

令和7年度 建築基準整備促進事業

(S48)

CLTパネル工法建築物等の 構造設計法の合理化に関する検討

事業主体 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター
共同研究機関 国立研究開発法人 建築研究所

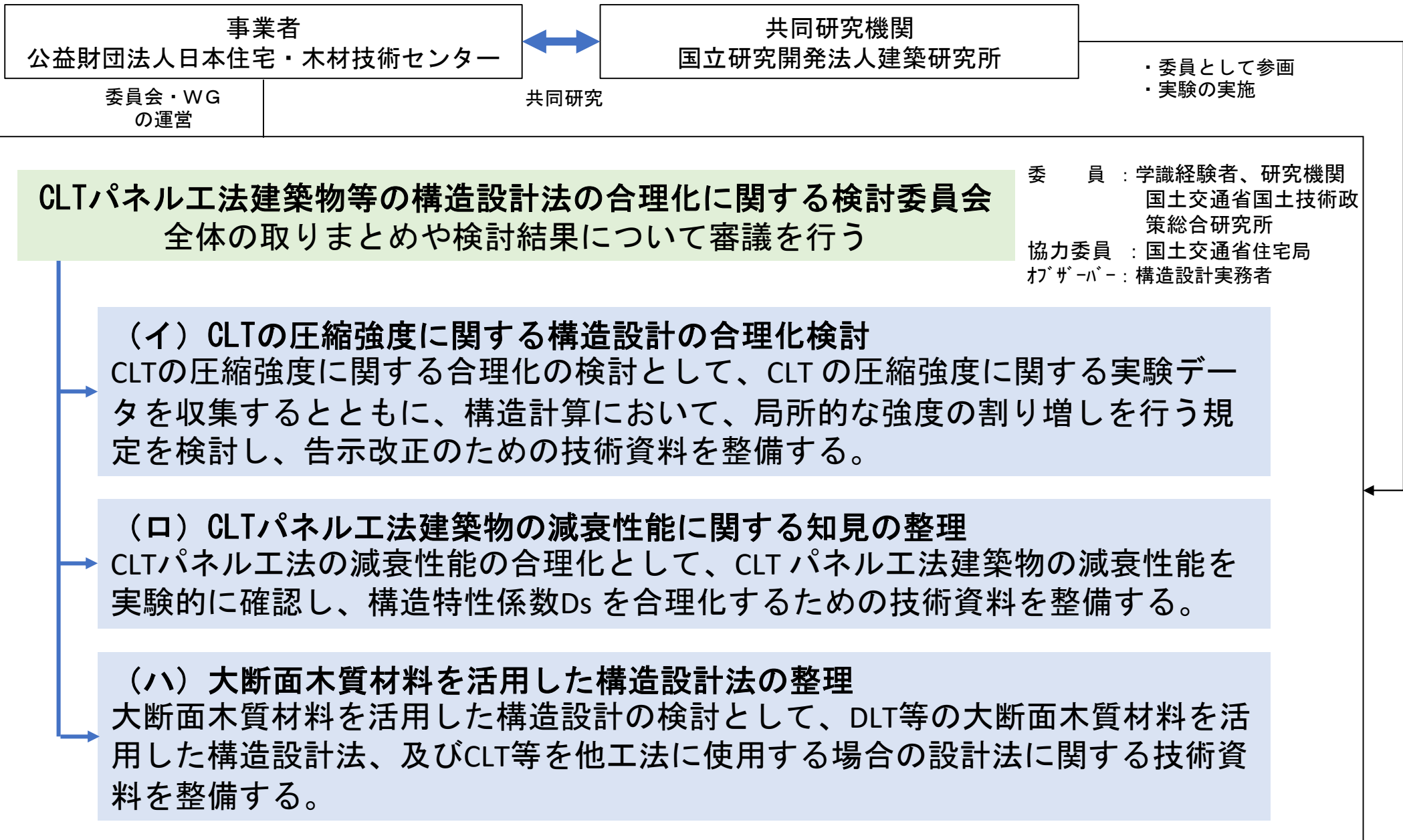
CLTパネル工法建築物の構造計算においては、現状、圧縮強度が実強度よりも安全側に規定されているため、部材に過大な性能が要求されている。

また、構造計算ルート3における構造特性係数 D_s は0.75以上と、他構造に比べ大きな値が規定されており、これがCLTパネル工法による中高層建築物を合理的に設計する上での課題となっている。

さらに近年では、CLTのほかにもDLT（木ダボ接合積層材）などの多様な大断面木質材料が登場しているが、これらを活用した構造設計法が整理されていない。

本事業では、CLTパネル工法建築物の構造設計法を合理化するとともに、多様な大断面木質材料を構造部材として活用することに向け、技術的知見の整理等を行う。

実施体制



【令和7年度】

【検討委員会】

委員長 委員	河合 直人	工学院大学 名誉教授
	五十田 博	京都大学 生存圏研究所生活圏木質構造科学分野 教授
	山崎 義弘	東京科学大学 総合研究院 多元レジリエンス研究センター 准教授
	平松 靖	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 複合材料研究領域 領域長
	井道 裕史	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 構造利用研究領域 領域長
	槌本 敬大	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ グループ長
	秋山 信彦	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 主任研究員
	難波 宗功	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 研究員
	小林 卓哉	日本建築行政会議
	三宅 辰哉	株式会社日本システム設計 代表取締役
	貞広 修	一般社団法人日本建築構造技術者協会 木質系部会主査
	坂口 晴一	一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会 開発部長
	向井 昭義	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 理事兼試験研究所長
	犬飼 瑞郎	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 試験研究所 首席研究員
	飯島 敏夫	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 参与兼特別研究員
鈴木 圭	木構造振興株式会社 主任研究員	
協力委員	荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅生産研究室 室長
	上野 翔平	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付 企画専門官
	久保 寿斗	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付 構造係長
	櫻井 美里	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室 係長
	高澤 誠	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室 課長補佐
	中村 誠	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室 課長補佐
オブザーバー	篠原 昌寿	株式会社構造計画研究所 室長
	野田 卓見	株式会社構造計画研究所
	櫻井 郁子	株式会社日本システム設計 常務取締役
	田中 信司	株式会社日本システム設計 取締役
	鈴木 康史	株式会社長谷川萬治商店 技術開発室長
協力	一般社団法人日本CLT協会	

【令和7年度】

【検討WG】

主査 委員	五十田 博	京都大学 生存圏研究所生活圏木質構造科学分野 教授
	前田 匡樹	東北大学グリーン未来創造機構 グリーンクロステック研究センター 教授
	山崎 義弘	東京科学大学 総合研究院 多元レジリエンス研究センター 准教授
	宮田 雄二郎	法政大学 デザイン工学部 建築学科 准教授
	富田 愛	京都大学 生存圏研究所生活圏木質構造科学分野 助教
	高梨 隆也	北海道大学 大学院農学研究院 森林科学分野 木材工学研究室 助教
	平松 靖	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 複合材料研究領域 領域長
	井道 裕史	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 構造利用研究領域 領域長
	槌本 敬大	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ グループ長
	秋山 信彦	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 主任研究員
	難波 宗功	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ 研究員
	大橋 義徳	地方独立行政法人北海道立総合研究機構林産試験場 技術部 生産技術グループ 研究主幹
	三宅 辰哉	株式会社日本システム設計 代表取締役
	貞広 修	一般社団法人日本建築構造技術者協会 木質系部会主査
	坂口 晴一	一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会 開発部長
	向井 昭義	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 理事兼試験研究所長
	犬飼 瑞郎	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 試験研究所 首席研究員
飯島 敏夫	公益財団法人日本住宅・木材技術センター 参与兼特別研究員	
鈴木 圭	木構造振興株式会社 主任研究員	
協力委員	荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅生産研究室 室長
	上野 翔平	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付 企画専門官
	久保 寿斗	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）付 構造係長
	櫻井 美里	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室 係長
	高澤 誠	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室 課長補佐
	中村 誠	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室 課長補佐
オブザーバー	篠原 昌寿	株式会社構造計画研究所 室長
	野田 卓見	株式会社構造計画研究所
	櫻井 郁子	株式会社日本システム設計 常務取締役
	田中 信司	株式会社日本システム設計 取締役
	鈴木 康史	株式会社長谷川萬治商店 技術開発室長
	渡邊 義隆	前田建設工業株式会社 建築事業本部設計戦略部 先進技術・DX推進グループ グループ長
	清水 謙一	株式会社日本設計 構造設計群 シニアエンジニア
	大庭 拓也	株式会社日建設計 テックデザイングループ Nikken Wood Lab(NWL) ディレクター
協力	一般社団法人日本CLT協会	

【令和7年度】

【検討サブWG】

主査 委員	五十田 博	京都大学 生存圏研究所生活圏木質構造科学分野	教授
	富田 愛	京都大学 生存圏研究所生活圏木質構造科学分野	助教
	難波 宗功	国立研究開発法人建築研究所 材料研究グループ	研究員
協力委員	荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 住宅研究部	住宅生産研究室 室長
オブザーバー	篠原 昌寿	株式会社構造計画研究所	室長
	野田 卓見	株式会社構造計画研究所	
協力	京都大学 生存圏研究所生活圏木質構造科学分野		
	岡山大学 工学部工学科 木質構造設計学研究所		
	一般社団法人日本CLT協会		

1. CLTの圧縮強度に関する構造設計の合理化検討

- ・ 基本方針
- ・ 検討方針と対象部位
- ・ CLTの局所圧縮に対する強度割増の検討
- ・ まとめ

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理

- ・ 基本方針
- ・ 振動台試験の詳細
- ・ 構造特性係数 D_s の合理化
- ・ まとめ

3. 大断面木質材料を活用した構造設計法の整理

- 3.1 DLTの構造設計法
- 3.2 CLTを他工法に利用する設計法

1. CLTの圧縮強度に関する構造設計の合理化検討

1. CLTの圧縮強度に関する合理化検討 基本方針

検討の目的

CLTの圧縮強度は、実態として基準強度を大きく上回る傾向がある。

課題：実態強度を過小評価することは、崩壊メカニズムに関わる接合部設計において周辺部材の脆性破壊を招くなど「危険側」の設計となる。

目的：局所的な支圧応力を対象とし、設計用強度の割増に関する妥当性を検証する。（CLTパネル自体の圧縮強度は対象外）

圧縮基準強度

$$F_c = 0.75 \sigma_{c_oml} \frac{A_1}{A_0}$$

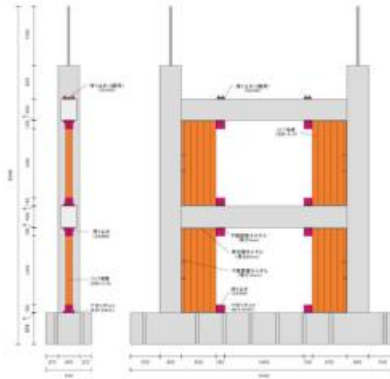
σ_{c_oml} ：ラミナ圧縮強度（平均値）

0.75：下限値への調整係数

強度割増が必要になる事例

事例(1):メカニズム計画

CLTを耐震要素として利用し、CLT側の支圧降伏を先行させる設計方針。事例ではCLT袖壁の性能を基準強度の1.33倍(1/0.75)として、全体架構への影響を考慮している。



RC+CLT架構

事例(2):接合部の設計

CLTとS梁の接合面において、支圧応力を受ける鋼材の補強を検討する際は、CLT側の実態強度を適切に考慮する必要がある。事例ではスチフナは、 F_c の2倍に対して設計。



CLT-S梁接合面

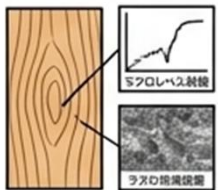
他構造における割増事例

- (1) 鋼材の降伏点（F値）：JIS規格は「下限値」のみ規定。設計上はF値の1.1倍以下で運用
- (2) 鋼板の面外曲げ：形状係数（ $Z_p/Z_y=1.5$ ）および縁部の塑性化考慮し、F値の約1.15倍で運用
- (3) コンクリート支圧：周辺コンクリートの拘束効果を考慮し、最大で基準強度の2倍まで評価可能
- (4) 鋼材の球面接触：接触面上の局所的な応力状態を考慮。引張強度の約5.3倍に設定
- (5) 柱木口支圧：柱木口の圧縮耐力として、圧縮強度ではなく繊維平行方向の支圧強度を採用

1. CLTの圧縮強度に関する合理化検討 検討方針と対象部位

検討方針

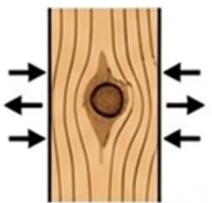
局所圧縮に対する強度割増の根拠を整理



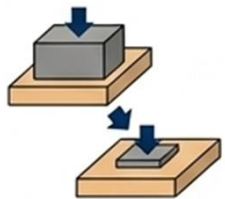
①ラミナの実態強度
構成ラミナ単体の強度実力値



②CLT（製品）の実態強度
積層状態での実態性能



③局所応力の拡散
応力集中部における欠点
（節など）の影響確率



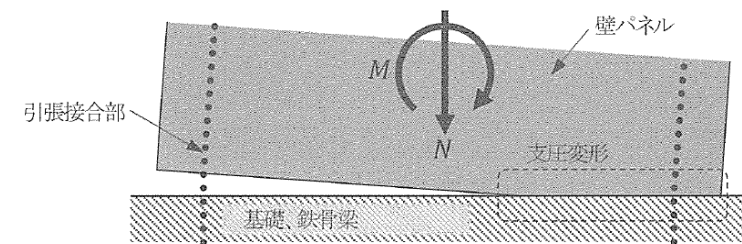
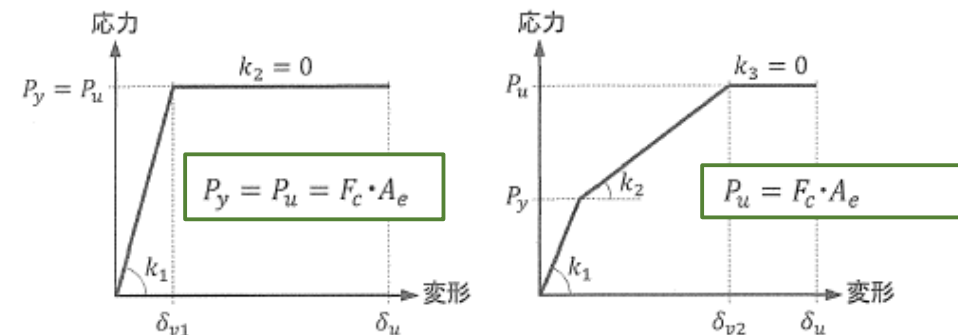
④部分圧縮と全面圧縮の相違
支圧条件による耐力上昇効果
（余長効果など）

既往文献を参照し、強度割増検討のための基礎情報を整理する。

強度割増の対象部位

【対象部位】

- ・ CLT木口面の支圧による降伏耐力 P_y
および終局耐力 P_u
 - ・ CLTパネル接合面の検定に用いる
圧縮許容応力度
- ※金物の強度や「めり込み」で決まるものは除く



【対象外】

- ・ CLTパネル母材の検定に用いる圧縮強度
（全面圧縮など）

1. CLTの圧縮強度に関する合理化検討 CLTの局所圧縮に対する強度割増の検討

ラミナの実態強度

ラミナ単体の強度試験



縦圧縮試験



曲げ試験

【縦圧縮試験の結果】

- 試験体の縦圧縮強度の平均値は、告示ラミナ強度 $\sigma_{c,oml}$ に対して1.36~1.68倍

【曲げ試験の結果】

- 試験体の曲げ強度の平均値は、告示ラミナ強度 $\sigma_{b,oml}$ に対して1.04~1.98倍

【留意点】

- 強度が上位区分を上回る逆転現象も確認
- ヤング係数だけでなく密度に依存

考察のまとめ

層構成した製品としてのヤング係数が基準値以上確保されていれば、圧縮強度は基準強度の1.5倍程度の実態性能を有すると判断できる。

CLT(製品)の実態強度

CLT製品の積層状態での圧縮試験



圧縮試験

試験体名	層構成	外層の方向	寸法 mm (h×b×L)	試験体数 [※]		
				ス	ヒ	カ+ヒ+ス
3-3S	3層3	強軸	90×300×400	6	6	6
3-3W	プライ	弱軸	90×300×400	6	-	6
3-4S	3層4	強軸	120×300×530	6	6	6
3-4W	プライ	弱軸	120×300×530	6	-	6
5-5S	5層5	強軸	150×300×660	6	6	6
5-5W	プライ	弱軸	150×300×660	6	6	6
5-7S	5層7	強軸	210×300×920	6	4	4
5-7W	プライ	弱軸	210×300×920	6	-	4
7-7S	7層7	強軸	210×300×920	6	4	4
7-7W	プライ	弱軸	210×300×920	6	-	4
9-9S	9層9	強軸	270×300×1014	6	4	4
9-9W	プライ	弱軸	270×300×1014	6	-	4

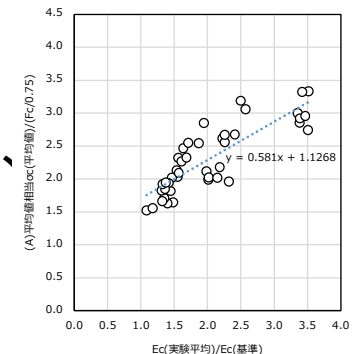
※ス:スギ、ヒ:ヒノキ、カ:カラマツ、ヒ+ス:外層ヒノキ+内層スギ

【基準強度比（実態/基準）】

- A（平均値相当）で約1.5倍~3.3倍
- B（5%下限値相当）で約1.8~4.3倍

【ヤング係数との関係】

- ヤング係数が基準値を上回る試験体も多く含まれていたが、基準値と同程度であっても、基準強度の1.5倍程度の強度が確認された。



1. CLTの圧縮強度に関する合理化検討 まとめ

まとめ

①ラミナの実態強度

縦圧縮試験で基準強度の約1.36～1.68倍、曲げ試験で基準強度の約1.0～2.0倍を確認

【留意点】集材条件（丸太の髓付近）に起因する密度の影響により、強度区分と実態強度の傾向が逆転するケースも確認されており、材料固有のばらつきを考慮する必要がある。

②CLT（製品）の実態強度

短柱圧縮試験で基準強度の1.5～3.3倍の実態性能を確認。製品のヤング係数が基準値と同等以上に確保されていれば、少なくとも基準強度の1.5倍以上の実態性能を有すると判断できる。

【留意点】今回の調査では、CLTの製造段階における節や割れなどの欠点の管理方法が確認できていない。欠点については、JASの品質基準に準拠し、極めて軽微であることが望ましい。

③局所応力の拡散および余長効果

応力拡散：拡散による有意な強度上昇は確認されなかった。

余長効果：支圧幅が400mm程度と大きい条件下では、余長による耐力上昇は無視できるほど小さい。

強度割増の運用案

①設計用の支圧強度 F_e

基準強度の1.5倍以上の実態強度が確認されていることから、局所的な支圧力を評価する場合は以下を採用する。

$$F_e = 1.5 \times F_c$$

②周辺部材設計用の支圧強度 F_e'

基準強度 F_c に「実態強度比1.5」と「ばらつき係数の逆数1/0.75」を乗じた値（即ち2倍）を検討用強度として設定する。

$$F_e' = 2.0 \times F_c$$

2. CLTパネル工法建築物の 減衰性能に関する知見の整理

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 基本方針

現状のDs設定方法と課題

CLTパネル工法における構造特性係数Dsは、現在、告示第611号により特定の架構形式や接合部仕様に基づき0.4または0.55（仕様Ds）と定められている。これに適合しない場合は、0.75以上の数値（最大Ds）とするか、特別な調査または研究の結果に基づいて算定する必要があり、他工法と比較して設計上の制約が大きいことが課題となっている。一方で、鉄骨造や鉄筋コンクリート造等の他工法では、部材の靱性や破壊形式等に応じてDsが段階的に設定されており、最も脆性的な破壊形式であってもDsは0.55である。

昨年度の検討（Ds0.55適用の条件整理）

目的：

一定性能を満たす場合にDs=0.55の適用を可能に

検討手法：

Ds0.55相当の耐力を有する建物の応答に着目

「終局変形角比（ $R_s/R_{0.2}$ ）」を検討

R_s ：安全限界変形角

$R_{0.2}$ ：1次設計時の最大層間変形角

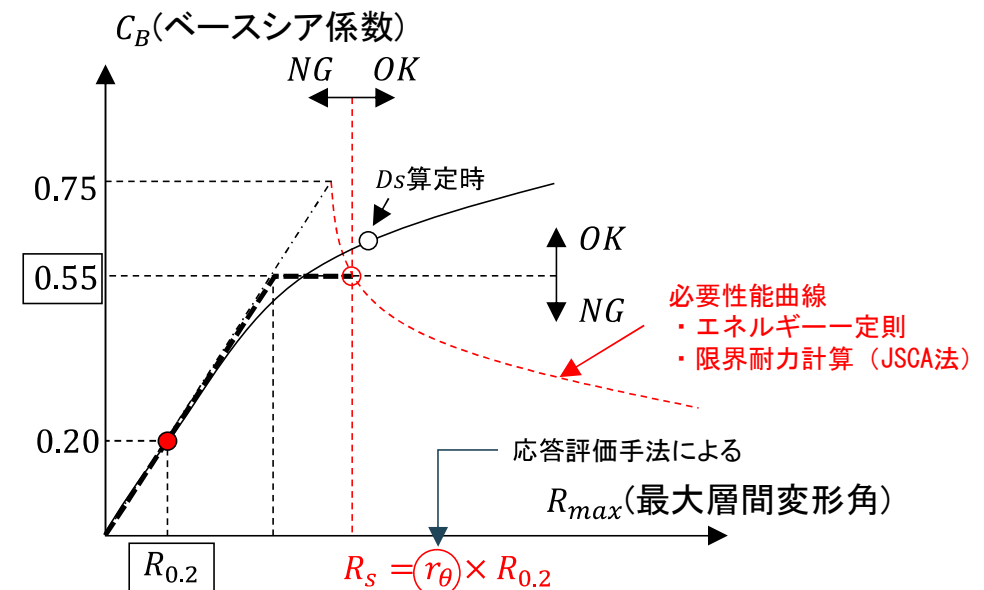
結果：

エネルギー一定則、減衰 $h=10\%$ 仮定時

終局変形角比4.0以上（ $R_s > 4 \times R_{0.2}$ ）必要

課題：

減衰定数の設定に実験的な裏付けが必要



Ds0.55適用条件の確認イメージ

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 基本方針

基本方針

検討対象

仕様Dsの適用範囲外となる変形能力の小さい接合部を用いたCLTパネル工法建築物

検証目的

振動台実験および静的載荷試験を実施して、以下の事項を明らかにする。

➤ 極稀地震時における応答変形の検証（振動台実験）

設計性能においてDs=0.55相当の耐力を有する試験体に対し、極稀地震（大地震）レベルの地震動を入力し、実際の応答変形が1次設計時（設計性能）の変形に対して工学的に妥当な倍率（昨年度検討で示された終局変形角比4.0など）に収まるかを実証的に確認する。

➤ 減衰性能およびエネルギー吸収性能の定量化（振動台実験）

中地震から大地震に至る各段階での減衰性能およびエネルギー吸収性能を定量的に把握する。本検討が対象とする変形能力の小さい架構が有する粘性減衰および履歴減衰の実態を把握し、昨年度の検討において暫定的に仮定した「減衰10%」の設定が、実現象においてどの程度妥当であるかを理論的・実証的に精査する。

➤ 復元力特性の把握と解析モデルの精緻化（静的載荷試験・振動台実験）

静的載荷試験により実態性能の骨格曲線を特定し、実態性能に含まれる「余力の影響」と「減衰の影響」を分離して評価できる解析モデル構築のための基礎データを取得する。これにより、本来のエネルギー吸収性能による応答低減効果を正確に評価し、将来的な設計法の精緻化を図る。

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理

振動台試験体仕様

振動台試験体(W1A、W1B、W2)

共通仕様

- ・ 階数：2階建て
- ・ 平面寸法：4.4m×4.5m
- ・ 階高：3.0m
- ・ 総重量：150kN
- ・ 質量分布：1F:2F=1:0.7（敷き鉄板で調整）
- ・ 壁パネル：スギ S60-3-3(厚さ90mm)
- ・ 床パネル：スギ Mx60-5-7(厚さ210mm)
- ・ 接合部：Xマーク表示金物（ルート1同等）
※壁基礎引張は試験体ごとに異なる
- ・ 加振方向：水平1方向加振

引張接合部は
仕様Dsの適用を
外れる仕様



W1A・W1B試験体



W2試験体



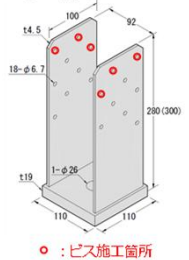
壁脚接合部



敷き鉄板

W1A試験体

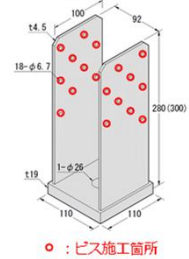
- ・ 壁幅1.0m、垂れ壁せい0.5mの門型架構
- ・ 壁 - 基礎引張接合部
U型金物：TB-90(6-STS・C65)
A.Bolt：1-M16(強度区分10.9)
→ビス先行破壊型



○：ビス施工箇所

W1B試験体

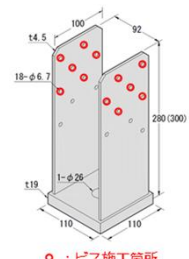
- ・ 壁幅1.0m、垂れ壁せい0.5mの門型架構
- ・ 壁 - 基礎引張接合部
U型金物：TB-90(18-STS・C65)
A.Bolt：1-M16(ABR400)
→ボルト先行破壊型



○：ビス施工箇所

W2試験体

- ・ 壁幅2.0mの独立壁架構
- ・ 壁 - 基礎引張接合部
U型金物：TB-90(12-STS・C65)
A.Bolt：1-M16(強度区分10.9)
→ビス先行破壊型



○：ビス施工箇所

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 振動台試験体の設計性能

荷重・外力条件

標準層せん断力係数 : $C_0=0.2$

地域係数 : $Z=1.0$

地盤種別 : 第2種地盤

地震力算定用重量

階	Wi [kN]	Σwi [kN]	ai	Ai	Ci	Qi [kN]
2F	61.8	61.8	0.412	1.268	0.25	15.7
1F	88.2	150.0	1.000	1.000	0.20	30.0

設計性能まとめ

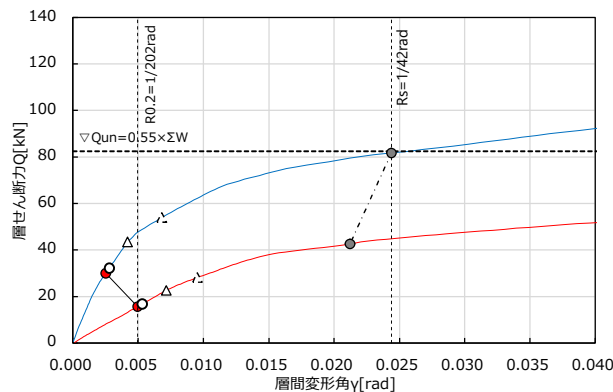
ベースシア係数と層間変形角

試験体		W1A	W1B	W2
短期	ベースシア係数 (C_0)	0.2	0.2	0.2
	最大層間変形角 ($R_{0.2}$)	1/202	1/209	1/412
安全限界※	ベースシア係数 (C_u)	0.55	0.58	0.52
	最大層間変形角 (R_s)	1/42	1/39	1/68

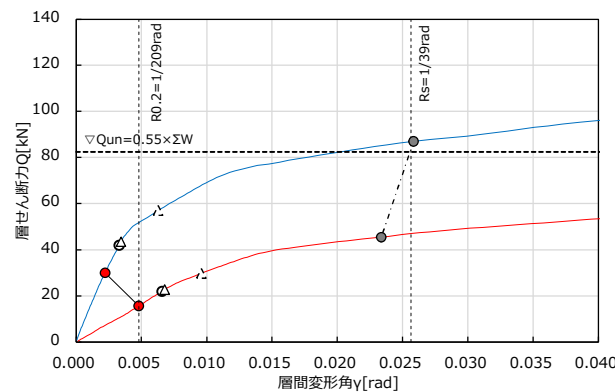
※いずれも決定要因は壁 - 基礎引張接合部の $\delta u=20\text{mm}$

荷重 - 変形角関係

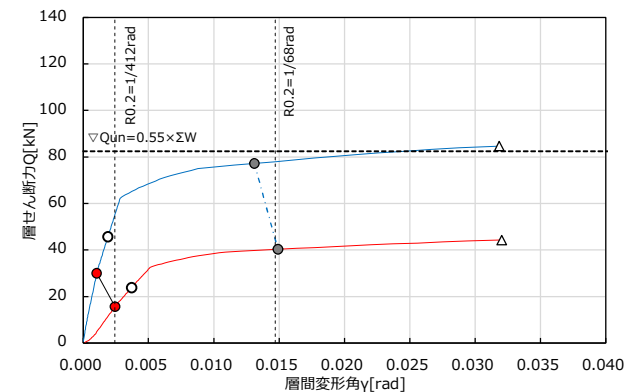
W1A試験体



W1B試験体



W2試験体



いずれの試験体仕様も設計性能でベースシア0.55相当の耐力を保有する

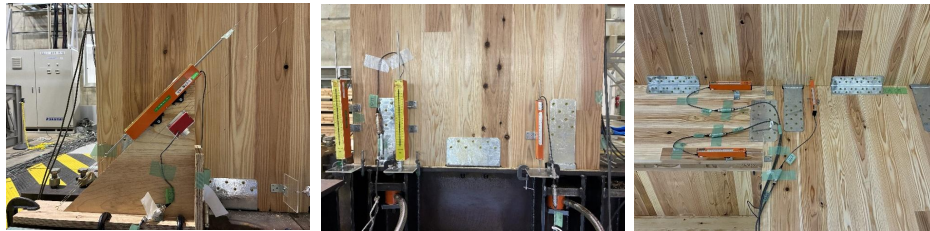
2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 振動台試験の計測・加振計画

計測計画

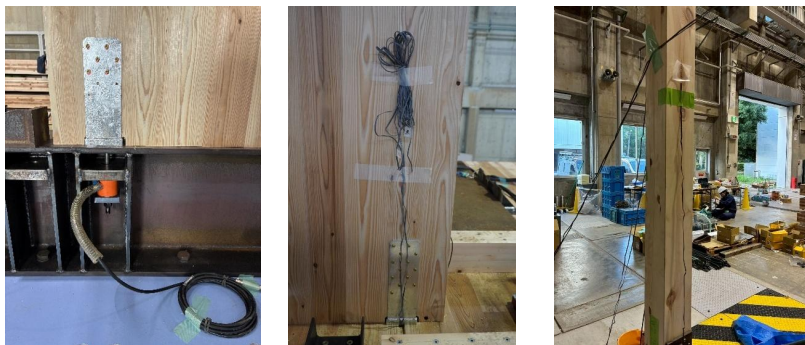
加速度計測：振動台上、各階床面、錘上
主として水平方向の加速度を計測



変位計測：各階層間変位（斜め計測＋不動点計測）
基礎、壁、床、垂れ壁の各部相対変位



ロードセル・ひずみゲージ：引張接合部、柱



加振計画

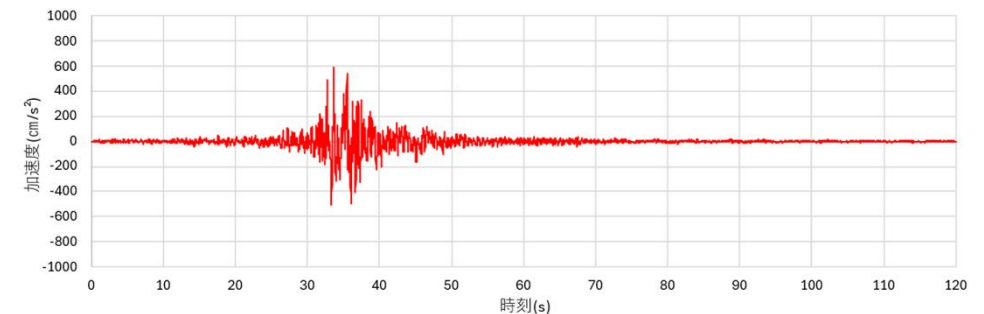
入力波：

- BSL 告示波（神戸位相・第2種地盤相当）
入力倍率：17%(稀)、85%(極稀)、110%(最大)
- JMA 神戸 NS 波（1995年兵庫県南部地震）
入力倍率：100%

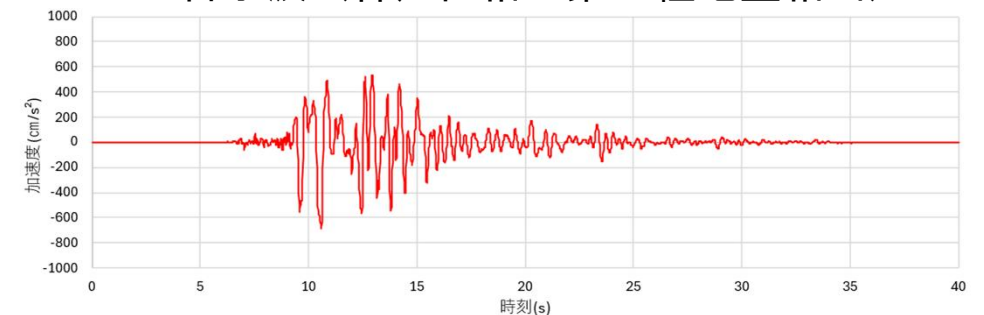
※BSLは限界耐力計算告示に適合する人工地震動
階数による低減係数 p を考慮する

加振方向：水平1方向加振

各加振前後にステップ波、ホワイトノイズ波を入力



BSL 告示波（神戸位相・第2種地盤相当）



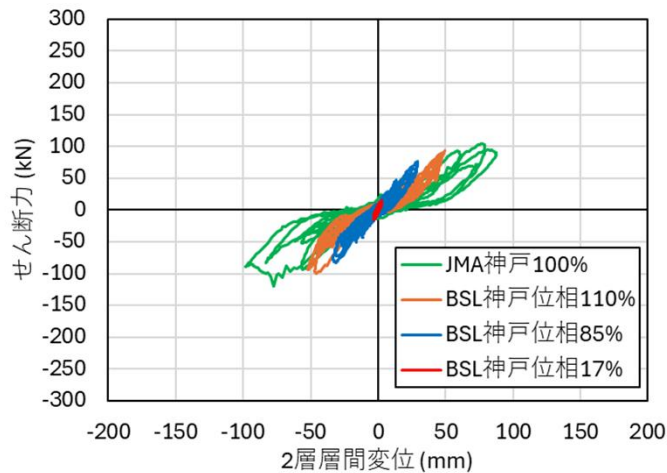
JMA 神戸 NS 波（1995年兵庫県南部地震）

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 実験結果(層せん断力-層間変位関係)

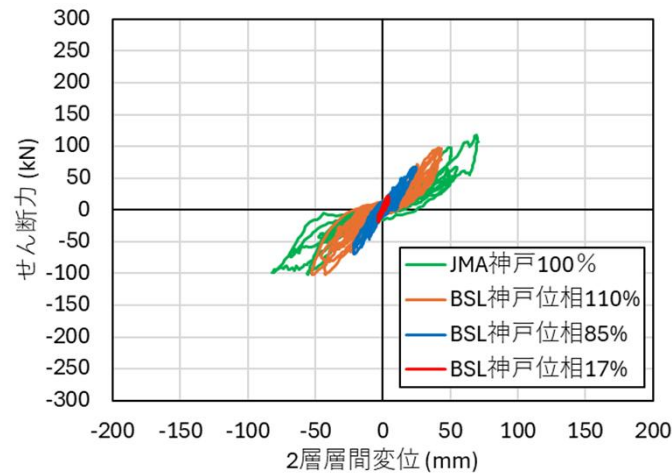
層せん断力-層間変位関係

1層のグラフ中には、設計性能による保有水平耐力の目標値 $C_0=0.55$ のラインを併記。いずれの試験体も、目標耐力を大きく上回る性能を発揮しており、実態性能として設計性能の約1.8倍あることが確認できる。

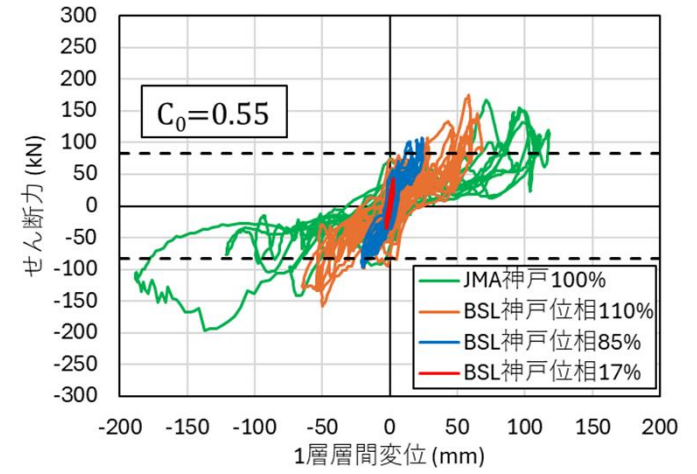
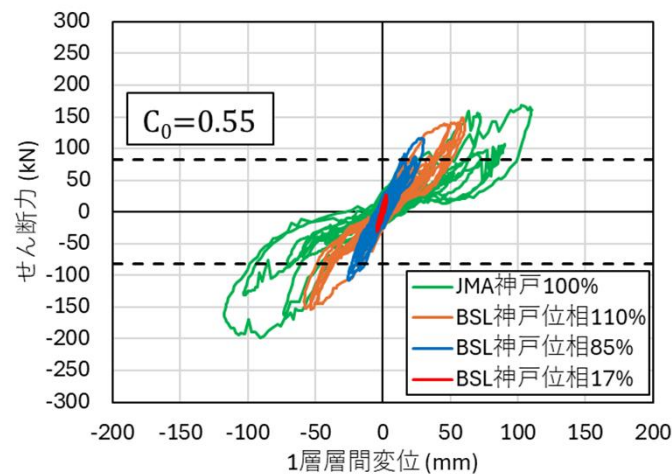
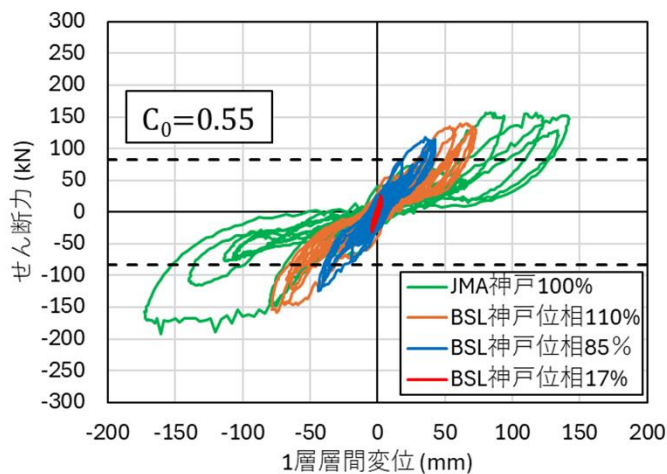
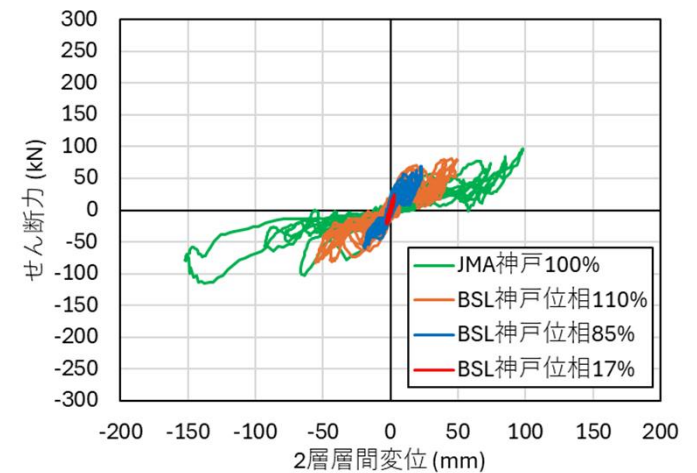
W1A試験体(下:1層、上:2層)



W1B試験体(下:1層、上:2層)



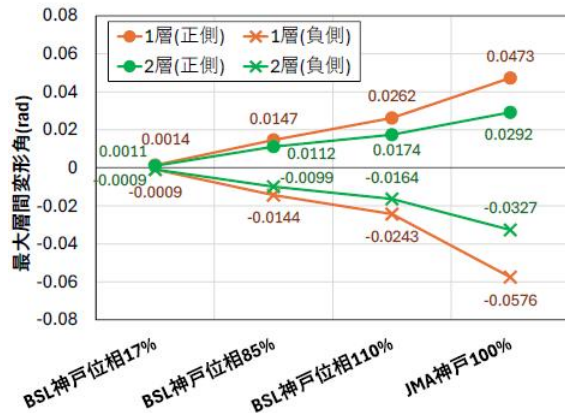
W2試験体(下:1層、上:2層)



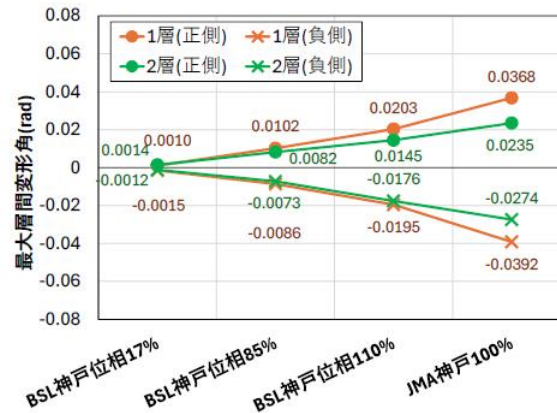
2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 実験結果(最大層間変形角、脚部破壊性状)

最大層間変形角の推移

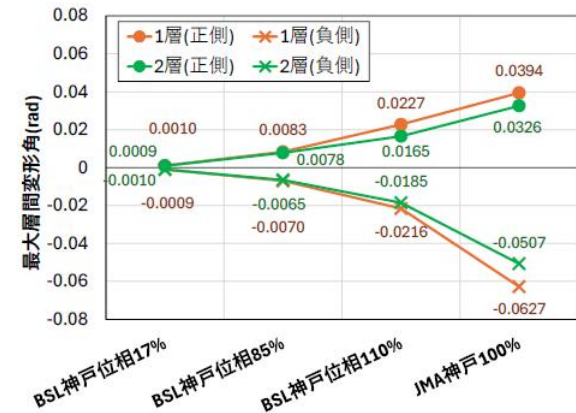
稀地震相当 (BSL17%) で1/120rad以下、極稀地震の約1.3倍相当 (BSL110%) で1/30rad以下



(a) 試験体 W1A



(b) 試験体 W1B



(c) 試験体 W2

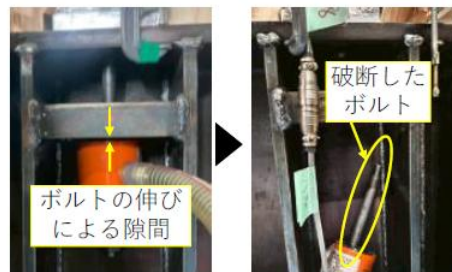
1階脚部引張接合部の破壊性状

W1A及びW2 ではビスの先行降伏からビス破断に至り、W1B ではボルトの降伏による延性的な挙動を経てボルト破断に至るなど、いずれも設計時に意図した破壊性状となった。



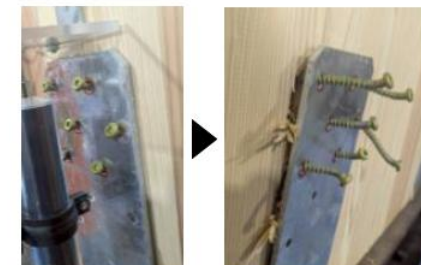
BSL神戸位相110% JMA神戸100%

(a) 試験体 W1A



BSL神戸位相110% JMA神戸100%

(b) 試験体 W1B



BSL神戸位相110% JMA神戸100%

(c) 試験体 W2

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 実験結果(各部の損傷状況)

各部の損傷状況

いずれの試験体も極稀地震相当 (BSL85%) では、目立った損傷は確認されず、JMA神戸100%加振後には各接合部での破壊が確認された。

W1A試験体



BSL 85%加振後

W1B試験体

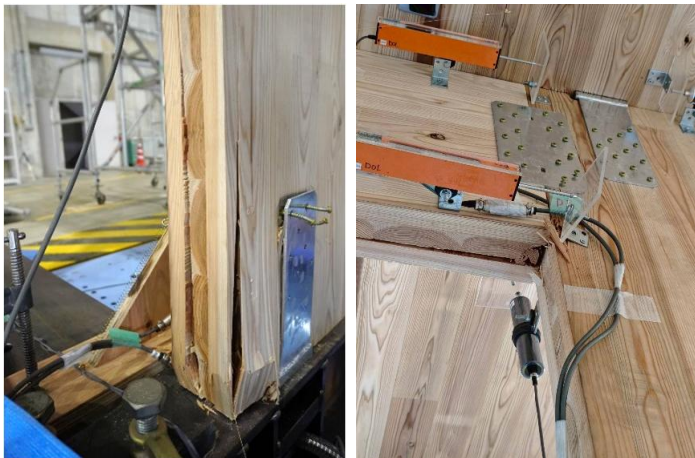


BSL 85%加振後

W2試験体



BSL 85%加振後



JMA神戸 100%加振後



JMA神戸 100%加振後



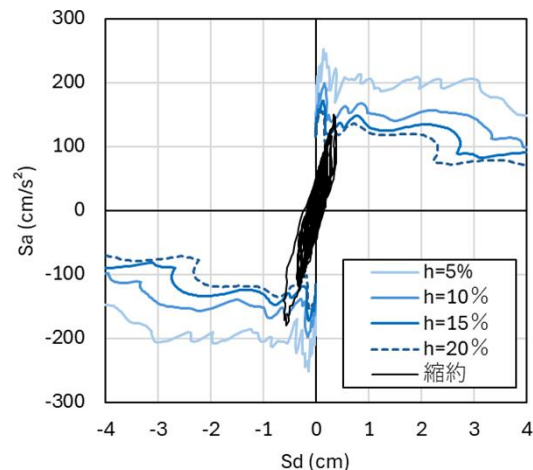
JMA神戸 100%加振後

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 実験結果(減衰性能)

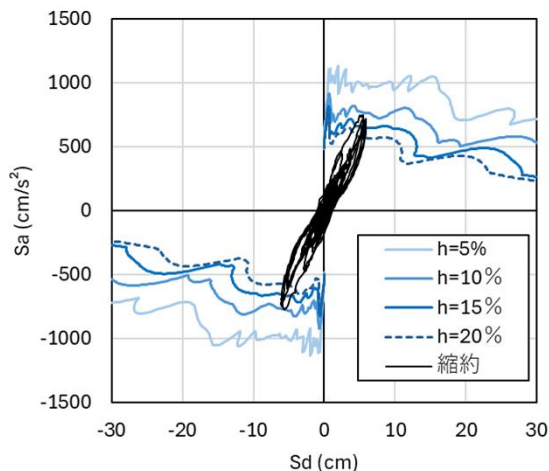
等価1自由度系の加速度-代表変位関係

Sa-Sd曲線との交点から読み取れる等価粘性減衰 h_{eq} は、稀地震相当で5~10%、極稀地震相当で10%程度。

W1A試験体

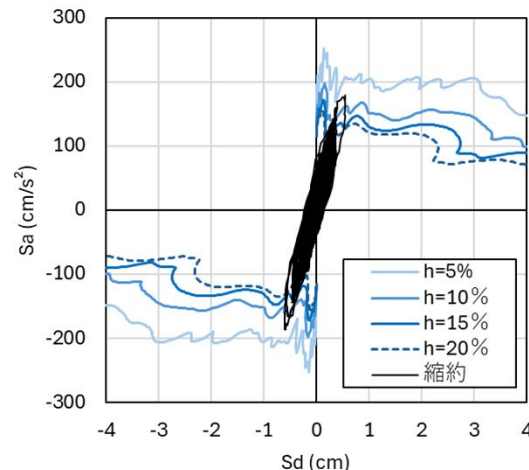


BSL 17%(稀地震相当)

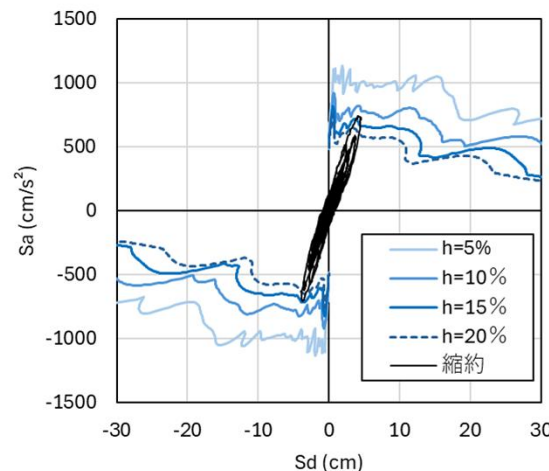


BSL 85%(極稀地震相当)

W1B試験体

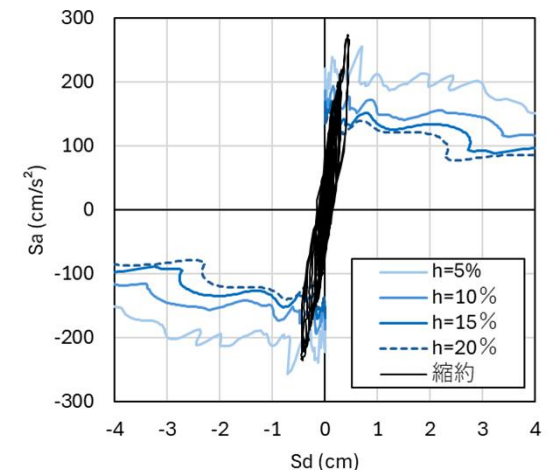


BSL 17%(稀地震相当)

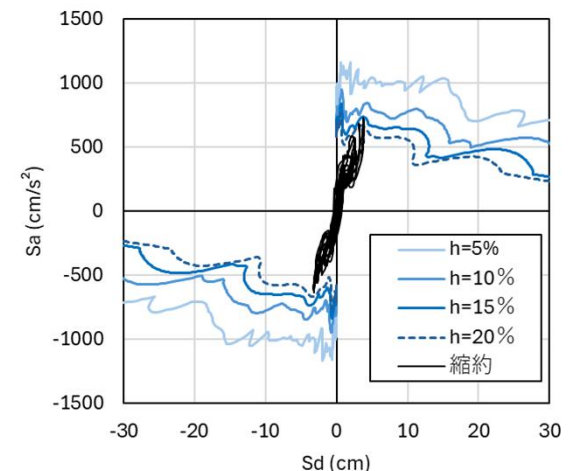


BSL 85%(極稀地震相当)

W2試験体



BSL 17%(稀地震相当)



BSL 85%(極稀地震相当)

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 構造特性係数Dsの合理化

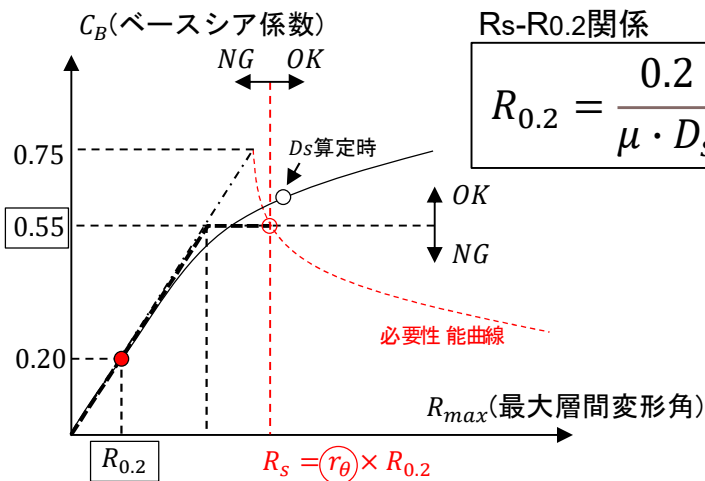
Ds0.55の適用条件 (Rs-R0.2関係)

Ds=0.55を適用する場合の設計手順

- 1).1次設計時 (C0=0.2) に部材が許容応力度以内であることを確認する。
- 2).1次設計時 (C0=0.2) の最大層間変形角R0.2を確認する。
- 3).最大層間変形角が $r\theta \times R0.2$ 以上となる任意の時点をDs算定時とする。
- 4).Ds算定時に全体崩壊形であること、脆性的な破壊が生じていないことを確認する。
- 5).Ds算定時よりも小さい任意の変形角をクライテリアに設けて、保有水平耐力を決定する。
- 6).必要保有水平耐力をDs=0.55として算定し、保有水平耐力が上回ることを確認する。

Rs : 安全限界変形角
R0.2 : 1次設計時の最大層間変形角

$r\theta$ ($R_s / R_{0.2}$)は必要安全限界変形角を算出するための係数で、
応答評価手法によって異なるRs-R0.2関係が得られる。



Rs-R0.2関係

$$R_{0.2} = \frac{0.2}{\mu \cdot D_s} \cdot R_s$$

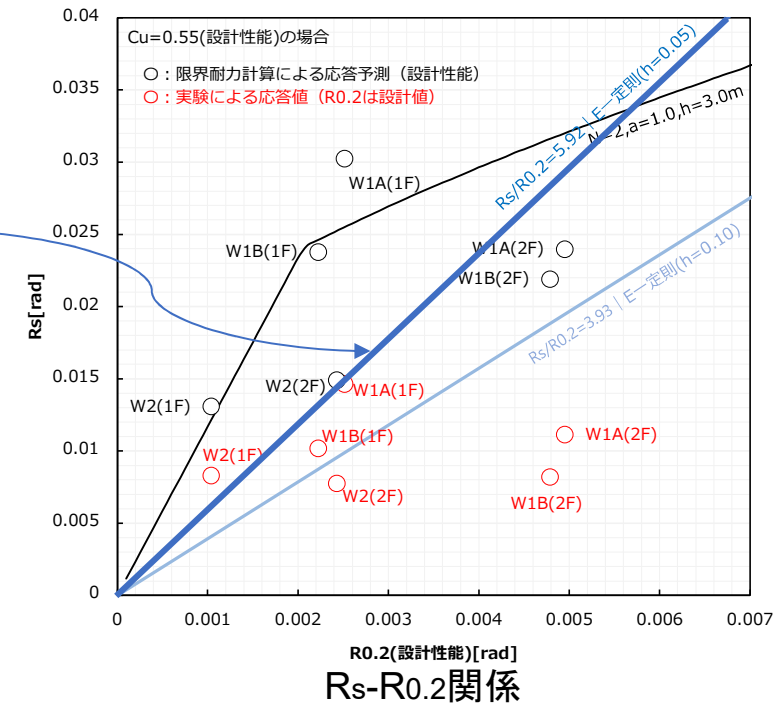
Rs-R0.2関係(E一定則h5%)

$$R_s = 5.92 \cdot R_{0.2}$$

Ds=0.55、h=0.05

エネルギー一定則(減衰5%)

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}}$$



Ds0.55適用条件の確認イメージ

今回の振動台実験で得られた結果は、
減衰5%としたエネルギー一定則で概ね安全側に評価が可能である。(ただし、余力の影響が含まれる)

→ Ds=0.55の適用条件は、1次設計時の約6倍の変形角までの変形能力を確保すること(暫定)

2. CLTパネル工法建築物の減衰性能に関する知見の整理 まとめ

まとめ

減衰・復元力特性の把握

- 仕様Dsの適用範囲外となる脆性的な接合部（ビス破壊先行型・ボルト降伏先行型）を用いた実大2層試験体を作成し、振動台実験および静的載荷試験を実施した。設計性能による保有水平耐力は、いずれの試験体もDs=0.55相当である。
- 実験の結果、すべての試験体が設計目標値（Ds=0.55）を大きく上回る性能を発揮し、実態性能の耐力は設計性能の約1.8倍に達することが確認された。
- 応答変形は稀地震相当（BSL17%）では損傷限界（1/120 rad）以下、極稀地震の約1.3倍相当（BSL110%）においても安全限界（1/30 rad）以下に抑えられており、Ds=0.55相当の耐力を保有するCLTパネル工法建築物の高い安全性が実証された。
- 引張接合部の破壊性状は、ビス先行破壊型（W1A, W2）およびボルト降伏先行型（W1B）のいずれにおいても、設計時に想定した通りの破壊が確認された。
- 加速度—代表変位曲線の交点より算定した等価減衰定数 h_{eq} は、入力レベルに応じて上昇し、稀地震相当では5%前後、極稀地震相当以上では15%から20%程度となることが確認された。

Ds=0.55適用のための変形角制限の検討

- Ds=0.55の適用条件として、極稀地震時に確保すべき安全限界変形角 R_s と1次設計時の層間変形角 $R_{0.2}$ の比（終局変形角比 r_{θ} ）を検討した。
- エネルギー一定則を適用した場合、終局変形角比は減衰定数 $h=0.05$ で6（ $R_s \doteq 6 \cdot R_{0.2}$ ）となることが示された。
- 振動台実験の結果は、限界耐力計算による応答予測値を下回っており、減衰5%を仮定したエネルギー一定則（ $R_s / R_{0.2} = 5.92$ ）によって実応答を安全側に包含できる可能性が示唆された。
- ただし、振動台試験体の実態性能は設計性能の約1.8倍発揮しており、将来的に設計モデルが精緻化していくことを踏まえると、この余力の影響を除いて変形角制限の妥当性を判断する必要がある。

3. 大断面木質材料を活用した構造設計法の整理

3.1 DLTの構造設計法

3. 1 DLTの構造設計法 基本方針

1. これまで（2019～現在）のDLT構造性能検証の取組み

考え方

木ダボによる木材の接合がDLTの特徴であるため、木材を積層させるための接合材は木ダボを前提とし、NLTのように積層に釘・ビスなど、鉄の接合材は用いないこととしている。

構造性能検証の状況

- 上記のように、積層に釘、ビスなど、鉄の接合材を用いないことをDLTの前提にした場合、2 x 4材で構成したDLTは、枠組壁工法の「たて枠」が並んでいるものと見做せるものの、「たて枠」と「たて枠」同士は、CN釘等で接合することが告示で規定されているので、それに従うと、NLTの構成になってしまう。
- 一方、軸組工法を前提とした場合、DLTの構成のまま、グレー本に規定されている壁の両側に柱が取りつく、壁のせん断耐力の試験方法を活用できる。よって、DLT壁のせん断試験については、これまで、軸組工法での適用を前提とした検証方法で実施してきている。

3. 1 DLTの構造設計法 まとめ

2. 今回の事業における、DLT構造設計法の取組み

軸組工法でのDLT利用を前提とする範囲での構造設計法の整理を進める。

軸組工法を前提とした場合の、構造設計法整理のゴールイメージとして、以下の通り進める。

耐力壁、水平構面の大臣認定または構造評定の取得

- DLTを在来軸組工法の耐力要素と想定した場合、DLTの剛性に影響する要素としては、DLT構成部材（板、角材）の樹種、ヤング係数、断面サイズ、木ダボの本数、ピッチ、柱・梁とDLTとの接合方法等が考えられ、各要素の影響度合いを踏まえた設計法の確立には、相応数の試験等の検証を行う必要がある。
- そこで、本事業では、早期の社会実装を目指し、在来軸組工法の耐力要素で活用され易いと想定される仕様を想定し、まずはそれらDLT耐力壁や水平構面の国土交通大臣認定、または構造評定の取得を進めることを目標とし、今回それら仕様の短期許容耐力を既存の実験データを用いて確認した。
- 今後、収集したDLT耐力壁・水平構面のデータを基に、国土交通大臣認定、又は構造評定の取得を目指す。

3. 大断面木質材料を活用した構造設計法の整理

3.2 CLTを他工法に利用する設計法

3. 2 CLTを他工法に利用する設計法 基本方針

検討の背景と目的

現在、建築基準法施行令第46条第2項の規定に基づき、壁量規定を除外したラーメン構造等の木造建築物（以下、集成材等建築物）において、CLT（直交集成板）を構造耐力上主要な部分の柱・梁として利用することは認められていない。現行の告示第1898号では、使用できる材料が以下のように限定されている。

建設省告示第千八百九十八号

- 一 集成材の日本農林規格・・・・・・・・
- 二 単板積層材の日本農林規格・・・・・・・・
- 三・・・・・・・・告示第1024号第3第三号の規定・・・・基準強度の数値を規定した集成材
- 四・・・・・・・・数値を指定した木質接着成形軸材料又は木質複合軸材料
- 五 製材の日本農林規格・・・・・・・・
- 六・・・・・・・・告示第1452号・・・・・・・・含水率の基準が15%以下・・・・のもの

現行規定では、同じ「マス・ティンバー（Mass Timber）」に分類される集成材やLVL（単板積層材）が利用可能である一方、CLTは対象外となっている。告示1898号にCLTを追加することで、設計の選択肢を広げ、さらなる普及・生産の合理化を図ることが本検討の目的である。

3. 2 CLTを他工法に利用する設計法 技術基準の比較

CLTパネル工法(611号)

構造特性係数(ルート3)

標準的な仕様を満足する場合のDsが0.4または0.55として設定されている。

表 5.2.2-1 必要な仕様を満足する場合のDs

分割型架構	一体型架構
0.40	0.55

※ 分割型架構: 小版パネル架構、大版パネル架構①
一体型架構: 大版パネル架構②、木質梁勝ち架構

集成材等建築物(46条2項)

架構形式や接合部種別 (SA~SD) に応じて、段階的にDsが設定されている (例: 0.3~0.4)

	(い)		(ろ)	(は)	(に)
	部材群としての種別		架構の形式		
	柱及びはりの部材群としての種別	接合部の部材群としての種別	剛節架構又はアーチ架構で筋かいを設けない構造とした場合	(ろ) 欄及び(に) 欄に掲げる架構以外の架構の場合	$\beta_u \geq 0.7$ の場合
(一)	FA	SA	0.25	0.3	0.35
(二)		SB	0.3	0.35	0.4
(三)		SC	0.35	0.4	0.45
(四)	柱及びはりの部材群としての種別が FC である場合又は接合部の部材群としての種別が SD である場合		0.4	0.45	0.5

この表において、 β_u は、筋かい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。

応力割増係数(ルート2)

部位や先行降伏条件に応じて、1.0~2.5倍の応力割増係数が詳細に規定されている。

表 6.2-1 応力割増し係数

部位	小版パネル架構 ^{※1}		大版パネル架構 ^②	
	大版パネル架構 ^①			
	前提 ^{※2} に適合	前提 ^{※2} に不適合	前提 ^{※2} に適合	前提 ^{※2} に不適合
① 上下壁間引張接合部 壁・床版引張接合部 せん断接合部	2.0		2.5	
② 上記以外の接合部、部材 ^{※3}	1.0	2.5	1.8	2.5

※1 2.1.3 項(1.2)、(1.3)に示す垂壁省略(梁勝ち架構)および通し壁架構を含む ※2 前提: 下記 ※3 水平構面、基礎も含まれる。

筋交い: 応力割増係数 β

その他: 明示的な係数規定がなく、設計者による靱性保証の確認に委ねられている。

$\beta \leq \frac{5}{7}$ の場合	$1 + 0.7\beta$
$\beta > \frac{5}{7}$ の場合	1.5

この表において、 β は、令第88条第1項に規定する地震力により建築物の各階に生ずる水平力に対する当該階の筋かいが負担する水平力の比を表すものとする。

3. 2 CLTを他工法に利用する設計法 まとめ

まとめ

本検討における現時点での結論・今後の方針を以下に示す。

- 告示1898号へCLTを追加することにより、一部の架構形式では複数の構造計算ルートが適用可能になる。マス・ティンバー（集成材・LVL・CLTなど）を用いた架構形式は、同一の力学特性を持つものであっても、現行の集成材等建築物とCLTパネル工法建築物（告示611号）では構造計算規定が異なる。
- 将来的にはマニュアル整備等により、共通の設計手法により安全性が確保されるのが望ましい。
- 当面の間は、いずれの構造計算規定においても安全性が確保されることが重要であり、今後モデルプラン等を用いて比較検証を行っていく予定である。