

県産針葉樹材の材質特性および構造部材としての強度性能評価（Ⅰ）

小玉泰義

1. はじめに

昨年までの課題では、岡山県産の主要針葉樹材の繊維方向（長尺方向）の強度性能について調べてきた。本年度からは、木質構造の継ぎ手、仕口などの性能に影響を与える基本的な性質として横方向の機械的性質を調べる。即ち、今年度から3カ年で、岡山県産主要針葉樹材について部分圧縮（めり込み）、せん断、割裂に関する性質を調査する。今年度は部分圧縮（めり込み）について試験を行った。「構造用木材の強度試験方法」¹⁾の「めり込み（部分圧縮）試験」によれば、加圧板とその周辺 $d/2$ （ d : 試験体の梁せい）の範囲には強度に影響を及ぼす欠点の存在が許されないと定められている。しかし欠点の影響は十分に検討されているとは言い難い。本報告では、めり込み試験の結果に影響を及ぼす節、割れの影響を検討した。欠点の影響をより明確にするために、試験体全面に均一に負荷を与える横圧縮試験を行い、めり込み試験の結果と比較した。また、めり込み剛性やめり込み強さを非破壊的に推定するため、試験体の横方向の共振周波数から弾性率を求めた。ここでは、10.5cm角心持ち材を土台として使用する場合を想定した。したがって、いずれの試験の試験体も10.5cmの辺長をそのまま用いた。

2. 方 法

（1）横圧縮試験

横圧縮試験は、「構造用木材の強度試験方法」¹⁾のめり込み試験の方法に順じたが、試験体の繊維方向の長さを変更し、試験体全面に均一に荷重がかかるようにした。即ち、試験体はヒノキ心持ち材10.5cm角で繊維方向の長さ5cmとした。それ以外は、めり込み試験と同様の方法で行った。試験で求める値も、めり込み強さ、めり込み降伏強さ、およびめり込み剛性に相当する値とした。ここではそれぞれをFC、FcY、KCと略記した。試験体に含まれる欠点は、節と割れで、負荷の方向に対して角度が0度、45度、90度の3方向とした。

（2）めり込み試験

めり込み試験は、「構造用木材の強度試験方法」¹⁾に準じて行った。試験体は心持ちの10.5cm角ヒノキ材、アカマツ材、スギ材とした。節、割れの欠点を該当部分に含む試験体を用いた。

（3）弾性率推定試験

横圧縮、めり込みの各試験体の横方向の弾性率を推定した。横方向の弾性率推定試験は、以下の方法によった。即ち、試験体をコンクリート床の上に置き、硝子球(直径16.3mm, 重さ5.78g)を5cmの高さから試験体の上に落下させた。落下地点付近に固定したマイクロフォンで衝突音を収録

した。収録した音をフーリエ解析した。得られた共振周波数と試験体の密度から試験体の横方向の弾性率を求めた。

3. 結 果

(1) 横圧縮試験

試験の結果得られた荷重と変位の関係、および破壊の形態を第1図の(A)～(E)に示した。無欠点の試験体(A)の場合、割れは髓の付近から入り、上下方向(負荷方向)に向かって広がった。初期の割れが荷重方向に入っている試験体(B)では、元からあった割れが進展するとともに他の部分にも荷重方向の割れが入った。初期の割れが荷重方向に対して 90° の方向に入っている試験体(C)では、負荷の増大に伴って初期の割れが塞がった。塞がった割れが起点となって荷重方向の割れが発生する場合がみられた。背割りを含む試験体で背割りと荷重方向が平行(0°)の試験体では、背割りを含む上半分の部分で座屈した。背割りと荷重方向が垂直(90°)の試験体では、負荷の増大とともに背割りが塞がり、その後荷重方向の割れが発生した。

FCにおよぼす節の影響を節の径、節の角度とともに第2図に示す。節の角度が 0° の場合、節径が増大しても強さは変わらなかった。節の角度が、 45° および 90° では、節径がおおむね12mmより大きくなると強さが増大した。FCにおよぼす割れの影響を第3図に示す。無節で割れを含む試験体だけでなく、節を含む試験体についてもあわせて示している。図中で同じ形のプロットは同じ柱材の隣接する部位から木取りしたものである。白抜きは割れを含まないもの、黒塗りは割れを含むものを示している。今回設定した条件での横圧縮試験では割れの有無が強さに大きな影響を及ぼしていないことがわかった。後述するようにめり込み試験では内部に割れを含む試験体で負荷を受けている部分から隣接した部分に向かって割れが進展することが観察された。このことから割れの影響を評価するためには今回の横圧縮試験はめり込み試験と異なる挙動を示すことが推察された。このことは、第4図に示した背割りの影響についても同様であった。

割れの影響についてさらに考察する。負荷した面積に対する節の投影面積の百分率を節面積比として示した場合、FC、KCと節面積比の関係を第5図～第10図に示す。無背割り人工乾燥材ではFCに対する節面積比の影響が認められなかった。このことは、試験体の節面積比が最大でも6%程度であることが影響した可能性がある。背割りをした人工乾燥材については節面積比6%以上の試験体でFCが増大した。

以上のことから、以上のことから、今回提案する横圧縮試験は、「構造用木材の強度試験方法」

¹⁾のめり込み試験に関して節の影響を評価するための試験として有益であると考えられた。

(2) めり込み試験

めり込み強さ、めり込み降伏強さ、めり込み剛性に対する節と割れの影響を第11図、第12図に示した。第11図は材中央部負荷、第12図は材縁部負荷の場合である。特に材中央部負荷

の場合、割れを含まない試験体は、加圧板とその周辺 $d/2$ の範囲内に節が存在することでめり込み強さは増大した。大きな割れを含む試験体でめり込み剛性が低下することによりめり込み剛性の値の幅が大きくなった。また、めり込み強さの値がばらつくことにより、めり込み強さに及ぼす節の影響が不明瞭になった。

なお、前述のように内部割れを含む試験体では、第13図に事例を示したように負荷を受けていない部分へ割れが広がることが確認された。

(3) 横方向の弾性率の推定

横方向の弾性率とめり込み剛性、めり込み強さ（横圧縮試験の場合は、FC、KC）の間に相関関係が認められた。（第14図、第15図）横圧縮試験の場合、横方向の共振周波数および試験体の密度から計算した弾性率とめり込み剛性（相当値）との間の相関係数は0.79であった。また、同弾性率とめり込み強さ（相当値）との間の相関係数は0.44で、いずれも有意水準1%で相関が認められた。このことから、今回の方法で非破壊的に求められた弾性率を用いてめり込み強さを推定できる可能性があることが示された。

なお、参考のため、欠点を含んだ材のめり込み試験の結果を第1表に示した。

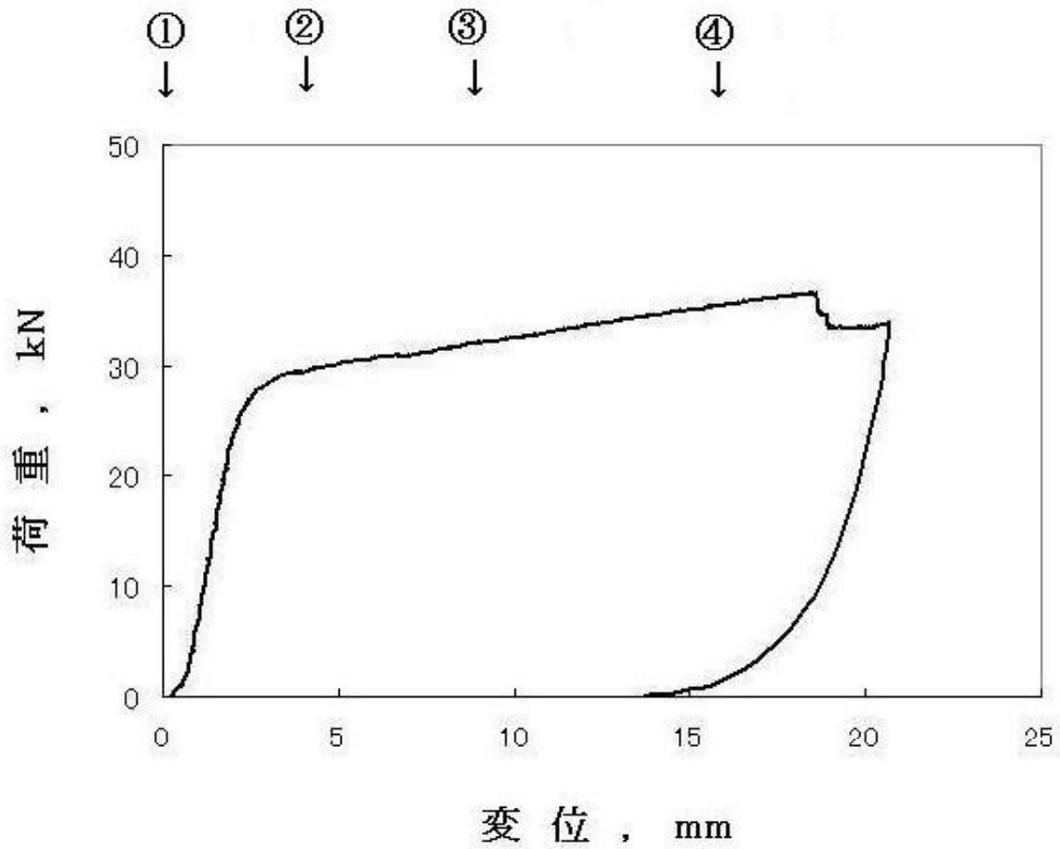
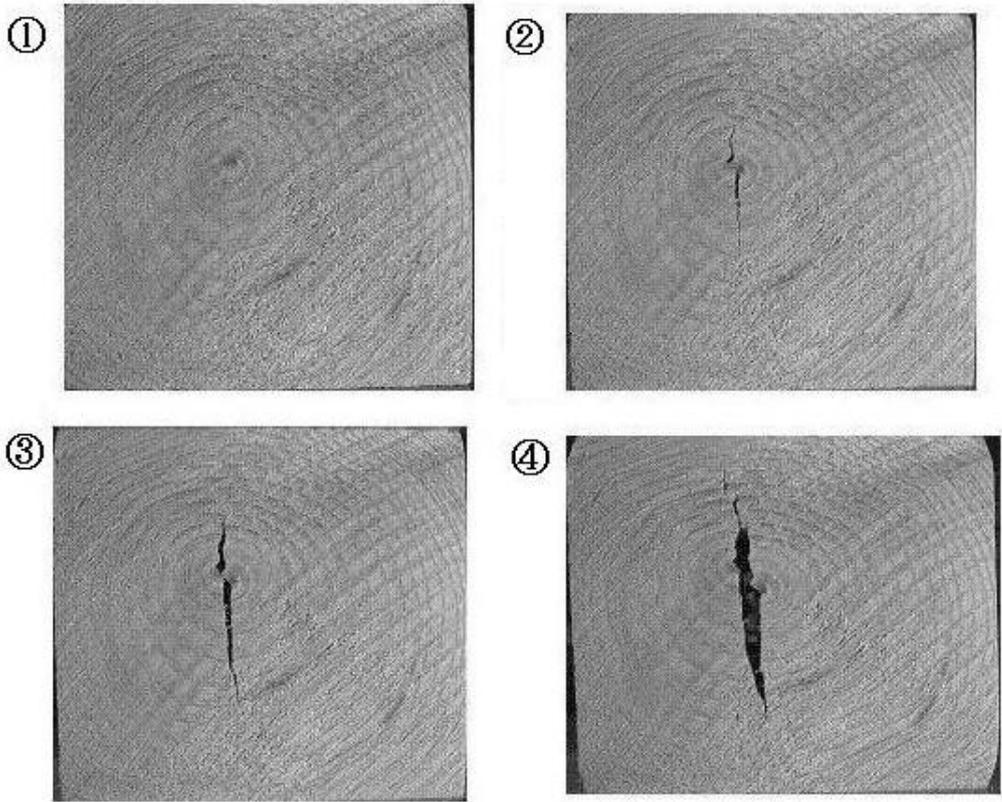
4. まとめ

心持ち材を横架材として使用する時のめり込み強さを非破壊で推定する方法を得た。すなわち、心持ち材が横圧縮の負荷を受けた場合の破壊過程を観察し、ここで提案する横圧縮試験法が、めり込み試験における節の影響を推定するのに利用できることを認めた。また、動的弾性率からめり込み強さを推定する方法を開発した。

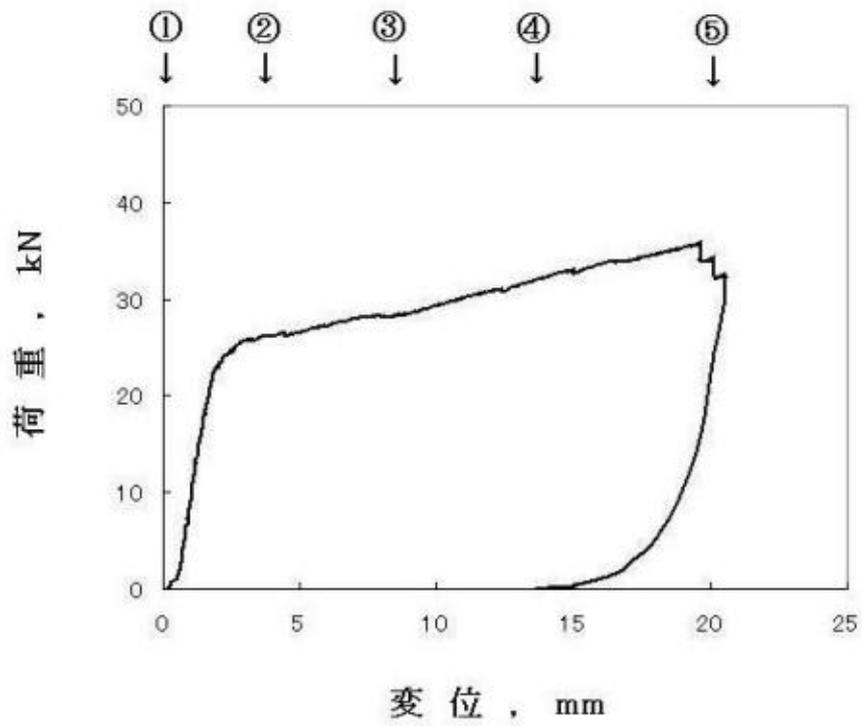
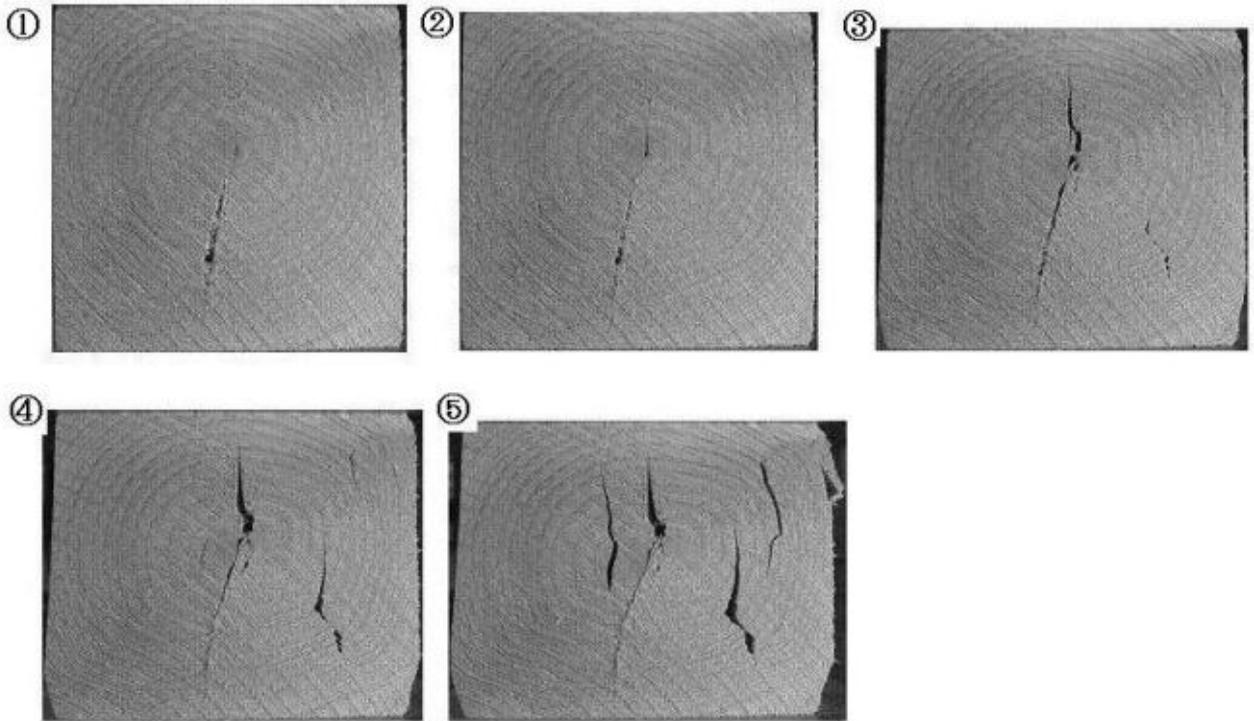
この方法により、めり込み強さに関するデータを容易に蓄積することができる。このことは、木材の横使いに対してより精度の高い構造計算を可能とし、安全な建築設計に寄与する。

【参考文献】

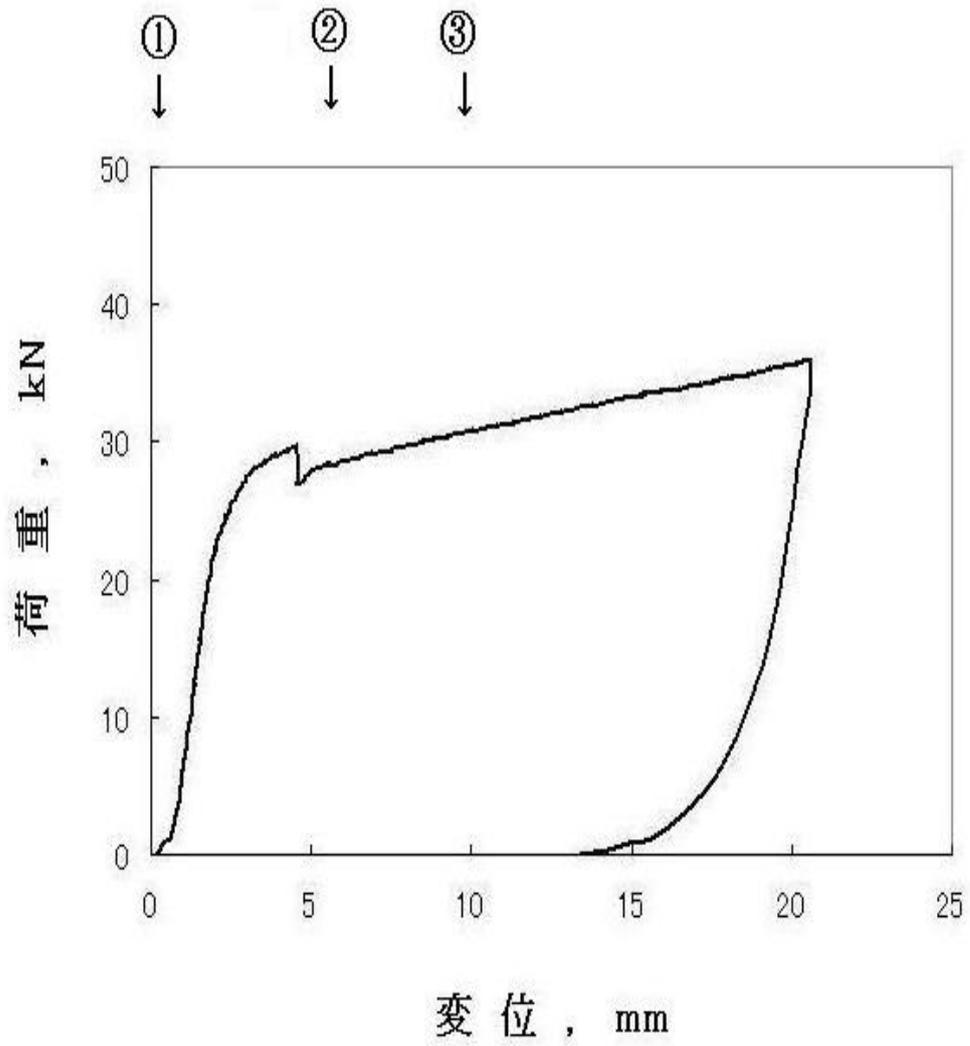
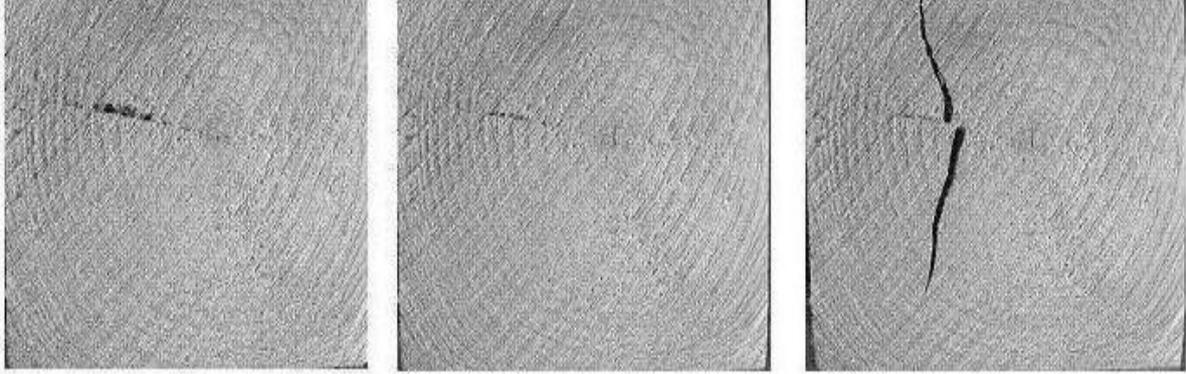
- 1) (財)日本住宅・木材技術センター：住宅資材性能規定化対策事業，地域材性能評価事業報告書（2000）



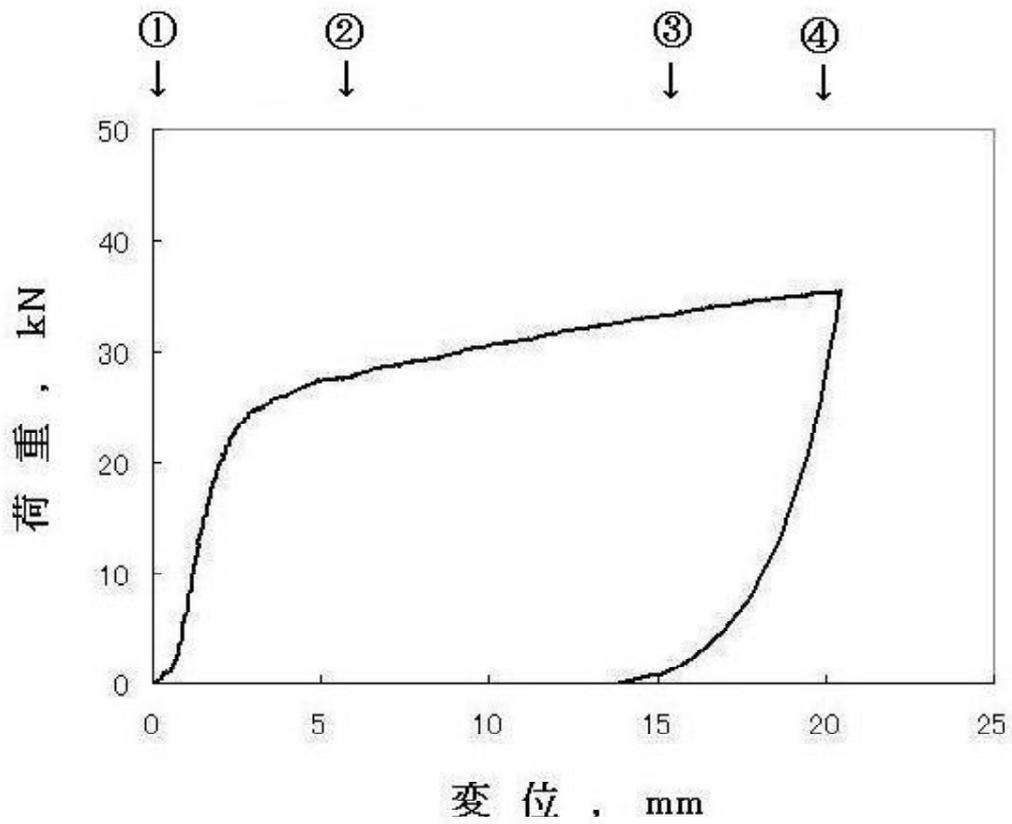
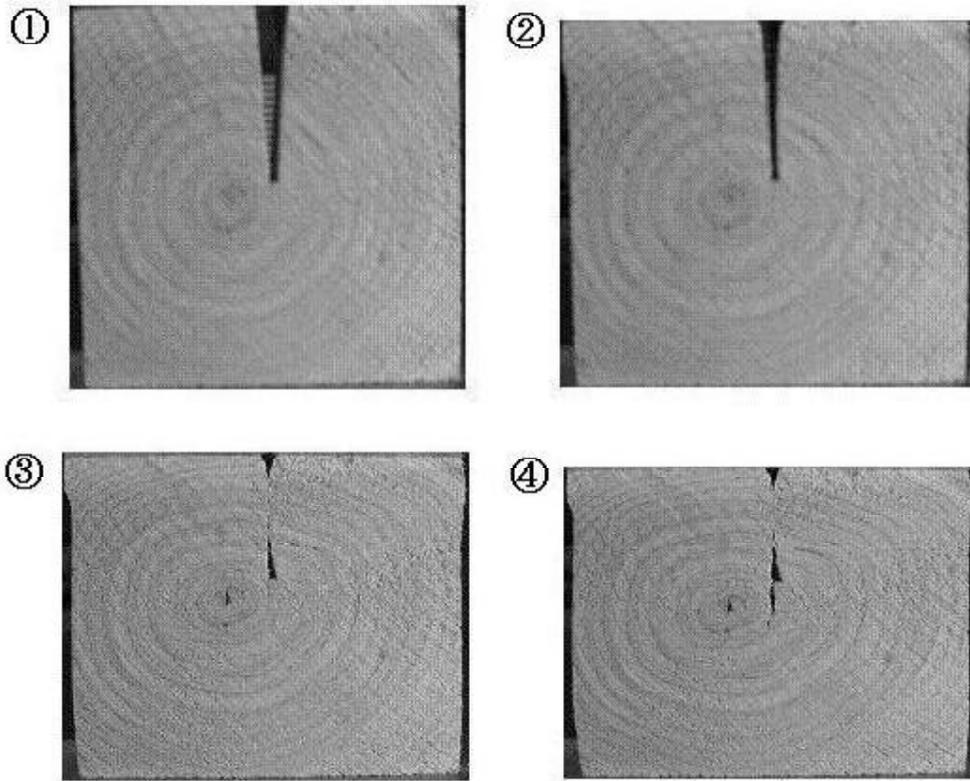
第1図 - (A) 横圧縮試験における荷重-変位曲線と破壊形態 (無欠点材)



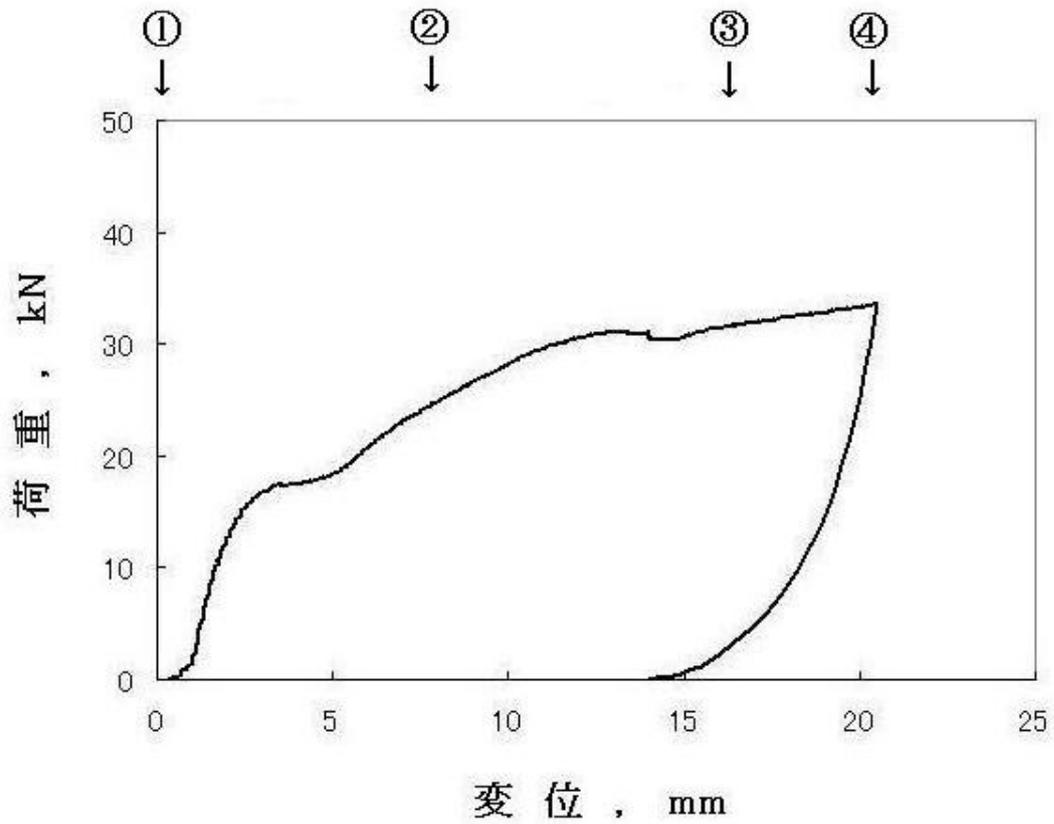
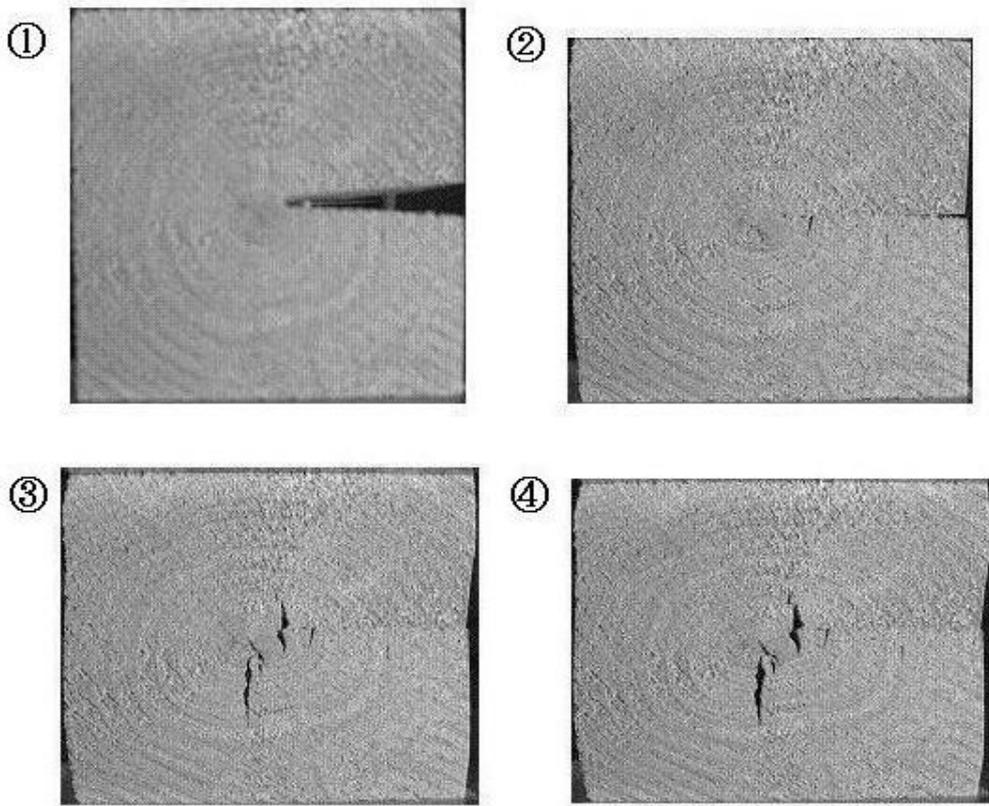
第1図 - (B) 横圧縮試験における荷重-変位曲線と破壊形態 (割れ、 0°)



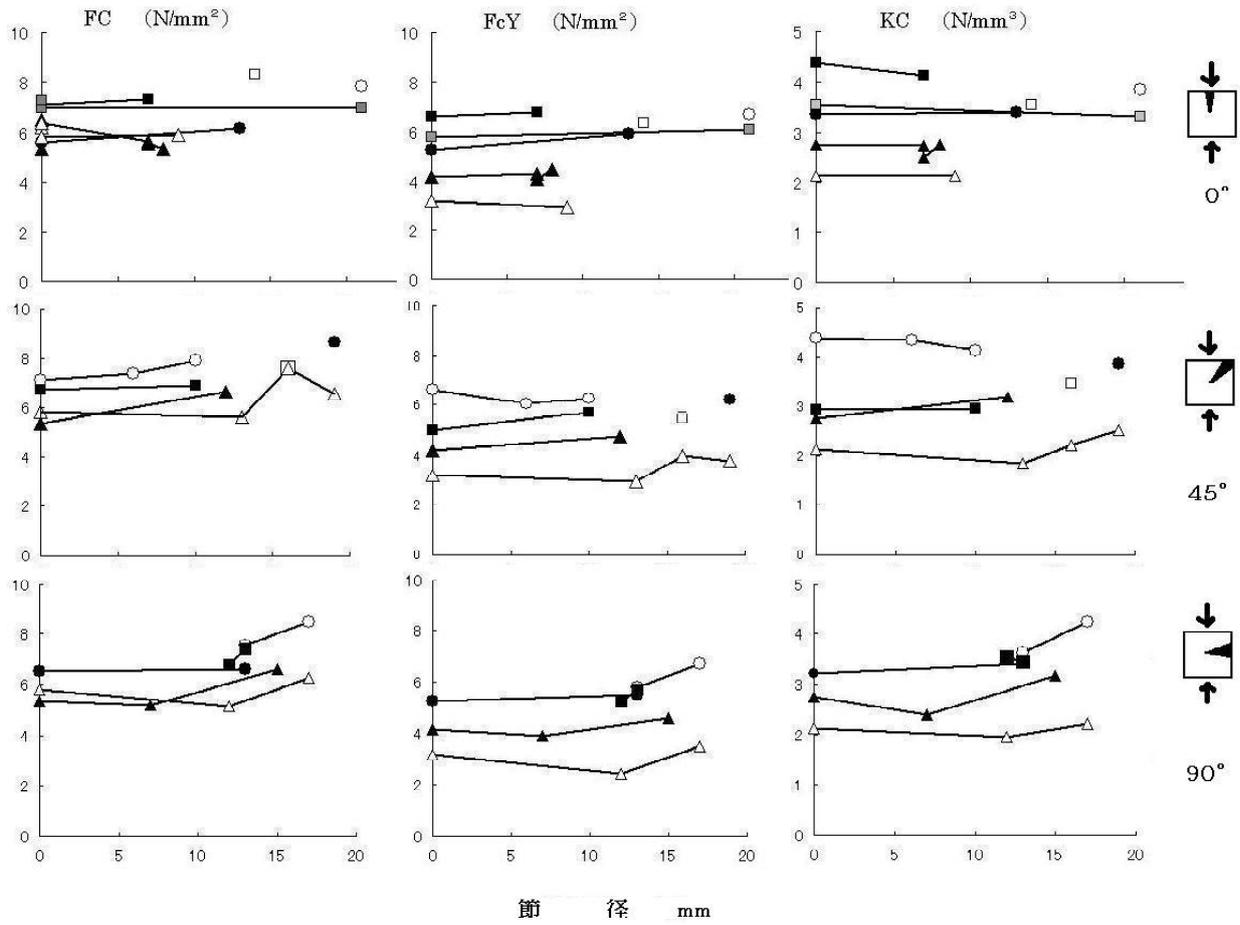
第1図 - (C) 横圧縮試験における荷重-変位曲線と破壊形態 (割れ、 90°)



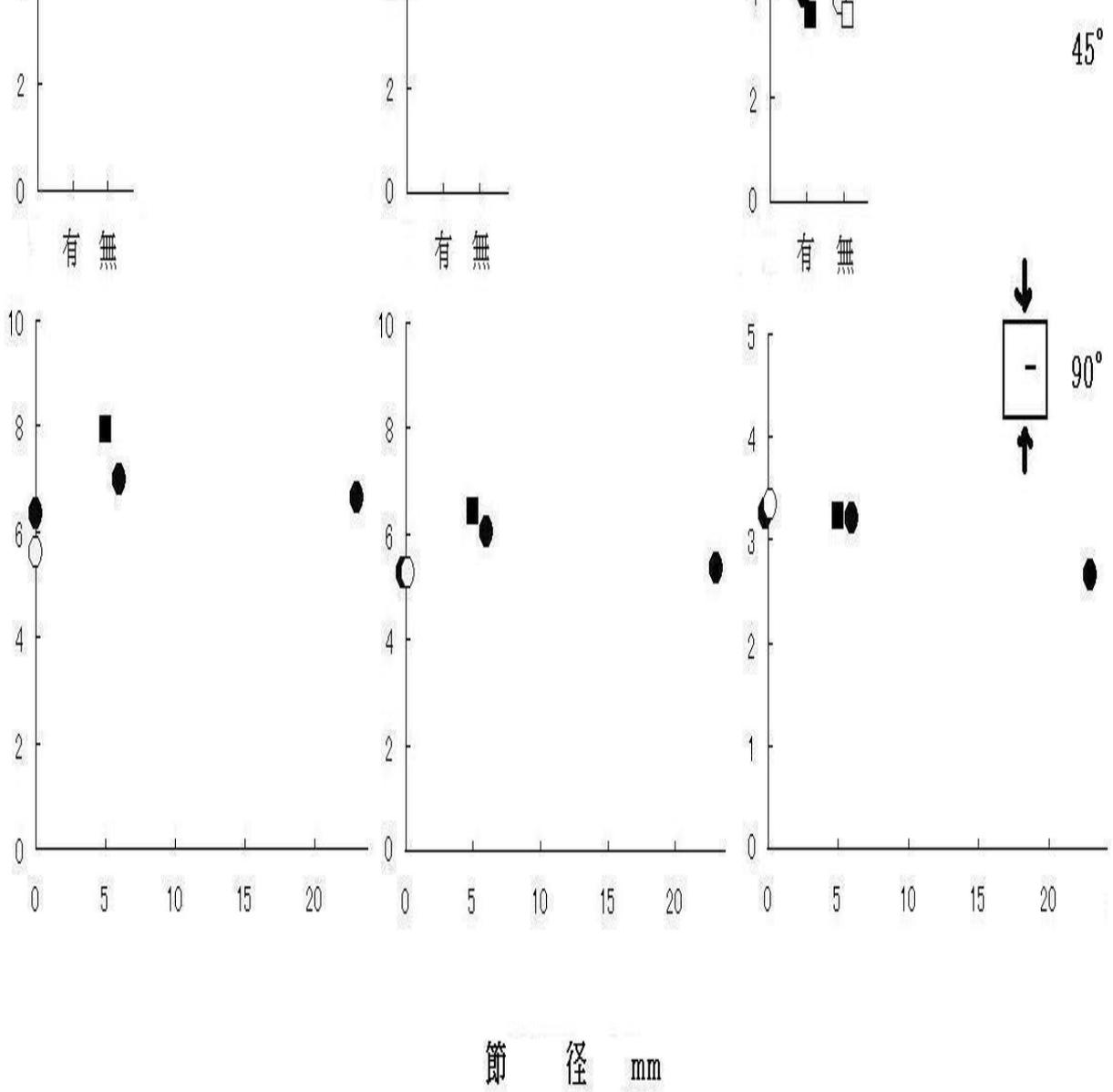
第1図 - (D) 横圧縮試験における荷重-変位曲線と破壊形態（背割り、 0° ）



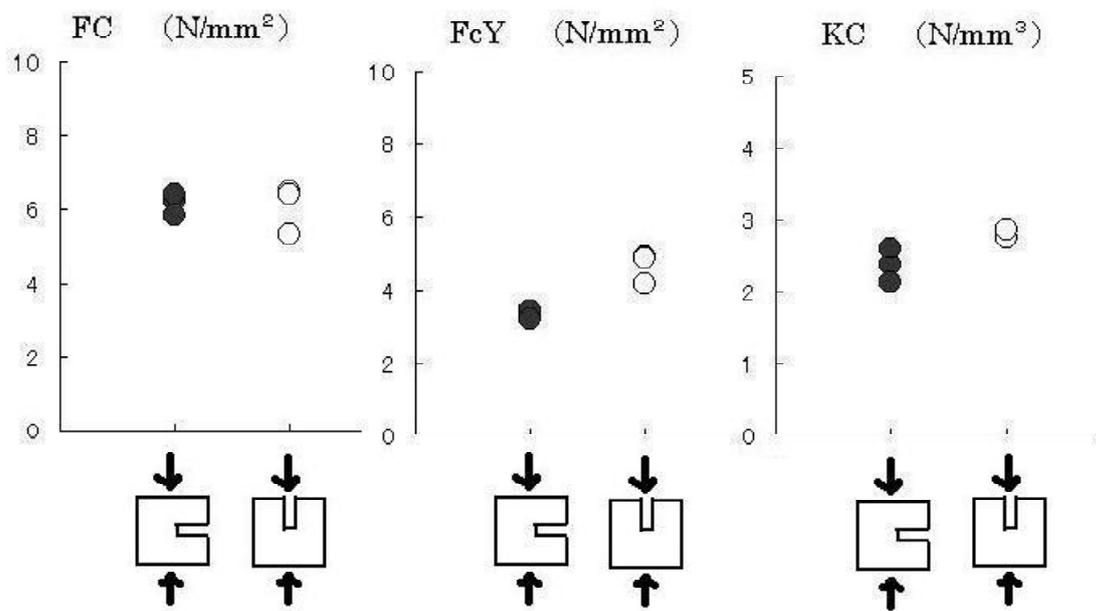
第1図 - (E) 横圧縮試験における荷重-変位曲線と破壊形態 (背割り、 90°)



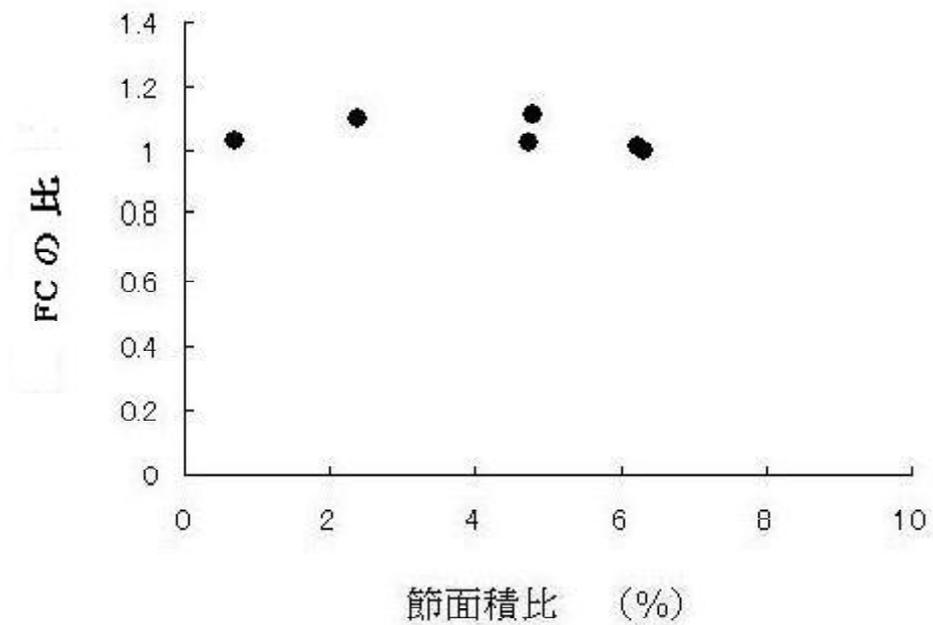
第2図 横圧縮強さにおよぼす節の影響



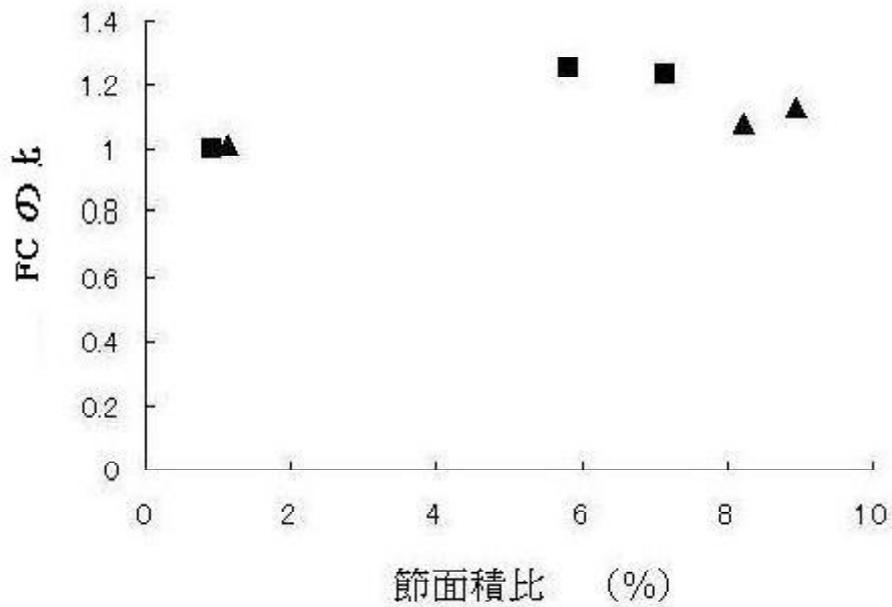
第3図 横圧縮強さにおよぼす割れの影響



第4図 横圧縮強さにおよぼす背割りの影響

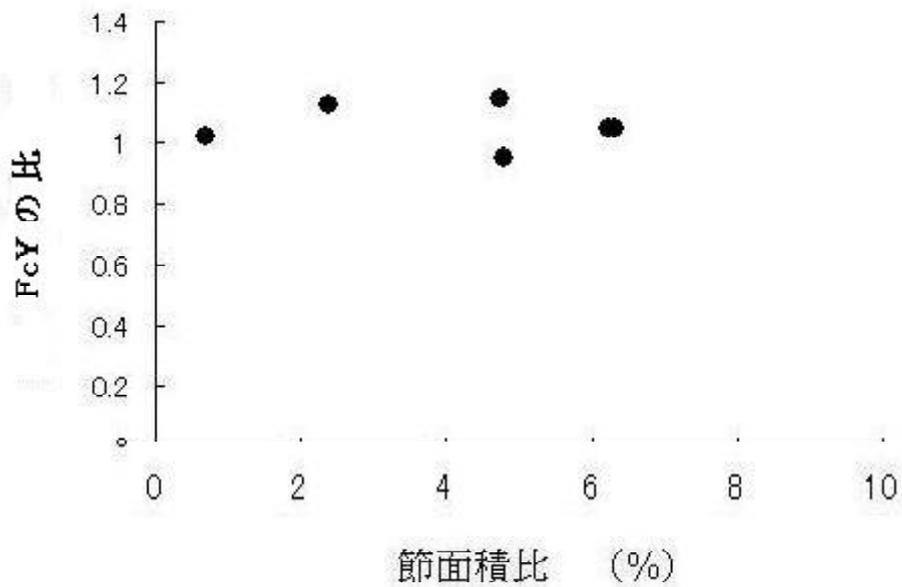


第5図 FCの比と節面積比の関係 (横圧縮、無背割り人乾材)

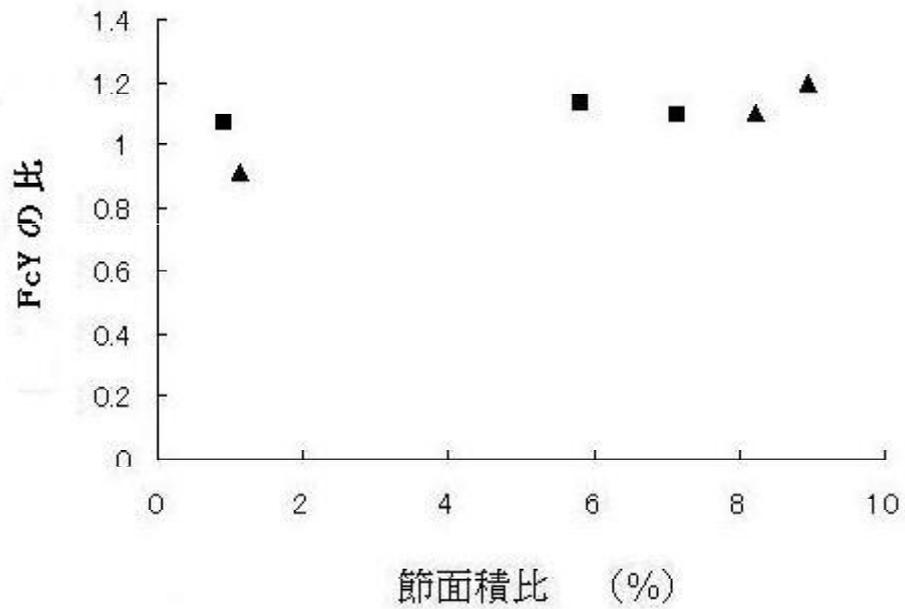


第6図 FCの比と節面積比の関係（横圧縮、背割り材）

- ：背割りが負荷方向に対して0°
- ▲：背割りが負荷方向に対して90°

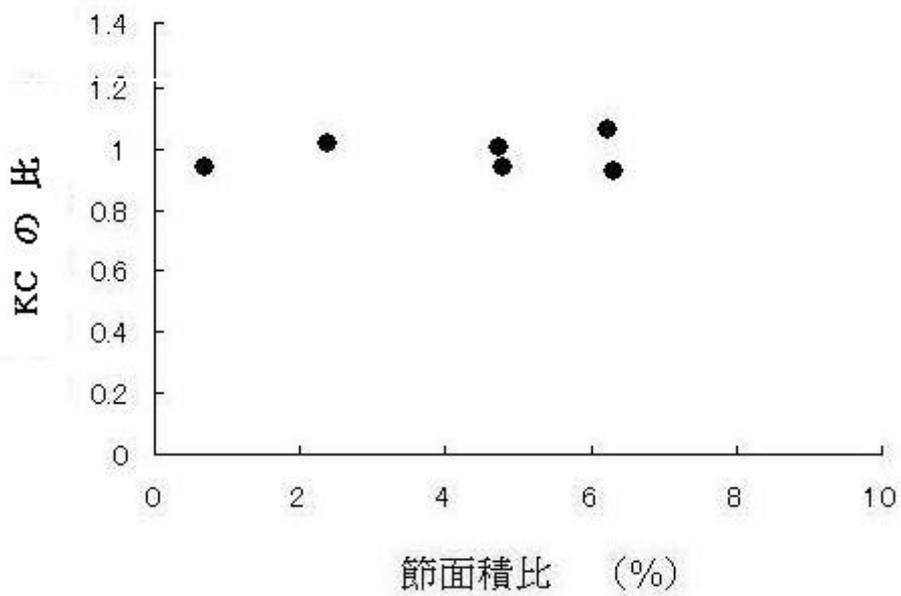


第7図 F c Yの比と節面積比の関係（横圧縮、無背割り人乾材）

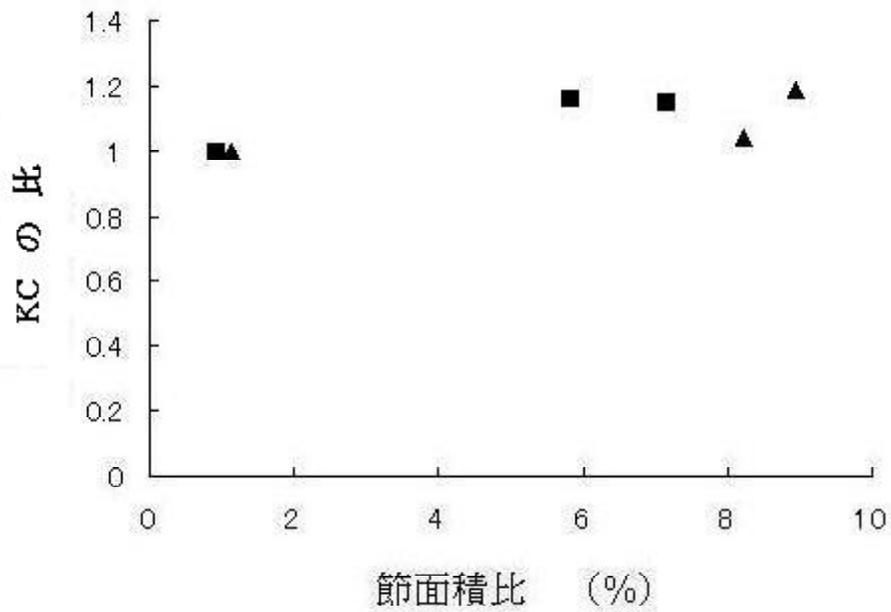


第8図 F c Yの比と節面積比の関係（横圧縮、背割り材）

- ：背割りが負荷方向に対して0°
- ▲：背割りが負荷方向に対して90°

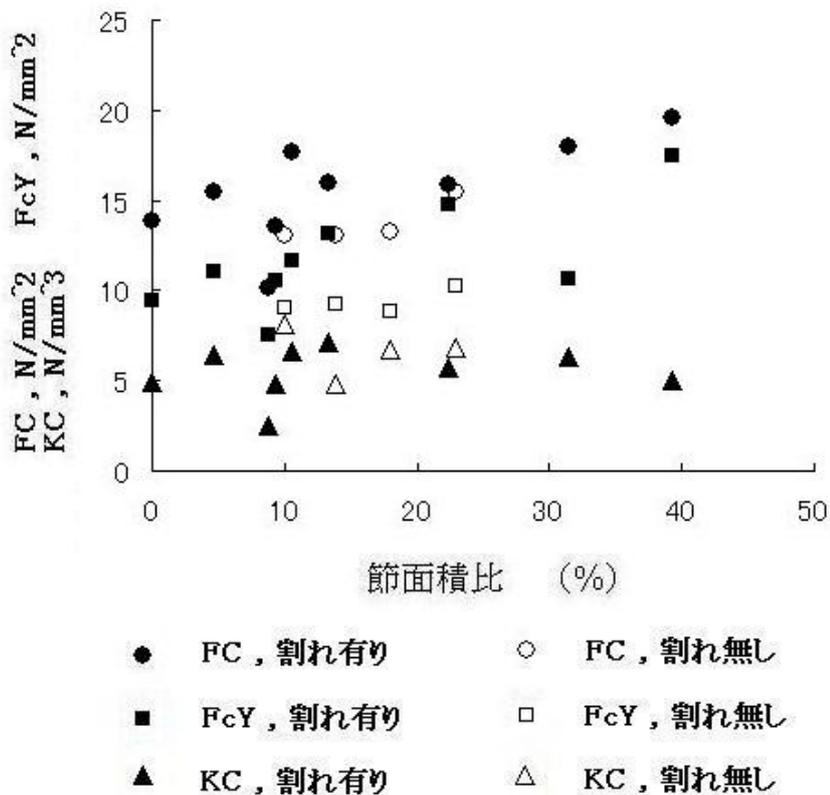


第9図 KCの比と節面積比の関係（横圧縮、無背割り人乾材）

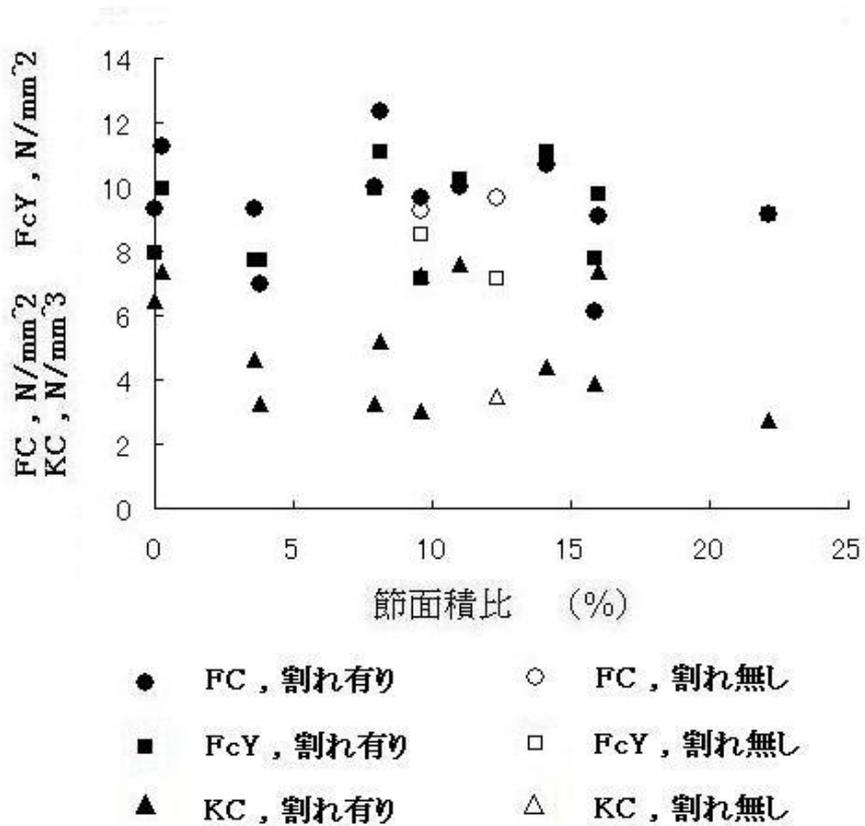


第10図 KCの比と節面積比の関係（横圧縮、背割り材）

- ：背割りが負荷方向に対して0°
- ▲：背割りが負荷方向に対して90°



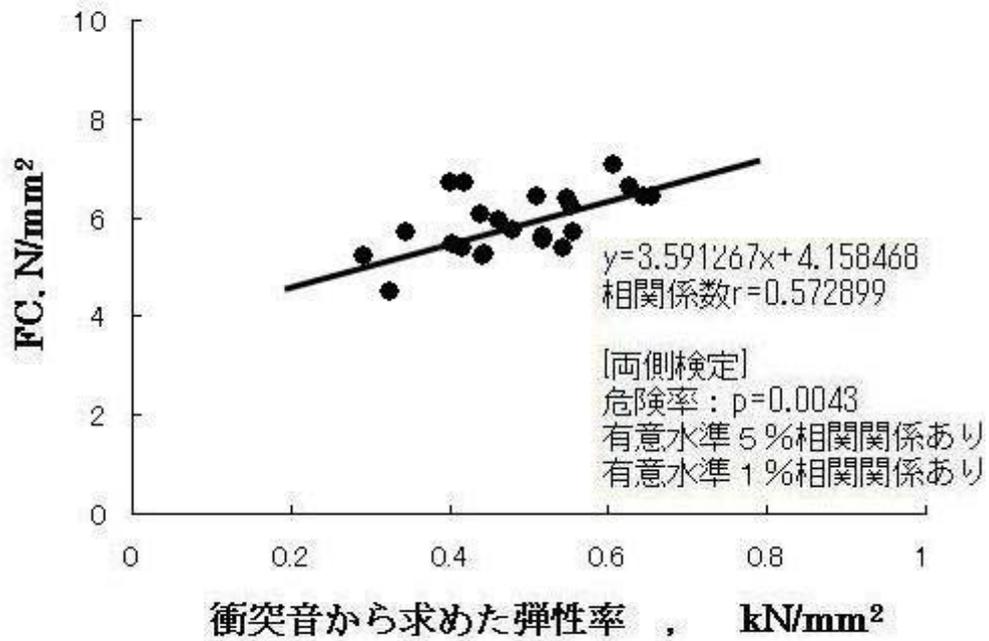
第11図 FC、FcY、KCにおよぼす節、割れの影響（めり込み、材中央部）



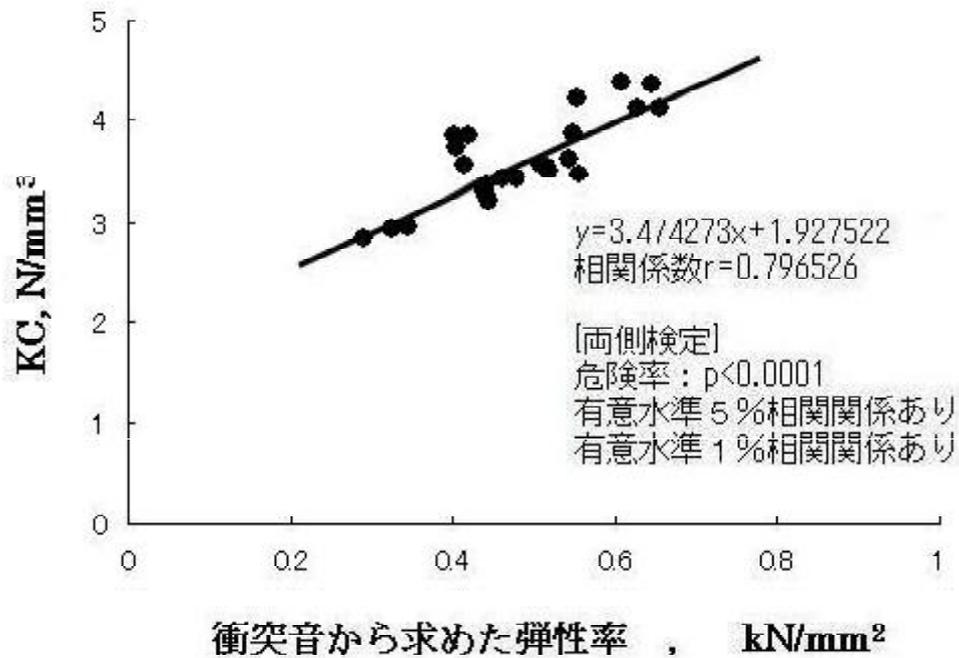
第12図 FC、FcY、KCにおよぼす節、割れの影響（めり込み、材縁部）



第13図 めり込み試験において内部割れが進展した例



第 1 4 図 F C と衝突音から求めた弾性率の関係



第 1 5 図 K C と衝突音から求めた弾性率の関係

第1表 節、割れを含んだ材のめり込み試験結果

番号樹種 材種	密度 g/cm ³	載荷 位置	節 径		節 径		節面積比 %	めり込み 強さ N/mm ²	めり込み 降伏強さ N/mm ²	めり込み 剛性 N/mm ³
			加圧板 に接する面	側	側	面				
1 hinoki_1	0.486	e	11	0	0	6	3.8	10.9	7.7	3.3
2 hinoki_1	0.509	c	0	0	0	0	0.0	13.9	9.4	4.9
3 hinoki_1	0.510	e	0	0	0	0	0.0	11.4	7.9	6.4
4 hinoki_1	0.521	c	0	15	0	0	2.7	*****	*****	*****
5 hinoki_1	0.496	e	0	26	0	4	9.6	9.6	7.2	3.1
6 hinoki_1	0.497	c	4	15	0	18	10.0	13.0	9.0	8.1
7 hinoki_1	0.493	e	0	0	0	31	12.3	9.7	7.1	3.5
8 hinoki_1	0.542	c	0	6	0	34	13.9	13.0	9.2	4.8
9 hinoki_1	0.481	e	0	0	13	27	15.9	11.6	7.8	3.9
10 hinoki_1	0.481	c	12	21	6	39	22.9	15.5	10.3	6.8
11 hinoki_1	0.474	e	18	13	0	14	9.6	10.6	8.5	7.3
12 hinoki_1	0.473	c	6	22	18	19	18.0	13.2	8.9	6.8
13 hinoki_1	0.541	e	21	0	13	20	16.0	15.1	9.8	7.4
14 hinoki_1	0.528	c	20	6	0	18	10.6	17.7	11.7	6.7
15 hinoki_1	0.534	e	8	37	0	5	11.0	7.0	5.1	3.8
16 hinoki_1	0.525	c	0	0	34	45	31.4	18.0	10.6	6.3
17 hinoki_1	0.522	e	0	0	7	2	3.6	12.3	7.7	4.6
18 hinoki_1	0.508	c	5	0	5	6	4.7	15.5	11.0	6.4
19 hinoki_1	0.496	e	5	0	0	0	0.3	12.6	10.0	7.4
20 hinoki_1	0.486	c	31	9	0	0	9.4	13.5	10.5	4.8
21 hinoki_1	0.515	e	0	17	9	18	14.1	13.8	11.1	4.4
22 hinoki_1	0.517	c	14	44	31	0	22.3	15.9	14.8	5.7
23 hinoki_1	0.522	e	34	9	0	2	8.2	12.3	11.1	5.2
24 hinoki_1	0.516	c	9	0	21	10	13.3	16.0	13.1	7.2
37 hinoki_3	0.536	e	20	13	19	18	22.0	13.1	10.6	5.9
38 hinoki_3	0.472	c	12	25	12	0	9.4	13.3	9.4	6.6
39 hinoki_3	0.525	e	8	0	0	17	7.6	13.6	10.7	6.5
40 hinoki_3	0.513	c	31	24	0	15	14.2	15.5	10.5	7.2
41 hinoki_3	0.530	e	5	10	6	10	7.9	12.6	9.0	5.5
42 hinoki_3	0.500	c	16	0	16	8	10.4	14.0	8.3	7.5
43 hinoki_3	0.425	e	0	0	0	0	0.0	8.6	5.9	4.8
44 hinoki_3	0.527	c	16	18	28	0	15.4	18.1	12.3	6.7
45 hinoki_3	0.502	e	12	0	16	0	8.2	12.3	5.6	4.8
46 hinoki_3	0.473	c	23	44	0	0	19.0	12.7	8.0	4.8
47 hinoki_3	0.504	c	10	14	0	0	2.7	17.5	10.6	8.2
48 hinoki_3	0.532	c	27	37	20	0	22.0	16.1	10.7	2.8
49 akamatu	0.595	c	0	0	0	0	0.0	11.7	7.6	6.0
50 akamatu	0.659	c	0	0	0	0	0.0	13.8	9.7	9.3
51 akamatu	0.615	c	13	0	27	6	31.2	13.4	9.1	7.3
52 akamatu	0.600	c	6	0	0	8	7.4	12.8	8.1	4.8

53	akamatu	0.582	c	18	5	27	0	25.6	12.4	9.4	5.3
54	akamatu	0.535	c	7	37	22	6	42.5	11.2	8.8	4.2
55	akamatu	0.488	c	23	45	11	21	63.2	12.8	8.9	5.5
56	akamatu	0.598	c	23	39	17	53	83.0	14.9	10.6	5.8
57	sugi	0.437	e	0	20	8	0	8.2	7.6	3.3	2.6
58	sugi	0.396	c	14	0	0	12	7.3	9.2	4.8	5.1
59	sugi	0.399	e	0	4	11	4	6.2	6.3	3.8	3.1
60	sugi	0.386	c	16	14	17	15	18.5	7.7	5.0	5.0
61	sugi	0.384	e	0	0	0	0	0.0	6.7	3.0	1.7
62	sugi	0.400	v	0	10	20	10	20.0	0.0	0.0	0.0
69	sugi	0.444	e	0	0	10	0	4.0	8.2	4.5	3.3
70	sugi	0.414	c	15	0	10	0	6.9	8.8	4.3	2.9
71	sugi	0.522	e	20	0	49	44	40.6	10.0	6.4	2.9
72	sugi	0.404	c	15	18	31	0	19.4	7.6	5.1	1.4
73	sugi	0.533	e	27	0	17	0	16.2	8.3	3.4	2.6
74	sugi	0.428	c	24	0	14	31	21.6	9.9	5.4	2.6
75	sugi	0.396	e	4	10	3	4	4.2	7.4	4.9	3.0
76	sugi	0.415	c	0	0	16	5	8.5	8.7	4.9	3.7