

〈資料〉

ヒノキ虫害材の部分圧縮試験

中田欣作

スギノアカネトラカミキリの虫害を受けたヒノキ製材品の土台としての強度性能を把握するために、材中間部におけるめり込みを想定した部分圧縮試験を行った。この虫害は節の周辺に発生する場合が多いため、虫害部分に加えて節部分および無欠点部分の強度性能を検討した。虫害部分と節部分および無欠点部分を比較すると、比例限度、降伏強さおよびめり込み強さは節部分が最も高く、次いで虫害部分、無欠点部分の順であった。めり込み剛性は、虫害部分、節部分および無欠点部分ではほぼ同等の性能を示した。無欠点部分のめり込み強さは密度の増加とともに増加し、節部分のめり込み強さは節の面積の増加とともにやや増加した。虫害部分そのものはめり込み性能が低下していると考えられるが、虫害周辺の節を合わせた性能としては無欠点部分よりもやや高い性能を示すと考えられる。以上より、虫害材のめり込み性能は無欠点部分と同等の値を示したため、虫害材を土台として使用しても強度性能における問題はないと考えられる。

1. はじめに

スギノアカネトラカミキリは日本に広く分布し、この幼虫がヒノキやスギの立ち木の枯れ枝から幹内部に侵入し節の付近を食害する。製材品に現れる食害部分や食害に伴って発生する変色部分はアライキヤトビグサレと呼ばれ、商品価値を低下させる原因となっている。しかし、虫害が軽微であるものについては強度性能が十分に残存していると考えられる。

スギノアカネトラカミキリの虫害材の強度性能については、スギ虫害材製材品の曲げ試験^{1,2)}や虫害材のモデル試験体の曲げ試験³⁾が行われており、いずれも虫害材の曲げヤング係数および曲げ強さは健全材のそれらと同等であると報告されている。

虫害材の用途としては柱以外の土台や大引きなどの床下に隠れる構造材が考えられ、その際には柱からの圧縮荷重に耐える性能が要求される。そこで、ヒノキ虫害材製材品の土台としての部分圧縮試験を行い、健全材と同等の性能を有しているか検討した。また、商品価値を低下させる欠点である腐れおよび入皮のある製材品についても同様の試験を行った。

なお、本試験は奈良県地域材認証センターから依頼を受けて高田木材協同組合の協力を得て行ったものである。

2. 材料および方法

2.1 供試材料

表1に示す幅122mm×厚さ122mm×長さ3000mmのヒノキ製材品15本を用いた。欠点の種類はスギノアカネトラカミキリの虫害材、腐れ材および入皮材とし、それぞれ9本、3本および3本の試験を行った。人工乾燥した製材品を4面のモルダー加工した後、打撃式グレーディングマシンを用いて製材品のヤング係数を測定した。含水率は小試料を切り出して全乾法で測定した。

各製材品から、欠点部分が長さ方向の中央になるようにして長さ72cmの試験体を採取した。虫害部分は図1に示すように節の周辺に分布する場合が多いため、純粋な虫害部分の強度性能を測定することが困難である。そこで、残り部分から節部分および無欠点部分の長さ72cmの試験体を採取して虫害部分との比較検討を行うこととした。

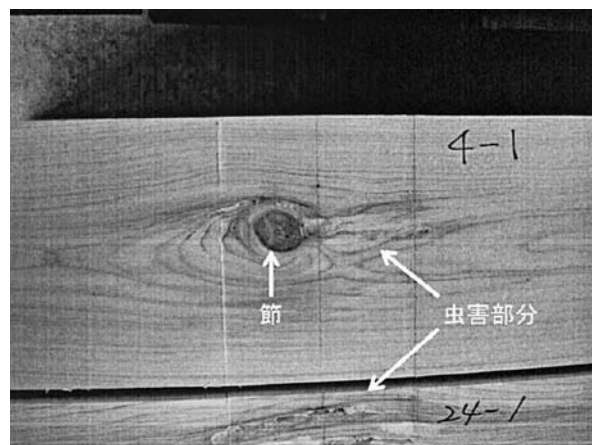


図1 ヒノキ虫害材

表1 供試したヒノキ製材品

| 欠点の種類 | 番号 | 密度 (g/cm ³) | 含水率 (%) | ヤング 係数 (kN/mm ²) | 等級 区分 | 欠点部分の試験体 | | | | 節部分の試験体 | | | |
|-------|------|----------------------------|------------|------------------------------------|----------|--------------------|-----------|--------------------------|-------------------------|--------------------|-----------|--------------------------|-------------------------|
| | | | | | | 欠点の幅 ^{a)} | | 欠点の面積 | | 欠点の幅 ^{a)} | | 欠点の面積 | |
| | | | | | | 欠点 (mm) | 節 (mm) | 欠点 (mm ²) | 節 (mm ²) | 欠点 (mm) | 節 (mm) | 欠点 (mm ²) | 節 (mm ²) |
| 虫害材 | 1 | 0.51 | 9.9 | 11.5 | E110 | 10 | 23 | 914 | 429 | 0 | 18 | 0 | 322 |
| | 2 | 0.47 | 19.6 | 10.0 | E110 | 5 | 0 | 486 | 0 | 0 | 20 | 0 | 454 |
| | 3 | 0.52 | 14.3 | 11.2 | E110 | 17 | 18 | 1552 | 330 | 0 | 20 | 0 | 599 |
| | 4 | 0.54 | 16.4 | 10.9 | E110 | 10 | 38 | 942 | 942 | 0 | 22 | 0 | 604 |
| | 5 | 0.51 | 14.3 | 11.2 | E110 | 10 | 20 | 1835 | 419 | 0 | 18 | 0 | 405 |
| | 6 | 0.45 | 13.7 | 10.4 | E110 | 13 | 27 | 1148 | 650 | 0 | 16 | 0 | 458 |
| | 7 | 0.50 | 12.8 | 10.5 | E110 | 12 | 24 | 981 | 574 | 6 | 21 | 517 | 391 |
| | 8 | 0.50 | 12.2 | 10.4 | E110 | 11 | 18 | 409 | 368 | 0 | 21 | 0 | 570 |
| | 9 | 0.53 | 13.8 | 11.2 | E110 | 9 | 0 | 829 | 0 | 0 | 19 | 0 | 586 |
| 平均値 | 0.50 | 13.8 | 10.8 | - | 11 | 19 | 1011 | 412 | 1 | 20 | 57 | 488 | |
| 腐れ材 | 1 | 0.50 | 13.3 | 9.6 | E90 | 54 | 12 | 5350 | 216 | 0 | 19 | 0 | 401 |
| | 2 | 0.51 | 18.1 | 9.2 | E90 | 37 | 0 | 3647 | 0 | 0 | 26 | 0 | 766 |
| | 3 | 0.54 | 19.8 | 10.1 | E110 | 30 | 0 | 2671 | 0 | 14 | 27 | 962 | 1582 |
| | 平均値 | 0.52 | 17.0 | 9.6 | - | 40 | 4 | 3889 | 72 | 5 | 24 | 321 | 916 |
| 入皮材 | 1 | 0.55 | 15.7 | 11.0 | E110 | 12 | 0 | 111 | 0 | 0 | 14 | 0 | 224 |
| | 2 | 0.52 | 11.3 | 9.5 | E90 | 41 | 0 | 3689 | 0 | 0 | 15 | 0 | 417 |
| | 3 | 0.48 | 16.5 | 10.9 | E110 | 59 | 0 | 2176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 平均値 | 0.52 | 14.5 | 10.5 | - | 38 | 0 | 1992 | 0 | 0 | 10 | 0 | 214 |

a) 製材品の幅方向

2.2 部分圧縮試験の方法

部分圧縮試験は、材中間部におけるめり込みを想定した標準的な試験方法⁴⁾に準拠して行った。図2に示すように東京衡機製造所製実大木材強度試験機を用いて、試験体の上下に長さ180mm、幅90mm、厚さ30mmの加圧板を置いて試験体の長さの中央を加圧した。これまで一般的には、JISでの小試験体や実大試験体について加圧板は上部のみの片面加圧で多くの部分圧縮試験が実施されている。加圧板を上下に設置する両側加圧と片面加圧を比較すると、めり込み強さは同等の値を示し、めり込み剛性は後者の方が加圧面の影響を受けやすいため高い値を示す⁵⁾。このような試験方法による測定結果の違いをなくすために、実大試験体の標準的な試験方法が提案されることになった。そこで、本試験ではこの標準的な試験方法を採用した。めり込み変位は試験体の左右2ヶ所に設置した精度1/200mmの(株)東京測器研究所製ひずみゲージ式変位計CDP-50を用いて測定し、その平均値を用いた。また、精度1/4000の(株)東京測器研究所製ひずみゲージ式圧力計PW-300を用いて油圧圧力を測定して荷重を

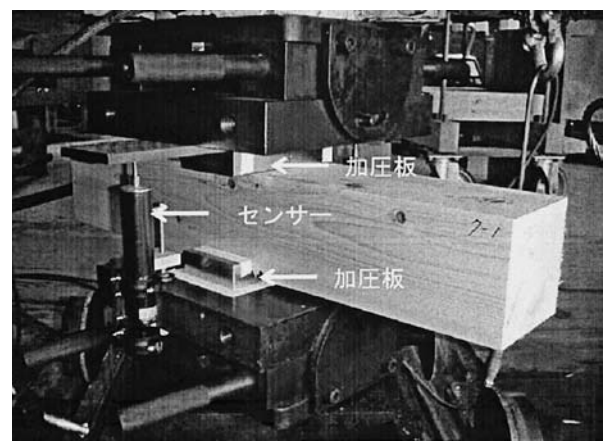


図2 部分圧縮試験

求めた。加力はめり込み変位が20mmを超えるまで行った。以上の測定は(株)東京測器研究所製データロガーTDS-303を用いて1秒間隔の設定で行った。

図3に強度性能の求め方を示す。まず、荷重-めり込

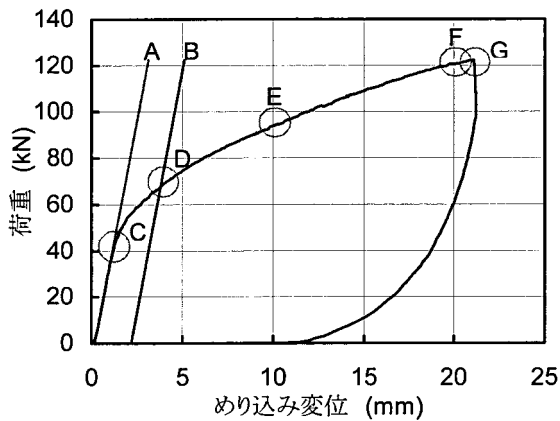


図3 強度性能の求め方

A:直線部分 B:Aに変位を2mm加えた直線 C:比例限度
D:降伏点 E:変位10mm F:変位20mm G:加力を中止して解圧

み曲線の直線部分(図中のA)の傾きを求め、これを試験体の幅 b および加圧板の幅 l (=90mm)で除してめり込み剛性とした。次に、この直線部分に変位を2mm加えた直線(B)と荷重-めり込み曲線との交点の荷重(D)を求め、これを bl で除してめり込み降伏強さとした。また、試験体が破壊した荷重あるいはめり込み変位が20mmにおける荷重(F)の小さい方を求め、これを bl で除してめり込み強さとした。

3. 結果と考察

3.1 部分圧縮試験の結果

図4-1~4-4に部分圧縮試験における荷重-めり込み曲線および試験体を示す。すべての試験体において、変位が約1mmまではめり込み変位に比例して荷重が増加し、荷重が降伏した後は、荷重は増加が少なくなるがほぼ一定した増加を続けた。めり込み強さを決定する基準であるめり込み変位20mmにおいては、多くの試験体で継続した荷重の増加が認められた。一部の試験体では、変位11~19mmにおいて木口割れあるいは材面割れが発生して荷重が一旦低下したが、その後は荷重が増加した。

表2に部分圧縮試験の結果、表3に部位による比較を示す。虫害材において、虫害部分と節部分および無欠点部分を比較すると、めり込み比例限度、めり込み降伏強さおよびめり込み強さは節部分が最も高く、次いで虫害部分、無欠点部分の順であった。曲げ強さや引張強さ等の一般的な木材の強度性能においては、節は他の欠点と

ともに木材の強度性能を低下させる原因となる。しかし、めり込み強さに関しては節部分の強度性能は無欠点部分のそれよりやや大きくなる傾向が認められた。また、虫害部分そのものはめり込み性能が低下していると考えられるが、虫害は節の周辺に発生するため、これらを合わせた性能としては無欠点部分よりもやや高い性能を示すと考えられる。めり込み剛性では、節部分、虫害部分および無欠点部分はほぼ同等の性能を示した。

腐れ材において、腐れ部分のめり込み性能は、無欠点部分のその0.88~1.08倍となり、3体中2体で無欠点部分よりも低くなった。腐れ材については、腐れが顕著な場合にはめり込み性能が大きく低下すると考えられるので注意が必要である。

入皮材において、入皮部分のめり込み性能は、無欠点部分のその1.03~1.37倍となり、3体中2体で無欠点部分よりも高くなった。入皮材については、節部分と同様にめり込み性能はやや高くなるといえる。

ヒノキ材の材中間部におけるめり込みに関する基準強度は、めり込み降伏強さが $5.2\text{N}/\text{mm}^2$ 、めり込み強さが $7.8\text{N}/\text{mm}^2$ 、めり込み剛性が $2.34\text{N}/\text{mm}^3$ である⁶⁾。虫害部分では、めり込み降伏強さおよびめり込み強さにおいて1体(試験体No.2)がこの基準値を下回った。これは後述するように試験体の密度が低いことによるものであると考えられる。腐れ部分および入皮部分では、すべての試験体がこれらの基準強度を上回った。

3.2 めり込み性能の各種要因

図5に無欠点部分におけるめり込み強さと密度およびヤング係数との関係を示す。無欠点部分のめり込み強さおよびめり込み降伏強さは密度とともに増大する傾向が認められた。めり込み強さでは1体、めり込み降伏強さでは2体が基準強度を下回ったが、これらの試験体は密度が最も低いものであった。しかし、ヤング係数との関係ではめり込み強さはほぼ一定の強さを示した。

図6に無欠点部分におけるめり込み剛性と密度およびヤング係数との関係を示す。無欠点部分のめり込み剛性は密度とともに増大したが、ヤング係数との関係ではほぼ一定の値を示した。

図7に節部分と無欠点部分のめり込み性能の比を示す。ここでは、節の幅を試験体の幅で除した値を節径比、節の面積を加圧面の面積で除した値を節面積比と定義した。めり込み強さの比は節面積比の増加とともにやや増加する傾向が認められた。しかし、めり込み降伏強さおよびめり込み剛性の比はほぼ一定の値を示した。また、節径比との関係では、同様にめり込み強さの比は増加す

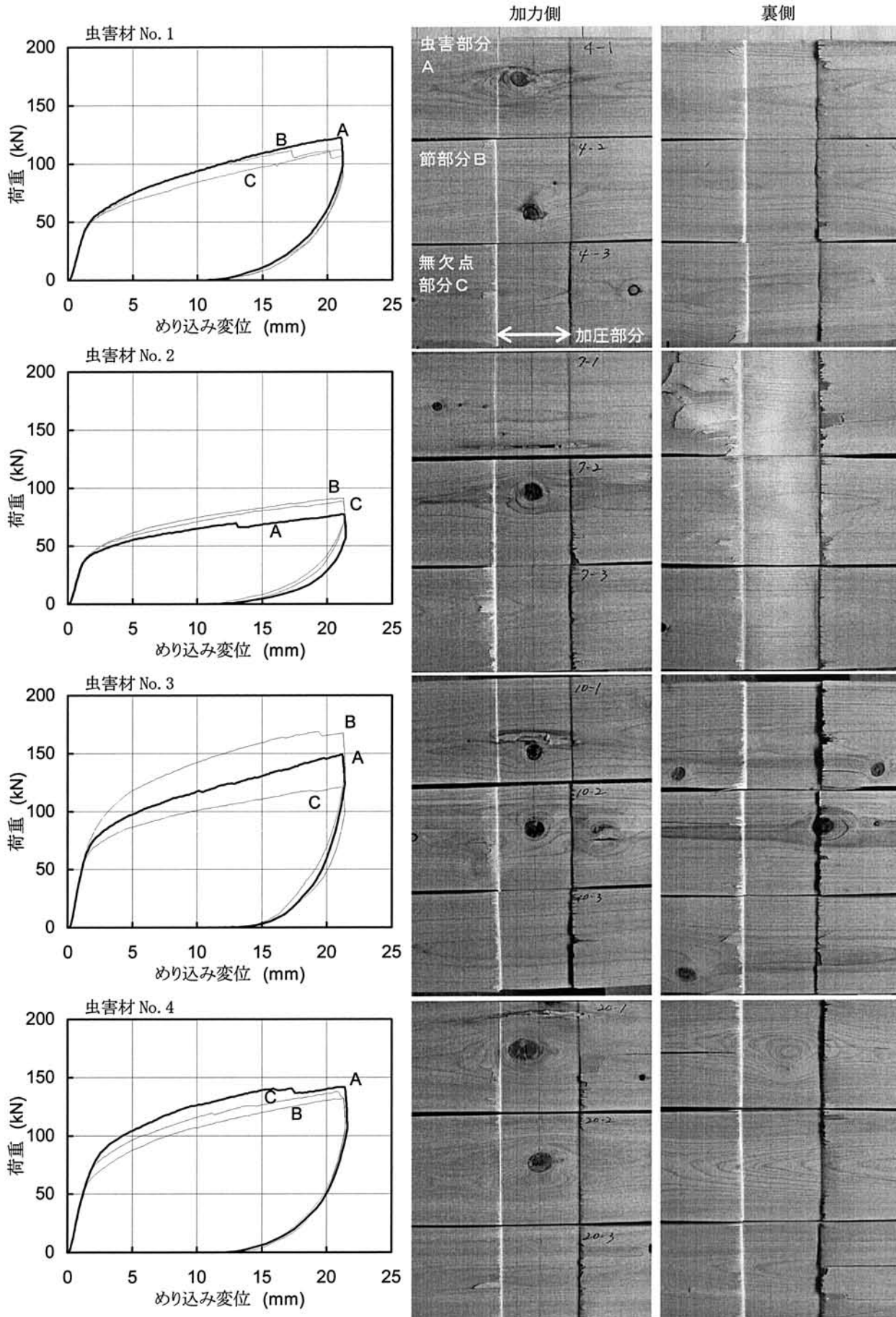


図4-1 部分圧縮試験の荷重—めり込み曲線および試験体

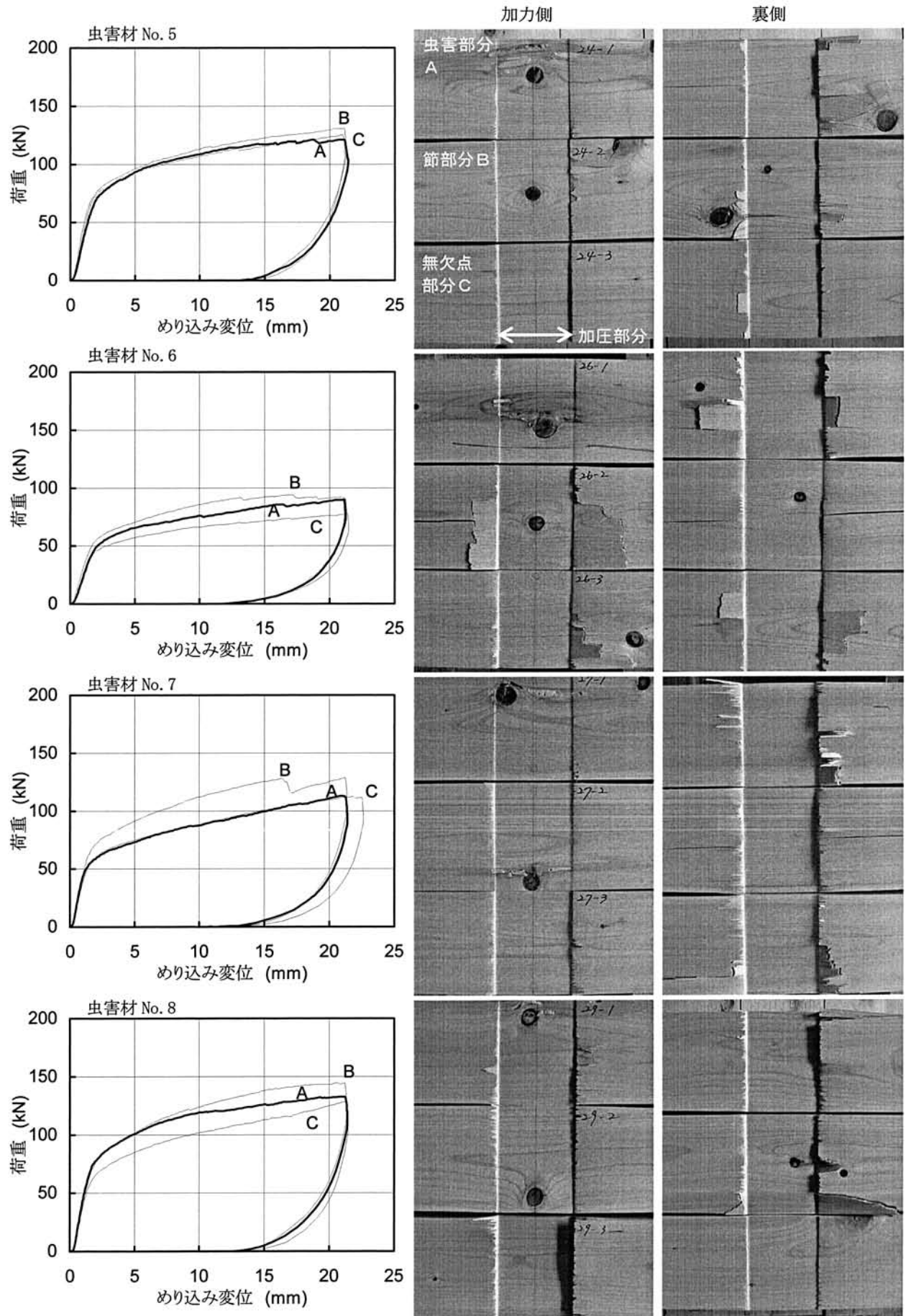


図4-2 部分圧縮試験の荷重-めり込み曲線および試験体

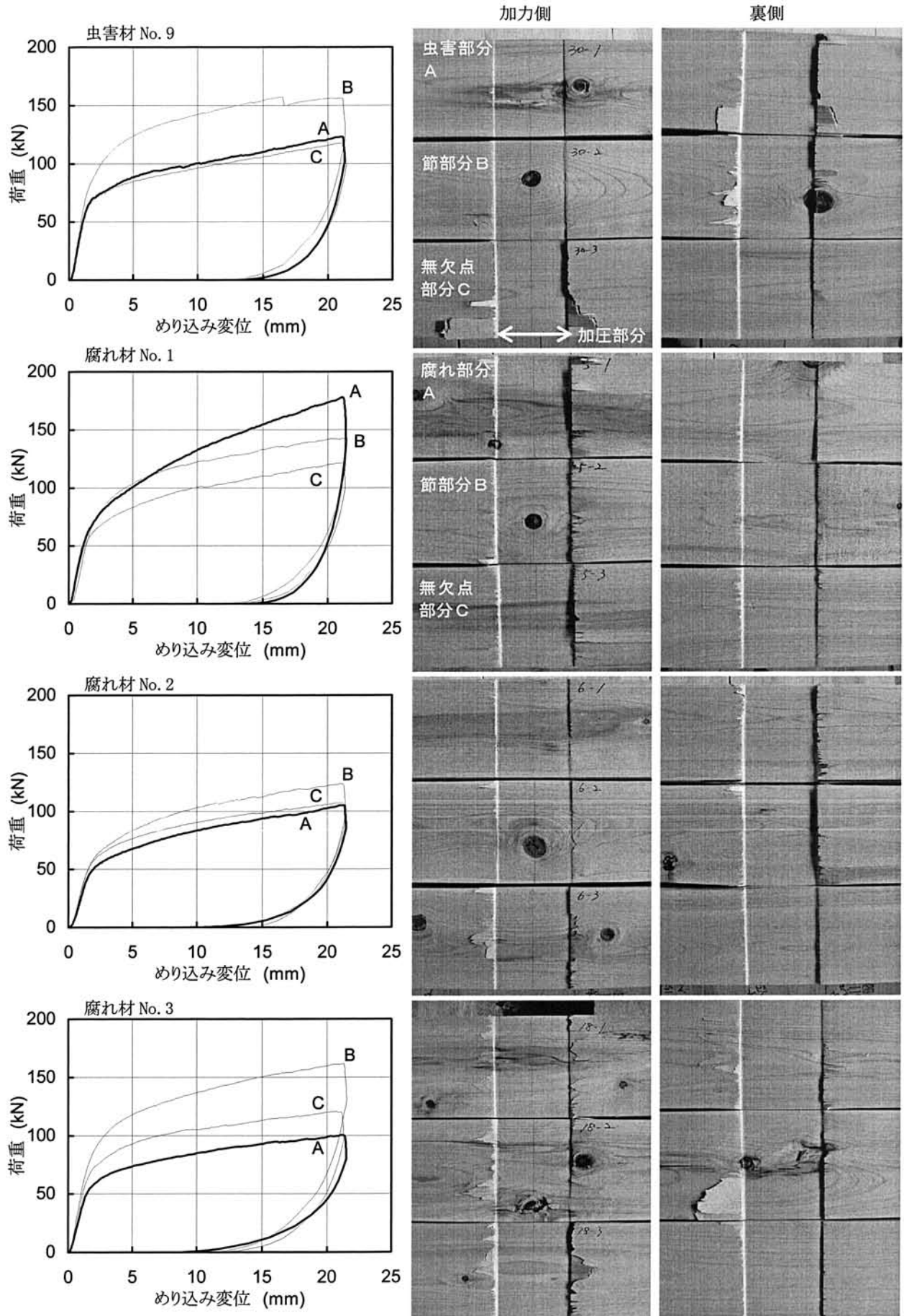


図4-3 部分圧縮試験の荷重—めり込み曲線および試験体

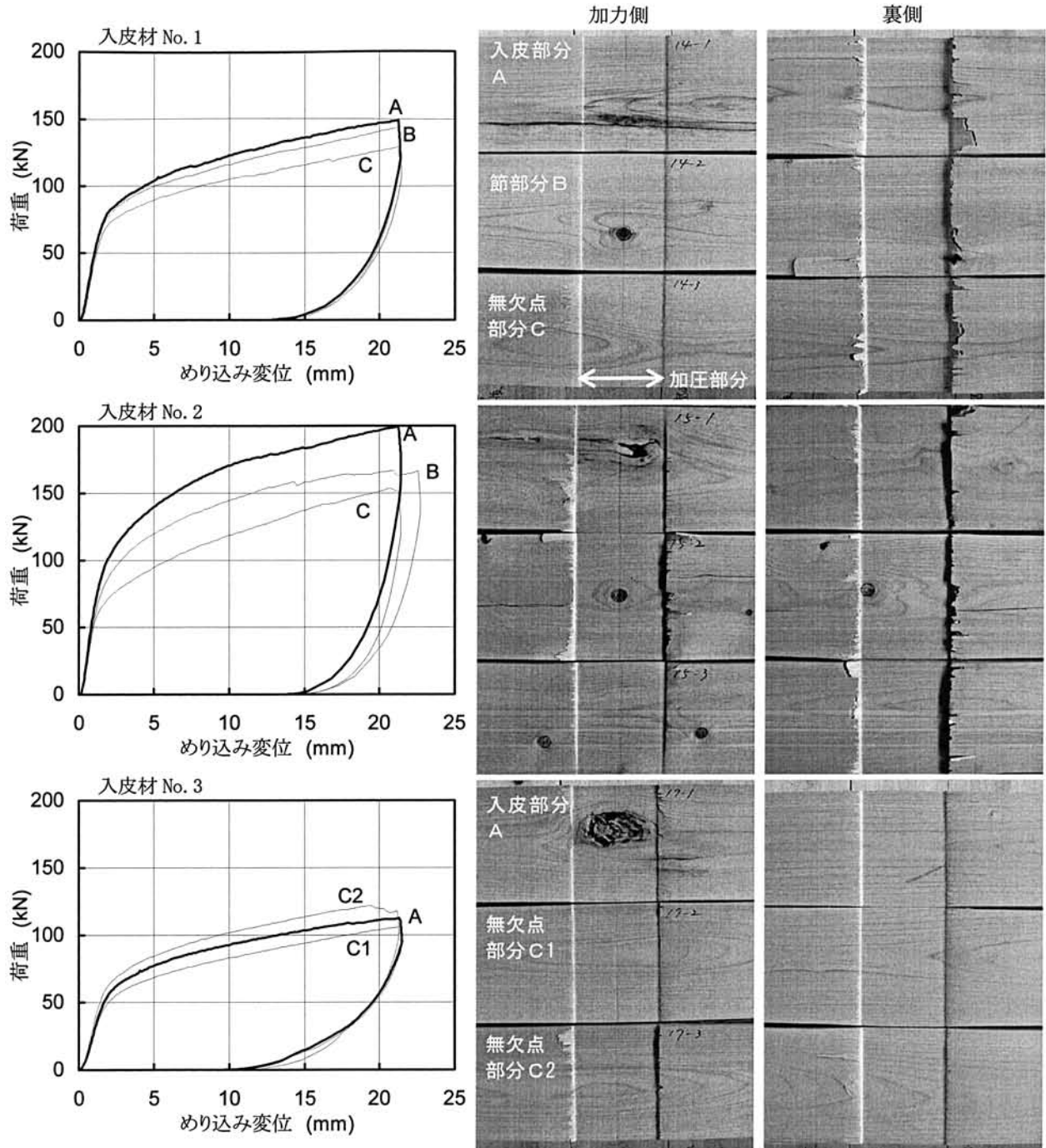


図4-4 部分圧縮試験の荷重—めり込み曲線および試験体

る傾向があるが、めり込み降伏強さおよびめり込み剛性の比はほぼ一定の値を示した。曲げ強さや引張強さにおける節の影響については、節径比に比例して強さが減少するが、めり込み性能に関しては、節径比よりも節面積比との相関が高いと考えられる。

図8に虫害部分と無欠点部分のめり込み性能の比を示す。ここでは、虫害の幅に節の幅を加えて試験体の幅で除した値を虫害径比、虫害の面積に節の面積を加えて加圧面の面積で除した値を虫害面積比と定義した。虫害面積比に関しては、めり込み強さ、めり込み降伏強さおよ

びめり込み剛性の比との関係は認められなかった。虫害径比との関係では、虫害径比が増加するとともにめり込み強さおよびめり込み降伏強さの比が増加する傾向が認められた。虫害材については、虫害箇所は木材の繊維方向に細長く発生するケースが多いため、虫害径比との関係が成立するのではないかと考えられる。

以上より、虫害材のめり込み性能は無欠点部分と同等の値を示したため、虫害材を土台として使用しても強度性能における問題はないと考えられる。

表2 部分圧縮試験の結果

| 欠点の種類 | 試験体 | めり込み 比例限度 (N/mm ²) | めり込み 降伏強さ (N/mm ²) | めり込み 変位10mm (N/mm ²) | めり込み 強さ (N/mm ²) | めり込み 剛性 (N/mm ³) |
|-------|-----|--------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| 虫害 | 虫害 | 3.10 | 7.04 | 9.06 | 10.66 | 4.73 |
| | 節 | 3.22 | 7.67 | 10.07 | 11.56 | 4.87 |
| | 無欠点 | 2.88 | 6.56 | 8.43 | 10.13 | 4.94 |
| 腐れ | 腐れ | 3.23 | 6.82 | 9.16 | 11.37 | 4.14 |
| | 節 | 3.55 | 8.74 | 11.02 | 12.87 | 4.79 |
| | 無欠点 | 3.08 | 7.13 | 8.98 | 10.48 | 4.69 |
| 入皮 | 入皮 | 3.90 | 9.00 | 11.72 | 13.81 | 5.72 |
| | 節 | 3.72 | 9.21 | 11.90 | 13.96 | 6.22 |
| | 無欠点 | 2.85 | 7.21 | 9.60 | 11.81 | 5.47 |

表3 部位による比較

| 欠点の種類 | 試験体 | めり込み 比例限度 | めり込み 降伏強さ | めり込み 変位10mm | めり込み 強さ | めり込み 剛性 |
|-------|--------|--------------|--------------|----------------|------------|------------|
| 虫害 | 虫害/節 | 0.99 | 0.93 | 0.91 | 0.93 | 0.97 |
| | 虫害/無欠点 | 1.10 | 1.07 | 1.07 | 1.05 | 0.96 |
| | 節/無欠点 | 1.12 | 1.17 | 1.20 | 1.14 | 0.99 |
| 腐れ | 腐れ/節 | 0.93 | 0.79 | 0.84 | 0.89 | 0.87 |
| | 腐れ/無欠点 | 1.08 | 0.96 | 1.02 | 1.08 | 0.88 |
| | 節/無欠点 | 1.18 | 1.22 | 1.22 | 1.23 | 1.02 |
| 入皮 | 入皮/節 | 1.12 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.08 |
| | 入皮/無欠点 | 1.37 | 1.24 | 1.20 | 1.15 | 1.03 |
| | 節/無欠点 | 1.33 | 1.22 | 1.16 | 1.11 | 0.99 |

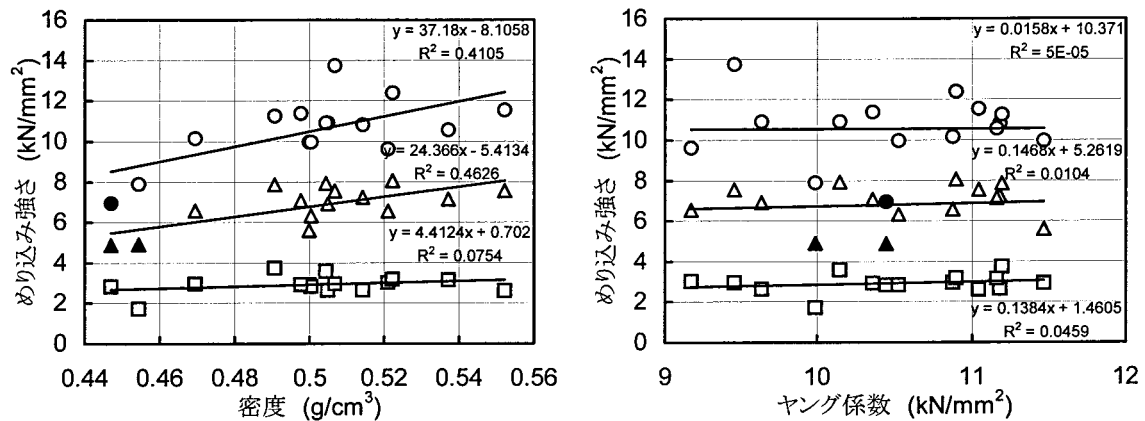


図5 無欠点部分におけるめり込み強さと密度およびヤング係数との関係

○：めり込み強さ、△：めり込み降伏強さ、□：めり込み比例限度、黒色のプロットは基準強度を下回った試験体

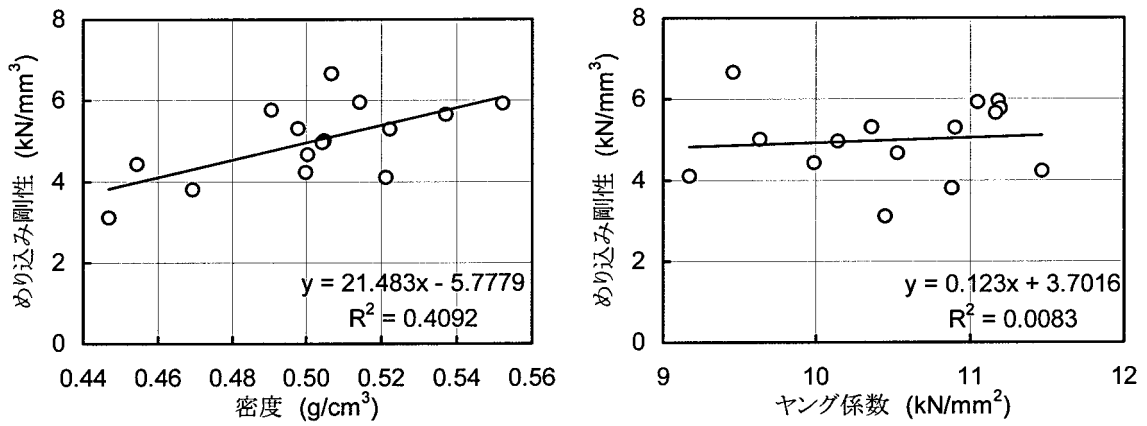


図6 無欠点部分におけるめり込み剛性と密度およびヤング係数との関係

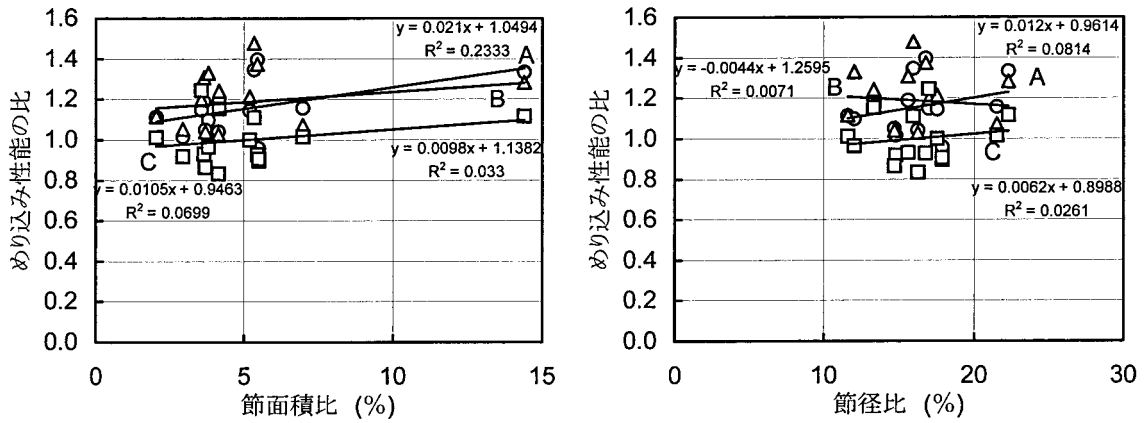


図7 節部分と無欠点部分のめり込み性能の比

○A：めり込み強さ、△B：めり込み降伏強さ、□C：めり込み剛性

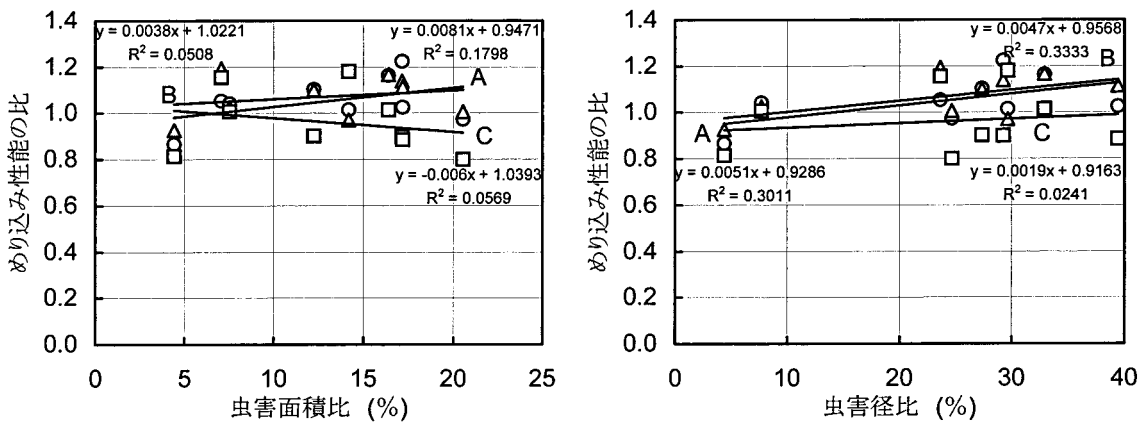


図8 虫害部分と無欠点部分のめり込み性能の比

○A、△B、□C：図7参照

4. 引用文献

- 1) 吉野安里、橋爪丈夫、伊藤嘉文、小島和夫、武田芳夫：
スギノアカネトラカミキリ被害材の材質試験. 長野
県林業総合センター業務報告, 72-73 (2001)
- 2) 岸 久雄、並木勝義、中山伸吾：スギ・ヒノキ穿孔
性害虫被害材の有効利用技術の開発研究：アリクイ
材の物性とその活用研究. 三重県科学技術振興セン
ター林業研究部業務報告書, 43, 15 (2006)
- 3) 徳田迪夫、内迫貴幸、鈴木直之、黄瀬 稔、高田裕
市：スギノアカネトラカミキリによって損傷を受け
たスギおよびヒノキ材の市場価値向上の方策（第1
報）：被害木の曲げ性能および材色変化. 木材工業, 64
(7), 318-323 (2009)
- 4) 日本住宅・木材技術センター：“構造用木材の強
度試験法”. 東京, 日本住宅・木材技術センター,
2000, p.40-43.
- 5) 井道裕史、長尾博文、加藤英雄：試験条件の違いが
ベイマツ実大材のめり込み性能に及ぼす影響. 森林
総合研究所研究報告, 3 (4), 349-363 (2004)
- 6) 日本建築学会：“木質構造限界状態設計指針（案）・
同解説”. 東京, 日本建築学会, 2003, p.362.
(2010年3月2日受理)