

ノート

ボルト先穴径が木材のめり込み強度に及ぼす影響

松原 独歩^{*1)} 中野 貴啓^{*2)} 島田 勝廣^{*3)}

Effect of bolt pilot hole diameter on embedment strength of wood

Doppo Matsubara^{*1)}, Takahiro Nakano^{*2)}, Masahiro Shimada^{*3)}

キーワード：木材，ボルト接合，めり込み，座金

Keywords：Wood, Bolted joint, Embedment, Metallic washer

1. はじめに

木材のボルト接合は多くの製品や構造物に応用されている。例えば，木造在来軸組工法住宅においては，土台と基礎の緊結（アンカーボルト接合），耐力壁の柱・梁接合部（ホールダウン金物などで緊結），梁と梁の緊結（羽子板ボルトなど）などである⁽¹⁾。木質構造物において外力が加わる場合における弱点は接合部であることがよく知られている。したがって，接合部の適切な性能評価を行い設計に反映することが非常に重要となる。

ボルト接合は，抵抗メカニズム上，ボルトに引張力が作用する場合と，せん断力が作用する場合の2つに分けることができる⁽²⁾。ボルトに引張力が作用する場合，座金のめり込み抵抗でボルト接合全体の性能が決定されることが多い。またせん断力が作用する場合，ボルトの曲げにより座金が木材にめり込み，ボルトの軸力が発揮され，ボルトの曲げ降伏が生じ難くなる。その結果，いわゆるロープ効果が生じてせん断耐力が上昇する⁽³⁾。このように，ボルト接合の引張やせん断性能を評価する上で，座金のめり込み挙動が重要な要素の一つとなる。ここで，ボルト接合は様々なボルト径で設計されるが，図1に示すように，座金長さに対してボルト先穴径がほとんど同じ場合，受圧面積が非常に小さくなる。そのため，座金端部直下の木材に応力集中し，本来のめり込み強度が発揮されず，めり込み強度が低下する可能性がある。

そこで，ボルト先穴径が木材のめり込み強度にどのような影響を及ぼすのか把握することを目的として，ボルト先穴径を変化させて木材のめり込み実験を行い，ボルト先穴径がめり込み降伏応力および剛性に及ぼす影響について検討を加えた。

2. 実験

木材はヒバ (*Thujopsis dolabrata*) を用いた。繊維方向 (L方向) 600 mm，接線方向 (T方向) 90 mm，半径方向 (R方向) 30 mm の板材を 20℃ 恒温室にて数か月間放置した後，L，T方向 90 mm，R方向 30 mm の供試体を切り出した。平均密度は 485 kg/m³ であった。供試体中央には，R方向にボルト先穴φ8，13，18，23，27，32 mm の6種類の先穴を空け，図2に示すように，万能試験機 ((株) 島津製作所製，AG-100kNIS) を用いて 40 mm 角加圧板を単調鉛直載荷した。試験速度は 2 mm/min とした。各条件 6 体とし，先穴を空けないコントロールも含め合計 42 体実験に供した。

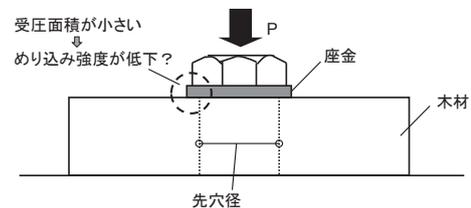


図1. ボルト先穴径が大きい場合

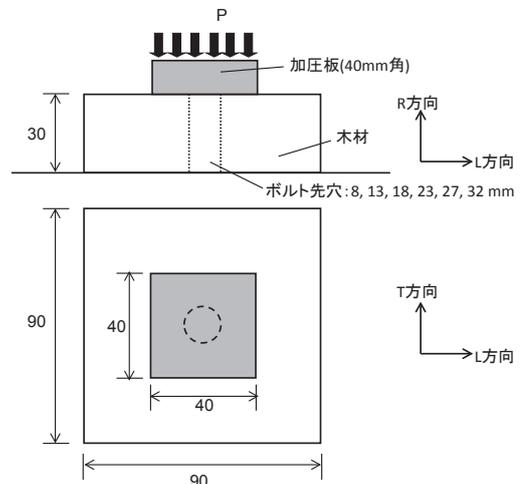


図2. 実験方法

事業名 平成26年度 基盤研究

*1) 城東支所

*2) 実証試験セクター

*3) 交流連携室

3. 実験結果と考察

図3に得られた代表的な応力-みかけの歪線図を示す。全ての供試体において、ひずみの増加に伴い応力が直線的に増加し降伏を経た後、再び応力が上昇する明確なバイリニア型の挙動を示した。コントロールであるボルト先穴径0 mmの供試体とボルト先穴を空けた供試体を比較してみると、1次勾配である初期剛性、降伏点に明確な差異は認められなかった。ボルト先穴径23, 27, 32 mmについて降伏以降の挙動にやや差異が見られるが、その他の供試体との明確な差異は認められなかった。ここで、この応力-みかけの歪線図より、1次勾配と2次勾配の直線域をそれぞれ取り出し、勾配を最少2乗法によって得て、2直線間の交点を降伏応力として算出した。図4に加圧板長さ L (40 mm) に対するボルト径 D (D/L) と降伏応力の関係を示す。これによれば、 D/L が大きくなる、すなわちボルト先穴径が大きくなったとしても、降伏応力に明確な差異は認められなかった。すなわち、ボルト先穴径を加圧板長さに対して80%の径に設定したとしてもめり込み強度の低下は認められず、座金のめり込み強度の評価にあたっては、ボルト先穴径による影響を無視できると推察される。また、図5に L/D と剛性の関係を示す。ここで剛性は、図3に示した応力-みかけの歪線図より、実務において設計で用いる弾性1次勾配とした。これによれば、ややばらつきが大きく、明確な差異は認められなかった。

従って、本実験の範囲内では、ボルト先穴径の大きさはめり込み強度および剛性には影響を及ぼさないものと言える。ただし本実験で用いた木材は、ヒバ (*Thujopsis dolabrata*) であり、スギ (*Cryptomeria japonica*) のようにヒバに比して低強度の場合にも当てはまるのか別途検証が必要であると思われる。

4. まとめ

木材のボルト接合について、ボルト先穴径が木材のめり込み強度に及ぼす影響について実験的検討を行った。

結果、本実験の範囲内では、ボルト先穴径がめり込み強度および剛性に与える大きな影響は認められなかった。従って、木材のボルト接合における座金のめり込み強度を評価するに当たっては、ボルト先穴径の影響を無視できることが可能で、ボルト先穴径によるめり込み強度低減は考慮する必要がないことがわかった。

謝辞：本研究は東京農工大学 服部順昭名誉教授にご助言を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

(平成27年7月13日受付, 平成27年7月28日再受付)

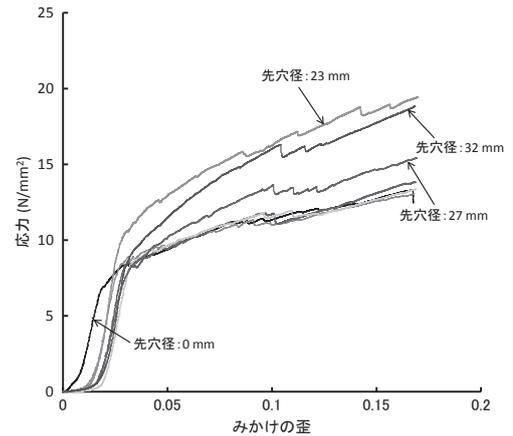


図3. 応力-みかけの歪曲線

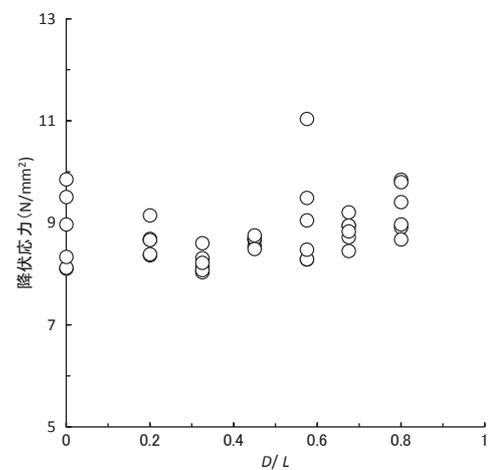


図4. D/L と降伏応力の関係

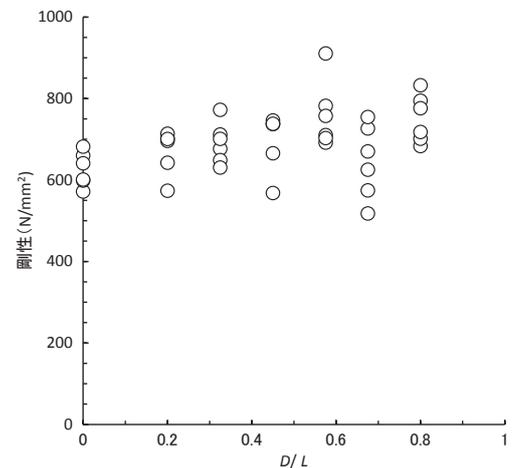


図5. D/L と剛性の関係

文 献

- (1) 松原独歩, 中野貴啓, 島田勝廣: 「木材-ボルト接合時における破損防止を考慮した締付け条件」, 東京都立産業技術研究センター研究報告, Vol.9, p.96 (2014)
- (2) 澤田圭: 「木質構造ボルト接合のせん断性能に関与する因子」, 木材工業, Vol.70, No.1, p.2 (2015)
- (3) 西山誕生, 安藤直人: 「ローブ効果を考慮したボルト接合部の2面せん断特性の予測 幾何学的非線形解析の適用」, 木材学会誌, Vol.49, No.5, p.356 (2003)