

(研究資料)

くぎの引抜き抵抗

米材6種, ソ連材5種, ならびに南洋材21種

小西千代治⁽¹⁾

Chiyoji KONISHI: Studies on Nail Withdrawal Resistance

—Six North American, five Russian

and twenty-one tropical Asian timbers—

(Research note)

要 旨: わが国に輸入される米材, ソ連材ならびに南洋材の一部について, くぎの引抜き抵抗を調べたのでその結果を報告する。くぎの打ち込み面は板目面, まさ目面, 木口面の3通りとし, 試験方法は JIS Z 2121 に準拠した。米材, ソ連材はいずれも針葉樹であり, 米材の方がソ連材に比し多少容積重は大であった。しかし両者の引抜き抵抗の差は, 容積重の差の割合以上に大きかった。南洋材21樹種の引抜き抵抗は, その容積重についてほぼ2次曲線的に増大するが, その値は本邦産のマカンバ, アカガシに比して低く容積重の割合に引抜き抵抗は概して小さく現われた。打ち込み面を分けた場合, 米材, ソ連材では板目面の値がまさ目面に比べて若干高く, 南洋材についてはほとんど差異が認められなかった。なお同一樹種内で引抜き抵抗と容積重, 年輪幅との相関関係を検討したが, これらの相関度は試験片の容積重の変動の大きさに左右されることが明らかであった。

1. 試験方法

1) 供 試 材

米材6樹種, ソ連材5樹種, 南洋材21樹種(22個体)の天然乾燥した板から50mm(たて)×50mm(よこ)×120mm(長さ)の供試材を木取り, 温度20°C, 関係湿度75%, 平衡含水率14%の恒温恒湿室に約3か月間放置した。試験時の供試材の条件は Table 1 のとおりである。

2) くぎの引抜き抵抗試験要領

試験要領は木材のくぎの引抜き抵抗試験方法 JIS Z 2121 (1959) に準拠した¹⁾。くぎを打ち込む前にくぎの打ち込み長さが30mmのときは25mm, 20mmのときは15mmの深さに1.8mm径の大きさの予備孔をあけた。またくぎの単位長あたりの引抜き抵抗が, くぎの打ち込み長さに影響されるかどうかを見るため, 打ち込み長さを30mm, 20mmの2通りとした。さらに板目面にくぎ打ちする場合, 打ち込む側の木表, 木裏による差異も検討することにした。

3) 引張り試験機

くぎを引抜くにあたっては, オルゼンの500kgの強度試験機を用いた。

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

(イ) 米 材 North American woods						
樹 種 Species	気乾容積重 Specific gravity in air-dry (g/cm ³)		含 水 率 Moisture content (%)		平均年輪幅 Annual ring breadth (mm)	
	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average
ベ イ ヒ <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	0.48~0.53	0.50	10.7~16.2	12.2	0.7~1.2	1.0
ベ イ ツ ガ <i>Tsuga heterophylla</i>	0.46~0.51	0.50	12.0~18.8	14.5	0.9~2.0	1.5
ベ イ ヒ バ <i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	0.53~0.58	0.55	10.2~12.5	11.1	0.3~1.4	0.7
ベ イ ト ウ ヒ <i>Picea sitchensis</i>	0.43~0.46	0.45	11.2~19.8	15.5	0.8~2.2	1.3
ベ イ マ ツ <i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.51~0.53	0.52	10.2~12.0	11.2	1.4~2.7	1.9
ベ イ ス ギ <i>Thuja plicata</i>	0.37~0.41	0.38	9.0~14.2	10.7	0.7~1.3	1.0
(ロ) ソ 連 材 Soviet Russian woods						
樹 種 Species	気乾容積重 Specific gravity in air-dry (g/cm ³)		含 水 率 Moisture content (%)		平均年輪幅 Annual ring breadth (mm)	
	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average
オウシュウアカマツ <i>Pinus sylvestris</i>	0.42~0.53	0.44	10.7~12.5	11.6	0.6~1.4	1.0
ベ ニ マ ツ <i>Pinus koraiensis</i>	0.40~0.49	0.44	10.0~12.2	10.9	0.8~1.4	1.2
エ ゾ マ ツ <i>Picea jezoensis</i>	0.46~0.52	0.48	10.3~13.4	11.8	0.6~1.7	1.2
カ ラ マ ツ <i>Larix gmelinii</i>	0.56~0.80	0.61	10.4~13.2	12.1	1.4~2.4	2.0
ト ド マ ツ <i>Abies sachalinensis</i>	0.39~0.44	0.41	12.2~16.8	14.8	0.7~2.1	1.5
(ハ) 南 洋 材 Tropical Asian woods						
樹 種 Species	気乾容積重 Specific gravity in air-dry (g/cm ³)		含 水 率 Moisture content (%)		平均年輪幅 Annual ring breadth (mm)	
	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average
ニューギニアバスウッド <i>Endospermum medullasum</i>	0.23~0.36	0.30	10.8~14.0	13.0		
エ リ マ <i>Octomeles</i> sp.	0.36~0.41	0.38	10.0~16.4	12.0		
ターミナリヤ (1) <i>Terminalia</i> sp.	0.37~0.57	0.44	10.8~13.8	11.6		

樹種 Species	気乾容積重 Specific gravity in air-dry (g/cm ³)		含水率 Moisture content (%)		平均年輪幅 Annual ring breadth (mm)	
	範囲 Range	平均 Average	範囲 Range	平均 Average	範囲 Range	平均 Average
ターミナリヤ (2) <i>Terminalia</i> sp.	0.23~0.33	0.29	12.0~16.8	14.0		
リツェア <i>Litsea</i> sp.	0.42~0.46	0.43	9.0~11.5	10.6		
ホワイトシリス <i>Ailanthus</i> sp.	0.40~0.46	0.43	12.9~14.6	13.7		
カナリウム <i>Canarium</i> sp.	0.29~0.41	0.37	4.8~11.3	7.9		
アルストニア <i>Alstonia</i> sp.	0.40~0.47	0.43	8.0~10.5	9.6		
キャンブノスパーマ <i>Camptosperma</i> sp.	0.36~0.53	0.44	12.6~18.9	15.2		
ラブラ <i>Anthocephalus cadamba</i>	0.40~0.49	0.44	8.7~10.4	9.7		
ジョンコン <i>Dactylocladus stenostachys</i>	0.46~0.51	0.48	9.0~16.2	11.6		
イエローメランチ <i>Shorea</i> sp.	0.50~0.58	0.54	7.3~15.4	9.2		
グメリナ <i>Gmelina</i> sp.	0.38~0.65	0.54	9.5~13.2	11.0		
カロフィラム <i>Calophyllum</i> sp.	0.62~0.64	0.60	9.5~15.2	11.4		
セプターパヤ <i>Pseudosindora palustris</i>	0.56~0.63	0.61	8.2~13.8	10.4		
カメレレ <i>Eucalyptus deglupta</i>	0.49~0.73	0.61	10.2~11.8	11.1		
タウン <i>Pometia</i> sp.	0.51~0.70	0.63	8.2~14.2	9.8		
セルティス <i>Celtis</i> sp.	0.61~0.69	0.65	11.2~15.8	13.0		
ラミン <i>Gonystylus bancanus</i>	0.67~0.72	0.69	11.0~13.0	11.9		
ナトー <i>Palaquium</i> sp.	0.69~0.72	0.70	14.4~16.1	15.3		
インツィア <i>Intsia</i> sp.	0.71~0.80	0.75	9.2~13.0	10.9		
アガチス <i>Agathis</i> sp.	0.42~0.50	0.44	8.8~11.8	9.3		

2. 実験結果および考察

1) 引抜き抵抗

樹種別の打ち込み深さの単位長あたりのくぎの引抜き抵抗 (P/l , kg/cm) は Table 2 の通りであった。米材, ソ連材はいずれも針葉樹であるが, 容積重は米材の方がソ連材に比べ若干高かったが, その引抜き抵抗は容積重の差の割合以上に, 米材がソ連材に比べ高い値を示した。たとえばソ連材のカラマツは米, ソ連材あわせてその容積重は最大であったにもかかわらず, 引抜き抵抗は米材のうちの中程度の値であった。その反面ベイスギは米・ソ連材あわせてその容積重は最低であったにもかかわらず, その引抜き抵抗はソ連材のオウシュウアカマツ, ベニマツ程度の比較的大きい値となった。南洋材の引抜き抵抗を樹種別でみた場合, 一部の例外はあったが容積重に対し 2 次曲線的に増加する傾向にあるといえる。すなわち容積重が 0.30~0.40 (g/cm³) の樹種は板目, まさ目に対する単位長あたり抵抗値は 7~12 (kg/cm) と極めて低く, 容積重 0.43~0.55 (g/cm³) のもので抵抗値 18~25 (kg/cm), 容積重 0.60~0.75 (g/cm³) のもので抵抗値 35~50 (kg/cm) と次第に大きな値を示した。しかし南洋材は容積重が高い (例えばナトー, インツィアなど) 割合に, 本邦産のマカンバ, アカガシに比べ²⁾ そのくぎの引抜き抵抗はなぜか低い値を示した。

(1) 打ち込み面の差による引抜き抵抗の比較

Table 2 に板目面, まさ目面, 木口面別の単位長あたりの引抜き抵抗を示したが, 打ち込み深さ 30 mm, 20 mm とともに米材, ソ連材の針葉樹ではベイスギを除いて, 板目面の方がまさ目面に打ち込んだ場合より引抜き抵抗はわずかながら大きいといえる。しかし南洋材では樹種によりまちまちで, 板目面とまさ目面とではどちらが大きいかわからない。

(2) 打ち込み長さ 30 mm と 20 mm の比較

打ち込み長さを 30 mm と 20 mm の 2 とおりにしたが, 打ち込み長さによる影響を検討するため, 打ち込み長さの単位長あたり引抜き抵抗を Table 2 に示した。それらの結果によれば, 米, ソ連材ではベイツガ, ベイマツ, エゾマツにおいて打ち込み長さ 20 mm の方が 30 mm より単位長あたり引抜き抵抗が若干大であったが大半の樹種は余り差がなかった。南洋材では一部の例外はあったが, 大半の樹種は米・ソ連材同様, 打ち込み長さ 20 mm, 30 mm とともに単位長あたり引抜き抵抗はほぼ同じといえる。

(3) 板目表と板目裏との関係

板目面にくぎを打ち込むにあたって木表, 木裏の 2 面から打ち込んだ場合の引抜き抵抗の差を検討した。この場合の打ち込み長さは 20 mm とした。Table 3 にその結果を示す。米材では若干の例外はあるが, 板目表より打ち込んだ場合のほうが板目裏よりの値に比べ大きかった。しかしソ連材では必ずしもそうとはならずまちまちであった。南洋材では大半の樹種において, 板目表より打ち込んだ場合のほうが板目裏より打ち込んだ場合よりも, そのくぎの引抜き抵抗は多少大であった。

2) 引抜き抵抗値と供試材の気乾容積重, 平均年輪幅との関係

樹種が同じでも引抜き抵抗値のばらつきが大きいのは, 比重あるいは年輪密度が影響すると考えられる。米・ソ連材について容積重, 平均年輪幅と引抜き抵抗の 3 者の相関を検討するため一応次式の $Y = a + bX_1 + cX_2$ の重回帰式をたてた。この場合の Y : くぎの引抜き抵抗 (kg/cm), X_1 : 気乾容積重 (g/cm³), X_2 : 平均年輪幅 (mm) である。各樹種について打ち込み面別に単相関係数, 重相関係数, 偏回帰係数,

Table 2. 樹種別引抜き抵抗 (単位長あたり)
Nail withdrawal resistance (Per unit length)

(イ) 米材 North American woods

樹種 Species	引抜き抵抗 Nail withdrawal resistance (kg/cm)					
	打込み深さ 30 mm Depth of driving : 30 mm			打込み深さ 20 mm Depth of driving : 20 mm		
	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section
ベイヒ <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	22.9 19~28	22.8 19~26	9.9 8~14	24.1 20~29	24.2 19~28	11.8 10~15
ベイツガ <i>Tsuga heterophylla</i>	25.3 17~30	22.4 15~30	11.3 9~15	33.6 27~40	30.0 24~38	15.7 12~28
ベイヒバ <i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	28.3 20~36	28.1 21~34	13.2 7~16	28.4 23~33	27.7 22~34	14.0 12~18
ペイトウヒ <i>Picea sitchensis</i>	30.3 24~38	28.9 19~38	12.6 10~16	28.2 21~34	25.7 19~30	13.5 10~17
ベイツ <i>Pseudotsuga menziesii</i>	29.6 24~37	27.8 24~32	16.4 13~21	33.1 26~39	28.8 23~36	18.6 15~25
ベイスギ <i>Thuja plicata</i>	16.5 13~20	17.4 13~23	8.0 6~12	17.4 14~24	18.3 14~24	7.9 6~10

(ロ) ソ連材 Soviet Russian woods

樹種 Species	引抜き抵抗 Nail withdrawal resistance (kg/cm)					
	打込み深さ 30 mm Depth of driving : 30 mm			打込み深さ 20 mm Depth of driving : 20 mm		
	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section
オウシュウアカマツ <i>Pinus sylvestris</i>	18.5 13~23	17.7 14~23	11.6 7~17	17.2 14~20	16.5 13~23	8.8 4~12
ベニマツ <i>Pinus koraiensis</i>	16.8 13~24	16.6 11~26	8.1 6~12	15.4 11~25	15.5 8~20	9.4 6~11
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	18.4 12~26	18.0 14~23	8.9 7~11	22.8 17~30	21.8 17~25	11.6 10~14
カラマツ <i>Larix gmelinii</i>	26.1 21~37	23.7 16~35	12.0 9~20	28.9 21~45	25.2 18~40	13.2 9~23
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	13.3 8~19	12.5 9~19	6.7 4~12	15.1 11~20	14.3 6~21	7.8 4~11

(ハ) 南洋材 Tropical Asian woods

樹種 Species	引抜き抵抗 Nail withdrawal resistance (kg/cm)					
	打込み深さ 30 mm Depth of driving : 30 mm			打込み深さ 20 mm Depth of driving : 20 mm		
	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section
ニューギニアバスウッド <i>Endospermum medullasum</i>	7.3 3~15	7.2 3~14	4.4 2~8	8.7 4~12	7.7 3~19	5.4 2~10
エリマ <i>Octomeles</i> sp.	6.4 4~9	6.9 4~10	4.9 3~8	7.1 4~12	7.4 4~10	5.2 2~6

Table 2. (つづき) (Continued)

樹種 Species	引抜き抵抗 Nail withdrawal resistance (kg/cm)					
	打込み深さ 30 mm Depth of driving : 30 mm			打込み深さ 20 mm Depth of driving : 20 mm		
	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section	板目面 Tangential section	まさ目面 Radial section	木口面 Cross section
ターミナリヤ (1) <i>Terminalia</i> sp.	24.5 15~45	22.7 15~48	16.0 10~26	24.6 15~39	21.1 8~40	14.6 6~24
ターミナリヤ (2) <i>Terminalia</i> sp.	27.2 16~39	25.7 15~39	15.7 9~28	24.4 12~35	20.1 11~34	12.3 6~23
リツェア <i>Litsea</i> sp.	6.7 5~8	7.2 6~10	5.4 3~7	8.2 6~10	7.8 6~10	5.7 3~7
ホワイトシリス <i>Ailanthus</i> sp.	19.7 13~23	18.8 13~23	11.1 8~16	18.0 14~23	18.0 14~25	12.1 8~14
カナリウム <i>Canarium</i> sp.	12.9 8~21	12.4 7~16	6.5 3~9	16.5 10~25	15.1 9~20	8.7 6~12
アルストニア <i>Alstonia</i> sp.	19.2 15~25	18.7 13~29	13.2 10~18	19.8 15~24	19.2 11~30	11.1 5~16
キャンプノスパーマ <i>Campnosperma</i> sp.	20.8 10~35	20.2 11~42	12.9 8~23	21.6 14~31	20.4 13~29	13.8 10~21
ラブラ <i>Anthocephalus cadamba</i>	25.1 15~38	24.8 16~37	16.7 8~27	22.5 11~31	19.0 12~34	13.8 10~20
ジョンコン <i>Dactylocladus stenostachys</i>	20.0 17~26	19.1 11~28	12.1 8~18	19.2 13~25	18.9 13~30	13.4 9~26
イエローメランチ <i>Shorea</i> sp.	20.6 10~43	23.9 11~46	11.3 7~25	16.5 10~33	14.3 10~38	8.5 5~21
グメリナ <i>Gmelina</i> sp.	20.7 9~29	19.5 8~26	11.2 4~22	16.0 10~21	14.2 6~20	7.5 4~16
カロフィルム <i>Calophyllum</i> sp.	44.7 32~53	47.8 33~59	29.2 20~41	43.8 36~56	44.5 34~55	30.7 21~45
セプターパヤ <i>Pseudosindora palustris</i>	43.0 27~52	46.9 38~60	26.6 19~38	42.9 26~61	42.0 30~54	27.6 22~36
カメレレ <i>Eucalyptus deglupta</i>	25.8 16~38	28.9 14~56	10.5 6~16	24.4 15~33	22.8 12~38	9.7 5~14
タウン <i>Pometia</i> sp.	43.2 30~60	46.4 35~63	27.1 13~39	42.0 26~56	39.2 22~67	26.5 12~37
セルティス <i>Celtis</i> sp.	37.1 31~46	41.9 33~52	23.2 15~34	43.9 37~52	52.0 31~70	32.8 19~47
ラミン <i>Gonystylus bancanus</i>	32.8 26~40	37.6 21~51	22.1 14~28	42.7 35~53	48.2 40~60	29.4 22~39
ナトー <i>Palaquium</i> sp.	45.8 32~57	52.9 36~62	35.2 30~45	45.2 35~57	52.3 38~55	34.9 29~45
インツィア <i>Intsia</i> sp.	49.0 28~64	51.5 32~85	27.8 19~42	54.6 36~72	60.1 36~84	32.6 20~50
アガチス <i>Agathis</i> sp.	20.2 14~31	18.7 14~30	12.1 10~16	23.0 19~34	22.5 18~29	11.7 10~17

Table 3. くぎの引抜き抵抗 (板目表と板目裏との比較)

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

(イ) 米材 North American woods

樹種 Species	板目表 Bark side of tangential section		板目裏 Pith side of tangential section	
	範囲 (kg) Range (kg)	平均値 Mean (kg)	範囲 (kg) Range (kg)	平均値 Mean (kg)
ベイヒ <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	40.0~57.4	48.2	40.5~61.8	50.4
ベイツガ <i>Tsuga heterophylla</i>	54.0~79.8	67.1	41.5~79.2	60.5
ベイヒバ <i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	46.8~73.5	56.8	43.1~67.7	57.1
ペイトウヒ <i>Picea sitchensis</i>	41.3~67.5	56.4	37.0~57.2	47.5
ベイマツ <i>Pseudotsuga menziesii</i>	51.8~78.8	66.1	35.1~74.3	54.6
ベイスギ <i>Thuja plicata</i>	28.8~48.2	34.9	24.9~43.9	34.7

(ロ) ソ連材 Soviet Russian woods

樹種 Species	板目表 Bark side of tangential section		板目裏 Pith side of tangential section	
	範囲 (kg) Range (kg)	平均値 Mean (kg)	範囲 (kg) Range (kg)	平均値 Mean (kg)
オウシュアカマツ <i>Pinus sylvestris</i>	28.3~40.2	34.4	24.1~42.5	31.9
ベニマツ <i>Pinus koraiensis</i>	17.3~49.8	30.7	27.8~48.8	35.6
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	34.8~60.8	45.7	41.8~58.7	52.0
カラマツ <i>Larix gmelinii</i>	41.9~90.2	57.7	37.5~95.7	51.7
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	22.6~40.7	30.2	20.8~40.7	35.6

(ハ) 南洋材 Tropical Asian woods

樹種 Species	板目表 Bark side of tangential section		板目裏 Pith side of tangential section	
	範囲 (kg) Range (kg)	平均値 Mean (kg)	範囲 (kg) Range (kg)	平均値 Mean (kg)
ニューギニアバスウッド <i>Endospermum medullasum</i>	7.3~28.8	17.5	5.2~31.3	15.6
エリマ <i>Octomeles</i> sp.	8.0~23.6	14.1	9.3~29.0	12.3

注) くぎの打込み長さ: 20 mm

Note) Depth of driving: 20 mm

Table 3. (つづき) (Continued)

樹 種 Species	板 目 表 Bark side of tangential section		板 目 裏 Pith side of tangential section	
	範 囲 Range (kg)	平 均 値 Mean (kg)	範 囲 Range (kg)	平 均 値 Mean (kg)
ターミナリヤ (1) <i>Terminalia</i> sp.	29.0~78.0	49.2	20.6~76.8	44.0
ターミナリヤ (2) <i>Terminalia</i> sp.	23.7~69.8	48.9	23.9~77.3	48.7
リ ツ エ ア <i>Litsea</i> sp.	12.0~20.8	16.5	8.1~20.3	15.3
ホホワイトシリス <i>Ailanthus</i> sp.	28.3~46.4	36.0	23.2~42.8	31.4
カナリウム <i>Canarium</i> sp.	20.9~49.5	32.9	18.7~45.1	30.3
アルストニア <i>Alstonia</i> sp.	29.8~48.8	39.6	23.8~51.5	40.1
キャンプノスパーマ <i>Campnosperma</i> sp.	28.0~62.5	43.2	24.2~55.8	39.3
ラ ブ ラ <i>Anthocephalus cadamba</i>	22.6~61.5	44.0	25.2~50.7	34.3
ジ ョ ン コ ン <i>Dactylocladus stenostachys</i>	23.4~50.6	38.4	21.7~57.9	37.5
イエローメランチ <i>Shorea</i> sp.	17.4~62.8	33.0	15.6~43.5	23.8
グメリナ <i>Gmelina</i> sp.	11.1~41.7	29.7	10.7~44.3	29.9
カロフィラム <i>Calophyllum</i> sp.	71.5~112.0	90.3	67.5~112.0	85.9
セプターパヤ <i>Pseudosindora palustris</i>	51.4~120.9	86.1	58.4~94.9	76.0
カメレレ <i>Eucalyptus deglupta</i>	30.8~66.3	48.8	28.8~65.8	42.4
タ ウ ン <i>Pometia</i> sp.	51.5~111.4	84.1	48.8~111.0	73.6
セルティス <i>Celtis</i> sp.	75.0~104.6	87.7	43.8~98.2	72.3
ラ ミ ン <i>Gonystylus bancanus</i>	69.3~105.1	85.4	59.4~98.1	79.2
ナ ト ー <i>Palaquium</i> sp.	74.0~114.5	88.0	60.0~123.6	94.6
インツイア <i>Intsia</i> sp.	86.3~158.0	113.2	72.2~144.3	113.4
アガチス <i>Agathis</i> sp.	36.3~70.3	46.1	31.7~66.8	46.2

Table 4. 容積重, 年輪幅と引抜き抵抗との相関関係
Correlation of apparent specific gravity, annual ring breadth and nail withdrawal resistance

(イ) 米材 North American woods

樹種 Species	くぎの打込み面 Drived section	単相関係数 Correlation coefficient		自由度補整ずみの 重相関係数 Multiple correlation coefficient in adjusted in D. F.	偏回帰係数 Partial regression coefficient			重回帰式の有意性 Significance of multiple regression equation	推定値の標準誤差 Standard error of estimated value
		X ₁ とY	X ₂ とY		a	b	c		
ベイヒ <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	板目面 ¹⁾	0.46	-0.31	0.49	-24.3	220.2*	-18.1	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	6.4
	まさ目面 ²⁾	0.32	0.20	0.29	6.6	104.2	8.7	—	4.5
	木口面 ³⁾	0.51	-0.11	0.47	-30.3	123.4*	-2.6	危険率5%で有意 Significant at 0.05 level	3.2
ベイツガ <i>Tsuga heterophylla</i>	板目面	0.20	-0.34	0.29	40.3	131.2	-18.4	—	9.6
	まさ目面	0.08	-0.10	0.12	48.8	56.6	-5.9	—	11.2
	木口面	0.51	-0.21	0.49	-44.7	177.6*	-5.0	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	4.3
ベイヒバ <i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	板目面	0.71	-0.53	0.69	-177.8	482.0**	-4.7	—	9.0
	まさ目面	0.31	0.25	0.61	-175.4	447.5**	18.6**	—	7.5
	木口面	-0.31	0.06	0.25	120.3	-142.8	-3.1	—	4.9
バイトウヒ <i>Picea sitchensis</i>	板目面	0.35	-0.62	0.59	43.0	146.4	-14.5	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	10.8
	まさ目面	0.36	-0.79	0.77	106.2	19.2	-22.3**	—	9.7
	木口面	0.07	-0.18	0.25	86.4	-101.5	-2.3	—	4.7
ベイマツ <i>Pseudotsuga menziesii</i>	板目面	0.26	0.07	0.26	-66.6	298.6	0.2	—	9.2
	まさ目面	-0.12	0.09	0.18	151.9	-139.8	2.1	—	7.4
	木口面	0.33	0.55	0.54	-39.8	148.4	6.3**	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	4.9
ベイスギ <i>Thuja plicata</i>	板目面	0.37	-0.05	0.28	-17.5	176.6*	0.2	—	4.9
	まさ目面	0.26	0.03	0.05	-9.5	156.2	2.3	—	6.3
	木口面	0.58	-0.32	0.60	-49.6	210.8**	6.5	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	3.3

注) 1) 板目面 Tangential section 2) まさ目面 Radial section 3) 木口面 Cross section

$Y = a + bX_1 + cX_2$ において X_1 : 気乾容積重, X_2 : 平均年輪幅, Y : 引抜き抵抗 ** は t 検定において危険率1%, * は5%で有意

Note) In the equation $Y = a + bX_1 + cX_2$ X_1 : Specific gravity in air dry, X_2 : Annual-ring breadth, Y : Nail withdrawal resistance.

** : Significant at 0.01 level on t test, * : Significant at 0.05 level on t test.

Table 4. (つづき) (Continued)

(ロ) ソ連材 Soviet Russian woods

樹種 Species	くぎの打込み面 Drived section	単相関係数 Correlation coefficient		自由度補整ずみの 重相関係数 Multiple correlation coefficient in adjusted in D. F.	偏回帰係数 Partial regression coefficient			重回帰式の有意性 Significance of multiple regression equation	推定値の標準誤差 Standard error of estimated value
		X ₁ とY	X ₂ とY		a	b	c		
オウシュウ アカマツ <i>Pinus sylvestris</i>	板目面 ¹⁾	-0.08	0.18	0.21	66.6	-44.0	-8.6	—	9.5
	まさ目面 ²⁾	-0.15	0.07	0.18	76.0	-60.6	4.4	—	9.3
	木口面 ³⁾	0.34	0.27	0.31	-4.1	73.9	5.9	—	5.8
ベニマツ <i>Pinus koraiensis</i>	板目面	0.77	0.70	0.76	-88.1	293.0**	9.5	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	6.6
	まさ目面	0.60	0.70	0.67	-7.5	7.2	45.7*	"	8.3
	木口面	0.36	0.50	0.45	20.7	-92.8	37.1*	危険率5%で有意 Significant at 0.05 level	8.1
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	板目面	0.75	0.52	0.82	-127.1	348.8**	13.0**	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	6.0
	まさ目面	0.24	0.02	0.24	11.9	89.6	-0.7	—	7.4
	木口面	0.43	0.06	0.36	-8.9	75.3**	-0.5	—	3.2
カラマツ <i>Larix gmelinii</i>	板目面	0.73	-0.72	0.80	66.7	68.1**	-15.3**	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level	6.2
	まさ目面	0.85	-0.57	0.84	-21.6	163.9**	-4.1	"	7.9
	木口面	0.78	-0.26	0.80	-62.8	128.3**	10.2*	"	5.6
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	板目面	0.72	-0.75	0.78	-30.0	203.1*	-9.2**	"	5.0
	まさ目面	0.82	-0.70	0.83	-127.6	423.1**	-6.3	"	5.7
	木口面	0.54	-0.35	0.49	-47.8	163.5*	0.2	危険率5%で有意 Significant at 0.05 level	4.0

注) 1) 板目面 Tangential section 2) まさ目面 Radial section 3) 木口面 Cross section

Table 4. (つづき) (Continued)

(ハ) 南洋材 Tropical Asian woods

樹種 Species	くぎの打込み面 Drived section	相関係数 Correlation coefficient	回帰係数 Regression coefficient		回帰式の有意性 Significance of multiple regression equation	推定値の 標準誤差 Standard error of estimated value
		X_1 と Y	a	b		
ニューギニア バスウッド <i>Endospermum medullosum</i>	板目面	0.80	-24.4	152.3**	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level " "	5.9
	まさ目面	0.83	-26.8	159.7**		5.6
	木口面	0.89	-15.5	94.7**		2.5
エリマ <i>Octomeles</i> sp.	板目面	0.11	8.0	29.9	— 危険率1%で有意 Significant at 0.01 level "	3.4
	まさ目面	0.41	-32.3	140.2*		3.9
	木口面	0.27	-15.0	79.3		3.5
ターミナリヤ(1) <i>Terminalia</i> sp.	板目面	0.81	-96.7	381.4**	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level " "	14.3
	まさ目面	0.80	-109.2	392.2**		15.4
	木口面	0.59	-35.3	184.7**		13.0
ターミナリヤ(2) <i>Terminalia</i> sp.	板目面	0.73	-32.8	400.0**	" " "	11.1
	まさ目面	0.73	-43.3	423.2**		12.0
	木口面	0.72	-34.9	286.4**		8.1
リツェア <i>Litsea</i> sp.	板目面	0.13	4.5	36.6	— — —	2.6
	まさ目面	0.24	-11.6	77.5		3.0
	木口面	-0.18	41.1	-58.0		3.0
ホワイシリス <i>Ailanthus</i> sp.	板目面	-0.35	130.9	-178.0	— — 危険率5%で有意 Significant at 0.05 level	6.9
	まさ目面	-0.02	60.2	-8.7		8.5
	木口面	-0.38	96.9	-140.5		5.1
カナリウム <i>Canarium</i> sp.	板目面	0.34	-0.8	106.7	" 危険率1%で有意 Significant at 0.01 level "	9.2
	まさ目面	0.46	0.4	100.0*		6.1
	木口面	0.74	-22.5	113.6**		3.3
アルストニア <i>Alstonia</i> sp.	板目面	0.63	-44.8	239.9**	" " "	6.0
	まさ目面	0.62	-112.5	395.0**		10.2
	木口面	0.52	-39.5	185.2**		6.2
キャンプノ スパーマ <i>Campnosperma</i> sp.	板目面	0.82	-85.0	328.9**	" " "	11.0
	まさ目面	0.72	-89.4	337.7**		15.6
	木口面	0.84	-54.7	212.4**		6.5
ラブラ <i>Autocephalus cadamba</i>	板目面	0.74	-113.1	426.8**	" " "	11.4
	まさ目面	0.84	-126.1	454.4**		8.5
	木口面	0.64	-71.1	274.7**		9.5
ジョンコン <i>Dactyloctadus stenostachys</i>	板目面	-0.04	72.1	-25.4	— — —	8.2
	まさ目面	0.04	38.0	40.1		15.0
	木口面	0.07	16.7	40.9		8.2
イエローメランチ <i>Shorea</i> sp.	板目面	0.73	-307.0	689.0**	危険率1%で有意 Significant at 0.01 level " "	20.1
	まさ目面	0.75	-413.0	908.8**		24.7
	木口面	0.56	-123.9	294.6**		13.5

Table 4. (つづき) (Continued)

樹種 Species	くぎの打込み面 Drived section	相関係数 Correlation coefficient	回帰係数 Regression coefficient		回帰式の有意性 Significance of multiple regression equation	推定値の標準誤差 Standard error of estimated value
		X_1 と Y	a	b		
グメリナ <i>Gmelina</i> sp.	板目面	0.87	-32.8	174.7**	危険率 1% で有意 Significant at 0.01 level	7.6
	まさ目面	0.81	-19.5	143.3**		8.2
	木口面	0.82	-50.1	153.9**		8.4
カロフィラム <i>Calophyllum</i> sp.	板目面	0.44	-215.8	566.1*	危険率 5% で有意 Significant at 0.05 level	16.2
	まさ目面	0.45	-310.6	734.2*		20.4
	木口面	0.79	-526.1	992.6**	危険率 1% で有意 Significant at 0.01 level	10.9
セプターパヤ <i>Pseudosindora palustris</i>	板目面	0.79	-197.9	540.0**	—	11.6
	まさ目面	0.56	-84.5	372.2**	—	15.6
	木口面	0.22	17.2	103.6	—	13.1
カメレレ <i>Eucalyptus deglupta</i>	板目面	0.81	-22.5	163.9**	危険率 1% で有意 Significant at 0.01 level	8.8
	まさ目面	0.67	-73.1	262.3**		21.8
	木口面	0.66	-11.8	70.9**		6.0
タウン <i>Pometia</i> sp.	板目面	0.70	-50.9	285.6**	—	16.2
	まさ目面	0.59	-22.4	256.0**	—	19.6
	木口面	0.78	-74.7	245.7**	—	11.1
セルティス <i>Celtis</i> sp.	板目面	0.42	-51.9	251.4**	—	11.9
	まさ目面	0.50	-95.5	340.5**	—	13.1
	木口面	0.90	-290.8	555.1**	—	6.1
ラミン <i>Gonystylus bancanus</i>	板目面	0.18	22.8	110.1	—	11.2
	まさ目面	0.27	-94.5	310.4	—	19.8
	木口面	0.42	-60.3	184.1*	危険率 1% で有意 Significant at 0.01 level	7.5
ナト <i>Palaquim</i> sp.	板目面	0.24	-264.0	569.9	—	16.2
	まさ目面	-0.07	317.9	-226.0	—	21.0
	木口面	0.13	-56.7	230.4	—	12.4
インツィア <i>Intsia</i> sp.	板目面	0.51	-329.0	632.3**	危険率 1% で有意 Significant at 0.01 level	28.8
	まさ目面	0.34	-148.7	402.5		危険率 5% で有意 Significant at 0.05 level
	木口面	0.22	-52.9	177.1	—	21.5
アガチス <i>Agathis</i> sp.	板目面	0.68	-93.8	352.9**	危険率 1% で有意 Significant at 0.01 level	9.5
	まさ目面	0.50	-32.3	202.4**		8.6
	木口面	0.55	-25.8	141.9**		5.3

注) 1) 板目面 Tangential section 2) まさ目面 Radial section 3) 木口面 Cross section

$Y = a + bX_1$ において X_1 : 気乾容積重, Y : 引抜き抵抗

Note) In the equation $Y = a + bX_1$, X_1 : Specific gravity in air dry, Y : Nail withdrawal resistance.

回帰式の有意性などを Table 4 (イ) (ロ) に示した。これらの結果によれば F 検定で危険率 1% で有意であり、 X_1 と Y の相関係数が 0.7 以下となったのは、ベイヒバ、ベニマツ、エゾマツの板目面、カラマツの 3 面、トドマツの板目面、まさ目面であった。また X_2 と Y の相関係数の絶対値が 0.7 以上を示したのはベイトウヒのまさ目面、ベニマツの板目面、まさ目面、カラマツの板目面、トドマツの板目面、まさ目面であった。上記樹種のうちで、 X_1 、 X_2 、 Y の 3 変数の自由度補正済みの重相関係数が X_1 と Y 、 X_2 と Y のいずれかの単相関係数値より大なる場合もあったが、反対にいずれかよりも小さい値のものもあった。このように小さくなった場合は、変数のどちらかを省略し、単回帰式で検討したほうが妥当と言える。なお X_1 、 X_2 合せての重相関係数が 0.8 以上となったのは、ソ連材のエゾマツの板目面、カラマツの 3 面、トドマツのまさ目面であった。一般に言って容積重のばらつきが大きい樹種において、引抜き抵抗との相関度が高かった。一方南洋材では容積重と引抜き抵抗との 2 者の相関を検討した。それで次式の $Y = a + bX_1$ の単回帰式をたてた。樹種、打ち込み面別の相関係数、回帰式の有意性などを Table 4 (ハ) に示した。

これらの結果によれば F 検定でくぎの打ち込み 3 面ともに、危険率 1% あるいは 5% で有意であったのは 13 樹種であった。また X_1 と Y の相関係数が 0.7 以上を示したのはニューギニアバスウッド、ターミナリヤ (1), (2), キャンプノスパーマ、ラブラ、イエローメランチ、グメリナ、カメレレ、タウンなどであった。そこでこれらの樹種の容積重のばらつきを検討した結果、いずれもそのばらつき範囲が大きかった。従って容積重と引抜き抵抗との相関度が高いのも当然と言える。反面一部の例外もあるが、容積重のばらつきの小さい樹種、エリマ、リツェア、ホワイトシリシ、ラミン、ナトー、ジョンコンなどは相関度も小さいが、引抜き抵抗のばらつきも少ないことがわかった。

摘 要

米材・ソ連材 (いずれも針葉樹) ならびに南洋材 (広葉樹 20・針葉樹 1) の一部についてくぎの引抜き抵抗を測定した。

(1) 米材とソ連材とを比べた場合、米材がソ連材よりほとんどの樹種で容積重は若干高かった。しかしくぎの引抜き抵抗の差は容積重の差の割合以上に大となった。

(2) 南洋材 21 樹種の引抜き抵抗を比較した場合、その樹種の平均容積重が大きくなるにつれその引抜き抵抗もほぼ 2 次曲線的に増大するが、南洋材は容積重の高い割合にくぎの引抜き抵抗は本邦産のマカンバ、アカガンに比べ低い値であった。

(3) 打ち込み面を分けた場合、南洋材では板目面、まさ目面の差は余り判然としなかったが、米、ソ連材の針葉樹では板目面に打ち込んだ場合の方が、まさ目面に打ち込んだ場合よりくぎの引抜き抵抗は若干高いといえる。

(4) くぎの引抜き抵抗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、平均年輪幅との相関関係を考察したが、いずれの樹種とも上記 2 または 3 変数間で高い相関度を示したのは、容積重のばらつきの大きい樹種であった。

文 献

- 1) 小西千代治：日本産主要樹種の性質，くぎの引抜き抵抗 (1)，針葉樹材の引抜き抵抗，林試研報，248，(1972)
- 2) —————：同，くぎの引抜き抵抗 (2)，広葉樹材の引抜き抵抗，林試研報，291，(1977)