

クロス・ラミネイティド・ティンバーによる構造の耐震性能に関する研究

その4 構面実験

		正会員	○志村 智*1	同	津田千尋*2	同	畠山太志*1
		同	菅沼田直人*3	同	鈴木 圭*4	同	岡部 実*5
CLT	静加力実験	同	中川貴文*6	同	荒木康弘*7	同	槌本敬大*8
グルードインロッド	引きボルト						

1. 実験目的

本稿ではクロス・ラミネイティド・ティンバー材料を用いた建築架構(以降、CLT と記述)の耐震性能の検証、破壊形状確認、振動台実験に用いる接合方法の決定を目的とし、壁-まぐさ構面の水平加力実験を実施した。

2. 実験計画

2.1 試験体

試験体は壁は厚さ 150mm、幅 1000mm、高さ 3000mm、まぐさは厚さ 150mm、幅 2100mm、高さ 800mm、床は厚さ 180mm、幅 1000mm(構面端部には 500mm)のパネルで構成した 1.5 層の構面である(図 1)。表 1 に示すように床パネル間の接合スプラインは、LVL または合板による 2 種類とした。壁パネルとまぐさパネル接合部の接合仕様をパラメータに、引きボルト-引きボルト(以下 H-H)、グルードインロッド-グルードインロッド(以下 G-G)、グルードインロッド(壁側)-引きボルト(以下 G-H)の 3 タイプを主な試験体仕様とした。壁の脚部及び頭部の接合全試験体共通仕様の M24 の引きボルトを使用した。H-H と G-G 接合タイプは、腰壁パネル(厚さ 150mm、幅 2000mm、高さ 1000mm)を付加した試験タイプも対象にして、合計 7 試験体の水平加力実験を実施した。



a) 接合ボルト b) L型金物 c) コの字金物

写真 1 使用金物の一例

表 1 試験体接合部仕様の概要

	H-H-0、G-G、G-H、G-G腰壁あり	H-H-1、H-H-2、H-H腰壁あり
壁脚部・頂部接合部	引きボルトφ24、転造ネジ	
まぐさ-壁接合	引きボルトφ16×4転造ネジ	
床-床接合部	LVL(W150 t30、HBS 8×80@150)	構造用合板(W150 t27、HBS 8×140@150)
まぐさ-壁せん断金物	t6PLIに5.5×65木ネジうち16本(壁、まぐさ各)両面	
壁-床せん断金物	L型金物の5.5×65木ネジうち22本(壁、床各)	
壁-架台せん断金物	コの字金物の5.5×65木ネジ打ち22本、M20全ネジアンカー×2	
壁と腰壁の接合部	パネルードL180の5本打ち	

2.2 加力方法

加力はアクチュエータ 2 台による変位制御で行った。目標変形角は加力点高さで 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/20 [rad]とし、各変形角 3 回の正負交番繰り返し加力を行い、その後引ききりにて終了した。また、加力点高さは 4680mm である。

3. 試験結果

3.1 P-δ 曲線と特性値と許容せん断耐力

構造特性及び許容せん断耐力は下記の通りである(表 2、表 3)。なお、許容せん断耐力は 4 指標の最小値とする。また、表 3 には P150 の耐力も示した。図 2 に P-δ 曲線を示した。

表 2 構造特性値

	Pmax kN	δ Pmax mm	初期剛性 kN/mm	終局耐力Pu kN	塑性率μ	構造特性係数Ds
H-H-0	194.2	220.1	2.2	172.0	6.7	0.28
G-G	197.8	147.8	2.7	183.1	3.4	0.41
G-H	203.2	210.8	2.5	182.5	3.5	0.40
G-G腰壁あり	252.7	137.5	3.7	231.8	3.2	0.43
H-H-1	189.2	209.2	1.6	172.6	3.0	0.45
H-H-2	179.6	211.2	1.9	162.8	6.8	0.28
H-H腰壁あり	234.4	137.4	2.6	200.7	4.0	0.38

表 3 耐力の 4 指標と P150 及び許容せん断耐力

	2/3Pmax	Pu*0.2/Ds	Pv	P120	P150	Po
H-H-0	129.5	120.8	117.1	90.1	76.5	90.1
G-G	131.9	88.2	120.6	104.4	94.9	88.2
G-H	135.5	90.1	119.9	113.6	91.0	90.1
G-G腰壁あり	168.5	107.8	152.4	132.1	126.5	107.8
H-H-1	126.2	76.6	116.6	70.5	57.0	70.5
H-H-2	119.7	115.7	114.3	81.2	63.2	81.2
H-H腰壁あり	156.2	106.5	139.6	108.9	90.0	106.5

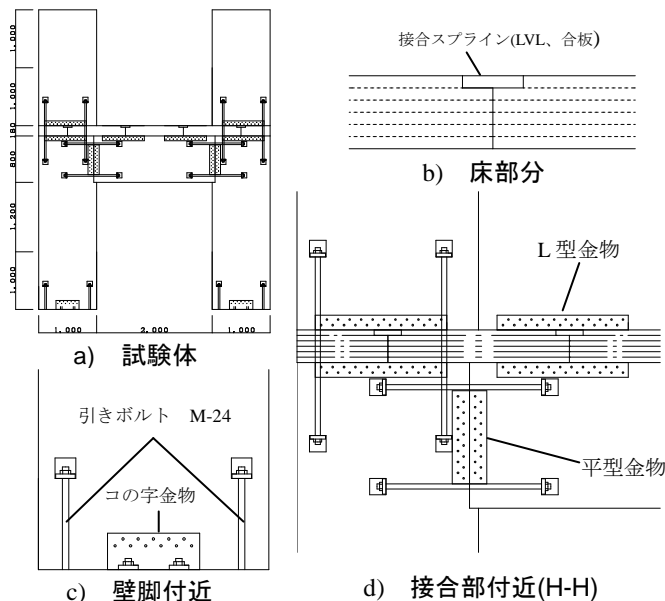


図 1 試験体概要

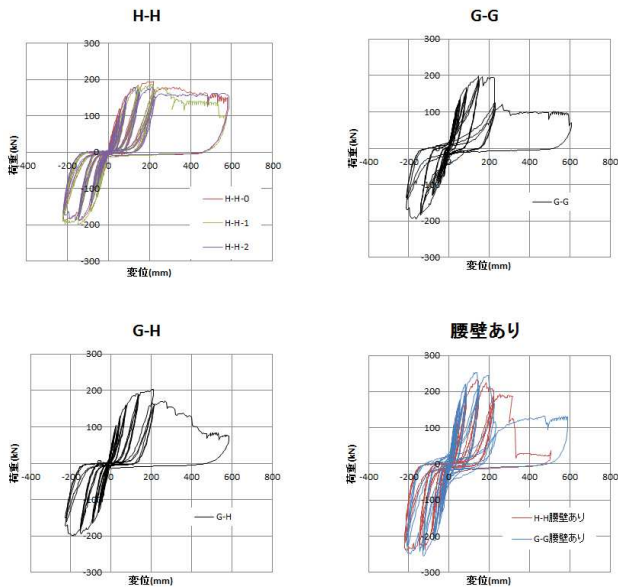


図2 P- δ 曲線一覧

3.2 試験体ごとの比較

腰壁のない試験体の壁-まぐさ接合仕様の違いによる最大耐力差は小さく、すべての試験体で 200kN 付近であった(共通仕様であるため壁脚接合部で最大耐力が決定している)。

一方、接合部仕様の異なる H-H と G-G 及び G-H の P_y と P120 耐力に着目すると、H-H に対して P_y で 3%から 5%程度、P120 で約 14%から 38%耐力が高かった。最大耐力にその差はみられなかったが、変形初期の範囲ではその差を確認でき、グルードインロッド接合の高い接合拘束度が構面耐力に寄与したと判断できる。

次に、変形性能に着目すると、引きボルト接合仕様の H-H 試験体は、構面の塑性率が他の接合方法に比べ高く、変形性能は H-H が高いことを確認した。

また、腰壁を付加することにより、1.2 倍から 1.3 倍ほどの最大耐力の増加を確認した。しかしながら、塑性率は腰壁付加により低下した。

4. 破壊形状

写真 2 に示したように、床の接合部スプラインが LVL の時は、LVL の曲げ破壊やビスの引き抜けにより床が浮き上がり屈曲に変形した。合板の時は合板の曲げ破壊は確認できず、床の変形は LVL より抑制された。

床の変形以外では、壁脚の LVL のめり込みや、接合部破断、壁パネルとまぐさ接合の鋼棒の引張り降伏や破断及び、座金接触面の CLT のめり込みを確認した。

大半の試験体では柱脚部分は壁パネル鉛直方向の応力によりラミナの剥落や、表層ラミナのフィンガージョイントの破断や、欠損残存部分の CLT が破断した。また、大変形時には、コの字金物のビスのせん断破壊や、CLT 材料の破断も確認した。なお、上述の主な破断や鋼棒の降伏や破断などが生じたのは加力点高さの 1/30rad から 1/20rad であった。

また、まぐさや腰壁と壁パネル接合部分のパネル木口は、積層の 2、4 層目のめり込みが目立ち、壁パネル側では 1、3、5 層目のめり込みが著しかった。これより、繊維方向よりも繊維直交方向へのめり込みが著しいことがわかる。

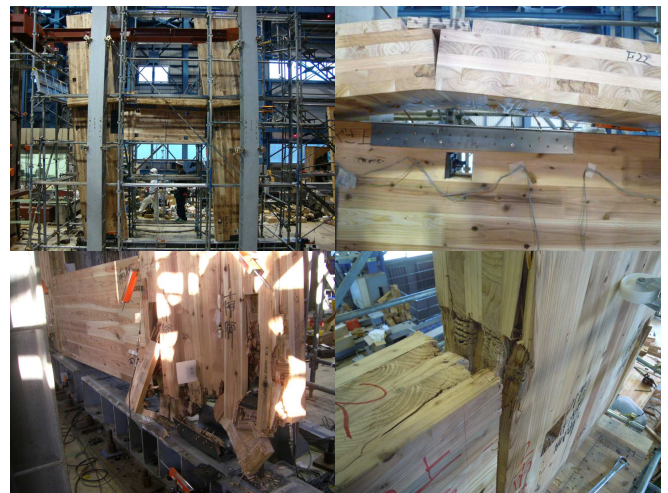


写真2 主な破壊形状

5. 総括

本論ではクロス・ラミネイティド・ティンバー架構の耐力性能、破壊形状及び腰壁の有無による耐力増加の大きさを確認した。H-H は変形性能に優れ、G-G は変形初期の範囲の剛性が高いという壁-まぐさ接合仕様の違いによる構面構造性能を把握した。更に本報の結果を次報の振動実験の結果及び接合部仕様へ反映した。

謝辞

本研究は国土交通省補助事業「木造長期優良住宅の総合的検証委員会」構造分科会/材料分科会、CLT-TG、CLT-SWG の一環として行った。関係者に謝意を表す。

*1 工学院大学大学院 修士課程
 *2 ポリテクセンター愛媛 職業能力開発指導員 博士(工学)
 *3 信州大学工学部 修士課程
 *4 木構造振興 主任研究員
 *5 ベッターリビングつくば建築試験研究センター 統括試験研究役 農務
 *6 建築研究所 材料研究グループ 主任研究員 博士(農学)
 *7 建築研究所 構造研究グループ 研究員 博士(工学)
 *8 国土交通省国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター評価システム研究室長 博士(農学)

*1 Graduate Student, Grad. School of Eng. Kogakuin University.
 *2 Vocational Training Instructor, Ehime Polytechnic Center, Dr. Eng.
 *3 Graduate Student, Grad. School of Eng. Shinshu University.
 *4 Chief Researcher, Wood Structure Prom, Mr. Agr.
 *5 Chief Engineer, Tsukuba Building Research and Testing Laboratory Center for Better Living M. Agr.
 *6 Senior Research Engineer, Dept. of Building Materials and Components, Building Research Institute, Dr. Agr.
 *7 Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, Building Research Institute, Dr. Eng.
 *8 Head, National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT · Dr. Agr.