

米松 欠損 割裂
 梁断面 曲げ試験 低減係数

1. はじめに

近年、住宅プランの多様化に伴い、木造住宅でも比較的せいの大きい梁の使用が増加している。天井高の確保と軒裏と天井の視覚的連続性を両立させる意匠実現に、図1のようなカーテンボックス等の設備を納められる大きな切欠きを有する梁の設計は合理的である。

本研究の既報¹⁾では、梁の中間部に切欠きを設けた集成材梁の、曲げ材としての構造性能の検討を行った。

本稿では実際の使い方を想定し、梁材長方向の端部に大きな切欠きを設けた集成材の構造性能を、実大の曲げ実験により評価する。

2. 実験概要

材長方向の端部に大きな切欠きを有する、集成材梁の曲げ試験を行った。試験体一覧を表1に示す。実験パラメータは、梁せい H 、切欠きの有無、切欠きの位置とし、試験体 n 数は材長方向両端の引張側を切り欠いた、M39T12e が6体、その他の仕様は3体とした。M39は既報¹⁾で実施した切欠き無しの仕様である。試験体には、ベイマツの同一等級構成集成材 E150-F465 を用い、図2に示す全長4980mm、幅120mmの梁の端部より930mmの位置まで切欠きを設けた形状とした。切欠きの深さ h は一律120mmで、切欠き深さに対する梁せいの比は1/3以下となる。図2(a)は側面図、図2(b)は切欠き部と全断面の断面図を示す。

図3に試験概要図を示す。既報¹⁾と同様に梁スパン4000mmの単純梁で中央より左右500mmを載荷点とする2点載荷試験とした。切欠き木口面は支持点から440mmに位置する。載荷は、梁が破壊するまで単調加力とした。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。また、切欠き部の梁側面には、初期割れの発生時期を検証するための歪ゲージを設置した。

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。M39T12e は最大と最小の1体、それ以外の仕様は平均と思われる1体の履歴を表示している。M39C12e はM39と同様の履歴を示した。一方でM39T12e は、はじめはM39と同様に推移したが、初期割

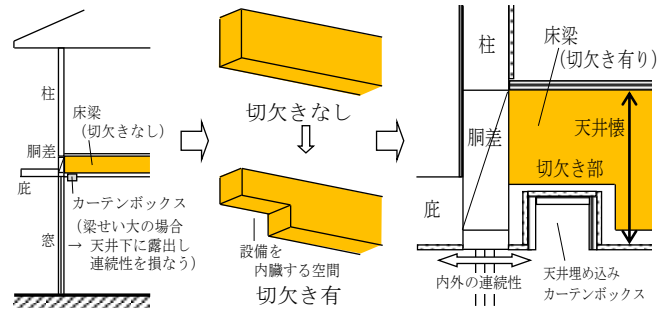


図1 切欠きを要する集成材梁の概要図

表1 試験体一覧

試験体名	梁せい H (mm)	切欠き有無	切欠き位置	切欠き深 h (mm)	残りせい $H-h$ (mm)	n
M39*1	390	なし	—	0	390	3
M39T12e		有	(両端) 引張側	120	270	6
M39C12e			(両端) 圧縮側			3
M27	270	なし	—	0		3

M:曲げ、T:引張側、C:圧縮側、e:端部、n:試験体数

*1 既報¹⁾で実験済の仕様

切欠き試験体の含水率は11.5%

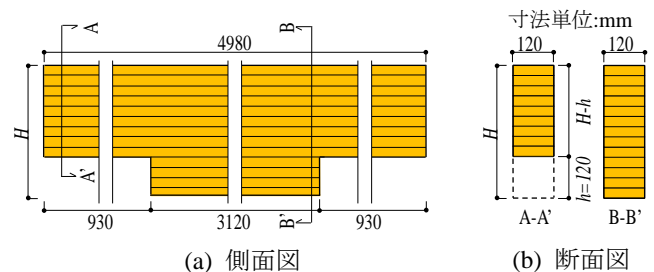


図2 試験体形状

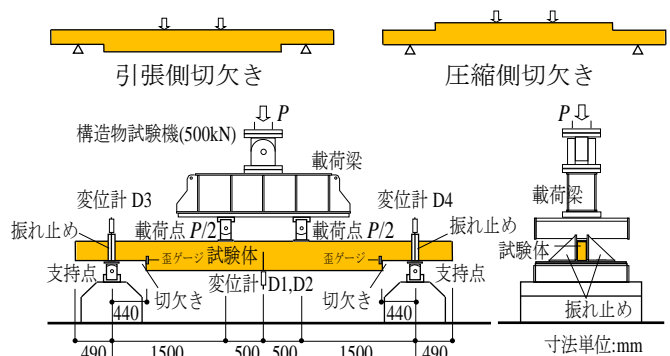


図3 試験概要図

れに至るとほぼ同時に荷重が低下した。その後は M27 より小さい剛性で再度荷重が上昇する履歴となった。

図 5(a)は、M39T12e の初期割れの状況を示す。割裂は発生とほぼ同時に、スパン中央まで進展した。本試験は、曲げモーメントの増加する領域に割裂が進展する形式であったため、連鎖的に割裂が起こったと考えられる。また図 5(b)に、試験終了時の割裂状況を示す。スパン中央の割裂線は、切欠きラインより 15mm~30mm 高い位置に発生し、残りせいの減少となった。

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 、初期割れ荷重 P_c (M39T12e のみで発生) の一覧を示す。表中の値は平均値だが、M39T12e については全試験体表記した。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_{max2} のばらつきが大きいのは、図 5(b)に示す割裂後残りせいが試験体ごとに異なるためと思われる。また、 P_{max2} が P_{max1} よりも小さい試験体が見られた。 P_y と K は試験・評価業務方法書²⁾を参考に算出し、 P_c は割裂が起因と考えられる歪ゲージの破損もしくは、剥離の発生した時点の荷重とした。M39T12e の P_y は、ばらつきの小さい P_{max1} の 2/3 とし、 K は P_{max1} までの荷重変形関係から文献²⁾の方法で求めた。M39T12e の K は、M39 や M39C12e と同等であることから、割裂の影響を抑える補強技術を開発すれば、耐力も同等まで引き上げられる可能性がある。

4. 切欠き梁の曲げ及びせん断耐力評価

表 3 は、M39C12e と M39T12e の短期設計荷重に対する降伏荷重 P_y の比を示す。短期設計荷重 P_{b27} は 270mm せいにおけるスパン中央の短期曲げ荷重、 P_{b39} は 390mm せいにおけるスパン中央の短期曲げ荷重、 P_{s27} は 270mm せいにおける材長端部の短期せん断荷重を示す。 P_b 算出には集成材の日本農林規格の寸法調整係数を採用した。M39C12e は P_{b39} との比の平均値が 1.05、 P_{s27} との比の平均値が 1.08 と、短期設計荷重との相関性が見られる。M39T12e は全ての試験体でどの短期荷重に対しても 1.0 未満の比となったが、 P_{b27} との比の平均値が 0.76 で、木質構造設計規準における曲げ材の低減係数 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

材長方向の端部に大きな切欠きを有する集成材梁の曲げ実験から以下のことがわかった。

- 1) M39C12e、M39T12e の剛性 K は M39 と同等である。
- 2) M39C12e の曲げ耐力は切欠き無しの全断面係数で、せん断耐力は正味の断面積で評価できる。

3) M39T12e の P_y は、 P_{b27} に対し 0.76 と断面係数の低減値 0.45 を 1.5 倍以上上回る。

材端の引張側に切欠きを有する集成材梁の曲げ材は、割裂の影響が顕著であるが、割裂を抑える補強技術の開発で、切欠きの無い梁に近い性能になると予測される。

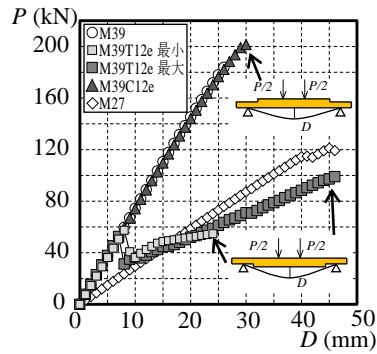


図 4 荷重変形関係



(a) 初期割れ時



(b) 試験終了時

図 5 M39T12e の割裂

表 2 試験結果一覧

試験体名	最大荷重 P_{max} (kN)	降伏荷重 P_y (kN)	初期剛性 K (kN/cm)
M39	180.8 [0.03]	100.5 [0.08]	74.24 [0.01]
M39C12e	206.2 [0.11]	112.2 [0.11]	72.05 [0.02]
M27	123.7 [0.08]	74.04 [0.07]	28.54 [0.03]

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)	初期割れ荷重 P_c (kN)
M39T12e	59.92	55.35	39.95	72.74	59.92
	65.56	57.68	43.71	75.65	57.12
	61.93	73.01	41.29	70.33	58.53
	67.11 [0.07]	85.29 [0.20]	44.74 [0.07]	76.52 [0.03]	59.64 [0.03]
	53.31	99.42	35.54	76.39	53.31
	58.68	77.57	39.12	71.08	58.07

[]内の数値: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}	P_{s27} (kN)	P_y / P_{s27}
M39C12e	53.63	2.41	106.9	1.21	103.7	1.24
		2.01		1.01		1.04
		1.86		0.93		0.96
M39T12e	53.63	0.74	106.9	0.37	103.7	曲げが決定要因になると判断
		0.81		0.41		
		0.77		0.39		
		0.83		0.42		
		0.66		0.33		
		0.73		0.37		

$$P_{b27} = 2/3 \times F_b \times 0.89 \times Z_{27} \times 2/1500, P_{b39} = 2/3 \times F_b \times 0.85 \times Z_{39} \times 2/1500$$

$$P_{s27} = 2/3 \times F_s \times 1.5 \times A_{27} \times 2$$

$$F_b = 46.5 \text{ N/mm}^2, Z_{27} = 1458000 \text{ mm}^3, Z_{39} = 3042000 \text{ mm}^3$$

$$F_s = 3.6 \text{ N/mm}^2, A_{27} = 32400 \text{ mm}^2$$

<参考文献>

- 1) 土方和己: 切欠きを有する集成材梁の補強技術の開発 その 1 切欠き集成材梁の曲げ性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.55-56, 2020.9
- 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.