

高層木造の潮流とその免震化

京都大学生存圏研究所教授
五十田博



Hiroshi ISODA
Research Institute for Sustainable Humanosphere Kyoto University, Japan



略歴 五十田博

- 平成4年(1992) 信州大学工学部社会開発工学科助手
- 平成9年(1997) 建設省建築研究所第三研究部
- 平成12年(2000) カリフォルニア大学サンディエゴ校
- 平成13年(2001) 独立行政法人建築研究所
- 平成16年(2004) 信州大学工学部社会開発工学科(建築学科) 准教授
- 平成23年(2011) 信州大学工学部建築学科 教授
- 平成25年(2013) 京都大学生存圏研究所(農学研究科) 教授

その他 日本建築学会構造委員会委員長

最近のお仕事:(講演活動、)建物の審査、建築基準法令、木質材料等の評価・技術的支援、建築構造、木質材料に関する研究ほか

設計者ではない 私の役割 ⇒ 木質構造、木材を用いた建築構造の最新の情報の提供、木材の利用方法(構造分野、都市木造に係る比較的大規模)

京都大学生存圏研究所 木質構造科学分野

教授、准教授+小松幸平特任教授、林知行特任教授、坂本雄三特任教授
+ 博士課程2人、修士課程4人



五十田博

- 中大規模木造の構造特性の把握、構造設計法にかかわる研究
- 木材を用いた建築構造の構法開発、構造特性把握、設計法にかかわる研究
- 木造建築(住宅、非住宅)の倒壊解析、性能設計
- Society5.0社会における木造建築物の性能評価手法に関する研究
- 加速度センサーを用いた地震時の損傷検知



中川貴文准教授



最近の活動/主な研究課題

- 林野庁補助事業/委託事業関連
 - CLT建築物の倒壊挙動/接合部の簡易化(ルート3を省略、仕様規定)
 - CLT建築物の設計モデルの簡易化(ルート2、ルート3)
 - CLT+鉄骨はりシステムの設計マニュアル(CLT設計施工マニュアルの追補)
 - CLT構造のプログラム開発(ルート3)
 - 軸組構法 ルート3マニュアル(大規模木造のグレー本の追補)
 - Nail Laminated Timberの面内せん断実験
- 基準法/国総研 関連
 - 構造基準委員会(Fsの緩和もともとと基準整備、振動を止める木質系部材の緩和、ZEHの壁量)
 - 基準整備促進事業(RC+CLT、S+CLT構造のDs、伝統木造、筋かい壁の大臣認定)
 - 木-コンクリート複合床の評価(静加力は終了。クリープ実験を開始、マニュアル化(将来))
- その他
 - CLTロックシステム(+ポストテンション、ダンパー)(科研費)
 - 植物の特性を木造建築に活かす(科研費)
 - CLTのラミナ最適配置
 - Structural Health Monitoring(東大楠先生)
 - マスティンバー米国仕様 10階建て 振動台実験(1月末から)
 - 海外の木造建築基準類の整理
 - 海外のプロジェクト情報収集

階数 構法の分類 合理的な木造の発展に向けて



1. 構造が変える木質空間



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



木質材料を活用した混構造の必然性

2050年までの木材利用によるCO2削減効果シミュレーション 恒次祐子(東京大学)

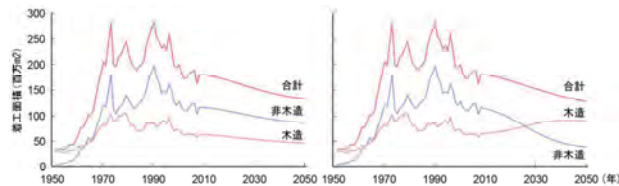


図1 2050年までの建築物着工面積のシナリオ
(左:現状シナリオ:木造建築物の着工量が全着工量の35%のまま推移する場合。
右:振興シナリオ:木造建築物が2050年までに70%になる場合。
どちらのシナリオでも総着工面積は人口・世帯数の減少に伴い減少していく)

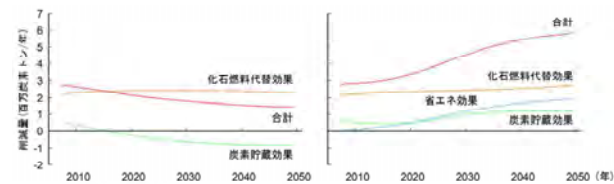


図2 木材利用によるCO₂削減効果(炭素換算)
(左:現状シナリオ:木造建築物、木製家具の生産量が全生産量の35%のまま推移する場合。
右:振興シナリオ:木造建築物、木製家具の生産量が2050年までに70%になる場合。
振興シナリオの「省エネ効果」は現状シナリオを0としたときの値)

提言
地球温暖化対策としての建築分野での木材利用の促進



令和2年(2020年)6月19日
日本学術会議
産学委員会 林学分科会

目次	
1	はじめに..... 1
2	持続的に利用可能な木材資源量の把握に関する研究の必要性と課題..... 3
	(1) 我が国の森林資源の現状と課題..... 3
	(2) 建築業との連携において配慮すべき林業固有の特長..... 4
	(3) 経済林の適地分析と森林ゾーニング..... 5
	(4) 森林基盤データ整備技術開発の必要性..... 6
3	利用促進に関わる環境負荷評価の必要性と現状..... 9
	(1) 環境負荷評価の目的..... 9
	(2) 環境負荷評価の現状と課題..... 9
4	建築分野での木材利用と材料・構法開発の現状と課題..... 11
	(1) 木造率の現状と課題..... 11
	(2) 中高層・大型の木造建築に関わる期待と現状..... 11
	(3) CLT など新しい材料開発の現状と課題..... 12
	(4) 構造、耐火、遮音、耐久性などの諸性能に関わる研究の現状と課題..... 14
5	提言..... 16
	<用語の説明>..... 17
	<参考文献>..... 20
	<参考資料>..... 21

Climate Change



Stradthaus – 24 Murray Grove
London infill project
29 flats
4x less weight than concrete
~1/2 construction time of precast concrete
(saved 22 weeks 30%)
Saves 300 metric tons of CO₂
21 years of building energy usage



THE CASE FOR Tall WOOD BUILDINGS How Mass Timber Offers a Safe, Economical, and Environmentally Friendly Alternative for Tall Building Structures FEBRUARY 22, 2012 PREPARED BY: hng ARCHITECTURE + DESIGN, Equilibrium Consulting, LINDO Ltd, BTY Group

Type of Construction	Height	# of Stories	Exposed Mass Timber	Sprinklers	Primary Frame FRK	Floor FRK	Stair Tower	Concealed Spaces
IV-HT <i>(Existing)</i>	85'	4-6	Fully Exposed	Yes	NR	HT	Mass Timber	Not Permitted
IV-C	85'	4-9	Fully Exposed	Yes	2 hours	2 hours	Mass Timber	Permitted
IV-B	180'	6-12	Partially Exposed	Yes	2 hours	7 hours	Mass Timber	Permitted
IV-A	270'	9-18	Fully Protected	Yes	3 hours	2 hours	Noncombustible	Permitted

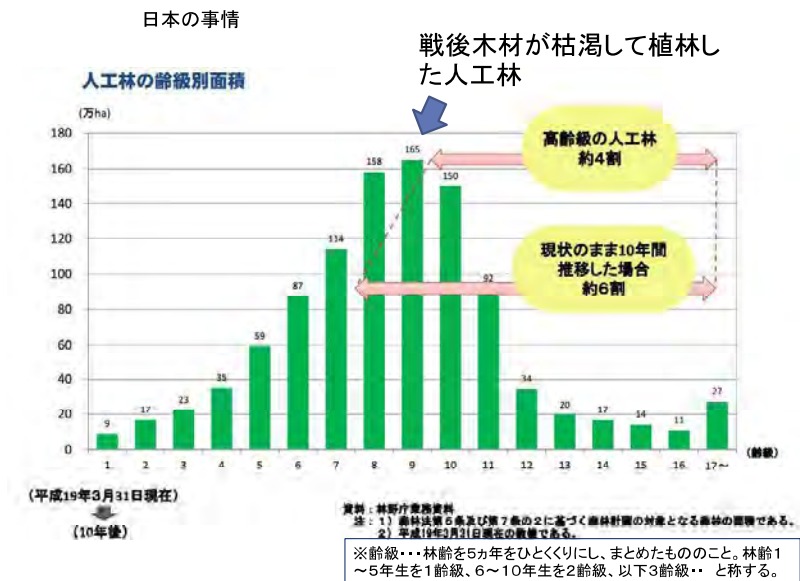
ヨーロッパ アメリカ 18階建てまで可能に！



Östman B, Mikkola E, Stein R, Frangi A, König J, Dhima D, Hakkarainen T, Bregulla J. Fire safety in timber buildings, Technical guideline for Europe, 210 pages. SP Technical Research Institute of Sweden, SP Report 2010:19.



10年位前から つい最近まで





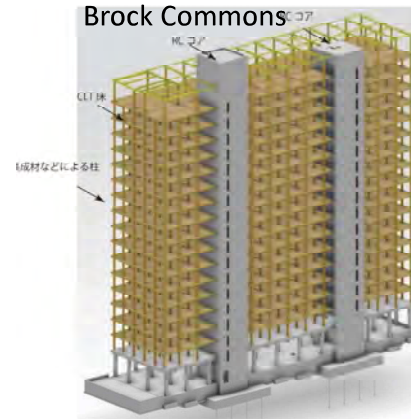
Brock Commons



Carbon12



HoHo Tower



カナダ18階建て
 水平力負担はRC造コア
 鉛直力は集成材/床はCLT
 フラットスラブ/柱同士を接合し、床を介さず
 に鉛直荷重を伝達

Carbon12



オレゴン州ポートランド
 8階建て コンドミニアム
 鉄骨造のセンターコア
 柱集成材 被覆なし
 梁集成材 被覆なし
 床CLT 天井面は被覆なし

HoHo Tower



オーストラリア ウィーン
 24階建て
 RCフレームを中央部に配置

<https://lightwood.org/worlds-tallest-timber-building-hoho-tower-in-vienna/>



平成26年度震動台実験結果

試験体A 1層目脚部

JMA神戸100% 3方向加振後:CLT壁パネルの圧縮破壊



強度
 平行方向 17.7N/mm²
 直交方向(めりこみ) 6.0N/mm²
 ヤング係数
 E90=E0/15 1/15=6.7%

日本は木材を正しく理解できているのか！？

正しく理解する/正しい理解を進める
そして普及を進める
将来、負の遺産にならないように

- 構造設計者の力量(力量の種別): S A B C (技術、法令、ほか)
- 多くの情報が手に入る フェイクもある？(間違ったことを信じている)
- 一方で、技術を語っていた人が、人の技術に対して「それは法令違反です」というとびっくりする。

Characteritis 木材の特徴 概要

長所

- ① 軽いわりには強い Light and strong
- ② 資源が豊富
- ③ 切削加工が容易
- ④ 湿度調節機能
- ⑤ 持続再生可能な材料
- ⑥ 二酸化炭素固定能力

短所

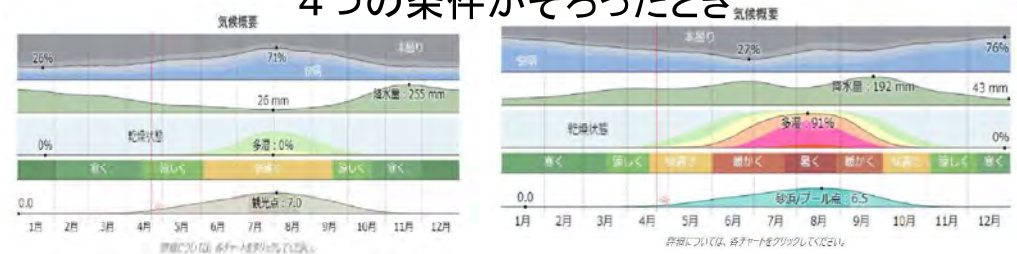
- ① 燃える Fire safety
- ② くるいが生じる Unstable
- ③ 腐る Decay
- ④ 強度的なばらつきが大きい Variation
- ⑤ 乾燥期間が必要 Seasoing



木材の腐食

栄養素(木材そのもの) / 酸素 / 水 / 温度

4つの条件がそろったとき



バンクーバー

東京

<https://ja.weatherspark.com/y>

構造 機能性(常時)/地震/風/ほか(非常時)

- 地震被害 大 不安/不信
- 土砂災害 大 不安/不信
- 都市火災 大 不安/不信
- 津波被害 大 不安/不信

技術を持って制する

防耐火 Fire science

地震 Seismic Engineering

他構造+木 木+ダンパー なぜ反対?

耐久性 木材を使う人は神話的?

海外の研究者、設計者が心配しているのは温湿度の環境耐久性だったりする。

6階建て以上の建築物 これから

- 新しい木造建築物は、
 - いわゆる木造建築ではないかもしれない。
 - すべての部材が木材ではないかもしれない!
 - 逆に、木造にすると“あらかし”で用いられないかもしれない。
 - ...
- つまり、これまでの木造とは違う! これまでと同じ観念で物事を考えているうちは、いつまでたっても建てられないかもしれない。
- **新たな思想、設計・供給体制、そして科学的データをもって建てる新たな「木をつかった建築物」**
- **それでいいか?** もちろんこれまでの木造は継続して。ただ、継続だけでは木材利用を加速化することは無理



木材を使った建築!



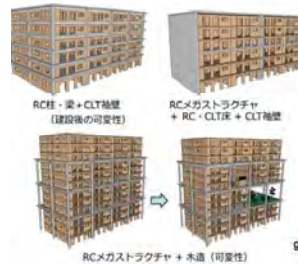
兵庫林業会館5階建て

宮崎県防災拠点庁舎 メガストラクチャーと木造

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

研究期間：平成29年度～平成33年度

国土交通省



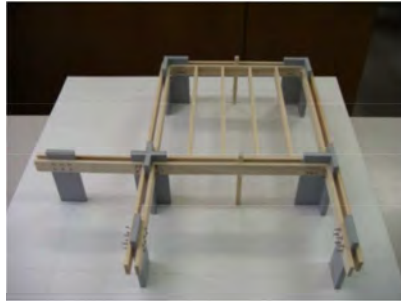
https://www.pref.miyazaki.lg.jp/somu-bosai/kense/soshikiannai/shinchoku_main.html



他構造とのハイブリットからCLT構造へ 1999年～総プロ「木質複合建築構造技術の開発」



RCコアにとりつけた構造
木造で開放的な空間
低層ならRCコアをCLTに



RC造独立壁+木造はり、
床構造
RC造独立壁をCLTに

模型：山辺構造設計事務所

鉄骨造/鉄筋コンクリート造+CLT耐震壁

・このシステムを考えたときに言われたこと

→ 木を壊して フレームを壊さないほうがいいのではないか？

確かにレジリエントであるが、ハードルが極めて高いと私は思う。
そのように答える最大の理由は木材のばらつき評価

コンクリート構造のほうがばらつきが大きいのか？

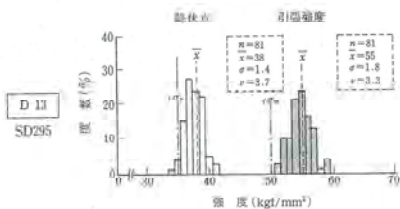
木質構造と非木質構造

- ・ 木質材料
- ・ 材料・接合部 95%下限値→設計性能
- ・ 保証設計 95%上限値→周辺部材の設計=この設計を求められたら木材はいらない？

表 C4.4 鋼材の降伏強さと高力ボルトの最大引張

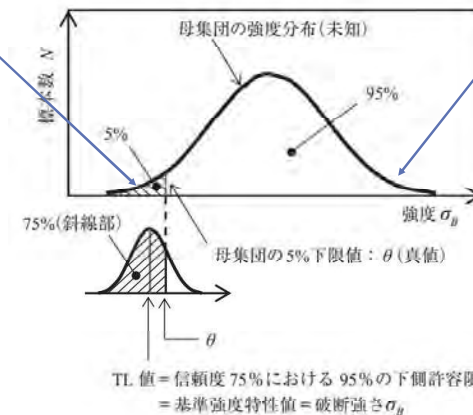
鋼種	鋼材の降伏強さ (N/mm ²)			
	公称値 (1)	平均値 (2)	標準偏差 (3)	σ_y/F_y (4)
SS400 (6mm<1≦40mm)	235	274	35.6	1.32
SM490 (1≦40mm)	325	362	34.4	1.22

(鋼構造限界状態設計規準 (案))



設計耐力と保証設計

設計強度



保証設計
するときの
強度？

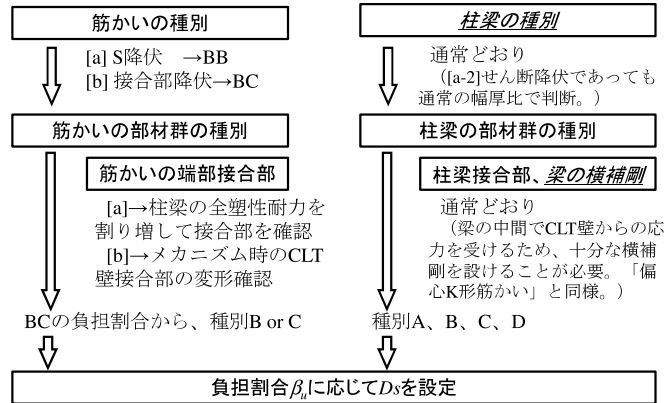
変動係数10~15%
上限と下限は2倍ほど

S+CLTの検討状況

【参考】Ds値の設定方針(案)

・パターン分けと告示の解釈

柱梁がS造の場合、昭55建告1792号第3（柱及びはりの大部分が鉄骨造である階についてDsを算出する場合）を適用する。CLT壁を筋かいとして扱う。



木質系混構造建築物の 保有水平耐力計算の 技術基準に関する検討 (S39)

2023年4月

一般財団法人 日本建築防災協会



34

1. 調査の背景と目的 2. 検討体制

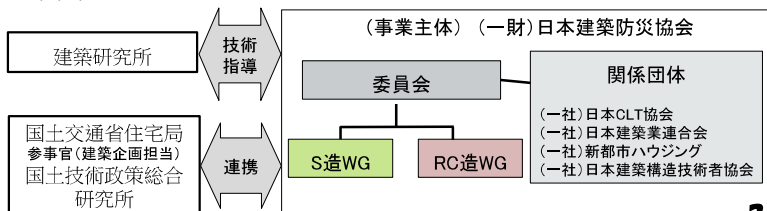
第1編
調査概要

●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



2

3. 調査内容

第1編
調査概要

委員会	S造WG	RC造WG
委員長 五十田 博 (京都大学 生存圏研究所 教授)	主査 石原 直 (東京工業大学 未来産業技術研究所 教授)	主査 真田 靖士 (大阪大学 工学(系)研究科(研究院) 教授)
役割分担	役割分担	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。	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。	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。
調査内容	調査内容	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。	(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平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。	(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。

3

3. 調査内容(調査工程)

第1編
調査概要

		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 代表建物の試設計検討	←→	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	収集事例の分析 有効なCLT壁	←→	詳細検討するCLT壁の選択と モデル化方法の検討 の使い方の検討 代表建物の試設計検討	
(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				←→

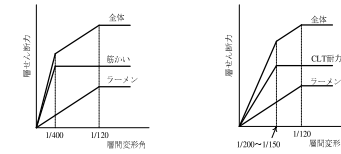
2023年4月
現在、2年計画の中間地点

4

1. 総プロでの検討と建築基準整備促進事業での検討方針

第2編
S造WG

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。

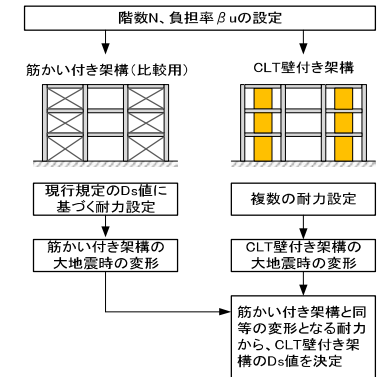
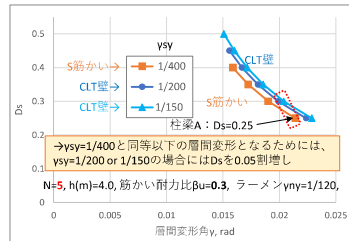


図1-6 検討のフロー

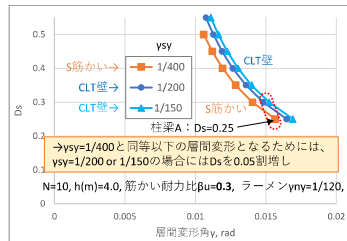
7

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)

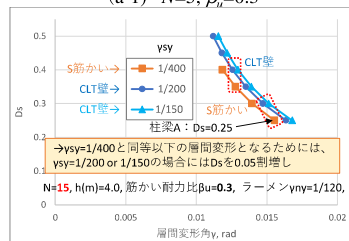
第2編
S造WG



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



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



(b-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、「S筋かい」に対してDsを0.05割増しをした「CLT壁」の方が変形は小さくなる。

9

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))

第2編
S造WG

筋かい付き架構のDs値のうち、筋かいの部材群の種類が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)

CLT耐力壁	柱及びびりの部材群としての種別	柱及びび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
	$0.3 < \beta_u \leq 0.7$ の場合	0.40	0.40	0.45	0.55
	$\beta_u > 0.7$ の場合	0.50	0.50	0.55	0.65

表1-1 鉄骨造のDs値(昭55建告第1792号第3第四号)

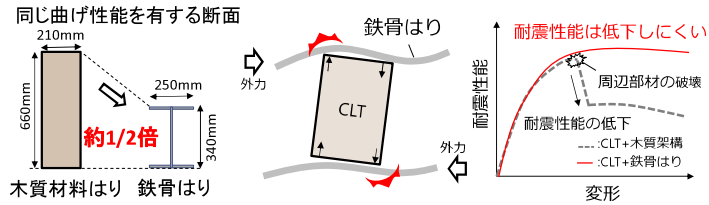
筋かいの部材群としての種別	A又は $\beta_u=0$ の場合	柱及びびりの部材群としての種別			
		A	B	C	D
B	$0 < \beta_u \leq 0.3$ の場合	0.25	0.30	0.35	0.40
	$0.3 < \beta_u \leq 0.7$ の場合	0.30	0.30	0.35	0.45
	$\beta_u > 0.7$ の場合	0.35	0.35	0.40	0.50
C	$0 < \beta_u \leq 0.3$ の場合	0.30	0.30	0.35	0.40
	$0.3 < \beta_u \leq 0.5$ の場合	0.35	0.35	0.40	0.45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

CLTの損傷がないなら応答はラーメンと同等でもいいか？

この表において、 β_u 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。

11

CLT耐力壁+鉄骨はり併用構造



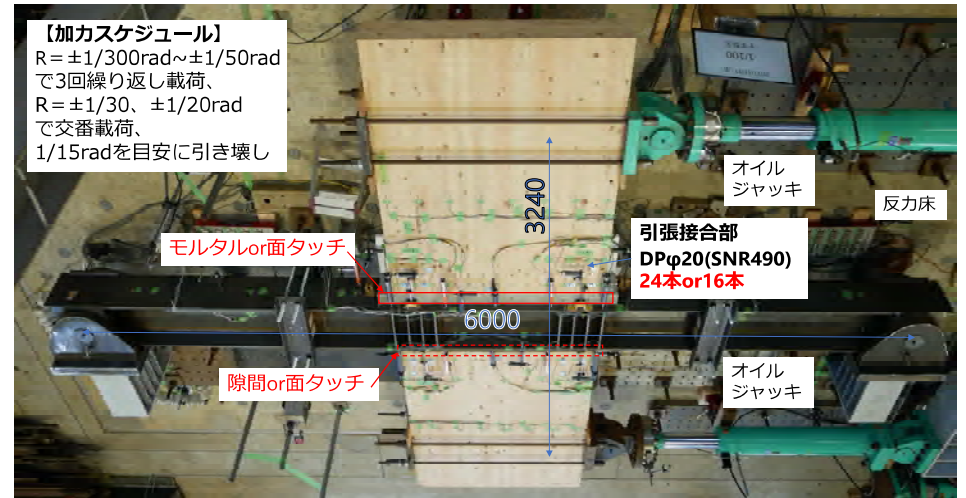
鉄骨はり降伏しても性能が低下しない
→CLTが十分な性能を発揮することを期待

CLTの使用量を抑え、
より効率的な構造を目指す
→CLTの性能
特にせん断性能を有効に活かす

CLT耐力壁+鉄骨はり併用構造



鉄骨造の延長でCLT構造を建てる



WOODRISE 2022
RENOVATION, REGENERATION & REHABILITATION

WOODRISE
RETROFITTING WITH TIMBER

A DOZEN YEARS OF INNOVATIONS USING TIMBER

dr. Bruno Dujč, CBD d.o.o.



Example of energy renovation of multi-residential building using a wood-based construction system



Seismic strengthening with possibility of upgrade of existing building
Universal building retrofitting system that solves both seismic and energy problems of older classical buildings.



Vir: Kulmer Holzbau

Example - upgrade of hotel Terme in Čatež



2016年4月26日 日本木材学会・産学官連携推進シンポジウム「建築物へのさらなる木材利用の拡大にむけて -その可能性と課題-」

新木造(1990) 杉山英男

2つの技術的問題

集成材の強度の保証と価格:

集成材メーカーが(中略)クローズド作業をしているようでは北米の集成材と価格競争できるはずがないのである。



接合部:(前略)プレート金物の規格品がないため、設計者は設計ごとにそれらを特別注文しているのが実情である。(中略)国産の金具・金物プレートの発明、それらを用いた接合部システムの開発が強く望まれるゆえである。

30年経ったが結局同じことを続けて、同じ不満を言っている。

標準化すれば取り組みやすくなるのに、実は逆行している動きが多い

これからの中大規模木造

- これから駆け出しても間に合う。20年前とは情報の量が異なる。
- 過去に学ぼう。木材の枯渇、ブームの繰り返しではない。
- 木材大好きな人の木造と木材を建築材料の一つととらえる木造があっていい。
- 前者は各社各様の接合を追求。後者に関しては接合部部材を標準化。
- 研究的には**接合部の強度、靱性が依然よくわからない**。
- 混構造をやるなら他構造と同じ計算背景にしないとおかしいことになる。(基準強度、基準耐力は下限値。構造特性係数 限界変形は実験時の変形の2/3としているなど)

多くの企業が
参入している。

多様な木造
ができた印象

標準化は進
んでいない。

混構造は苦
戦している

仮に変形能がわかったとしてもDsもそんな簡単には決まらない。

→免震化

既往研究の整理・概要

- 総プロ「新耐震設計法の開発」における新耐震設計法(案)**: 構造特性係数 D_s をエネルギー一定則で評価($1/\sqrt{2\mu-1}$)する際の μ は、 $\mu=2/3\mu_{max}$ としている。また、減衰による応答低減(1.5/(1+10h))も考慮している。ただし、減衰定数 h の具体的な評価方法(変形レベルなど)が示されていない。
- 建築耐震設計における保有耐力と変形性能(1981)**: S造ではエネルギーのつり合いから、構造ランク(幅厚比)ごとの所要累積塑性変形倍率が与えられている。RC造では、エネルギー一定則の適用にあたり、復元力特性がdegrading tri-linear形になること等を考慮して、実用的な範囲内($\mu \leq 5$)では、 $0.75 \times (1+0.05\mu) / \sqrt{2\mu-1}$ (μ : 弾塑性応答変位/降伏点変位)の対応がよいとされている。
- 平石らの研究**: 鉄筋コンクリート造を対象とした検討では、 $\mu=2\sim 4$ の範囲で、 $D_p=0.75$ ($h=0.1$)を考慮して必要ベースシア係数 $=D_p/\sqrt{2\mu-1}$ とすると、等価線形化手法、および部材種別から求まる D_s 値に概ね一致することを示している。また、必要耐力は限界変形に大きく左右されることを述べている。
- 建築物荷重指針・同解説(2015)**: 静的地震荷重の評価にあたり、地震動の加速度応答スペクトルは、弾性1次モードの減衰定数 h により評価することとしている(粘性減衰、逸散減衰など→履歴減衰は含まない)
- 基盤促S39(木質系混構造建築物の保有水平耐力計算の技術基準に関する検討)**: S造と同一の応答変形に収めるための D_s 値が検討されている。降伏変形角やエネルギー吸収性能の違いを考慮して、同一の性能(最大層間変形角)をもたせる。
- JSCA版 木造建築構造の設計 第2版**: 限界耐力計算に基づく応答計算から求まる D_s 値の計算法が示されている

総プロ「新耐震設計法の開発」における新耐震設計法(案)

2/21

- 構造特性係数 D_s をエネルギー一定則で評価($1/\sqrt{2\mu-1}$)する際の μ は、 $\mu=2/3\mu_{max}$ としている。
- 減衰による応答低減(1.5/(1+10h))も考慮している。ただし、減衰定数 h の具体的な評価方法(変形レベルなど)が示されていない。

し、ここにいり量性率 μ とは最大量性率 μ_{max} そのものではなく $2/3\mu_{max}$ を考えている。すなわち

表1-6-1 鋼骨鉄筋コンクリート造建築物の塑性率 μ 及び減衰定数 h

構造種別	塑性率 μ			減衰定数 h
	a	b	c	
鉄骨コンクリート造	5	3	2	0
プレストレストコンクリート造	9	3	3	
鋼骨鉄筋コンクリート造	9	3	3	0.5
鋼造	12	9	3	0.5
木造	4			0.5

これは、大地震時の建築物の再使用を可能にする必要があることなどを考慮して、ここで用いられる塑性率 μ が、塑性変形能力の各段階において期待できる最大0塑性率 μ_{max} より少し内輪にみておく、という理由による。

2次設計、すなわち塑性設計を行う場合には、保有耐力 Q と $Q/\sqrt{2\mu-1}$ とを比較すればよいわけ、この $1/\sqrt{2\mu-1}$ が、本項で扱っている構造特性係数に関係するパラメータである。このパラメータの値に、減衰定数 h をも考慮し構造特性係数を式(1-6-106)のように定義する。

$$D_s = \frac{\mu}{\sqrt{2\mu-1}} \quad (1-6-106)$$

ここに

$$\mu = \frac{1.5}{1+10h} \quad (1-6-107)$$

構造特性係数 D_s の評価

3/21

昭55建告第1792号第1

D_s 及び F_p を算出する方法を定める件

建築基準法施行令(昭和25年政令第338号)第92条の3第二号の規定に基づき、 D_s 及び F_p を算出する方法を次のように定める。

第1 D_s を算出する方法

建築物の各階の D_s は、柱及びはりの大部分が木造である階にあつては第2に、柱及びはりの大部分が鉄骨造である階にあつては第3に、柱及びはりの大部分が鉄筋コンクリート造である階にあつては第4に、柱及びはりの大部分が鉄骨鉄筋コンクリート造である階にあつては第5に、その他の階にあつては第6に、それぞれ定める方法によるものとする。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づき当該建築物の振動に関する減衰性及び当該階の靱性を適切に評価して算出することができる場合においては、当該算出によることができる。

② 特別な調査又は研究に基づき、実験等による場合の D_s の評価法については種々の提案があるが、下記の式はその一例である。

$$D_s = \frac{D_h}{\sqrt{2\mu-1}} \quad (6.2-9)$$

$$\text{ここで、 } D_h = \frac{1.5}{1+10h}$$

μ : 構造骨組の各階の塑性率

h : 減衰定数

履歴減衰と粘性減衰をダブルカウントしないようにしなければならない

【S造】

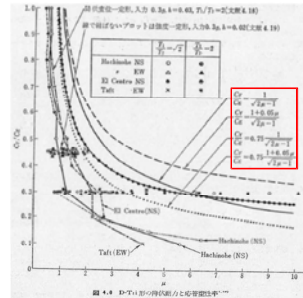
- エネルギーのつり合いから、構造ランク(幅厚比)ごとの所要累積塑性変形倍率が与えられている(表3.4) → 応答変形については陽に示されていない

【RC造】

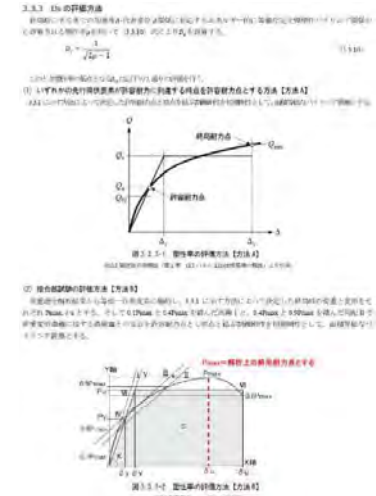
- エネルギー一定則の適用にあたり、RC構造物では復元力特性がdegrading tri-linear形になること等を考慮して、降伏耐力と応答塑性率の関係が整理されている(図4.8)。実用的な範囲内($\mu \leq 5$)では、 $0.75 \times (1 + 0.05\mu) \sqrt{2\mu - 1}$ (μ : 弾塑性応答変位/降伏点変位)の対応がよいとされている → D_s 値と塑性率 μ が対応付けられている

表 3.4 構造ランクと所要累積塑性変形率

構造ランク	構造ランク			
	I	II	III	IV
材料寸法制限 組合造	保有耐力倍率	保有耐力倍率	保有耐力倍率	保有耐力倍率
ラーメン、ラーメンと柱 組接部以外の混合構造	$\mu \leq 6.0$	$\mu \leq 3.0$	$\mu \leq 2.0$	$\mu \leq 1.0$
ラーメンと梁、柱組接部 以外の混合構造	$\mu \leq 3.0$	$\mu \leq 1.5$	$\mu \leq 1.0$	$\mu \leq 0.5$
ラーメンと引張筋配筋が ない混合構造	$\mu \leq 6.0$	$\mu \leq 3.0$	$\mu \leq 2.0$	$\mu \leq 0.5$
式	$\mu \leq 9.0$		$\mu \leq 1.5$	



- いくつか方法が考えられ、結果も多少異なる。限界耐力計算(次頁)にならえば、「損傷限界点」と「安全限界点」の2点を用いて、方法Aのように評価するのが妥当か。



木造・木質構造のこれから

海外の事例をみていると、

いまの日本の木造の方向(私見)、

木をみせたい ◎

木造・木質構造 △

木材の利用方法 ○ ⇒ 危なっかしいものもある 木材の利用方法 △ ⇒ 無理をしている
木材を利用した混構造 ◎ 木材を利用した混構造 × ⇒ 受け入れない

木をみせたい ◎

木造・木質構造 ◎ ⇒ 木で作るならすべて木で

キーワード:

資源循環材料の有効利用・環境問題 ○
適材適所での利用 ○
工期短縮 ○ ⇒ コストに関連
資材としてのコスト △
軽量化(杭基礎の簡易化) ○

キーワード:

資源循環材料の有効利用・環境問題 ○
適材適所での利用 △
工期短縮 ○ ⇒ コストとは無関係?
資材としてのコスト ×
軽量化(杭基礎の簡易化) △

技術は比較的簡単 第一歩を踏み出す(個別なら特に)
問題・課題は法令、社会的背景、感情、人

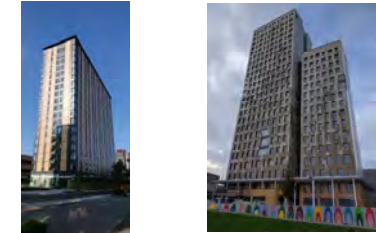


Murray Grove 2009 9 story building

世界の展開



10 years later



実は他構造との併用



Company dormitory 2014 3story

日本での展開



10 years later



2024

日本らしい中層木造の展開を期待・協力

接合部がキー 鋼材などで標準化するのは正解

木造と他構造が明確に分かれている構造(上下ハイブリッド、平面ハイブリッド)は別々の設計体系を組み合わせればいいので比較的簡単

S造+CLT壁、RC造+CLT壁既存の設計法に落とし込む方向