

ミズナラの縦接ぎ接着有効率

星 通⁽¹⁾
森 稔⁽²⁾

1. ま え が き

近年、わが国においても集成材工場はもとより各種木材の加工工場では、スカフジョイント、フィンガージョイントなどのいわゆる縦接ぎ法につよい関心が寄せられている。これはいうまでもなく、優良資材の枯渇に対処して低品質材の有効利用をはかり、さらに構造用材としての信頼度を高めるためのさしせまつた実用上の必要に基づくものである。これらの接手法は、従来から“傾斜接ぎ”、“桁接ぎ”として木工分野では広く行なわれてきたものであるが、現今では、その接手の切削加工から接着圧縮にいたる一連の工程を機械化し、しかも常に一定性能の保証された長尺材、定尺材を工場生産するところに新たな意味がある。スカフジョイントは構造用部材の接手として1等材相当の強度性能が要求され、また、フィンガージョイントは、短尺材の付加価値を高める目的から高度の生産能率と経済性が要求される。これらの要求にマッチするためには、工場資材、材質、形量に適応した接手形状、適正加工条件の選定が前提となることはもちろんである。

当木材部においては、挽板の二次加工に関する実用試験を推進する目的から、スカフカッター、フィンガージョインターなどの加工機械を設計試作してきた。本報は、これらの加工機械による切削加工の立場から、ジョイント部材の強度的性能に検討を加えたものである。実験は、集成材¹⁾、複合フローリング・ボード²⁾などの製造技術に関する基礎資料として個々に行なってきたものであるため、一連の系統的研究ではないが、構造用部材として一般に広く使用されているミズナラについて、縦接ぎ加工における接手形状、加工精度などの諸条件とジョイント部材の強度的性能の関連を明らかにし得たので、これを取りまとめたものである。この結果がミズナラ接手設計の一資料として役立ちうれば幸いである。

なお、本実験に際して終始ご協力、ご援助をいただきました当部強度研究室、接着研究室、加工研究室、応用研究室多田技官の各位に対し心からの謝意を表する。

2. 実 験 方 法

2.1. 測 定 項 目

道産ミズナラを供試材とし、プレーンスカフ、変形スカフおよびフィンガーの3ジョイント形式について、ジョイント部材の強度試験を実施した。なお、この場合コントロール材として素材試験も同時に行なつた。

測定項目は下記のとおりである。

E_2 (10^3kg/cm^2) ; ジョイント試験片のヤング係数 Young's modulus of jointed specimen.

E_1 (10^3kg/cm^2) ; 素材ヤング係数 Young's modulus of the control specimen.

(1) 木材部加工科加工研究室員 (2) 木材部加工科加工研究室長

- σ_{b2} (kg/cm^2) ; ジョイント試験片の曲げ強度 Bending strength of jointed specimen.
- σ_{t2} (kg/cm^2) ; ジョイント試験片の引張り強度 Tensile strength of jointed specimen.
- σ_{b1} (kg/cm^2) ; 素材試験片の曲げ強度 Bending strength of the control specimen.
- σ_{t1} (kg/cm^2) ; 素材試験片引張り強度 Tensile strength of the control specimen.
- K_b (%) ; ジョイント曲げ有効率 Joint efficiency ratio in bending.

$$K_b = \sigma_{b2} / \sigma_{b1} \times 100\%$$

- K_t (%) ; ジョイント引張り有効率 Joint efficiency ratio in tension.

$$K_t = \sigma_{t2} / \sigma_{t1} \times 100\%$$

- F_b (%) ; ジョイント部材の曲げ木部破断率 Frequency of wood failure of jointed specimen in bending test.
- F_t (%) ; ジョイント部材の引張り木部破断率 Frequency of wood failure of jointed specimen in tensile test.

2.2. 試験片の製作

試験片には上記の3ジョイント形式について、それぞれ幅100mm、長さ約1,000mm、厚さ20~24mmの無欠点挽板(人工乾燥材, 含水率9~12%)を用い、Fig. 1のようにまずこれを中央位置で両断し、片方を引張り試験片用、他方を曲げ試験片用に当て、つぎにそれぞれを縦方向に2分し、その片方をコントロール用素材試験片、他方をジョイント試験片とした。ジョイント試験片は、これを長さの中央で横切りし、その両横切り面を接手加工し、一定条件で接着圧縮し仕上げ加工した。

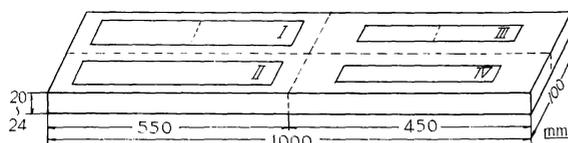


Fig. 1 ミズナラ挽板の試験片木取り図
Cutting diagram for specimens from laugh lumber of MIZUNARA.

- I ; 縦接ぎ用試験片
End joint-specimen
 - II ; コントロール用素材試験片
Clear control-specimen
 - III ; 縦接ぎ用試験片
End joint-specimen
 - IV ; コントロール用試験片
Clear control-specimen
- } 曲げ試験片
for bending test.
- } 引張り試験片
for tensile test.

ジョイント試験片は、これを長さの中央で横切りし、その両横切り面を接手加工し、一定条件で接着圧縮し仕上げ加工した。

2.3. 試験片の組合せ

ミズナラは比重のちらばりの範囲が広く、ジョイント強度は、この比重の大小に左右されるため、試験片は、試験条件ごとに10~20枚を比重のちらばりの範囲がほぼ等しくなるよう組み合わせた。

また比重とジョイント有効率の関係については、この組み合わせのなかで比重階層を、0.50~0.60, 0.61~0.70, 0.71~0.80の3階層に分け、両者の関係を比較検討した。

3. 素材の基礎材質

本実験のはじめに素材試験片について、比重と年輪幅の関係、比重と曲げおよび引張り強度の関係を測定し、その結果をFig. 2~4に示した。同図のように素材強度は比重にはほぼ比例して増大するが、広い範囲のチラバリを示し、曲げ強度では測定平均値に対し300 kg/cm^2 、引張り強度では350~700 kg/cm^2 のチラバリを有する。このような素材強度のチラバリは縦接ぎ強度に影響するであろう。

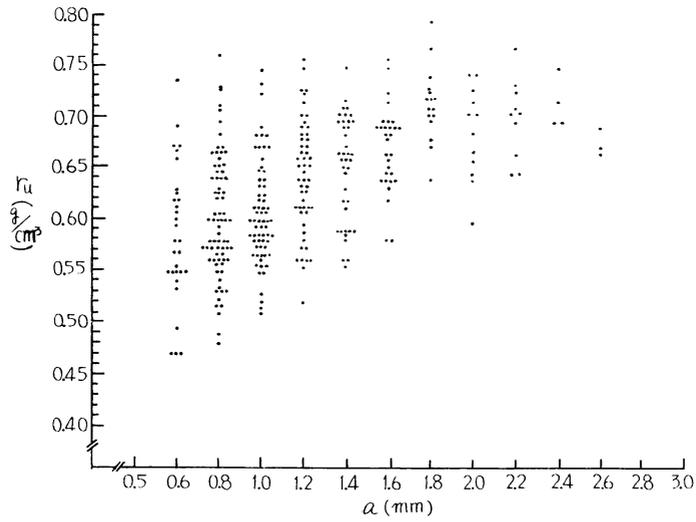


Fig. 2 年輪幅 (a) と比重 (γ_u) の関係
Relation between width of annual ring (a)
and specific gravity of MIZUNARA (γ_u).

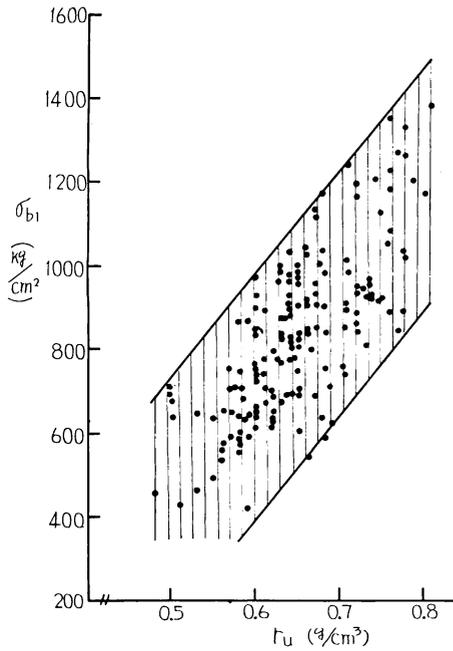


Fig. 3 比重 (γ_u) と素材曲げ強さ (σ_{b1}) の関係
Relation between specific gravity (γ_u) and
bending strength of control specimen (σ_{b1}).

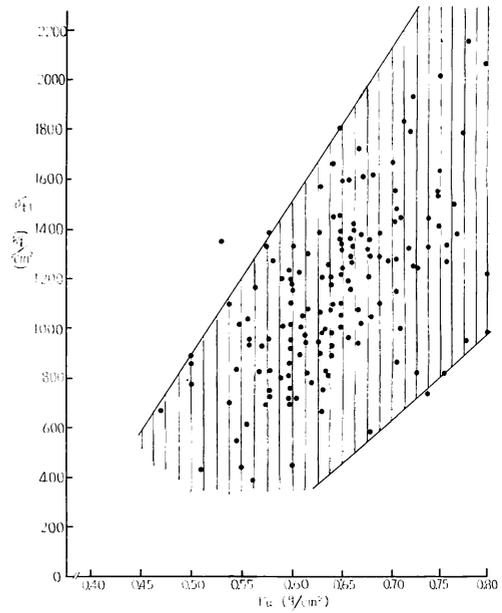


Fig. 4 比重 (γ_u) と素材引張り強さ (σ_{t1}) の関係
Relation between specific gravity (γ_u) and
tensile strength of control specimen (σ_{t1}).

4. プレーンスカフ・ジョイント接着有効率

プレーンスカフのジョイント強度については R. F. LUXFORD, R. H. KRONE によるダグラスファー、ホワイトオークその他、わが国ではヒノキ、アカマツなどについての研究結果^{3)~6)}が発表されている。これらの研究からスカフジョイントの強度は、スカフ傾斜 α (板厚に対するスカフ面材長の比率) に支配的な影響を受け、スカフ傾斜が緩やかになるにしたがい、はじめは急に、以後は緩やかに増加し、その有効率は樹種および接手の加工精度、接着剤の種類などの諸条件に左右されるが、曲げ強度では、 $\alpha=1/8\sim 1/12$ でほぼ 100%、引張り強度では、 $\alpha=1/12\sim 1/20$ においてほぼ 90% 以上の接着有効率が得られている。

本項では、ミズナラを供試材とし、ディスク型スカフカッターを用いスカフ切削を行ない、 α と接着有効率の関係について、上記の結果を確認するとともに、とくにミズナラにおける比重のチラバリが、その強度的性能におよぼす影響について実験した。

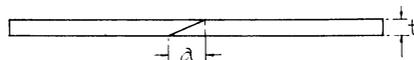
4.1. 実験条件

1) 供試片 ミズナラ挽板人工乾燥材 (比重 0.50~0.80, 年輪幅 0.6~2.5 mm) から目切れその他の欠点部分を除き、幅 100 mm, 厚さ 20~24 mm, 長さ 1000 mm の試験材 (基材) 約 100 枚を選び Fig. 1 の木取り工程により、ジョイント試験片および素材用コントロール試験片を製作した。なお試験条件は、 $\alpha=1/4, 1/6, 1/8, 1/10, 1/12$ の 5 条件で、各条件ごとに比重のチラバリがほぼ均等になるように 15~20 枚をふり当てた。試験片の組合せを Table 1 に示す。基材はこれを縦方向に両分し、片方をジョイント用試験片、他方を比較のためのコントロール用試験片とした。

ジョイント試験片は、スカフ切削面にレゾルシノール樹脂 (日本ライヒホルド KK 製, 6000#, 硬化剤 TD 473, 15% 添加) を 330 kg/cm² 両面塗付し、治具を用い圧縮した。圧縮条件は、10 kg/cm², 45°C で 20 時間である。

Table 1. プレーンスカフジョイントの試験条件
Tests on plain scarf.

| | 比重階層 Range of γ_u |  | 試験片の数 Number of test specimens | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|-----|-----|------|------|
| | | | 1/4 | 1/6 | 1/8 | 1/10 | 1/12 |
| 曲げ試験 Bending tests | A 0.50 ~ 0.60 | | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| | B 0.61 ~ 0.70 | | 9 | 10 | 10 | 9 | 9 |
| | C 0.71 ~ 0.80 | | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 引張試験 Tensile tests | A 0.50 ~ 0.60 | | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| | B 0.61 ~ 0.70 | | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 |
| | C 0.71 ~ 0.80 | | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 |



γ_u ; 試験片の比重 Specific gravity at the tests.
 α ; スカフ傾斜率 Slope of scarf $\alpha=t/a$.

ヤング係数の測定および曲げ試験は2点荷重による。その荷重方法、試験片の寸法はFig.5において、曲げ試験片では、素材試験片は、 $t=17.0\text{mm}$, $b=33.3\text{mm}$, $l=350\text{mm}$, $a=100\text{mm}$, $c=150\text{mm}$, また、ジョイント試験片は、 $t=15.5\text{mm}$, $b=30.5\text{mm}$, $l=350\text{mm}$, $a=100\text{mm}$, $c=150\text{mm}$ である。引張り試験片では、同図において、素材およびジョイント試験片ともに、 $l_1=300\text{mm}$, $l_2=190\text{mm}$, $l_3=60\text{mm}$, $h=3\text{mm}$, $b=20\text{mm}$ である。

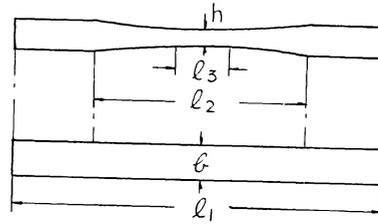
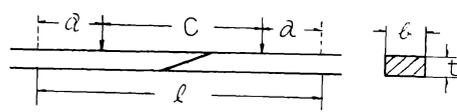


Fig. 5 曲げおよび引張り試験片
Specimen for tensile and bending tests.

2) スカフ切削の加工精度 各試験片についてスカフ加工精度(スカフ比率)を測定した結果は、Table 2のとおりであつて、スカフ面はいずれもきわめて平滑に仕上げられている。

4. 2. 実験結果および考察

測定結果を Table 3, 4 に、また、曲げおよび引張両試験における、スカフジョイント試験片の破壊形態を Photo. 1, 2 に示した。

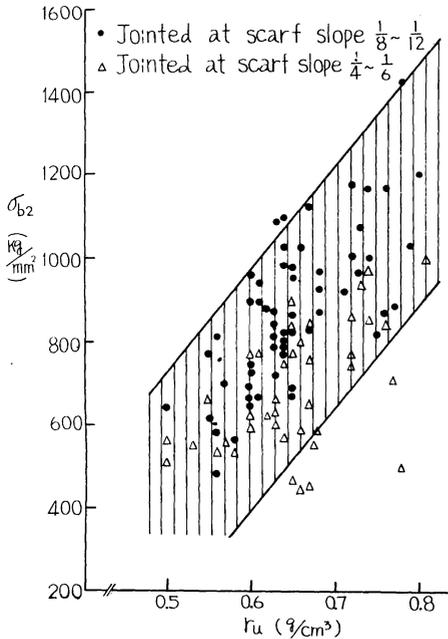


Fig. 6 比重(γ_u)とジョイント曲げ強さ(σ_{b2})の関係(斜線部分は素材曲げ強さ)
Relation between specific gravity (γ_u) and bending strength of jointed specimen (σ_{b2}).
(Part of oblique lines shows the range of bending strength of control specimen.)

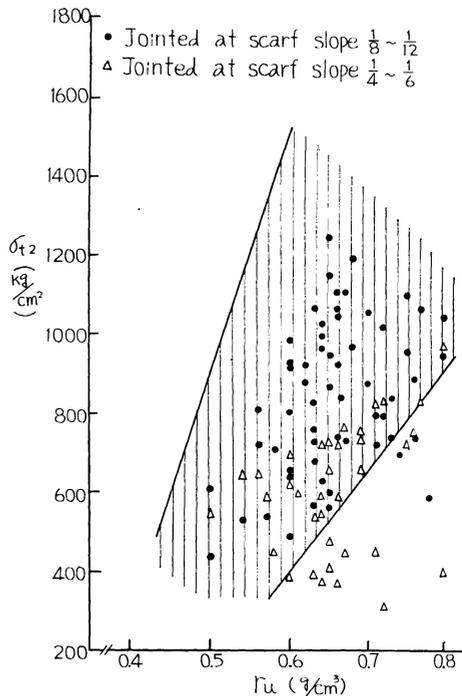


Fig. 7 比重(γ_u)とジョイント引張り強さ(σ_{t2})の関係(斜線部分は素材引張り強さ)
Relation between specific gravity (γ_u) and tensile strength of jointed specimen (σ_{t2}).
(Part of oblique lines shows the range of tensile strength of control specimen.)

Table 2. 供試片スカフ傾斜 (α) の加工精度
Accuracy of scarf slope (α) of test specimens machined.

| α | | 1/4 | 1/6 | 1/8 | 1/10 | 1/12 |
|----------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| 平均値 | Mean | 3.91 | 5.79 | 7.68 | 10.00 | 11.97 |
| 範囲 | Range | 3.88~4.00 | 5.76~5.85 | 7.59~7.76 | 9.88~10.09 | 11.82~12.11 |

Table 3. プレーンスカフ曲げ試験結果
Result of bending tests on plain scarf joints.

| スカフ傾斜 Scarf slope α | 比重階層 Range of γ_u | E_1 $10^8 (kg/cm^2)$ | E_2 $10^8 (kg/cm^2)$ | E_2/E_1 (%) | σ_{b1} (kg/cm^2) | σ_{b2} (kg/cm^2) | K_b (%) | F_b (%) | |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------|-----|
| 1/4 | A | 0.50-0.60 (0.57) | 48-116 (82) | 49-197 (76) | 84-103 (97) | 622-978 (737) | 511-777 (590) | 73-87 (80) | 40 |
| | B | 0.63-0.68 (0.65) | 75-119 (98) | 74-117 (97) | 93-107 (99) | 826-1139 (955) | 450-781 (630) | 48-92 (60) | 10 |
| | C | 0.72-0.78 (0.74) | 136-232 (172) | 115-195 (161) | 81-91 (85) | 954-1277 (1149) | 503-986 (776) | 39-82 (69) | 0 |
| | Mean | 0.65 | 117 | 112 | 94 | 947 | 665 | 70 | — |
| 1/6 | A | 0.50-0.60 (0.57) | 61-109 (78) | 65-117 (84) | 100-113 (107) | 636-845 (759) | 519-683 (603) | 65-107 (79) | 60 |
| | B | 0.61-0.67 (0.64) | 77-123 (102) | 71-114 (98) | 83-105 (95) | 691-1049 (918) | 589-912 (752) | 64-93 (83) | 30 |
| | C | 0.72-0.81 (0.76) | 158-180 (166) | 130-146 (144) | 81-92 (85) | 889-1388 (1196) | 715-1018 (890) | 56-107 (77) | 40 |
| | Mean | 0.66 | 115 | 109 | 96 | 958 | 738 | 80 | — |
| 1/8 | A | 0.50-0.60 (0.57) | 56-110 (80) | 62-106 (81) | 74-116 (98) | 524-914 (687) | 560-904 (665) | 70-122 (97) | 80 |
| | B | 0.61-0.68 (0.65) | 78-153 (110) | 83-147 (107) | 96-121 (100) | 739-1021 (893) | 665-1125 (824) | 79-110 (91) | 40 |
| | C | 0.72-0.80 (0.75) | 140-201 (162) | 122-232 (150) | 81-116 (91) | 934-1178 (1044) | 814-1207 (973) | 72-116 (94) | 30 |
| | Mean | 0.66 | 117 | 113 | 96 | 874 | 821 | 94 | — |
| 1/10 | A | 0.55-0.60 (0.58) | 55-90 (74) | 52-88 (74) | 97-115 (101) | 598-770 (688) | 614-748 (686) | 94-118 (101) | 100 |
| | B | 0.63-0.68 (0.65) | 86-129 (104) | 72-134 (101) | 84-103 (97) | 689-1118 (929) | 671-1027 (874) | 84-105 (94) | 60 |
| | C | 0.71-0.79 (0.75) | 135-222 (173) | 127-191 (157) | 86-98 (91) | 808-1210 (1023) | 920-1170 (1023) | 86-120 (99) | 60 |
| | Mean | 0.66 | 117 | 111 | 96 | 880 | 861 | 98 | — |
| 1/12 | A | 0.55-0.60 (0.58) | 76-100 (86) | 79-99 (86) | 98-103 (100) | 721-866 (764) | 689-961 (808) | 95-129 (106) | 100 |
| | B | 0.61-0.68 (0.64) | 80-135 (106) | 88-130 (105) | 86-112 (99) | 774-1036 (880) | 785-1114 (828) | 94-115 (106) | 71 |
| | C | 0.72-0.76 (0.75) | 114-213 (167) | 104-169 (134) | 79-92 (82) | 911-1362 (1204) | 1002-1431 (1154) | 82-111 (96) | 40 |
| | Mean | 0.66 | 120 | 108 | 94 | 949 | 930 | 103 | — |

1) 試験片の比重とジョイント強度の関係を Fig. 6, 7 に示した。同図においてジョイント強度と素材強度を比較すると、スカフ接着による強度の低下は、スカフ傾斜 1/4, 1/6 が大部分を占め、しかも比重の大きい範囲に著しいことがわかる。この関係は、Table 3, 4 の木部破断率についての観察結果からも首肯される。

2) スカフ傾斜と材の比重階層を通じての接着有効率との関係を Fig. 8, 9 に示した。有効率の平均値は、曲げではスカフ傾斜 1/10 でほぼ 100% に達するが、引張りではスカフ傾斜 1/12 でほぼ 80% である。

3) ジョイント部材のヤング係数は、素材に比し、比重 0.50~0.70 の範囲においては、ほとんどない

Table 4. プレーンスカフ引張り試験結果
Result of tensile tests on plain scarf joints.

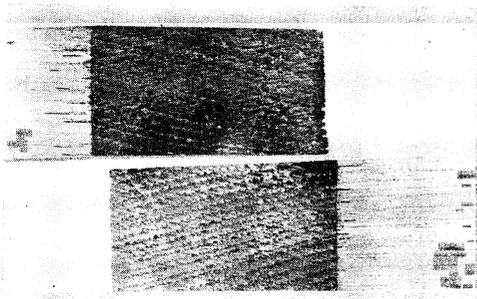
| スカフ傾斜 Scarf slope α | 比重階層 Range of γ_w | E_1 $10^3(kg/cm^2)$ | E_2 $10^3(kg/cm^2)$ | E_2/E_1 (%) | σ_{11} (kg/cm^2) | σ_{12} (kg/cm^2) | E_t (%) | F_t (%) | |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|-----|
| 1/4 | A | 0.57-0.60 (0.59) | 75-86 (79) | 62-87 (72) | 84-101 (91) | 452-972 (831) | 391-595 (509) | 47-87 (65) | 80 |
| | B | 0.64-0.69 (0.66) | 83-130 (102) | 84-130 (100) | 98-102 (98) | 964-1400 (1195) | 366-738 (528) | 26-76 (45) | 10 |
| | C | 0.71-0.75 (0.73) | 150-189 (170) | 111-163 (146) | 74-102 (86) | 1420-1949 (1573) | 310-840 (627) | 17-58 (42) | 0 |
| | Mean | 0.66 | 117 | 106 | 92 | 1200 | 554 | 51 | — |
| 1/6 | A | 0.54-0.60 (0.58) | 70-106 (88) | 69-105 (89) | 98-103 (100) | 708-1061 (836) | 633-708 (665) | 47-93 (71) | 40 |
| | B | 0.61-0.69 (0.65) | 72-146 (103) | 66-147 (97) | 82-106 (94) | 757-1580 (115) | 538-780 (666) | 44-79 (60) | 60 |
| | C | 0.71-0.80 (0.75) | 145-179 (171) | 125-166 (142) | 78-87 (83) | 892-1566 (1296) | 457-988 (760) | 51-63 (58) | 0 |
| | Mean | 0.66 | 121 | 109 | 92 | 1127 | 697 | 63 | — |
| 1/8 | A | 0.54-0.60 (0.58) | 67-98 (68) | 65-110 (70) | 92-111 (101) | 548-1188 (909) | 527-931 (703) | 67-96 (82) | 80 |
| | B | 0.62-0.71 (0.65) | 79-128 (102) | 83-130 (105) | 87-116 (104) | 870-1290 (1107) | 560-1002 (833) | 53-93 (76) | 80 |
| | C | 0.70-0.78 (0.74) | 137-193 (173) | 114-186 (152) | 74-98 (87) | 820-2364 (1678) | 590-895 (764) | 25-90 (53) | 20 |
| | Mean | 0.66 | 114 | 109 | 97 | 1232 | 767 | 70 | — |
| 1/10 | A | 0.50-0.60 (0.57) | 67-90 (84) | 64-94 (84) | 91-107 (100) | 775-1280 (1081) | 706-989 (749) | 55-87 (69) | 100 |
| | B | 0.62-0.68 (0.65) | 80-145 (101) | 78-142 (101) | 86-114 (100) | 586-1681 (1135) | 571-1199 (888) | 44-104 (72) | 85 |
| | C | 0.72-0.80 (0.75) | 120-178 (155) | 112-159 (128) | 85-95 (84) | 745-1540 (1199) | 796-1050 (876) | 63-73 (69) | 40 |
| | Mean | 0.66 | 113 | 104 | 95 | 1138 | 838 | 70 | — |
| 1/12 | A | 0.50-0.60 (0.56) | 49-86 (74) | 55-85 (75) | 93-110 (102) | 726-1335 (985) | 490-931 (676) | 68-71 (70) | 60 |
| | B | 0.63-0.70 (0.65) | 95-124 (106) | 74-139 (106) | 72-108 (101) | 665-1452 (980) | 730-1256 (987) | 67-123 (89) | 85 |
| | C | 0.72-0.80 (0.75) | 102-141 (136) | 118-167 (137) | 92-115 (100) | 820-1331 (1063) | 740-1016 (888) | 71-105 (88) | 20 |
| | Mean | 0.65 | 105 | 106 | 101 | 1010 | 850 | 82 | — |

か、あるいは、ごく僅少の低下が認められるにすぎないが、比重 0.71~0.80 の範囲 スカフ比率小なるものについては低落が認められる (Table 4)。

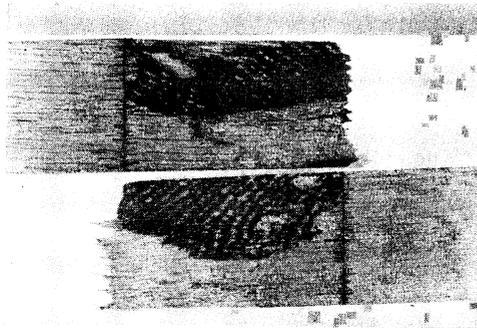
4) スカフ傾斜 1/4 および 1/6 の両試験片を除いた全試験片において、曲げ、引張り両強度を検討すると Fig. 6, 7 のように、そのほとんどは、普通構造用部材の短期許容応力基準として規定されている 200 kg/cm^2 を越え安全側である。

5. 変形スカフジョイント接着有効率

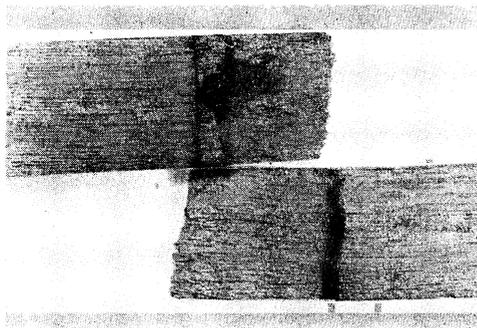
プレーンスカフでは接着有効率が高い反面、材料損失が大きく、また、接着圧縮時においてスカフ面に滑りが生じやすい。これを補う目的から各種の変形スカフ、たとえばスカフ面に縦に山形状の溝付け加工をした Serrated scarf, 横方向に段付けした Hooked scarf などが試用される。本実験では、ディスク型スカフカッターおよびスピンドルシェーパーを用い、溝の深さの異なる 3 種類の溝付きスカフ (Square toothed scarf) を加工し、そのジョイント強度を測定することにより、プレーンスカフのジョイント強度



Type A

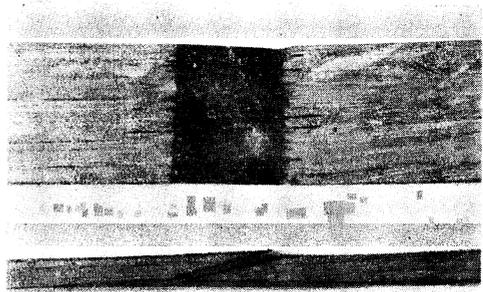


Type B

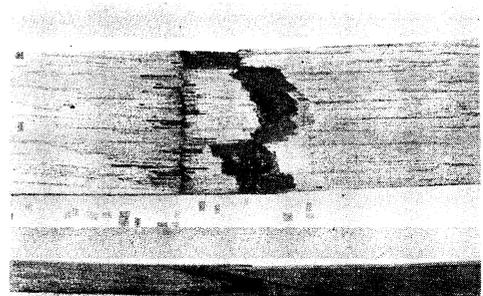


Type C

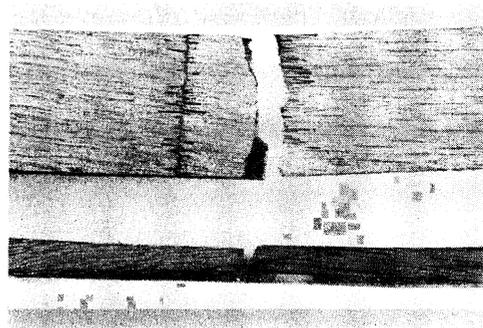
Photo. 1 プレーンスカフジョイント曲げ試験における代表的な破壊形態
Typical failures of jointed specimens in bending test.



Type A



Type B



Type C

Photo. 2 プレーンスカフジョイント引張り試験における代表的な破壊形態
Typical failures of jointed specimens in tensile test.

と比較検討した。

5.1. 実験条件

1) 供試片 供試片ははじめに述べた木取工程 Fig. 1 により、スカフ傾斜 1/4 で溝の深さの異なる 3 組の溝付きスカフ (Fig. 10) および、比較のための同傾斜のプレーンスカフをそれぞれ 4 組、各組ごとに 15 ~ 18 本用意した (Table 5)。

試験片寸法は Fig. 5 において、曲げ試験片では、素材試験片は、 $t=10.5\text{mm}$, $b=36.0\text{mm}$, $a=150\text{mm}$, $c=150\text{mm}$, また、ジョイント試験片は、 $t=15.0\text{mm}$, $b=36.0\text{mm}$, $a=150\text{mm}$, $c=200\text{mm}$ である。引張

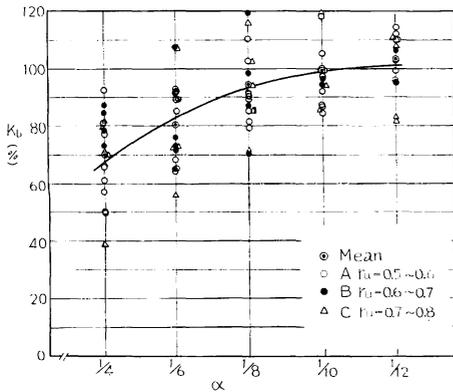


Fig. 8 スカフ傾斜(α)と曲げジョイント有効率(K_b)の関係
Relation between scarf slope (α) and efficiency of plain scarf joints in bending (K_b).

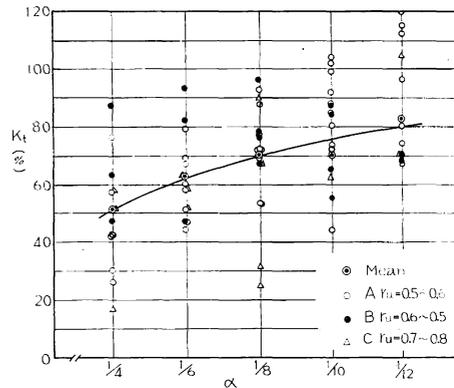


Fig. 9 スカフ傾斜(α)と引張りジョイント有効率(K_t)の関係
Relation between scarf slope (α) and efficiency of plain scarf joints in tension (K_t).

り試験片では、同図において、素材試験片は、 $l_1=390mm$ 、 $l_2=190mm$ 、 $l_3=60mm$ 、 $h=3.5mm$ 、 $b=18.0mm$ 、また、ジョイント試験片は、 $l_1=390mm$ 、 $l_2=190mm$ 、 $l_3=60mm$ 、 $h=4.0mm$ 、 $b=20mm$ である。接着剤および圧縮条件は、前項プレーンスカフジョイントの場合と同様である。

2) 溝付きスカフの加工精度 試験片の溝付け各要素の寸法をアイゲージを用い測定し、その結果を、Table 6 に示した。同表のように、いずれの試験片においても幅方向にはわずかに圧合であり、深さ方向にはわずかに隙間が生じていた。

5.2. 実験結果および考察

測定結果を Table 7 に総括した。同表のように、ジョイント強度と溝の深さの間には明らかな関連性は認められず、同スカフ傾斜のプレーンスカフと大差ない数値を示した。なお、比重とジョイント強度の関係は、Fig. 11, 12にみられるように、ジョイント強度は素材強度にともない増加せず、ほぼ一定値を示し、接着有効率は低下する。木破率は、Table 7 のように高比重材ほど低下し、接着性の劣ることを示している。ヤング係数は、素材に比べ10%程度の低落を示した。

上記のように、本試験では、溝付きスカフは、同スカフ傾斜のプレーンスカフと大差ない結果を示した、これは前述のように接手の加工精度が低いためと考えられる。また、試験片の破壊形態をみると、Photo. 3, 4 のように、A、接着面から剥がれたもの、C、接着面に関係なく、スカフ中央断面付近から破断したも

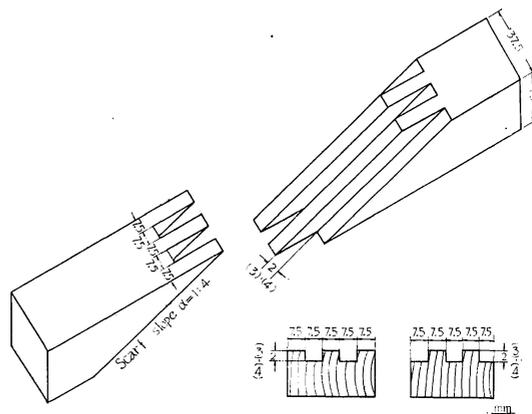


Fig. 10 溝付きスカフの形状
Details of the square toothed scarf used in the test.

Table 5. 溝付きスカフの試験条件
Tests on squar toothed scarf joints.

| Test No. | t (mm) | 試験片の数 Number of test specimens | | |
|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| | | 曲げ試験用 For bending test | 引張試験用 For tensile test | 計 Total |
| I * | 0 | 19 | 15 | 34 |
| II | 0.19 | 18 | 18 | 36 |
| III | 0.26 | 18 | 18 | 36 |
| IV | 0.38 | 18 | 18 | 36 |

t ; 溝の深さの平均値 Average depth of the groove machined on the scarf face of the specimens (See Table 6).

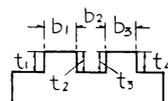
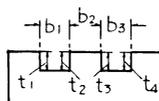
* プレーンスカフジョイント Plain scarf joint.

試験片 (ミズナラ) の比重 (γ_w) Specific gravity of test specimens.

$\gamma_w=0.56\sim0.78$ (0.65)

Table 6. 溝付きスカフ試験片の加工精度
Accuracy of dimensions of square toothed scarf specimens machined.

| Test No. | | b_1 | b_2 | b_3 | t_1 | t_2 | t_3 | t_4 |
|----------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| II | A | 7.5~7.6 | 7.5~7.7 | 7.6~7.7 | 1.8~2.2 | 1.6~2.1 | 1.7~2.2 | 1.5~2.0 |
| | | (7.5) | (7.6) | (7.6) | (2.0) | (1.9) | (2.0) | (1.7) |
| | B | 7.5~7.7 | 7.6~7.8 | 7.5~7.6 | 1.8~1.9 | 1.7~2.0 | 1.6~1.8 | 1.8~2.0 |
| | | (7.6) | (7.7) | (7.6) | (1.9) | (1.9) | (1.8) | (1.9) |
| | A-B | -0.1 | -0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0.2 | 0.2 |
| | III | A | 7.5~7.8 | 7.5~7.6 | 7.6~7.8 | 2.5~2.8 | 2.3~2.7 | 2.4~2.8 |
| (7.6) | | | (7.6) | (7.7) | (2.7) | (2.7) | (2.6) | (2.4) |
| B | | 7.6~7.7 | 7.7~7.8 | 7.6~7.7 | 2.2~2.8 | 2.5~2.9 | 2.3~2.7 | 2.5~2.8 |
| | | (7.6) | (7.7) | (7.6) | (2.5) | (2.7) | (2.5) | (2.6) |
| A-B | | 0 | -0.1 | 0.1 | 0.2 | 0 | 0.1 | -0.2 |
| IV | | A | 7.6~7.7 | 7.4~7.7 | 7.5~7.8 | 3.6~4.4 | 3.5~4.2 | 3.6~4.0 |
| | (7.6) | | (7.6) | (7.6) | (3.9) | (3.8) | (3.9) | (3.7) |
| | B | 7.5~7.9 | 7.6~7.8 | 7.5~7.7 | 3.3~4.4 | 3.5~4.2 | 3.5~4.2 | 3.8~4.5 |
| | | (7.6) | (7.7) | (7.6) | (3.8) | (4.0) | (3.8) | (4.0) |
| | A-B | 0 | -0.1 | 0 | 0.1 | -0.2 | 0.1 | -0.3 |



(A)

(B)

溝付きスカフ横断面 Cross section of square toothed scarf.

Table 7. 溝付きスカフジョイントの曲げおよび引張り試験結果
Result of bending and tensile test on square toothed scarf joints.

| t (mm) | 比重階層 Range of τ_u | E_{b1} $10^8(kg/cm^2)$ | E_{b2} $10^8(kg/cm^2)$ | E_{b2}/E_{b1} (%) | σ_{b1} (kg/cm ²) | σ_{b2} (kg/cm ²) | K_b (%) | F_b (%) | σ_{t1} (kg/cm ²) | σ_{t2} (kg/cm ²) | K_t (%) | F_t (%) | |
|-------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|--|--|--------------|--------------|--|--|--------------|--------------|----|
| 0 | A | 0.50~0.60 | 48~116 | 49~197 | 84~103 | 622~978 | 511~777 | 73~87 | 40 | 452~972 | 391~595 | 47~87 | 80 |
| | | (0.57) | (82) | (76) | (97) | (737) | (590) | (80) | | (831) | (509) | (65) | |
| | B | 0.63~0.68 | 75~119 | 74~117 | 93~107 | 826~1139 | 450~781 | 48~92 | 10 | 964~1400 | 366~738 | 26~76 | 10 |
| | | (0.65) | (98) | (97) | (99) | (955) | (630) | (60) | | (1195) | (528) | (45) | |
| | C | 0.72~0.78 | 136~232 | 115~195 | 81~91 | 954~1277 | 503~986 | 39~82 | 0 | 1420~1849 | 390~840 | 17~58 | 0 |
| | | (0.74) | (171) | (161) | (85) | (1149) | (776) | (69) | | (1573) | (627) | (42) | |
| | | 0.65 | 117 | 112 | 91 | 947 | 665 | 70 | | 1200 | 554 | 51 | |
| 2 | A | 0.56~0.60 | 71~103 | 71~88 | 77~100 | 422~746 | 506~595 | 72~90 | 90 | 635~838 | 455~691 | 75~93 | 25 |
| | | (0.58) | (85) | (77) | (93) | (622) | (537) | (81) | | (758) | (611) | (78) | |
| | B | 0.61~0.69 | 70~162 | 66~159 | 89~110 | 642~995 | 482~720 | 67~87 | 11 | 700~1639 | 530~693 | 26~84 | 0 |
| | | (0.65) | (89) | (99) | (98) | (763) | (619) | (75) | | (1152) | (611) | (54) | |
| | C | 0.71~0.76 | 56~137 | 131~162 | 95~122 | 859~1066 | 544~654 | 64~71 | 0 | 1036~2269 | 464~762 | 28~64 | 0 |
| | | (0.73) | (113) | (98) | (112) | (935) | (582) | (63) | | (1593) | (629) | (43) | |
| | | 0.64 | 99 | 103 | 96 | 743 | 556 | 74 | | 1119 | 604 | 59 | |
| 3 | A | 0.56~0.60 | 58~99 | 56~86 | 81~120 | 531~703 | 437~578 | 73~93 | 33 | 393~1391 | 430~654 | 47~91 | 50 |
| | | (0.58) | (78) | (73) | (95) | (629) | (524) | (83) | | (1007) | (505) | (58) | |
| | B | 0.62~0.68 | 85~178 | 87~182 | 81~105 | 700~1016 | 601~753 | 70~86 | 25 | 774~1390 | 391~644 | 35~91 | 0 |
| | | (0.65) | (127) | (123) | (95) | (867) | (654) | (76) | | (1216) | (512) | (48) | |
| | C | 0.71~0.75 | 94~151 | 88~163 | 84~102 | 742~965 | 504~694 | 59~77 | 17 | 1255~1845 | 363~516 | 22~38 | 0 |
| | | (0.73) | (136) | (127) | (93) | (868) | (594) | (69) | | (1552) | (472) | (32) | |
| | | 0.65 | 104 | 63 | 94 | 778 | 591 | 76 | | 1258 | 518 | 44 | |
| 4 | A | 0.50~0.60 | 72~91 | 66~93 | 77~102 | 598~722 | 461~540 | 74~82 | 33 | 848~1350 | 465~735 | 31~87 | 60 |
| | | (0.57) | (84) | (77) | (91) | (660) | (511) | (78) | | (1029) | (590) | (58) | |
| | B | 0.62~0.68 | 64~127 | 73~119 | 80~115 | 624~868 | 482~653 | 69~84 | 14 | 829~1386 | 602~619 | 47~65 | 28 |
| | | (0.65) | (102) | (95) | (95) | (749) | (576) | (77) | | (1088) | (585) | (54) | |
| | C | 0.71~0.76 | 119~180 | 114~171 | 77~100 | 849~1058 | 506~609 | 56~72 | 20 | 1153~1934 | 437~536 | 28~38 | 0 |
| | | (0.73) | (163) | (146) | (90) | (930) | (611) | (65) | | (1530) | (498) | (34) | |
| | | 0.64 | 113 | 103 | 92 | 770 | 564 | 74 | | 1191 | 512 | 49 | |

t, τ_u ; Table 6 参照 See Table 6.

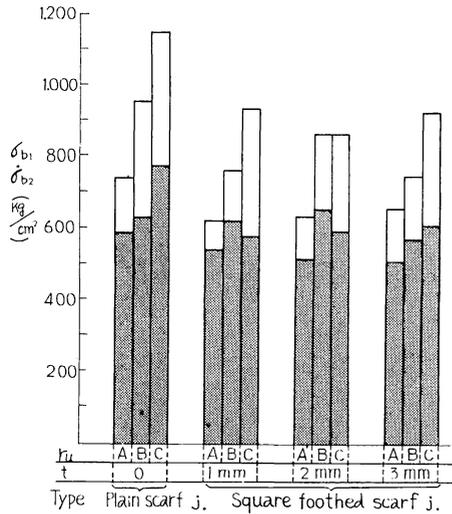


Fig. 11 曲げ試験における素材強さ (σ_{b1}) とジョイント強さ (σ_{b2}) の比較
Comparison of bending strength between jointed and control specimens.

A ; $r_u = 0.50 \sim 0.60$ B ; $r_u = 0.61 \sim 0.70$
C ; $r_u = 0.71 \sim 0.80$
t ; Table 6 参照 See Table 6.

の、および B, A と C の中間形態のタイプに分け
うる。3 形態のうち C は、溝付け加工による稜角部
分の応力集中に起因すると考えられる。他の実験に

おいては、山形溝付けスカフジョイントについて、引張り接着有効率 57~74 % を得ている例もある⁹⁾ が、
本試験では加工精度が十分でなかつたことと、上記の応力集中のため、溝付け効果が得られなかつた。

6. フィンガージョイント接着有効率

フィンガージョイント (Finger joint) は、材料損失が少なく、しかも機械加工に適しているため、欧米
の実状にかんがみ、今後わが国においても、定尺材の工場生産に広く応用しうると考えられる。

フィンガージョイントには、板の幅方向と厚さ方向に納取りする両形式があり、いずれの形式について
も、R. F. LUXFORD, R. H. KRONE⁹⁾ (1946) の研究をはじめとして多数の報告^{7)~10)} がなされている。

フィンガージョイント強度は、ジョイント形状、嵌合公差、接着剤の種類、および圧縮条件に影響され
る。ジョイント形状要素は、柄のスカフ傾斜 α 、柄先端の形状、および柄の深さ l の 3 者であり、スカフ
傾斜 α が急なときは、前項の結果 (Fig. 10, 11) が示すように接着有効率は、きわめて低くなり、また、
一方 α が緩やかになると、エンドプレッシャー (end pressure, 板の長手方向の圧力) が効果的に作用せ
ず、スカフ面の圧縮力が不足して、ジョイント強度は低下する。したがって、この両者の中間に適当なス
カフ傾斜が存在すると考えられる。D. B. RICHARDS⁷⁾ はとくにこのスカフ面の接着を重要視して、フィ
ンガード・スカフジョイント (Fingered scarf joints) について研究している。また、B. MADSEN⁹⁾ は、
エンドプレッシャー、硬化時間、加熱条件などについて研究し、エンドプレッシャーは、 40 kg/cm^2 程度

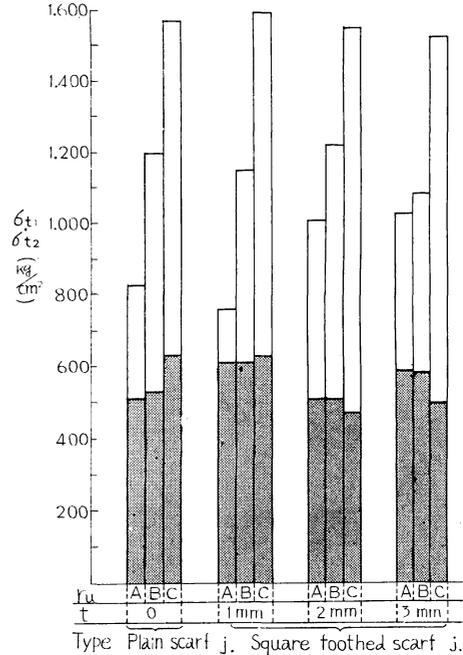
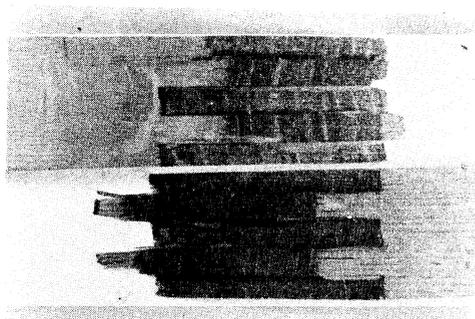
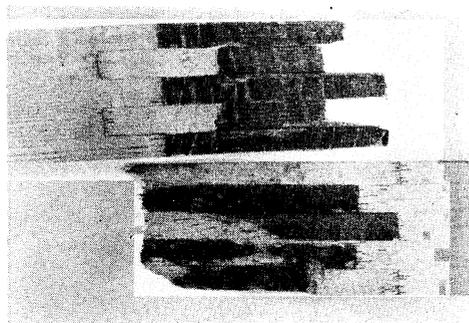


Fig. 12 引張り試験における素材強さ (σ_{t1}) とジョイント強さ (σ_{t2}) の比較
Comparison of tensile strength between jointed and control specimens.

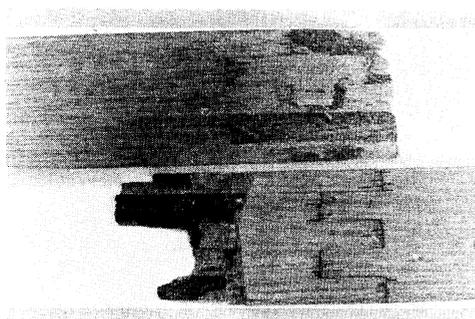
A ; $\sigma_u = 0.50 \sim 0.60$ B ; $\sigma_u = 0.61 \sim 0.70$
C ; $\sigma_u = 0.71 \sim 0.80$
t ; Table 6 参照 See Table 6.



Type A

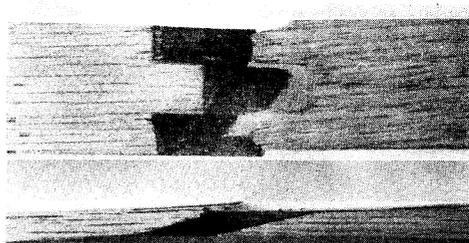


Type B

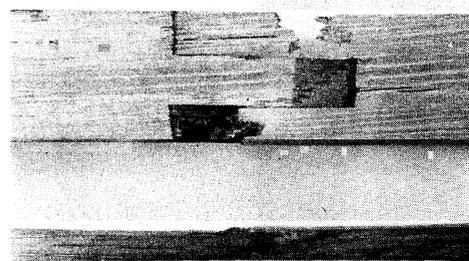


Type C

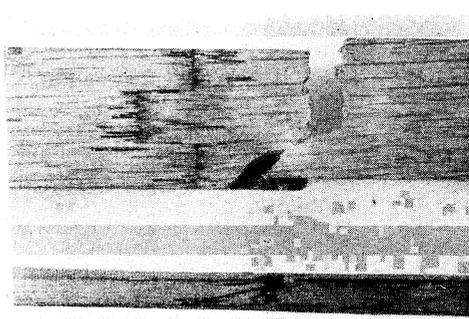
Photo. 3 溝付きスカフジョイント曲げ試験における代表的な破壊形態
Typical failures of jointed specimens in bending test.



Type A



Type B



Type C

Photo. 4 溝付きスカフジョイント引張り試験における代表的な破壊形態
Typical failures of jointed specimens in tensile test.

まではジョイント強度に著しい影響は及ぼさないが、実験条件としては 30 kg/cm^2 前後が適当であることを明らかにしている。接着剤については、レゾルシノール¹⁾、カゼイン²⁾ および尿素との配合剤、あるいは、尿素、酢酸ビニール接着剤²⁾ についての多数の実験結果があるが、いずれも Gap filling の性質を有しているものが好ましい。以下の実験では、ミズナラを供試材とし、板の厚さ方向に納取りしたフィンガージョイントについて、ジョイント形状、その嵌合公差、およびトッププレッシャー (Top pressure, 板面に対し直角方向の圧力) がジョイント強度に及ぼす影響について、二、三の実験を行なった。なお、比較材料としてエゾマツについて同時に試験した。

6.1. 実験条件

供試片の木取り工程は Fig. 1 により行ない、供試フィンガーの形式は Fig. 13 の H および J の 2 タイプである。試験片の寸法は Fig. 5 において、曲げ試験片では、素材およびジョイント試験片とも、 $t=13.0 \sim 20.0mm$, $b=20.0 \sim 36.0mm$, $l=450$ および $500mm$, $a=150mm$, $c=150$ および $200mm$, また、引張り試験片は、素材およびジョイント試験片とも、 $l_1=390mm$, $l_2=190mm$, $l_3=60mm$, $b=13.0 \sim 20.0mm$, h において素材試験片は、 3.0 および $3.5mm$, ジョイント試験片は、 6.0 および $9.0mm$ である。

H および J 両タイプのフィンガーは、2枚のフライスカッターを垂直軸に取り付けた自動送り納り盤（フィンガージョインター）により加工した。フィンガーの接着は、接着剤には前項同様レゾールシノール 6000# を両面塗付し、両接手の間隙が全くなくなるまでエンドプレッシャーを加え、 $30 \sim 60sec$ で開放した。プレッシャーは $20 \sim 40 kg/cm^2$, 硬化温度は室温 ($20 \sim 30^\circ C$)。また、トッププレッシャーに関する実験では $0, 5, 10 kg/cm^2$ の 3 段階に加圧したが、他の実験では加圧していない。嵌合公差に関する実験では、両ジョイントの公差を、 $-0.1, 0, 0.1, 0.2 mm$ の試験片を製作したが、他の実験ではいずれの場合も公差 0 の試験片を用いた。なお、試験条件は Table 8 に示すとおりである、この場合、ミズナラの比重

のチラバリは、 $0.56 \sim 0.69$ の範囲を用いた。

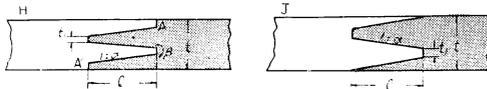


Fig. 13 フィンガージョイントの型式
Types of finger joint tested.

6.2. 実験結果および考察

1) ジョイント嵌合公差の影響 ジョイントの嵌合公差は Table 9 のように、 $-0.1 mm$ (遊合), 0 (滑合), 0.1 および $0.2 mm$ (圧合) の 4 段階に

Table 8. フィンガージョイントの試験条件
Tests on finger joints.

| フィンガーの型 Type of finger | Test No. | δ (mm) | P (kg/cm ²) | 試験片の数 Number of test specimens | | | |
|---------------------------|----------|------------------|----------------------------|--------------------------------|----------|-------------------|----------|
| | | | | 曲げ試験 Bending test | | 引張試験 Tensile test | |
| | | | | MIZUNARA | EZOMATSU | MIZUNARA | EZOMATSU |
| H | I | -0.1 | 0 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| | II | 0 | 0 | | | | |
| | V | 0.1 | 0 | | | | |
| | IV | 0.2 | 0 | | | | |
| | II | 0 | 0 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | III | 0 | 5 | | | | |
| | IV | 0 | 10 | | | | |
| J | I' | -0.1 | 0 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| | II' | 0 | 0 | | | | |
| | V' | 0.1 | 0 | | | | |
| | VI' | 0.2 | 0 | | | | |
| | II' | 0 | 0 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | III' | 0 | 5 | | | | |
| | IV' | 0 | 10 | | | | |

δ ; 第9表 参照 See Table 9.

P; トッププレッシャー Top pressure applied on the specimen during curing of glue.

変化せしめ、ジョイント強度を測定し Table 10, 11 の結果を得た。この結果では、H, J 両タイプおよびミズナラ、エゾマツの両樹種ともに、ジョイント強度は、嵌合公差に関係なくほぼ一定値を示している。なお、エゾマツでは0.2 mm の圧合の場合、接手稜角に初期内部割れが発生したが、ミズナラでは観察されなかつた。

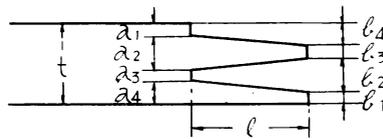
2) トッププレッシャーの影響 トッププレッシャーを 0, 5, 10 kg/cm² の3段階に変化せしめ、ジョ

Table 9. 供試フィンガーの寸法要素

Dimensions of fingers tested.

(mm)

| Type of finger | Test No. | t | l | a ₁ | a ₂ | a ₃ | a ₄ | b ₁ | b ₂ | b ₃ | b ₄ | δ* |
|----------------|--------------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| H | I | 20.10 | 30.09 | 3.45 | 7.80 | 3.00 | 5.85 | 3.36 | 7.98 | 2.82 | 5.94 | -0.09 |
| | II III IV | 20.10 | 29.00 | 3.45 | 7.80 | 3.00 | 5.85 | 3.45 | 7.80 | 3.00 | 5.85 | 0 |
| | V | 20.10 | 27.91 | 3.45 | 7.80 | 3.00 | 5.85 | 3.54 | 7.62 | 3.18 | 5.76 | 0.09 |
| | VI | 20.10 | 26.81 | 3.45 | 7.80 | 3.00 | 5.85 | 3.63 | 7.44 | 3.36 | 5.67 | 0.18 |
| J | I' | 13.20 | 30.09 | 0 | 7.76 | 3.00 | 2.45 | 0 | 7.94 | 2.82 | 2.45 | -0.09 |
| | II' III' IV' | 13.20 | 29.00 | 0 | 7.76 | 3.00 | 2.35 | 0 | 7.76 | 3.00 | 2.35 | 0 |
| | V' | 13.20 | 27.91 | 0 | 7.76 | 3.00 | 2.26 | 0 | 7.58 | 3.18 | 2.26 | 0.09 |
| | VI' | 13.20 | 26.81 | 0 | 7.76 | 3.00 | 2.18 | 0 | 7.40 | 3.36 | 2.18 | 0.18 |



$$* \delta = \frac{1}{2}(a_2 - b_3)$$

Table 10. δがフィンガージョイントの強度におよぼす影響 (Hタイプ)

Effect of δ on strength of finger joints (Type H).

| 樹種 Species | δ (mm) | E ₂ /E ₁ (%) | σ _{b2} (kg/cm ²) | σ _{b1} (kg/cm ²) | K _b (%) | σ _{t2} (kg/cm ²) | σ _{t1} (kg/cm ²) | K _t (%) |
|---------------|-----------|---------------------------------------|--|--|-----------------------|--|--|-----------------------|
| MIZUNARA | -0.1 | 61~104 (84) | 299~480 (402) | 756~1080 (857) | 32~54 (43) | 393~516 (456) | 1051~1475 (1300) | 31~38 (36) |
| | 0 | 81~99 (91) | 294~390 (361) | 728~1116 (838) | 38~49 (43) | 372~602 (449) | 1023~1384 (1174) | 31~42 (33) |
| | 0.1 | 80~127 (94) | 355~442 (386) | 721~996 (839) | 36~56 (47) | 301~485 (415) | 1029~1544 (1243) | 24~42 (34) |
| | 0.2 | 77~94 (88) | 329~485 (443) | 713~1091 (875) | 41~52 (45) | 363~479 (446) | 1011~1354 (1179) | 33~39 (37) |
| EZOMATSU | -0.1 | 71~100 (86) | 324~416 (372) | 662~899 (755) | 44~57 (50) | 258~352 (319) | 930~1573 (1245) | 17~37 (26) |
| | 0 | 77~100 (89) | 277~386 (318) | 658~873 (752) | 38~49 (42) | 228~352 (289) | 771~1370 (1173) | 19~38 (24) |
| | 0.1 | 72~92 (80) | 269~431 (347) | 618~823 (723) | 35~53 (48) | 269~431 (347) | 956~1530 (1273) | 19~30 (24) |
| | 0.2 | 73~100 (88) | 301~375 (331) | 651~850 (659) | 40~48 (45) | 261~368 (315) | 1014~1471 (1174) | 20~37 (27) |

δ ; 第9表参照 See Table 9.

Table 11. δ がフィンガージョイントの強度におよぼす影響 (J タイプ)

Effect of δ on strength of finger joint (Type J).

| δ (mm) | σ_{t2} (kg/cm ²) | σ_{t1} (kg/cm ²) | K_t (%) |
|---------------|--|--|-----------|
| - 0.1 | 339~900 | 1051~1495 | 32~73 |
| | (647) | (1300) | (50) |
| 0 | 410~643 | 1023~1380 | 36~58 |
| | (520) | (1173) | (45) |
| 0.1 | 321~748 | 1029~1333 | 28~51 |
| | (490) | (1243) | (39) |
| 0.2 | 484~674 | 1011~1354 | 43~54 |
| | (554) | (1179) | (47) |

供試材 Material : MIZUNARA

δ : 第 9 表参照 See Table 9.

Table 12. トッププレッシャー (P) がジョイント強度におよぼす影響
Effect of top pressure (P) on strength of finger joint (Type H).

| 樹種 Species | P kg/cm ² | E_2/E_1 (%) | σ_{b2} (kg/cm ²) | σ_{b1} (kg/cm ²) | K_b (%) | σ_{t2} (kg/cm ²) | σ_{t1} (kg/cm ²) | K_t (%) |
|---------------|-------------------------|------------------|--|--|---------------|--|--|---------------|
| MIZUNARA | 0 | 81~99 (91) | 294~390 (361) | 728~1116 (830) | 38~49 (43) | 372~602 (449) | 1051~1384 (1173) | 31~42 (33) |
| | 5 | 79~130 (100) | 288~481 (417) | 706~992 (796) | 42~60 (52) | 346~478 (433) | 1059~1437 (1205) | 33~41 (35) |
| | 10 | 85~98 (90) | 369~431 (393) | 816~918 (877) | 41~48 (45) | 377~480 (431) | 1120~1426 (1213) | 33~39 (37) |
| EZOMATSU | 0 | 77~100 (89) | 277~386 (318) | 658~873 (752) | 38~49 (42) | 228~352 (289) | 771~1370 (1173) | 19~38 (24) |
| | 5 | 79~105 (88) | 343~439 (385) | 629~884 (755) | 43~56 (51) | 251~345 (306) | 953~1630 (1198) | 16~35 (26) |
| | 10 | 71~98 (86) | 330~451 (387) | 618~880 (761) | 45~54 (51) | 223~372 (321) | 1028~1370 (1249) | 19~30 (25) |

Table 13. トッププレッシャー (P) がジョイント強度におよぼす影響 (J タイプ)

Effect of top pressure (P) on strength of finger joint (Type J).

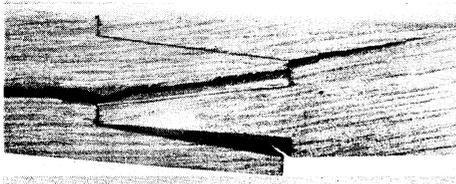
| P (kg/cm ²) | σ_{t2} (kg/cm ²) | σ_{t1} (kg/cm ²) | K_t (%) |
|-------------------------|--|--|-----------|
| 0 | 410~643 | 1023~1380 | 36~58 |
| | (520) | (1173) | (45) |
| 5 | 349~755 | 1059~1437 | 26~63 |
| | (556) | (1205) | (36) |
| 10 | 373~863 | 1130~1426 | 33~72 |
| | (621) | (1213) | (51) |

Material ; MIZUNARA

イント強度を測定し Table 12, 13 の結果を得た。同結果のようにトッププレッシャー 0~10 kg/cm² の範囲では, H, J 両タイプともジョイント強度は, トッププレッシャーに関係なくほぼ一定値を示した。

3) ジョイント形状の影響 H タイプの破壊形態をみると, Photo. 5, 6, 7, 8 のように, 接着面から剝離するもの A, 接手に関係なく破壊されるもの C, および両者の中間 B のものがあり, A はスカフ面の接着強度の不足, C は接手端面稜角の応力集中に原因すると考えられ

る。いずれの場合も材の表層にあらわれた木口断面が破壊の誘因となつている。したがつて H タイプの両表層の木口端面を削り取つた J タイプでは, 曲げ, 引張り両強度とも Table 14 のように, 著しくジョイント性能は向上する。また, A, B, C 破壊形態の頻度は, Table 15 のように, エゾマツの H タイプでは, A 破壊形態がほとんど 100 % を占めているのに対し, ミズナラでは 40 % 前後である。このことは, エゾマツはスカフ面の接着性能が不完全であるため, ジョイント性能の低落をきたし, また, ミズナラはジョイント稜角の応力集中が破壊要素と

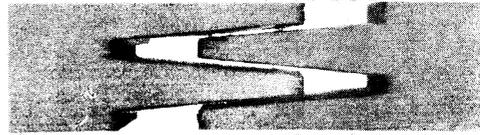


Type B

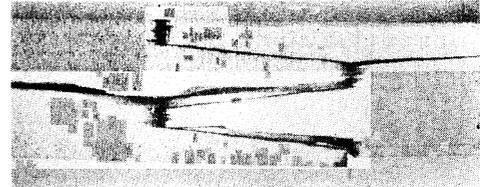


Type C

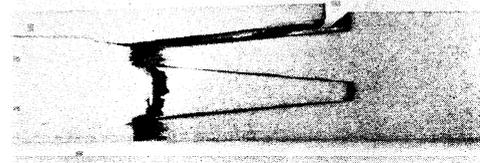
Photo. 5 フィンガージョイント曲げ試験における代表的な破壊形態
Typical failures of jointed specimens in bending test.



Type A

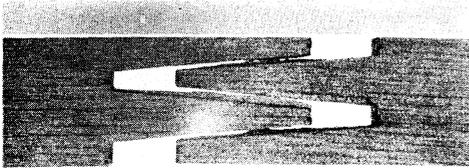


Type B



Type C

Photo. 6 フィンガージョイント曲げ試験における代表的な破壊形態 (エゾマツ)
Typical failures of jointed specimens in bending test.



Type A

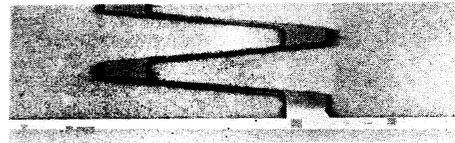


Type B

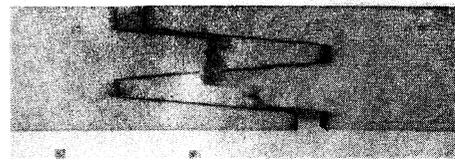


Type C

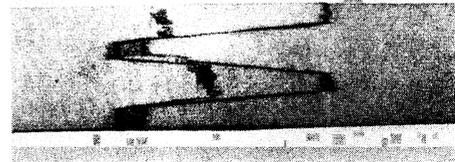
Photo. 7 フィンガージョイント引張り試験における代表的な破壊形態
Typical failures of jointed specimens in tensile test.



Type A



Type B



Type C

Photo. 8 フィンガージョイント引張り試験における代表的な破壊形態 (エゾマツ)
Typical failures of jointed specimens in tensile test.

なつてゐることを示している。

上記のように、フィンガージョイントは、スカフ面の接着強度、ジョイント稜角の応力集中が主要な破壊要素となつてゐるのであるが、いまかりに、スカフ面の接着強度に着目し、ジョイント強度と引張り接

Table 14. H, J 両フィンガージョイントにおける強度比較
Comparison between Type H- and Type J-finger joint in bending and tensile strength.

| 樹種 Species | フィンガーの型 Type of finger joint | E_2/E_1 (%) | σ_{b2} (kg/cm ²) | σ_{b1} (kg/cm ²) | K_b (%) | σ_{t2} (kg/cm ²) | σ_{t1} (kg/cm ²) | K_t (%) |
|---------------|---------------------------------|------------------|--|--|----------------|--|--|---------------|
| MIZUNARA | J | 73~122 (104) | 411~837 (623) | 726~1116 (830) | 57~96 (84) | 410~643 (520) | 1023~1380 (1173) | 36~58 (45) |
| | H | 81~99 (91) | 294~390 (361) | 728~1116 (838) | 38~49 (43) | 372~602 (449) | 1025~1384 (1173) | 31~42 (33) |
| EZOMATSU | J | 50~101 (85) | 357~710 (577) | 573~853 (664) | 65~107 (87) | 302~460 (407) | 843~1238 (1064) | 24~48 (39) |
| | H | 77~100 (89) | 277~386 (318) | 658~873 (752) | 38~49 (42) | 228~352 (289) | 771~1370 (1173) | 19~38 (24) |

Table 15. フィンガージョイント試験片の各種破壊形態の頻度
Frequency of each type of failure in finger jointed specimens. (%)

| 樹種 Species | フィンガーの型 Type of finger | 引張試験 Tensile test | | | 曲げ試験 Bending test | | |
|---------------|---------------------------|----------------------|----|----|----------------------|----|----|
| | | A | B | C | A | B | C |
| MIZUNARA | H | 43 | 34 | 23 | 47 | 47 | 6 |
| | J | 0 | 37 | 63 | 11 | 67 | 22 |
| EZOMATSU | H | 98 | 2 | 0 | 96 | 2 | 2 |
| | J | 50 | 25 | 25 | 0 | 67 | 33 |

A, B, C ; Marks of failure type. (See Photo. 5~8)

破壊形態の記号 (写真5~8参照)

Table 16. K_{ex} と K_{th} の比較
Comparison between K_{ex} and K_{th} . (%)

| 樹種 Species | H type finger joint | | J type finger joint | |
|---------------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | K_{ex} | K_{th} | K_{ex} | K_{th} |
| MIZUNARA | 33 ~ 27 | 28 | 36 ~ 50 | 42 |
| EZOMATSU | 24 ~ 27 | 28 | 39 | 42 |

K_{ex} ; K_t の実験値 Experimental value of K_t .

K_{th} ; 次式からの計算値 Calculated value from the next formula.

$$K_{th} = K_{st} \times \beta$$

K_{st} ; フィンガーのスカフ傾斜における引張接着有効率 Efficiency of plain scarf joint at given scarf slope of finger in tensile strength.

β ; フィンガーの接着有効断面積百分率 Ratio of cross sectional thickness of finger scarf slope to thickness of the specimen.

着有効率の関係について考察してみる。接手の木口端面の厚さは、ジョイント強度零とみなすと、接着有効断面積は、スカフ相当部分の厚さの和と考えてよい。いま、この有効断面積の比率を β 、スカフ面の接着有効率を K_{st} とすれば、フィンガージョイントの引張り有効率は、 $K_{th}=K_{st}\times\beta$ となる。H、J 両タイプの実験値(K_{ex})と K_{th} を比較し、Table 16 に示した。この結果が示すようにミズナラの実験値は、計算値と等しいか、あるいは高い値を示し、エゾマツの実験値は、いずれも低い値を示す。これは、エゾマツは前述のように、スカフ面の接着が不十分であり、ミズナラではスカフ面の接着が比較的完全であることを示す。したがってミズナラでは、ジョイント部分の応力集中を避けるようなジョイント形状が要求され、エゾマツでは、スカフ面の接着条件について検討の余地があることを示している。

7. あ と が き

ミズナラは、いうまでもなくわが国における主要広葉樹材であり、上級構造用材として集成材、フローリング・ボード、その他車輛用材、家具部材など広範囲に利用されている。

本報では、このミズナラについて、集成材用長尺材、あるいは、短尺材の利用による定尺材の生産技術に関する基礎資料をうる目的から、プレーンスカフ、溝付きスカフ、フィンガースカフの3型式につき、その縦接ぎ性能試験を実施した。

E_2 ; ジョイント部材曲げヤング係数

σ_{b2} 、 σ_{t2} ; ジョイント部材曲げおよび引張り強さ

1) プレーンスカフジョイントでは、そのジョイント強度はスカフ傾斜 α に支配されるが、 $\alpha=1/8\sim 1/12$ においては、 σ_{b2} 、 σ_{t2} ともに普通構造用部材の許容応力として規定された 200kg/cm^2 より高く安全側である。また、 E_2 の低落は10%程度にとどまる。なお、基材としての素材強度は、比重の変化にともない広範囲に変化したがる、この場合、スカフ傾斜小なる範囲($\alpha<1/8$)では、素材強度の変化にともない、ジョイント強度も増加し、有効率は比重により著しい変化はないが、スカフ傾斜大なる範囲($\alpha>1/6$)のジョイント強度は、素材強度の変化とともに増加せず、有効率は比重の大なるものほど低くなる。

2) プレーンスカフは材料損失が大きいので、スカフ傾斜 $\alpha=1:4$ の溝付きスカフを試作し、その強度性能を実験したが、プレーンスカフと大差なく、溝付けの効果が得られなかつた。これは溝稜角の応力集中、および加工精度に起因すると思われる。なお、この場合、素材強度は高比重材ほど高くなるが、ジョイント強度は、素材強度の変化とともに増加せず、有効率は比重の大なるものほど低くなる。

3) フィンガージョイントの強度性能に影響する形状要素は、フィンガージョイントスカフ面の傾斜と接手稜角の応力集中の両者である。供試フィンガージョイントは、柄の長さ 30mm 、スカフ傾斜 $1:10$ であつて、そのジョイント強度は板の両表層に木口端面のあらわれたHタイプでは、 $\sigma_{b2}=360\text{kg/cm}^2$ 、 $\sigma_{t2}=450\text{kg/cm}^2$ 、また、この両表層木口端面部分を削り取つたJタイプでは、 $\sigma_{b2}=620\text{kg/cm}^2$ 、 $\sigma_{t2}=520\text{kg/cm}^2$ であつた。また、破壊形態は、Hタイプでは表層の木口端面部分が破壊の誘発点となつているものが多く、Jタイプでは、このような破壊形態はみられず、木部破断率は増加した。なお、 E_2 の変化は、Hタイプでは10%程度の低落を示すが、Jタイプでは非常に少ない。

文 献

- 1) 集成材研究班：集成材に関する研究（第2報），林試研報，109，（1958）

- 2) 木材部加工研究室：ブナ貼合せ床板の性能試験，林試木材部資料，37—8，(1962)
- 3) LUXFORD, R. F. and R. H. KRONE : End Joints of Various Type in Douglas-fir and White Oak Compared for Strength, F. P. L, Rep. No. R 1622, (1946)
- 4) 森 徹・今泉勝吉：スカフ傾斜と引張強さとの関係，日本建築学会関東支部第21回研究発表会，(1957)
- 5) 森 徹・今泉勝吉：スカフ傾斜と曲げ強さとの関係，日本建築学会関東支部第21回研究発表会，(1957)
- 6) 沢田 稔・柳下 正・森 稔：アカマツのスカフ接着有効率，林試研報，116，(1969)
- 7) RICHARDS, D. B. : End Gluing Lumber, F. P. J, 8, 3, (1958)
- 8) MADSEN, B. and T. W. LITTLEFORD : End Joints for Structural Usage, F. P. J. 12, 2, (1962)
- 9) SYME, J, H. : Lumber End and Edge-Gluing Operations, F. P. J. 10, 3, (1960)
- 10) MOSWAIN, G. A. : Design, Economics, and Related Properties of End and Edge Joints Commonly in Use, F. P. J. 8, 8, (1958)

Efficiency of End Joints in MIZUNARA.

Tooru HOSHI and Minoru MORI

(Résumé)

Recently, saw mills and lumber remanufacturing factories have shown considerable interest in the end jointing of lumber because of rising costs of raw materials and their smaller average sizes. The purpose of this paper therefore is to obtain information on strength characteristics of some types of end joints in MIZUNARA (*Quercus mongolica* FISHER var. *grosseserrata* REHD et WILS) which is one of the principal hard-woods in our country.

General method of test

Test material About three hundred sawn boards of MIZUNARA were used for test material, and they were cut into four parts as the cutting diagram shown in Fig. 1, and then from each board joint-specimens and the corresponding control-specimens both tensile and bending test were obtained. The moisture contents of all these specimens were 9~12%.

These specimens had considerable variations of specific gravity, and Figs. 3, 4 show the effect of specific gravity on the bending and tensile strength of clear wood (control-specimens).

End joint The kinds of end joints investigated include plain scarf joints with scarf slope of 1:4, 1:6, 1:8, 1:10 and 1:12. Square toothed scarf joints with scarf slope of 1:4 as detailed in Fig. 10. H and J type finger joints as the side view indicated in Fig. 13.

The specimens for plain scarf joint were given a slope by disc type scarf planer equipped with four knives, and the accuracy of the slope is shown in Table 2. The specimens for square toothed scarf joint were sloped to 1:4 by the same planer in the first place, and then two or three parallel grooves were cut in the scarf surface by a vertical spindle shaper, and Table 6 shows the accuracy of dimension of the grooves. The specimens for H and J type finger joints were machined by an automatic end tenoner equipped with a circular saw and a vertical spindle cutter, and the dimension of each finger is presented in Table 9.

End jointing of specimens were all done with a resorcinol glue. For both plain scarf and

square toothed scarf jointing, top pressure of about 10 kg/cm^2 was applied uniformly on each joint for a period of 20 hours at temperature 45°C . For finger scarf jointing, end pressure of $20\sim 40 \text{ kg/cm}^2$ was applied only for $30\sim 60 \text{ sec}$ in the clamp at room temperature $20^\circ\sim 30^\circ\text{C}$, and some specimens were specially applied a top pressure of 5 and 10 kg/cm^2 over the joint during curing.

Results obtained

This study consisted of three principal series of tests, that is, tensile and bending tests on three kinds of end joints above mentioned, and the results obtained were as follows:

1. **Plain scarf joint** Results of tests performed on this end joint are presented in Tables 3 and 4.

The bending and tensile strength of jointed specimens are plotted in Figs. 6 and 7 as related to specific gravity of the specimens, and these figures indicate that the strength of jointed specimens with lower scarf slope (1:4~1:6) scarcely increase, whereas strength of specimens with steeper scarf slope (1:8~1:12) increase apparently with the specific gravity.

Figs. 8 and 9 show the effect of scarf slope on efficiency ratio of the end joint in bending and tensile strength as compared to corresponding control specimens. The efficiency in tensile strength increases gradually with scarf slope reduction, but there is an optimum point above which the effect of the slope reduction on efficiency increases in the efficiency curve of bending strength and the average efficiency in bending strength reaches as high as 100% at scarf slope of 1:10~1:12.

2. **Square toothed scarf joint** The bending and tensile strength of this end joint are presented in Table 7. The efficiency ratio of the joint is 70~80 % in bending strength, and about 50 % in tensile strength independently of the depth of grooves machined in the scarf surface, and this value is nearly equal to the plain scarf joint with the same slope (1:4). The fact that the grooves have no effect on the strength of the joint is probably due to unfitness of each groove of corresponding two pieces to be jointed. The strength is not affected by the strength of material used, and the upper limit is approximately 600 kg/cm^2 in bending, 500 kg/cm^2 in tension as shown in Figs. 11, 12.

3. **Finger joint** The results of test on the effect of contact pressure applied on each finger of two pieces to be jointed and the effect of top pressure applied during curing on the strength of jointed specimens are presented in Tables 10~13, and these tables indicate that the strength is not affected by degree of contact (the degree is determined by δ , which is $-0.1\sim 0.2 \text{ mm}$ in Table 9), and also by top pressure so far as it is within the range of $0\sim 10 \text{ kg/cm}^2$. Table 14 shows the comparison of efficiency ratio in bending and tensile strength between H type and J type finger joints. H type has an efficiency of 27~33 % and J type 36~50 % in tensile strength, and this obvious weakness of H type joint seems to be caused by the larger amount of cross-sectional area in truncated tips and damaging stress concentration at the edge.