



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	木材と各種構造用面材との摩擦係数
Author(s)	孟, 慶軍; 平井, 卓郎; 小泉, 章夫
Citation	木材学会誌, 54(5), 281-288 https://doi.org/10.2488/jwrs.54.281
Issue Date	2008-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68014
Type	journal article
File Information	54_281.pdf



木材と各種構造用面材との摩擦係数^{*1}

孟 慶軍^{*2,3}, 平井卓郎^{*2}, 小泉章夫^{*2}

Frictional Coefficients between Timber and Some Structural Sheet Materials^{*1}

Qingjun MENG^{*2,3}, Takuro HIRAI^{*2} and Akio KOIZUMI^{*2}

Friction between timber and timber or other structural materials plays an important role in actual mechanical behavior of timber constructions. To consider the effect of friction in structural design of timber constructions, frictional coefficients between the structural materials used should be evaluated as the first step. In this study, we conducted experimental measurements of frictional coefficients between structural timber and some structural sheet materials. We prepared planed softwood timber specimens and some typical structural sheet materials: softwood plywood, hardwood plywood, OSB and MDF. We also prepared “volcanic silicates fiber reinforced multi-layer board” and SS400 steel. Static and dynamic frictional coefficients between timber and these materials were measured for every combination of grain or direction of greater strength. The obtained static frictional coefficients ranged from 0.2 to 0.4 among all combinations of materials and slip directions, and the relative order was MDF > Softwood plywood > Hardwood plywood > volcanic silicates fiber reinforced multi-layer board > steel > OSB. The ratios of dynamic frictional coefficients to static frictional coefficients ranged from 0.6 to 0.9, and the relative order of the average values was volcanic silicates fiber reinforced multi-layer board > steel > hardwood plywood > OSB > Softwood plywood > MDF. Test results showed negative correlations between specific gravity of timber and static/dynamic frictional coefficients among all combinations of test materials and slip directions. Frictional coefficients perpendicular to the grain of timber were found to be larger than those parallel to the grain. Although the surface grain of plywood showed a similar effect, we found only a little difference between both directions. The effect of strand orientation of OSB was almost negligible.

Keywords: frictional coefficient, structural sheet material, specific gravity, slip direction, practical evaluation.

この研究では、現在情報の不足している木材と各種構造用面材との摩擦係数測定を実施した。針葉樹合板、広葉樹合板、OSB、MDF、火山性ガラス質複層板（VSB）、鋼板について、木材および面材の繊維方向（強軸方向）のすべての組み合わせについて、摩擦係数を測定し、以下のような結果を得た。1. 静止摩擦係数は0.2から0.4で、概観的にMDF > 針葉樹合板 > 広葉樹合板 > VSB > 鋼板 > OSBの順となった。2. 動摩擦係数の静止摩擦係数に対する比は0.6から0.9で、平均値ではVSB > 鋼板 > 広葉樹合板 > OSB > 針葉樹合板 > MDFの順となった。3. 摩擦係数は木材の比重と負の相関を持つことがわかった。4. 木材の繊維に直交方向の摩擦係数は繊維に平行方向の摩擦係数より大きかった。合板表板の繊維方向についても、同様な傾向が見られたが、定量的な差は少なく、またOSBのストランド配向方向の影響はごくわずかであった。

^{*1} Received December 14, 2007; accepted May 7, 2008. 本研究の一部は第25回日本木材加工技術協会年次大会研究発表会（2007年9月、旭川）において発表した。

^{*2} 北海道大学大学院農学研究院・農学院 Research Faculty and Graduate school of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan

^{*3} 東北林業大学機電工程学院 School of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, China

1. 緒 言

現在, 木質構造の構造設計では, 木材-木材, 木材-他材料間の摩擦抵抗を無視している。これは, 木材の応力緩和や乾燥収縮等による初期応力の消失, 摩擦抵抗と他の抵抗要素との力学特性の違い, 地震力の鉛直成分による有効自重の低下などを考慮した安全側の判断であると考えられる。

また, 摩擦係数は材料の表面性状や木材・木質材料の樹種特性, 比重, 含水率, 木材繊維方向に対するすべり方向の組み合わせなどに加え, 表面の加工状態によっても変動し, 定量的な評価が行いにくいことも, 取り扱いを難しくしている。

しかし, 実際の木質構造では, 摩擦抵抗が大きな役割を果たしている。その具体例を挙げると, 次のようになる。(1) 枠組壁工法の壁下枠と床組との標準的な釘打ち仕様は, 摩擦を完全に無視すると計算上耐力不足となる。この標準仕様は経験的仕様として認められているが, 定量的な評価は行われていない^{1,2)}。(2) 丸太組構法の水平剛性は自重による摩擦に大きく依存するが³⁾, 計算上これを無視している⁴⁾。このため, 他の構造と共通の損傷限界変形の位置付けが合理的に行えない。(3) 木材の機械的接合部では, 仕様に依りて2次摩擦力その他による終局耐力の増加が見込める⁵⁻⁹⁾。しかし, この効果が無視されているため, 仕様によって終局耐力の安全余裕に差が生じている。

これらの問題点を改善するためには, まず現在木質構造で使用されている各種木質系, 非木質系構造成材料と木材との摩擦係数を知る必要がある。しかし, 木材の摩擦に関する既往の研究は, 木材加工に関連するものが多く¹⁰⁻¹⁷⁾, 構造設計を目的とした摩擦係数の資料は未整備である。

以上の背景から, この研究では木材と各種構造用面材との摩擦係数測定を行うことにした。

2. 実 験

2.1 実験材料と組み合わせ

この実験では, 木材の気乾比重の範囲を広く取るため, スギ (*Cryptomeria japonica*), トドマツ (*Abies sachalinensis*), カラマツ (*Larix kaempferi*) を混合し, Table 1 に示すような12枚の試験体 (200 mm×200 mm×48 mm) を用意した。これらの試験体は, いずれも数年以上屋内で保管し, 含水率が十分平衡状態に達していると考えられる原板から作製した。まず, 節等を含む見かけの気乾比重を測定して候補となる原板を選んだ。次にこれらの原板から目視によ

Table 1. Specific gravity and moisture content of timber specimens.

Species	r_u	u (%)
<i>Cryptomeria japonica</i>	0.303	13.3
<i>Cryptomeria japonica</i>	0.335	13.4
<i>Abies sachalinensis</i>	0.378	13.2
<i>Abies sachalinensis</i>	0.402	12.3
<i>Larix kaempferi</i>	0.419	13.1
<i>Larix kaempferi</i>	0.441	12.7
<i>Larix kaempferi</i>	0.465	12.3
<i>Larix kaempferi</i>	0.479	12.5
<i>Larix kaempferi</i>	0.501	12.2
<i>Larix kaempferi</i>	0.524	12.0
<i>Larix kaempferi</i>	0.539	12.1
<i>Larix kaempferi</i>	0.562	12.2

Legend: r_u : Specific gravity at moisture content u %, u : moisture content.

りほぼ無欠点の部分を数十体切り取って個々の気乾比重を測定し, 実測気乾比重ができるだけ幅広く分布するように12枚の試験体を抜き取った。建築構造用材として使用される木材の表面状態にはかなり幅があると考えられるが, この実験では摩擦係数が平均的ないし低めに測定されるように, 自動鉋盤 (飯田工業 Forte, SX-431) で鉋削した。ローラー送り速度は約80 mm/sec. とした。

構造用面材としては Table 2 に示すような針葉樹合板 (構造用合板 JAS B-C: 以下 SPW), 広葉樹合板 (構造用合板 JAS C-D: 以下 HPW), OSB (構造用パネル JAS 4 級: クロノプライ社製, 離型剤使用), MDF (構造用 JIS A5905, 商品名スターウッド), 火山性ガラス質複層板 (JIS A 5440, 商品名ダイライト: 以下 VSB) を各6枚ずつ用意した。このうち, VSB は1枚の原板 (910 mm×1820 mm) から6体の試験体を, 他の面材は3枚の原板から各2体ずつの試験体を作製した。また, 鋼板 (SS400鋼, 鋼板の表面粗さは表面粗さ標準片の平面研削の $R_a=3.2\sim$

Table 2. Specific gravity and moisture content of structural sheet materials.

Material	r_u	u (%)
Steel	7.85	—
VSB	0.724-0.766	—
MDF	0.779-0.800	7.5-8.2
OSB	0.686-0.737	8.7-9.5
HPW	0.549-0.620	10.7-11.7
SPW	0.538-0.590	10.0-10.4

Legend: VSB: Volcanic silicates fiber reinforced multi-layer board, HPW: Hardwood plywood, SPW: Softwood plywood.

6.3に相当、 R_a は算数平均粗さ(JIS B 0601))についても測定を行ったが、銅板は木質系材料に比べて材質変動が少ないことから、試験体は1体とした。各試験体の平面寸法は300 mm×300 mm、厚さは約9 mm または12 mm である。なお、表面と裏面で性状の異なる面材については、相対的に平滑で摩擦係数が低いと推定される面を測定対象とした。

これらのうち、木材、合板、OSBについては、表面の繊維方向(OSBはストランドの配向方向)を考慮し、可能なすべての組み合わせについて摩擦係数を測定した。MDF、VSB、銅板については、1方向しか測定を行っていない。この組み合わせの結果、総測定数は1176となった。

2.2 実験方法

実験はFig. 1のような油圧加力装置と計測装置を用いて行った。加力は手動油圧ポンプにより、コンピュータ・ディスプレイ上の荷重-変位曲線を確認しながら行った。実験に用いた積載荷重は294 Nとした。静止摩擦係数 μ_{sta} と動摩擦係数 μ_{dyn} は、(1)、(2)式により求めた。

$$\mu_{sta} = F_{sta} / (G + g) \quad (1)$$

$$\mu_{dyn} = F_{dyn} / (G + g) \quad (2)$$

ただし、 F_{sta} は静止摩擦力、 F_{dyn} は動摩擦力、 G は積載荷重、 g は試験体の自重である。 F_{sta} と F_{dyn} の決定方法はFig. 2に示す。Fig. 2は荷重-すべり曲線の1例で、図中の上側ピーク3つの荷重平均値を静止摩擦力 F_{sta} 、下側の一定範囲で変動する荷重の平

均値を動摩擦力 F_{dyn} とした。

各面材に対する摩擦試験は、(1)SPW、(2)OSB、(3)HPW、(4)MDF、(5)VSB、(6)銅板の順に行った。これに対する木材の繰り返し摩擦影響を知るため、銅板と木材の繊維方向の組み合わせに対し、1回あたり連続10往復(計20回)の正負繰り返し試験を6回行い、摩擦履歴20回ごとの変化を比較した。繰り返し加力はコンピュータ制御型油圧装置により、変位速度6-7 mm/min.で行った。

3. 結果及び考察

3.1 計測特性と計測値の位置付け

摩擦挙動は変位速度や加力装置の影響を受け易く、速度やその変動特性によって摩擦挙動に違いが生じることが知られている。また、静止状態からすべりが生じ出すまでの時間が短いため、変位速度と計測装置のスキャン速度との関係も影響する。今回の試験材料についても、電動油圧ポンプを用いた補足実験を行ってみた結果、送り速度や加力治具の剛性などによって挙動が異なり、油圧装置の送り速度を十分低く抑えられない場合には、静止摩擦係数が適切に検出されないこと、また加力治具の剛性が不十分だと付着-すべり挙動に類似の鋸歯状の荷重-すべり挙動が顕著になり、動摩擦係数も正確には捉えにくくなることが確認された。

この研究ではレバーを往復運動させる方式のごく一般的な手動油圧ポンプを使用し、コンピュータ・ディスプレイ上で荷重-変位曲線を確認しながら操作を行っている。このため、変位速度は一定ではなく、レバーを連続的に押し下げて油を送り込む過程(動摩擦力に対応)とレバーを戻して油が慣性でわずかに移動またはほぼ静止する状態から再度押し下げを開始する過程(静止摩擦力に対応)で変位速度が大きく変化している。Fig. 2の例について実測データから平均変位速度を計算してみると、ほぼ200 mm/min. から400 mm/min. の範囲となるが、図中の静止摩擦に対応する部分の変位速度は約1.4 mm/min.、動摩擦に対応する変位速度は約400 mm/min. となっている。このため、変位速度の平均値は比較的大きいものの、静止摩擦挙動と動摩擦挙動とが明確に捉えられている。

木材の繰り返し摩擦影響については、以下のような結果となった。繰り返し試験はコンピュータ制御型油圧装置により一定速で行ったため、手動のような明確な静止摩擦と動摩擦の検出は出来ず、鋸歯状の荷重-すべり挙動が観察された。そこで、上側の荷重ピーク(実際の静止摩擦と同程度ないし低目の

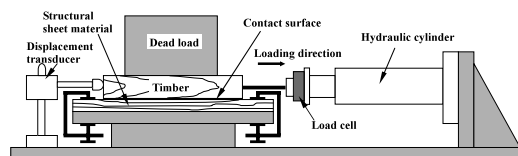


Fig. 1. Testing method.

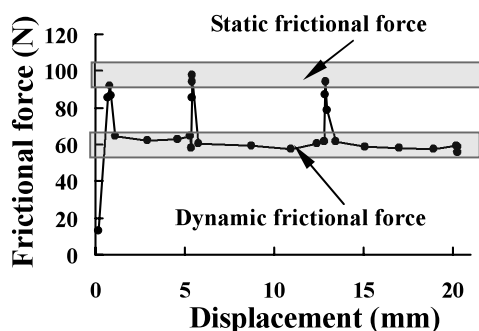


Fig. 2. Determination of static and dynamic frictional forces, F_{sta} and F_{dyn} in Eqs. (1) and (2).

値)と下側の荷重ピーク(実際の動摩擦よりやや低目の値)の大きさを繰り返し20回ごとに比較した結果, 上側ピークは繰り返し20回目までは変化無く, 40回目で最初の94%に低下した後, 60, 80, 100回の繰り返しに対し92~94%を維持した。また, 下側ピークは最初の値の86~108%の間で上下変動を繰り返し, 繰り返しによる低下傾向は特に認められなかった。この結果から, 動摩擦係数は木材の使用回数の影響をあまり受けていないが, 静止摩擦係数は初めに試験したSPWとOSBの一部では, 他の面材に比べやや高めの値となっていると考えられる。

3.2 木材と各面材との摩擦係数

3.2.1 木材の気乾比重と摩擦係数

木材と各面材との摩擦係数を木材の気乾比重を指標として Fig. 3-8 に, 次の(3)式で与えられる各図中の回帰直線の係数 A , B を Table 3 に一括して示す。

$$\mu = A \cdot r_u + B \quad (3)$$

ここで, μ は静止摩擦係数 μ_{sta} または動摩擦係数 μ_{dyn} である。

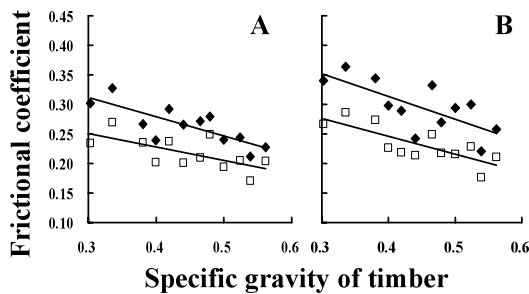


Fig. 3. Frictional coefficients between timber and SS400 steel.

Note: A: In slip parallel to the grain of timber. B: In slip perpendicular to the grain of timber.

Legend: $\blacklozenge$: Static frictional coefficient $\square$: Dynamic frictional coefficient.

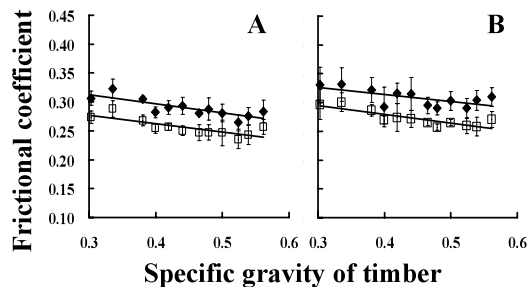


Fig. 4. Frictional coefficients between timber and VSB.

Note and legend: see Fig. 3.

ただし, 面材の気乾比重は木材と比べ変動幅が狭いため, 図中の各点は面材試験体6体に対する摩擦係数の平均値とし, 木材の気乾比重との関係のみを示している。

Fig. 3-8, Table 3 が示すように, 静止摩擦係数 μ_{sta} , 動摩擦 μ_{dyn} とも, すべての面材について, 木材の気乾比重 r_u との間に負の相関が認められた。現時点では, この理由を定量的に示すことはできないが, 定性的には以下のような考察が可能であろう。

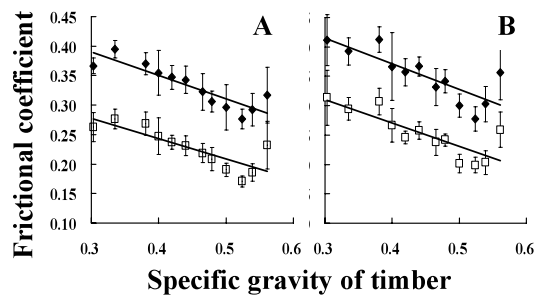


Fig. 5. Frictional coefficients between timber and MDF.

Note and legend: see Fig. 3.

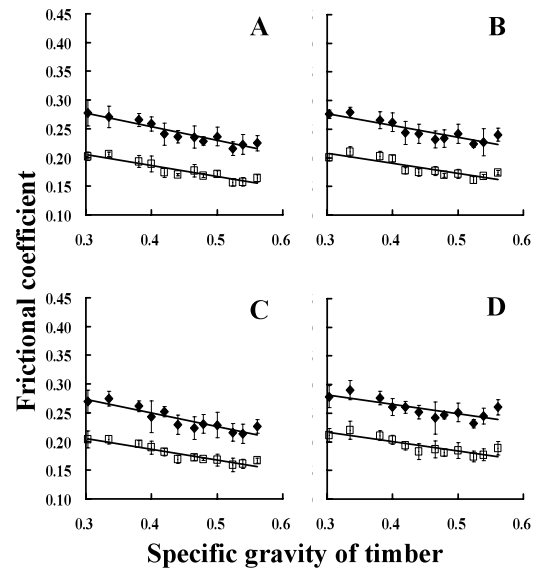


Fig. 6. Frictional coefficients between timber and OSB.

Note: A: In slip parallel to both the grain of timber and the stronger direction of OSB.

B: In slip parallel to the grain of timber and perpendicular to the stronger direction of OSB.

C: In slip perpendicular to the grain of timber and parallel to the stronger direction of OSB.

D: In slip perpendicular to both the grain of timber and the stronger direction of OSB.

Legend: see Fig. 3.

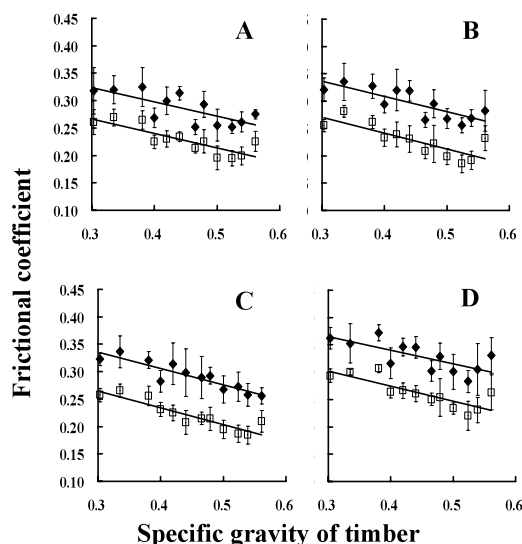


Fig. 7. Frictional coefficients between timber and HPW.

Note: A: In slip parallel to both the grain of timber and surface grain of HPW.
 B: In slip parallel to the grain of timber and perpendicular to the surface grain of HPW.
 C: In slip perpendicular to the grain of timber and parallel to the surface grain of HPW.
 D: In slip perpendicular to both the grain of timber and surface grain of HPW.

Legend: see Fig. 3.

仮道管細胞壁の実質比重は樹種によらずほぼ一定なので、比重の違いは細胞壁の実質率に依存する。例えば全乾比重0.3と0.5の木材の実質率は、細胞壁自体の全乾比重を1.5とすると、それぞれ20%, 33%に相当し、他は空隙である。このような木材を繊維方向に鉋削すると、切削面には実質率に応じた繊維(仮道管)方向に細長い凹凸が現れることになる。実験に使用した針葉樹材の場合、この凹凸の周期に相当する仮道管の径と長さはそれぞれ20~50 μm 程度、3~5 mm 程度の範囲にあると考えられる。このような直接的な影響の他に、細胞壁実質率(切削部分の剛性)が低いと、切削時の細胞壁変形とはね戻りにより表面の凹凸が増し、これが摩擦抵抗を増大させている可能性も想定される。

実際の木材鉋削面は、この細胞壁実質率を直接、間接に反映した凹凸に加え、回転切削時のナイフマークや板厚のうねりなどが重なり合って複雑な表面性状を示す。このため、木材や木質面材の表面性状と摩擦係数との関係については、今後の詳細な検討が必要であると考えられる。

測定された静止摩擦係数はおおむね0.2から0.4の

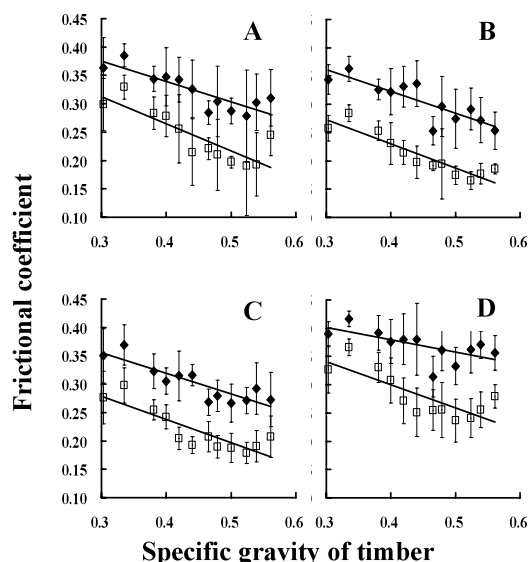


Fig. 8. Frictional coefficients between timber and SPW.

Note: A: In slip parallel to both the grain of timber and surface grain of SPW.
 B: In slip parallel to the grain of timber and perpendicular to the surface grain of SPW.
 C: In slip perpendicular to the grain of timber and parallel to the surface grain of SPW.
 D: In slip perpendicular to both the grain of timber and surface grain of SPW.

Legend: see Fig. 3.

範囲となり、概観的に見ると、 $\text{MDF} > \text{SPW} > \text{HPW} > \text{VSB} > \text{銅板} > \text{OSB}$ という関係になった。この大小関係は、表面部分の形状特性や材質特性(変形特性)などによると推察されるが、木質系面材の表面性状は構成エレメントや加工工程の違いにより、上記の木材鉋削面に比べても更に複雑で、かつ面材ごとに異なっている。したがって、既存の表面粗さ評価法による比較は行いにくく、具体的な考察を行うには、評価指標の模索を含めた今後の検討が必要であると考えられる。なお、OSBについては、離型剤の影響により摩擦係数が低くなっている可能性が考えられる。

(3)の回帰式を、標準偏差が r_u の全範囲で一定とする一般的な正規分布仮定に従って、75%信頼水準における下側50%を示す実験式に補正すると(4)式のように、75%信頼水準における下側5%を示す実験式に補正すると(5)式ようになる。

$$\mu = A \cdot r_u + B_{50} \quad (4)$$

$$\mu = A \cdot r_u + B_5 \quad (5)$$

Table 3 には、(4)、(5)式の垂直軸切片 B_{50} 、 B_5 も同時に示してあるが、結果的に(4)式の B_{50} と(3)式

Table 3. Empirical coefficients of Eqs. (3), (4) and (5).

Timber grain	Material (direction)		A	B	R^2	B_{50}	B_5
PL	Steel	Static	-0.325	0.409	0.628	0.406	0.377
		Dynamic	-0.225	0.318	0.438	0.314	0.284
PP	Steel	Static	-0.386	0.468	0.515	0.463	0.416
		Dynamic	-0.304	0.367	0.619	0.354	0.333
PL	VSB	Static	-0.157	0.359	0.666	0.359	0.341
		Dynamic	-0.145	0.320	0.638	0.319	0.303
PP	VSB	Static	-0.124	0.363	0.447	0.362	0.338
		Dynamic	-0.153	0.341	0.728	0.341	0.340
PL	MDF	Static	-0.395	0.508	0.787	0.507	0.471
		Dynamic	-0.343	0.380	0.675	0.319	0.289
PP	MDF	Static	-0.433	0.544	0.661	0.542	0.500
		Dynamic	-0.399	0.430	0.676	0.428	0.392
PL	OSB (PL)	Static	-0.237	0.348	0.895	0.347	0.328
		Dynamic	-0.190	0.262	0.873	0.262	0.251
PL	OSB (PP)	Static	-0.206	0.339	0.793	0.338	0.320
		Dynamic	-0.174	0.260	0.762	0.259	0.247
PP	OSB (PL)	Static	-0.235	0.344	0.895	0.343	0.323
		Dynamic	-0.186	0.261	0.892	0.260	0.250
PP	OSB (PP)	Static	-0.166	0.332	0.842	0.331	0.311
		Dynamic	-0.161	0.265	0.756	0.264	0.250
PL	HPW (PL)	Static	-0.261	0.402	0.549	0.400	0.366
		Dynamic	-0.266	0.347	0.694	0.345	0.320
PL	HPW (PP)	Static	-0.395	0.508	0.787	0.507	0.471
		Dynamic	-0.289	0.357	0.650	0.356	0.327
PP	HPW (PL)	Static	-0.298	0.425	0.821	0.424	0.394
		Dynamic	-0.305	0.356	0.816	0.355	0.334
PP	HPW (PP)	Static	-0.247	0.439	0.518	0.437	0.400
		Dynamic	-0.274	0.384	0.666	0.383	0.356
PL	SPW (PL)	Static	-0.387	0.478	0.727	0.476	0.435
		Dynamic	-0.429	0.402	0.844	0.401	0.370
PL	SPW (PP)	Static	-0.357	0.482	0.731	0.480	0.433
		Dynamic	-0.477	0.456	0.706	0.453	0.397
PP	SPW (PL)	Static	-0.362	0.464	0.766	0.462	0.421
		Dynamic	-0.411	0.403	0.732	0.401	0.365
PP	SPW (PP)	Static	-0.216	0.466	0.416	0.464	0.421
		Dynamic	-0.405	0.462	0.624	0.460	0.409

Legend : A, B : See Eq. (3), R : Correlation coefficient, B_{50} : See Eq. (4), B_5 : See Eq. (5), PL : Parallel to the grain, PP : Perpendicular to the grain.

の B の差はわずかであった。

3.2.2 木材・面材の繊維方向（強軸方向）と摩擦係数

木材繊維に直交方向の摩擦係数の繊維平行方向の摩擦係数に対する比の平均値を Table 4 に示す。表の鋼板, VSB, MDF の部分からは, 木材の繊維に直交方向の摩擦係数が繊維に平行方向の摩擦係数に比べて大きくなる傾向が認められた。これは前出の繊維方向に細長い表面凹凸性状とすべり方向との関係によるものと推察される。

一方, OSB と合板は面材自体が異方性を持つため, 4 種の方向の組み合わせについての比較となる。

Table 4 の OSB の部分を見ると, 木材繊維に平行方向と OSB の強軸方向との組み合わせ (PL-PL) と, 木材繊維に直交方向と OSB の弱軸方向との組み合わせ (PP-PP) との間には差が見られるものの, PL-PL, PL-PP, PP-PL の測定結果の違いはわずかであった。これは, OSB のストランド配向にはかなり変動があり, 接触面全体としては方向の影響が少なかったためであると推測される。また, 圧縮時の表面圧密と離型剤の使用により, すべり方向による表面性状の違いが減少している可能性も考えられる。

広葉樹合板 (HPW) の PL-PL と PL-PP, PP-PL と PP-PP, PL-PL と PP-PL, PL-PP と PP-PL の比

Table 4. Relative ratios of frictional coefficients among slip directions.

		PL-PL ^{a)}	PL-PP ^{a)}	PP-PL ^{a)}	PP-PP ^{a)}
Steel	Static	1.00		1.13	
	Dynamic	1.00		1.07	
VSB	Static	1.00		1.06	
	Dynamic	1.00		1.07	
MDF	Static	1.00		1.06	
	Dynamic	1.00		1.11	
OSB	Static	1.00	1.02	0.98	1.06
	Dynamic	1.00	1.03	1.01	1.09
HPW	Static	1.00	1.04	1.02	1.15
	Dynamic	1.00	1.00	0.97	1.15
SPW	Static	1.00	1.06	0.99	1.21
	Dynamic	1.00	1.15	1.04	1.33

Note : ^{a)} The former notation, PL or PP, shows the direction to the grain of timber and the latter notation, PL or PP, shows the direction to surface grain or stronger direction of sheet material.

較結果を概観すると、木材またはHPW表板が繊維直交方向となっている場合が繊維平行方向の場合よりも、おおむね摩擦係数が高くなる傾向が認められた。しかし、最も摩擦係数の高かったPP-PPを除いた3種類の組み合わせについては、実用的に見れば、OSBと同様に方向による差はわずかであった。針葉樹合板（SPW）の場合も、繊維方向の組み合わせと摩擦係数の関係は、HPWとほぼ同様の傾向を示したが、測定値の差は相対的に大きく、PP-PPの摩擦係数はPL-PLより静止摩擦で20%、動摩擦で30%程度大きかった。

3.2.3 動摩擦係数と静止摩擦係数の比

動摩擦係数の静止摩擦係数に対する比をTable 5に示す。動摩擦係数の静止摩擦係数に対する比は、木材の比重や繊維方向による差は特に認められなかったが、面材の種類によって差が見られた。その比はおおよそ、0.6から0.9の範囲となり、平均値で見

ると、VSB>鋼板>HPW>OSB>SPW>MDFの順となった。また、その変動幅にも面材によって差が見られ、OSBが最も変動幅が狭く、SPWが最も変動幅が広いという結果となった。

静止摩擦係数と動摩擦係数との差は、例えば静止摩擦によって応力を伝達していた接合部が、静止摩擦限界を超えてすべりを生じた時の構造物の静的・動的応答や構造各部への応力再分配に影響すると考えられる。しかし、木質構造物のそのような挙動についてはまだ研究例が乏しく、この測定結果をどのように利用して行くかについては、未知の点が多い。

3.2.4 各面材の実用的摩擦係数評価

各面材と木材の摩擦係数は、面材の原材料や製造条件（比重や表面特性）によって変動すると考えられるので、ここで測定された摩擦係数は、必ずしも各市販製品に対する標準値を示すものではないが、実験結果の範囲内で実用的な数値評価を行うと、以

Table 5. Ratios of dynamic frictional coefficients to static frictional coefficients.

Combination ^{a)}	PL-PL	PL-PP	PP-PL	PP-PP
Steel	0.756-0.899		0.735-0.884	
VSB	0.854-0.904		0.849-0.924	
MDF	0.617-0.733		0.671-0.761	
OSB	0.706-0.758	0.711-0.761	0.721-0.779	0.723-0.780
HPW	0.745-0.849	0.712-0.837	0.684-0.818	0.753-0.849
SPW	0.563-0.806	0.638-0.855	0.610-0.807	0.661-0.878

Note : ^{a)} See Table 4.

下のようなろう。

木質構造設計規準¹⁸⁾では、接合部設計に関し、一般的な構造用材を比重を指標として3つの樹種グループ, J1 (設計用平均比重0.47, 下限比重0.42), J2 (設計用平均比重0.42, 下限比重0.37), J3 (設計用平均比重0.37, 下限比重0.32) に区分し、それぞれに対して設計用基準値を定めている。そこで、この3樹種グループに対する摩擦係数の概算法を考えてみることにする。

木質構造設計規準には、各樹種グループの設計用平均比重と下限比重が示されているが、これは木材の材料定数や強度が、一般に比重(密度)と正の相関を持ち、平均比重や下限比重を指標とした設計用基準値の設定が可能だと言う考えに基づいている。摩擦係数は木材の比重と負の相関を持つので、下限値推定には上限比重が必要になるが、この値は示されていない。また現状では、摩擦のみに依存した耐力設計は考えにくく、比重と正の相関を持つ他の耐力要素との相互補完関係が成り立つと考えられる。

以上の点を考慮すると、実用的な摩擦係数は、(3)-(5)式と Table 3 で与えられる各回帰式に、各樹種グループの平均比重 (J1 : 0.47, J2 : 0.42, J3 : 0.37) を代入して概算するのが妥当であると考えられる。

一般的な住宅構造などでは、摩擦係数は(4)式の下側50%値で評価すればよいと考えられるが、現在使用頻度の高い比較的比重の低い樹種に対する静止摩擦係数は、相対的に摩擦係数の小さいOSBを除いて、面材の種類やすべり方向に関わらず0.3程度、動摩擦係数はその75%程度と考えれば、おおまかな目安となろう。

ただし、不静定次数の低い骨組構造の主要な接合部設計などで、終局耐力計算において摩擦による耐力上昇効果を考慮する場合などは、(5)式の下側5%値を採用する必要がある。

4. 結 論

この研究では、木材と各種構造用面材 (SPW, HPW, OSB, MDF, VSB, 銅板) との摩擦係数測定を行った。その結果、以下のような結論が得られた。

1. 木材と各種構造用面材との静止摩擦係数は0.2から0.4の範囲、また動摩擦係数の静止摩擦係数に対する比は0.6から0.9の範囲となり、面材の種類によって差が見られた。
2. 摩擦係数は木材の比重と負の相関を持つことがわかった。
3. 木材の繊維に直交方向の摩擦係数は繊維に平行

方向の摩擦係数より大きい傾向を示した。

4. 合板表板の繊維方向についても、木材の繊維方向と同様な傾向が見られたが、定量的な差は少なく、またOSBのストランド配向方向の影響はごくわずかであった。

文 献

- 1) “基準建築関係法令集 (告示編) 平成14年版”, 国土交通省住宅局建築指導課・(財)日本建築技術者指導センター編, 霞ヶ関出版社, 東京, 2002, pp. 545-562.
- 2) “1998年枠組壁工法建築物北米型住宅設計の手引”, 建設省住宅局建築指導課監修, 枠組壁工法建築物北米型住宅設計の手引編集委員会編, (社)日本ツーバイフォー建築協会, 東京, 1998, p. 65.
- 3) “丸太組構法技術基準・同解説”, 建設省住宅局建築指導課監修, (財)日本建築センター編, 日本建築センター, 東京, 1990, pp. 41-46.
- 4) Hirai, T., Kimura, T., Yanaga, K., Sasaki, Y., Koizumi, A. : Proc. 8th World Conference on timber Engineering Vol. I, Lahti, Finland, 2004, pp. 153-158.
- 5) 平井卓郎: 木材学会誌 **37**(6), 517-522 (1991).
- 6) Hirai, T., Wakashima, Y. : *Mokuzai Gakkaishi* **42**(12), 1195-1201 (1996).
- 7) 西山誕生, 安藤直人: 木材学会誌 **49**(5), 255-364 (2003).
- 8) Chang, W. S., Komatsu, K., Chen, W. J. : *J. Wood Sci.* **53**(1), 17-23 (2007).
- 9) Awaludin, A., Hirai, T., Hayashikawa, T., Sasaki, Y., Oikawa, A. : *J. Wood Sci.* **54**(2), 114-120 (2008).
- 10) 村瀬安英: 木材学会誌 **23**(2), 76-81 (1977).
- 11) 杉山 滋: 木材学会誌 **23**(11), 534-539 (1977).
- 12) 村瀬安英: 木材学会誌 **24**(12), 865-872 (1978).
- 13) 村瀬安英: 木材学会誌 **25**(4), 264-271 (1979).
- 14) Murase, Y. : *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* **28**(4), 147-160 (1984).
- 15) 小林 純, 林大九郎: 木材学会誌 **33**(8), 637-644 (1987).
- 16) 杉山 滋: 木材学会誌 **38**(11), 1017-1025 (1992).
- 17) “改訂4版木材工業ハンドブック”, 森林総合研究所編修, 丸善, 東京, 2002, pp. 329-346.
- 18) “木質構造設計規準・同解説”, 日本建築学会編, 日本建築学会, 東京, 2002, p. 27.