

成果報告：床・壁① 合板を中心として

(独)森林総合研究所 構造利用研究領域
主任研究員 青木 謙治

合板張り床・壁 実験関係者

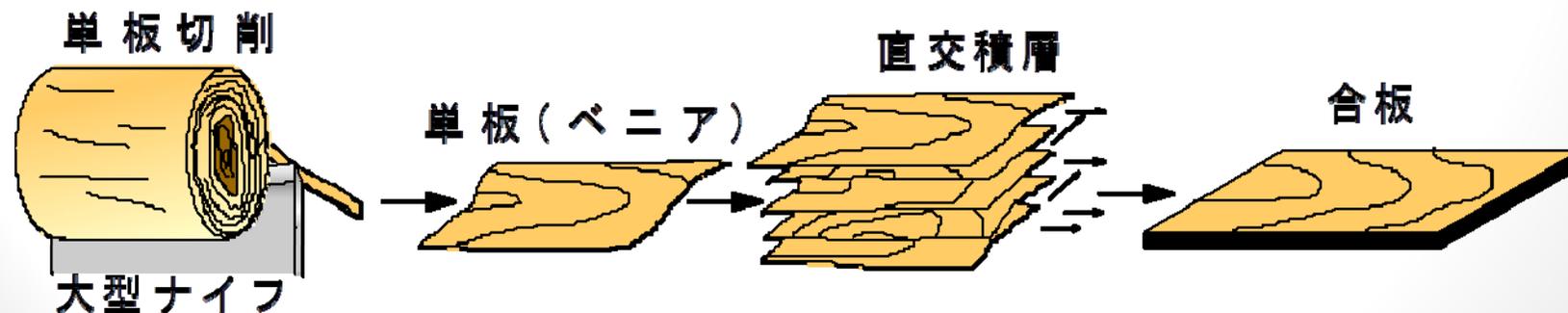
- 日本合板工業組合連合会 川喜多進
（合板に係る木材利用技術整備等推進P T）
- セイホク(株) 神谷文夫
- (独)森林総合研究所 杉本健一、青木謙治

講演内容

- 合板とは？ 規格、種類、強度
- 合板耐力壁・床構面の特徴、接合具
- 耐力壁のモデル化、許容せん断耐力の算定
- 実験的検証
 - 高強度壁、高強度床の面内せん断試験
 - 許容せん断耐力の計算値との比較
- まとめ

合板（ごうはん）とは

- 丸太を桂剥きにした薄い板（ベニヤ、単板）を、接着剤で貼り合わせた板材
- 通常は奇数枚の単板を、繊維方向が互いに直交するように貼り合わせる。
→寸法安定性、強度特性の向上
- 建築物の床下地や耐力壁に使うのは“構造用合板”



合板の規格

- **合板の日本農林規格(JAS)**
(H15.2.27農林水産省告示第233号、最終改正H20.12.2農林水産省告示第1751号)
- 種類：普通合板、コンクリート型枠用合板、**構造用合板**、天然木化粧合板、特殊加工化粧合板
- 接着性能（**特類**、**1類**、2類）、ホルムアルデヒド放散量（F☆～F☆☆☆☆）、単板品質（A-A～D-D）などで等級区分



構造用合板の種類

- JAS規格の強度試験の種類によって分類
- **1級**：
 - 板面品質区分(=ラワン)、EF表示区分(=針葉樹)
 - 曲げ強さ、曲げヤング係数（長手、短手両方向）
 - 面内せん断強さ
- **2級**：
 - 針葉樹<国産材の需要拡大>
 - 曲げヤング係数（長手方向のみ）

壁・床・屋根下地としての利用がほとんど

JAS規格基準値はあるが、建築基準法では構造用合板の許容応力度や弾性係数に関する規定はない。

日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」で数値を提案

構造用合板の強度特性値

■ AIJ「木質構造設計規準・同解説」設計資料

強度等級を記号A、B、C、Dで表わした構造用合板1級の基準許容応力度（単位：N/mm²）

厚さ (mm)	積層数	0°方向									90°方向									0°, 90°方向		45°方向				めり込み			
		曲げ			引張			圧縮			曲げ			引張			圧縮			せん断		引張	圧縮	せん断					
		A-B B-B	A-C B-C C-C	A-D B-D C-D D-D	面内 せん断	層内 せん断			面内 せん断	層内 せん断																			
5.0以上6.0未満	3	10.5	9.5	8.5	6.5	6.0	5.5	4.5	4.0	4.0	2.0	2.0	2.0	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5										
6.0以上7.5未満	3	9.5	9.0	8.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	A-B,B-B		A-B,B-B	A-B,B-B	A-B,B-B					
7.5以上9.0未満	5	8.5	8.0	7.0	6.0	5.5	5.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	:1.4		:1.8	:2.4	:2.8					
9.0以上12.0未満	5	8.0	7.0	6.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	A-C,B-C,	0.4	A-C,B-C,	A-C,B-C,	A-C,B-C,					
12.0以上15.0未満	5	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	C-C:1.3		C-C:1.6	C-C:2.3	C-C:2.6	0.5	2.0			
15.0以上18.0未満	7	6.0	5.5	5.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	4.0	4.0	4.0	A-D,B-D,		A-D,B-D,	A-D,B-D,	A-D,B-D,					
18.0以上21.0未満	7	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	C-D,D-D		C-D,D-D	C-D,D-D	C-D,D-D					
21.0以上24.0未満	7	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	:1.2		:1.5	:2.2	:2.4					
24.0以上	9	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5										

A-B～D-D：板面の品質。

0°, 90°, 45°：表板の繊維方向がスパン方向または荷重方向にそれぞれ平行、直交および45°の角度をなす場合。めりこみは面に直角方向の場合。

構造用合板2級の基準許容応力度と基準弾性係数

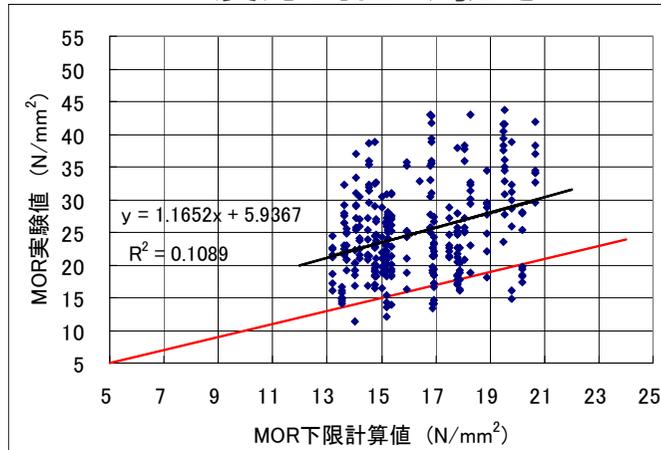
厚さ (mm)	基準許容応力度(単位:N/mm ²)				基準弾性係数(単位:10 ³ N/mm ²)		
	曲げ		面内 せん断	層内 せん断	曲げヤング係数		面内せん断弾性係数
	0°方向	90°方向			0°方向	90°方向	
5.0	5.2				6.5	0.4	
6.0	4.8				6.5	0.3	
7.5	4.3				5.5	0.3	
9.0	3.9				5.0	0.3	
12.0	3.3	0.8	0.8	0.4	4.0	0.3	0.4
15.0	2.7				4.0	0.6	
18.0	2.4				4.0	1.1	
21.0	2.2				4.0	1.1	
24.0以上	2.2				3.5	1.4	

0°, 90°：表板の繊維方向がスパン方向または荷重方向にそれぞれ平行および直交する場合。

最も強度が低くなる樹種・単板構成を元に誘導。かなり安全側の値。

厚物合板（ネダノン）の基準強度を提案

0度方向曲げ強さ



90度方向曲げ強さ

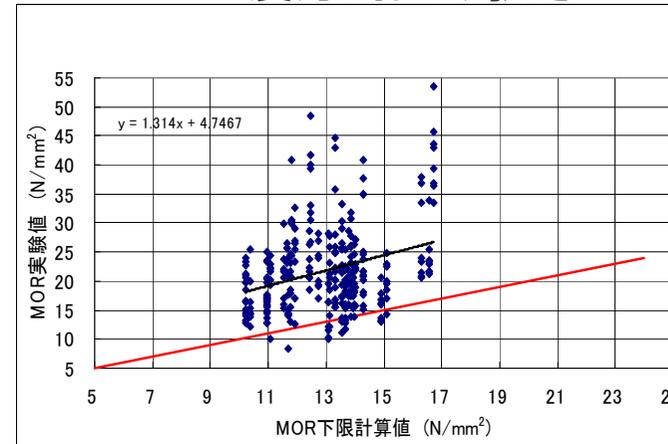
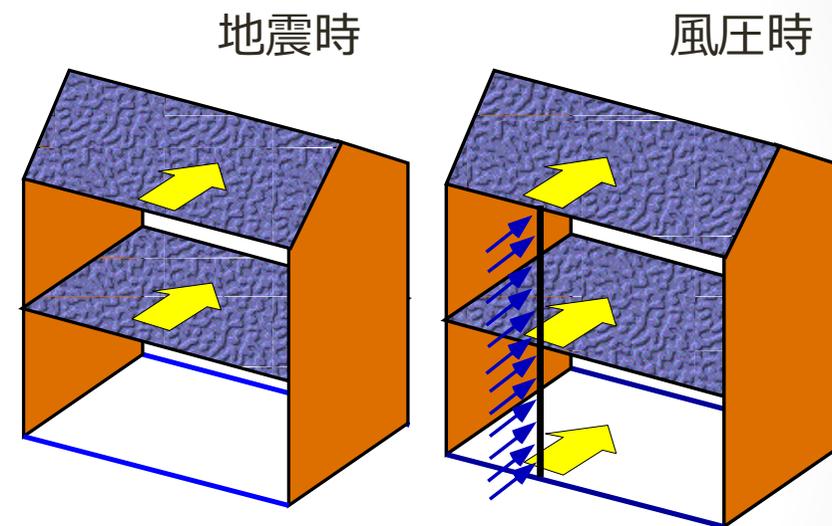


表11. 厚さ24、28mm構造用合板2級の基準許容応力度と基準弾性係数（日合連暫定値）

厚さ (mm)	許容応力度 (単位:N/mm ²)				弾性係数 (単位:10 ³ N/mm ²)		
	曲げ		面内 せん断	層内 せん断	曲げヤング係数		面内せん断弾性係数 (0°,90° 方向)
	0° 方向	90° 方向			0° 方向	90° 方向	
24	3.3	2.5	0.8	0.4	4.6	2.2	0.4
28	3.4	2.5			4.4	2.2	

合板耐力壁・床構面の特徴

- 建物に働く外力のうち、主に面内せん断力に抵抗する要素（鉛直力による圧縮力や面外曲げモーメントにも抵抗できることが多い）
- 釘接合による合板張り耐力壁・床構面の利点
 - 応力が分散しバランスが良い
 - 比較的容易に高耐力が得られる
 - 方向性がない
- 釘接合部の性能で構面の性能がほぼ決まる



地震力・風圧力は、床構面・壁構面を伝わって基礎に流れる

接合具

- 合板の留め付けに用いる釘（告示倍率で定められた釘）
 - 軸組構法 N釘 （長さ50mm→太さ2.75mm）
 - 桝組壁工法 CN釘 （長さ50mm→太さ2.87mm）

- 一面せん断性能
 - 学会式（木質構造設計規準・同解説）
 - グレー本（木造軸組工法住宅の許容応力度設計）
 - 緑本（桝組壁工法建築物構造計算指針）
 - 実験データ（ネダノンマニュアル、本事業の報告書）

- ビスは規格が十分には整備されてなく、理論式も完全ではない。実験などによる確認が不可欠。

接合具

表 4.2.1 面材釘 1 本あたりの 1 面せん断の数値

面材	釘	k kN/cm	δ_v cm	δ_u cm	ΔP_v kN
構造用合板 12mm	鉄丸釘 N-50	4.80	0.21	1.53	0.98
	鉄丸釘 N-65	6.29	0.21	1.89	1.31
	太め鉄丸釘(CN釘)50	6.34	0.19	1.81	1.21
	太め鉄丸釘(CN釘)65	8.26	0.25	2.17	2.05
構造用合板 24mm、または、 28mm	鉄丸釘 N-75	6.51	0.25	1.71	1.62
	太め鉄丸釘(CN釘)65	8.78	0.15	1.32	1.31
	太め鉄丸釘(CN釘)75	10.13	0.18	2.14	1.85

構造用合板のせん断弾性係数 G_B : ラワン (その他) 39.2 kN/cm^2 、ベイマツ 58.8 kN/cm^2

注) 本表の数値は、 $\alpha=0.95$ を前提としたものである。 $\alpha=0.95$ とは、面材の使用によって劣化が生じたり、湿潤状態にあるような条件下ではなく、現場施工やへりあきがきちんと遵守され、釘頭がめり込まないよう手打ち施工あるいは合板の密度に応じて調整して打たれるように監理される場合を前提としたも

釘のせん断耐力 [kN]

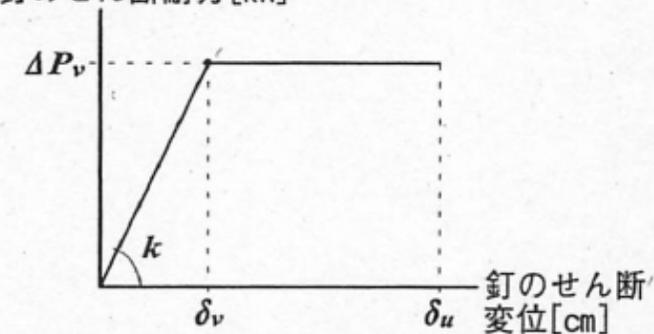
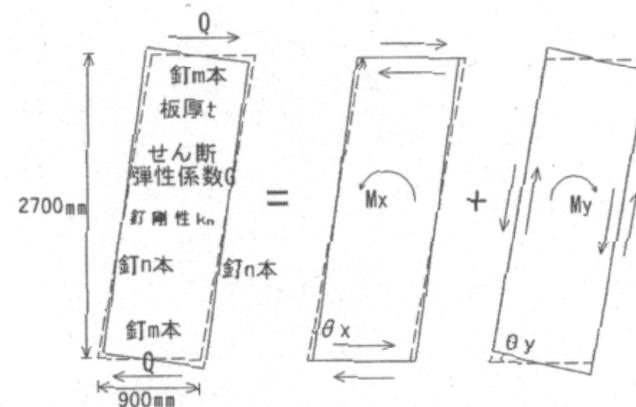


図 4.2.3 完全弾塑性関係で表した
 面材に打たれた釘 1 本あたりの
 1 面せん断の荷重—変位グラフ

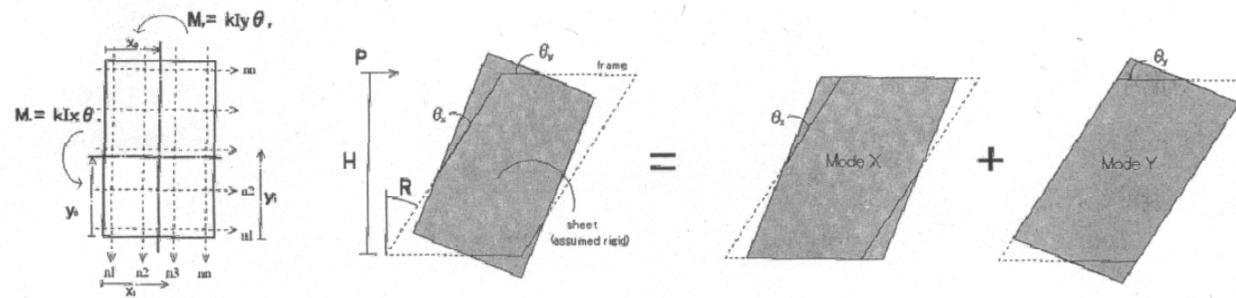
耐力壁のモデル化

- 合板張り耐力壁の応力特性は、合板のせん断剛性、周辺部材の曲げ剛性、釘のせん断すべり剛性に依存する

- 様々な力学モデル
 - 枠組壁工法耐力壁のモデル

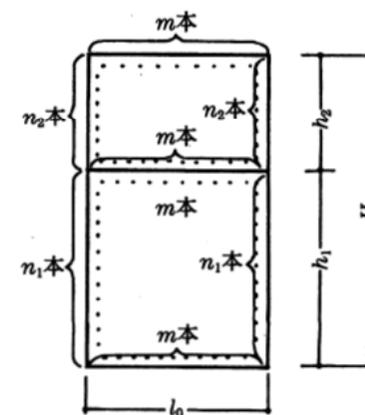
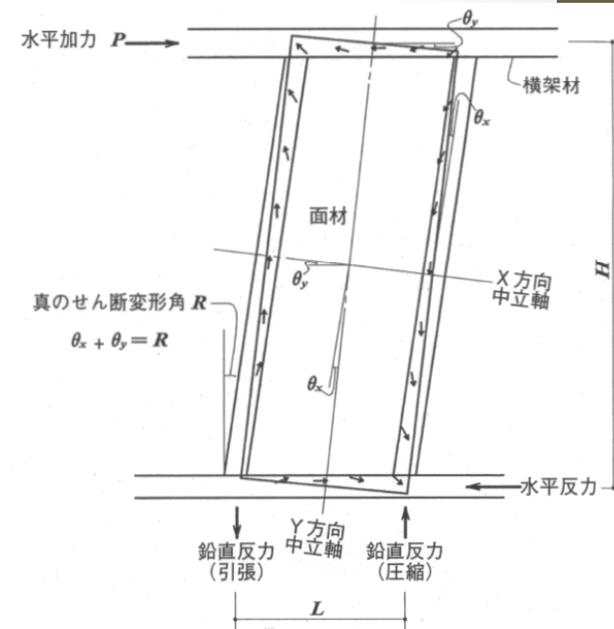


- 軸組構法系面材耐力壁の解析モデル



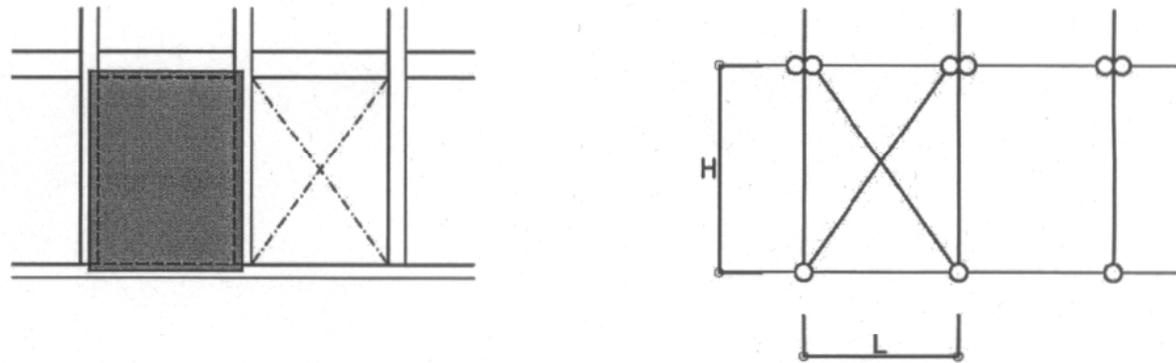
耐力壁のモデル化

- 許容応力度計算等であれば、釘の性能を元に耐力壁の許容せん断耐力を算定可能
- 「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」
 - 面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘1本の一面せん断データより許容せん断耐力と剛性を算定
- 「枠組壁工法建築物構造計算指針」
 - 枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘1本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により算定



耐力壁のモデル化

- 非線形解析などでは、等価なブレースに置換する方法が便利



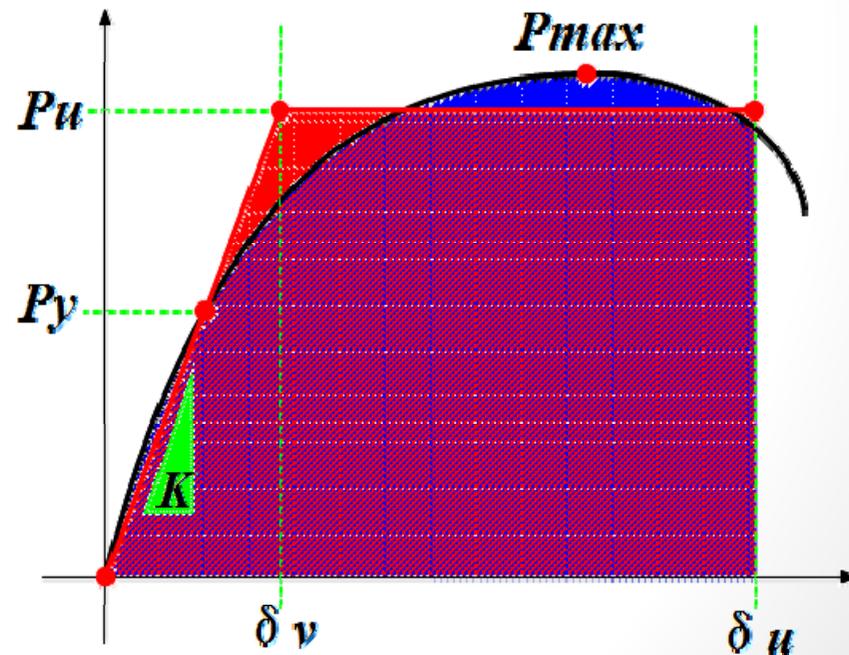
- 壁長 L (mm)、高さ H (mm)の耐力壁のせん断剛性を K_w (kN/mm)とすると、等価たすきブレースの軸剛性 EA は、以下のようにになる。

$$EA = \frac{K_w \cdot L}{2 \cdot \cos^3 \theta} \text{ (kN)} \quad \text{ただし、} \tan \theta = H/L$$

- 合板耐力壁の荷重－変形関係・特徴点情報が必要

耐力壁のモデル化

- 耐力壁のモデル化に必要なデータは？
 - 完全弾塑性モデルの特徴点（剛性、終局耐力、降伏点変位、終局変位）？
 - 降伏耐力、最大耐力は？
 - 各変形ごとの荷重のデータは？



実験的検証 ー高強度壁・床ー

■ 目的

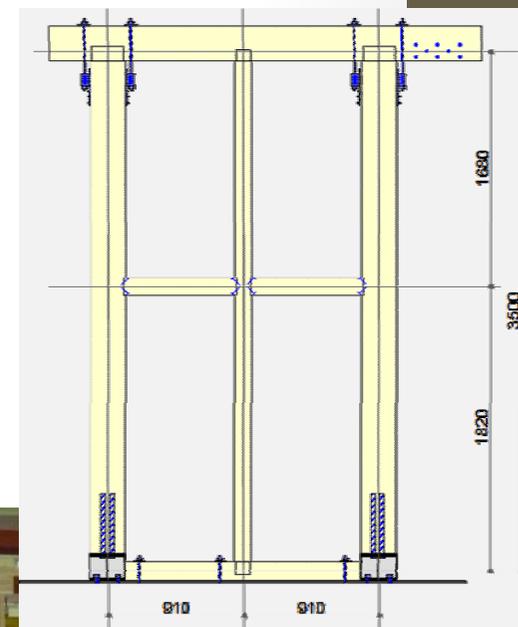
- 中大規模木造に求められる、高強度・高耐力の壁構面・床構面
- 既往の計算手法との整合性
- モデル化に必要な数値の取得

- 想定建物イメージを元に、必要性能（短期許容せん断耐力）を40kN/m程度（倍率:約20倍）に設定



実験的検証 ①高強度耐力壁

- 壁長1820mm、壁高3500mm
- 構造用集成材
 - JAS対称異等級構成E95-F270、カラマツ
 - JAS対称異等級構成E55-F225、スギ
 - 部材断面寸法
 - 柱・桁：240×150mm
 - 間柱・土台・同つなぎ：120×150mm
- 構造用合板
 - JAS特類2級、910×1820mm
 - 樹種と厚さ：
 - 全層スギ 24mm、28mm
 - 全層カラマツ 28mm



実験的検証 ①高強度耐力壁

- 面材の留付
 - CN75@50×2列
- 柱脚
 - ボックス型金物を使用
 - LSB接合（柱脚固定式）
 - 鋼板挿入ボルト接合（タイロッド式）

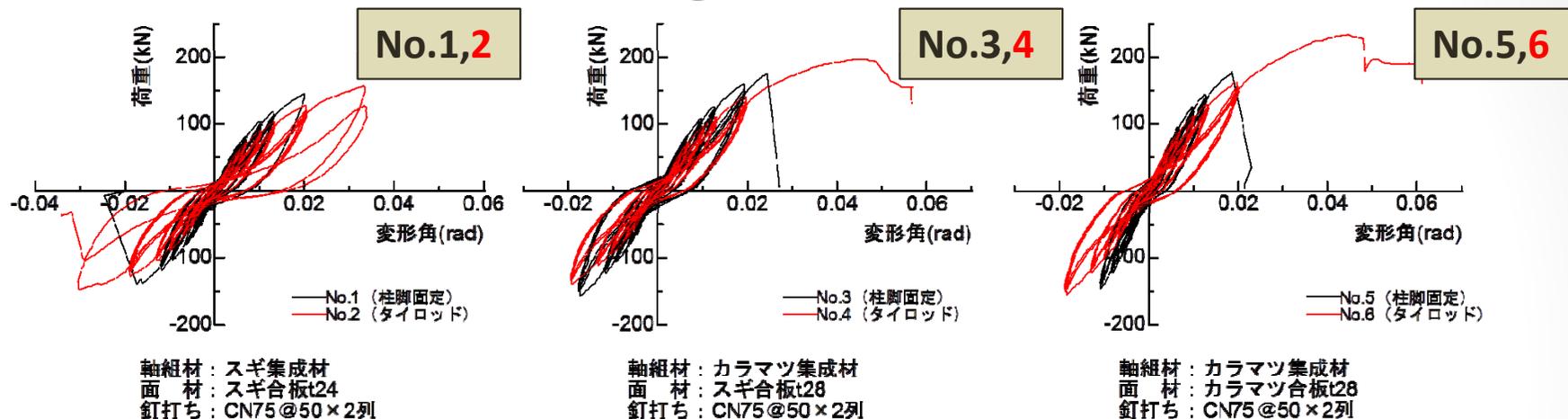


実験的検証 ①高強度耐力壁

No	軸材	合板	釘打ち	試験方法
1	スギ集成材 (E55-F225)	全層スギ t24	CN75@50×2列	柱脚固定
2				タイロッド
3	全層スギ t28	柱脚固定		
4		タイロッド		
5	カラマツ集成材 (E95-F270)	全層カラマツ t28		柱脚固定
6		タイロッド		



実験的検証 ①高強度耐力壁



No	試験荷重(kN)				短期基準 せん断耐力 P_0 (kN/m)	倍率
	P_y	$0.2\sqrt{2\mu-1}\cdot P_u$	$2/3\cdot P_{max}$	$P_{(1/120,1/150)}$		
1	76.7	<u>42.9</u>	97.0	92.1	23.6	12.0
2	83.7	<u>57.6</u>	104.9	85.4	31.6	16.1
3	89.7	<u>52.3</u>	116.7	98.7	28.8	14.7
4	104.1	<u>77.6</u>	131.7	96.5	42.6	21.8
5	96.8	<u>48.9</u>	118.6	113.0	26.9	13.7
6	117.2	<u>106.2</u>	156.0	112.5	58.3	29.8

実験的検証 ①高強度耐力壁

- タイロッド式の破壊
 - 土台の割裂（釘接合部）
 - 間柱の割裂（釘接合部）
 - 合板のせん断

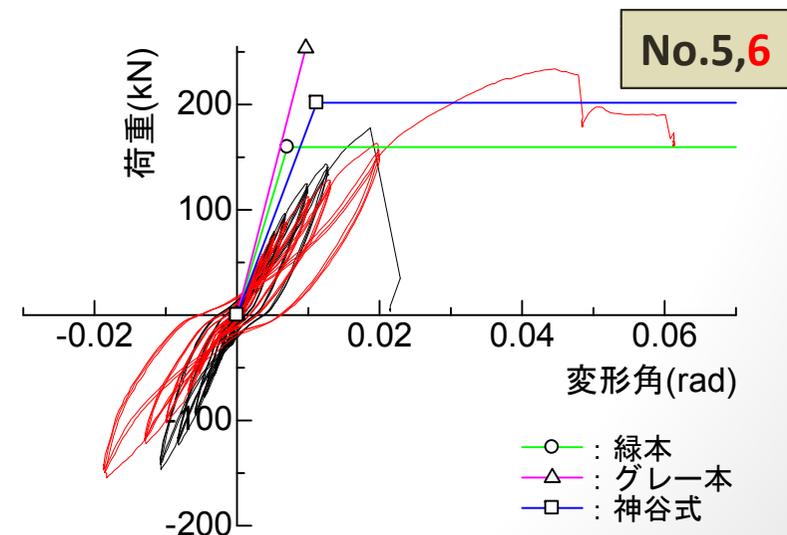
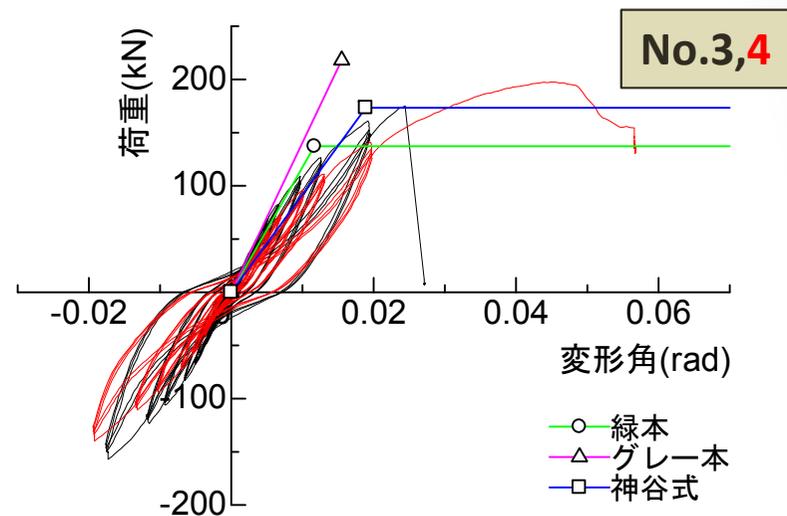
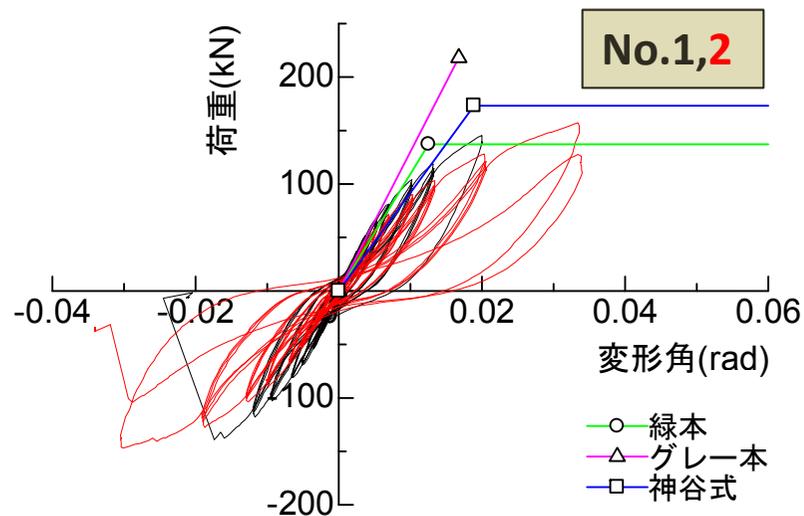


実験的検証 ①高強度耐力壁

- 柱脚固定式の破壊
 - 柱脚部のせん断破壊

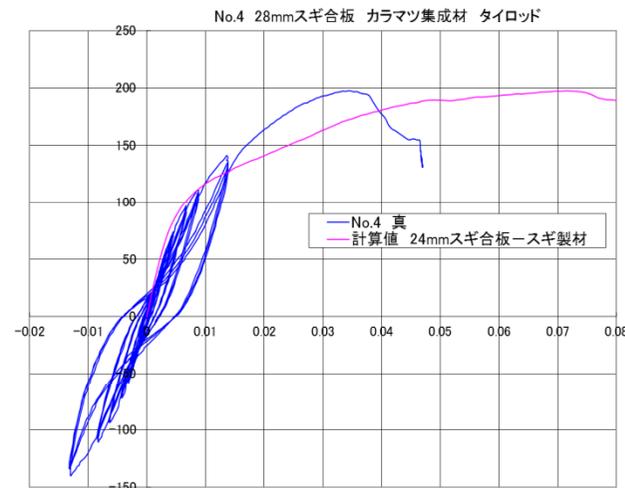
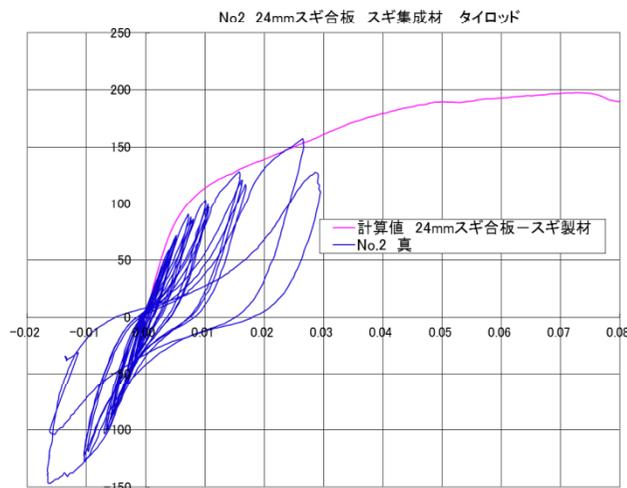


実験的検証 ①高強度耐力壁

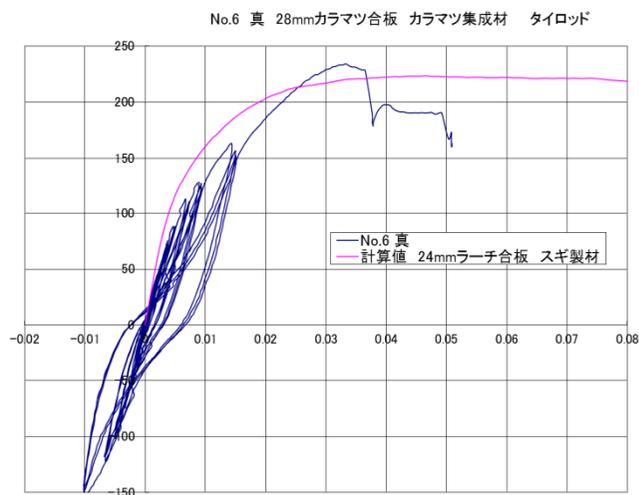


- 釘のデータは、実験条件に近いものを選択
- 釘の許容耐力から求めた結果であり、耐力の安全性のみを評価（脆性破壊などは考慮していない）

実験的検証 ①高強度耐力壁

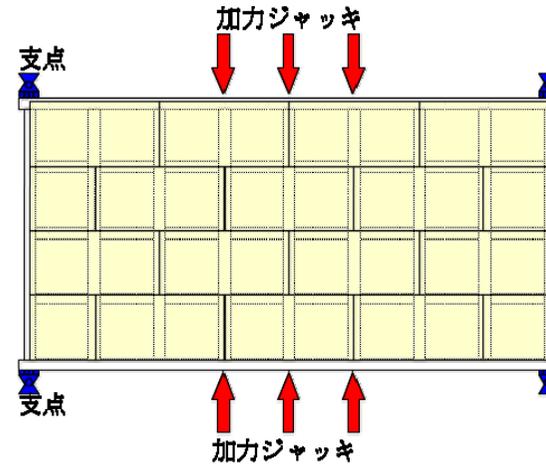


- 荷重－変形角関係を算出可能な神谷式の計算結果を例示

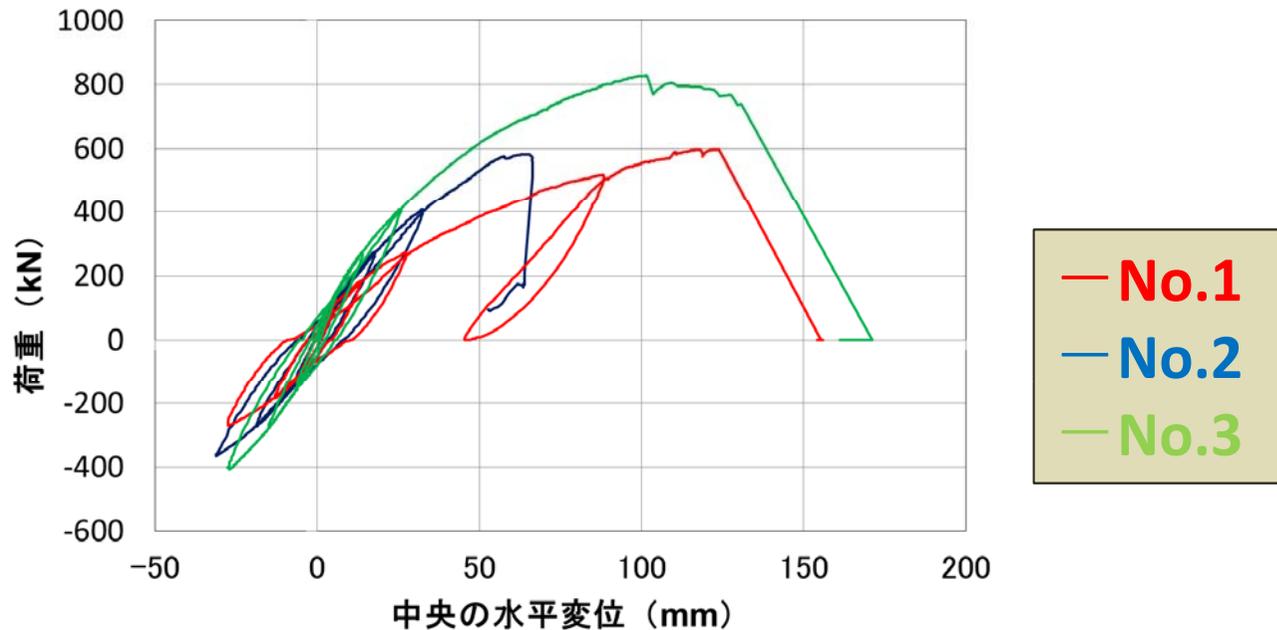


実験的検証 ②高強度床構面

- 床寸法 7.28m × 3.64m
- 構造用集成材
 - JAS対称異等級構成E105-F300、カラマツ
 - 断面寸法
 - 梁・桁：120 × 240mm
 - 小梁：120 × 120mm
- 構造用合板
 - JAS特類2級、910 × 1820mm
 - 樹種・厚さと釘打ち方法：
 - No.1：全層スギt24、CN75@75 × 2列
 - No.2：全層スギt28、CN75@50 × 2列
 - No.3：カラマツ-スギ複合t28、CN75@50 × 2列



実験的検証 ②高強度床構面



No	試験荷重(kN)				短期基準 せん断耐力 P_0 (kN/m)	倍率
	P_y	$0.2\sqrt{2\mu-1}\cdot P_u$	$2/3\cdot P_{max}$	$P_{(1/150)}$		
1	147.4	<u>96.4</u>	199.1	106.1	26.5	13.5
2	138.5	<u>89.7</u>	194.5	141.2	24.6	12.6
3	219.0	171.9	275.9	<u>169.0</u>	49.7	23.7

実験的検証 ②高強度床構面

■ 破壊性状

- 釘接合部のすべりは少ない
- 桁の曲げ破壊
- 高耐力にすると、破壊はどうしても脆性的になる



実験的検証 ②高強度床構面

- 東部地域振興ふれあい拠点施設の建設時の写真



床・壁①（合板）のまとめ

- 中大規模木造に適用可能な合板張り耐力壁・床構面の構造性能について、実験的に性能を確認
- 既往の計算手法にて許容耐力を算定し、概ね推定可能であることを確認
- 今後の課題としては、、、
- 様々な接合仕様（合板密度、釘種類）に対する接合部データの整理
- モデル化に必要な情報の収集とデータベース化

マニュアルをご活用ください

