

米松 欠損 割裂
 補強 曲げ試験 低減係数

1. はじめに

本研究既報のその5¹⁾では、カーテンボックス等の設備を内蔵するため、材長方向端部を切欠いた集成材梁の構造性能を実大の曲げ実験により評価した。その中で、剛性は切欠きの無い梁と同等であることが示された。また、引張側を切欠いた場合、切欠き隅角部を起点とする割裂により、切欠いた残り断面の性能より低い耐力となることが確認された。耐力低下を抑制するには、割裂の拘束が有効であることが示唆され、補強技術の確立が求められる。

本稿では、切欠集成材梁の破壊挙動を踏まえて考案した補強仕様の補強効果に関する実験結果を報告する。

2. 実験概要

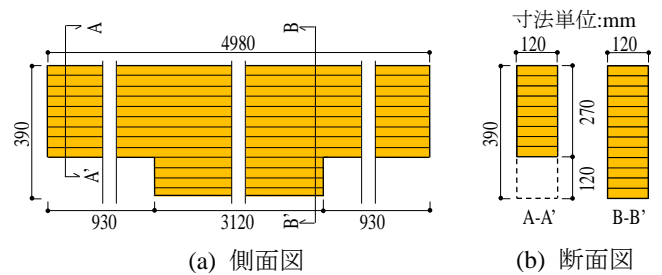
試験体には、本報その5と同仕様となるベイマツの同一等級構成集成材 E150-F465 を用いた。図1(a)に示す全長4980mmの梁の端部より930mmの位置まで引張側に切欠きを設けた形状とした。梁せいは390mm、梁幅120mmとし、切欠きの深さは一律120mmとした。(切欠き深さに対する梁せいの比は1/3以下。)試験体一覧を表1に示す。補強仕様を実験パラメータとした。M39T12eR1は、厚さ24mmの構造用合板(500×390)をイソシアネート系接着材で隅角部両面に接着し、1Mpaの圧力で2日間養生して固着させた。養生時のずれ防止のため合板四隅に釘CN50を留めつけた。M39T12eR2は、図2に示す厚さ2.3mmのネイルプレート(外形500×230)を隅角部から50mmはみ出る位置にビス(5×40)併用で両面に固定する仕様とした。M39T12eR3は隅角部にφ100でアールの加工を設けた仕様である。試験体n数はM39T12eR1、R2は1体、R3は3体とした。

図3に試験概要図を示す。梁スパン4000mmの単純梁で中央より左右500mmを載荷点とする2点単調載荷試験とした。梁のたわみ変形は、梁中央の両側面の変位測定値(変位計D1とD2)の平均を、支持点のめり込みやガタを測定した値(変位計D3とD4)で補正して求めた。

3. 実験結果

図4に荷重変形関係を示す。縦軸Pは荷重、横軸Dは梁のたわみ変形である。本実験の全仕様に加え、その5と同様にM39T12eは最大と最小の1体の履歴を表示した。

M39T12eR1~3は、いずれも加力初期はM39T12eと同

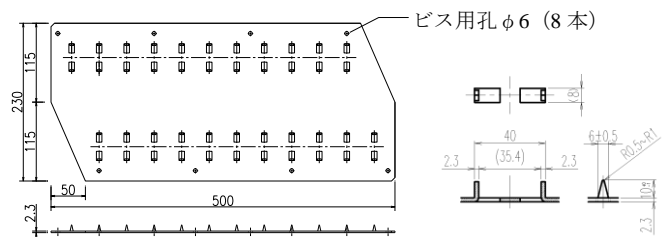


(a) 側面図 (b) 断面図
 図1 試験体形状

表1 試験体一覧

| 試験体名 | 補強仕様 | 補強材配置図 | n |
|-----------------------|-------------------------|--------|---|
| M39T12e ^{*1} | 無し | | 6 |
| M39T12eR1 | 厚さ24mm 構造用合板 両面接着 | | 1 |
| M39T12eR2 | ネイルプレート 両面固定 | | 1 |
| M39T12eR3 | φ100 アール加工 | | 3 |

M:曲げ、T:引張側、e:端部、R:補強、n:試験体数
^{*1} その5で実験済



全体図(表裏でネイルの向きが逆となる) ネイル詳細図
 図2 ネイルプレートの形状

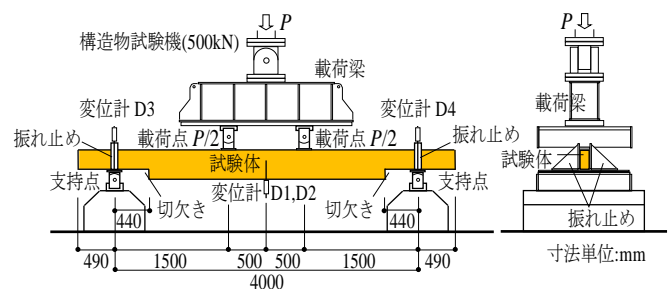


図3 試験概要図

様に推移した。M39T12eR1 は、初期割れとほぼ同時に荷重が低下した後、再度荷重が上昇し、図 5(a)のように合板のせん断変形を伴いながら、非切欠き部である材長中央付近の梁下端で曲げ破壊に至った。M39T12eR2 も、初期割れとほぼ同時に荷重が低下した後、再度荷重が上昇したが、図 5(b)のように割裂が梁中央まで進展することで破壊に至った。M39T12eR3 は、図 5(c)のように初期割れとほぼ同時に梁中央まで割裂が進展し、荷重低下が見られた。

表 2 は、試験結果として最大荷重 P_{max} 、降伏荷重 P_y 、初期剛性 K の一覧を示す。M39T12eR3 については各試験体の値を記入した。また、切欠きに起因する割れによる剛性低下前の最大荷重 P_{max1} と剛性低下後の最大荷重 P_{max2} を示した。[]内は変動係数である。 P_y は P_{max1} の $2/3$ 、 K は P_{max1} までの荷重変形関係から試験・評価業務方法書²⁾を参考に算出した。M39T12eR1、R2 の P_{max1} は M39T12e よりも大きくなり、割裂を抑える効果が見られた。M39T12eR3 の P_{max1} はばらつきが大きい、平均値は M39T12e よりも大きくなった。アール加工が割裂位置を梁下端方向に引き下げる効果による耐力上昇と考える。M39T12eR1~3 の K は、いずれも M39T12e の平均値より低い値となったが、因果関係が不明である。

4. 切欠き梁の曲げ耐力評価

表 3 は、M39T12eR1~3 の短期設計荷重 P_{b27} 、 P_{b39} に対する降伏荷重 P_y の比を示す。短期設計荷重 P_{b27} は 270mm せい、 P_{b39} は 390mm せいにおけるスパン中央の短期曲げ荷重を示す。 P_b 算出には集成材材の日本農林規格の寸法調整係数を採用した。M39T12eR1、R2 について、 P_{b39} との比は 1 を下回ったが、 P_{b27} との比は 1 を大きく上回り、木質構造設計規準（以下木構規準）の曲げ材の規定における正味断面係数の低減は不要と言える。M39T12eR3 は、 P_{b27} との比の平均値が 0.93 で、M39T12e 同様、木構規準の低減係数 0.45（切欠き深さ/梁せい $\leq 1/3$ に適用）の水準を 1.5 倍以上上回る結果となった。

5. おわりに

材長方向の端部の切欠きを補強した集成材梁の曲げ実験から以下のことがわかった。

- 1) M39T12eR1、M39T12eR2 の補強仕様は割裂を抑える効果を有する。
- 2) M39T12eR3 の補強仕様は割裂位置を梁下端方向へ引き下げることで、アール加工無しより大きい耐力が得られる。
- 3) M39T12eR1、M39T12eR2 の曲げ耐力は、低減しない正味の断面係数で安全側に性能評価できる。
- 4) M39T12eR3 の P_y は、 P_{b27} に対し 0.93 と断面係数の低

減値 0.45 を 1.5 倍以上上回る。

今後、本実験結果をふまえ補強仕様の最適化を図っていく。

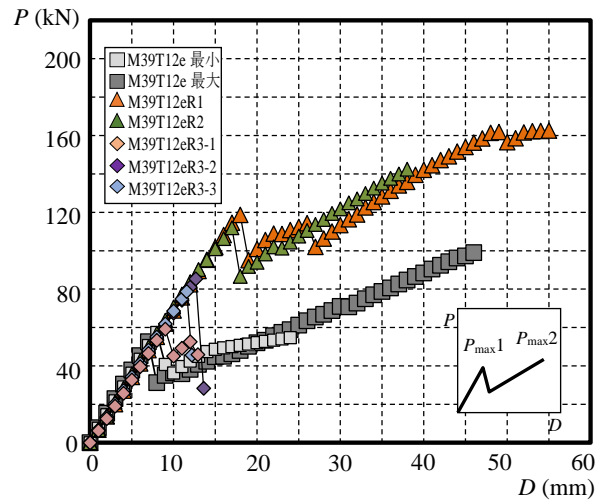


図 4 荷重変形関係



(a) M39T12eR1 (b) M39T12e R2 (c) M39T12e R3

図 5 補強試験体の破壊状況

表 2 実験結果一覧

| 試験体名 | 剛性低下前 P_{max1} (kN) | | 剛性低下後 P_{max2} (kN) | | 降伏荷重 $P_y=2/3 P_{max1}$ (kN) | | 初期剛性 K (kN/cm) | |
|-----------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | 個別値 | 平均値 | 個別値 | 平均値 | 個別値 | 平均値 | 個別値 | 平均値 |
| M39T12e | - | 61.08 [0.07] | - | 74.72 [0.20] | - | 40.72 [0.07] | - | 73.78 [0.03] |
| M39T12eR1 | 119.0 | - | 162.71 | - | 79.35 | - | 68.78 | - |
| M39T12eR2 | 112.2 | - | 142.9 | - | 74.82 | - | 70.97 | - |
| M39T12eR3 | 78.76 | 74.91 [0.14] | - | - | 52.50 | 49.94 [0.14] | 68.16 | 66.37 [0.03] |
| | 85.36 | | - | - | 56.90 | | 66.96 | |
| | 60.61 | | - | - | 40.40 | | 63.96 | |

[]内は変動係数

表 3 短期設計荷重と降伏荷重の比

| 試験体名 | P_{b27} (kN) | P_y / P_{b27} | P_{b39} (kN) | P_y / P_{b39} |
|-----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| M39T12e | 53.63 | - | 106.9 | - |
| M39T12eR1 | | 1.48 | | 0.74 |
| M39T12eR2 | | 1.40 | | 0.70 |
| M39T12eR3 | 0.98 | 0.93 | 0.49 | 0.47 |
| | 1.06 | | 0.53 | |
| | 0.75 | | 0.38 | |

$P_{b27}=2/3 \times F_b \times 0.89 \times Z_{27} \times 2/1500$ 、 $P_{b39}=2/3 \times F_b \times 0.85 \times Z_{39} \times 2/1500$
 $F_b=46.5\text{N/mm}^2$ 、 $Z_{27}=1458000\text{mm}^3$ 、 $Z_{39}=3042000\text{mm}^3$

<参考文献>

- 1) 荒木啓介：切欠きを有する集成材梁の補強技術の開発 その 5 材長方向の端部を切欠いた曲げ梁の補強性能、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.3-4, 2023.9
- 2) (財)建材試験センター：木造耐力及びその倍率の試験・評価業務方法書、pp.11-12, 2001.5

*1 積水ハウス(株)・修士 (工学)

*2 積水ハウス(株)・博士 (工学)

Sekisui House, Ltd., Mr. Eng.

Sekisui House, Ltd., Dr. Eng.