

日本産主要樹種の性質

(研究資料)

釘の引抜き抵抗(2)

広葉樹材の引抜き抵抗

小西千代治⁽¹⁾Chiyoji KONISHI: Studies on Nail Withdrawal Resistance
of the Important Japanese Wood (2)

On the hardwood

(Research note)

要 旨：本邦産主要樹種の性質に関する研究の一環として釘の引抜き抵抗について試験したが、さきに報告した針葉樹材に次いで、ミズナラ、ブナ、ヤチダモ、マカンバ、ケヤキ、アカガシの広葉樹材についての結果を報告する。釘の打込み面は板目面、まさ目面、木口面の3通りとし、試験方法はJIS Z 2121に準じ実施した。引抜き抵抗の樹種別の比較ではアカガシが最も高く、マカンバ、ケヤキが中程度で、ミズナラ、ブナ、ヤチダモが供試樹種の中では低かった。釘の打込み長さを20 mmと、30 mmに分けた場合、単位長当り引抜き抵抗値は、ミズナラのまさ目面、アカガシの木口面を除いてはその差は明らかでなかった。次に打込み面を区別した場合、針葉樹のときは反対にまさ目面の値が、板目面より若干大であった。そして木口面の値は板目、まさ目面に比べてその約60~70%の値を示した。この比率値は針葉樹の場合の比率値に比べやや大きかった。また同一樹種内における引抜き抵抗に対する気乾容積重との関係を検討したが、その相関関係は余り高くなかった。

1. 試験方法

1) 供試材

供試材は天然乾燥したものであるが、これを一定方法、たて(50 mm)×よこ(50 mm)×長さ(120 mm)に木取りし、恒温恒湿室に約6か月間放置したもので、その気乾容積重、含水率などはTable 1の通りである。

2) 釘の引抜き抵抗試験要領

試験要領は木材の引抜き抵抗試験方法〔JIS Z 2121 (1959)〕に準拠した。なお釘を打込むとき、とくに硬材は釘が曲がる恐れがあることと、Mack, J. J. による釘の直径のおよそ70~80%の径の予備穴をあけて打込んだときの引抜き抵抗が最大となるとの報告結果¹⁾を考慮して、JISに基づく釘の長さ45 mmの釘の径が2.41 mmであるので、1.8 mm径の予備孔を、釘の打込み長さが30 mmのときは25 mm、20 mmのときは15 mmの深さにドリルで孔あけした。また、釘の引抜き抵抗が釘の打込み長さとの比例関係にあるかどうか、さらに板目面に釘打ちする場合、打込み面すなわち木表、木裏による差異があるかに

Table 1. 供試材の気乾容積重および含水率
Specific gravity in air-dried and moisture contents of wood specimens

樹 種 Species	産 地 Growing district	気乾容積重 Specific gravity in air-dried (g/cm ³)		含 水 率 Moisture contents (%)		平均年輪幅 Annual ring width (mm)	
		範 囲 Range	平均 Average	範 囲 Range	平均 Average	範 囲 Range	平均 Average
ミ ズ ナ ラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	帯 広 Obihiro	0.68~0.76	0.72	9.6~11.0	9.6	0.9~1.9	1.3
	札 幌 Sapporo	0.73~0.83	0.77	10.4~11.3	10.9	1.2~2.8	1.8
	青 森 Aomori	0.68~0.77	0.72	10.2~10.9	10.5	0.7~2.0	1.2
	名 古 屋 Nagoya	0.70~0.81	0.76	10.3~11.6	10.7	0.8~2.2	1.6
	平 均 Average		0.74		10.4		1.5
ブ ナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	函 館 Hakodate	0.60~0.73	0.66	8.3~10.1	9.0	1.3~3.2	2.2
	青 森 Aomori	0.64~0.70	0.66	7.9~9.9	9.1	1.0~2.5	1.5
	前 橋 Maebashi	0.56~0.66	0.61	9.5~11.3	10.3	0.6~2.3	1.3
	名 古 屋 Nagoya	0.61~0.70	0.68	9.6~10.9	10.3	1.1~1.8	1.5
	大 阪 Osaka	0.67~0.77	0.71	9.8~10.8	10.3	1.0~2.9	1.6
	平 均 Average		0.66		9.7		1.6
ヤ チ ダ モ <i>Fraxinus excelsissima</i> KOIDZ.	札 幌 Sapporo	0.65~0.78	0.71	10.2~11.9	11.1	1.5~3.6	2.5
マ カ ン バ <i>Betula nikoensis</i> KOIDZ.	札 幌 Sapporo	0.72~0.80	0.75	8.6~10.1	9.3	0.8~1.8	1.2
ケ ヤ キ <i>Zelkova serrata</i> MAKINO	前 橋 Maebashi	0.58~0.63	0.61	9.2~11.2	10.3	1.0~2.8	1.8
ア カ ガ シ <i>Quercus acuta</i> THUNB.	熊 本 Kumamoto	0.88~1.04	0.96	9.2~10.1	9.7	0.8~3.3	2.1

についても検討した。

3) 引張り試験機

釘を引き抜くに当っては、オルゼンの 500 kg の強度試験機を用いた。

2. 実験結果および考察

1) 引抜き抵抗

樹種、産地別単位長当りの釘の引抜き抵抗 (P/l) kg/cm は Table 2 の通りであった。すなわち樹種別に比較した場合、アカガシが最も大で次にマカンバ、ケヤキの順で大きく、ミズナラ、ブナ、ヤチダモはほぼ同じ様な値であった。ミズナラは産地別の差は余りなかったが、ブナにおいては大阪のような例外はあったが北部地帯のものが多少大きい値を示した。Table 1, 2 に示したのはぬか目と俗称される試験片を除いたものであるが、ぬか目材について実施した結果を参考までに Table 3 に示した。全体的に比重も小さく、従って引抜き抵抗も正常材に比べ 60~80% の低い値を示した。なおアカガシは釘が曲って入らないくらい余りにも硬く、打込み長さ 30 mm の板目面、まさ目面についての試験はできなかった。

Table 2. 樹種別引抜き抵抗 (単位長あたり)
Nail withdrawal resistance on classified wood species

樹 種 Species	産 地 (営林局名) Growing district	引 抜 き 抵 抗 Withdrawal resistance (kg/cm)					
		板 目 面 Tangential section		ま っ さ 目 面 Radial section		木 口 面 Cross section	
		範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average
ミ ズ ナ ラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	帯 広 Obihiro	36.5~ 53.3	46.5	39.4~ 53.3	50.0	26.3~42.7	33.9
	札 幌 Sapporo	32.5~ 57.7	43.6	40.0~ 63.1	51.1	26.3~42.1	31.2
	青 森 Aomori	40.6~ 53.2	51.3	47.2~ 53.7	51.9	24.3~38.7	32.1
	名 古 屋 Nagoya	36.8~ 55.8	47.3	41.4~ 68.0	54.3	25.3~40.3	30.6
	平 均 Average		46.5		52.1		31.9
ブ ナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	函 館 Hakodate	41.4~ 61.2	49.1	42.8~ 71.7	54.1	22.8~47.3	32.0
	青 森 Aomori	33.6~ 48.1	40.6	36.6~ 59.7	44.3	22.7~38.4	27.4
	前 橋 Maebashi	33.4~ 48.7	39.9	34.0~ 52.8	41.8	24.1~35.1	28.9
	名 古 屋 Nagoya	31.0~ 50.3	40.2	33.4~ 55.6	44.9	18.3~31.5	27.1
	大 阪 Osaka	40.1~ 53.8	46.0	41.7~ 64.5	52.1	27.5~36.5	32.4
	平 均 Average		43.3		47.5		30.0
ヤ チ ダ モ <i>Fraxinus excelsissima</i> KOIDZ.	札 幌 Sapporo	37.5~ 64.7	49.6	34.1~ 62.1	47.9	19.8~49.2	28.9
マ カ ン バ <i>Betula nikoensis</i> KOIDZ.	札 幌 Sapporo	44.3~ 68.3	61.2	50.2~ 74.0	63.2	32.0~60.0	39.4
ケ ヤ キ <i>Zelkova serrata</i> MAKINO	前 橋 Maebashi	45.0~ 61.0	52.8	34.7~ 70.7	54.7	26.7~47.5	36.1
ア カ ガ シ <i>Quercus acuta</i> THUNB.	熊 本 Kumamoto	72.0~101.0	81.9	86.5~118.0	101.1	47.2~78.0	64.9

注) アカガン板目面, まさ目面は打込み深さ 20 mm で試験した。

Note) Length of nail driven to tangential and radial section is 20 mm at AKAGASHI especially.

Table 3. 平均年輪幅の特に狭い材の釘の引抜き抵抗
Nail withdrawal resistance when annual ring width is narrow especially (kg/cm)

樹 種 Species		ミ ズ ナ ラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	ブ ナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	ケ ヤ キ <i>Zelkova serrata</i> MAKINO	ア カ ガ シ <i>Quercus acuta</i> THUNB.
気 乾 容 積 重 S. G. in air dried (g/cm ³)	範 囲 Range	0.60~0.74	0.56~0.65	0.54~0.58	0.89~0.90
	平 均 Average	0.70	0.60	0.60	0.89
含 水 率 M. C. (%)	範 囲 Range	9.5~11.3	8.5~10.9	9.5~11.1	9.6~9.8
	平 均 Average	10.6	10.1	10.0	9.7
平 均 年 輪 幅 Annual ring width (mm)	範 囲 Range	0.5~2.2	0.8~2.5	0.8~2.1	2.2~2.6
	平 均 Average	1.1	1.5	1.4	2.4

Table 3. (つづき) (Continued)

樹 種 Species				ミズナラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	ブナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	ケヤキ <i>Zelkova serrata</i> MAKINO	アカガシ <i>Quercus acuta</i> THUNB.
釘の引抜き抵抗 Withdrawal resistance	板目面 Tangential S.	範 囲	Range	19.3~52.8	20.3~45.0	32.3~50.8	57.5~67.5
		平 均	Average	39.4	33.2	41.1	62.5
		比 率	Ratio	0.85	0.77	0.78	0.76
	まさ目面 Radial S.	範 囲	Range	21.5~66.7	24.7~47.7	31.8~64.3	50.0~70.5
		平 均	Average	43.1	35.1	41.1	60.3
		比 率	Ratio	0.83	0.74	0.75	0.60
	木口面 Cross S.	範 囲	Range	19.0~33.0	15.2~32.0	21.3~33.3	55.3~58.3
		平 均	Average	25.0	22.4	26.6	56.8
		比 率	Ratio	0.78	0.75	0.74	0.87

注) 比率は Table 2 との比較係数

Note) Ratio is compared with the value showed in Table 2.

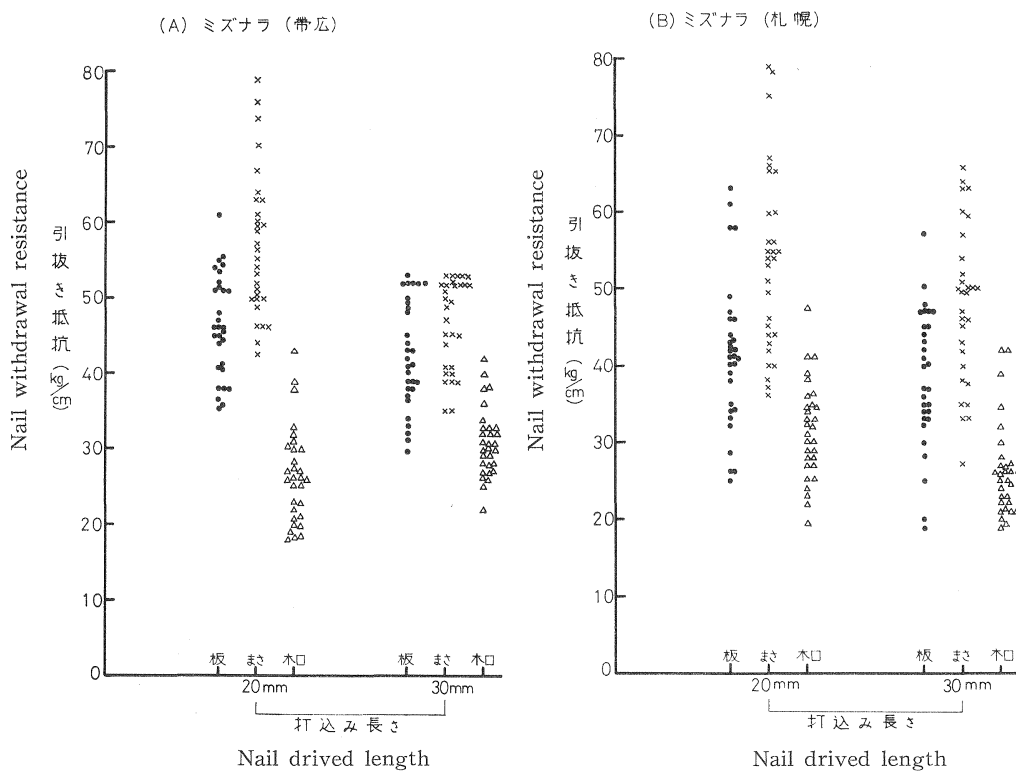


Fig. 1 打込み面、打込み長さ、釘の引抜き抵抗 (単位長当り) の関係

Relation between nail driven section, driven length and nail withdrawal resistance.

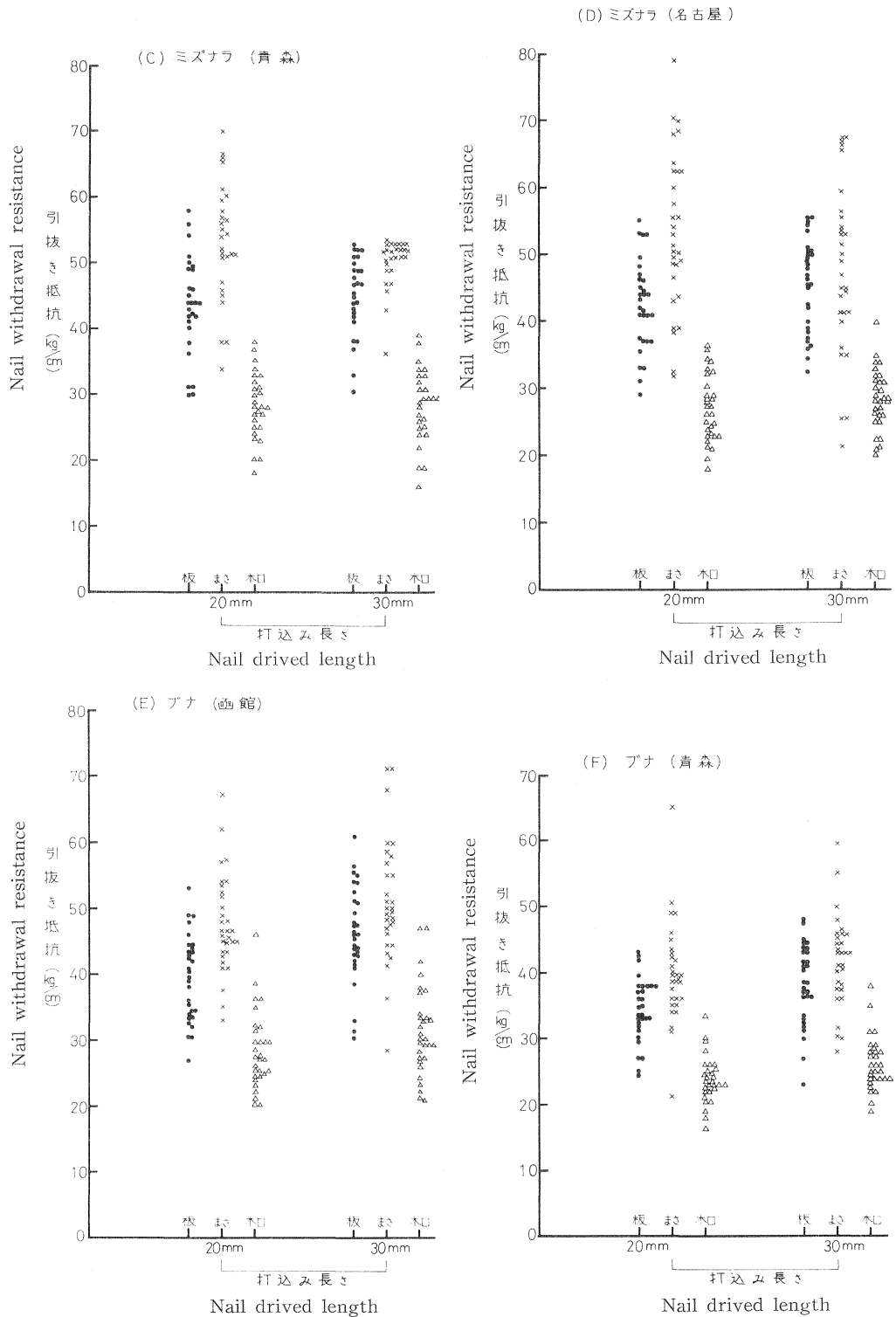


Fig. 1 (つづき) (Continued)

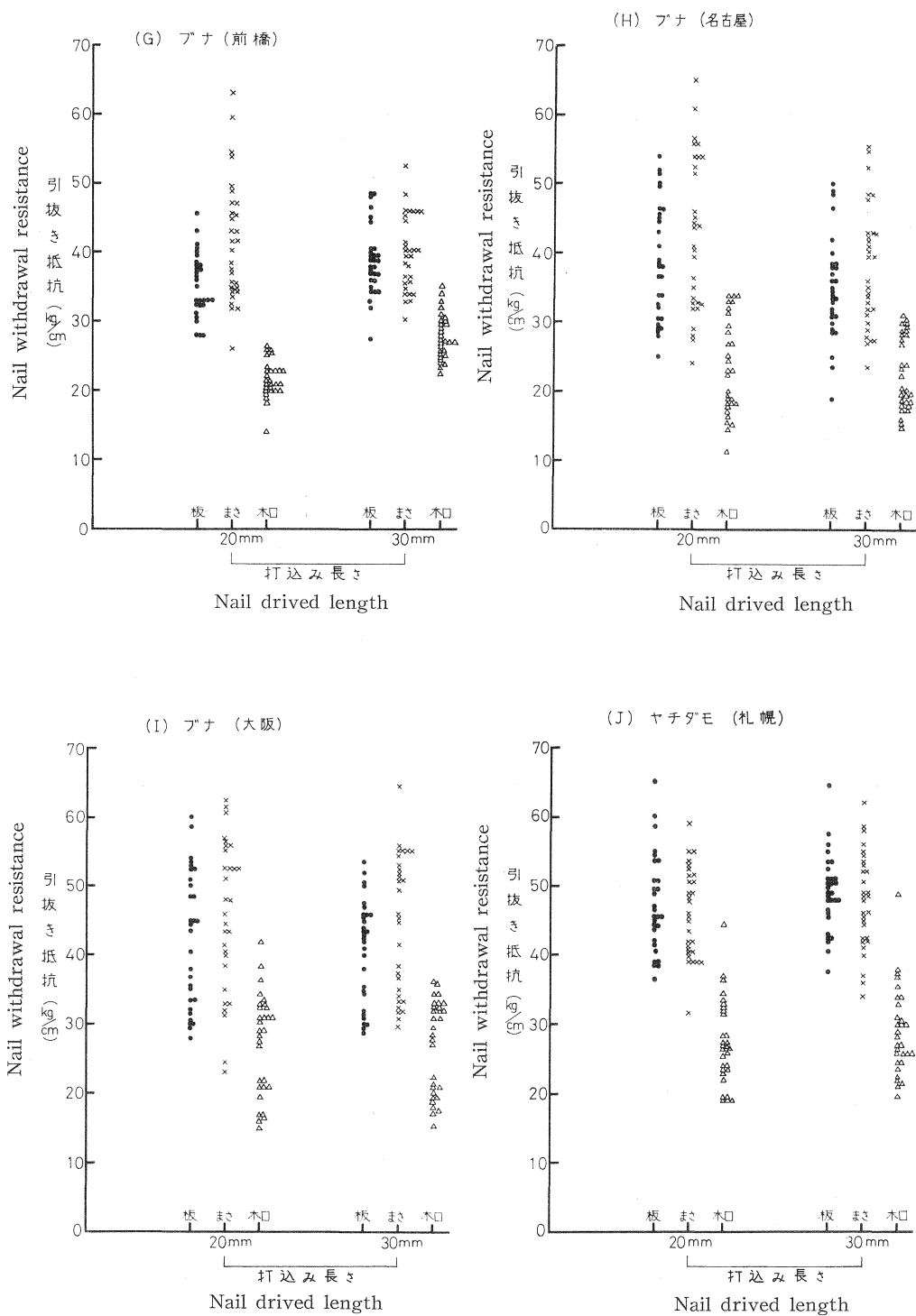
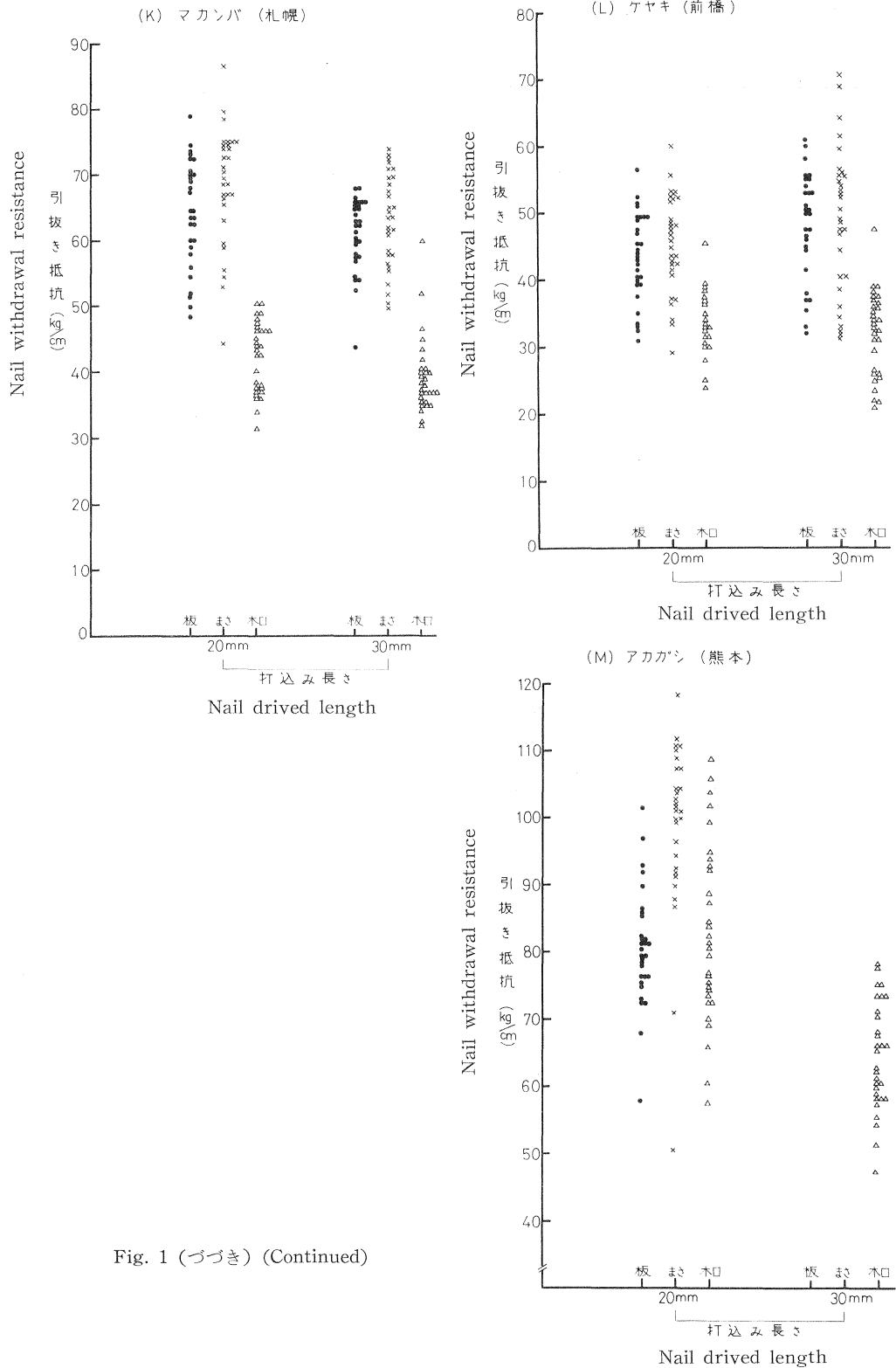


Fig. 1 (つづき) (Continued)



(1) 打込み長さと引抜き抵抗

釘の打込み長さと引抜き抵抗との関係は梶田らがたてた実験式²⁾ $P=305 G^{1.84} \cdot d \cdot l(\text{kg/cm})$ (P : 釘の引抜き抵抗, l : 釘の打込み長さ, d : 釘の直径, G : 気乾比重) 並びにマジソン林産研究所の試験結果に基づき KOLLMANN がたてた実験式³⁾ $P=c' G^2 \cdot l \cdot d$ (c' : 係数 A. F. P. L. によれば 485, G : 木材の気乾比重, l : 釘の打ち込み長さ, d : 釘の直径) などによっても比例的となっている。すなわち単位長当り抵抗値は同じであると考えられている。今回の実験で釘の打込み長さが 30 mm と 20 mm の場合の引抜き抵抗を求めたが, Fig. 1 にみるごとく若干の例外はあるがブナ, マカンバ, ケヤキ, ヤチダモにおいてはほとんど差がなかった。ただミズナラのまさ目面の抵抗値で, 20 mm の場合が 30 mm に比べて若干大きい値を示した。アカガシについては木口面のみの比較であるが, 20 mm の方が 30 mm に比べて大であった。これは材が余りにも硬く 30 mm の場合は釘が曲って十分入ってゆかなかったためと考えられる。

(2) 打込み面の差による引抜き抵抗の比較

打込んだ面による差は Table 2 にみるごとく概略としてはまさ目面の値が板目面に比べて大きかった。これは針葉樹の場合⁴⁾と逆となった。木口面については板目面, まさ目面に比べおよそ 60~70% の値となった。ただアカガシについては打込み長さ 20 mm についての結果であるが, 3 面ともほとんど差がない結果を示した。これはミクロ的に繊維細胞の断面を木口方向から見た場合, その細胞壁厚 (W) と

Table 4. 釘の引抜き抵抗 (板目表と板目裏との比較)

Nail withdrawal resistance (Comparison between bark side and pith side of tangential section)

樹 種 Species	産 地 Growing district	板 目 表 Bark side of tangential section		板 目 裏 Pith side of tangential section	
		範 囲 Range (kg)	平 均 値 Mean	範 囲 Range (kg)	平 均 値 Mean
ミ ズ ナ ラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	帯 広 Obihiro	76.0~122.0	100.6	74.0~136.4	97.9
	札 幌 Sapporo	77.0~126.4	96.4	97.0~133.5	114.6
	青 森 Aomori	73.0~109.0	104.1	88.0~122.0	113.2
	名古屋 Nagoya	65.8~107.2	89.9	81.0~115.0	96.7
	平 均 Average		97.1		104.5
ブ ナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	函 館 Hakodate	61.4~106.0	81.5	66.2~129.4	90.3
	青 森 Aomori	63.6~86.5	73.0	50.4~106.5	74.6
	前 橋 Maebashi	56.0~91.6	72.4	61.0~87.5	74.7
	名古屋 Nagoya	64.8~108.8	90.8	56.4~108.0	88.7
	大 阪 Ōsaka	74.6~120.5	98.1	95.8~129.0	109.9
	平 均 Average		81.8		86.5
ヤ チ ダ モ <i>Fraxinus excelsissima</i> KOIDZ.	札 幌 Sapporo	73.2~130.8	95.4	58.5~117.4	87.7
マ カ ン バ <i>Betula nikoensis</i> KOIDZ.	札 幌 Sapporo	97.0~158.0	129.8	85.0~148.0	122.2
ケ ヤ キ <i>Zelkova serrata</i> MAKINO	前 橋 Maebashi	81.0~113.0	95.4	100.0~135.0	114.5
ア カ ガ シ <i>Quercus acuta</i> THUNB.	熊 本 Kumamoto	144.0~202.0	163.7	154.5~237.5	196.3

注) 打込み深さ 20 mm

Note) Length of nail driven: 20 mm

Table 5. 気乾容積重と引抜き抵抗との相関関係
Correlation of specific gravity in air dried and nail withdrawal resistance

樹 種 Species	釘の打込み面 Drived section	回 帰 式 の 有 意 性 Significance of regression equation	推定値の標準誤差 Standard error of estimated value	誤 差 率 Error percentage	定 数 Regression coefficient		相関係数 Correlation coefficient	寄 与 率 Contribution (%)
					a	b		
ミ ズ ナ ラ <i>Quercus crispula</i> BLUME	板 目 面 Tangential section	危険率 5% で有意 Significance level 5 percent	17.6	12.6%	133.9*	39.8	0.27	7.3
	ま さ 目 面 Radial section	危険率 1% で有意 Significance level 1 percent	17.9	11.5	239.7**	-22.2	0.44	19.4
	木 口 面 Cross section	—	13.3	13.9	87.6	30.4	0.24	5.7
ブ ナ <i>Fagus crenata</i> BLUME	板 目 面 Tangential section	危険率 1% で有意 Significance level 1 percent	15.3	11.8	211.6**	-9.7	0.54	29.1
	ま さ 目 面 Radial section	"	18.9	13.3	306.6**	-59.9	0.60	36.0
	木 口 面 Cross section	"	12.9	14.4	151.5**	-10.1	0.48	23.0
ヤ チ ダ モ <i>Fraxinus excelsissima</i> Koidz.	板 目 面 Tangential section	危険率 1% で有意 Significance level 1 percent	15.5	10.4	217.9**	-6.5	0.48	23.0
	ま さ 目 面 Radial section	"	18.7	13.0	254.6**	-37.6	0.47	22.0
	木 口 面 Cross section	—	15.8	18.2	133.4	-8.5	0.31	9.6
マ カ シ バ <i>Betula nikoensis</i> Koidz.	板 目 面 Tangential section	危険率 5% で有意 Significance level 5 percent	15.2	8.4	334.3*	-66.0	0.44	19.4
	ま さ 目 面 Radial section	—	20.4	10.8	303.4	-36.8	0.32	10.2
	木 口 面 Cross section	危険率 1% で有意 Significance level 1 percent	12.4	10.6	547.9**	-290.7	0.70	49.0
ケ ヤ キ <i>Zelkova serrata</i> MAKINO	板 目 面 Tangential section	—	13.5	8.5	270.0	-6.8	0.31	9.6
	ま さ 目 面 Radial section	—	24.8	15.1	183.8	51.5	0.12	1.4
	木 口 面 Cross section	—	12.9	11.9	12.3	100.6	0.02	0
ア カ ガ シ <i>Quercus acuta</i> THUNB.	板 目 面 Tangential section	危険率 1% で有意 Significance level 1 percent	13.1	8.0	152.8**	17.4	0.56	31.4
	ま さ 目 面 Radial section	"	11.9	5.9	189.7**	20.5	0.68	46.2
	木 口 面 Cross section	"	18.6	11.2	364.4**	-183.4	0.75	56.3

内控（ルーメン， r ）との関係で他の樹種においては $2W < r$ であるのに対し，アカガシでは $2W > r$ と細胞壁厚が極めて大きいことによるものと考えられる。日本産広葉樹のうちでこのように組織上アカガシに類似したものにシラカシ，ヒメシャラ，イスノキなどがあるといわれている。

（3）板目表と板目裏との関係

板目面に釘を打ち込むにあたって木表，木裏の両面から打ち込んだ場合の引抜き抵抗の差を検討した。この場合の釘の打込み長さは 20 mm とした。Table 4 にその結果を示す。ミズナラ，ブナ，ケヤキ，アカガシでは板目裏より打込んだ値の方が板目表よりの値に比べて大きく，ヤチダモ，マカンバでは逆の傾向を示した。これらの結果より樹種によって異なるが，針葉樹の場合と同様余り差異はないといえる。

2）引抜き抵抗値と供試材の気乾容積重，年輪密度との関係

樹種，産地が同じでも釘の引抜き抵抗値のばらつきは余りにも大であるので，比重あるいは年輪密度が影響すると思われるが，ここでは簡略化のため両者のうちでも比較的大きく影響するのは比重であると考え，これと引抜き抵抗との相関を検討してみた。それで一応次の $Y = aX + b$ の単回帰式をたてた。この場合， Y ：釘の引抜き抵抗（kg/cm）， X ：容積重（g/cm³）である。各樹種について産地込みで釘の打込み面別に相関係数，回帰式の F 検定，推定値の誤差率などを Table 5 に示した。これらの結果 F 検定で危険率 1% で有意なものはミズナラのまさ目，ブナ，ヤチダモの板目，マカンバの木口およびアカガシであったが，これと X と Y の相関係数が 0.7 以上を示したのはマカンバの木口，アカガシの木口のみで他はほとんど問題にならない低い値であった。また変数に年輪幅を含めた重回帰式を想定し検討したら，重相関係数が 0.7 あるいは 0.8 以上を示すものは多くなるが，それにしても両者合せての寄与率が 60% 以上となるのは名古屋，大阪のブナ以外にはなかった。以上のことより結論として同一樹種内の引抜き抵抗に影響する因子として容積重は当然考えられるが，その寄与率は良くて 40% 程度であった。

摘 要

本邦産広葉樹 6 樹種について釘の引抜き試験を行なった。

（1）引抜き抵抗を樹種別に比較した場合，今回試験した広葉樹の中ではアカガシが最も高く，ミズナラ，ブナ，ヤチダモが低く，マカンバ，ケヤキが中程度であった。

（2）釘の打込み長さを 20 mm と 30 mm に分けた場合，単位長当り引抜き抵抗は針葉樹の場合と異なり，その差はおよそなかった。

（3）打込み面を分けた場合，針葉樹のときは反対にまさ目面の値が板目面より少し大きかった⁴⁾。そして木口面は前 2 者の約 60～70% の値を示した。これは針葉樹の場合の 50～64% に比べいくぶん木口面の引抜き抵抗が他の面に比べ広葉樹の場合は大といえる。

（4）釘の引抜き抵抗値は同一樹種内でもかなりの範囲にばらついたので，容積重と引抜き抵抗との相関関係を考察したが一部を除いて余りにも低い寄与率を示した。

文 献

- 1) MACK, J. J.: The strength and stiffness of nailed joints under short duration loading, Division of forest products technological paper CSIRO, Aust. No. 40, (1966)
- 2) 梶田 茂, 加藤正育: 潤葉樹材の釘保持力に関する研究, 日本林学会講演集, (1938)
- 3) KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes, Julius Springer, (1936)
- 4) 小西千代治: 日本産主要樹種の性質, 釘の引抜き抵抗 (1), 針葉樹材の引抜き抵抗, 林試研報 248, (1972)

