

木質系混構造建築物の 保有水平耐力計算の 方法に関する検討 (S39)

2023年4月

一般財団法人 日本建築防災協会

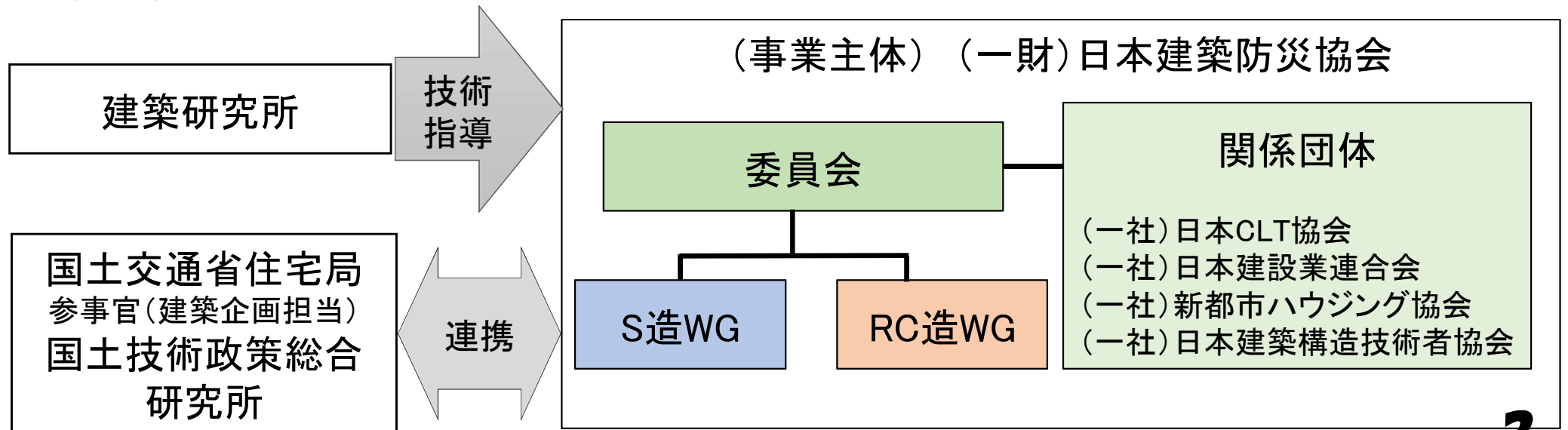
1. 調査の背景と目的 2. 検討体制

●調査の背景と目的

建築物における更なる木材利用の観点から木質系混構造建築物の建築基準整備が求められているが、鉄筋コンクリート造や鉄骨造にCLT等を耐力壁等として用いる場合の技術資料が十分でなく、その整備が必要である。国土交通省国土技術政策総合研究所による総合技術開発プロジェクト「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」(H29-R3) (以下「総プロ」という。)において、特定の構造方法(接合部仕様や壁配置)について保有水平耐力計算の考え方が検討されたところであるが、同様の考え方で検証が可能な仕様を拡充し、一般的な設計法として整備するための検討が必要である。

本事業では、鉄骨造や鉄筋コンクリート造にCLT等を耐力壁等として用いる場合について、総プロの検討対象から接合部仕様や壁配置、建物高さを拡大して解析的検討を行い、木質系混構造建築物の保有水平耐力計算の方法に関する技術資料をまとめる。

●検討体制



委員会	S造WG	RC造WG
<p>委員長 五十田 博 (京都大学 生存圏研究所 教授)</p>	<p>主査 石原 直 (東京工業大学 科学技術創成研究院 教授)</p>	<p>主査 真田 靖士 (大阪大学 工学(系)研究科(研究院) 教授)</p>
<p>役割分担 各WGの方針・結果の確認と、技術資料のとりまとめをする。</p>	<p>役割分担 S造にCLT等を耐力壁として用いるモデルに対する接合部仕様や壁配置、建物高さをパラメータとした動的解析による保有水平耐力計算の方法について検討する。</p>	<p>役割分担 RC造にCLT等を耐力壁として用いるモデルに対する保有水平耐力計算の方法について検討する。</p>
<p>調査内容 各WGの成果を基に、木質系混構造建築物の保有水平耐力計算に関する技術的資料をとりまとめる。</p>	<p>調査内容 (2022年度) S造にCLT等を耐力壁として用いた多層建築物モデルについて試設計及び動的解析を行い、接合部仕様や壁配置に応じた保有水耐力計算の適用方法について検討する。 (2023年度) 試設計及び動的解析を継続し、S造にCLT等を耐力壁として用いる構造の保有水平耐力計算の適用範囲について検討する。</p>	<p>調査内容 (2022年度) RC造にCLT等を耐力壁として用いた構造について実験事例を収集し、モデル化の方法を検討する。 (2023年度) 試設計を実施し、RC造にCLT等を耐力壁として用いる構造のモデル化の方法や保有水平耐力計算の適用範囲について検討する。</p>

3. 調査内容(調査工程)

		2022年度 上期	2022年度 下期	2023年度 上期	2023年度 下期
(1)	情報の収集整理 と検討方針の検討	↔		↔	検討項目 の見直し
(2)	各項目の検討体制	↔			
(3)	S造WGの検討	↔	質点系モデルによるDs検討 ↓	↔	見直し検討 ↔ 検討建物ケースの追加 (適用範囲の確認)
(4)	RC造WGの検討	↔	↔	↔	↔
		↔	↔	↔	↔
(5)	木質系混構造建築物の保 有水平耐力計算の方法に 関する技術的資料のとり まとめ				↔

2023年4月

現在、2年計画の中間地点

(1) 委員会

- ・第1回 2022.09.09
- ・第2回 2023.02.15

(2) S造・RC造の合同WG

- ・準備会 2022.04.13
- ・第1回 2022.05.19(幹事会)
- ・勉強会 2022.6.28
- ・第2回 2022.08.04
- ・第3回 2022.12.12

(3) 各WG等

◆S造WG・SWG (計12回)

2022.05.23(SWG)、2022.06.14(SWG)、2022.07.26(SWG)、2022.08.31(SWG)、
2022.09.20(SWG)、2022.10.27(WG)、2022.11.24(WG)、2022.12.08(WG)、
2022.1.13(WG)、2023.01.23(打合せ)、2023.01.25(拡大WG)、
2023.02.03(WG)

◆RC造WG・SWG(計8回)

2022.05.28(WG幹事会)、2022.07.14(WG準備会)、2022.08.30(WG)、
2022.09.30(WG)、2022.11.11(拡大WG)、2023.01.12(WG)、2023.02.01(WG)、
2023.02.17(WG)

総プロ「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」(H29-R3)では、以下のようなCLT 耐力壁を組み込んだ鉄骨架構のDs の設定方針(案)が示された。

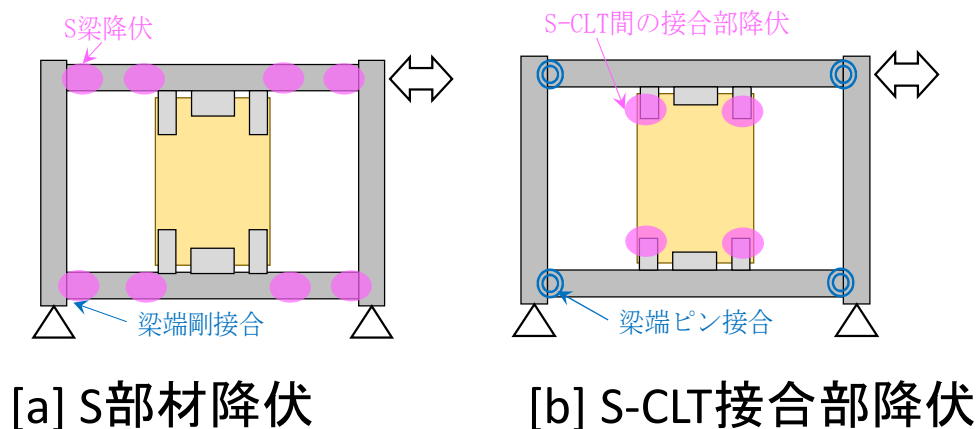


図 1-1 崩壊形

総プロの実験で扱った主な崩壊形は、[a] S部材降伏、[b] S-CLT接合部降伏の2種類に大きく分類された。CLT壁に関しては筋かいの種別及び部材群の考え方を適用することで、通常の鉄骨造のDs値(昭和55年建設省告示第1792号第3)から選択できるとして、図1-2のような告示の適用方法(案)が示された。

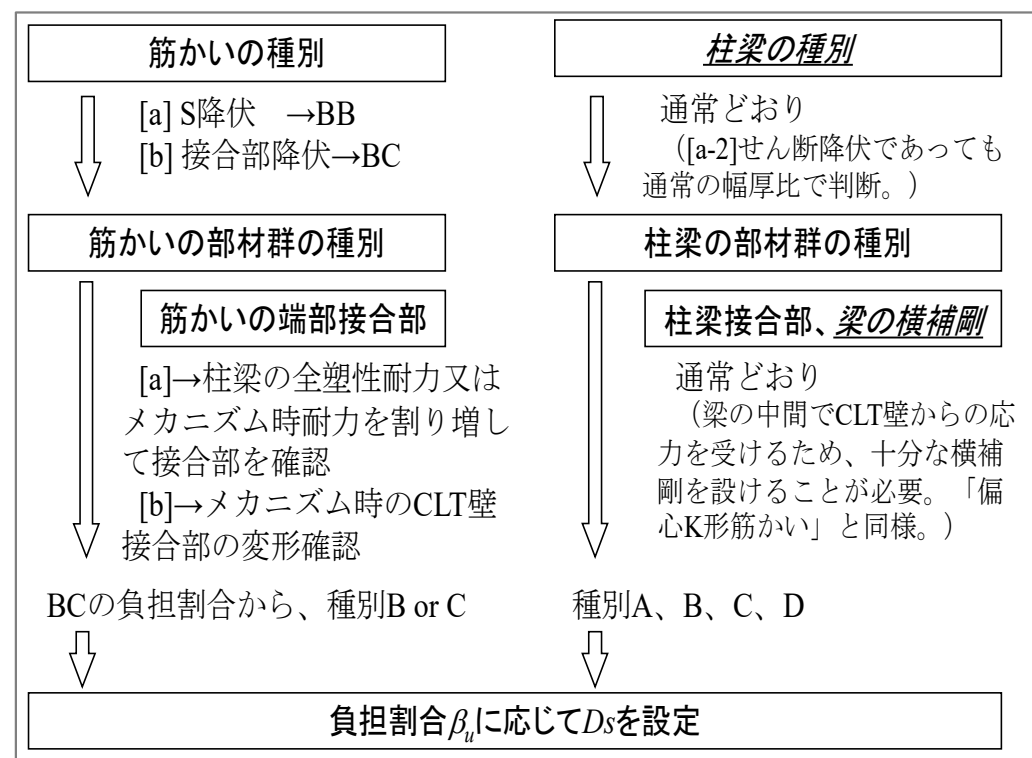
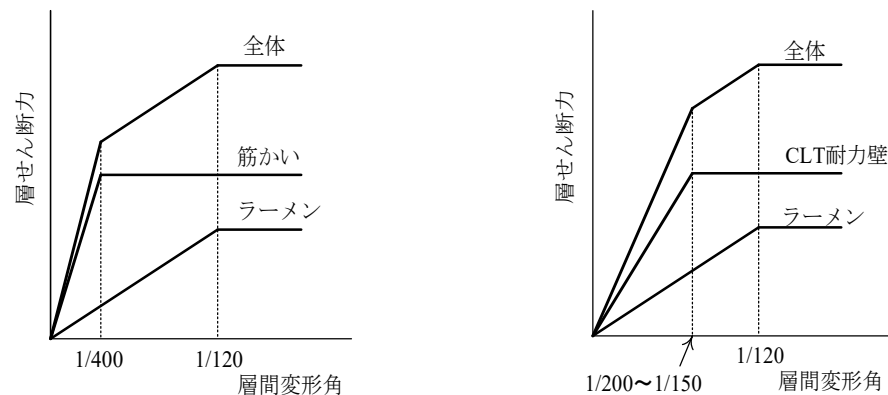


図1-2 告示(昭和55年建設省告示第1792号第3)の適用方法(案)

本基整促では、「限界耐力計算に基づく略算的な検討(2章)」と「代表建物の試設計検討(3章)」で、大地震時最大層間変形を評価して、CLT壁付き架構のDs値の検討を行っている。



筋かい付き架構

CLT壁付き架構

図1-5 層せん断力—層間変形角関係(例)

筋かいとCLT壁では(層間変形に対する)剛性が大きく異なる。これらの性状を考慮して、大地震時の変形が同等となるDs値の検討を行う。(図1-6)

なお、筋かいとCLT壁を比較すると、降伏する層間変形角に違いが生じる(図1-5)。大地震時の層間変形角が同じとすると、初期剛性の高い筋かいの方が塑性率も大きく、履歴吸収による等価粘性減衰も大きくなる。

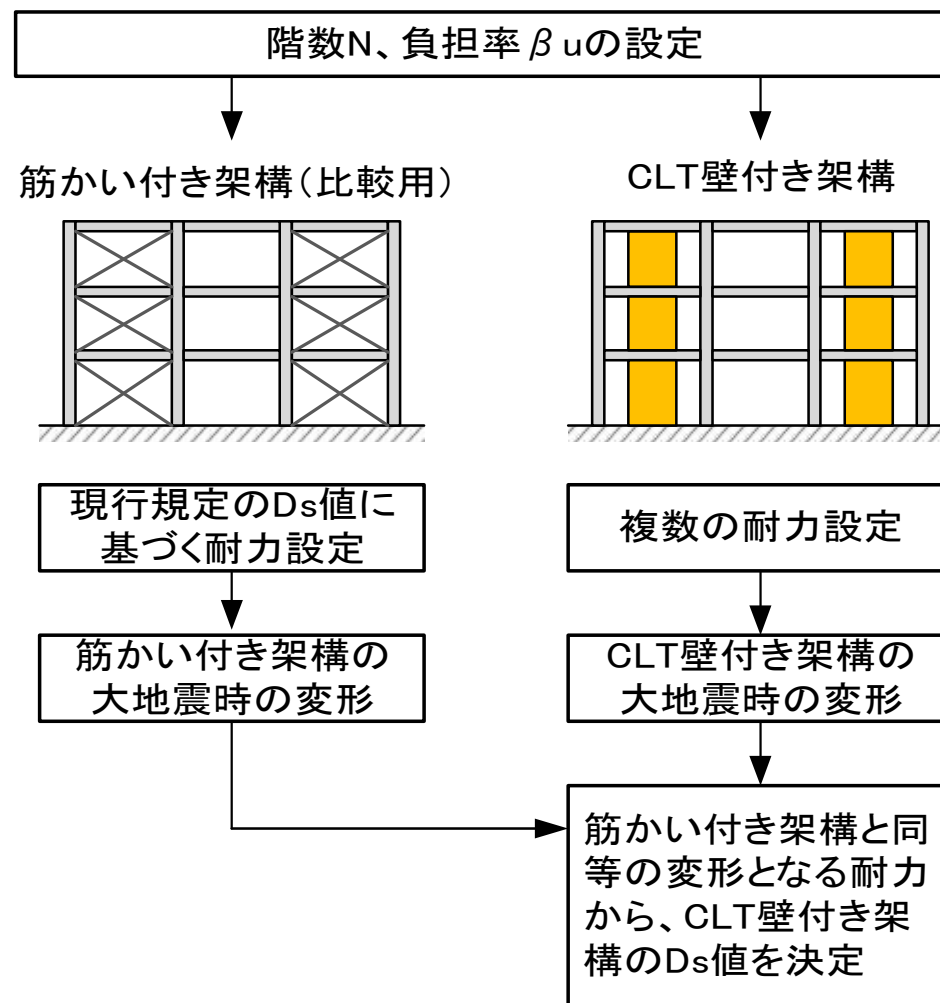


図1-6 検討のフロー

限界耐力計算を基にしてDs値の検討を行う。ここでは、いくつかの仮定を置くことにより、大地震時の最大変形を簡便に、また略算的に評価する。

<仮定>

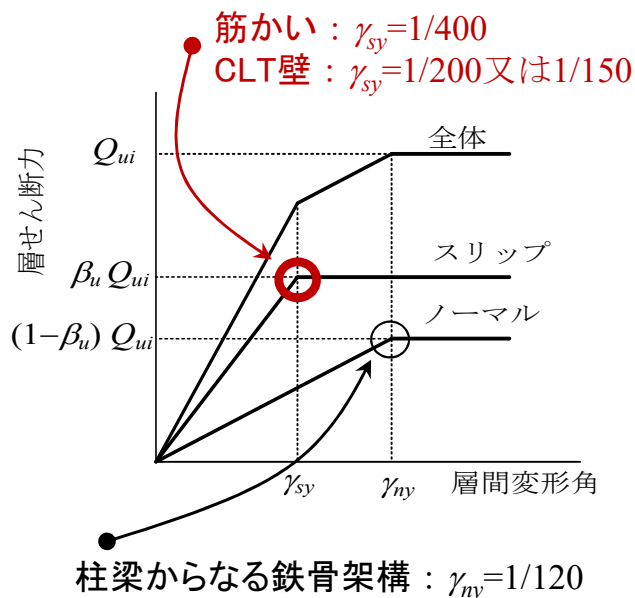
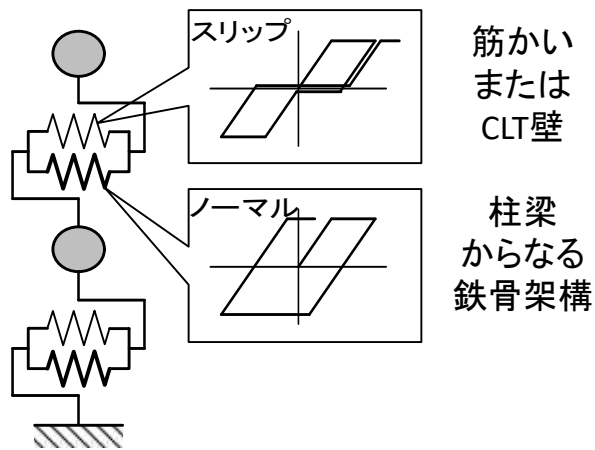
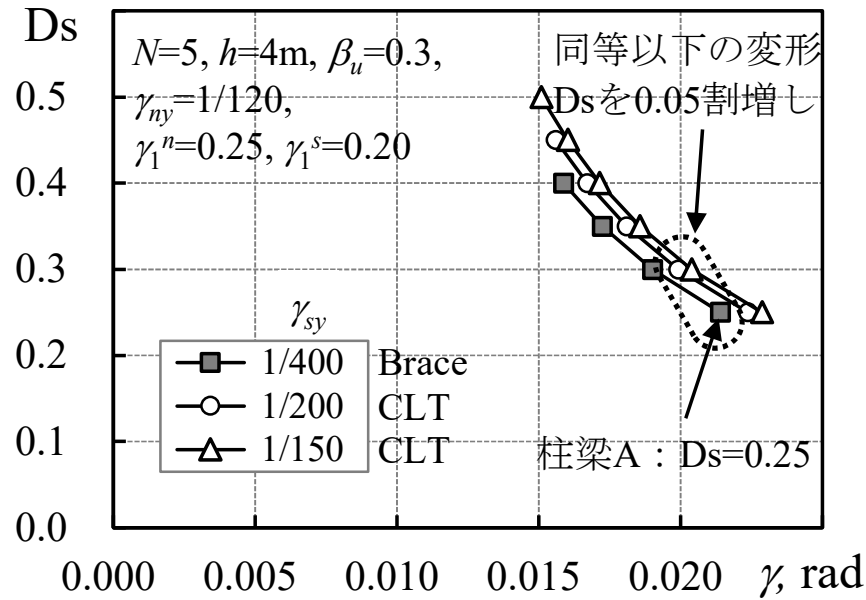


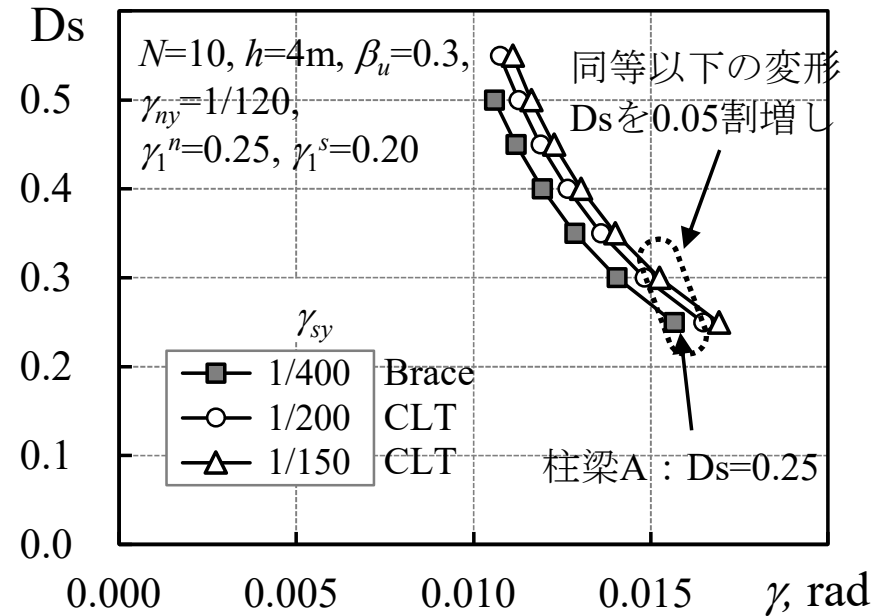
図2-1 スリップとノーマルの組合せ

- 層数を N とし、各層（各階）の質量 m 、階高 h は一定値とする。このとき、全質量 $M=Nm$ 、高さ $H=Nh$ である。（ $N=10, 5, 15$ ）
- 各層の終局耐力は $Q_{ui}=D_s*\alpha_i*Mg*C_i$ とする。ここで、 D_s は耐力設定のための係数、 α_i は i 層が支える重量を全重量で除した値（均一な質量分布では、 $\alpha_i=(N-i+1)/N$ ）、 C_i は i 層の層せん断力係数で $C_i=RtA_i$ （地域係数 $Z=1.0$ 、標準せん断力係数 $C_0=1.0$ としたときの層せん断力係数。 Rt 、 A_i は建築基準法施行令第88条。）。
- Rt や A_i に用いる設計用1次固有周期 $T(\text{sec})$ は、 $T=0.03H$ で求める。ここで、 $H(\text{m})$ は建築物の高さである。
- 各層は履歴がスリップ型のバネとノーマル型のバネの組合せ（並列バネ）とする。前者が筋かい又はCLT壁、後者が柱梁のラーメン架構を表す。スリップ型の水平力分担率 β_u は全層で共通とする。すなわち、 i 層のスリップ型の終局耐力は、 $QB_{ui}=\beta_u*Q_{ui}$ 、ノーマル型の終局耐力は、 $QR_{ui}=(1-\beta_u)*Q_{ui}$ 、である。
- スリップ型とノーマル型の降伏層間変形角 γ_{sy} 及び γ_{my} は、全層で共通とする。筋かいでは $\gamma_{sy}=1/400$ 、CLT壁では $\gamma_{sy}=1/200$ 又は $1/150$ とする。ノーマル型は柱梁からなる鉄骨架構を想定し、 $\gamma_{my}=1/120$ とする。
- 終局耐力に達した後を含めて、全ての層で同じ層間変形角であると仮定する。

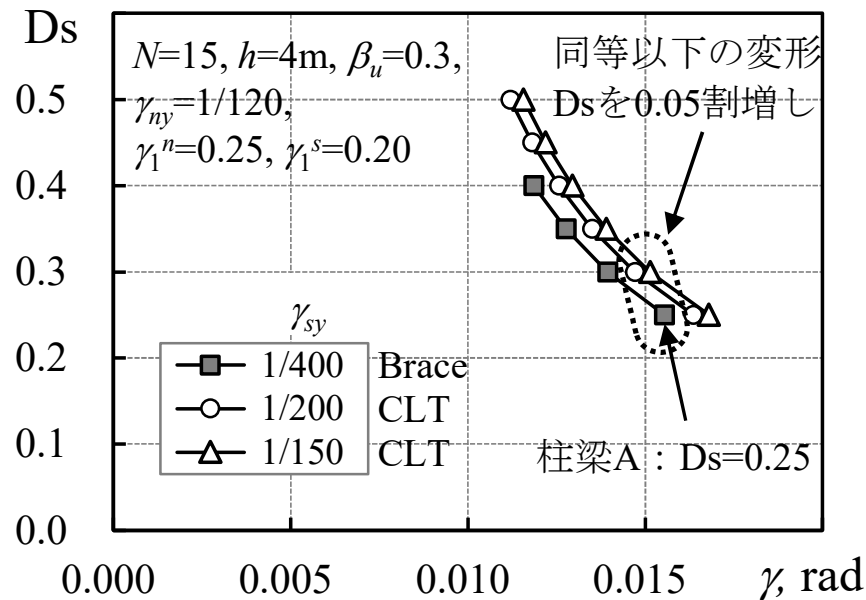
2. 限界耐力計算に基づく略算的な大地震時最大層間変形の評価 (最大層間変形)



(a-1) $N=5$, $\beta_u=0.3$



(b-1) $N=10$, $\beta_u=0.3$

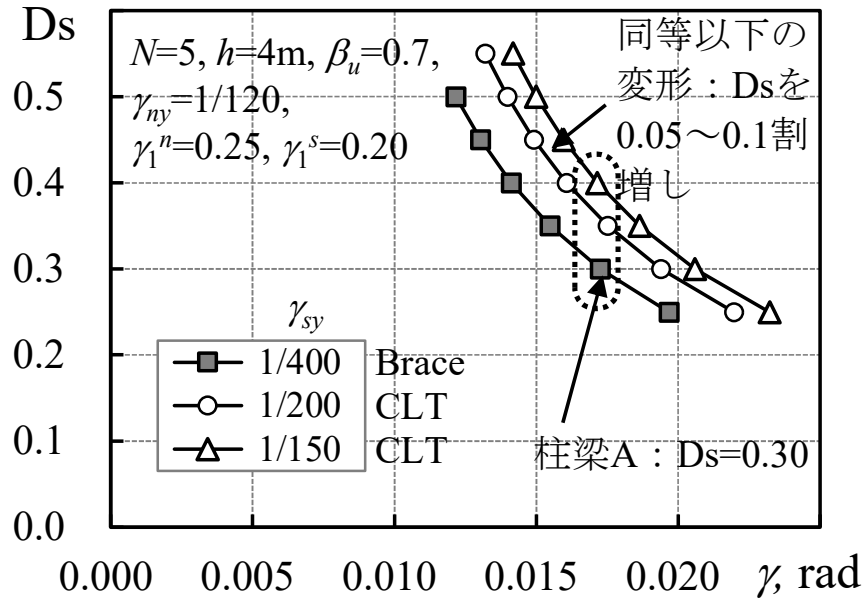


(c-1) $N=15$, $\beta_u=0.3$

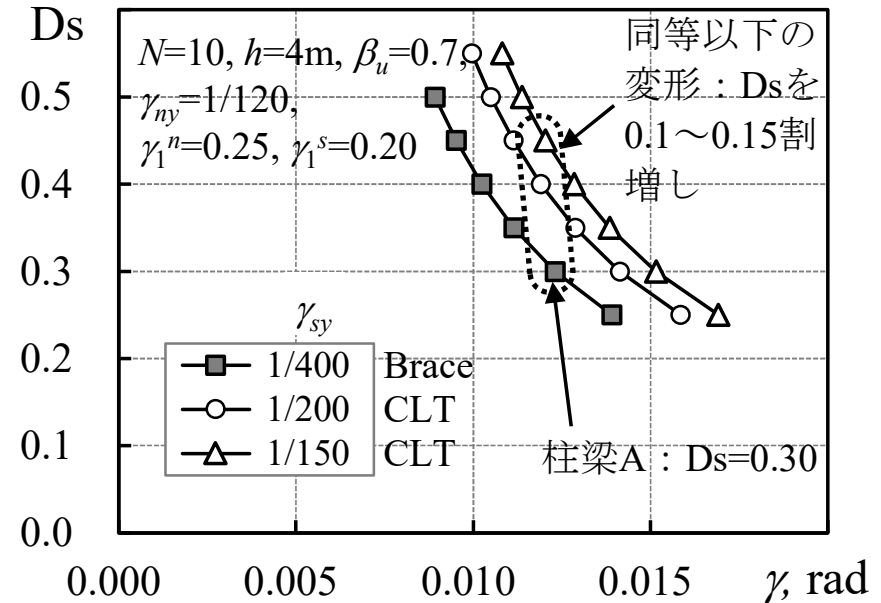
図 2-3 最大層間変形角

$\beta_u=0.3$ であれば、「Brace」に対して D_s を0.05割増しをした「CLT」の方が変形は小さくなる。

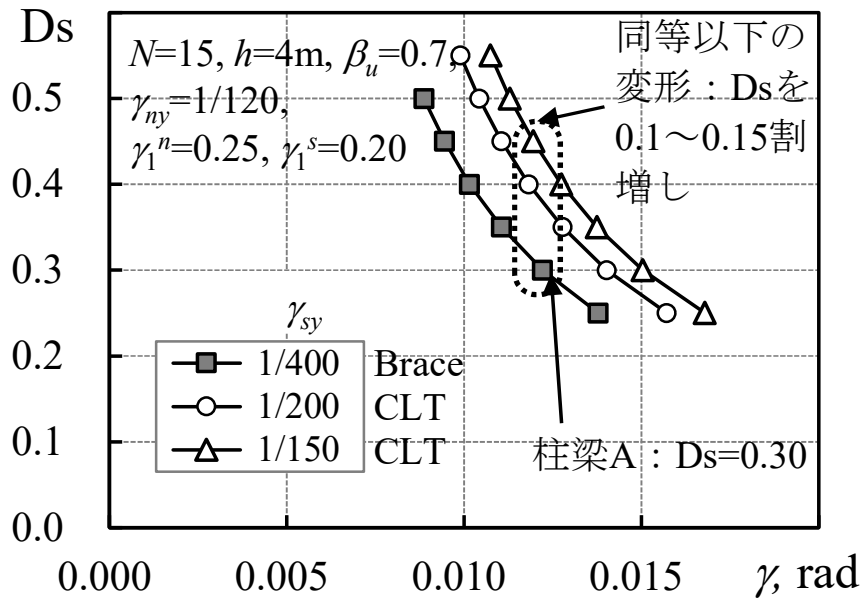
2. 限界耐力計算に基づく略算的な大地震時最大層間変形の評価 (最大層間変形)



(a-2) $N=5, \beta_u=0.7$



(b-2) $N=10, \beta_u=0.7$



(c-1) $N=15, \beta_u=0.7$

図 2-3 最大層間変形角

$\beta_u=0.7$ のとき、「Brace」に対してDsを0.1~0.15割増しをした「CLT」の方が変形は小さくなる。

2. 限界耐力計算に基づく略算的な大地震時最大層間変形の評価 (混構造のDs値(案))

筋かい付き架構のDs値のうち、筋かいの部材群の種別がBの場合を基にして、 $\beta u \leq 0.3$ では0.05割増し、 $\beta u \leq 0.7$ では0.1割増し、 $\beta u > 0.7$ では0.15割り増しとして、CLT壁付き架構のDs値を設定すると表2-1のようになる。

表2-1 CLT壁付き架構のDs値(案)

		柱及びはりの部材群としての種別				
		A	B	C	D	
CLT耐力壁	$0 < \beta u \leq 0.3$ の場合	0.30	0.35	0.40	0.45	←0.05割増し
	$0.3 < \beta u \leq 0.7$ の場合	0.40	0.40	0.45	0.55	←0.10割増し
	$\beta u > 0.7$ の場合	0.50	0.50	0.55	0.65	←0.15割増し

表1-1 鉄骨造のDs値(昭55建告第1792号第3第四号)

		柱及びはりの部材群としての種別				
		A	B	C	D	
筋かいの部材群としての種別	A又は $\beta u = 0$ の場合	0.25	0.30	0.35	0.40	
	B	$0 < \beta u \leq 0.3$ の場合	0.25	0.30	0.35	0.40
		$0.3 < \beta u \leq 0.7$ の場合	0.30	0.30	0.35	0.45
		$\beta u > 0.7$ の場合	0.35	0.35	0.40	0.50
	C	$0 < \beta u \leq 0.3$ の場合	0.30	0.30	0.35	0.40
		$0.3 < \beta u \leq 0.5$ の場合	0.35	0.35	0.40	0.45
$\beta u > 0.5$ の場合		0.40	0.40	0.45	0.50	

この表において、 βu は、筋かい（耐力壁を含む。）の水平耐力の和を保有水平耐力の数値で除した数値を表すものとする。

3. 代表建物による試設計検討

ここでは簡易な質点系モデルによる限界耐力計算の検討結果を指標として、モデルプランの試設計をおこなう。なお、基準となるブレース付きS造とCLT+S造の試設計を行い、その結果を比較検討することで、妥当なDs値を導く。 ※今年度検討した想定ケースは、水色に着色した部分である。

表 3-1 CLT+S造 想定ケース

CLT 破壊モード	目標 βu	柱・梁部材群ランク			
		A	B	C	D
純ラーメン	0	0.25	0.30	0.35	0.40
梁降伏 ※梁FAランク	0.2~0.3	0.25	0.30	0.35	0.40
	0.6~0.7	0.25	0.30	0.35	0.40
	0.8~0.9	0.25	0.30	0.35	0.40
CLT支圧降伏	0.2~0.3	0.25	0.30	0.35	0.40
	0.6~0.7	0.30	0.30	0.35	0.45
	0.8~0.9	0.35	0.35	0.40	0.50
接合部降伏	0.2~0.3	0.25	0.30	0.35	0.40
	0.6~0.7	0.30	0.30	0.35	0.45
	0.8~0.9	0.35	0.35	0.40	0.50
接合部脆性破壊	0.2~0.3	0.30	0.30	0.35	0.45
	0.4~0.5	0.35	0.35	0.40	0.45
	0.7~0.8	0.40	0.40	0.45	0.50
CLTせん断破壊	0.2~0.3	0.30	0.30	0.35	0.45
	0.4~0.5	0.35	0.35	0.40	0.45
	0.7~0.8	0.40	0.40	0.45	0.50

9階建て規模の事務所ビルを想定してDs値の検討を行った結果をまとめに示す。

※表3-1に示されたDs値は、あくまでも想定案を示している。

表 3-2 ブレース付きS造 想定ケース

CLT 破壊モード	CLT群 ランク	目標 βu	柱・梁部材群ランク			
			A	B	C	D
純ラーメン	—	0	0.25	0.30	0.35	0.40
座屈補剛ブレース	A	0.2~0.3	0.25	0.30	0.35	0.40
		0.6~0.7	0.25	0.30	0.35	0.40
		0.8~0.9	0.25	0.30	0.35	0.40
引張ブレース	B	0.2~0.3	0.25	0.30	0.35	0.40
		0.6~0.7	0.30	0.30	0.35	0.45
		0.8~0.9	0.35	0.35	0.40	0.50
圧縮ブレース	C	0.2~0.3	0.25	0.30	0.35	0.40
		0.6~0.7	0.30	0.30	0.35	0.45
		0.8~0.9	0.35	0.35	0.40	0.50

表3-3 建物規模 想定ケース

モデルの規模	階数	基準階 階高 (m)	1階 階高 (m)	高さ (m)	基準 スパン (m)
中層(1時間耐火)	4	3.8	4.8	16.2	6.4
高層(90分耐火)	9	4	5	37	
ほぼ超高層 (2時間耐火)	14	4.2	5.2	59.8	

全3ケース

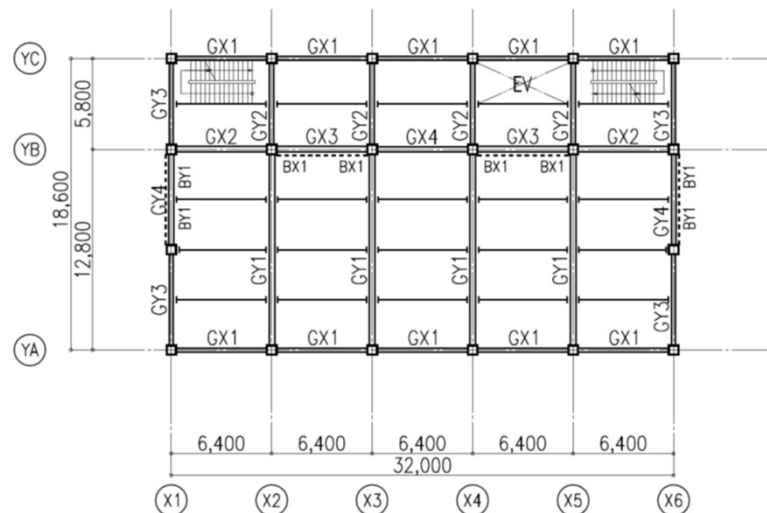


図3-2 検討用建物平面モデル

※床スラブの厚さは150mm,
外装はPCaカーテンウォールを想定し,
重量を設定した。

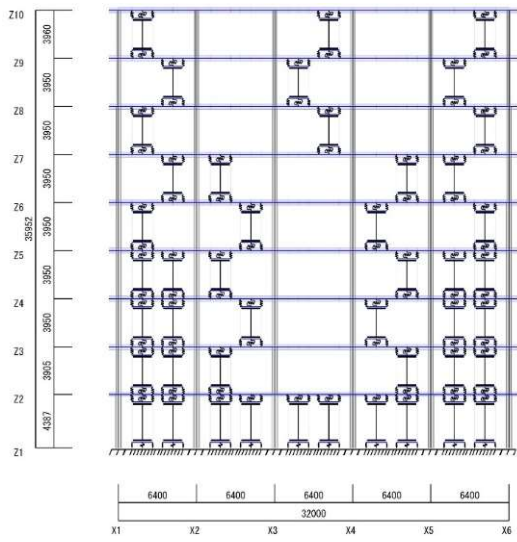
引張ブレース断面

□ブレース断面 鋼材:SN490B

符号	0.6< βu <0.7	0.3< βu <0.4
BR1	2[-150x75x6.5x10]	2[-125x65x6x8]
BR2	2[-200x90x8x13.5]	2[-150x75x6.5x10]
BR3	2[-300x90x10x15.5]	2[-200x90x8x13.5]

BR2: 2[-200x90x8x13.5]では、
1構面当たり水平耐力 $Q_y=1,376\text{kN}$
(スパン6.4m 階高3.95mの場合)

$\beta u=0.6$



$\beta u=0.3$

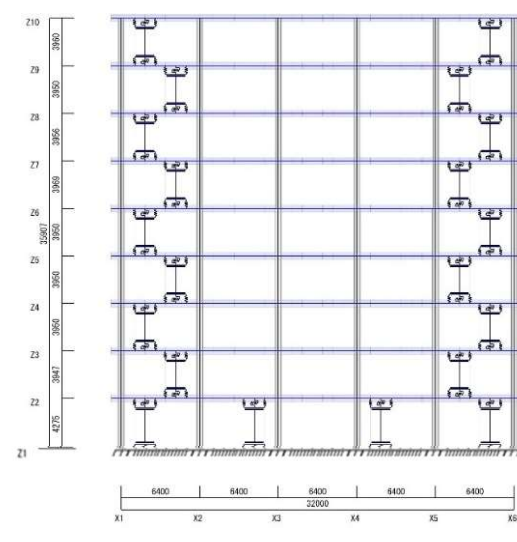


図 3-9・11 CLT+S造モデル (Y1軸組図)

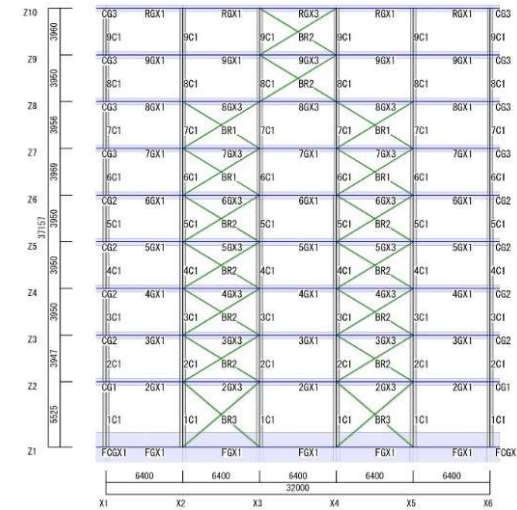
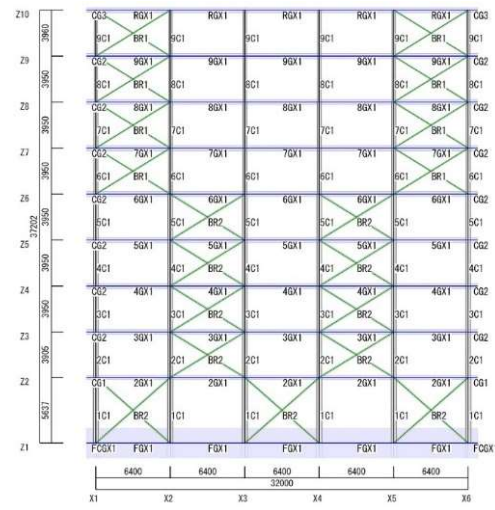
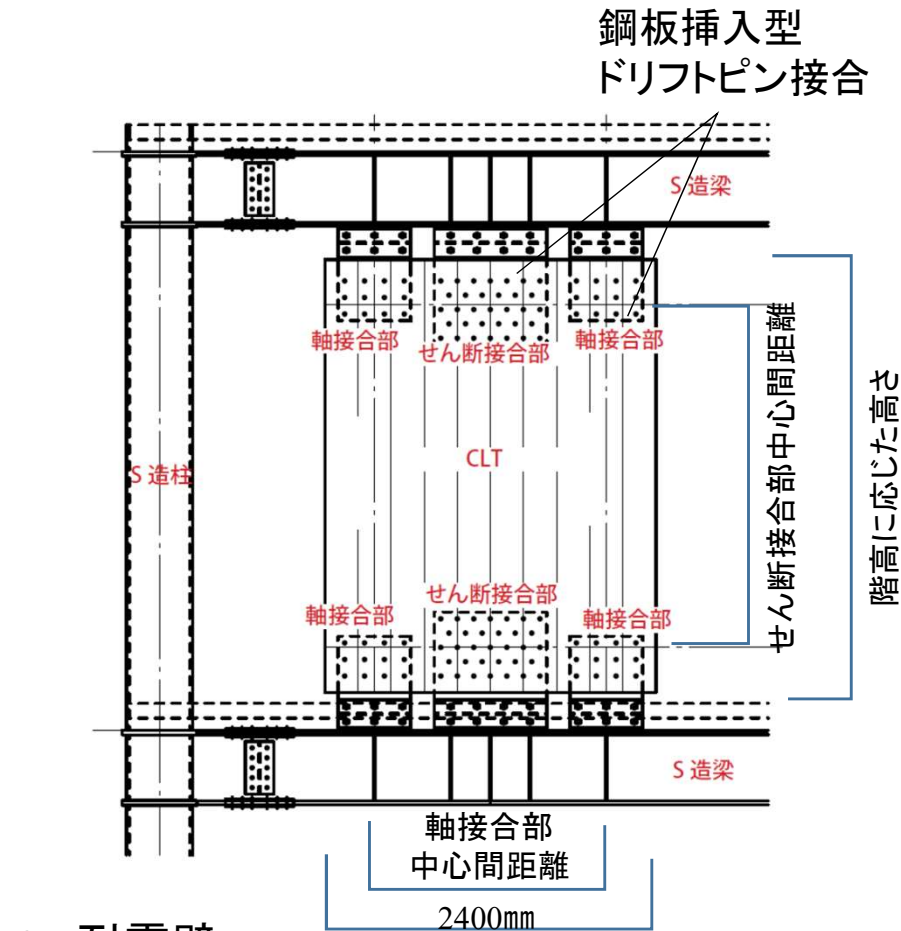


図 3-4・6 ブレース付きS造モデル (Y1軸組図・ブレース断面)

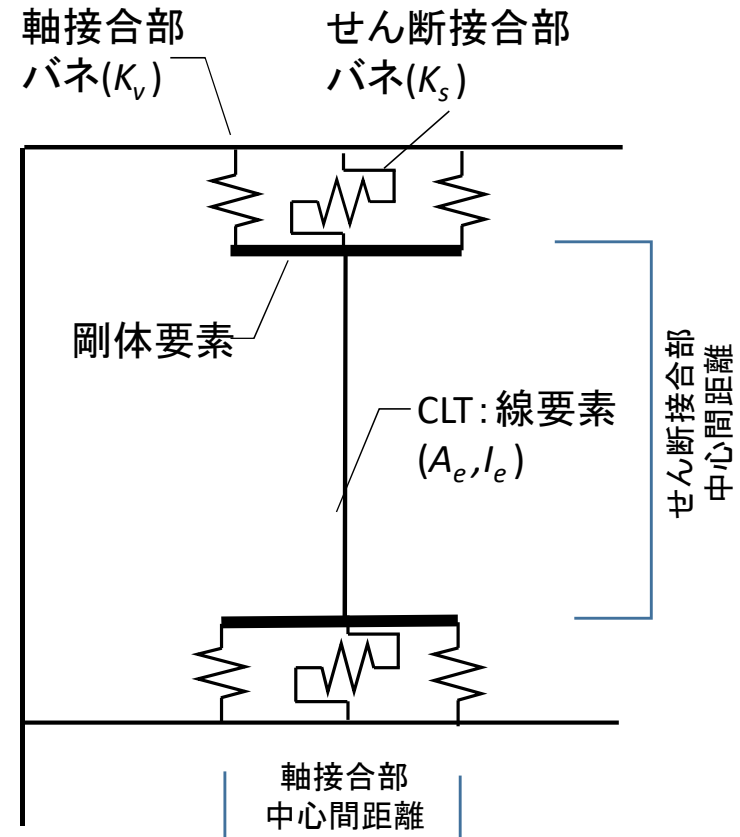
CLTの接合形式は、軸接合部、せん断接合部ともに、一般的な形式を代表して、鋼板挿入型ドリフトピン接合とした。



CLT耐震壁

- ・S90-5-7
- ・幅2400mm×(階高に応じた高さ)
- ・軸接合部:ドリフトピンφ20-4x6
- ・せん断接合部:ドリフトピンφ20-7x4
- ・ $Q_m = 1,261\text{kN/枚}$ ($\tau_m = 2.50\text{N/mm}^2$)

図 3-16 CLT耐震壁(一部加筆)



CLT耐震壁の接合部モデル

- ・復元力特性はスリップ型バイリニア
- ・降伏後の2次勾配は初期剛性の1/1000

図 3-17 CLT耐震壁のモデル図(一部加筆)

1. 接合部の剛性と耐力

ドリフトピン一本当たりの剛性とせん断降伏耐力は、ヨーロッパ型降伏理論をCLTに適用した計算式³⁻¹⁾による方法を用い、本数倍することにより接合部の剛性と降伏耐力を評価した。

2. CLT母材の集合型破壊耐力

1. の耐力を上回ることを確認し、集合型破壊が生じないこととした。

$$\begin{cases} K = n \cdot k \\ P_{u1} = n \cdot p_{y0}(\text{EYT}) \end{cases} \quad (1) \quad k = \frac{k_0(\text{BTEF})}{1 + \frac{\Delta}{p_{y0}(\text{EYT}) / k_0(\text{BTEF})}} \quad (2)$$

初期ガタ³⁻³⁾

$$\Delta = 0.75\text{mm} (\phi \geq 12\text{mm}) \quad \Delta = 0.50\text{mm} (\phi < 12\text{mm})$$

$$P_{u2} = \max[T_1, T_2] \quad (3)$$

$$\begin{cases} T_1 = 1.5 \cdot A_{et} \cdot F_t \\ T_2 = 0.7 \cdot A_{es} \cdot F_s \end{cases} \quad (4) \quad \begin{cases} A_{et} = (t - w) \cdot \sum r_i \\ A_{es} = (t - w) \cdot \sum s_i \end{cases} \quad (5)$$

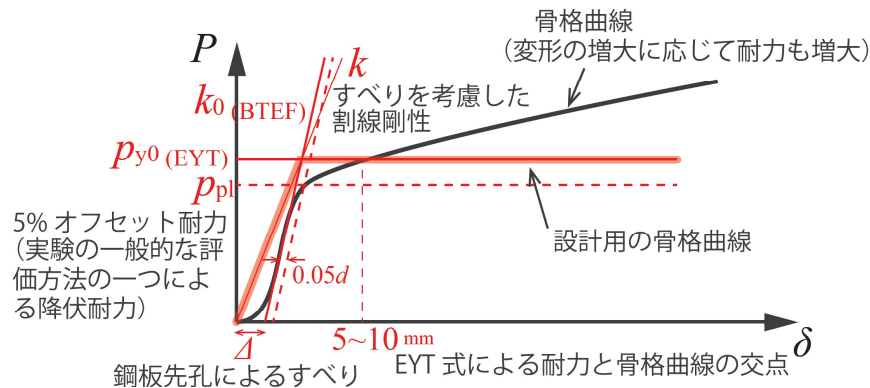


図 3-13 鋼板挿入型ドリフトピン接合の荷重変形特性と設計用骨格曲線

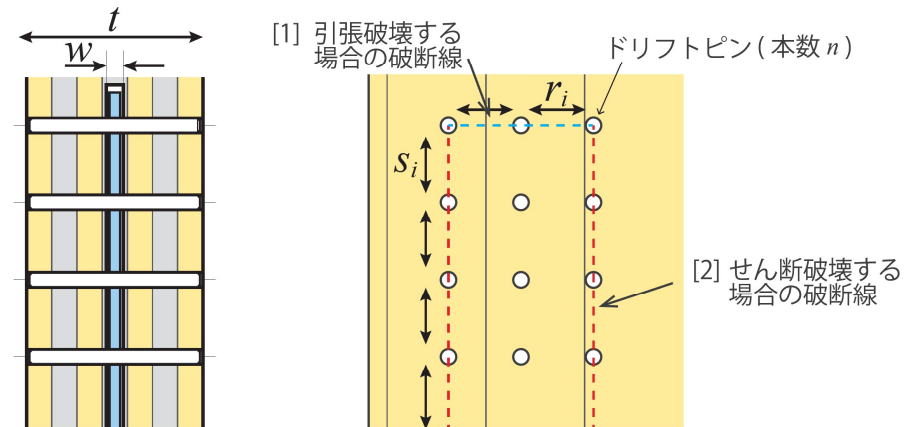


図 3-14 軸接合部の破断線

参考文献

3-1)中島昌一他: 鋼板挿入CLTドリフトピン接合部の最大耐力, 降伏耐力および初期剛性の推定と実験による検証, 日本建築学会構造系論文集, 第86巻, 第783号, pp.793-803, 2021.3

3-3)川原重明: 施工監理マニュアル, 日本建築学会シンポジウム 大規模木質構造の設計規準 (案)と実験的根拠 - 耐力壁の構造特性係数Ds・平面混構造・鋼板挿入ドリフトピン接合等-, pp.89-102, 2018. 6

時刻歴解析で大地震時の最大層間変形が同程度となる「ブレース付きS造モデル」と「CLT+S造モデル」の保有水平耐力を比較することでDs値の検討を行う。
なお、時刻歴解析と静的増分解析モデルは同じものとする。

(1) 各要素の復元力特性

S造梁 曲げ：ノーマルバイリニア型
せん断：原点指向型

S造柱 曲げ：MN相関を考慮した
ノーマルバイリニア
せん断：原点指向型

引張ブレース

軸：スリップ型バイリニア
(引張のみ, 圧縮耐力=0)

CLT耐力壁

CLTパネル：せん断弾性
接合部：前ページによる

(2) 内部減衰

瞬間剛性比例型 $h=3\%$

(3) 検討用地震動

2種地盤相当地盤増幅した、極めて稀に発生する告示波（ランダム位相）で、調整係数を0.8とした。

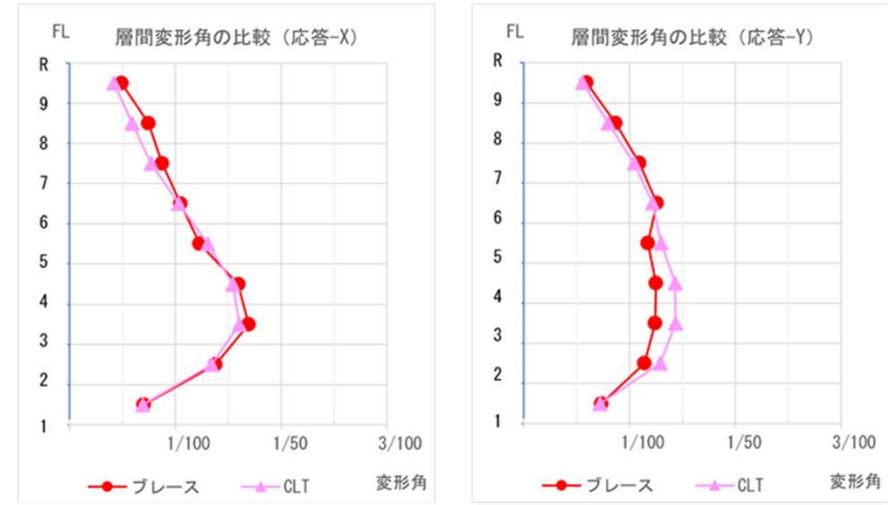
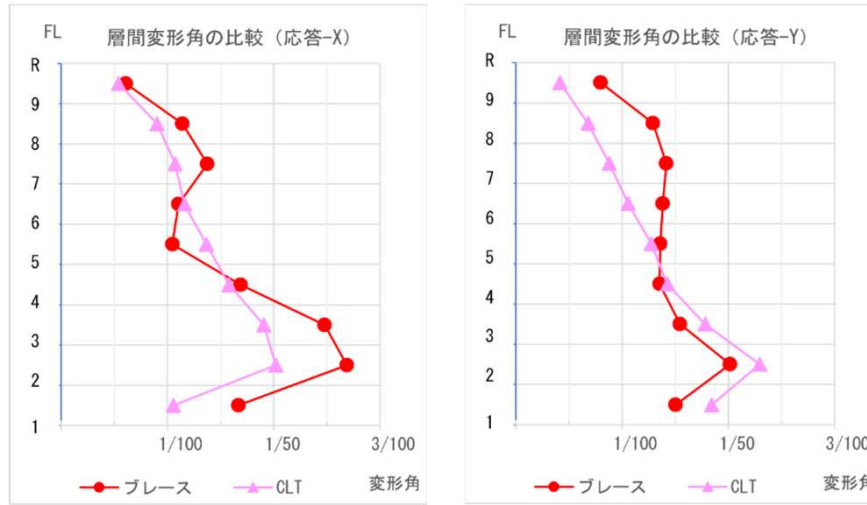
(4) 静的増分解析

保有水平耐力の確認は、 A_i 分布による増分解析を行い、ある階の層間変形角が初めて1/100になるタイミングを保有水平耐力とした。（報告書では比較のため1/25になるタイミングでの値も求めている。）

$\beta u = 0.6$

$\beta u = 0.3$

図3-139、142
最大応答
層間変形角



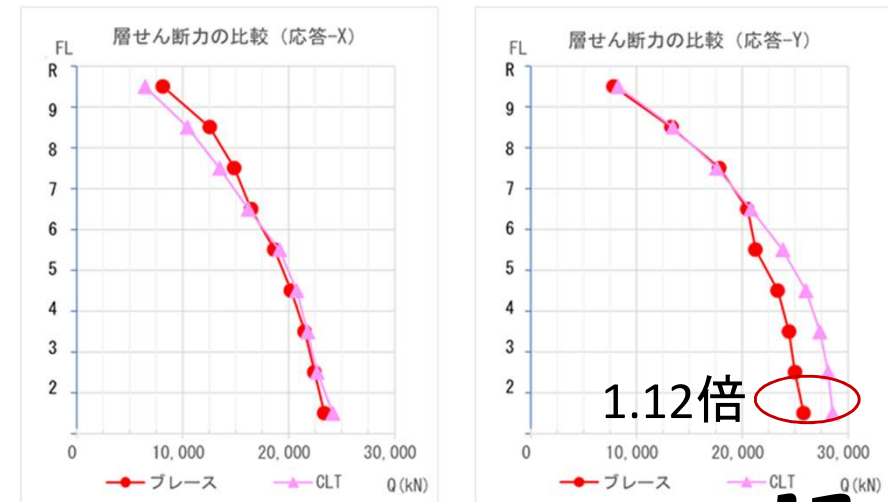
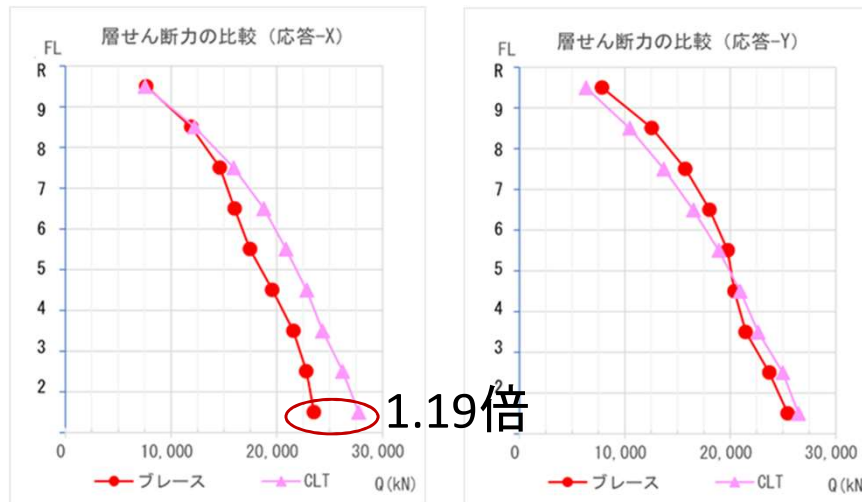
$\beta u = 0.6$ 程度の場合(最大応答層間変形角比較)

X方向において、ブレースモデルで1/37、CLTモデルで1/50とやや差異がみられるものの、CLTモデルがブレースモデルを下回る結果となった。
Y方向はおおむね同等の結果が得られた。

$\beta u = 0.3$ 程度の場合(最大応答層間変形角比較)

最大層間変形角は、いずれのモデルもX方向、Y方向とも1/70程度で、同等の結果となった。

図3-139,142
最大応答
層せん断力



$\beta u = 0.6$

$\beta u = 0.3$

図3-141、144
保有水平耐力
1/100時点

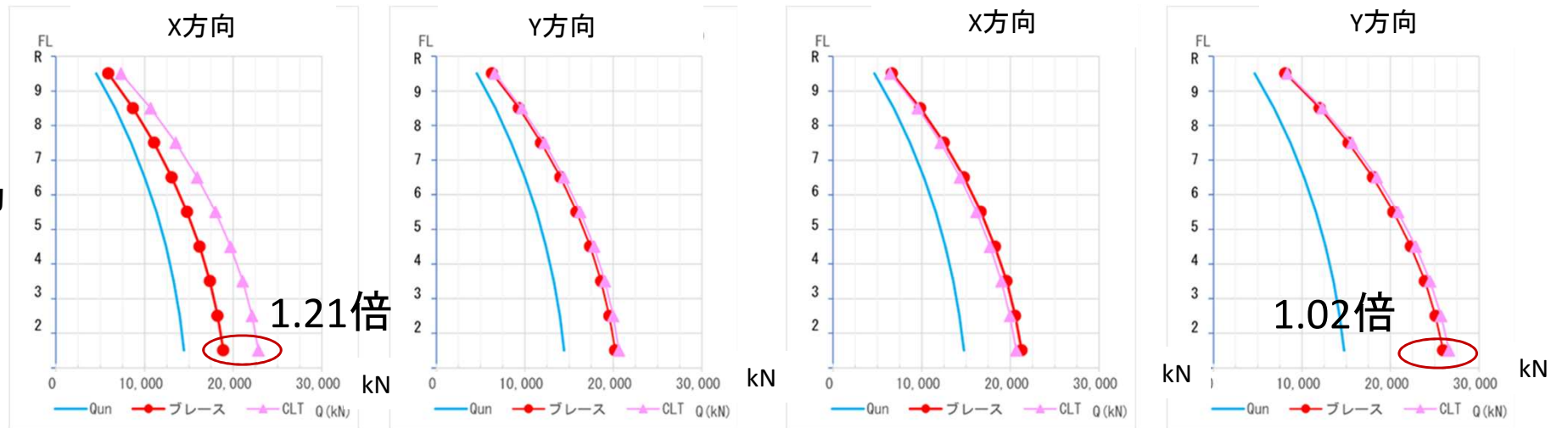
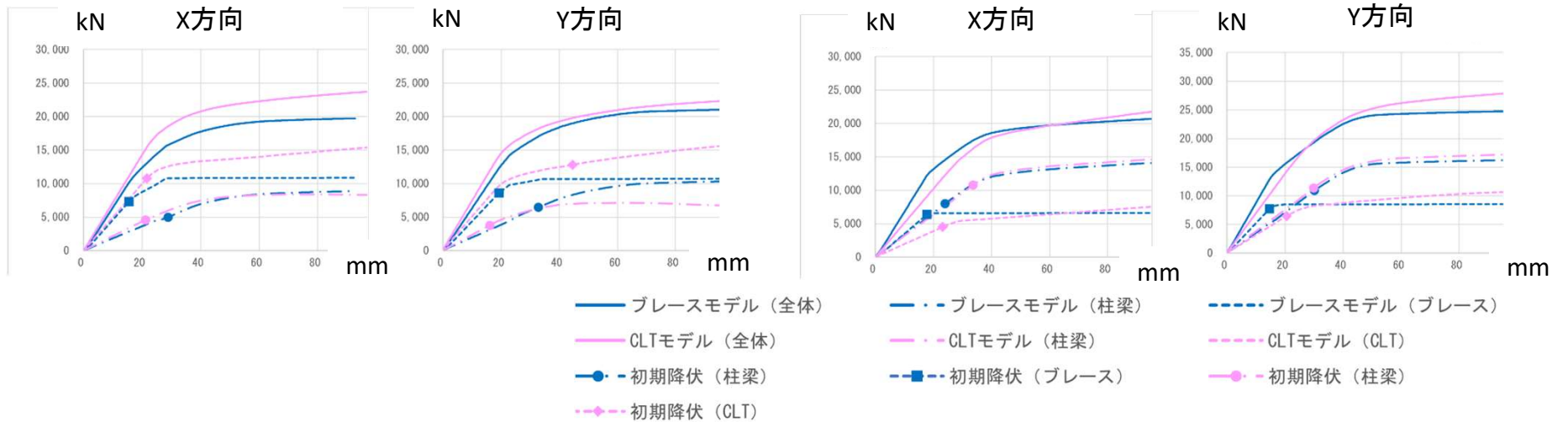


図3-106、115、
124、133
4階の
水平力一
層間変形
関係



$\beta u = 0.6$ 程度の場合

CLTモデルのブレースモデルに対する
水平耐力の比率は1.2倍程度
 $D_s = 0.3 \times 1.2 = 0.36$ 相当であった。

$\beta u = 0.3$ 程度の場合

CLTモデルのブレースモデルに対する₁₈
水平耐力の比率は1.1倍程度
 $D_s = 0.3 \times 1.1 = 0.33$ 相当であった。

4. まとめと留意事項等

(1) 限界耐力計算を用いた検討(第2章)

筋かいの部材群の種別がB の場合の筋かい付き架構のDs値を基に、CLT 耐力壁の負担率 β_u で場合分けをして、 $\beta_u \leq 0.3$ では0.05 割増し、 $\beta_u \leq 0.7$ では0.1 割増し、 $\beta_u > 0.7$ では0.15 割増しとしたDs 値の案を示した。

(2) 試設計による検討(第3章)

9 階建ての鉄骨ブレース付き架構とCLT 耐力壁付き架構を設計した。負担率 β_u は0.6 又は0.3 相当の2 種類を設定した。模擬地震動による時刻歴応答解析を行い、負担率 β_u が等しいブレース付き架構とCLT 耐力壁付き架構の最大層間変形は概ね同等となることを確認した。ブレース付き架構に対してCLT 耐力壁付き架構の耐力は $\beta_u=0.6$ 相当で1.2 倍前後、 $\beta_u=0.3$ 相当で1.1 倍前後であった。ブレース付き架構のDs 値を0.3 とすれば、CLT 耐力壁付き架構では $\beta_u=0.6$ 相当でDs=0.36 程度、 $\beta_u=0.3$ 相当でDs=0.33 程度と考えられた。

(3) 留意事項等

・対象とする崩壊形と保証設計

(1)の限界耐力計算を用いた略算的な検討では、「(a) S-CLT 間の接合部の降伏」による崩壊形を想定してスリップ型の復元力特性を設定した。(2)の試設計による検討では(a)とともに「(b) 鉄骨梁(又は鉄骨柱)の降伏」が混在した崩壊形となった。現実的な設計では(a)と(b)が混在するケースが多いと考えられる。また履歴特性から考えて(a)の方がDs 値は高めに設定されるべきである。よって今年度の検討では、(a)と(b)の混在を許容した上で(a)を中心に想定したDs 値を検討した。避けるべき崩壊形としては、「(c) S-CLT 間の接合部の脆性破壊」、「(d) CLT 壁のせん断破壊」が挙げられる。(c)についてはドリフトピン接合部の集合型破壊の回避、接合部の変形性能の確認、などが考えられる。(d)については、例えば崩壊メカニズム時のCLT 壁の応力を割増した上でせん断の許容応力度以内であることを確認することなどが考えられる。

・鉄骨梁のせん断降伏や軸力への配慮

試設計による検討ではCLT 壁を設けることで鉄骨梁がせん断力により降伏した。鉄骨梁のせん断降伏は脆性的な挙動でないため、ウェブ幅厚比が小さければ耐力としては大きな問題にはならない。偏心ブレースのリンクビームなどの研究を参考に、必要に応じてスチフナを設ける等の措置が必要と考えられる。また十分な横補剛も必要である。一方で、梁の一部に大きなせん断変形が集中するため、床スラブが損傷する可能性があることに注意する。

・鉄骨造の規定の準用

鉄骨部材同士の保有耐力接合、保有耐力横補剛、冷間成形角形鋼管柱に関わる規定(ルート3では平19 国交告第594号第4 第三号口)などの鉄骨造の規定はそのまま適用する。

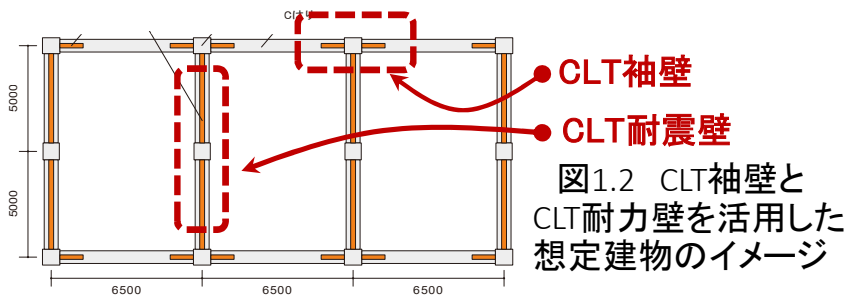
1. 総プロでの検討内容と本基整促の検討方針

総プロ等では、

- ・CLT袖壁、CLT耐震壁の構造実験が行われた。
- ・CLT袖壁は、利活用を図るための設計マニュアルを提案した。
- ・CLT耐震壁は、実験結果の整理までに留まる。

本基整促では、

- ・CLT耐力壁について、保有水平耐力計算に必要な枠組みの資料となる、既往の実験事例を収集して具体的な仕様を選定した上(第3章)、モデル化方法(第4・5章)について検討した。また、有効なCLT 耐力壁の使い方の検討結果(追加資料)も紹介する。



(a) 袖壁付き柱 (b) 袖壁付き架構 (c) 耐力壁付き架構

図1.3 これまでに実施した部材、架構実験

総プロで提案したCLT袖壁の設計マニュアルの一部

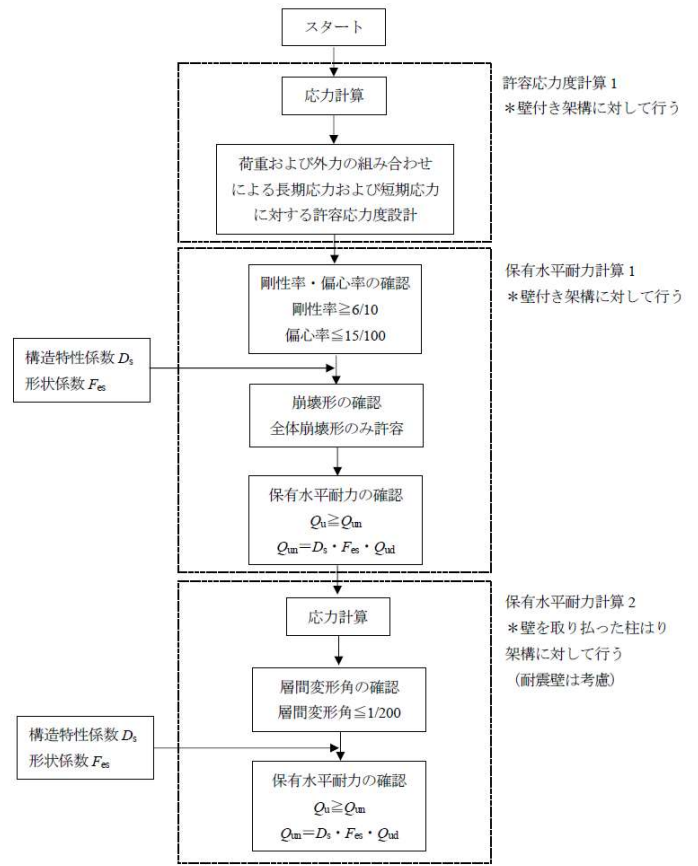


図1.4 構造計算フロー

表1.1 CLT 袖壁付きRC 柱の種別の提案

	破壊の形式	h_0/D の 数値	σ_0/F_c の 数値	p_t の 数値	τ_w/F_c の 数値	種別
条件	せん断破壊、付着割裂破壊及び圧縮破壊その他の構造耐力上支障のある急激な耐力の低下のおそれのある破壊を生じないこと。	2.5 以上	0.35 以下	0.8 以下	0.1 以下	FA
		2.0 以上	0.45 以下	1.0 以下	0.125 以下	FB
		—	0.55 以下	—	0.15 以下	FC
	FA, FB 又は FC のいずれにも該当しない場合					FD

ここで、 h_0 : 柱の内りの高さ、 D : 圧縮側のCLT 袖壁の全せいとRC 柱のせいの和、 σ_0 : D_s 算定時の軸力 (RC 柱単独が負担する軸力とCLT 袖壁付きRC 柱が負担する軸力の大きい方) を柱の断面積で除した値、 F_c : コンクリートの設計基準強度、 p_t : 柱部分の引張主筋断面積を柱の断面積で除した値、 τ_w : D_s 算定時のせん断力を柱の断面積で除して計算した数値である。

2. 既往の実験データの整理(収集文献一覧)

RC+CLT(LVL)耐力壁の構造実験に関連する22編(連番別)の文献を収集し、報告内容の整理・分析を行った。

← S+CLT耐力壁と比較して、参照可能な文献は少ない。

A B C
大きくA、B、C分類される

番号	論文名	論文の種類		CLTの種類		著者等	
		論文集	梗概	RC	耐震壁		
1	CLTパネルを接着挿入したRCフレームの耐震補強効果に関する実験	AIJ	論文集	RC	耐震壁	京大竹中	林野庁 ドットコーポレーション
2	木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究：その5補強効果に対する柱スパンの影響	AIJ	梗概	RC	耐震壁	京大竹中	林野庁 ドットコーポレーション
3	木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究：その6せん断力伝達機構の検証	AIJ	梗概	RC	耐震壁	京大竹中	林野庁 ドットコーポレーション
4	木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究：その7乾式工法をめざしたCLT耐震補強実験	AIJ	梗概	RC	耐震壁	京大竹中	林野庁 ドットコーポレーション
5	木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究：その8有開口CLT耐震壁の実験	AIJ	梗概	RC	開口付耐震壁	京大竹中	林野庁 ドットコーポレーション
6	CLTを用いたRC架構の耐震壁の構造性能その1接合部の要素実験	AIJ	梗概	RC	耐震壁	竹中	—
7	CLTを用いたRC架構の耐震壁の構造性能その2RC骨組を用いた構造実験	AIJ	梗概	RC	耐震壁	竹中	—
8	CLTを用いたRC架構の耐震壁の構造性能その3CLTを分割した耐震壁の構造実験	AIJ	梗概	RC	耐震壁	竹中	—
9	CLTを用いたRC架構の耐震壁の構造性能その4PCa架構の構造実験	AIJ	梗概	RC	耐震壁	竹中	—
10	CLTを用いたRC架構の耐震壁の構造性能その5CLTパネルのせん断耐力評価	AIJ	梗概	RC	耐震壁	竹中	—
11	鉄筋コンクリート造骨組に木質材料を組み込んだCLT耐震壁の力学性状	JCI	テクニカル	RC	耐震壁	竹中	—

12	CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究その1実験概要	AIJ	梗概	RC	袖壁	L建研 京大	総プロ
13	CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究その2荷重変形関係、損傷状況	AIJ	梗概	RC	袖壁	L建研 京大	総プロ
14	CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究その3各部のひずみ	AIJ	梗概	RC	袖壁	L建研 京大	総プロ
15	CLT 袖壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究	AIJ	技術	RC	袖壁	L建研	総プロ
16	木質壁(LVL)を用いたRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究	JCI	年次論文	RC	耐震壁	竹中	林野庁
17	CLT壁を有するRC架構の耐震性能評価に関する研究：その1柱降伏型充填壁架構の実験計画	AIJ	梗概	RC	耐震壁	阪大 京大 堀江研 大豊建設	
18	CLT壁を有するRC架構の耐震性能評価に関する研究：その2実験結果と考察	AIJ	梗概	RC	耐震壁	阪大 京大 堀江研 大豊建設	
19	CLT壁を有するRC架構の耐震性能評価に関する研究：その3解析的研究	AIJ	梗概	RC	耐震壁	阪大 京大 堀江研 大豊建設	
20	CLT壁を有するRC架構のパイロット実験と構造解析	JCI	年次論文	RC	耐震壁	阪大	
21	CLT耐力壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究その1実験概要	AIJ	梗概	RC	耐震壁	L建研	総プロ
22	CLT耐力壁を取り付けた鉄筋コンクリート造柱梁架構の構造性能に関する実験的研究その2荷重変形関係、損傷状況	AIJ	梗概	RC	耐震壁	L建研	総プロ

(a) 層数

- ・総プロ試験体(2体)を除くと、いずれも**単層**

(b) CLT壁の材種

- ・CLTのラミナには**スギ**を使用(LVTではカラマツ)

(c) CLTの表層ラミナの向き

- ・表層ラミナの多くは**縦方向**(15体)、横方向(1体)、斜め方向(2体)

(d) CLTの分割の有無

- ・**水平方向に複数枚**のCLT壁を設置した実験が半数程度
- ・既往の実験では、CLT壁間をエポキシ樹脂によって接着したり、コッターによって接合したりするものが多く、せん断耐力が若干低下している事例はあるものの、顕著なロッキング挙動は確認されていないが、**大阪大学で実施された実験では**、接合を意図的に弱くすることで、**ロッキング挙動を許容**していた。

(e) CLT壁の接合形式

- ・接合には、**接着、アンカーボルト、シアキー、滑り止め、ドリフトピン**等が用いられていた。RC梁－CLT壁間の水平接合部が接続されたものが多いが、水平接合部やRC柱－CLT壁間の鉛直接合部に接合材がない試験体もあった。

(f) 破壊形式

- ・RC造壁の**曲げ破壊に相当する破壊形式の試験体はなし**。スパンが短い試験体やラミナの向きを斜め方向に傾けた試験体では、**CLT壁がせん断破壊**するケースがあったが、CLT壁自体がせん断破壊しない試験体では、**接合部の破壊や隅角部の局所破壊、CLT壁の座屈**が生じていた。

2. 既往の実験データの整理(結果の分析)

【試験体状況】

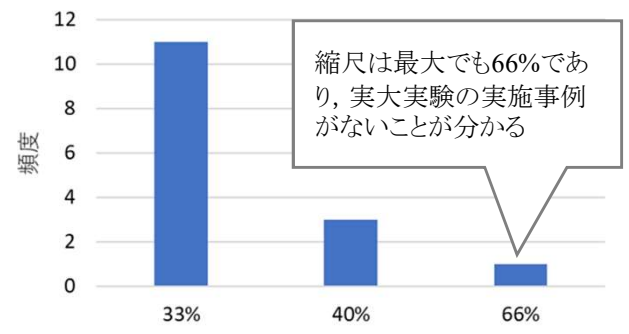


図3.1 試験体スケール

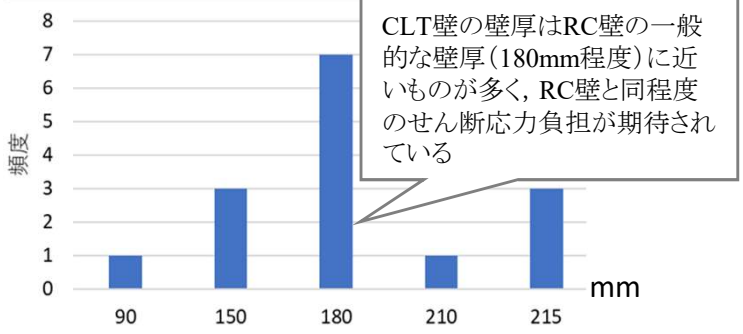


図3.2 CLT壁の実大換算の厚さ(mm)

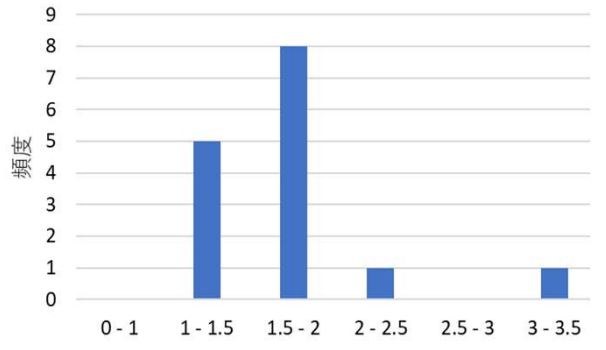


図3.3 アスペクト比

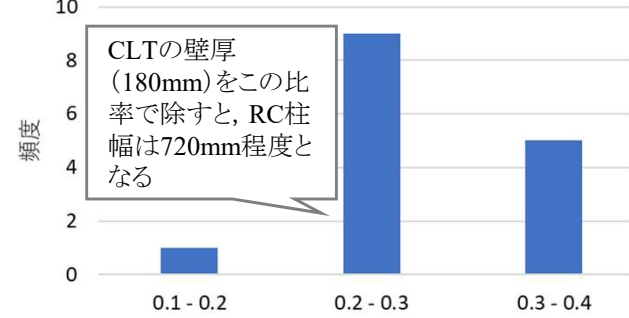


図3.4 壁厚/柱幅

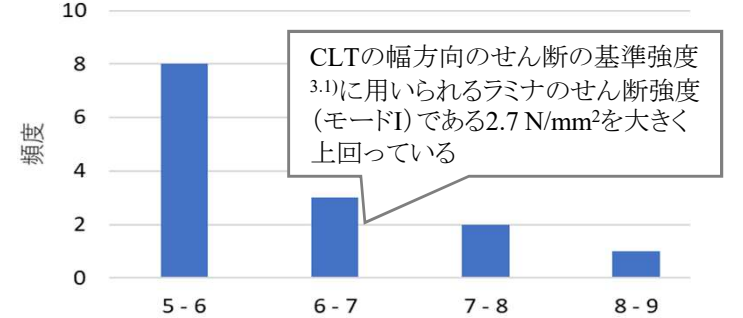


図3.5 材料試験におけるCLTのせん断強度

3.1) 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, 2016.10

※平均せん断応力について
CLT壁の平均せん断応力の算定方法としては、「CLT壁に設置したひずみゲージから算出する方法」、もしくは「CLT壁を含んだ試験体の耐力からベアフレームの試験体の耐力を差し引いた値をCLT壁が負担するせん断力と見なす方法」のいずれかが用いられている。なお、後者の場合は、CLT壁を挿入することでベアフレームの曲げモーメント分布が大きく変化する場合には、CLT壁の負担せん断力を正しく評価できない可能性がある点に注意されたい。

【部材実験における、CLT壁の結果】

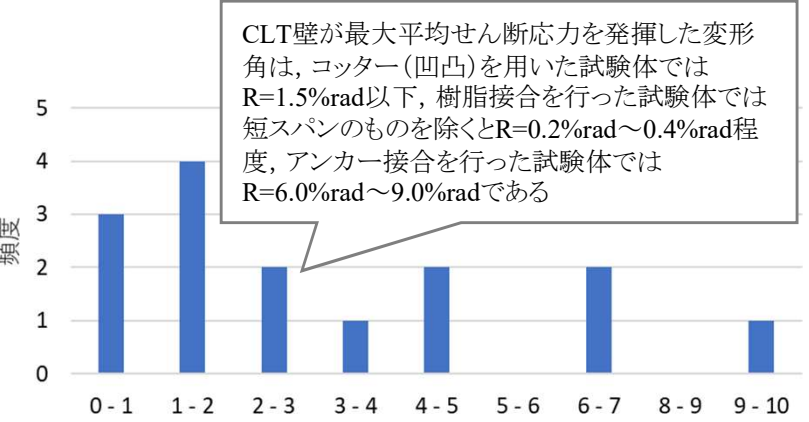


図3.6 最大平均せん断応力を発揮した変形角 (% rad)

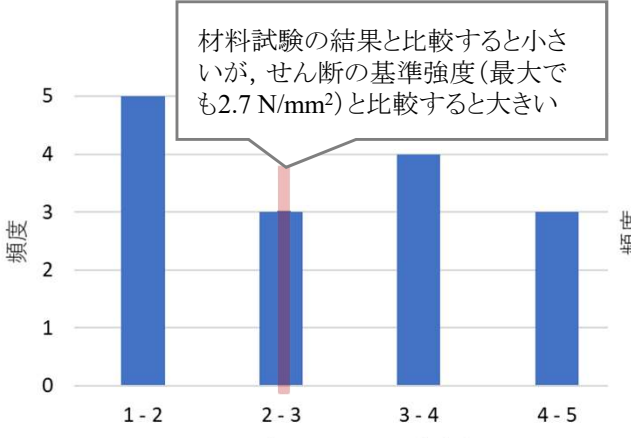


図3.7 最大平均せん断応力*(N/mm²)

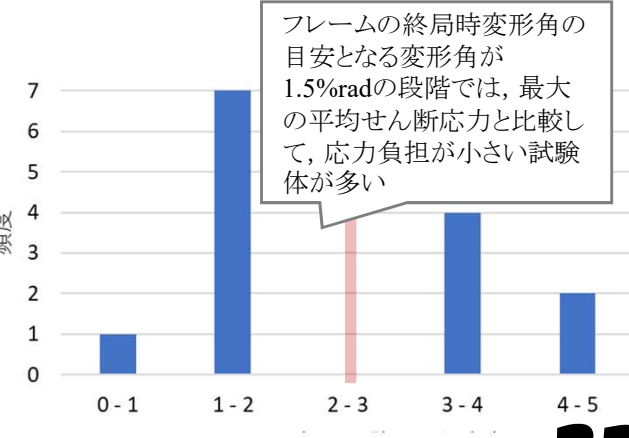


図3.8 R=1.5%rad時の平均せん断応力*(N/mm²)

2. 既往の実験データの整理 (部材実験におけるCLT壁の平均せん断応力)

【部材実験におけるCLT壁の平均せん断応力】

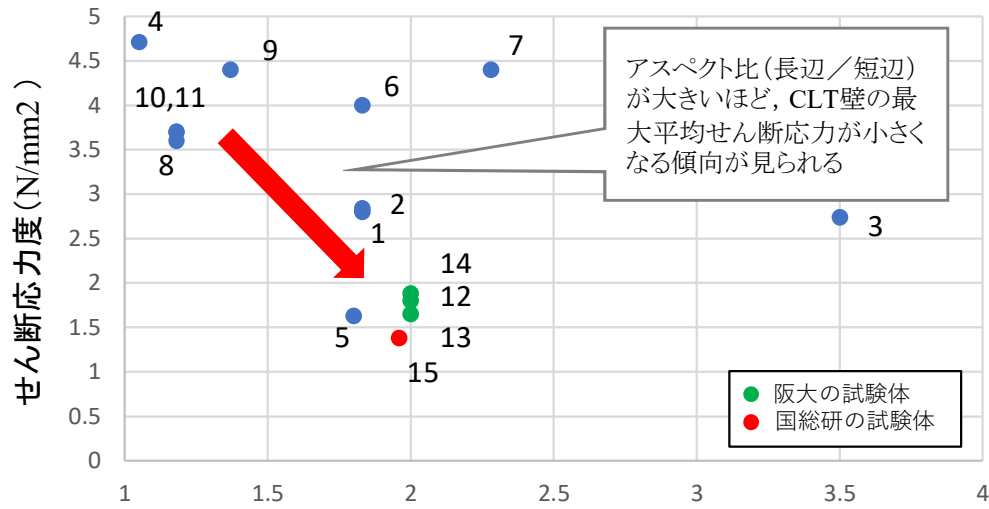


図3.10 最大平均せん断応力とアスペクト比の関係

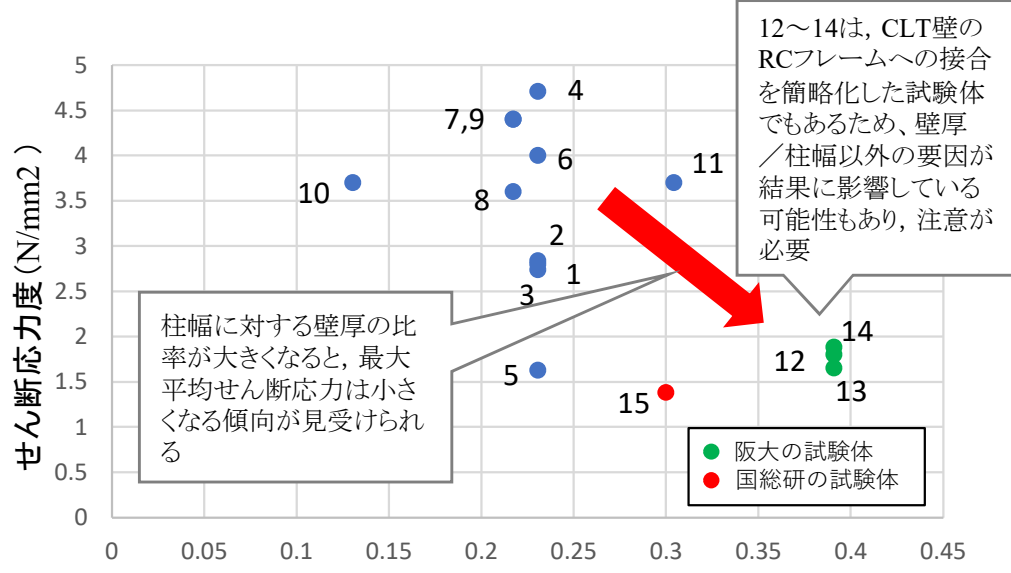


図3.12 最大平均せん断応力と壁厚/柱幅の関係

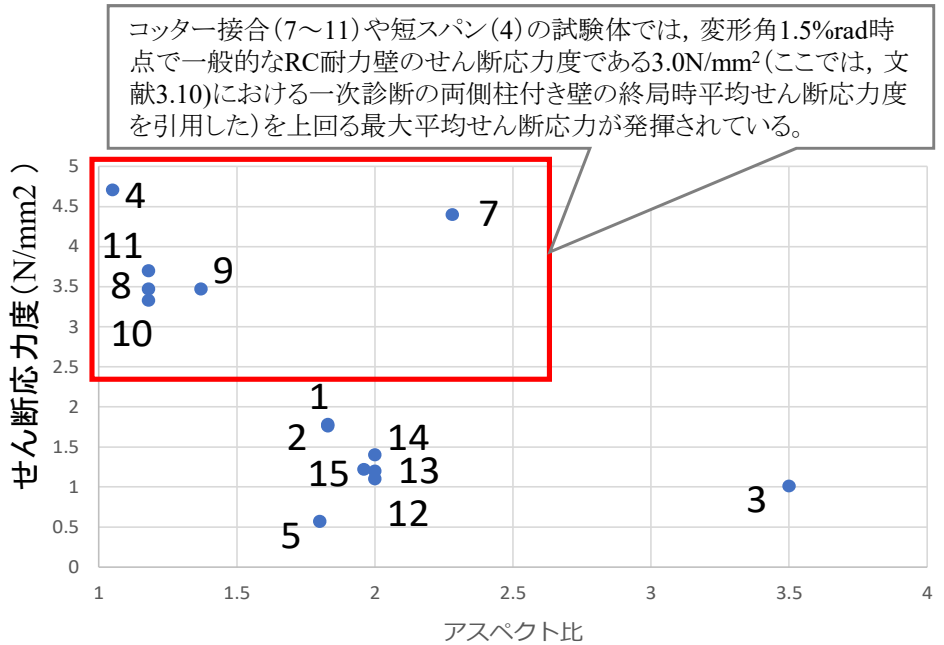


図3.11 1.5%rad時の平均せん断応力とアスペクト比の関係

3.10) 日本建築防災協会:2017年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説, 2017

表3.1 図3.10～図3.14に示す各数値と試験体の対応

1	接合方法:樹脂 接合箇所:4辺	6	接合方法:接着した鋼板を ナットで接合 接合箇所:2辺(上下)	11	接合方法:コッター 接合箇所:2辺(上下) その他:3分割, 壁厚 70mm
2	接合方法:樹脂 接合箇所:4辺 その他:標準スパン	7	接合方法:コッター 接合箇所:2辺(上下) その他:分割なし, 壁厚 50mm	12	接合方法:なし 接合箇所:なし その他:2分割, CLT間の みアンカー
3	接合方法:樹脂 接合箇所:4辺 その他:ロングスパン	8	接合方法:コッター 接合箇所:2辺(上下) その他:3分割, 壁厚 50mm	13	接合方法:アンカー 接合箇所:2辺(上下) その他:2分割, CLT間にも アンカー
4	接合方法:樹脂 接合箇所:4辺 その他:短スパン	9	接合方法:コッター 接合箇所:2辺(上下) その他:4分割, 壁厚 50mm	14	接合方法:アンカー 接合箇所:4辺 その他:2分割, CLT間の みアンカー
5	接合方法:樹脂 接合箇所:2辺 (上下)	10	接合方法:コッター 接合箇所:2辺(上下) その他:3分割, 壁厚 30mm	15	接合方法:滑り止め, ドリフ トピン 接合箇所:2辺

2. 既往の実験データの整理(検討対象の選定)

(実験事例の収集・分析結果)

- RC+CLT壁の構造実験に関する文献数(22編)は少なく、参照可能な事例が限られている。
- 大部分が単層の試験体であり、RC造耐力壁の曲げ破壊に相当する破壊形式の試験体はない。
- CLT壁の最大せん断応力や最大せん断応力時の変形角は、アスペクト比や壁厚/柱幅比、CLTの接合形式の違いにより、増減する。
- 阪大実験は最大せん断応力に到達する際の変形角が大きい靱性型の挙動を示すのに対し、国総研実験は最大せん断応力に到達する際の変形角が小さい強度型の挙動を示している。

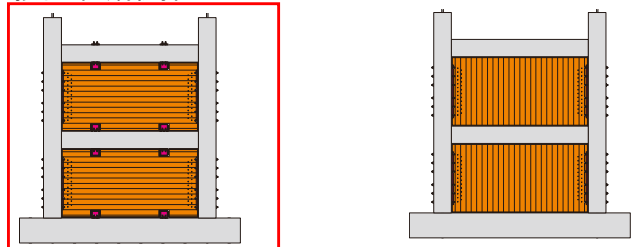


既往の実験事例の中で、強度型・靱性型の特徴的な挙動を示している、B:国総研・C:阪大実験の二つの実験事例に対象を限定して、詳細な検討を実施することとした。

B: 国総研(総プロ等)による実験

水平接合部: 滑り止め
鉛直接合部: 鋼板挿入ドリフトピン

水平接合部: なし(モルタル充填)
鉛直接合部: 鋼板挿入ドリフトピン

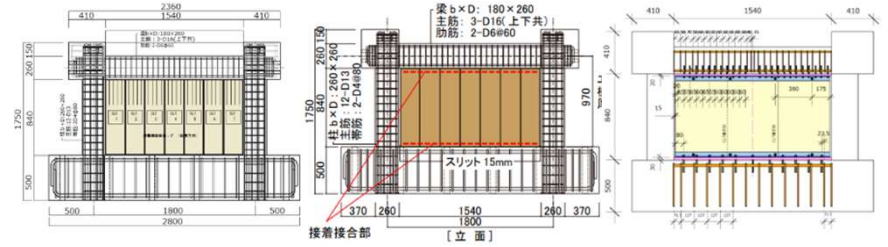


最大せん断応力	1.63 (N/mm ²)	1.37 (N/mm ²)
最大せん断応力時 変形角	1.0 (%rad)	2.0 (%rad)
全体変形角 R=1.5%rad時 せん断応力	1.30 (N/mm ²)	1.23 (N/mm ²)

表層ラミナの向きが横向きのため、データ整理では対象外

A: 竹中工務店による実験

四周を樹脂で接着
梁・スタブのみ樹脂で接着
CLTに取り付けられている山形鋼板とRC躯体をアンカーでボルトナット止め

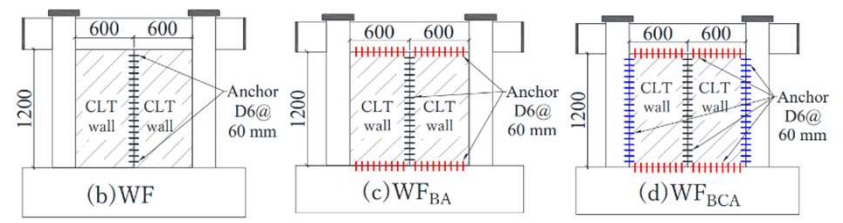


最大せん断応力	2.84 (N/mm ²)	1.63 (N/mm ²)	4.0 (N/mm ²)
最大せん断応力時 変形角	0.4 (%rad)	0.2 (%rad)	1.0 (%rad)
全体変形角 R=1.5%rad時 せん断応力	1.76 (N/mm ²)	0.57 (N/mm ²)	不明

(参考文献) 高橋ら: 木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究 その3 CLT耐震補強実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.691-692, 2015.9, 福原ら: 木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究 その6 せん断力伝達機構の検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.195-196, 2016.8, 幅ら: 木質系面材によるRC骨組の耐震補強工法に関する実験的研究 その7 乾式工法をめざしたCLT耐震補強実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.197-198, 2016.8

C: 大阪大学による実験

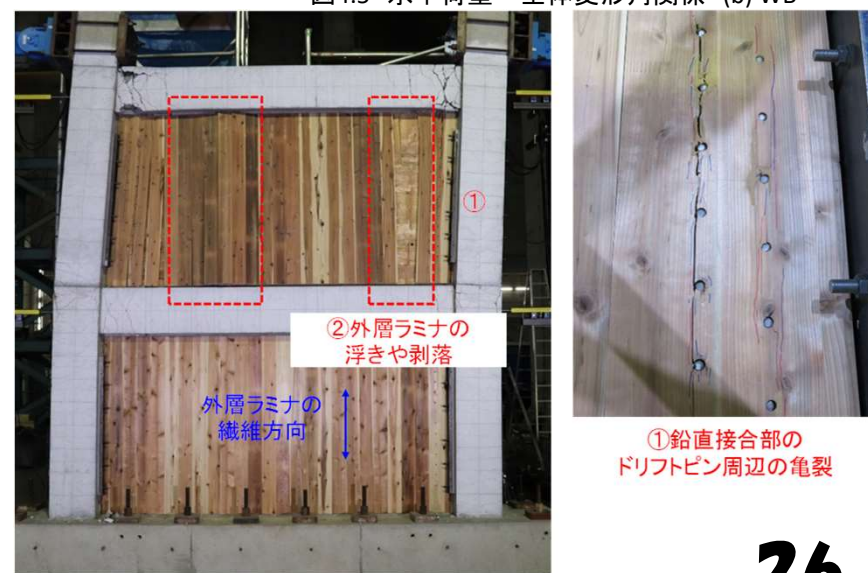
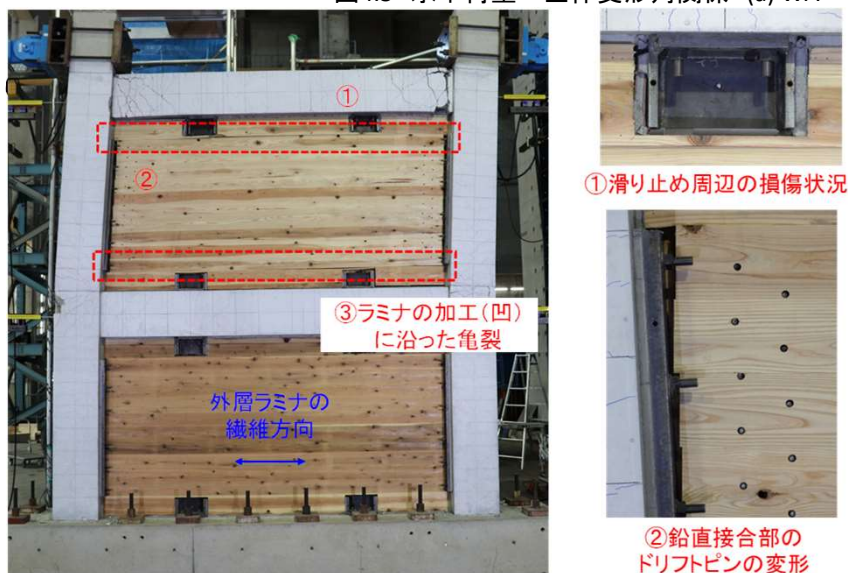
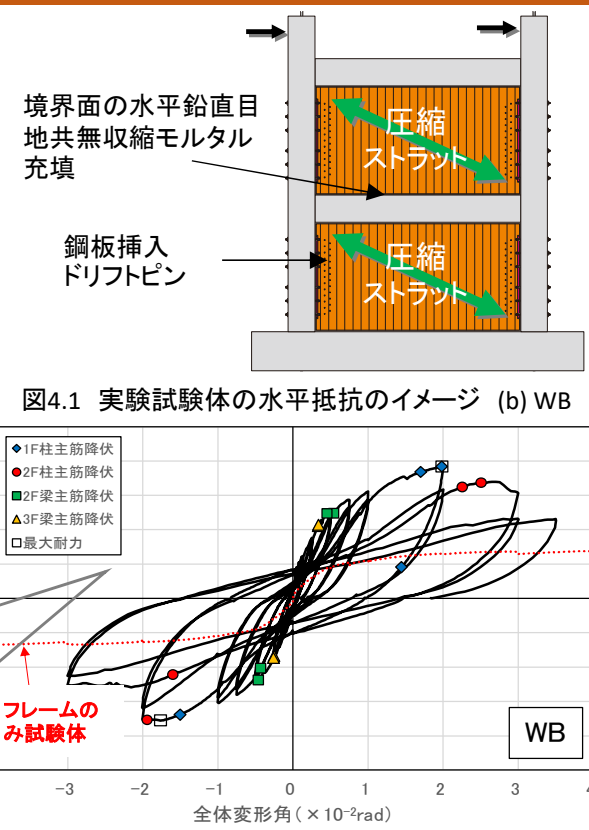
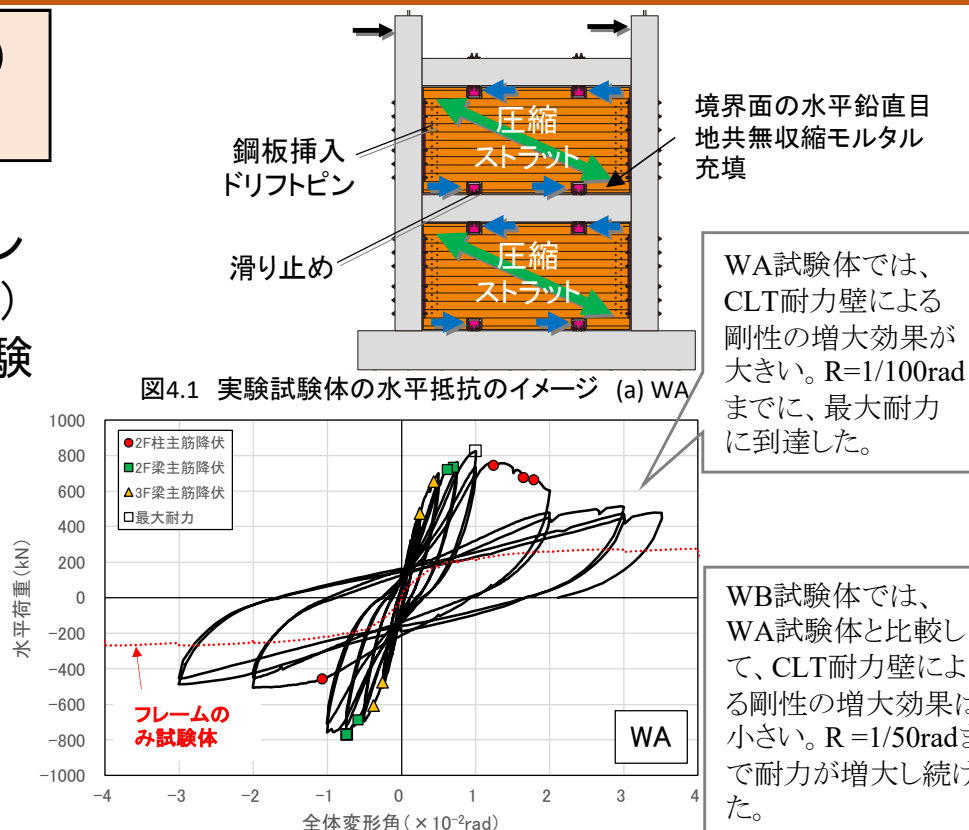
アンカー接合なし
梁のみアンカー
柱梁アンカー



最大せん断応力	1.84 (N/mm ²)	1.65 (N/mm ²)	1.88 (N/mm ²)
最大せん断応力時 変形角	9.0 (%rad)	6.0 (%rad)	6.0 (%rad)
全体変形角 R=1.5%rad時 せん断応力	1.10 (N/mm ²)	1.16 (N/mm ²)	1.45(N/mm ²)

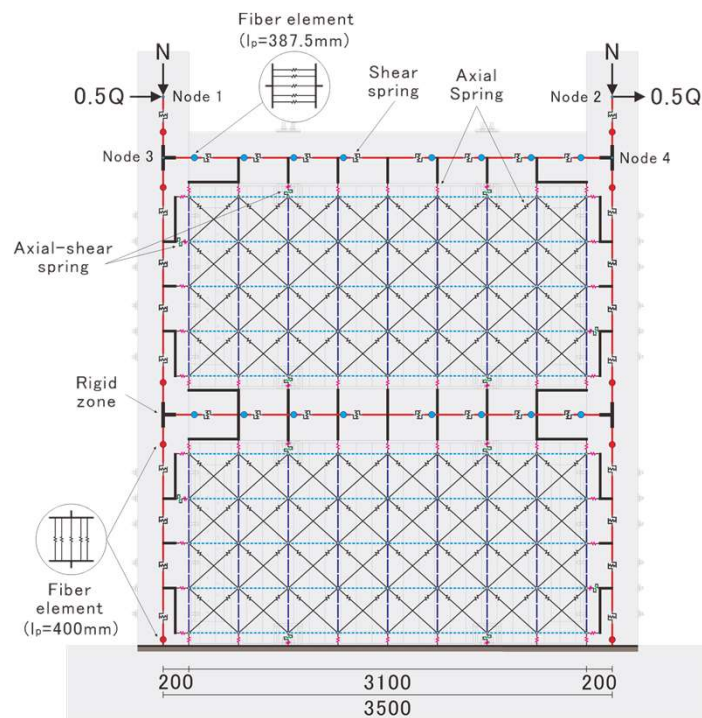
国総研(総プロ等) 試験体

- ・縮尺2/3の2層1スパンの架構実験(WA・WB)他にフレームのみ試験体あり。
- ・CLT版: 120mm S60-3-4
- ・鉛直接合部: 25-φ12(SS400)
- ・WAは滑り止めを設け、外層ラミナは水平方向とした。

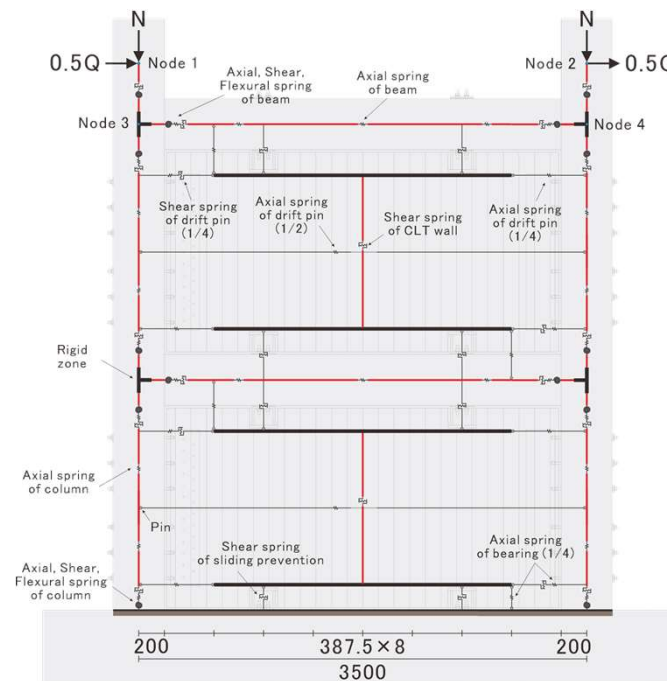


当初は、CLT壁を複数のトラス要素に置き換えた詳細モデルによる検討を行っていたが、一貫計算プログラムへの適用を目指し、壁柱モデル、ブレースモデルへと段階的に要素数の低減を図った。以降は、**ブレースモデル(本年度の検討の主対象)**の結果を示す。報告書には手法による比較表を記載している。

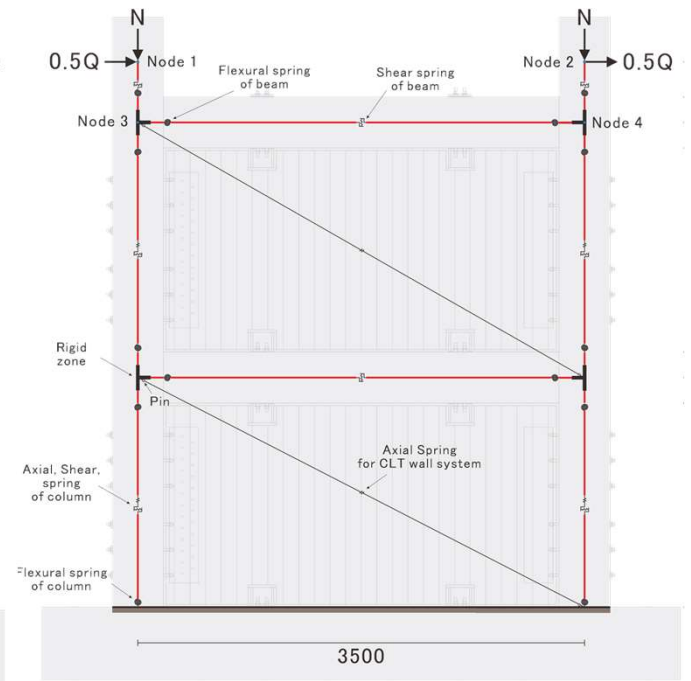
また、RC梁-CLT壁間(水平接合部)に加え、RC柱-CLT壁間(鉛直接合部)のモデル化が必要となる。



詳細モデル



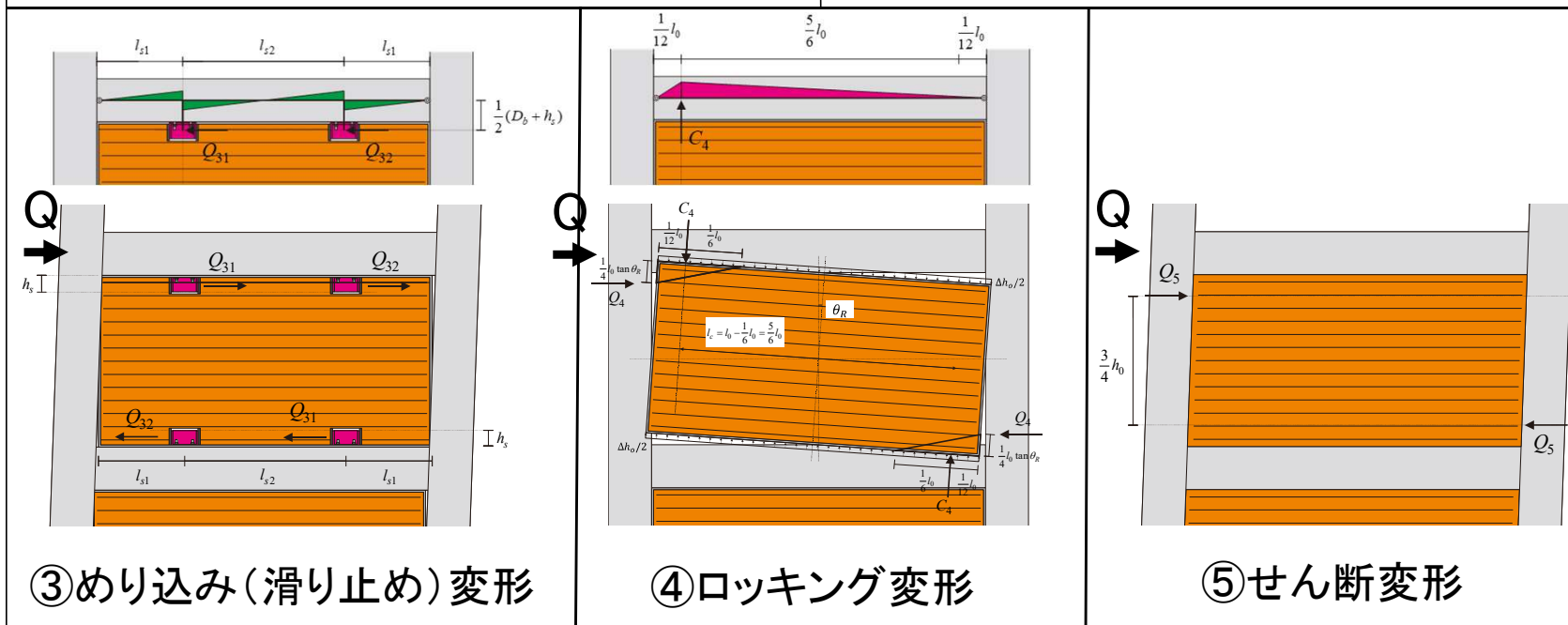
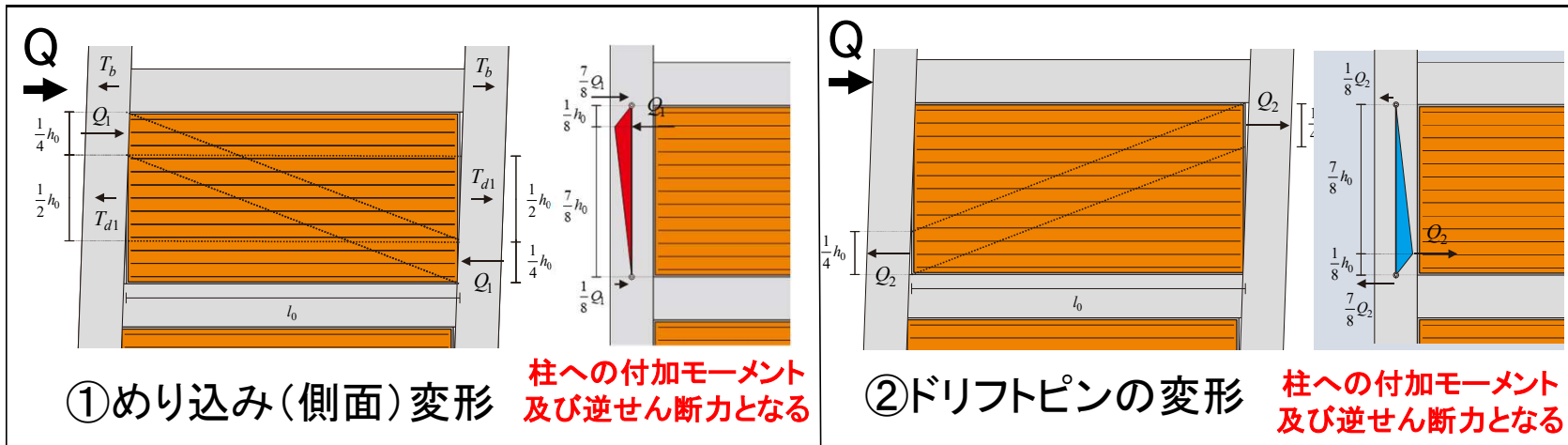
壁柱モデル



ブレースモデル

ブレースモデルでは、CLT壁の変形成分を①～⑤に分類し、それぞれの変形モードについて、バイリニアもしくはトリリニアの復元力特性を設定した。

また、①～④の変形モードによる周辺フレーム(柱・梁)に生じるため、保証設計で必要となる応力を再現した。



ブレースの復元力特性は、
①～③、④、⑤を直列ばねとして、
①、②によるRC柱の逆せん断力をブレース軸耐力から差し引いて評価することを提案

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_{H1} + K_{H2} + K_{H3}} + \frac{1}{K_{H4}} + \frac{1}{K_{H5}}}$$

報告書には、①～⑤のばねと耐力計算式を掲示した。

構造実験より得られた荷重－変形曲線の包絡線とブレースモデルによる解析結果を比較して、その妥当性を検証した。

- WA試験体については、2Fにおいて③一方の滑り止めが軸耐力に到達した後、全体変形角 $0.55 \times 10^{-2} \text{rad}$ において、⑤CLTのせん断耐力に到達した。この時点の水平荷重は728kNであり、実験の最大耐力 (825kN) や解析の最大耐力 (830kN) を12%程度下回っていた。
- ブレースの復元力特性は、ブレースの軸変形が10mm程度でせん断耐力に到達する形となり、その際の層間変形角は $0.59 \times 10^{-2} \text{rad}$ である。なお、ブレースの軸耐力をせん断応力に換算すると $2.0/\text{mm}^2$ となる^{*}。
- WB試験体については、①, ② 1, 2Fの両方においてドリフトピンの引張降伏が生じた後に、全体変形角 $0.78 \times 10^{-2} \text{rad}$ において、⑤2FでCLTのせん断耐力に到達した。この時点の水平荷重は649kNであり、実験の最大耐力 (767kN) や解析の最大耐力 (724kN) を10～15%程度下回っていた。
- ブレースの復元力特性は、鉛直接合部のドリフトピンが引張降伏することで軸剛性の低下が生じ、ブレースの軸変形が15mm程度でせん断耐力に到達する。その際の層間変形角は、 $0.87 \times 10^{-2} \text{rad}$ である。なお、ブレースの軸耐力をせん断応力に換算すると $1.7/\text{mm}^2$ となる^{*}。

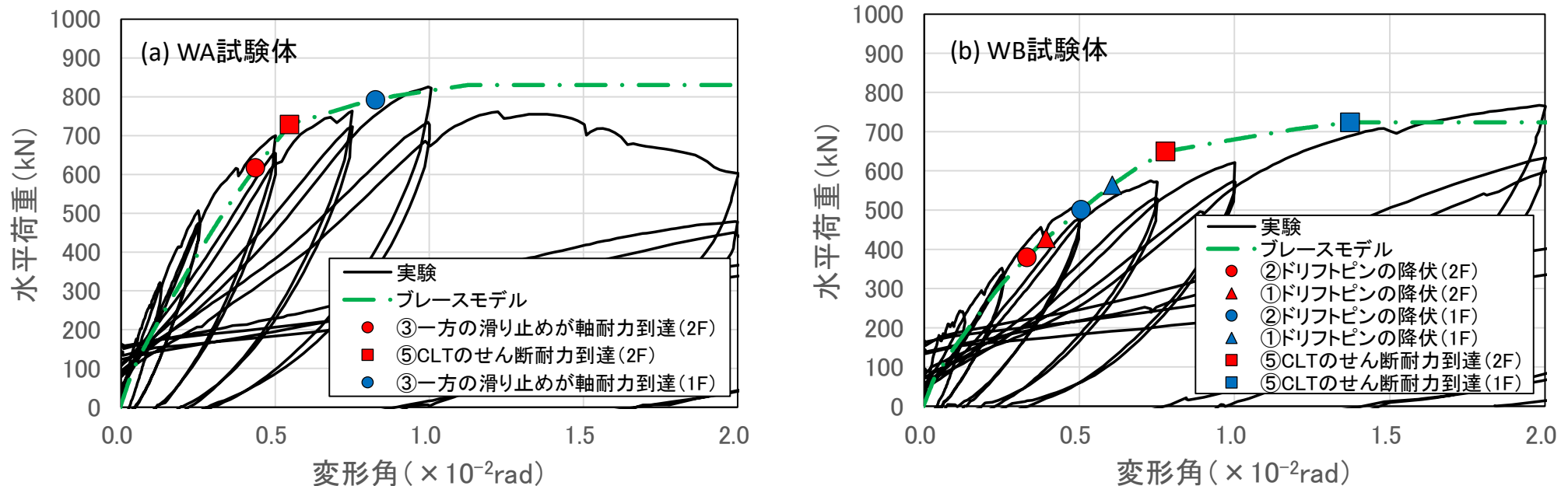


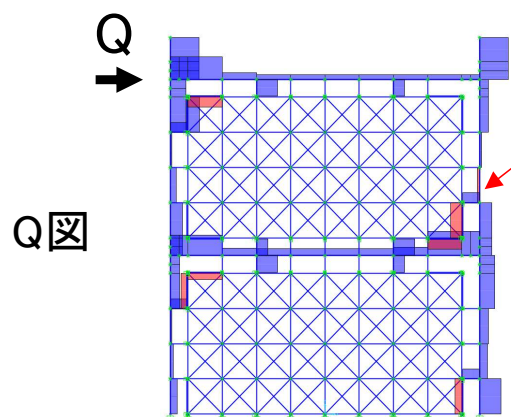
図4.19 水平荷重－全体変形角関係(ブレースモデル)

^{*}CLT壁がせん断破壊しているが、RC柱に作用する逆向きの水平せん断力に相当するせん断力を耐力から差し引いているため、モデル化の際に用いたCLTのせん断の基準強度 ($2.2\text{N}/\text{mm}^2$) よりも低い。

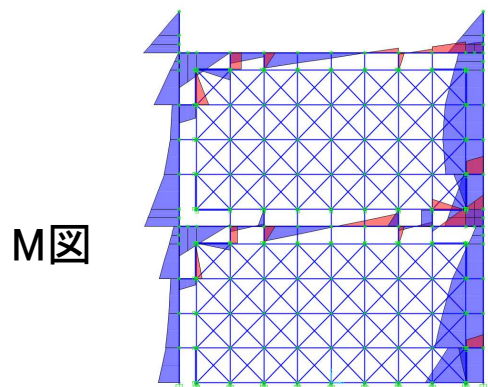
ブレースモデルでは、①～④のモードによる、RCフレームの応力状態を再現することができないため、設計に必要な応力の再現を試みた。



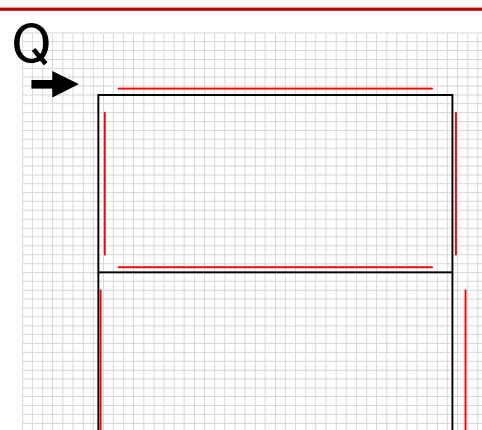
- 1) 骨組解析の結果に①～④による付加応力を単純累加した保証設計用応力を作成。
- 2) この保証設計用応力で、「柱, はり端部のパンチング破壊」や「梁の保証設計」を行う。



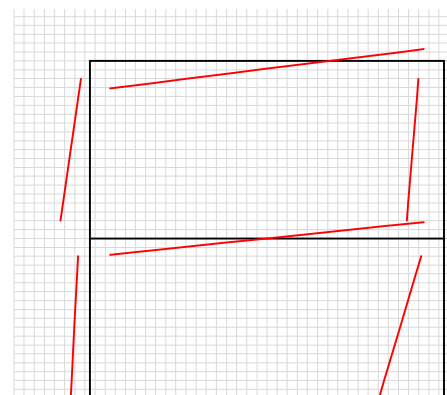
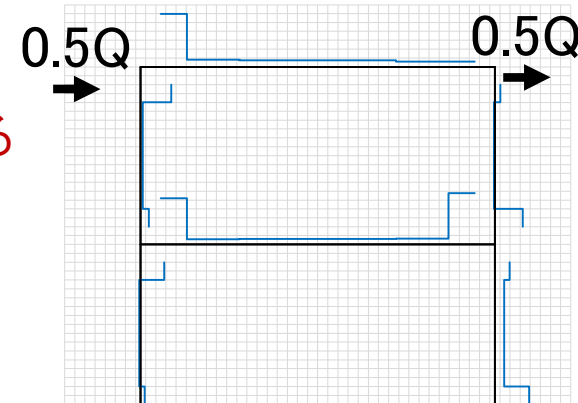
逆方向のせん断力



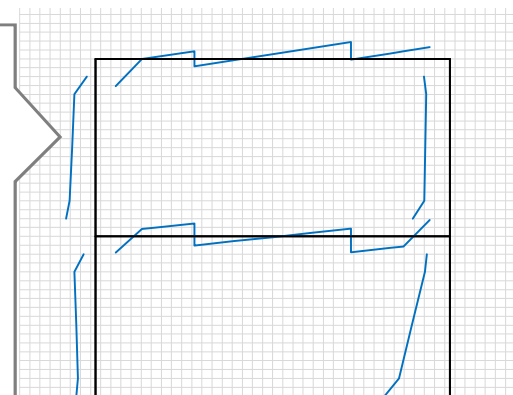
詳細モデル



①～④による
付加応力を
単純累加



・ブレースモデルでは、
圧縮側柱のモーメント分布の
評価精度がやや悪いが、材端の
最大せん断力や最大モーメントは
ある程度推定できることが
分かる。
・今後はこのモデルの適用
範囲をどのように定めるかが
課題。



ブレースモデル
解析結果

保証設計応力
(解析結果+①～④の付加応力)

ブレースモデル

阪大試験体

・RC+CLT耐力壁の基礎的な検討を目的として2021年度大阪大学で実施

- ・40%試験体
- ・CLT版: 86mm
- ・鉛直接合部: 接合無し

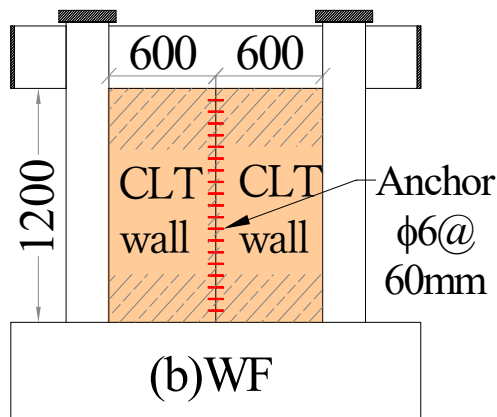


図5.1 試験体(CLT耐震壁)

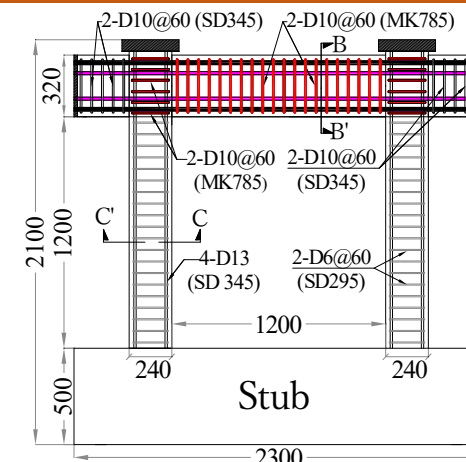
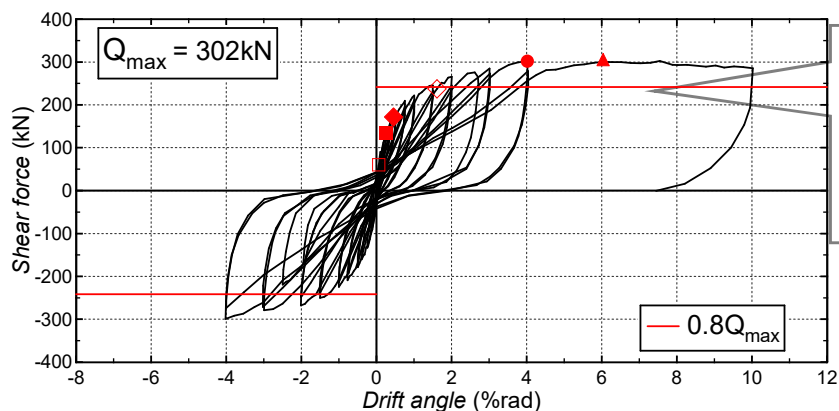


図5.1 試験体(RC柱梁架構)



・最大耐力はRC柱梁架構の2倍に増大
・層間変形角10%まで最大耐力の80%まで耐力低下せず、相対的に高い変形性能を発揮

層間変形角7.5%で柱主筋の座屈に伴い最大耐力の80%未満に耐力低下

図5.4 試験体の荷重－変形関係(CLT耐震壁 (WF))

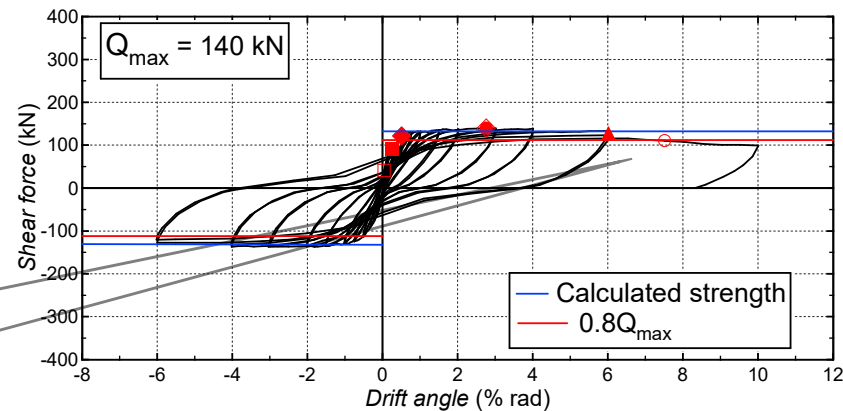


図5.4 試験体の荷重－変形関係(RC柱梁架構)



RC柱梁の層間変形に追随するため内蔵されたCLT壁が回転挙動し、この回転挙動に伴ってCLT壁が上階の梁を突き上げていることがわかる。

図5.5 層間変形角6%における変形性状(CLT耐震壁 (WF))

4. 「靱性型タイプ」のモデル化方法(モデル化の方法)

回転挙動したCLT壁が梁を突き上げる
 →変形増大に伴い、CLTに圧縮軸力が導入
 →圧縮軸力は斜め圧縮束を介して下階に伝達

$$P_{CLT} = \frac{E_{CLT} L^3 t}{6H^2} R \dots (5.4)$$

$$K_B = \frac{N_B}{\delta_B} = \frac{P_{CLT}}{HR} \frac{1}{\cos^2 \theta} \dots (5.5)$$

$$N_B = P_{CLT} \frac{1}{\cos \theta} \dots (5.6)$$

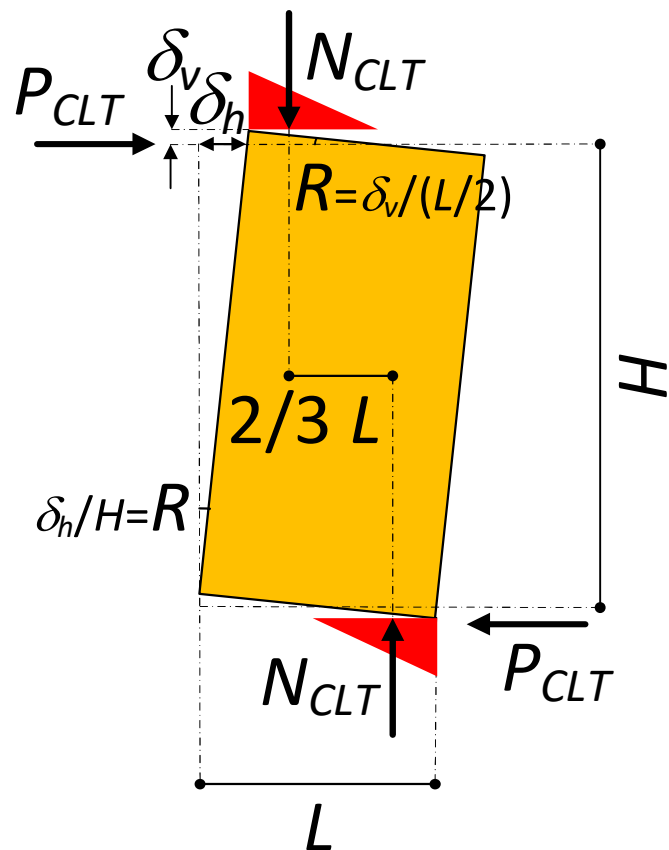


図5.6 せん断抵抗評価モデル

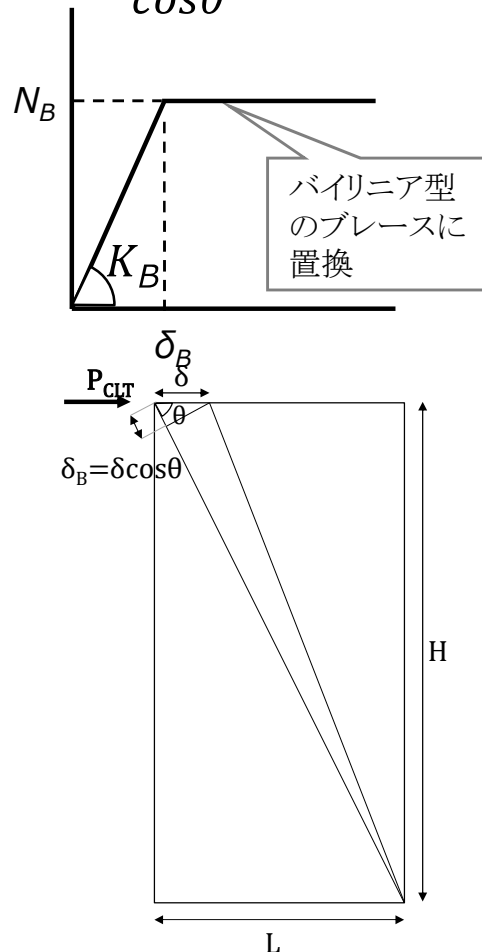
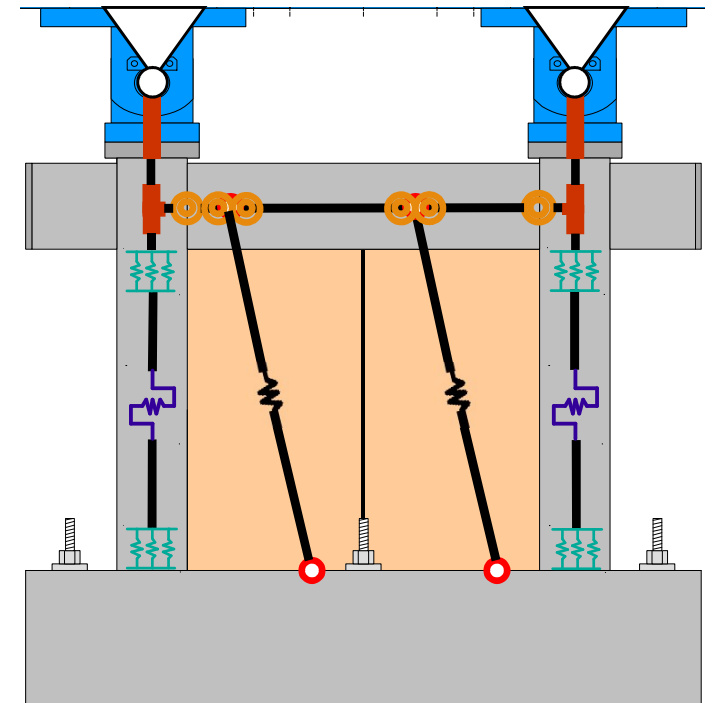


図5.7 ブレース置換モデル



図5.5 層間変形角6%における変形性状 (CTL耐震壁(WF))



	軸	曲げ	せん断
柱	MSモデル		弾塑性
梁	弾性	弾塑性	弾性
ブレース	弾塑性	—	—

図5.8 構造解析モデル

- ・解析の性能曲線を構造実験より得られた荷重—変形曲線と比較した結果良好に対応することを確認、モデル化の妥当性を検証。(図5.9)
- ・解析結果より得られるCLT耐力壁のRC柱とCLT壁の水平力分担は、CLT壁の水平力負担が水平変形角2%にかけて漸増するのに対し、RC柱では0.5%を超えた後に減少に転じたことがわかる。(図5.9、5.10)
- ・RC+CLT耐力壁の柱の上下端に塑性ヒンジが形成されたときの応力分布を示している。CLT壁の内蔵に起因するRC部材の応力状態の変化を評価でき、RC部材の保証設計などに適用し得ることがわかる。(図5.11)

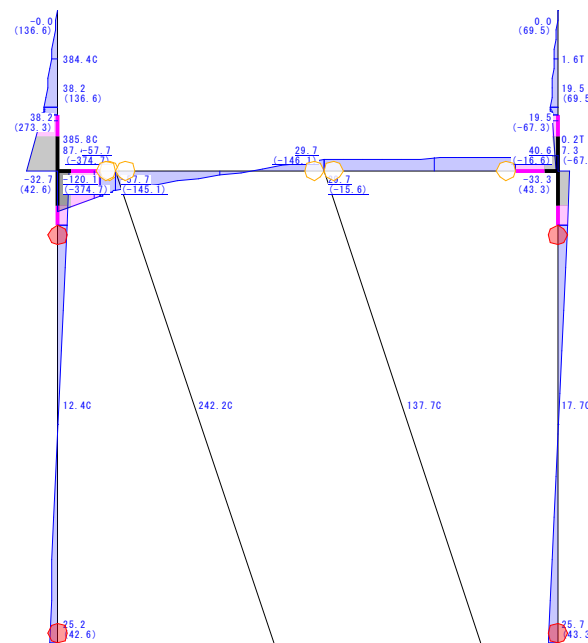


図5.11 RC+CLT耐力壁の柱端ヒンジ形成時の応力状態

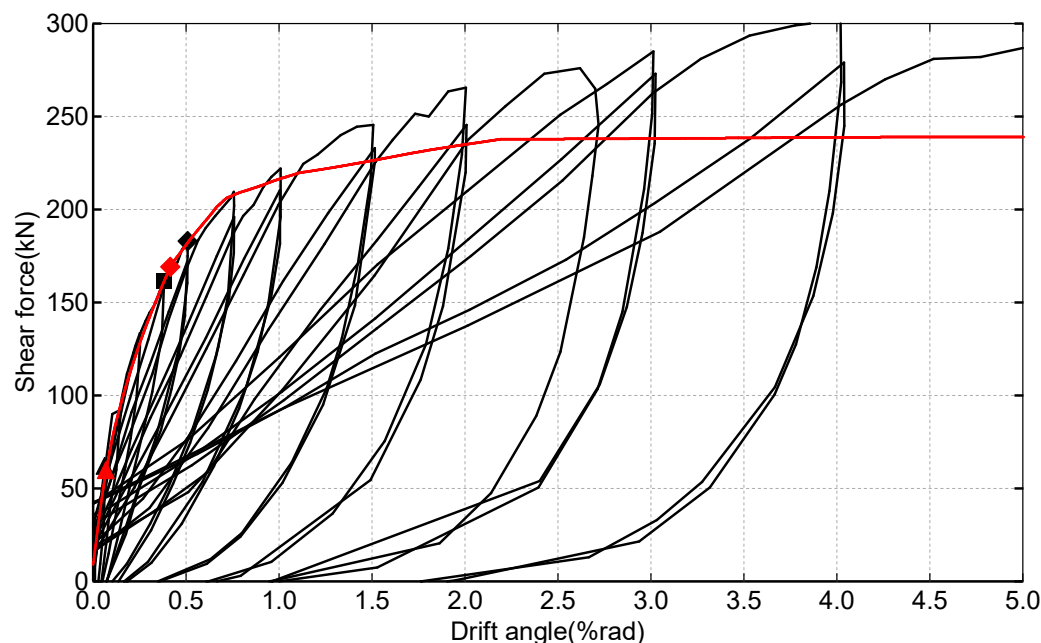


図5.9 CLT壁のブレース置換モデルを用いたRC+CLT耐力壁試験体の性能評価結果

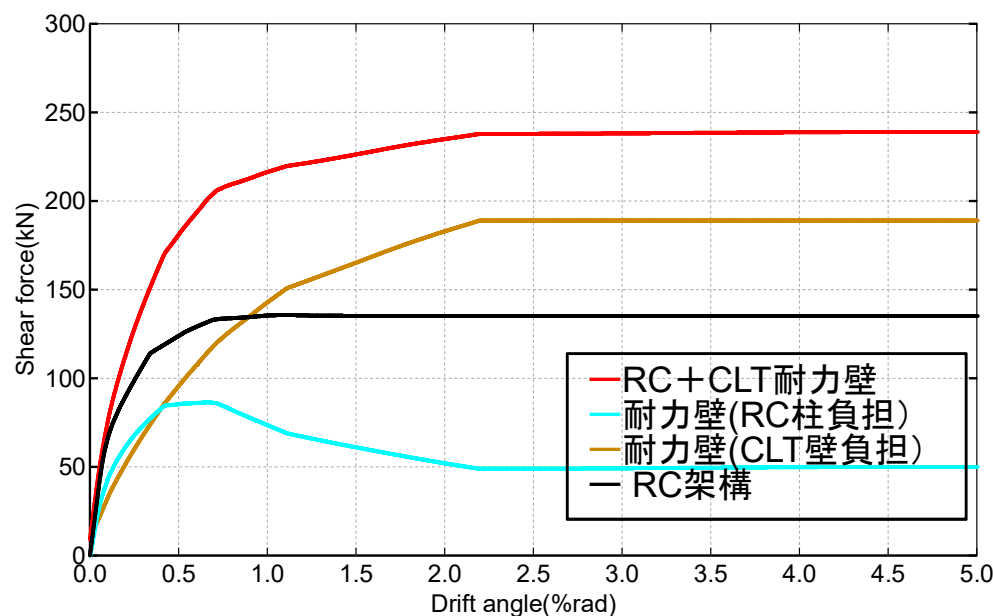
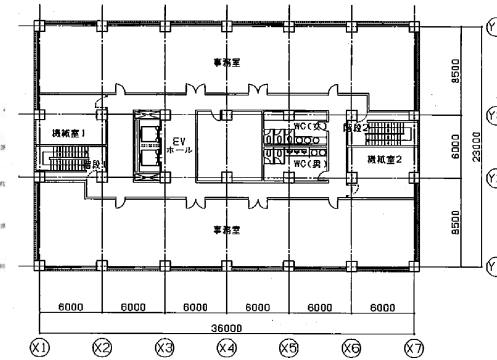
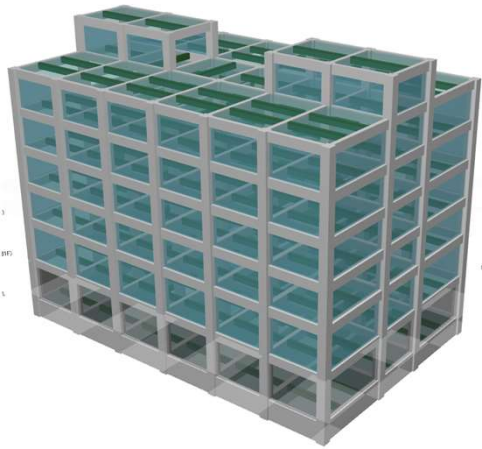


図5.10 解析に基づくRC+CLT耐力壁の水平力負担割合

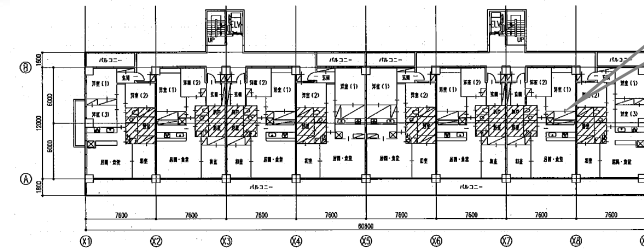
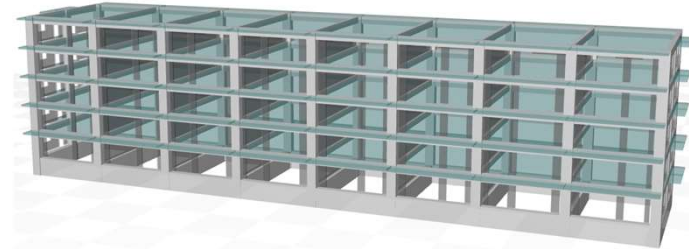
■対象:RC造建物2棟(2007設計事例集(日本建築防災協会)より引用)

①事務所(5階建て純ラーメン架構)

②集合住宅(5階建てRC耐震壁付き架構)



基準階平面図



基準階平面図

■内容:一貫計算における、CLT耐力壁のモデル化

○強度型:

- ・大判1枚配置モデル:壁幅=梁内法スパン
- ・ $R=1/200$ 時に $\tau=2.0\text{N/mm}^2$ を降伏点としたバイリニアモデルで、 $1/100$ でせん断破壊するとしたブレースに置換。(3章の方法とは違う)
- ・ $D_s=0.55$ に対する保有水平耐力の確認(1/100)

○靱性型:

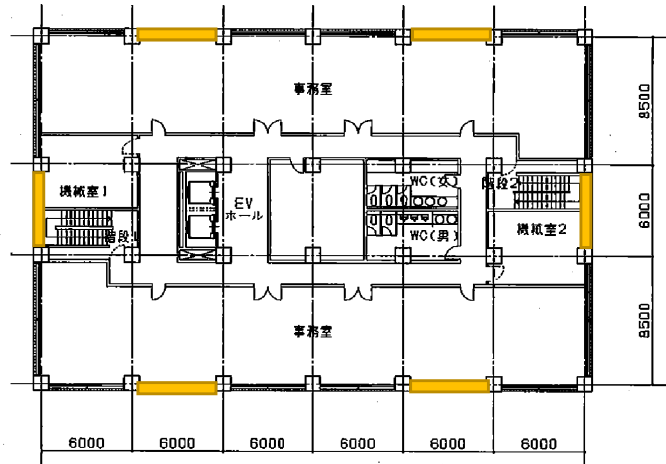
- ・小割配置モデル:壁幅=1,000mm程度
- ・ロッキングによるCLT端部支圧耐力を降伏点としたバイリニアモデル(4章の方法)
- ①:目標 $D_s=0.30$ に対して、保有水平耐力を確認(1/70)
- ②:目標 $D_s=0.55$ に対して、保有水平耐力を確認(1/100)

■検討事項:

- ・有効なCLT耐震壁の使い方についての検討
- ・検討建築物の保有水平耐力 Q_u と必要保有水平耐力 Q_{un} の関係

強度型(大判1枚配置モデル)

靱性型(小割配置モデル)



CLT(t=150)を配置

【検討方法】

$D_s=0.3$ のベースモデル

(純ラーメン)にCLTを配置する。

【CLT配置前のベースの耐力】

・ $D_s=0.30$ の場合

X方向: $Q_u/Q_{un}=1.24$ (0.372)

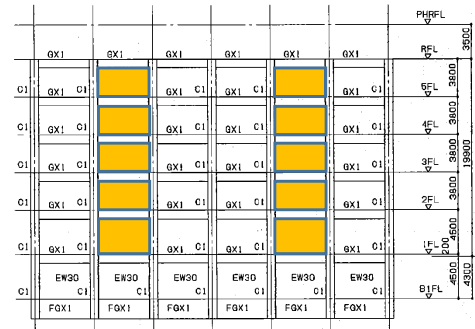
Y方向: $Q_u/Q_{un}=1.26$ (0.378)

※()内は Q_u のシア係数を示す。

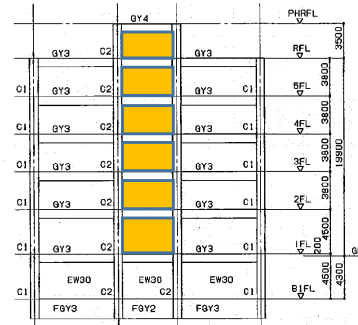
【考察】

設定した D_s 値を目標とする場合は、純ラーメン架構には靱性型(小割配置モデル)が適していると考えられる。

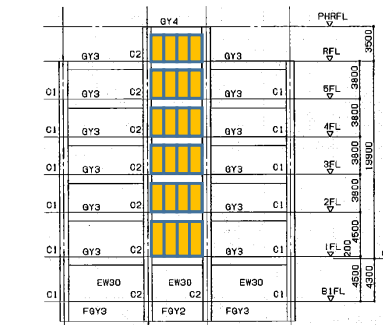
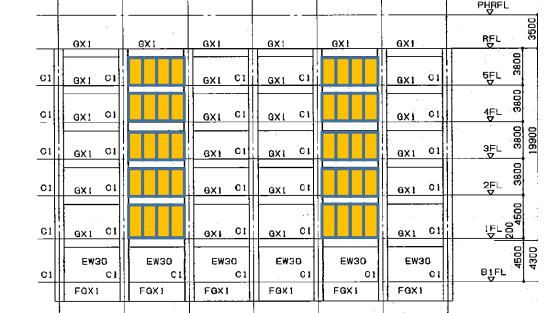
X方向



Y方向



降伏時
せん断力
1545kNを
1枚配置



降伏時
せん断力
115.8kNを
4枚配置

【CLT配置後の耐力】

・ $D_s=0.55$ の場合

X方向: $Q_u/Q_{un}=0.84$ (0.462)

Y方向: $Q_u/Q_{un}=0.73$ (0.402)

※()内は Q_u のシア係数を示す。

【検討が必要な留意点】

・早期に梁のせん断破壊が生じた。(解析は梁のせん断破壊を保持続行とし、層間変形角=1/100まで解析した。)

【CLT配置後の耐力】

・ $D_s=0.30$ の場合

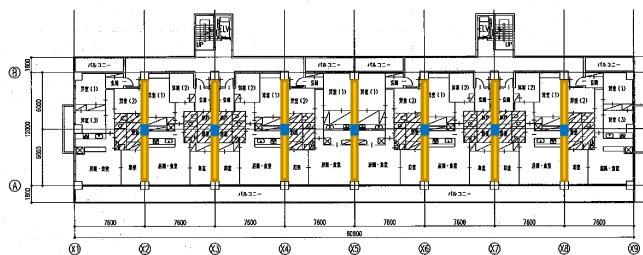
X方向: $Q_u/Q_{un}=1.35$ (0.405)

Y方向: $Q_u/Q_{un}=1.32$ (0.396)

※()内は Q_u のシア係数を示す。

【検討が必要な留意点】

・最上階の梁にせん断破壊が生じた。
・CLTを配した梁の軸力検討。



CLT(t=150)を配置 RC間柱

【検討方法】

- 戸境壁を有するY方向の検討
- 戸境壁を撤去し間柱を配したモデルをベースモデルとし、戸境壁部分にCLTを配置する。

【CLT配置前のベースの耐力】

・Ds=0.55の場合

戸境壁なし

Y方向: $Q_u/Q_{un}=0.45$ (0.247)

戸境壁あり

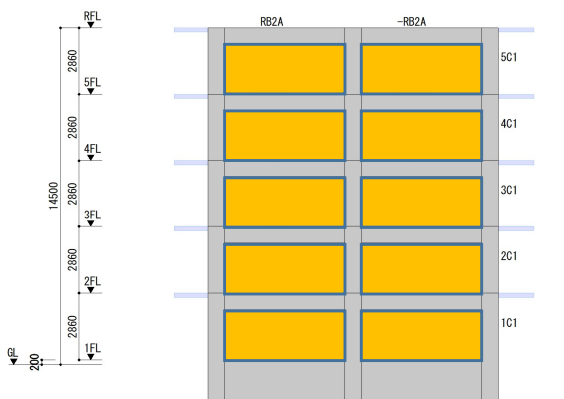
Y方向: $Q_u/Q_{un}=2.39$ (1.314)

※()内は Q_u のシアー係数を示す。

【考察】

設定したDs値を目標とする場合は、耐力壁付きラーメン架構には強度型(大判1枚配置モデル)が適していると考えられる。

強度型(大判1枚配置モデル)



降伏時せん断力 1545kNを1枚配置

【CLT配置後の耐力】

・Ds=0.55の場合

Y方向: $Q_u/Q_{un}=1.29$ (0.710)

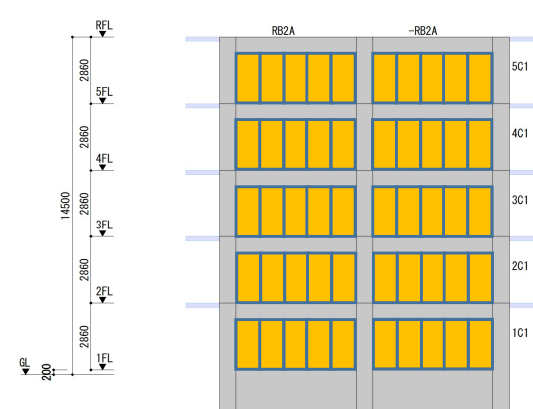
※()内は Q_u のシアー係数を示す。

- 戸境壁なしベースモデルの2.8倍程度(1階 $\beta_u=0.48$)

【検討が必要な留意点】

- 早期に梁のせん断破壊が生じた。(解析は梁のせん断破壊を保持続行とし、層間変形角=1/100まで解析した。)

靱性型(小割配置モデル)



降伏時せん断力 99.5kNを5枚配置

【CLT配置後の耐力】

・Ds=0.55の場合

Y方向: $Q_u/Q_{un}=0.64$ (0.352)

※()内は Q_u のシアー係数を示す。

- 戸境壁なしベースモデルの1.4倍程度(1階 $\beta_u=0.30$)

【検討が必要な留意点】

- RC壁をCLT壁に代替えた場合、特に大梁の設計に十分な配慮が必要になる。
- CTLを配した梁の軸力検討。

【令和4年度】

(1) 既往実験データの整理と検討対象の選定(第2章)

RC+CLT耐力壁の実験事例の収集

→ 実験事例が限られることを確認した

RC+CLT耐力壁の典型的な事例の選定

→ 典型的な事例として「強度型」と「靱性型」を選定した

(2) 検討対象モデル(強度型・靱性型)のモデル化方法(第3・4章)

構造計算のためのモデル化の検討

→ 「強度型」・「靱性型」のモデル化の方法を示した

(3) 有効なCLT 耐力壁の使い方の検討(追加資料)

有効なRC+CLT耐力壁の使い方の試検討

→ 「強度型」は耐力壁付きラーメン架構との適合性がよい

→ 「靱性型」は純ラーメン架構との適合性がよい

【令和5年度に向けた課題】 委員会議事より

- (1) 「強度型」と「靱性型」の仕様規定を明らかにする
 - ➡ 「強度型」ではRC耐力壁のWDと見なす接合方法，壁厚など
 - ➡ 「靱性型」ではRC架構との境界部の仕様など
- (2) 保有水平耐力計算の枠組み（適用範囲や設計のクライテリア）を示す
 - ➡ 適用できる建物規模の制限などの検討
 - ➡ 「強度型」では耐力壁付きラーメン架構に準じ，WDと見なす場合， βu と D_s の関係などの検討
 - ➡ 「靱性型」では純ラーメン架構に準じ，一部の Q_u をCLTに負担させる方法・制限（例えばFAかつ $\beta u \leq 0.3$ ）などの検討
- (3) 保有水平耐力計算の枠組み（ D_s や部材種別）を示す
 - ➡ RC構造の部材種別を準用する場合，エネルギー吸収性能の違いの整理
 - ➡ エネルギー吸収性能を保証する仕様の検討
 - ➡ 許容する建物メカニズムの制限の検討
- (4) 保有水平耐力計算の枠組み（保証設計の項目）を示す
 - ➡ 想定する建物メカニズムの確保
 - ➡ CLT壁からRC部材へのパンチングシアによる破壊の防止
 - ➡ CLT材料のばらつき，二方向入力への対応
 - ➡ 「強度型」では曲げ降伏の防止
 - ➡ 「靱性型」ではRC柱の軸力変動による曲げ降伏の防止
- (5) その他，乾燥収縮，クリープ，経年劣化などの材料の中長期特性の影響など
令和5年度に向けた方針
実験データの不足などによりすべての課題の解消に至らないと予想
 - ➡ 少なくとも今後も継続的に検討すべき課題を含めて抽出し，将来に申し送る