Ⅲ－１

平成 21 年度林野庁補助事業　２×４住宅部材の開発事業

「　地域材の２×４住宅部材を用いる木質接着複合パネル（木質プレハブ・木造用）の開発」事業成果報告書

平成 23 年 2 月 28 日

全国木材協同組合連合会
エス・バイ・エル株式会社

平成 22 年度林野庁補助事業

2x4 住宅部材開発事業
事業成果報告書

平成２３年２月

エス・バイ・エル株式会社

目次

1．はじめに 4
2．国産材の利用可能性 5
2.1　国産材に関する状況 5
2.2　林業、木材産業、建築関係の施策の動向 6
2.2.1　森林・林業再生プラン 6
2.2.2　公共建築物木材利用促進法 6
2.2.3　国産枠組壁工法構造用製材の資源量 6
3．木質接着複合パネルについて 8
3.1　木質接着複合パネルとは 8
3.2　木質接着複合パネルの法律的位置づけ 8
4．木質接着複合パネルに用いる材料の試験 11
4.1　国産・地域産材の調査 11
4.2　調達材料 11
4.3　材料の強度検査 12
4.3.1　強度検査のプロセス 12
4.3.2　試験結果 13
4.4　部材の曲げ試験 14
4.4.1　試験概要 14
4.4.2　試験体 15
4.4.3　その他の計測、性能値の算出等 17
4.4.4　試験結果 18
5．構造部材の試験 43
5.1　壁パネル試験①　－面内せん断試験－ 43
5.1.1　試験概要 43
5.1.2　試験結果 47
5.2　壁パネル試験②　－壁の圧縮試験－ 51
5.2.1　試験概要 51
5.2.2　試験結果 55
5.3　床パネルの試験　－パネル類の面外曲げ試験－ 57
5.3.1　試験概要 57
5.3.2　試験結果 60
6．まとめ 63

１．はじめに

木質プレハブ工法で使用する木質接着複合パネル（以下（接着パネル）という。）の枠組材は、接着パネルの基準強度等を確保するために外国産材枠組壁工法用製材を用いてきたが、近年国産材の活用による循環形社会形成等の機運が高まりつつある中で、接着パネルの特性に適合した国産材を選別してその活用を図ることが重要な課題となってきた。

そこでこの事業を通じ、従来の接着パネルの生産技術や品質管理等のノウハウを元に、国産材を用いる接着パネルの強度試験を実施し、技術的データの収集・整備を行い国産材利用の可能性の検討を行った。

本事業で行った内容は以下の通りである。

① 国産材の調査
② 機械を用いた材料の強度検査による国産材の評価・選定
③ 国産材を用いた接着パネルの製作
④ 接着パネルの強度試験

２．国産材の利用可能性

2.1　国産材に関する状況

我が国の森林のうち、約 1,000 万 ha は戦後を中心に植林されたスギ・ヒノキ等の人工林であり、伐採して木材として利用可能となるおおむね 50 年生以上の高齢級の人工林が年々増加している。高齢級の人工林は、2006 年度末時点では人工林面積の 35%を占めるにすぎないが、現状のまま推移した場合、10 年後には 6 割にまで増加すると見込まれている。50 年生（＝10 齢級）以上の人工林の蓄積量の変化を、図 2-1 に示す。

林野庁が取りまとめた平成 21 年の木材需給表（用材部門）によると、総需要量は 6,321 万 m^3 で、前年と比べて 18.9%減少した。国内生産量は 7 年ぶりに減少し、1,758 万 7 千 m^3 で 6.1%の減、輸入量は 4,562 万 2 千 m^3 で 23.0%と大幅な減少となり、この結果、自給率は 3.8 ポイント上昇して、27.8%となった。近年は、総需要量の減少よりも輸入量の減少が大きいので、木材自給率自体は増加傾向にあるが、依然として 7 割以上を輸入に依存している状況がある。

しかしながら、中国等の新興経済国における木材需要の増大や、主要な木材輸出国であるロシアにおいて輸出丸太の関税引き上げの動きなどがあり、今後もこれまでのように木材を輸入できるかどうかは不透明になってきている。

一方で、国内では国産材専門の大規模製材工場や合板工場が増加しており、これらの工場に原木を安定的に供給することが求められている。また、森林・林業分野は、未来の成長分野として雇用の創出にも強い期待が寄せられている。さらに、京都議定書に基づく温室効果ガスの削減目標達成には、間伐等の森林整備が不可欠で、その結果出材される国産材の利用拡大が求められている。

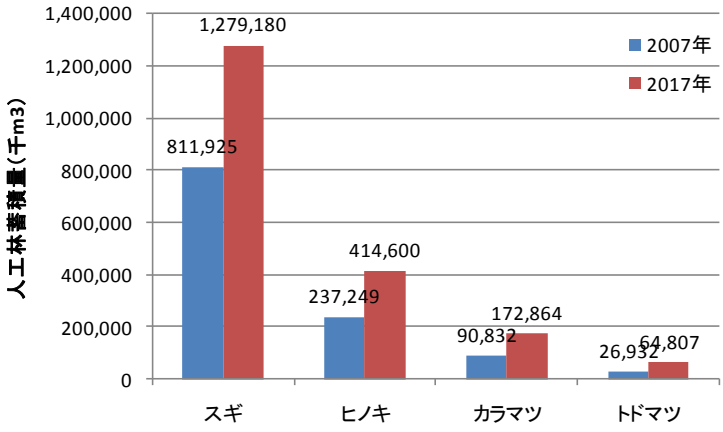


図 2-1　10 齢級以上の人工林の蓄積量変化

※「森林資源の現況（平成 19 年 3 月 31 日現在、林野庁）」を基に作成

2.2　林業、木材産業、建築関係の施策の動向

2.2.1　森林・林業再生プラン

2009 年 12 月に農林水産省は、日本の森林・林業を再生していく指針となる「森林・林業再生プラン」を策定した。この中で、目指すべき姿を「10 年後の木材自給率 50%以上」としている。実現に向け、推進本部に 5 つの検討委員会を設けて、制度的・実践的課題の検討を行っているところだが、その手段として国産材住宅の推進も大いに期待されている。

2.2.2　公共建築物木材利用促進法

平成 22 年 5 月に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が成立し、同年 10 月 1 日から施行された。木を使うことによって、森を育て、林業の再生を図ることが急務となっている状況を踏まえ、現在、木造率が低く（平成 20 年度 7.5%床面積ベース）今後の需要が期待できる公共建築物にターゲットを絞って、国が率先して木材利用に取り組むことを定めたものである。また、地方公共団体や民間事業者にも国の方針に即して主体的な取り組みを促し、住宅など一般建築物への波及効果を含め、木材全体の需要を拡大することをねらいとしている。

2.2.3　国産枠組壁工法構造用製材の資源量

国産材から枠組壁工法構造用製材（以下 2×4 材又は 2×6 材）を製材する場合、丸太の径と木取りによって歩留まりが大きく異なる。丸太の中心部（直径 10cm 程度）は未成熟材なので、この部分からは 2×4 材、2×6 材を取ることができない。なお、軸組工法用柱材の場合は、未成熟部分を包み込むように製材できるので、中心部分も余すところなく利用できる。1 本の丸太から枠組壁工法用材のみを製材する場合、丸太の径に応じて図 1-2 のような木取りが考えられる。これを見ると、中心部を避けているために、なかなか製材歩留まりが高くならないことがわかる。製材歩留まりを上げるために、軸組工法用材との混合木取りが検討されてきた（日本住宅・木材技術センター　調査等 2）～3)）が、普及しているとは言い難い。

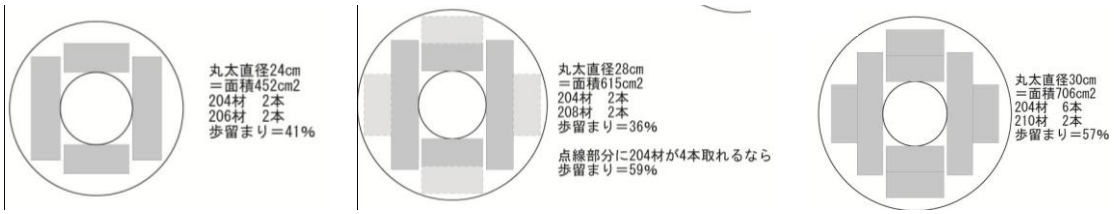


図 2-2　丸太の直径と枠組壁工法用材の木取り・歩留まり

※1　未乾燥材の規格寸法に基づいて算出

（2×4 材：40×90㎜、2×6 材：40×143㎜、2×8 材：40×190㎜、210 材：40×241㎜）

※2　中心から半径 50㎜ 以内は用いないこととした。

このように、実際の利用には木材全体の蓄積量だけでなく、どのような径級の丸太が得られるかを把握することが重要となる。そこで、スギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツの各樹種について、2007 年時点での径級別人工林蓄積量・素材生産予測量を推計した（表 2-1）。ここでは、スギ・ヒノキは人工林の蓄積量を示し、カラマツ・トドマツは間伐施業指針にそって適切な時期に間伐が行われていることを前提として、実際に生産される素材量を示していることに注意されたい。

表 2-1　2007 年時点での径級別人工林蓄積量・素材生産予測量

径級	人工林蓄積量		素材生産予測量	
	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ
20～28cm	－	－	1,478	1
24～28cm	299,465	83,743	－	－
30cm～	83,454	33,193	262	0

※「森林資源の現況（平成 19 年 3 月 31 日現在、林野庁）」

「林政審議会資料（2006 年 6 月 27 日）」

「カラマツ人工林からの径級別素材生産予測：石河周平、林産試だより、2001 年 5 月号」

「トドマツ人工林材を上手に使うために」大久保勲、林産試だより、1998 年 5 月号」を基に作成

現在は、資源量や径級の問題から、国産材では 2×6 材、2×8 材が多く取れないが、10 年後にはより大径の丸太が出てくるので採材可能になると考えられる。また、現在は主にスギ材の活用が注目されているが、10 年後にはヒノキの蓄積量も増え、その活用が問題になってくると思われる。

なお、枠組壁工法構造用製材等の基準強度の樹種区分では、スギ、ヒノキが SPF より小さいという問題点が指摘されている。これに関連して、「枠組壁工法住宅部材の開発事業」において、国産材製材協会が国産スギ、ヒノキ、カラマツの枠組壁工法住宅部材開発のための強度測定を行い、データ収集する事業が採択されている。

３．木質接着複合パネルについて

3.1　木質接着複合パネルとは

一般的に「ストレストスキンパネル」と呼ばれる木質接着複合パネルは木造住宅の一つの構造要素として扱われている。ストレストスキンパネルは枠組材と合板を接着一体化することで得られるフランジ効果により、縦方向や横方向からの荷重に対し強い耐力を発揮する。

3.2　木質接着複合パネルの法律的位置づけ

現在、法律で定めている木質接着複合パネルに関する内容を表 3-1～3-3 に示した。

表 3-1　建築基準法関係告示

○　建築基準法関係告示第１４４６号 建築基準法（昭和 25 年法律第 201 号）第 37 条の規定に基づき、建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格及び品質に関する技術的基準を次のように定める。 第1　建築基準法（以下「法」という。）第 37 条の建築物の基礎、主要構造部その他安全上、防火上又は衛生上重要である部分に使用する建築材料で同条第一号又は第二号のいずれかに該当すべきものは、次に掲げるものとする。 十三　木質接着複合パネル（製材、集成材、木質接着成形軸材料その他の木材を使用した枠組に構造用合板その他これに類するものを接着剤により複合構成したパネルをいう。以下同じ。）

表 3-2　品質基準及びその測定方法等

建築材料の区分	品質基準	測定方法等
第1第十三号に掲げる建築材料	一　寸法の基準値が定められていること。	一　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第一号に掲げる方法によること。
	二　各部の品質が定められていること。各部相互を接着する接着剤について、その品質がJIS K6806（水性高分子－イソシアネート系木材接着剤）－1995に規定する1種1号に適合する接着剤と同等以上に接着の性能を維持させることができるものを用いていること。	二　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第二号に掲げる方法によること。
	三　面内圧縮の応力が生ずる部分に用いる場合にあっては、面内圧縮強さの基準値が定められていること。	三　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第三号に掲げる方法によること。
	四　面外曲げ強さ及び曲げ弾性係数の基準値が定められていること。	四　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第四号に掲げる方法によること。
	五　せん断の応力が生ずる部分に用いる場合にあっては、せん断耐力及びせん断剛性の基準値が定められていること。	五　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第六号に掲げる方法によること。
	六　湿潤状態となるおそれのある部分に用いる場合にあっては、第四号に規定する面外曲げ強さ及び曲げ弾性係数に対する含水率の調整係数が定められていること。	六　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第八号に掲げる方法によること。この場合において、同号中「有機発泡剤及び当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの」とあるのは、「当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの及び枠組材」と、「（は）欄第四号」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第四号」とそれぞれ読み替えるものとする。
	七　第三号に規定する面内圧縮強さ及び第四号に掲げる面外曲げ強さに対する荷重継続時間の調整係数が定められていること。	七　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第九号に掲げる方法によること。この場合において、同号中「面内圧縮強さ、面外曲げ強さ及びめりこみ強さ」とあるのは、「面内圧縮強さ及び面外曲げ強さ」と、「有機発泡剤及び当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの」とあるのは、「当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの及び枠組材」と、「（は）欄第八号イ」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第六号イ」と、「（は）欄第三号から第五号まで」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第三号及び第四号」とそれぞれ読み替えるものとする。
	八　第四号に規定する曲げ弾性係数に対するクリープの調整係数が定められていること	八　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第十号に掲げる方法によること。この場合において、同号中「有機発泡剤及び当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの」とあるのは、「当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの及び枠組材」と、「（は）欄第八号イ」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第六号イ」と、「（は）欄第四号」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第四号」と、「（ろ）欄第八号」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（ろ）欄第六号」と、「（ろ）欄第九号」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（ろ）欄第七号」とそれぞれ読み替えるものとする。
	九　第三号に規定する面内圧縮強さ、第四号に規定する面外曲げ強さ及び曲げ弾性係数に対する事故的な水掛りを考慮した調整係数が定められていること。	九　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第十一号に掲げる方法によること。この場合において、同号中「面内圧縮強さ、面外曲げ強さ、曲げ弾性係数及びめりこみ強さ」とあるのは、「面内圧縮強さ、面外曲げ強さ及び曲げ弾性係数」と、「有機発泡剤及び当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの」とあるのは、「当該建築材料の表層面に用いる構造用合板その他これに類するもの及び枠組材」と、「（は）欄第八号イ」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第六号イ」と、「（は）欄第三号から第五号まで」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（は）欄第三号及び第四号」とそれぞれ読み替えるものとする。
	十　防腐処理による力学特性値の低下率の基準値が定められ、かつ、防腐処理に用いる木材防腐剤の名称が明らかにされていること。この場合において、注入処理による場合にあっては、当該木材防腐剤の有効成分の含有量の基準値が定められていること	十　第1第十二号に掲げる建築材料の項（は）欄第十三号に掲げる方法によること。この場合において、同号中「（ろ）欄第三号から第六号まで」とあるのは、「第1第十三号に掲げる建築材料の項（ろ）欄第三号から第五号まで」と読み替えるものとする。

表 3-3　検査項目及び検査方法

建築材料の区分	検査項目	検査方法
第1第十三号に掲げる建築材料	別表第2（ろ）欄に規定する品質基準のすべて	一　各部の種類、接着剤の種類又は生産方法の条件が異なるごとに別表第2（は）欄に規定する測定方法等によって行う。ただし、当該建築材料ごとの面内圧縮強さ、面外曲げ強さ、曲げ弾性係数、せん断耐力及びせん断剛性（以下この号において「各力学特性値」という。）並びに調整係数による各力学特性値の低減の度合を考慮して、代表的な品質基準に係る測定方法等により当該建築材料の品質を確保することができる場合においては、この限りでない。 二　形状・寸法の検査は、資材の受入時に、資材の納品書、検査成績書又は試験証明書等の書類によって行う。

４．木質接着複合パネルに用いる材料の試験

4.1　国産・地域産材の調査

本事業において国産材製材メーカーと打ち合わせを行い、6 社（４樹種合計 13 アイテム）の調達を決定した。２×４材製造に対応不可能、既存の取引先が有り対応不可能、林野庁事業（枠組壁工法開発事業）に国産材製材協会の一員として参加しており対応不可能とするメーカーを除き６社に決定した。

栃木県産材（ヒノキ、スギ）、岡山県産材（ヒノキ、スギ）はエス・バイ・エル㈱山口工場で、その他の部材はエス・バイ・エル㈱つくば工場へ納入し強度検査を行った。

4.2　調達材料

調達した材料は以下に示す。

・日本各地の７産地・４樹種（計 13 種）を対象

・産地・樹種毎に 275～400 本

・寸法：38×89×3000 ㎜（2×4 材）

表 4-1. 強度検査による評価・選定を実施

産地	栃木		岡山		三重		神奈川	岩手	長野			北海道	
樹種	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	スギ	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	カラマツ

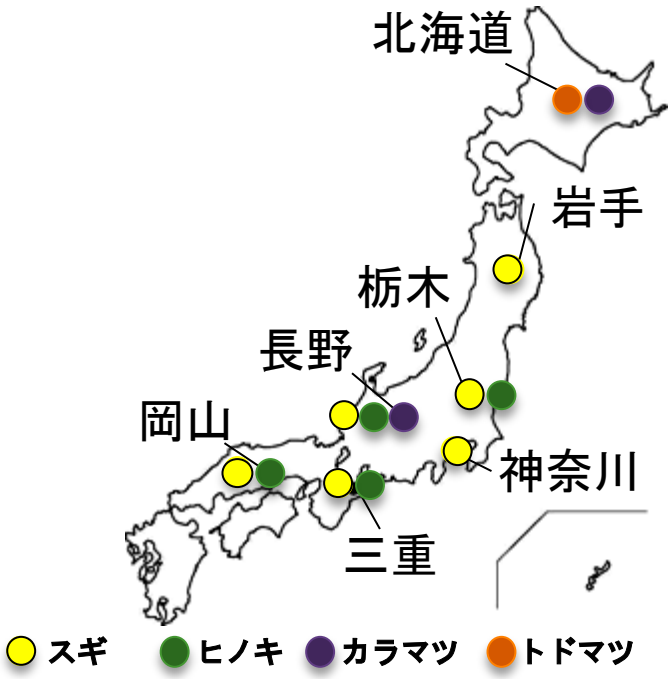


図 4-1.　調達した地域

4.3　材料の強度検査

4.3.1　強度検査のプロセス

動的ヤング係数と含水率を短時間で測定・選別可能な機械で全数検査を実施した。工程検査を以下に示す。

表 4-2.　材料の強度検査工程

強度検査工程
①　含水率検査：木材の中央と両端の３箇所の含水率を計測し、平均が１９％超の材を除外。
②　目視検査：反りや、割れ等の不適合な材を除外
③　重量測定・見かけ密度
④　打撃検査・動的ヤング率

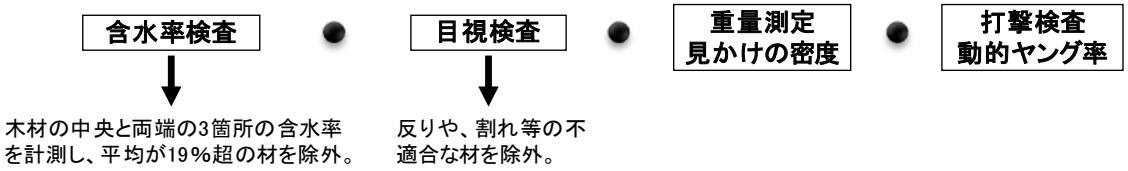


図 4-2.　試験体となる国産材（一部）

図 4-3.　機械による材料強度検査

4.3.2　試験結果

表 4-3.　試験結果

産地	樹種	試験体名 記号	検査数	平均含水率 （%）	合格率 （%）	平均 ヤング係数 （kN/mm^2）	強度の目安 (8.5kN)を満たす率 （%）
栃木	スギ	TS	320	13.3	94.1	6.9	8.4
	ヒノキ	TH	320	14.8	84.1	10.2	97.8
岡山	スギ	NS	400	6.9	92.5	6.2	2.8
	ヒノキ	NH	320	11.1	94.7	10.6	95.6
三重	スギ	MS	320	14.9	69.4	7.1	41.6
	ヒノキ	MH	320	14.7	90.0	11.2	93.1
神奈川	スギ	KS	320	13.4	59.4	6.6	12.8
岩手	スギ	IS	320	12.7	76.3	6.5	21.6
長野	スギ	NGS	320	19.5	46.3	7.2	24.7
	ヒノキ	NGH	320	8.9	68.1	9.5	72.8
	カラマツ	NGK	320	4.9	70.0	12.5	93.1
北海道	トドマツ	HT	313	13.1	88.8	9.0	63.6
	カラマツ	HK	275	12.4	67.3	9.0	64.0
合計（本）			4188				

ヒノキはスギと比較して目安のヤング係数（8.5ｋN）を満たす割合が高かった。そのうち、トドマツ、カラマツは高いヤング係数を示しているが、スギの場合はヤング係数を始め含水率でもばらつきが多く観測された。

この実験結果は限定された試験体を用いて得られた結果であるため、他の事業におけるデータとの検証を行う必要がある。

検査結果から、樹種、ヤング係数を考慮して、栃木（ヒノキ、スギ)、岡山（ヒノキ、スギ)、三重（ヒノキ)、神奈川（スギ)、長野（カラマツ)、北海道（トドマツ、カラマツ）を床・壁パネル実験の試験体として選定した。

4.4　部材の曲げ試験

4.3 で得られた打撃試験による動的ヤング係数と、破壊試験によるヤング係数と曲げ強度との関係を確認するため、部材の曲げ試験を行った。また、曲げ試験体にて、非破壊による含水率計測、平均年輪幅計測、節径の計測を行った。

4.4.1　試験概要

（１）　試験方法（木材曲げ試験）

図 4-3 に試験体設置図を示す。試験は信州大学工学部建築棟実験室　200kN アムスラー及び、長野県林業総合センター　50kN ミネベア木材曲げ試験機を用いて実施した。

計測方法について、荷重の測定はジャッキ先端に取り付けたロードセルを用い、変位の測定は中央に 100mm 変位計を設置して計測した。試験は単調載加で実施した。なお、スパン 1800mm の 3 等分点 4 点荷重方式で行った(図 4-4)。図 4-5 に試験風景を示す。

（２）　試験日時、場所

日時：平成 22 年 11 月 25 日(木)～29 日(月)

場所：信州大学工学部建築棟実験室　200kN アムスラー(島津製作所)

日時：平成 22 年 11 月 29 日（月）

場所：長野県林業総合センター　50kN ミネベア　（ミネベア㈱）

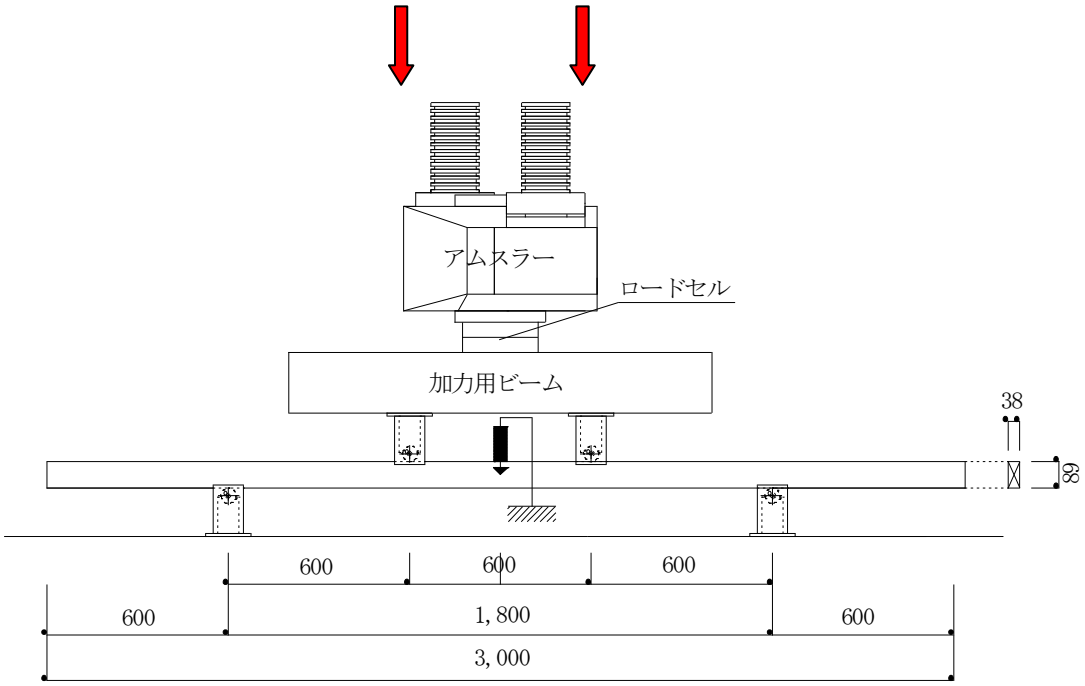


図 4-3　試験体設置図(寸法：mm)

図 4-4　試験風景

長野県林業総合センター　(左)、信州大学実験場　(右)

4.4.2　試験体

（１）試験体の選別

試験は、4.3 の検査を実施したもののうち、以下の地域と樹種について実施した。

試験体は、地域・樹種毎に動的ヤング係数の順に並び替え、なるべくばらつくように 32 本を選別した。

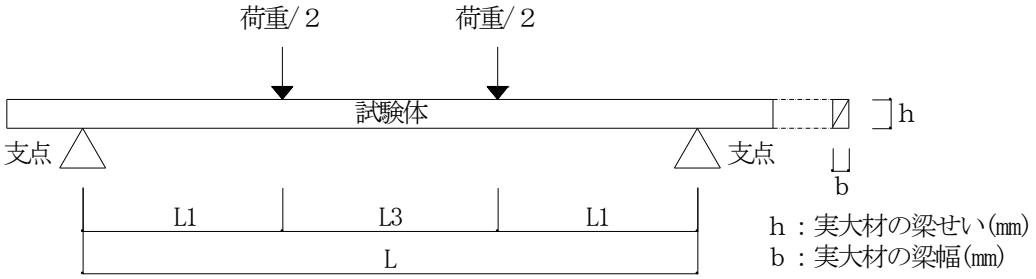
試験体寸法は 38×68×3000 ㎜である。

表 4-4. 試験体名

地域	樹種	試験体名 記号	試験体数 （本）	試験場所
北海道	カラマツ	HK	32	長野県林業 総合センター
	トドマツ	HT	32	
長野	カラマツ	NGK	32	
三重	ヒノキ	MH	20	
栃木	スギ	TS	33	信州大学
	ヒノキ	TH	33	
岡山	スギ	NS	32	
	ヒノキ	NH	32	

（２）スパンの決定

スパンの決定は、「枠組壁構法建築物構造設計指針 2007 年」の第Ⅴ編第 1 章の基準材料強度の評価に準拠し求めた。図 4-5 に枠組材の曲げの基準材料強度に関する試験の加力点間距離とスパンについて示す。また、表 4-5 に計算結果を示す。



L=L1×2+L3　　：スパン
L1＝(4.5～7.5)ｈ：支点から荷重点までの距離
L3＝(5～7)ｈ　　：荷重点間距離

図 4-5　枠組材の曲げの基準材料強度に関する試験のスパン

表 4-5　最小・最大加力点間距離とスパン計算結果

b (mm)	実大材の梁せい h (mm)	L=L1×2+L3 L(mm)	L1=(4.5～7.5)h L1(mm)	L3=(5～7)h L3(mm)	
38	89	1246	400.5	445	最小値
		1958	667.5	623	最小値

表 4-5 の結果より、スパンを 1800mm に決定した。

4.4.3　その他の計測、性能値の算出等

（１）曲げ強度

「枠組壁工法建築物構造設計指針 2007」に準拠し、以下の式で求めた。

曲げ試験強度= $\dfrac{P_b/2\times L_1}{Z}$

ここで Pb：最大荷重(kN)、L1：600mm　(図 4-4 参照)、Z：断面係数

（２）曲げヤング係数

「枠組壁工法構造用製材の日本農林規格」に準拠し、以下の式で求めた。

曲げヤング係数　$= \dfrac{23\times\Delta P\times l^3}{108\times b\times h^3\times\Delta y}$

ΔP：比例域における上限荷重(0.4Pmax)と加減荷重(0.1Pmax)との差(kN)

l：スパン(mm)　　Δy：ΔP に対応するスパン中央のたわみ(mm)

b：試験製材の幅(mm)　　h：試験製材の材せい(mm)

（３）含水率(試験後)

試験後の試験体 3 箇所において、高周波木材水分計(形式：HM-520)により計測した値の平均値とした。なお、破壊がひどく中央部で計測できなかった場合、2 箇所の平均値とした。

（４）平均年輪幅

曲げヤング係数同様、「枠組壁工法構造用製材の日本農林規格」に準拠し、算出した。木口面上の平均年輪幅は、年輪にほぼ垂直方向の同一直線上において、年輪幅の完全なもののすべての平均とする。ただし、心持ち材にあっては、樹心から材せい(D)の１／４の長さに相当する部分を除いて測定する。

（５）節径(集中節径)

曲げヤング係数同様、節径は「枠組壁工法構造用製材の日本農林規格」に準拠し、算出した。節径の詳しい算出方法については、上記資料を参照。

集中節径は指定間距離(荷重点間距離)の材面における節において、長さ方向 15cm 間(4 面)に存在する節で、それぞれの節径を合計したものを集中節とする。

4.4.4　試験結果

破壊性状は 258 体中、節での破壊が 217 体、割裂破壊が 73 体観測された。

「ＳＰＦ甲種２級」の基準強度（21.6N/mm^2）と比較をしてみると、ほぼすべての材が上回る値を示していることが分かった。

ヒノキの強度 Fb は「ＳＰＦ甲種２級」の基準強度と比較しても高い値を示しているが、、ばらつきの多い樹種の強度 Fb は「ＳＰＦ甲種２級」の基準強度を下回る値を示した。

表 4-6　試験結果まとめ

地域	樹種	試験体名 記号	Pmax平均 (kN)	曲げヤング係数Eb (Gpa)	曲げ試験強度Fb (N/mm^2)	Fb21.6N/mm^2 以上の本数
栃木	スギ	TS	7.3	8.8	29.8	33/33
	ヒノキ	TH	9.8	12.4	41.0	33/33
岡山	スギ	NS	7.1	8.6	19.3	29/32
	ヒノキ	NH	9.5	11.4	27.9	32/32
三重	ヒノキ	MH	10.6	11.8	33.4	32/32
神奈川	スギ	KS	6.4	7.0	22.6	32/32
長野	カラマツ	NGK	8.8	11.9	12.2	30/32
北海道	トドマツ	HT	6.2	8.6	19.5	31/32
	カラマツ	HK	7.1	9.6	19.2	31/32

SPF 材の規格曲げ基準強度 21.6N/mm^2

※表中の曲げヤング係数 Eb、曲げ試験強度 Fb は「枠組壁工法構造用製材の日本農林規格」と「枠組壁工法建築物構造計算指針 2007」に準拠して算出した。

北海道産カラマツ(以下、HK)32 本、北海道産トドマツ(以下、HT)32 本、長野産カラマツ(以下、NGK)32 本、三重産ヒノキ(以下、MH)20 本、岡山県産スギ（以下、NS）32 本、栃木県産スギ（以下、TS）33 本、岡山県産ヒノキ（以下、NH）32 本、栃木県産ヒノキ（以下、TH）33 本、計 246 体の実験結果について報告する。

表 4-7 に HK、表 4-8 に HT、表 4-9 に NGK、表 4-10 に MH、表 4-11 に NS、表 4-12 に TS、表 4-13 に NH、表 4-13 に TH の試験結果を示す。表 4-15、4-16 に破壊性状一覧、図 4-6、4-7 に破壊性状を示す。

また、図 4-10～4-23 に各試験体の曲げ試験強度と曲げヤング係数、各試験体の曲げ試験強度と動的ヤング係数、各試験体の動的ヤング係数と曲げヤング係数、各試験体の曲げヤング係数と密度、曲げ試験強度と含水率(試験後)、各試験体の曲げ試験強度と平均年輪幅、各試験体の曲げ試験強度と集中節径の関係を示す。

表 4-7　試験結果一覧（北海道産カラマツ：HK）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm³	動的ヤング係数 kN/mm²	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm²	曲げヤング係数 kN/mm²	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
K031	38.34 × 89.20	4.42	0.43	6.22	12.0	5.3	4.34	25.6	6.63	6.4	11.9	34.0	割裂	反り18mm、ねじれ6mm
K198	37.88 × 89.27	4.35	0.43	6.82	12.8	7.3	5.81	34.6	9.15	4.2	8.6	49.0	節	
K114	37.93 × 88.59	4.92	0.49	7.10	13.7	12.2	3.55	21.5	12.16	3.2	14.6	24.4	節	
K170	37.97 × 89.07	4.71	0.46	7.45	12.7	6.7	4.96	29.6	9.66	4.8	6.1	21.6	節	ねじれ10mm
K200	37.57 × 88.81	5.28	0.53	7.62	13.6	8.5	6.67	40.5	8.41	4.4	11.2	53.9	節	ねじれ9mm、反り10mm
K194	38.12 × 89.08	4.63	0.45	7.74	12.8	10.0	6.79	40.4	7.42	4.6	5.3	33.8	節	
K174	37.87 × 88.97	4.92	0.49	7.87	12.9	8.5	5.79	34.8	9.29	3.6	5.3	15.3	割裂	ねじれ11mm
K193	37.80 × 88.82	4.82	0.48	7.99	13.8	7.7	4.79	28.9	5.91	4.9	6.2	10.5	節	ねじれ8mm
K117	37.96 × 88.73	5.31	0.53	8.12	13.2	12.3	7.20	43.4	8.65	5.0	10.7	46.3	節	ねじれ10mm
K248	38.10 × 89.23	5.07	0.50	8.31	12.3	7.5	5.16	30.6	7.48	7.2	7.1	39.9	節	
K068	37.87 × 89.13	4.83	0.48	8.45	12.1	8.5	6.44	38.5	9.51	4.0	5.7	29.5	節	
K165	38.12 × 88.91	5.56	0.55	8.61	12.8	6.7	5.36	32.0	8.06	4.7	8.8	18.4	節	反り9mm
K021	38.07 × 89.22	5.00	0.49	8.65	11.8	6.7	9.36	55.6	10.06	3.8	7.8	31.1	節	
K228	37.92 × 89.18	5.26	0.52	8.79	12.4	9.7	3.79	22.6	9.15	4.1	12.3	36.6	節	
K095	38.00 × 89.21	5.24	0.52	8.97	11.5	6.2	4.65	27.7	9.26	4.7	7.4	100.4	節	ねじれ7mm、反り5mm
K255	37.86 × 88.76	4.92	0.49	9.08	12.9	8.5	5.36	32.3	10.53	3.8	16.2	16.2	割裂	
K086	38.15 × 89.18	4.68	0.46	9.20	13.4	7.7	10.13	60.1	10.30	5.1	7.7	19.7	割裂	
K002	37.86 × 88.77	5.37	0.53	9.29	13.3	10.0	7.77	46.9	9.05	4.2	9.2	23.2	節	反り19mm
K005	37.90 × 88.86	5.00	0.49	9.51	12.3	9.3	7.10	42.7	9.97	6.6	7.7	12.0	節	
K061	37.92 × 88.96	4.52	0.45	9.61	12.2	7.0	9.38	56.3	9.69	5.8	21.2	28.6	割裂	
K242	38.08 × 89.03	5.37	0.53	9.80	11.7	8.8	8.30	49.5	9.36	3.5	9.3	24.2	節	
K053	37.99 × 89.17	4.82	0.47	9.96	11.7	8.3	7.59	45.2	10.69	3.0	6.5	25.2	節	
K184	37.91 × 89.56	5.37	0.53	10.02	12.5	9.2	6.75	40.0	9.84	5.2	12.2	56.3	節	ねじれ7mm、反り13mm
K231	37.86 × 88.51	5.56	0.55	10.15	13.4	11.8	5.95	36.1	11.90	4.2	6.8	17.3	節	
K081	37.90 × 88.75	4.82	0.48	10.35	13.7	12.7	7.12	42.9	14.50	4.1	7.1	23.0	節	ねじれ7mm
K105	37.87 × 88.69	5.16	0.51	10.55	13.3	11.5	10.66	64.4	10.82	3.2	4.2	0	節	
K220	38.03 × 89.39	5.10	0.50	10.84	13.2	9.5	8.95	53.0	8.26	3.9	14.1	22.8	割裂	
K006	37.80 × 88.03	5.61	0.56	11.11	13.5	9.7	7.71	47.4	12.79	4.1	18.7	39.6	割裂	ねじれ10mm
K201	38.03 × 89.18	5.24	0.52	11.37	12.8	8.7	8.30	49.4	10.23	4.7	8.4	17.4	節	
K011	38.08 × 88.94	5.28	0.52	11.57	12.5	9.8	10.42	62.3	11.44	4.1	6.9	28.2	割裂	
K197	37.86 × 88.99	5.34	0.53	11.79	13.3	10.2	8.20	49.2	11.64	3.6	10.2	26.5	節	
K008	38.01 × 89.12	4.99	0.49	12.13	11.8	9.0	11.50	68.6	11.27	3.9	6.2	30.5	節	

最大値	38.34 × 89.56	5.61	0.56	12.13	13.8	12.7	11.50	68.57	14.50	7.2	21.2	100.4
最小値	37.57 × 88.03	4.35	0.43	6.22	11.5	5.3	3.55	21.47	5.91	3.0	4.2	0
平均値	37.96 × 88.98	5.05	0.50	9.22	12.7	8.9	7.06	42.27	9.78	4.4	9.4	29.9

表 4-8　試験結果一覧（北海道産トドマツ：HT）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm^3	動的ヤング係数 kN/mm^2	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm^2	曲げヤング係数 kN/mm^2	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
T085	37.29 × 88.63	3.84	0.39	6.36	15.5	12.3	5.59	34.4	7.32	4.3	5.4	61.2	節	ねじれ15mm
T129	37.97 × 88.92	3.60	0.36	6.85	12.3	7.0	5.28	31.7	7.21	4.3	9.7	20.0	節	反り12mm
T305	37.69 × 88.94	3.38	0.34	7.18	12.9	8.3	5.77	34.8	9.08	4.3	14.2	65.5	節	ねじれ9mm
T276	38.00 × 89.41	3.69	0.36	7.46	12.4	7.3	6.46	38.3	7.47	3.5	5.2	61.3	節	ねじれ10mm
T290	37.98 × 88.77	3.60	0.36	7.65	12.9	6.8	6.65	40.0	8.61	4.4	29.4	80.8	節	
T164	37.98 × 88.88	3.47	0.34	7.82	10.2	8.3	6.36	38.2	7.68	4.4	9.6	17.9	節	
T202	37.95 × 88.81	3.96	0.39	7.93	13.0	11.0	5.55	33.4	8.06	3.1	13.5	50.2	節	
T001	39.32 × 88.63	3.62	0.35	8.07	13.4	8.2	3.77	22.0	7.58	4.7	14.7	103.0	節	
T146	37.89 × 89.08	3.51	0.35	8.15	11.6	6.7	4.32	25.9	8.44	3.7	8.6	41.4	節	反り5mm
T135	37.88 × 88.74	4.38	0.43	8.24	12.8	8.7	2.85	17.2	10.22	5.2	6.4	42.9	節	
T052	37.65 × 88.40	4.08	0.41	8.34	15.5	9.8	8.10	49.6	8.39	3.6	7.2	12.6	節	ねじれ10mm
T273	38.01 × 88.81	3.93	0.39	8.44	12.8	6.7	6.18	37.1	7.46	3.9	10.1	16.5	節	
T078	37.84 × 87.14	4.02	0.41	8.54	17.4	9.2	4.51	28.3	8.20	4.9	10.2	54.6	節	反り10mm
T020	38.01 × 88.46	4.16	0.41	8.68	16.4	9.5	4.81	29.1	8.54	4.5	11.8	21.4	節	
T141	38.09 × 88.21	3.53	0.35	8.81	13.5	8.2	6.00	36.4	7.97	3.4	14.4	46.7	節	
T118	38.14 × 89.30	3.51	0.34	8.93	11.5	7.3	6.34	37.5	6.82	3.7	8.9	18.5	割裂	反り12mm
T098	38.00 × 89.18	4.17	0.41	9.05	13.9	11.3	3.98	23.7	9.59	3.9	15.2	35.0	節	
T192	37.92 × 88.42	3.63	0.36	9.15	12.1	8.7	4.85	29.4	8.44	3.7	10.0	23.5	節	
T253	37.87 × 88.69	4.02	0.40	9.24	12.8	11.5	7.63	46.1	9.10	3.7	5.6	19.8	節	
T228	38.41 × 88.34	3.89	0.38	9.37	13.9	10.3	4.71	28.3	8.42	3.3	15.6	35.9	節	
T006	38.05 × 89.48	3.66	0.36	9.46	11.8	8.7	7.01	41.4	7.87	3.1	19.5	64.4	節	反り5mm
T016	38.03 × 89.06	3.90	0.38	9.48	13.6	7.0	8.52	50.8	8.73	3.6	7.1	12.3	割裂	
T251	37.90 × 88.75	4.20	0.42	9.56	13.4	10.8	6.42	38.7	10.54	5.9	14.0	49.4	節	
T066	38.28 × 87.49	3.87	0.39	9.66	14.3	10.8	5.32	32.7	10.74	3.2	13.2	50.8	節	
T179	37.84 × 88.68	3.96	0.39	9.88	13.7	9.2	6.50	39.3	9.84	3.0	10.4	43.2	節	ねじれ16mm
T107	37.98 × 89.06	4.23	0.42	10.09	14.2	11.3	7.16	42.8	11.66	3.4	14.3	44.6	節	
T104	38.06 × 88.18	3.99	0.40	10.22	13.3	9.8	7.18	43.7	9.96	3.5	5.3	41.2	節	
T025	37.85 × 88.36	4.10	0.41	10.33	16.9	10.3	6.53	39.8	10.39	3.9	6.4	22.7	節	
T165	37.90 × 88.88	4.14	0.41	10.53	14.4	10.8	10.13	60.9	9.84	2.7	6.6	21.0	節	
T048	38.04 × 88.60	4.08	0.40	10.75	15.2	10.8	8.07	48.6	9.20	4.4	8.8	16.3	節	
T147	37.81 × 88.32	3.99	0.40	10.88	13.2	8.8	6.61	40.3	8.66	3.6	10.8	39.0	節	
T211	37.93 × 88.36	3.96	0.39	11.09	13.1	8.8	8.99	54.6	9.08	3.5	5.6	18.3	割裂	

最大値	39.32 × 89.48	4.38	0.43	11.09	17.4	12.3	10.13	60.9	11.66	5.9	29.4	103.0
最小値	37.29 × 87.14	3.38	0.34	6.36	10.2	6.7	2.85	17.2	6.82	2.7	5.2	12.3
平均値	37.99 × 88.66	3.88	0.38	8.94	13.6	9.2	6.19	37.3	8.78	3.9	10.9	39.1

表 4-9　試験結果一覧（長野県産カラマツ：NGK）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm³	動的ヤング係数 kN/mm²	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm²	曲げヤング係数 kN/mm²	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
K245	38.70 × 90.07	4.70	0.45	7.95	3.4	5.2	7.18	41.2	9.04	6.5	8.0	10.2	節と割裂	
K295	38.56 × 90.05	4.64	0.45	8.47	2.9	4.7	8.52	49.0	7.66	6.6	9.5	17.3	割裂	
K077	39.41 × 90.15	4.95	0.46	8.94	4.2	6.3	6.71	37.7	10.26	5.2	5.7	28.5	割裂	
K192	38.73 × 90.30	4.93	0.47	9.20	4.6	5.3	3.69	21.0	8.66	4.1	11.6	24.1	節	
K118	38.80 × 90.22	4.68	0.45	9.57	3.3	5.2	6.36	36.2	10.10	4.1	9.2	27.1	節	反り13mm
K279	39.05 × 90.58	4.86	0.46	9.94	4.3	7.2	2.96	16.6	7.93	5.4	9.2	30.8	節	
K089	38.59 × 89.84	5.46	0.52	10.19	7.7	9.0	6.32	36.5	9.86	3.2	9.0	23.2	節	反り12mm
K235	39.05 × 90.46	5.00	0.47	10.44	3.7	5.8	6.14	34.6	10.05	3.6	8.1	23.6	節	
K226	38.59 × 89.99	4.70	0.45	10.80	2.7	5.2	4.12	23.7	11.09	3.9	11.7	30.4	節	
K172	38.56 × 89.98	4.92	0.47	11.09	3.2	6.0	10.50	60.5	10.33	3.2	12.0	0	割裂	
K271	38.73 × 89.77	6.36	0.61	11.26	8.0	15.8	9.65	55.7	10.76	3.0	12.2	25.9	節	
K167	38.12 × 89.52	5.06	0.49	11.63	4.1	5.7	5.22	30.8	10.81	2.5	21.3	62.6	節	
K232	38.90 × 89.95	5.70	0.54	11.90	8.3	9.2	8.48	48.5	12.72	2.2	4.3	8.2	節	反り8mm
K123	38.82 × 89.97	5.28	0.50	12.14	6.2	5.8	11.07	63.4	12.80	3.2	6.8	3.9	節	
K015	38.90 × 90.45	5.25	0.50	12.52	3.8	7.0	7.50	42.4	11.32	2.6	15.6	35.9	節	
K020	38.58 × 89.87	6.04	0.58	12.71	5.6	7.2	9.87	57.0	11.44	3.4	13.8	19.5	割裂	反り15mm
K086	38.53 × 89.58	5.53	0.53	12.93	5.6	8.5	14.70	85.6	12.10	3.5	6.9	13.5	割裂	
K084	38.60 × 90.18	5.61	0.54	13.12	6.2	6.5	4.40	25.2	12.09	3.0	15.2	21.7	節	
K111	38.70 × 90.05	5.73	0.55	13.30	5.0	7.5	5.49	31.5	13.12	3.3	15.9	45.1	節	
K292	38.94 × 89.92	6.95	0.66	13.51	6.9	9.2	8.56	48.9	10.61	3.6	15.3	24.0	節	
K002	38.41 × 89.85	5.88	0.57	13.89	5.3	9.3	5.75	33.4	13.41	3.5	8.0	15.8	節	
K253	38.63 × 90.48	5.13	0.49	13.99	4.3	6.2	9.89	56.3	12.83	3.2	4.4	7.2	節	
K188	38.95 × 89.51	5.16	0.49	14.32	3.1	6.2	12.77	73.7	13.62	3.4	9.6	37.0	節	
K120	38.89 × 90.01	5.43	0.52	14.57	4.0	6.2	9.75	55.7	13.30	2.6	12.2	23.8	節	
K244	38.68 × 89.96	5.68	0.54	14.82	4.8	7.3	7.06	40.6	14.31	3.2	5.1	7.0	節	
K320	38.85 × 90.54	6.37	0.60	15.34	3.4	5.0	6.61	37.4	11.03	3.2	7.7	13.9	節	
K296	38.58 × 89.81	5.99	0.58	15.63	3.6	7.5	12.07	69.8	15.38	2.5	13.0	31.9	割裂	
K266	38.49 × 89.47	6.32	0.61	15.93	7.5	12.2	15.64	91.4	14.26	1.9	3.2	18.8	割裂	
K286	38.74 × 90.49	6.09	0.58	16.19	4.1	9.3	13.76	78.1	15.23	2.8	4.0	10.5	割裂	
K259	38.52 × 89.59	6.04	0.58	16.77	6.0	9.3	14.29	83.2	16.45	1.4	7.3	14.9	節	
K204	38.51 × 89.09	6.61	0.64	17.25	9.3	12.7	14.29	84.2	17.71	2.1	6.0	0	割裂	
K227	38.74 × 90.16	6.49	0.62	19.13	5.6	7.8	12.24	70.0	19.47	2.4	9.6	12.5	割裂	

最大値	39.41 × 90.58	6.95	0.66	19.13	9.35	15.83	15.64	91.4	19.47	6.6	21.3	62.6
最小値	38.12 × 89.09	4.64	0.45	7.95	2.71	4.67	2.96	16.6	7.66	1.4	3.2	0
平均値	38.71 × 90.00	5.55	0.53	12.80	5.01	7.54	8.80	50.6	12.18	3.4	9.7	20.9

表 4-10　試験結果一覧（三重県産ヒノキ：MH）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm³	動的ヤング係数 kN/mm²	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm²	曲げヤング係数 kN/mm²	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
H121	38.15 × 88.85	5.59	0.55	1.14	14.6	17.8	8.20	49.0	13.72	2.0	17.0	38.2	節	
H119	38.57 × 89.11	5.23	0.51	8.13	14.3	16.8	5.47	32.1	7.07	2.2	12.6	28.3	節	
H109	38.44 × 89.06	5.24	0.51	9.46	13.9	17.0	8.58	50.7	10.36	2.5	10.5	30.0	節	
H255	38.25 × 89.04	5.48	0.54	9.71	13.8	16.8	5.40	32.1	8.93	4.0	17.1	31.2	節	
H283	38.80 × 89.22	5.24	0.50	9.96	14.8	16.0	8.54	49.8	10.08	3.3	12.0	26.1	節	
H299	38.25 × 89.00	5.46	0.53	10.60	14.8	19.2	8.73	51.9	11.97	2.5	10.3	29.5	節	
H024	38.55 × 89.02	5.37	0.52	10.76	17.0	14.2	10.99	64.8	10.89	2.9	7.1	41.3	節	反り6mm
H191	38.12 × 89.09	4.88	0.48	10.87	15.2	13.0	13.56	80.7	12.15	2.3	9.6	47.2	割裂	
H307	38.46 × 88.90	5.58	0.54	11.27	14.6	17.2	11.83	70.1	12.32	3.5	4.6	21.4	割裂	
H048	38.27 × 89.19	5.52	0.54	11.38	13.7	16.3	11.97	70.8	12.44	3.3	6.9	21.4	節	
H262	38.38 × 89.17	5.23	0.51	11.54	16.1	16.7	12.48	73.6	13.14	3.0	5.8	23.5	節	
H263	38.19 × 89.24	4.62	0.45	11.68	15.0	21.3	13.44	79.5	16.00	2.1	6.5	22.1	節	
H104	38.24 × 89.17	5.62	0.55	11.82	14.9	15.8	8.52	50.4	11.57	3.6	13.7	36.6	節	
H091	38.00 × 88.71	5.73	0.57	12.05	14.8	14.3	12.28	73.9	12.13	2.3	9.3	26.9	節	
H193	38.28 × 89.03	5.40	0.53	12.12	13.2	16.7	9.85	58.4	10.97	3.2	7.1	17.4	節	
H146	38.39 × 89.09	6.20	0.60	12.29	16.2	22.3	10.52	62.1	13.43	2.8	19.6	44.6	節	
H222	38.45 × 89.29	6.19	0.60	12.76	16.2	17.3	10.54	61.9	11.46	4.2	10.0	39.2	節	
H249	38.36 × 89.37	5.67	0.55	13.10	14.2	18.3	12.38	72.7	13.25	3.3	3.9	18.6	割裂	
H190	38.52 × 89.15	5.53	0.54	13.50	14.3	18.7	14.11	83.0	15.18	3.7	4.6	13.6	割裂	
H007	38.01 × 89.10	6.31	0.62	14.30	15.7	18.7	14.50	86.5	14.20	2.4	7.3	21.7	節	

最大値	38.80 × 89.37	6.31	0.62	14.30	17.0	22.3	14.50	86.5	16.00	4.2	19.6	47.2
最小値	38.00 × 88.71	4.62	0.45	1.14	13.2	13.0	5.40	32.1	7.07	2.0	3.9	13.6
平均値	38.33 × 89.09	5.50	0.54	10.92	14.9	17.2	10.59	62.70	12.06	2.9	9.8	28.9

表 4-11　試験結果一覧（岡山県産スギ：NS）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm³	動的ヤング係数 kN/mm²	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm²	曲げヤング係数 kN/mm²	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
NS049	38.41 × 89.19	5.14	0.50	1.33	8.5	10.0	6.76	39.8	9.53	2.9	13.8	0	節	
NS278	38.25 × 89.09	5.14	0.50	4.12	6.8	9.3	3.62	21.5	5.68	5.0	10.6	19.2	節	
NS330	38.35 × 89.20	5.22	0.51	4.53	7.6	9.5	5.63	33.2	7.00	8.1	13.3	40.4	節	
NS244	38.29 × 89.27	6.23	0.61	4.83	6.6	10.3	6.12	36.1	6.53	3.4	11.8	29.5	節	
NS159	38.33 × 89.59	4.89	0.47	5.05	6.3	9.3	3.51	20.5	7.05	4.9	25.7	31.9	節	反り7mm
NS207	38.60 × 89.58	5.68	0.55	5.12	7.3	9.8	6.98	40.6	7.40	5.2	10.1	75.2	節	ねじれ5mm
NS238	38.30 × 89.53	5.10	0.50	5.23	6.2	9.5	8.86	51.9	7.08	4.0	0	0	－	転倒
NS306	38.21 × 89.11	5.58	0.55	5.38	6.9	9.5	5.52	32.7	7.81	5.2	3.8	30.9	節	
NS226	38.80 × 90.42	5.16	0.49	5.49	6.5	9.3	7.12	40.4	7.08	5.4	16.4	20.2	節	
NS196	38.41 × 89.34	5.20	0.51	5.60	7.4	9.3	6.71	39.4	7.47	5.5	10.5	26.9	節	
NS158	38.31 × 89.31	4.51	0.44	5.68	7.8	8.8	5.28	31.1	7.83	4.9	9.2	14.4	割裂	
NS210	38.42 × 89.51	4.92	0.48	5.86	6.6	8.5	9.86	57.7	8.43	5.0	6.4	21.1	割裂	
NS175	38.48 × 89.27	4.20	0.41	5.97	6.2	9.0	5.60	32.9	7.84	4.9	10.6	0	割裂	
NS089	38.24 × 89.20	4.86	0.47	6.06	6.4	9.3	7.42	43.9	8.42	5.4	3.9	6.0	割裂	
NS265	38.34 × 89.77	5.25	0.51	6.12	8.0	9.3	5.91	34.4	7.78	4.6	20.6	66.0	節	
NS243	38.60 × 89.47	4.65	0.45	6.24	6.1	8.8	8.67	50.5	9.09	4.3	7.5	0	節	
NS135	38.29 × 89.43	5.02	0.49	6.39	6.4	9.0	3.63	21.3	8.99	5.0	10.4	17.6	節	反り6mm
NS048	38.13 × 88.95	5.28	0.52	6.52	6.7	9.5	5.95	35.5	8.70	4.4	30.5	32.0	節	
NS313	38.26 × 89.20	4.44	0.43	6.60	5.6	8.8	7.53	44.5	8.57	3.7	3.2	0	節	
NS308	38.36 × 89.45	4.83	0.47	6.67	6.3	9.0	6.28	36.8	8.50	3.2	5.7	0	節	
NS062	38.62 × 89.26	4.65	0.45	6.80	6.5	8.7	8.77	51.3	10.20	3.1	3.5	12.4	節	
NS072	38.31 × 89.29	5.13	0.50	6.88	6.6	9.0	7.31	43.1	9.11	2.9	13.4	10.3	節	
NS100	38.15 × 89.08	5.50	0.54	7.00	8.9	9.3	8.32	49.5	10.18	3.8	9.8	27.0	節	
NS132	38.38 × 89.36	5.16	0.50	7.15	6.9	10.0	9.68	56.9	11.54	3.9	2.3	12.4	割裂	転倒
NS254	38.39 × 89.04	4.71	0.46	7.25	6.1	9.5	9.31	55.1	9.59	3.7	0.3	0	割裂	
NS203	38.50 × 89.57	6.08	0.59	7.32	7.3	9.5	8.77	51.1	9.51	2.6	14.8	45.4	節付近	
NS211	38.31 × 89.35	5.89	0.57	7.44	8.2	10.0	6.77	39.8	9.70	2.8	27.0	61.4	節	
NS133	38.50 × 89.51	4.86	0.47	7.61	6.4	9.7	9.88	57.7	10.47	2.8	4.6	0	節	
NS017	38.56 × 89.57	5.41	0.52	7.79	6.3	9.5	6.77	39.4	9.98	3.9	13.0	29.8	節	
NS183	38.42 × 89.25	5.22	0.51	8.04	6.2	9.7	3.46	20.4	9.00	4.0	28.4	28.9	割裂	
NS044	38.37 × 89.13	5.45	0.53	8.51	6.9	10.0	10.97	64.8	13.44	3.2	2.4	0	割裂	反り6mm
NS021	38.28 × 89.37	6.07	0.59	9.21	6.3	9.7	10.36	61.0	10.78	2.8	16.6	0	割裂	反り6mm

最大値	38.80 × 90.42	6.23	0.61	9.21	8.9	10.3	10.97	64.78	13.44	8.1	30.5	75.2
最小値	38.13 × 88.95	4.20	0.41	1.33	5.6	8.5	3.46	20.35	5.68	2.6	0	0.0
平均値	38.38 × 89.36	5.17	0.50	6.24	6.8	9.4	7.10	41.71	8.76	4.2	11.3	20.6

表 4-12　試験結果一覧（栃木県産スギ：TS）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm³	動的ヤング係数 kN/mm²	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm²	曲げヤング係数 kN/mm²	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
TS025	38.04 × 89.01	4.41	0.43	2.19	11.8	15.2	7.50	44.8	9.26	3.9	16.7	76.1	節	
TS183	37.84 × 88.88	4.44	0.44	4.99	28.0	15.8	6.58	39.6	7.58	2.8	12.0	60.8	節	
TS068	38.06 × 89.05	4.65	0.46	5.17	13.2	12.5	6.52	38.9	6.74	3.7	8.5	78.9	節	反り7.5mm
TS122	38.15 × 89.36	4.14	0.40	5.44	13.1	12.3	7.43	43.9	7.80	2.9	16.9	35.4	節	
TS318	37.95 × 88.65	4.14	0.41	5.58	11.1	10.3	6.42	38.7	7.31	4.1	6.8	41.0	節	
TS191	37.94 × 88.78	3.78	0.37	5.79	13.9	13.3	6.42	38.6	9.17	2.6	6.8	29.5	節	反り10.5mm
TS306	37.88 × 88.98	4.08	0.40	5.93	11.2	10.7	8.86	53.2	7.90	3.8	10.3	40.8	割裂	反り6mm
TS175	38.53 × 89.40	4.68	0.45	6.03	10.3	12.5	5.28	30.9	7.29	3.8	12.2	55.0	節	反り13.5mm
TS222	37.70 × 88.49	4.08	0.41	6.08	15.8	12.0	6.73	41.0	8.68	4.3	9.0	37.5	節	
TS236	38.10 × 89.16	3.78	0.37	6.18	11.1	12.2	8.32	49.4	9.80	3.1	5.7	37.4	割裂	反り4.5mm
TS033	38.27 × 89.36	4.50	0.44	6.28	12.5	11.2	5.80	34.2	8.08	3.7	11.6	38.2	節	反り7mm
TS121	38.16 × 89.15	4.59	0.45	6.38	11.9	9.8	5.81	34.5	7.70	4.0	2.4	7.4	節	
TS277	37.91 × 88.56	4.30	0.43	6.45	13.6	14.8	6.82	41.3	8.63	3.3	6.4	22.8	節	
TS196	37.96 × 88.62	4.56	0.45	6.52	15.5	11.2	7.42	44.8	9.99	3.8	12.8	32.9	節	
TS024	38.26 × 88.95	5.08	0.50	6.60	18.4	15.8	8.01	47.6	8.99	4.6	14.2	60.1	節	
TS315	37.89 × 88.42	4.32	0.43	6.65	12.3	11.8	7.56	45.9	9.60	3.9	8.4	41.7	節	
TS301	38.11 × 89.11	4.74	0.47	6.79	12.2	11.5	5.47	32.5	7.99	3.5	9.8	18.9	節	
TS032	38.20 × 89.47	4.17	0.41	6.90	11.1	10.3	7.41	43.6	9.53	4.4	16.1	40.1	節	ねじれ10mm
TS046	38.25 × 89.62	4.86	0.47	7.04	10.7	9.8	6.96	40.8	6.85	3.8	15.0	42.8	節	
TS305	38.21 × 89.55	4.62	0.45	7.12	10.9	12.7	6.63	38.9	9.34	4.6	15.1	42.2	節	
TS187	38.10 × 89.29	4.35	0.43	7.20	10.8	14.3	9.70	57.5	11.09	3.8	9.4	29.9	節	反り9mm
TS316	38.19 × 89.15	4.65	0.46	7.29	10.4	11.0	7.80	46.3	9.17	3.6	6.8	48.1	節	
TS065	37.98 × 88.84	4.56	0.45	7.42	13.9	12.8	6.83	41.0	9.31	4.0	3.1	12.9	節	反り18mm
TS034	38.51 × 89.71	4.40	0.42	7.57	11.7	10.7	7.78	45.2	10.60	3.8	10.8	32.3	節	
TS157	38.15 × 89.24	5.19	0.51	7.64	12.4	14.2	7.67	45.4	8.80	3.3	7.9	45.5	割裂	反り5.5mm
TS047	38.31 × 89.27	4.11	0.40	7.70	9.4	9.8	9.83	58.0	10.87	4.3	7.2	21.3	割裂	反り15.5mm
TS148	38.10 × 88.92	5.44	0.54	7.87	10.5	13.0	6.08	36.3	7.85	4.7	8.6	47.8	節付近	反り7mm
TS286	38.17 × 89.61	4.47	0.44	7.99	10.1	13.3	9.88	58.0	10.60	2.4	2.6	40.0	節	反り6.5mm
TS224	38.22 × 89.15	4.62	0.45	8.14	11.1	11.8	9.78	58.0	11.14	3.3	24.2	81.0	割裂	反り10.5mm
TS171	38.38 × 89.47	5.20	0.50	8.35	9.4	11.0	6.65	39.0	8.72	2.9	12.0	37.0	節	
TS223	38.28 × 89.44	4.74	0.46	8.81	12.8	10.8	8.92	52.4	11.12	2.8	5.2	28.2	割裂	反り9.5mm
TS260	37.87 × 88.53	5.16	0.51	9.17	15.0	14.3	7.03	42.6	12.98	2.3	5.6	41.3	節	反り12mm
TS297	38.02 × 89.04	4.32	0.43	14.00	13.5	13.7	6.10	36.4	5.76	2.6	8.5	39.3	割裂	

最大値	38.53 × 89.71	5.44	0.54	14.00	28.00	15.83	9.88	58.0	12.98	4.7	24.2	81.0
最小値	37.70 × 88.42	3.78	0.37	2.19	9.40	9.83	5.28	30.9	5.76	2.3	2.4	7.4
平均値	38.11 × 89.10	4.52	0.44	6.95	12.72	12.32	7.33	43.6	8.98	3.6	10.0	40.7

表 4-13　試験結果一覧（岡山県産ヒノキ：NH）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm^3	動的ﾔﾝｸﾞ係数 kN/mm^2	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm^2	曲げﾔﾝｸﾞ係数 kN/mm^2	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
NH042	38.27 × 89.14	4.93	0.48	6.97	14.1	12.7	9.17	54.3	6.78	2.9	15.3	0.0	割裂	反り12mm
NH039	38.19 × 89.23	4.69	0.46	8.26	10.9	11.5	5.85	34.6	8.07	3.7	25.5	40.6	節付近	
NH182	38.31 × 89.59	4.74	0.46	8.88	9.6	11.2	5.36	31.4	8.28	3.8	10.8	32.4	節	
NH016	38.21 × 88.90	4.60	0.45	9.16	11.1	10.5	9.97	59.4	9.80	3.1	10.1	24.3	節	
NH083	38.07 × 88.55	4.41	0.44	9.27	11.8	12.5	4.48	27.0	9.27	3.3	30.2	45.0	割裂	
NH086	38.18 × 89.06	4.90	0.48	9.43	13.1	11.5	12.23	72.7	10.72	4.0	0	0.0	割裂	
NH229	38.13 × 89.16	4.90	0.48	9.58	9.3	11.2	6.42	38.1	9.83	2.2	17.9	34.0	節	
NH105	38.14 × 88.96	5.89	0.58	9.73	16.6	16.5	8.41	50.2	10.87	3.7	9.3	43.5	節	割れ
NH001	38.23 × 89.08	4.16	0.41	9.86	13.7	10.5	10.37	61.5	10.84	2.3	2.9	3.2	割裂	
NH031	38.12 × 89.04	5.20	0.51	9.92	14.6	14.3	5.67	33.8	10.77	2.3	12.0	33.9	節	
NH204	38.12 × 89.00	5.04	0.50	10.06	11.5	13.7	5.11	30.5	10.64	3.5	17.4	25.8	節	
NH261	38.18 × 89.20	4.63	0.45	10.15	9.3	11.0	10.45	61.9	10.87	3.2	7.4	17.0	節	
NH215	38.05 × 89.14	4.59	0.45	10.23	12.7	12.0	9.48	56.4	11.08	2.0	8.1	13.0	割裂	
NH119	38.14 × 89.17	4.78	0.47	10.39	9.8	10.8	11.22	66.6	10.57	3.4	8.3	33.7	割裂	
NH098	38.13 × 89.26	4.38	0.43	10.51	10.2	10.8	10.63	63.0	11.47	2.9	21.7	26.5	割裂	
NH074	38.16 × 88.83	5.29	0.52	10.58	10.9	13.2	6.17	36.9	12.02	2.3	15.8	34.4	節付近	反り4mm
NH006	38.31 × 89.34	4.33	0.42	10.69	12.0	11.0	10.90	64.2	11.89	2.7	3.1	0.0	割裂	
NH233	38.34 × 89.70	4.75	0.46	10.78	11.3	11.7	9.75	56.9	11.33	4.8	5.1	0.0	割裂	
NH164	38.18 × 89.37	4.92	0.48	10.86	9.7	13.2	5.30	31.3	11.65	3.6	15.0	29.0	節	
NH024	38.18 × 89.00	4.80	0.47	10.95	11.3	13.7	11.27	67.1	12.96	4.1	4.6	4.7	節	
NH112	38.20 × 88.99	4.86	0.48	11.13	12.5	11.0	11.78	70.1	12.43	3.0	7.6	12.7	割裂	
NH254	38.30 × 89.45	4.11	0.40	11.20	7.8	11.0	11.41	67.0	12.37	3.4	1.4	0.0	割裂	
NH133	38.13 × 89.06	4.65	0.46	11.36	12.0	12.7	11.17	66.5	13.26	3.4	2.9	0.0	割裂	
NH116	38.21 × 89.29	4.86	0.47	11.44	12.1	12.3	12.31	72.7	12.98	3.2	12.7	15.5	割裂	
NH129	38.10 × 89.11	4.87	0.48	11.54	11.1	12.2	8.37	49.8	12.41	2.9	9.9	33.0	節	
NH171	38.12 × 88.94	4.96	0.49	11.71	12.7	10.3	11.17	66.7	13.22	2.6	9.3	18.6	節	節割れ
NH070	38.17 × 89.18	4.75	0.47	11.80	10.9	10.5	10.41	61.7	13.20	2.9	14.6	15.6	節	節穴
NH211	38.12 × 88.93	4.80	0.47	11.95	11.7	11.7	12.03	71.8	14.39	4.9	3.3	6.7	節	
NH060	38.15 × 89.04	5.08	0.50	12.16	13.1	14.8	13.45	80.0	14.59	2.8	2.7	3.8	割裂	
NH029	38.19 × 88.94	4.99	0.49	12.49	14.8	15.0	10.02	59.7	14.47	1.8	9.1	21.3	節付近	
NH156	37.92 × 88.87	5.29	0.52	13.08	12.5	13.5	10.25	61.6	14.18	3.8	8.6	51.8	割裂	
NH067	38.12 × 89.16	5.14	0.50	13.96	11.4	13.8	12.60	74.8	15.27	3.2	4.5	4.5	－	転倒

最大値	38.34 × 89.70	5.89	0.58	13.96	16.6	16.5	13.45	80.0	15.27	4.9	30.2	51.8
最小値	37.92 × 88.55	4.11	0.40	6.97	7.8	10.3	4.48	27.0	6.78	1.8	0	0.0
平均値	38.17 × 89.12	4.82	0.47	10.63	11.8	12.2	9.47	56.3	11.64	3.2	10.2	19.5

表 4-14　試験結果一覧（栃木県産ヒノキ：TH）

試験体名	断面寸法 mm	重量 kg	密度 g/cm³	動的ヤング係数 kN/mm²	含水率：試験前 %	含水率：試験後 %	最大荷重 kN	曲げ試験強度 N/mm²	曲げヤング係数 kN/mm²	平均年輪幅 mm	最大節径 mm	集中節径 mm	破壊性状	備考
TH253	37.56 × 88.70	5.05	0.51	8.09	14.1	15.2	8.86	54.0	9.72	3.9	10.2	25.7	節	割れ
TH250	37.54 × 88.56	4.81	0.48	8.77	13.5	17.8	10.63	65.0	11.84	3.2	12.3	28.5	割裂	
TH307	37.57 × 88.45	4.75	0.48	8.93	13.4	13.3	9.22	56.5	11.03	4.0	9.2	25.6	－	転倒　反り5mm
TH294	37.60 × 88.56	5.38	0.54	9.07	14.9	16.3	9.08	55.4	10.92	3.3	14.4	35.3	節	
TH264	37.36 × 88.62	5.44	0.55	9.20	16.0	18.8	5.87	36.0	10.35	4.4	7.8	16.9	節	
TH315	37.56 × 88.98	4.93	0.49	9.34	14.7	13.0	9.53	57.7	11.25	4.0	3.8	16.7	節	
TH271	37.55 × 88.31	5.22	0.52	9.46	15.9	20.3	7.92	48.7	11.25	2.8	7.3	23.8	節	
TH242	37.40 × 88.48	4.83	0.49	9.52	12.4	17.5	8.92	54.8	11.35	3.5	5.5	37.8	節	
TH192	37.59 × 88.78	5.98	0.60	9.60	17.3	21.8	9.18	55.8	11.72	2.8	7.7	0.0	節	反り10.5mm
TH251	37.61 × 88.35	5.10	0.51	9.70	13.8	17.2	10.86	66.6	11.98	3.0	4.8	37.8	節	
TH027	37.82 × 88.50	6.25	0.62	9.77	17.9	15.2	10.57	64.2	11.97	3.2	22.0	62.8	節	
TH201	37.31 × 88.14	5.53	0.56	9.85	14.7	20.5	11.32	70.3	13.31	2.7	16.3	47.2	節	
TH227	37.75 × 88.67	4.63	0.46	9.89	11.9	15.3	8.15	49.4	12.18	3.3	7.9	32.4	節	割れ
TH176	37.72 × 88.85	5.35	0.53	9.96	14.6	19.2	8.16	49.3	11.09	3.3	16.9	40.2	節	
TH278	37.33 × 88.45	5.50	0.56	10.04	13.9	17.0	8.22	50.7	12.10	2.9	13.9	64.1	節	
TH274	37.46 × 88.72	5.51	0.55	10.10	15.5	19.0	10.36	63.2	13.02	4.0	8.5	15.4	節	
TH117	37.39 × 88.53	5.40	0.54	10.18	15.0	18.2	10.55	64.8	12.88	3.4	8.4	33.5	節	
TH223	37.73 × 88.91	5.29	0.53	10.23	14.2	17.3	10.35	62.5	13.14	4.0	3.4	36.0	節	
TH077	37.61 × 88.59	5.89	0.59	10.30	16.0	18.0	7.40	45.1	12.52	2.8	5.2	47.0	節	
TH058	37.44 × 88.68	5.38	0.54	10.36	14.9	16.7	9.17	56.1	11.54	2.6	4.8	14.9	節	
TH042	37.58 × 88.67	5.17	0.52	10.41	14.0	15.8	9.22	56.2	12.27	1.6	14.8	36.4	節	
TH260	37.65 × 88.51	5.44	0.54	10.52	15.0	17.0	11.62	70.9	13.77	2.6	6.9	16.7	節	
TH120	37.46 × 88.61	5.71	0.57	10.60	16.1	19.5	10.76	65.8	13.30	3.6	13.4	63.8	節	
TH113	37.56 × 88.51	4.90	0.49	10.70	13.8	16.2	9.52	58.2	13.11	2.6	8.7	27.4	節	
TH018	37.77 × 88.72	5.38	0.54	10.80	13.8	18.8	11.77	71.3	13.56	4.5	6.4	54.6	割裂	
TH142	37.53 × 88.52	5.38	0.54	10.87	15.7	18.3	10.78	66.0	13.65	2.5	6.2	14.2	節	
TH216	37.59 × 89.60	5.71	0.57	10.97	18.3	20.2	9.17	54.7	13.00	2.6	15.7	61.0	節	割れ
TH049	37.62 × 88.32	5.99	0.60	11.06	15.3	18.0	10.47	64.2	14.34	2.7	9.4	26.8	割裂	節割れ
TH252	37.66 × 88.44	5.61	0.56	11.13	14.3	19.7	7.12	43.5	12.93	2.5	21.9	52.7	節	
TH038	37.53 × 88.38	5.22	0.52	11.36	13.4	19.3	13.17	80.9	14.75	2.9	19.9	24.8	割裂	
TH025	37.70 × 88.77	5.89	0.59	11.54	15.7	17.5	9.50	57.6	14.59	2.1	17.4	55.2	節	割れ
TH254	37.54 × 88.73	5.37	0.54	11.77	13.3	20.3	11.45	69.7	14.70	2.8	3.9	9.5	節	割れ
TH296	37.43 × 88.12	6.10	0.62	12.61	15.0	18.7	12.92	80.0	16.14	2.3	10.6	49.4	節	

最大値	37.82 × 89.60	6.25	0.62	12.61	18.3	21.8	13.17	80.9	16.14	4.5	22.0	64.1
最小値	37.31 × 88.12	4.63	0.46	8.09	11.9	13.0	5.87	36.0	9.72	1.6	3.4	0.0
平均値	37.56 × 88.60	5.40	0.54	10.20	14.8	17.8	9.75	59.55	12.58	3.1	10.5	34.4

表 4-15　破壊性状一覧（長野県林業総合センター試験分）

地域	樹種	試験体名	破壊内容		
			節	割裂	転倒
			数（%）		
北海道	カラマツ	HK	24(75%)	8(25%)	0
	トドマツ	HT	29(91%)	3(9%)	0
長野	カラマツ	NGK	22(69%)	10(31%)	0
三重	ヒノキ	MH	16(80%)	4(20%)	0

※節での破壊、割裂破壊は全て下端で生じた。

図 4-6　節での破壊

図 4-7　割裂破壊

表 4-16　破壊性状一覧（信州大学試験分）

地域	樹種	試験体名	破壊内容		
			節	割裂	転倒
			数（%）		
栃木	杉	TS	26(79%)	7(21%)	0
	ヒノキ	TH	28(85%)	4(12%)	1(3%)
岡山	杉	NS	21(66%)	9(28%)	2(6%)
	ヒノキ	NH	16(59%)	15(47%)	1(3%)

※節での破壊、割裂破壊は全て下端で生じた。

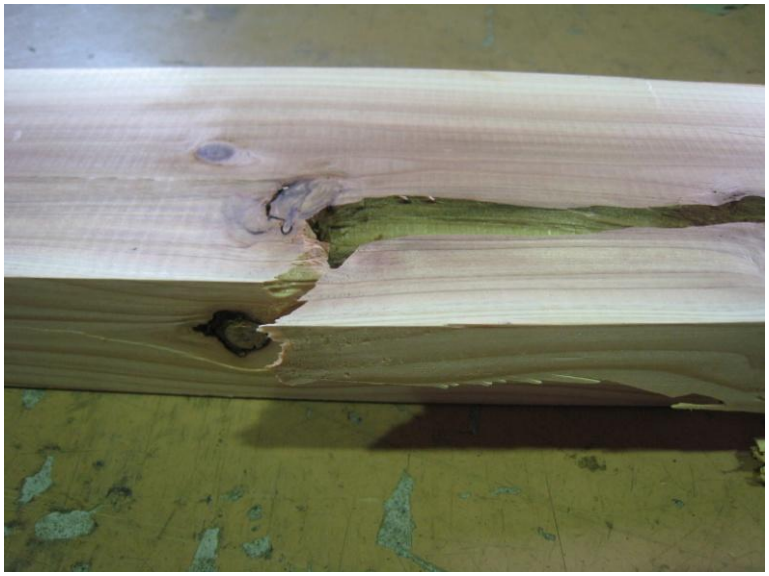


図 4-8　節からの破壊

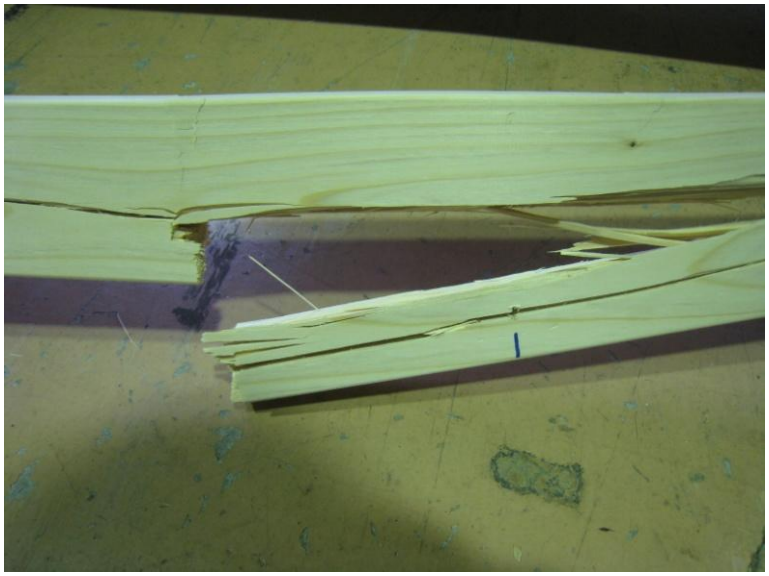


図 4-9　割裂破壊

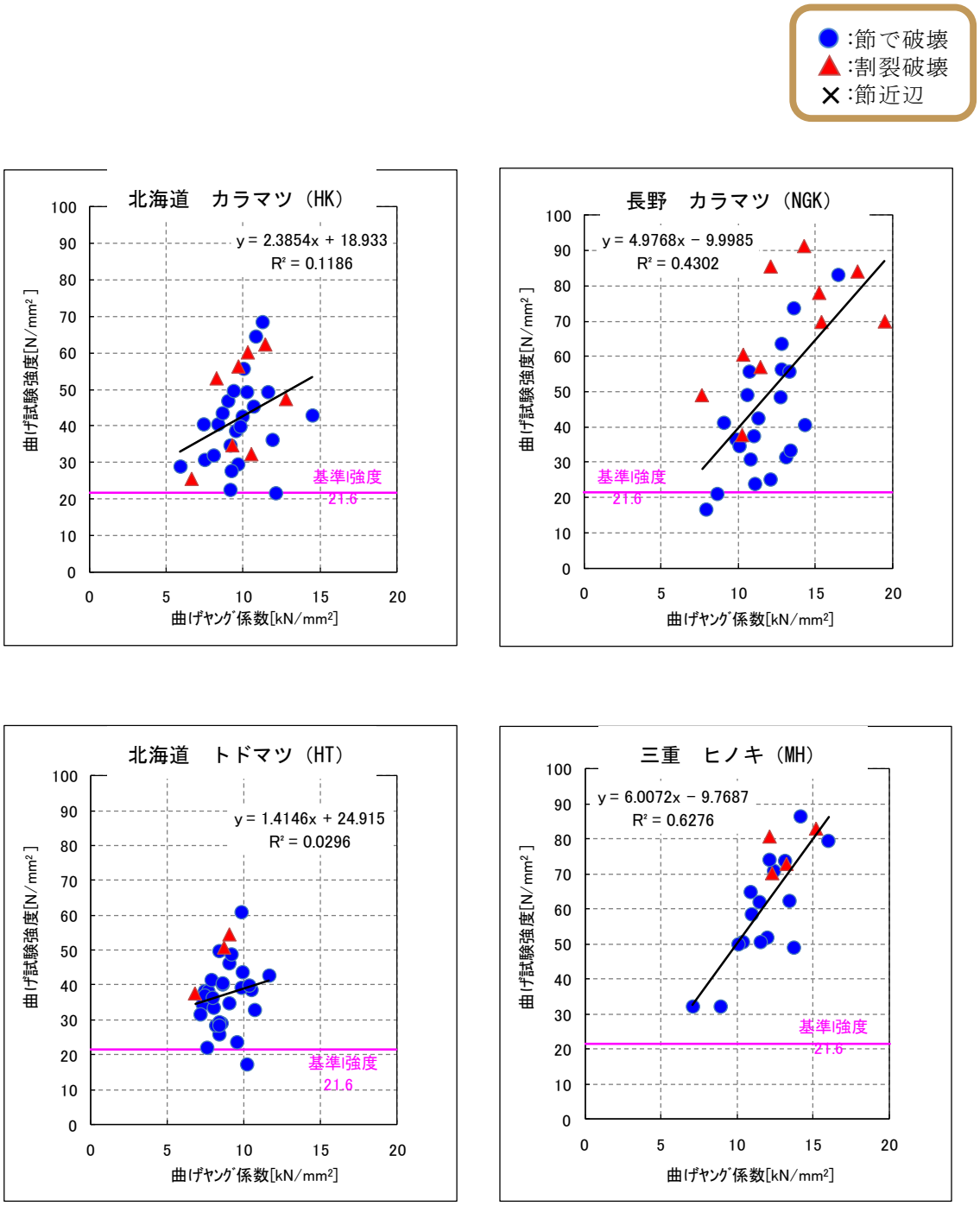


図 4-10　各試験体の曲げ試験強度と曲げヤング係数の関係

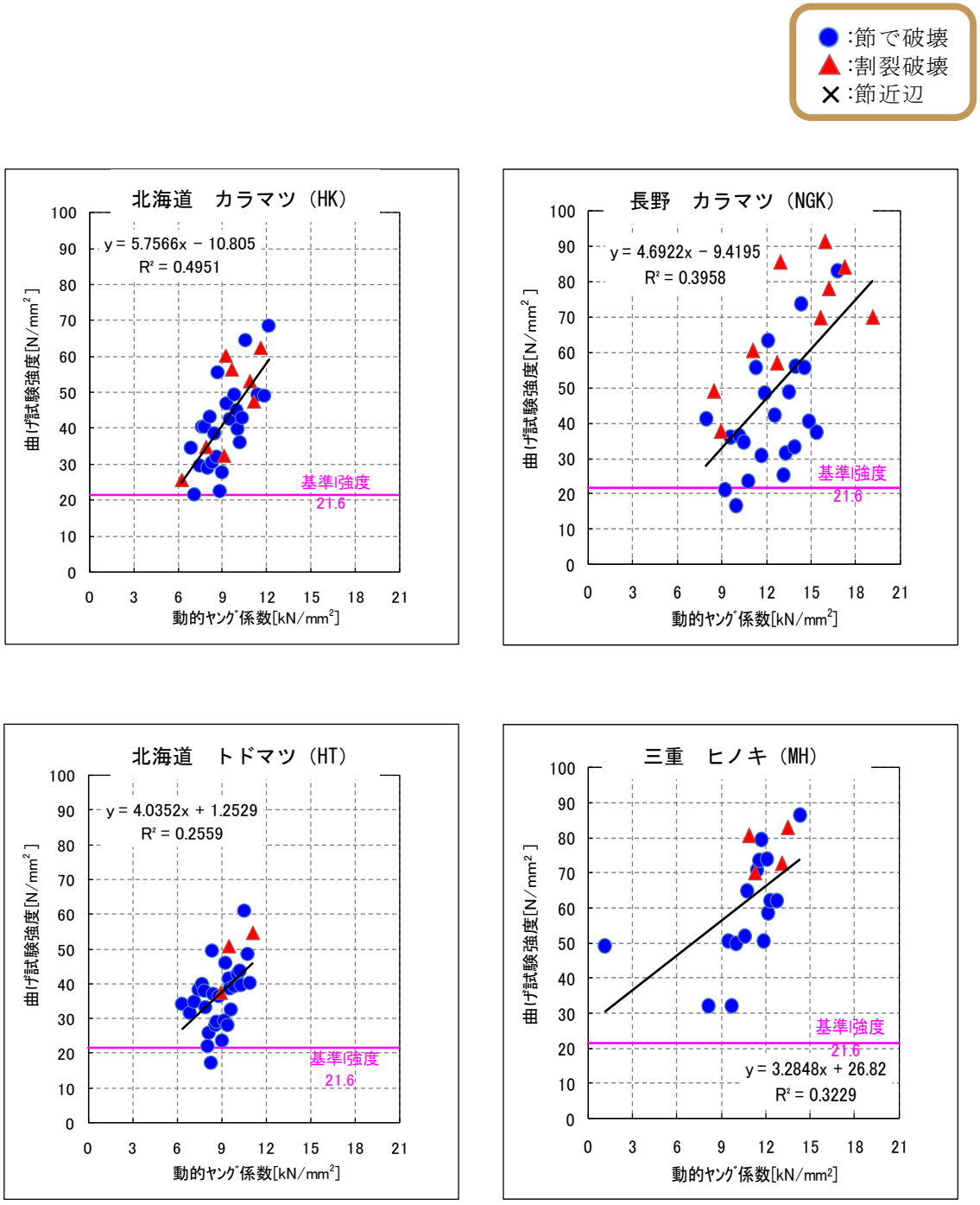


図 4-11　各試験体の曲げ試験強度と動的ヤング係数の関係

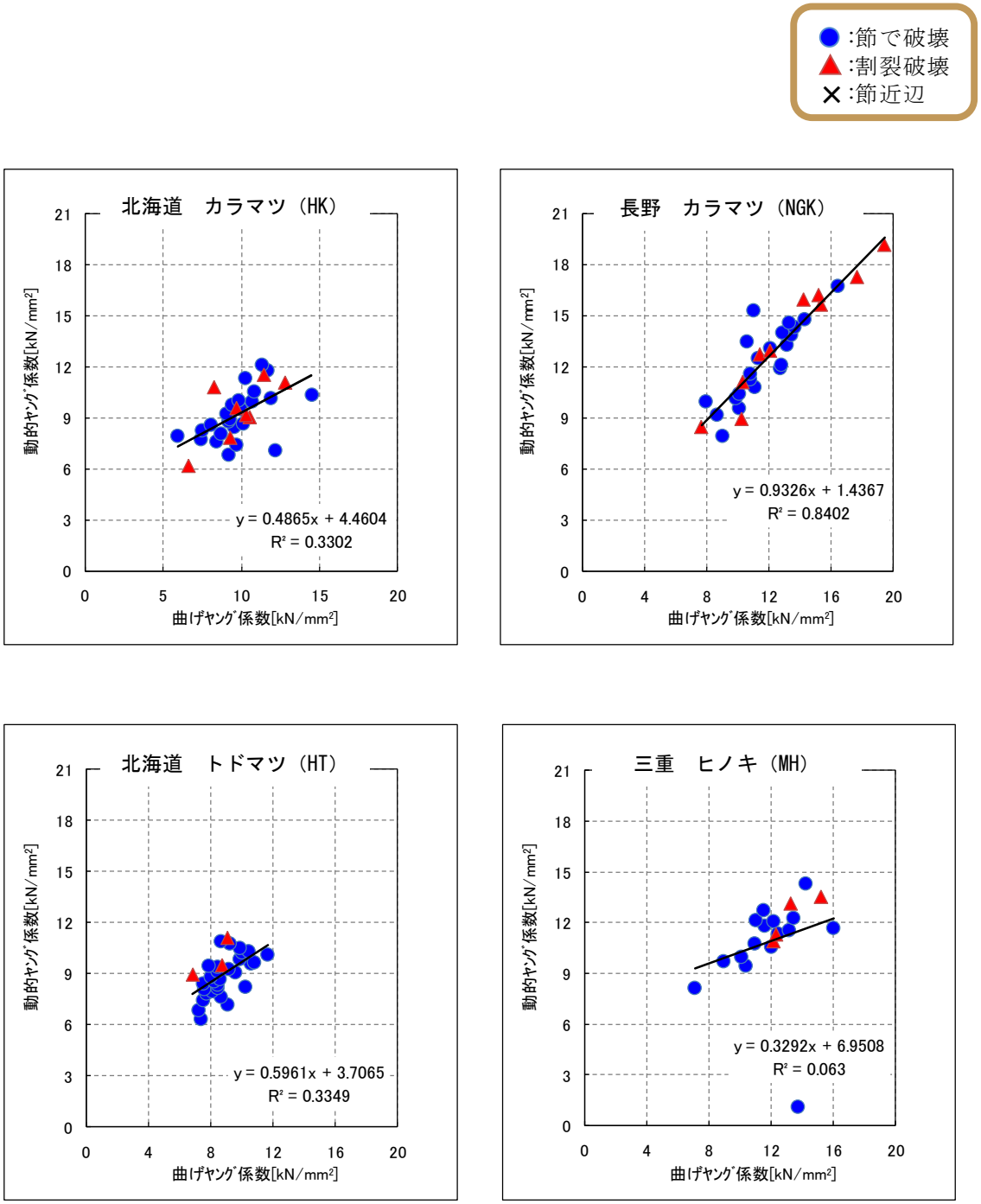


図 4-12　各試験体の動的ヤング係数と曲げヤング係数の関係

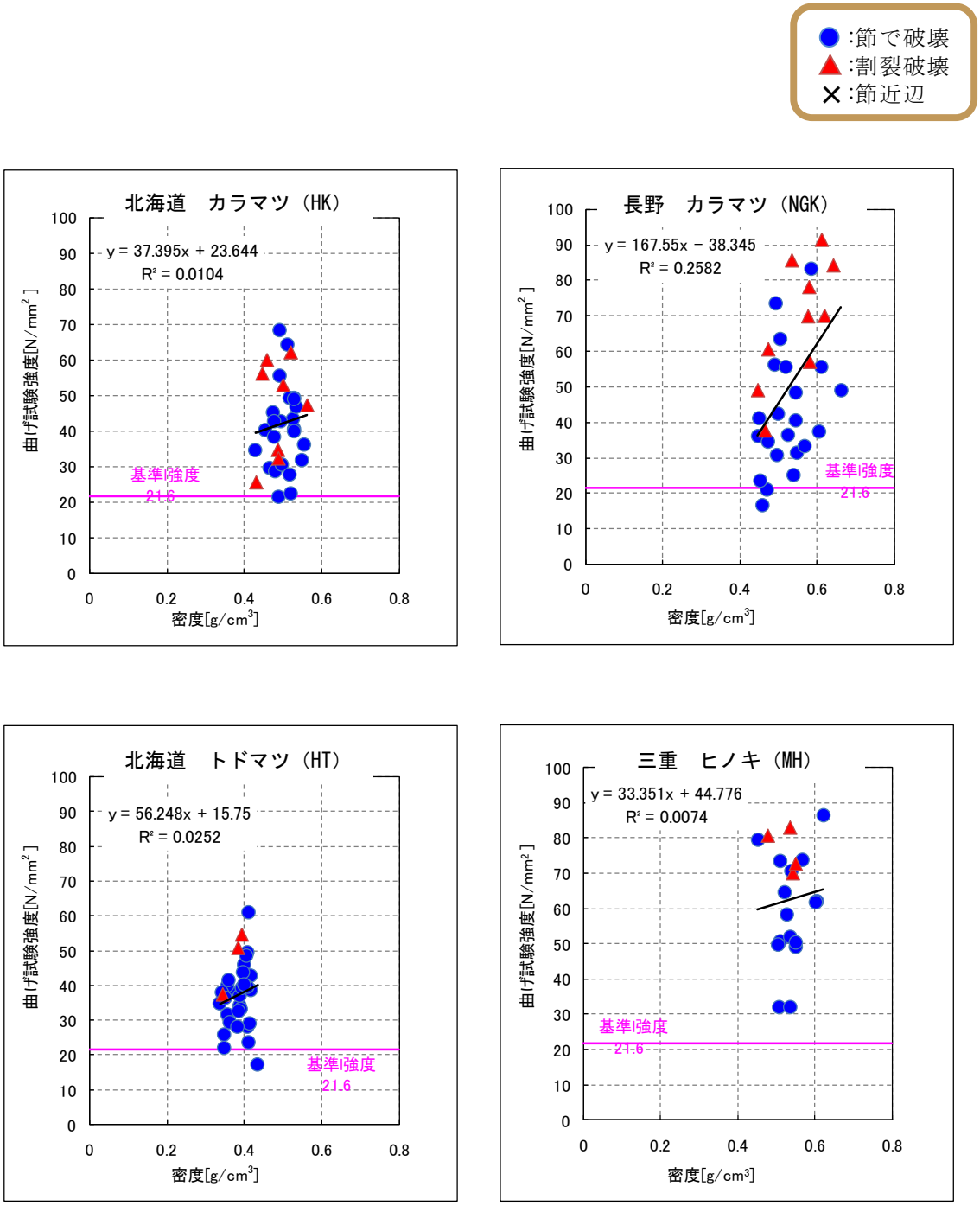


図 4-13　各試験体の曲げヤング係数と密度の関係

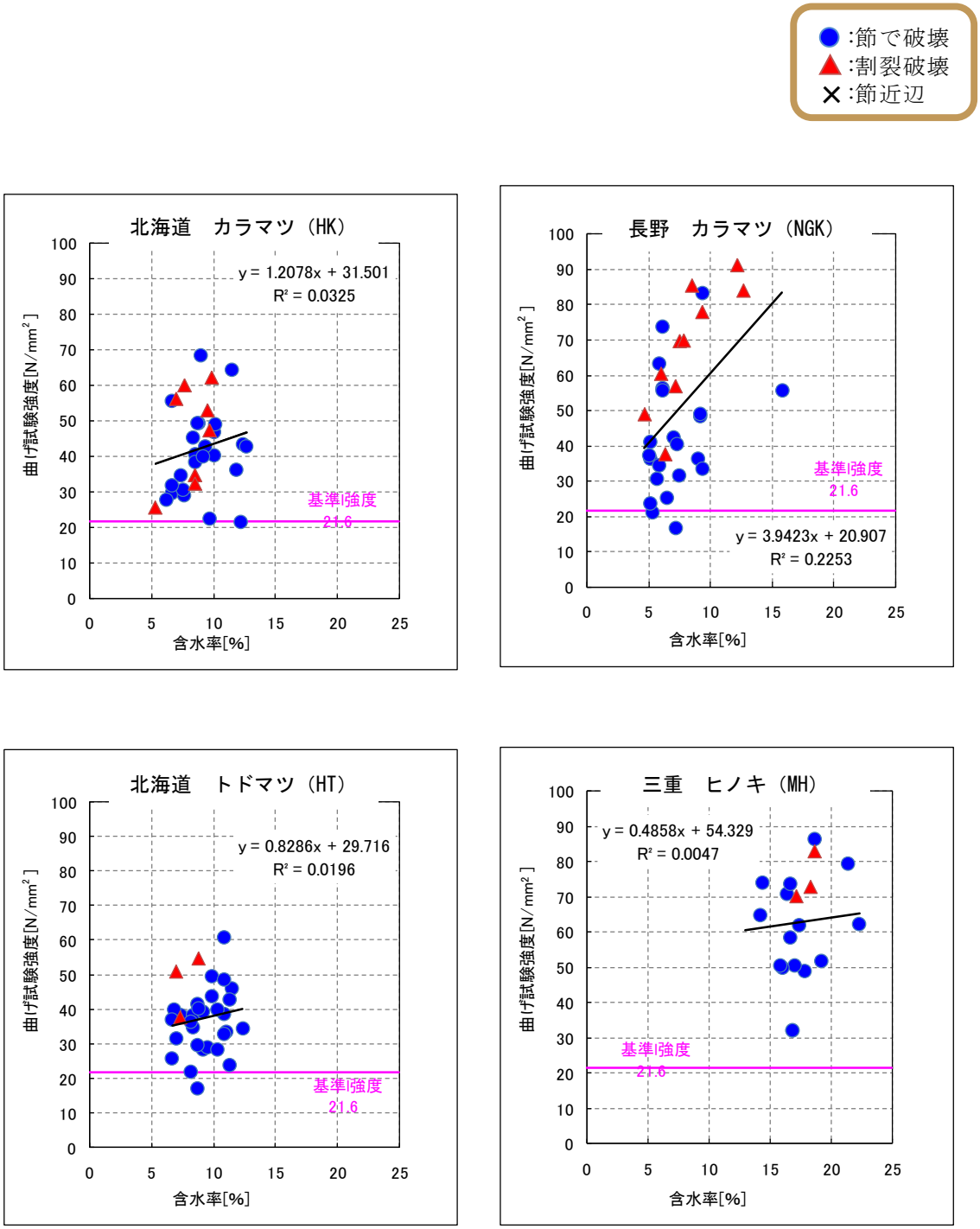


図 4-14　曲げ試験強度と含水率(試験後)の関係

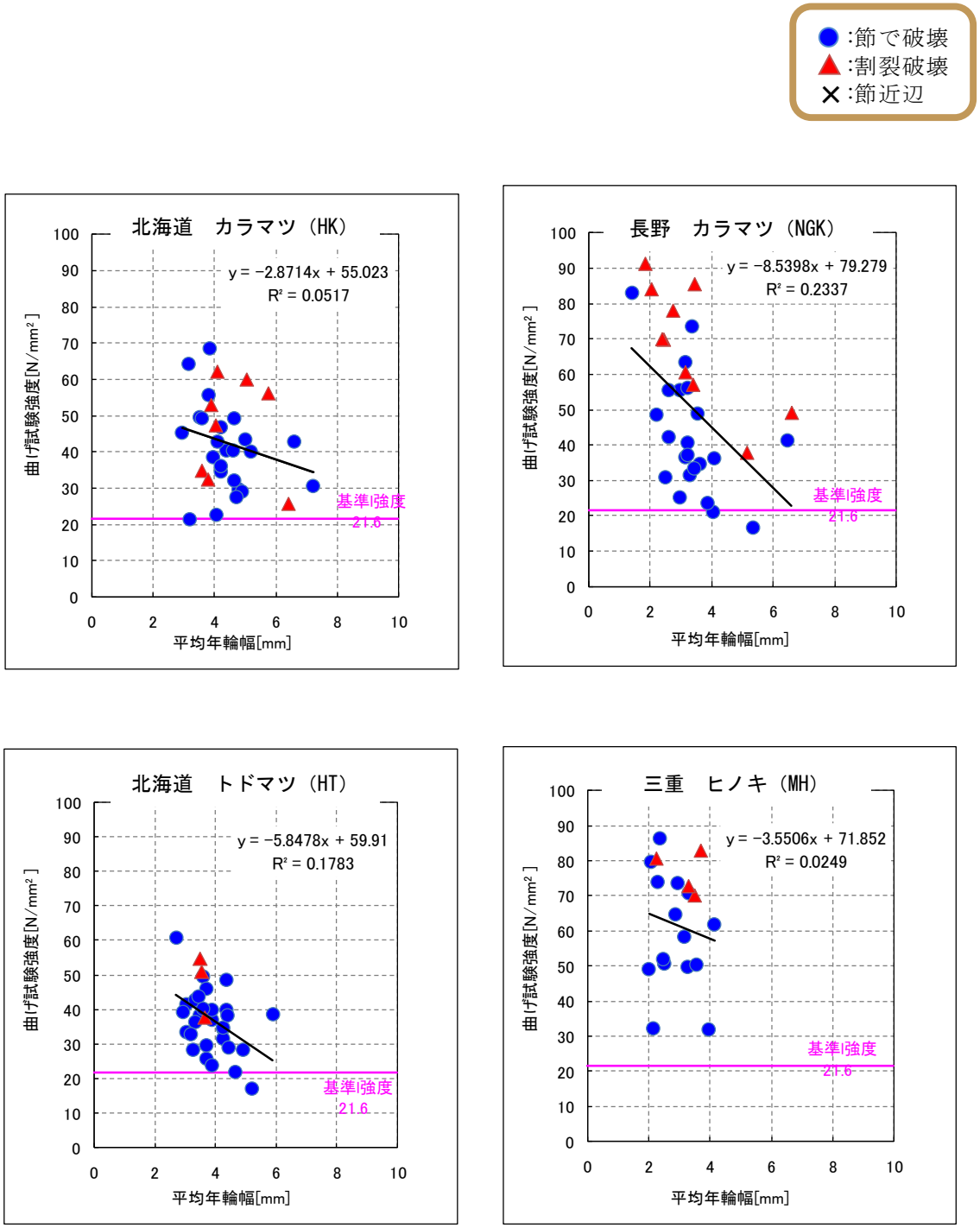


図 4-15　各試験体の曲げ試験強度と平均年輪幅の関係

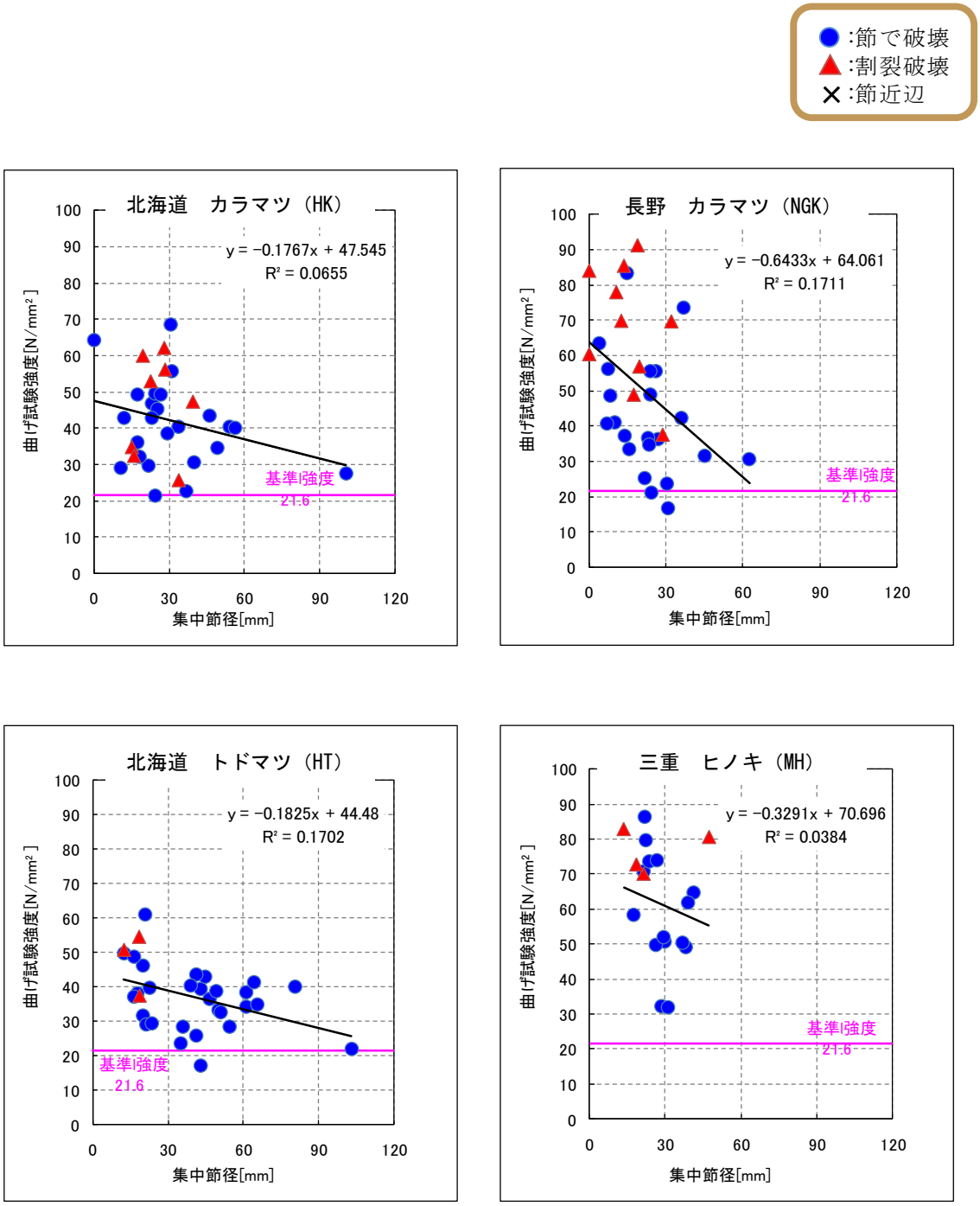


図 4-16　各試験体の曲げ試験強度と集中節径の関係

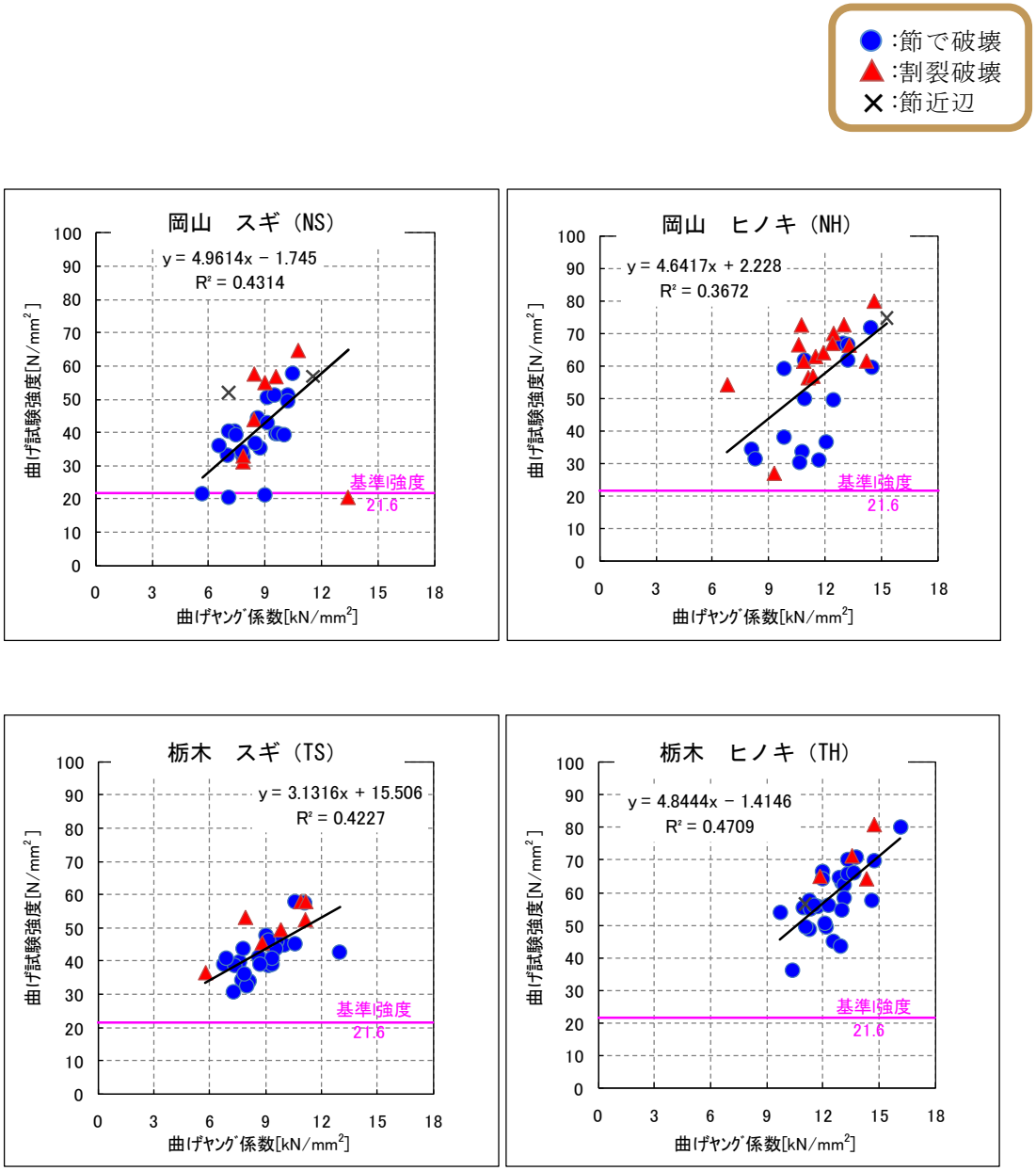


図 4-17　各試験体の曲げ試験強度と曲げヤング係数の関係

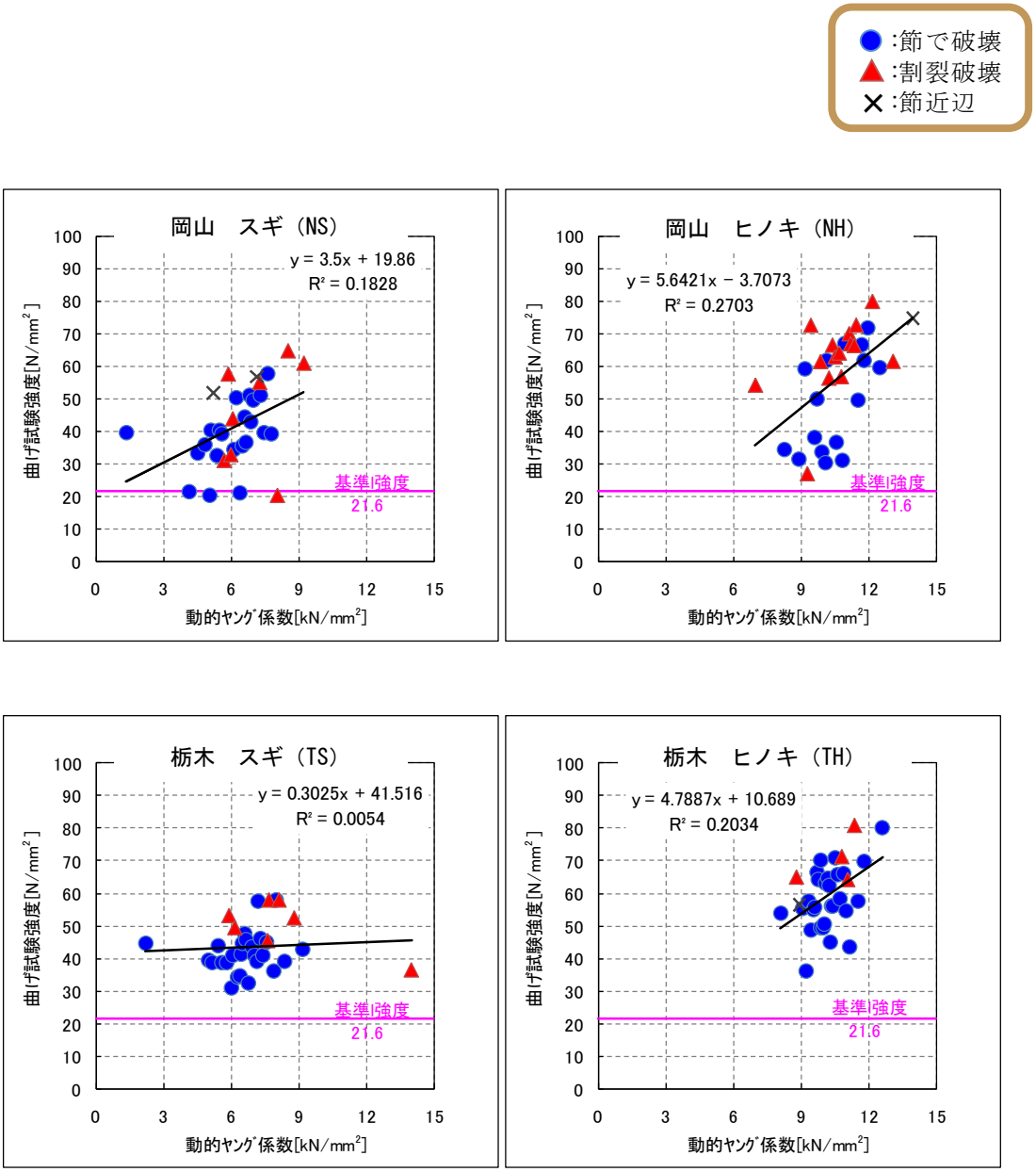


図 4-18　各試験体の曲げ試験強度と動的ヤング係数の関係

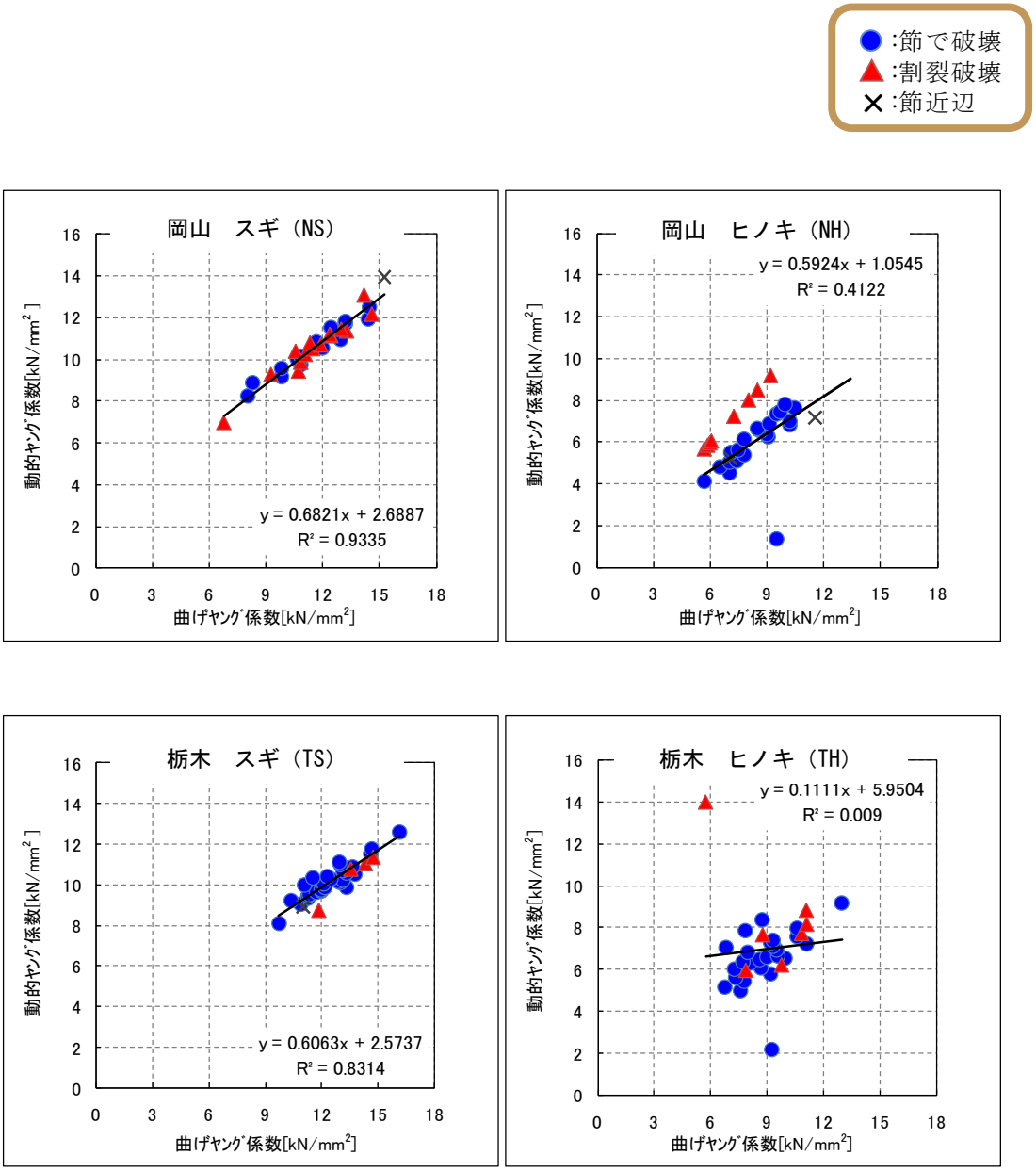


図 4-19　各試験体の動的ヤング係数と曲げヤング係数の関係

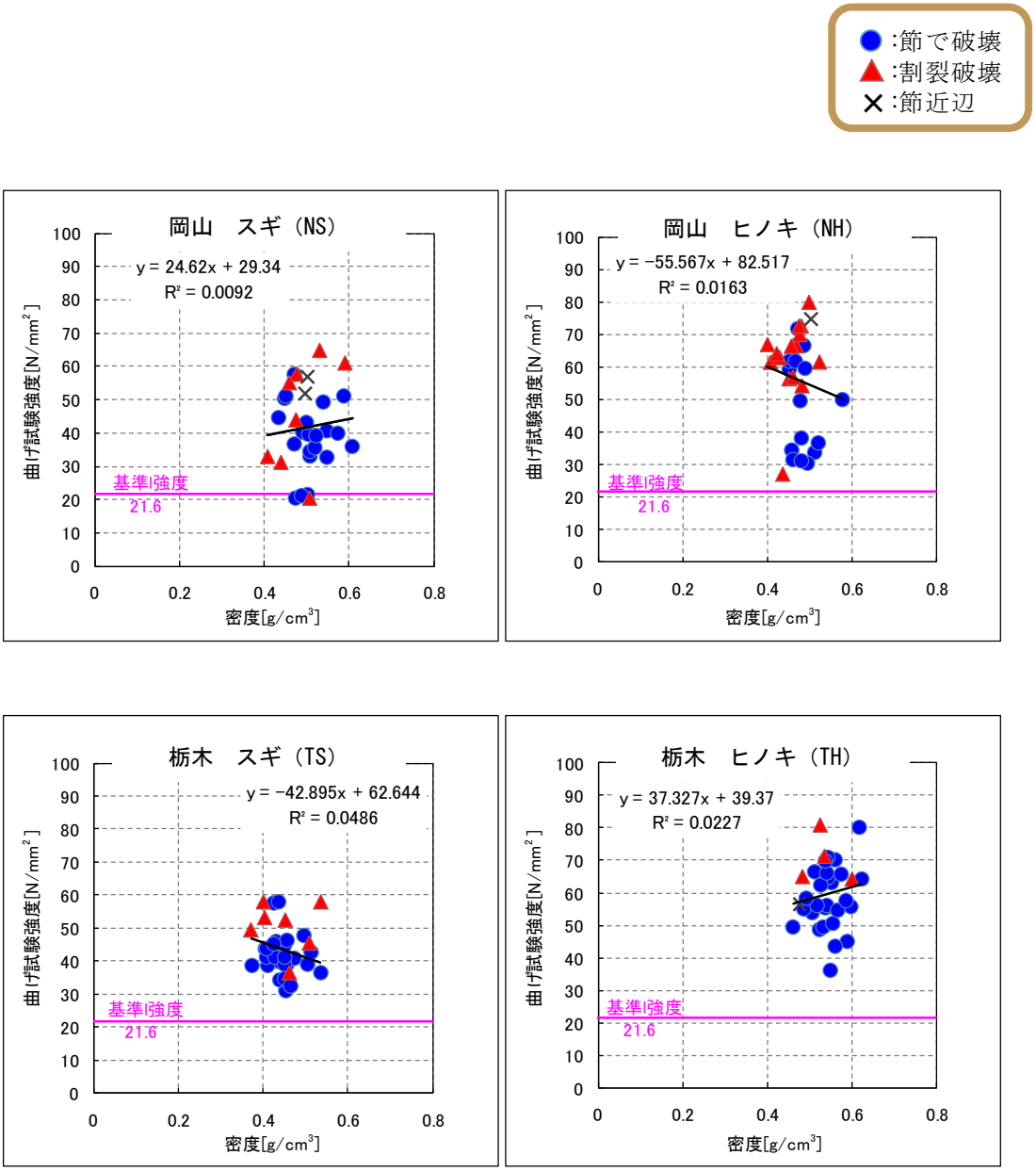


図 4-20　各試験体の曲げヤング係数と密度の関係

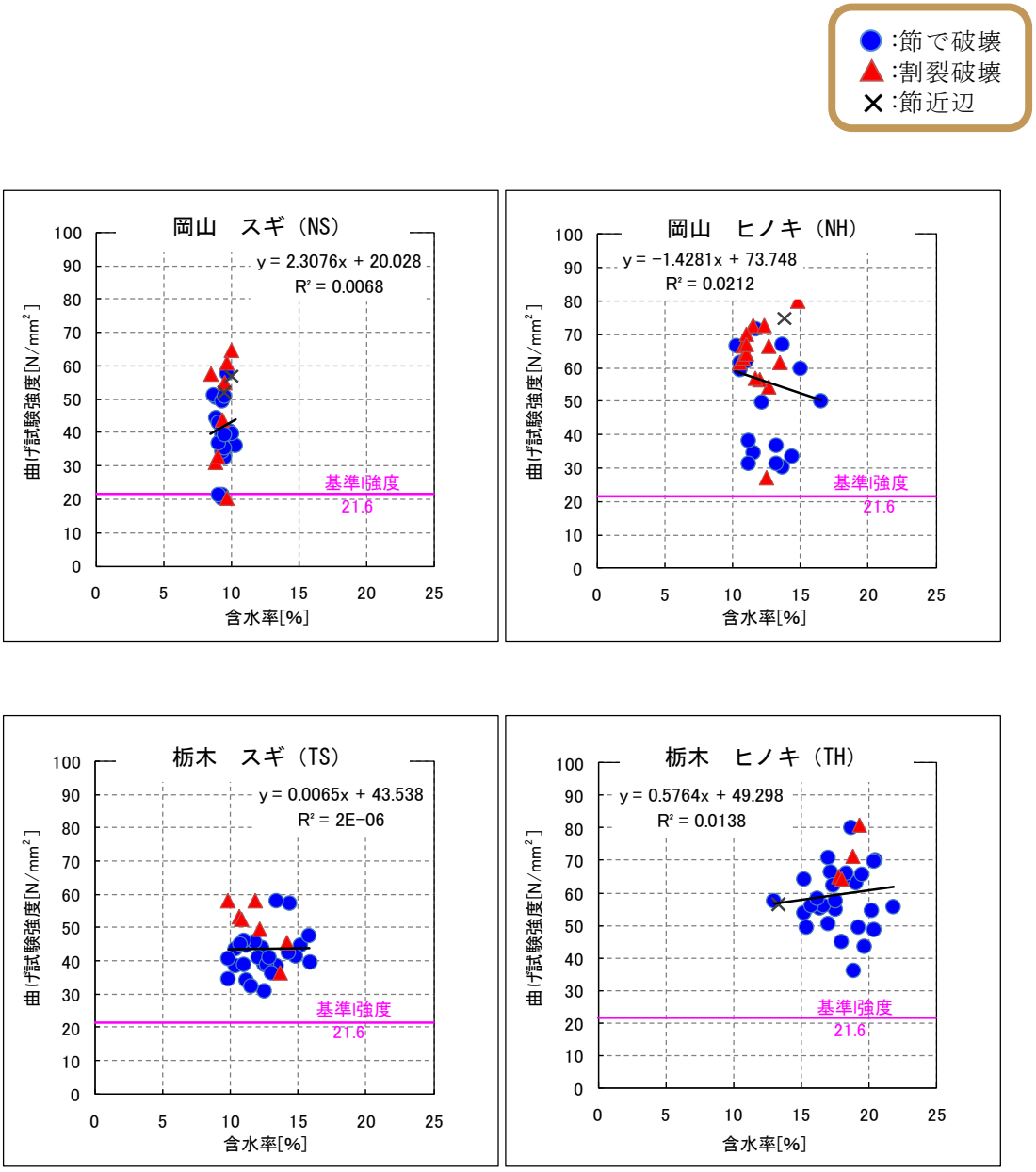


図 4-21　曲げ試験強度と含水率(試験後)の関係

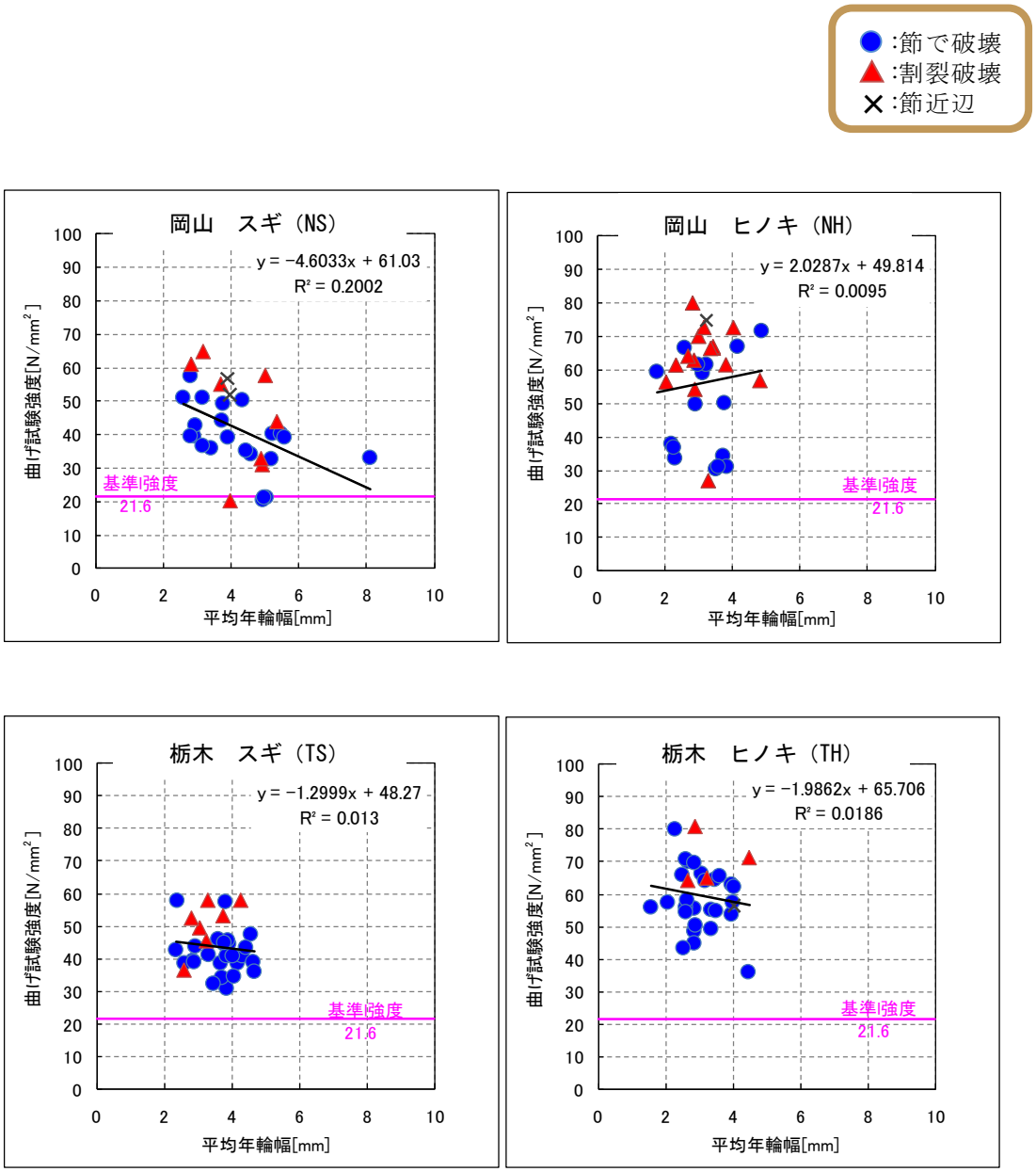


図 4-22　各試験体の曲げ試験強度と平均年輪幅の関係

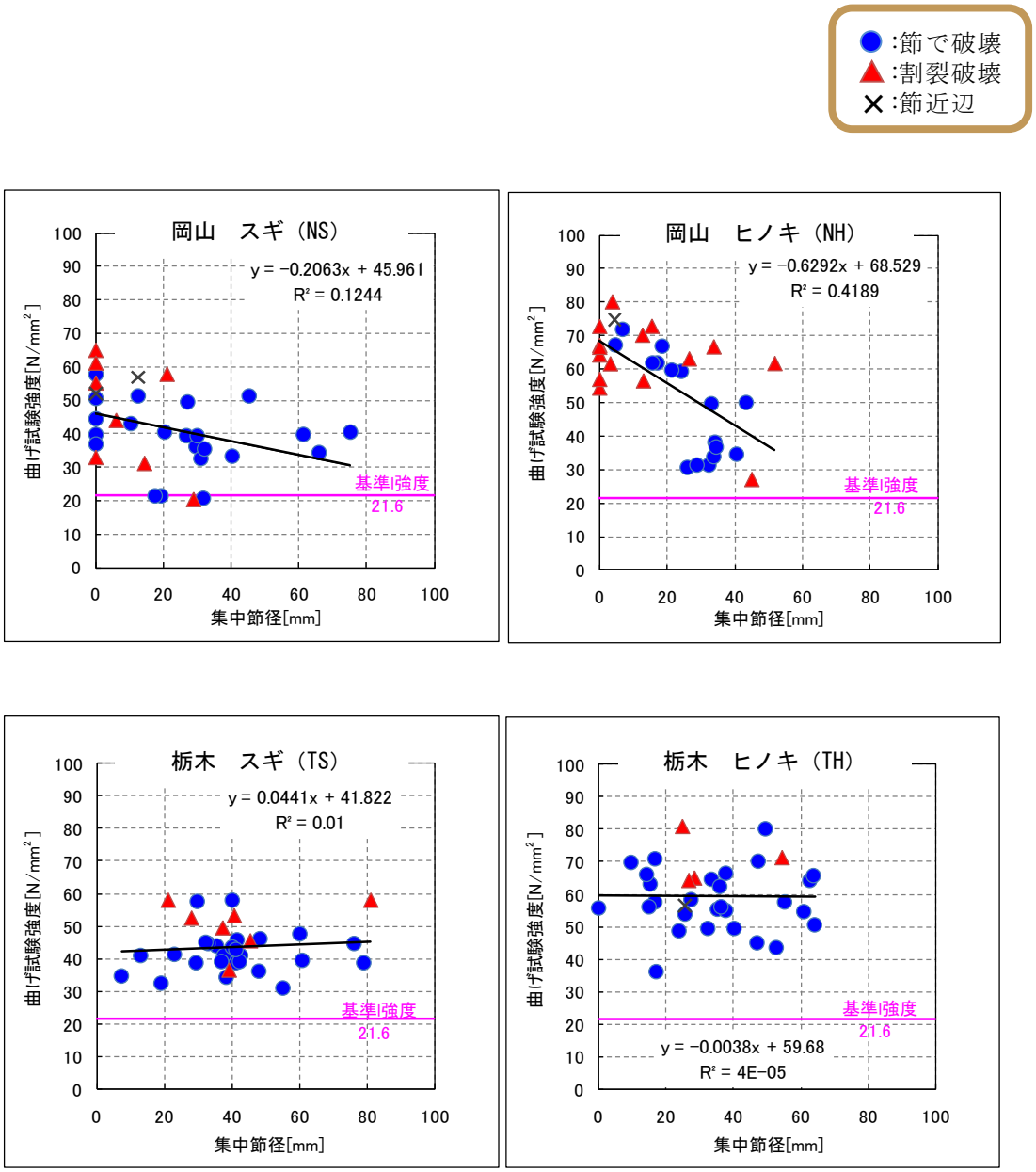


図 4-23　各試験体の曲げ試験強度と集中節径の関係

５．構造部材の試験

5.1　壁パネル試験①　－面内せん断試験－

この事業では、国産材を用いた木質接着複合パネルの強度データの収集、整備を目的としている。その一環として、壁パネルの面内せん断試験を実施した。

5.1.1　試験概要

（１）試験日時、場所

日時：平成 22 年 11 月 1 日(月)～9 日(火)

場所：長野県林業総合センター　壁試験機(TOMOE　アクチュエーター)

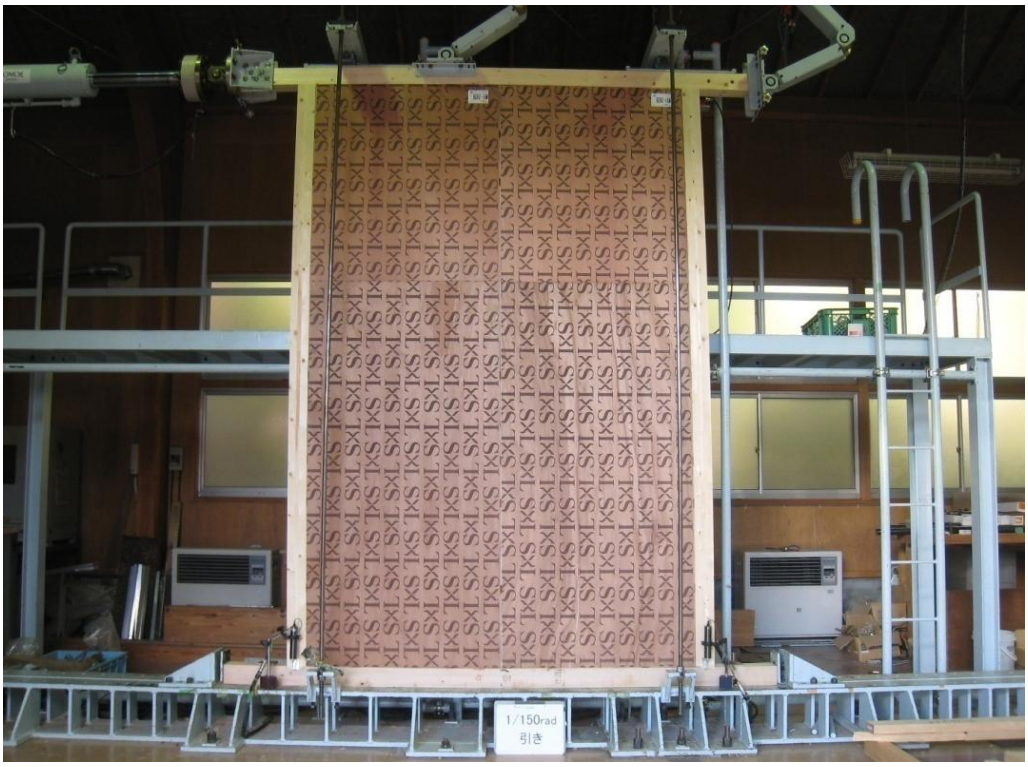


図 5-1　壁パネルの面内せん断試験の様子

長野県林業総合センター

（２）　試験体概要

試験体に使用した木材等を表 5-1 及び 5-2 に示す。

壁パネルに用いる枠組材は、ヒノキについては動的ヤング係数が下限値(8.5 以上)の材、スギについては平均値近傍の材を用いている。なお、栃木県産のスギに関しては、ヤング係数の高いものがあった為、8.5Gpa 以上の材を用いた壁パネルも作成した。

試験体は壁パネルを 2 枚組み合わせ、土台・柱・梁にはめ込み、釘で固定したものである。

表 5-１．　試験体に使用した材料

産地	樹種	試験体名	試験体数	動的ヤング係数（Gpa）
栃木	スギ①	TS	各3体 計27体 （9種）	平均値(6.2)近傍
	スギ②	TS`		8.5以上
	ヒノキ	TH		8.5以上
岡山	スギ	NS		平均値(6.9)近傍
	ヒノキ	NH		8.5以上
三重	ヒノキ	MH		8.5以上
長野	カラマツ	NGK		8.5以上
北海道	トドマツ	HT		8.5以上
	カラマツ	HK		8.5以上

表 5-2.　試験体の面材の仕様

	試験体仕様
耐力壁の種類	構造用合板
厚さ	5.5㎜
接合	水性高分子 イソシアネート系接着剤

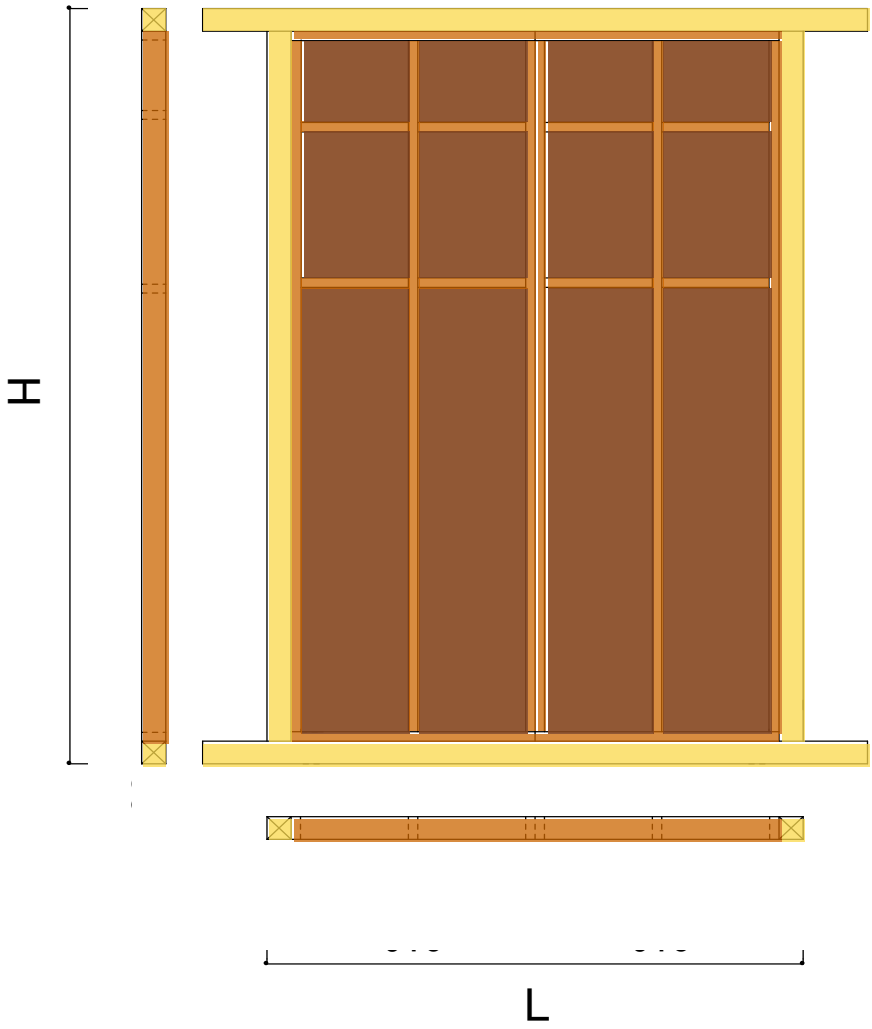


図 5-2　壁パネル試験体詳細図

（３）加力方法

試験は長野県林業総合センターの壁試験機(TOMOE)を用いて実施した。

「枠組壁工法建築物構造計算指針(2007年)」に準拠し、タイロッド式で実施した。図3 に加力スケジュールを示す。加力スケジュールの詳細は以下のとおりである。

① 加力は正負交番繰り返し加力とした。

② 繰り返し履歴は、真のせん断変形角が1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad の正負変形時とした。

③ 繰り返し回数は、履歴の同一変形段階で3 回を原則とした。

④ 加力が最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで加力した。

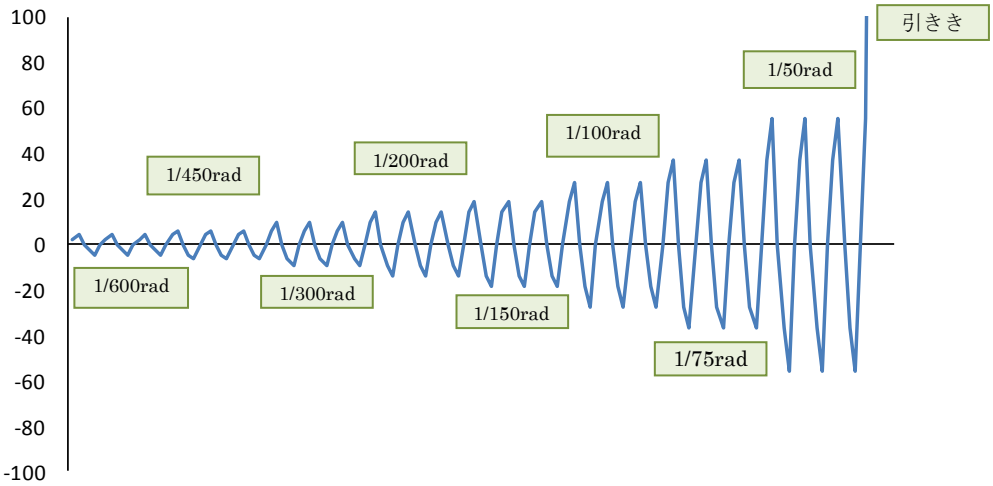


図5-3　加力スケジュールのサイクル

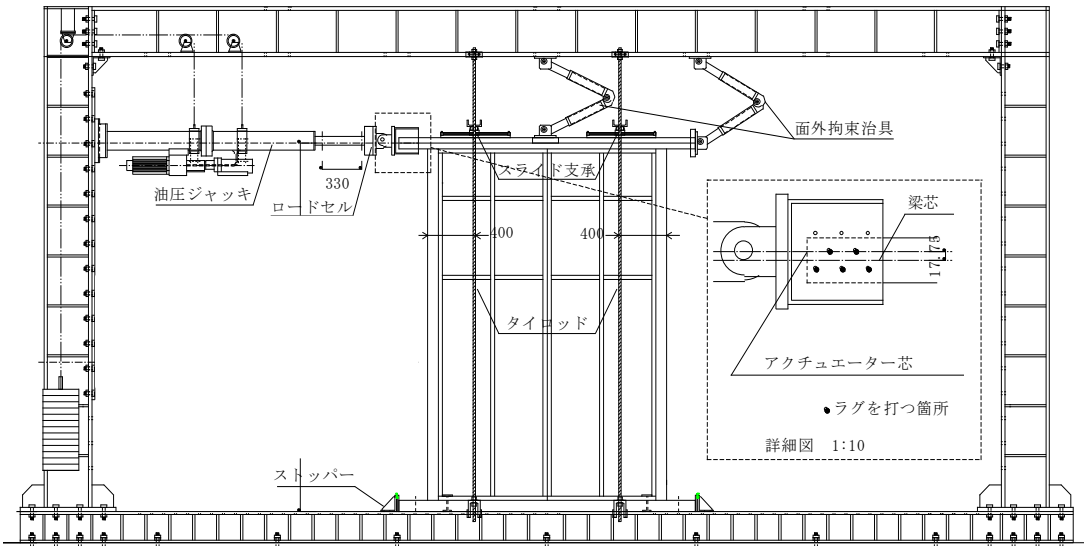


図 5-4　試験体設置図

5.1.2　試験結果

表 5-3 に各試験結果一覧、図 5-5 に 3 体中で平均的な性能を示した試験体の荷重変位曲線を比較したものを示す。なお、急激な荷重低下をしたところまでの値を用いた。

表 5-3　各試験体結果一覧

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
TS-1	30.8	55.7	17.4	18.8	70.7	27.6	28.0	20.5	2.53	11.1
TS-2	35.0	68.9	19.1	18.6	68.9	31.0	32.4	23.3	2.12	11.2
TS-3	34.3	55.7	18.9	19.0	82.2	29.7	31.5	22.9	2.61	12.2
平均	33.4	60.1	18.5	18.8	73.9	29.5	30.6	22.2	2.42	11.5
標準偏差	2.28	7.61	0.95	0.21	7.21	1.69	2.36	1.52	－	0.62
変動係数	0.07	0.13	0.05	0.01	0.10	0.06	0.08	0.07	－	0.05
ばらつき係数	0.97	0.94	0.98	0.99	0.95	0.97	0.96	0.97	－	0.97
下限値	32.3	56.5	18.0	18.7	70.5	28.7	29.5	21.5	2.39	11.2

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
TS'-1	32.9	51.4	19.7	20.4	51.4	29.4	30.8	21.9	1.67	9.0
TS'-2	35.1	55.7	20.3	20.8	118.5	31.7	32.5	23.4	3.64	15.9
TS'-3	31.4	55.7	18.1	19.7	100.1	27.0	25.8	21.0	3.87	14.0
平均	33.1	54.3	19.4	20.3	90.0	29.4	29.7	22.1	3.06	13.0
標準偏差	1.82	2.46	1.16	0.58	34.66	2.34	3.47	1.22	－	3.56
変動係数	0.06	0.05	0.06	0.03	0.39	0.08	0.12	0.06	－	0.27
ばらつき係数	0.97	0.98	0.97	0.99	0.82	0.96	0.95	0.97	－	0.87
下限値	32.3	53.1	18.8	20.0	73.7	28.2	28.1	21.5	2.62	11.3

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
TH-1	32.8	51.6	17.5	21.4	51.6	28.7	20.9	21.8	2.47	11.4
TH-2	37.9	55.7	22.0	22.0	55.7	33.6	30.6	25.3	1.82	10.9
TH-3	32.3	51.6	18.6	19.5	51.6	28.3	26.1	21.5	1.98	9.7
平均	34.3	53.0	19.4	21.0	53.0	30.2	25.9	22.9	2.09	10.7
標準偏差	3.13	2.32	2.34	1.27	2.36	2.95	4.88	2.09	－	0.86
変動係数	0.09	0.04	0.12	0.06	0.04	0.10	0.19	0.09	－	0.08
ばらつき係数	0.96	0.98	0.94	0.97	0.98	0.95	0.91	0.96	－	0.96
下限値	32.8	51.9	18.3	20.4	51.9	28.8	23.6	21.9	2.20	10.3

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
NS-1	30.7	51.5	18.7	18.5	51.5	26.3	25.0	20.4	2.06	9.3
NS-2	34.5	73.3	19.0	18.1	73.3	30.2	29.2	23.0	2.50	12.1
NS-3	25.3	36.7	13.6	17.7	37.1	21.3	20.0	16.8	1.86	7.0
平均	30.2	53.8	17.1	18.1	54.0	25.9	24.7	20.1	2.14	9.5
標準偏差	4.65	18.39	3.01	0.43	18.20	4.44	4.66	3.10	－	2.53
変動係数	0.15	0.34	0.18	0.02	0.34	0.17	0.19	0.15	－	0.27
ばらつき係数	0.93	0.84	0.92	0.99	0.84	0.92	0.91	0.93	－	0.87
下限値	28.0	45.2	15.7	17.9	45.4	23.8	22.6	18.6	2.01	8.3

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
NH-1	32.4	53.6	18.9	19.5	53.6	28.7	25.4	21.6	2.11	10.3
NH-2	31.7	53.4	17.2	19.0	53.4	27.4	26.2	21.1	2.04	9.6
NH-3	35.0	55.7	18.5	19.4	62.1	30.7	28.9	23.3	2.15	11.1
平均	33.0	54.2	18.2	19.3	56.4	28.9	26.8	22.0	2.10	10.4
標準偏差	1.74	1.27	0.91	0.25	4.98	1.64	1.83	1.16	－	0.76
変動係数	0.05	0.02	0.05	0.01	0.09	0.06	0.07	0.05	－	0.07
ばらつき係数	0.98	0.99	0.98	0.99	0.96	0.97	0.97	0.98	－	0.97
下限値	32.2	53.6	17.8	19.2	54.0	28.2	26.0	21.5	2.08	10.0

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
HK-1	36.5	55.6	20.2	21.0	70.5	31.9	30.9	24.4	2.28	12.1
HK-2	27.8	36.2	15.0	19.9	41.8	24.6	20.2	18.5	2.07	8.7
HK-3	27.2	28.3	13.6	20.5	28.4	22.7	14.8	18.1	1.92	7.6
平均	30.5	40.0	16.3	20.5	46.9	26.4	22.0	20.3	2.09	9.5
標準偏差	5.21	14.06	3.50	0.52	21.48	4.90	8.20	3.48	−	2.30
変動係数	0.17	0.35	0.21	0.03	0.46	0.19	0.37	0.17	−	0.24
ばらつき係数	0.92	0.83	0.90	0.99	0.78	0.91	0.82	0.92	−	0.89
下限値	28.1	33.4	14.6	20.2	36.8	24.1	18.1	18.7	2.03	8.4

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
HT-1	29.8	51.3	14.7	19.3	51.3	25.8	20.7	19.8	2.47	10.3
HT-2	27.1	37.4	13.9	19.3	37.4	22.6	17.0	18.1	2.21	8.4
HT-3	29.4	52.2	16.0	18.2	52.2	24.9	21.3	19.6	2.45	9.8
平均	28.8	47.0	14.9	18.9	47.0	24.4	19.7	19.2	2.38	9.5
標準偏差	1.44	8.27	1.04	0.64	8.27	1.64	2.36	0.96	−	1.00
変動係数	0.05	0.18	0.07	0.03	0.18	0.07	0.12	0.05	−	0.11
ばらつき係数	0.98	0.92	0.97	0.98	0.92	0.97	0.94	0.98	−	0.95
下限値	28.1	43.1	14.4	18.6	43.1	23.7	18.6	18.7	2.32	9.0

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
NGK-1	32.1	53.5	18.7	23.1	55.5	28.9	20.6	21.4	2.70	12.1
NGK-2	34.0	53.9	17.8	21.7	53.9	29.1	19.9	22.7	2.70	12.2
NGK-3	36.0	56.0	19.7	23.1	56.0	32.8	25.1	24.0	2.23	12.2
平均	34.0	54.5	18.7	22.6	55.1	30.3	21.9	22.7	2.54	12.2
標準偏差	1.94	1.34	0.97	0.79	1.10	2.24	2.79	1.29	−	0.07
変動係数	0.06	0.02	0.05	0.03	0.02	0.07	0.13	0.06	−	0.01
ばらつき係数	0.97	0.99	0.98	0.98	0.99	0.97	0.94	0.97	−	1.00
下限値	33.1	53.8	18.3	22.3	54.6	29.2	20.6	22.1	2.66	12.1

	Pmax[kN]	δ_{Pmax}時[mm]	Py[kN]	P_{150}[kN]	δu[mm]	Pu[kN]	δv[mm]	2/3Pmax[kN]	塑性率 μ	0.2Pu/Ds[kN]
MH-1	31.7	37.6	18.0	22.2	67.9	28.1	16.7	21.2	4.06	15.0
MH-2	34.9	48.5	18.5	23.6	48.5	30.1	19.4	23.3	2.50	12.0
MH-3	34.5	55.6	19.6	22.3	55.6	29.9	24.8	23.0	2.24	11.2
平均	33.7	47.2	18.7	22.7	57.3	29.3	20.3	22.5	2.94	12.7
標準偏差	1.73	9.08	0.82	0.79	9.84	1.12	4.12	1.15	−	2.00
変動係数	0.05	0.19	0.04	0.03	0.17	0.04	0.20	0.05	−	0.16
ばらつき係数	0.98	0.91	0.98	0.98	0.92	0.98	0.90	0.98	−	0.93
下限値	32.9	42.9	18.3	22.3	52.7	28.8	18.4	21.9	2.87	11.8

各試験体の最大耐力は概ね 30ｋＮ以上の値を示した。そのうち、ヒノキを用いた試験体は材料の産地に関わらず、平均的に高い値を示した。主な破壊性状は、下枠材の割裂と合板の接着層の剥離、縦桟材割裂であったが、中には桁が曲げ破壊される場合が幾つか確認された。

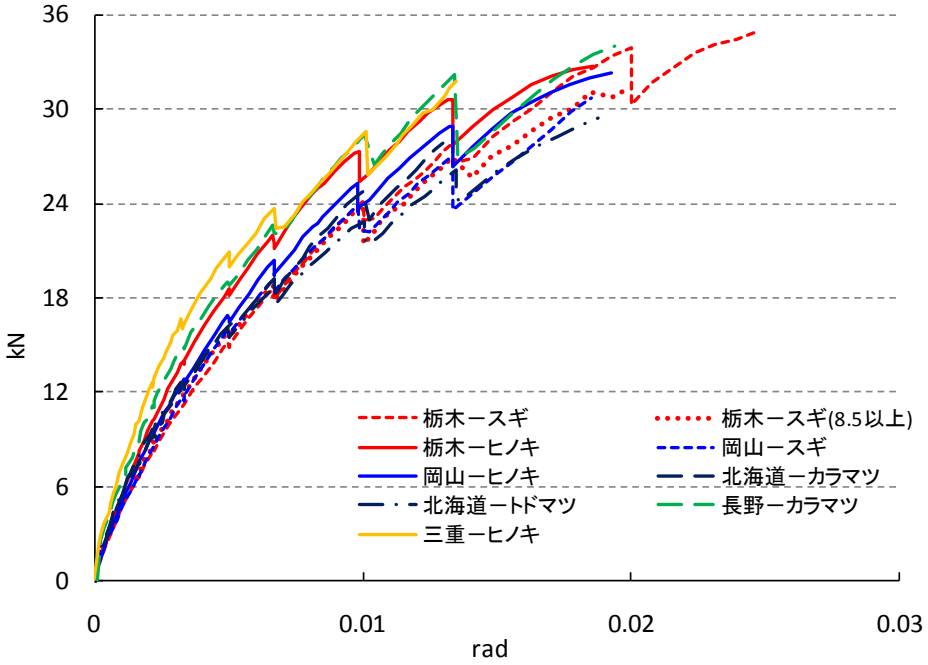


図 5-5　各試験体の代表荷重変位曲線の比較

表 5-4　試験結果の比較

産地	樹種	試験体名 記号	基準耐力 （Gpa）	1/150rad時の 耐力の平均 （Gpa）
栃木	スギ①	TS	32.3	18.4
	スギ②	TS`	32.3	19.3
	ヒノキ	TH	32.8	20.9
岡山	スギ	NS	28.0	18.5
	ヒノキ	NH	32.2	19.4
三重	ヒノキ	MH	32.9	23.0
長野	カラマツ	NGK	33.1	22.8
北海道	カラマツ	HK	28.1	20.3
	トドマツ	HT	28.1	18.8

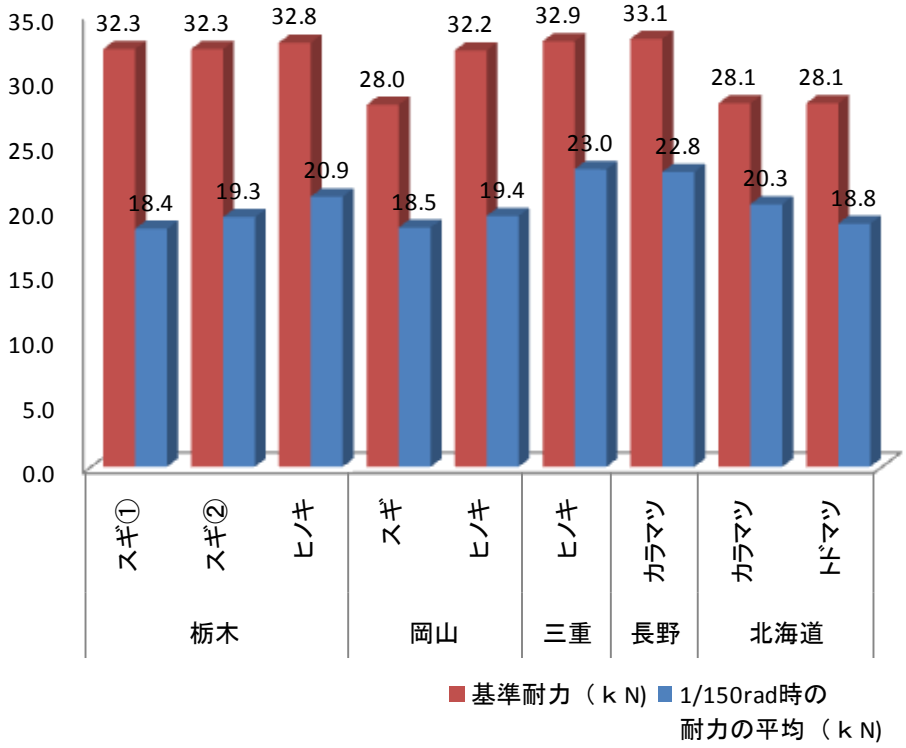


図 5-6　試験結果の比較

5.2　壁パネル試験②　－壁の圧縮試験－

この事業では、国産材木質接着複合パネルの強度データの収集、整備を目的としている。その一環として、壁パネルの圧縮試験を実施した。

5.2.1　試験概要

（１）試験日時・場所

日時：平成 22 年 12 月 8 日(水)～12 月 10 日(金)、16 日(木)

場所：エス・バイ・エル㈱つくば工場

（２）試験体概要

試験体に使用した材料等を表 5-5 及び 5-6 に示す。

壁パネルに用いる枠組材は、動的ヤング係数が 8.5Gpa 以上の材を用いている。

表 5-5.　試験体に使用した枠組材

産地	樹種	試験体名（記号）	試験体数	動的ヤング係数（Gpa）
三重	ヒノキ	MH	各3体 計12体 （4種）	8.5以上
長野	カラマツ	NGK		
北海道	トドマツ	HT		
	カラマツ	HK		

表 5-6.　試験体の面材の仕様

	試験体仕様
耐力壁の種類	構造用合板
厚さ	5.5㎜
接合	水性高分子 イソシアネート系接着剤

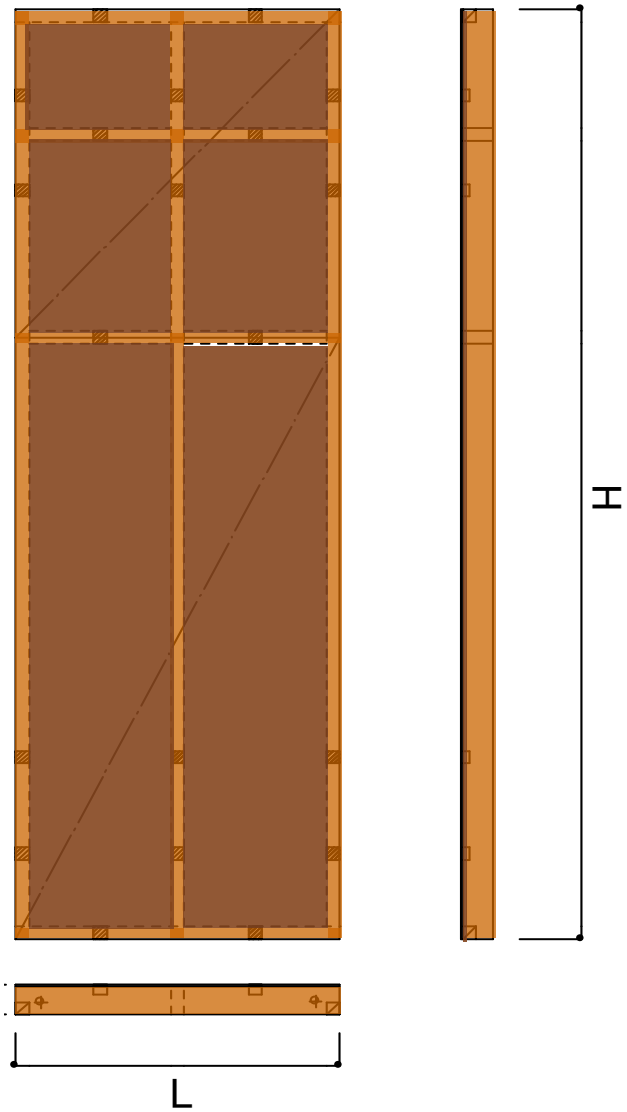


図 5-7　壁パネル試験体詳細図

（３）加力方法

試験はエス・バイ・エル㈱つくば工場の50tf構造物曲げ試験機を用いて実施した。「枠組壁工法建築物構造計算指針(2007年)」に準拠し、エス・バイ・エル㈱の既往の試験方法に基づいている。

単調増加方式により、荷重は原則として20kg(0.196 kN)ピッチとした。

荷重点は、合板側からパネル厚さ2/3の偏心荷重とした（図5-8）。

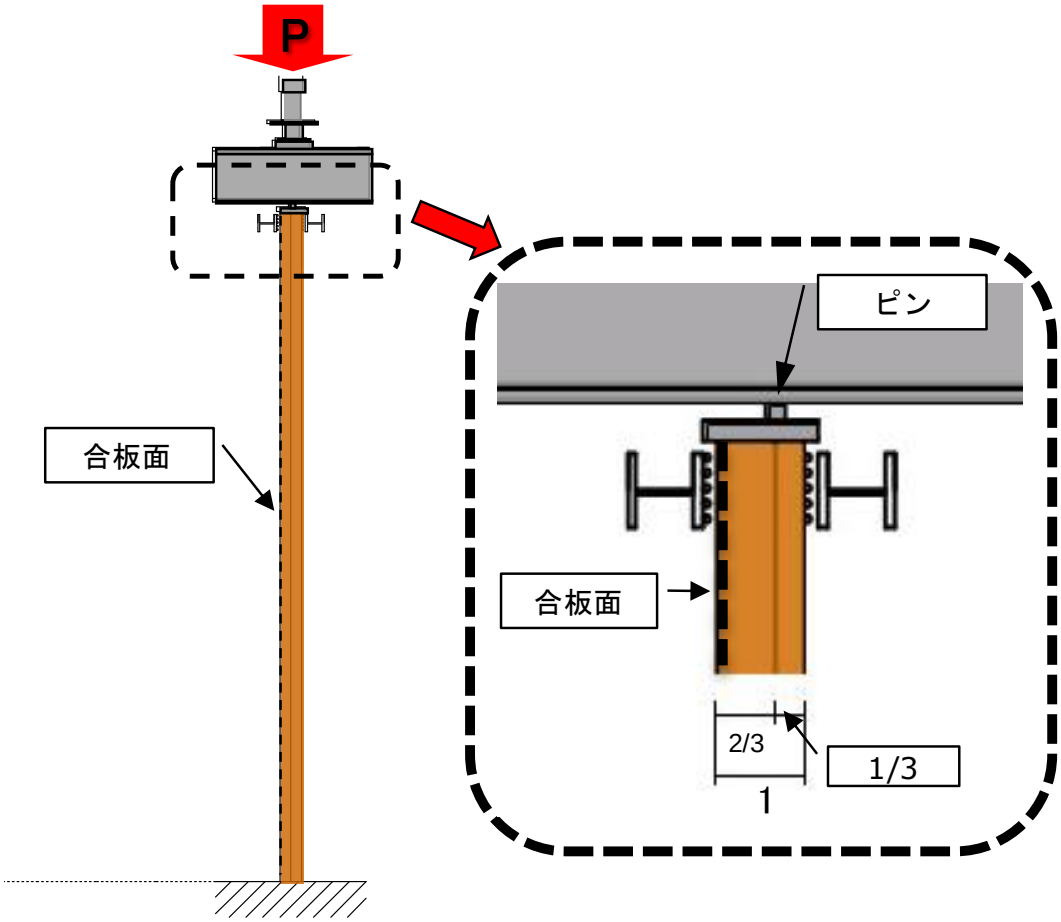


図 5-8　試験体設置図

図 5-9　試験風景

5.2.2　試験結果

表 5-7 に各試験結果一覧、図 5-10 に 3 体中で平均的な性能を示した試験体の荷重変位曲線を比較したものを示す。なお、急激な荷重低下をしたところまでの値を用いている。

表 5-7　各試験体結果一覧

試験体名	(2/3)Pmax時			最大荷重時			破壊性状
	荷重P (kN)	面外方向たわみ δ 1(mm)	軸方向圧縮変位 δ 2(mm)	荷重Pmax (kN)	面外方向たわみ δ 1(mm)	軸方向圧縮変位 δ 2(mm)	
C－MH－1	77.9	7.7	1.1	116.8	30.5	2.6	縦枠材の座屈、合板の剥れ
C－MH－2	67.6	6.3	1.2	101.4	23.8	2.9	縦枠材の座屈、合板の剥れ
C－MH－3	66.2	6.1	1.3	99.4	22.3	2.9	縦枠材の座屈、合板の剥れ
下限値	50.5	6.3	1.1	75.8	23.5	2.7	
C－HK－1	71.4	3.5	1.2	107.1	25.0	3.0	縦枠材の座屈、合板の剥れ
C－HK－2	73.4	6.1	1.3	110.1	30.7	2.8	縦枠材の座屈、合板の剥れ
C－HK－3	64.3	6.8	1.4	96.4	28.3	3.2	縦枠材の座屈、合板の剥れ
下限値	54.6	4.6	1.2	81.9	26.6	2.9	
C－HT－1	53.1	11.0	1.3	79.7	35.1	3.0	縦枠材の座屈、合板の剥落
C－HT－2	56.3	9.5	1.4	84.5	27.5	2.7	縦枠材の座屈により、真っ二つに
C－HT－3	55.1	7.2	1.1	82.6	23.3	2.4	縦枠材の座屈、合板の剥れ
下限値	49.8	8.3	1.2	74.7	25.8	2.6	
C－NGK－1	77.3	8.9	1.2	116.0	23.8	2.2	縦枠材の座屈
C－NGK－2	62.8	10.5	1.5	94.2	36.2	3.4	縦枠材の座屈、合板の剥落
C－NGK－3	60.9	7.8	1.5	91.3	27.8	3.6	縦枠材の座屈、合板の剥れ
下限値	38.7	8.4	1.3	58.1	26.3	2.7	

面外方向たわみ、軸方向圧縮変位は以下の式により求めた。

・面外方向たわみ

$$\delta_1 = \frac{DG2 + DG5}{2} - \frac{\{1340(DG1 + DG4) + 1260(DG3 + DG6)\}}{2 \times 2520}$$

・軸方向圧縮変位

$$\delta_2 = \frac{(DG7 + DG8 + DG9 + DG10)}{2}$$

※C－HK－1 に関しては、面外拘束が若干きかなかったため、面外たわみの値は参考程度とする。

強度のばらつきが大きい樹種を枠組材とした試験体においても、比較的高い耐力を示し、パネル化による圧縮耐力の向上が見られた。ただし、長野（カラマツ）試験体は他の試験体より１０ｋＮ以上低い基準耐力を示した。
主な破壊性状は、縦枠材の座屈とその座屈に伴う合板の剥れ、横桟材の割裂であった。

表 5-8　試験結果

産地	試験体名	試験体名 記号	基準耐力 (kN)	計算による座屈荷重 Pk(kN)
三重	ヒノキ	MH	75.8	57.8
長野	カラマツ	NGK	58.1	
北海道	トドマツ	HT	74.7	
	カラマツ	HK	81.9	

- 基準耐力は最大荷重の5%下限値とした。
- 座屈荷重Pkは縦枠材と縦桟の計3本について以下の式により求めた。

$Pk=(\pi^2 \times E \times I)/lk^2$
π：円周率　E：ヤング係数[8.5GPa]　I：断面２次モーメント($bh^3/12$)[mm^4]
Lk：座屈長さ(l=2820)

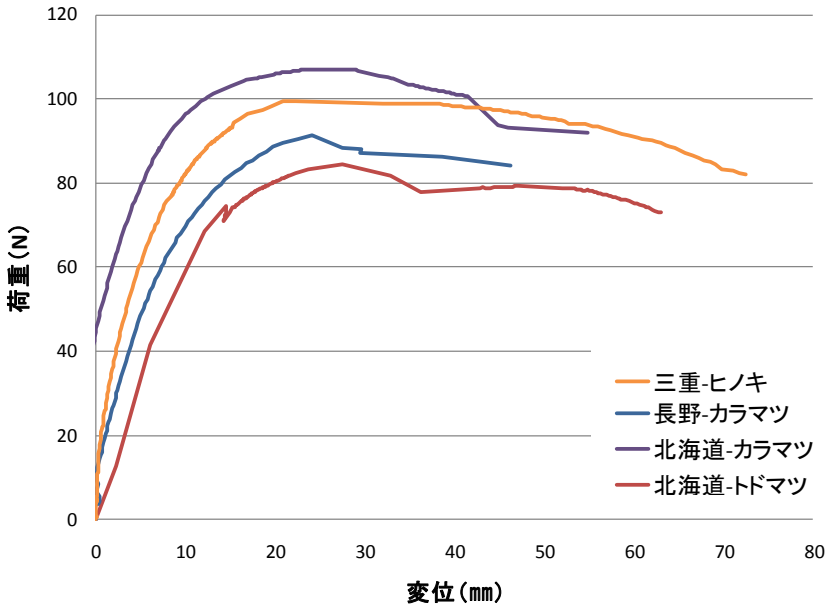


図 5-10　各試験体の代表荷重変位曲線の比較

5.3　床パネルの試験　－パネル類の面外曲げ試験－

本事業では、国産材木質接着複合パネルの強度データの収集、整備を目的としている。その一環として、床パネルの面外曲げ試験を実施した。

5.3.1　試験概要

（１）試験日時、場所

日時：平成 22 年 11 月 15 日(月) ～11 月 17 日(水)、12 月 7 日(火)、8 日(水)

場所：エス・バイ・エル㈱つくば工場

（２）　試験体概要

試験体に使用した材料等を表 5-9 及び表 5-10 に示す。

壁パネルに用いる材は、ヒノキ、カラマツ、トドマツについてはヤング係数が下限値(8.5 以上)の材、スギについては平均値近傍の材を用いている。

表 5-9　試験体概要

産地	樹種	試験体名	試験体数	動的ヤング係数（Gpa）
栃木	スギ	TS	各3体 計24体 （8種）	平均値(6.2)近傍
	ヒノキ	TH		8.5以上
岡山	スギ	NS		平均値(6.9)近傍
	ヒノキ	NH		8.5以上
三重	ヒノキ	MH		8.5以上
長野	カラマツ	NGK		8.5以上
北海道	トドマツ	HT		8.5以上
	カラマツ	TK		8.5以上

表 5-10　試験体の面材の仕様

	試験体仕様
耐力壁の種類	構造用合板
厚さ	9mm
接合	水性高分子 イソシアネート系接着剤

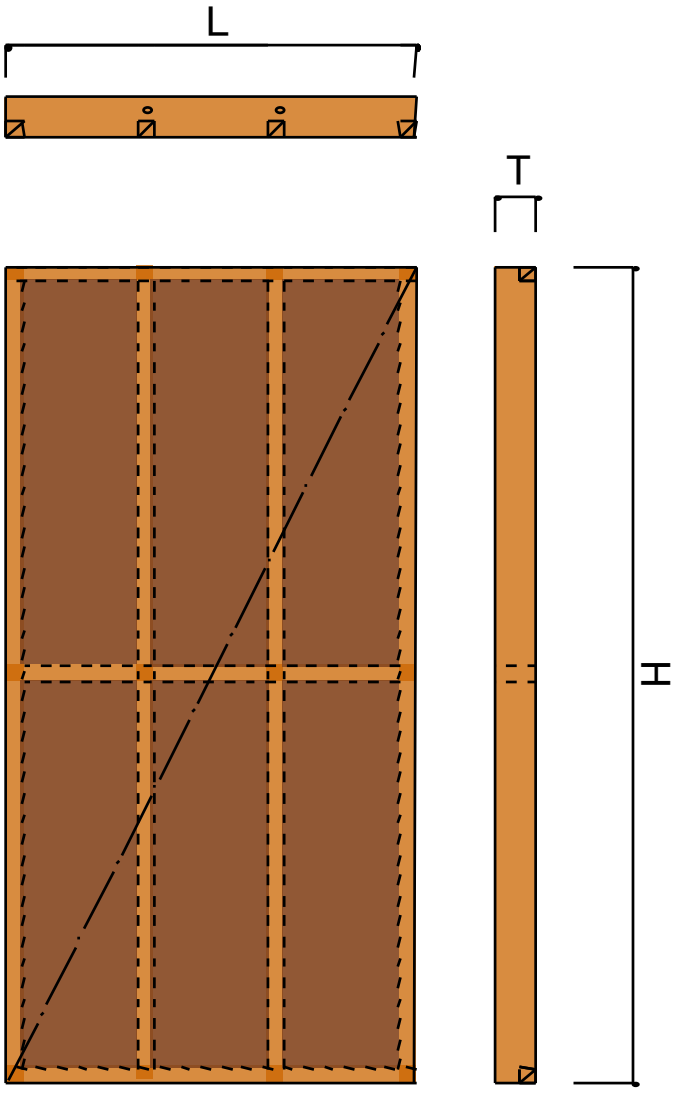


図 5-11　床パネル試験体詳細図

（３）加力方法

試験は、エス・バイ・エル㈱の●●を用いて実施した。

従来エス・バイ・エル㈱で実施してきた方法と同様に、スパン中央の変位が、スパンの1/600、1/400、1/300、1/200、1/150 及び 1/100rad に達する時を繰り返し点と定め、これらの変位に達するまで加力した後、いったん除荷した。その後、破壊に至るまで連続的に加力した。

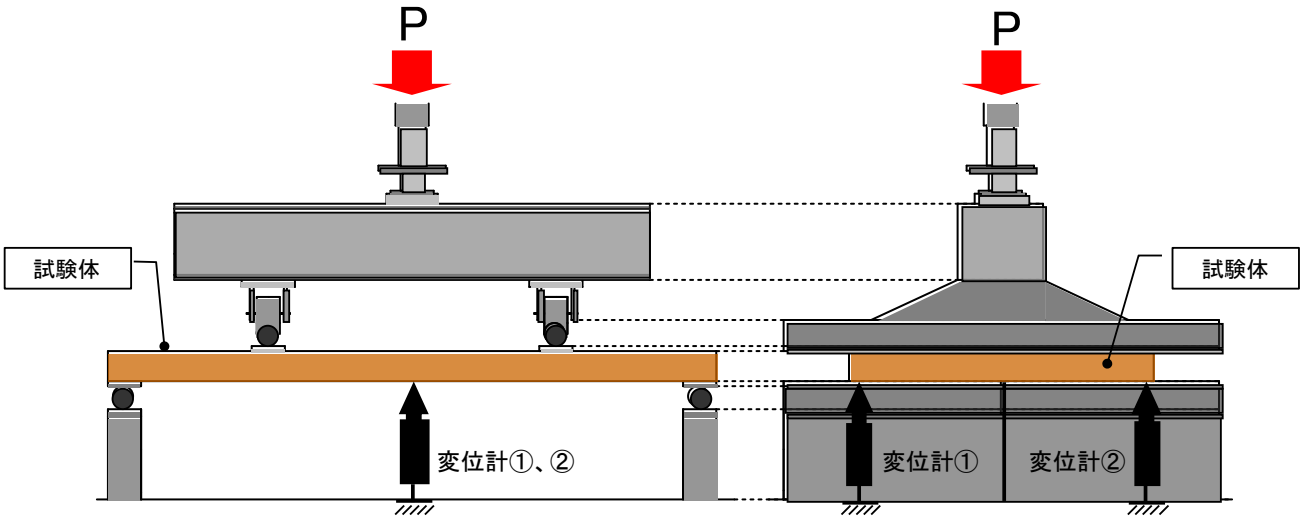


図 5-12　試験体設置図

図 5-13　試験風景

5.3.2　試験結果

表 5-11、5-12 に各試験結果一覧、図 5-14 に 3 体中で平均的な性能をしめした試験体の荷重変位曲線を比較したものを示す。なお、急激な荷重低下をしたところまでの値を用いている。

表 5-11　試験結果一覧

試験体名	たわみ一定時の荷重P (kN)		曲げ剛性(EI)e	(1/3)Pmax時		最大荷重時		破壊性状
	1/300時	20mm時	$\times 10^6$(kN･cm^2)	荷重P (kN)	たわみδ (mm)	荷重Pmax (kN)	たわみδ max (mm)	
F－TS－1	10.1	38.3	1.26	17.5	9.6	52.4	27.4	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－TS－2	10.7	37.9	1.34	16.1	8.7	48.3	25.7	縦桟の割裂（節付近）
F－TS－3	10.9	39.4	1.34	20.4	10.6	61.1	32.4	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
下限値	9.2	36.0	1.29	11.1	9.2	33.4	26.9	
F－NS－1	9.4	30.3	1.20	15.5	9.2	46.6	35.1	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－NS－2	8.3	34.1	1.06	16.1	10.2	48.4	28.2	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－NS－3	7.6	26.9	0.97	9.9	7.4	29.8	23.5	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
下限値	5.6	19.0	1.03	3.1	8.3	9.3	26.2	
F－TH－1	12.0	43.1	1.57	20.1	9.5	60.4	28.5	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－TH－2	11.8	42.5	1.49	19.1	9.1	57.3	29.9	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－TH－3	11.6	43.4	1.49	19.0	8.5	56.9	26.4	縦枠材の割裂（節付近）
下限値	11.2	41.5	1.49	17.4	8.8	52.2	27.4	
F－NH－1	10.7	38.3	1.39	14.0	7.3	42.1	35.2	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－NH－2	10.9	37.8	1.37	16.5	8.5	49.6	28.0	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
F－NH－3	10.7	－	1.34	12.6	6.6	37.8	18.9	縦枠材、縦桟の割裂（節付近）
下限値	10.3	－	1.35	8.1	7.0	24.4	23.5	

表 5-12　試験結果一覧

試験体名	たわみ一定時の荷重P (kN)		曲げ剛性(EI)e ×10^6(kN・cm^2)	(1/3)Pmax時		最大荷重時		破壊性状
	1/300時	20mm時		荷重P (kN)	たわみδ (mm)	荷重Pmax (kN)	たわみδ max (mm)	
F－MH－1	10.4	42.1	1.33	20.6	10.3	61.7	35.2	縦枠材(節付近)、縦桟の割裂
F－MH－2	10.9	41.0	1.39	17.8	9.0	53.3	28.0	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
F－MH－3	12.9	45.1	1.65	21.0	9.1	62.9	18.9	縦枠材(節付近)、縦桟の割裂
下限値	7.3	36.0	1.38	14.3	9.1	42.8	23.5	
F－HT－1	9.9	36.3	1.27	17.5	9.8	52.5	29.1	縦枠材(節付近)、縦桟の割裂
F－HT－2	9.6	36.1	1.23	14.2	8.3	42.7	23.4	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
F－HT－3	10.9	40.5	1.37	16.9	8.8	50.7	25.8	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
下限値	8.0	29.8	1.25	10.7	8.6	32.1	24.8	
F－HK－1	11.0	－	1.39	11.4	5.9	34.2	16.4	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
F－HK－2	12.0	45.8	1.51	21.1	9.5	63.2	27.7	縦桟の割裂
F－HK－3	10.5	34.8	1.35	14.4	7.6	43.3	25.0	縦枠材、縦桟(節付近)の割裂、割裂
下限値	8.8	－	1.37	0.0	6.8	0.0	20.3	
F－NGK－1	12.5	－	1.57	10.8	5.0	32.4	14.6	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
F－NGK－2	11.7	33.7	1.47	11.7	5.8	35.2	29.0(23.3)	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
F－NGK－3	11.4	－	1.44	12.4	6.4	37.1	17.5	縦枠材、縦桟の割裂(節付近)
下限値	10.2	－	1.46	9.1	5.4	27.4	11.6	

表中の曲げ剛性は次式により求めた。

$$(EI)_e = \frac{11}{384} \times \frac{P_1 l^3}{\delta_1}$$

ここに、l　：支持スパン　　δ_1 ：1/300 の中央のたわみ

P_1 ：中央たわみが 1/300 に達した時の 1/2 の荷重

栃木産、岡山産のスギ、ヒノキにおいては、試験体に使用した枠組材の動的ヤング係数に差があっても、床パネルの最大耐力（平均）には大きな差が見られなかった。

全体としては、枠組材の動的ヤング係数を一定以上（8.5Gpa 以上）とした床パネルであっても、最大耐力（平均）は、産地間に差が見られた。

表 5-13　試験結果

産地	樹種	試験体名 記号	最大耐力 平均 (kN)	Pmax時の たわみ平均 (mm)	曲げ剛性平均 (EI)E×10^6 (kN・cm2)
栃木	スギ	TS	53.9	28.5	1.32
	ヒノキ	TH	58.2	28.3	1.49
岡山	スギ	NS	41.6	28.9	1.07
	ヒノキ	NH	43.1	27.4	1.35
三重	ヒノキ	MH	59.3	29.2	1.46
長野	カラマツ	NGK	34.9	18.5	1.48
北海道	トドマツ	HT	48.6	26.2	1.28
	カラマツ	HK	46.9	26.5	1.40

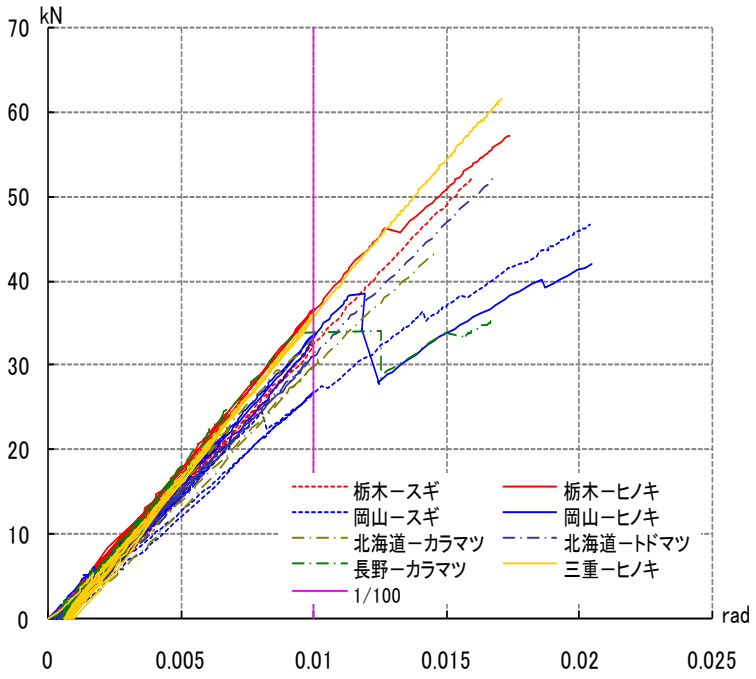


図 5-14　試験体ごとの代表荷重変位曲線の比較

６．まとめ

本研究では材料の選定過程の他、構造部材の性能確認のための、４つの構造的実験を行った。

本事業の結果、以下のような知見が得られ、木質接着パネルにおける国産材利用の可能性が確認できた。しかしながら、実用に当たっては、非破壊による枠組材の選別方法を含め、木質接着パネルの性能の信頼性確保に関する検討をさらに進める必要がある。

- 枠組材の曲げ試験において、ヒノキは「ＳＰＦ甲種２級」の基準強度と比較して高い値を示し、基準強度も高い値を示した。ヒノキ以外の試験体では、この基準値を上回る試験体が多く見られたものの、ばらつきが大きいために、基準強度は「ＳＰＦ甲種２級」の基準強度に達しないものが多かった。
- 枠組材の強度検査結果と曲げ試験結果の相関の程度は産地・樹種によって異なった。
- 動的ヤング係数が低い材であっても、優れた性能を持つ材もあるため、枠組材の選定方法を検討する必要がある。
- 枠組材の強度のばらつきが大きくても、床パネルの面外曲げ試験、壁パネルの面内圧縮試験においては、パネル化による効果で、材のばらつきの影響が小さくなり部材の性能の向上が見られた。
- 壁パネルの面内せん断試験では基準耐力が概ね 30kN 以上を示し、1/150rad 時の耐力は高いもので 23kN を示した。

- スギ材は他の樹種と比較し、産地間の差が大きく、同一産地においてもばらつきが大きい。
- しかし、「ＳＰＦ甲種２級」やヒノキ等と遜色ない品質のスギも産地によっては存在することが確認できた。
- スギ材においても、適切な選別が可能な場合、パネル化の効果でパネルの耐力の確保が可能であることがわかった。

- 木質接着複合パネル化は一つの例であるが、このように複合部材とすることで、材料レベルのばらつきの影響を抑制し、部材性能を確保することは可能であり、スギ材の有効利用の一つの方法であると思われる。