

CLTを用いた高耐力の耐力壁の水平せん断試験
その6 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 数値解析

正会員 ○光井 周平*1 正会員 近藤 一夫*2
同 田中 圭*3 同 小森谷 誠*4
同 早崎 洋一*5 同 鈴木 圭*6
同 原田 浩司*7 同 荒木 康弘*8
同 腰原 幹雄*9

1. はじめに

本研究で提案する工法において、壁柱として使用するCLTと横架材に用いる集成材との間に生じるむり込み変形特性の評価が、架構全体の剛性・耐力評価を行う上で非常に重要となることが既報により明らかとなっている¹⁾。本報その6では、前報で示したCLT-集成材間のむり込み試験について、数値解析による評価を試みた結果について報告する。

2. 数値解析手法の概要

本報で取り扱う木材-木材間のむり込み現象においては、互いの木材の材料特性、繊維走向、摩擦特性など様々な要因がむり込み変形特性に影響を及ぼすことが知られており、こうした特性を数値解析により評価することは、木材の材料特性をどのような材料構成則で表現するか、部材間の接触・離間現象をどのように取り扱うかなど、課題が多いのが現状である。

以降の数値解析例では、文献2)で報告している部材間の接触、分離現象を考慮した詳細な解析を行っている。また、木材の材料構成則に関しては、著者らが文献3)で提示している強度比無次元化応力を用いた直交異方性降伏条件とひずみ硬化則を採用している。

3. むり込み試験の弾塑性有限要素解析

3.1. 等変位むり込み試験

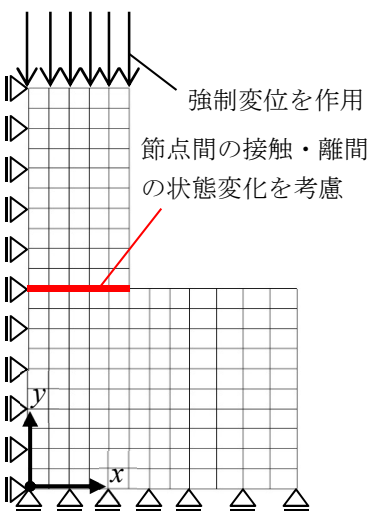


図1 解析モデル

試験体を図1のようにモデル化し解析を行った。解析は、対称性を利用して試験体の1/2について行い、図中の矢印の位置に強制変位を与えた。また、図中の赤線部では前述の接触・離間の状態変化を考慮している。なお、図中の支点や強制変位点の表記は簡略化の

ため一部の節点で省略している。要素形は9節点四角形要素を適用している。また、エネルギー積分には、(3×3)の積分点を有する Gauss-Legendre の求積法を用いている。用いた要素数は170、全自由度数は1423である。

表1 採用した主な材料定数(等変位むり込み試験)

【圧縮材】スギ CLT : Mx60A-5-5	
外層用ラミナ : $E_b = 6000(\text{N/mm}^2)$, $F_b = 27.0(\text{N/mm}^2)$	
内層用ラミナ : $E_b = 3000(\text{N/mm}^2)$, $F_b = 19.5(\text{N/mm}^2)$	
弾性係数	強度値
$E_x = 1376.6(\text{N/mm}^2)$	$F_x = 19.5(\text{N/mm}^2)$
$E_y = 3070.8(\text{N/mm}^2)$	$F_y = 19.5(\text{N/mm}^2)$
$\nu_{xy} = 0.40$	$F_{xy} = 5.1(\text{N/mm}^2)$
$G_{xy} = 183.9(\text{N/mm}^2)$	$E_t = E/50(\text{N/mm}^2)$
【土台】スギ集成材 : E65-F225	
弾性係数	強度値
$E_x = 6500(\text{N/mm}^2)$	$F_x = 22.5(\text{N/mm}^2)$
$G_{xy} = 433.3(\text{N/mm}^2)$	$F_y = 2.1(\text{N/mm}^2)$
$\nu_{xy} = 0.40$	$F_{xy} = 2.7(\text{N/mm}^2)$

採用した材料定数を表1に示す。規準書等に記載されている材料定数についてはその値を採用し、その他の定数については文献4)の比率を用いて決定した。

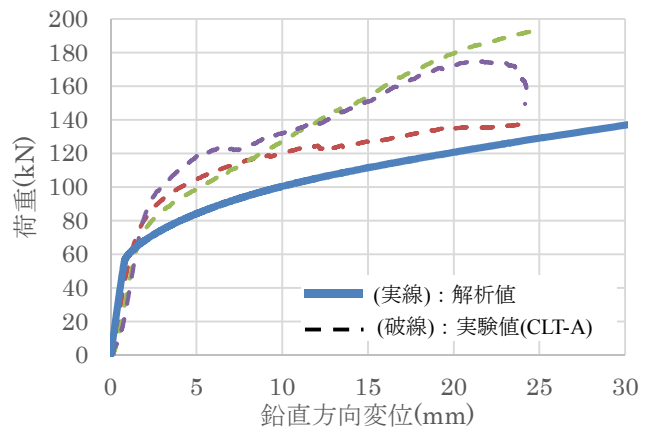


図2 荷重-絶対変位関係

図2に荷重-絶対変位関係を示す。図中の実線が解析値、破線が実験値を表す。解析値の降伏荷重が低くなっているが、剛性については概ね一致していると言える。

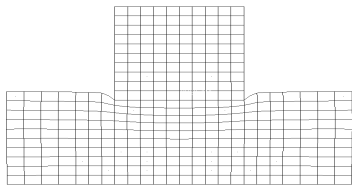


図3 変形図

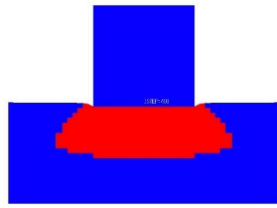


図4 塑性域の進展図

絶対変位 15mm のときの変形図を図3に、絶対変位が約 6.5mm のときの塑性域の進展状況を図4に、それぞれ示す。変形の様子は実験結果とよく一致しており、定性的には実現象を表現できていると言える。また、塑性域の進展図からは圧縮材の下部で塑性域が広がる様子が分かる。今後、数値解析によって試験体内部の応力状態等が詳細に明らかにできれば、めり込み現象のモデル化に大いに役立つものと思われる。なお、解析は、圧縮材の材料特性としてスギ集成材、CLT、鋼材の値を入力した3ケースについて実施したが、いずれの結果もほぼ等しくなったことから、圧縮材の材料特性は、等変位めり込み特性に大きく影響しないものと考えられる。

3.2. 三角形変位めり込み試験

試験体を図5のようにモデル化し解析を行った。解析は、図中の矢印の位置に前報で示した加力装置によって圧縮材上面に与えられる変位量を強制変位として与えた。また、図中の赤線部では前述の接触・離間の状態変化を考慮している。なお、図中の支点や強制変位点の表記は簡略化のため一部の節点で省略している。要素形およびエネルギー積分については前項と同様である。用いた要素数は770、全自由度数は6335である。また、採用した材料定数は表1と同様である。

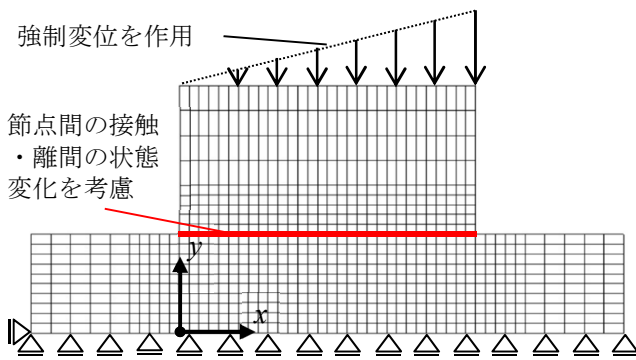


図5 解析モデル

解析は、圧縮材の材料特性としてスギ集成材および CLT の値を入力した2ケースについて実施したが、いずれの結果もほぼ同様となった。三角形変位めり込み試験の場合も圧縮材の材料特性はめり込み特性に大きく影響しないと言える。

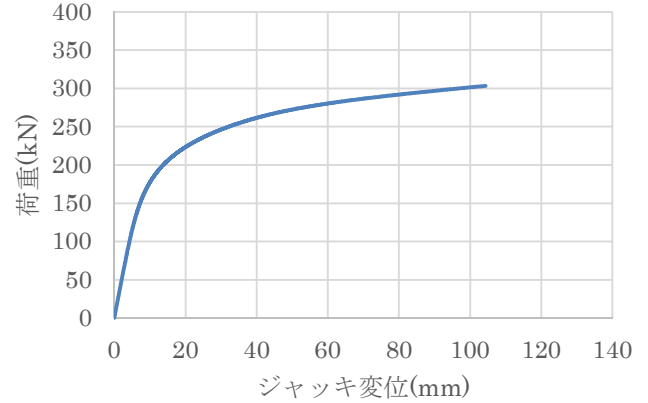


図6 荷重-ジャッキ変位関係

図6に荷重-ジャッキ変位関係を示す。実験結果と比較すると、解析では初期剛性が高めになっているが、圧縮材と土台との境界面に働く摩擦力を正當に評価することによってより実験結果に近い解析値を得ることができるものと考えられる。

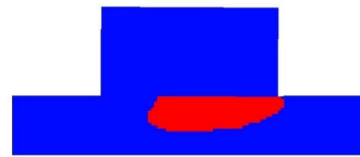


図7 塑性域の進展

絶対変位が5mm のときの塑性域の進展状況を図7に示す。圧縮材の下部の一端から徐々に塑性域が広がる様子が分かる。

4. まとめ

本報その6では、CLT-集成材間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) 小森谷誠, 早崎洋一, 鈴木圭, 原田浩司, 田中圭, 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2 CLT 耐力壁の面内せん断試験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp.189-190, 2016.8
- 2) 光井周平, 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1) 解析方法の概要と等変位めり込み試験解析, 構造工学論文集, Vol.56B, pp.359-369, 2010.3
- 3) 光井周平, 近藤一夫, 堀文, 上辻真由香, 河内武: 強度比無次元化応力を用いた直交異方性降伏条件とひずみ硬化則 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2), 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第700号, pp.741-749, 2014.6
- 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, 2010.9

*1 呉工業高等専門学校建築学分野 准教授・博士(工学)
 *2 広島大学 元教員・工博
 *3 大分大学 准教授・博士(工学)
 *4 建材試験センター 修士(工学)
 *5 建材試験センター 修士(環境共生学)
 *6 木構造振興 主任研究員・博士(農学)
 *7 木構造振興 客員研究員・博士(工学)
 *8 建築研究所構造研究グループ 博士(工学)
 *9 東京大学生産技術研究所 教授・博士(工学)

*1 Associate Prof., National Institute of Tech., Kure College, Dr. Eng.
 *2 Former Associate Prof., Hiroshima Univ., Dr. Eng.
 *3 Associate Prof., Oita University, Dr. Eng.
 *4 Japan Testing Center for Construction Materials, M. Eng.
 *5 Japan Testing Center for Construction Materials, M. Env.
 *6 Senior Research Engineer, Wood Structure Prom. Inc., Dr. Agr.
 *7 Assistant Research Engineer, Wood Structure Prom. Inc., Dr. Eng.
 *8 Building Research Institute, Dr. Eng.
 *9 Prof., Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Dr. Eng.