

貫通孔 梁幅 曲げ実験
曲げせん断実験 断面性能

1. はじめに

木造建築において、梁への貫通孔は合理的な部材設計として有用である。近年、孔を有する木材梁を扱った研究¹⁾²⁾は増えている。孔周辺の引張応力の卓越部分からの割裂により強度低下など、実験や解析による破壊メカニズムの解明がされてきた。有限要素法解析によると部材表面と部材中心部では孔周辺の応力状態が異なるため、梁幅が有孔梁の構造性能に少なからず影響を与えると考えるが、有孔梁の幅に着目した検討報告は見られない。

本稿では、図 1 に示す断面に対して比較的大きな孔を有する集成材梁を対象に、構造性能に対する梁幅の影響を実大実験により検討する。

2. 実験概要

梁幅をパラメータとした曲げ実験および曲げせん断実験を行い、有孔集成材梁の構造性能に与える部材幅の影響を検証する。表 1 は試験体一覧を示す。梁せい H と孔径 r は一定、梁幅 W は 90mm、105 mm、120mm の 3 仕様とした。また、木造住宅で最も一般的に使用される 105mm 幅には、無孔材仕様を加えた。 n 数は各 3 体とし、試験体にはスプルースの対称異等級構成集成材 E105-F300 を用いた。実験後の梁から切出した木片を使って求めた含水率は、平均 12.4%で、梁幅ごとの含水率を表 1 の下に記載した。孔は根太等の納まりを考慮し、図 2 のように断面中心より 25mm 梁下端へ偏心した位置に設けた。

図 3 は試験体および実験概要図を示す。図 3(a)に示す曲げ実験は、材長中央に設けた孔部で曲げモーメントが支配的となる 4 点荷重とした。図 3(b)に示す曲げせん断実験は、支持スパンの 1/5 の位置を加力する 3 点荷重で、孔部でせん断応力が支配的となるように荷重点と支持点の中間部に孔を設けた。荷重は、梁が破壊するまでの単調加力とした。支持点には、試験体の面外方向の移動や倒れを拘束する振れ止めを設けた。梁のたわみ変形は、曲げ実験では孔部、曲げせん断実験では荷重点の梁両側面の測定値 (変位計 D1 と D2) の平均を、支持点のめり込みの測定値 (変位計 D3 と D4) で補正して求めた。

3. 実験結果

図 4 は、実験仕様ごとの荷重変形の関係を示す。ここでは比較しやすくするため、各仕様の代表 1 体のみの記載とした。縦軸 P は荷重で、横軸 D はたわみ変形である。

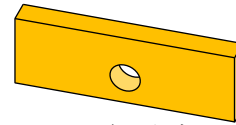


図 1 有孔梁概要

表 1 試験体一覧

実験仕様	試験体名	梁せい H (mm)	梁幅 W (mm)	孔有無	孔径 r (mm)	n 数
曲げ実験	M-W090H	390	90	あり	130	3
	M-W105N		105	無し	-	3
	M-W105H		105	あり	130	3
	M-W120H		120	あり	130	3
曲げせん断実験	S-W090H	390	90	あり	130	3
	S-W105N		105	無し	-	3
	S-W105H		105	あり	130	3
	S-W120H		120	あり	130	3

梁規格：対称異等級構成集成材 E105-F300・樹種：スプルース
含水率：平均 12.4%(90mm:11.6%・105mm:12.0%・120mm:13.6%)

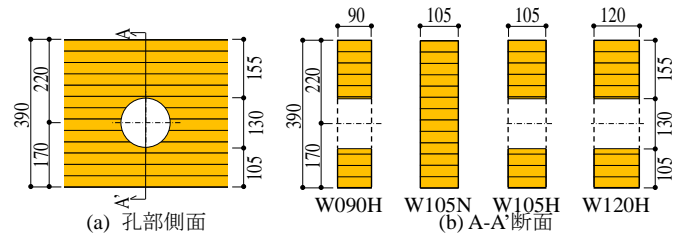
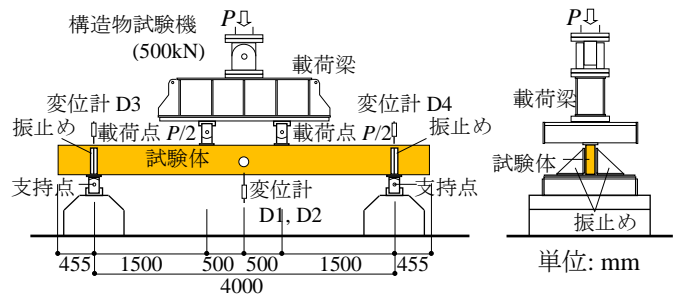
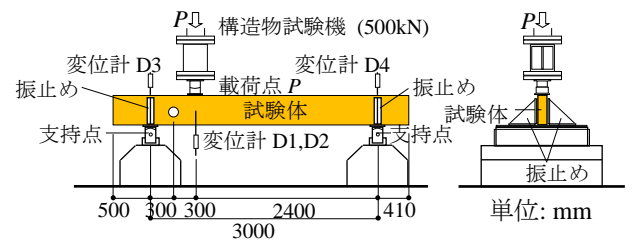


図 2 試験体の孔部の断面形状



(a) 曲げ実験の概要図



(b) 曲げせん断実験の概要図

図 3 試験体および実験装置概要

図 4(a)に示す曲げ試験では、変形が進んでも大きな剛性の低下なく、脆性的に破壊した。図 4(b)に示す曲げせん断実験では、変形が大きくなるにつれ剛性低下がみられ、孔部の割裂が材端まで到達すると荷重低下し破壊となる。

表 2 は試験結果一覧として、最大荷重 P_{max} と初期剛性 K の一覧を示す。仕様ごとに平均値 Ave.、変動係数 CV および信頼水準 $\alpha=75\%$ の $\beta=95\%$ 下限許容限界値 TL を記載した。ここで M-W090H の 1 体は、曲げモーメントが大きい荷重点間の最下層ラミナのフィンガージョイント部に節があり、他の試験体より 25%以上低い荷重で破壊したため、 P_{max} の統計解析からは除外した。また、M-W120H の 1 体は、孔まわりの破壊よりも早期に、最下層ラミナのフィンガージョイントからの破壊で、他の試験体より 20%以上小さい荷重で破壊したため、 P_{max} の統計解析からは削除した。初期剛性 K は、文献³⁾の手法で算出した。

4. 有孔集成材梁の構造性能に及ぼす部材幅の影響

図 5 は、梁幅と最大荷重の関係を示す。縦軸 P_{TLmax}/P_{CAL} は、計算で求めた最大荷重 P_{CAL} に対する実験の最大荷重 P_{max} の TL 値の比を示す。有孔梁の P_{CAL} は、孔部で求めた断面係数もしくは断面積から算出した。有孔梁の P_{TLmax}/P_{CAL} は、曲げ実験で 1.27 以上、曲げせん断実験で 1.38 以上と、いずれも無孔梁よりも高い安全率となっている。有孔梁の耐力は、孔部の断面性能で耐力算出すれば、無孔梁よりも安全側に評価できる。また、有孔梁の曲げ実験の耐力に対し梁幅の影響は見られず、有孔梁の曲げせん断実験の耐力に対しては、梁幅が大きい方がより安全側の評価となる傾向が見られた。

図 6 は、梁幅と剛性の関係を示す。縦軸 K_{Ave}/K_{CAL} は計算で求めた剛性 K_{CAL} に対する実験の剛性の Ave. 値の比を示す。 K_{CAL} は、孔の断面欠損を見込まない断面二次モーメントと断面積を用いて求めた、曲げ変形とせん断変形の合算値とした。有孔梁の K_{Ave}/K_{CAL} は、曲げ実験で 1.24 以上、曲げせん断実験で 1.11 以上となった。また、両実験ともに梁幅による有意差は見られない。

5. おわりに

梁幅をパラメータとした有孔集成材梁の曲げ実験および曲げせん断実験から、以下のことがわかった。

- 1) 有孔梁の曲げ耐力に対し、梁幅の影響は小さい。
- 2) 有孔梁のせん断耐力は、梁幅が大きい方が、計算耐力に対する安全率が高い傾向となった。
- 3) 有孔梁の耐力は、孔部の断面性能を用いて評価すれば、無孔梁よりも安全側に設計することができる。
- 4) 有孔梁の剛性に対し、梁幅の影響は小さい。

本報で実施した実験の範囲であれば、有孔梁の構造性能に対し、梁幅の影響の考慮は必要ないといえる。

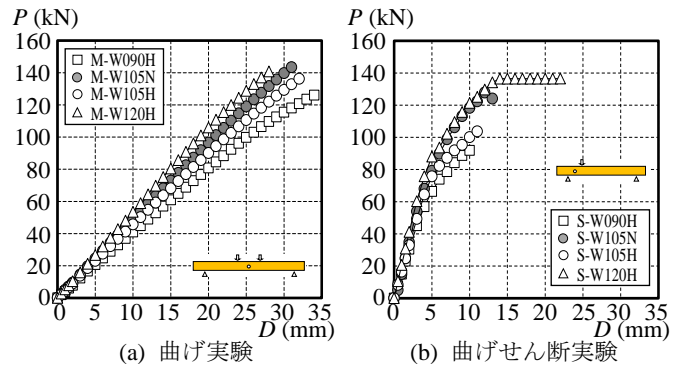


図 4 荷重変形関係

表 2 試験結果一覧

試験種類	試験体名	最大荷重 P_{max} (kN)			初期剛性 K (kN/cm)		
		Ave.	CV	TL	Ave.	CV	TL
曲げ実験	M-W090H	120.6	0.05	102.1	40.87	0.01	39.75
	M-W105N	137.1	0.06	110.1	46.70	0.04	41.24
	M-W105H	132.9	0.04	114.9	47.09	0.03	42.87
	M-W120H	141.5	0.01	137.9	54.29	0.02	50.62
曲げせん断実験	S-W090H	92.07	0.04	80.63	141.9	0.01	137.8
	S-W105N	126.6	0.02	117.9	180.2	0.05	153.2
	S-W105H	102.7	0.02	96.79	164.9	0.03	148.5
	S-W120H	137.0	0.02	126.7	189.3	0.03	170.6

Ave.: 平均値・CV: 変動係数・TL=Ave. \times (1-k \cdot CV)
 k : 信頼水準 $\alpha=75\%$ の $\beta=95\%$ 下限許容限界値用の信頼限界係数 ($k=3.152$)

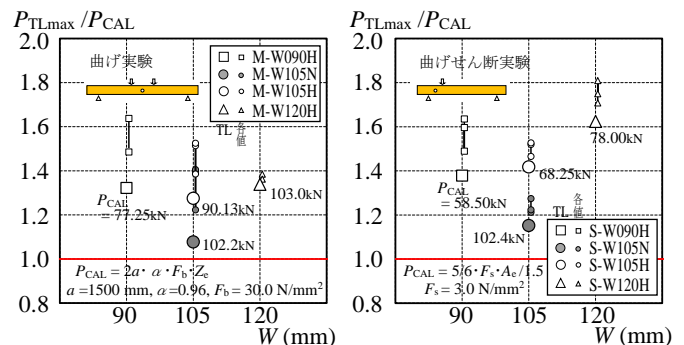


図 5 梁幅 W と最大荷重 P_{TLmax}/P_{CAL} の関係

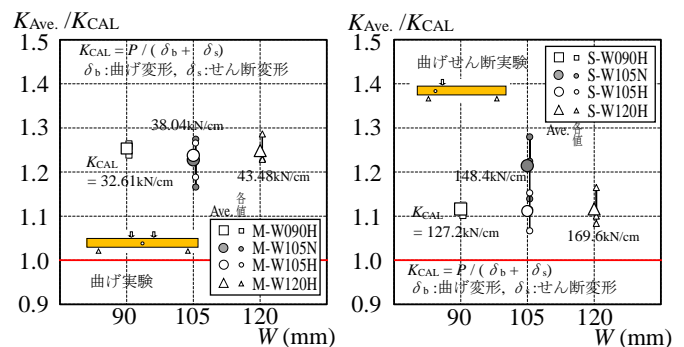


図 6 梁幅 W と剛性 K_{TL}/K_{CAL} の関係

<参考文献>

- 1) 土方和己, 井戸田秀樹他: 有孔集成材梁の設計耐力式の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第 77 巻, 第 673 号, pp. 397-406, 2012.3
- 2) 岡本滋史, 稲山正弘他: 円形孔を有する集成材梁の耐力に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 85 巻, 第 775 号, pp. 1199-1208, 2020.9
- 3) 日本住宅・木材技術センター: 木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017 年版) ①, pp.300-301, 2017.5

*1 積水ハウス(株)・博士 (工学)

*2 積水ハウス(株)・修士 (工学)