



Title	木ダボを用いた木材の接合に関する研究
Author(s)	松木, 裕一; 奥野, 辰弥; 杉森, 優 他
Citation	大会学術講演会研究発表論文集, 1998, 157-160
Issue Date	1998
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68066
Rights	Copyright 建築仕上学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである。
Rights(URL)	http://www.finex.jp/
Type	journal article
File Information	1998.pdf



木ダボを用いた木材の接合に関する研究

○松木裕一* 奥野辰弥* 杉森 優*
小泉章夫** 佐々木貴信** 田村靖夫**

1. はじめに

木材は、生産・加工・廃棄に要するエネルギーが小さく、炭素循環のバッファでもあることから「親環境材料（エコマテリアル）」として近年ひろく再認識されている。また、適正な環境下での長期的耐久性の観点からも評価されている。

阪神・淡路大震災以降、在来の木造住宅の接合部分に補強金具を用いて緊結を施す例が多く見られるようになった。しかしながらこの方法は、金属を使用するため結露を生じやすく、それによる接合具の酸化（錆化）や木材の腐朽（セルロースの分解）が懸念される。また、木材の経時的な変形挙動に金属接合具は追従しないため、接合部近傍で木ヤセやクリープ的な外力による局部的塑性変形を来すと、接合部にゆりみ（ガタ）が生じ、結果、初期の接合強度を維持できないおそれも考えられる。また、木造住宅を主とする施工現場においては、技能者不足の問題も深刻化しつつあり、高度な技術を要さない簡略化された接合法の開発も一方で叫ばれている。

上記のような観点から演者らは、木質構造部材の接合に対して、接合具に金属を用いずに、また加工修練度も低くて済む、「木ダボ」を使った接着接合法（写真1）の研究をすすめている。本講演では、この接合法に適した接着剤について種々検討した結果と柱-土台仕口接合部を想定したT型試験体の引抜試験結果について報告する。

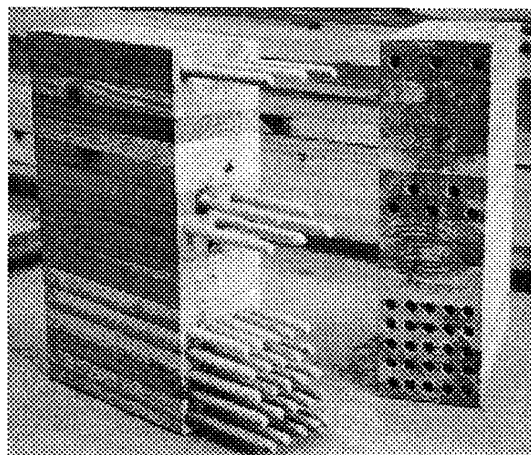


写真1. 木ダボ挿入接着接合

2. 理論

木ダボ挿入接着接合法に対して望ましい接着剤を検討するにあたり、適当な接着剤物性を以下のように方向づけた。即ち、ダボの引抜挙動に対して、ラップジョイントの Volkersen モデルから誘導した Jensen らの理論¹⁾を適用した。それによると、図1のようなダボの引き抜き(P :引抜強度、 A_w :母材断面積、 A_d :ダボ材断面積、 E_w :母材ヤング率、 E_d :ダボ材ヤング率、 d :ダボ径、 l :ダボ埋め込み長さ)において、接着層の剪断応力($\tau_{(x)}$)は、ダボ孔開口部からの距離(x)の関数として次式のように表される。

$$\tau_{(x)} = P \omega [\cosh(\alpha x l^{-1}) + \alpha \cosh\{\omega (1 - x l^{-1})\}] / [\pi d l (1 + \alpha) \sinh \omega] \quad (1)$$

ただし、 $\omega = 2l \{I(1 + \alpha) / d E_d \alpha\}^{1/2}$

$$\alpha = E_w A_w / E_d A_d$$

Study on Withdrawal Properties of Wood Dowels in Wood joints

Y. Matsuki*, T. Okuno*, M. Sugimori*, A. Koizumi**, T. Sasaki** and Y. Tamura**

ここで、 Γ は接着剤層(≒接着剤)の剪断剛性を表す。

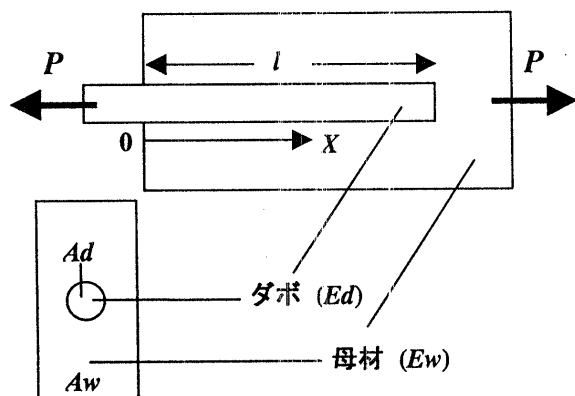


図1. ダボ接合モデル

直径 8 mm、長さ 80 mm の木ダボを挿入接着した場合を例にとって、剛性の大きな接着剤 ($\Gamma = 40 \text{ N/mm}^3$) を使用した場合と剛性の小さな ($\Gamma = 10 \text{ N/mm}^3$) 接着剤を使用した場合について、 $P = 1 \text{ kN}$ として (1) 式から求められる剪断応力の分布を図2に示す。この図より接着剤の剛性が大きいとダボ孔開口部 ($X = 0$) に剪断応力が大きく偏って集中することがわかる。したがって、木ダボの引き抜きに対して、接着剤の剪断剛性 Γ は、より小さい方が適しているといえる。また、接着層の剪断破壊を条件とする引抜強度 ($P_{\max}$) は、 $X = 0$ 時の応力 ($\tau_{(x=0)} = f_v$: 接着剤層(≒接着剤)の剪断強度) により決定でき、次式のように表される。(ただし $\alpha \geq 1$ の場合。)

$$P_{\max} = \{ \pi d l (1 + \alpha) \sinh \omega f_v \} / \{ \omega (1 + \alpha \cosh \omega) \} \quad \text{--- (2)}$$

(2) 式での f_v と Γ が引抜強度に及ぼす影響を図3に例示した。理論引抜強度を縦軸に、ダボ長さは径長比として横軸で表現した。この図より f_v は、引抜強度-ダボ長さ関係の初期傾きと比例することがわかる。ただし f_v を大きくしていくと、やがて、ダボあるいは母材の剪断破損が引抜の破壊条件になると考えられる。他方、 Γ は、引抜強度が飽和する時点のダボ長さに影響する

ことがわかる。ただし、 Γ を小さくしてダボ長さを長くしていくと、やがて、ダボの引張破壊が引抜の破壊条件になると考えられる。以上を整理すると、ダボ/母材の剪断破壊が支配的にならない程度に大きな f_v を持ち、先孔を施すドリルビットの長さの制約から、経長比で 10 倍程度における引抜強度が木ダボの引張強度を越えない程度なるべく小さな Γ を持つ接着剤がこの接合法に理想的だと考えることができる。

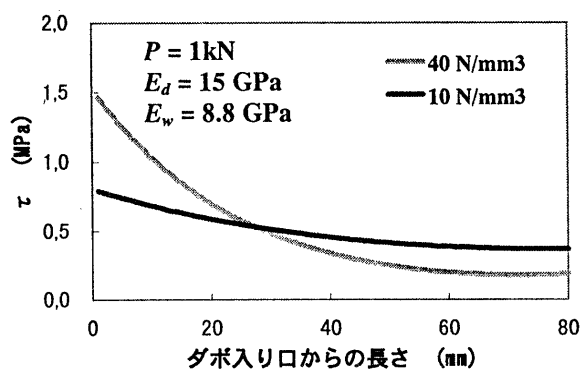


図2. 接着層の剪断応力の分布
(木ダボ径: 8 mm、木ダボ埋込深さ: 80 mm の場合)

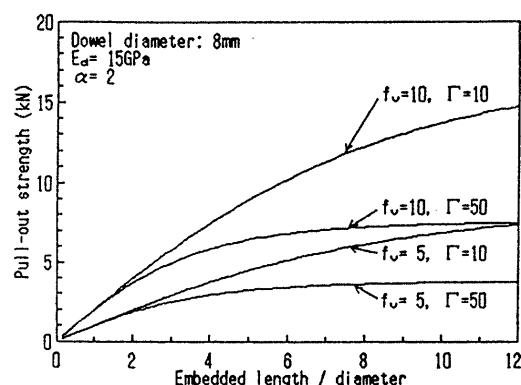


図3. f_v と Γ が引抜強度に及ぼす影響 (木ダボ径: 8 mm)

3. 実験

—引抜試験(1)—

引抜試験(1)の方法を図4に示す。ダボ材にはイタヤカエデ (*Acer mono*、動的ヤング率: 16~18 GPa) を用いた。母材にはスギ (*Cryptomeria japonica*、動的ヤング率:

8.0~9.0 GPa) を用いた。接着剤にはポリウレタン樹脂 2 種類、(A 社 構造用 1 液型接着剤 以下 PU-A と略記、B 社 構造用 1 液型接着剤 以下 PU-B と略記) のほか、エポキシ樹脂 2 種 (A 社 電子部品用 2 液型接着剤 以下 EP-A と略記、C 社 木材接合用 2 液型接着剤 以下 EP-C と略記)、レゾルシノール樹脂 1 種 (C 社 木材接合用 2 液型接着剤 以下 RF-C と略記) を用いた。試験体は、試験機の引張チャックで支持し、破壊に至るまで引張負荷した。ダボ孔径を 9 mm (RF-C 適用時: 8.5 mm)、ダボ径を 8 mm とし、接着剤層を平均で 0.5 mm (RF-C 適用時: 平均 0.25 mm) 設けた。ダボの埋め込み長さは、ダボ径に対する径長比で 2~10 の範囲に設定した。引抜変位の測定は試験体の両側に 1 μ m の精度の変位計を取り付けて行った。

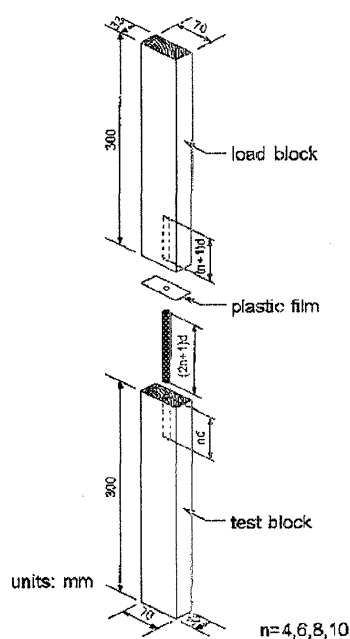


図 4、引抜試験(1)

—引抜試験(2)—

引抜試験(2)の様子を写真 2 に示す。被接合材にはスギおよびスギ集成材 (100 mm 正角材)、ダボ材にはハードメープルを用いた。ダボ径は 8 および 12 mm とし、ダボ本数は 8 mm 径では 1 本、12 mm 径の場合は 1

本および 4 本とした。接着剤には PU-B を使用して引抜試験(1)と同様に -1 mm の嵌合度で接着した。

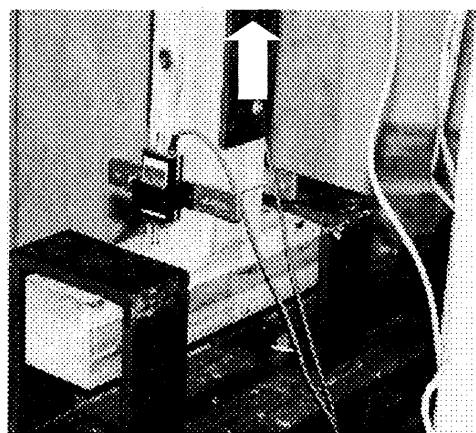


写真 2、引抜試験(2)

4. 結果

—引抜試験(1)—

結果を図 5 に示す。横軸にダボ長さ、縦軸に引抜強度をとって試験結果をプロットし、(2) 式を最小自乗近似することにより接着剤の剪断強度 f_v および剪断剛性 Γ を求めた。径長比 10 (ダボ埋め込み長さ: 80 mm) での引抜強度を比較すると、ポリウレタン樹脂 (PU-A、PU-B) の引抜性能が優れていることがわかる。これはポリウレタン樹脂が、他の材料とほぼ同等の剪断強度値 (f_v) を示すと同時に、より小さな剪断剛性値 (Γ) をとるためである。

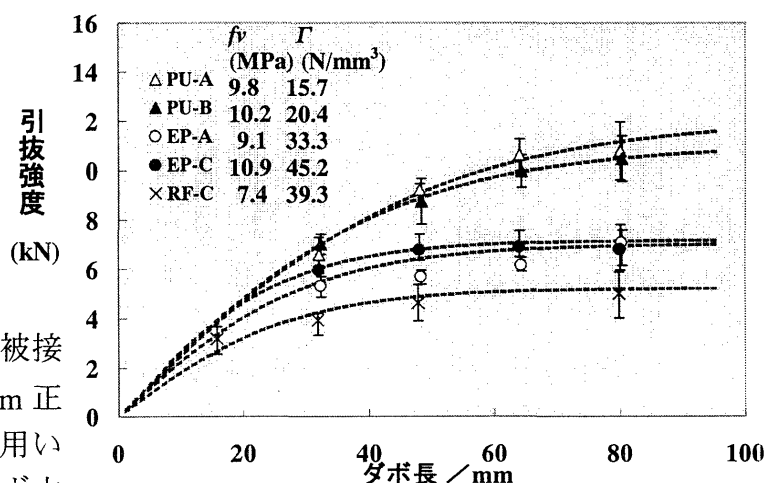


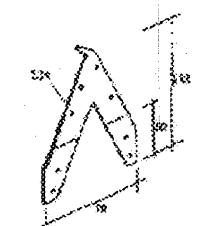
図 5 引抜強度曲線

表 1. 引抜試験(2)結果

引抜強度 /単位:tf	
8 mm径木ダボ	1.0
12 mm径木ダボ	1.7
同上 4 本	7.0

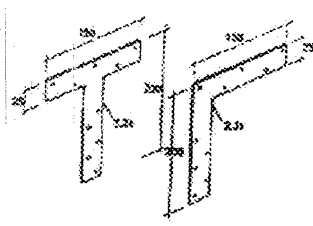
表 2. 各種柱脚金物の接合性能²⁾

使用金物 単位	引抜強度 /単位:tf
VP	1.3
CP・T	1.1
CP・L(2枚)	1.3
同上 1枚あたり	0.7
A	1.4
CN(2枚)	1.0
同上 1枚あたり	0.5



山形プレートVP

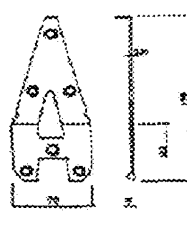
VP



角金物CP・T、CP・L

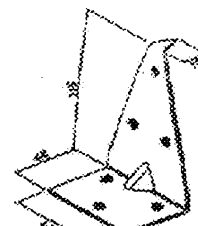
CP・T

CP・L



エースプレート

A



コーナープレート

CN

－引抜試験(2)－

経長比 10 での引抜強度を**表 1**に示す。また、105 mm 角のスギ正角材で柱－土台接合部を想定してほぞ（深さ 50 mm、幅 30 mm）を切り、種々の柱脚金物を設けた場合の引抜強度（文献値²⁾）を**表 2**に示す。両表の比較より、仕口部に 12 mm 径の木ダボを 1 本のみ接着接合するだけで、**表 2**の柱脚金物による接合強度以上の引抜強度を発現できることがわかった。

5. まとめ

金属接合具を用いない、接着剤を併用した木ダボによる構造用木材の接合法を考えるにあたって、以下のような点が明らかとなった。

- (1) Jensen らの理論から理想的な接着剤物性を決定できた。

- (2) 幾つかの接着剤の引抜性能を検討した結果、ポリウレタン樹脂が最も優れていることがわかった。
- (3) 12 mm 径の木ダボによる仕口部の接着接合は、**表 2**に示すかぎりの金属接合具による仕口補強接合よりも優れた引抜性能を有することがわかった。

参考文献

- 1) Jensen, J. L. *et al.*: Wood Science and Technology, “Axially Loaded Glued-in Hardwood Dowels” (in press).
- 2) 古田直之、平井卓郎：日本木材学会北海道支部講演集、第 28 号、“各種柱脚金物を用いた柱－土台接合部の耐力性能”、(1996)、p37-40.

*サンスター技研株式会社、SUNSTAR ENGINEERING INC.

**秋田木材高度加工研究所、Institute of Wood Technology, AKITA Prefectural College of Agriculture.