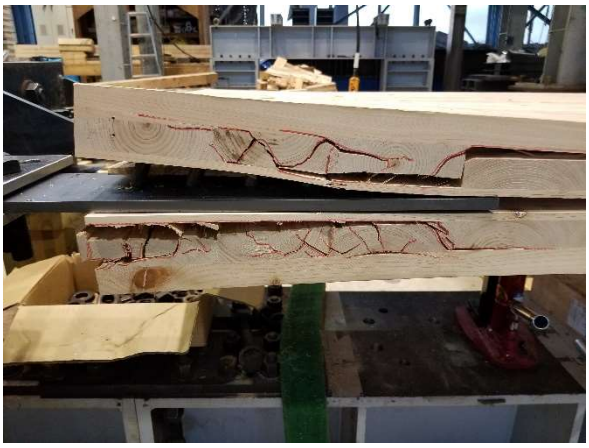
(d) 側面

写真 3.3.2-11　No.2-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面



(d) 側面

写真 3.3.2-12　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-13　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-14　No.3-R の破壊性状

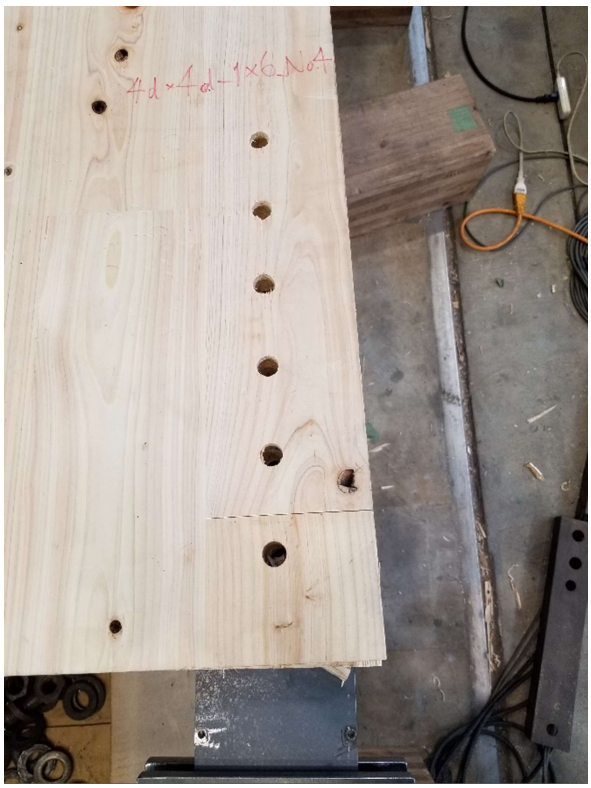
(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-15　No.4-L の破壊性状



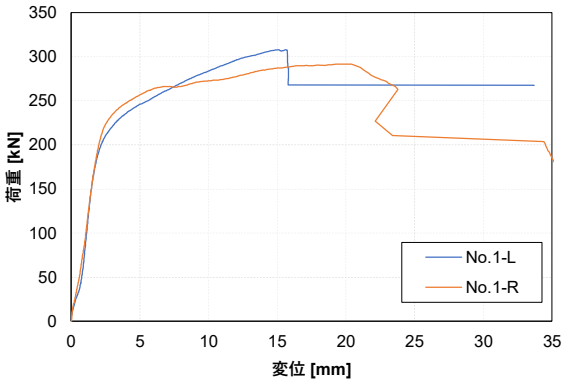
(a) 表面

(b) 裏面

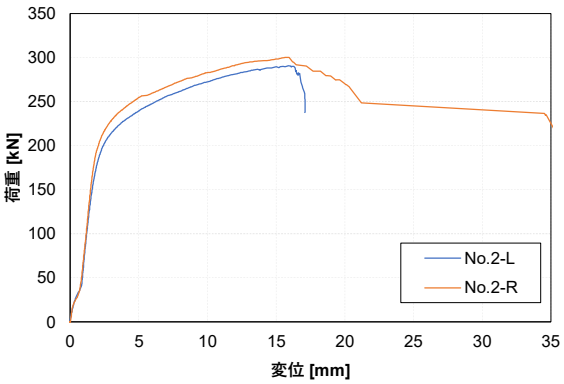
(c) 底面

(d) 側面

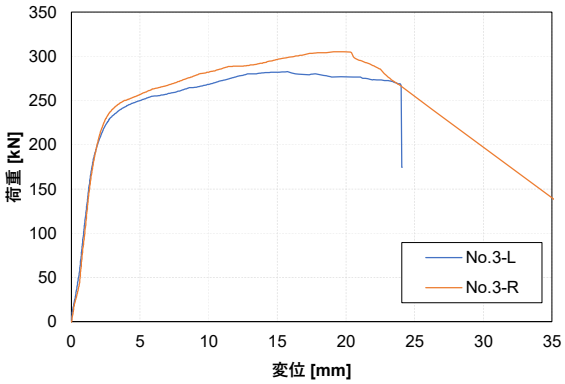
写真 3.3.2-16　No.4-R の破壊性状



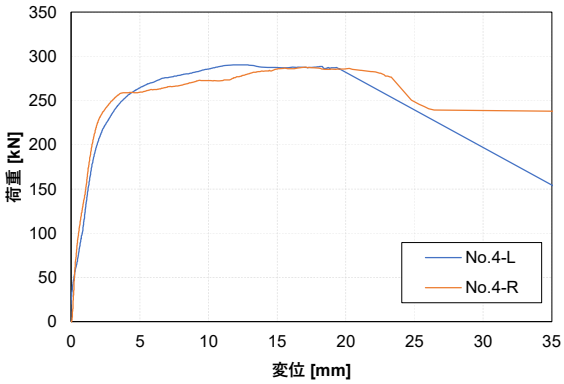
(a) No. 1



(b) No. 2



(c) No. 3



(d) No. 4

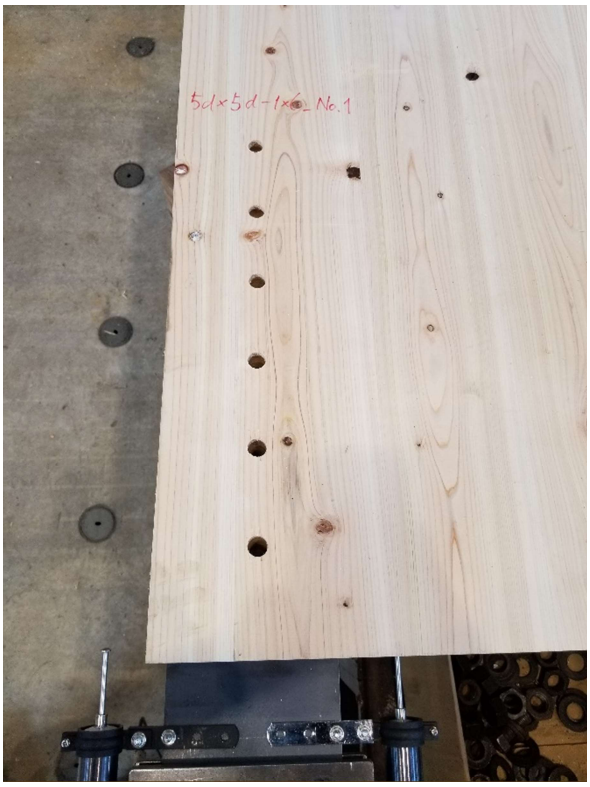
図 3.3.2-8　荷重変形関係

表 3.3.2-4　各特性値

4d×4d_1×6	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
No.1-L	308.0	15.61	219.0	2.89	114.3
No.1-R	291.7	19.94	237.2	3.17	100.4
No.2-L	290.7	15.88	216.2	3.11	100.8
No.2-R	300.3	15.93	227.7	2.94	124.8
No.3-L	282.6	15.75	227.4	2.71	122.9
No.3-R	305.3	19.11	237.0	2.82	127.5
No.4-L	290.5	12.56	235.6	3.00	94.9
No.4-R	287.7	17.06	233.3	2.16	169.2
平均値	294.6	16.48	229.2	2.85	119.4
5%下限値	275.0	-	211.4	-	-
50%下限値	-	-	-	-	113.4
最大値	308.0	19.94	237.2	3.17	169.2
最小値	282.6	12.56	216.2	2.16	94.9
標準偏差	8.93	2.28	8.12	0.32	23.67
CV	0.03	0.14	0.04	0.11	0.20

3)　5d×5d-1×6

写真 3.3.2-17～21 に破壊性状を、図 3.3.2-9 に荷重変形関係を、表 3.3.2-5 に各特性値を示す。



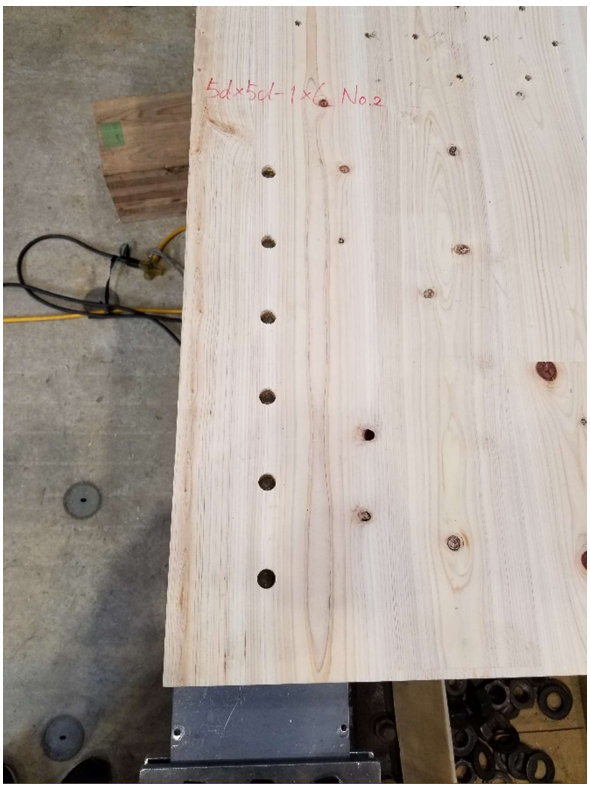
(a) 左側

(b) 右側

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-17　No.1 の破壊性状



(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-18　No.2-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-19　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

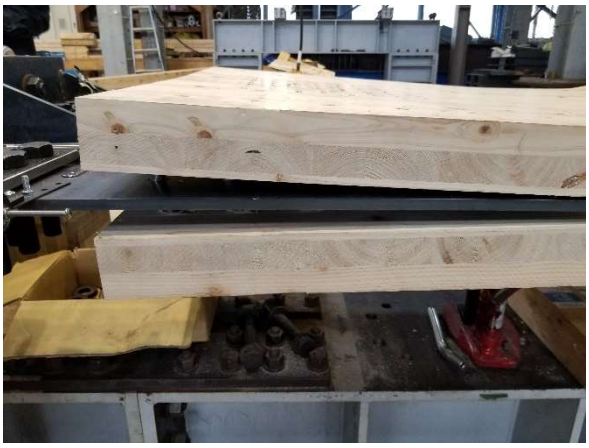
(d) 側面

写真 3.3.2-20　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

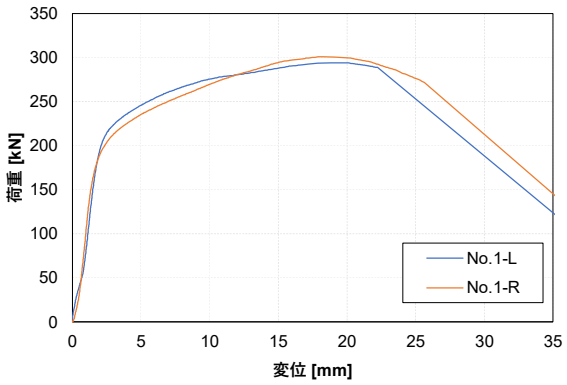
(b) 裏面

(c) 底面

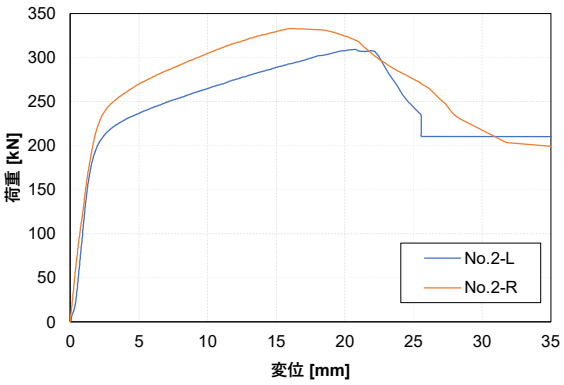


(d) 側面

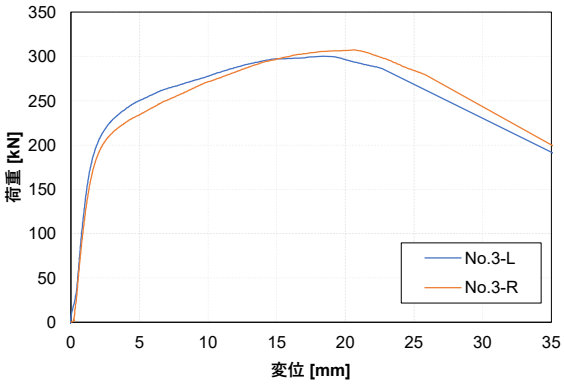
写真 3.3.2-21　No.3-R の破壊性状



(a) No. 1



(b) No. 2



(c) No. 3

図 3.3.2-9　荷重変形関係

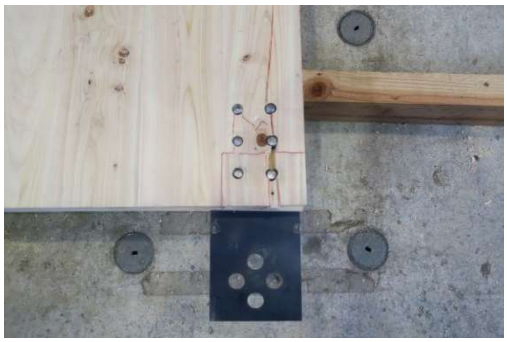
表 3.3.2-5　各特性値

5d×5d_1×6	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
No.1-L	294.3	18.85	227.1	3.23	92.5
No.1-R	300.7	17.90	202.5	2.46	146.9
No.2-L	309.3	20.68	210.0	2.38	158.3
No.2-R	332.8	15.91	241.7	2.63	128.8
No.3-L	300.2	18.42	213.7	2.32	158.1
No.3-R	307.2	20.62	201.2	2.37	150.4
平均値	307.4	18.73	216.0	2.57	139.2
5%下限値	275.8	-	179.5	-	-
50%下限値	-	-	-	-	131.7
最大値	332.8	20.68	241.7	3.23	158.3
最小値	294.3	15.91	201.2	2.32	92.5
標準偏差	13.54	1.80	15.66	0.34	25.28
CV	0.04	0.10	0.07	0.13	0.18

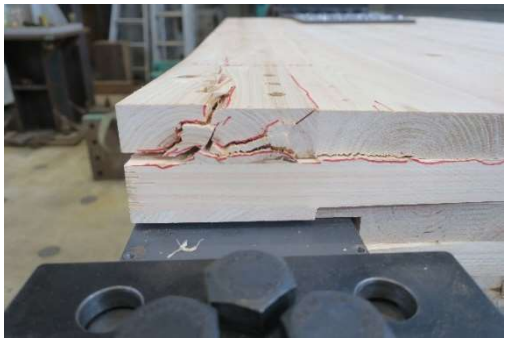
4)　3d×3d-2×3

写真 3.3.2-22～29 に破壊性状を、図 3.3.2-10 に荷重変形関係を、表 3.3.2-6 に各特性値を示す。

(a) 表面



(b) 裏面



(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-22　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

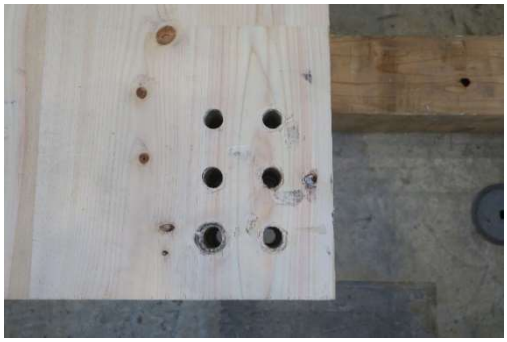
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-23　No.1-R の破壊性状

(a) 表面

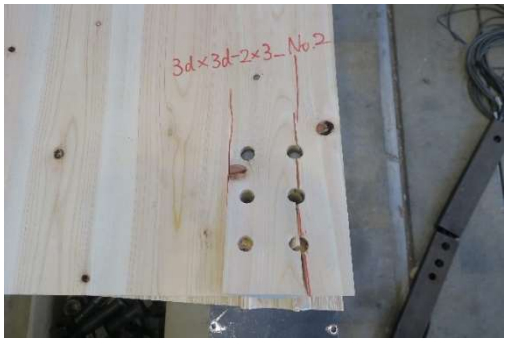


(b) 裏面

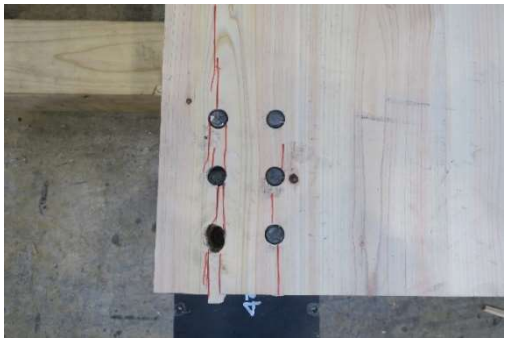
(c) 底面

(d) 側面

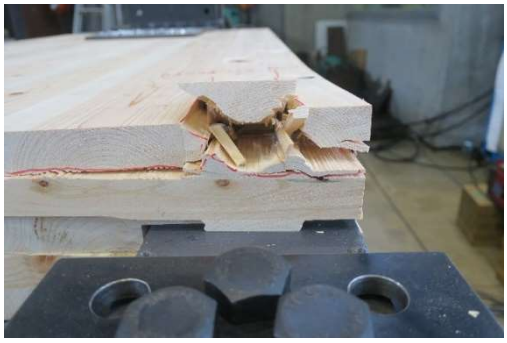
写真 3.3.2-24　No.2-L の破壊性状



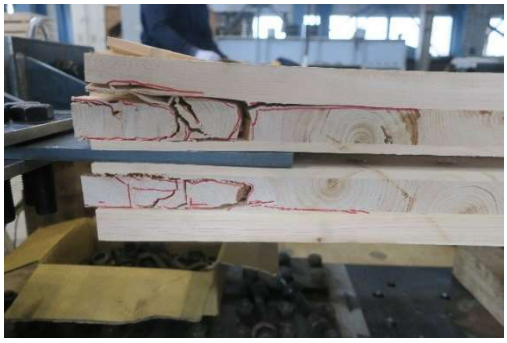
(a) 表面



(b) 裏面



(c) 底面



(d) 側面

写真 3.3.2-25　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

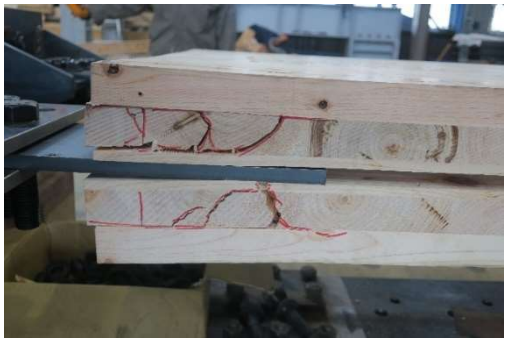
(d) 側面

写真 3.3.2-26　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

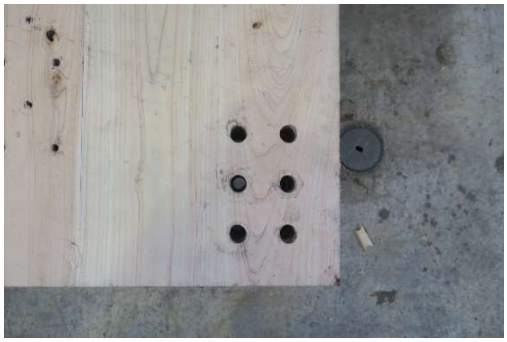
(c) 底面



(d) 側面

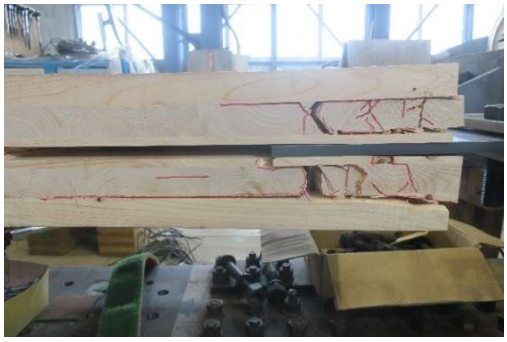
写真 3.3.2-27　No.3-R の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

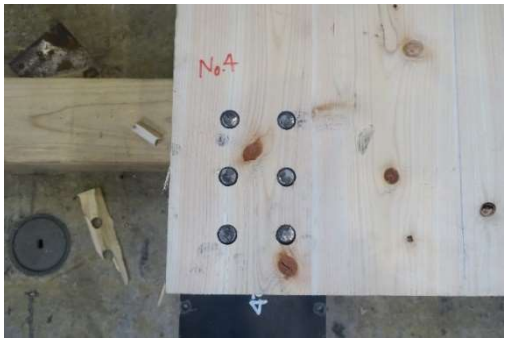
(c) 底面



(d) 側面

写真 3.3.2-28　No.4-L の破壊性状

(a) 表面

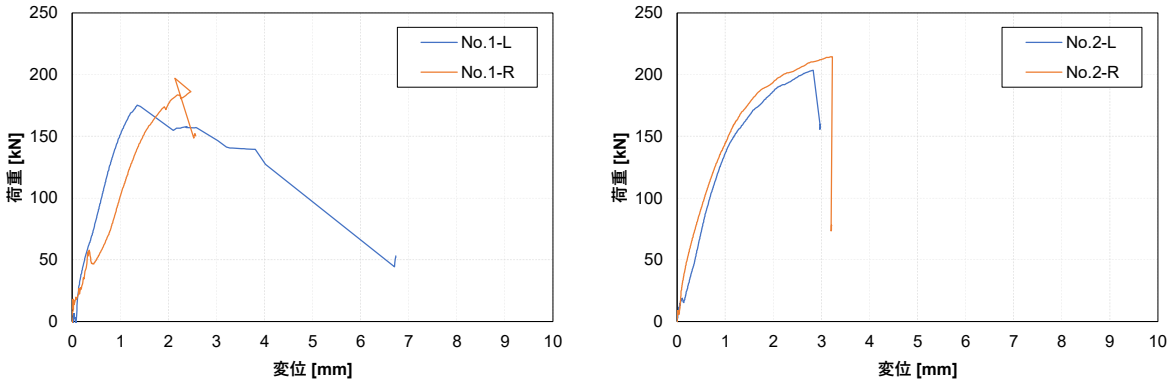


(b) 裏面

(c) 底面

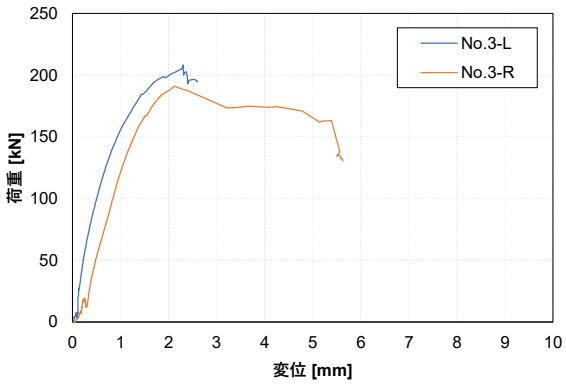
(d) 側面

写真 3.3.2-29　No.4-R の破壊性状

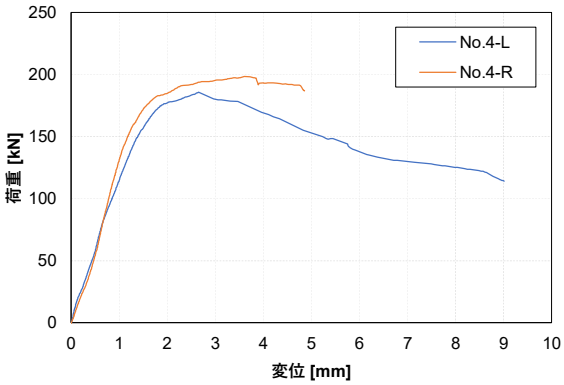


(a) No.1

(b) No.2



(c) No.3



(d) No.4

図 3.3.2-10　荷重変形関係

表 3.3.2-6　各特性値

3d×3d_2×3	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
No.1-L	175.3	1.35	174.4	1.34	177.3
No.1-R	197.2	2.13	186.1	2.47	81.8
No.2-L	203.4	2.83	187.0	2.01	159.8
No.2-R	214.4	3.19	189.9	1.84	171.4
No.3-L	208.4	2.31	193.4	1.68	228.0
No.3-R	191.0	2.12	190.7	2.11	166.5
No.4-L	185.7	2.66	180.9	2.34	114.9
No.4-R	198.4	3.60	190.9	2.29	128.5
平均値	196.7	2.52	186.7	2.01	153.5
5%下限値	169.2	-	173.0	-	-
50%下限値	-	-	-	-	142.3
最大値	214.4	3.60	193.4	2.47	228.0
最小値	175.3	1.35	174.4	1.34	81.8
標準偏差	12.59	0.70	6.26	0.38	44.56

CV	0.06	0.28	0.03	0.19	0.29

5)　4d×4d-2×3

写真 3.3.2-30～37 に破壊性状を、図 3.3.2-11 に荷重変形関係を、表 3.3.2-7 に各特性値を示す。

(a) 表面

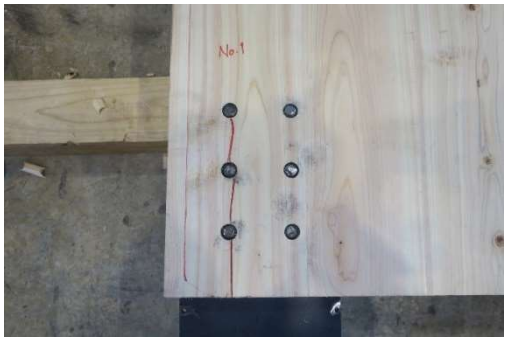
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

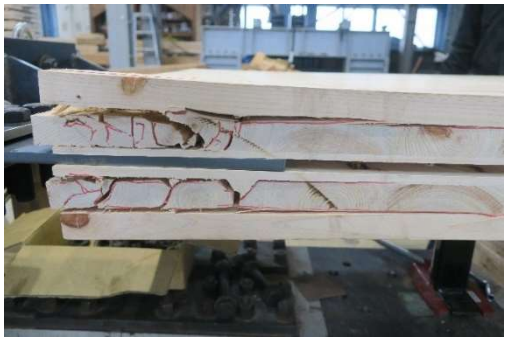
写真 3.3.2-30　No.1-L の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面



(d) 側面

写真 3.3.2-31　No.1-R の破壊性状

(a) 表面

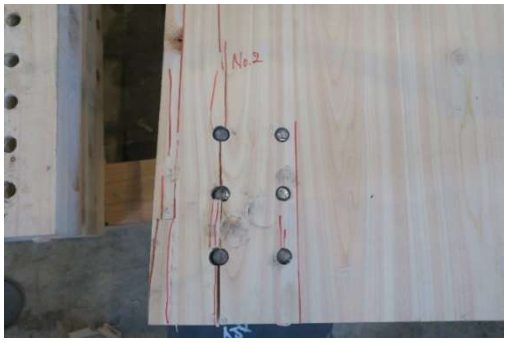
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

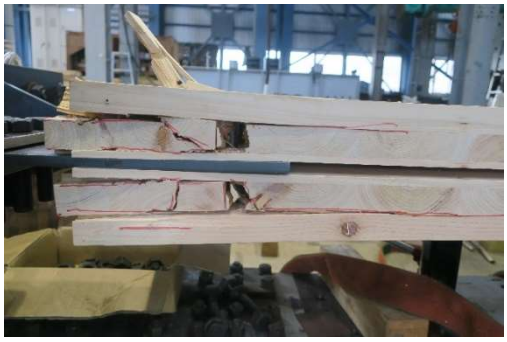
写真 3.3.2-32　No.2-L の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

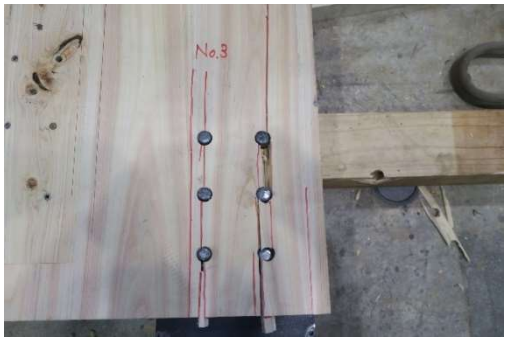
(c) 底面



(d) 側面

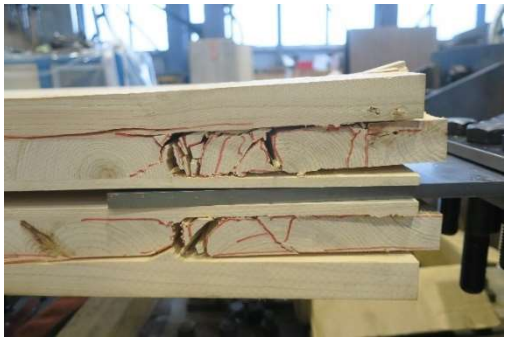
写真 3.3.2-33　No.2-R の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面

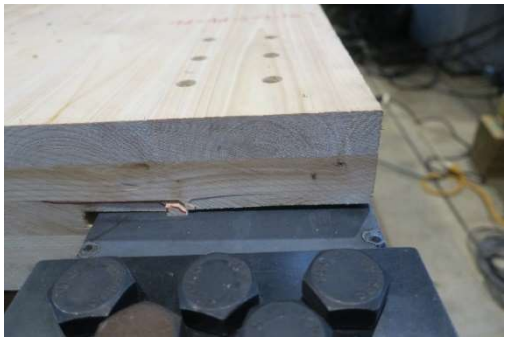


(d) 側面

写真 3.3.2-34　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

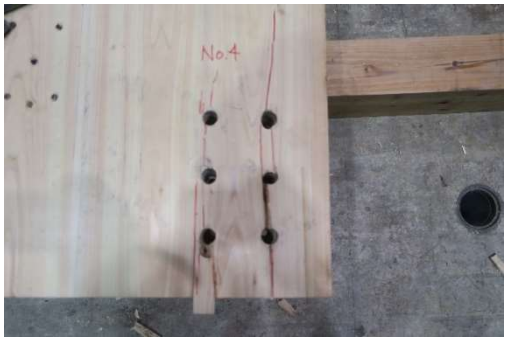


(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-35　No.3-R の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-36　No.4-L の破壊性状

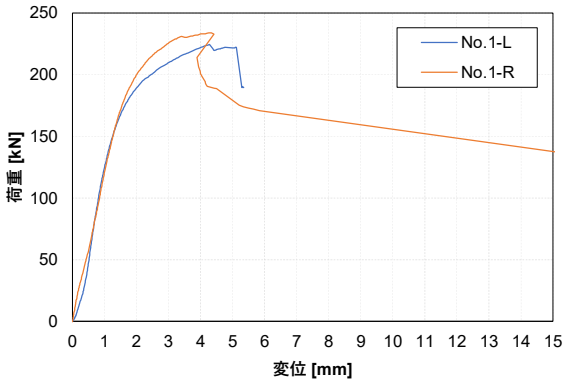
(a) 表面

(b) 裏面

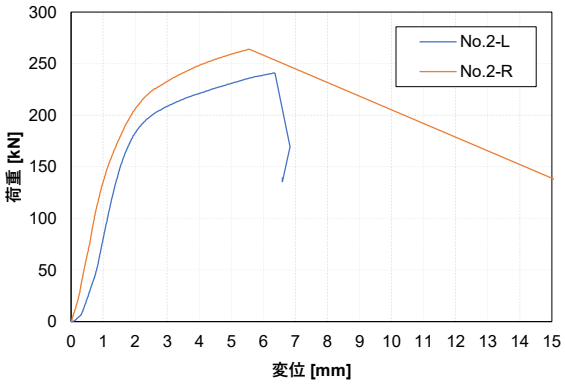
(c) 底面

(d) 側面

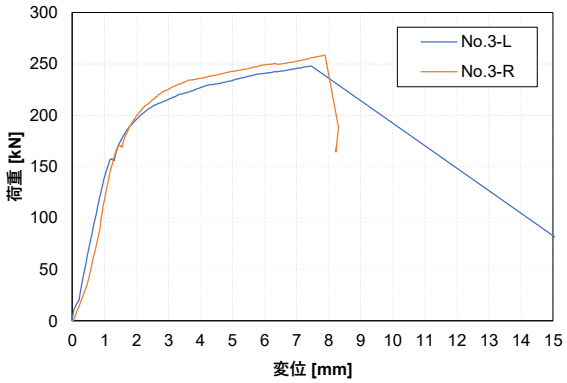
写真 3.3.2-37　No.4-R の破壊性状



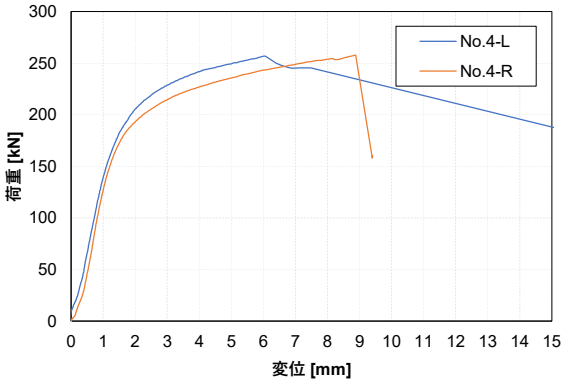
(a) No.1



(b) No.2



(c) No.3



(d) No.4

図 3.3.2-11　荷重変形関係

表 3.3.2-7　各特性値

4d×4d_2×3	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
No.1-L	224.5	4.28	195.1	2.21	158.8
No.1-R	233.8	4.26	219.9	2.70	112.1
No.2-L	241.0	6.31	205.0	2.78	123.1
No.2-R	264.0	5.55	215.3	2.24	157.2
No.3-L	247.9	7.46	200.2	2.14	156.3

No.3-R	258.4	7.88	218.3	2.64	127.2
No.4-L	256.8	6.03	214.5	2.31	144.7
No.4-R	257.9	8.87	199.3	2.22	161.3
平均値	248.0	6.33	208.5	2.41	142.6
5%下限値	217.7	-	187.3	-	-
50%下限値	-	-	-	-	137.8
最大値	264.0	8.87	219.9	2.78	161.3
最小値	224.5	4.26	195.1	2.14	112.1
標準偏差	13.85	1.66	9.66	0.26	19.14
CV	0.06	0.26	0.05	0.11	0.13

6)　5d×5d-2×3

写真 3.3.2-38～45 に破壊性状を、図 3.3.2-12 に荷重変形関係を、表 3.3.2-8 に各特性値を示す。

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

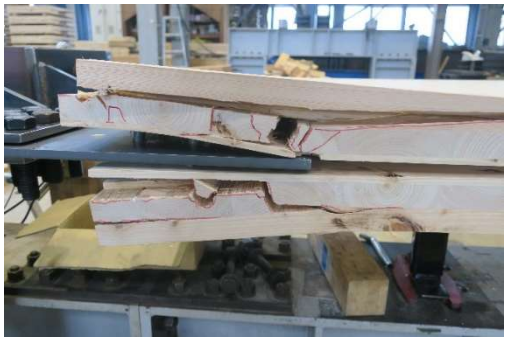
(d) 側面

写真 3.3.2-38　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面



(d) 側面

写真 3.3.2-39　No.1-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-40　No.2-L の破壊性状

(a) 表面

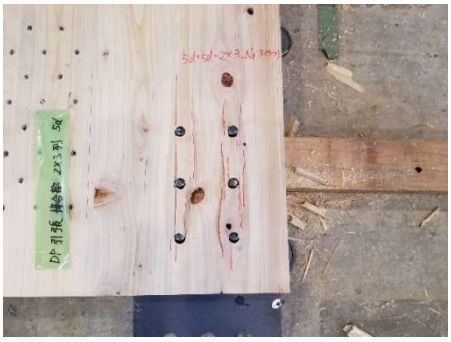
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-41　No.2-R の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-42　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-43　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.2-44　No.4-L の破壊性状

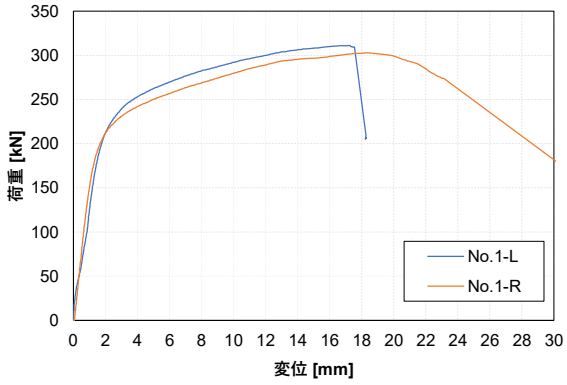
(a) 表面

(b) 裏面

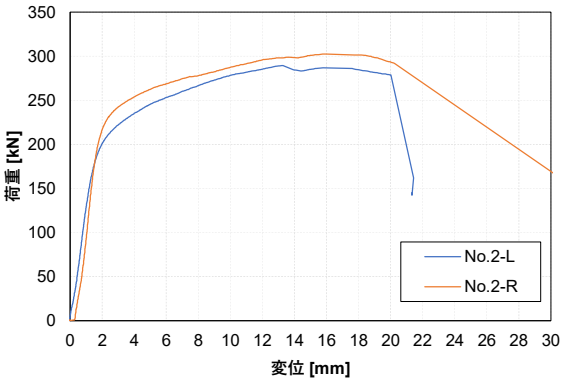
(c) 底面

(d) 側面

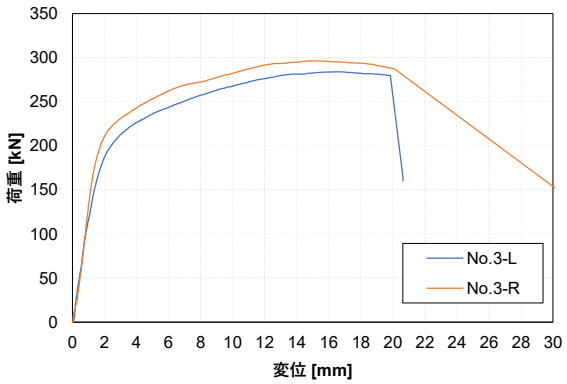
写真 3.3.2-45　No.4-R の破壊性状



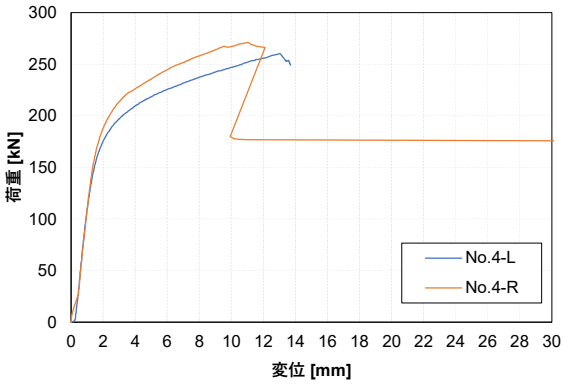
(a) No.1



(b) No.2



(c) No.3



(d) No.4

図 3.3.2-12　荷重変形関係

表 3.3.2-8　各特性値

5d×5d_2×3	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
No.1-L	311.2	17.16	235.5	2.82	108.6
No.1-R	302.7	18.28	215.7	2.14	167.7
No.2-L	289.6	13.21	211.2	2.39	135.5
No.2-R	302.2	15.76	238.1	2.73	147.1
No.3-L	284.0	16.51	202.3	2.51	118.3
No.3-R	296.4	15.11	220.9	2.40	151.0
No.4-L	260.6	13.04	183.3	2.28	150.1
No.4-R	271.3	11.05	200.9	2.42	147.7
平均値	289.8	15.02	213.5	2.46	140.8
5%下限値	252.3	-	173.4	-	-
50%下限値	-	-	-	-	135.9
最大値	311.2	18.28	238.1	2.82	167.7
最小値	260.6	11.05	183.3	2.14	108.6
標準偏差	17.11	2.42	18.32	0.22	19.17
CV	0.06	0.16	0.09	0.09	0.14

(4) 試験結果一覧

試験結果一覧を表 3.3.2-9 に示す。

表 3.3.2-9　試験結果一覧

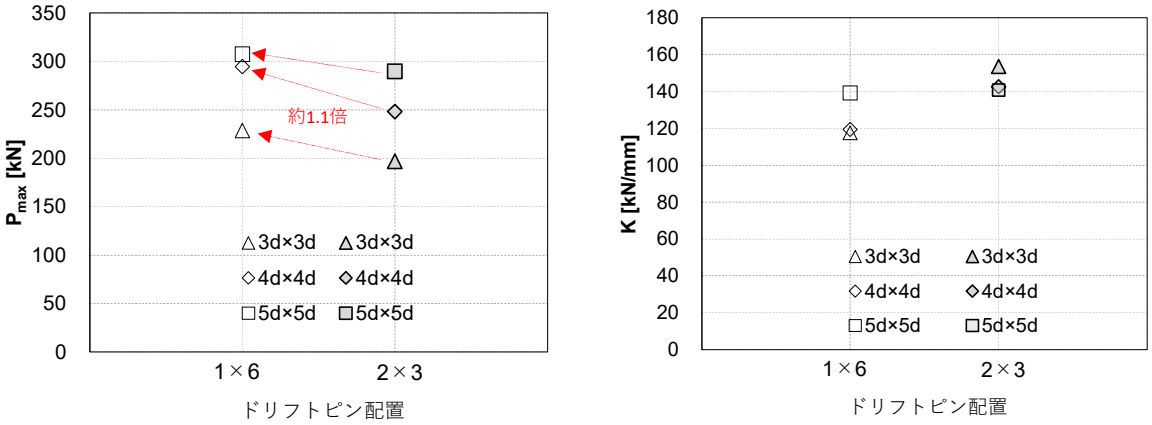
試験体名		破壊モード	P_{max} [kN]	δ_{max} [mm]	P_y [kN]	δ_y [mm]	K [kN/mm]
3d×3d-1×6	No.1-L	―	230.7	7.65	208.5	2.64	120.5
	No.1-R	鋼板の破断	243.6	5.52	230.7	2.80	103.9
	No.2-L	―	225.0	7.60	182.5	2.09	138.2
	No.2-R	せん断破壊	221.1	3.91	212.7	2.98	119.3
	No.3-L	集合破壊 1	244.8	4.99	235.9	3.05	100.0
	No.3-R	―	230.4	5.68	215.9	2.46	130.0
	No.4-L	―	223.3	4.96	205.6	2.80	113.1
	No.4-R	せん断破壊	209.6	4.82	199.6	2.95	115.6
	平均値		228.6	5.64	211.4	2.72	117.6
4d×4d-1×6	No.1-L	―	308.0	15.61	219.0	2.89	114.3
	No.1-R	せん断破壊	291.7	19.94	237.2	3.17	100.4
	No.2-L	―	290.7	15.88	216.2	3.11	100.8
	No.2-R	割裂破壊	300.3	15.93	227.7	2.94	124.8
	No.3-L	―	282.6	15.75	227.4	2.71	122.9
	No.3-R	引張破壊	305.3	19.11	237.0	2.82	127.5
	No.4-L	割裂破壊	290.5	12.56	235.6	3.00	94.9
	No.4-R	割裂破壊	287.7	17.06	233.3	2.16	169.2
	平均値		294.6	16.48	229.2	2.85	119.4
5d×5d-1×6	No.1-L	割裂破壊	294.3	18.85	227.1	3.23	92.5
	No.1-R	割裂破壊	300.7	17.90	202.5	2.46	146.9
	No.2-L	割裂破壊	309.3	20.68	210.0	2.38	158.3
	No.2-R	割裂破壊	332.8	15.91	241.7	2.63	128.8
	No.3-L	割裂破壊	300.2	18.42	213.7	2.32	158.1
	No.3-R	割裂破壊	307.2	20.62	201.2	2.37	150.4
	平均値		307.4	18.73	216.0	2.57	139.2

3d×3d-2×3	No.1-L	せん断破壊	175.3	1.35	174.4	1.34	177.3
	No.1-R	―	197.2	2.13	186.1	2.47	81.8
	No.2-L	―	203.4	2.83	187.0	2.01	159.8
	No.2-R	せん断破壊	214.4	3.19	189.9	1.84	171.4
	No.3-L	―	208.4	2.31	193.4	1.68	228.0
	No.3-R	せん断破壊	191.0	2.12	190.7	2.11	166.5
	No.4-L	せん断破壊	185.7	2.66	180.9	2.34	114.9
	No.4-R	―	198.4	3.60	190.9	2.29	128.5
	平均値		196.7	2.52	186.7	2.01	153.5
4d×4d-2×3	No.1-L	―	224.5	4.28	195.1	2.21	158.8
	No.1-R	せん断破壊	233.8	4.26	219.9	2.70	112.1
	No.2-L	―	241.0	6.31	205.0	2.78	123.1
	No.2-R	せん断破壊	264.0	5.55	215.3	2.24	157.2
	No.3-L	せん断破壊	247.9	7.46	200.2	2.14	156.3
	No.3-R	―	258.4	7.88	218.3	2.64	127.2
	No.4-L	せん断破壊	256.8	6.03	214.5	2.31	144.7
	No.4-R	―	257.9	8.87	199.3	2.22	161.3
	平均値		248.0	6.33	208.5	2.41	142.6
5d×5d-2×3	No.1-L	―	311.2	17.16	235.5	2.82	108.6
	No.1-R	割裂+引張破壊	302.7	18.28	215.7	2.14	167.7
	No.2-L	―	289.6	13.21	211.2	2.39	135.5
	No.2-R	集合破壊 1	302.2	15.76	238.1	2.73	147.1
	No.3-L	―	284.0	16.51	202.3	2.51	118.3
	No.3-R	集合破壊 1	296.4	15.11	220.9	2.40	151.0
	No.4-L	―	260.6	13.04	183.3	2.28	150.1
	No.4-R	集合破壊 1	271.3	11.05	200.9	2.42	147.7
	平均値		289.8	15.02	213.5	2.46	140.8

5d×5d-1×6 の試験体ではすべての接合部で割裂破壊が生じた。3d×3d-2×3、4d×4d-2×3 の試験体では左右どちらかの接合部でせん断破壊が生じ、5d×5d-2×3 の試験体では No.1 を除いた試験体のどちらかの接合部で集合破壊が生じた。また、端縁距離が大きくなるにつれて靭性が大きくなり、端縁距離が小さい試験体は脆性的な破壊性状となった。

図 3.3.2-13 に端縁距離・ドリフトピン配置ごとの最大荷重 P_{max} と初期剛性 K の平均値の比較を示す。表 3.3.2-10 に特性値の平均値を一覧で示す。ドリフトピン配置が 1×6、2×3 のいずれの場合も端縁距離が大きくなるにつれて、最大荷重は大きくなり、1×6 の最大荷重は 2×3 の最大荷重の約 1.1 倍となった。また、端縁距離が 5d の場合、ドリフトピン配置 1×6 では、3d の約 1.3 倍、ドリフトピン配置 2×3 では、3d の約 1.5 倍となった。

初期剛性については、ドリフトピン配置 1×6 より、2×3 の方が大きくなった。ドリフトピン配置 1×6 では端縁距離が大きくなるにつれて、初期剛性が大きくなったが、ドリフトピン配置 2×3 では端縁距離による初期剛性の大きな違いは見られなかった。



(a) 最大荷重 P_{max} の平均値の比較　　(b) 初期剛性 K の平均値の比較

図 3.3.2-13　最大荷重と初期剛性の平均値の比較

表 3.3.2-10　各特性値の平均値

ドリフトピン配置	端縁距離	Pmax [kN]	δmax [mm]	Py [kN]	δy [mm]	K [kN/mm]
1×6	3d	228.6	5.6	211.4	2.7	117.6
	4d	294.6	16.5	229.2	2.9	119.4
	5d	307.4	18.7	216.0	2.6	139.2
2×3	3d	196.7	2.5	186.7	2.0	153.5
	4d	248.0	6.3	208.5	2.4	142.6
	5d	289.8	15.0	213.5	2.5	140.8

3.3.2.4　まとめ

鋼板挿入ドリフトピン接合部の引張実験を実施し、試験結果より荷重変形関係を求め、各特性値を算出した。本実験で以下の知見が得られた。

・端縁距離（ドリフトピン間隔）が大きくなるにつれて最大荷重、靭性が大きくなり、端縁距離が小さい接合部では脆性的な破壊性状となることが明らかになり、端縁距離が破壊性状に影響を及ぼしていることが確認できた。

・端縁距離が大きくなるにつれて、最大荷重は大きくなり、ドリフトピン配置 1×6 の最大荷重は同じ端縁距離でのドリフトピン配置 2×3 の最大荷重の約 1.1 倍となった。

・初期剛性については、ドリフトピン配置 1×6 より、2×3 の方が大きくなり、ドリフトピン配置 1×6 では端縁距離が大きいほど、初期剛性が大きくなったが、ドリフトピン配置 2×3 では端縁距離による初期剛性の大きな違いは見られなかった。

3.3.3　引きボルト接合部引張実験

3.3.3.1　目的

引きボルトを用いた CLT パネル端部の引張接合部について、設計式が提案されている。

ここでは、CLT が破壊する場合の設計式の簡略化を目指し、端距離と縁距離をパラメータとする接合部の引張実験を実施した。

3.3.3.2　実験概要

(1)試験体概要

試験体の樹種はヒノキ、強度等級は S90、層構成は 5 層 5 プライである。引きボルトの孔はφ34 であり、箱掘り貫通として引きボルトを締め、試験装置に設置した。

試験体の概要例として、70-200 の試験体図を図 3.3.3-1 に示す。試験体の種類は端距離、縁距離をパラメータに 6 種類とし、各試験体とし 4 体ずつ計 24 体の試験体を製作した。パラメータの定義を図 3.3-2 に示す。また、表 3.3.3-1 に試験体一覧、図 3.3.3-3 に試験体の接合部詳細をそれぞれ示す。試験体名称は、縁端距離、せん断長さを順番に記し、「-」でつなぐものとする。

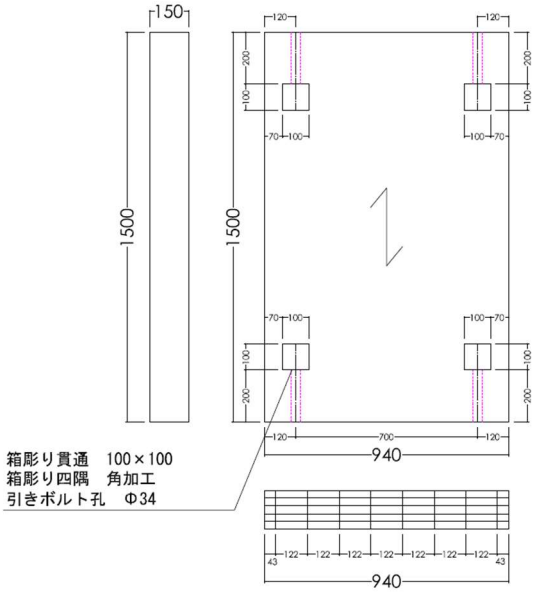


図 3.3.3-1　試験体図

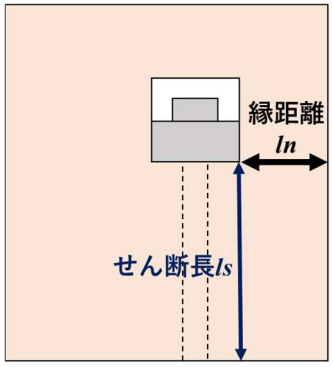


図 3.3.3-2　パラメータ定義

表 3.3.3-1　試験体一覧

試験体名称 (*ln-ls*)	CLT 厚さ　*t*　[mm]	縁端距離　l_n	せん断長　l_s	試験体数
70-200	150	70	200	4
70-300		70	300	4
70-400		70	400	4
140-200		140	200	4
140-300		140	300	4
140-400		140	400	4

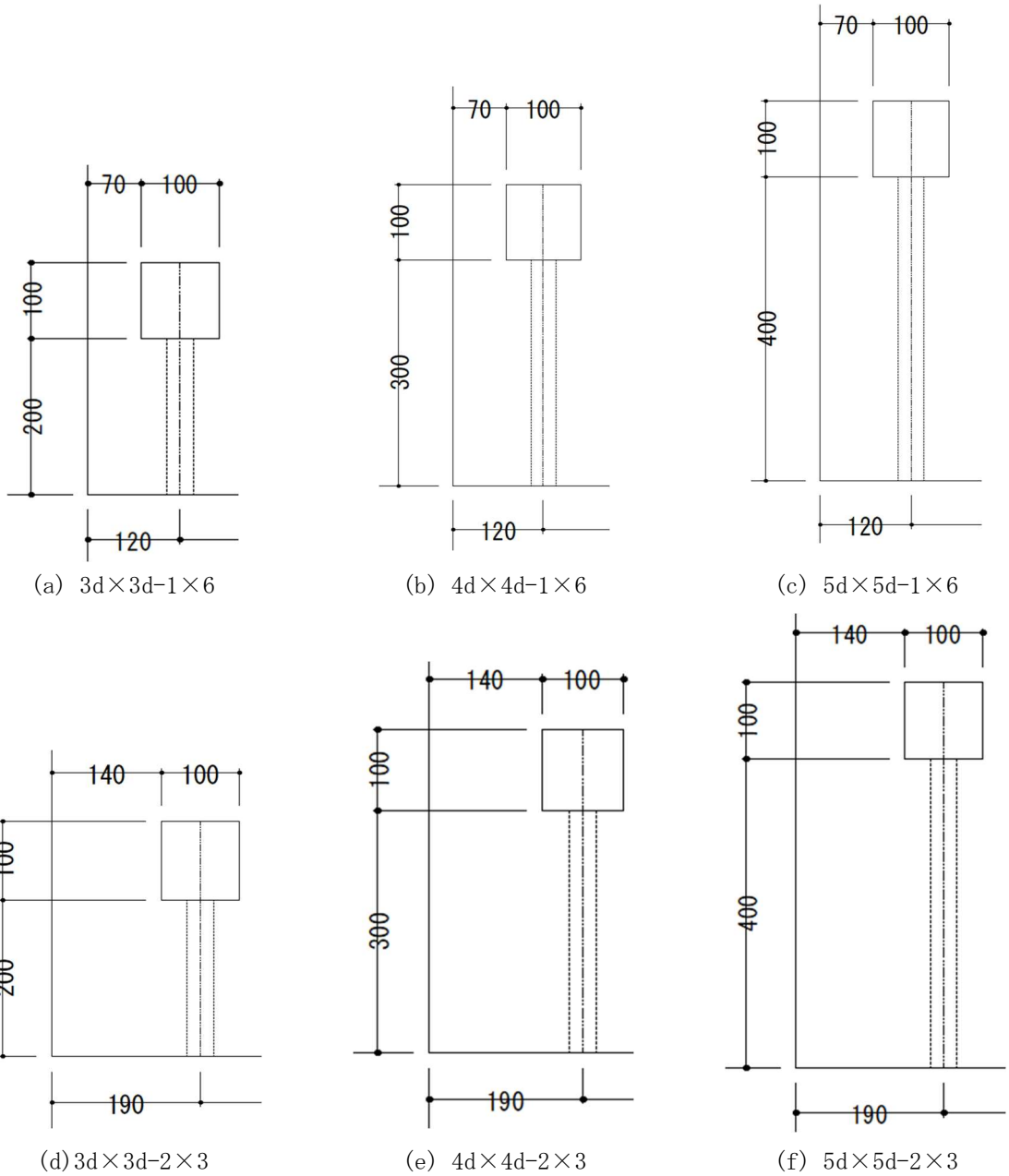


図 3.3.3-3　各試験体接合部詳細一覧

(2) 実験方法

加力は 1000kN の試験機を用いて行い、加力方法は単調引張とした。また、加力の終了は最大荷重到達後、最大荷重の 80%まで低下した時点とした。図 3.3.3-4 に計測機器設置図、写真 3.3.3-1 に試験体の設置状況を示す。各試験体につき、引きボルト接合部 2 か所あり、ジャッキで中央部分から引張ることで実験を行った。左右の接合部の各 2 箇所に変位計（CDP-50）を設置し、鋼板と CLT との相対変位を計測した。

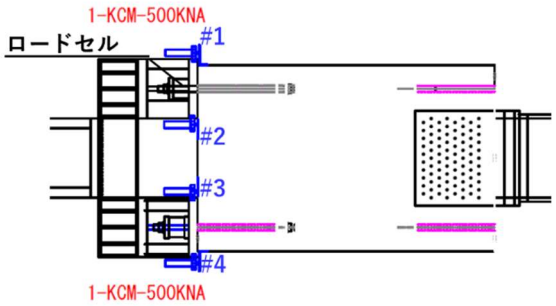


図 3.3.3-4　計測機器設置図

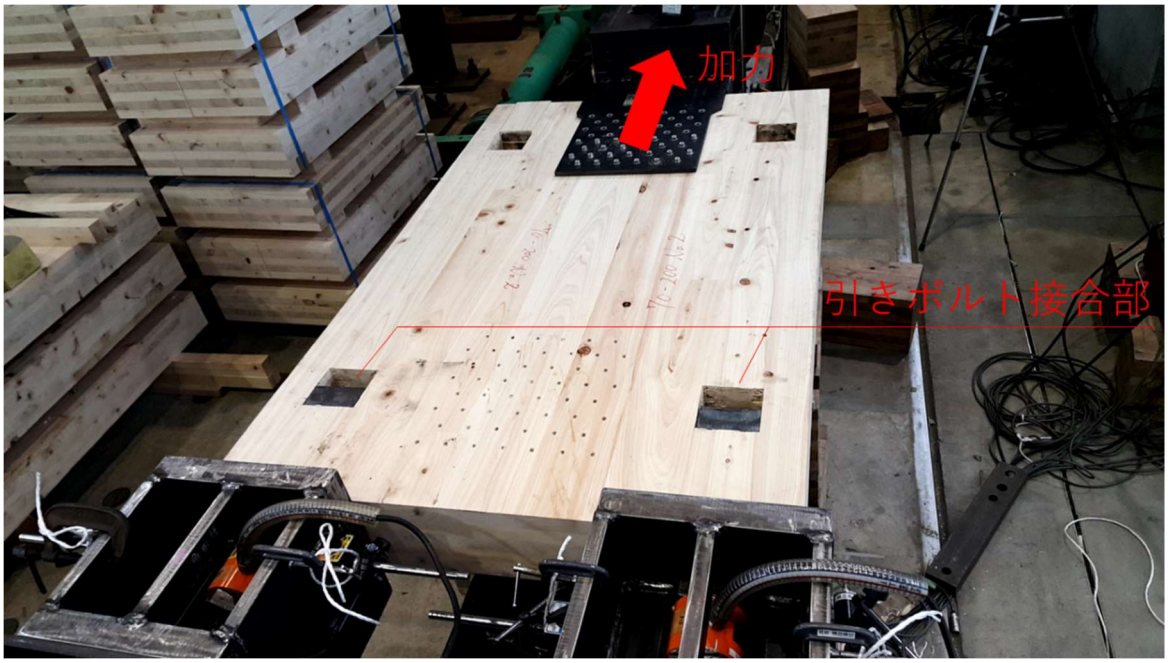


写真 3.3.3-1　試験体の設置状況例

3.3.3.3 実験結果

(1) 破壊モードの分類

破壊モードの定義を図 3.3.3-5 に示す。破壊モードは以下の 2 種類である。実験においては、破壊モード 1 と 2 の混合した複合的な破壊が多く、実験結果における破壊モードは後述とする。

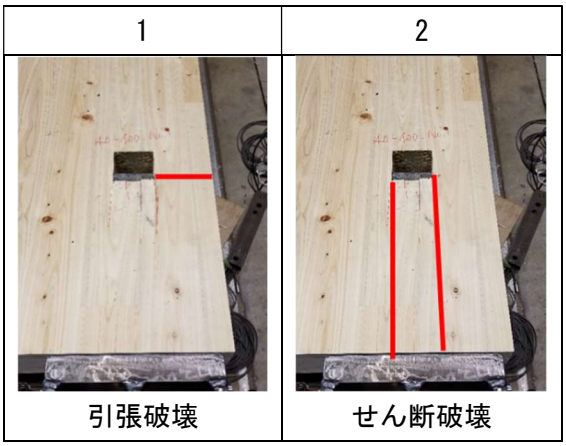


図 3.3.3-5　破壊モードの定義

(2) データの整理方法

各試験体において、接合部の変位は以下のように求める。

$$\text{左側接合部変位：}\frac{(\#1+\#2)}{2}$$

$$\text{右側接合部変位：}\frac{(\#3+\#4)}{2}$$

初期剛性 K と降伏荷重 P_y は図 3.3.3-6 に示す方法で求めた。初期剛性は、最大荷重 P_{max} の 10%と 40%を結んだ直線の傾きとした。

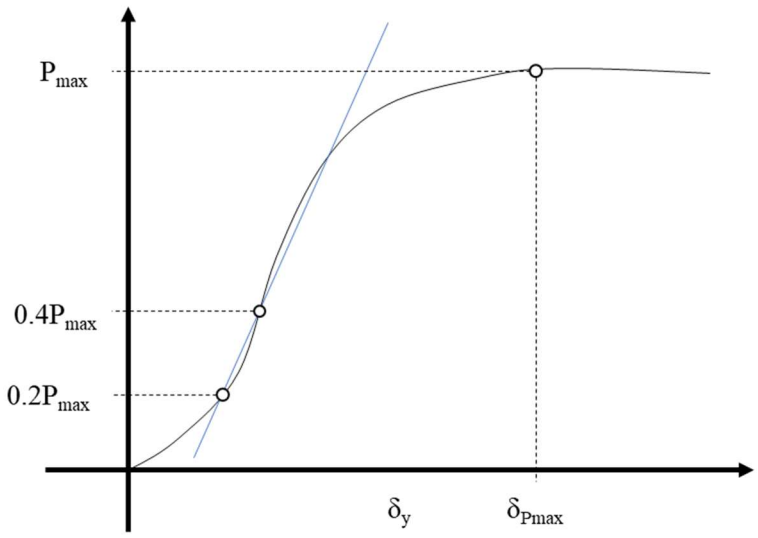


図 3.3.3-6　初期剛性の求め方

(3) 各試験体の破壊性状、荷重変形関係および特性値

1) 70-200

写真 3.3.3-2~9 に破壊性状を、図 3.3.3-7 に荷重変形関係を、表 3.3.3-2 に各特性値を示す。

(a) 表面

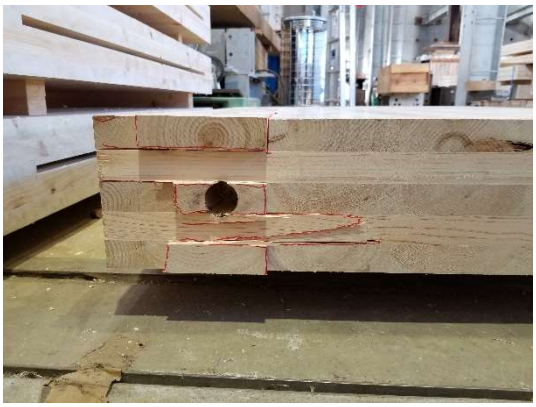
(b) 側面

写真 3.3.3-2　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面



(d) 側面

写真 3.3.3-3　No.1_R の破壊性状

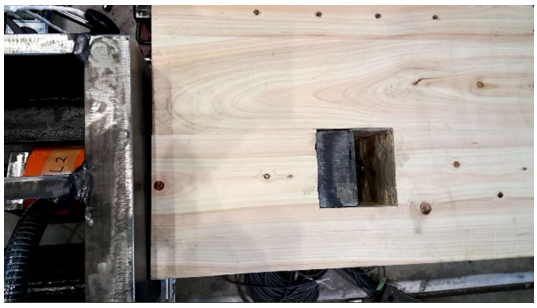
(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 加力後の様子

写真 3.3.3-4　No.2-L の破壊性状



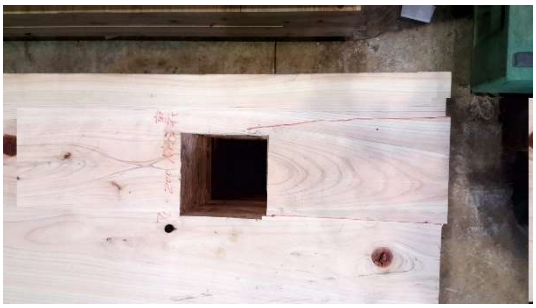
(a) 表面

(b) 裏面

(c) 加力後の様子

写真 3.3.3-5　No.2-R の破壊性状

(a) 表面



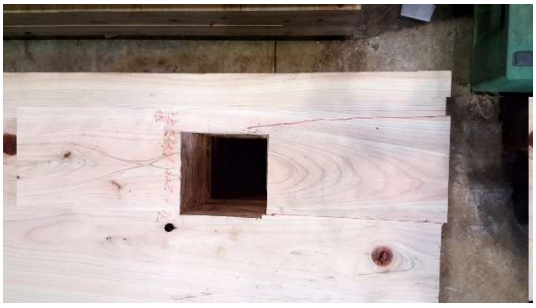
(b) 裏面

(c) 側面

(d) 側面

写真 3.3.3-6　No.3-L の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 側面

(d) 加力後の様子

写真 3.3.3-7　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 加力後の様子

写真 3.3.3-8　No.4-L の破壊性状

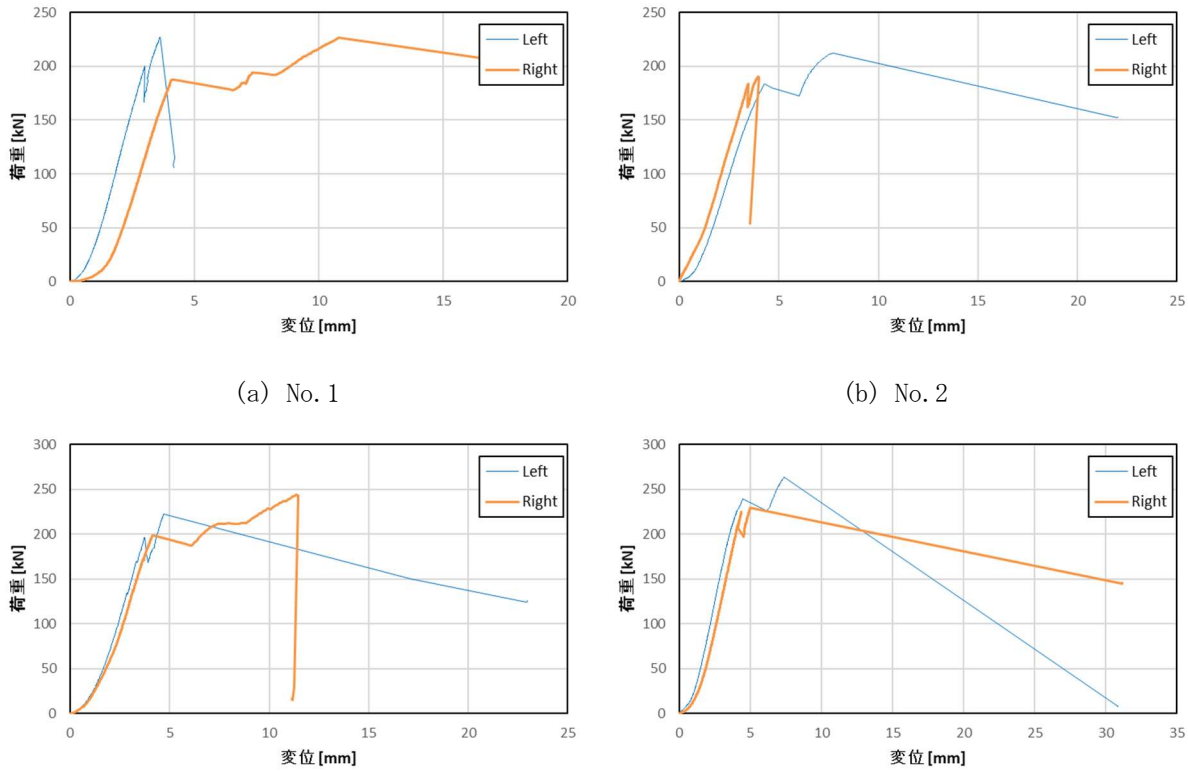
(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 側面

写真 3.3.3-9　No.4-R の破壊性状



(a) No. 1　(b) No. 2

(c) No. 3　(d) No. 4

図 3.3.3-7　荷重変形関係

表 3.3.3-2　各特性値

70-200	K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-L	75.43	227.49	3.62
No.1-R	65.74	226.64	10.81
No.2-L	53.60	212.20	7.72
No.2-R	46.70	190.19	3.96
No.3-L	56.62	222.34	4.71
No.3-R	51.50	244.30	11.38
No.4-L	68.29	263.56	7.36
No.4-R	57.29	229.23	5.00
平均値	59.40	226.99	6.82
標準偏差	9.60	21.50	3.02
CV	0.16	0.09	0.44

2) 70-300

写真 3.3-10~17 に破壊性状を、図 3.3-8 に荷重変形関係を、表 3.3-3 に各特性値を示す。

(a) 表面

(b) 側面

(c) 裏面

(d) 側面

写真 3.3.3-10　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

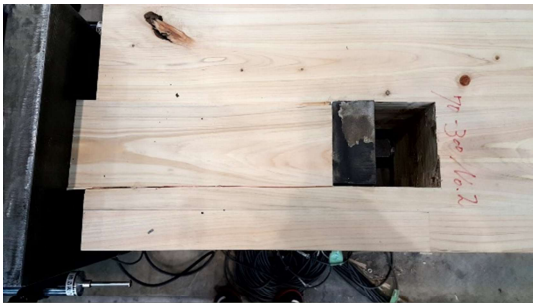
(c) ボルトのめり込み

写真 3.3.3-11　No.1_R の破壊性状

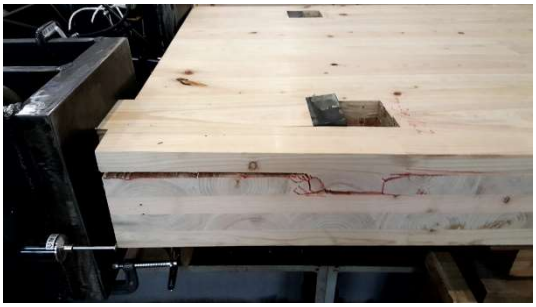
(a) 表面

(b) 側面

写真 3.3.3-12　No.2-L の破壊性状



(a) 表面



(b) 側面

写真 3.3.3-13　No.2-R の破壊性状

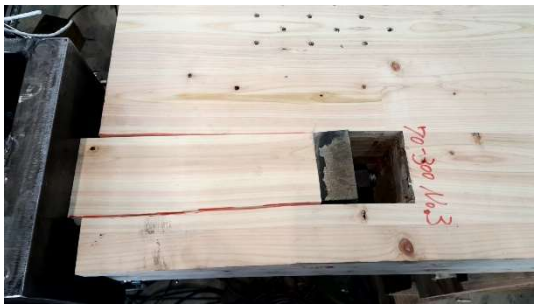
(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

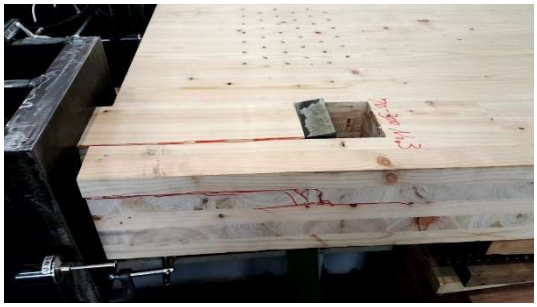
(d) 側面

写真 3.3.3-14　No.3-L の破壊性状



(a) 表面

(b) 裏面



(c) 側面

(d) 側面

写真 3.3.3-15　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 加力後の様子

写真 3.3.3-16　No.4-L の破壊性状

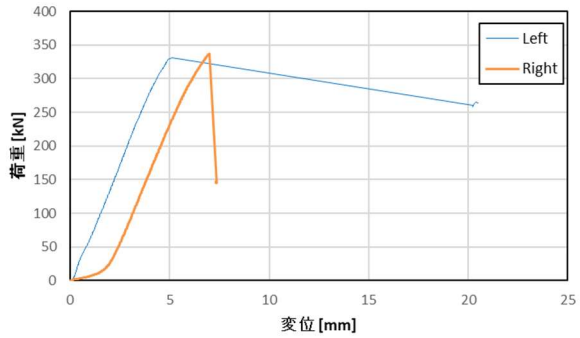
(a) 表面

(b) 裏面

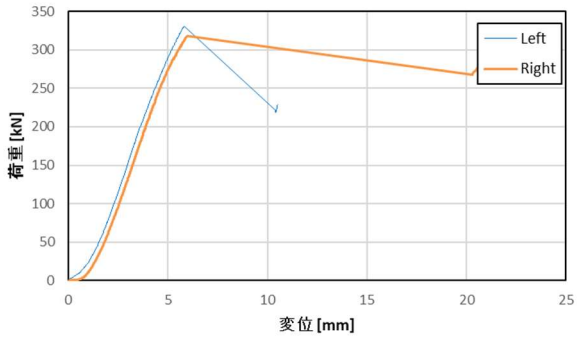
(c) 側面

(d) 側面

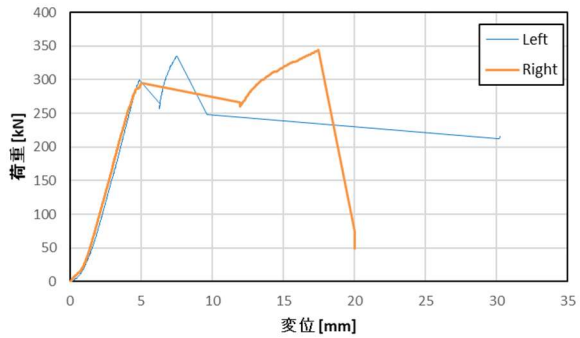
写真 3.3.3-17　No.4-R の破壊性状



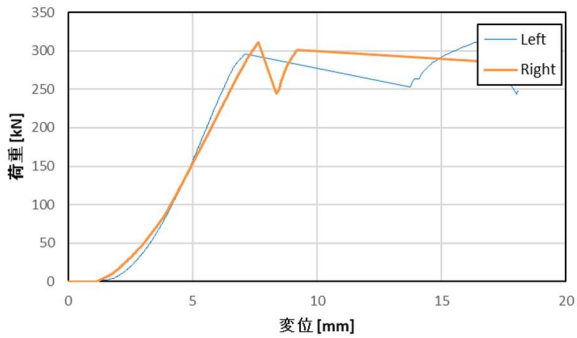
(a) No. 1



(b) No. 2



(c) No. 3



(d) No. 4

図 3.3.3-8　荷重変形関係

表 3.3.3-3　各特性値

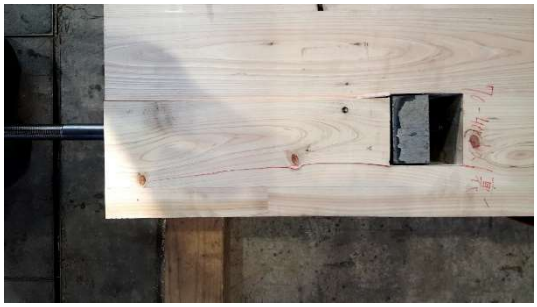
70-300	K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-L	68.03	331.82	5.15
No.1-R	68.42	336.96	7.00
No.2-L	65.89	331.02	5.80
No.2-R	66.71	318.33	6.00
No.3-L	69.20	335.36	7.51
No.3-R	73.43	343.93	17.46
No.4-L	54.88	314.11	16.63
No.4-R	46.07	310.88	7.64
平均値	64.08	327.80	9.15
標準偏差	9.00	11.90	4.95
CV	0.14	0.04	0.54

3) 70-400

写真 3.3-18~25 に破壊性状を、図 3.3-9 に荷重変形関係を、表 3.3-4 に各特性値を示す。

(a) 表面

(b) 側面



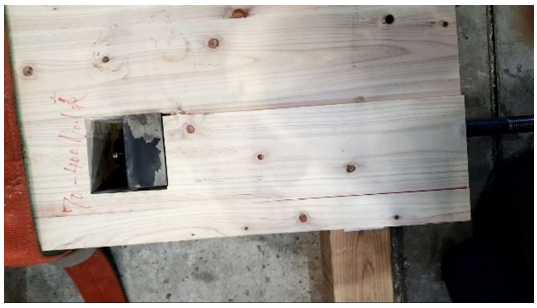
(c) 裏面

(d) 側面

写真 3.3.3-18　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 側面



(c) 裏面

(d) 側面

写真 3.3.3-19　No.1_R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-20　No.2-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 側面

(a) 側面

(b) 引きボルトの変形

写真 3.3.3-21　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

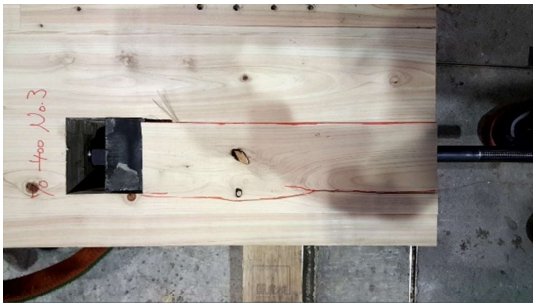
(b) 裏面

(c) 側面

(d) 引きボルトの変形

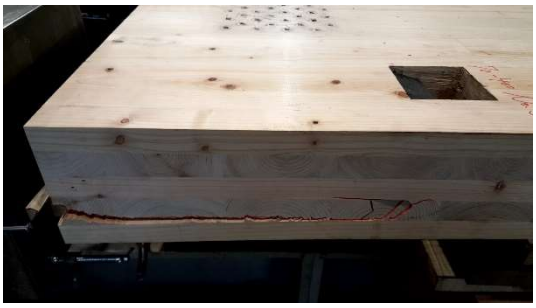
写真 3.3.3-22　No.3-L の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

(c) 側面



(d) 側面

写真 3.3.3-23　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 加力後の様子

写真 3.3.3-24　No.4-L の破壊性状

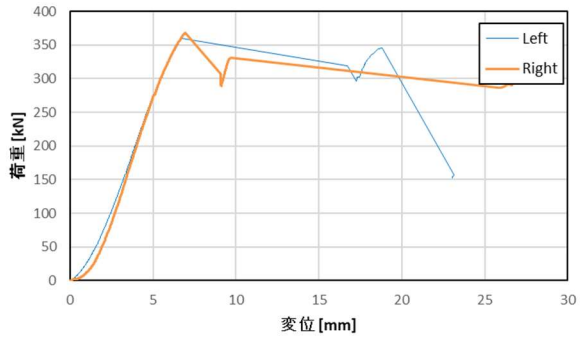
(a) 表面

(b) 裏面

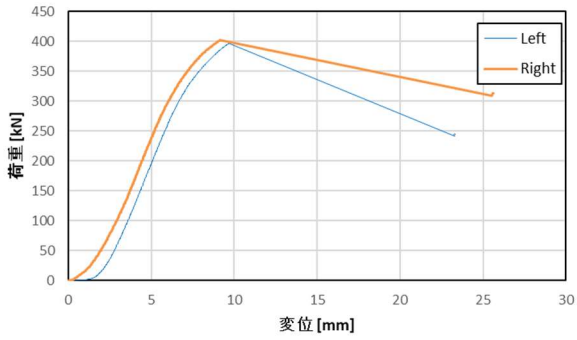
(c) 側面

(d) 側面

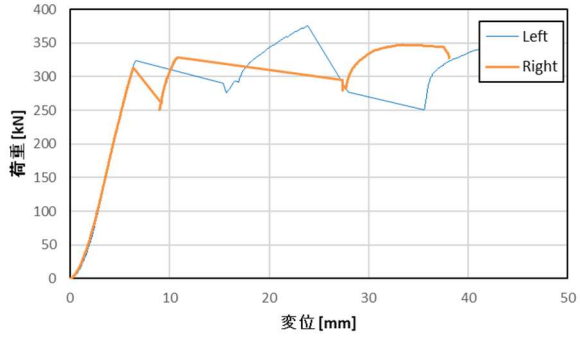
写真 3.3.3-25　No.4-R の破壊性状



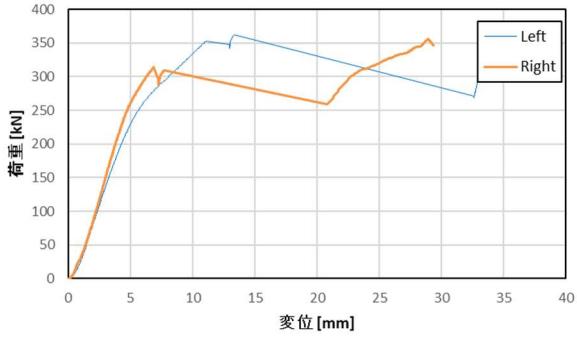
(a) No. 1



(b) No. 2



(c) No. 3



(d) No. 4

図 3.3.3-9　荷重変形関係

表 3.3.3-4　各特性値

70-400	K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-L	57.56	359.67	6.75
No.1-R	67.37	368.39	6.94
No.2-L	62.96	396.87	9.69
No.2-R	56.12	401.76	9.14
No.3-L	58.22	375.94	23.90
No.3-R	54.18	347.49	33.38
No.4-L	56.53	362.73	13.32
No.4-R	60.05	355.91	28.93
平均値	59.12	371.09	16.50
標準偏差	4.26	19.36	10.63
CV	0.07	0.05	0.64

4) 140-200

写真 3.3-26～33 に破壊性状を、図 3.3-10 に荷重変形関係を、表 3.3-5 に各特性値を示す。

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.3-26　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c)　側面

(d) 側面

写真 3.3.3-27　No.1-R の破壊性状

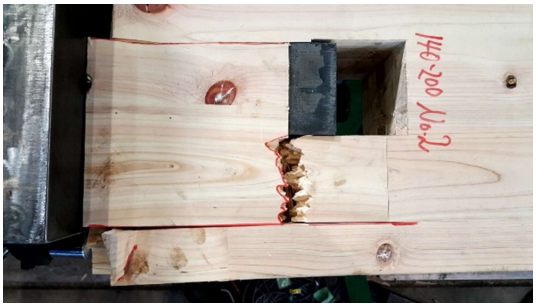
(a) 表面

(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.3-28　No.2-L の破壊性状



(a) 表面

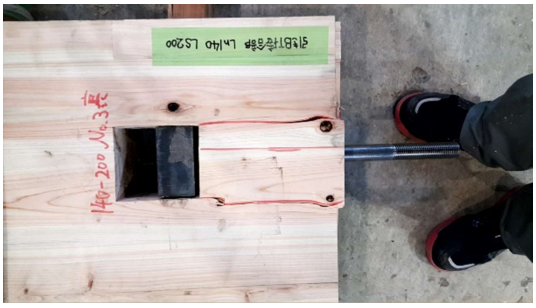
(b) 裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.3-29　No.2-R の破壊性状

(a) 表面



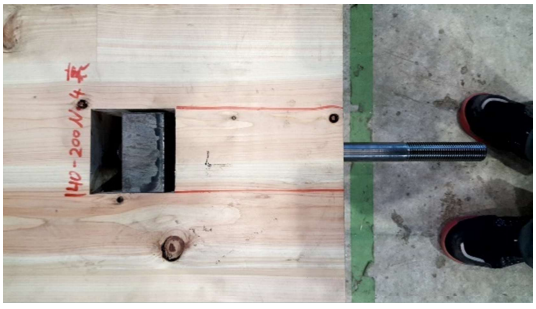
(b)裏面

(c) 底面

(d) 側面

写真 3.3.3-30　No.3-L の破壊性状

(a) 表面



(b) 裏面

写真 3.3.3-31　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

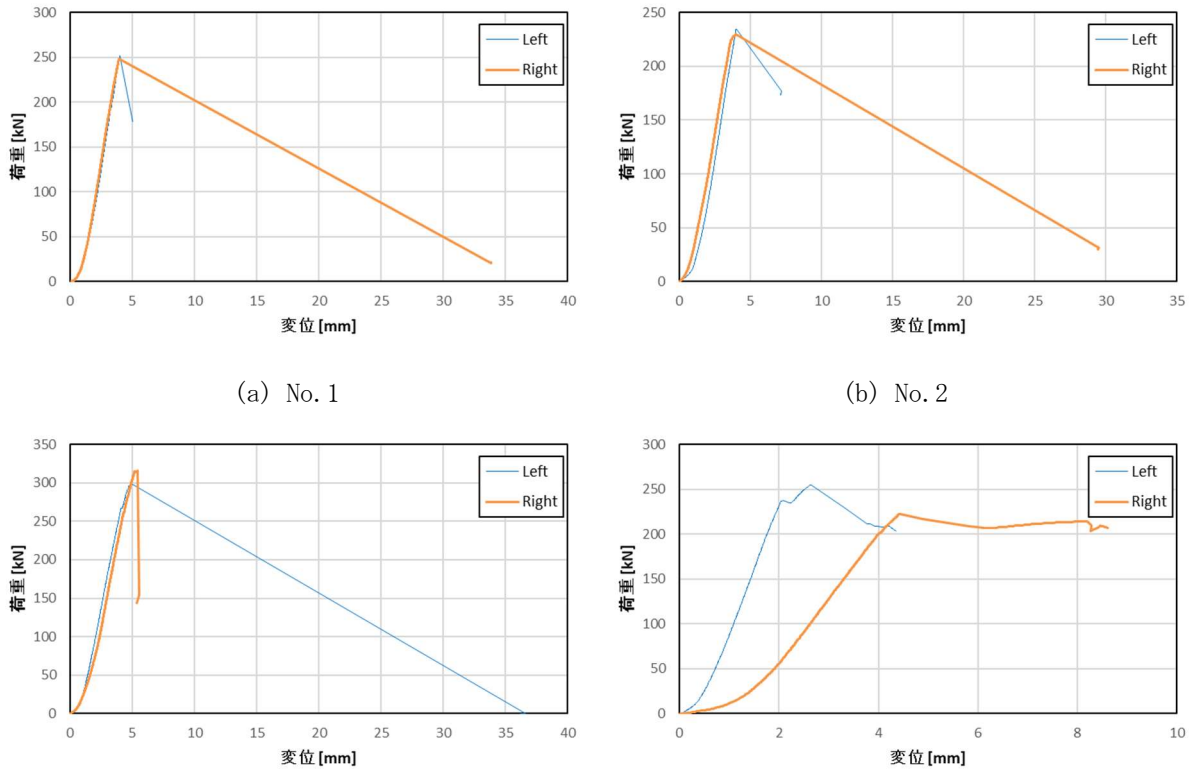
(b) 裏面

写真 3.3.3-32　No.4-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-33　No.4-R の破壊性状



(a) No. 1　(b) No. 2

(c) No. 3　(d) No. 4

図 3.3.3-10　荷重変形関係

表 3.3.3-5　各特性値

140-200	K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-L	69.89	252.45	4.02
No.1-R	73.44	248.02	3.93
No.2-L	65.59	234.90	3.99
No.2-R	64.50	229.55	4.00
No.3-L	75.86	298.82	4.91
No.3-R	65.24	316.22	5.45
No.4-L	128.80	254.70	2.63
No.4-R	60.27	221.94	4.41
平均値	75.45	257.08	4.17
標準偏差	22.15	33.45	0.82
CV	0.29	0.13	0.20

5) 140-300

写真 3.3.3-34～41 に破壊性状を、図 3.3.3-11 に荷重変形関係を、表 3.3.3-6 に各特性値を示す。

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 側面

写真 3.3.3-34　No.1-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-35　No.1-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

(c) 側面

(d) 側面

写真 3.3.3-36　No.2-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-37　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-38　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

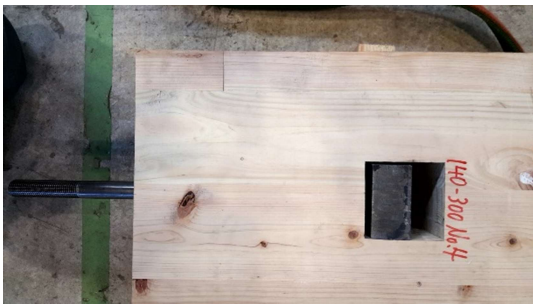
写真 3.3.3-39　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-40　No.4-L の破壊性状

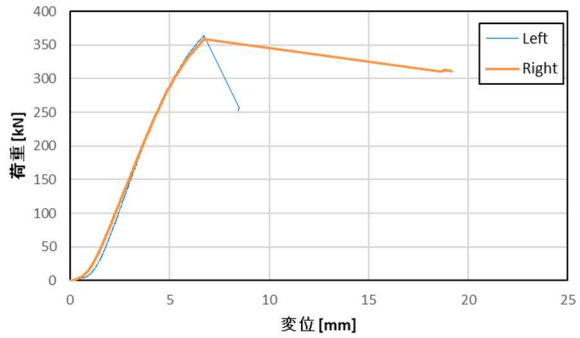
(a) 表面



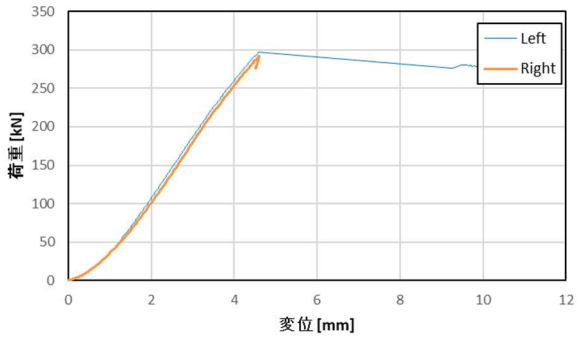
(b) 裏面

(c) 底面

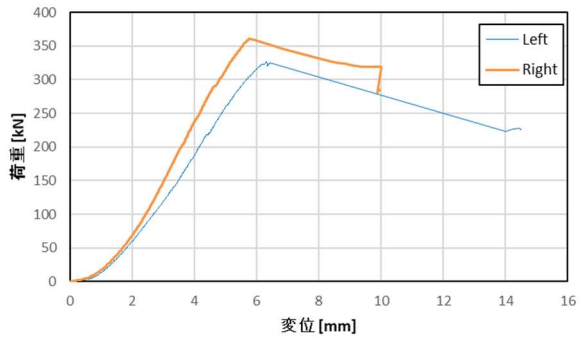
写真 3.3.3-41　No.4-R の破壊性状



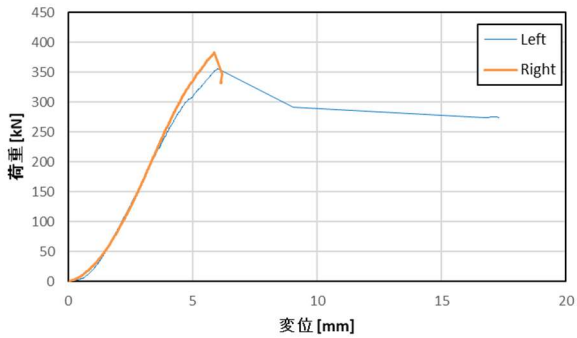
(a) No. 1



(b) No. 2



(c) No. 3



(d) No. 4

図 3.3.3-11　荷重変形関係

表 3.3.3-6　各特性値

140-300	K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-L	78.48	364.50	6.73
No.1-R	71.24	359.15	6.75
No.2-L	71.01	296.72	4.59
No.2-R	65.76	292.41	4.61
No.3-L	57.58	326.03	6.33
No.3-R	71.41	361.58	5.76
No.4-L	76.75	356.13	6.00
No.4-R	72.95	382.81	5.86
平均値	70.65	342.42	5.83
標準偏差	6.54	33.41	0.84
CV	0.09	0.10	0.14

6) 140-400

写真 3.3.3-42～48 に破壊性状を、図 3.3.3-12 に荷重変形関係を、表 3.3.3-7 に各特性値を示す。

(a) No.1-L 表面

(b) No.1-R 表面

写真 3.3.3-42　No.1-L・R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-43　No.2-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-44　No.2-R の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-45　No.3-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-46　No.3-R の破壊性状

(a) 表面

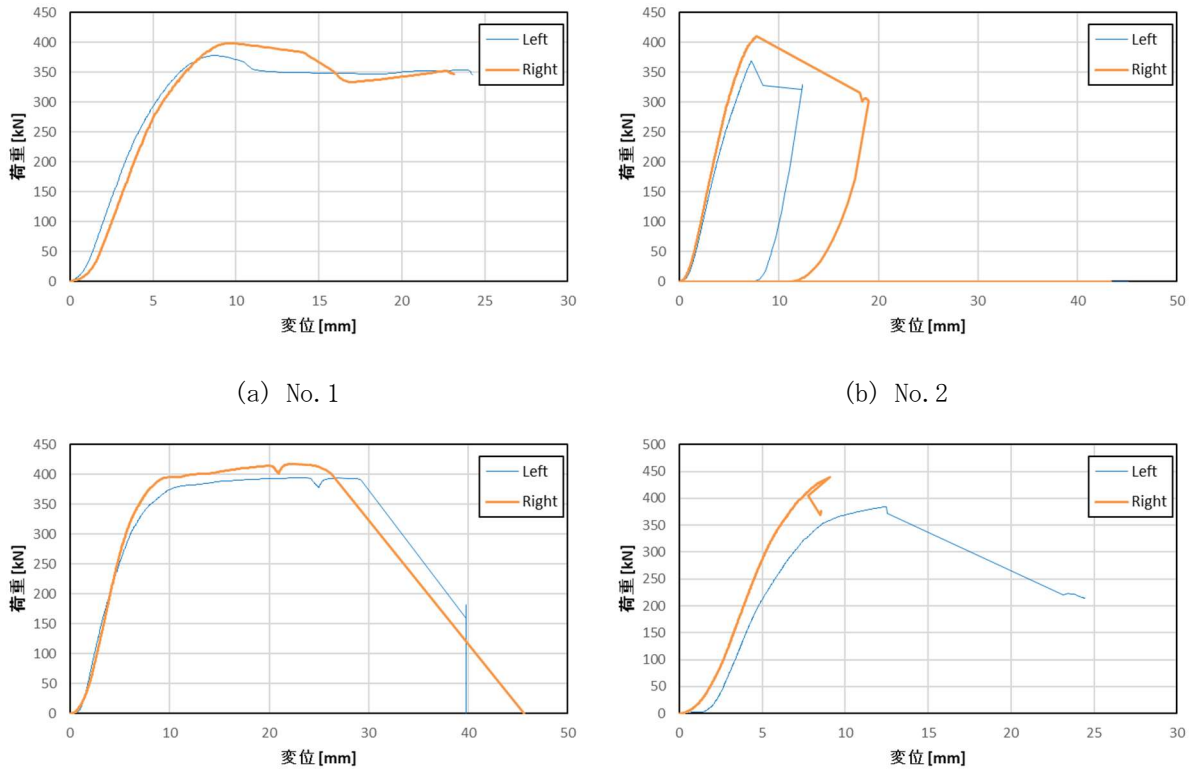
(b) 裏面

写真 3.3.3-47　No.4-L の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.3-48　No.4-R の破壊性状



(a) No. 1　　(b) No. 2

(c) No. 3　　(d) No. 4

図 3.3.3-12　荷重変形関係

表 3.3.3-7　各特性値

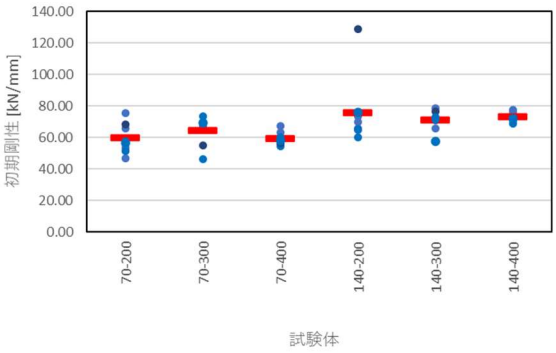
140-400	K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-L	77.37	377.71	8.61
No.1-R	73.86	398.36	9.49
No.2-L	71.04	369.17	7.24
No.2-R	75.73	410.99	7.79
No.3-L	71.75	394.77	23.79
No.3-R	68.81	417.47	22.65
No.4-L	72.55	384.63	12.48
No.4-R	71.70	439.18	9.10
平均値	72.85	399.04	12.64
標準偏差	2.73	22.89	6.72
CV	0.04	0.06	0.53

(4) 実験結果・考察

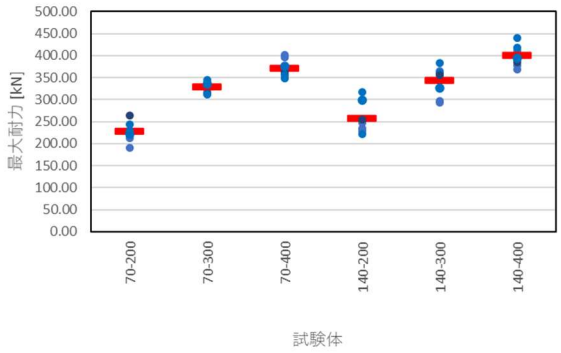
試験結果一覧を表 3.3.3-8 に示す。

表 3.3.3-8 試験結果一覧

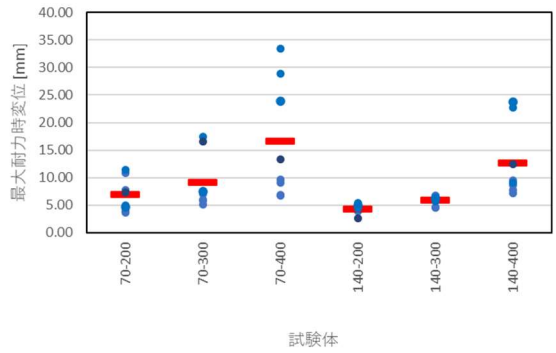
試験体名称		K(kN/mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)	破壊モード
70-200	No.1-L	75.43	227.49	3.62	2
	No.1-R	65.74	226.64	10.81	2
	No.2-L	53.60	212.20	7.72	1+2
	No.2-R	46.70	190.19	3.96	-
	No.3-L	56.62	222.34	4.71	1+2
	No.3-R	51.50	244.30	11.38	2
	No.4-L	68.29	263.56	7.36	1+2
	No.4-R	57.29	229.23	5.00	2
	平均値	59.40	226.99	6.82	
70-300	No.1-L	68.03	331.82	5.15	2
	No.1-R	68.42	336.96	7.00	2
	No.2-L	65.89	331.02	5.80	-
	No.2-R	66.71	318.33	6.00	2
	No.3-L	69.20	335.36	7.51	1+2
	No.3-R	73.43	343.93	17.46	2
	No.4-L	54.88	314.11	16.63	2
	No.4-R	46.07	310.88	7.64	2
	平均値	64.08	327.80	9.15	
70-400	No.1-L	57.56	359.67	6.75	2
	No.1-R	67.37	368.39	6.94	1+2
	No.2-L	62.96	396.87	9.69	-
	No.2-R	56.12	401.76	9.14	2
	No.3-L	58.22	375.94	23.90	2
	No.3-R	54.18	347.49	33.38	2
	No.4-L	56.53	362.73	13.32	2
	No.4-R	60.05	355.91	28.93	2
	平均値	59.12	371.09	16.50	
140-200	No.1-L	69.89	252.45	4.02	2
	No.1-R	73.44	248.02	3.93	1+2
	No.2-L	65.59	234.90	3.99	-
	No.2-R	64.50	229.55	4.00	1+2
	No.3-L	75.86	298.82	4.91	1+2
	No.3-R	65.24	316.22	5.45	2
	No.4-L	128.80	254.70	2.63	2
	No.4-R	60.27	221.94	4.41	2
	平均値	75.45	257.08	4.17	
140-300	No.1-L	78.48	364.50	6.73	-
	No.1-R	71.24	359.15	6.75	2
	No.2-L	71.01	296.72	4.59	-
	No.2-R	65.76	292.41	4.61	2
	No.3-L	57.58	326.03	6.33	1+2
	No.3-R	71.41	361.58	5.76	1
	No.4-L	76.75	356.13	6.00	2
	No.4-R	72.95	382.81	5.86	2
	平均値	70.65	342.42	5.83	
140-400	No.1-L	77.37	377.71	8.61	2
	No.1-R	73.86	398.36	9.49	2
	No.2-L	71.04	369.17	7.24	2
	No.2-R	75.73	410.99	7.79	2
	No.3-L	71.75	394.77	23.79	2
	No.3-R	68.81	417.47	22.65	2
	No.4-L	72.55	384.63	12.48	2
	No.4-R	71.70	439.18	9.10	-
	平均値	72.85	399.04	12.64	



(a) 初期剛性



(b) 最大耐力



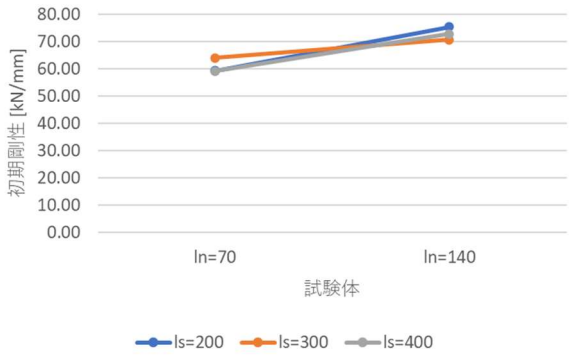
(c) 最大耐力時の変位

図 3.3.3-13　仕様別の特性値の比較

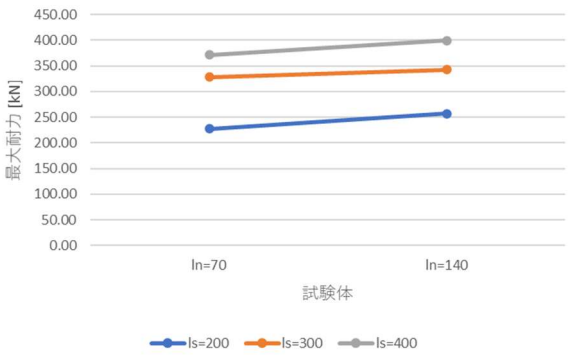
表より、仕様によらずほとんどの試験体でせん断破壊(破壊モード 2)が生じたことが分かる。なお、試験体によっては、二つの接合部のうち、一つの接合部のみ破壊されたものもあり、破壊されていない接合部に関しては、破壊モードを「-」で示している。図 3.3.3-13 に各特性値の仕様ごとの特性値の比較をグラフで示す。なお、実験値を青点、実験の平均値を赤線で示している。以降、これらを各パラメータで比較するために、図・表を基にパラメータに即して比較のグラフを示す。

図 3.3.3-14 に縁端距離・せん断長さによる特性値の比較を示す。縁端距離が大きいほど、最大耐力・初期剛性ともに大きい結果となった。

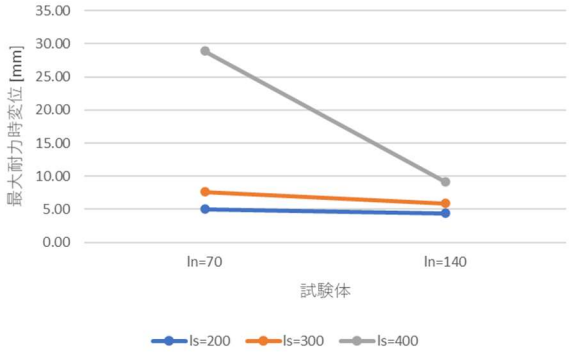
せん断長さについては、初期剛性の大小への影響は少ないが、最大耐力はせん断長さ ls が大きくなるほど、大きくなる傾向が実験結果より得られた。また、最大耐力時の変位も大きくなり、耐力だけではなく、靭性についても大きくなるという結果が得られた。



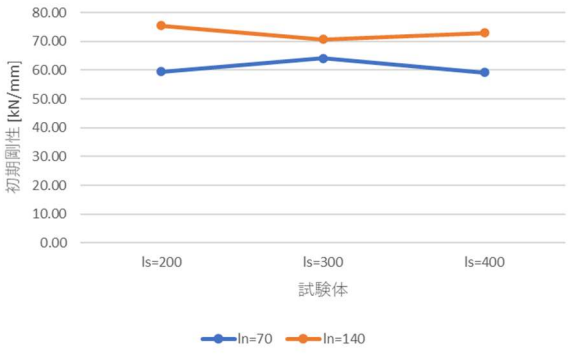
(a) 縁端距離による比較-初期剛性



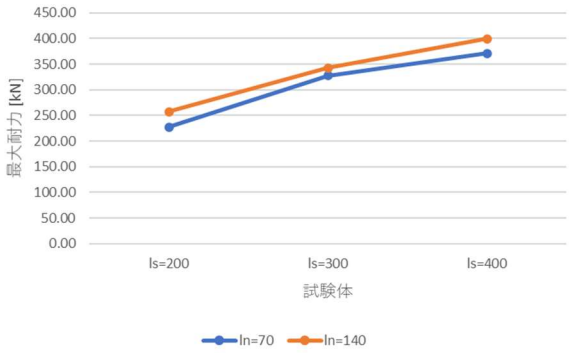
(b) 縁端距離による比較-最大耐力



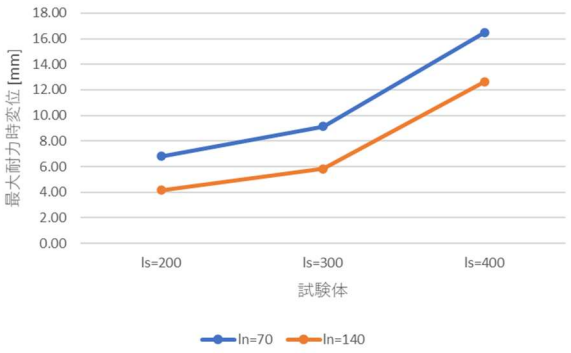
(c) 縁端距離による比較-最大耐力時変位



(d) せん断長による比較-初期剛性



(e) せん断長による比較-最大耐力



(f) せん断長による比較-最大耐力時変位

図 3.3.3-14　縁端距離・せん断長さによる比較

3.3.3.4　まとめ

本節では、引きボルト接合部の引張実験を実施し、試験結果より荷重変形関係を求め、各特性値を算出した。本実験で以下の知見が得られた。

・縁端距離が大きくなると、最大荷重、初期剛性が大きくなり、これらのパラメータが破壊性状に影響を及ぼしていることが確認できた。
・せん断長さが大きくなるにつれて、最大荷重は大きくなり、そのときの変位も大きくなる結果となったことから、接合部の靭性・耐力ともに大きくなる結果となった。

3.3.4　鋼板挿入ドリフトピン接合部せん断実験

3.3.4.1　目的

現在、CLT 設計施工マニュアルには、引きボルトを用いた接合、添え板鋼板と木ねじを用いた接合等の事例が掲載されている。一方、近年、中高層建築物等を対象として、挿入鋼板とドリフトピンを用いた接合による設計例がみられるようになっている。

ここでは、鋼板挿入 CLT ドリフトピン接合部の構造性能に関するデータを収集するために、ドリフトピン間隔をパラメータとする接合部のせん断実験を実施した。

3.3.4.2　実験概要

(1)試験体

試験体の樹種はヒノキ、強度等級は S90、層構成は 5 層 5 プライである。使用した鋼板は厚さ 12㎜、ドリフトピン径はφ16 である。表 3.3.4-1 に試験体の材料特性を示す。

試験体の概要として、3d×3d-2×3 の試験体図を図 3.3.4-1 に、試験体一覧を表 3.4-2 に示す。試験体の種類はドリフトピン本数・配置、ドリフトピン間隔、CLT 外層の方向であり、試験体は 8 種類とした。試験体数はそれぞれ 2 体ずつ（5d×5d 2-3 のみ 1 体）とし、計 15 体の試験体について実験を行った。本来は 7 種類であったが、試験体 5dx5d 2x3 において、ドリフトピンが 1 本入らなかった試験体が 1 体あったため、至急の対応として、6 本ではなく 5 本ドリフトピンを打ち込んだものを試験体として実験を行った。図 3.4-2～4 に各試験体の概略図を示す。

表 3.3.4-1　材料特性

CLT					ドリフトピン		鋼板	
樹種	等級	層構成	厚さ[㎜]	スリット厚［㎜］	規格	径[㎜]	規格	厚［㎜］
ヒノキ	S90	5 層 5 プライ	150	14	SS400	φ16	SS400	12

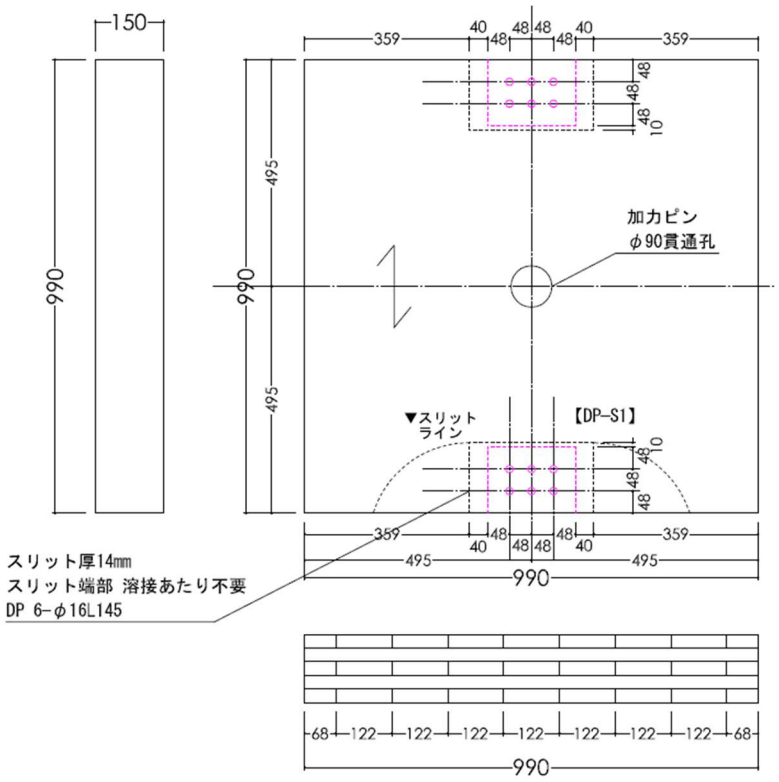
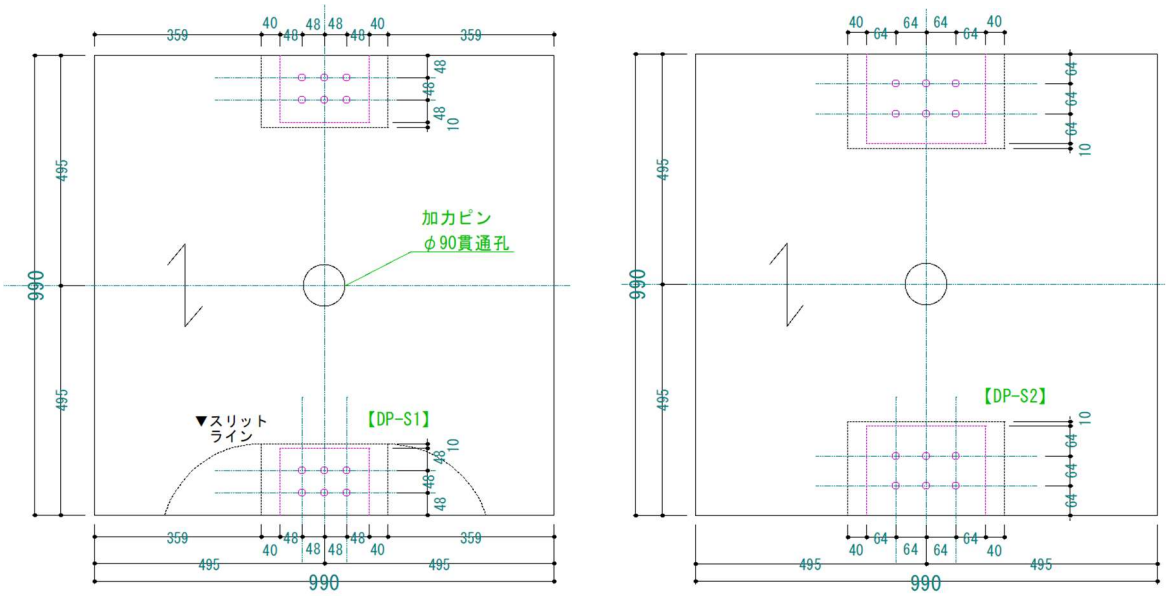

150
990
359
40
48
48
40
359
48
48
48
10
495
990
495
加力ピン
φ90貫通孔
▼スリット
ライン
【DP-S1】
48
48
10
359
40
48
48
40
359
495
495
990
スリット厚14mm
スリット端部 溶接あたり不要
DP 6-φ16L145
68
122
122
122
122
122
122
122
68
990

図 3.3.4-1　試験体図

表 3.3.4-2　試験体一覧

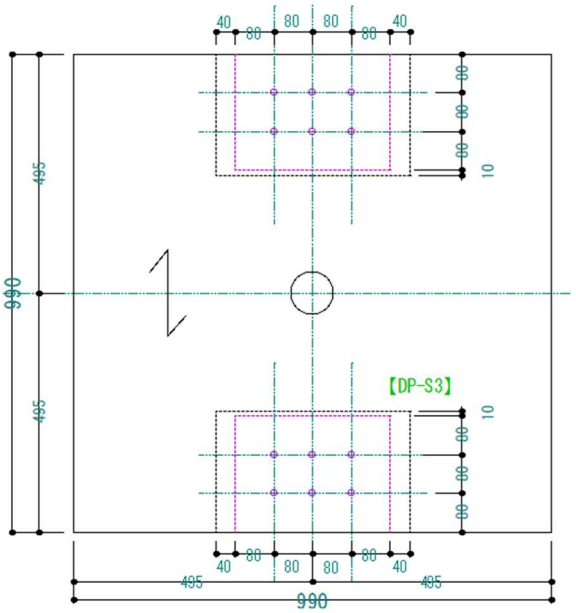
試験体名称	ピン径	CLT	ドリフトピン 本数・配置	ドリフトピン 間隔	試験体数
3dx3d 2x3	φ16	S90-5-5 外層弱軸	6 本 3 本×2 列	3d	2
4dx4d 2x3				4d	2
5dx5d 2x3				5d	2
5dx5d 2-3※			5 本-2-3※	5d	1
5dx5d 2-3 千鳥 5 本弱軸			5 本-2-3 千鳥	5d	2
5dx5d 3-4 千鳥 7 本弱軸			7 本-3-4 千鳥	5d	2
3dx3d 1x6			6 本 6 本×1 列	3d	2
5dx5d 2-3 千鳥 5 本強軸		S90-5-5 外層強軸	5 本-2-3 千鳥	5d	2

※　5dx5d 2x3 の試験体において、ドリフトピンが一本入らなかったため、緊急対応として、5 本のドリフトピンを打ったものを試験体とし、実験を行った。

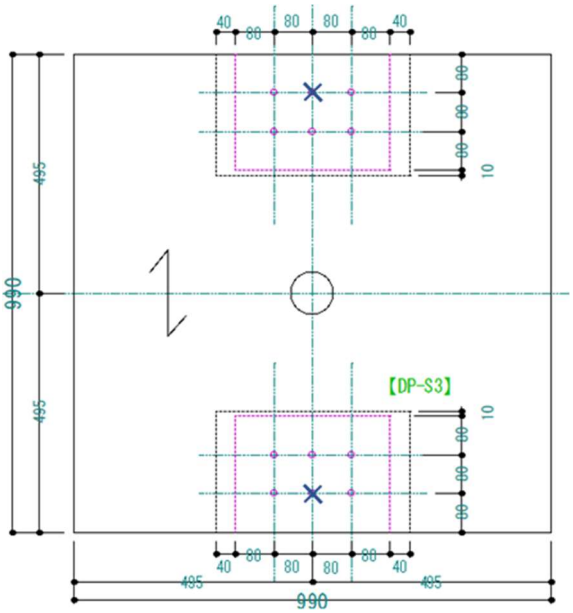


(a) 3dx3d 2x3　　(b) 4dx4d 2x3

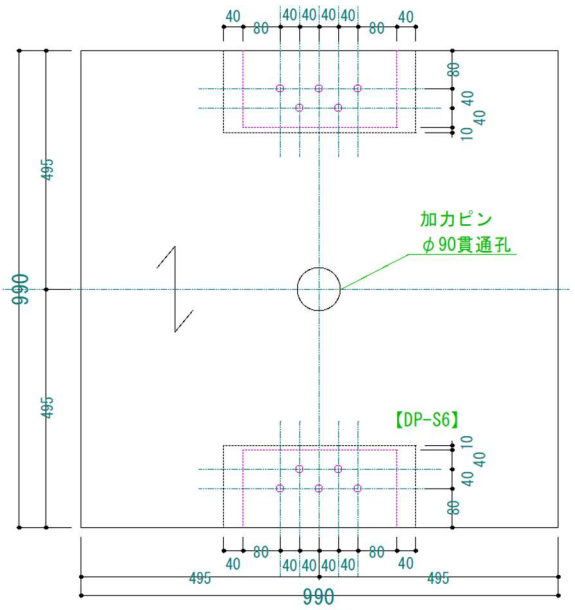
図 3.3.4-2　各試験体接合部詳細一覧



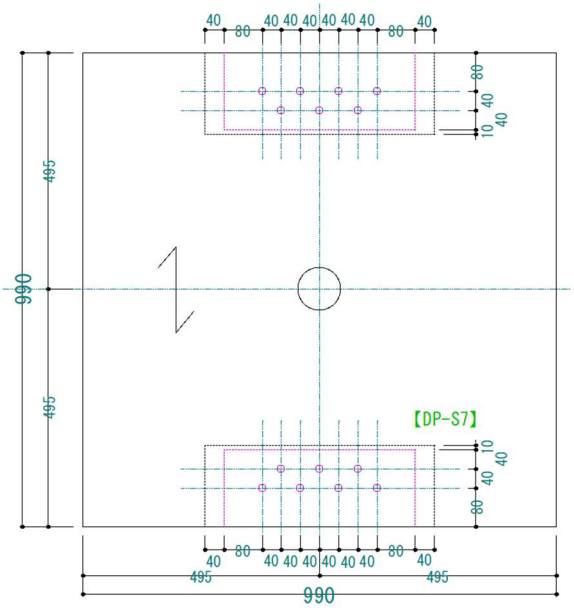
(c) 5dx5d 2x3



(d) 5dx5d 2-3

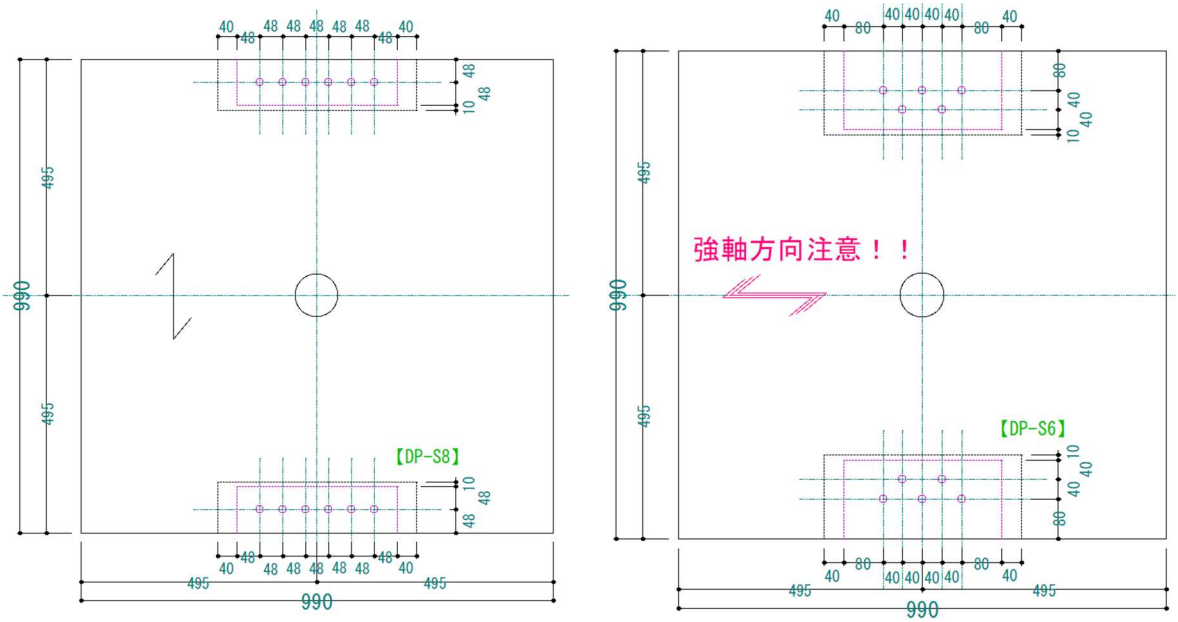


(e) 5dx5d 2-3 千鳥 5 本 弱軸



(f) 5dx5d 3-4 千鳥 7 本 強軸

図 3.3.4-3 各試験体接合部詳細一覧（つづき）



(g) 3dx3d 1x6　　(h) 5dx5d 2-3 千鳥 5 本 強軸

図 3.3.4-4　各試験体概略図（つづき）

(2) 実験方法

加力は 1000kN の試験機を用いて行い、加力方法は各試験体で、1 体(No.1)は単調引張、もう一体(No.2)は繰り返し載荷とした。また、加力の終了は最大荷重到達後、最大荷重の 80%まで低下した時点とした。図 3.3.4-5 に計測機器設置図、写真 3.4-1 に試験体の設置状況を示す。各試験体につき、、ジャッキで中央部分から引張ることで実験を行った。左右の接合部の各 2 箇所に変位計（CDP-50）を設置し、鋼板と CLT との相対変位を計測した。

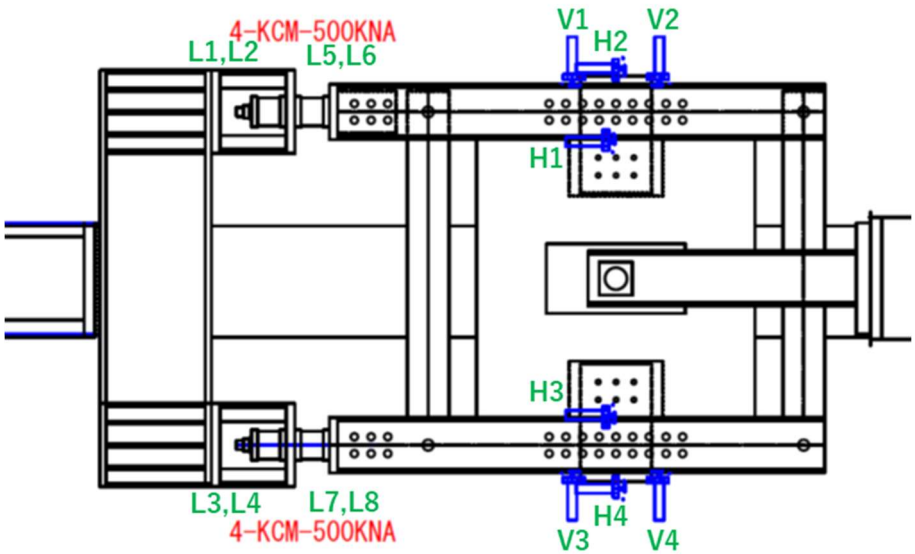


図 3.3.4-5　計測機器設置図

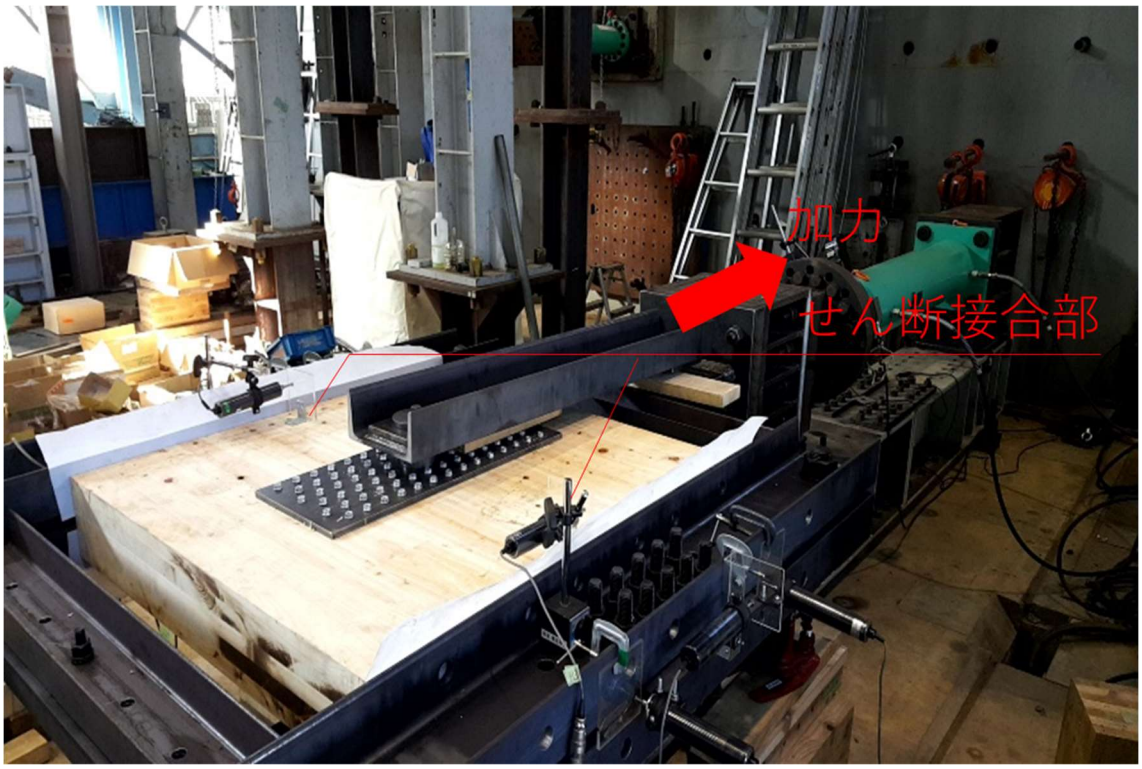


写真 3.3.4-1　試験体の設置状況

3.3.4.3　実験結果

(1) データの整理方法

各試験体において、接合部の変位は以下のように求める。

$$\text{上部接合部変位：}\frac{(H1+H2)}{2}$$

$$\text{下部接合部変位：}\frac{(H3+H\ )}{2}$$

初期剛性 K と降伏荷重 P_y は図 3.4-6 に示す方法で求めた。初期剛性は、最大荷重 P_{max} の 20%と 40%を結んだ直線の傾きとし、降伏荷重は初期剛性の直線を右に 5%（ドリフトピン径の 5%）オフセットした直線と曲線の交点の値とした。

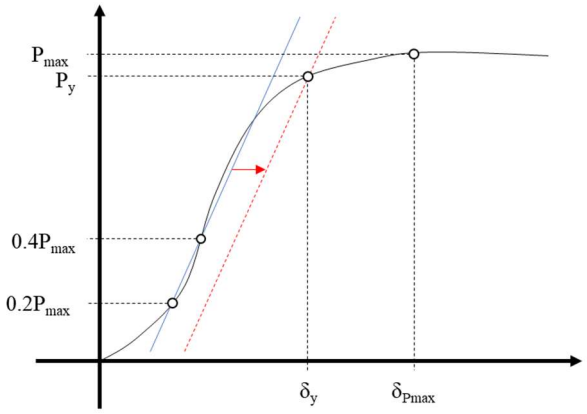


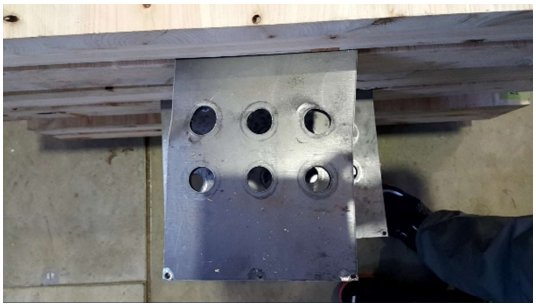
図 3.3.4-6　初期剛性と降伏荷重の求め方

(2) 各試験体の破壊性状、荷重変形関係および特性値

1) 3dx3d 2x3

写真 3.3.4-2~5 に破壊性状を、図 3.3.4-7 に荷重変形関係を、表 3.3.4-3 に各特性値を示す。

(a) 表面



(b) 鋼板の変形

写真 3.3.4-2 No.1-T の破壊性状

(c) 側面

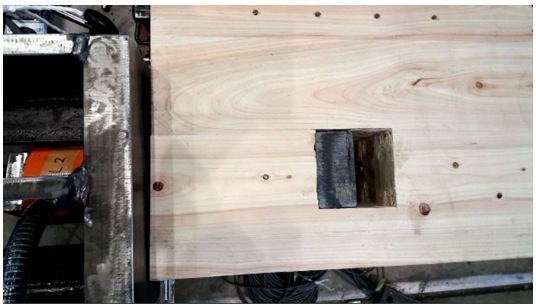
(d) 側面

写真 3.3.4-3 No.1_B の破壊性状

(a) 表面

(b) 裏面

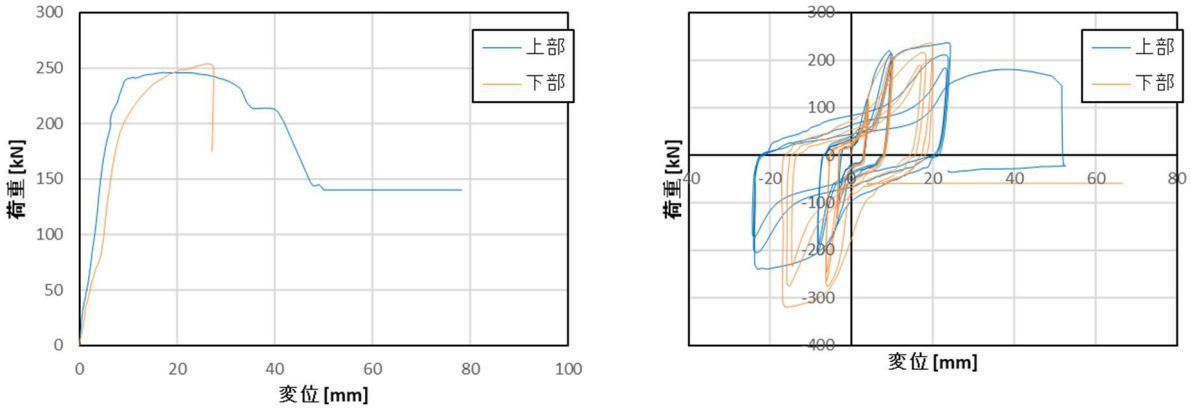
写真 3.3.4-4 No.2-T の破壊性状



(a) 表面

(b) 裏面

写真 3.3.4-5 No.2-B の破壊性状



(a) No. 1　　(b) No. 2

図 3.3.4-7　荷重変形関係

表 3.3.4-3　各特性値

3dx3d 2x3	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	30.13	224.38	8.10	246.19	17.28
No.1-B	17.79	225.08	12.84	253.90	26.09
No.2-T	33.88	191.08	6.76	236.96	23.74
No.2-B	31.99	181.13	7.10	236.51	19.53
平均値	28.45	205.42	8.70	243.39	21.66
標準偏差	7.27	22.67	2.82	8.30	3.99
CV	0.26	0.11	0.32	0.03	0.18

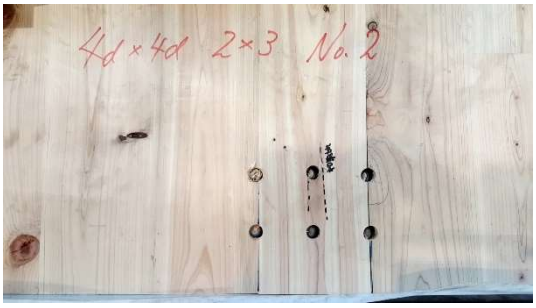
2) 4dx4d 2x3

写真 3.3.4-6~7 に破壊性状を、図 3.3.4-8 に荷重変形関係を、表 3.3.4-4 に各特性値を示す。

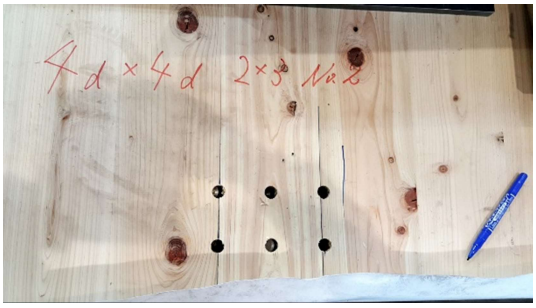
(a) No.1-T

(b) No.1-B

写真 3.3.4-6 No.1-T・B の破壊性状

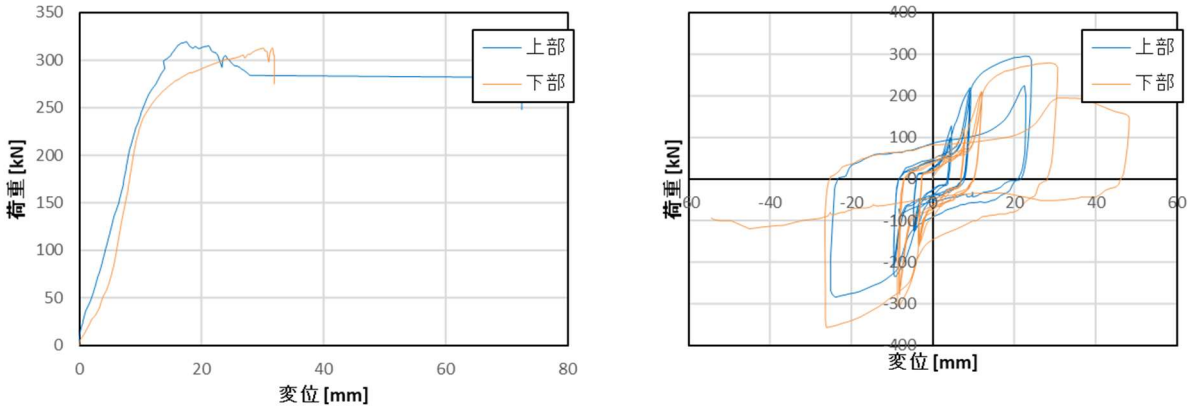


(a) No.2-T



(b) No.2-B

写真 3.3.4-7 No.2-T・B の破壊性状



(a) No. 1　　(b) No. 2

図 3.3.4-8　荷重変形関係

表 3.3.4-4　各特性値

4dx4d 2x3	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	23.63	273.36	12.36	319.55	17.48
No.1-B	30.09	253.90	11.88	312.82	31.67
No.2-T	33.02	132.44	5.44	295.60	22.59
No.2-B	14.63	123.97	8.77	279.34	28.76
平均値	25.34	195.92	9.61	301.83	25.12
標準偏差	8.15	78.67	3.21	18.07	6.35
CV	0.32	0.40	0.33	0.06	0.25

3) 5dx5d 2x3

写真 3.3.4-8～9 に破壊性状を、図 3.3.4-9 に荷重変形関係を、表 3.3.4-5 に各特性値を示す。

(a) No.1-T

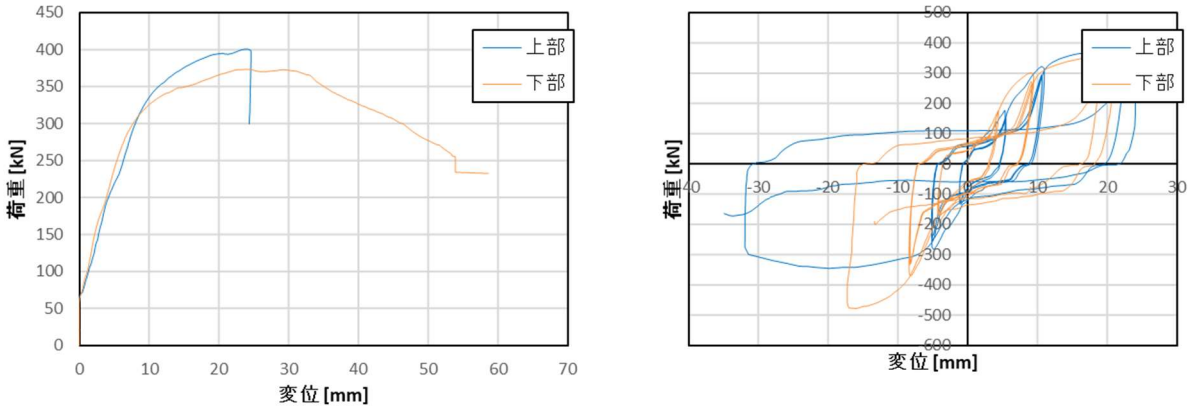
(b) No.1-B

写真 3.3.4-8 No.1-T・B の破壊性状

(a) No.2-T

(b) No.2-B

写真 3.3.4-9 No.2-T・B の破壊性状



(a) No. 1　　(b) No. 2

図 3.3.4-9　荷重変形関係

表 3.3.4-5　各特性値

5dx5d 2x3	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	35.02	265.77	6.83	400.80	23.92
No.1-B	42.63	246.97	5.27	373.68	23.90
No.2-T	27.79	328.49	11.70	382.77	21.41
No.2-B	28.41	305.42	10.64	358.39	20.10
平均値	33.46	286.66	8.61	378.91	22.33
標準偏差	6.93	37.03	3.05	17.72	1.90
CV	0.21	0.13	0.35	0.05	0.09

4) 5dx5d 2-3

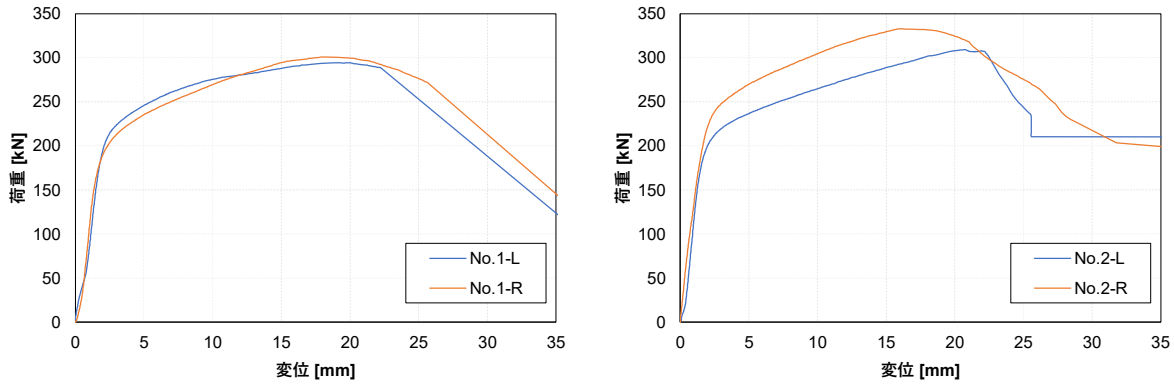
写真 3.3.4-10 に破壊性状を、図 3.3.4-10 に荷重変形関係を、表 3.3.4-6 に各特性値を示す。

(a) No.1-T

(b) No.1-B

(c) 側面

写真 3.3.4-10 No.1-T・B の破壊性状



(a) No. 1　　(b) No. 2

図 3.3.4-10　荷重変形関係

表 3.3.4-6　各特性値

5dx5d 2-3	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	18.95	277.09	13.31	317.79	34.99
No.1-B	31.00	258.24	9.06	321.52	25.99
平均値	24.98	267.66	11.19	319.65	30.49
標準偏差	8.52	13.32	3.01	2.63	6.36
CV	0.34	0.05	0.27	0.01	0.21

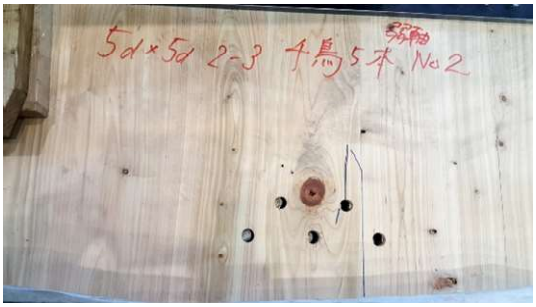
5) 5dx5d 2-3 千鳥 5 本 弱軸

写真 3.3.4-11～12 に破壊性状を、図 3.3.4-11 に荷重変形関係を、表 3.3.4-7 に各特性値を示す。

(a) No.1-T

(b) No.1-B

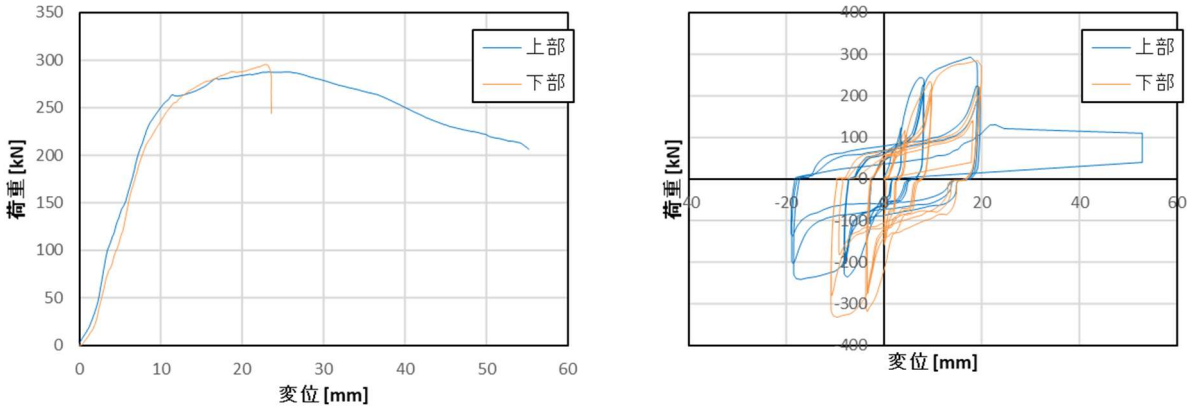
写真 3.3.4-11 No.1-T・B の破壊性状



(a) No.2-T

(b) No.2-B

写真 3.3.4-12 No.2-T・B の破壊性状



(a) No. 1　　(b) No. 2

図 3.3.4-11　荷重変形関係

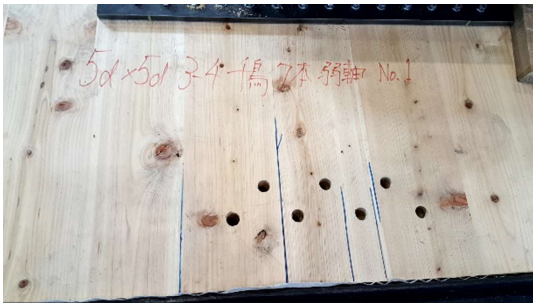
表 3.3.4-7　各特性値

5dx5d 2-3 千鳥 5 本弱軸	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	36.34	205.58	7.42	287.50	25.05
No.1-B	26.34	248.26	10.97	295.44	22.82
No.2-T	32.49	243.54	7.22	293.30	17.72
No.2-B	27.50	234.42	9.30	285.13	19.17
平均値	30.67	232.95	8.72	290.34	21.19
標準偏差	4.63	19.13	1.76	4.83	3.35
CV	0.15	0.08	0.20	0.02	0.16

6) 5dx5d 3-4 千鳥 7 本 弱軸

写真 3.3.4-13～14 に破壊性状を、図 3.3.4-12 に荷重変形関係を、表 3.3.4-8 に各特性値を示す。

(a) No.1-T



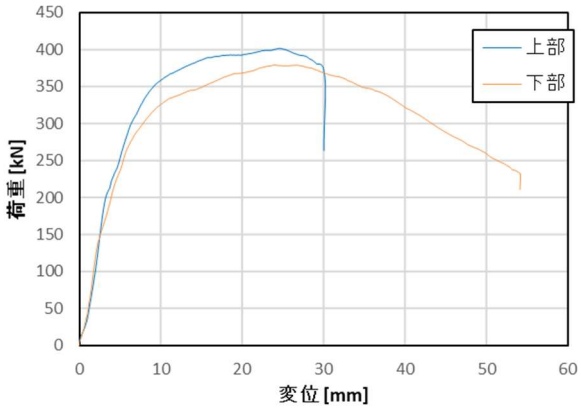
(b) No.1-B

写真 3.3.4-13 No.1-T・B の破壊性状

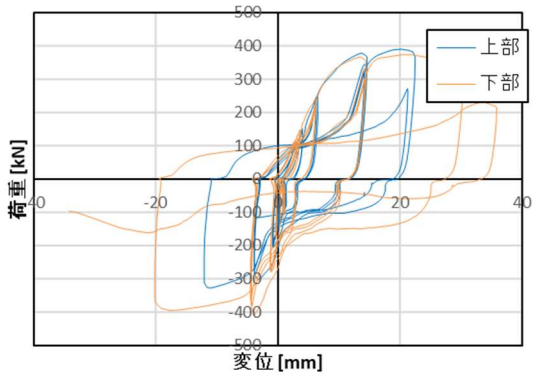
(a) No.2-T

(b) No.2-B

写真 3.3.4-14 No.2-T・B の破壊性状



(a) No. 1



(b) No. 2

図 3.3.4-12　荷重変形関係

表 3.3.4-8　各特性値

5dx5d 3-4 千鳥 7 本弱軸	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	82.14	233.49	4.37	401.66	24.46
No.1-B	63.73	226.37	4.64	379.32	24.07
No.2-T	36.49	349.26	10.69	390.29	20.19
No.2-B	54.12	260.50	6.76	373.52	20.31
平均値	59.12	267.40	6.61	386.20	22.26
標準偏差	19.05	56.52	2.92	12.44	2.32
CV	0.32	0.21	0.44	0.03	0.10

7） 3dx3d 1x6

写真 3.3.4-15～16 に破壊性状を、図 3.3.4-13 に荷重変形関係を、表 3.3.4-9 に各特性値を示す。

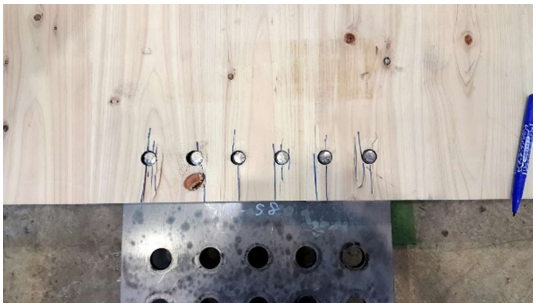
(a) No.1-T

(b) No.1-B

写真 3.3.4-15　No.1-T・B の破壊性状

(a) No.2-T

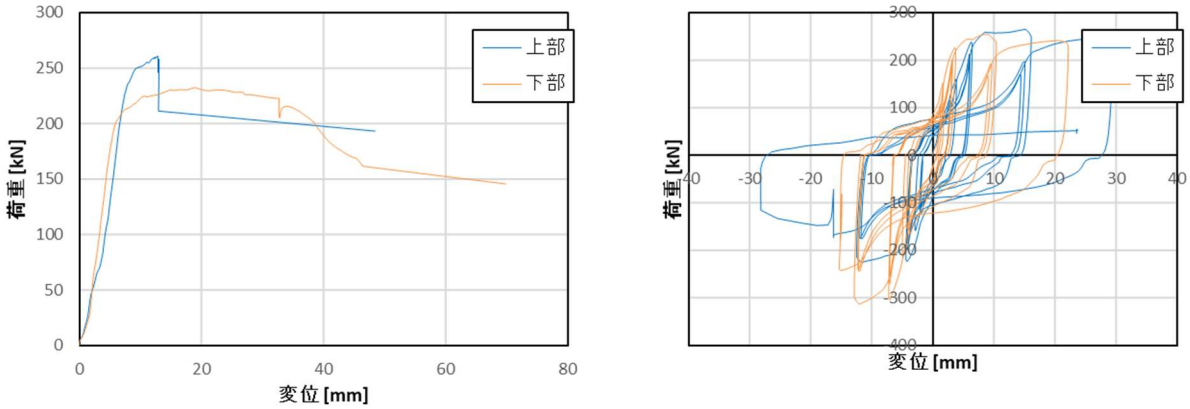
(b) No.2-B



(c) No.2-T

(d) No.2 B

写真 3.3.4-16 No.2-T・B の破壊性状



(a) No.1　　(b) No.2

図 3.3.4-13　荷重変形関係

表 3.3.4-9　各特性値

3dx3d 1x6	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	25.22	255.24	11.04	260.89	12.84
No.1-B	42.25	206.56	6.65	232.65	19.00
No.2-T	34.87	242.10	7.17	265.19	15.21
No.2-B	71.25	228.94	4.22	254.38	9.16
平均値	43.40	233.21	7.27	253.28	14.05
標準偏差	19.84	20.76	2.82	14.45	4.13
CV	0.46	0.09	0.39	0.06	0.29

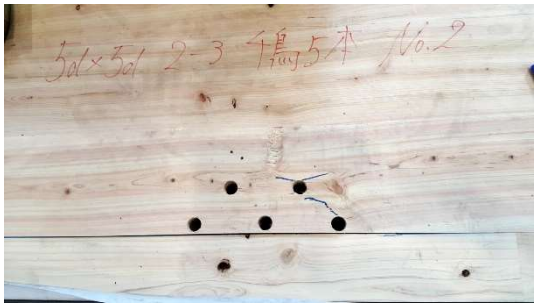
8) 5dx5d 2-3 千鳥 5 本強軸

写真 3.3.4.15～16 に破壊性状を、図 3.3.4-14 に荷重変形関係を、表 3.3.4-10 に各特性値を示す。

(a) No.1-T

(b) No.1-B

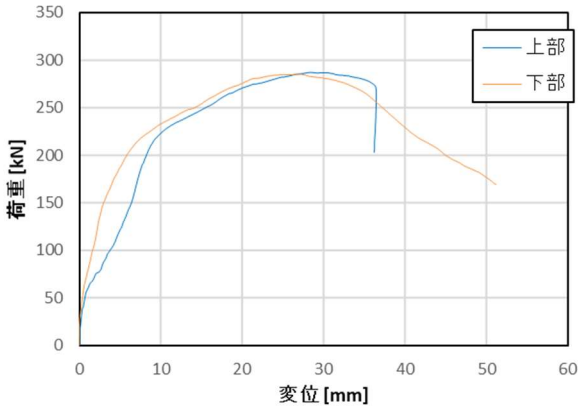
写真 3.3.4-15 No.1-T・B の破壊性状



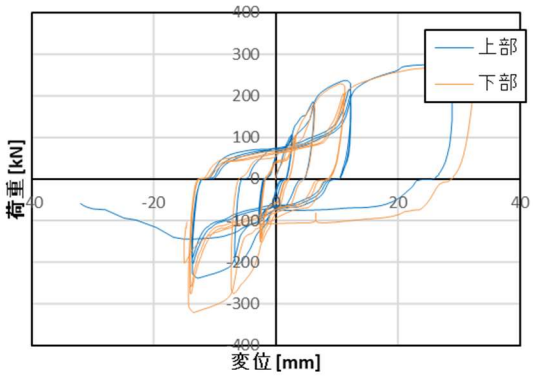
(a) No.2-T

(b) No.2-B

写真 3.3.4-16 No.2-T・B の破壊性状



(a) No. 1



(b) No. 2

図 3.3.4-14　荷重変形関係

表 3.3.4-10　各特性値

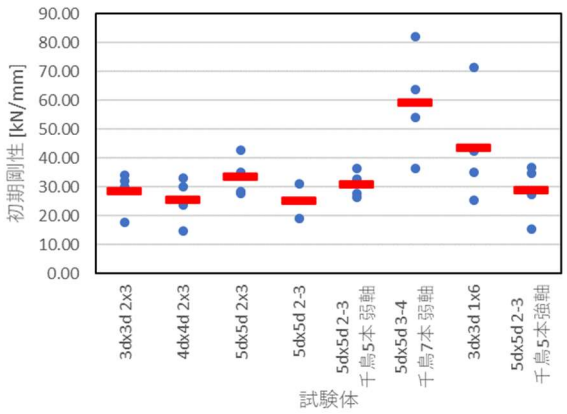
5dx5d 2-3 千鳥 5 本強軸	K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	Pmax(kN)	Dpmax(mm)
No.1-T	15.39	242.01	13.70	287.23	28.43
No.1-B	36.72	181.61	4.67	285.29	26.91
No.2-T	34.60	152.47	4.71	274.42	24.17
No.2-B	27.32	206.24	7.72	267.42	24.88
平均値	28.51	195.58	7.70	278.59	26.09
標準偏差	9.63	37.96	4.25	9.34	1.94
CV	0.34	0.19	0.55	0.03	0.07

(3) 実験結果及び考察

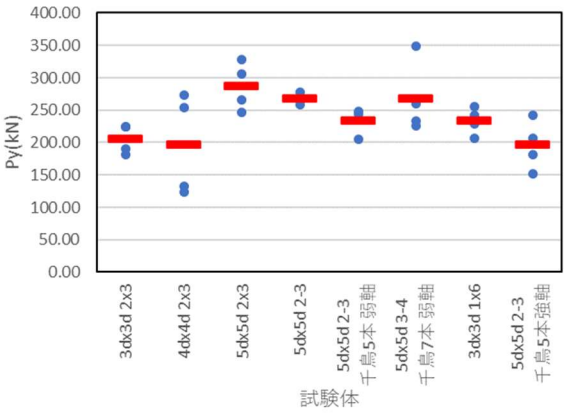
試験結果一覧を表 3.3.4-11 に示す。

表 3.3.4-11 試験結果一覧

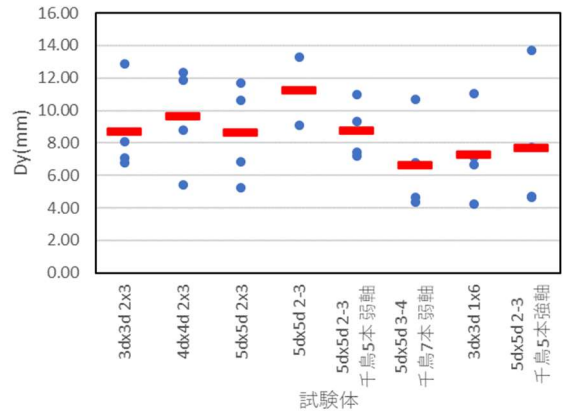
試験体名		K(kN/mm)	Py(kN)	Dy(mm)	P_{max}(kN)	D_{pmax}(mm)
3dx3d 2x3	No.1-T	30.13	224.38	8.10	246.19	17.28
	No.1-B	17.79	225.08	12.84	253.90	26.09
	No.2-T	33.88	191.08	6.76	236.96	23.74
	No.2-B	31.99	181.13	7.10	236.51	19.53
	平均値	28.45	205.42	8.70	243.39	21.66
4dx4d 2x3	No.1-T	23.63	273.36	12.36	319.55	17.48
	No.1-B	30.09	253.90	11.88	312.82	31.67
	No.2-T	33.02	132.44	5.44	295.60	22.59
	No.2-B	14.63	123.97	8.77	279.34	28.76
	平均値	25.34	195.92	9.61	301.83	25.12
5dx5d 2x3	No.1-T	35.02	265.77	6.83	400.80	23.92
	No.1-B	42.63	246.97	5.27	373.68	23.90
	No.2-T	27.79	328.49	11.70	382.77	21.41
	No.2-B	28.41	305.42	10.64	358.39	20.10
	平均値	33.46	286.66	8.61	378.91	22.33
5dx5d 2-3	No.1-T	18.95	277.09	13.31	317.79	34.99
	No.1-B	31.00	258.24	9.06	321.52	25.99
	平均値	24.98	267.66	11.19	319.65	30.49
5dx5d 2-3 千鳥 5 本弱軸	No.1-T	36.34	205.58	7.42	287.50	25.05
	No.1-B	26.34	248.26	10.97	295.44	22.82
	No.2-T	32.49	243.54	7.22	293.30	17.72
	No.2-B	27.50	234.42	9.30	285.13	19.17
	平均値	30.67	232.95	8.72	290.34	21.19
5dx5d 3-4 千鳥 7 本弱軸	No.1-T	82.14	233.49	4.37	401.66	24.46
	No.1-B	63.73	226.37	4.64	379.32	24.07
	No.2-T	36.49	349.26	10.69	390.29	20.19
	No.2-B	54.12	260.50	6.76	373.52	20.31
	平均値	59.12	267.40	6.61	386.20	22.26
3dx3d 1x6	No.1-T	25.22	255.24	11.04	260.89	12.84
	No.1-B	42.25	206.56	6.65	232.65	19.00
	No.2-T	34.87	242.10	7.17	265.19	15.21
	No.2-B	71.25	228.94	4.22	254.38	9.16
	平均値	43.40	233.21	7.27	253.28	14.05
5dx5d 2-3 千鳥 5 本強軸	No.1-T	15.39	242.01	13.70	287.23	28.43
	No.1-B	36.72	181.61	4.67	285.29	26.91
	No.2-T	34.60	152.47	4.71	274.42	24.17
	No.2-B	27.32	206.24	7.72	267.42	24.88
	平均値	28.51	195.58	7.70	278.59	26.09



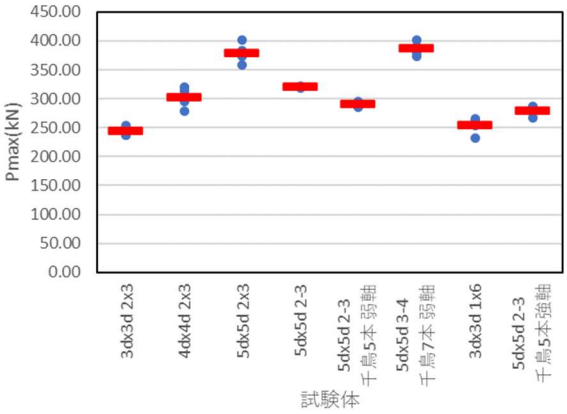
(a) 初期剛性



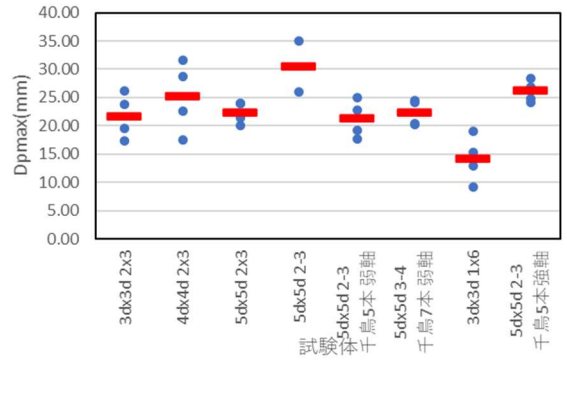
(b) 降伏耐力 Py



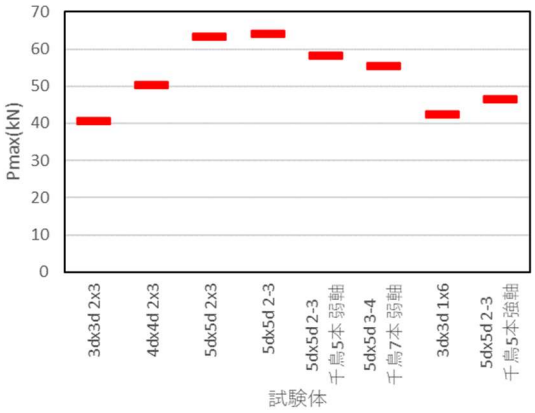
(c) 降伏変位



(d) 最大耐力



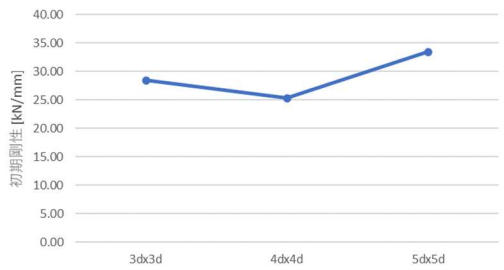
(e) 最大耐力時変位



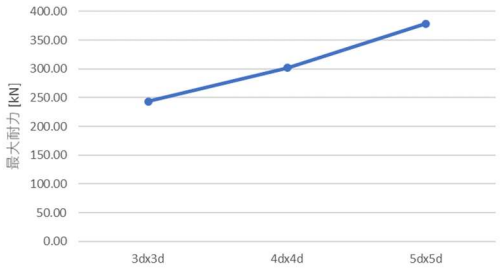
(f) ドリフトピン 1 本あたりの最大耐力
(最大耐力/ドリフトピン本数)

図 3.3.4-15　特性値まとめ

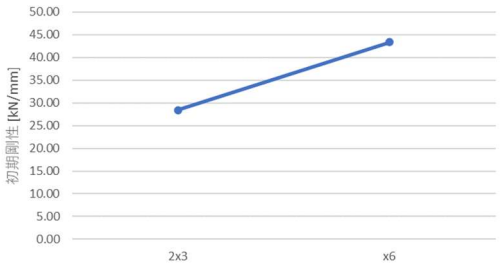
図 3.3.4-15 に各特性値の仕様ごとの特性値の比較をグラフで示す。なお、実験値を青点、実験の平均値を赤線で示している。図より、最大耐力のばらつきが少なく、降伏変位のばらつきが大きいことが分かる。仕様別に比較すると、初期剛性及び最大耐力については、最もドリフトピン数の多い 5dx5d 3-4 千鳥 7 本 弱軸の試験体が最も大きな値を示している。接合部の最大耐力をドリフトピン本数で除した値を比較すると、最も大きな値を示したのは 5dx5d 2-3、次いで 5dx5d 2x3 である。



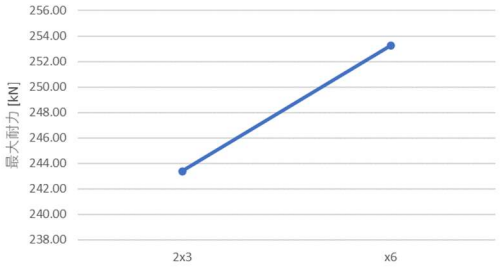
(a) ドリフトピン間隔による比較-初期剛性



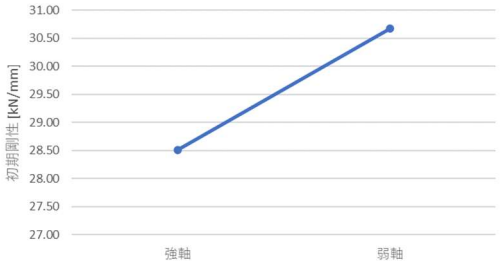
(b) ドリフトピン間隔による比較-最大耐力



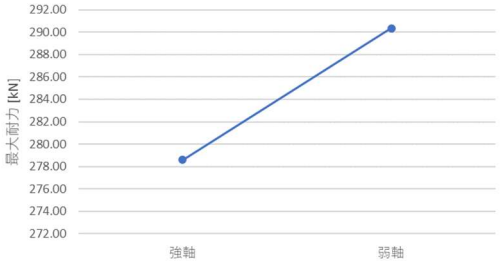
(c) ドリフトピン配置による比較-初期剛性



(d) ドリフトピン配置による比較-最大耐力



(e) CLT 強軸方向による比較-初期剛性



(f) CLT 強軸方向による比較-最大耐力

図 3.3.4-16　ドリフトピン間隔・配置による比較

図 3.3.4-16 に仕様種別ごとの特性値の比較を示す。ドリフトピン配置 2×3 を比較すると、最大耐力はドリフトピン間隔が大きいほど大きな値を示した。降伏耐力、初期剛性については、4dx4d<3dx3dx<5dx5d という結果になった。

同じ縁端距離 3dx3d で比較すると、ドリフトピン配置 2x3 よりも 1x6 のときの方が、初期剛性については 1.5 倍、最大耐力については 1.1 倍大きな値を示した。

3.3.4.4　まとめ

本節では、鋼板挿入ドリフトピン接合部のせん断実験を実施し、試験結果より荷重変形関係を求め、各特性値を算出した。本実験で以下の知見が得られた。

・同じ配置で比較すると、端縁距離（ドリフトピン間隔）が大きくなるにつれて最大耐力が大きくなり、端縁距離が破壊性状に影響を及ぼしていることが確認できた。

・ドリフトピン配置 1×6 の方が、同じ端縁距離でのドリフトピン配置 2×3 と比べて、初期剛性・最大耐力ともに大きな値を示した。

・ドリフトピン本数の最も多い仕様の試験体が、初期剛性、最大耐力において最も大きな値を示した。

3.3.5 CLT 材料圧縮試験

3.3.5.1 目的

鉄骨床梁との接触部分になる CLT 耐震壁の圧縮性能を確認するため、CLT の全面圧縮試験および部分圧縮実験を行った。

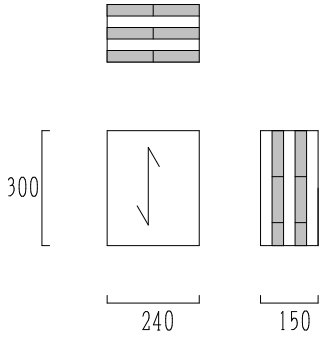
3.3.5.2 実験概要

(1)試験体概要

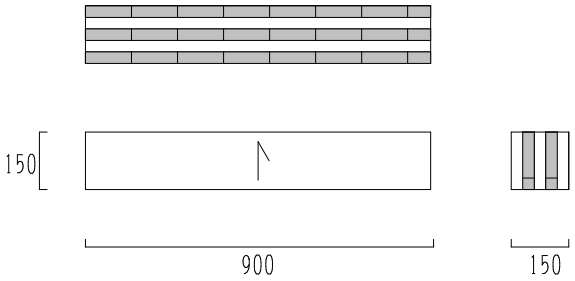
試験体は全面圧縮試験体（1 仕様）と部分圧縮試験体（3 仕様）について検討を行った。
表 3.5.5.1 に試験体仕様・寸法の一覧を示す。

表 3.3.5.1 試験体仕様

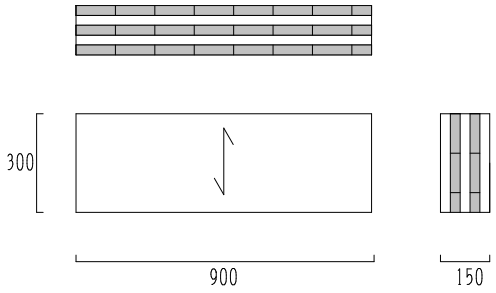
	試験体名	圧縮面	圧縮位置	断面寸法	加力方向	試験体数
1	240C	全面圧縮	-	150×240	外層平行	6
2	150C	部分圧縮	中央	150×150	外層平行	6
3	150E1	部分圧縮	端部	150×150	外層平行	6
4	150E2	部分圧縮	端部	150×150	外層平行	6
5	300C	部分圧縮	中央	150×300	外層平行	6
6	300E1	部分圧縮	端部	150×300	外層平行	6
7	300E2	部分圧縮	端部	150×300	外層平行	6
8	600C	部分圧縮	中央	150×600	外層平行	6
9	600E1	部分圧縮	端部	150×600	外層平行	6
10	600E2	部分圧縮	端部	150×600	外層平行	6
11	150FC	部分圧縮	中央	150×150	外層平行	6
12	150FE1	部分圧縮	端部	150×150	外層平行	6
13	150FE2	部分圧縮	端部	150×150	外層平行	6
14	150CR	部分圧縮	中央	150×150	外層平行	6



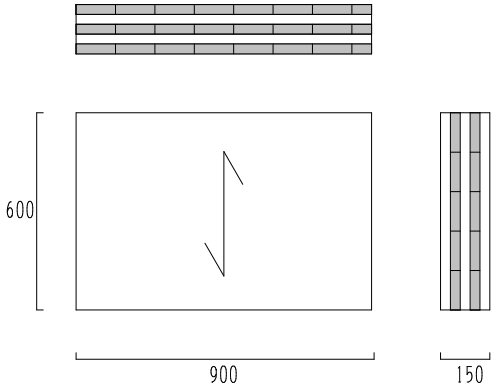
(1)240C



(2)150C,150E1, 150E1,
150FC,150FE1, 150FE1,150RC



(2)300C,300E1, 300E1

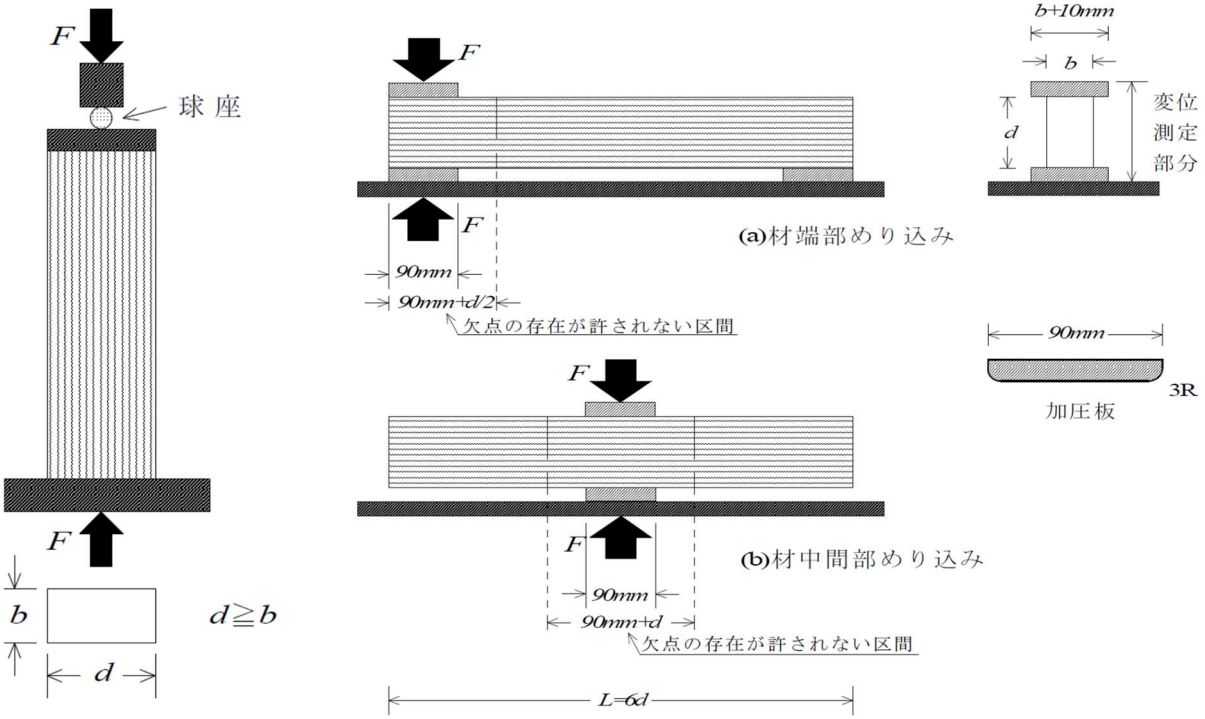


(2) 600C, 600E1, 600E1

図 3.3.5.1 試験体図

(2) 試験方法、計測計画および加力計画

試験は、2000kN 万能試験機を用い、構造用木材の強度試験マニュアル（(公財) 日本住宅・木材技術センター、2011 年 3 月）*1 に記載された縦圧縮試験および部分圧縮試験に準じて実施した。図 3.3.5.2 に試験方法図を示す。また写真 3.3.5.1 に試験体セットアップを示す。



(1)全面圧縮試験　　(2)部分圧縮試験

図 3.3.5.2 試験方法図*1

写真 3.3.5.1 試験体セットアップ

(3)剛性、圧縮強度の計算方法

全面圧縮試験及び部分圧縮試験の縦圧縮強さ、縦圧縮ヤング係数を以下の方法で計算する。なお、部分圧縮試験結果については、外層と加力方向が同一であることから、全面圧縮試験と同様の方法で計算することとした。

1)縦圧縮強さ

縦圧縮強さ($f_{c,0}$)は式 3.3.5.1 から算出する。単位は N/mm^2 とし、小数点第 1 位まで求める。

$$f_{c,0} = \frac{F_{ult}}{A}$$

ここで、F_{ult}：最大荷重、A：試験体横断面の面積

2)縦圧縮ヤング係数

縦圧縮ヤング係数(E_c)は式 3.3.5.2 から算出する。単位は kN/mm^2 とし、小数点第 2 位まで求める。

$$E_c = \frac{l(F_2 - F_1)}{A(w_2 - w_1)}$$

ここで、l　　：評点距離

A　　：試験体の横断面の面積

F_2-F_1 ：荷重変形曲線の直線部分の荷重増分、

F_1 は最大荷重（の推定値）の約 10%、F_2 は約 40%とする。

w_2-w_1：F_2-F_1 に対応する変形の増分

3.3.5.3 実験結果

(1)破壊性状

写真 3.3.5.～3.3.5.*に試験結果の破壊性状の写真を示す。

写真 3.3.5.2　240C

写真 3.3.5.3　150C

写真 3.3.5.4　150E

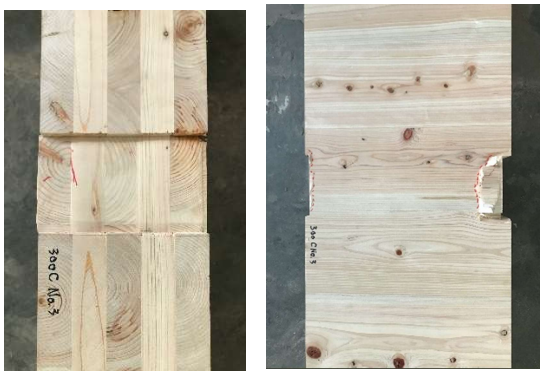


写真 3.3.5.5　300C

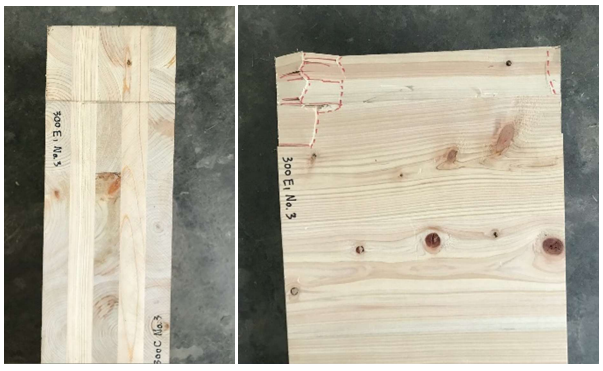


写真 3.3.5.6 300E

写真 3.3.5.7　600C

写真 3.3.5.8 600E

写真 3.3.5.9　150FC

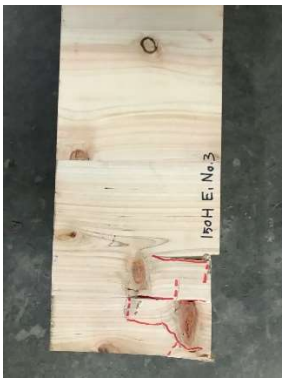


写真 3.3.5.10 150FE

(2)剛性、圧縮強度の計算結果

表 3.3.5.2～3.3.5.14 に試験結果の剛性と圧縮強度の一覧を示す。また、図 3.3.5.3～3.3.5.5 に各仕様の圧縮強度、縦ヤング係数、単位面積当たりの支圧剛性の分布を示す。

表 3.3.5.2 全面圧縮試験 240C

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	1078.6	30.0	4.29	14.29
No.2	0.52	1085.0	30.1	4.85	16.17
No.3	0.50	1129.0	31.4	4.54	15.13
No.4	0.51	1114.8	31.0	4.65	15.48
No.5	0.52	1087.0	30.2	4.38	14.61
No.6	0.49	1028.2	28.6	4.13	13.78
平均値	0.51	1087.1	30.2	4.47	14.91
下限値	0.49	1012.8	28.1	3.92	13.07
標準偏差	0.01	31.80	0.88	0.24	0.79

表 3.3.5.3 部分圧縮試験 150C

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.50	490.2	36.3	4.81	32.04
No.2	0.51	510.6	37.8	6.75	45.03
No.3	0.51	479.2	35.5	5.41	36.10
No.4	0.49	482.0	35.7	5.30	35.35
No.5	0.51	477.6	35.4	5.40	35.98
No.6	0.52	473.0	35.0	5.69	37.95
平均値	0.51	485.4	36.0	5.56	37.07
下限値	0.49	456.5	33.8	4.17	27.80
標準偏差	0.01	12.40	0.92	0.60	3.97

表 3.3.5.4 部分圧縮試験 150E1

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.50	433.8	32.1	3.22	21.47
No.2	0.51	443.4	32.8	5.87	39.10
No.3	0.51	469.6	34.8	5.44	36.23
No.4	0.49	446.2	33.1	3.95	26.30
No.5	0.51	502.8	37.2	5.92	39.48
No.6	0.52	485.6	36.0	5.54	36.96
平均値	0.51	463.6	34.3	4.99	33.26
下限値	0.49	405.9	30.1	2.58	17.22
標準偏差	0.01	24.68	1.83	1.03	6.86

表 3.3.5.5 部分圧縮試験 150 E2

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.50	482.8	35.8	5.16	34.39
No.2	0.51	514.6	38.1	5.57	37.13
No.3	0.51	494.6	36.6	6.11	40.71
No.4	0.49	458.8	34.0	5.27	35.16
No.5	0.51	475.8	35.2	5.81	38.73
No.6	0.52	488.6	36.2	5.92	39.48
平均値	0.51	485.9	36.0	5.64	37.60
下限値	0.49	445.9	33.0	4.84	32.29
標準偏差	0.01	17.09	1.27	0.34	2.27

表 3.3.5.6 部分圧縮試験 30C

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.50	534.0	39.6	8.56	28.53
No.2	0.50	509.0	37.7	7.84	26.12
No.3	0.50	515.4	38.2	8.57	28.56
No.4	0.50	534.8	39.6	7.77	25.89
No.5	0.49	491.4	36.4	8.88	29.59
No.6	0.49	488.6	36.2	11.84	39.48
平均値	0.50	512.2	37.9	8.91	29.70
下限値	0.48	469.6	34.8	5.70	19.00
標準偏差	0.01	18.24	1.35	1.37	4.58

表 3.3.5.7 部分圧縮試験 300E1

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.50	478.6	35.5	4.64	15.48
No.2	0.50	494.2	36.6	7.56	25.19
No.3	0.50	463.0	34.3	4.41	14.70
No.4	0.50	484.8	35.9	4.74	15.80
No.5	0.49	470.6	34.9	6.88	22.93
No.6	0.49	417.4	30.9	4.53	15.11
平均値	0.50	468.1	34.7	5.46	18.20
下限値	0.48	410.3	30.4	2.51	8.37
標準偏差	0.01	24.74	1.83	1.26	4.21

表 3.3.5.8 部分圧縮試験 300 E2

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.50	435.8	32.3	4.64	15.47
No.2	0.50	426.0	31.6	4.39	14.63
No.3	0.50	468.2	34.7	4.63	15.44
No.4	0.50	475.6	35.2	5.57	18.57
No.5	0.49	427.0	31.6	4.99	16.62
No.6	0.49	477.0	35.3	5.53	18.43
平均値	0.50	451.6	33.5	4.96	16.53
下限値	0.48	399.3	29.6	3.90	12.99
標準偏差	0.01	22.39	1.66	0.45	1.51

表 3.3.5.9 部分圧縮試験 600C

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	527.8	39.1	12.50	20.83
No.2	0.51	517.4	38.3	12.61	21.02
No.3	0.51	475.4	35.2	10.29	17.15
No.4	0.51	539.2	39.9	11.75	19.58
No.5	0.51	440.2	32.6	10.63	17.72
No.6	0.49	478.8	35.5	11.24	18.73
平均値	0.51	496.5	36.8	11.50	19.17
下限値	0.49	415.7	30.8	9.46	15.77
標準偏差	0.01	34.56	2.56	0.87	1.46

表 3.3.5.10 部分圧縮試験 600E1

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	475.2	35.2	5.82	9.70
No.2	0.51	429.8	31.8	5.02	8.36
No.3	0.51	477.8	35.4	6.60	11.00
No.4	0.51	478.6	35.5	8.34	13.90
No.5	0.51	481.2	35.6	6.37	10.61
No.6	0.49	450.8	33.4	6.45	10.75
平均値	0.51	465.6	34.5	6.43	10.72
下限値	0.49	421.3	31.2	4.09	6.81
標準偏差	0.01	18.95	1.40	1.00	1.67

表 3.3.5.11 部分圧縮試験 600E2

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	464.2	34.4	5.34	8.89
No.2	0.51	455.6	33.7	8.96	14.93
No.3	0.51	474.0	35.1	5.84	9.74
No.4	0.51	492.4	36.5	9.03	15.05
No.5	0.51	465.6	34.5	8.59	14.31
No.6	0.49	493.4	36.5	7.69	12.82
平均値	0.51	474.2	35.1	7.57	12.62
下限値	0.49	440.9	32.7	4.12	6.87
標準偏差	0.01	14.26	1.06	1.48	2.46

表 3.3.5.12 部分圧縮試験 150FC

	比重	Pmax	Fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	473.8	35.1	4.62	30.79
No.2	0.50	485.0	35.9	3.65	24.33
No.3	0.52	535.4	39.7	4.86	32.42
No.4	0.51	493.6	36.6	4.27	28.49
No.5	0.50	490.6	36.3	4.27	28.47
No.6	0.49	475.6	35.2	3.84	25.59
平均値	0.50	492.3	36.5	4.25	28.35
下限値	0.48	444.3	32.9	3.28	21.86
標準偏差	0.01	20.56	1.52	0.42	2.78

表 3.3.5.13 部分圧縮試験 150FE1

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	488.6	36.2	3.44	22.91
No.2	0.50	490.6	36.3	4.65	30.97
No.3	0.52	447.4	33.1	2.86	19.08
No.4	0.51	478.8	35.5	3.40	22.69
No.5	0.50	496.4	36.8	3.72	24.79
No.6	0.49	449.0	33.3	2.93	19.53
平均値	0.50	475.1	35.2	3.50	23.33
下限値	0.48	429.0	31.8	2.11	14.10
標準偏差	0.01	19.74	1.46	0.59	3.95

表 3.3.5.14 部分圧縮試験 150FE2

	比重	Pmax	fc	Ec	km
	-	kN	N/mm^2	kN/mm^2	N/mm^3
No.1	0.51	442.0	32.7	4.15	27.67
No.2	0.50	497.0	36.8	5.58	37.19
No.3	0.52	507.0	37.6	4.20	28.03
No.4	0.51	476.6	35.3	3.69	24.63
No.5	0.50	462.4	34.3	3.41	22.73
No.6	0.49	483.4	35.8	3.60	24.03
平均値	0.50	478.1	35.4	4.11	27.38
下限値	0.48	427.9	31.7	2.43	16.22
標準偏差	0.01	21.50	1.59	0.72	4.78

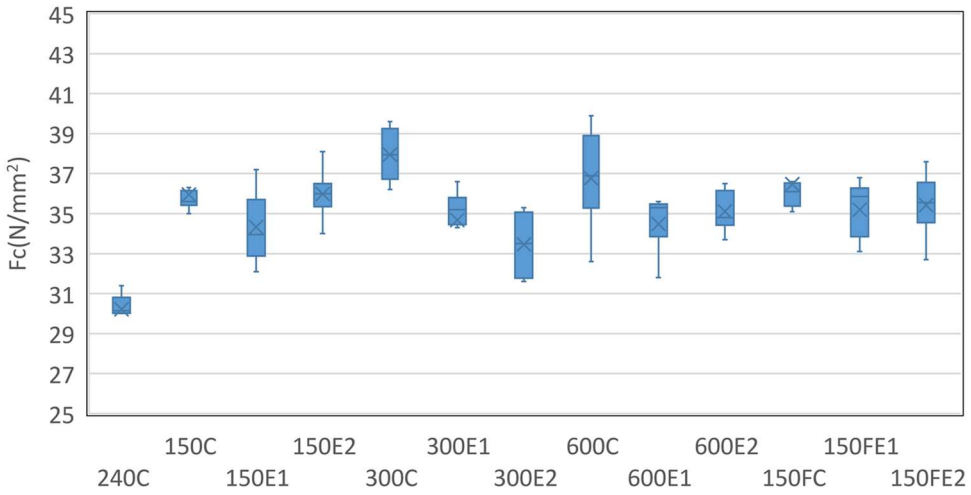


図 3.5.5.15 圧縮強度の分布

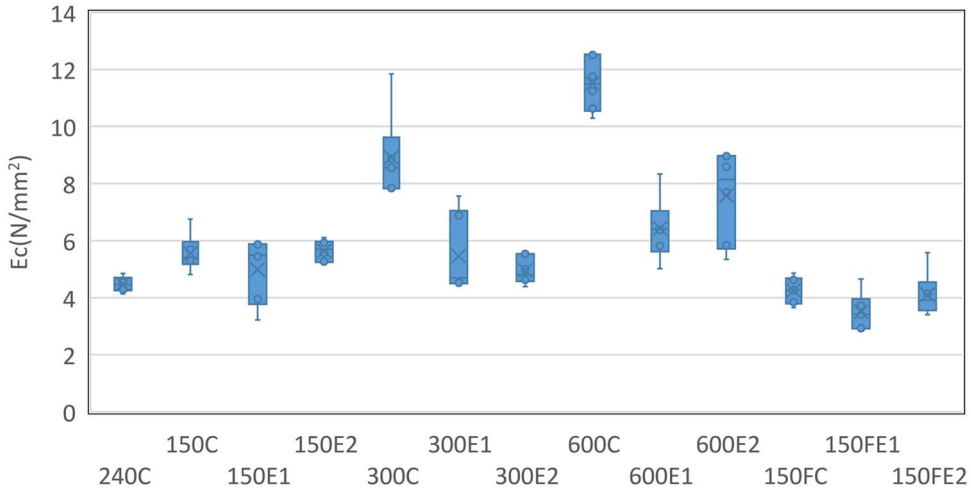


図 3.5.5.16 縦ヤング係数の分布

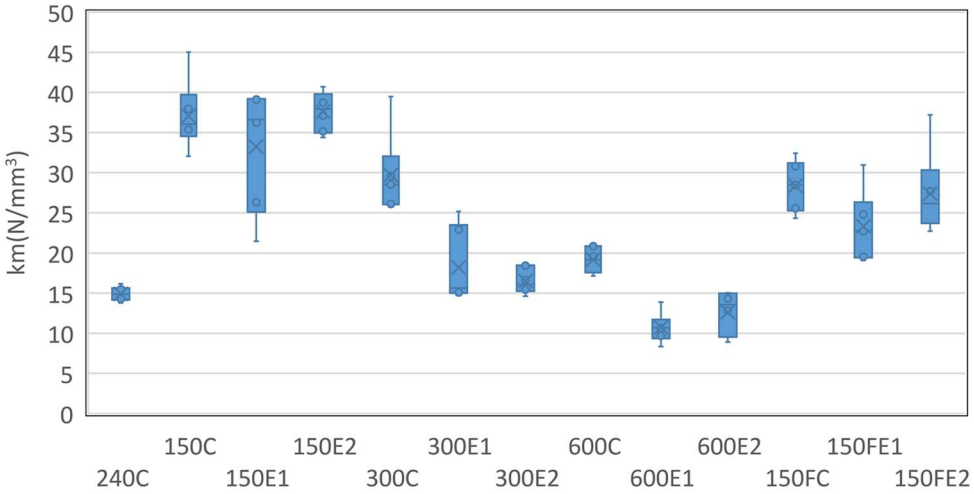


図 3.5.5.17 単位面積当たりの支圧剛性の分布

3.4　構面実験

3.4.1 目的

鉄骨床梁を有する CLT 工法建築物の耐震要素の構造性能を確認するため、鉄骨床梁と CLT 壁による構面の静的加力試験を行った。

3.4.2 実験計画

(1)試験体概要

実験に用いた試験体は計 2 体である。写真 3.4-1 に試験体①、写真 3.4-2 に試験体②を示す。せん断力は CLT 壁パネル上下中央の鋼板挿入ドリフトピン接合部によるせん断金物で抵抗し、引張力を CLT 壁の両端に配置したテンションロッドまたはフラットバーで負担する。圧縮力は CLT 端部で負担する。試験体①には引張金物としてテンションロッド（ABR400、φ33）を用い、試験体②にはフラットバー（2-PL9×150）を用いた。また CLT 壁端部のせん断金物は鋼板挿入ドリフトピン接合を用い、試験体①では片側 6 本、試験体②では片側 10 本の仕様とした。鉄鋼梁および CLT 壁は両試験体で共通とし、鉄骨梁にはH鋼（244×175×11×14）を用い、CLT 壁には S90-5-5（1000×2900）を用いた。

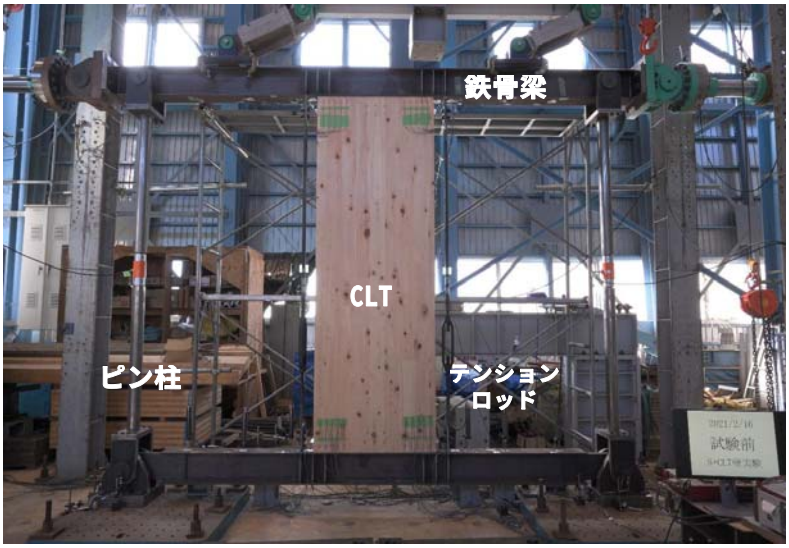


写真 3.4-1：試験体①

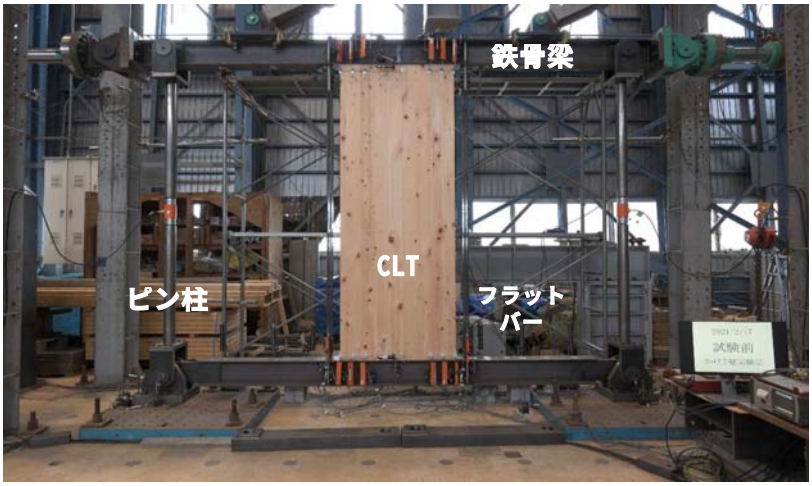


写真 3.4-2：試験体②

(2)計測計画

表 3.4-1 に各変位計のチャンネルリストを、図 3.4-1 変位計の計測位置を示す。また表 3.4-2 に歪ゲージのチャンネルリストを、図 3.4-2 に歪ゲージの計測位置を示す。

表 3.4-1　変位計チャンネルリスト

CH	計測位置	CH	計測位置
CH0	荷重 1	CH24	南壁脚ピン治具-偏心版ズレ
CH1	変位 1	CH25	北壁脚ピン治具-偏心版ズレ
CH2	荷重 2	CH26	南壁脚偏心版ズレ
CH3	変位 2	CH27	南壁脚偏心版ズレ
CH4	荷重 3	CH28	西三角治具ズレ 1
CH5	荷重 4	CH29	東三角治具ズレ 1
CH6	壁頭 S 梁水平変位	CH30	西三角治具ズレ 2
CH7	南壁脚 S 梁水平変位	CH31	東三角治具ズレ 2
CH8	壁頭 S 梁-CLT 水平ズレ	CH32	西三角治具-偏心版ズレ
CH9	壁脚 S 梁-CLT 水平ズレ	CH33	東三角治具-偏心版ズレ
CH10	壁頭-CLT 鉛直変位 1	CH34	西三角治具下偏心版ズレ
CH11	壁頭-CLT 鉛直変位 2	CH35	東三角治具下偏心版ズレ
CH12	壁頭-CLT 鉛直変位 3	CH36	CLT 斜め変位 1
CH13	壁頭-CLT 鉛直変位 4	CH37	CLT 斜め変位 2
CH14	壁頭-CLT 鉛直変位 5	CH38	南クレビス鉛直変位
CH15	壁頭-CLT 鉛直変位 6	CH39	北クレビス鉛直変位
CH16	壁脚-CLT 鉛直変位 1	CH40	壁脚 S 梁鉛直変位南 1
CH17	壁脚-CLT 鉛直変位 2	CH41	壁脚 S 梁鉛直変位南 2
CH18	壁脚-CLT 鉛直変位 3	CH42	壁脚 S 梁鉛直変位南 3
CH19	壁脚-CLT 鉛直変位 4	CH43	壁脚 S 梁鉛直変位北 1
CH20	壁脚-CLT 鉛直変位 5	CH44	壁脚 S 梁鉛直変位北 2
CH21	壁脚-CLT 鉛直変位 6	CH45	壁脚 S 梁鉛直変位北 3
CH22	南側ロッド鉛直変位	CH46	北壁脚 S 梁水平変位
CH23	北側ロッド鉛直変位		

表 3.4-2　歪ゲージチャンネルリスト

CH	計測位置	CH	計測位置
CH50	壁頭 S 梁上フランジ 1	CH82	南側 S ロッド 1/南側 S 板 1
CH51	壁頭 S 梁上フランジ 2	CH83	南側 S ロッド 2/南側 S 板 2
CH52	壁頭 S 梁上フランジ 3	CH84	北側 S ロッド 1/南側 S 板 3
CH53	壁頭 S 梁上フランジ 4	CH85	北側 S ロッド 2/南側 S 板 4
CH54	壁頭 S 梁上フランジ 5	CH86	北側 S 板 1
CH55	壁頭 S 梁上フランジ 6	CH87	北側 S 板 1
CH56	壁頭 S 梁上フランジ 7	CH88	北側 S 板 1
CH57	壁頭 S 梁上フランジ 8	CH89	北側 S 板 1
CH58	壁頭 S 梁下フランジ 1	CH90	壁頭 CLT 軸力 1
CH59	壁頭 S 梁下フランジ 2	CH91	壁頭 CLT 軸力 2
CH60	壁頭 S 梁下フランジ 3	CH92	壁頭 CLT 軸力 3
CH61	壁頭 S 梁下フランジ 4	CH93	壁頭 CLT 軸力 4
CH62	壁頭 S 梁下フランジ 5	CH94	壁頭 CLT 軸力 5
CH63	壁頭 S 梁下フランジ 6	CH95	壁頭 CLT 軸力 6
CH64	壁頭 S 梁下フランジ 7	CH96	壁頭 CLT 軸力 7
CH65	壁頭 S 梁下フランジ 8	CH97	壁頭 CLT 軸力 8
CH66	壁脚 S 梁上フランジ 1	CH98	壁頭 CLT 軸力 9
CH67	壁脚 S 梁上フランジ 2	CH99	壁頭 CLT 軸力 10
CH68	壁脚 S 梁上フランジ 3	CH100	壁脚 CLT 軸力 1
CH69	壁脚 S 梁上フランジ 4	CH101	壁脚 CLT 軸力 2
CH70	壁脚 S 梁上フランジ 5	CH102	壁脚 CLT 軸力 3
CH71	壁脚 S 梁上フランジ 6	CH103	壁脚 CLT 軸力 4
CH72	壁脚 S 梁上フランジ 7	CH104	壁脚 CLT 軸力 5
CH73	壁脚 S 梁上フランジ 8	CH105	壁脚 CLT 軸力 6
CH74	壁脚 S 梁下フランジ 1	CH106	壁脚 CLT 軸力 7
CH75	壁脚 S 梁下フランジ 2	CH107	壁脚 CLT 軸力 8
CH76	壁脚 S 梁下フランジ 3	CH108	壁脚 CLT 軸力 9
CH77	壁脚 S 梁下フランジ 4	CH109	壁脚 CLT 軸力 10
CH78	壁脚 S 梁下フランジ 5		

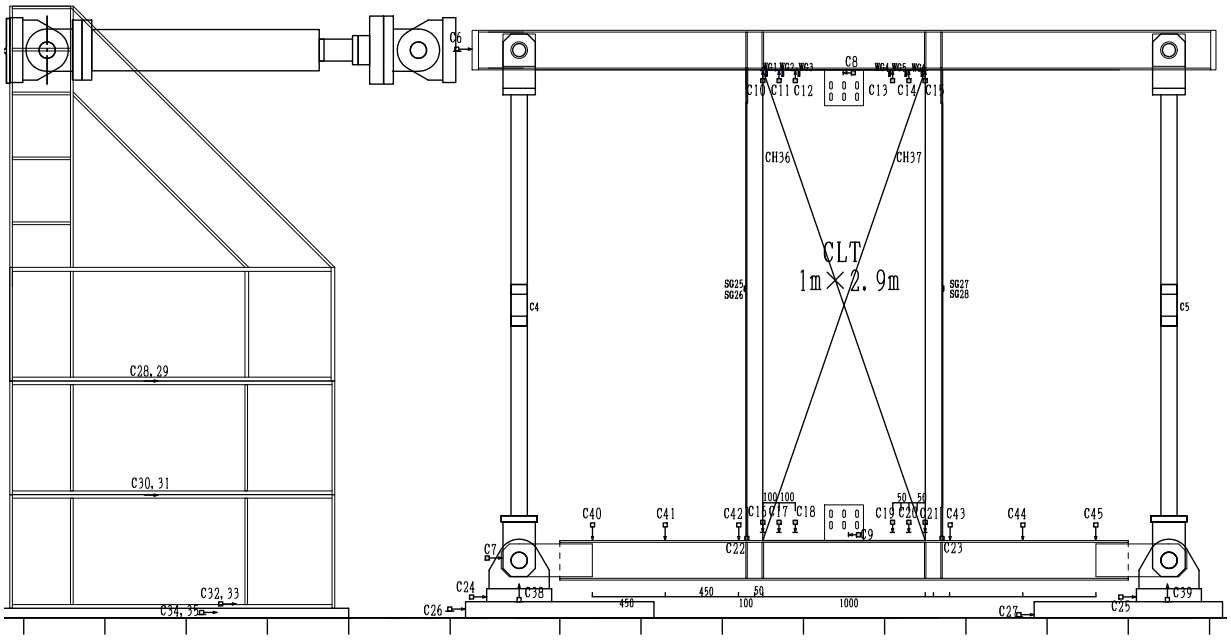


図 3.4-1　変位計計測位置

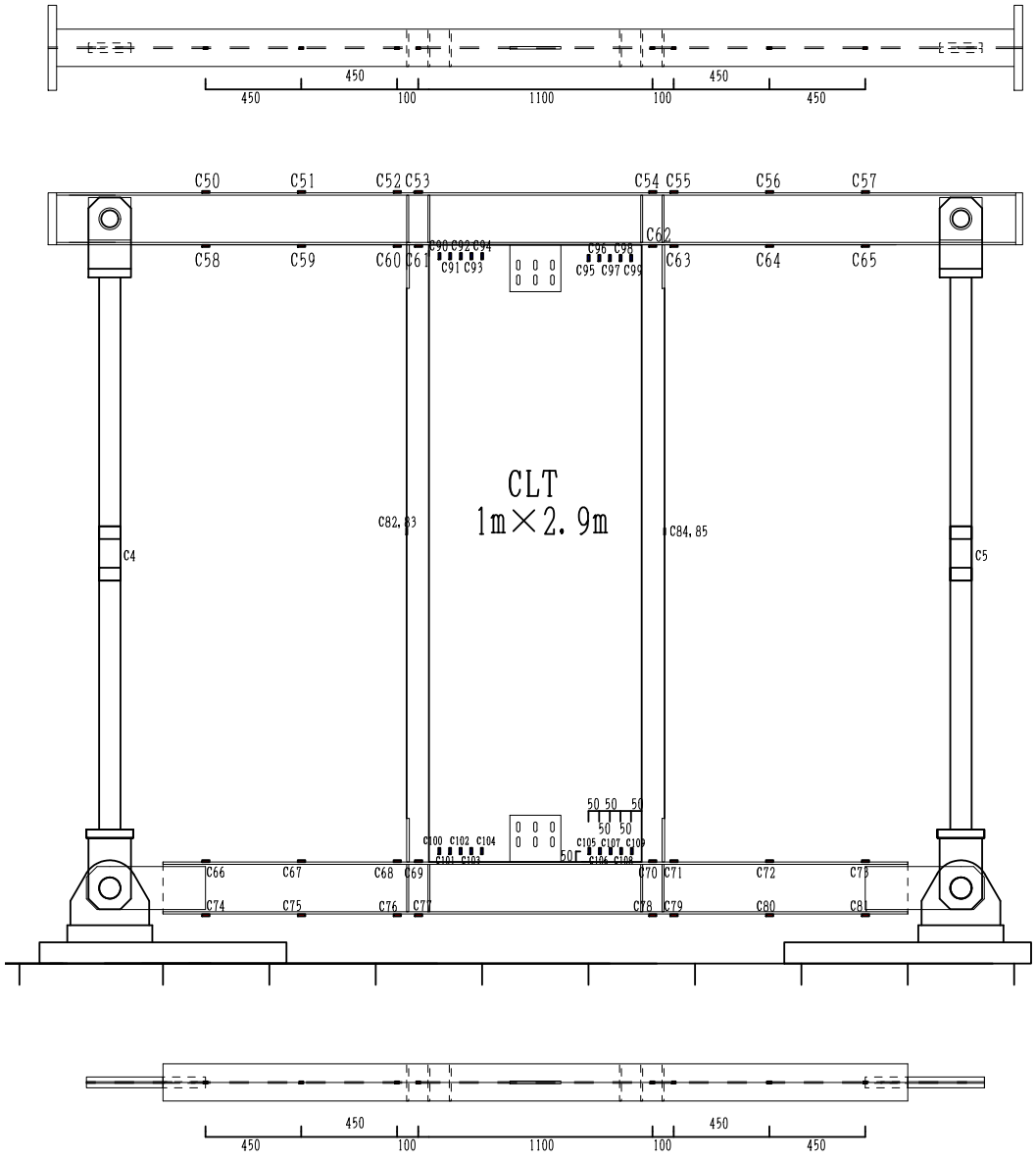
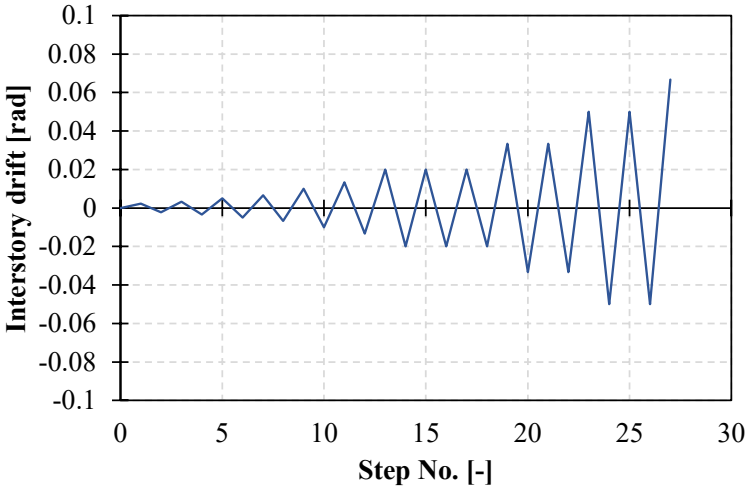


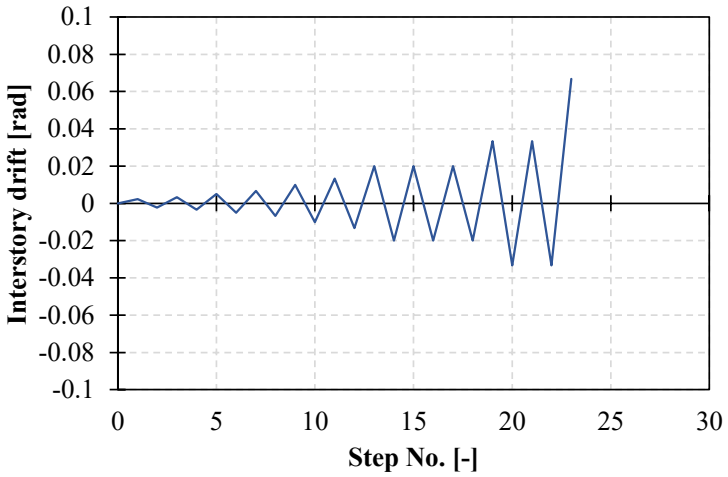
図 3.4-2　歪ゲージ計測位置

(3)加力スケジュール

図 3.4-3 に各試験体に対する加力スケジュールを示す。各試験体とも、1/75 rad 変形時までは押引き 1 回ずつ変形させ、1/50 rad 変形時は押引き 3 回繰り返し、1/30 rad 変形時では 2 回繰り返した。その後、試験体①では 1/20rad 変形を押引き 2 回繰り返した後、押壊しとし、試験体②ではそのまま押壊しとした。



試験体①



試験体②

図 3.4-3：加力スケジュール

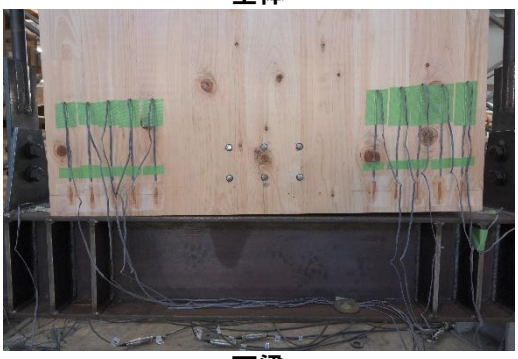
3.4.3 実験結果

(1)破壊性状

写真 3.4-3～3.4-6 に試験体①の各変形角時における破壊性状を、写真 3.4-7～3.4-10 に試験体②の各変形角時における破壊性状を示す。

全体

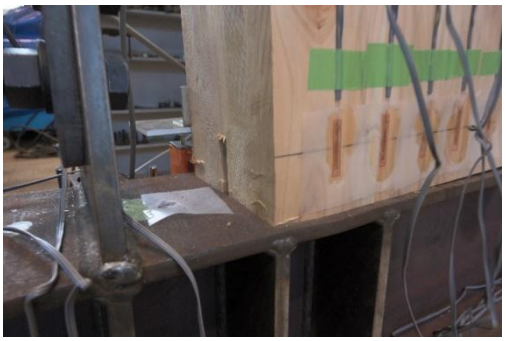
壁脚部



下梁

写真 3.4-3：試験体①1/50 変形時

全体



壁脚部

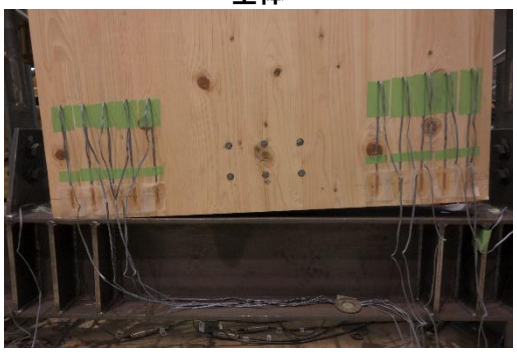
下梁

ロッド

写真 3.4-4：試験体①1/30 変形時

全体

壁脚部



下梁

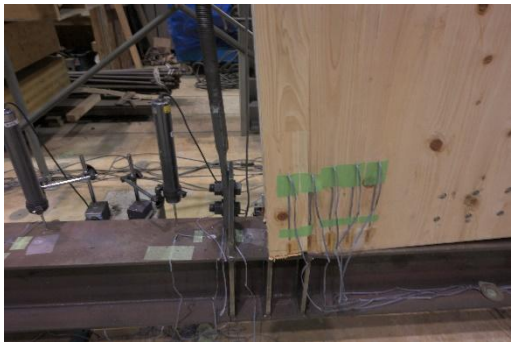
ロッド

写真 3.4-5：試験体①1/20 変形時

全体

壁脚部

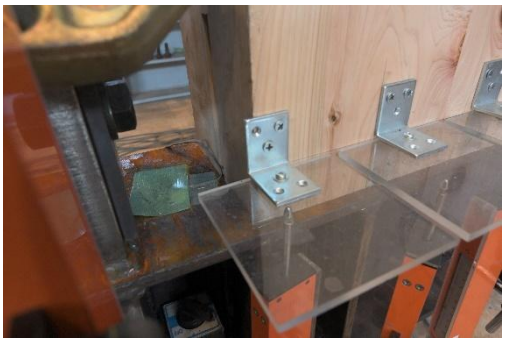
下梁



ロッド

写真 3.4-6：試験体①1/15 変形時

全体



壁脚部

下梁

写真 3.4-7：試験体②1/50 変形時

全体

壁脚部

下梁

ロッド

写真 3.4-8：試験体②1/30 変形時

全体

壁脚部

下梁

ロッド

写真 3.4-9：試験体②1/20 変形時

全体

壁脚部

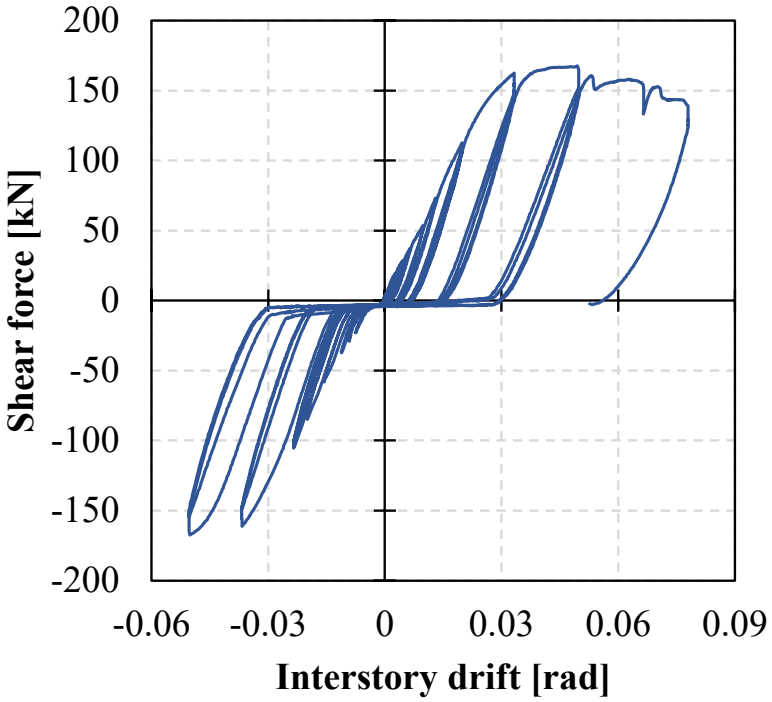
下梁

ロッド

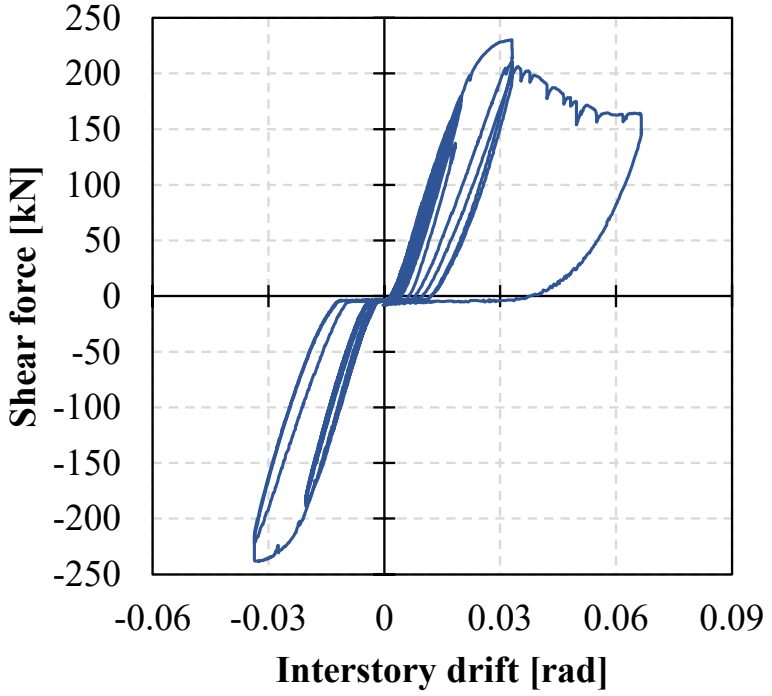
写真 3.4-10：試験体②1/15 変形時

(2)荷重変形角関係

図 3.4-4 に試験体①、②の荷重変形関係図を示す。



試験体①



試験体②

図 3.4-4：荷重変形関係

(3)壁頭・壁脚部の浮き上がり変位

図 3.4-5~3.4-6 に試験体①、②の CLT 壁頭・壁脚部の浮き上がりを示す。

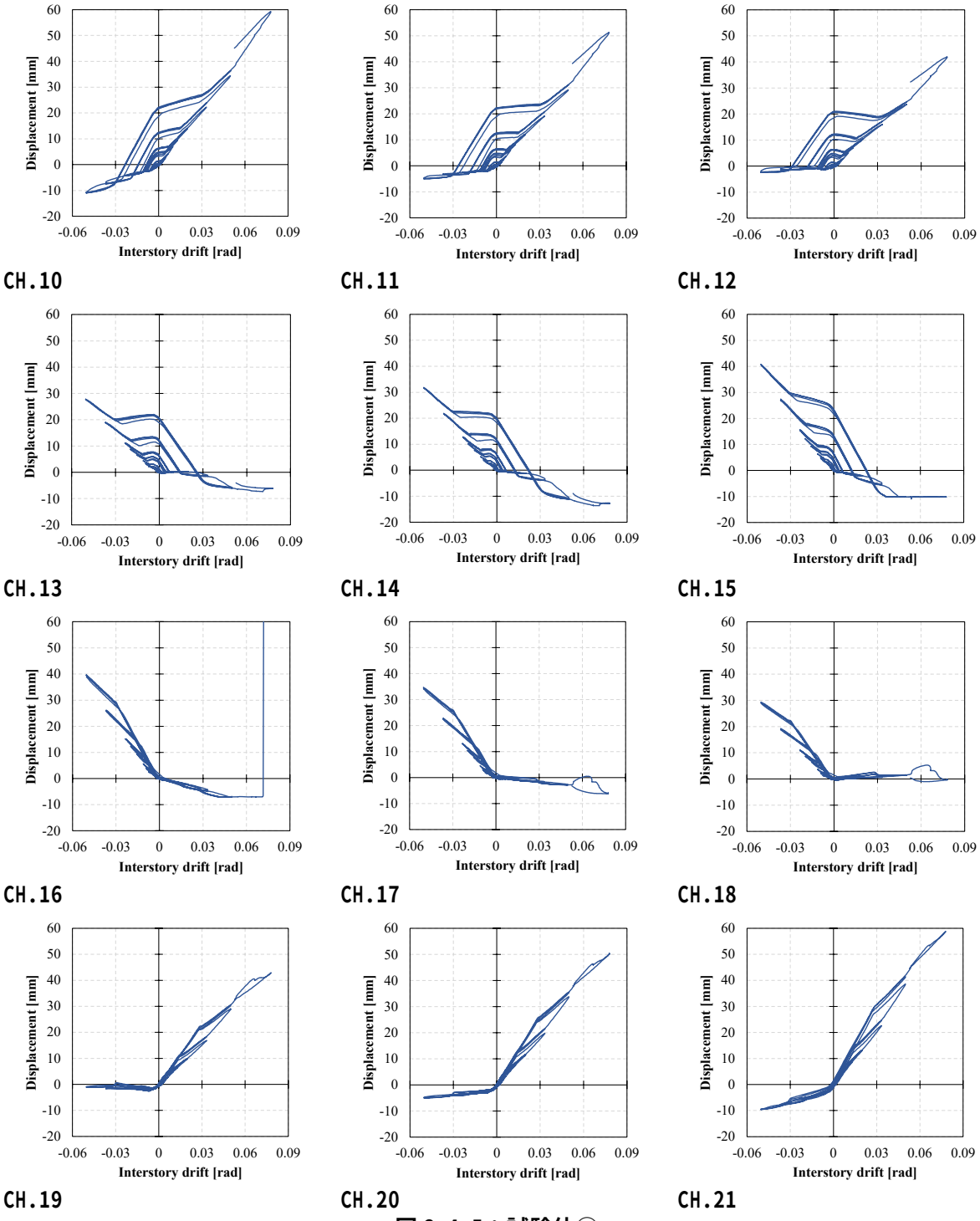
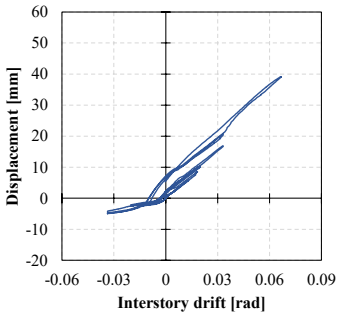
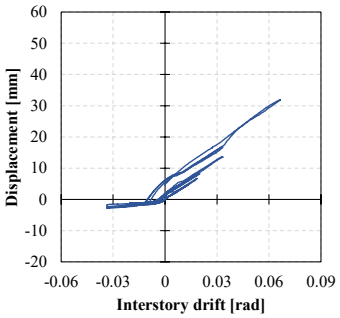


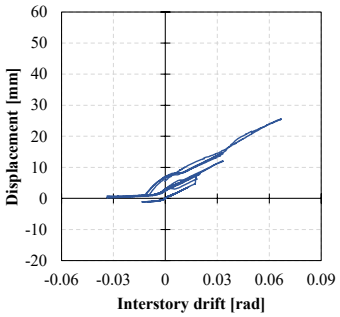
図 3.4-5：試験体①



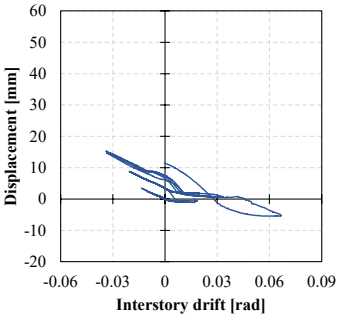
CH.10



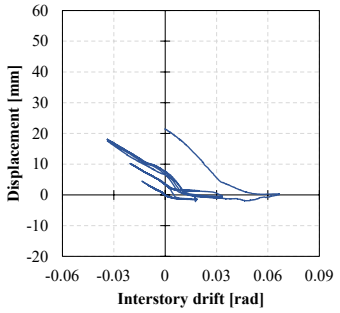
CH.11



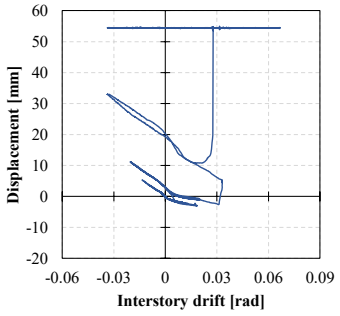
CH.12



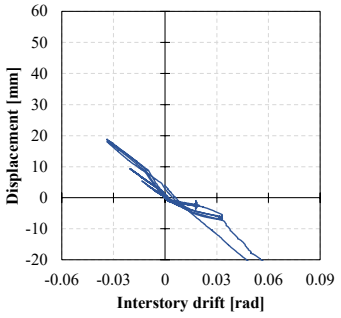
CH.13



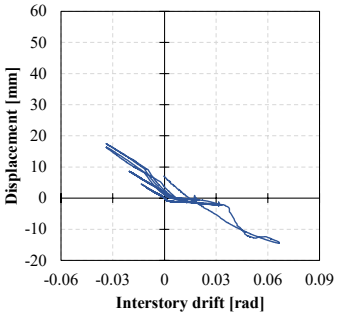
CH.14



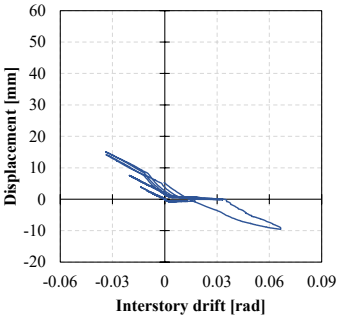
CH.15



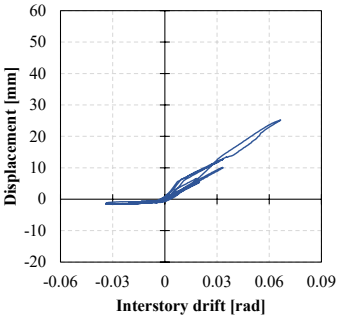
CH.16



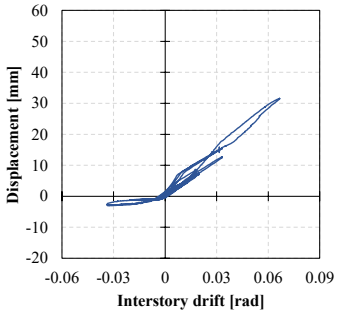
CH.17



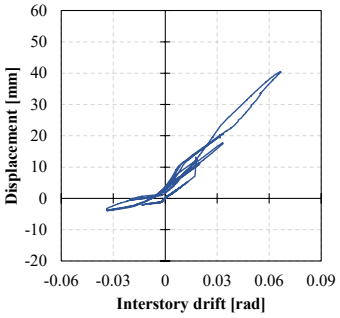
CH.18



CH.19



CH.20

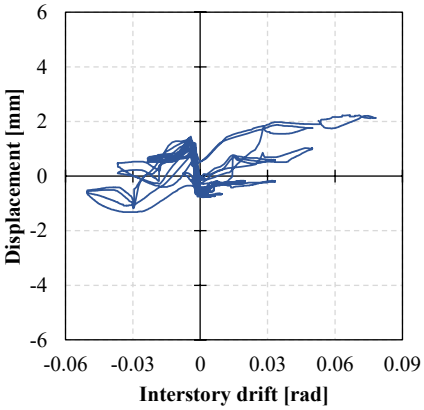


CH.21

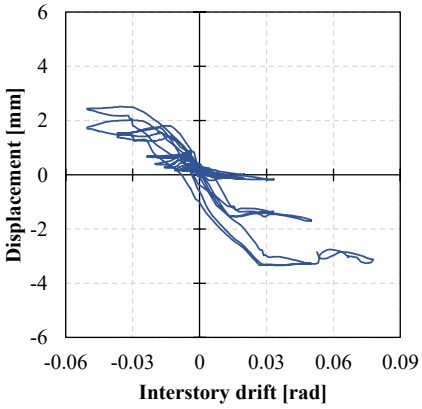
図 3.4-6：試験体②

(4)S 梁＋CLT 間のズレ

図 3.4-7~3.4-8 に試験体①、②の CLT 壁-S 梁間のズレを示す。

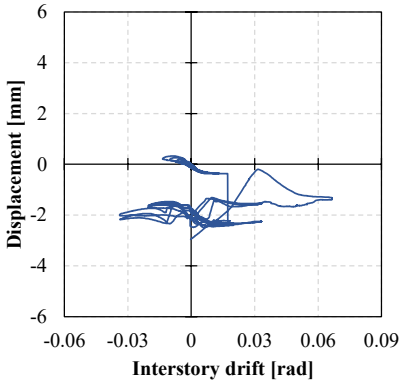


壁頭

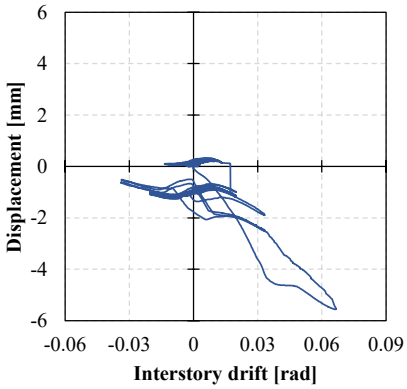


壁脚

図 3.4-7：試験体①



壁頭



壁脚

図 3.4-8：試験体②

(5)鉄骨梁曲げ歪および CLT 軸歪

図 3.4-9~3.4-12 に試験体①、②の上梁および下梁の水平方向のひずみ図を示す。図 3.4-13-~3.4-16 に試験体①、②の CLT 壁の鉛直方向のひずみ図を示す。

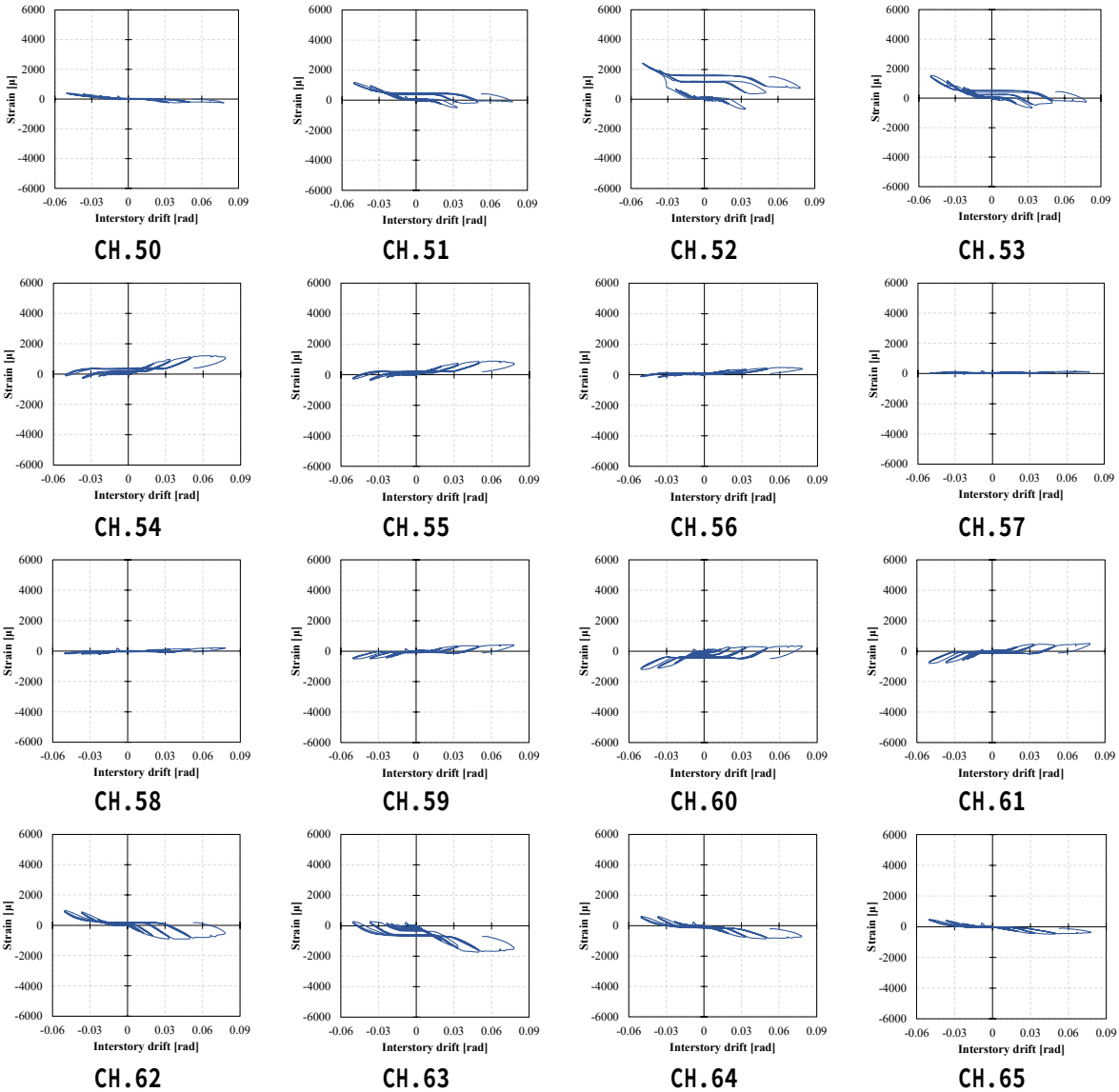


図 3.4-9：試験体①上梁ひずみ図

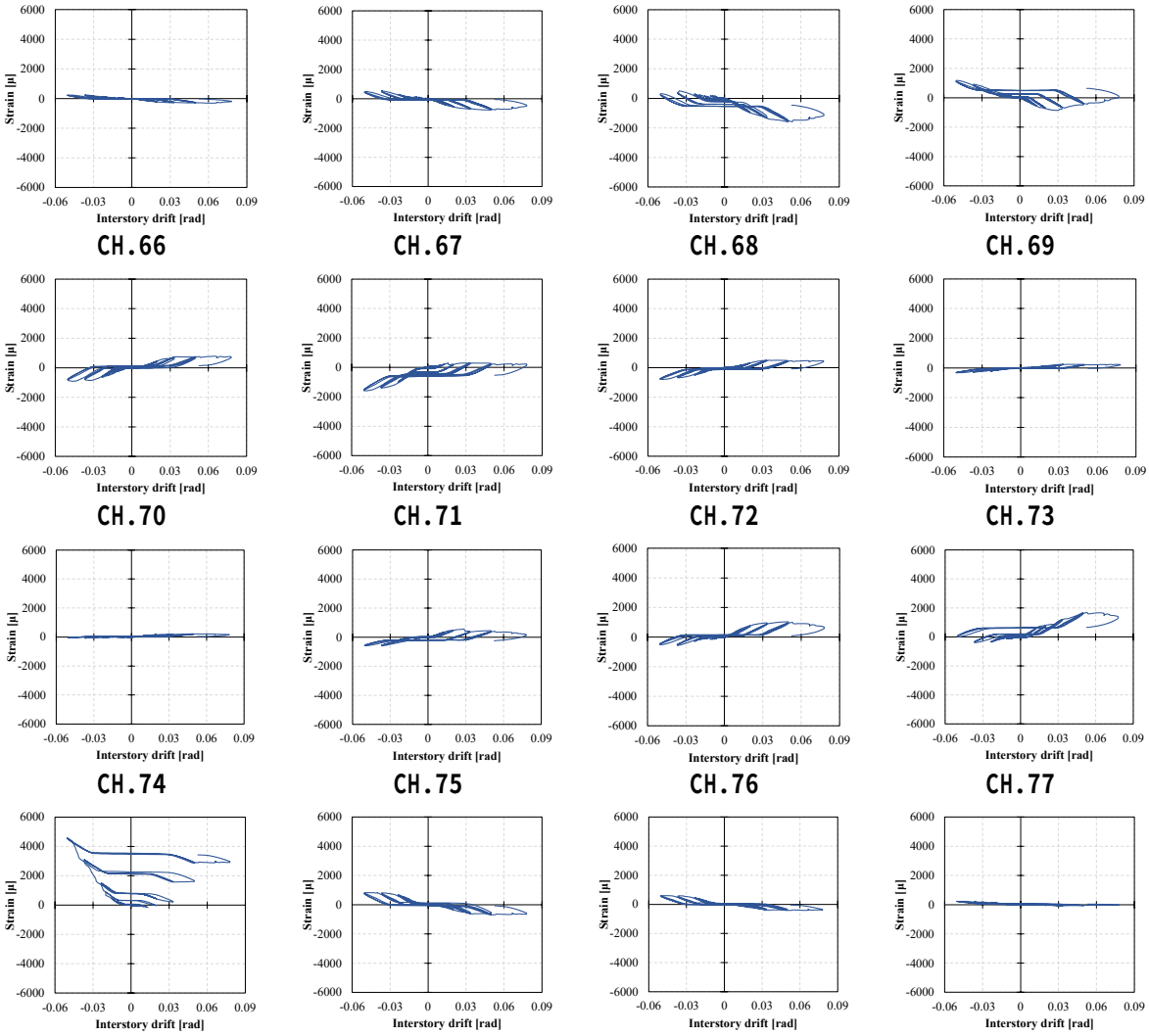
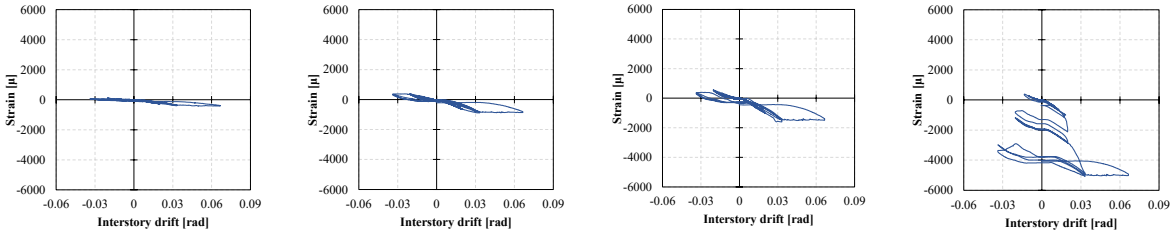
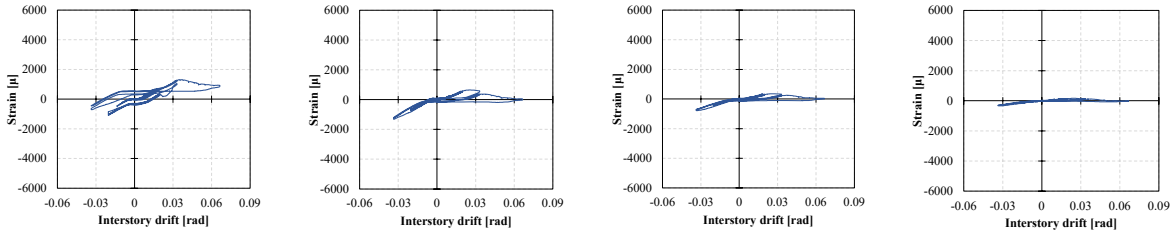
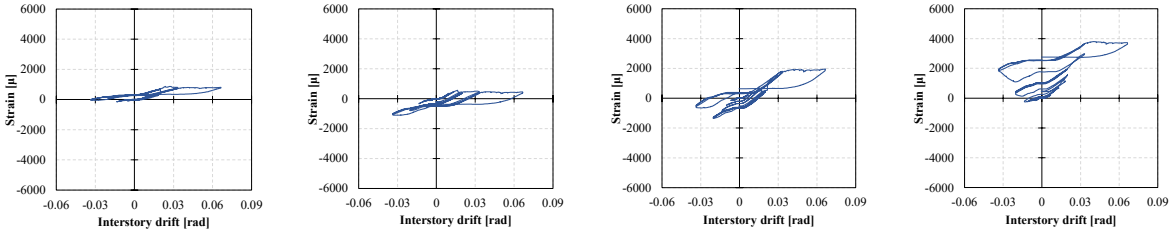


図 3.4-10：試験体①下梁ひずみ図







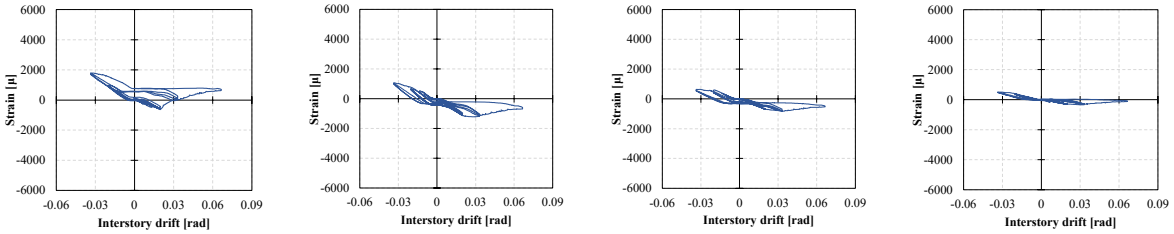


図 3.4-11：試験体②上梁ひずみ図

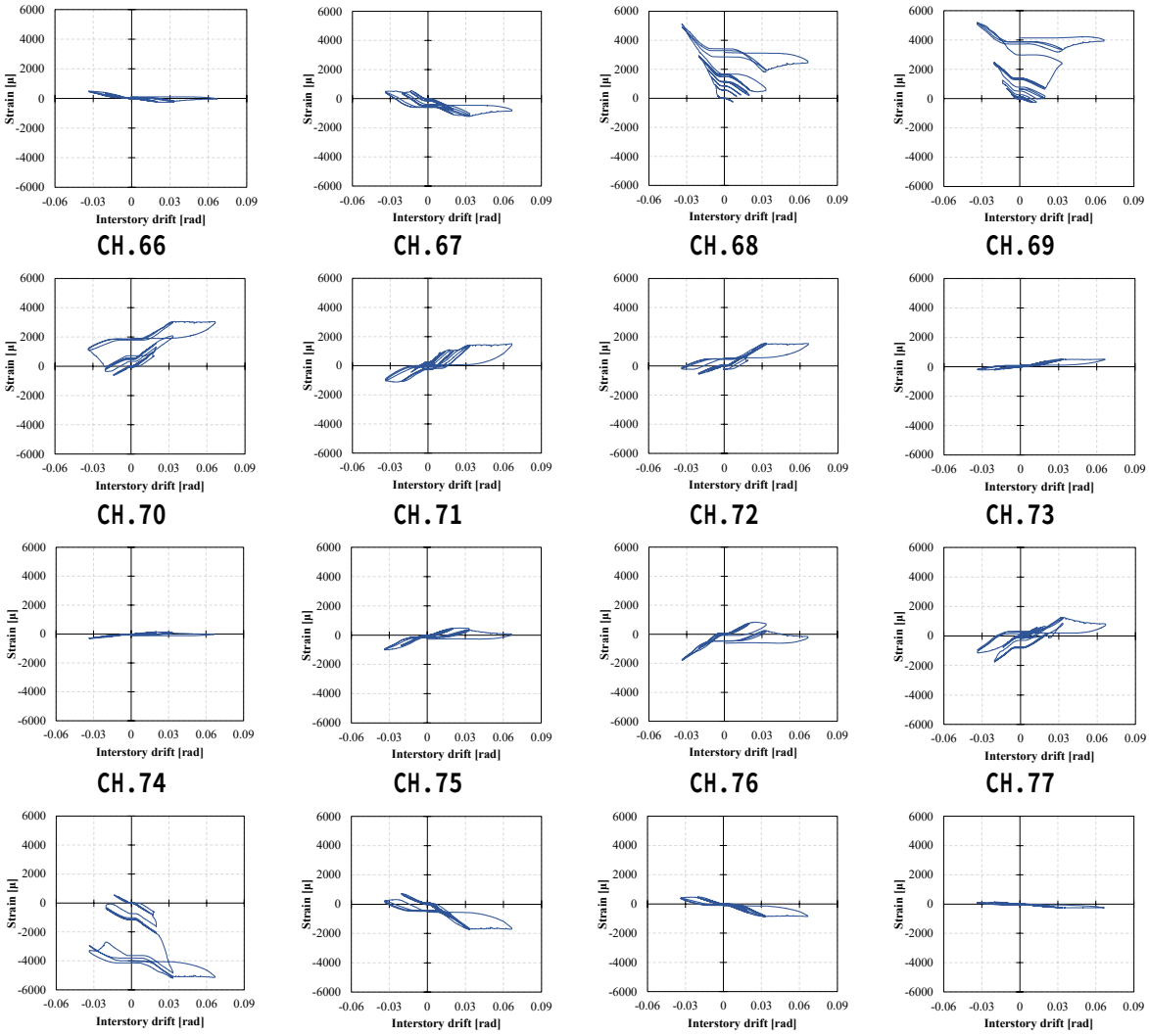
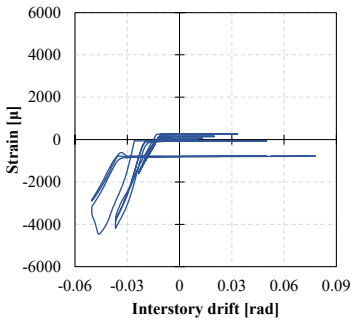
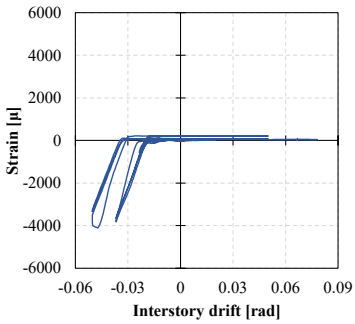


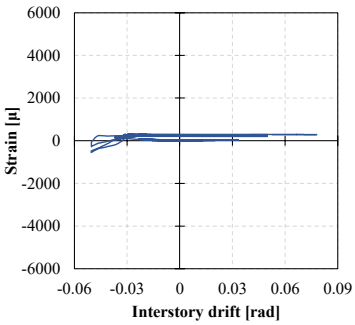
図 3.4-12：試験体②下梁ひずみ図



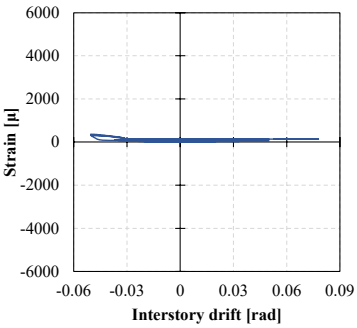
CH.90



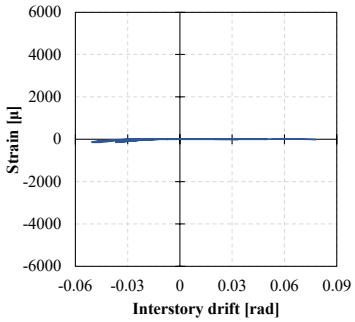
CH.91



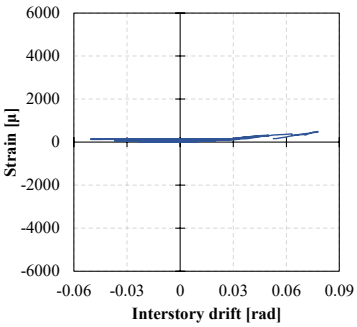
CH.92



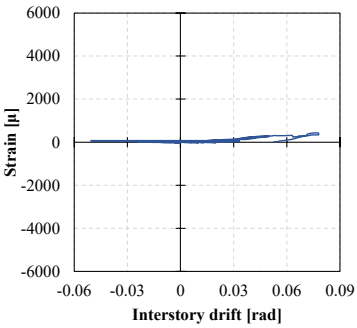
CH.93



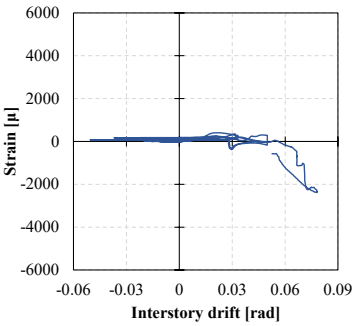
CH.94



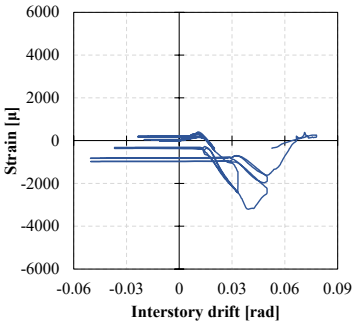
CH.95



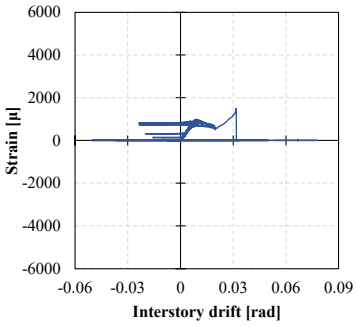
CH.96



CH.97

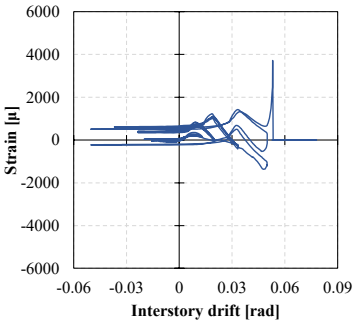


CH.98

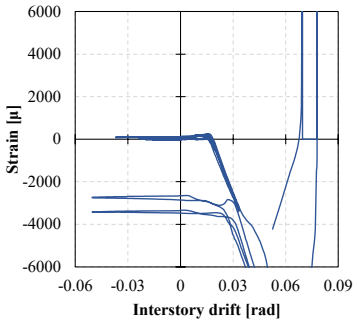


CH.99

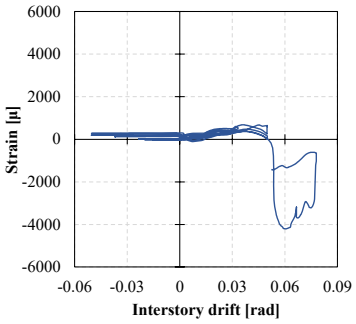
図 3.4-13：試験体①壁頭ひずみ図



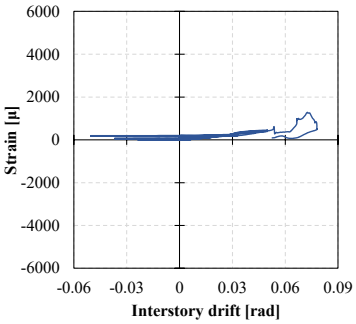
CH.100



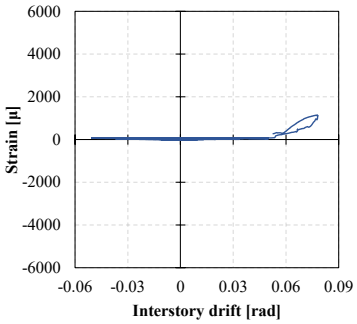
CH.101



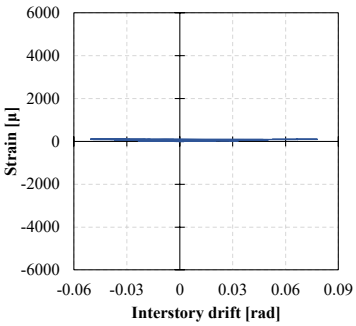
CH.102



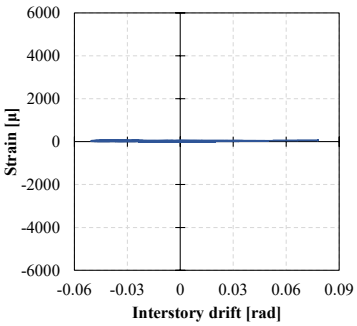
CH.103



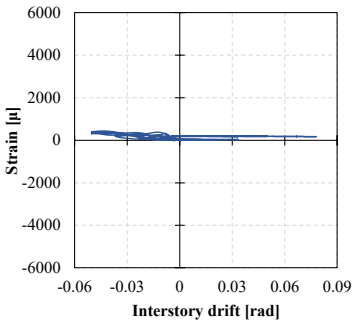
CH.104



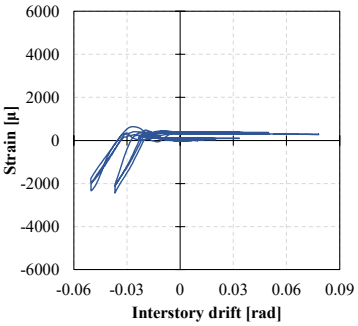
CH.105



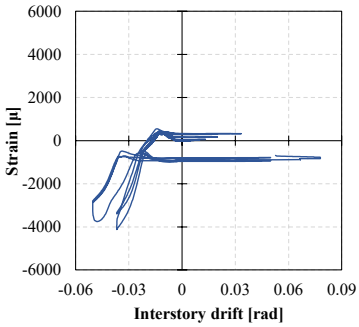
CH.106



CH.107

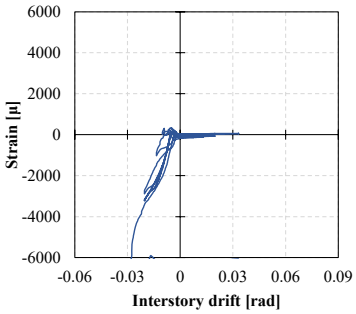


CH.108

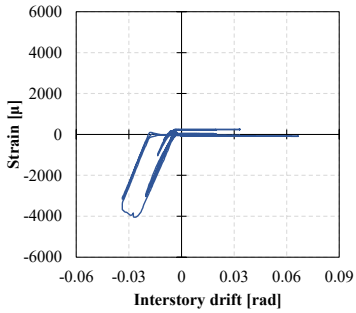


CH.109

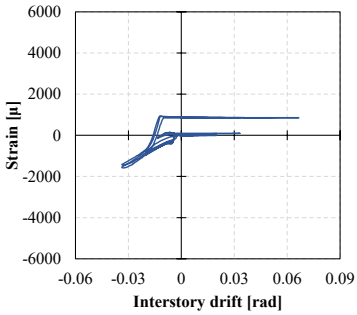
図 3.4-14：試験体①壁脚ひずみ図



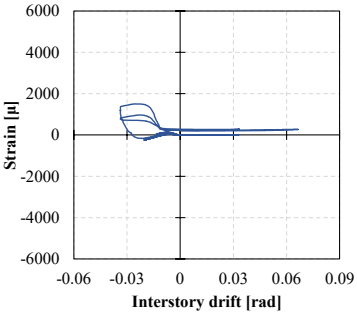
CH.90



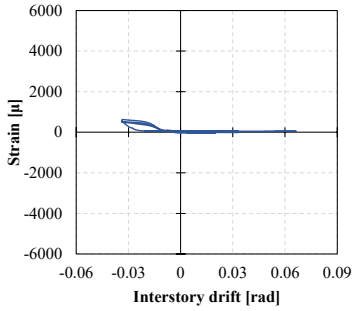
CH.91



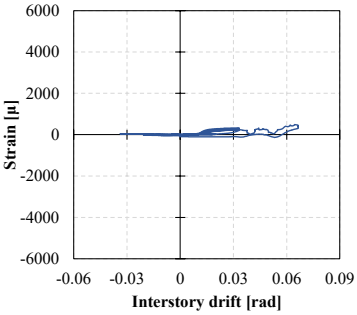
CH.92



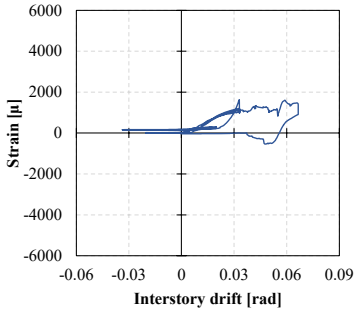
CH.93



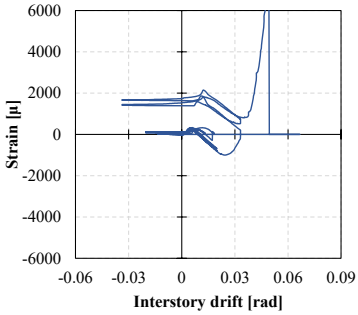
CH.94



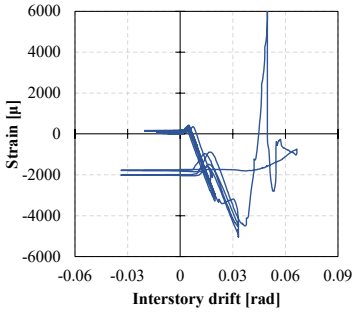
CH.95



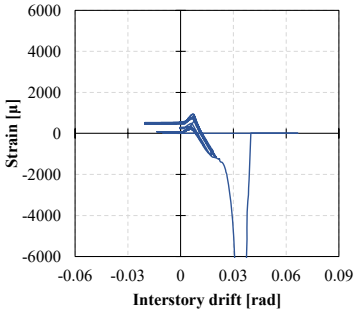
CH.96



CH.97

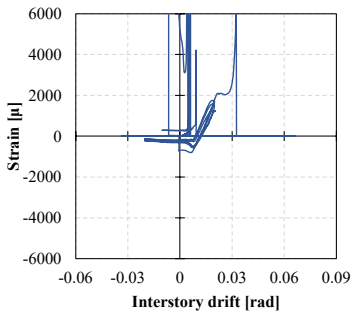


CH.98

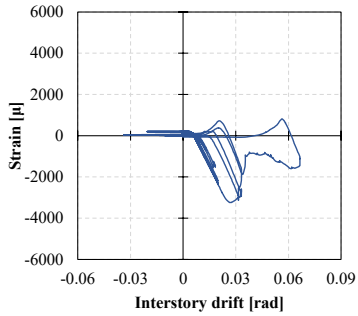


CH.99

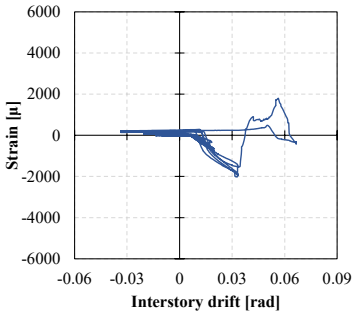
図 3.4-15：試験体②壁頭ひずみ図



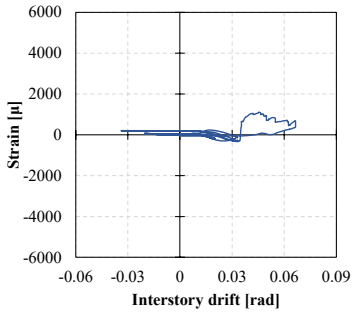
CH.100



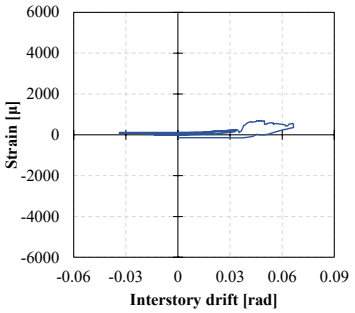
CH.101



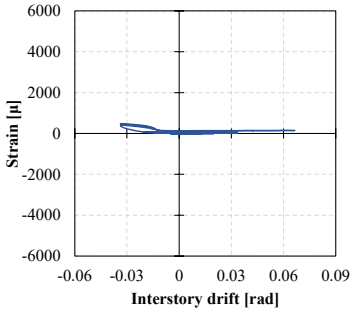
CH.102



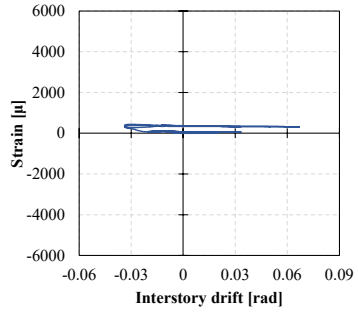
CH.103



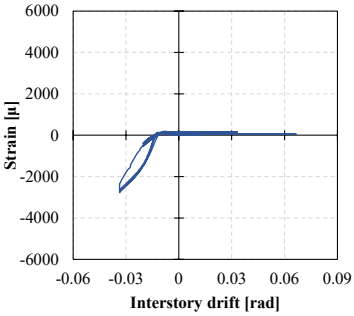
CH.104



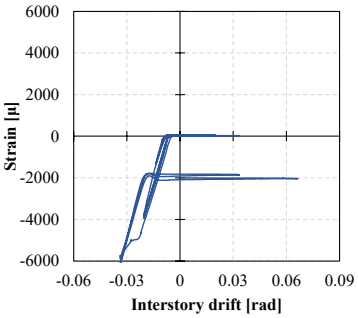
CH.105



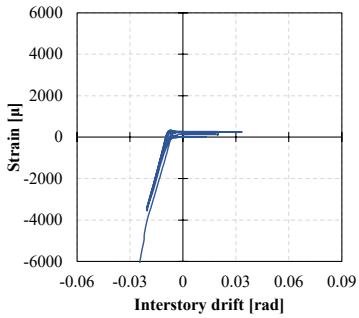
CH.106



CH.107



CH.108



CH.109

図 3.4-16：試験体②壁脚ひずみ図

(6)鉄骨梁鉛直変位

図 3.4-17~3.4-18 に試験体①、②の下梁の鉛直方向変位図を示す。

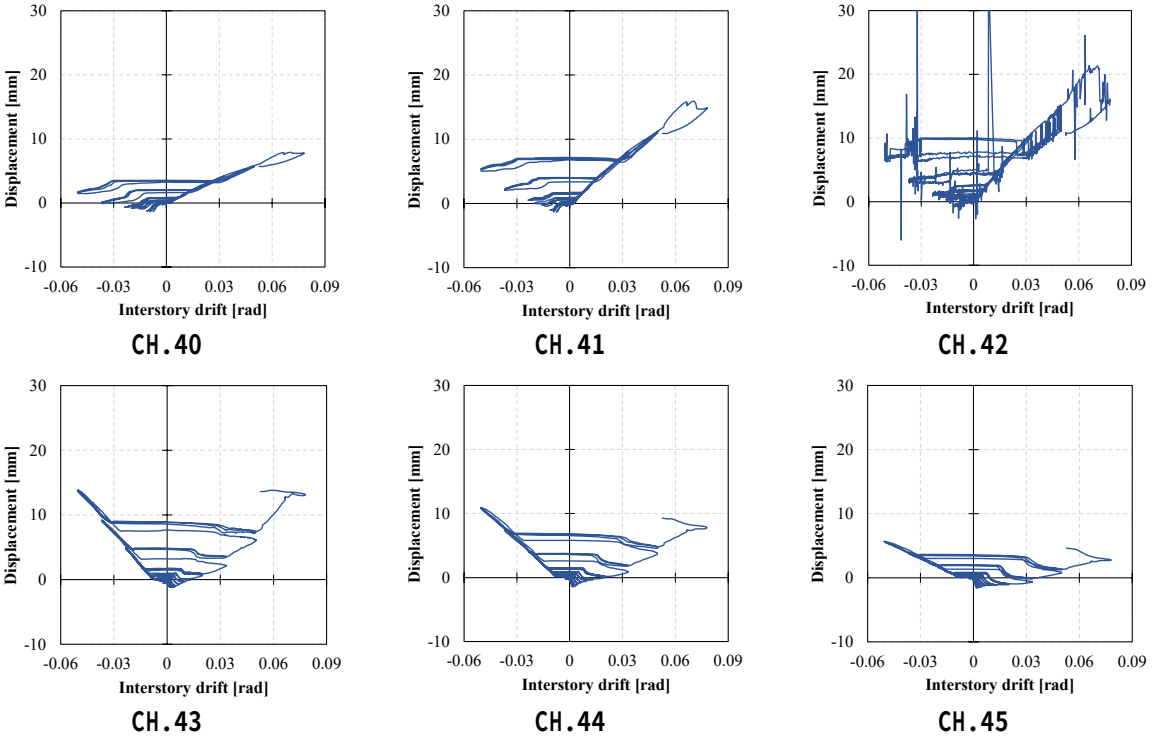


図 3.4-17：試験体①

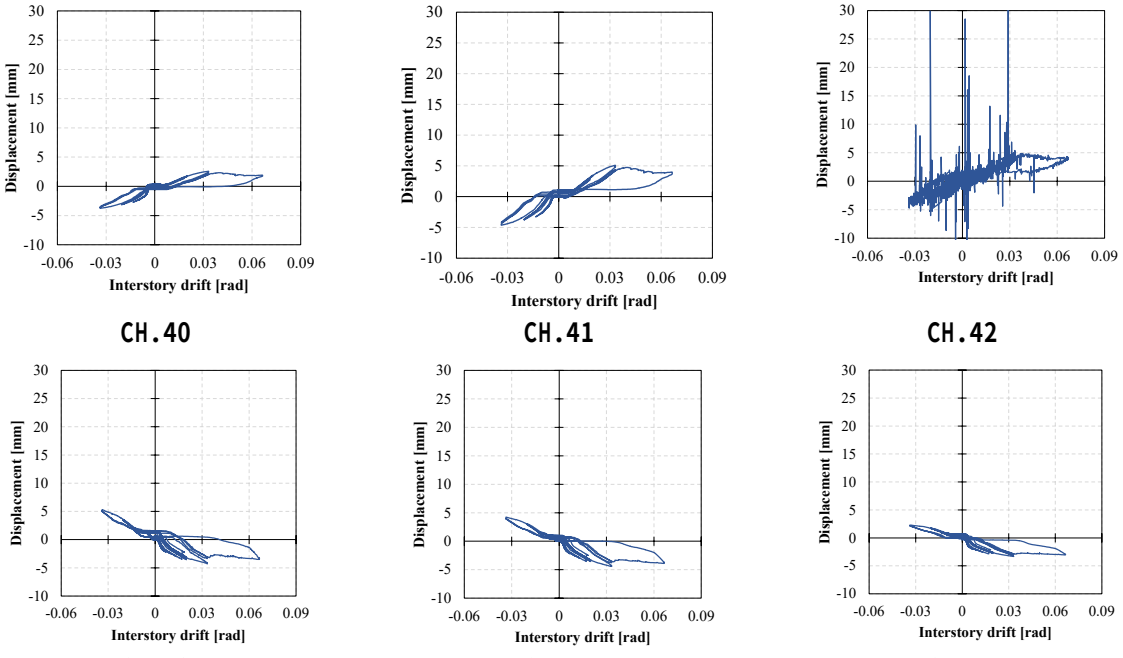


図 3.4-18：試験体②

3.4.4 考察

(1)特性値＋剛性

表 3.4-3 に各試験体の荷重変位関係より得られた特性値を示す。図 3.4-19 に各試験体の荷重変位関係より得られた包絡線を示す。

表 3.4-3 各試験体の特性値

	試験体①	試験体②
Pmax(kN)	167.50	233.50
Pu(kN)	159.32	206.50
Ds	0.49	0.54
降伏耐力 P_y(kN)	334.35	137.57
終局耐力 $P_u \times (0.2/Ds)$	64.86	75.78
最大荷重 P_{max} の 2/3(kN)	111.67	155.67
特定変形時（1/150）の耐力(kN)	37.64	62.8
（参考）換算壁倍率	19.2	32.0

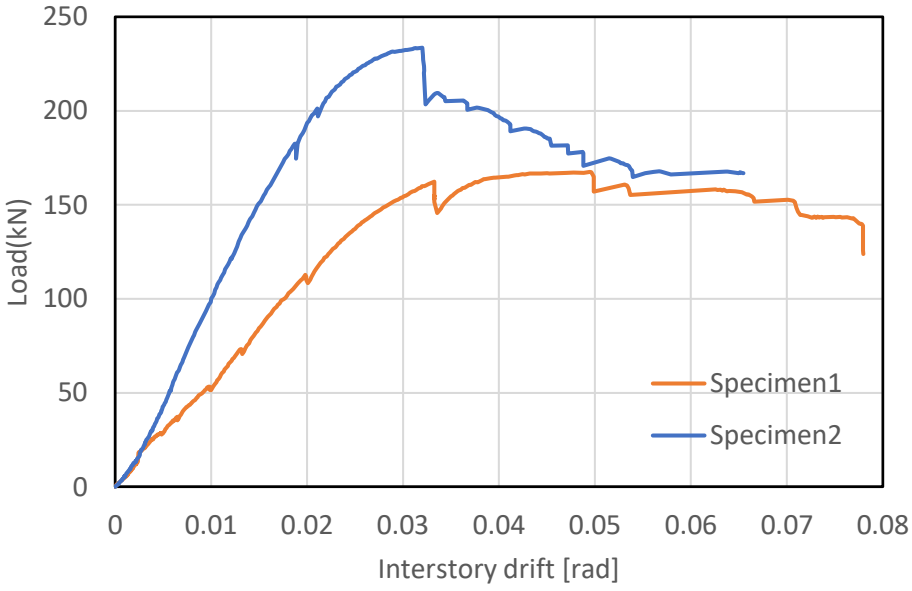


図 3.4-19：各試験体の包絡線

3.4.5 解析値との比較

図 3.4-20 に解析モデルを示す。解析モデルは、鉄骨梁材及び CLT を梁要素、テンションロッドおよびフラットバーを引張方向のみ性能を有する弾塑性バネ要素、CLT－鉄骨梁を圧縮方向のみ負担する弾塑性バネ要素とした。

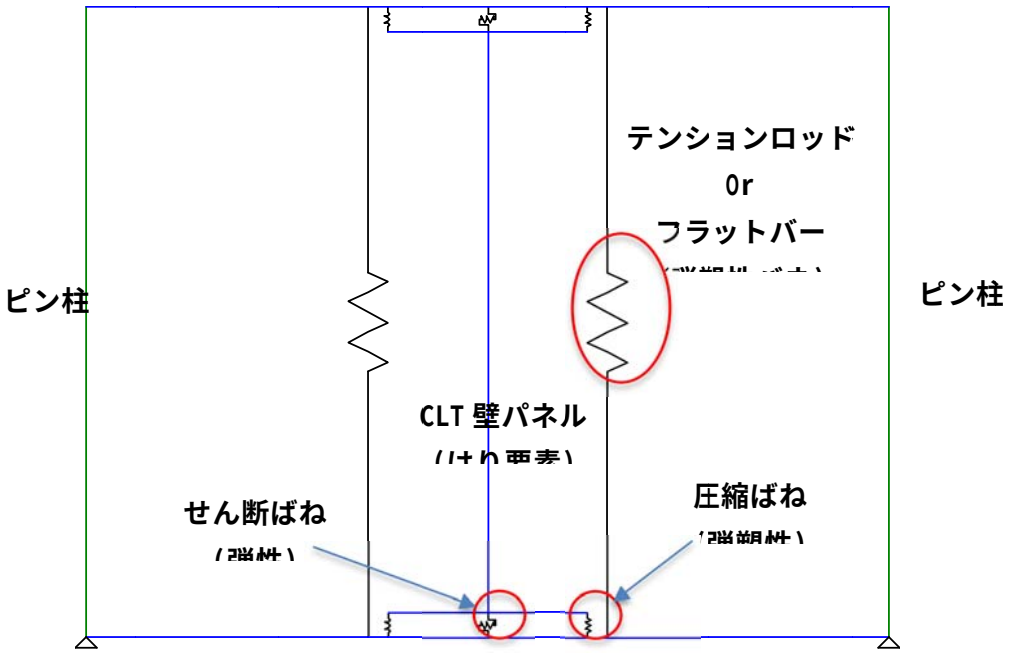


図 3.4-20 解析モデル

解析モデルの各要素と仕様、モデル化の方法を表 3.4-4 に示す。

表 3.4-4　解析モデルの各要素の仕様とモデル化方法

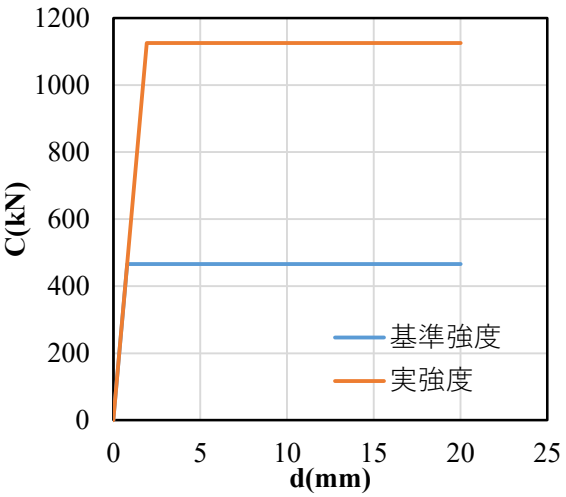
要素	仕様	解析モデル
S 梁	H244×175×8×13(SN400)	はり要素
CLT	S90-5-5	はり要素
テンションロッド	フルブレース M33（ABR400）	弾塑性バネ要素
フラットバー	2-FB9×150	弾塑性バネ要素
せん断接合部	鋼板挿入ドリフトピン接合 6-φ16,鋼板 t=12mm	弾塑性バネ要素
CLT-S 梁間圧縮端部	-	弾塑性バネ要素

解析ケースとして、以下の 2 ケースについて検討を行った。

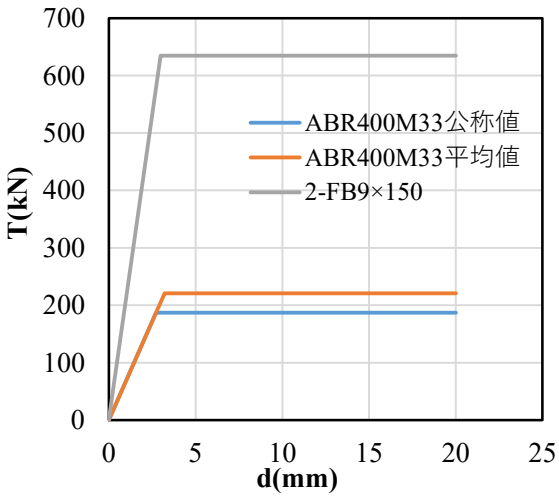
(1)CLT 端部圧縮ばね、鉄骨梁、テンションロッドの性能を公称値または下限値とした場合

(2) CLT 端部圧縮ばね、鉄骨梁、テンションロッドの性能を平均値または実強度とした場合

CLT 端部圧縮ばね、およびテンションロッド、フラットバーの応力変形関係を図 3.4-21 に示す。



(1) CLT 端部圧縮ばね



(2)テンションロッドおよびフラットバー

図 3.4-21　各バネの応力-変形特性

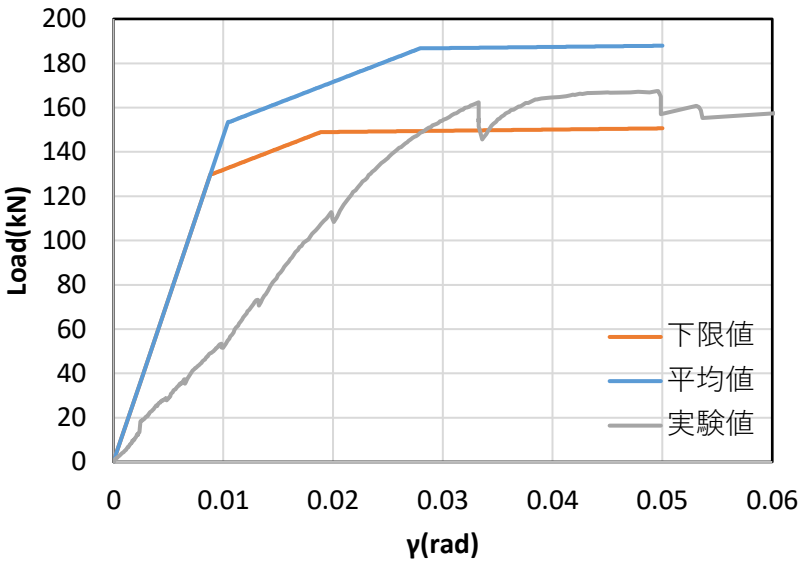
解析は弾塑性任意応力フレーム解析ソフト SNAP Ver.7 を用い、荷重増分解析を行った。解析結果の荷重変形関係を図 3.4-22 に示す。解析結果には実験結果の骨格曲線も加えている。

図より、実験値の最大耐力は、材料の基準強度・公称値を用いた解析結果と材料強度の平均値を用いた解析結果の中間にあることが確認できる。一方、剛性は解析結果の半分程度の数値となっている。実験値の剛性が低くなる要因について、今後検討する必要がある。

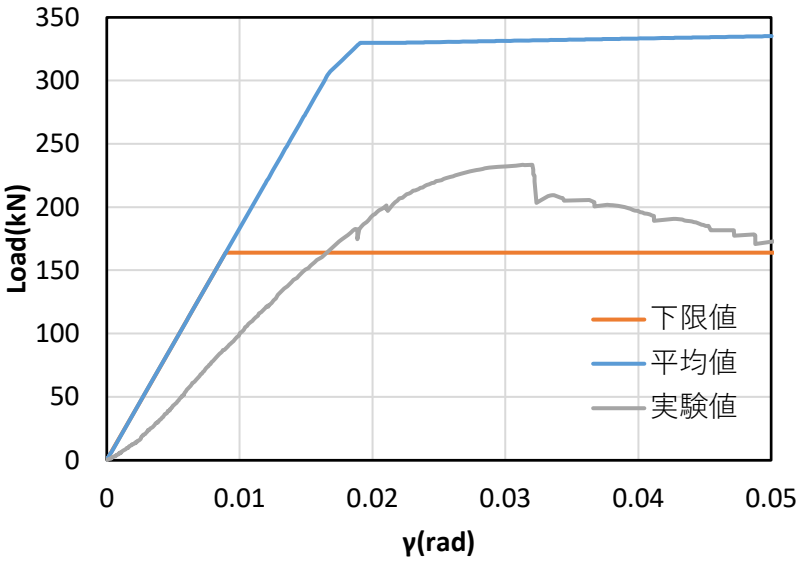
図 3.4-23 に解析結果の終局時の曲げモーメント図を示す。図より、材料の基準強度・公称値を用いた解析結果と材料強度の平均値を用いた解析結果では、ヒンジができる部分に差があることが確認できる

・材料の基準強度・公称値を用いた解析結果：圧縮ばね・テンションロッドが降伏

・材料強度の平均値を用いた解析結果　　：鉄骨梁・圧縮ばねが降伏

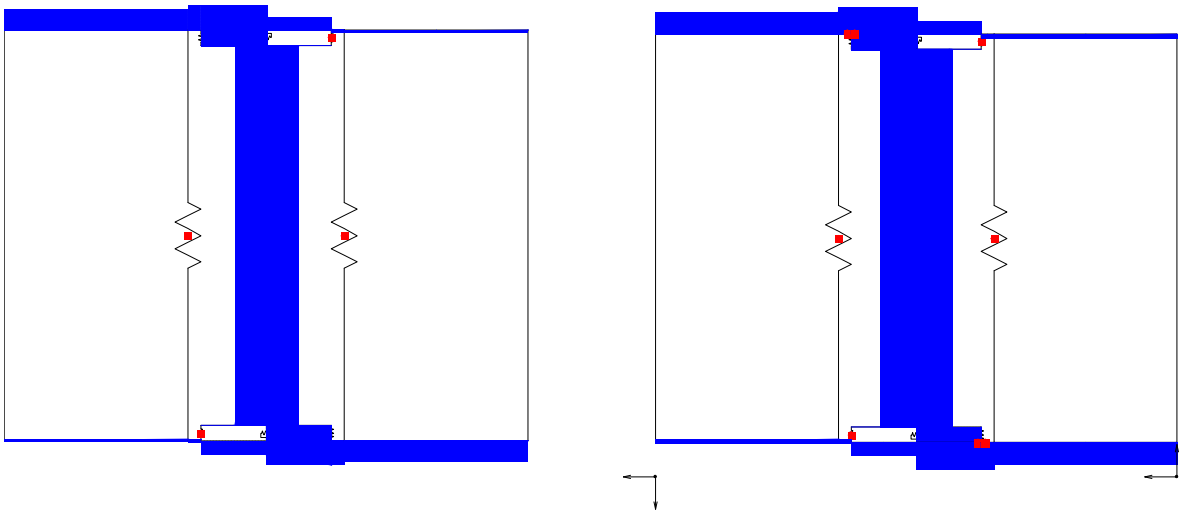


(1)試験体 1



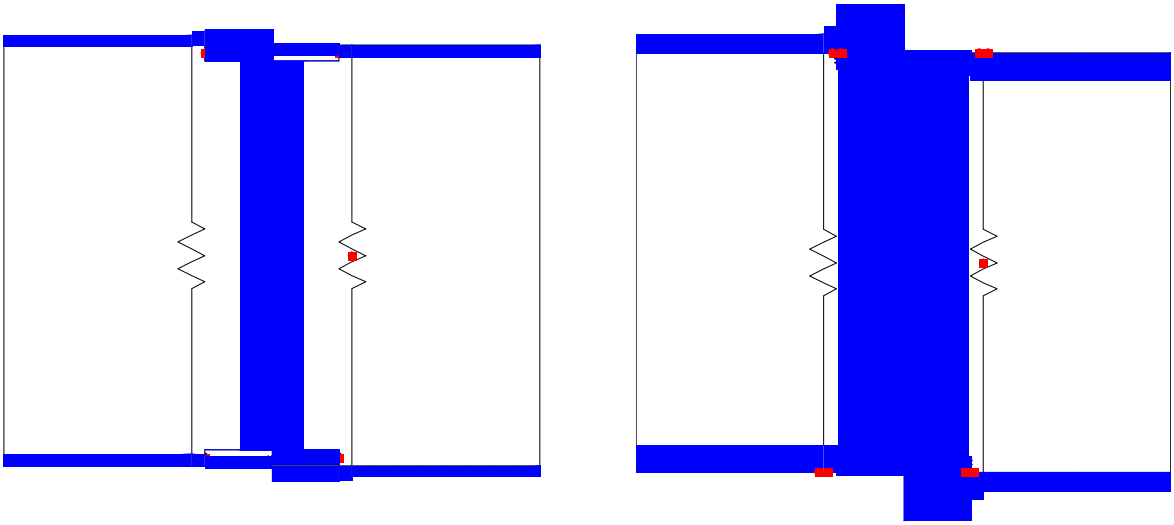
(2)試験体 2

図 3.4-22　荷重変形関係の比較



(a)材料・接合部：下限値　　(b)材料・接合部：平均値

(1)試験体 1



(a)材料・接合部：下限値　　(b)材料・接合部：平均値

(2)試験体 2

図 3.4-23 曲げモーメント図

3.4.6 まとめ

鉄骨床梁を有する CLT 工法建築物の耐震要素の構造性能を確認するため、鉄骨床梁と CLT 壁による構面の静的加力試験を行った。得られた知見を以下に示す。

・引張抵抗機構としてテンションロッド（ABR400）とフラットバーを用いた構造システムについて実験的検討を行った。損傷に関しては、1/30 近くまで大きな損傷が見られなかったが 1/30 付近で CLT 壁端部の圧縮破壊や鉄骨梁の降伏、試験体①ではテンションロッドの降伏が確認された。

・木造耐力壁の評価方法（4 指標）を用いると、特定変形角時（ここでは 1/150rad 時）の耐力が最も小さく、試験体①で約 37kN、試験体②で約 62kN であった。

・解析結果と比較した結果、材料の基準強度・公称値を用いた解析結果と材料強度の平均値を用いた解析結果の中間にあることが確認できる。一方、剛性は解析結果の半分程度の数値となっている。実験値の剛性が低くなる要因について、今後検討する必要がある。

3.5　検討内容、解析

3.5.1 検討内容

第 3.2 章のモデル建物について、検討仕様や解析条件の絞り込みを行うため A～C タイプの事前解析を Y2 通りについて行った。表 3.5-1 に、各タイプの検討仕様の概要を示した。

表 3.5-1　検討仕様（A～C タイプ）

		A タイプ	B タイプ	C タイプ
CLT 壁長(m)		0.975-1.4-1.0-1.4-0.975	1.175-1.4-1.4-1.4-1.175	0.975-1.4-1.0-1.4-0.975
鉄骨梁仕様（SN400）	4F	H-244×175×7×11	H-244×175×7×11	H-244×175×7×11
	3F	H-244×175×7×11	H-244×175×7×11	H-244×175×7×11
	2F	H-294×200×8×12	H-244×175×7×11	H-294×200×8×12
	1F	H-340×250×9×14	H-294×200×8×12	H-340×250×9×14
テンションロッド仕様	4F	M27	M27	M27
	3F	M27	M27	M27
	2F	M30	M30	M30
	1F	M33	M33	M33
直交壁の考慮		無	有（フレーム両端）	有（浮き上り部のみ）

続いて、架構の終局時まで鉄骨梁の降伏を許容しないケース（D タイプ）と架構の終局時に鉄骨梁の降伏を許容するケース（E タイプ）について検討を行い、仕様や解析条件ならびに降伏及び終局時の判定条件の整理を行った。表 3.5-2 に、各タイプの検討仕様と検討結果の概要を示す。D タイプでは大きな梁せいの鉄骨が必要となり Ds が大きくなった。これに対し E タイプの性能は良く、鉄骨梁の降伏を許容する仕様が適当であることが確認できた。

表 3.5-2　検討仕様と検討結果概要（D、E タイプ）

		D タイプ	E タイプ
CLT 壁長(m)		0.975-1.4-1.0-1.4-0.975	0.975-1.4-1.0-1.4-0.975
鉄骨梁仕様（SN400）	4F	H-244×175×7×11	H-244×175×7×11
	3F	H-400×200×8×13	H-244×175×7×11
	2F	H-600×200×11×17	H-294×200×8×12
	1F	H-600×200×11×17	H-340×250×9×14
テンションロッド仕様	4F	M27	M27
	3F	M27	M27
	2F	M30	M30
	1F	M33	M33
直交壁の考慮		有（フレーム両端）	有（フレーム両端）
平均 Qa（kN/m）		75	72
Ds		0.65	0.45

以上の事前解析より、壁配置はこれまでと同一とし各階のテンションロッドは M33、鉄骨梁断面は H-244×175×7×11 に統一し、モデル建物の Y2 通りについて本解析を実施した。

3.5.2 解析

3.5.2.1　仮定荷重

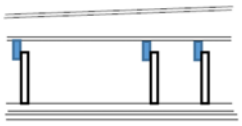
第 3.2 章のモデル建物は、以下の仮定荷重を用いて解析を行った。

R階パラペット　H=650

躯体　軸組

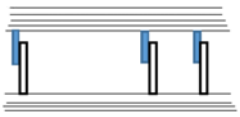
		N/m²	N/m²	
上部	アルミ笠木	66.46	70	
外側	ALC50mm		250	
	GB-F　wr　15mm	172.05	180	16.4kg/㎡
	構造用合板9mm	59.99	60	
躯体	軸組204@455		160	
屋根側	構造用合板9mm		60	
	GB-F　wr　15mm		180	
	ALC50mm		250	
			1210	N/m²
	h=0.65m	786.5 →	800	N/m

屋根



シート防水	15.20	20	
構造用合板9mm×2	60*2	120	
水勾配下地組　204加工@455	40.00	40	
構造用合板15mm	117.50	120	
床根太206@455	90	90	
野縁・吊木	22.5	25	
防湿フィルム	-	-	
GB-F　15+12	256.5	260	
		675 N/m²	680

居室床　2階～4階



フローリングt=12	144	145	
ALC　t=50	323.6	325	
GB-F　21+21	399	400	
床根太210@455		150	
野縁・吊木	22.5	25	
GB-F　25+21	437	440	
		1485 N/m²	1490

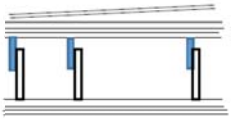
バルコニー手摺・通路手摺

躯体　軸組

H=900

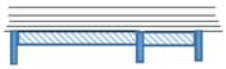
		N/m²	N/m²	
上部	アルミ笠木	66.46	70	
外側	ALC50mm		250	
	GB-F　wr　15mm	172.05	180	
	構造用合板9mm	59.99	60	
躯体	軸組204@455		133	
屋根側	構造用合板9mm		60	
	GB-F　wr　15mm		180	
	ALC50mm		250	
			1183	N/m²
		1064.7 →	1100	N/m

バルコニー床・通路　2階～4階



FRP防水	36	40	
構造用合板15mm	99.99	100	
勾配下地組		15	
GB-F　21+21	399	400	
構造用合板15mm	99.99	100	
床根太206@455		90	
野縁・吊木	22.5	25	
GB-F　25+21	437	440	
		1210 N/m^2	

居室床　1階

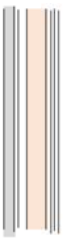


フローリングt＝12	144	145	
ALC　t＝50	323.6	325	
GB-F　21+21	399	400	
床根太210@455		150	
グラスウール24Kt＝100	24	25	
		1045 N/m^2	1050

バルコニー床・通路　1階

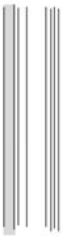
FRP防水	36	40	
構造用合板15mm	99.99	100	
勾配下地組		15	
GB-F　21+21	399	400	
構造用合板15mm	99.99	100	
床根太206@455		90	
		745 N/m^2	750

外壁　**躯体　CLT**



外側	ALC50mm	323.6	325		
	透湿防水シート	-	-	505	梁外510
	GB-F　wr　15mm	172.05	180		
	タテ胴縁45×75@455	29.67	30		
躯体	CLT　5層5プライ	750	750		
屋内側	グラスウール24Kt＝25	6	10		
	タテ胴縁25×45@455	9.89	10		
	GB-F　21+21	399	400		
			1705 N/m^2		1710

躯体　軸組



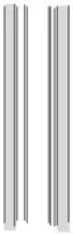
外側	ALC50mm	323.6	325	
	透湿防水シート	-	-	
	GB-F　wr　15mm	172.05	180	
	タテ胴縁45×75@455	29.67	30	
躯体	206@455		90	
屋内側	グラスウール24Kt＝25	6	10	
	タテ胴縁25×45@455	9.89	10	
	GB-F　21+21	399	400	
			1045 N/m^2	1050

外壁垂れ壁･サッシ下立上り

躯体　軸組
h＝300

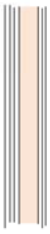
外側	ALC50mm	323.6	325	
	透湿防水シート	–	–	
	GB-F　wr　15mm	172.05	180	
	タテ胴縁45×75@455	29.67	30	
躯体	軸組204@455		266	
屋内側	グラスウール24Kt＝25	6	10	
	タテ胴縁25×45@455	9.89	10	
	GB-F　21+21	399	400	
			1221	N/m^2
		366.3 →	400	N/m

通路外壁 躯体　軸組

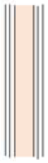


外側	ALC50mm	323.6	325	
	透湿防水シート	–	–	
	GB-F　wr　15mm	172.05	180	
	ヨコ胴縁45×75@455	29.67	30	
	構造用合板9mm		60	
躯体	206@455		90	
通路側	構造用合板9mm		60	
	タテ胴縁45×75@455	29.67	30	
	GB-F　wr　15mm	172.05	180	
	透湿防水シート	–	–	
	ALC50mm	323.6	325	
			1280	N/m^2

界壁　躯体　CLT



	GB-F　21+21	399	400		
	グラスウール24Kt＝50	12	15		
	タテ胴縁50×45@455	9.89	10		
	CLT　5層5プライ	750	750		
	GB-F　21+21	399	400		
			1575	N/m^2	1600

内壁　躯体 CLT		GB-F 21+21	399	400
		CLT 5層5プライ	750	750
		GB-F 21+21	399	400
				1550 N/m^2
内壁　躯体 軽鉄		GB-R12.5		120
		LGS躯体		120
		GB-R12.5		120
				360 N/m^2

鉄骨梁他	H-244*175*7*11	43.6 kg/m	427	500 N/m
	H-294*200*8*12	55.8 kg/m	547	600 N/m
	H-340*250*9*14	78.1 kg/m	766	800 N/m
床面積当り算入	ブレースM20ほか	3 kg/m		30 N/m^2

タイロッド 負担壁面積に算入する。			X0通りで換算する。		外壁・内壁共通
M27	4.495	45 N/m	壁面積当り	27.62	30 N/m^2
M30	5.549	55 N/m		33.76	40 N/m^2
M33	7.127	70 N/m		42.96	50 N/m^2
総数	L=2.9m	46 本			

サッシ　400 N/m^2

外壁	躯体CLT	1710	N/m^2	共用廊下壁	躯体206	1280	N/m^2
外壁垂壁	躯体204	400	N/m	エントランス外壁	躯体204	1280	N/m^2

鉄骨梁	H-244*175*7*11	500	N/m	R階パラペット	800	N/m
	H-294*200*8*12	600	N/m	バルコニー手摺	1100	N/m
	H-340*250*9*14	800	N/m			
鉄骨梁外壁部分		510	N/m^2			

内壁	躯体CLT	1550	N/m^2	界壁	躯体CLT	1600 N/m^2
内壁	躯体LGS	360	N/m^2			
タイロッド	M27	30	N/m^2			
	M30	40	N/m^2			
	M33	50	N/m^2			
サッシ	アルミ	400	N/m^2			

積載荷重は以下の通りとした。

屋根：床用 600N/m^2、架構用 450N/m^2、地震用 200N/m^2

床：床用 1800N/m^2、架構用 1300N/m^2、地震用 600N/m^2

3.5.2.2　モデル建物の外力算定

（1）建物重量算定

鉄骨階段は自立しており、建物から縁が切れているので建物側として荷重は負担しないとした。またエントランスについては母屋との床構面の一体性が取れていない（床レベルが異なる。）ことから付属物とし、母屋は荷重負担をしないとした。各階のテンションロッド、鉄骨梁断面は M33、H-244×175×7×11 に統一して算定した。

階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	Wi (kN)	Σwi (kN)
4	屋根	パラペット	800 N/m	16×2+12.75×2	=	57.50	m	46.00	517.80	517.80
		屋根	880 N/m^2	16×12.75	=	204.00	m^2	179.52		
		S梁H-244	500 N/m	16×5+12.75×5	=	143.75	m	71.88		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（16×2+12.75×2）	=	14.03	m^2	7.16		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	（0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+（1.835×2+1.525×3）×2）×2.95/2	=	41.29	m^2	72.66		
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	（5.2+0.5×2）×2×2.95/2	=	18.29	m^2	20.30		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.313×2.6×4	=	3.26	m^2	3.97		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	（2.5×2+2.66+1.23）×2.95/2	=	13.11	m^2	16.78		
	内壁上/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	（1.25×4）×2.95/2	=	7.38	m^2	11.80		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	（5+2+1.5×2+1）×2.95/2×4	=	64.90	m^2	23.36		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	（1.835×2+1.525×3）×3×2.95/2	=	36.48	m^2	60.20		
3	上階外壁下/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	（0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+（1.835×2+1.525×3）×2）×2.95/2	=	41.29	m^2	72.66	962.32	1480.12
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	（5.2+0.5×2）×2×2.95/2	=	18.29	m^2	20.30		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×2.6×4	=	5.61	m^2	6.22		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	（2.5×2+2.66+1.23）×2.95/2	=	13.11	m^2	16.78		
	上階内壁下/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	（1.25×4）×2.95/2	=	7.38	m^2	11.80		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	（5+2+1.5×2+1）×2.95/2×4	=	64.90	m^2	23.36		
	上階界壁下/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	（1.835×2+1.525×3）×3×2.95/2	=	36.48	m^2	60.20		
	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	（1.75×2+3×2）×1.47	=	13.97	m^2	17.88		
		バルコニー	1183 N/m^2	（2×2+16）×1.32	=	26.40	m^2	31.23		
	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	9×16	=	144.00	m^2	300.96		
		4階共用廊下	1810 N/m^2	1.75×16	=	28.00	m^2	50.68		
		4階バルコニー	1810 N/m^2	2×16	=	32.00	m^2	57.92		
		S梁H-244	500 N/m	16×5+12.75×5	=	143.75	m	71.88		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（16×2+12.75×2）	=	14.03	m^2	7.16		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	（0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+（1.835×2+1.525×3）×2）×2.9/2	=	40.59	m^2	71.43		
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	（5.2+0.5×2）×2×2.9/2	=	17.98	m^2	19.96		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×2.6×4	=	2.74	m	3.34		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	（2.5×2+2.66+1.23）×2.9/2	=	12.89	m^2	16.50		
	内壁上/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	（1.25×4）×2.9/2	=	7.25	m^2	11.60		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	（5+2+1.5×2+1）×2.9/2×4	=	63.80	m^2	22.97		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	（1.835×2+1.525×3）×3×2.9/2	=	35.87	m^2	59.18		

2	上階外壁下/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+(1.835×2+1.525×3)×2)×2.9/2	=	40.59	m^2	71.43	958.85	2438.97
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	(5.2+0.5×2)×2×2.9/2	=	17.98	m^2	19.96		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×2.6×4	=	5.61	m^2	6.22		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	(2.5×2+2.66+1.23)×2.9/2	=	12.89	m^2	16.50		
	上階内壁下/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	(1.25×4)×2.9/2	=	7.25	m^2	11.60		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(5+2+1.5×2+1)×2.9/2×4	=	63.80	m^2	22.97		
	上階界壁下/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×2+1.525×3)×3×2.9/2	=	35.87	m^2	59.18		
	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	(1.75×2+3×2)×1.47	=	13.97	m^2	17.88		
		バルコニー	1183 N/m^2	(2×2+16)×1.32	=	26.40	m^2	31.23		
	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	9×16	=	144.00	m^2	300.96		
		3階共用廊下	1810 N/m^2	1.75×16	=	28.00	m^2	50.68		
		3階バルコニー	1810 N/m^2	2×16	=	32.00	m^2	57.92		
		S梁H-244	500 N/m	16×5+12.75×5	=	143.75	m	71.88		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×(16×2+12.75×2)	=	14.03	m^2	7.16		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+(1.835×2+1.525×3)×2)×2.9/2	=	40.59	m^2	71.43		
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	(5.2+0.5×2)×2×2.9/2	=	17.98	m^2	19.96		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×2.6×4	=	2.74	m	3.34		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	(2.5×2+2.66+1.23)×2.9/2	=	12.89	m^2	16.50		
	内壁上/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	(1.25×4)×2.9/2	=	7.25	m^2	11.60		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(5+2+1.5×2+1)×2.9/2×4	=	63.80	m^2	22.97		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×2+1.525×3)×3×2.9/2	=	35.87	m^2	59.18		
1	上階外壁下/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+(1.835×2+1.525×3)×2)×2.9/2	=	40.59	m^2	71.43	961.45	3400.41
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	(5.2+0.5×2)×2×2.9/2	=	17.98	m^2	19.96		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×2.6×4	=	5.61	m^2	6.22		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	(2.5×2+2.66+1.23)×2.9/2	=	12.89	m^2	16.50		
	上階内壁下/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	(1.25×4)×2.9/2	=	7.25	m^2	11.60		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(5+2+1.5×2+1)×2.9/2×4	=	63.80	m^2	22.97		
	上階界壁下/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×2+1.525×3)×3×2.9/2	=	35.87	m^2	59.18		
	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	(1.75×2+3×2)×1.47	=	13.97	m^2	17.88		
		バルコニー	1183 N/m^2	(2×2+16)×1.32	=	26.40	m^2	31.23		
	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	9×16	=	144.00	m^2	300.96		
		2階共用廊下	1810 N/m^2	1.75×16	=	28.00	m^2	50.68		
		2階バルコニー	1810 N/m^2	2×16	=	32.00	m^2	57.92		
		S梁H-244	500 N/m	16×5+12.75×5	=	143.75	m	71.88		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×(16×2+12.75×2)	=	14.03	m^2	7.16		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.475×2+1.4×2+(1.835×2+1.525×3)×2)×2.9/2	=	40.59	m^2	71.43		
		玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	(5.2+0.5×2)×2×2.9/2	=	17.98	m^2	19.96		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.298×2.6×4	=	3.10	m	3.78		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.40	m^2	4.16		
		共用廊下外壁	1280 N/m^2	(2.5+2.66+1.81+3.08)×2.9/2	=	14.57	m^2	18.65		
	内壁上/2	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	(1.25×4)×2.9/2	=	7.25	m^2	11.60		
		軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(5+2+1.5×2+1)×2.9/2×4	=	63.80	m^2	22.97		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×2+1.525×3)×3×2.9/2	=	35.87	m^2	59.18		

(2) 地震荷重算定

$Q_{Ei} = Z \times Rt \times A_i \times C_0$

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha i}} - \alpha i \right) \times \frac{2T}{1+3T}$$

T= 0.03 h　　h= 13.92 屋根平均高さ(m)
= 0.03 ×13.92
= 0.42 秒

表 3.5-3 各階層せん断力

階	Wi (kN)	Σwi (kN)	αi	Ai	C0	Ci	Qi (kN)	各階層せん断力 (kN)
4	517.80	518	0.15	1.896	0.20	0.38	196.34	196.34
3	962.32	1480	0.44	1.402		0.28	414.90	218.56
2	958.85	2439	0.72	1.172		0.23	571.83	156.93
1	961.45	3400	1.00	1.000		0.20	680.08	108.25

(3) ゾーニング法による地震荷重算定

耐力壁配置を以下に示した。

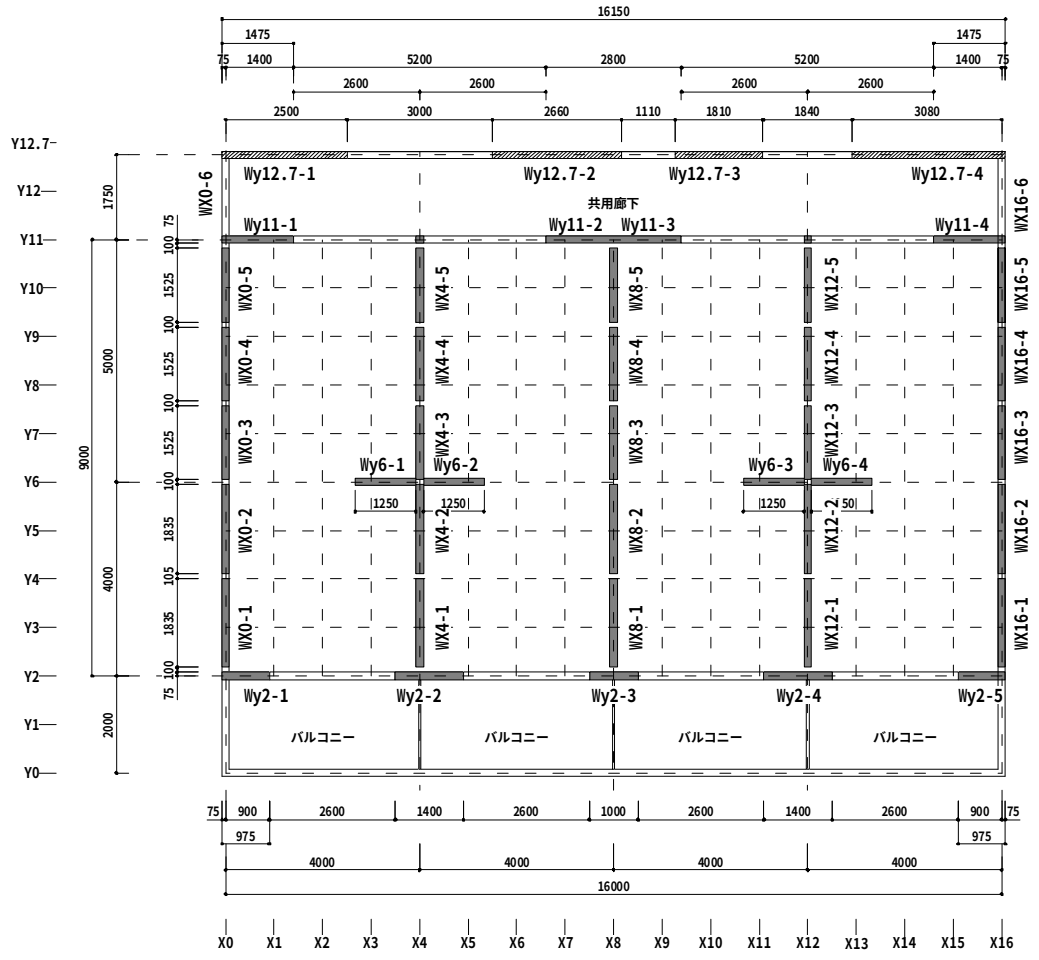


図 3.5-1 1 階耐力壁配置

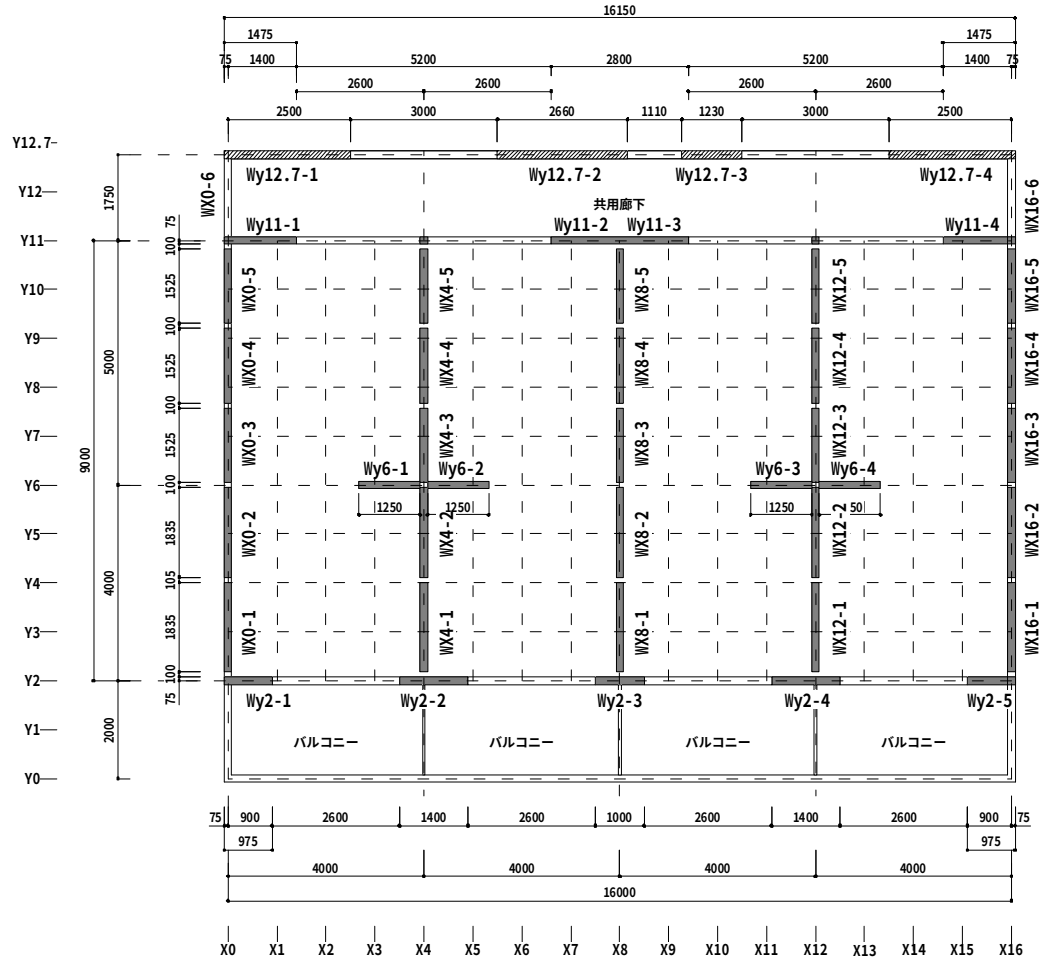


図 3.5-2　2～4 階耐力壁配置

（4）Y2 通りゾーニング法による地震荷重算定

階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	Wi (kN)	Σwi (kN)
4	屋根	パラペット	800 N/m	(4/2+2)×2+16	=	24	m	19.20	150.49	150.49
		屋根	880 N/m^2	16×4	=	64	m^2	56.32		
		S梁H-244	500 N/m	16×2+4×5	=	52	m	26.00		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（16+4×2）	=	5.856	m^2	2.99		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	（0.975×2+1.4×2+1+1.835×2）×2.95/2	=	13.8945	m^2	24.45		
					=		m^2	0.00		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.313×2.6×4	=	3.2552	m^2	3.97		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
					=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	（1.835×3）×2.95/2	=	8.119875	m^2	13.40		
3	上階外壁下/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	（0.975×2+1.4×2+1+1.835×2）×2.95/2	=	13.8945	m^2	24.45	277.96	428.46
					=		m^2	0.00		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
		掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×2.6×4	=	5.6056	m^2	6.22		
					=		m^2	0.00		
	上階内壁下/2				=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	上階界壁下/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	（1.835×3）×2.95/2	=	8.119875	m^2	13.40		
	手摺壁				=		m^2	0.00		
		バルコニー	1183 N/m^2	（2×2+16）×1.32	=	26.4	m^2	31.23		
	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	2×16	=	32	m^2	66.88		
					=		m^2	0.00		
		4階バルコニー	1810 N/m^2	2×16	=	32	m^2	57.92		
		S梁H-244	500 N/m	16×2+4×5	=	52	m	26.00		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（16+4×2）	=	5.856	m^2	2.99		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	（0.975×2+1.4×2+1+1.835×2）×2.9/2	=	13.659	m^2	24.04		
					=		m^2	0.00		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×2.6×4	=	2.7352	m	3.34		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
					=		m^2	0.00		
	内壁上/2				=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	（1.835×3）×2.9/2	=	7.98225	m^2	13.17		

2	上階外壁下/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.835×2) ×2.9/2	=	13.659	m^2	24.04	277.32	705.78
					=		m^2	0.00		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
		掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×2.6×4	=	5.6056	m^2	6.22		
					=		m^2	0.00		
	上階内壁下/2				=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	上階界壁下/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×3) ×2.9/2	=	7.98225	m^2	13.17		
	手摺壁				=		m^2	0.00		
		バルコニー	1183 N/m^2	(2×2+16) ×1.32	=	26.4	m^2	31.23		
	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	2×16	=	32	m^2	66.88		
					=		m^2	0.00		
		3階バルコニー	1810 N/m^2	2×16	=	32	m^2	57.92		
		S梁H-244	500 N/m	16×2+4×5	=	52	m	26.00		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244× (16+4×2)	=	5.856	m^2	2.99		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.835×2) ×2.9/2	=	13.659	m^2	24.04		
					=		m^2	0.00		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×2.6×4	=	2.7352	m	3.34		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
					=		m^2	0.00		
	内壁上/2				=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×3) ×2.9/2	=	7.98225	m^2	13.17		
1	上階外壁下/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.835×2) ×2.9/2	=	13.659	m^2	24.04	277.77	983.54
					=		m^2	0.00		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
		掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×2.6×4	=	5.6056	m^2	6.22		
					=		m^2	0.00		
	上階内壁下/2				=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	上階界壁下/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×3) ×2.9/2	=	7.98225	m^2	13.17		
	手摺壁				=		m^2	0.00		
		バルコニー	1183 N/m^2	(2×2+16) ×1.32	=	26.4	m^2	31.23		
	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	2×16	=	32	m^2	66.88		
					=		m^2	0.00		
		2階バルコニー	1810 N/m^2	2×16	=	32	m^2	57.92		
		S梁H-244	500 N/m	16×2+4×5	=	52	m	26.00		
		S梁部外壁	510 N/m^2	0.244× (16+4×2)	=	5.856	m^2	2.99		
	外壁上/2	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	(0.975×2+1.4×2+1+1.835×2) ×2.9/2	=	13.659	m^2	24.04		
					=		m^2	0.00		
		垂れ壁	1221 N/m^2	0.298×2.6×4	=	3.0992	m	3.78		
		サッシ	400 N/m^2	2.0/2×2.6×4	=	10.4	m^2	4.16		
					=		m^2	0.00		
	内壁上/2				=		m^2	0.00		
					=		m^2	0.00		
	界壁上/2	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	(1.835×3) ×2.9/2	=	7.98225	m^2	13.17		

表 3.5-4　Y2 通りゾーニング各階層せん断力

階	Wi (kN)	Σwi (kN)	α i	A i	C0	C i	Q i (kN)	各階層せん断力 (kN)
4	150.49	150	0.15	1.893	0.20	0.38	56.99	56.99
3	277.96	428	0.44	1.401		0.28	120.07	63.09
2	277.32	706	0.72	1.172		0.23	165.44	45.37
1	277.77	984	1.00	1.000		0.20	196.71	31.27

参考）Y6 通り、Y11 通りのゾーニング法による地震荷重

表 3.5-5　Y6 通りゾーニング各階層せん断力

階	Wi (kN)	Σwi (kN)	α i	A i	C0	C i	Q i (kN)	各階層せん断力 (kN)
4	162.73	163	0.15	1.911	0.20	0.38	62.21	62.21
3	313.23	476	0.43	1.404		0.28	133.67	71.46
2	312.01	788	0.72	1.173		0.23	184.84	51.17
1	312.01	1100	1.00	1.000		0.20	220.00	35.16

表 3.5-6　Y11 通りゾーニング各階層せん断力

階	Wi (kN)	Σwi (kN)	α i	A i	C0	C i	Q i (kN)	各階層せん断力 (kN)
4	204.57	205	0.16	1.885	0.20	0.38	77.14	77.14
3	371.13	576	0.44	1.400		0.28	161.16	84.02
2	369.51	945	0.72	1.172		0.23	221.55	60.39
1	371.67	1317	1.00	1.000		0.20	263.38	41.83

(5) 軸力算定

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ		単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy2-1	4	屋根	パラペット	800 N/m	0.9+1.3+2	= 4.2	m	3.36	
及び			屋根	880 N/m^2	4+0.501	= 4.501	m^2	3.96	
Wy2-5			S梁H-244	500 N/m	0.9+1.3+2+2	= 6.2	m	3.10	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（0.9+1.3+2）	= 1.0248	m^2	0.52	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	0.975×2.95	= 2.87625	m^2	5.06	18.32
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.313×1.3	= 0.4069	m^2	0.50	
			サッシ	400 N/m^2	2×1.3	= 2.6	m^2	1.04	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×1.3	= 0.7007	m^2	0.78	
	3	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（2+0.9+1.3）×1.32	= 5.544	m^2	6.56	
		4階床	4階居室床	2090 N/m^2	0.501	= 0.501	m^2	1.05	
			4階バルコニー	1810 N/m^2	4.4	= 4.4	m^2	7.96	
			S梁H-244	500 N/m	0.9+1.3+2+2	= 6.2	m	3.10	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（0.9+1.3+2）	= 1.0248	m^2	0.52	26.40
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	0.975×2.9	= 2.8275	m^2	4.98	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×1.3	= 0.3419	m^2	0.42	
			サッシ	400 N/m^2	2×1.3	= 2.6	m^2	1.04	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×1.3	= 0.7007	m^2	0.78	
	2	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（2+0.9+1.3）×1.32	= 5.544	m^2	6.56	
		3階床	3階居室床	2090 N/m^2	0.501	= 0.501	m^2	1.05	
			3階バルコニー	1810 N/m^2	4.4	= 4.4	m^2	7.96	
			S梁H-244	500 N/m	0.9+1.3+2+2	= 6.2	m	3.10	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（0.9+1.3+2）	= 1.0248	m^2	0.52	26.40
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	0.975×2.9	= 2.8275	m^2	4.98	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×1.3	= 0.3419	m^2	0.42	
			サッシ	400 N/m^2	2×1.3	= 2.6	m^2	1.04	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×1.3	= 0.7007	m^2	0.78	
	1	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（2+0.9+1.3）×1.32	= 5.544	m^2	6.56	
		2階床	2階居室床	2090 N/m^2	0.501	= 0.501	m^2	1.05	
			2階バルコニー	1810 N/m^2	4.4	= 4.4	m^2	7.96	
			S梁H-244	500 N/m	0.9+1.3+2+2	= 6.2	m	3.10	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（0.9+1.3+2）	= 1.0248	m^2	0.52	26.46
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	0.975×2.9	= 2.8275	m^2	4.98	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.298×1.3	= 0.3874	m^2	0.47	
			サッシ	400 N/m^2	2×1.3	= 2.6	m^2	1.04	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×1.3	= 0.7007	m^2	0.78	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ		単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy2-2 及び Wy2-4	4	屋根	パラペット	800 N/m	1.3+1.4+1.3	= 4	m	3.20	
			屋根	880 N/m^2	8+0.91	= 8.91	m^2	7.84	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.4+1.3+2+4	= 10	m	5.00	
		外壁	S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.4+1.3）	= 0.976	m^2	0.50	28.44
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.95	= 4.13	m^2	7.27	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.313×（1.3+1.3）	= 0.8138	m^2	0.99	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	= 5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	= 1.4014	m^2	1.56	
	3	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（1.3+1.4+1.3）×1.32	= 5.28	m^2	6.25	
		4階床	4階居室床	2090 N/m^2	0.91	= 0.91	m^2	1.90	
			4階バルコニー	1810 N/m^2	8	= 8	m^2	14.48	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.4+1.3+2+4	= 10	m	5.00	
		外壁	S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.4+1.3）	= 0.976	m^2	0.50	39.74
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.9	= 4.06	m^2	7.15	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×（1.3+1.3）	= 0.6838	m^2	0.83	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	= 5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	= 1.4014	m^2	1.56	
	2	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（1.3+1.4+1.3）×1.32	= 5.28	m^2	6.25	
		3階床	3階居室床	2090 N/m^2	0.91	= 0.91	m^2	1.90	
			3階バルコニー	1810 N/m^2	8	= 8	m^2	14.48	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.4+1.3+2+4	= 10	m	5.00	
		外壁	S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.4+1.3）	= 0.976	m^2	0.50	39.74
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.9	= 4.06	m^2	7.15	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×（1.3+1.3）	= 0.6838	m^2	0.83	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	= 5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	= 1.4014	m^2	1.56	
	1	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（1.3+1.4+1.3）×1.32	= 5.28	m^2	6.25	
		2階床	2階居室床	2090 N/m^2	0.91	= 0.91	m^2	1.90	
			2階バルコニー	1810 N/m^2	8	= 8	m^2	14.48	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.4+1.3+2+4	= 10	m	5.00	
		外壁	S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.4+1.3）	= 0.976	m^2	0.50	39.85
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.9	= 4.06	m^2	7.15	
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.298×（1.3+1.3）	= 0.7748	m^2	0.95	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	= 5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	= 1.4014	m^2	1.56	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy2-3	4	屋根	パラペット	800 N/m	1.3+1.0+1.3	=	3.6	m	2.88	
			屋根	880 N/m^2	8+0.819	=	8.819	m^2	7.76	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.0+1.3+2+4	=	9.6	m	4.80	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.0+1.3）	=	0.8784	m^2	0.45	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.0×2.95	=	2.95	m^2	5.19	25.71
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.313×（1.3+1.3）	=	0.8138	m^2	0.99	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	=	5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	=	1.4014	m^2	1.56	
	3	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（1.3+1.0+1.3）×1.32	=	4.752	m^2	5.62	
		4階床	4階居室床	2790 N/m^2	0.819	=	0.819	m^2	2.29	
			4階バルコニー	1810 N/m^2	7.2	=	7.2	m^2	13.03	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.0+1.3+2+4	=	9.6	m	4.80	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.0+1.3）	=	0.8784	m^2	0.45	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.0×2.9	=	2.9	m^2	5.10	35.76
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×（1.3+1.3）	=	0.6838	m^2	0.83	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	=	5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	=	1.4014	m^2	1.56	
	2	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（1.3+1.0+1.3）×1.32	=	4.752	m^2	5.62	
		3階床	3階居室床	2790 N/m^2	0.819	=	0.819	m^2	2.29	
			3階バルコニー	1810 N/m^2	7.2	=	7.2	m^2	13.03	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.0+1.3+2+4	=	9.6	m	4.80	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.0+1.3）	=	0.8784	m^2	0.45	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.0×2.9	=	2.9	m^2	5.10	35.76
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.263×（1.3+1.3）	=	0.6838	m^2	0.83	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	=	5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	=	1.4014	m^2	1.56	
	1	手摺壁	バルコニー	1183 N/m^2	（1.3+1.0+1.3）×1.32	=	4.752	m^2	5.62	
		2階床	2階居室床	2790 N/m^2	0.819	=	0.819	m^2	2.29	
			2階バルコニー	1810 N/m^2	7.2	=	7.2	m^2	13.03	
			S梁H-244	500 N/m	1.3+1.0+1.3+2+4	=	9.6	m	4.80	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.3+1.0+1.3）	=	0.8784	m^2	0.45	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.0×2.9	=	2.9	m^2	5.10	35.87
			垂れ壁	1221 N/m^2	0.298×（1.3+1.3）	=	0.7748	m^2	0.95	
			サッシ	400 N/m^2	2×（1.3+1.3）	=	5.2	m^2	2.08	
			掃き出し下部立ち上がり壁	1110 N/m^2	0.539×（1.3+1.3）	=	1.4014	m^2	1.56	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy6-1	4	屋根	屋根	880 N/m^2	1.211	=	1.211	m^2	1.07	
Wy6-2			S梁H-244	500 N/m	1.25+1.3375+0.075	=	2.6625	m	1.33	8.30
Wy6-3		内壁	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	1.25×2.95	=	3.6875	m^2	5.90	
Wy6-4	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	1.211	=	1.211	m^2	2.53	
			S梁H-244	500 N/m	1.25+1.3375+0.075	=	2.6625	m	1.33	9.66
		内壁	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	1.25×2.9	=	3.625	m^2	5.80	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	1.211	=	1.211	m^2	2.53	
			S梁H-244	500 N/m	1.25+1.3375+0.075	=	2.6625	m	1.33	9.66
		内壁	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	1.25×2.9	=	3.625	m^2	5.80	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	1.211	=	1.211	m^2	2.53	
			S梁H-244	500 N/m	1.25+1.3375+0.075	=	2.6625	m	1.33	9.66
		内壁	CLT+ロッドM33	1600 N/m^2	1.25×2.9	=	3.625	m^2	5.80	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy11-1 及び Wy11-4	4	屋根	屋根	880 N/m^2	0.614+0.614	=	1.228	m^2	1.08	14.89
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2	=	3.575	m	1.79	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75/2	=	0.2135	m^2	0.11	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.475×2.95	=	4.35125	m^2	7.66	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.95	=	3.835	m^2	4.26	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2		0.614 =	0.614	m^2	1.28	18.81
			4階共用廊下	1810 N/m^2		2.163 =	2.163	m^2	3.92	
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2	=	3.575	m	1.79	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75/2	=	0.2135	m^2	0.11	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.475×2.9	=	4.2775	m^2	7.53	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.9	=	3.77	m^2	4.18	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2		0.614 =	0.614	m^2	1.28	18.81
			3階共用廊下	1810 N/m^2		2.163 =	2.163	m^2	3.92	
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2	=	3.575	m	1.79	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75/2	=	0.2135	m^2	0.11	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.475×2.9	=	4.2775	m^2	7.53	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.9	=	3.77	m^2	4.18	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2		0.614 =	0.614	m^2	1.28	18.81
			2階共用廊下	1810 N/m^2		2.163 =	2.163	m^2	3.92	
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2	=	3.575	m	1.79	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244*1.75/2	=	0.2135	m^2	0.11	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.475×2.9	=	4.2775	m^2	7.53	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.9	=	3.77	m^2	4.18	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy11-2 及び Wy11-3	4	屋根	屋根	880 N/m^2	0.614+1.909	=	2.523	m^2	2.22	15.31
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2/2	=	3.1375	m	1.57	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.95	=	4.13	m^2	7.27	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.95	=	3.835	m^2	4.26	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2		0.614 =	0.614	m^2	1.28	18.46
			4階共用廊下	1810 N/m^2		2.362 =	2.362	m^2	4.28	
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2/2	=	3.1375	m	1.57	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.9	=	4.06	m^2	7.15	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.9	=	3.77	m^2	4.18	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2		0.614 =	0.614	m^2	1.28	18.46
			3階共用廊下	1810 N/m^2		2.362 =	2.362	m^2	4.28	
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2/2	=	3.1375	m	1.57	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.9	=	4.06	m^2	7.15	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.9	=	3.77	m^2	4.18	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2		0.614 =	0.614	m^2	1.28	18.46
			2階共用廊下	1810 N/m^2		2.362 =	2.362	m^2	4.28	
		外壁	S梁H-244	500 N/m	1.4+1.3+1.75/2/2	=	3.1375	m	1.57	
			CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.4×2.9	=	4.06	m^2	7.15	
			玄関MB廻り軸組	1110 N/m^2	1.3×2.9	=	3.77	m^2	4.18	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy12.7-1	4	屋根	パラペット	800 N/m	2.5+3/2	=	4	m	3.20	
			屋根	880 N/m^2	2.205	=	2.205	m^2	1.94	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	17.84
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.95	=	7.375	m^2	9.44	
	3	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		4階床	4階共用廊下	1810 N/m^2	3.301	=	3.301	m^2	5.97	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	21.34
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.9	=	7.25	m^2	9.28	
	2	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		3階床	3階共用廊下	2510 N/m^2	3.301	=	3.301	m^2	8.29	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	23.65
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.9	=	7.25	m^2	9.28	
	1	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		2階床	2階共用廊下	2510 N/m^2	3.301	=	3.301	m^2	8.29	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	23.65
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.9	=	7.25	m^2	9.28	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy12.7-2	4	屋根	パラペット	800 N/m	3/2+2.66+1.11/2	=	4.715	m	3.77	
			屋根	880 N/m^2	4.958	=	4.958	m^2	4.36	
			S梁H-244	500 N/m	3.0/2+2.66+1.11/2+1.75/2/2+1.75/2	=	6.0275	m	3.01	21.78
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（3.0/2+2.66+1.11/2）	=	1.15046	m^2	0.59	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.66×2.95	=	7.847	m^2	10.04	
	3	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47		2.205	m^2	2.82	
		4階床	4階共用廊下	1810 N/m^2	4.126	=	4.126	m^2	7.47	
			S梁H-244	500 N/m	3.0/2+2.66+1.11/2+1.75/2/2+1.75/2	=	6.0275	m	3.01	23.76
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（3.0/2+2.66+1.11/2）	=	1.15046	m^2	0.59	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.66×2.9	=	7.714	m^2	9.87	
	2	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47		2.205	m^2	2.82	
		3階床	3階共用廊下	1810 N/m^2	4.126	=	4.126	m^2	7.47	
			S梁H-244	500 N/m	3.0/2+2.66+1.11/2+1.75/2/2+1.75/2	=	6.0275	m	3.01	23.76
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（3.0/2+2.66+1.11/2）	=	1.15046	m^2	0.59	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.66×2.9	=	7.714	m^2	9.87	
	1	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47		2.205	m^2	2.82	
		2階床	2階共用廊下	1810 N/m^2	4.126	=	4.126	m^2	7.47	
			S梁H-244	500 N/m	3.0/2+2.66+1.11/2+1.75/2/2+1.	=	6.0275	m	3.01	23.76
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（3.0/2+2.66+1.11/2）	=	1.15046	m^2	0.59	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.66×2.9	=	7.714	m^2	9.87	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy12.7-3	4	屋根	パラペット	800 N/m	1.11/2+1.23+3/2	=	3.285	m	2.63	
			屋根	880 N/m^2	2.042	=	2.042	m^2	1.80	
			S梁H-244	500 N/m	1.11/2+1.23+3/2+1.75/2/2	=	3.7225	m	1.86	11.34
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.11/2+1.23+3/2）	=	0.80154	m^2	0.41	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.23×2.95	=	3.6285	m^2	4.64	
	3	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47		2.205	m^2	2.82	
		4階床	4階共用廊下	1810 N/m^2	2.874	=	2.874	m^2	5.20	
			S梁H-244	500 N/m	1.11/2+1.23+3/2+1.75/2/2	=	3.7225	m	1.86	14.86
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.11/2+1.23+3/2）	=	0.80154	m^2	0.41	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.23×2.9	=	3.567	m^2	4.57	
	2	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47		2.205	m^2	2.82	
		3階床	3階共用廊下	1810 N/m^2	2.874	=	2.874	m^2	5.20	
			S梁H-244	500 N/m	1.11/2+1.23+3/2+1.75/2/2	=	3.7225	m	1.86	14.86
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.11/2+1.23+3/2）	=	0.80154	m^2	0.41	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.23×2.9	=	3.567	m^2	4.57	
	1	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		2階床	2階共用廊下	1810 N/m^2	2.874	=	2.874	m^2	5.20	
			S梁H-244	500 N/m	1.11/2+1.81+1.84/2+1.75/2/2	=	3.7225	m	1.86	17.01
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（1.11/2+1.81+1.84/2）	=	0.80154	m^2	0.41	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.81×2.9	=	5.249	m^2	6.72	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
Wy12.7-4	4	屋根	パラペット	800 N/m	3/2+2.5	=	4	m	3.20	
			屋根	880 N/m^2	2.205	=	2.205	m^2	1.94	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2/2+1.75/2	=	5.3125	m	2.66	17.84
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.95	=	7.375	m^2	9.44	
	3	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		4階床	4階共用廊下	1810 N/m^2	3.301	=	3.301	m^2	5.97	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	21.34
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.9	=	7.25	m^2	9.28	
	2	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		3階床	3階共用廊下	1810 N/m^2	3.301	=	3.301	m^2	5.97	
			S梁H-244	500 N/m	2.5+3.0/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	21.34
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（2.5+3.0/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	2.5×2.9	=	7.25	m^2	9.28	
	1	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3/2×1.47	=	2.205	m^2	2.82	
		2階床	2階共用廊下	1810 N/m^2	3.301	=	3.301	m^2	5.97	
			S梁H-244	500 N/m	3.08+1.84/2+1.75/2+1.75/2/2	=	5.3125	m	2.66	23.49
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×（3.08+1.84/2+1.75/2）	=	1.1895	m^2	0.61	
		外壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	3.08×2.9	=	8.932	m^2	11.43	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX0-1	4	屋根	パラペット	800 N/m	(0.075+0.1+1.835+0.105/2)	=	2.0625	m	1.65	
WX16-1			屋根	880 N/m^2	3.67	=	3.67	m^2	3.23	
			S梁H-244	500 N/m	(0.075+0.1+1.835+0.105/2)	=	2.0625	m	1.03	15.69
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×2.0625	=	0.50325	m^2	0.26	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.95	=	5.41325	m^2	9.53	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	3.67	=	3.67	m^2	7.67	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	18.32
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×2.0625	=	0.50325	m^2	0.26	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	9.37	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	3.67	=	3.67	m^2	7.67	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	18.32
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×2.0625	=	0.50325	m^2	0.26	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	9.37	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	3.67	=	3.67	m^2	7.67	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	18.32
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×2.0625	=	0.50325	m^2	0.26	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	9.37	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX0-2	4	屋根	パラペット	800 N/m	(0.105/2+1.835+0.100/2)	=	1.9375	m	1.55	
WX16-2			屋根	880 N/m^2	3.724	=	3.724	m^2	3.28	
			S梁H-244	500 N/m	(0.105/2+1.835+0.100/2) +1.3375/2	=	2.60625	m	1.30	15.90
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.9375	=	0.47275	m^2	0.24	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.95	=	5.41325	m^2	9.53	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	3.724	=	3.724	m^2	7.78	
			S梁H-244	500 N/m	2.60625	=	2.60625	m	1.30	18.69
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.9375	=	0.47275	m^2	0.24	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	9.37	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	3.724	=	3.724	m^2	7.78	
			S梁H-244	500 N/m	2.60625	=	2.60625	m	1.30	18.69
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.9375	=	0.47275	m^2	0.24	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	9.37	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	3.724	=	3.724	m^2	7.78	
			S梁H-244	500 N/m	2.60625	=	2.60625	m	1.30	18.69
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.9375	=	0.47275	m^2	0.24	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	9.37	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX0-3	4	屋根	パラペット	800 N/m	(0.100/2+1.525+0.100/2)	=	1.625	m	1.30	
WX16-3			屋根	880 N/m^2	3.099	=	3.099	m^2	2.73	
			S梁H-244	500 N/m	(0.100/2+1.525+0.100/2) +1.3375/2	=	2.29375	m	1.15	16.61
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.92	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.95	=	9.21875	m^2	3.32	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	3.099	=	3.099	m^2	6.48	
			S梁H-244	500 N/m	2.29375	=	2.29375	m	1.15	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	18.87
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.9	=	9.0625	m^2	3.26	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	3.099	=	3.099	m^2	6.48	
			S梁H-244	500 N/m	2.29375	=	2.29375	m	1.15	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	18.87
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.9	=	9.0625	m^2	3.26	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	3.099	=	3.099	m^2	6.48	
			S梁H-244	500 N/m	2.29375	=	2.29375	m	1.15	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	18.87
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.9	=	9.0625	m^2	3.26	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX0-4	4	屋根	パラペット	800 N/m	(0.100/2+1.525+0.100/2)	=	1.625	m	1.30	
WX16-4			屋根	880 N/m^2	3.25	=	3.25	m^2	2.86	
			S梁H-244	500 N/m	(0.100/2+1.525+0.100/2)	=	1.625	m	0.81	16.41
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.92	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.95	=	9.21875	m^2	3.32	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	3.25	=	3.25	m^2	6.79	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	18.85
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.9	=	9.0625	m^2	3.26	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	3.25	=	3.25	m^2	6.79	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	18.85
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.9	=	9.0625	m^2	3.26	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	3.25	=	3.25	m^2	6.79	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.625	=	0.3965	m^2	0.20	18.85
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2.9	=	9.0625	m^2	3.26	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX0-5	4	屋根	パラペット	800 N/m	(0.100/2+1.525+0.100+0.075)	=	1.75	m	1.40	
WX16-5			屋根	880 N/m^2	3.045	=	3.045	m^2	2.68	
			S梁H-244	500 N/m	(0.100/2+1.525+0.100+0.075)	=	1.75	m	0.88	14.95
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75	=	0.427	m^2	0.22	
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.92	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2.95	=	5.1625	m^2	1.86	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	3.045	=	3.045	m^2	6.36	
			S梁H-244	500 N/m	1.75	=	1.75	m	0.88	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75	=	0.427	m^2	0.22	17.07
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2.9	=	5.075	m^2	1.83	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	3.045	=	3.045	m^2	6.36	
			S梁H-244	500 N/m	1.75	=	1.75	m	0.88	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75	=	0.427	m^2	0.22	17.07
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2.9	=	5.075	m^2	1.83	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	3.045	=	3.045	m^2	6.36	
			S梁H-244	500 N/m	1.75	=	1.75	m	0.88	
			S梁部外壁	510 N/m^2	0.244×1.75	=	0.427	m^2	0.22	17.07
		外壁	CLT+ロッドM33	1760 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.78	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2.9	=	5.075	m^2	1.83	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX0-6	4	屋根	パラペット	800 N/m	1.75	=	1.75	m	1.40	3.68
WX16-6			屋根	880 N/m^2	2.59	=	2.59	m^2	2.28	
	3	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.75×1.47	=	2.5725	m^2	3.29	4.01
		4階床	4階共用廊下	1810 N/m^2	0.398	=	0.398	m^2	0.72	
	2	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.75×1.47	=	2.5725	m^2	3.29	4.01
		3階床	3階共用廊下	1810 N/m^2	0.398	=	0.398	m^2	0.72	
	1	手摺壁	共用廊下外壁	1280 N/m^2	1.75×1.47	=	2.5725	m^2	3.29	4.01
		2階床	2階共用廊下	1810 N/m^2	0.398	=	0.398	m^2	0.72	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX4-1	4	屋根	屋根	880 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	6.46	
WX12-1			S梁H-244	500 N/m	(0.075+0.1+1.835+0.105/2)	=	2.0625	m	1.03	16.42
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.95	=	5.41325	m^2	8.93	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	15.34	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	25.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	15.34	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	25.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	15.34	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	25.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX4-2	4	屋根	屋根	880 N/m^2	6.84	=	6.84	m^2	6.02	
WX12-2			S梁H-244	500 N/m	(0.105/2+1.835+0.10/2)	=	1.9375	m	0.97	15.92
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.95	=	5.41325	m^2	8.93	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	6.84	=	6.84	m^2	14.30	
			S梁H-244	500 N/m	1.9375	=	1.9375	m	0.97	24.04
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	6.84	=	6.84	m^2	14.30	
			S梁H-244	500 N/m	1.9375	=	1.9375	m	0.97	24.04
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	6.84	=	6.84	m^2	14.30	
			S梁H-244	500 N/m	1.9375	=	1.9375	m	0.97	24.04
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX4-3	4	屋根	屋根	880 N/m^2	5.59	=	5.59	m^2	4.92	
WX12-3			S梁H-244	500 N/m	(0.1/2+1.525+0.1/2)	=	1.625	m	0.81	13.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.42	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	5.59	=	5.59	m^2	11.68	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	19.79
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	5.59	=	5.59	m^2	11.68	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	19.79
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	5.59	=	5.59	m^2	11.68	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	19.79
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX4-4	4	屋根	屋根	880 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	5.72	
WX12-4			S梁H-244	500 N/m	(0.1/2+1.525+0.1/2)	=	1.625	m	0.81	16.61
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.42	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(0.25+1) ×2×2.95	=	7.375	m^2	2.66	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	13.59	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	24.30
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(0.25+1) ×2×2.9	=	7.25	m^2	2.61	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	13.59	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	24.30
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(0.25+1) ×2×2.9	=	7.25	m^2	2.61	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	13.59	
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	24.30
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(0.25+1) ×2×2.9	=	7.25	m^2	2.61	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX4-5	4	屋根	屋根	880 N/m^2	6.681+3.182	=	9.863	m^2	8.68	
WX12-5			S梁H-244	500 N/m	(0.1/2+1.525+0.1+0.075) +1.75/2+1.3×2	=	5.225	m	2.61	
		外壁	玄関MB廻り軸組み	1110 N/m^2	(2.6+0.5×2) ×2.95	=	10.62	m^2	11.79	34.22
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.42	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.95	=	10.325	m^2	3.72	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	6.681	=	6.681	m^2	13.96	
			4階共用廊下	1810 N/m^2	2.275	=	2.275	m^2	4.12	
			S梁H-244	500 N/m	5.225	=	5.225	m	2.61	
		外壁	玄関MB廻り軸組み	1110 N/m^2	(2.6+0.5×2) ×2.9	=	10.44	m^2	11.59	43.23
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.9	=	10.15	m^2	3.65	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	6.681	=	6.681	m^2	13.96	
			3階共用廊下	1810 N/m^2	2.275	=	2.275	m^2	4.12	
			S梁H-244	500 N/m	5.225	=	5.225	m	2.61	
		外壁	玄関MB廻り軸組み	1110 N/m^2	(2.6+0.5×2) ×2.9	=	10.44	m^2	11.59	43.23
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.9	=	10.15	m^2	3.65	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	6.681	=	6.681	m^2	13.96	
			2階共用廊下	1810 N/m^2	2.275	=	2.275	m^2	4.12	
			S梁H-244	500 N/m	5.225	=	5.225	m	2.61	
		外壁	玄関MB廻り軸組み	1110 N/m^2	(2.6+0.5×2) ×2.9	=	10.44	m^2	11.59	43.23
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.9	=	10.15	m^2	3.65	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX8-1	4	屋根	屋根	880 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	6.46	
			S梁H-244	500 N/m	(0.075+0.1+1.835+0.105/2)	=	2.0625	m	1.03	16.42
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.95	=	5.41325	m^2	8.93	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	15.34	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	25.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	15.34	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	25.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	7.34	=	7.34	m^2	15.34	
			S梁H-244	500 N/m	2.0625	=	2.0625	m	1.03	25.15
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX8-2	4	屋根	屋根	880 N/m^2	7.449	=	7.449	m^2	6.56	
			S梁H-244	500 N/m	(0.105/2+1.835+0.10/2) +1.3375	=	3.275	m	1.64	17.12
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.95	=	5.41325	m^2	8.93	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	7.449	=	7.449	m^2	15.57	
			S梁H-244	500 N/m	3.275	=	3.275	m	1.64	25.99
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	7.449	=	7.449	m^2	15.57	
			S梁H-244	500 N/m	3.275	=	3.275	m	1.64	25.99
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	7.449	=	7.449	m^2	15.57	
			S梁H-244	500 N/m	3.275	=	3.275	m	1.64	25.99
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.835×2.9	=	5.3215	m^2	8.78	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX8-3	4	屋根	屋根	880 N/m^2	6.199	=	6.199	m^2	5.46	21.00
			S梁H-244	500 N/m	(0.1/2+1.525+0.1/2) +1.3375	=	2.9625	m	1.48	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.95	=	18.4375	m^2	6.64	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.42	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	6.199	=	6.199	m^2	12.96	28.26
			S梁H-244	500 N/m	2.9625	=	2.9625	m	1.48	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.9	=	18.125	m^2	6.53	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	6.199	=	6.199	m^2	12.96	28.26
			S梁H-244	500 N/m	2.9625	=	2.9625	m	1.48	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.9	=	18.125	m^2	6.53	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	6.199	=	6.199	m^2	12.96	28.26
			S梁H-244	500 N/m	2.9625	=	2.9625	m	1.48	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.9	=	18.125	m^2	6.53	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX8-4	4	屋根	屋根	880 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	5.72	20.59
			S梁H-244	500 N/m	(0.1/2+1.525+0.1/2)	=	1.625	m	0.81	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.42	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.95	=	18.4375	m^2	6.64	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	13.59	28.22
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.9	=	18.125	m^2	6.53	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	13.59	28.22
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.9	=	18.125	m^2	6.53	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	6.5	=	6.5	m^2	13.59	28.22
			S梁H-244	500 N/m	1.625	=	1.625	m	0.81	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	(1.625+1.5) ×2×2.9	=	18.125	m^2	6.53	

壁名称	階	項目	部位	単位重量	面積又は長さ			単位	部位重量(kN)	N (kN)
WX8-5	4	屋根	屋根	880 N/m^2	6.09	=	6.09	m^2	5.36	17.37
			S梁H-244	500 N/m	(0.1/2+1.525+0.1+0.075)	=	1.75	m	0.88	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.95	=	4.49875	m^2	7.42	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.95	=	10.325	m^2	3.72	
	3	4階床	4階居室床	2090 N/m^2	6.09	=	6.09	m^2	12.73	24.55
			S梁H-244	500 N/m	1.75	=	1.75	m	0.88	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.9	=	10.15	m^2	3.65	
	2	3階床	3階居室床	2090 N/m^2	6.09	=	6.09	m^2	12.73	24.55
			S梁H-244	500 N/m	1.75	=	1.75	m	0.88	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.9	=	10.15	m^2	3.65	
	1	2階床	2階居室床	2090 N/m^2	6.09	=	6.09	m^2	12.73	24.55
			S梁H-244	500 N/m	1.75	=	1.75	m	0.88	
		界壁	CLT+ロッドM33	1650 N/m^2	1.525×2.9	=	4.4225	m^2	7.30	
		内壁	軽鉄間仕切り	360 N/m^2	1.75×2×2.9	=	10.15	m^2	3.65	

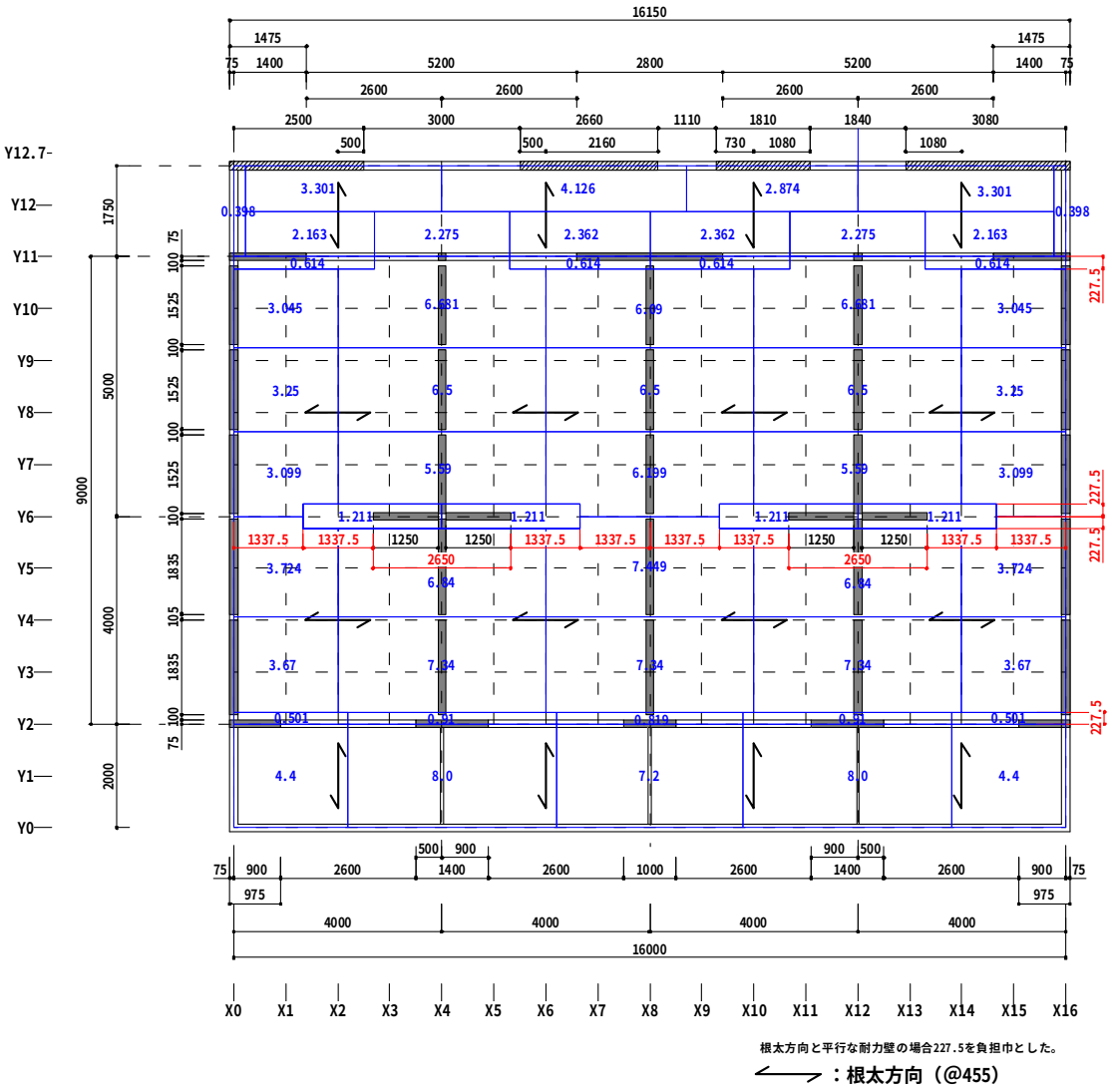


図 3.5-3　1 階壁用床負担面積図

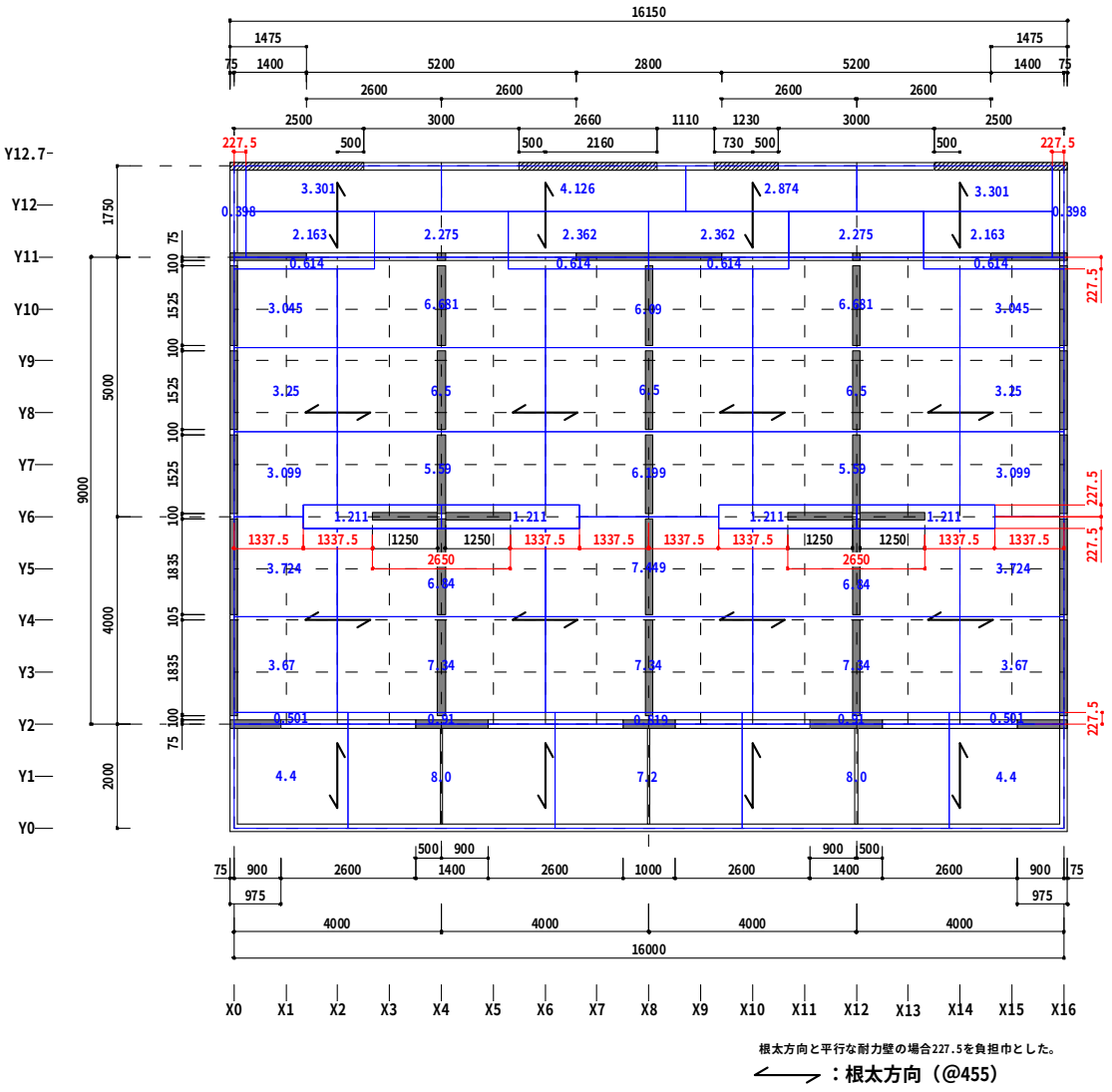


図 3.5-4　2～4 階壁用床負担面積図

3.5.2.3　解析方法

解析対象フレームの各階に作用させる水平力は、ゾーニング法によって算出した地震荷重を各階層せん断力に変換したものとし、逐次増分させ層間変形角が 1/30rad に達するまで解析を行った。直交壁を考慮する場合、解析対象フレームに接続する直交壁パネルの軸力を壁長さで除して 1m 換算軸力とし、その 1/2 を抑え荷重としフレーム両端部に作用させ圧縮側も直交壁軸力が伝達するようにした。解析パターンには直交壁効果を見込まないもの、または圧縮側のみに抑え荷重として作用させるものも含めた。解析モデルは「2016 年版　CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」に示されたフレームモデルを用い、引張・圧縮接合部には非線形特性を持たせた。引張バネはテンションロッドが実際に取り付けられる位置に配置するため、R の補正は行わなかった。圧縮バネは壁パネル端部に配置されることから R の補正を行った。解析モデルの概要図を図 3.5-5 に示した。

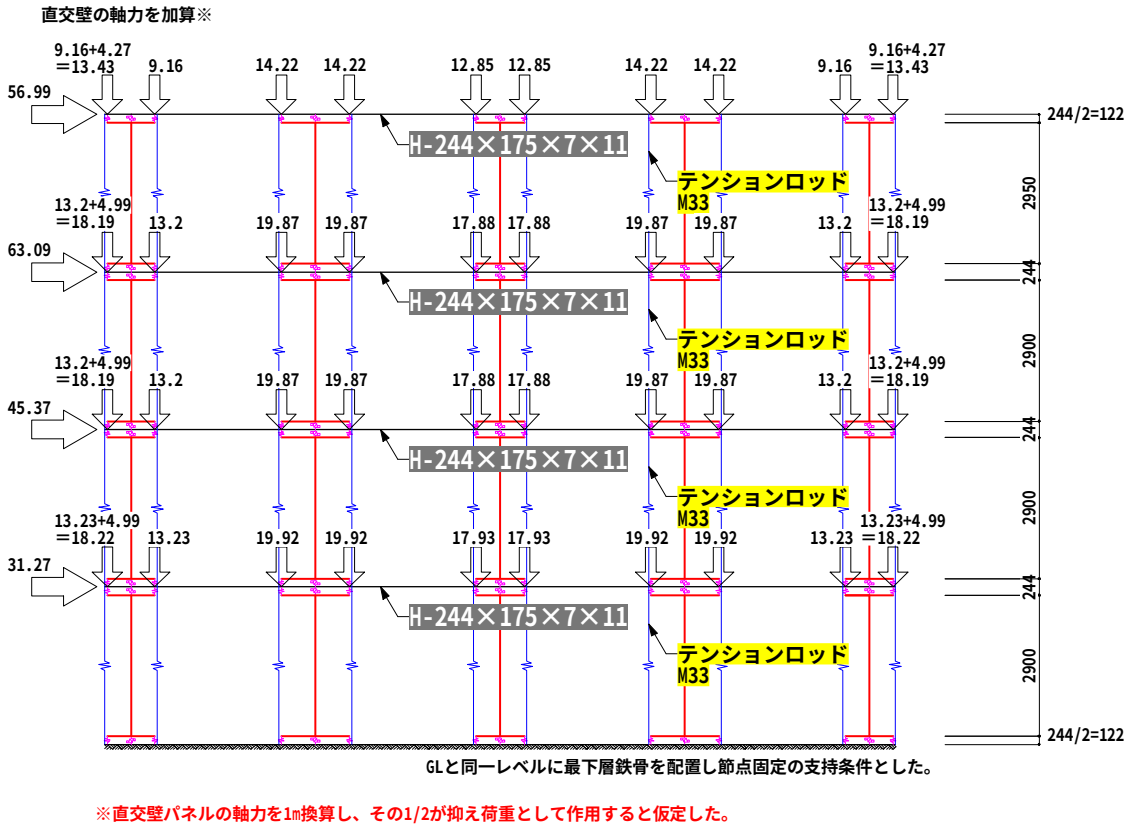


図 3.5-5　解析モデル概要図

降伏時および終局時の判定条件は以下のとおりとした。

①フレームの降伏時は、以下に示すいずれかの最小ステップ時とした。

・テンションロッドの Py=有効断面×235N/mm² 以下となったステップ

・圧縮基準強度 12.42N/mm² に有効支圧面積を乗じ R の補正を行った圧縮耐力以下となったステップ

・各階の層間変形角が 1/200rad 以下となったステップ

・鉄骨梁応力度（SN400：曲げ 235N/mm² 以下、せん断 235/√3N/mm² 以下
SN490：曲げ 325N/mm² 以下、せん断 325/√3N/mm² 以下）となったステップ

・壁パネルの軸力と曲げ複合応力の検定が 1.0 以下となったステップ

②フレームの終局時は、以下に示すいずれかの最小ステップ時とした。

・ロッドの終局変形 40mm 以下となったステップ

・層間変形角 1/30rad 以下となったステップ

・壁パネルの終局曲げ耐力以下となったステップ

3.5.2.4　解析パターン

各階のテンションロッドはφM33、鉄骨梁断面は H-244×175×7×11 とし表 3.5-7 に示した設計値と実性能値において、直交壁の有無及び圧縮側のみ直交壁効果ありの計 6 パターンを解析した。ここで実性能値とは、材料に期待できる設計値以上のヒンジ特性を持つフレームが、どのような挙動を示すか確認するために設けた性能値である。なお接合部特性は次のようにした。

・テンションロッド及び鉄骨はバイリニア

・圧縮ばねは「2016 年版　CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」に示された方法

表 3.5-7　各種ヒンジ設定

	設計値		実性能値	
	降伏（短期）	終局	降伏(短期)	終局
テンション ロッド（M33） ABR400 Ab：723mm²	Ab×235 ＝169kN	Ab×235×1.1 ＝186kN	Ab×235 ＝169kN	Ab×235×1.3 ＝220kN
圧縮ばね	Fc=12.42N/mm² Ke＝15.6N/mm³ における Py	-	Fc=24.84N/mm² Ke＝15.6N/mm³ における Py	-
鉄骨梁	SN400 235N/mm²	SN400 235×1.1 ＝258N/mm²	SN490 325N/mm²	SN490 325×1.1 ＝357N/mm²

3.5.2.5　接合部特性

（1）設計値

テンションロッドは Ab×F 値(235N/㎟)×1.1 で降伏するバイリニア、圧縮ばねは「2016 年版　CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」より、壁パネル-基礎のモデルとし K2＝0 のバイリニアを採用した。また鉄骨梁は SN400 とし F 値(235N/㎟)×1.1 で降伏するバイリニアとした。

表 3.5-8　引張ばね特性（設計値）

壁パネル-テンションロッド（SNR400B）

記号	壁高さ(mm)	Ab(mm^2)	Py(kN)	Pu(kN)	K(kN/mm)
TR-M33-290	2900	723	169	186	80.12
TR-M33-295	2950				78.01

ばね特性はPy-δyによるバイリニアとした。

Py、Pu、k は下式より求めた。

$Py=Ab\times235N/mm^2$

$Pu=Ab\times235N/mm^2\times1.1$

k＝（Eb*Ab)/Lb　　Eb：鋼材ヤング係数、Ab：有効断面積、Lb：有効長さ

Lb：壁高さ2900mmの場合1850mm

壁高さ2950mmの場合1900mmと仮定した。

表 3.5-9　圧縮ばね特性（設計値）

圧縮バネ　S90-5-5

部位	バネ記号	パネル厚 tw(mm)	パネル幅 Dw (mm)	d (mm)	Ae(mm^2)	R	圧縮 基準強度 Fc(N/mm^2)	支圧剛性 Ke(N/mm^3)	Py(kN)	${}_R$Py(kN)	k1 (kN/mm)	${}_R$k1 (kN/mm)	k2 (kN/mm)
壁-S梁	W-0.9-C	150	975	1025	38437.5	0.873	12.42	15.60	477.3	416.4	599.6	456.5	0
	W-1.0-C	150	1000	1050	39375	0.872	12.42	15.60	489.0	426.1	614.2	466.4	0
	W-1.4-C	150	1400	1450	54375	0.860	12.42	15.60	675.3	580.5	848.2	626.8	0

d：引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離　　ばね特性はバイリニアとした。

Ae：有効支圧面積（壁パネル厚×ｄ/4）

（2）実性能値

テンションロッドは Ab×F 値(235N/mm²)×1.3 で降伏するバイリニア、圧縮ばねは「2016 年版　CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」を準用して、壁パネル-基礎のモデルとし圧縮基準強度は設計値の 2 倍となる 24.84N/mm²を採用し K2＝0 のバイリニアとした。また鉄骨梁は SN490 相当とし F 値(325N/mm²)×1.1 で降伏するバイリニアとした。

表 3.5-10　引張ばね特性（実性能値）

壁パネル-テンションロッド（SNR400B）

記号	壁高さ(mm)	Ab(mm²)	Py(kN)	Pu(kN)	K(kN/mm)
TR-M33-290	2900	723	169	220	80.12
TR-M33-295	2950				78.01

ばね特性はPy-δyによるバイリニアとした。

Py、Pu、k は下式より求めた。

Py=Ab×235N/mm²

Pu＝Ab×235N/mm²×1.3

k＝（Eb*Ab)/Lb　　Eb：鋼材ヤング係数、Ab：有効断面積、Lb：有効長さ

Lb：壁高さ2900mmの場合1850mm

壁高さ2950mmの場合1900mmと仮定した。

表 3.5-11　圧縮ばね特性（実性能値）

圧縮バネ　S90-5-5

部位	バネ記号	パネル厚 tw(mm)	パネル幅 Dw (mm)	d (mm)	Ae(mm²)	R	圧縮 基準強度 Fc(N/mm²)	支圧剛性 Ke(N/mm³)	Py(kN)	${}_{R}$Py(kN)	k1 (kN/mm)	${}_{R}$k1 (kN/mm)	k2 (kN/mm)
壁-S梁	W-0.9-C	150	975	1025	38437.5	0.873	24.84	15.60	954.7	833	599.6	456.5	0
	W-1.0-C	150	1000	1050	39375	0.872	24.84	15.60	978.0	852.3	614.2	466.4	0
	W-1.4-C	150	1400	1450	54375	0.860	24.84	15.60	1350.6	1161	848.2	626.8	0

d：引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離　　ばね特性はバイリニアとした。

Ae：有効支圧面積（壁パネル厚× d /4）

3.5.2.6　弾性係数

表 3.5-12　S-90-5-5 弾性係数

単位：kN/mm²

部位	ラミナ構成	強度等級	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
壁	5層5プライ	S90-5-5	5.400	3.600	0.500	7.128	1.872	0.0818	0.0409

3.5.2.7　解析結果

（1）設計値

①直交壁あり

表 3.5-13　降伏 STEP 直交壁あり（設計値）

-	降伏時		層間変形角1/200rad				鉄骨梁		壁パネル	最小STEP
	圧縮ばね	引張ばね	1階	2階	3階	4階	許容曲げ耐力時	許容せん断耐力時	複合応力	
STEP	467	352	402	332	383	537	540	591	350	332

表 3.5-14　終局 STEP 直交壁あり（設計値）

-	終局変形	層間変形角1/30rad以下				壁パネル	最小STEP
	ロッド	1階	2階	3階	4階	終局曲げ耐力	
STEP	740	747	747	747	747	747	740

※最終 STEP747 において 2,3,4 階は 1/30rad に達していない、
また壁パネルの終局曲げ耐力にも達していない。

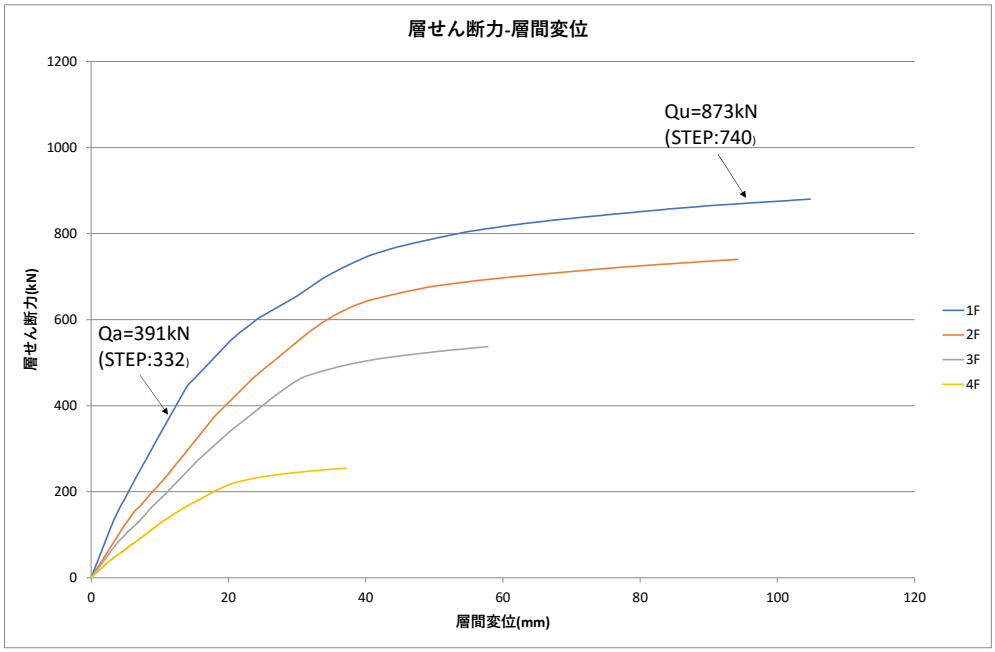


図 3.5-6　層せん断力-層間変位　直交壁あり（設計値）

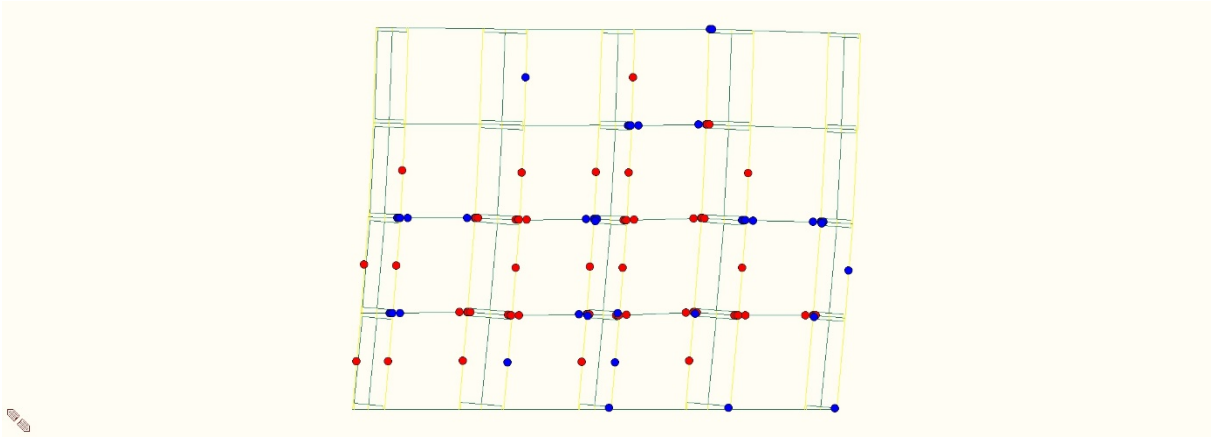


図 3.5-7　ヒンジ図最終 STEP　直交壁あり（設計値）

単位：N/mm²

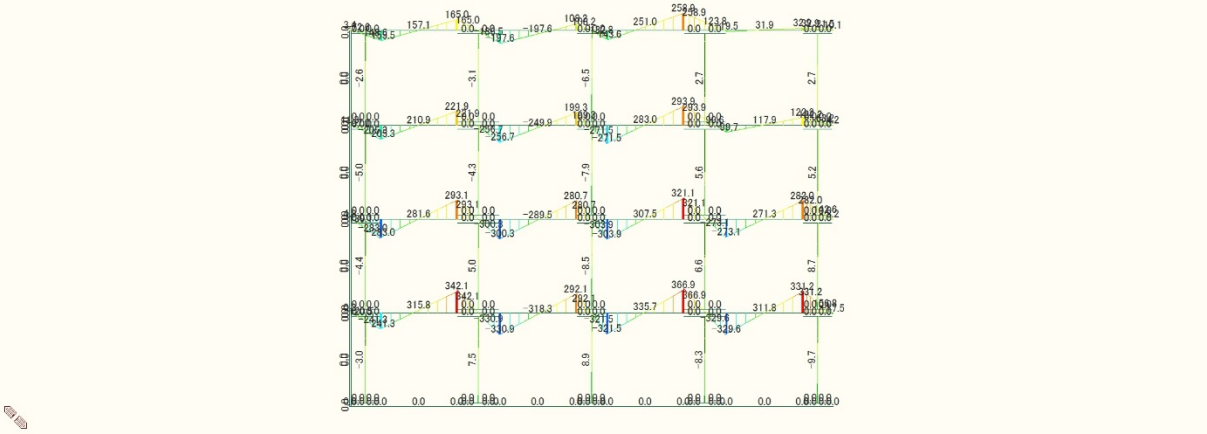


図 3.5-8　曲げ応力度図最終 STEP　直交壁あり（設計値）

単位：N/mm²

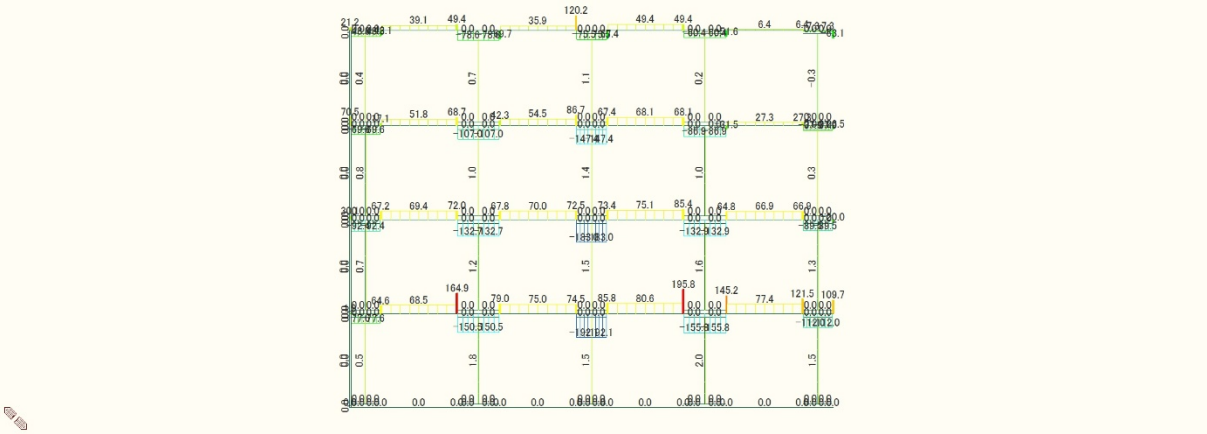


図 3.5-9　せん断応力度図最終 STEP　直交壁あり（設計値）

②直交壁なし

表 3.5-15　降伏 STEP 直交壁なし（設計値）

-	降伏時		層間変形角1/200rad				鉄骨梁		壁パネル	最小STEP
	圧縮ばね	引張ばね	1階	2階	3階	4階	許容曲げ耐力時	許容せん断耐力時	複合応力	
STEP	479	346	399	333	381	539	539	589	364	333

表 3.5-16　終局 STEP 直交壁なし（設計値）

-	終局変形	層間変形角1/30rad以下				壁パネル	最小STEP
	ロッド	1階	2階	3階	4階	終局曲げ耐力	
STEP	736	741	742	742	742	742	736

※最終 STEP742 において 2,3,4 階は 1/30rad に達していない、
また壁パネルの終局曲げ耐力にも達していない。

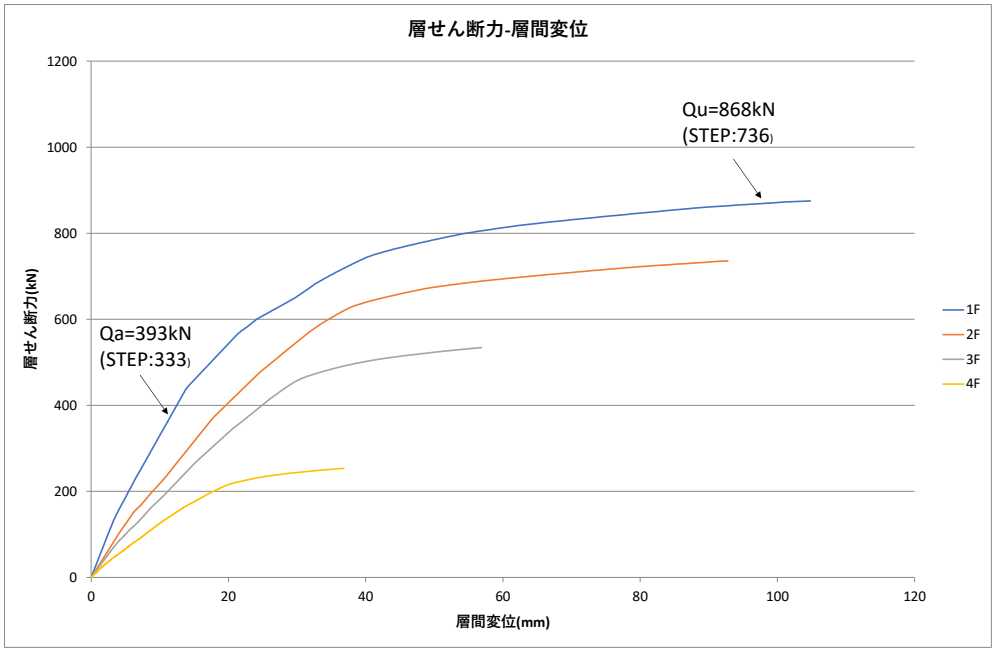


図 3.5-10　層せん断力-層間変位　直交壁なし（設計値）

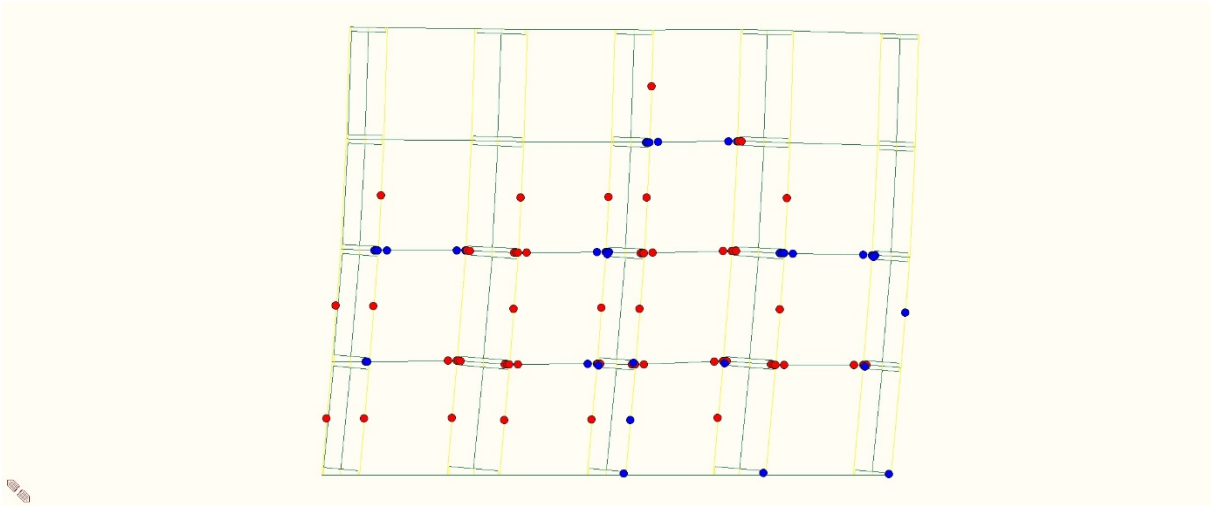


図 3.5-11　ヒンジ図最終 STEP　直交壁なし（設計値）

単位：N/mm^2

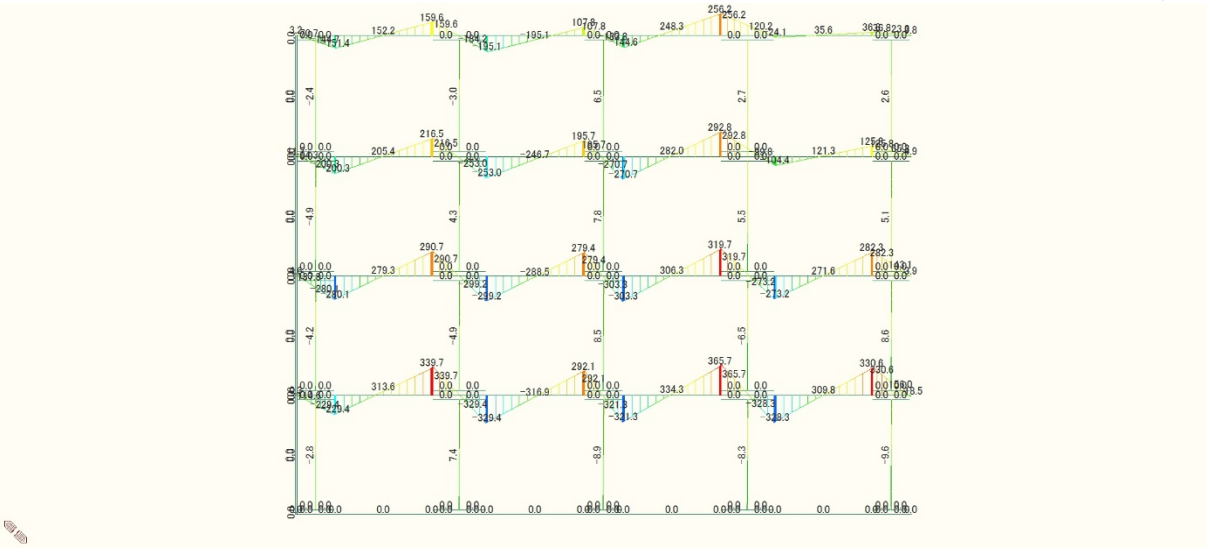


図 3.5-12　曲げ応力度図最終 STEP　直交壁なし（設計値）

単位：N/mm^2

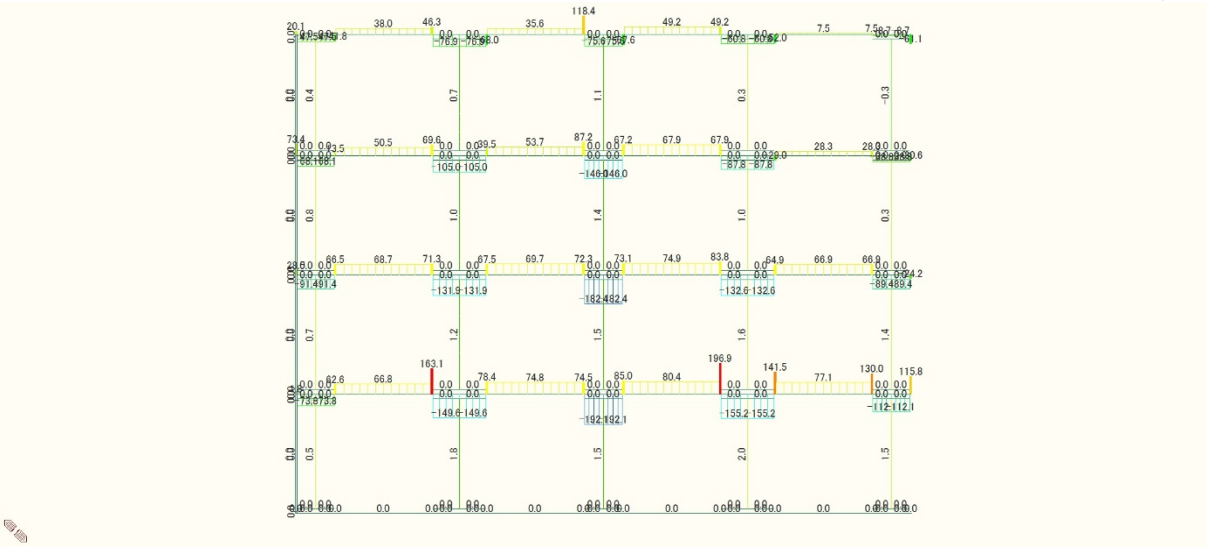


図 3.5-13　せん断応力度図最終 STEP　直交壁なし（設計値）

③圧縮側のみ直交壁あり

表 3.5-17　降伏 STEP 圧縮側のみ直交壁あり（設計値）

-	降伏時		層間変形角1/200rad				鉄骨梁		壁パネル	最小STEP
	圧縮ばね	引張ばね	1階	2階	3階	4階	許容曲げ耐力時	許容せん断耐力時	複合応力	
STEP	465	346	399	332	381	536	578	589	741	332

表 3.5-18　終局 STEP 圧縮側のみ直交壁あり（設計値）

-	終局変形	層間変形角1/30rad以下				壁パネル	最小STEP
	ロッド	1階	2階	3階	4階	終局曲げ耐力	
STEP	734	741	741	741	741	741	734

※最終 STEP741 において 2,3,4 階は 1/30rad に達していない、
また壁パネルの終局曲げ耐力にも達していない。

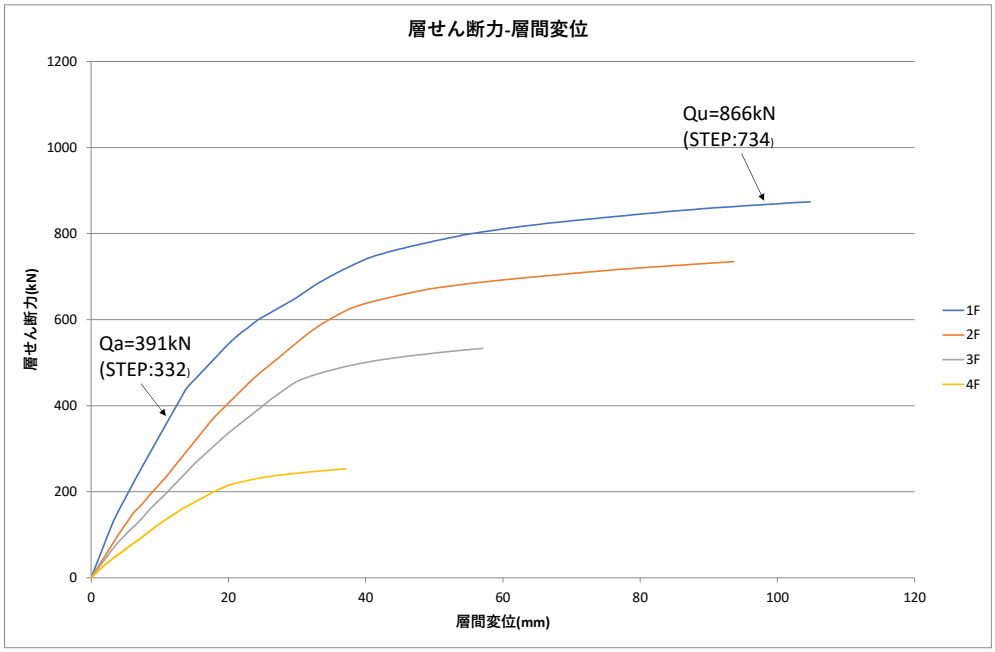


図 3.5-14　層せん断力-層間変位　圧縮側のみ直交壁あり（設計値）

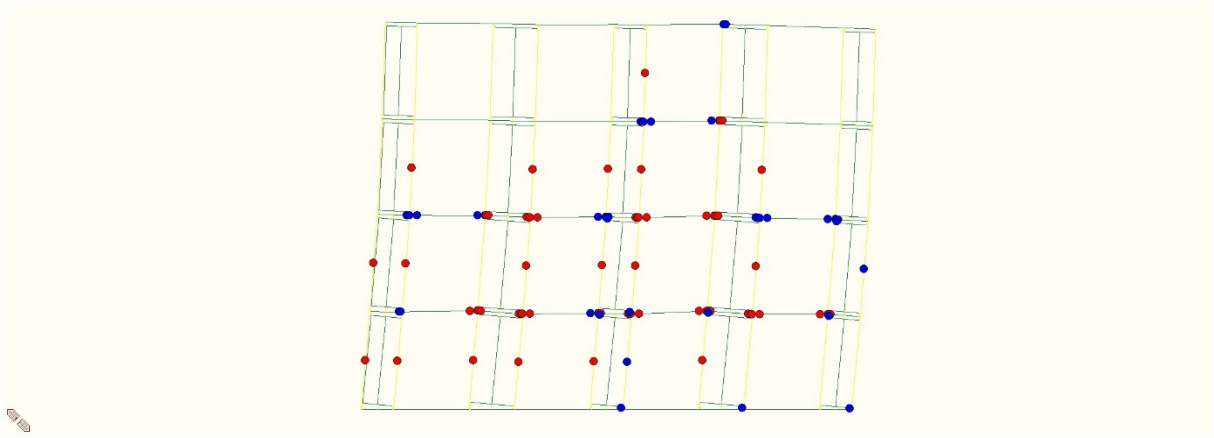


図 3.5-15　ヒンジ図最終 STEP　圧縮側のみ直交壁あり（設計値）

単位：N/mm^2

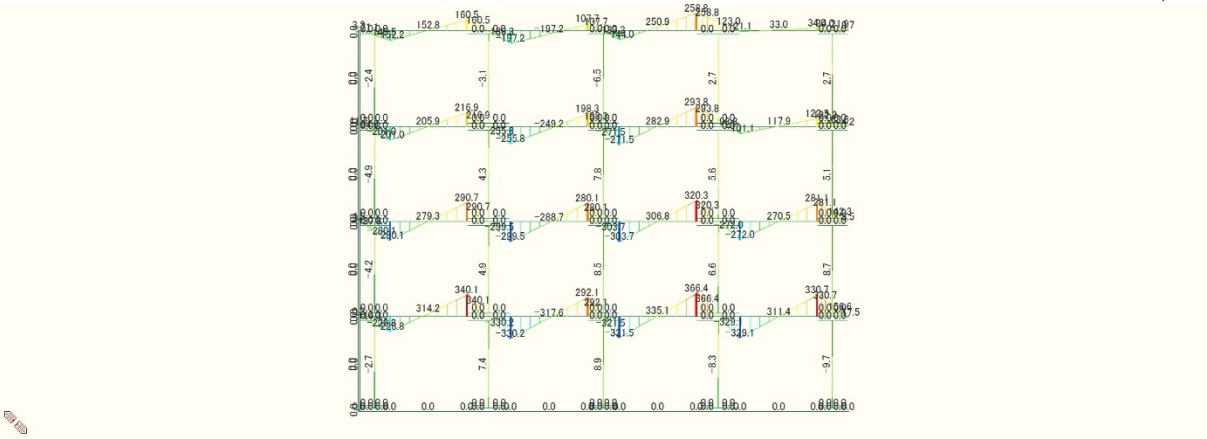


図 3.5-16　曲げ応力度図最終 STEP　圧縮側のみ直交壁あり（設計値）

単位：N/mm^2

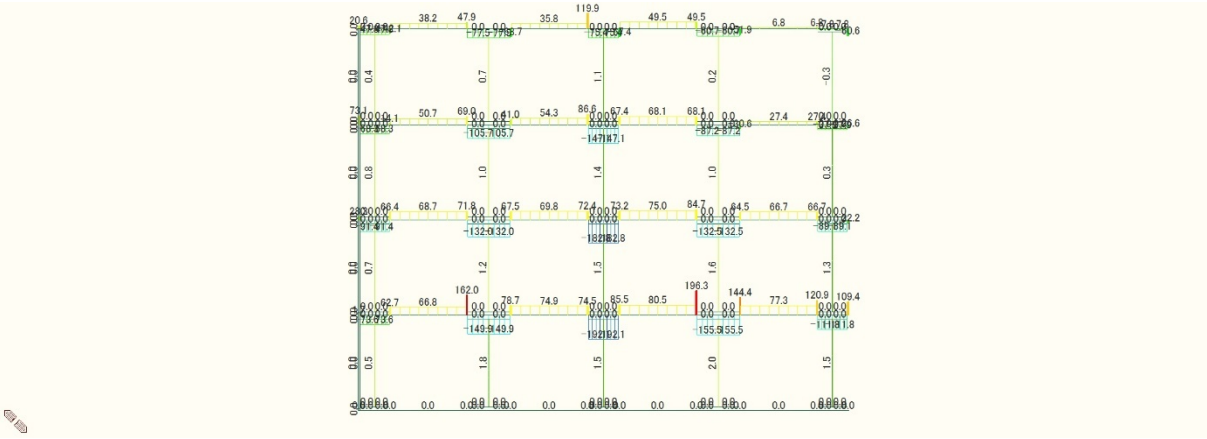


図 3.5-17　せん断応力度図最終 STEP　圧縮側のみ直交壁あり（設計値）

（2）実性能値

①直交壁あり

表 3.5-19　降伏 STEP 直交壁あり（実性能値）

-	降伏時		層間変形角1/200rad				鉄骨梁		壁パネル	最小STEP
	圧縮ばね	引張ばね	1階	2階	3階	4階	許容曲げ耐力時	許容せん断耐力時	複合応力	
STEP	-	352	418	332	383	559	713	631	350	332

※最終 STEP まで圧縮ばねは降伏しなかった。

表 3.5-20　終局 STEP 直交壁あり（実性能値）

-	終局変形	層間変形角1/30rad以下				壁パネル	最小STEP
	ロッド	1階	2階	3階	4階	終局曲げ耐力	
STEP	904	909	910	910	910	655	655

※最終 STEP910 において 2,3,4 階は 1/30rad に達していない。

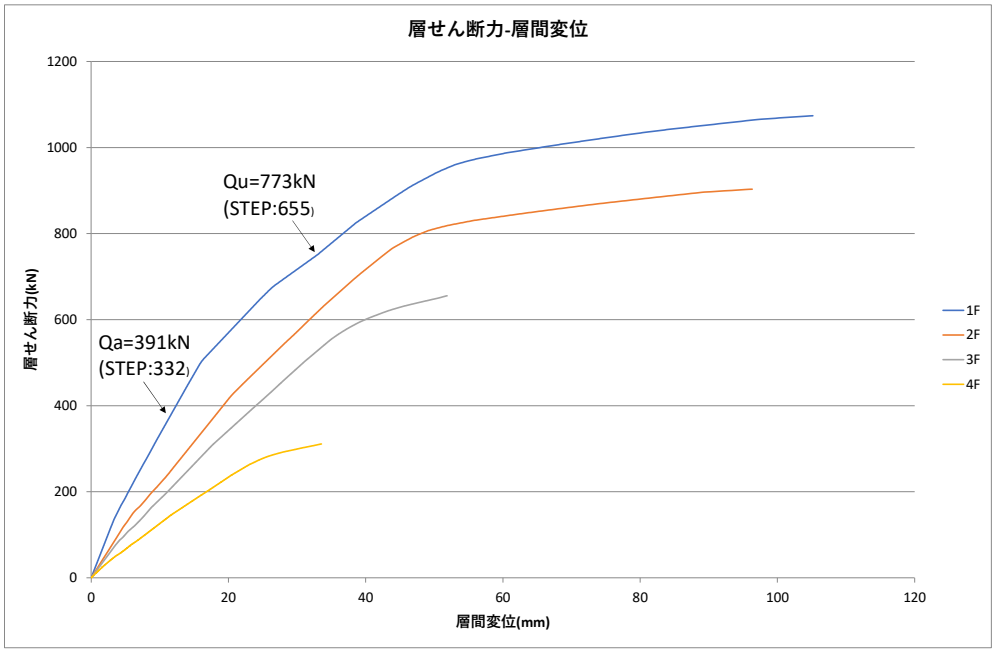


図 3.5-18　層せん断力-層間変位　直交壁あり（実性能値）

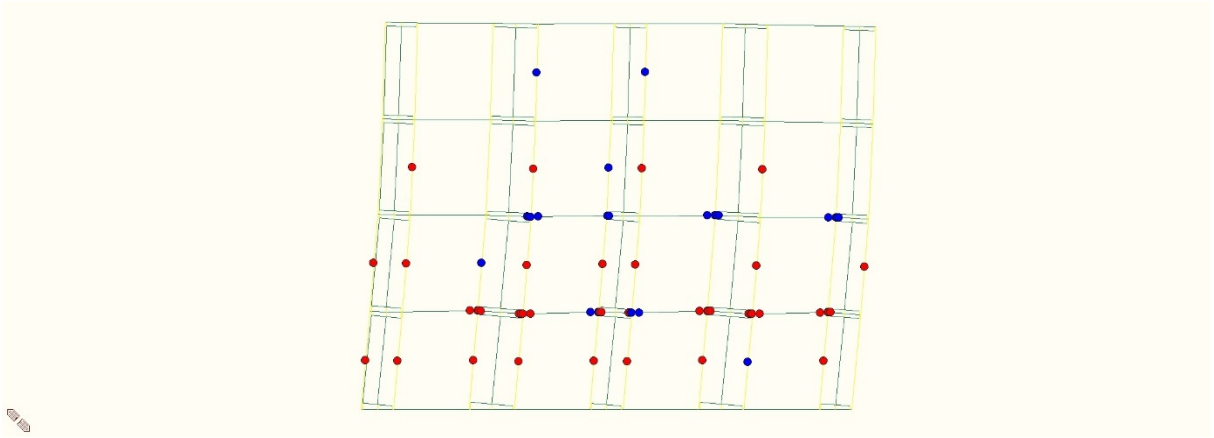


図 3.5-19　ヒンジ図最終 STEP　直交壁あり（実性能値）

単位：N/mm^2

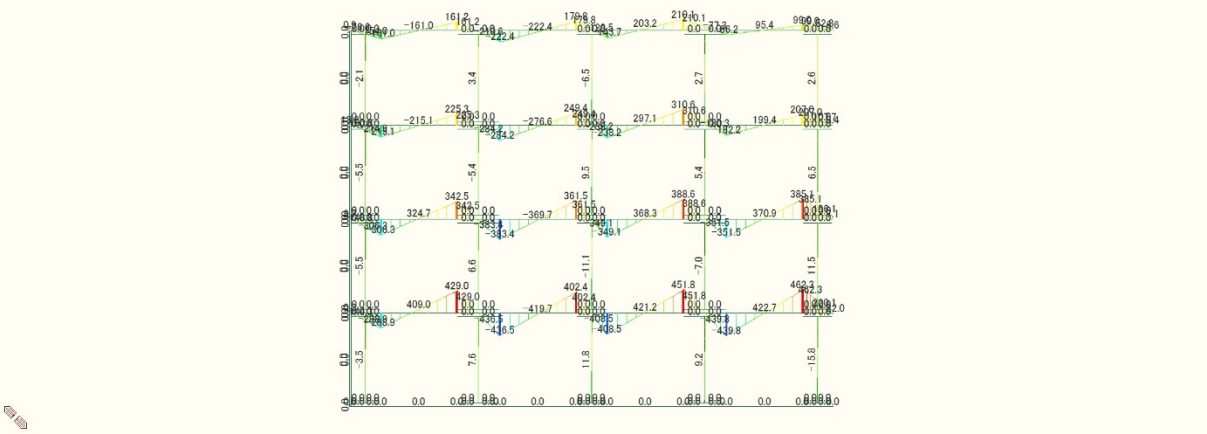


図 3.5-20　曲げ応力度図最終 STEP　直交壁あり（実性能値）

単位：N/mm^2

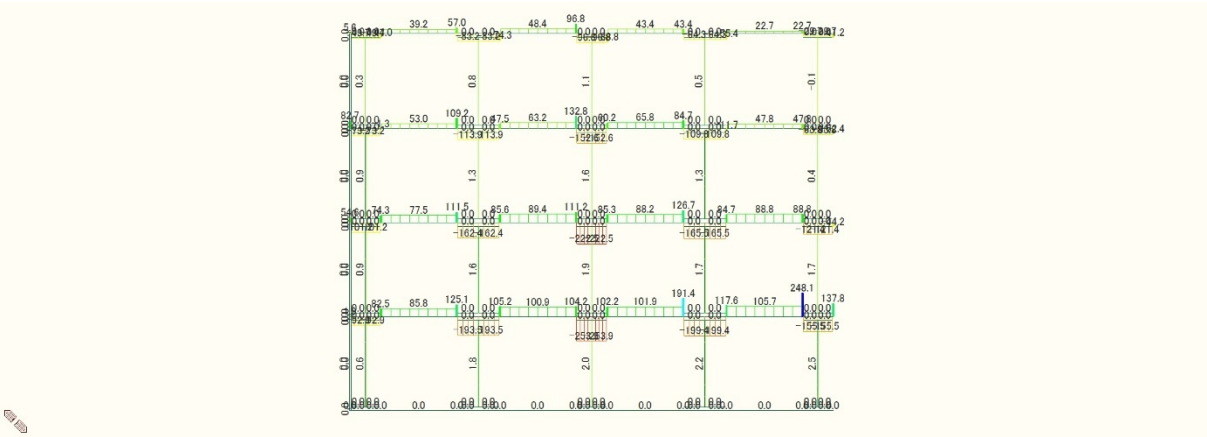


図 3.5-21　せん断応力度図最終 STEP　直交壁あり（実性能値）

②直交壁なし

表 3.5-21　降伏 STEP 直交壁なし（実性能値）

-	降伏時		層間変形角1/200rad				鉄骨梁		壁パネル	最小STEP
	圧縮ばね	引張ばね	1階	2階	3階	4階	許容曲げ耐力時	許容せん断耐力時	複合応力	
STEP	-	346	416	333	383	561	709	625	364	333

※最終 STEP まで圧縮ばねは降伏しなかった。

表 3.5-22　終局 STEP 直交壁なし（実性能値）

-	終局変形	層間変形角1/30rad以下				壁パネル	最小STEP
	ロッド	1階	2階	3階	4階	終局曲げ耐力	
STEP	897	902	903	903	903	682	682

※最終 STEP903 において 2,3,4 階は 1/30rad に達していない。

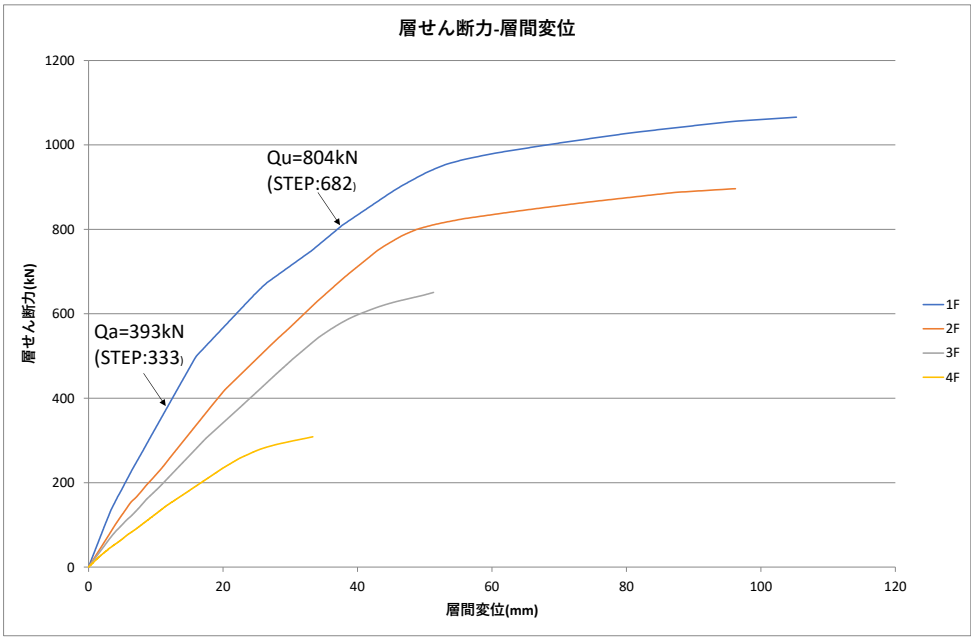


図 3.5-22　層せん断力-層間変位　直交壁なし（実性能値）

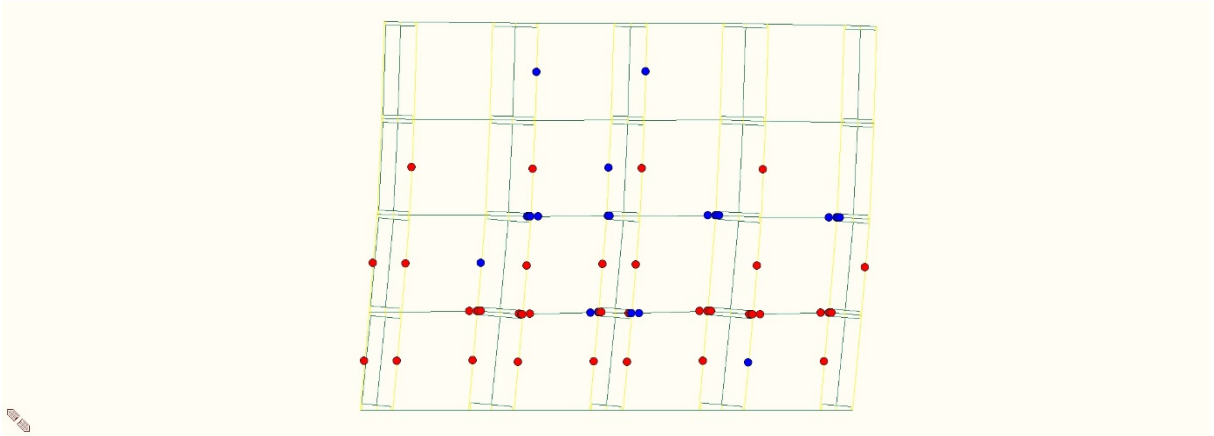


図 3.5-23　ヒンジ図最終 STEP　直交壁なし（実性能値）

単位：N/mm^2

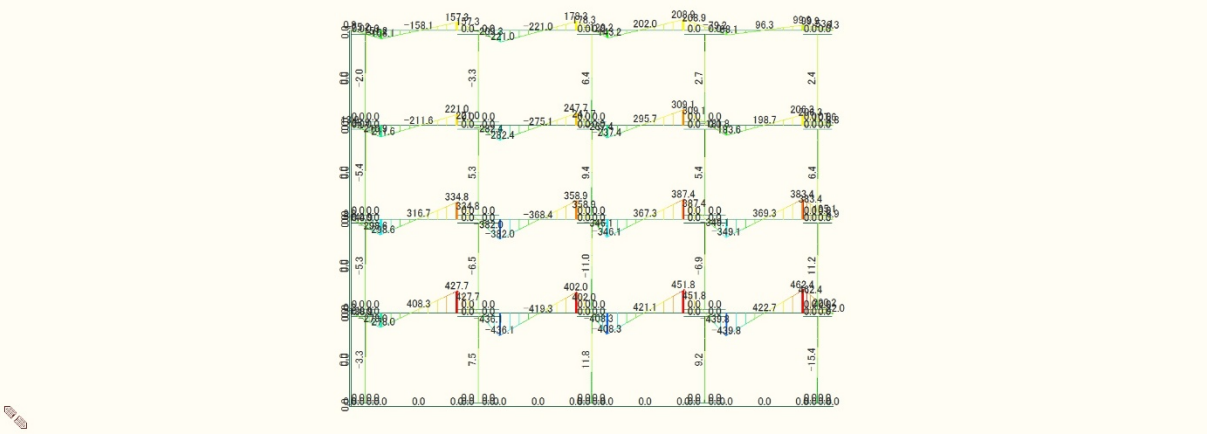


図 3.5-24　曲げ応力度図最終 STEP　直交壁なし（実性能値）

単位：N/mm^2

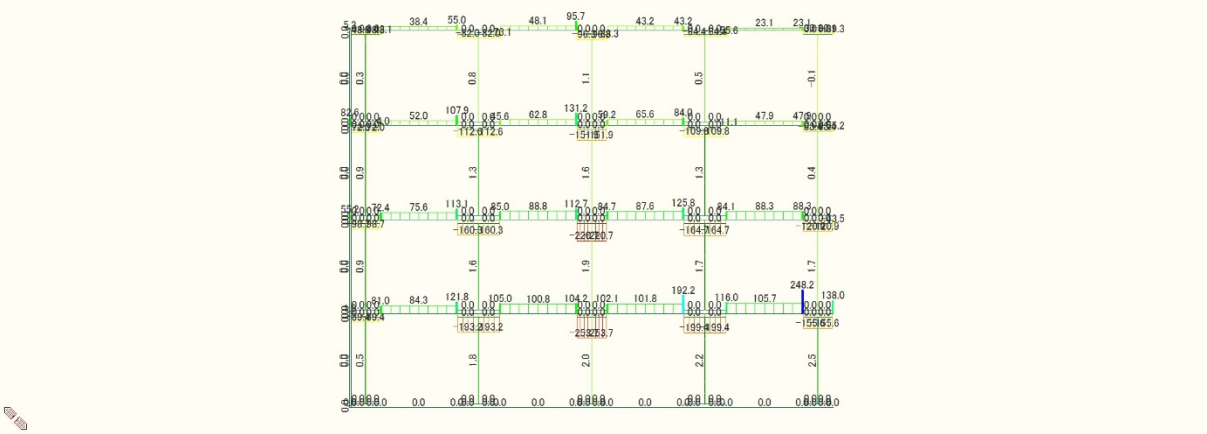


図 3.5-25　せん断応力度図最終 STEP　直交壁なし（実性能値）

③圧縮側のみ直交壁あり

表 3.5-23　降伏 STEP 圧縮側のみ直交壁あり（実性能値）

-	降伏時		層間変形角1/200rad				鉄骨梁		壁パネル	最小STEP
	圧縮ばね	引張ばね	1階	2階	3階	4階	許容曲げ耐力時	許容せん断耐力時	複合応力	
STEP	-	346	417	332	383	559	709	628	348	332

※最終 STEP まで圧縮ばねは降伏しなかった。

表 3.5-24　終局 STEP 圧縮側のみ直交壁あり（実性能値）

-	終局変形	層間変形角1/30rad以下				壁パネル	最小STEP
	ロッド	1階	2階	3階	4階	終局曲げ耐力	
STEP	899	905	905	905	905	652	652

※最終 STEP905 において 2,3,4 階は 1/30rad に達していない。

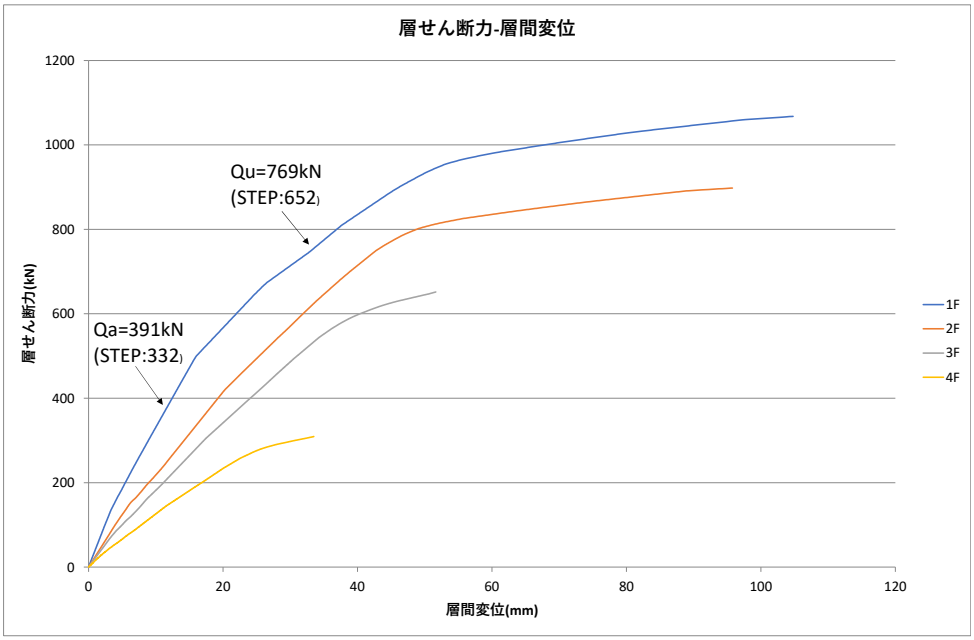


図 3.5-26　層せん断力-層間変位　圧縮側のみ直交壁あり（実性能値）

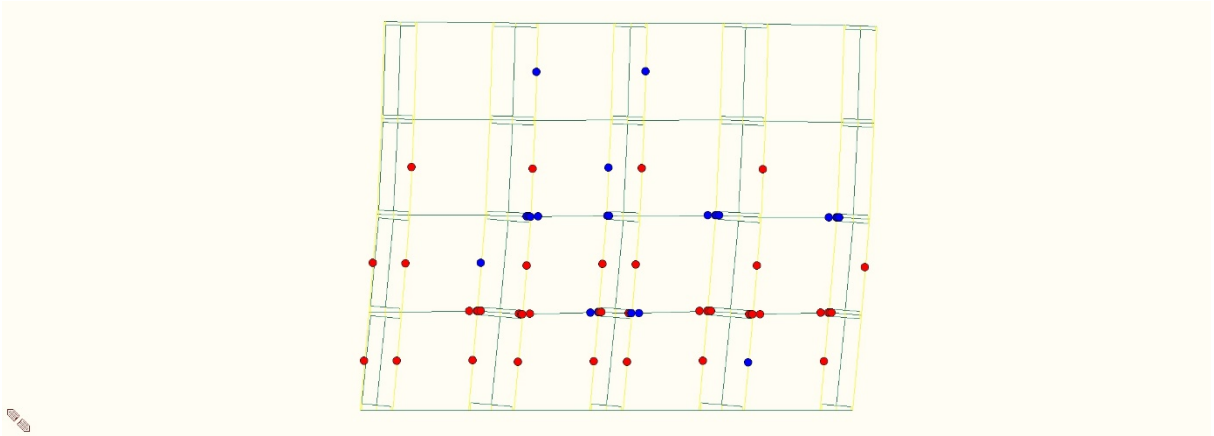


図 3.5-27　ヒンジ図最終 STEP　圧縮側のみ直交壁あり（実性能値）

単位：N/mm²

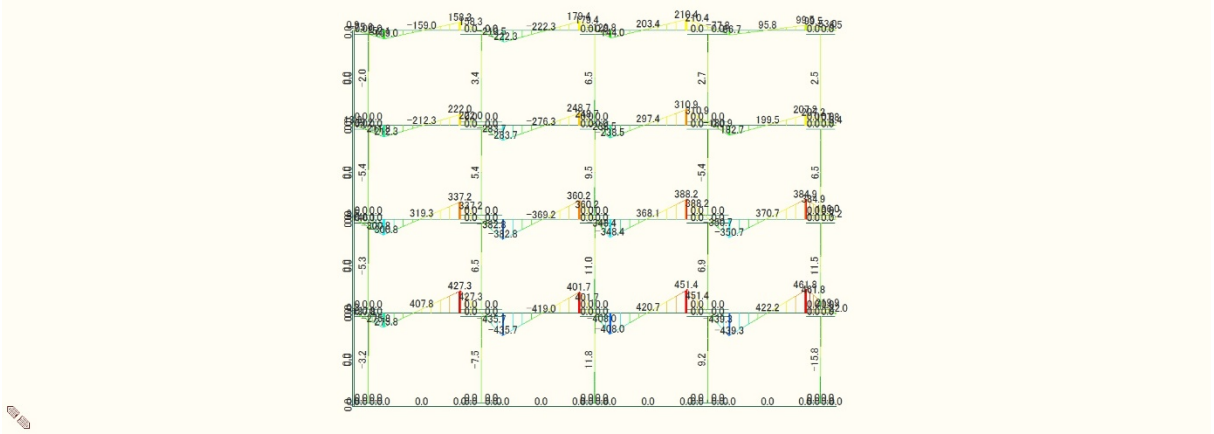


図 3.5-28　曲げ応力度図最終 STEP　圧縮側のみ直交壁あり（実性能値）

単位：N/mm²

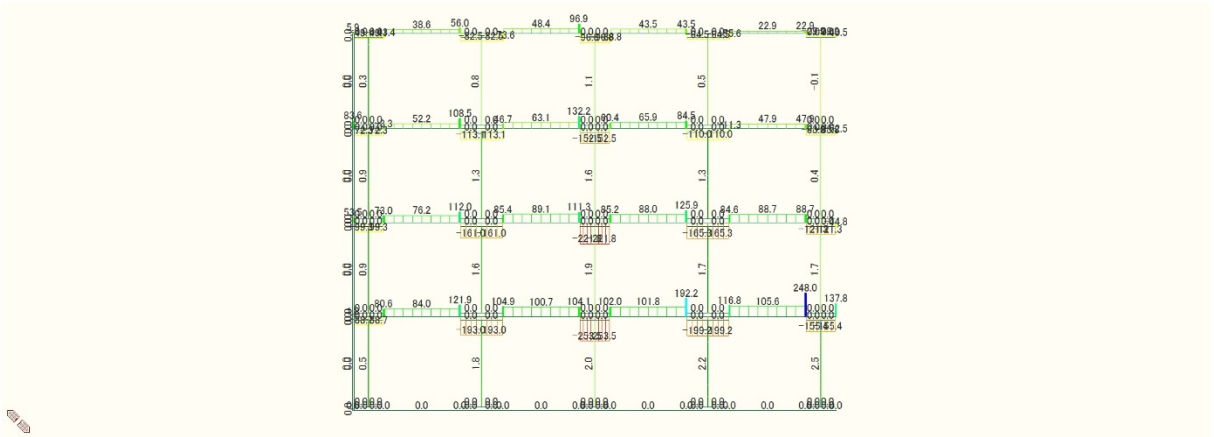


図 3.5-29　せん断応力度図最終 STEP　圧縮側のみ直交壁あり（実性能値）

表 3.5-25　各性能値

-	設計値			実性能値		
	直交壁あり	直交壁なし	圧縮側のみ 直交壁あり	直交壁あり	直交壁なし	圧縮側のみ 直交壁あり
Qa(kN/m)	68.15	68.35	68.15	68.15	68.35	68.15
Qu(kN/m)	151.9	151.08	150.67	134.45	139.99	133.83
Ds	0.448	0.451	0.448	0.503	0.502	0.504
Rf	1.005	1.021	1.014	1.274	1.226	1.283

3.5.2.8　まとめ

設計値と実性能値に分けて解析を行った結果、以下のことが確認できた。

- 設計値に比して実性能値の方が耐力・剛性が高い。
- 直交壁の有無による大きな耐力差は見られず、ごく僅かではあるが、直交壁ありの場合の方が無しに比べ設計値、実性能値ともに変形は小さい。
- それぞれの解析パターンにおける降伏 STEP によれば、直交壁の有無により引張ばねの降伏 STEP が異なっており、直交壁効果が有る場合に比して、無い場合は引張ばねの降伏が早く、結果、層としての耐力も低くなるはずである。しかし、いずれの解析パターンにおいても引張ばねの降伏よりも早い STEP で 2 層の層間変形角が 1/200rad を迎えてしまうため、耐力が引張ばねの降伏によらない、すなわち直交壁効果の有無によらないで決定されるという結果となった。
- 2 層の層間変形角が 1/200rad に達する以前の STEP でも圧縮ばねや鉄骨梁は降伏に至らないため、これらも耐力決定要因にはならない。2 層が先行して 1/200rad に達したのは、1 層の土台鉄骨と基礎は緊結されるため、解析上、1 層の土台鉄骨の節点支持条件は固定としているが、2 層以上の壁パネルの上下は変形可能な鉄骨梁で支持していることから、1 層に比して変形が先行したのではないかと推察している。これは 2 階床にあたる鉄骨梁の断面調整により対応できると考えられるため、今後コストを踏まえた適切な断面の選定検討が必要である。
- 終局 STEP は、設計値ではロッドの終局変形によって、実性能値では壁パネルの終局曲げ耐力によって決定していたが、実性能値の終局曲げ耐力の検定において壁パネルの基準強度を超えることを、ある程度許容するか否かによって結果が変わるため、取り扱いについては今後の課題であると考えている。
- Y2 通りは、Co＝0.2 時に 1 層で約 200kN のせん断力を負担している。3.4 章より、Co＝1.0 時に Ds=0.5 とすると必要保有水平耐力は、
  200/0.2×Ds（0.5）×Fes（1.0 と仮定）＝500kN　となる。
  Y2 通りの総長さは 5.75m であるから、1m 当たりの CLT 耐震壁の負担水平力は 500/5.75＝87kN となる。CLT 耐震壁の保有耐力を 1/50rad とすると 3.4 章より 110kN であり、約 1.25 倍、必要余裕水平耐力を上回っており、3.4 章で確認した耐震壁を用いてモデルプランが成立することが確認できた。

3.6　事業のまとめ

本事業では、CLT パネル工法の合理的な設計法の展開による普及促進を目的に、CLT パネル工法の床構面を鉄骨床梁構面に置換した CLT パネル工法の合理的な設計方法と接合方法の開発を行なった。

以下の本事業のまとめを記す。

第 3.2 章では、本事業で想定する鉄骨床梁を用いた 4 階建て共同住宅の意匠図および構造図を検討した。

第 3.3 章では、様々な接合仕様の鉄骨床梁を用いた CLT パネル工法をモデル化できるように、鋼板挿入ドリフトピン接合による引張接合部、引きボルト接合による引張接合部、鋼板挿入ドリフトピン接合によるせん断接合部の構造性能を実験により明らかにした。

第 3.4 章では､本事業で想定する 4 階建て共同住宅の構造システムである鉄骨床梁を用いた CLT パネル耐震壁の構造性能を実験的に確認した。

第 3.5 章では、本事業で想定する 4 階建て共同住宅の構造システムについて、解析モデルによる構造検討を行った。必要性能を算出し、3.4 章で確認した鉄骨床梁を用いた CLT パネル耐震壁の構造性能と比較したところ、実験結果の値が必要性能を上回っていることを確認した。これより、 3.4 章で確認した CLT 耐震壁を用いてモデルプランが成立することが確認できた。本事業で想定する 4 階建て共同住宅の構造システムについて、解析モデルによる構造検討を行った。

今後、本事業成果を用いて、鉄骨床梁を用いた 4 階建て CLT 工法共同住宅の構造計算例を整備し、普及する予定である。

参考１　4階建て共同住宅設計図　意匠図

図面NO.	図　面　名　称	SCALE
A-01(B)	仕上表	ー
A-02	平面図(1)	1/100
A-03	平面図(2)	1/100
A-04	屋根伏図	1/100
A-05	立面図(1)	1/100
A-06	立面図(2)	1/100
A-07(B)	断面図	1/100
A-08(B)	矩計図	1/50
A-09	階段詳細図(4本柱)	1/30・1/10
D-01(B)	部分詳細図(1)【外壁-1】	1/10
D-02(B)	部分詳細図(2)【外壁-2】	1/10
D-03(B)	部分詳細図(3)【界壁・内壁】	1/10
D-04(B)	部分詳細図(4)【バルコニー】	1/10
D-05(B)	部分詳細図(5)【共用廊下】	1/10
D-06(B)	部分詳細図(6)【開口廻り】	1/10
D-07(B)	部分詳細図(7)【引張用ロッド-1】	1/10
D-08(B)	部分詳細図(8)【引張用ロッド-2】	1/10
D-09(B)	部分詳細図(9)【せん断金物】	1/10

図面NO.	図　面　名　称	SCALE
S-01	構造設計標準仕様書	ー
S-02	杭伏図	1/100
S-03	基礎伏図	1/100
S-04	１階基礎梁伏図	1/100
S-05	基礎詳細図・基礎リスト	1/40
S-06	アンカーボルト配置図	1/60
S-07	１階鉄骨伏図	1/60
S-08	２階鉄骨伏図	1/60
S-09	３階鉄骨伏図	1/60
S-10	４階鉄骨伏図	1/60
S-11	Ｒ階鉄骨伏図	1/60
S-12	部材リスト	1/20
S-13	雑詳細図	1/10
S-14	１～４階壁パネル伏図	1/60
S-15(B)	１階枠組壁伏図	1/60
S-16(B)	２・３階枠組壁伏図	1/60
S-17(B)	４階枠組壁伏図	1/60
S-18(B)	パラペット枠組壁伏図	1/60
S-19(B)	１～４階床組伏図	1/60
S-20(B)	Ｒ階床組伏図	1/60
S-21(B)	軸組図(1)【Y0通り】	1/60
S-22	軸組図(2)【Y2通り】	1/60
S-23	軸組図(3)【Y6通り】	1/60
S-24	軸組図(4)【Y11通り】	1/60
S-25(B)	軸組図(5)【Y12.7通り】	1/60
S-26(B)	軸組図(6)【X0・16通り】	1/60
S-27	軸組図(7)【X4・12通り】	1/60
S-28	軸組図(8)【X8通り】	1/60
S-29(B)	軸組図(9)【エントランス廻り】	1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	図面リスト	ー	21.02.15	図面ﾘｽﾄ(B)

■ 外部仕上・各部位の構成

部　位	仕　様
屋根	塩化ビニル樹脂系シート防水
	構造用合板 t=9×2　木製水勾配下地：1/50　ｽﾃﾝﾚｽ製脱気装置(40㎡毎)
	床組：構造用合板 t=15　床根太206 @455　鉄骨梁
	断熱材：グラスウール 24K t-140
	天井耐火被覆：強化せっこうボード t=15＋t=12.5　木製野縁組
	屋上点検口：ステンレス製600角　点検用タラップ
パラペット	外側：ALC板 t=50　塗装仕上　透湿防水シート
	強化せっこうボードWR t=15
	内側：ALC板 t=50　強化せっこうボードWR t=15
	下地枠組壁：たて枠204 @455 構造用合板 t=9 両面張り
	天端構造用合板 t=15　シート防水立上巻込み
	アルミ笠木 W=275
バルコニー床	ＦＲＰ防水　トップコート　端部立上げ　水切：ガルバリウム鋼板
	構造用合板 t=15　木製水勾配下地：1/50
	床耐火被覆：強化せっこうボード t=21＋t=21
	床組：構造用合板 t=15　床根太206 @455　鉄骨梁
	天井耐火被覆：強化せっこうボード t=25＋t=21　木製野縁組
	天井：ケイカル板 t=12　塗装仕上　下端水切：ガルバリウム鋼板

部　位	仕　様
バルコニー壁	外側：ALC板 t=50　塗装仕上　透湿防水シート
	強化せっこうボードWR t=15
	内側：ALC板 t=50　強化せっこうボードWR t=15
	下地枠組壁：たて枠204 @455 構造用合板 t=9 両面張り
	アルミ笠木 W=275　アルミ手摺
共用廊下床	重歩行用長尺シート　ＦＲＰ防水　トップコート
	端部長尺シート・ＦＲＰ防水立上げ　水切：ガルバリウム鋼板
	構造用合板 t=15　木製水勾配下地：1/50
	床耐火被覆：強化せっこうボード t=21＋t=21
	床組：構造用合板 t=15　床根太206 @455　鉄骨梁
	天井耐火被覆：強化せっこうボード t=25＋t=21　木製野縁組
	天井：ケイカル板 t=12　塗装仕上　下端水切：ガルバリウム鋼板
共用廊下外壁	両面：ALC板 t=50　塗装仕上　透湿防水シート
	強化せっこうボードWR t=15
	下地枠組壁：たて枠206 @455 構造用合板 t=9 両面張り
	手摺壁天端：アルミ笠木 W=325 W=275

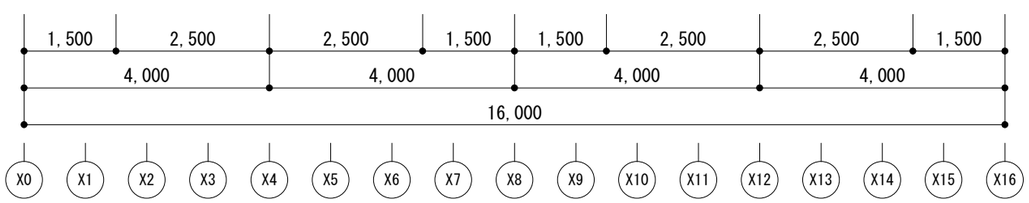
部　位	仕　様
住戸廻り外壁	外側：ALC板 t=50　塗装仕上　透湿防水シート
	強化せっこうボードWR t=15
	X0,16通り縦胴縁 45×60 @455　Y2,11通り縦胴縁 45×45 @455
	CLT壁パネル t=150 (開口・MB廻りは枠組壁：たて枠206 @455 構造用合板 t=9)
	内側：胴縁 30×45 @455　胴縁間に断熱材：グラスウール 24K t-25
	外壁(内側)耐火被覆：強化せっこうボード t=21＋t=21
住戸廻り内壁	両面耐火被覆：強化せっこうボード t=21＋t=21
	CLT壁パネル t=150 引張用ロッド取付側に胴縁 30×45 @455
住戸廻り界壁	両面耐火被覆：強化せっこうボード t=21＋t=21
	吸音材：グラスウール 24K t=50　空気層 t=10
	CLT壁パネル t=150
住戸廻り内壁	両面：せっこうボード t=12.5
	下地枠組壁：たて枠204 @455
住戸廻り床	上側：ALC板 t=35 (1階を除く)
	床耐火被覆：強化せっこうボード t=21＋t=21
	床組：構造用合板 t=15　床根太210 @455　鉄骨梁
	吸音材：グラスウール 24K t=50
	天井耐火被覆：強化せっこうボード t=25＋t=21　木製野縁組

部　位	仕　様
開口部	住宅用アルミサッシ(耐風圧性：S-4 水密性：W-5相当)　網戸
	ガラス：Low-e複層ガラス 遮熱
	住戸玄関：片開き化粧鋼板ドア
	集合玄関：両開きアルミ框ガラスドア　オートロック
階段	鉄骨階段　防錆：溶融亜鉛メッキ仕上
	踏面・段鼻：防滑性階段用ビニル床材　蹴上：蹴込シート(踏面同材)
	踏面下地：モルタル金コテ(溶接金網入)
	ササラ・段裏：プレート現し 溶融亜鉛メッキ仕上
	手摺：アルミ製 横格子
エントランス	床：タイル貼　土間コンクリート　水勾配付
	壁：ALC板 t=50　塗装仕上　透湿防水シート
	強化せっこうボードWR t=15
	下地枠組壁：たて枠204 @455 構造用合板 t=9 両面張り
	屋根は住戸部分屋根と同構成
	天井：ケイカル板 t=12　塗装仕上
防湿	外周部室内側：防湿フィルム
	外周部鉄骨梁廻り・鉄骨梁上部：防湿フィルム
	土台水切：ガルバリウム鋼板
断熱材	外周部内壁：グラスウール 24K t=25
	天井：グラスウール 24K t=140
	1階床下：グラスウール 24K t=100
	鉄骨梁廻り：グラスウール 24K t=100

■ 内部仕上

階	室　名	床	巾　木	H	壁　(腰)	H	天　井	CH	廻り縁	カーテンボックス	ﾚｰﾙ	摘　要 造り付け造作	照明器具	附属器具	その他
住戸部分	玄　関	重歩行用長尺シート	重歩行シート立上げ		ビニールクロス		ビニールクロス	2,300	塩ビ			上框			玄関収納
		ＦＲＰ防水　耐水合板 t=9	化粧巾木		(雑壁下地)せっこうボード t=12.5　LGS下地		天井下げ部分：せっこうボード t=12.5								
		ALC板 t=35 (1階を除く)　床耐火被覆					天井耐火被覆								
	キッチン・ホール	フローリング t=12	化粧巾木		ビニールクロス		ビニールクロス	1階 2,505 2,3階 2,470 4階 2,433	塩ビ			コンロ廻り：キッチンパネル		換気扇	システムキッチン L=1800
		ALC板 t=35 (1階を除く)			(雑壁下地)せっこうボード t=12.5　LGS下地		天井耐火被覆								
		床耐火被覆													
	洋　室	フローリング t=12	化粧巾木		ビニールクロス		ビニールクロス	1階 2,505 2,3階 2,470 4階 2,433	塩ビ			片開きガラスドア		給気口 150φ FD付	ｶｰﾃﾝﾎﾞｯｸｽ：木製　ｶｰﾃﾝﾚｰﾙ：SUS製ﾀﾞﾌﾞﾙ
		ALC板 t=35 (1階を除く)			(雑壁下地)せっこうボード t=12.5　LGS下地		天井耐火被覆							ACｽﾘｰﾌﾞ	
		床耐火被覆													
	洗面・脱衣	CFシート　下地：耐水合板 t=9	化粧巾木		ビニールクロス		ビニールクロス	2,300	塩ビ					換気扇	洗面化粧台 W=600　タオル掛
		ALC板 t=35 (1階を除く)			(雑壁下地)せっこうボード t=12.5　LGS下地		天井下げ部分：せっこうボード t=12.5								洗濯機パン
		床耐火被覆					天井耐火被覆								
	トイレ	CFシート　下地：耐水合板 t=9	化粧巾木		ビニールクロス		ビニールクロス	2,300	塩ビ					換気扇	洋便器　紙巻器　タオル掛
		ALC板 t=35 (1階を除く)			(雑壁下地)せっこうボード t=12.5　LGS下地		天井下げ部分：せっこうボード t=12.5								
		床耐火被覆					天井耐火被覆								
	浴　室	ユニットバス 1216タイプ					天井耐火被覆							換気乾燥機(24時間換気)	
		ALC板 t=35 (1階を除く)													
		床耐火被覆													
	洋服入	フローリング t=12	化粧巾木		ビニールクロス		ビニールクロス	1階 2,505 2,3階 2,470 4階 2,433	塩ビ			枕棚＋ハンガーパイプ			
		ALC板 t=35 (1階を除く)			(雑壁下地)せっこうボード t=12.5　LGS下地		天井耐火被覆								
		床耐火被覆													
共用部分	共用廊下	重歩行用長尺シート	重歩行シート立上げ		ALC板 t=50　塗装仕上		ケイカル板 t=12　塗装仕上								アルミ笠木　下端水切：ガルバリウム鋼板
		ＦＲＰ防水　水勾配下地	水切：ガルバリウム鋼板				天井耐火被覆								
		床耐火被覆													
	ＭＢ	ＦＲＰ防水　水勾配下地	ＦＲＰ防水立上げ		ALC板 t=50　素地		天井耐火被覆								
		床耐火被覆	水切：ガルバリウム鋼板		外壁耐火被覆										

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	仕 上 表	－	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 A-01(B)



住戸(A)
36.00 ㎡
10.89 坪

住戸(B)
36.00 ㎡
10.89 坪

住戸(C)
36.00 ㎡
10.89 坪

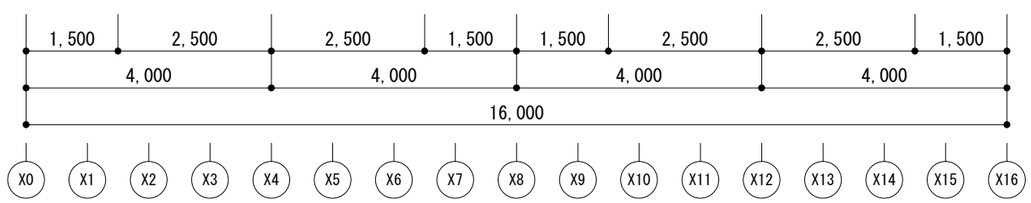
住戸(D)
36.00 ㎡
10.89 坪

	CLT壁パネル t=150
	界壁

1階平面図　S:1/100

面　積　表	
４階床面積	172.00 ㎡　(52.03坪)
３階床面積	172.00 ㎡　(52.03坪)
２階床面積	172.00 ㎡　(52.03坪)
１階床面積	178.00 ㎡　(53.84坪)
延 床 面 積	694.00 ㎡　(209.93坪)
建 築 面 積	192.32 ㎡　(58.17坪)

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	平面図(1)	1/100	21.02.15	A-02



住戸(A)
36.00 ㎡
10.89 坪

住戸(B)
36.00 ㎡
10.89 坪

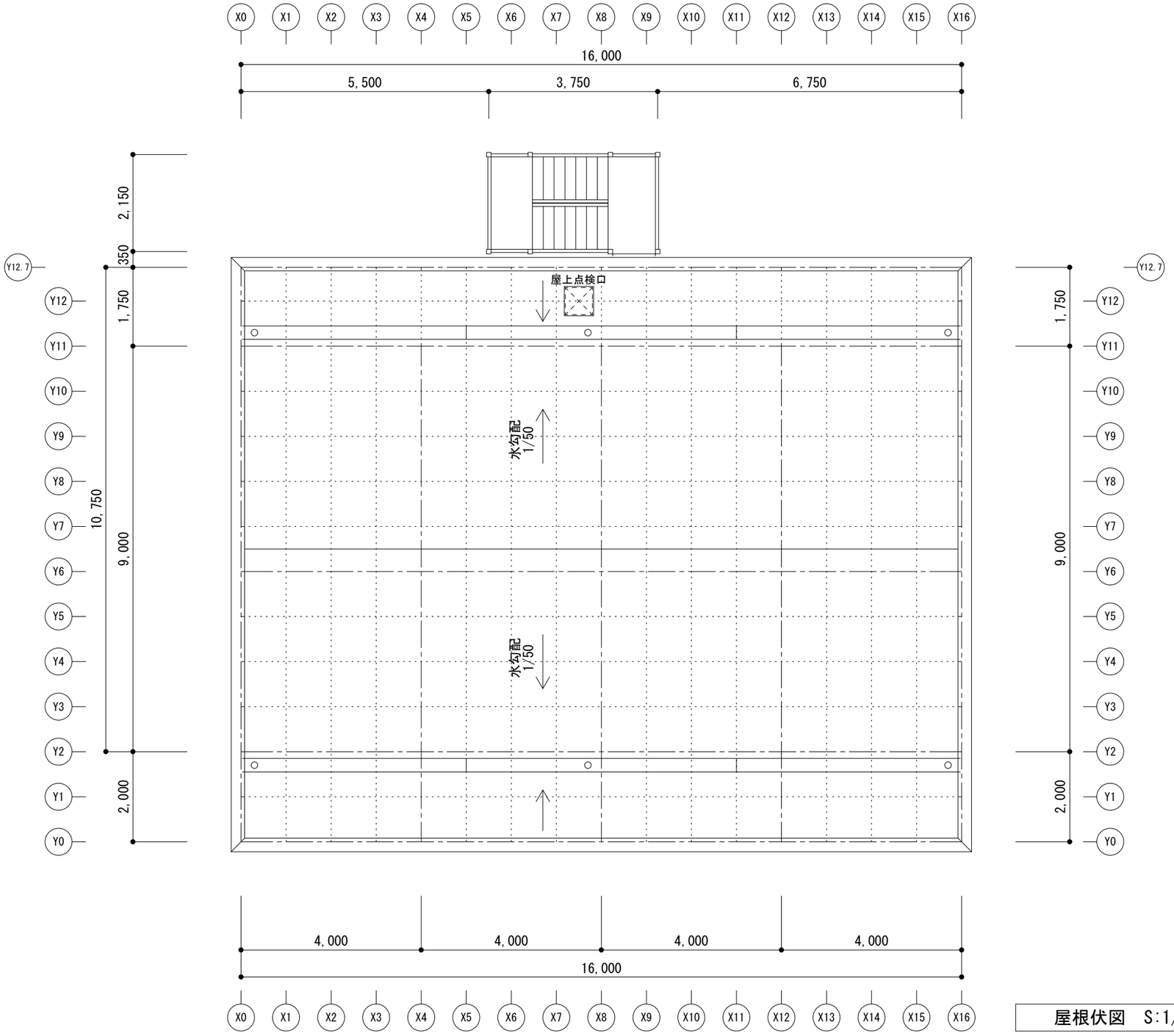
住戸(C)
36.00 ㎡
10.89 坪

住戸(D)
36.00 ㎡
10.89 坪

	CLT壁パネル t=150
	界壁

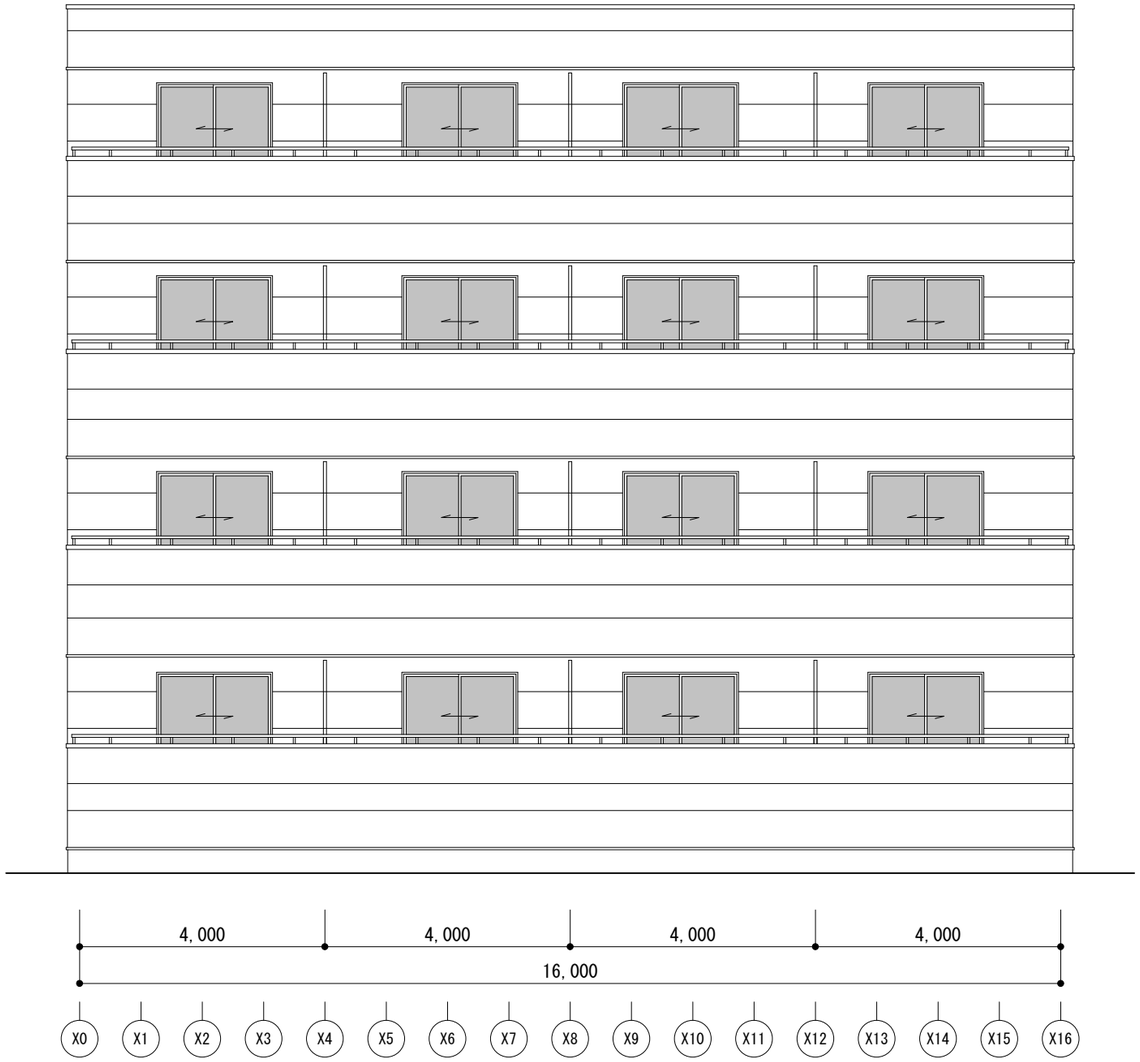
2～4階平面図　S:1/100

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	平面図(2)	1/100	21.02.15	A-03

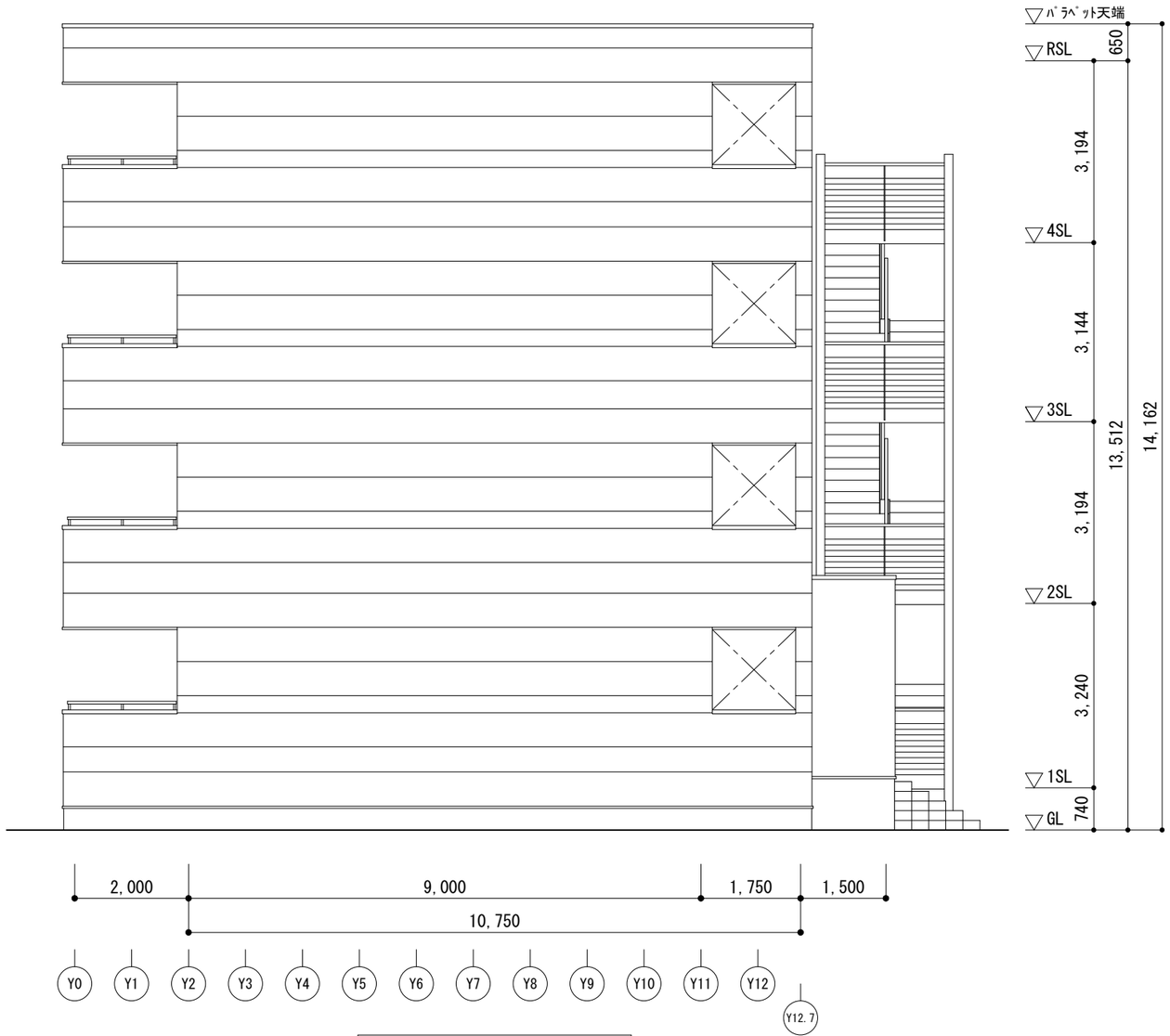


屋根伏図　S:1/100

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	屋根伏図	1/100	21.02.15	A-04

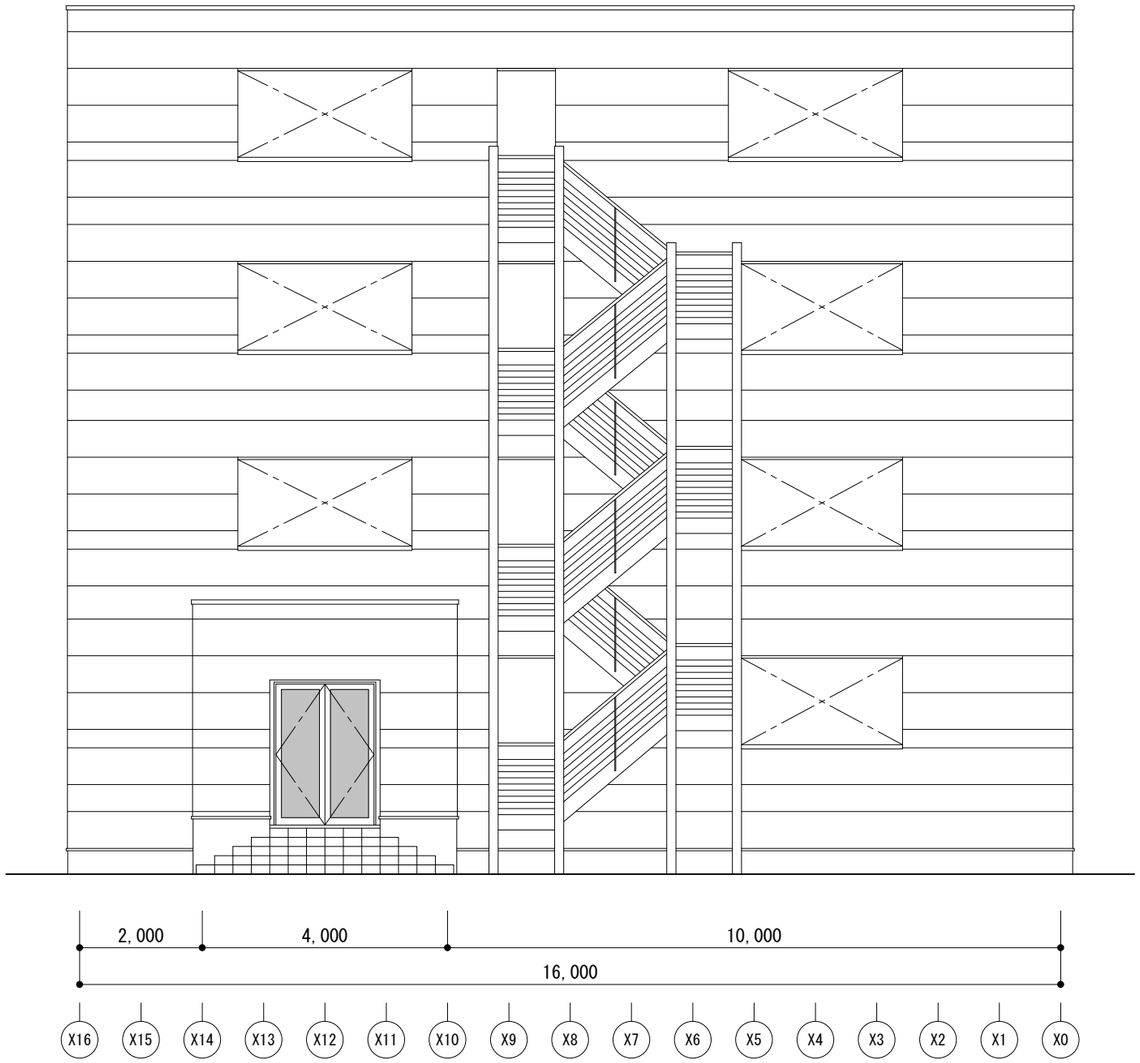


南立面図　S:1/100

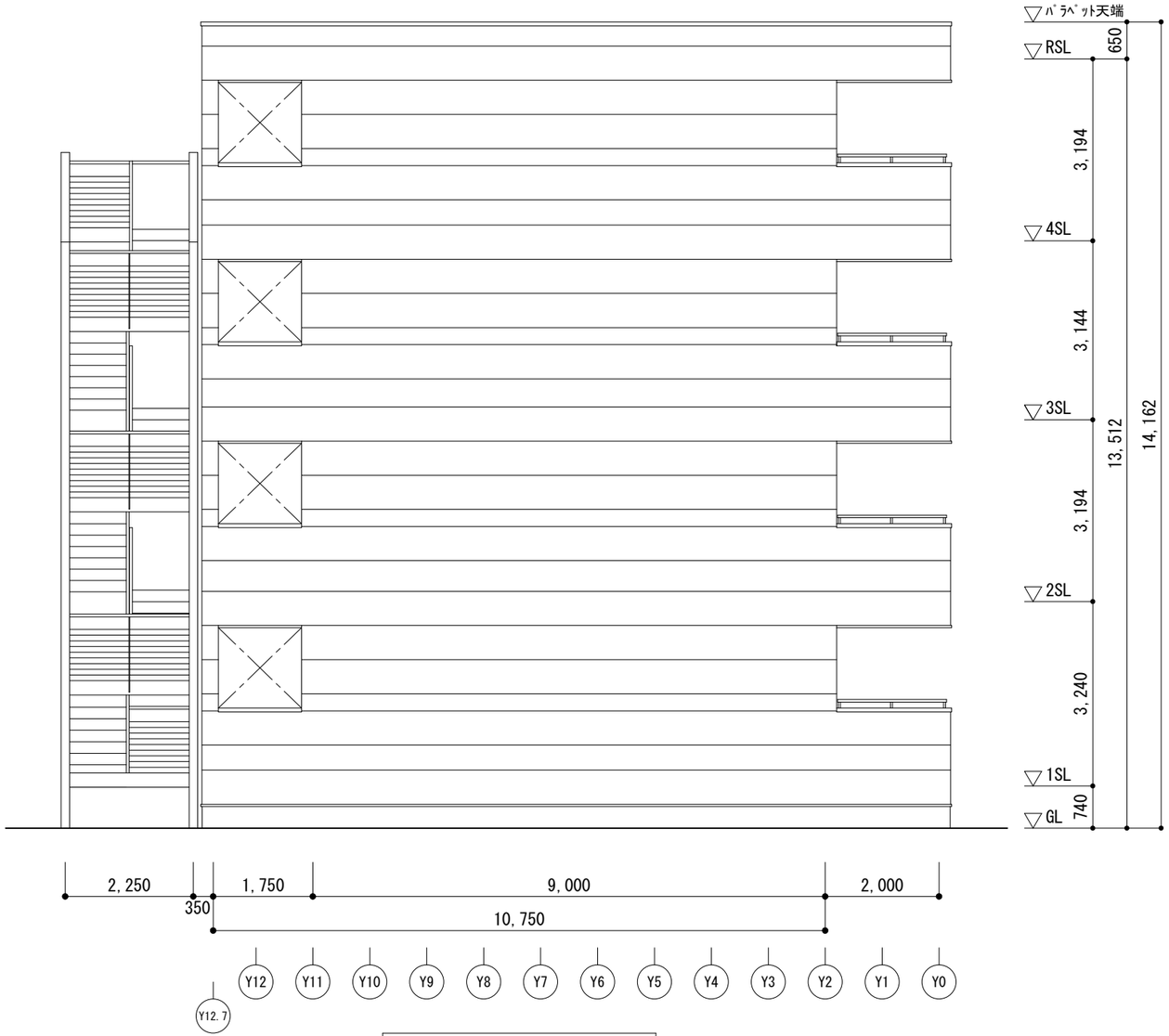


東立面図　S:1/100

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	立面図(1)	1/100	21.02.15	A-05

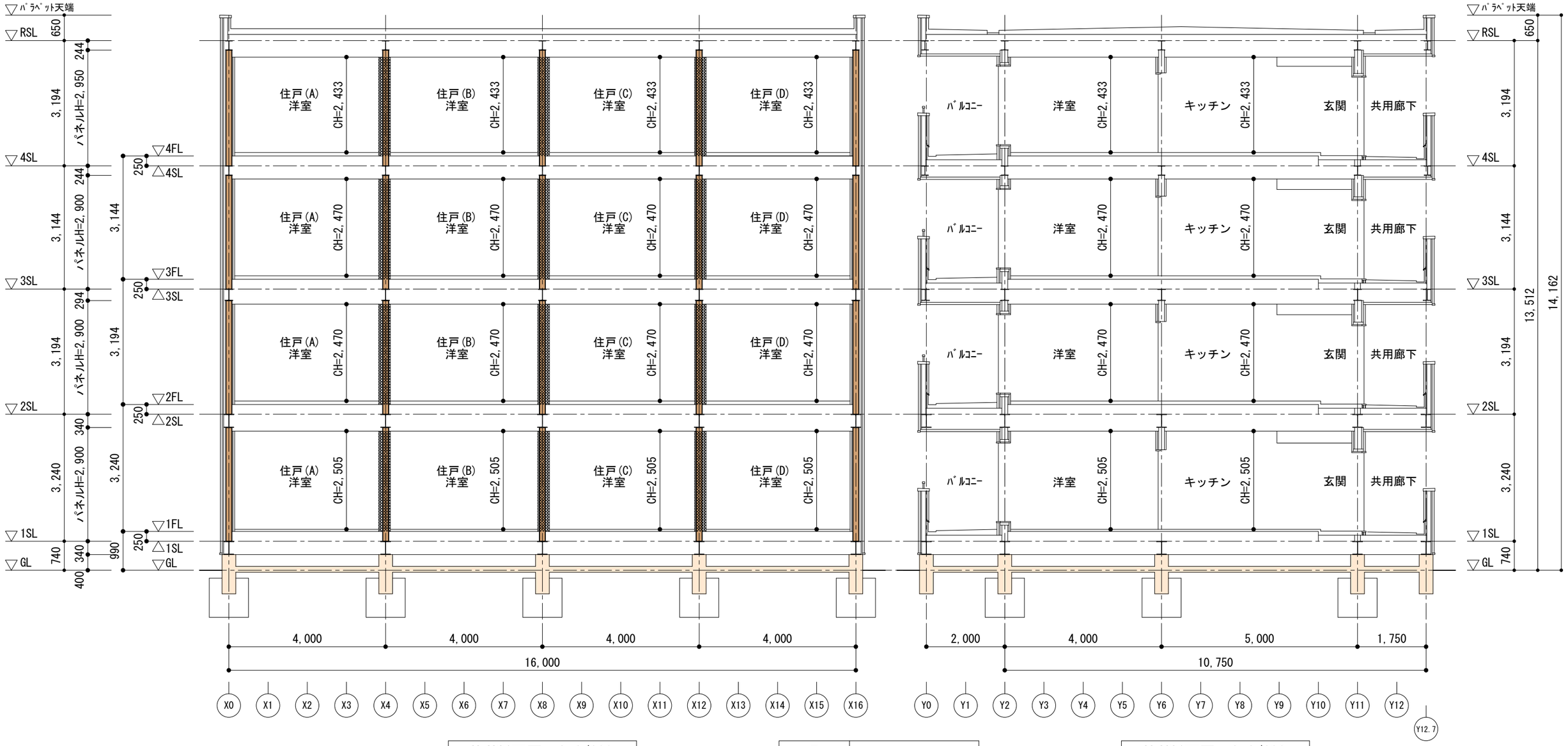


北立面図　S:1/100



西立面図　S:1/100

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	立面図(2)	1/100	21.02.15	A-06

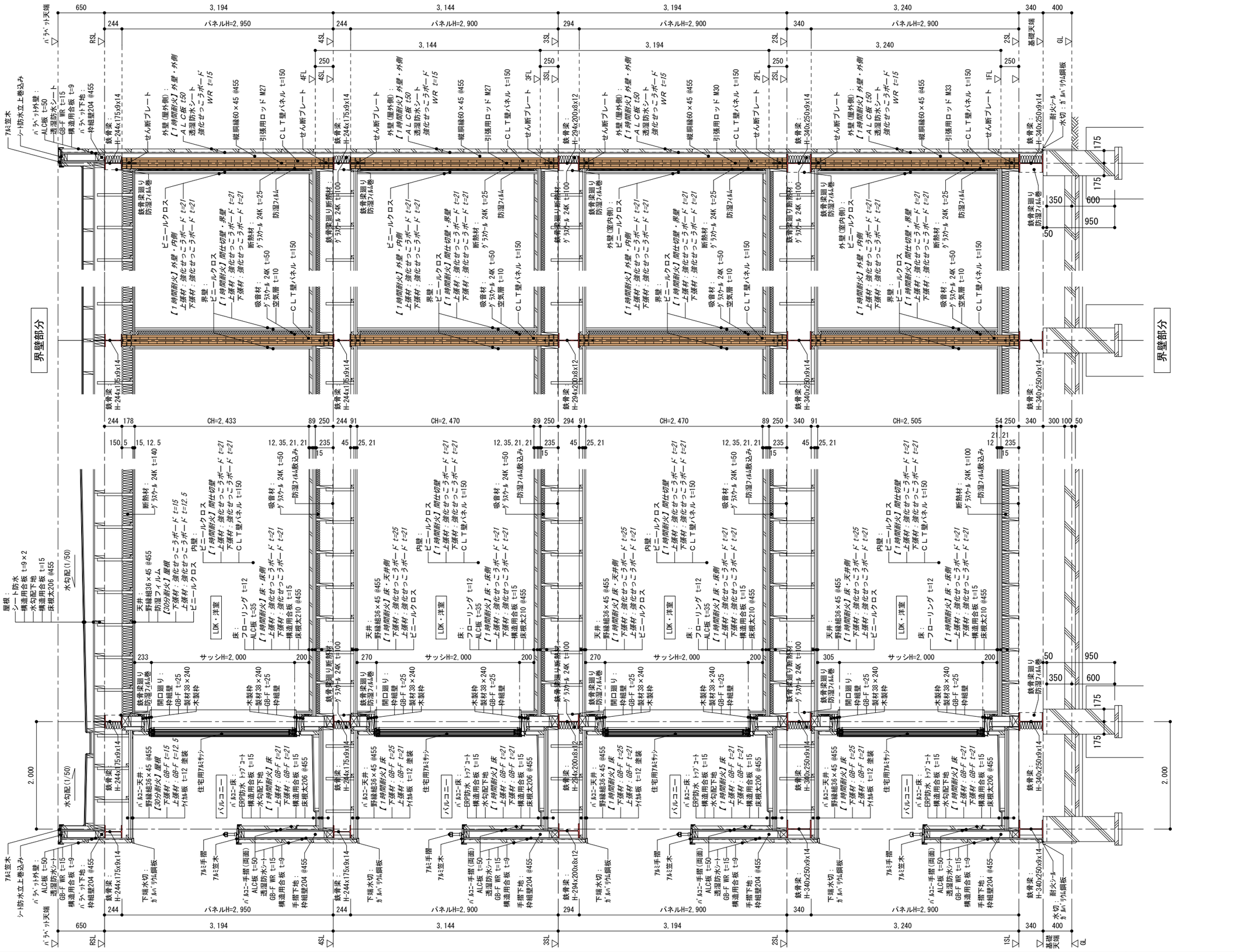


X-X断面図　S:1/100

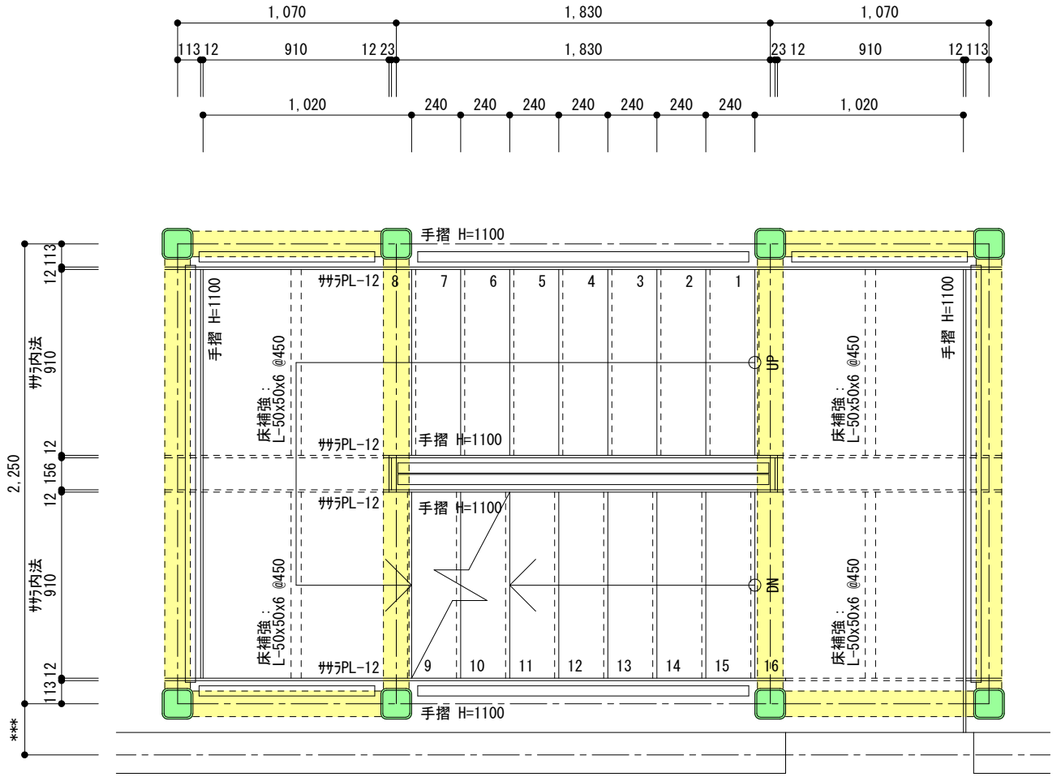
Y-Y断面図　S:1/100

	CLT壁パネル t=150
	界壁

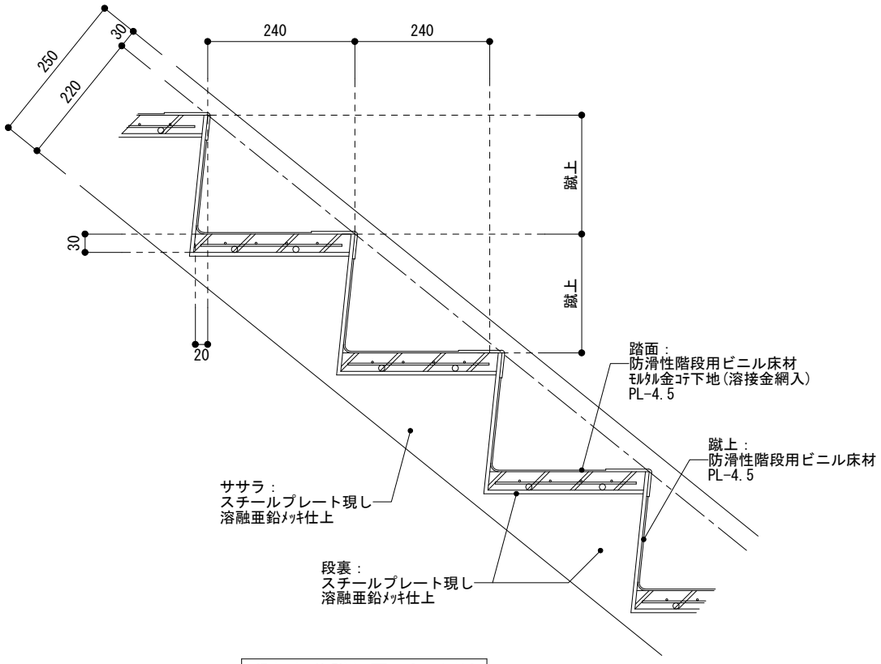
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	断 面 図	1/100	21.02.15	A-07(B)



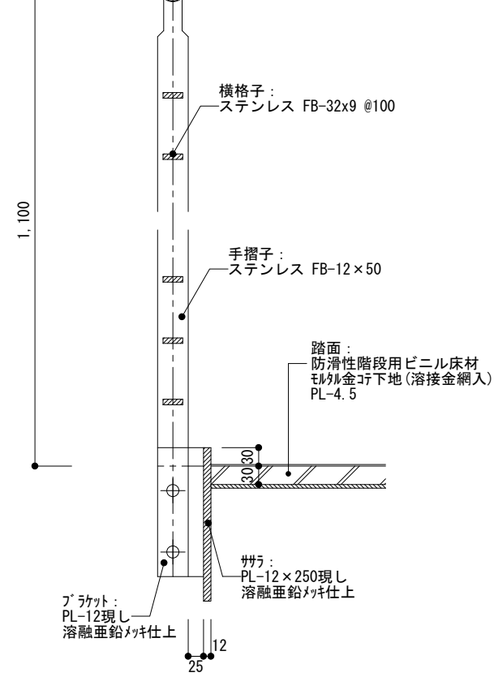
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	矩 計 図	1/50	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 A-08(B)



階段平面図　S：1/30



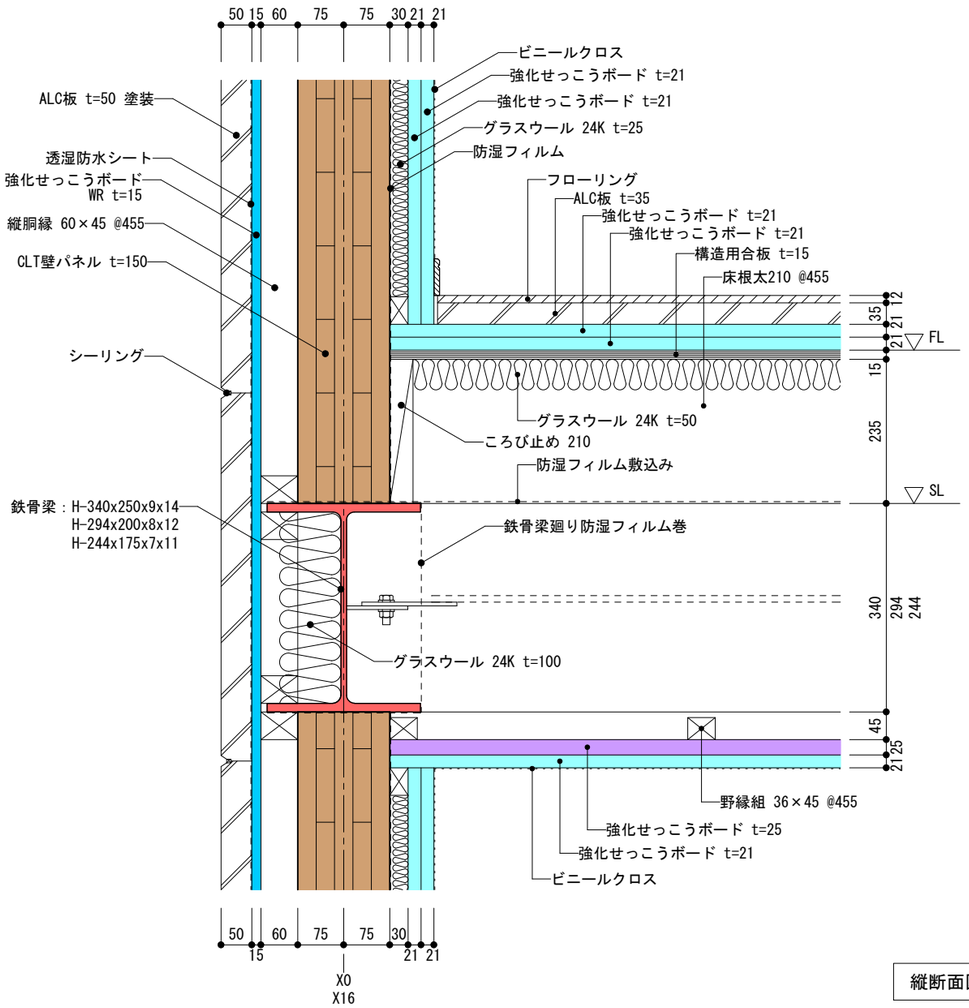
段板部分詳細図　S：1/10



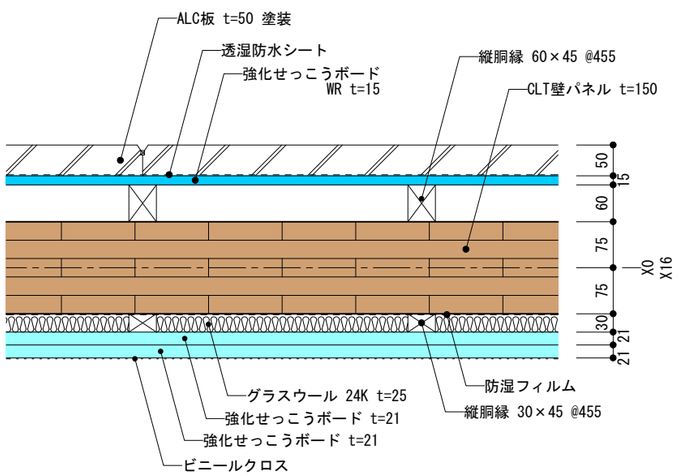
階段手摺詳細図　S：1/10

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	階段詳細図(4本柱)	1/30・1/10	21.02.15	A-09

A-01	外壁（X0・X16通り）	CLT壁パネル部分	



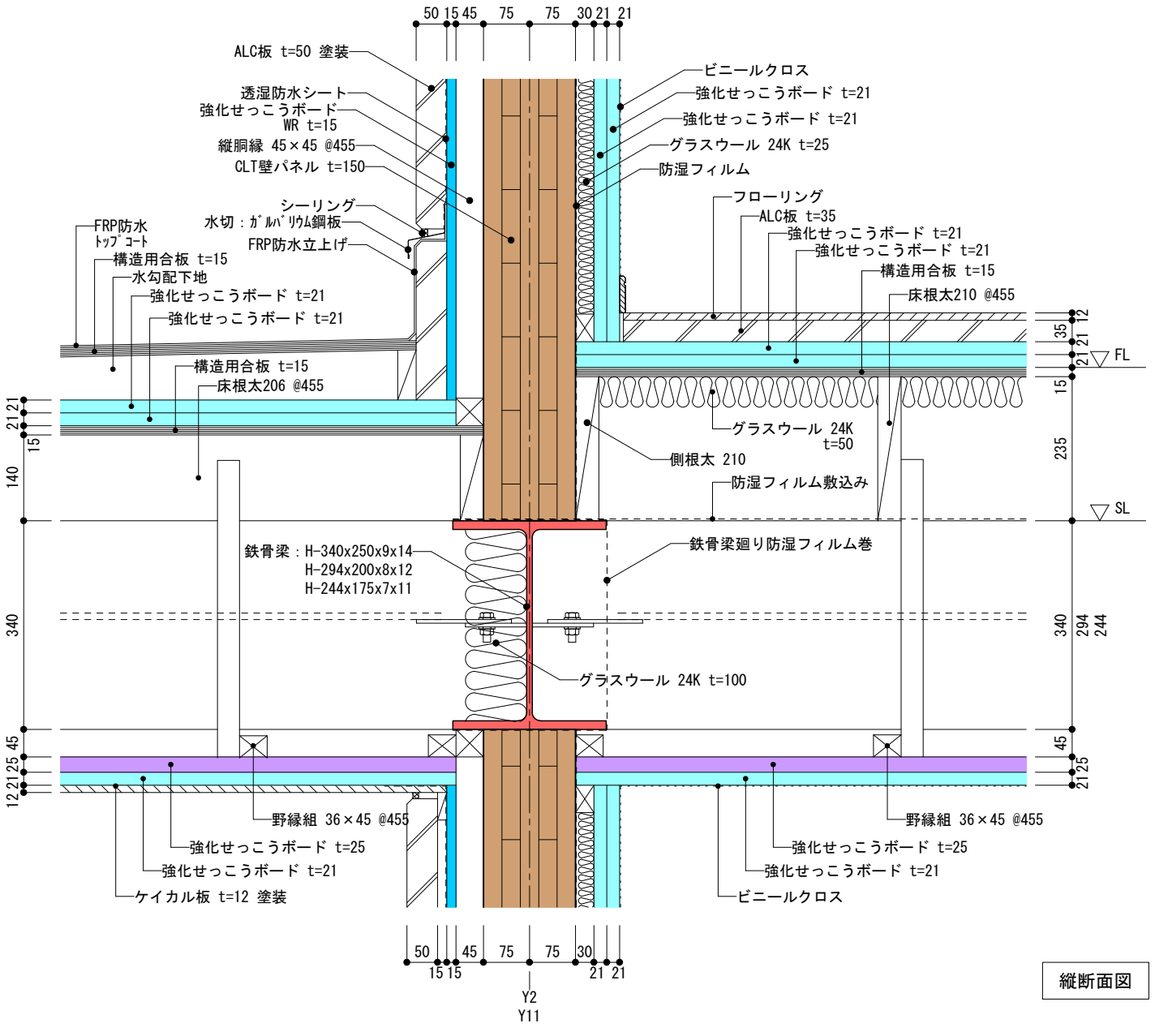
縦断面図



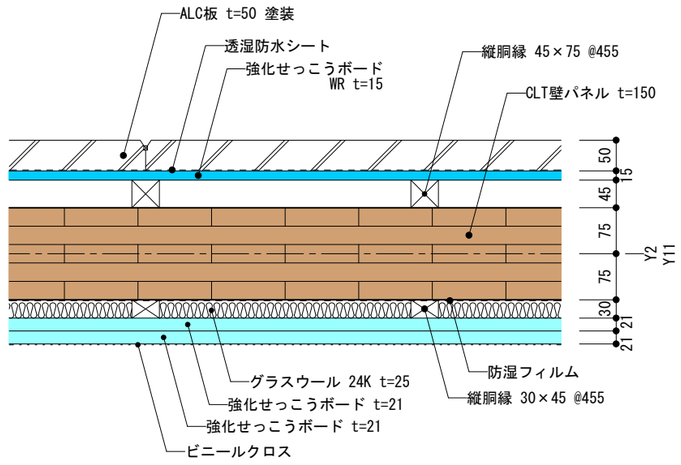
横断面図

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(1) 【外壁-1】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-01(B)

A-02	外壁（Y2・Y11通り）	CLT壁パネル部分

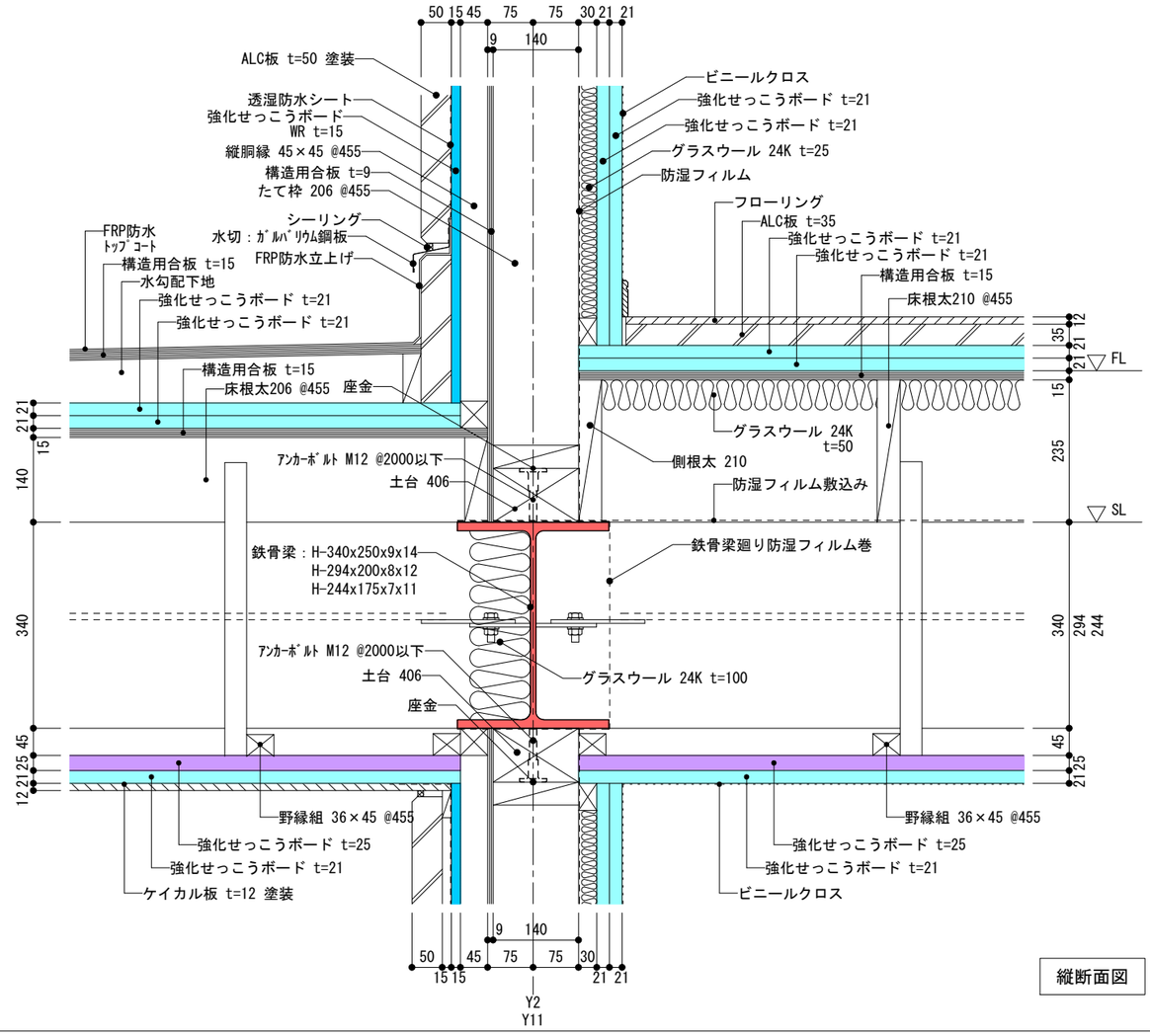


縦断面図

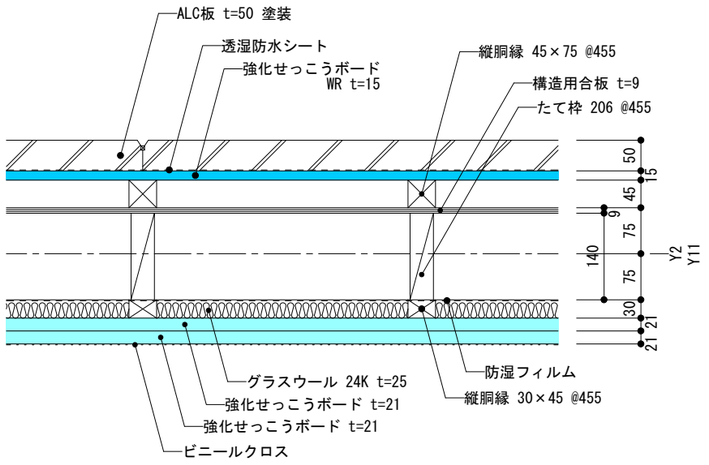


横断面図

A-03	外壁（Y2・Y11通り）	枠組壁部分



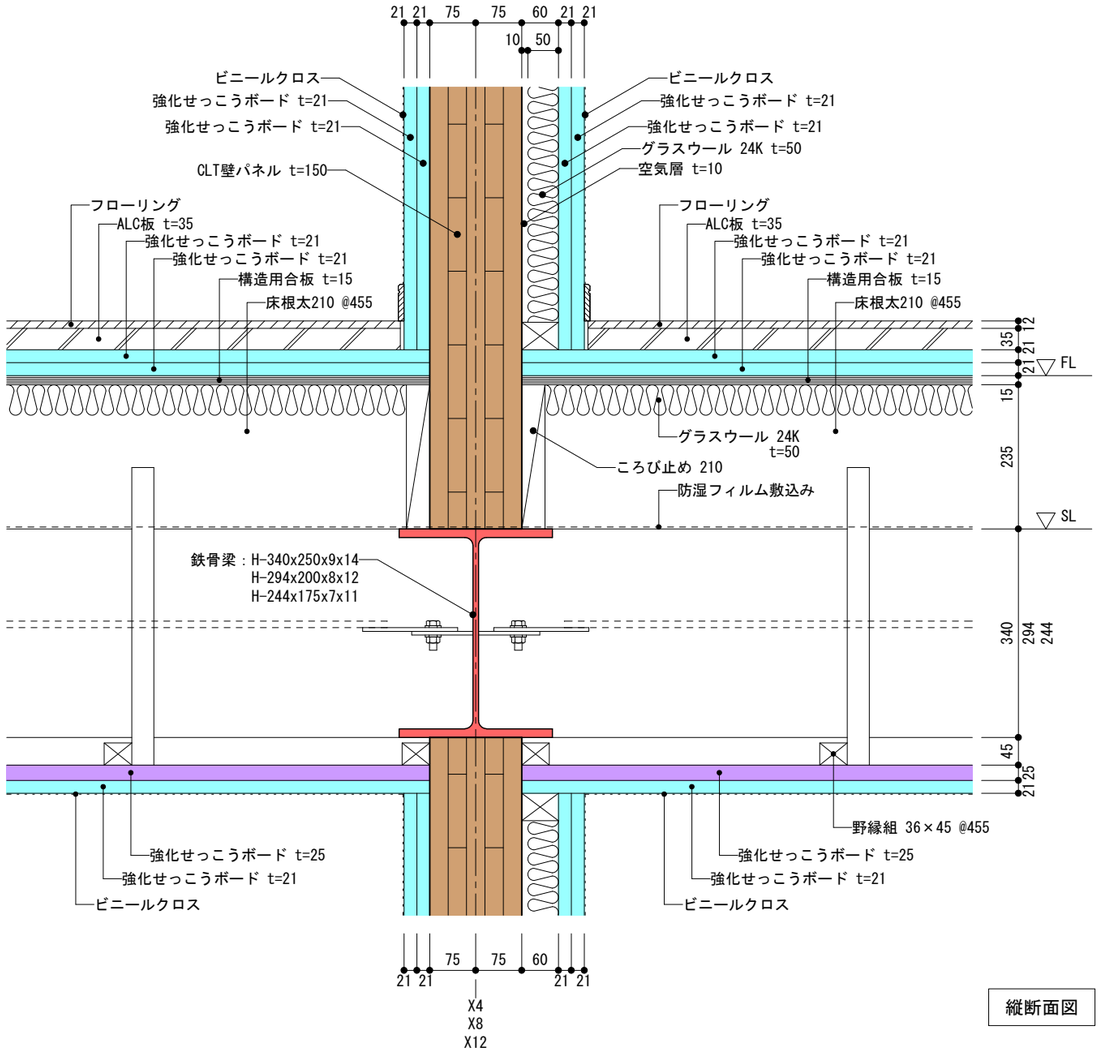
縦断面図



横断面図

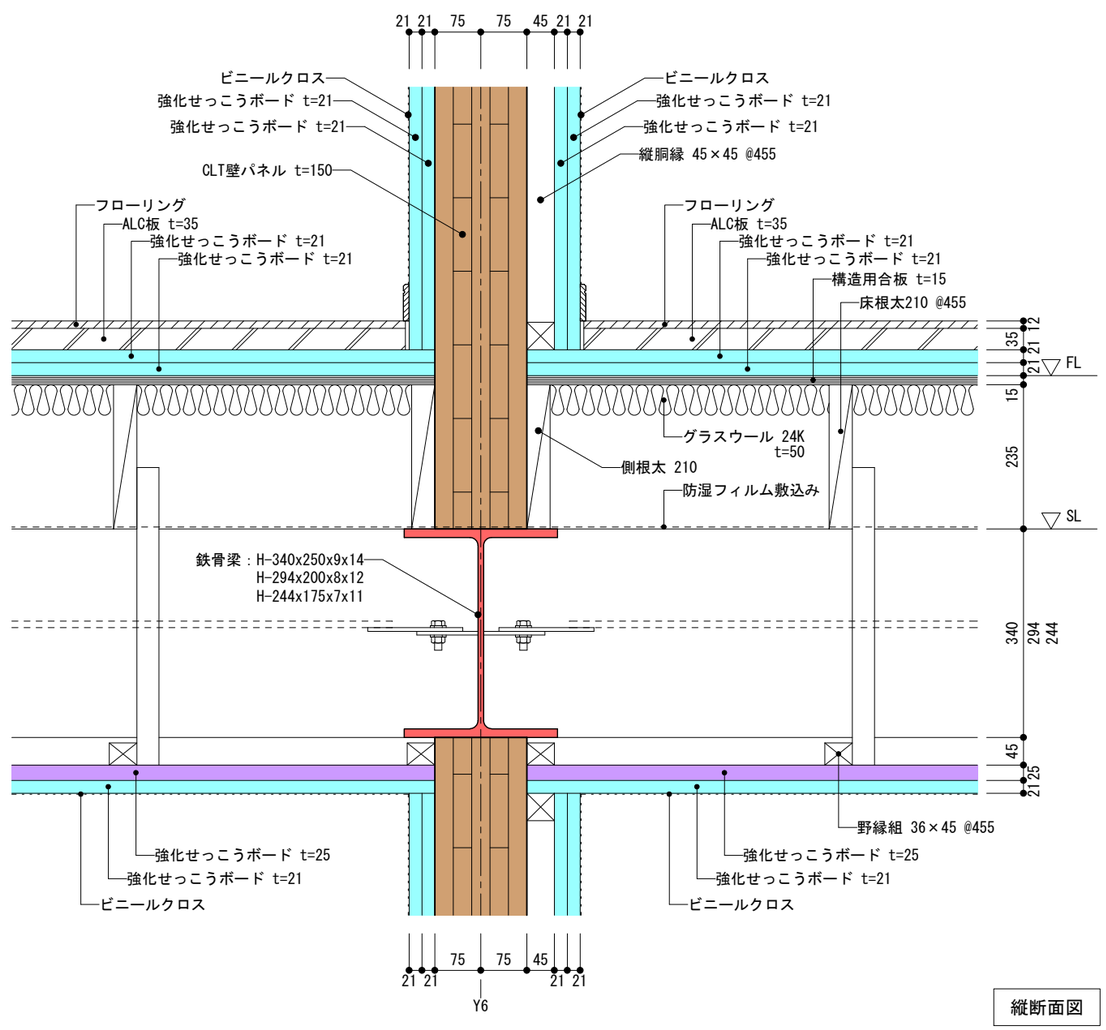
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(2) 【外壁-2】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-02(B)

A-04	界壁（X4・X8・X12通り）	CLT壁パネル界壁

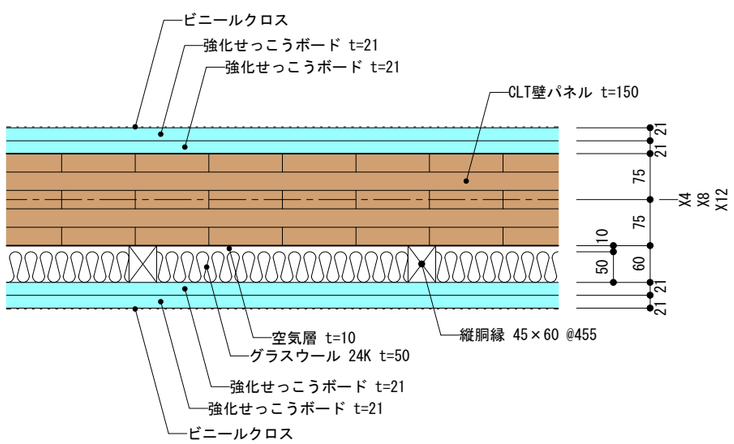


縦断面図

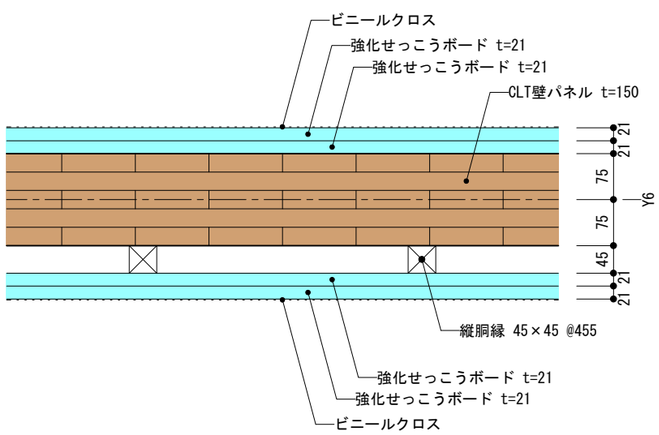
A-05	内壁（Y6通り）	CLT壁パネル内壁



縦断面図



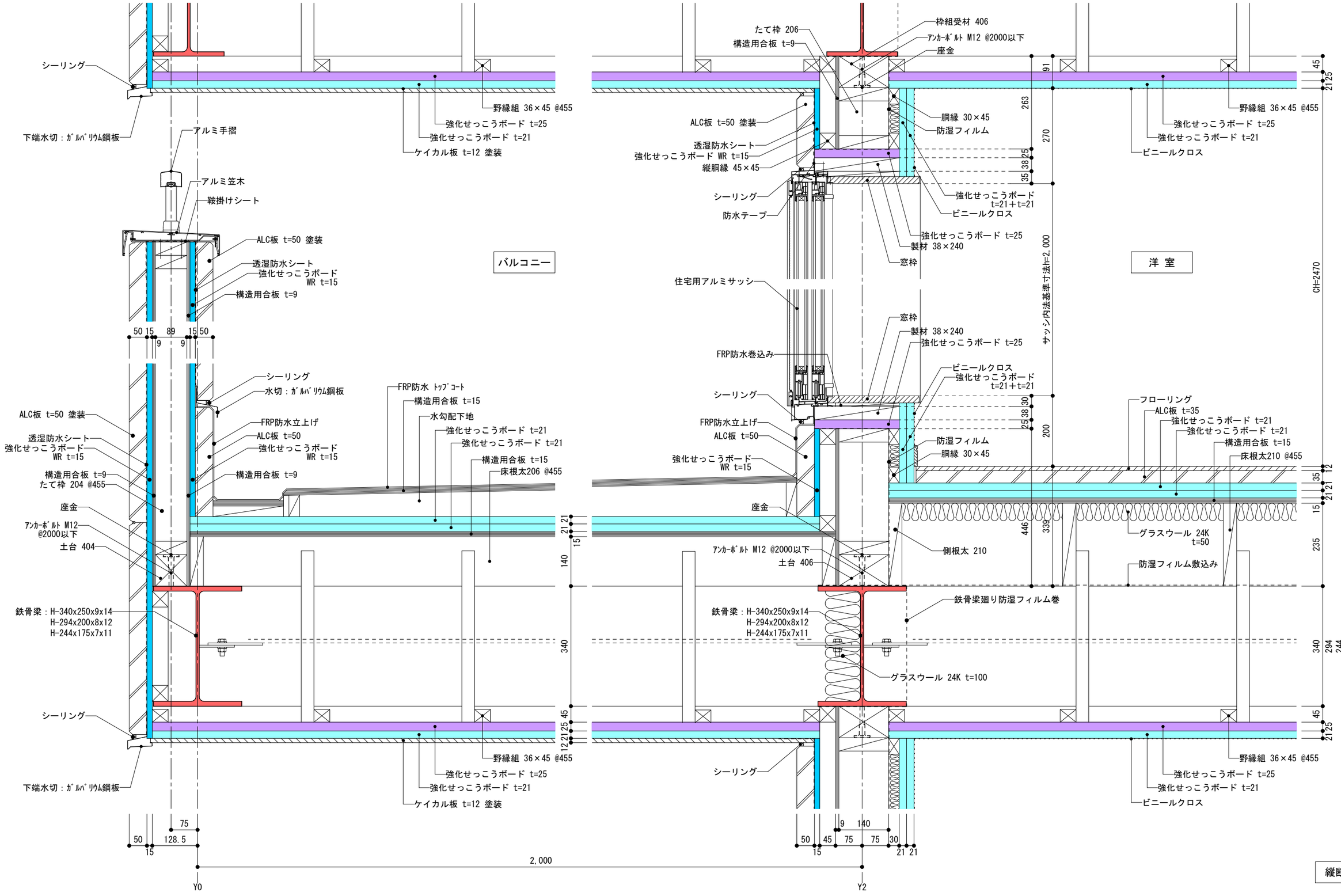
横断面図



横断面図

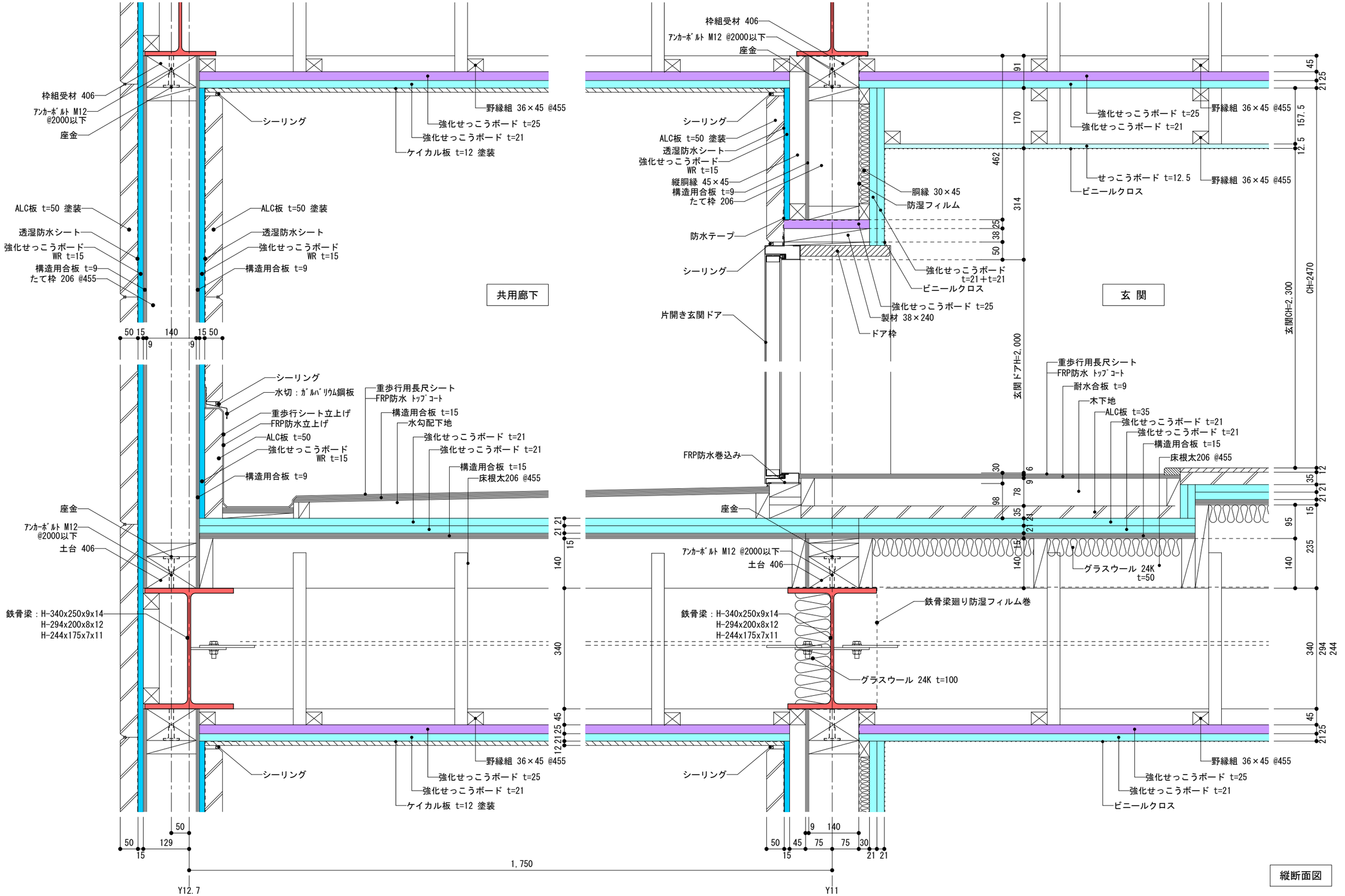
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(3) 【界壁・内壁】	1/10	21.02.15	D-03(B)

B-01	バルコニー		



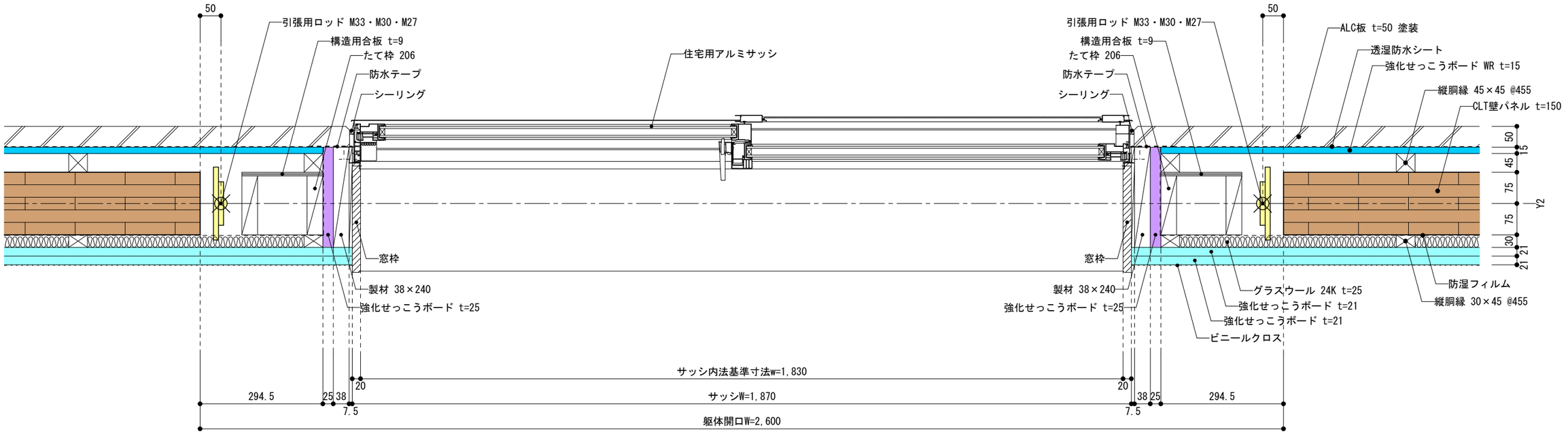
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(4) 【バルコニー】	1/10	21.02.15	D-04(B)

B-02	共用廊下		



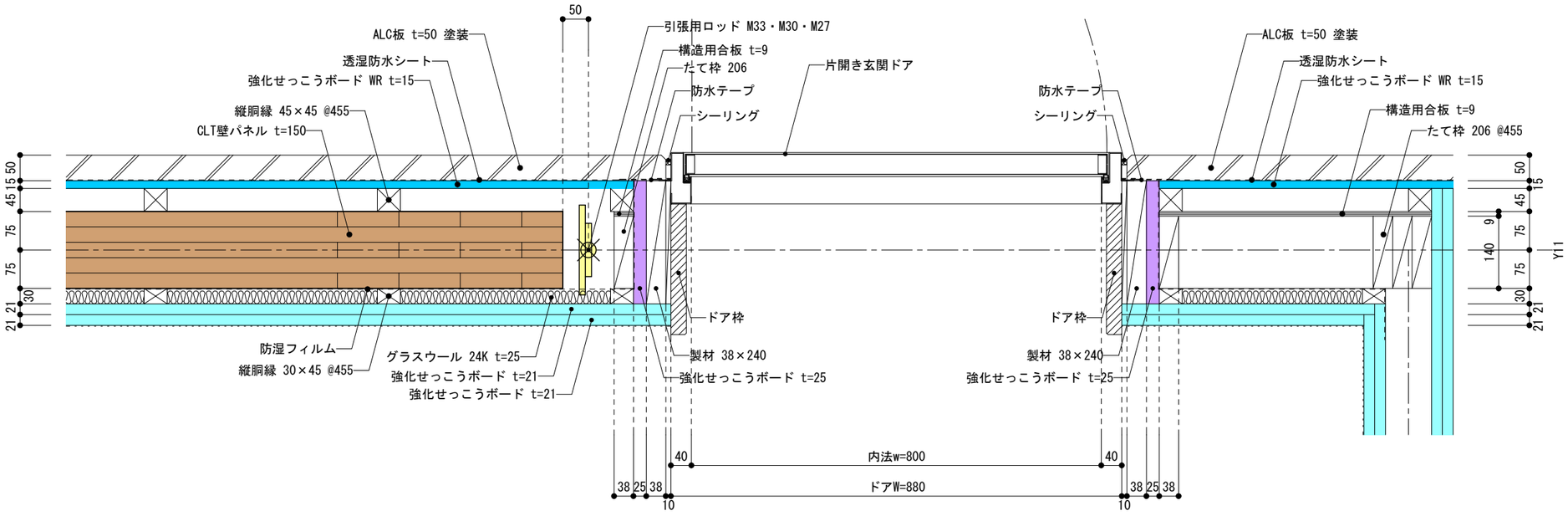
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(5) 【共用廊下】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-05(B)

C-01	開口廻り（Y2通り）	サッシ取付部分	



横断面図

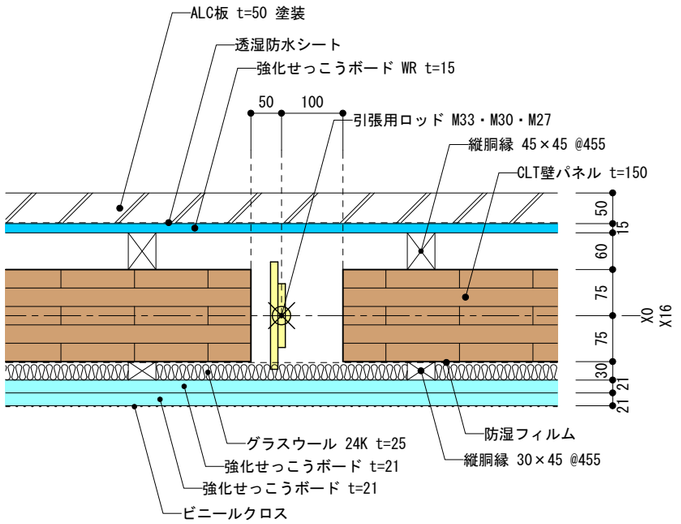
C-02	開口廻り（Y11通り）	玄関ドア取付部分	



横断面図

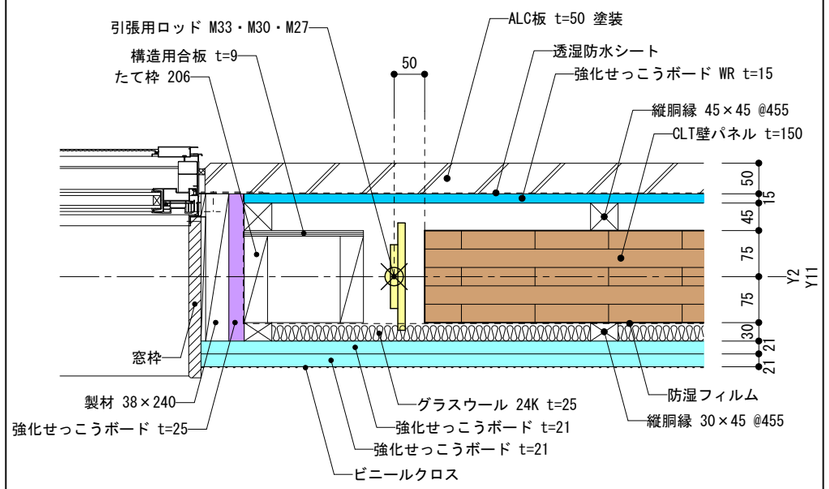
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(6) 【開口廻り】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-06(B)

D-01	引張用ロッド	外壁（X0・X16通り）



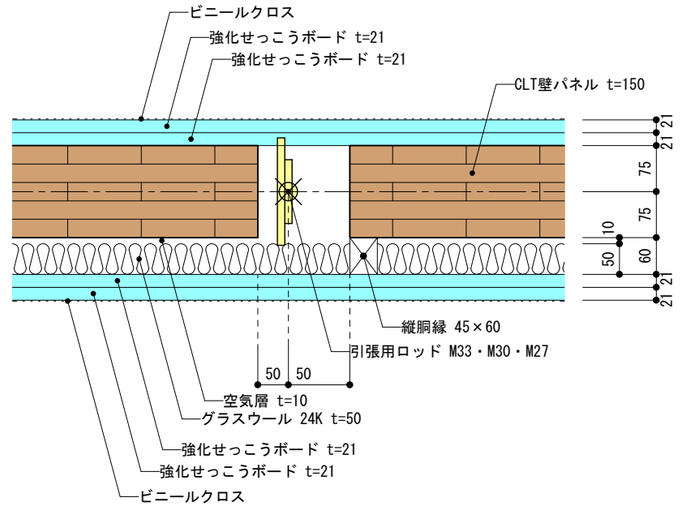
横断面図

D-02	引張用ロッド	外壁開口横（Y2・Y12通り）

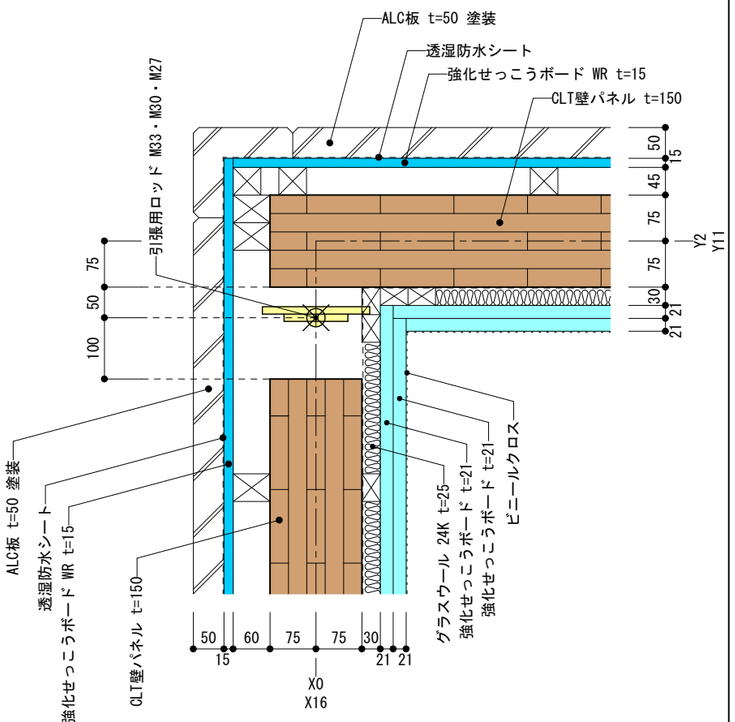


横断面図

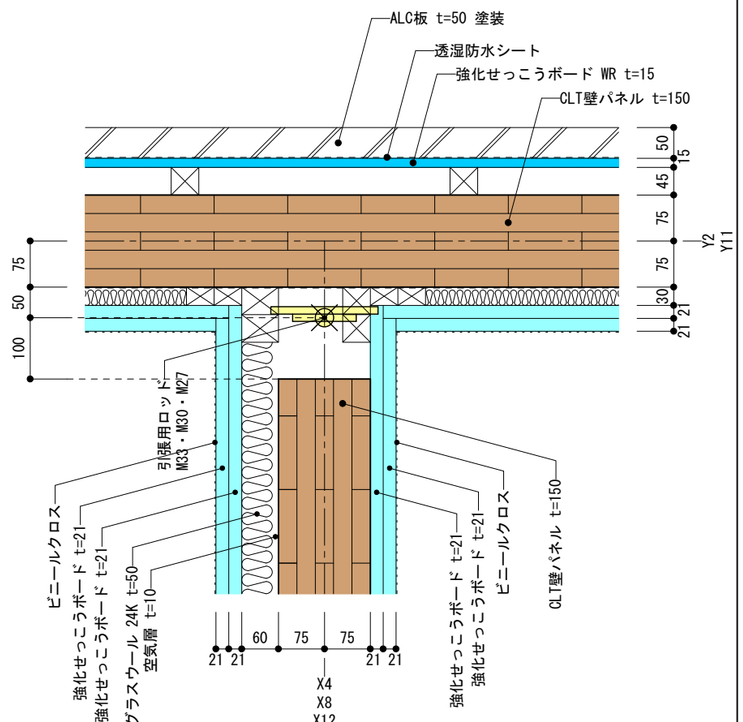
D-03	引張用ロッド	界壁部分



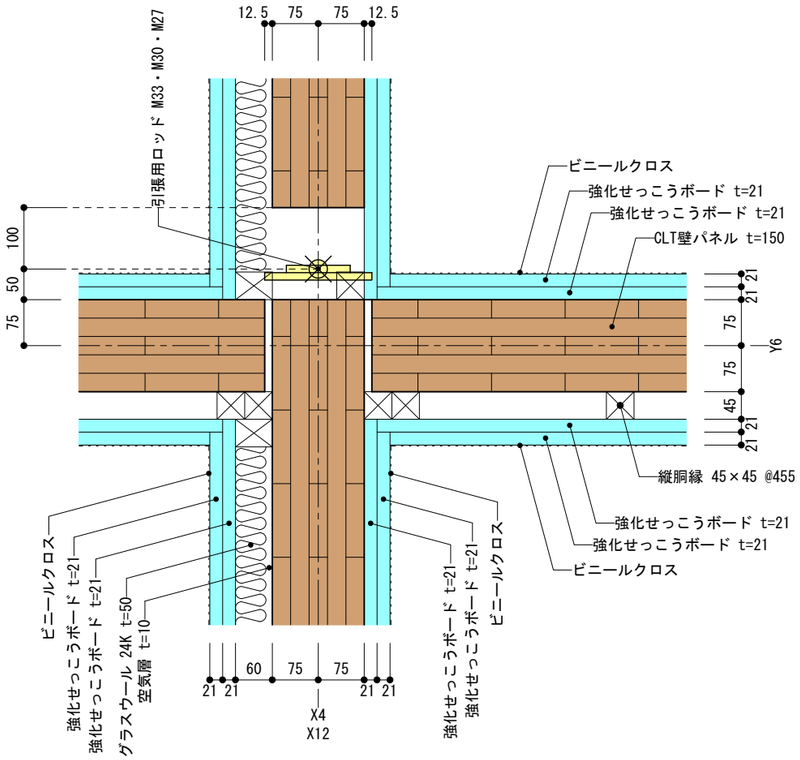
D-04	引張用ロッド	外壁コーナー部



D-05	引張用ロッド	外壁交差部

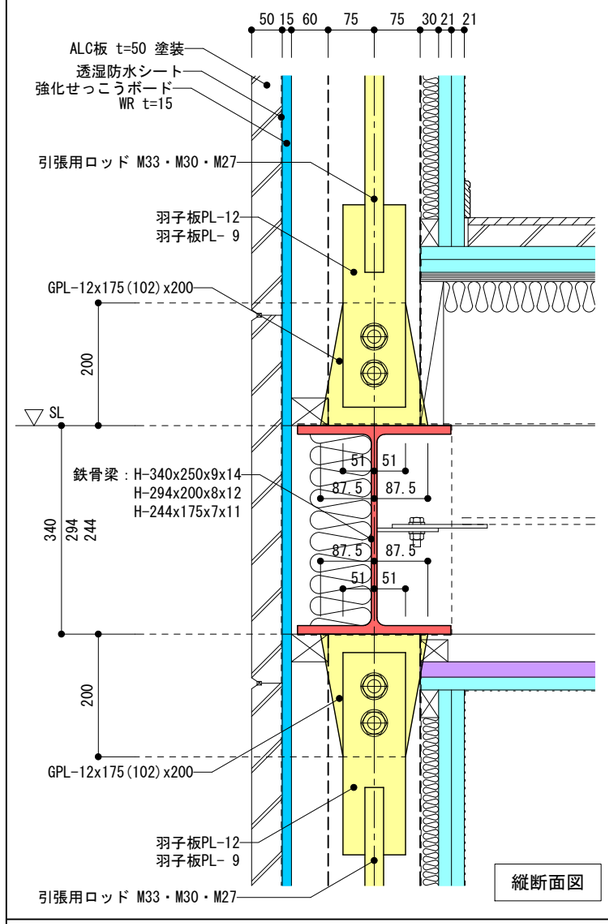


D-06	引張用ロッド	内壁＋字部



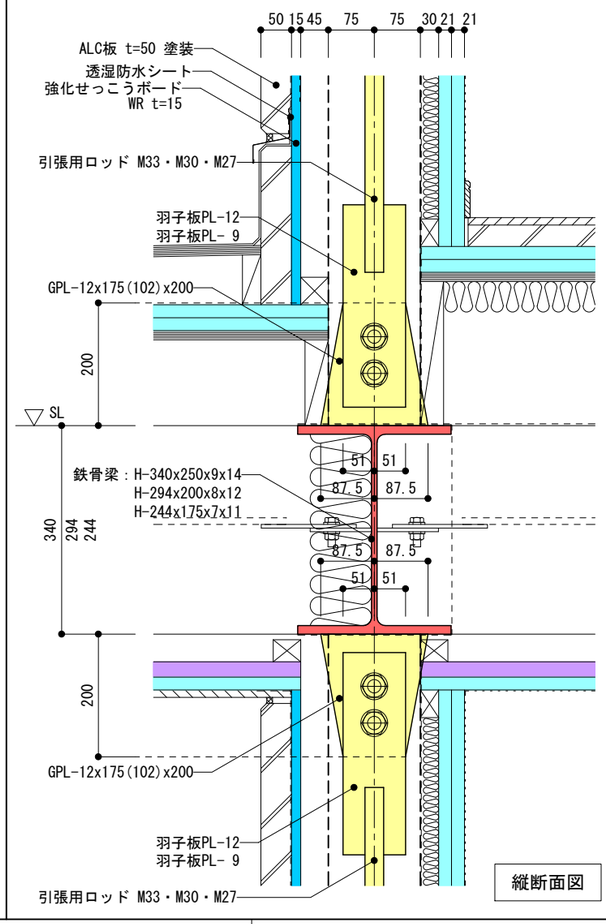
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(7) 【引張用ロッド-1】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-07(B)

D-07	引張用ロッド	外壁（X0・X16通り）



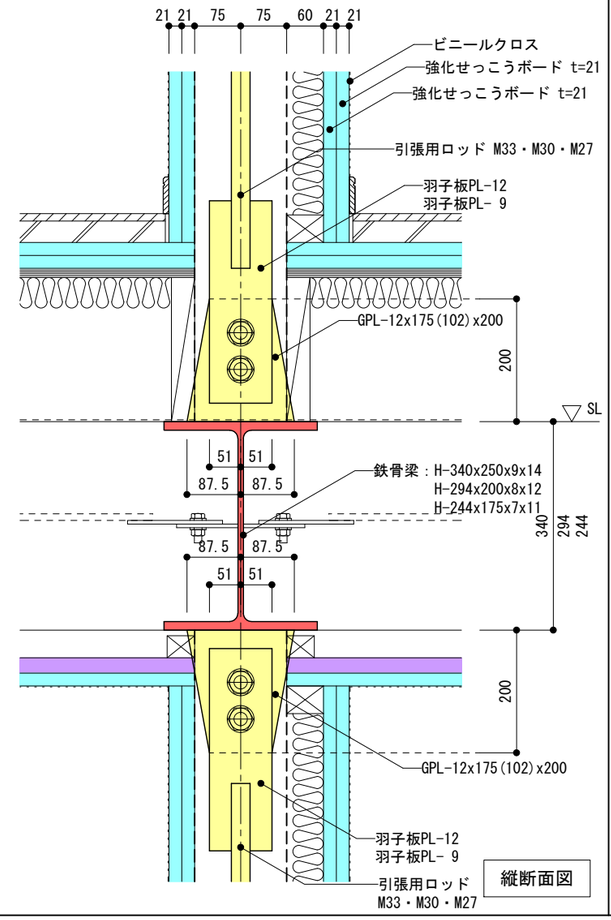
縦断面図

D-08	引張用ロッド	外壁（Y2・Y11通り）



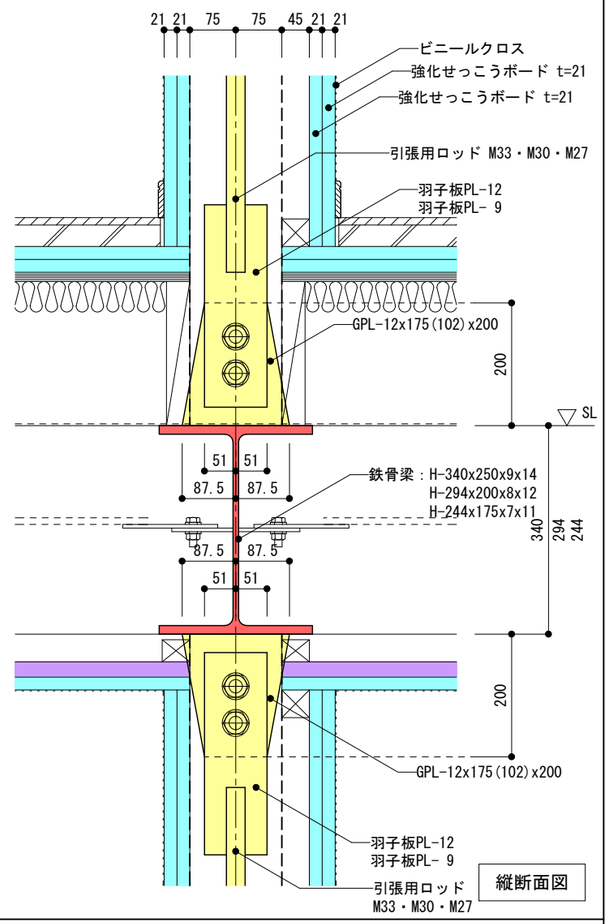
縦断面図

D-09	引張用ロッド	界壁（X4・X8・X12通り）

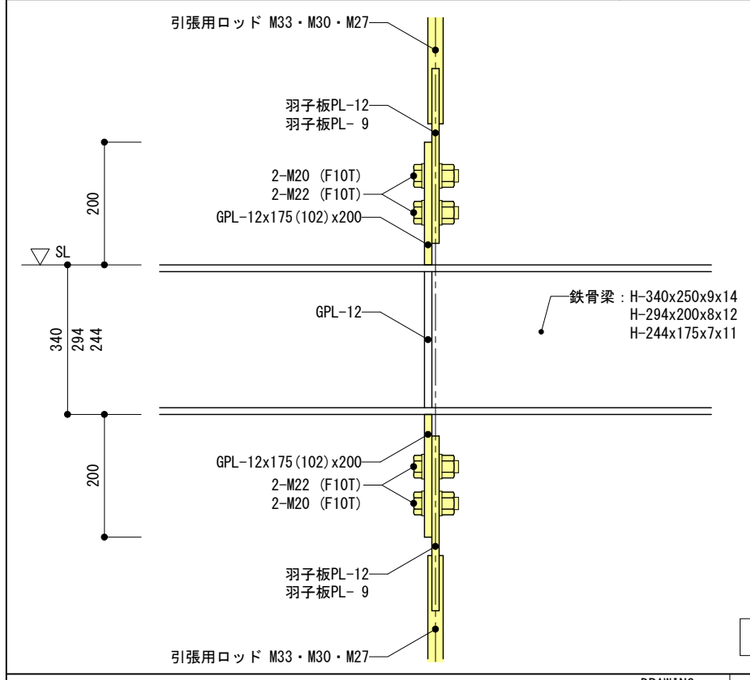


縦断面図

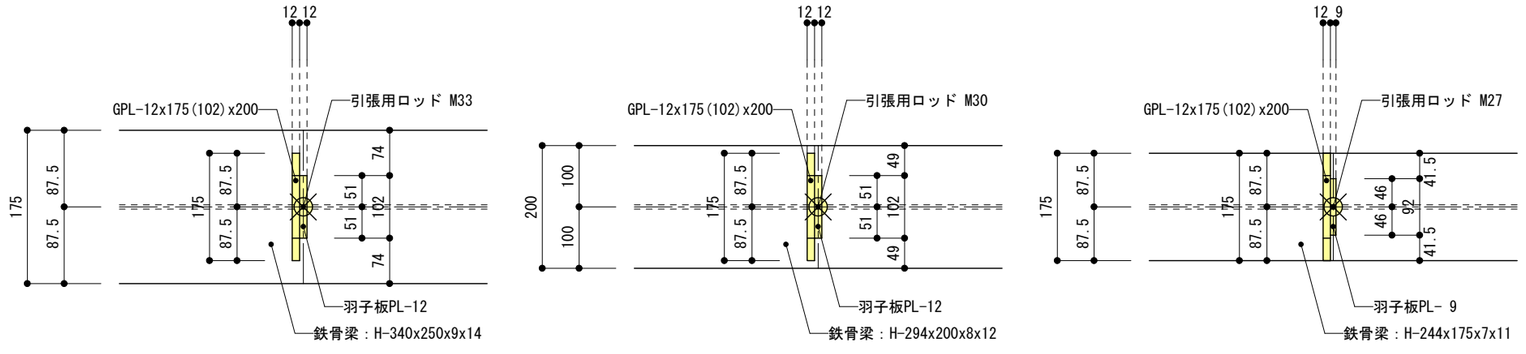
D-10	引張用ロッド	内壁（Y6通り）



縦断面図



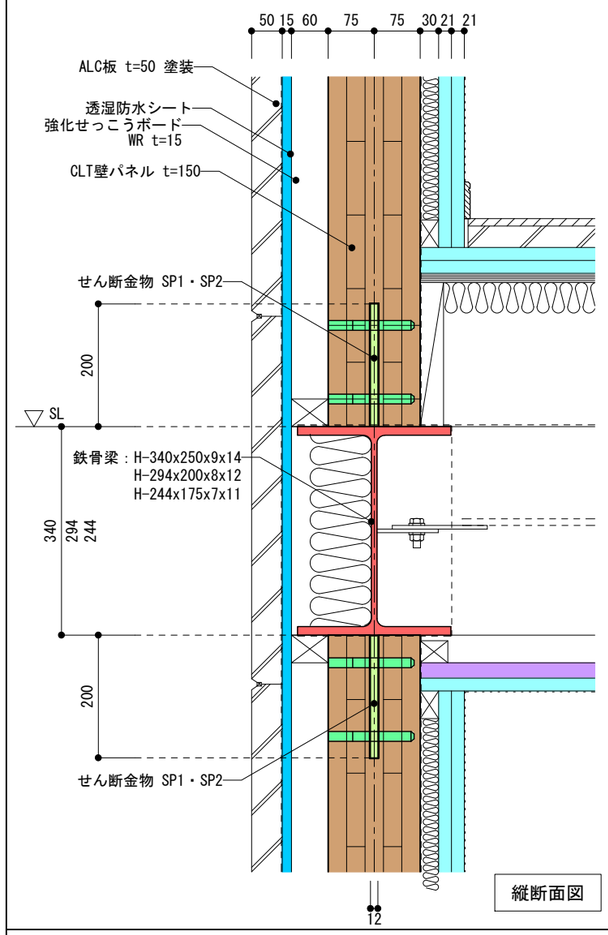
縦断面図



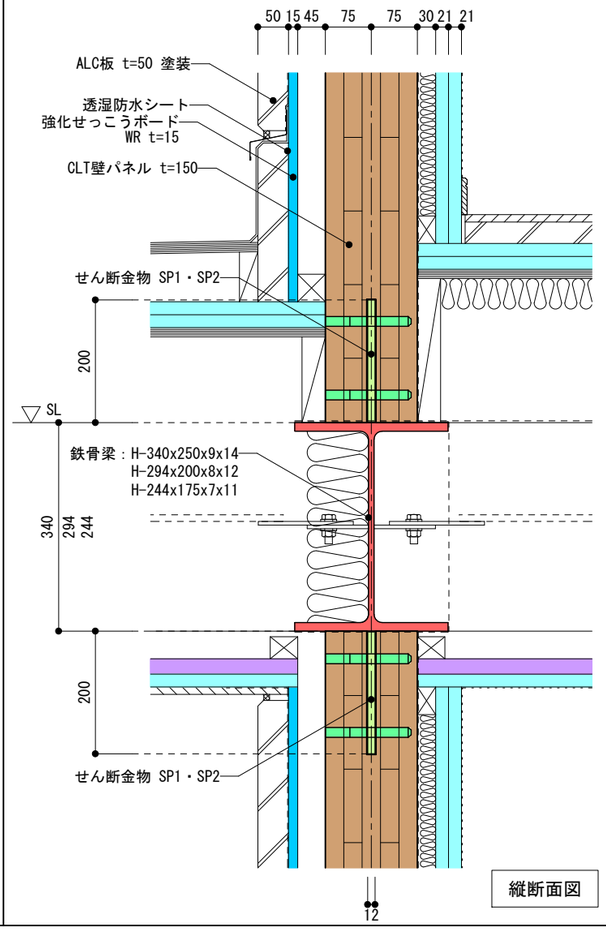
横断面図

DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(8) 【引張用ロッド-2】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-08(B)

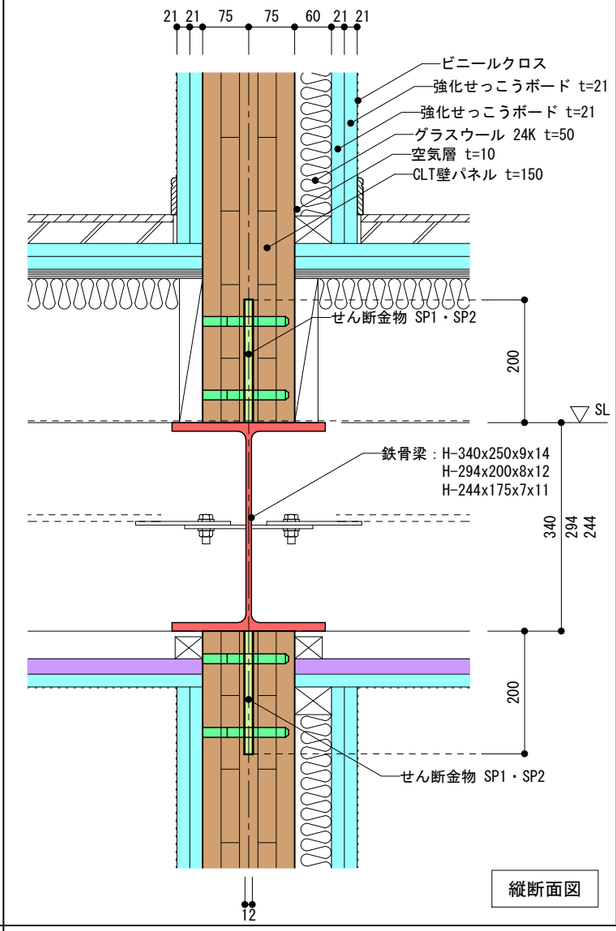
E-01	せん断金物	外壁（X0・X16通り）



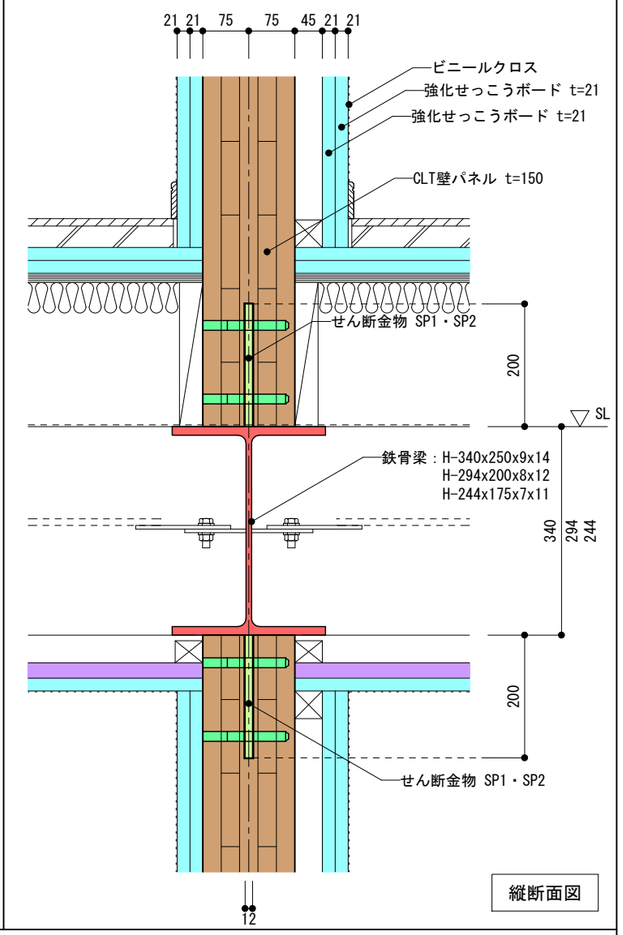
E-02	せん断金物	外壁（Y2・Y11通り）

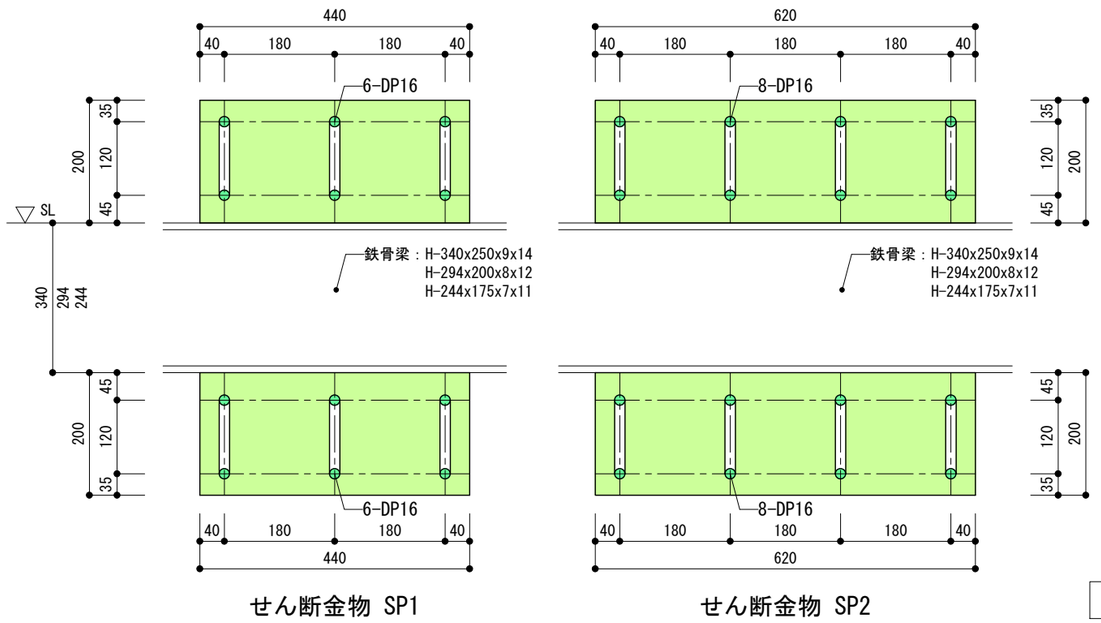


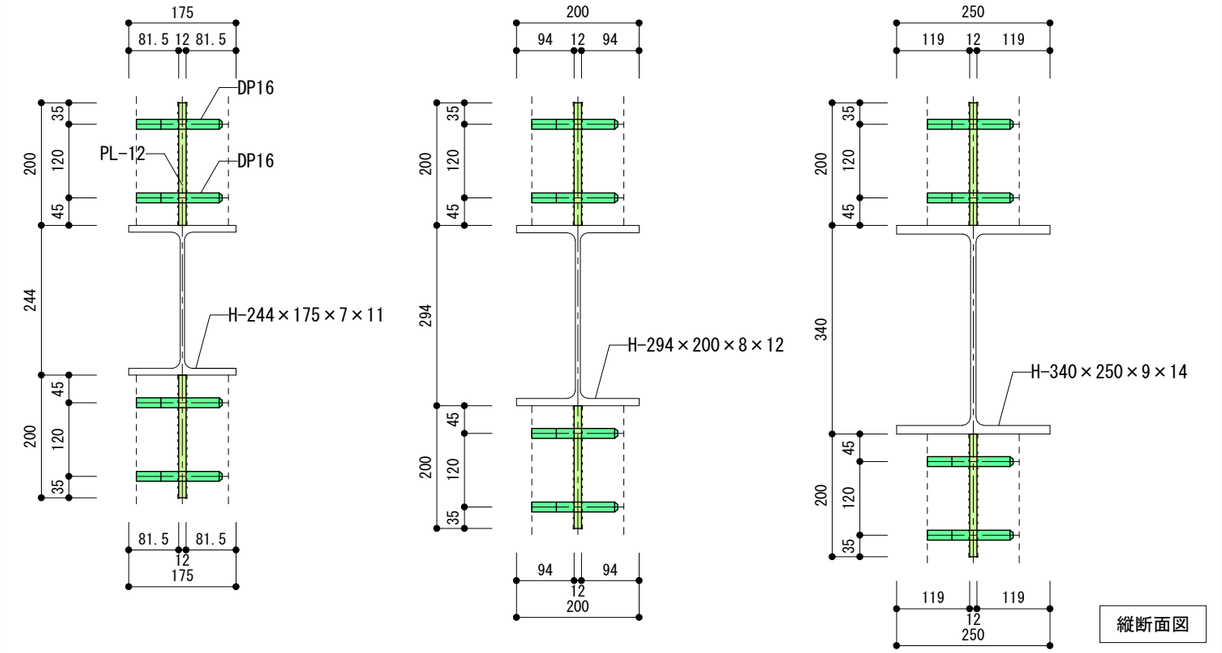
E-03	せん断金物	界壁（X4・X8・X12通り）



E-04	せん断金物	内壁（Y6通り）







	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部分詳細図(9) 【せん断金物】	1/10	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 D-09(B)

参考２　４階建て共同住宅設計図　構造図

構造設計標準仕様

適用は■印を記入する。

1．建築物の構造内容

（1） 建築場所

（2） 工事種別　■ 新築　□ 増築　□ 増改築　□ 改築

（3） 構造種別

□ 木造（W）　□ 補強コンクリートブロック造（CB）　□ 鉄骨造（S）
□ 鉄筋コンクリート造（RC）　□ 壁式鉄筋コンクリート造（WRC）
□ 鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC）　□ 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造(WPRC)
□ プレキャスト鉄筋コンクリート造(PRC)■ ＣＬＴ壁パネル ＋ 鉄骨梁（混構造）

（4） 階　数

地下　0　階　　地上　4　階　　塔屋　0　階

（5） 主要用途　共同住宅

（6） 屋上付属物

□ 広告塔　□ 高架水槽（消防用水槽）　kN　□ 発電機　kN
□ 煙　突　□ キュービクル　kN　□

（7） 増築計画　□ 有（　　）　■ 無

（8） 付帯工事

□ 門塀　□ 擁壁　□　□　□

（9） 特別な荷重

□ エレベータ　人乗（機械室レス）　□ ダムウェーター　kN □ ホイスト　kN
□ 倉庫積載床用　N／m²　□ 受水槽　kN

（10）構造計算ルート　X方向ルート 3−（ ）　Y方向ルート 3−（ ）

2．使用構造材料

（1） コンクリート

適用箇所	種　類	設計基準強度 Fc＝N／mm²	品質管理強度 Fq＝N／mm²	スランプ cm	備　考
捨てコンクリート	■普通	15	15		
土間コンクリート（建物外）	■普通	21	24	15	
土間コンクリート（建物内）	□普通	21	24	18	
基礎、基礎梁	■普通	24	27	15	
1階床	□普通□軽量				
2階柱～R階床梁	□普通□軽量				
階柱～　階床梁	□普通□軽量				
階柱～　階床梁	□普通□軽量				
押えコンクリート	□普通□軽量				
混和剤					

（2）コンクリートブロック（ＣＢ）

□ A種　□ B種　□ C種　厚 □ 100　□ 120　□ 150　□ 190

（3）鉄　筋

種　類	径	使用箇所	継手工法
■ SD295A	D16以下	基礎	■ 重ね継手
□			
■ SD345	D19以上D25以下	基礎	□ ガス圧接継手
□ SD390	D29以上		
□ SR235			□ 特殊継手
			（　　）

（4）鉄　骨

種　類	使用箇所	現場溶接	備　考
■ SS400　□　■ SN400A,B,C	大梁、小梁	□ 有 ■ 無	
□ STKR400　□ STKR490　□		□ 有 □ 無	
■ BCR295　□ BCP235　□ BCP325	角形柱	□ 有 ■ 無	
□ SM490A　□ SN490B　■ SN490C	ダイアフラム	□ 有 ■ 無	
□ SSC400　□　□	母屋	□ 有 □ 無	

（5） ボルト　○使用箇所の詳細については別途図示とする。

■ 高力ボルト ■ F10T　□ S10T　□ S8T　認定品（□ Ｍ12 ■ Ｍ16 ■ Ｍ20 □ Ｍ22
高力ボルトすべり係数試験　□ 要　□ 否）
□ 中ボルト　Ｍ12，Ｍ16　高力ボルト導入張力確認試験　□ 要　□ 否
■ アンカーボルト
□　Ｍ16　L=　mm　ナット□ シングル ■ ダブル
□　M=　L=　mm　ナット□ シングル □ ダブル
□ 頭付スタッド　ｽﾀｯﾄﾞ　L=　mm　使用箇所□ 柱　□ 大梁　□ 小梁

（6） 屋根、床、壁

■ ＡＬＣ版　厚　50（壁）
□ 折　版　H=　厚
□ デッキプレート　型式　厚
□ キーストンプレート　型式　厚

3．地　盤

（1） 地盤調査資料

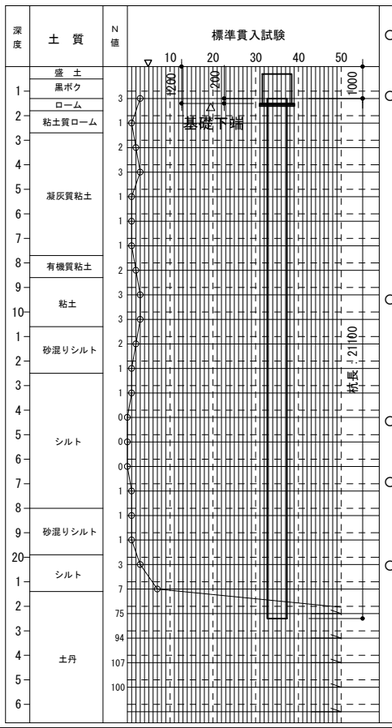
■ 有（□ 敷地内 ■ 近隣　■ ボーリング調査　□ 平板載荷試験　■ 水平地盤反力係数の測定
■ 液状化判定　□ 現場透水試験　□ 土質試験
□ 無（ 調査予定　□ 有　□ 無）

（2） 地盤調査計画

□ ボーリング調査　□ 静的貫入試験　□ 標準貫入試験　□ 水平地盤反力係数の測定
□ 土質試験　□ 物理探査　□ 平板載荷試験　□ 液状化判定

（3） 地盤調査及び試験杭の結果により、杭長、杭種、直接基礎の深さ、形状を変更する場合がある。

（4） ボーリング標準貫入値、土質構成　（基礎、杭の位置を明記すること）



4．地業工事

（1） 直接基礎　□ ベタ基礎　□ 布基礎　□ 独立基礎　試験堀　□ 有 □ 無
深さGL−　m、支持層ー　長期許容支持力度　kN／m²　載荷試験　□ 有 □ 無

（2） 杭基礎　支持層ー　土丹

杭　種	材　料	施　工　法	備　考
□ＲＣ □ＰＣ ■ＰＨＣ□ＨＣ □鋼管 □摩擦杭 ■ＳＣ □	ＰＣ（□Ａ種□Ｂ種□Ｃ種） ＰＨＣ■Ａ種□Ｂ種□Ｃ種） 鋼材 ■STK400（軸部） SM490A（拡翼部）	□打ち込み □埋込み（セメントミルク工法） ■GMTOP工法 （プレボーリング根固め工法）	大臣認定第　号 年　月　日
□場所打ち コンクリート杭	コンクリートＦc＝ Ｆq＝ スランプ　cm セメント量　Kg/m³ 鉄筋主筋	□オールケーシング □拡底杭 □リバースサーキュレーション □アースドリル □ミニアース □ＢＨ □深礎（□手堀 □機械堀）	拡底杭 日本建築センター認定 第　号 年　月　日

杭仕様　□ 施工計画書承認　□ 杭施工結果報告書
試験杭　（□ 有・□ 無　（□ 打ち込み □ 載荷　本

径　(mm)	許容支持力　(kN)	杭の先端の深さ　(m)	本　数	特記事項
φ 500-400		GL-21.0	15	
φ 440-300		GL-21.0	4	

5．鉄筋コンクリート工事

（1） コンクリート

■ コンクリートはJIS認定工場の製品とし施工に関してはJASS5（2003年版）による。
■ 耐久設計基準強度　Ｆｄ　■ 一般　□ 標準　□ 長期
■ セメントは、JIS R5210 の普通ポルトランドセメントを標準とする。
■ 調合計画は、工事開始前に工事監理者の承認を得ること。
■ 寒中、暑中、その他特殊コンクリートの適用を受ける期間に当る場合は、調合、打ち込み、養生、管理方法など必要事項について、工事監理者の承認を得ること。
■ フレッシュコンクリートの塩化物測定は、原則として工事現場で（財）国土開発技術研究センターの技術評価をうけた測定器を用いて行い、試験結果の記録及び測定器の表示部を１回の測定ごとに撮影した写真（カラー）を保管し承認を得る。測定検査の回数は、通常の場合、１日１回以上とし、１回の検査における測定試験は、同一試料から取り分けて３回行い、その平均値を試験値とする。
■ 構造体コンクリート現場の圧縮強度試験供試体（JASS5T-603）は、現場水中養生、または、現場封かん養生とし、採取は、打ち込み工区ごと、打ち込み日ごととする。また、打込み量が150m³をこえる場合は150m³ごとまたは、その端数ごとに一回を標準とする。一回に採取する。供試体は、適当な間隔をおいた3台の運搬車からその必要本数を採取する。なお、供試体の数量は、特別指示なき場合は、１回当たり6本以上とし、そのうち4週用に3本を用いる。
■ ポンプ打ちコンクリートは、打ち込む位置にできるだけ近づけて垂直に打ちコンクリートの自由落下高さは、コンクリートが分離しない範囲とする。ポンプ圧送に際しては、コンクリート圧送技師または同等以上の技能を有する者が従事すること。なお、打ち込み継続中における打継ぎ時間間隔の限度は、外気温が25℃未満の場合は150分、25℃以上の場合は120分以内とする。

（2）鉄　筋

■ 鉄筋は、JIS G3112 の規格品を標準とする。　施工はJASS5（同上）による。
□ 高強度せん断補強筋は、JIS G3137 に規定されるD種１号適合品とする。
■ 鉄筋の加工寸法、形状、かぶり厚さ、鉄筋の継手位置、継手の重ね長さ、定着長さは「鉄筋コンクリート構造配筋標準図（１）（２）」または「壁式鉄筋コンクリート構造配筋標準図（１）（２）」による。
■ D19未満は、すべて重ね継手とする。継手（D19以上）をガス圧接とする場合は、日本圧接協会「鉄筋のガス圧接工事標準仕様書」による。
■ ガス圧接部の抜き取り検査は、同一作業班が同一日に施工した圧接箇所ごと（200箇所を越えるときは200箇所ごと）に１回行い、１回の試験は3本以上とする。（首都圏以外の地域では工事監理者と協議の上、１回の試験を３本以上とする事ができる。）
外観検査　■有　□無、引張試験　■有　□無、超音波探傷試験　有□　無■
■ 柱の帯筋（HOOP）の加工方法は、　■ H型（タガ型）　□ W型（溶接型）　□ S型（スパイラル型）とする。
■ コンクリート及び鉄筋の試験は、「建築物の工事における試験及び検査に関する東京都取扱要綱」第4条の試験機関で行うこと。（首都圏以外では公的機関で実施すること。）
試験機関名　┐工事監理者と協議の上決定する事。　（都知事登録　号）
代行業者名　┘
代行業者名とは、試験、検査に伴う業務を代行する者をいう。

（3） 型　枠

■ 材料　合板厚　12m/mを標準とする。　■ 施工はJASS5（同上）による。
■ 型枠存置期間

種別	部位	せき板				支柱		
		基礎、はり側、柱、壁		スラブ下、はり下		スラブ下		はり下
存置期間の平均気温	セメントの種類	早強ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント 高炉セメントA種 シリカセメントA種	早強ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント 高炉セメントA種 シリカセメントA種	早強ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント 高炉セメントA種 シリカセメントA種	早強ポルトランドセメント 普通ポルトランドセメント 高炉セメントA種 シリカセメントA種
コンクリートの材令日	15℃以上	2	3	4	6	8	17	28
	5℃～15℃	3	5	6	10	12	25	28
	5℃未満	5	8	10	16	15	28	28
コンクリートの圧縮強度		5 N/mm²		設計基準強度の 50 %		設計基準強度の 100 %		

注） 1　片持ばり、庇、スパン 9.0 m以上のはり下は、工事監理者の指示による。
注） 2　大はりの支柱の盛りかえは行わない。また、その他のはりの場合も原則として行わない。
注） 3　支柱の盛りかえは、必ず直上階のコンクリート打ち後とする。
注） 4　盛りかえ後の支柱頂部には、厚い受板、角材または、これに代わるものを置く。
注） 5　支柱の盛りかえは、小ばりが終ってから、スラブを行う。
一時に全部の支柱を取り払って、盛りかえをしてはならない。
注） 6　直上階に著しく大きい積載荷重がある場合においては、支柱（大梁の支柱を除く）の盛りかえを行わないこと。
注） 7　支柱の盛りかえは、養生中のコンクリートに有害な影響をもたらすおそれのある振動又は衝撃を与えないように行うこと。

6．鉄骨工事

（1） 鉄骨工事は指示のない限り下記による

■ 日本建築学会「JASS6」「鉄骨精度検査基準」「鉄骨工事技術指針」
■ 社）日本鋼構造協会「建築鉄骨工事施工指針」
■ 「突合せ継手の食い違い仕口のずれの検査・補強マニュアル」

（2） 工事監理者の承認を必要とするもの

■ 製作工場　■ 製作要領図　■ 工作図　■ 施工計画書
■ 認定または登録工場（　グレード　都登録　ランク）
■ 材料規格証明書または試験成績書
■ 鋼材　■ 高力ボルト　■ 特殊ボルト　□ スタッドボルト
■ 社内検査表　□

（3） 工事監理者が行う検査項目　（■印以外の項目の検査結果については、工事監理者に報告すること）

■ 現寸検査　■ 組立・開先検査　■ 製品検査
■ 建方検査　□　□

（4） 接合部の溶接は下記によること

■ 鉄骨造等の建築物の工事に関する東京都取扱要綱（建築構造設計指針第 12章）
■ 日本建築学会「溶接工作規準、同解説　Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ」
■ 日本建築学会「鉄骨工事技術指針・工事現場施工編」

（5） 接合部の検査

■ 溶接部の検査（検査結果は後日工事監理者に報告すること）

検査箇所	検査方法	検査率又は検査数 社内	第三者	工事監理者	備　考
■ 突合せ溶接部	超音波探傷試験	100 %	30 %	− %	国土交通省告示
□	外観（目視）検査	100 %	100 %	100 %	第１４６４号
□	マクロ試験・その他	個	個	個	に関する溶接部
第三者検査機関名	未定（ＣＩＷ協会加盟業者）　（都知事登録　号）				の検査
第三者検査機関とは、建築主、工事監理者又は工事施工者が、受入れ検査を代行させるために自ら契約した検査会社をいう。					

注１）現場溶接部については原則として第三者検査機関による全数検査を行うこと。
注２）現場溶接は、超音波探傷試験を１００％行うこと。
■ 高力ボルトは、「JIS B1186の高力ボルト」を標準とする。摩擦面の処理は黒皮などを屋金外径2倍以上の範囲でショットブラスト、グラインダー掛け等を用いて除去した後、屋外に自然放置して発生した、赤さび状態であること。ただし、ショットブラスト、グリットブラストによる処理で表面あらさが 50S以上である場合は、赤さびは発生しないままでよい。
■ 高力ボルトの締付けに使用する機器はよく調整されたものを使用し、締付けの順序は部材が十分密着するよう注意して行う。また、締付けは一次、二次締めとする。締付け後の検査は、各締付け工法別に適切な締付けが行われているか検査する。

（6） 防錆塗装

■ 防錆塗装の範囲は、高力ボルト接合の摩擦面及びコンクリートで被覆される以外の部分とする。錆止めペイントは、JIS K5621、２回塗りを標準とする。
■ 現場における高力ボルト接合部及び接合部の素地調整は、入念に行い、塗装は工場塗装と同じ錆止めペイントを使用し2回塗りとする。

（7） 耐火被覆の材料

□

7．設備工事

■ 特記以外の梁貫通孔は原則として設けない、設ける場合は設計者の承認を得ること。
■ 設備機器の架台及び基礎については工事監理者の承認を得ること。
■ 床スラブ内に設備配管等を埋込む場合はスラブ厚さの1/3以下とし管の間隔を管径の３倍以上かつ５cm以上を原則とする。

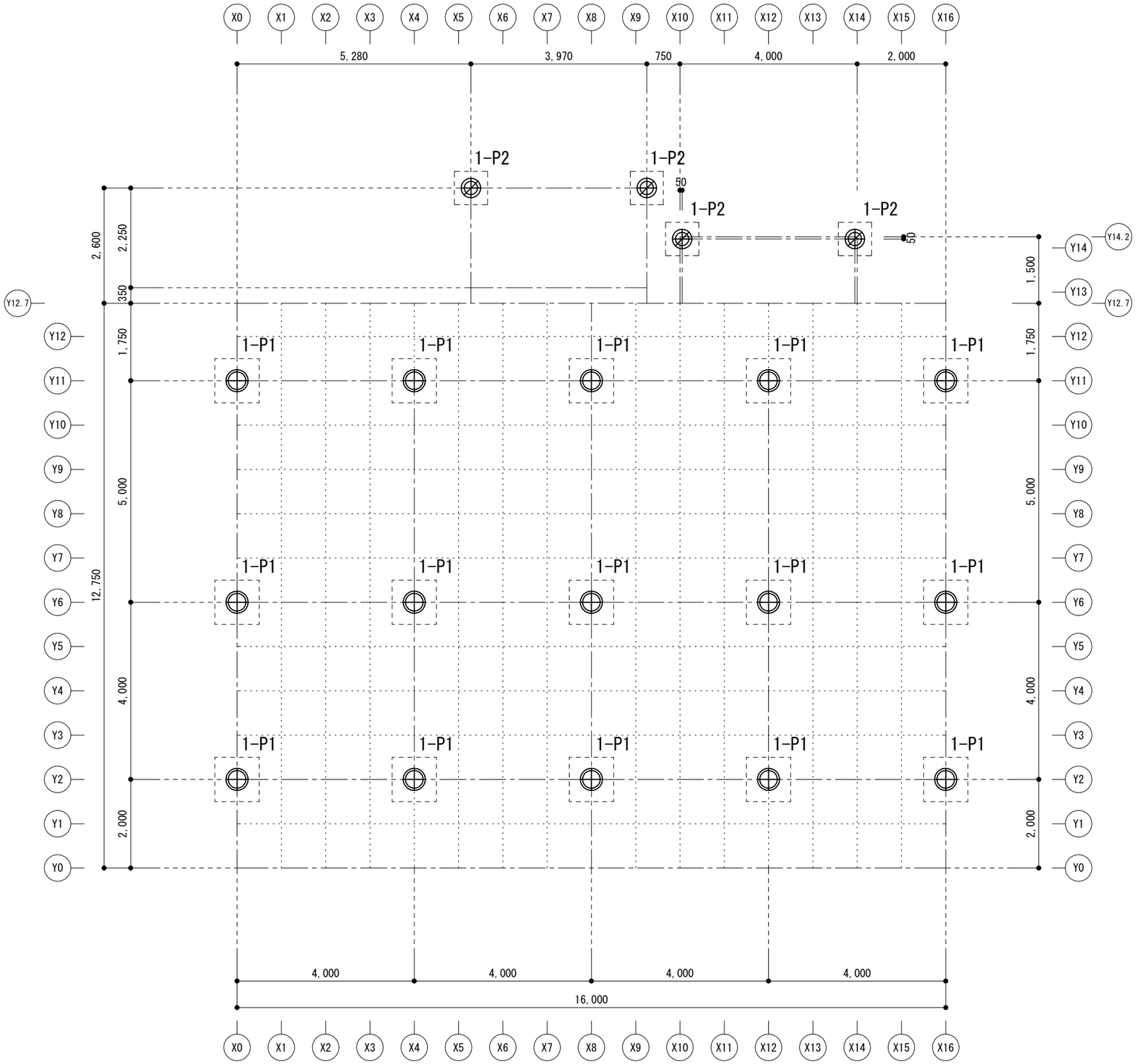
8．その他

■諸官庁への届出書類は遅滞なく提出すること。
■各試験の供試体は公的試験機関にて試験を行い工事監理者に報告すること。
■必要に応じて記録写真を撮り保管すること。

令第１２９条の２の４の事項

・ 建築物に設ける昇降機にあっては、構造耐力上安全なものとして以下の構造方法による。
■ 令第１２９条の４（エレベーターの構造上主要な部分）
■ 令第１２９条の５（エレベーターの荷重）
■ 令第１２９条の６第一号（かご内の人又は物による衝撃に対しての安全）
■ 令第１２９条の８第１項（駆動装置及び制御器の地震等の転倒、移動防止対策）
□ 令第１２９条の12第１項６号（エスカレーターの受梁からの脱落防止対策）
・ 建築物に設ける建築設備にあっては、構造耐力上安全なものとして、以下の構造方法による。
■ 建築設備の支持構造及び緊結金物は、腐食又は腐朽のおそれがないものとすること。
■ 屋上から突出する水槽、煙突、冷却塔その他これらに類するものは、支持構造部又は建築物の構造耐力上主要な部分に支持構造部は建築物の構造耐力上主要な部分に、緊結すること。
□ 煙突の屋上突出部の高さは、れんが造、石造、コンクリートブロック造又は無筋コンクリート造の場合は鉄製の支枠を設けたものを除き、９０cm以下とすること。
□ 煙突で屋内にある部分は、鉄筋コンクリートのかぶり厚さを５cm以上とした鉄筋コンクリート造又は厚さが２５cm以上の無筋コンクリート造、れんが造、石造若しくはコンクリートブロック造とすること。
■ 建築物に設ける給水、排水その他の配管設備
■ 給湯設備の固定方法は平成12建設省告示第1388号第5の規定による構造とする。
■ 風圧、土圧及び水圧並びに地震その他の振動及び衝撃に対して安全上支障のない構造とすること。
■ 建築物の部分を貫通して配管する場合においては、当該貫通部分に配管スリーブを設ける等有効な管の損傷防止のための措置を講ずること。
■ 管の伸縮その他の変形により当該管に損傷が生ずるおそれがある場合において、伸縮継手又は可撓継手を設ける等有効な損傷防止のための措置を講ずること。
■ 管を支持し、又は固定する場合においては、つり金物又は防振ゴムを用いる等有効な地震その他の振動及び衝撃の緩和のための措置を講ずること。
■ 法第２０条第一号から第三号までの建築物に設ける屋上から突出する水槽、煙突その他これらに類するものにあっては、建設省告示第１３８９号により、風圧並びに地震その他の振動及び衝撃に対して構造耐力上安全なものとすること。
■ 満水時の質量が15kgを超える給湯設備については地震に対して安全上支障の無い構造として平成１２年建設省告示第1388号第5に規定する構造方法とすること。
給湯設備*：建築物に設ける電気給湯設備その他の給湯設備（屋上水槽等のうち給湯設備に該当するものを除いたもの）。

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	構造設計標準仕様書	−	21.02.15	S-01

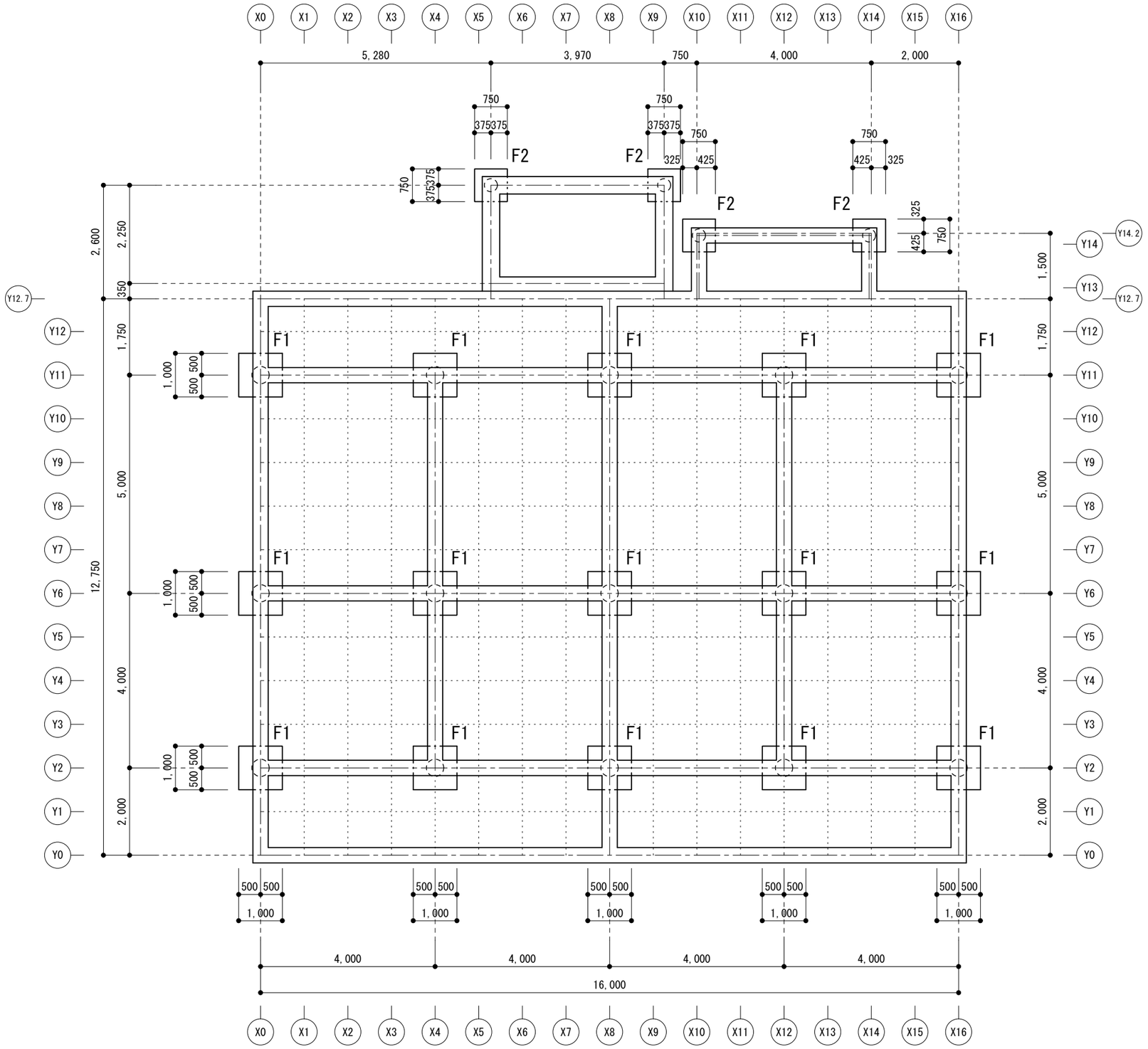


杭伏図　S:1/100

特記なき限り、下記による。
1. 杭先端は、GL-21.0m とする。

杭仕様		工法：GMTOP工法	
符　号		P1	P2
杭径	杭　頭	φ 400	φ 300
	杭　脚	φ 500-400	φ 440-300
記　号		⊕	⊛
杭種	杭　頭	SC杭STK400 t=9.0 10.0m	SC杭STK400 t=9.0 10.0m
	杭　脚	ＰＨＣ節杭Ａ種 10.0m	ＰＨＣ節杭Ａ種 10.0m
杭　長		20m	20m
杭本数		15本	4本
杭先端		GL-21.0m	

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	杭伏図	1/100	21.02.15	S-02

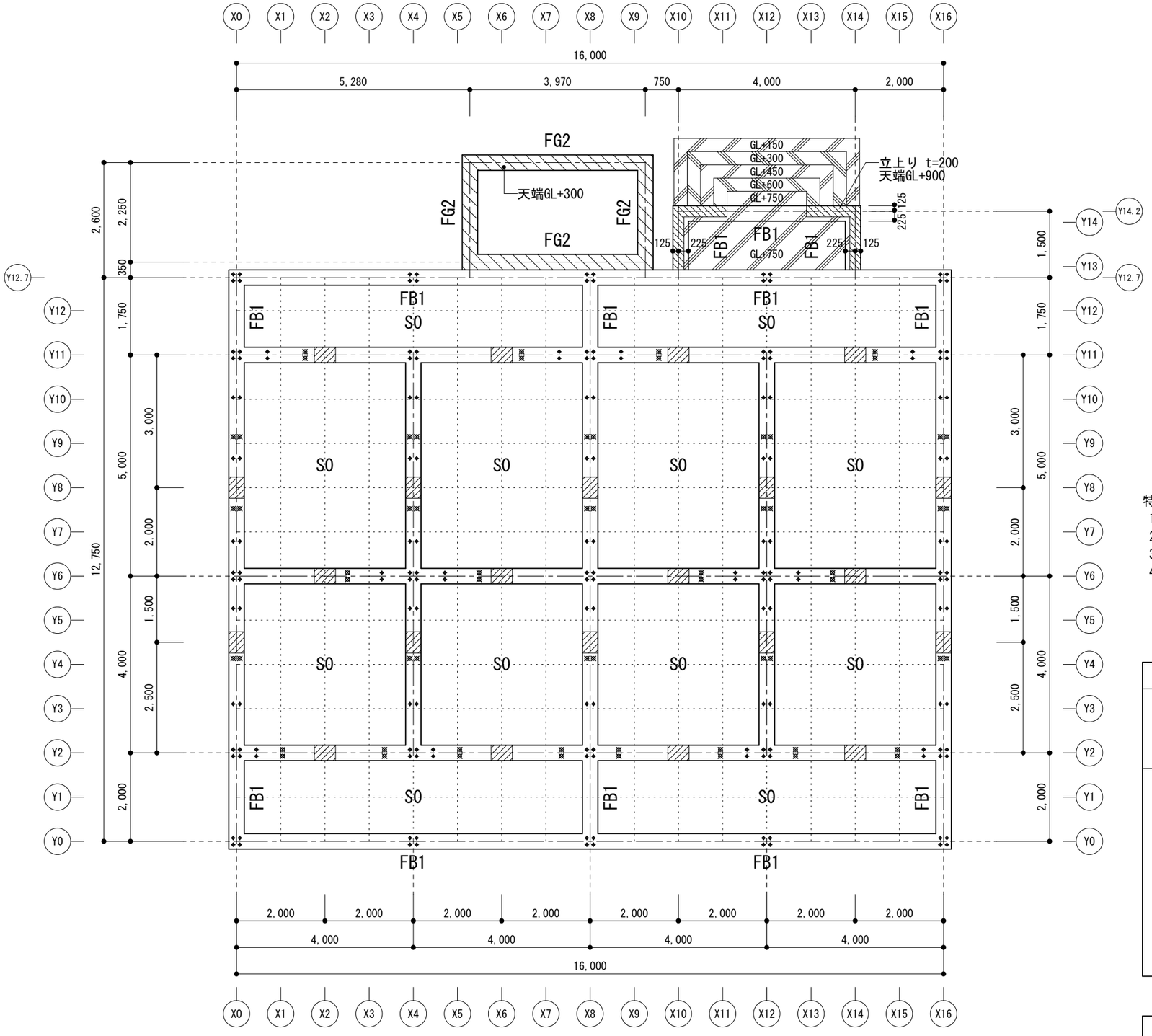


基礎伏図　S:1/100　（ 1SL = GL+100 ）

特記なき限り、下記による。

1. 基礎下端は、GL-600とする。

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	基礎伏図	1/100	21.02.15	S-03



１階基礎梁伏図　S:1/100　（ S0天端 = GL+100 ）

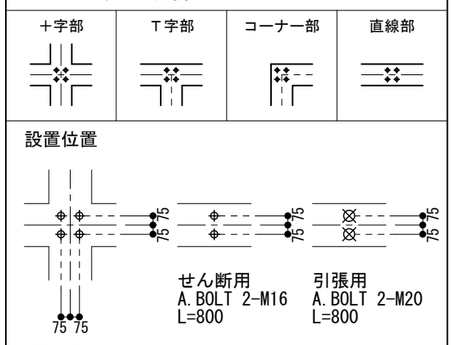
特記なき限り、下記による。

1. 地中梁符号 FG1
2. 特記なきスラブ天端レベルは、GL+100 とする。
3. 特記なき基礎梁・基礎小梁天端レベルは、GL+400 とする。
4. １階鉄骨梁継手部分の基礎天端レベルは、GL+350 とする。

印部基礎梁天端ﾚﾍﾞﾙ GL+450

印部基礎梁天端ﾚﾍﾞﾙ GL+350

アンカーボルト凡例



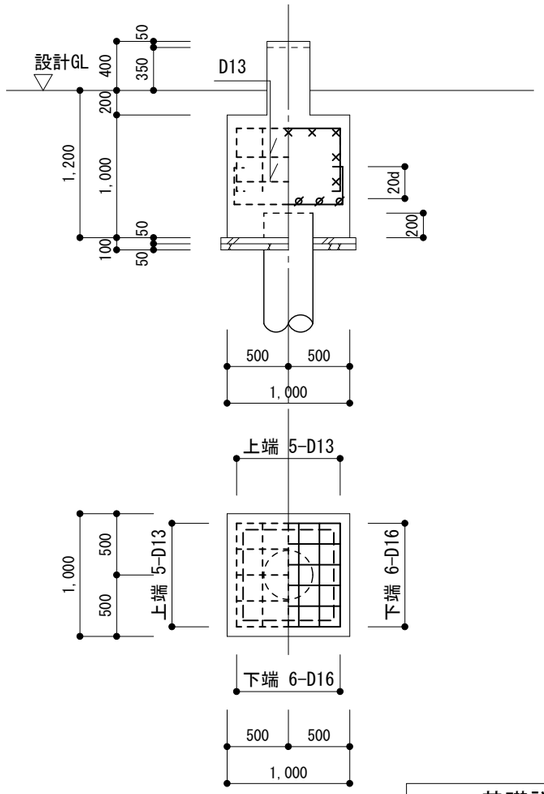
設置位置詳細はアンカーボルト配置図(S-**)を参照

仕様材料	
鉄　筋	基準強度　SD295A　D16以下 SD345　D19以上
コンクリート	設計基準強度　Fc＝21 N/mm² 強度補正値　S ＝ 3 N/mm²

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	１階基礎梁伏図	1/100	21.02.15	S-04

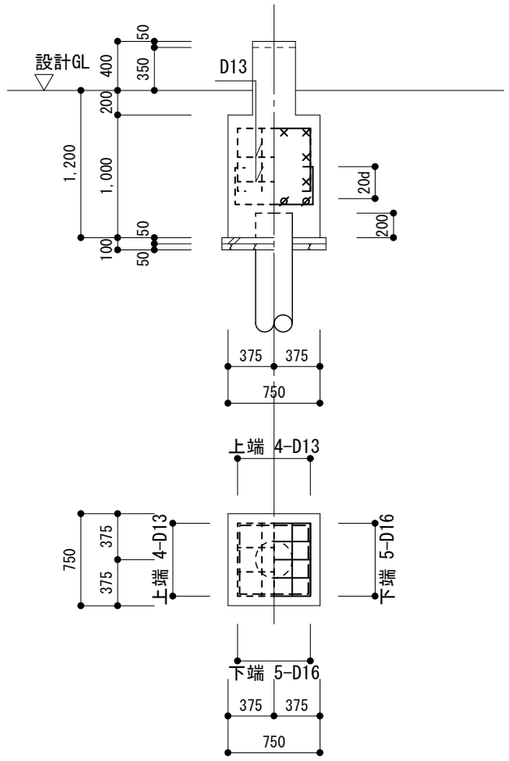
F1

1-φ400-500-400



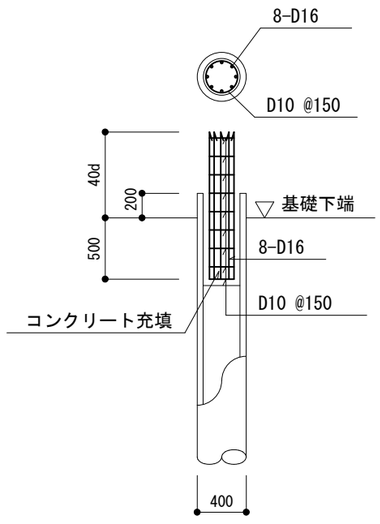
F2

1-φ300-440-300

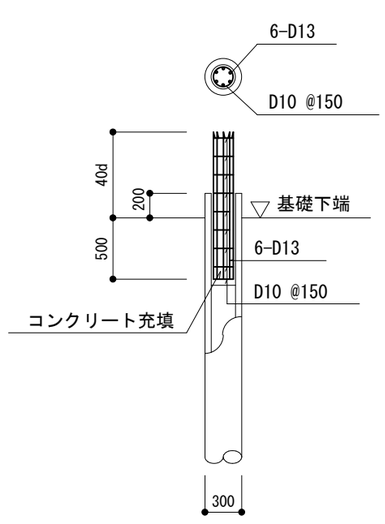


基礎詳細図　S:1/50

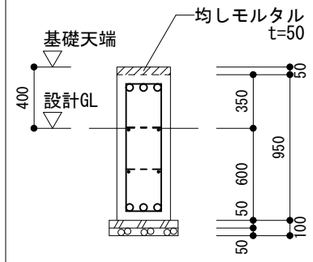
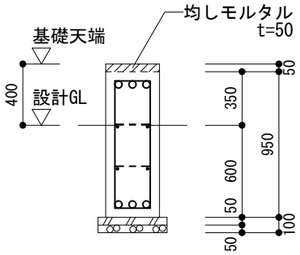
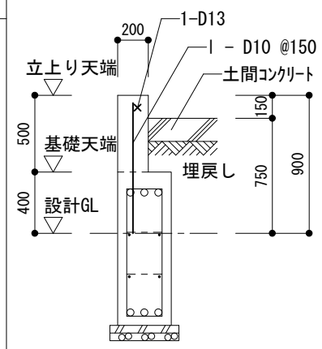
φ400



φ300

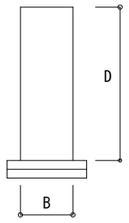


基礎梁リスト　　S=1/40

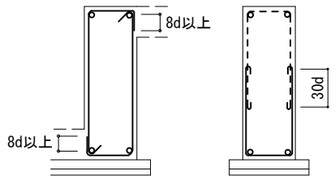
符　号	FG1・FB1	FG2	ｴﾝﾄﾗﾝｽ立上り部分
位　置	全断面	全断面	
断　面			
BxD	350 x 950	350 x 850	
上端筋	3 - D19	3 - D19	
下端筋	3 - D19	3 - D19	
スターラップ	□-D13 @200	□-D13 @200	
腹　筋	4 - D10	2 - D10	

共通事項　（特記なき限り下記による）

1．ＢｘＤ



2．ＳＴＰ配筋要領　（下記いずれかによる。）



（スラブ側に限る。）

3．幅止筋

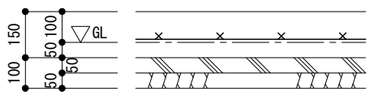
Ｄ１０－＠１０００

4．鉄筋

D16以下　SD295A 使用
D19以上　SD345 使用
D29以上　SD390 使用

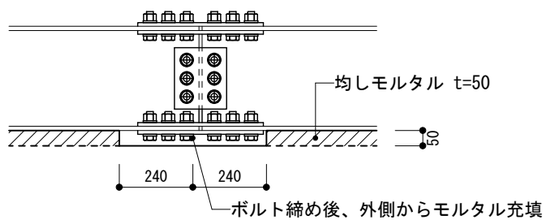
スラブ配筋

S0

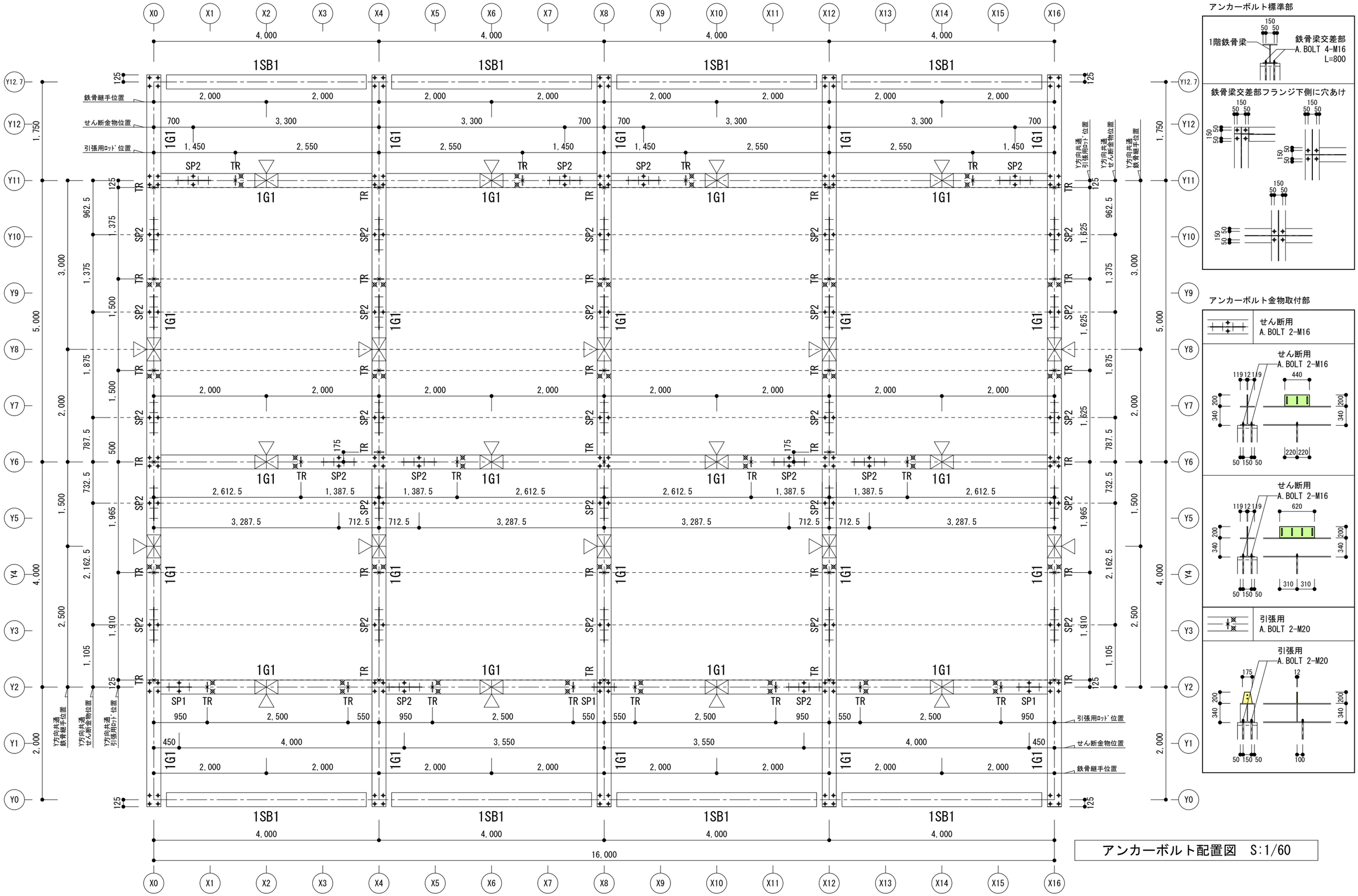


厚さ	位置	短辺方向	長辺方向
150	シングル	D13 @200	D13 @200

1階鉄骨梁継手部分基礎天端



	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	基礎詳細図・基礎リスト	1/50・1/40	21.02.15	S-05

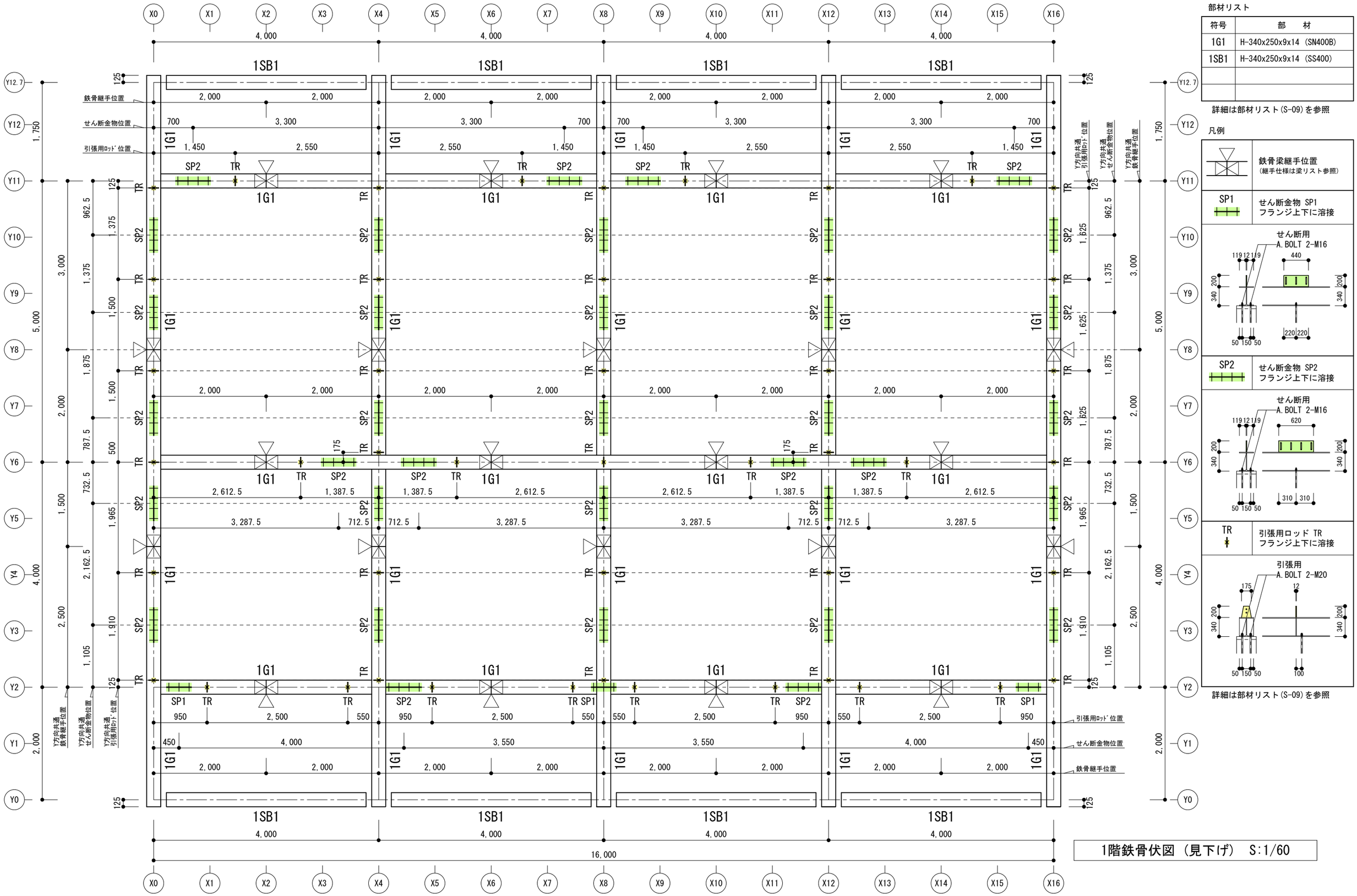


アンカーボルト標準部

アンカーボルト金物取付部

アンカーボルト配置図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	アンカーボルト配置図	1/60	21.02.15	S-06



部材リスト

符号	部　材
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)

詳細は部材リスト(S-09)を参照

凡例

鉄骨梁継手位置
(継手仕様は梁リスト参照)

SP1
せん断金物 SP1
フランジ上下に溶接

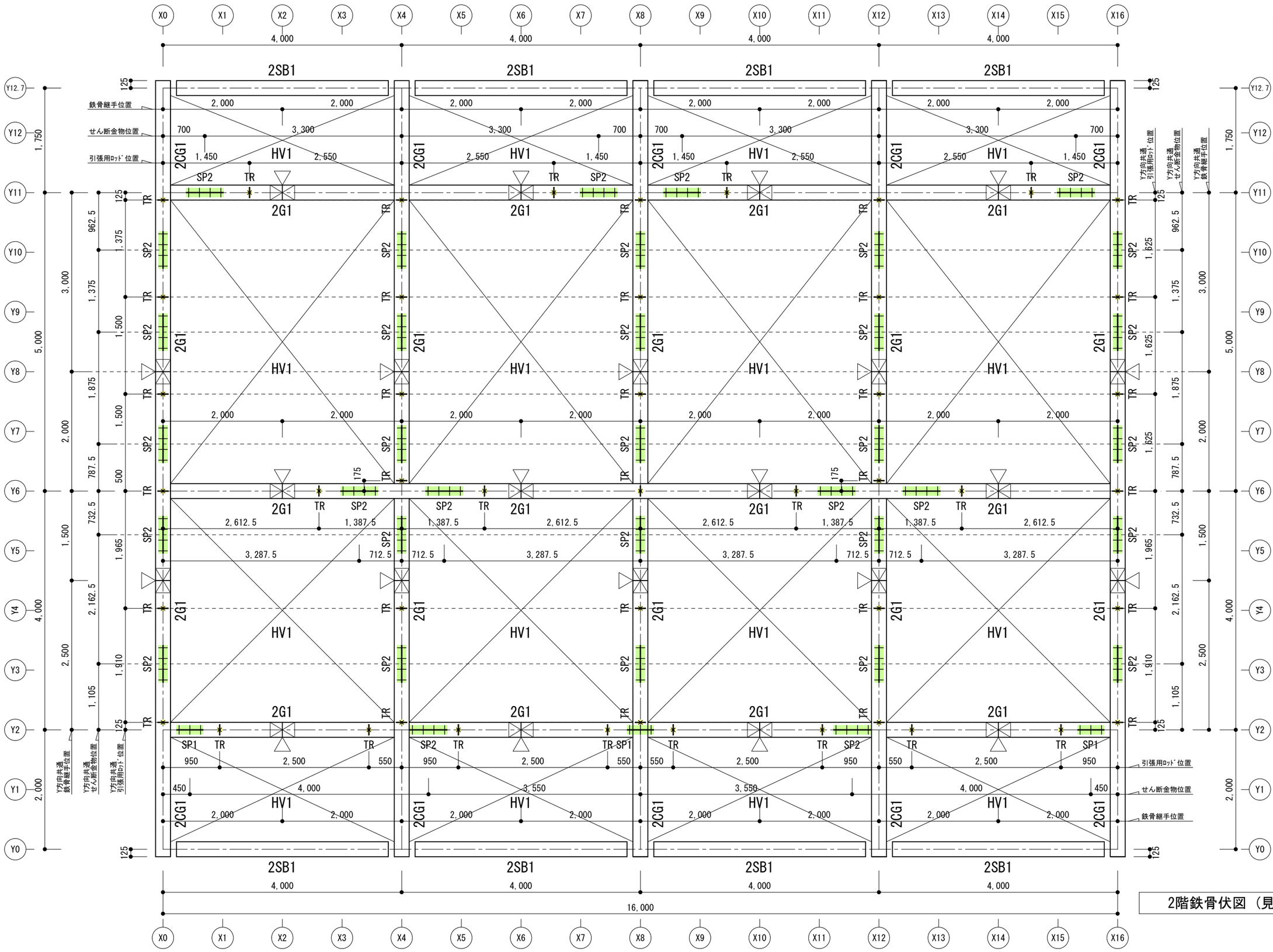
SP2
せん断金物 SP2
フランジ上下に溶接

TR
引張用ロッド TR
フランジ上下に溶接

詳細は部材リスト(S-09)を参照

1階鉄骨伏図 (見下げ) S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	1階鉄骨伏図	1/60	21.02.15	S-07

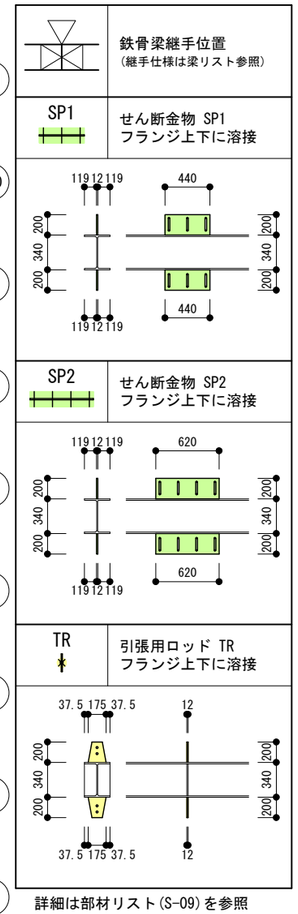


部材リスト

符号	部　材
2G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

詳細は部材リスト(S-09)を参照

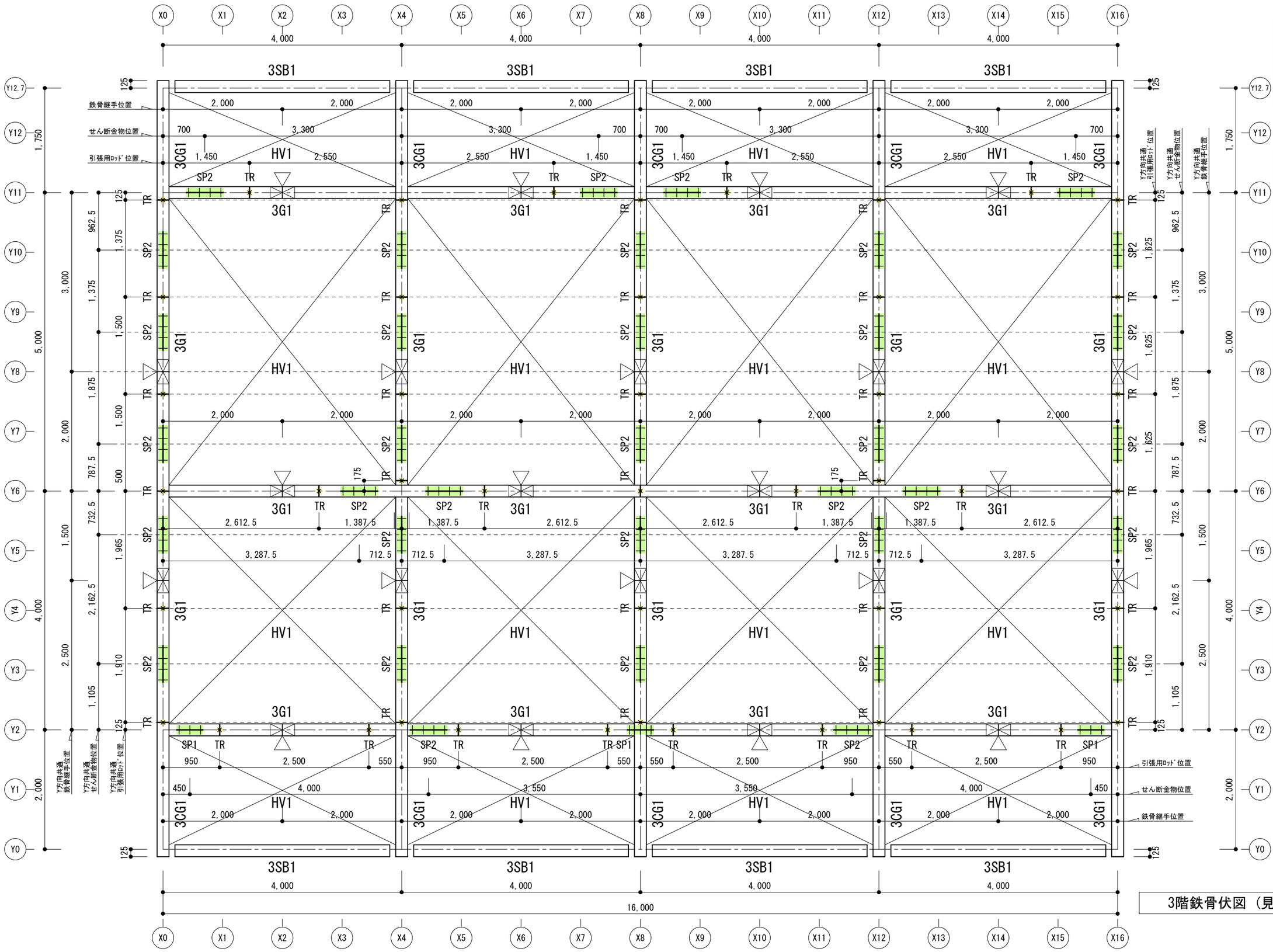
凡例



詳細は部材リスト(S-09)を参照

2階鉄骨伏図 (見下げ)　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	2階鉄骨伏図	1/60	21.02.15	S-08



3階鉄骨伏図（見下げ） S:1/60

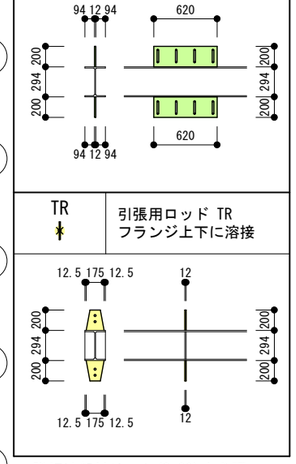
部材リスト

符号	部　材
3G1	H-294x200x8x12 (SN400B)
3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

詳細は部材リスト(S-09)を参照

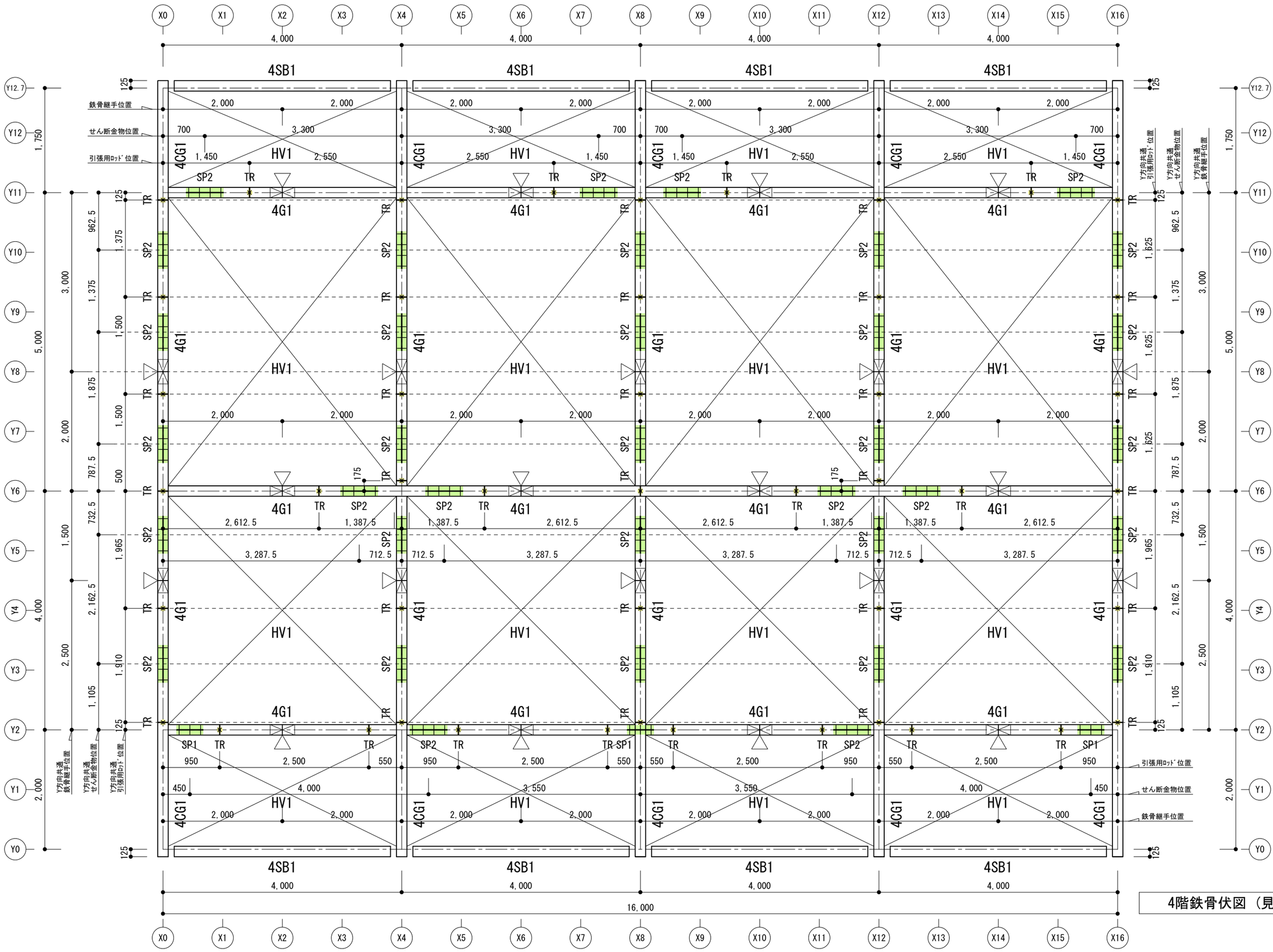
凡例

	鉄骨梁継手位置 (継手仕様は梁リスト参照)
SP1	せん断金物 SP1 フランジ上下に溶接
SP2	せん断金物 SP2 フランジ上下に溶接
TR	引張用ロッド TR フランジ上下に溶接



詳細は部材リスト(S-09)を参照

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	3階鉄骨伏図	1/60	21.02.15	S-09

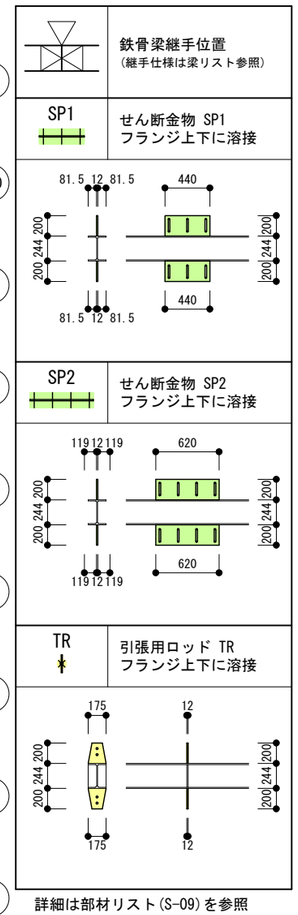


部材リスト

符号	部　材
4G1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

詳細は部材リスト(S-09)を参照

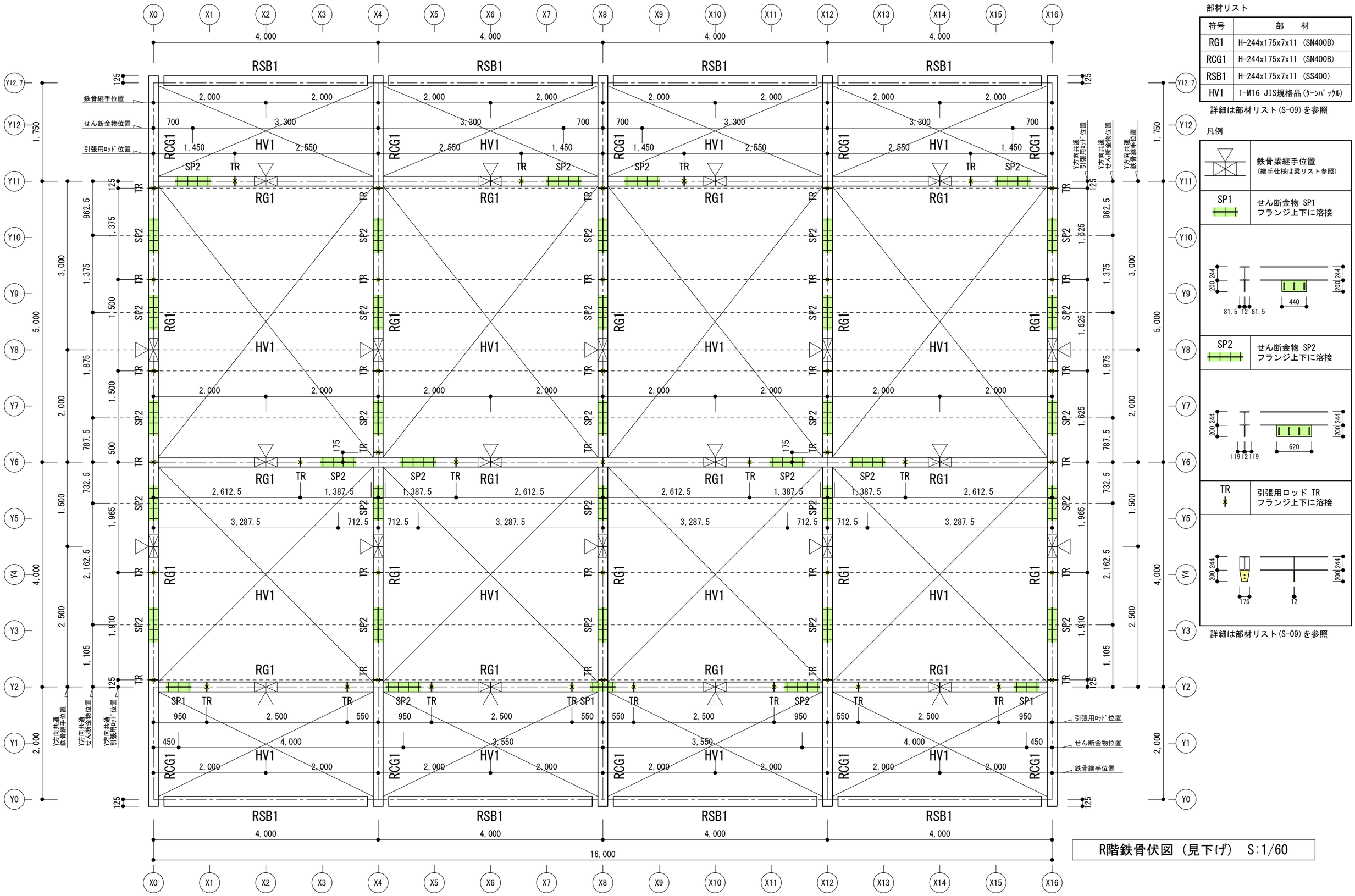
凡例



詳細は部材リスト(S-09)を参照

4階鉄骨伏図 (見下げ) S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	4階鉄骨伏図	1/60	21.02.15	S-10



部材リスト

符号	部　材
RG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

詳細は部材リスト(S-09)を参照

凡例

詳細は部材リスト(S-09)を参照

R階鉄骨伏図 (見下げ)　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	R階鉄骨伏図	1/60	21.02.15	S-11

部材リスト

共通事項　1. 剛接部端部及び、CBを受ける材は、SN400Bとする。
　　2. 継手は、SCSS-H97 を準拠する。

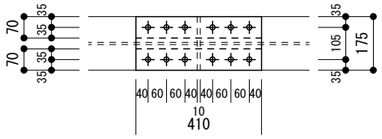
符 号	階	位 置	部 材	備 考
G1	RF	全断面	H - 244 × 175 × 7 × 11 (SN400B)	
	4F	全断面	H - 244 × 175 × 7 × 11 (SN400B)	
	3F	全断面	H - 294 × 200 × 8 × 12 (SN400B)	
	2F	全断面	H - 340 × 250 × 9 × 14 (SN400B)	
	1F	全断面	H - 340 × 250 × 9 × 14 (SN400B)	
CG1	RF	全断面	H - 244 × 175 × 7 × 11 (SN400B)	
	4F	全断面	H - 244 × 175 × 7 × 11 (SN400B)	
	3F	全断面	H - 294 × 200 × 8 × 12 (SN400B)	
	2F	全断面	H - 340 × 250 × 9 × 14 (SN400B)	
SB1	RF	全断面	H - 244 × 175 × 7 × 11 (SS400)	
	4F	全断面	H - 244 × 175 × 7 × 11 (SS400)	
	3F	全断面	H - 294 × 200 × 8 × 12 (SS400)	
	2F	全断面	H - 340 × 250 × 9 × 14 (SS400)	
	1F	全断面	H - 340 × 250 × 9 × 14 (SS400)	

HV1		1-M16　JIS規格品(ターンバックル付)　GPL-9	
鉄骨階段	ｻｻﾗ	PL-250×12	溶融亜鉛メッキ
	蹴上・踏面	PL-4.5	溶融亜鉛メッキ

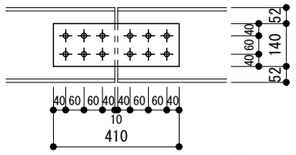
梁継手リスト

共通事項　1. 使用鋼材は、母材と同一とする。
　　2. H.T.B.は「F10T」とする。

符号	鉄骨サイズ	径	フランジ 継手			ウェブ 継手		
			ボルト	外添板寸法	内添板寸法	ボルト	ピッチ	添板寸法
RG1	H -244×175×7×11	M16	3×2	9×175×410	9×70×410	2×3	60	9×140×410
4G1	H -244×175×7×11	M16	3×2	9×175×410	9×70×410	2×3	60	9×140×410

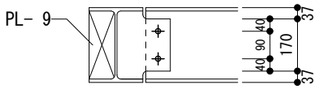


フランジ

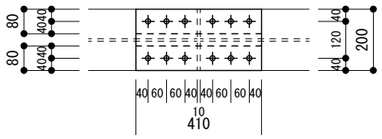


ウェブ

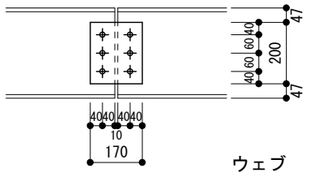
符号	鉄骨サイズ	H.T.B.			ガセット	スチフナ
		径	ボルト	ピッチ		
RSB1	H -244×175×7×11	M16	2×1	90	GPL- 9	PL- 9
4SB1	H -244×175×7×11	M16	2×1	90	GPL- 9	PL- 9



符号	鉄骨サイズ	径	フランジ 継手			ウェブ 継手		
			ボルト	外添板寸法	内添板寸法	ボルト	ピッチ	添板寸法
3G1	H -294×200×8×12	M20	3×2	9×200×410	9×80×410	3×1	60	9×170×200

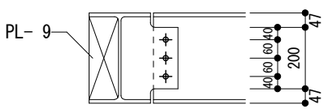


フランジ

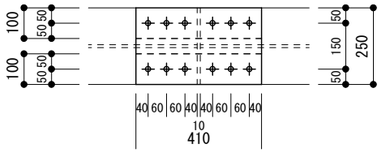


ウェブ

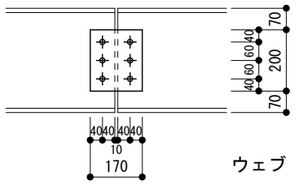
符号	鉄骨サイズ	H.T.B.			ガセット	スチフナ
		径	ボルト	ピッチ		
3SB1	H -294×200×8×12	M20	3×1	60	GPL- 9	PL- 9



符号	鉄骨サイズ	径	フランジ 継手			ウェブ 継手		
			ボルト	外添板寸法	内添板寸法	ボルト	ピッチ	添板寸法
2G1	H -340×250×9×14	M22	3×2	12×250×410	12×100×410	3×1	60	9×170×200
1G1	H -340×250×9×14	M22	3×2	12×250×410	12×100×410	3×1	60	9×170×200

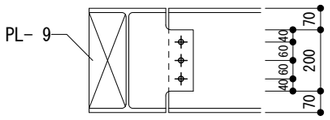


フランジ



ウェブ

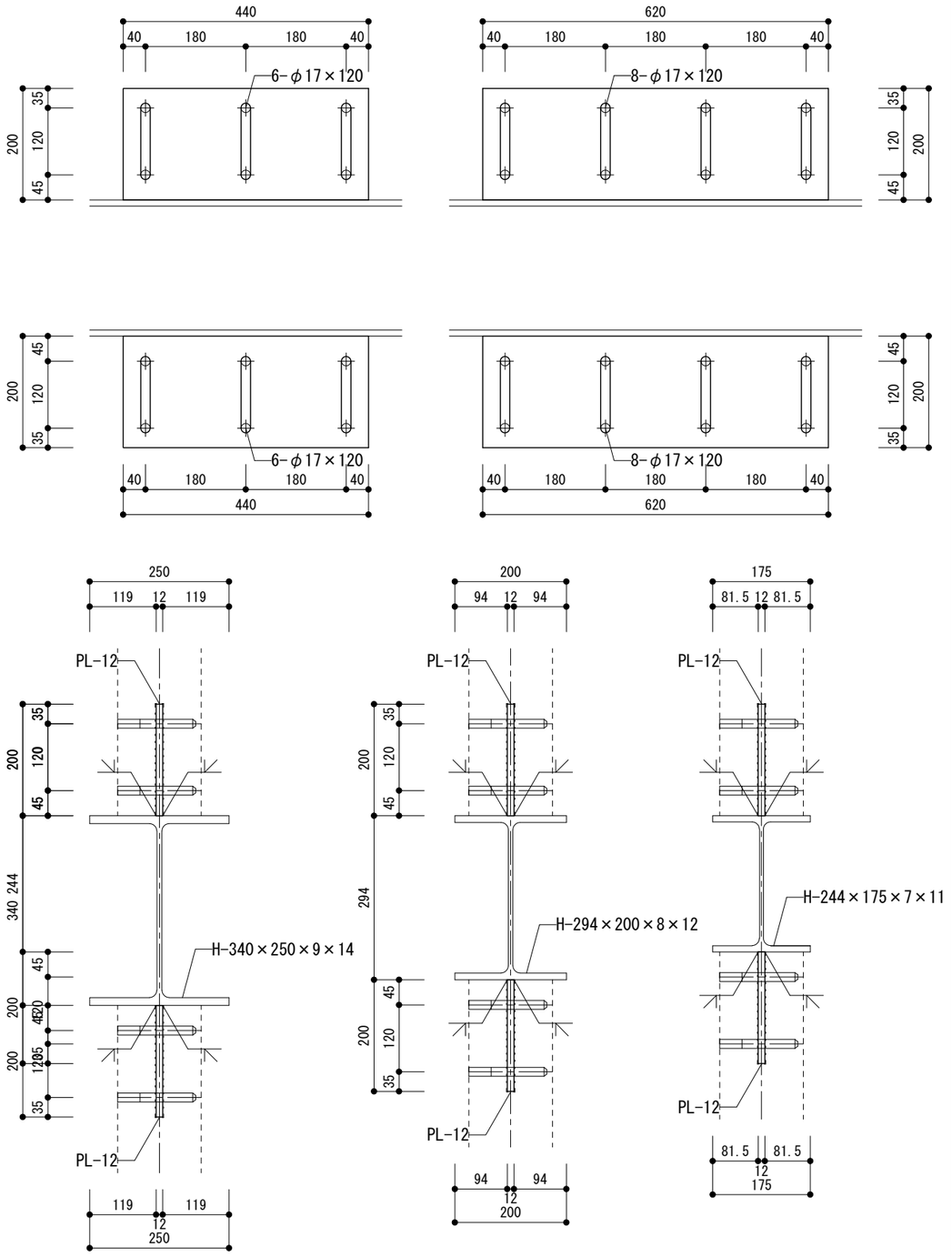
符号	鉄骨サイズ	H.T.B.			ガセット	スチフナ
		径	ボルト	ピッチ		
2SB1	H -340×250×9×14	M22	3×1	60	GPL- 9	PL- 9
1SB1	H -340×250×9×14	M22	3×1	60	GPL- 9	PL- 9

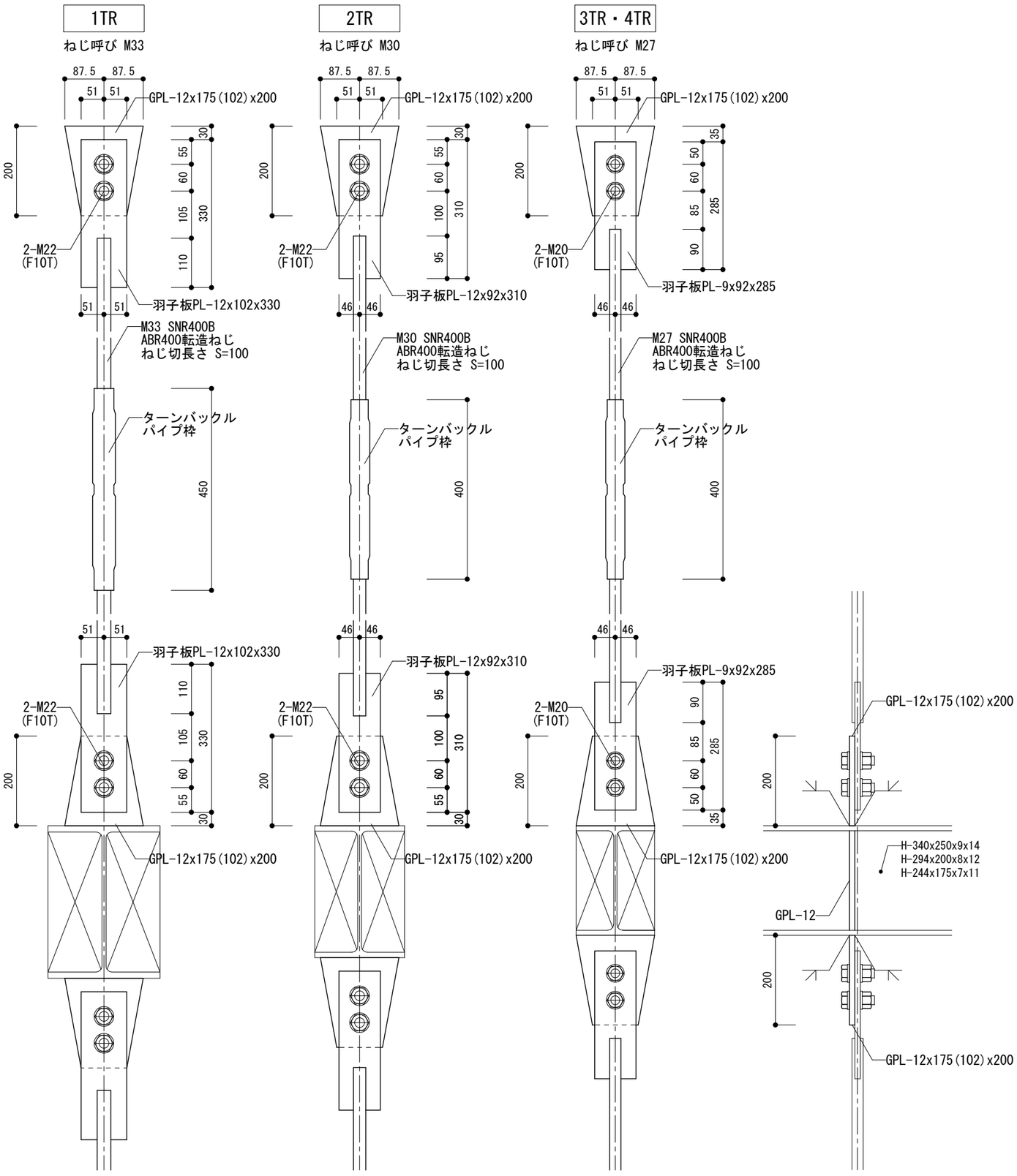


	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	部材リスト	1/20	21.02.15	S-12

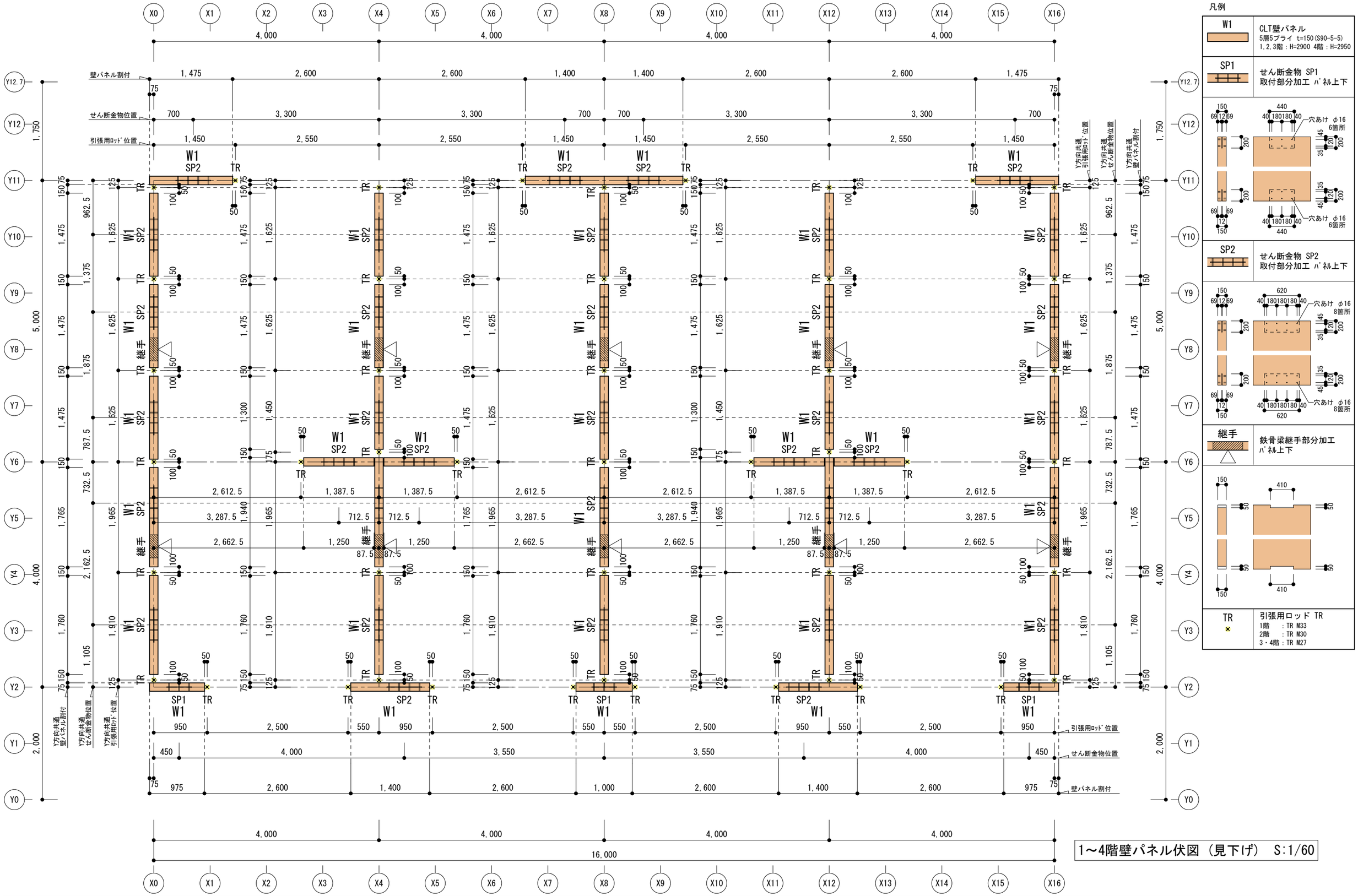
SP1
GPL-12,6-DP16
・2～4階はフランジ上下に取付
・1階はフランジ上に取付
・R階はフランジ下に取付

SP2
GPL-12,8-DP16
・2～4階はフランジ上下に取付
・1階はフランジ上に取付
・R階はフランジ下に取付





	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	雑詳細図	1/10	21.02.15	S-13



凡例

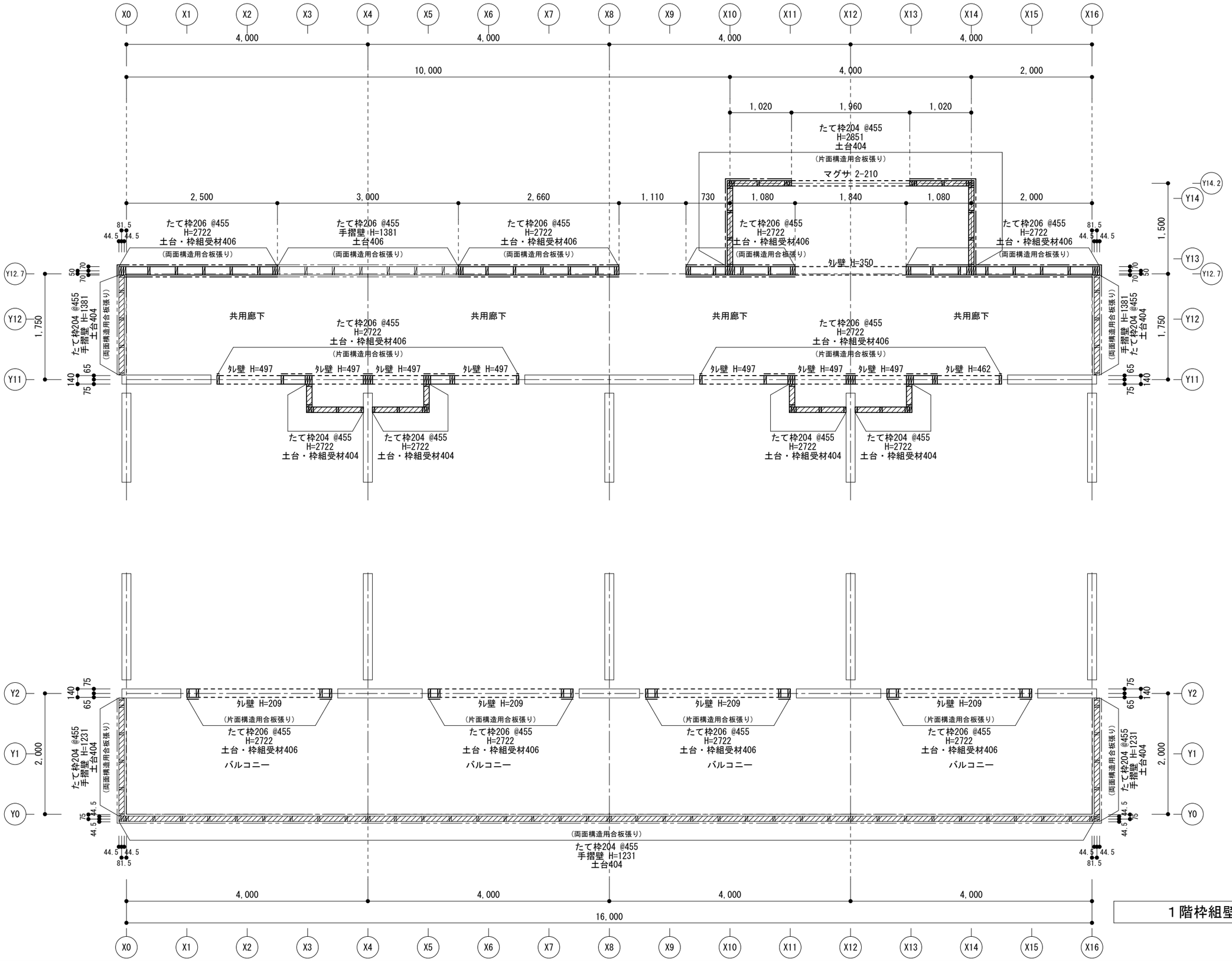
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150(S90-5-5) 1,2,3階：H=2900 4階：H=2950
SP1	せん断金物 SP1 取付部分加工 ﾊﾟﾈﾙ上下
SP2	せん断金物 SP2 取付部分加工 ﾊﾟﾈﾙ上下
継手	鉄骨梁継手部分加工 ﾊﾟﾈﾙ上下
TR	引張用ロッド TR 1階　：TR M33 2階　：TR M30 3・4階：TR M27

1～4階壁パネル伏図（見下げ） S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	1～4階壁パネル伏図	1/60	21.02.15	S-14

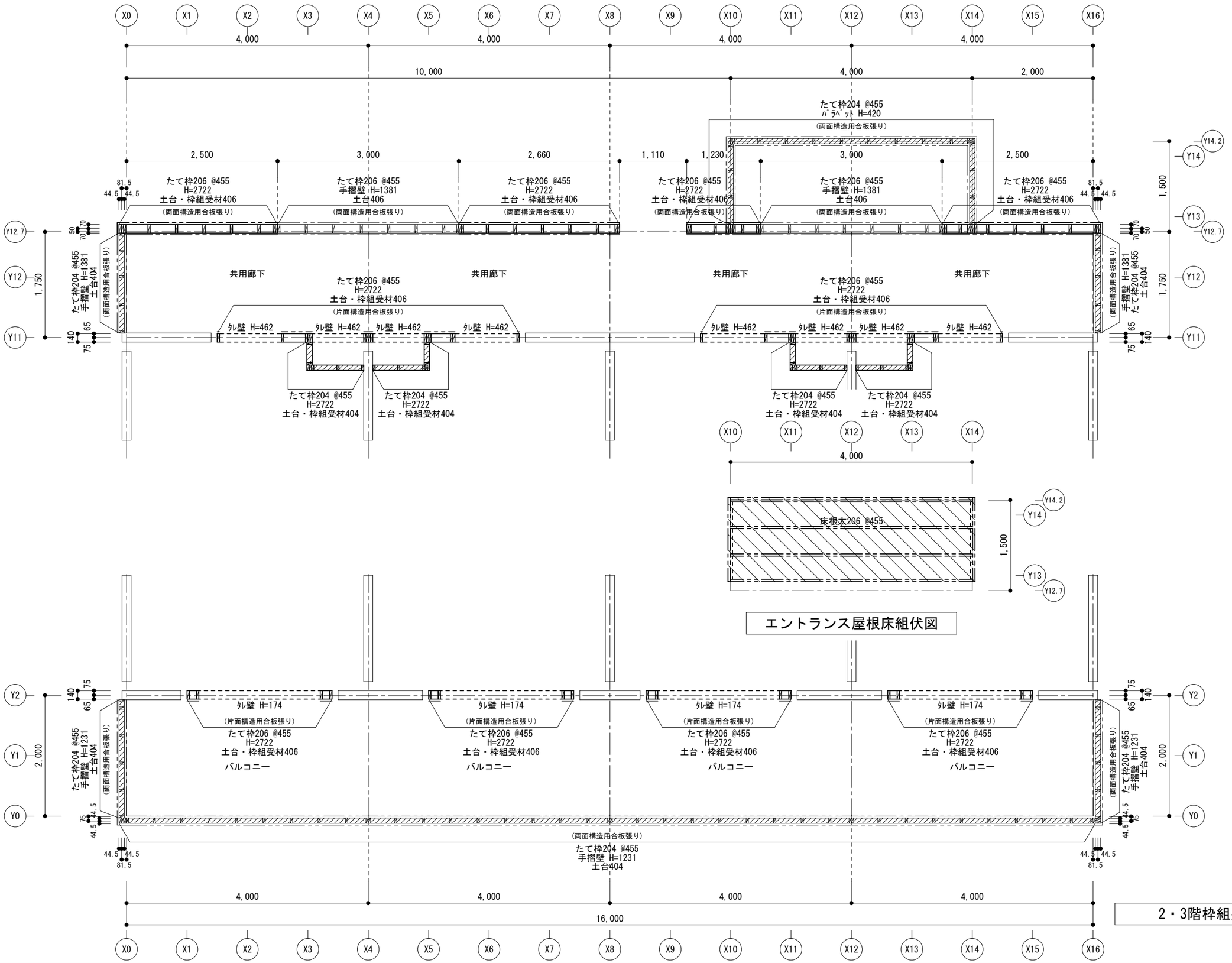
凡例

	枠組壁 たて枠206 @455 S.P.F 2級 土台・枠組受材406 Hem-Fir 2級
	枠組壁 たて枠204 @455 S.P.F 2級 土台・枠組受材404 Hem-Fir 2級
	構造用合板 2級 t=9



1階枠組壁伏図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	4階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	1階枠組壁伏図	1/60	21.02.15	S-15(B)

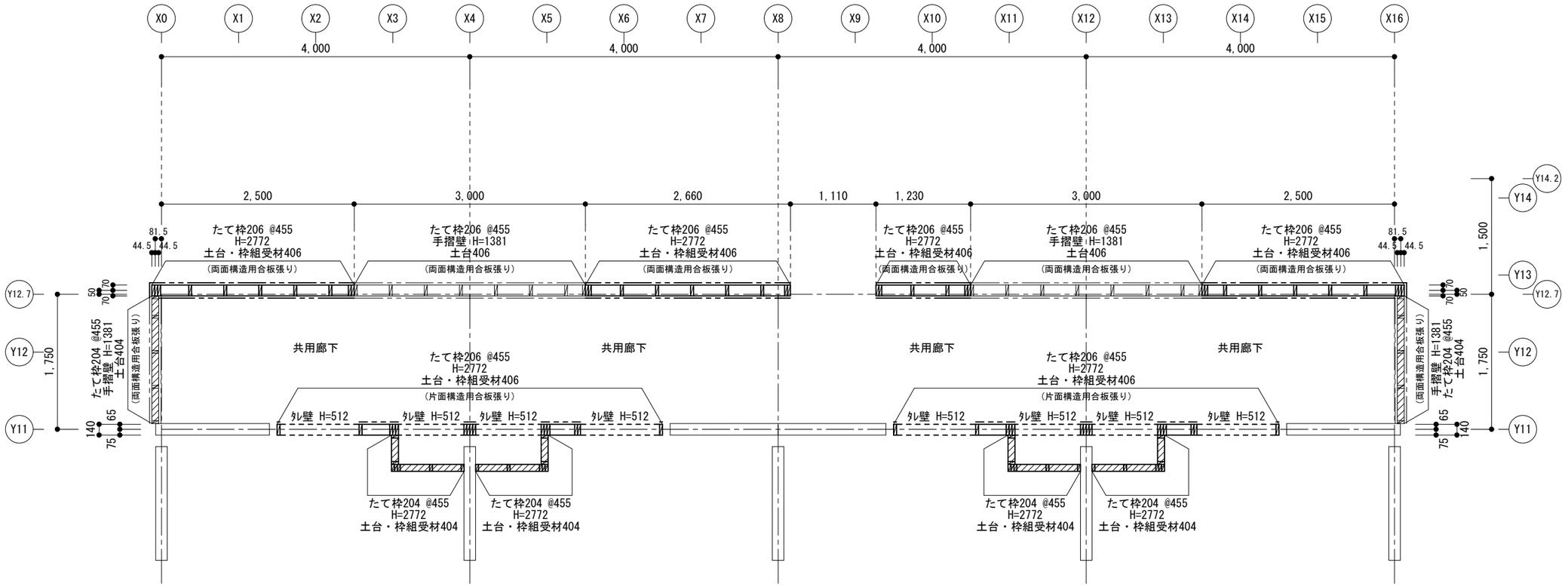


凡例

	枠組壁 たて枠206 @455 S.P.F 2級 土台・枠組受材406 Hem-Fir 2級
	枠組壁 たて枠204 @455 S.P.F 2級 土台・枠組受材404 Hem-Fir 2級
	構造用合板 2級 t=9
	エントランス屋根部分 床根太206 @455 S.P.F 2級
	構造用合板 2級 t=15 （さね加工）

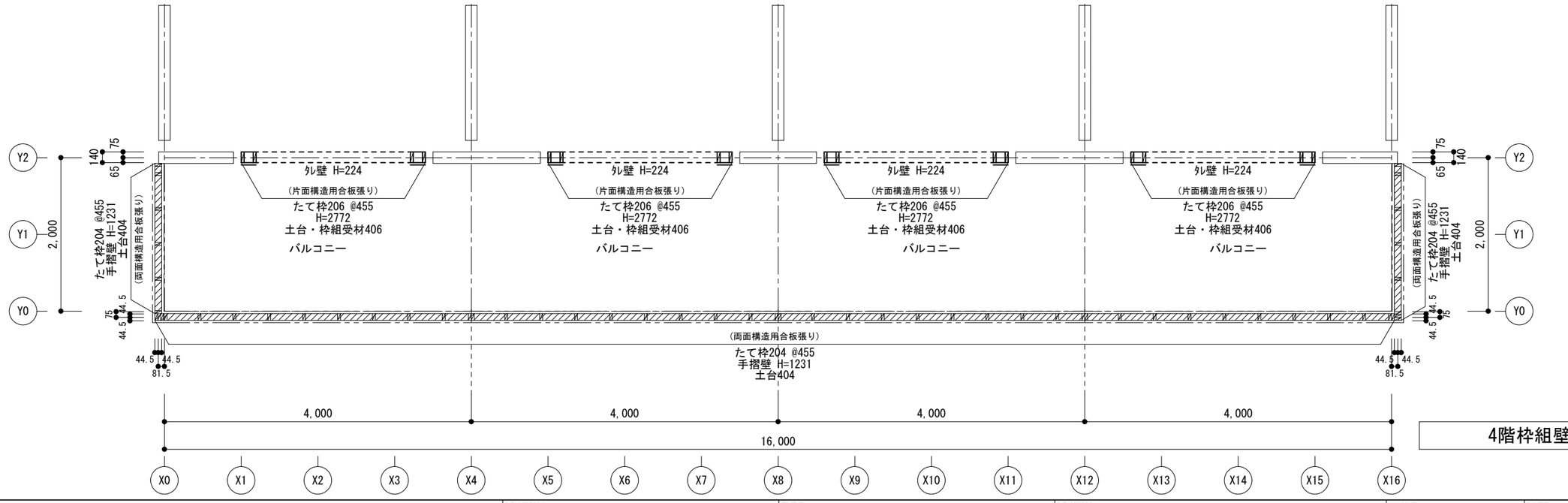
2・3階枠組壁伏図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	2・3階枠組壁伏図	1/60	21.02.15	S-16(B)



凡例

	枠組壁 たて枠206 @455 S.P.F 2級 土台・枠組受材406 Hem-Fir 2級
	枠組壁 たて枠204 @455 S.P.F 2級 土台・枠組受材404 Hem-Fir 2級
	構造用合板 2級 t=9

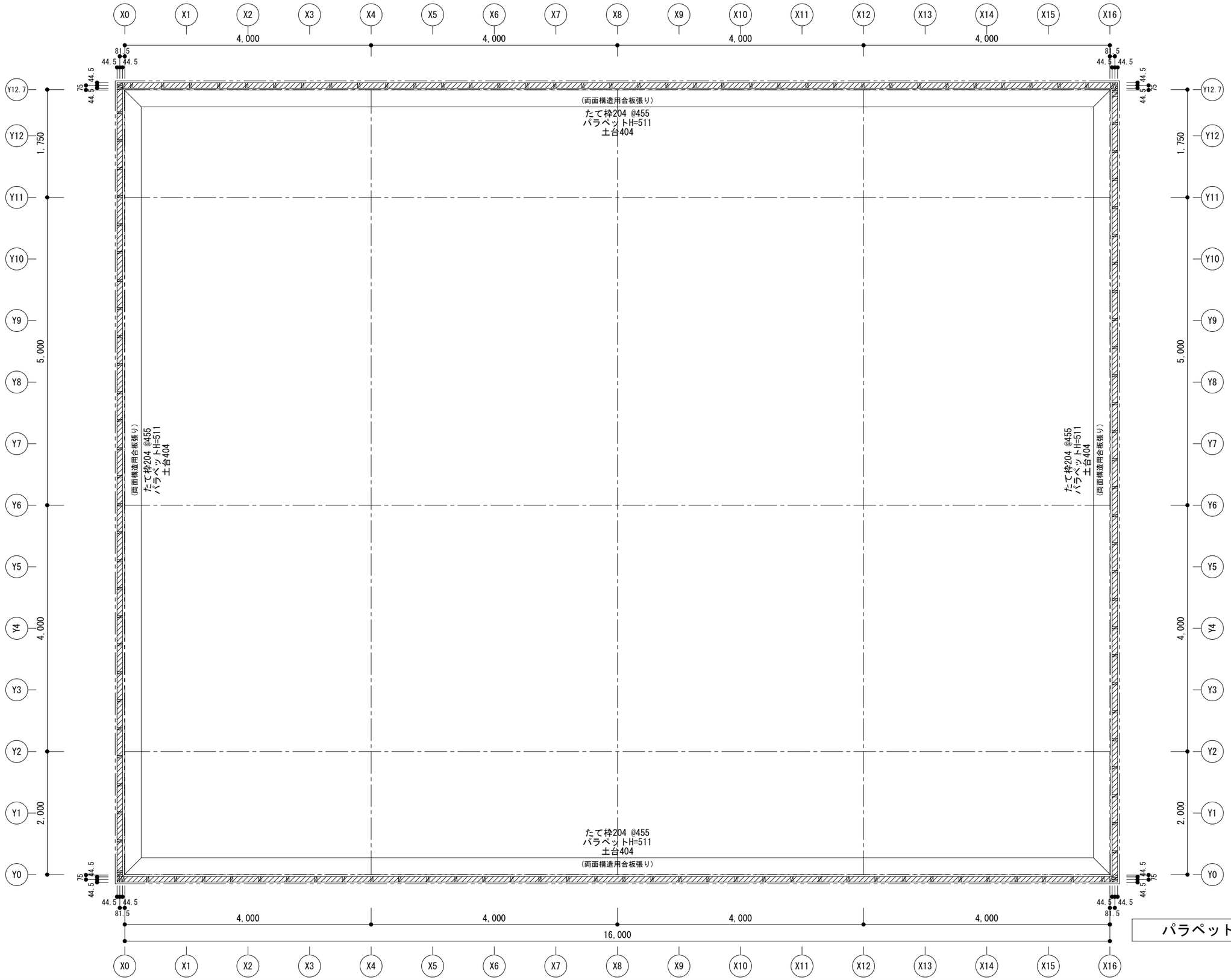


4階枠組壁伏図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	4階枠組壁伏図	1/60	21.02.15	S-17(B)

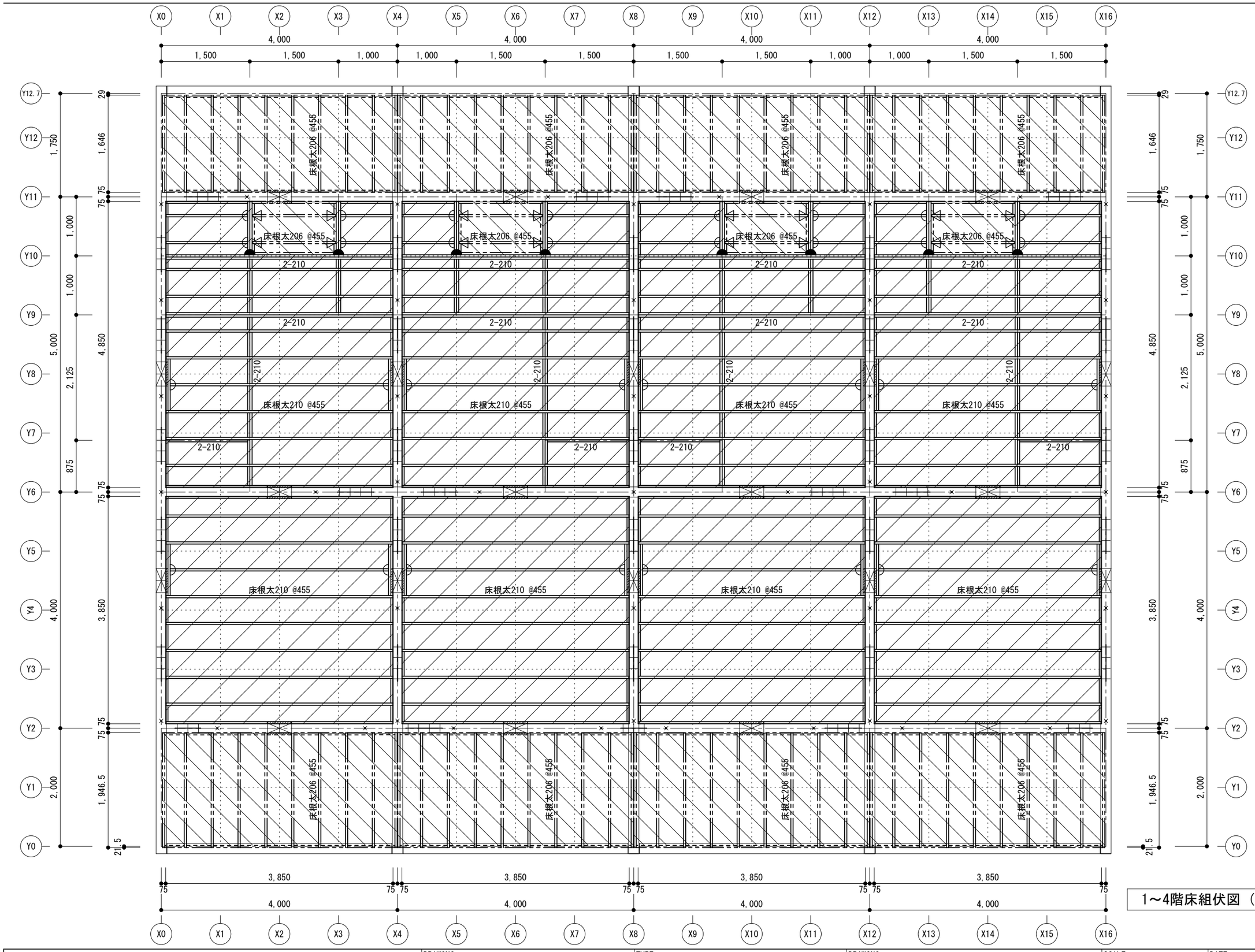
凡例

	枠組壁 たて枠204 @455 S.P.F 2級 土台404 Hem-Fir 2級
	構造用合板 2級 t=9



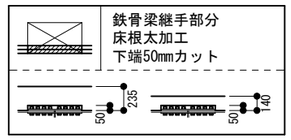
パラペット枠組壁伏図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	パラペット枠組壁伏図	1/60	21.02.15	S-18(B)



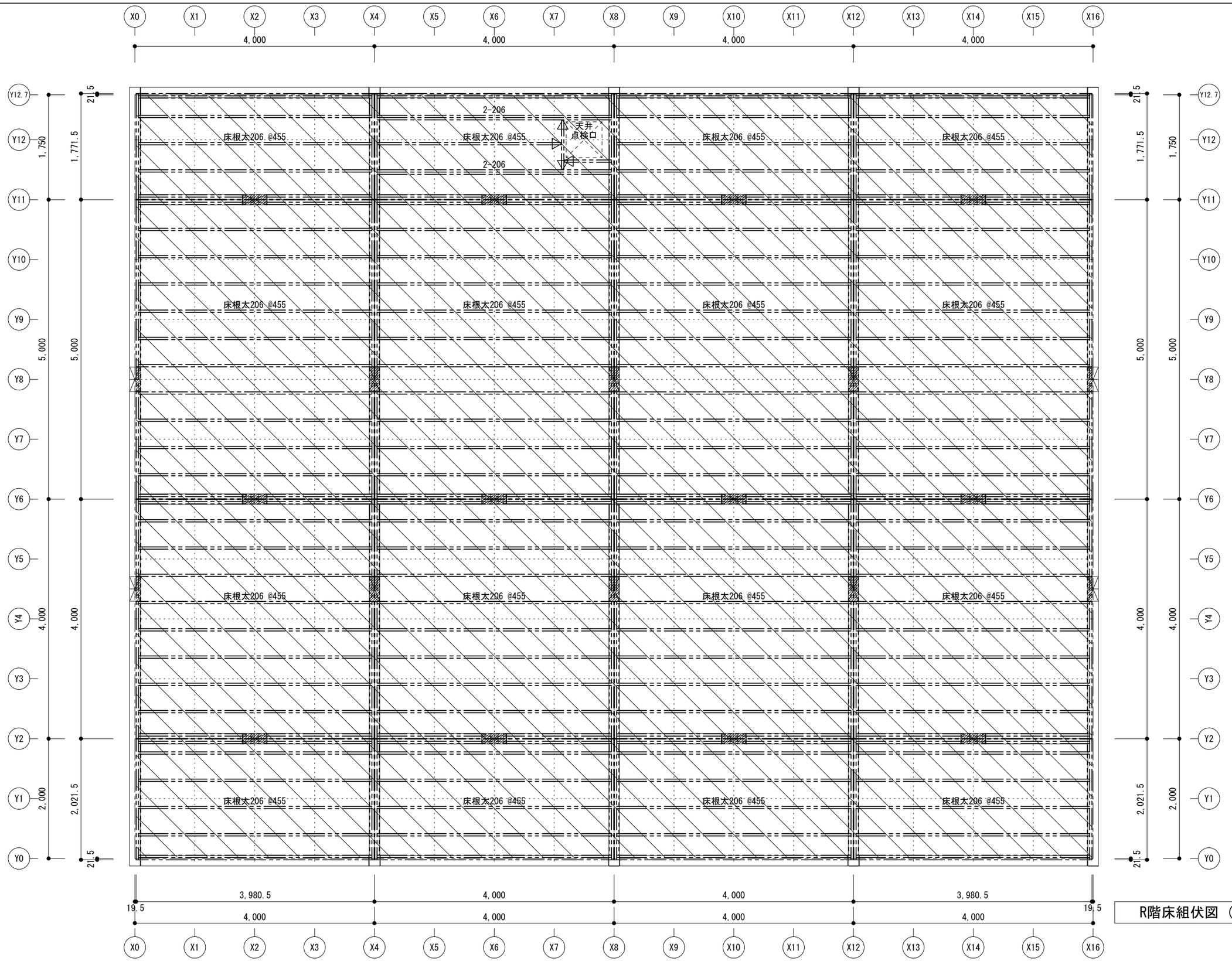
凡例

	住戸部分 床根太210 @455 S.P.F 2級
	廊下・バルコニー部分 床根太206 @455 S.P.F 2級
	BH2-210
	JH210
	JH206
	構造用合板 2級 t=15 （さね加工） 天端：SL+250
	構造用合板 2級 t=15 （さね加工） 天端：SL+155



1～4階床組伏図（見下げ） S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	1～4階床組伏図	1/60	21.02.15	S-19(B)

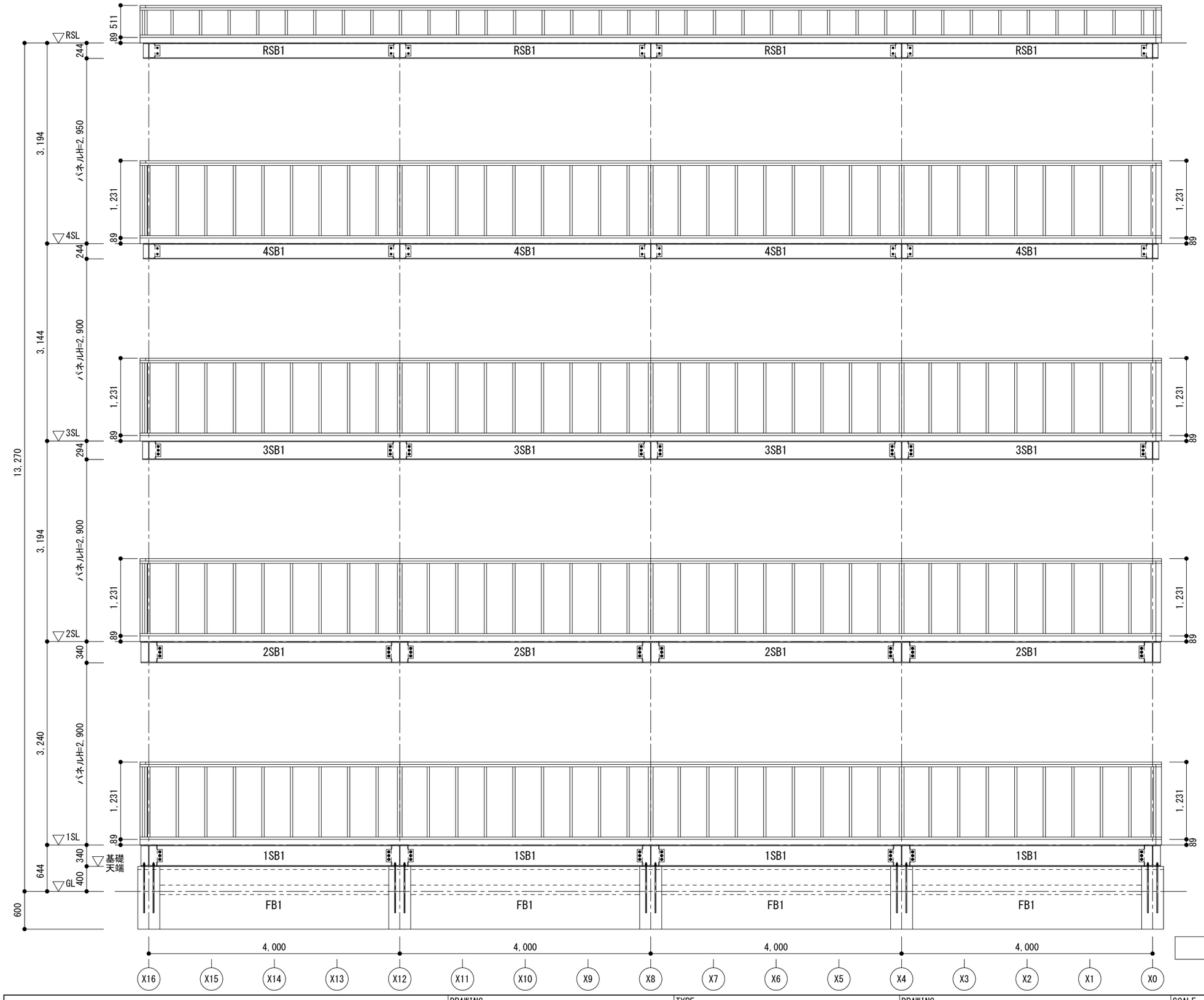


凡例

	屋根部分 床根太206 @455 S.P.F 2級
	JH206
	構造用合板 2級 t=15 （さね加工） 天端：SL+155
	鉄骨梁継手部分 床根太加工 下端50mmカット

R階床組伏図（見下げ） S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	R階床組伏図	1/60	21.02.15	S-20(B)



鉄骨部材リスト

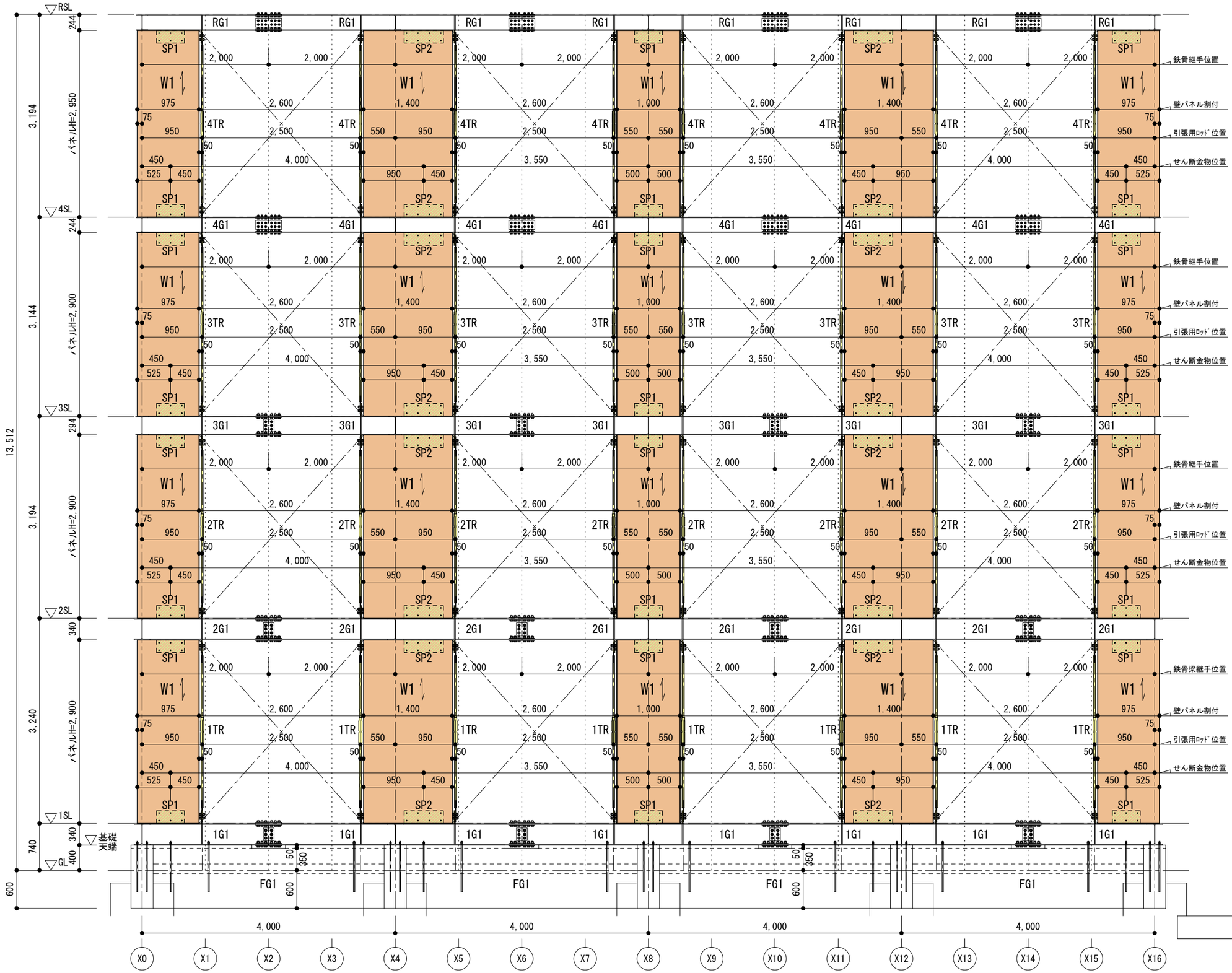
符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

枠組壁部材リスト

部　位	部　材
たて枠	204 S.P.F 2級
上枠・下枠	204 S.P.F 2級
土　台	404 Hem-Fir 2級
上張り面材	構造用合板 2級 t=9

Y0通り軸組図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(1)【Y0通り】	1/60	21.02.15	【木部：枠組壁工法】 S-21(B)



Y2通り軸組図　S:1/60

鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

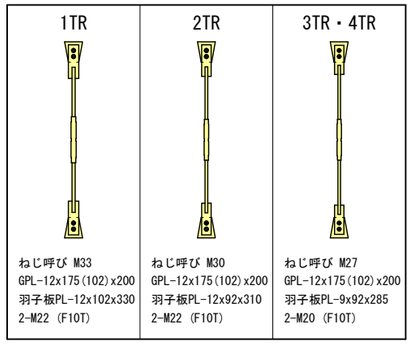
CLT部材リスト

符号	部　材
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150 規格：S90-5-5
⟷	最外層ラミナ方向

せん断金物凡例

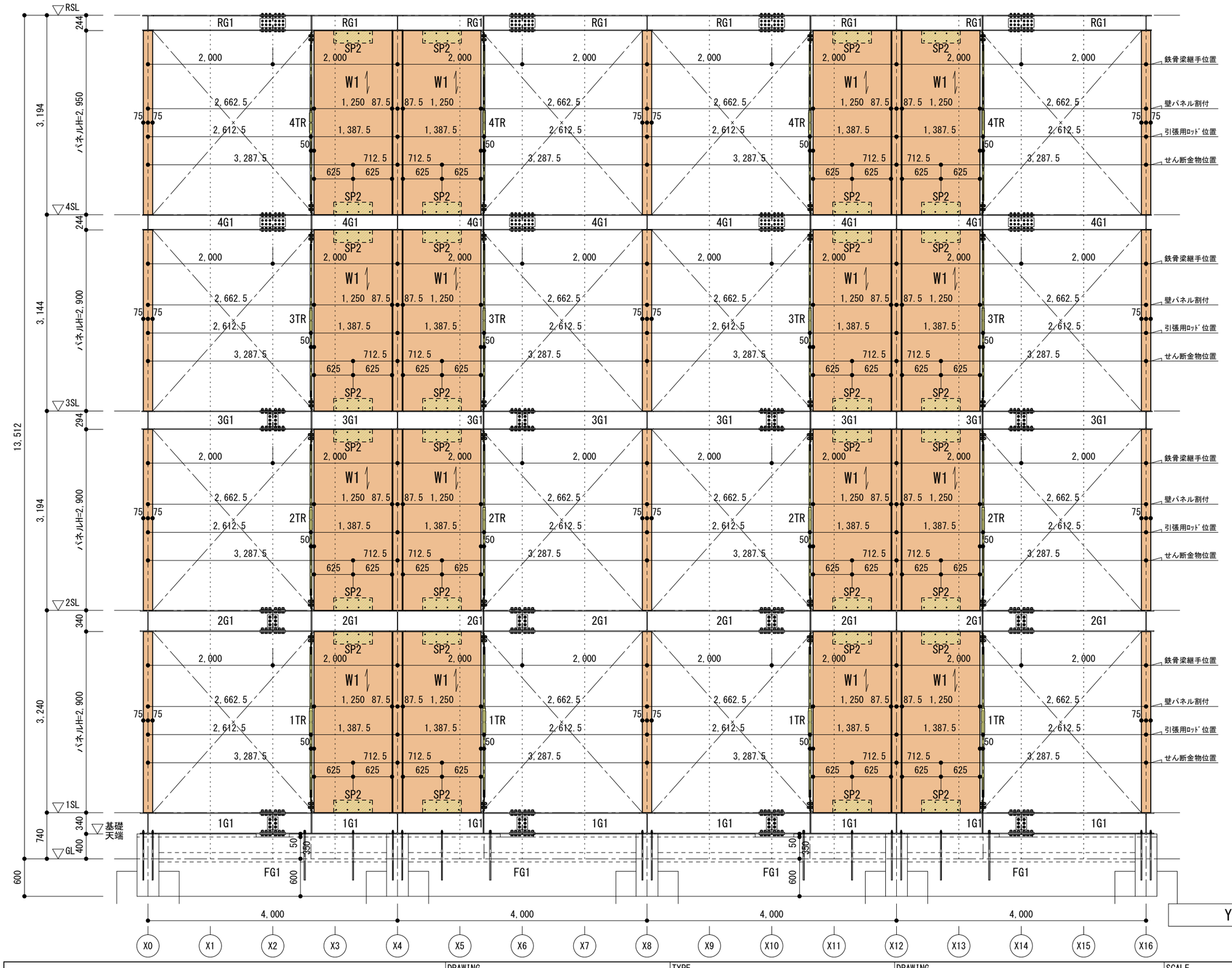
SP1	せん断金物 SP1 GPL-12,6-DP16
SP2	せん断金物 SP2 GPL-12,8-DP16

引張用ロッド凡例



1TR	2TR	3TR・4TR
ねじ呼び M33 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-12x102x330 2-M22 (F10T)	ねじ呼び M30 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-12x92x310 2-M22 (F10T)	ねじ呼び M27 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-9x92x285 2-M20 (F10T)

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(2)【Y2通り】	1/60	21.02.15	S-22



Y6通り軸組図　S:1/60

鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

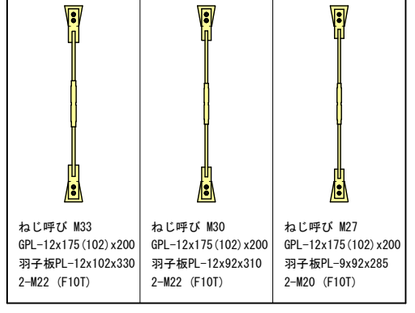
CLT部材リスト

符号	部　材
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150 規格：S90-5-5
⟷	最外層ラミナ方向

せん断金物凡例

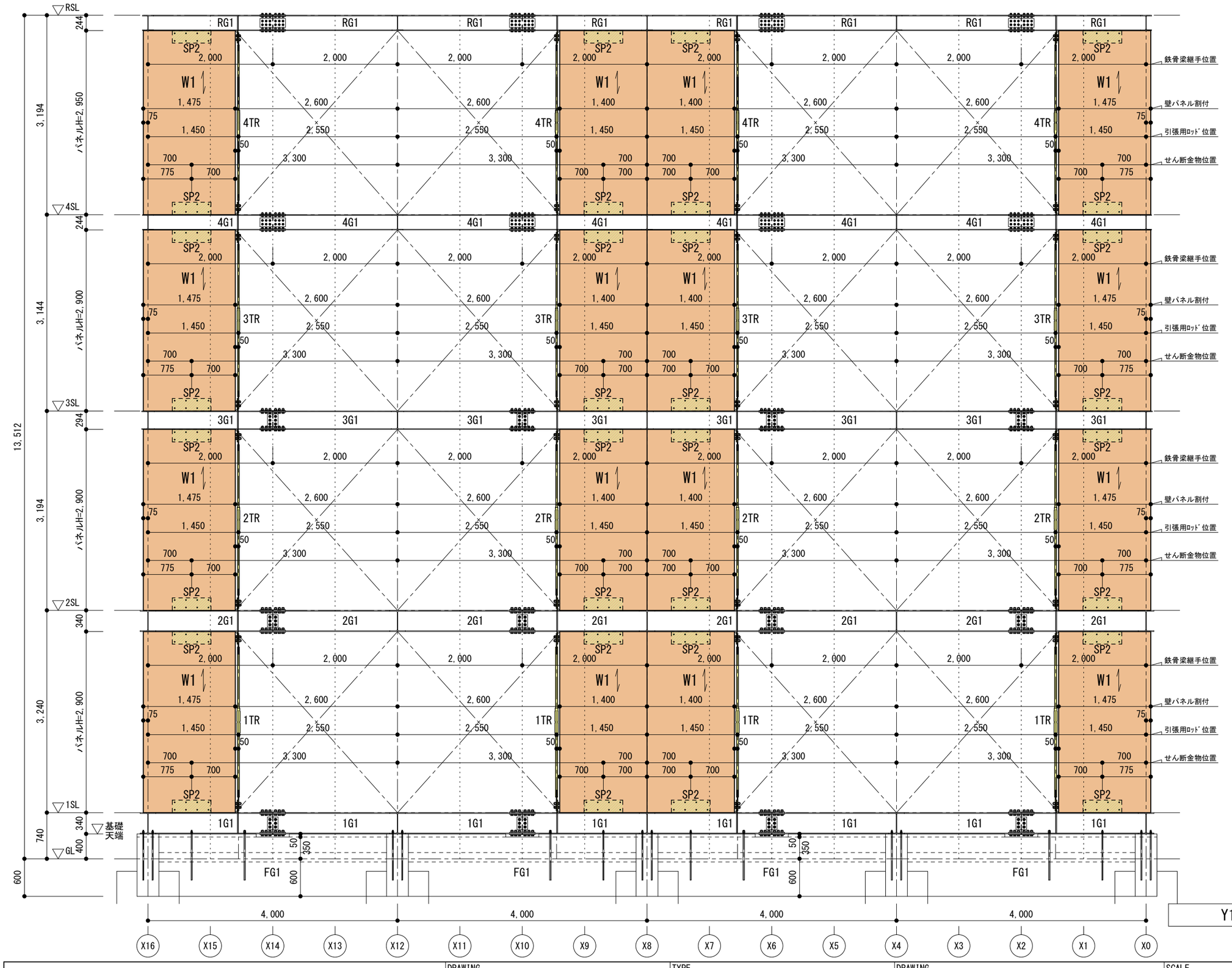
SP1	せん断金物 SP1 GPL-12,6-DP16
SP2	せん断金物 SP2 GPL-12,8-DP16

引張用ロッド凡例



1TR	2TR	3TR・4TR
ねじ呼び M33	ねじ呼び M30	ねじ呼び M27
GPL-12x175(102)x200	GPL-12x175(102)x200	GPL-12x175(102)x200
羽子板PL-12x102x330	羽子板PL-12x92x310	羽子板PL-9x92x285
2-M22 (F10T)	2-M22 (F10T)	2-M20 (F10T)

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(3)【Y6通り】	1/60	21.02.15	S-23



Y11通り軸組図　S:1/60

鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

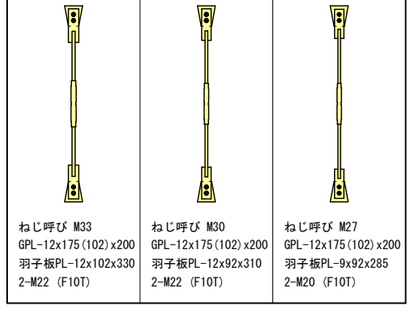
CLT部材リスト

符号	部　材
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150 規格：S90-5-5
⟷	最外層ラミナ方向

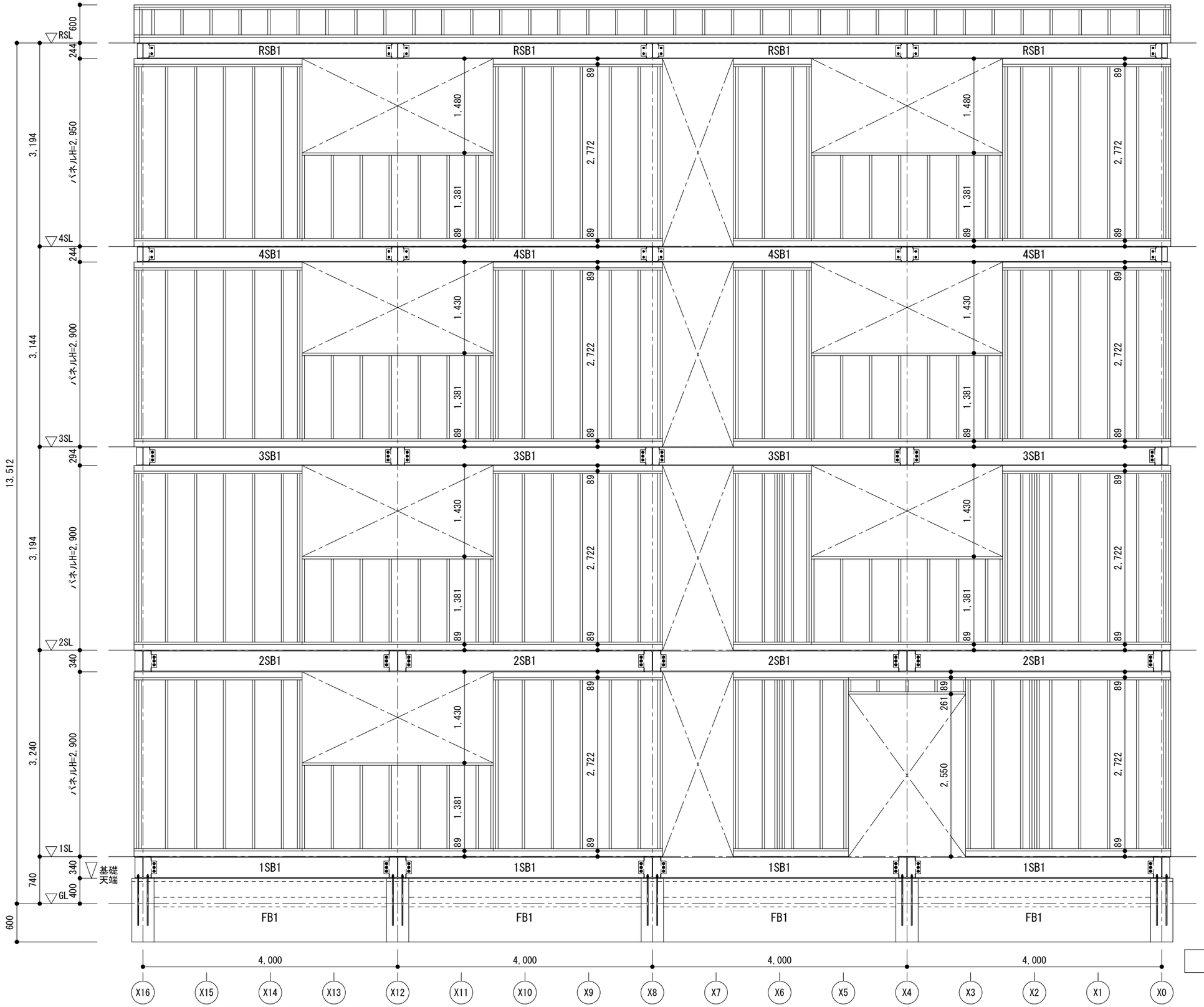
せん断金物凡例

SP1	せん断金物 SP1 GPL-12,6-DP16
SP2	せん断金物 SP2 GPL-12,8-DP16

引張用ロッド凡例



	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(4)【Y11通り】	1/60	21.02.15	S-24



Y12.7通り軸組図　S:1/60

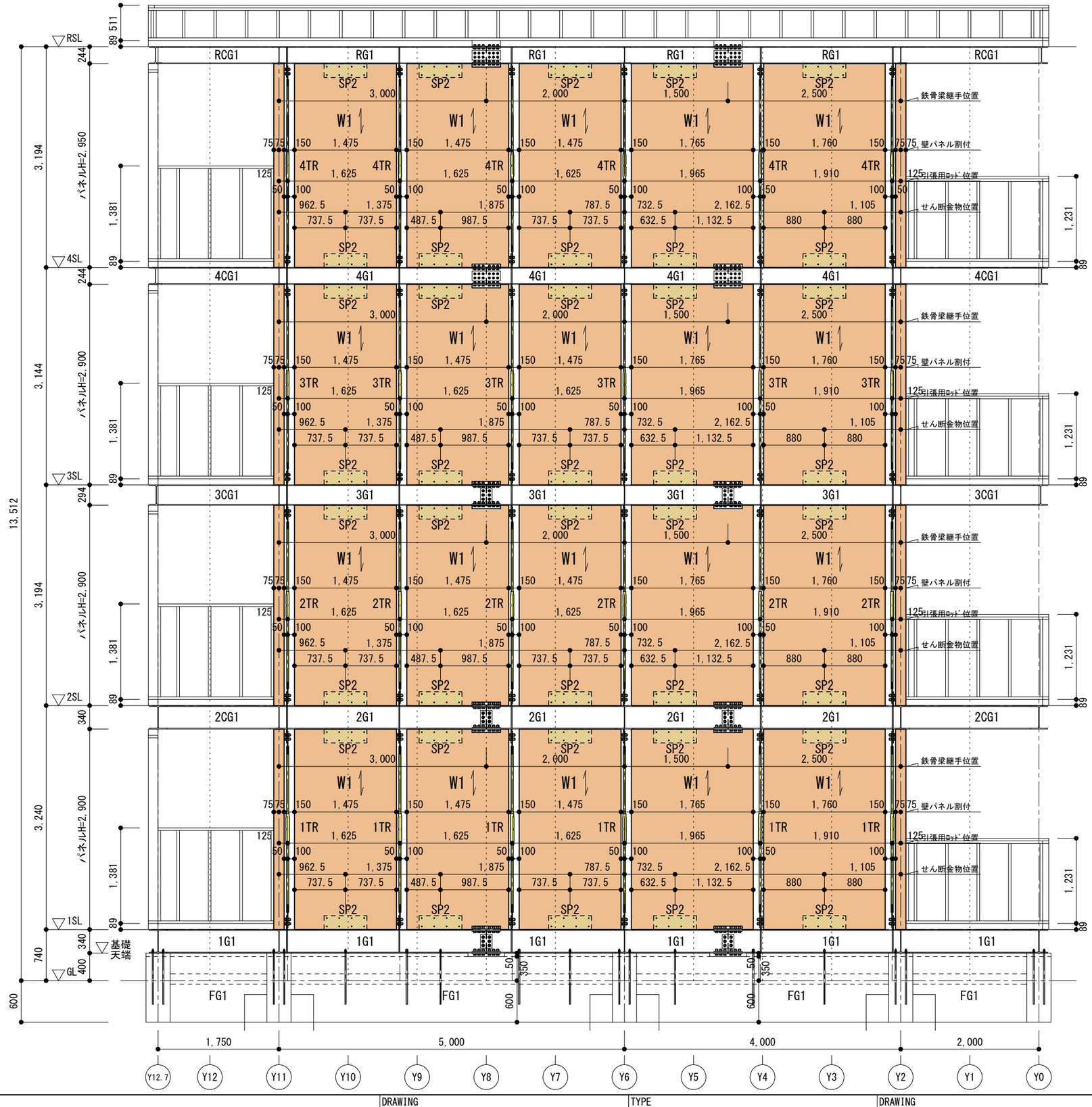
鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

枠組壁部材リスト

部　位	部　材
たて枠	206 S.P.F 2級
上枠・下枠	206 S.P.F 2級
土台・枠組受材	404 Hem-Fir 2級
上張り面材	構造用合板 2級 t=9

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(5)【Y12.7通り】	1/60	21.02.15	S-25(B)



鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

CLT部材リスト

符号	部　材
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150 規格：S90-5-5
⟵⟶	最外層ラミナ方向

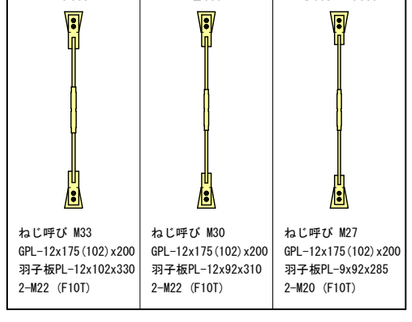
枠組壁部材リスト

部　位	部　材
たて枠	204 S.P.F 2級
上枠・下枠	204 S.P.F 2級
土　台	404 Hem-Fir 2級
上張り面材	構造用合板 2級 t=9

せん断金物凡例

SP1	せん断金物 SP1 GPL-12,6-DP16
SP2	せん断金物 SP2 GPL-12,8-DP16

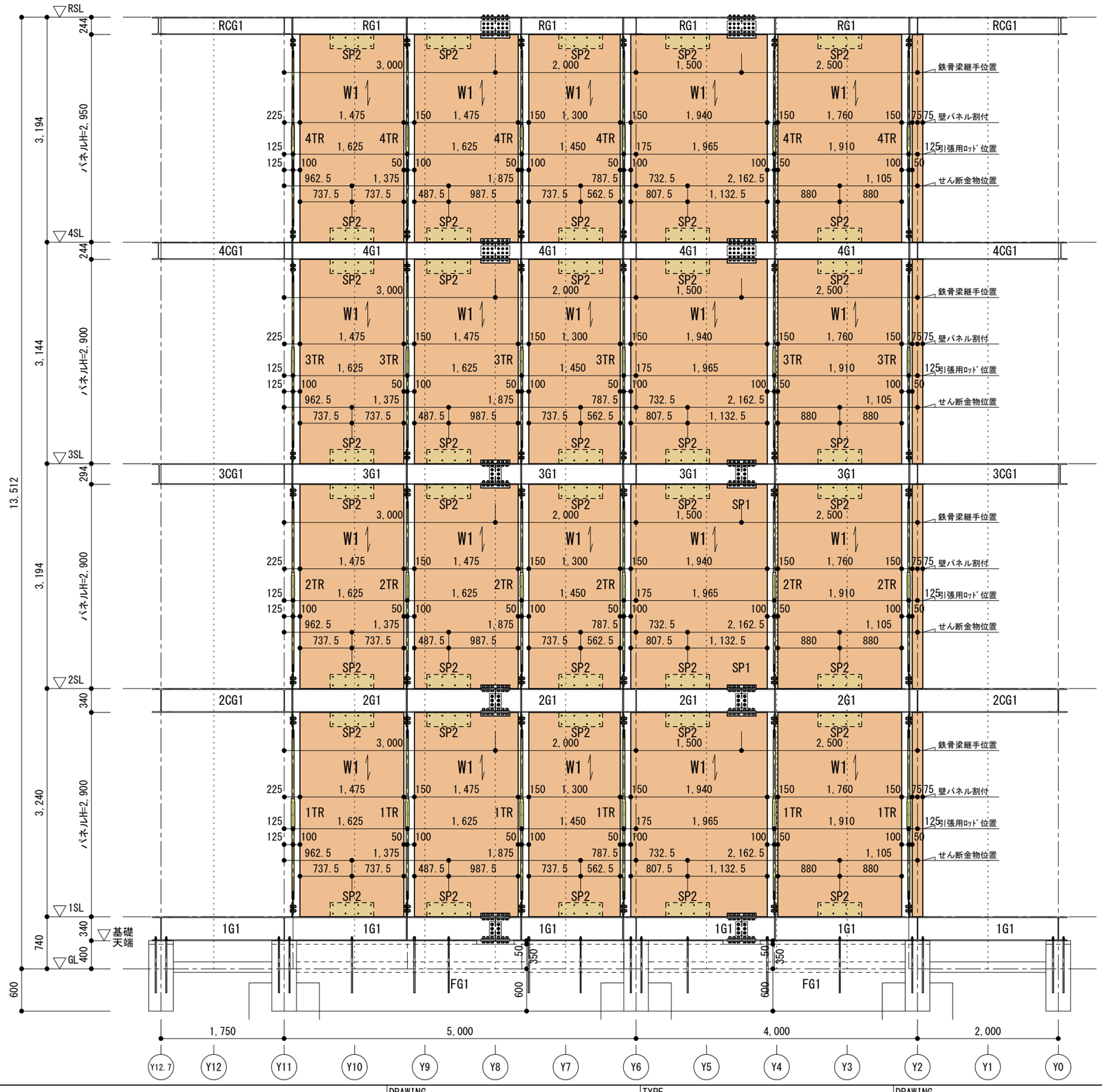
引張用ロッド凡例



X0通り軸組図　S:1/60

X16通り軸組図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(6)【X0・X16通り】	1/60	21.02.15	S-26(B)



鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

CLT部材リスト

符号	部　材
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150 規格：S90-5-5
⟵	最外層ラミナ方向

せん断金物凡例

SP1	せん断金物 SP1 GPL-12,6-DP16
SP2	せん断金物 SP2 GPL-12,8-DP16

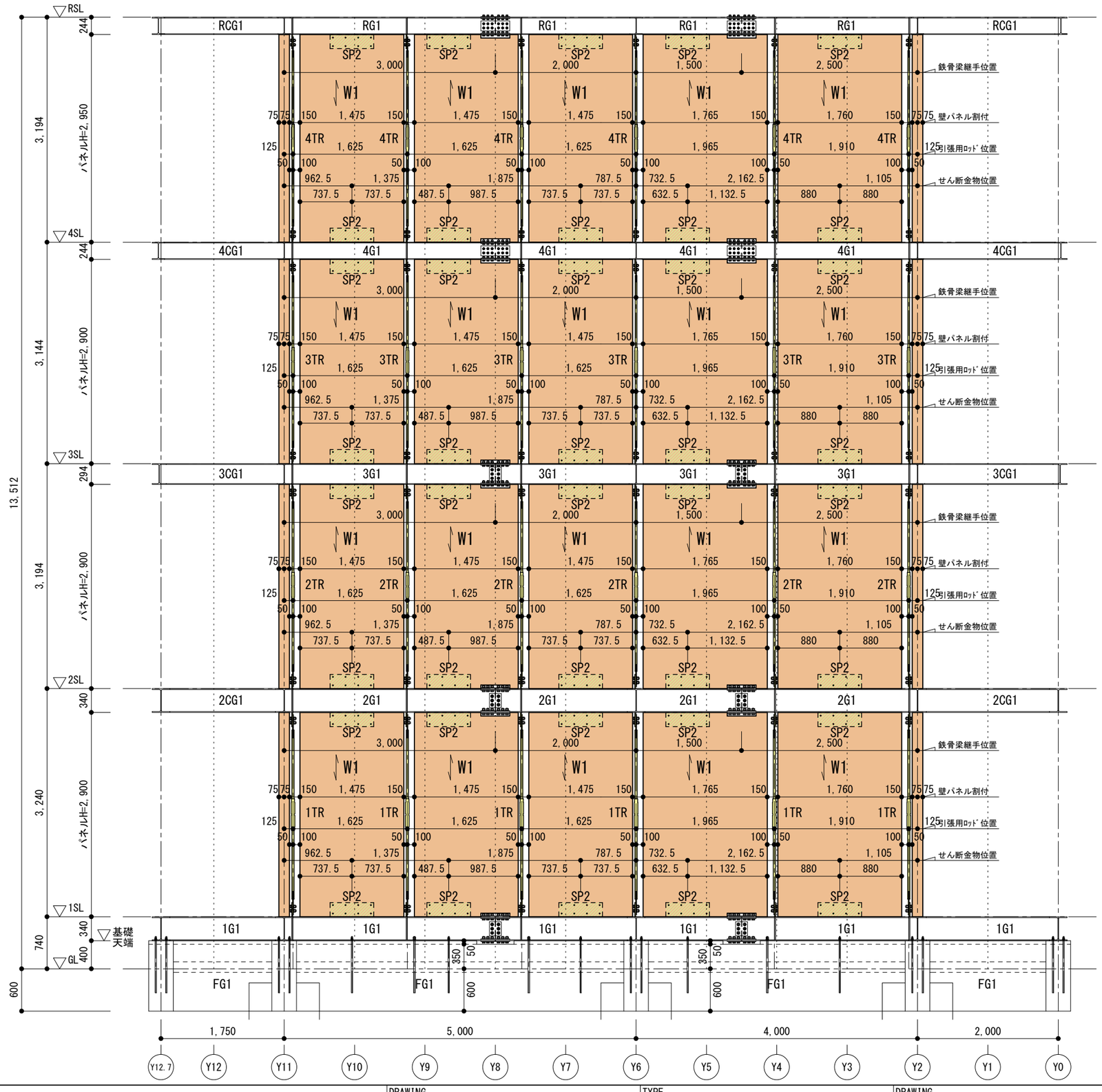
引張用ロッド凡例

1TR	2TR	3TR・4TR
ねじ呼び M33 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-12x102x330 2-M22 (F10T)	ねじ呼び M30 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-12x92x310 2-M22 (F10T)	ねじ呼び M27 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-9x92x285 2-M20 (F10T)

X4通り軸組図　S:1/60

X12通り軸組図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(7)【X4・12通り】	1/60	21.02.15	S-27



鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

CLT部材リスト

符号	部　材
W1	CLT壁パネル 5層5プライ t=150 規格：S90-5-5
⟷	最外層ラミナ方向

せん断金物凡例

SP1	せん断金物 SP1 GPL-12,6-DP16
SP2	せん断金物 SP2 GPL-12,8-DP16

引張用ロッド凡例

1TR	2TR	3TR・4TR
ねじ呼び M33 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-12x102x330 2-M22 (F10T)	ねじ呼び M30 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-12x92x310 2-M22 (F10T)	ねじ呼び M27 GPL-12x175(102)x200 羽子板PL-9x92x285 2-M20 (F10T)

X8通り軸組図　S:1/60

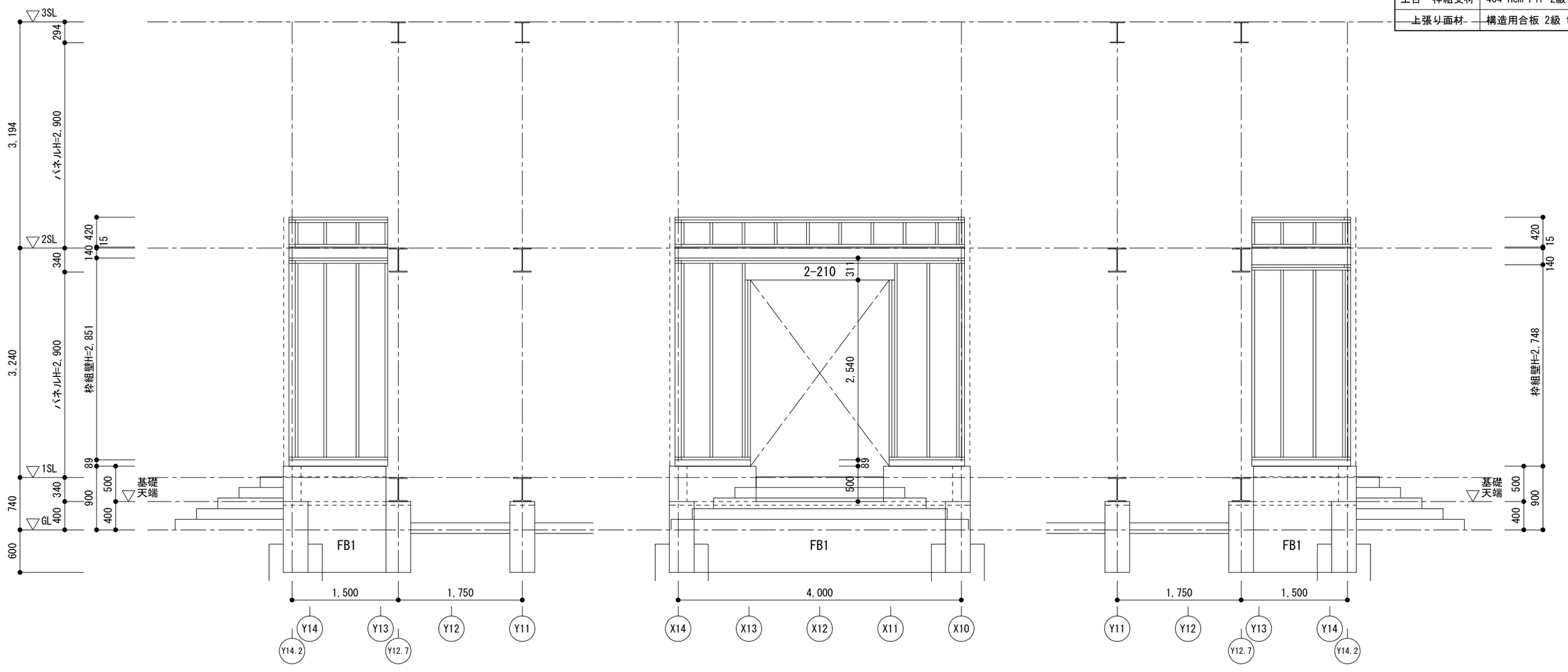
	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(8)【X8通り】	1/60	21.02.15	S-28

鉄骨部材リスト

符号	部　材
RG1・RCG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
4G1・4CG1	H-244x175x7x11 (SN400B)
3G1・3CG1	H-294x200x8x12 (SN400B)
2G1・2CG1	H-340x250x9x14 (SN400B)
1G1	H-340x250x9x14 (SN400B)
RSB1	H-244x175x7x11 (SS400)
4SB1	H-244x175x7x11 (SS400)
3SB1	H-294x200x8x12 (SS400)
2SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
1SB1	H-340x250x9x14 (SS400)
HV1	1-M16 JIS規格品(ﾀｰﾝﾊﾞｯｸﾙ)

枠組壁部材リスト

部　位	部　材
たて枠	204 S.P.F 2級
上枠・下枠	204 S.P.F 2級
土台・枠組受材	404 Hem-Fir 2級
上張り面材	構造用合板 2級 t=9



X10通り軸組図　S:1/60

Y14.2通り軸組図　S:1/60

X14通り軸組図　S:1/60

	DRAWING	TYPE	DRAWING	SCALE	DATE	NO【木部：枠組壁工法】
	４階建て共同住宅	ＣＬＴ壁 ＋ 鉄骨梁	軸組図(9)【エントランス廻り】	1/60	21.02.15	S-29(B)

参考 3　接合部実験の解析的検討

最大耐力

CLT の引張強度とせん断強度

CLT の引張強度 F_t（N/mm^2）には、告示等に示されているラミナの強度を用いた導出法[1)]より、次式を用いた。

$$F_t = \sigma_{t,oml} \cdot \frac{A_A}{A_0} \quad (1)$$

$\sigma_{t,oml}$ はラミナの引張基準強度（N/mm^2）、A_A は CLT の繊維に平行する方向の断面積（mm^2）、A_0 は CLT の断面積（mm^2）である。

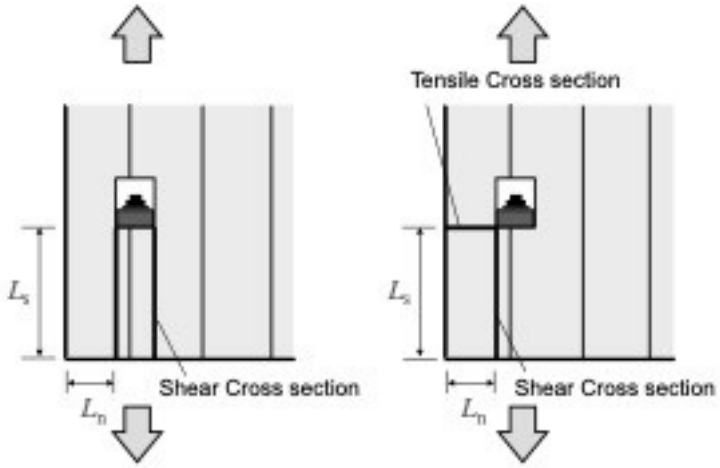
CLT のせん断強度 F_s（N/mm^2）は、告示の式[1)]をもとに、ばらつきの影響を考慮した低減を除き、次式で表した。

$$F_S = \min\left(f_{v,lam}, \frac{t_{net}}{t_{gross}} f_{v,lam,90}, \frac{b\,n_{ca}}{2t_{gross}} \frac{1}{\frac{1}{f_{v,tor}}\left(1\frac{1}{m^2}\right) + \frac{2}{f_R}\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^2}\right)}\right) \quad (2)$$

ここで、$f_{v,lam}$ はラミナの繊維方向のせん断強度（N/mm^2）、$f_{v,lam,90}$ はラミナの繊維方向に直交する方向のせん断強度（N/mm^2）、$f_{v,tor}$ はラミナの接着面のねじりせん断強度（N/mm^2）、f_R はローリングシア強度（N/mm2）、t_{gross} は CLT の厚さ（mm）（スリットの幅を除く）、t_{net} は直交するラミナのうち少ない方のラミナの厚さの和（mm）（スリットがある場合はスリットの幅を除く）、n_{ca} は厚さ方向の接着面数、b はラミナ幅（mm）、m はパネルの幅方向にならぶラミナ数である。m については、接合部の高さ h をラミナ幅 b で除した値（ただし 2 以上の整数）とした。

引きボルト接合部

引きボルト接合部の CLT の破壊には、図 1 に示すような破断面を持つ端抜けせん断破壊と集合型せん断破壊を仮定した。



(a)はし抜けせん断破壊面　(b)集合型せん断破壊面

図 1 破断面

ここでは CLT の面内異方性の小ささを考慮し、各モードにおいて、引張面の引張耐力とせん断面のせん断耐力の和を集合型せん断破壊の耐力と仮定した。

破断面における寸法の定義は図の通りである。引張面の断面積 A_t （mm^2）とせん断面の断面積 A_s（mm^2）は次式の通りとした。

$$A_t = L_n \cdot t \tag{3}$$

$$A_s = L_s \cdot t \tag{4}$$

ここで、t は CLT の厚さ（mm）である。図のように仮定した破断面について、はし抜けせん断破壊による最大耐力 P_s（kN）、集合型せん断破壊による最大耐力 P_g（kN）を次式で定義する。

$$P_s = F_s \cdot 2A_s \tag{5}$$

$$P_g = F_t \cdot A_t + F_s \cdot A_s$$

ここで、F_s は CLT の面内せん断強度（N/mm^2）、F_t は CLT の引張強度（N/mm^2）である。上記に、CLT の圧縮強度 F_c（N/mm^2）に座金の投影面積 A_c（mm^2）を乗じて得られる圧縮破壊による最大耐力 P_c（kN）を加え、P_s、P_g および P_c のうちの最小値を CLT が破壊する場合の最大耐力とした。

$$P_{max} = \min(P_s, P_g, P_c) \tag{6}$$

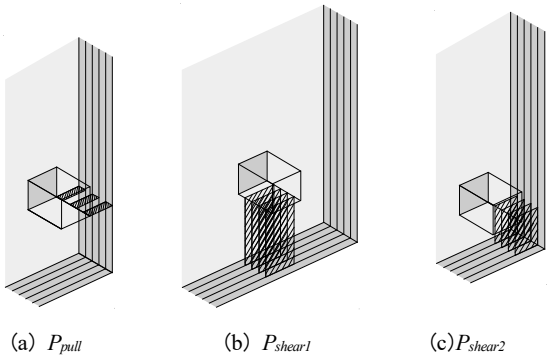


図 2 破壊モード

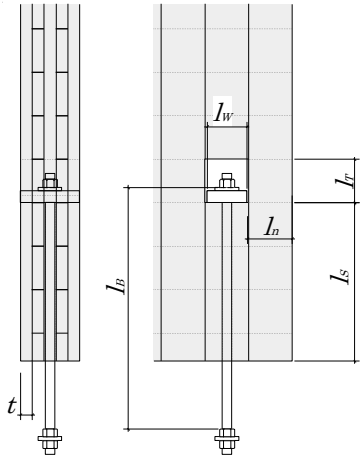


図 3 計算に用いる各部寸法

比較のため、既往の設計式[1)]を示す。図 2, 3 のような仮定を用い式（7）～（10）で最大耐力は計算される。

$$P_{max} = \min(P_{pull}, P_{shear1}, P_{shear2}) \tag{7}$$

$$P_{pull} = l_n \cdot n_{\parallel} \cdot t \cdot F_{\parallel T} \tag{8}$$

$$P_{shear1} = (2F_{go} + (n_{\parallel} + n_{\perp} - 3)F_{gi}) \cdot l_s \cdot l_w \tag{9}$$

$$P_{shear1} = (2F_{go} + (n_{\parallel} + n_{\perp} - 3)F_{gi}) \cdot l_s \cdot l_n \tag{10}$$

ここで、t：ラミナ厚（mm）、$F_{//T}$：ラミナの引張の基準強度、F_{go}：最外層積層接着面のせん断強度、F_{gi}：内層積層接着面のせん断強度、$n_{//}$：平行層ラミナの数、$n_{\perp}$である。

計算値と実験値の比較を図に示す。ここで、実験値には、平均値を用いた。

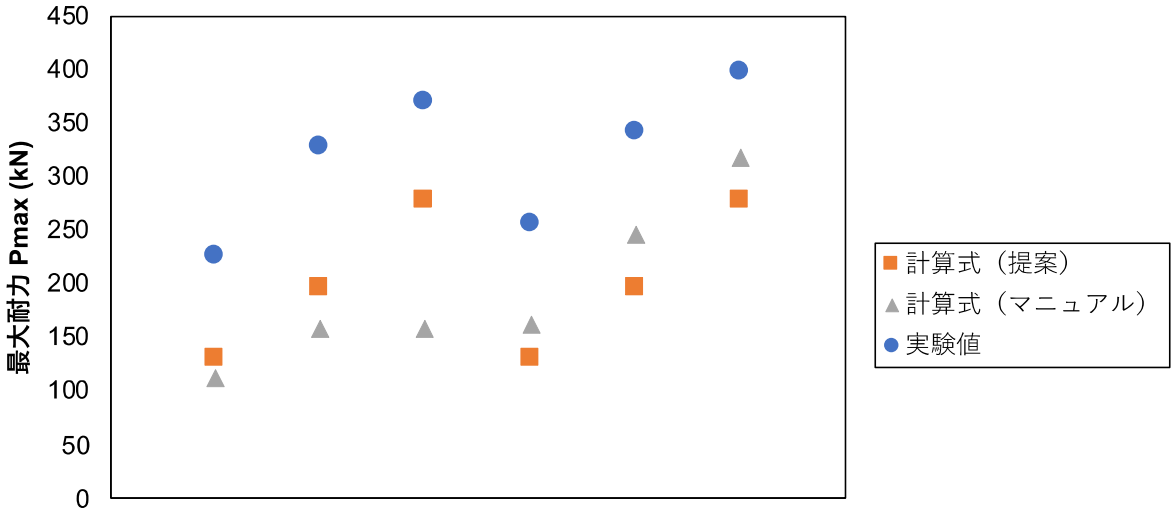
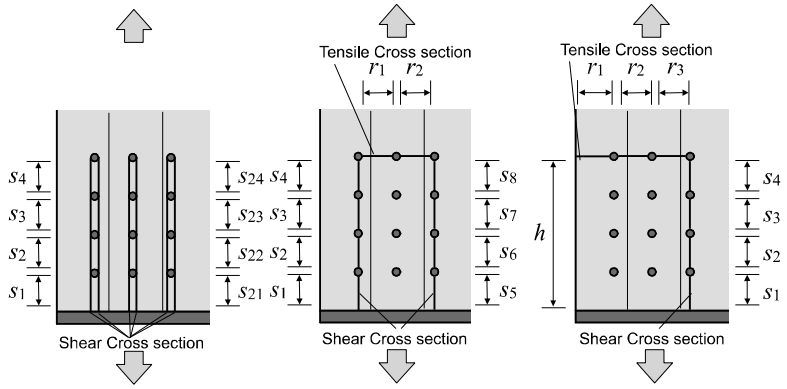


図 4 引きボルト接合部の計算値と実験値の比較

ドリフトピン接合部（引張接合部）

ドリフトピン接合部の CLT 側の破壊には、図 5 に示すような破断面をもつ端抜けせん断破壊と集合型せん断破壊を仮定した。



(a)端抜けせん断破壊面 (b)集合型せん断破壊面 1 (c)集合型せん断破壊面 2

図 5 破断面

ここでは CLT の面内異方性の小ささを考慮し、各モードにおいて、引張面の引張耐力とせん断面のせん断耐力の和を集合型せん断破壊の耐力と仮定した。

破断面における寸法の定義は図の通りである。引張面の断面積 A_{et} （mm^2）とせん断面の断面積 A_{es}（mm^2）は次式の通りとした。

$$A_{es} = l \Sigma s_i \tag{11}$$

$$A_{et} = l \Sigma r_i \tag{12}$$

ここで、l はスリットによる欠損を考慮した CLT の部材厚、s_i，r_i はドリフトピン孔による欠損を考慮したドリフトピン間距離である。

図 5 のように仮定した破断面についてそれぞれ次式で集合型せん断破壊による最大耐力 Pug（kN）を定義する。

$$P_{ug} = F_s A_{es} + F_t A_{et} \tag{13}$$

ここで、F_s は CLT の面内せん断強度（N/mm^2）、F_t は CLT の引張強度（N/mm^2）である。

計算値と実験値の比較を図に示す。ここで、実験値は、No.1～No.6 の平均値とした。

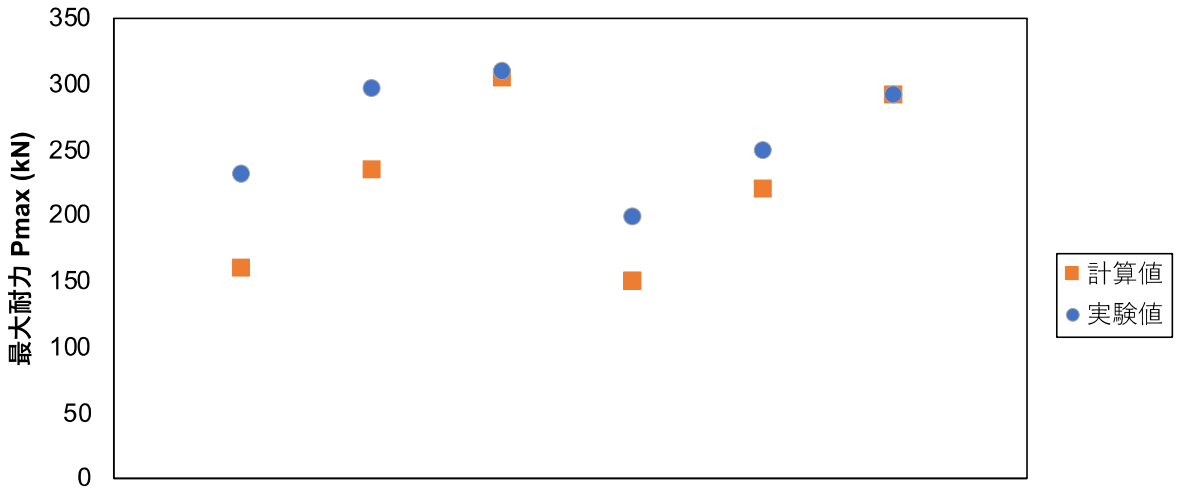
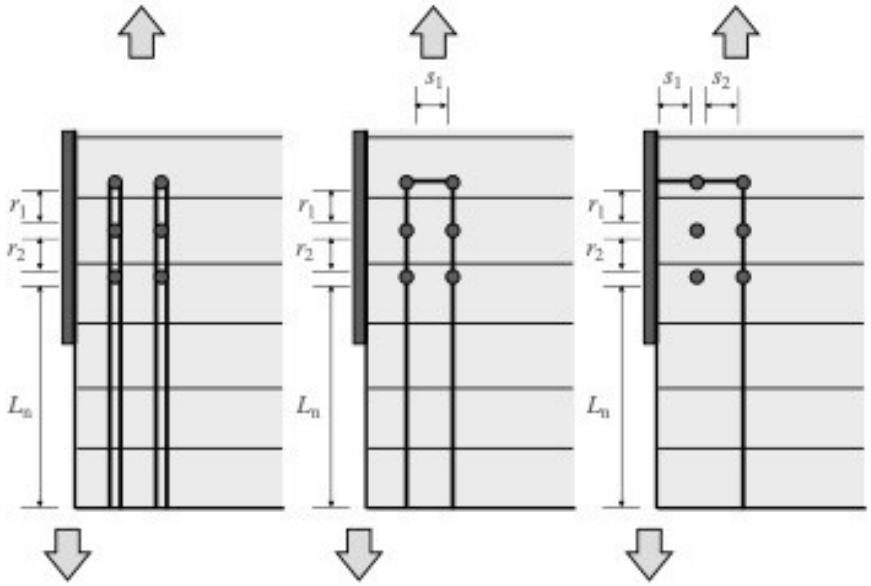


図 6 ドリフトピン接合部（引張）の実験値との比較

ドリフトピン接合部（せん断接合部）

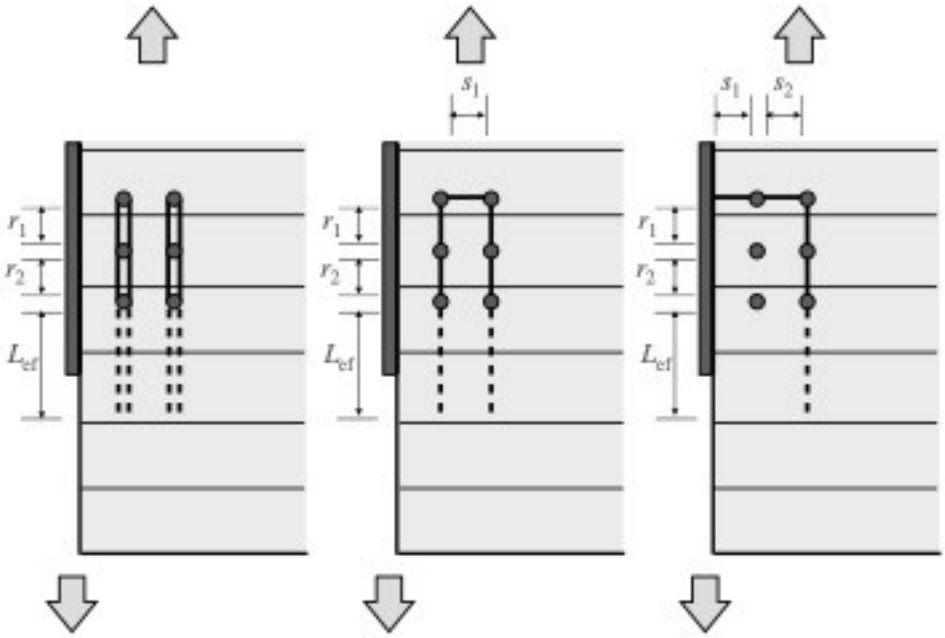
せん断接合部も引張接合部と同様に、図 7 のような破壊状態を仮定した。



(a) 端抜けせん断破壊面 (b) 集合型せん断破壊面 1 (c) 集合型せん断破壊面 2

図 7 破断面（計算 1）

計算には、ドリフトピンの端距離 L_n を部材の縁までとする方法（計算 1）と有効な距離 L_{ef}=7d（ここで d= ドリフトピン径）とする方法（計算 2）の 2 種類の方法を用いた。耐力の導出には式(11)-(13)を用いた。計算値と実験値の比較を図 9 に示す。



(a) 端抜けせん断破壊面 (b) 集合型せん断破壊面 1 (c) 集合型せん断破壊面 2

図 8 破断面（計算 2）

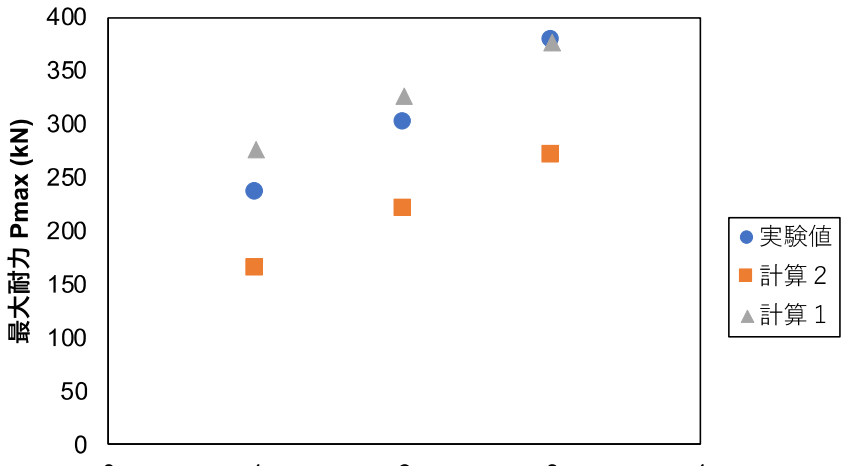


図 9 ドリフトピン接合部（せん断）の実験値との比較

降伏耐力

ドリフトピン接合部

CLT ドリフトピン接合部の降伏耐力には、降伏理論 [2)]に基づく図 10 のような降伏状態を仮定した。

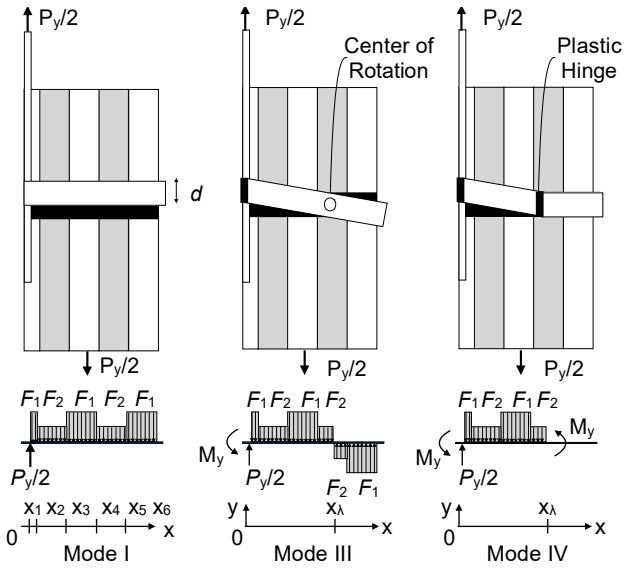


図 10　降伏モード

鋼板近傍におけるモーメントの釣り合い式を立て、二元二次連立方程式として降伏耐力P_yを求める。得られた各モードの降伏荷重$p_{y,\mathrm{I}}$、$p_{y,\mathrm{III}}$、$p_{y,\mathrm{IV}}$の最小値が接合部の降伏耐力となる。

$$p_{\mathrm{y}} = \min\left(p_{\mathrm{y,I}}, p_{\mathrm{y,III}}, p_{\mathrm{y,IV}}\right) \tag{14}$$

x_λの位置する層によって応力状態が異なるため場合分けの必要があるが、x_λの位置によっては力の釣り合いが成立しない場合も存在する。力の釣り合いが成立する場合とその時のP_{yI}，P_{yIII}．P_{yIII}の式の一覧を表1にまとめて示す。また、表2に主要な条件の降伏耐力の計算結果一覧を示す。

ここで、

$$\begin{bmatrix} F_{11} & F_{21} \\ F_{12} & F_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 t_1 d & f_2 t_1 d \\ f_1 t_2 d & f_2 t_2 d \end{bmatrix} \tag{15}$$

$$M_y = \frac{F d^3}{6} \tag{16}$$

t_1　: (スリット厚さを引いた中央層の厚さの半分（mm）

t_2　:ラミナの厚さ（mm）

d　:接合具径（mm）

f_1　:中央層の支圧強度（N/mm^2）

f_2　:中央層に隣接する層の支圧強度（N/mm^2）

F　:接合具の基準強度（N/mm^2）

表 1 降伏耐力の計算式一覧

mode			Yield Load P_y
I		9-9	$2\left(F_{11}+2F_{12}+2F_{22}\right)$
		7-7	$2\left(F_{11}+F_{12}+2F_{22}\right)$
		5-7	$2\left(F_{11}+2F_{12}+F_{22}\right)$
		5-5	$2\left(F_{11}+F_{12}+F_{22}\right)$
		3-4,3-3	$2\left(F_{11}+F_{22}\right)$
II I	4	9-9	$2\left(2\sqrt{-\frac{1}{2}F_{11}F_{21}+2F_{12}F_{22}+F_{21}^2+4F_{21}F_{22}+6F_{22}^2+f_2 d M_y}+F_{11}-2F_{21}-4F_{22}\right)$
	4	7-7	$2\left(2\sqrt{-\frac{1}{2}F_{11}F_{21}-F_{12}F_{21}-\frac{3}{2}F_{12}F_{22}+F_{21}^2+4F_{21}F_{22}+6F_{22}^2+f_2 d M_y}+F_{11}+F_{12}-2F_{21}-4F_{22}\right)$
	3	5-7	$2\left(2\sqrt{\frac{1}{2}F_{11}^2+4F_{11}F_{12}-F_{11}F_{22}+5F_{12}^2-\frac{1}{2}F_{12}F_{22}+f_1 d M_y}-F_{11}-4F_{12}+F_{22}\right)$
	3	5-5	$2\left(2\sqrt{\frac{1}{2}F_{11}^2+3F_{11}F_{12}-F_{11}F_{22}+\frac{5}{2}F_{12}^2-\frac{1}{2}F_{12}F_{22}+f_1 d M_y}-F_{11}-3F_{12}+F_{22}\right)$
	2	3-4,3-3	$2\left(\sqrt{-2F_{11}F_{21}+4F_{21}^2+4F_{21}F_{22}+2F_{22}^2+4f_2 d M_y}+F_{11}-2F_{21}-F_{22}\right)$
IV	1	9-9,7-	$4\sqrt{f_1 d M_y}$
			ただし、$d \leqq t_1\sqrt{\frac{3}{2}\frac{f_1}{F}}$
	2	7,5-7,5-5,3	$2\left(\sqrt{-F_{11}F_{21}+F_{21}^2+4f_2 d M_y}+F_{11}-F_{21}\right)$
			ただし、$t_1\sqrt{\frac{3}{2}\frac{f_1}{F}} \leqq d \leqq \sqrt{\frac{3}{2}\frac{f_1}{F}\left(t_1^2+2\frac{f_2}{f_1}t_1t_2+\frac{f_2}{f_1}t_2^2\right)}$
	3	4,3-3	$2\left(\sqrt{2F_{11}F_{12}-2F_{11}F_{22}+F_{12}^2-F_{12}F_{22}+4f_1 d M_y}-F_{12}+F_{22}\right)$
			ただし、$\sqrt{\frac{3}{2}\frac{f_1}{F}\left(t_1^2+2\frac{f_2}{f_1}t_1t_2+\frac{f_2}{f_1}t_2^2\right)} \leqq d \leqq \sqrt{\frac{3}{2}\frac{f_1}{F}\left(t_1^2+\left(\frac{f_2}{f_1}-2\right)t_1t_2+\left(\frac{f_2}{f_1}-1\right)t_2^2\right)}$

表 2 計算した降伏耐力一覧

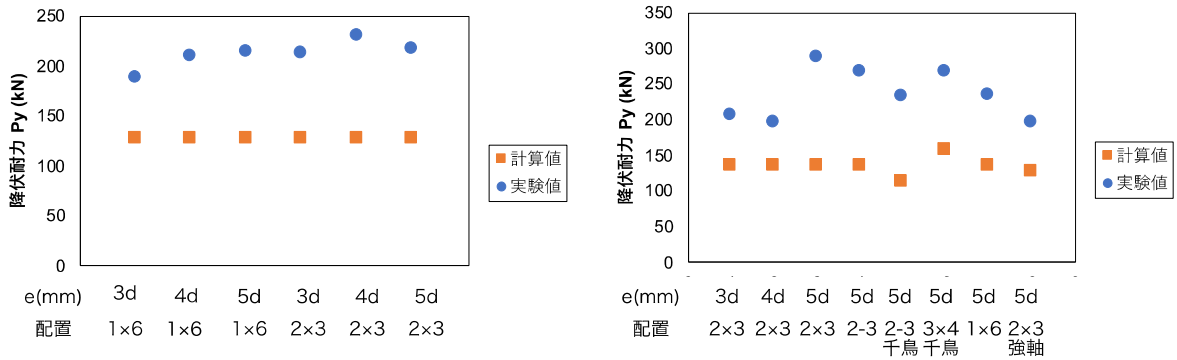
層構成			9-9	7-7	7-7	5-7	5-7	5-5	5-5	5-5	3-4	3-4	3-3
CLT 厚		L [mm]	270	210	210	210	210	150	150	150	120	120	90
ドリフトピン径		d [mm]	20	20	16	20	16	20	16	12	16	12	12
AIJ	J1	強軸	41.9	41.5	29.0	40.2	26.5	31.8	23.0	15.8	19.1	11.9	11.9
AIJ	J2	強軸	39.4	37.5	27.2	36.6	24.9	29.3	21.0	14.3	17.7	10.9	11.0
AIJ	J3	強軸	36.9	33.6	24.6	32.6	23.2	26.9	18.9	12.7	16.2	9.8	10.1
AIJ	J1	弱軸	45.6	40.0	27.0	39.7	29.3	34.9	24.3	15.5	24.0	15.8	13.0
AIJ	J2	弱軸	42.2	33.7	24.8	36.1	26.4	32.2	22.3	14.5	21.9	14.3	11.2
AIJ	J3	弱軸	37.3	30.5	22.1	32.4	23.5	29.5	20.1	12.9	19.9	12.9	10.2
Eurocode5	J1	強軸	45.3	46.2	31.7	45.2	30.0	35.7	27.3	18.4	22.7	15.7	14.5
Eurocode5	J2	強軸	42.7	41.6	29.8	40.8	28.0	32.7	24.8	17.1	20.9	14.1	13.2
Eurocode5	J3	強軸	39.8	37.1	27.8	36.4	26.1	29.8	22.2	15.7	19.0	12.7	12.0
Eurocode5	J1	弱軸	48.6	42.3	30.3	44.8	31.9	38.2	28.4	17.6	26.9	18.9	14.7
Eurocode5	J2	弱軸	45.5	38.3	28.5	40.4	30.2	35.1	25.8	16.6	24.6	17.0	13.4
Eurocode5	J3	弱軸	42.1	36.2	26.4	36.0	27.8	31.8	23.1	15.5	22.2	15.1	12.2

- AIJ：木規準, 表 6.2 の支圧強度（[2]P.223）
- Eurocode5：木規準, 図 602.1(5)式に基準比重（表 6.2）を代入して求めた支圧強度（[2]P.231）
- J1, J2, J3：木規準, 表 6.2 の樹種グループ（[2]P.223）
- ドリフトピンの材料は SS400 相当（F=235N/mm2）
- 挿入鋼板の厚さは d=12 で 6mm、d=16 で 9mm、d=20 で 12mm
- スリット幅は挿入鋼板厚さ+2mm
- ラミナ厚さは 30mm

実験値との比較を図 11 に示す。実験値には平均値を用いた。

ここで、接合部の降伏耐力 P_y は次式で求めた。

$$P_y = np_y \tag{17}$$



(a) ドリフトピン接合部引張実験　　(b) ドリフトピン接合部せん断実験

図 11 ドリフトピン接合部降伏耐力の実験値と計算値の比較

参考文献

1) 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増補版、2018

2) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説、2006