

構造用接着剤を用いた重ね梁のせん断強度

－千葉県産スギ間伐材を用いた場合－

日大生産工（院） ○美谷添 翔 日大生産工 師橋 憲貴
森林総合研究所 新藤 健太 日大生産工 桜田 智之

1. はじめに 近年我が国では、国産材の利用に目が向けられるようになってきた。2010年10月に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」は、我が国が国策として木材利用の促進を図っているものであり、さらに公共建築物において、公共団体や民間に対しても促進の波及を基本方針としているので、まさに日本全体で木材の利用を求めているといえる¹⁾。特にその中でも世間では間伐材の利用が注目されており、間伐材とは、真直ぐな木材を育てるために密に苗木を植え、成長にともない間伐し生まれるものである。主伐材よりも細く痩せているものも多いので価値がほとんどつかず、間伐が行われない場合や、切捨て間伐と呼ばれる山にそのまま放置される場合が多い。そのため山の管理が行われなくなったことから、今まで大きな問題にはならなかった木の病気が山で流行ったり、土砂崩れなどの災害が多くなったりするようになった。

そこで本研究では、間伐材を重ねて作製する接着重ね梁の信頼性の向上が、間伐材に付加価値を与え林業の活性化につながることから、千葉県産スギ間伐材を用いた接着重ね梁の強度性能を検討することを目的としている。

木材の強度性能は主に、曲げ、引張り、圧縮、せん断、めり込みによって判断されるが、千葉県産スギにおいてせん断強度は明確になってはいない。そこで、市場から搬入できる材を使用し、構造用接着剤三種類を用いて試

験体を作製し、せん断強度を検討した。

2. 素材の概要 本研究では、小径の素材を組み合わせ、小径素材の活用範囲を広げることが間伐材の利用促進に繋がることから、我が生産工学部がある千葉県のスギ間伐材(60×60×4000mm)を素材とした。

素材の含水率の推移を図-1に示す。木材において含水率は、強度や接着強さにも大きく影響する。しかも含水率が高いと塗布された接着剤は希釈されてしまう。希釈されると粘度が低下し、木材中へ過度に浸透してしまい硬化を遅延させる。一般に適正含水率は7%～15%で接着強さが最大となる²⁾とされるため、素材を9週で測定し、搬入時は20%以上あった含水率が15%以下になるまで実験場で天然乾燥を行った。測定には高周波測定器を使用している。これはハンディタイプの水分計で、現場で容易に使用することが出来る。測定範囲が2%～150%であり、(財)日本住宅・木材技術センターの評価試験に合格しているものなので信頼性は高い³⁾。

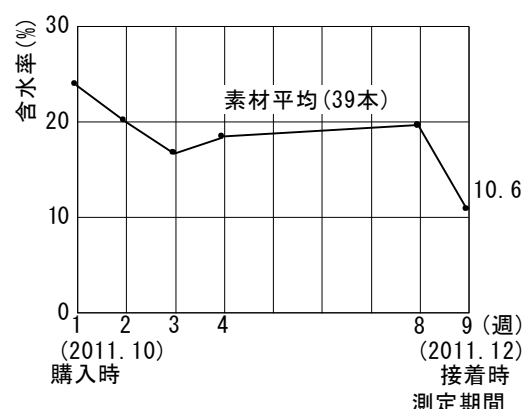


図-1 含水率の推移

Shear Strength of Stack Beam with Structural Adhesive
－In case of thinned wood of Chiba Cedar－

Sho MIYAZOE, Noritaka MOROHASHI, Kenta SHINDO and Tomoyuki SAKURADA

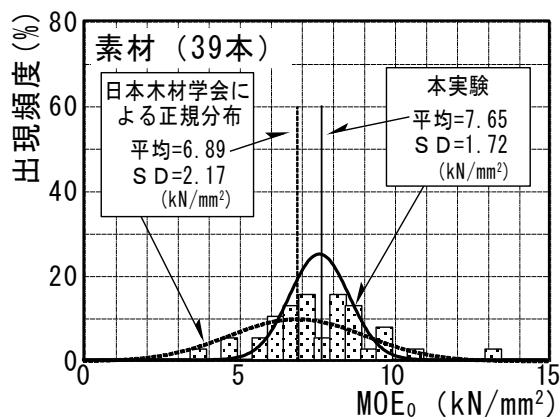


図-2 曲げヤング係数のヒストグラム

図-2 に各シリーズの曲げヤング係数 MOE_0 の平均値と標準偏差を示す。これは日本木材学会がスギの正規分布から定めた平均値⁴⁾である。本研究で使用する素材の正規分布は高い位置に現れる結果となった。

3. 試験体作製 本実験で作製する接着梁の試験体詳細を図-3に示す。ヤング率の高い値の材と低い値の素材を端から組み合わせて接着し、試験体のヤング係数の値を 6.49～7.80 の範囲とした。なお、ヤング率の高い材は上段、低い材は下段とし、さらに各素材は圧縮の際に素材の反りや曲りから起こる接着不良を考慮して上下の向きを決定した。

試験体寸法は、せん断スパン a を梁せい h の 2.5 倍と設定し⁵⁾、さらに素材の概要でも述べたとおり、寸法が 60mm であること、材端は 100mm 余分を設けることを考慮して材長 L を決定した。これは長野県林業総合センターが作製した接着重ね梁の試験体⁶⁾と寸法は異なるが同比率である。また、接着重ね梁と同一寸法の試験体を比較対象として、単一材となる T シリーズを用意した。また試験体は使用した接着剤でシリーズ別に分類したものを表-1で示す。

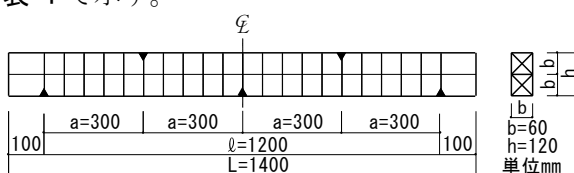


図-3 試験体詳細

表-1 試験体のシリーズ別

試験体	接着剤	シリーズ	試験体数
接着重ね梁	ポリウレタン系	Pシリーズ	15
	イソシアネート系	Iシリーズ	5
	フェノール・レゾルシノール系	Lシリーズ	4
単一材	—	Tシリーズ	10

4. 接着剤の概要 本研究では強度及び、作業効率に優れる等の性能を比べるため、試験体の作製には三種類の構造用接着剤を使用した。

P シリーズで使用するポリウレタン系接着剤は、含水率の高い木材や低温でも硬化が進行する常温タイプである。主に LVL の作製や、住宅現場における床根太と床下張り材との床用現場接着剤として用いられる。カートリッジガン式であり、現場で施工が可能である。使用したものは 4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート (MDI) であり、他の種類にトルエンジイソシアネート (TDI) があるが、TDI に比べて著しく蒸気圧が低いため、接着剤に応用されるのに有効である²⁾。

I シリーズでは水性高分子-イソシアネート系接着剤を使用している。これは非ホルムアルデヒド系の木造用接着剤であり、主剤と硬化剤を使用する際に混合する。接着剤液が中性付近であること、高い耐水性が得られること、主剤の組成や架橋剤の配合によって柔軟なものから固いものまでできるなどの利点を持つ。一方で、可使時間が短いことや、渇きが早く、器具等に付着して硬化すると洗浄が困難であること等、施工の際に注意することが多い。上記で述べた利点から木材、木質材料の接着剤として需要が高まっている²⁾。

L シリーズではフェノール・レゾルシノール系接着剤を使用しており、常温硬化型で高度の耐水性、耐候性を有する。主に構造用集成材の製造に利用される。純レゾルシノールは高価なため一般にフェノールと共縮合させたものが多く用いられており²⁾、本実験でも

この共縮合樹脂を使用している。接着剤は主剤と硬化剤からなり、使用する際に混合する。

5. 圧縮の概要 試験体作製における圧縮の概要を表-2に示す。Pシリーズは圧縮圧が他のシリーズに比べて低いことから、現場施工に適することがわかる。Iシリーズ、Lシリーズにおいては、素材がスギであるため、圧縮時のつぶれを考慮し、接着剤使用書の規定よりも低い値で圧縮を行った。

表-2 圧縮の概要

接着剤	塗布量 (g/m ²)	圧縮圧 (kg/cm ²)	圧縮時間 (h)
ポリウレタン系	250	1(0.1MPa)	24
イソシアネート系		7 (0.69MPa)	15
フェノール・ レゾルシノール系			

6. 試験概要 本研究で採用した試験は図-4で示す5点せん断試験である。この試験は図-5のようなM図とQ図を示す。実験によりPmaxを求め、 $f_s = 33P_{max}/64bh^2$ から導き出された値をせん断強度とする。日本建築学会が定めるせん断応力度の算定⁸⁾から求めた許容せん断応力度2.7N/mm²と、長野県林業総合センターが求めた、スギとスギを素材とした接着重ね梁の、5点荷重せん断強度の平均値⁶⁾と比較し、千葉県産スギの性能を検討した。なお破壊の定義であるが、せん断破壊は4箇所のせん断スパンごとに上下にずれを生じる破壊であるので、支持点から支持点に向かって生じる破壊をせん断破壊とし、支持点で破壊したものや、その他の破壊を曲げ破壊とした。図-6でせん断破壊及び、曲げ破壊とせん断破壊が両方生じた試験体の破壊形状を例示する。全体的に、最大荷重に至る際に破壊が生じることが多く、荷重をかけている間に大きな破壊が生じることにはなかった。なお接着剤による層への影響はなく、材軸方向のずれも起こらなかった。

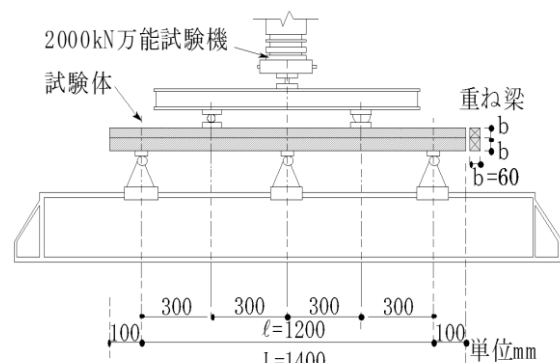


図-4 加力方法

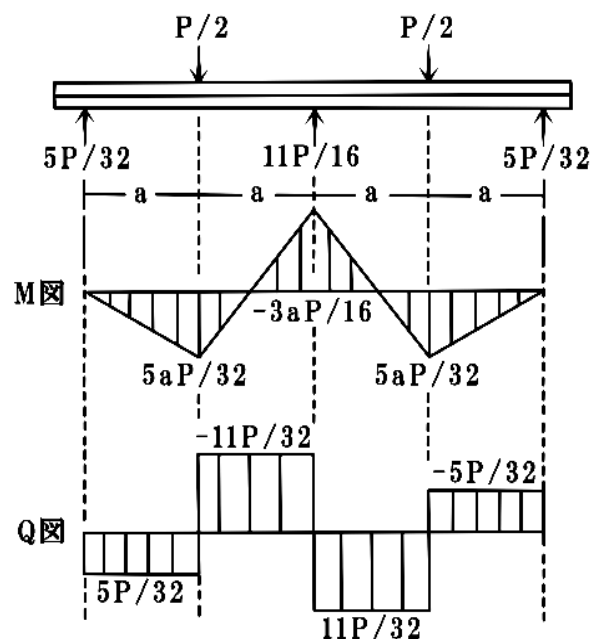
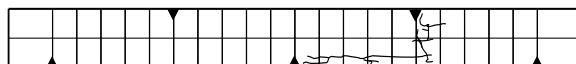


図-5 M図及びQ図

P-15 (ポリウレタン系) ひずみ測定面 $f_s=8.67\text{N/mm}^2$
曲げ・せん断破壊



I-03 (イソシアネート系) ひずみ測定面 $f_s=8.10\text{N/mm}^2$
せん断破壊



L-01 (フェノール・レゾルシノール系) $f_s=7.27\text{N/mm}^2$
せん断破壊



T-10 (単一材) ひずみ測定面 $f_s=7.45\text{N/mm}^2$
せん断破壊

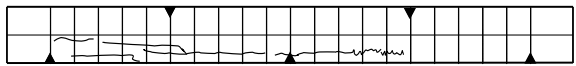


図-6 破壊形状の例示

7. 実験結果 5 点せん断試験の結果を図-7に示す。 f_s の平均値は、a) の P シリーズでは 6.9 N/mm^2 を示し、b) の L シリーズでは 7.1 N/mm^2 、I シリーズでは 7.9 N/mm^2 を示した。このことから、各シリーズで接着した際に、有効に接着が行われていれば、強度にあまり差が見られないことが分かった。また、単一材である c) の T シリーズの平均値は 6.5 N/mm^2 を示しており、接着重ね梁の各シリーズは T シリーズに比べて上回る結果となった。全てのシリーズで f_s は許容せん断応力度を十分に上回った。

長野県データの 4.4 N/mm^2 と比較したところ、全てのシリーズが上回った。これは本実験の試験体寸法が小さい為に強度が高くなったと考えられる。なお、破壊形状に材軸方向のずれを生じさせなかったことも要因として考えられる。

8. 結論 千葉県産スギ間伐材を用いた接着重ね梁を提案した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 接着剤別で強度を比較すると、各シリーズに大きな差が見られなかった。
- 2) 接着重ね梁の各シリーズのせん断強度 f_s の平均値は、単一材である T シリーズと比較して上回る結果となった。
- 3) 本実験のスギ間伐材は、長野県データと比べ、せん断強度が上回る結果を示した。

接着重ね梁の価値を高め利用促進を図るためには、より多くの試験体を用いて実験を重ねてせん断強度を明確にすることが必要である。今後は新たに千葉県の特産樹種であるサンプスギを対象として検討したい。

謝辞 本研究において、資料を提供して下さいました長野県林業総合センターの吉田孝久氏には大変お世話になりました。そして、森林総合研究所の井道裕史氏、長尾博文氏にはご助言、ご協力をいただきました。心より感謝いたします。



図-7 せん断強度と破壊形状

参考文献

- 1) 林知行: プロでも意外に知らない〈木の知識〉: 学芸出版社、2012年9月15日
- 2) (社) 日本木材加工技術協会: 木材の接着・接着剤、1999年1月20日
- 3) 産業調査会: 木材活用辞典、1994年8月30日
- 4) 木材強度・木質構造研究会 日本木材学会: 構造用木材強度データの収集と分析、1988.3
- 5) (財) 日本住宅・木材技術センター: 平成11年度農林水産補助事業住宅資材性能規定化対策事業・地域材性能評価事業「構造用木材の強度試験法」研修会テキスト
- 6) 吉田孝久: 長野県林業総合センター、接着重ね梁の製造マニュアル - 間伐材を救え! 接着重ね梁 -、平成21年3月
- 7) 井道裕史: 実大材を用いたせん断試験方法, 木材工業、Vol. 63、No. 5、2008、pp. 293-302
- 8) 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計 -、2006年改定