

軸組併用型CLTパネル工法の実用化に向けて その2 むり込み試験の弾塑性有限要素解析

CLT 耐力壁 面内せん断試験
むり込み 部分圧縮試験 数値解析

正会員 ○光井 周平*1 准会員 難波 宗功*2
正会員 田中 圭*3 同 山田 笙太*4
同 森 拓郎*5 同 中川 貴文*6
同 腰原 幹雄*7

1. はじめに

本報その2では、前報で示したCLT-集成材接合面のむり込み試験結果を踏まえ、むり込み特性の数値解析による評価を試みた結果について報告する。

2. 材料定数の設定

ここでは、解析に用いる CLT 及び集成材の材料定数の設定について述べる。解析方法の詳細については文献 1) と同様であるのでそちらを参照されたい。

CLT の材料定数としては、文献 2) に示されている方法に準じて算出した表 1 の CLT-1、文献 2) では無視される直交層の特性を考慮した CLT-2 及び直交層の特性を平行層と同等として算定した CLT-3 の 3 ケースについて解析を行った。表中の x は水平方向、 y は鉛直 (加力) 方向を表す。結果的にいずれの場合も解析結果に有意な差は生じなかった。したがって、以降の解析では CLT 側の材料定数としては表 1 の CLT-1 の値を採用するものとする。

表 1 CLT 側の材料定数として採用した値 (単位: N/mm²)

	弱軸	強軸	面内	弱軸	強軸	面内
	E_x	E_y	G_{xy}	F_x	F_y	F_{xy}
CLT-1	1200	3000	500	4.68	8.10	2.70
CLT-2	1326	3050	500	7.63	14.36	2.70
CLT-3	3000	6000	500	15.6	21.60	2.70

表 2 集成材側の材料定数の組合せ

	1 層目	他 層
case 1	実験_全層	実験_全層
case 2	実験_1層	実験_1層
case 3	実験_2層	実験_2層
case 4	実験_1層	実験_各層
case 5	実験_1層	実験_全層
case 6	実験_1層	文献値
case 7	文献値	文献値

集成材の材料定数 (繊維方向ヤング係数) として表 2 に示す計 7 ケースについて解析を実施した。表 2 において「2 層」は実験により得られた 1 層目と 2 層目のラミナの平均値、「全層」は全 10 層の実験値の平均、「文献値」は文献 3) に掲載された値を表している。

表 3 繊維直交方向の材料定数 (単位: N/mm²)

	ヤング係数	降伏応力
実験値 (1 層)	328.99	2.80
実験値 (2 層)	326.90	2.80
実験値 (全層)	313.03	2.80
文献値	252.12	2.10

採用した加力方向 (繊維直交方向) の材料定数を表 3 に示す。繊維方向以外やせん断に関する材料定数は文献 4) に示した方法により算定した。材料特性はバイリニア型を仮定している。降伏後の接線係数は、繊維直交方向は実験結果を踏まえてヤング係数の 1/150 を標準とし、その他は 0 (完全弾塑性型) とした。

3. むり込み試験の弾塑性有限要素解析

3.1. ヤング係数の相違が解析結果に及ぼす影響

試験体 C150-G150-PC を対象に表 2 に示した 7 ケースについて解析を行った結果を図 1 及び表 4 に示す。降伏応力が同じ値となる case 1 から case 5 については、ヤング係数が変化しても荷重-変形関係においてその差はほとんど生じないことが分かる。表 4 から、各ラミナのヤング係数として実験により得られたヤング係数の値をそれぞれ設定した case 4 を基準として、最も差が大きい文献値を用いた場合においてもその差は 1 割強であり、実用上は実験により部材の代表的な材料定数が得られれば、その値を採用すればよいものと考えられる。

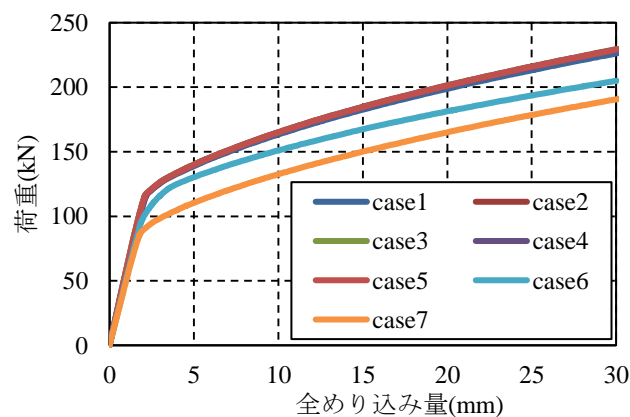


図 1 集成材のヤング係数の影響 (C150-G150-PC)

表4 集成材のヤング係数の影響 (C150-G150-PC)

	1層目	他層	初期剛性(kN/mm ²)
case1	実験_全層	実験_全層	57.83 (0.997)
case2	実験_1層	実験_1層	59.94 (1.033)
case3	実験_2層	実験_2層	59.63 (1.028)
case4	実験_1層	実験_各層	58.02 (1.000)
case5	実験_1層	実験_全層	59.67 (1.029)
case6	実験_1層	文献値	53.11 (0.915)
case7	文献値	文献値	51.36 (0.885)

※()内の数値は case4 を基準とした場合の比率を表す

3.2. 降伏応力の相違が解析結果に及ぼす影響

降伏応力の値として、表3に示すように文献2)に掲載されているスギの繊維直交方向の全面横圧縮強度である2.1(N/mm²)と、実験で得られためり込み強度が約3.37(N/mm²)であったことから全面横圧縮と部分圧縮での強度の比率を1.0:1.2と仮定して算出した2.8(N/mm²)の2つの値を採用した。

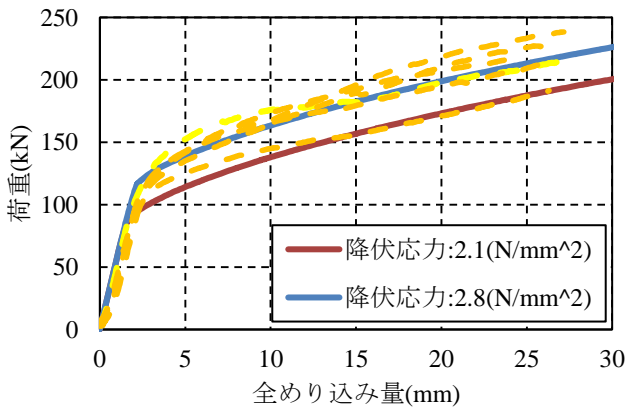


図2 集成材の降伏応力の影響 (C150-G150-PC)

図2に試験体 C150-G150-PC について2つの降伏応力の値を採用した場合の解析と実験での結果の比較を示す。図中の破線が実験結果である。実験結果から算出した2.8(N/mm²)を採用した方が実験結果に近くなっている。

3.3. 試験体寸法が異なる場合の解析結果

前項までに示した試験体 C150-G150-PC の数値解析結果を踏まえ、ヤング係数の値としては表1の case1、降伏応力の値は実験値から算出した2.8(N/mm²)、接線係数はヤング係数の1/150と設定して、試験体寸法が異なる C210-G210-PC について解析を行った結果を図3に示す。試験体 C150-G150-PC の場合と比較すると、解析結果は実験結果と比較して剛性・耐力ともに高めとなっている。

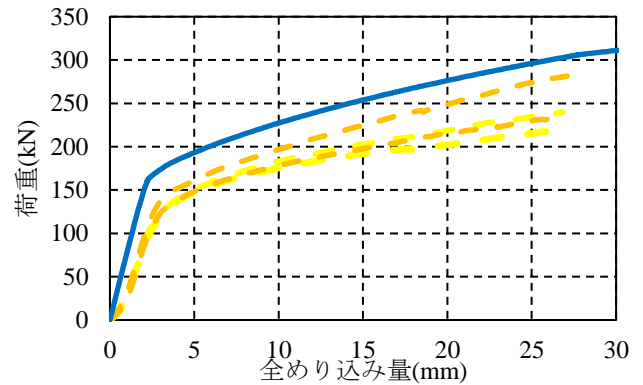


図3 解析結果と実験結果の比較 (C210-G210-PC)

今回の数値解析では平面応力状態を想定した2次元解析により計算を行っているため、奥行き方向の寸法の増加に伴って寸法に比例して剛性・耐力ともに増大する。一方、実験では前報にも示したように試験体の寸法が変化しても剛性や耐力が大きく変化しないという結果が得られた。このような実験結果と解析結果の相違については、図4に示すような集成材を構成する各ラミナの木口面の年輪傾角が影響していると考えられる。

解析では、幅方向の中央1/3で加圧方向がR方向、両側1/3では追衿(RT)方向と設定した場合、幅方向全体で加圧方向がR方向とした場合に比べると初期剛性は約6割、降伏耐力は約4割と大きく低下する結果が得られた。



(C150-G150-PC)



(C210-G210-PC)

図4 集成材を構成するラミナの木口面の年輪傾角の例

4. まとめ

本報その2では、CLT-集成材接合面のめり込み試験の数値解析による評価を試みた結果について報告した。

参考文献

- 1) 光井周平、近藤一夫、田中圭、小森谷誠、早崎洋一、鈴木圭、原田浩司、荒木康弘、腰原幹雄：CLTを用いた高耐力の耐力壁の水平せん断試験 その6 めり込み試験の弾塑性有限要素解析、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.601-602、2017.9 (CD-ROM)
- 2) CLT設計施工マニュアル編集委員会編：2016年版CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル、pp.177-211、日本住宅・木材技術センター、2016年
- 3) 日本建築学会編：木質構造設計標準・同解説-許容応力度・許容耐力設計法-、pp.402-405、2009年
- 4) 光井周平、金澤寛、南陽二、河内武、近藤一夫：木材めり込み挙動のアイソパラメトリック有限要素解析(その3)弾塑性領域における定式化、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1、pp.337-338、2010年9月

*1 広島工業大学 講師・博士(工学)
 *2 呉工業高等専門学校 専攻科生
 *3 大分大学 准教授・博士(工学)
 *4 京都大学 大学院生
 *5 広島大学 准教授・博士(工学)
 *6 京大大学生存圏研究所 准教授・博士(農学)
 *7 京大大学生産技術研究所 教授・博士(工学)

*1 Lecturer, Hiroshima Institute of Technology, Dr.Eng.
 *2 Advanced Course Student, National Institute of Tech., Kure College
 *3 Associate Prof., Oita University, Dr.Eng.
 *4 Graduate Student, Kyoto University
 *5 Associate professor, Hiroshima University, Dr.Eng.
 *6 Associate professor, RISH, Kyoto University, Dr.Agr.
 *7 Prof., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Dr.Eng.