

中高層木質構造および混構造における木材のめり込み補強手法の開発とその評価法構築

千葉大学 ○戸塚真里奈*

中大規模木質構造 接合部 木質構造用ねじ
めり込み 高強度 繊維直交方向圧縮

研究の目的

SDGs の観点から中大規模建物の木質構造化や混構造化が進む昨今では接合部の高強度化が求められている。木質構造は接合部が弱点になりやすく、特にめり込み（繊維直交方向圧縮）が生じやすいことが接合部の高強度化の課題になっている。

本研究では木質構造用ねじ（ねじ、図 1）を用いて木材のめり込み強度・剛性を向上させる補強方法を開発し、その評価法を構築することを目的とする。木質構造用ねじに着目した理由は①木質構造用ねじの JIS が 2023 年に制定され将来性が高いため、②施工しやすく、特別な技術が不要なためである。本研究により、木材のめり込み補強方法を確立することが出来れば、中高層木質構造がより簡易に建設できるようになる。また、本補強は木と他材料の混構造の接合部にも応用できる。

研究概要

研究は主に 5 種の構造実験により行った。図 2 に実験の概要図を示す。(1)～(4)は建物の接合部を想定した梁の圧縮実験、(4)は評価法構築のためのねじ単体の引抜・押抜実験である。

- (1) 1 階土台の中柱を想定した集成材梁の圧縮実験
- (2) 2 階以上の中柱を想定した集成材梁の圧縮実験
- (3) 1 階土台の隅柱を想定した集成材梁の圧縮実験
- (4) 2 階以上の隅柱を想定した集成材梁の圧縮実験
- (5) 木質構造用ねじの引抜・押抜実験

実験変数を、接合部位置、樹種（スギ、カラマツ）、試験体長さ（600～1500mm）、ねじ径（φ8, φ9）、ねじ長さ（140～260mm）、ねじ本数（2～18 本）、ねじ種（半ねじ、全ねじ）とし、62 シリーズ 232 体（サンプル数 1～3 体）の実験が行われた。加力面積は 120×120mm、集成材断面は 120×300mm である。図 3 に実験の様子を示す。

図 4 に破壊の様子を示す。破壊モードは「ねじの押抜」「ねじの座屈」「ねじ先端木材の圧縮」の 3 つであった。ねじの押抜は加力板付近のめり込みとねじが押し込まれることによるねじ周りの破壊が起きた状態である。ねじの押抜は加力板付近のめり込みとねじの座屈破壊が起きた状態である。木材の圧縮降伏はねじ先端部などで木材が繊維直交方向に圧縮降伏する。なお、加力板周りにはめり込まない。

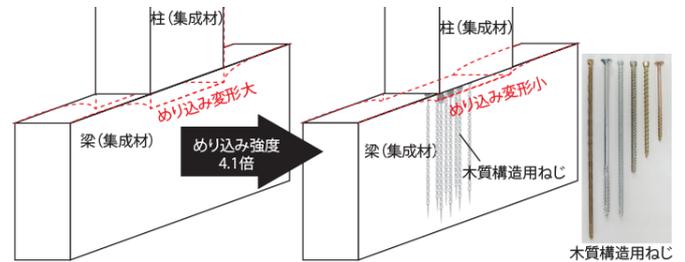


図 1 木質構造用ねじによるめり込み補強

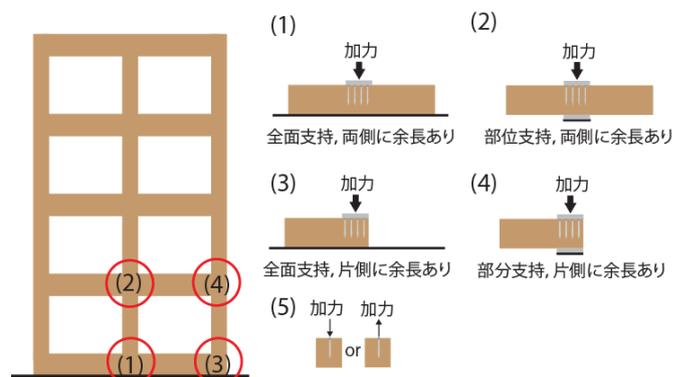


図 2 実験の概要図



図 3 実験の様子



(a)ねじ押抜 (b) ねじ座屈 (c) ねじ先端木材の圧縮

図 4 破壊の様子

研究の成果、新知見

1. 木質構造用ねじによる補強効果

集成材梁に木質構造用ねじによる補強を行うことで、最大耐力は補強をしていない場合の 4.5 倍、初期剛性は 2.1 倍まで向上できた。図 5 に効果的なねじによる補強方

法を示す。補強効果は中柱ではねじ本数が多く、ねじが長いほど高く（図 6）、隅柱では長さに関係なく余長がある方にねじが多く配置されているほど高い中柱・隅柱ともに半ねじよりも全ねじの方が補強効果は高い。

2. 破壊モード

「ねじの押抜」はねじ径が太、ねじ長さが短、木材の密度が低い樹種で発生しやすい。「ねじの座屈」はねじ径が細、ねじ長さが長、木材の密度が高い樹種で発生しやすい。「ねじ先端木材の圧縮」はねじ本数が多い場合と隅柱で発生しやすい。

3. 各破壊モードの発現機構と提案式

木質構造用ねじにより補強された木梁の圧縮耐力 $F_{c,90,Rd}$ は「ねじの押抜」「ねじの座屈」「ねじ先端木材の圧縮」の最小値になり、次式で表される。

$$F_{90,Rd} = \min \left\{ F_{c,90,Rd} + n_s \min \{ F_{w,k}, F_{c,k} \}, b l_{ef} f_{c,90,d} \right\}$$

提案式による計算値と実験値の比較を図7に示す。計算値は実験値をうまく評価できていると思われる。

(1) ねじの押抜

ねじの押抜破壊は加力板付近の木材のめり込みとねじ部の押抜であり次式で表される。

$$F_{c,w} = F_{c,90,Rd} + n_s F_{w,k}$$

$F_{c,w}$: ねじの押抜耐力, $F_{c,90,Rd}$: めり込み耐力, n_s : ねじ本数, $F_{w,k}$: ねじ 1 本の引抜耐力

ねじ部の押抜耐力に対しねじの引抜耐力を用いる理由は、ねじ 1 本の引抜耐力と押込耐力ではねじ頭の抵抗により押込耐力が引抜耐力より大きくなること、ねじ頭の抵抗は加力板付近がめり込むことから加算できない可能性が高いことからである。

(2) ねじの座屈

ねじの座屈破壊は加力板付近の木材のめり込みと木材に補剛されたねじの座屈であり次式で表される。

$$F_{c,b} = F_{c,90,Rd} + n_s F_{c,k}$$

$F_{c,b}$: ねじの座屈耐力, $F_{c,k}$: 木材中に埋め込まれたねじ 1 本の座屈耐力

木材中に埋め込まれたねじの座屈は図 8 のようにビス頭が回転拘束された状態で減衰サインカーブになると考えられる。

(3) ねじ先端木材の圧縮

ねじ先端木材の圧縮破壊はねじ先端部の応力分布により決定される有効長さを用いて次式で表される。

$$F_{c,c} = b l_{ef} f_{c,90,d}$$

$F_{c,c}$: ねじ先端木材の圧縮耐力, b : 梁幅, l_{ef} : 有効長さ, $f_{c,90,d}$: 繊維直交方向圧縮耐力

ねじ先端部の応力分布により決定される有効長さは中柱の梁と隅柱の梁で機構が異なる。中柱の梁では応力が加力板から一定の角度で広がっているのに対し、隅柱の

梁ではねじの重心位置と本数により応力の広がり角度が変わる（図 9）。よって、中柱では補強されたねじから 30 度に応力が広がると仮定した有効長さ、隅柱ではねじの重心位置と本数に比例する値と考えると良いと思われる。
今後の予定

木質構造用ねじによるめり込み補強が有用な手段であることが分かった。また、補強された梁のめり込み耐力評価法の大枠を提案した。一方で、ねじ 1 本の引抜耐力や木材に埋め込まれたねじの座屈耐力は実験値を用いているため、今後はねじ 1 本あたりの引抜耐力や座屈耐力の評価法を構築する。また、ねじ間隔が狭すぎるとねじが 1 本分として機能しないことが分かったため、今後はねじ間隔をいくつ以上にすべきかを提示していきたい。

謝辞

本研究は一般財団法人大成学術財団の助成金による補助を受けて実施した。

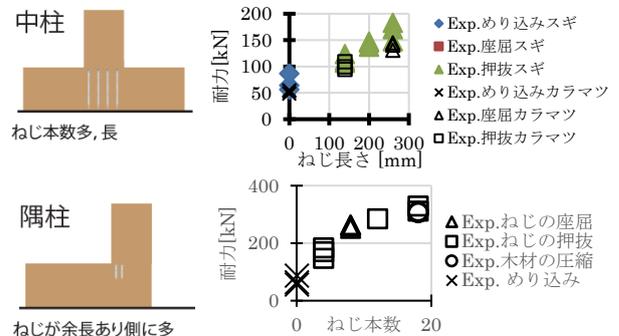


図5 補強効果の高いねじの使用法

図6 最大耐力とねじ長・本数

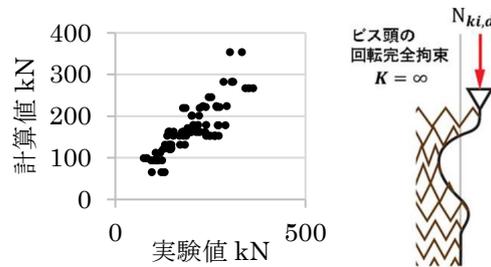
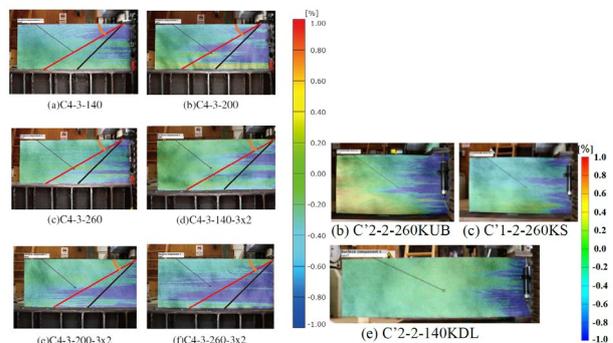


図7 最大耐力の実験値と計算値の比較 図8 座屈機構



(a) 中柱の梁 (赤線: 30度) (b) 隅柱の梁
図9 実験時の表面ひずみ分布 (降伏荷重時)