脚立の安全耐力について

ま え が き

部材に軸圧力のみがかかる場合と曲げモーメントが重合してかかる場合とで，その部材の寸法が著しく異つて來ることは云うまでもない。このことは脚立の脚材についても云えることで，若し曲げモーメントがかかつて來るものであればその耐力は著しく減退するわけである。そこで現実にはどちらに属するものであるかを確めて，脚立の設計，製作及び使用の安全資料とするのが本報告の目的である。

§ 2 理論的考察

脚立を設計する場合その底部における反力に垂直力のみしか考えられない即ち摩擦力のない場合と，水平力即ち摩擦力をも考慮し得る場とでは扱いが違つて來る。

1) 摩擦力のない場合

$$L^2=h^2+\left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad \text{とすれば}$$

脚材の設計に対しては，

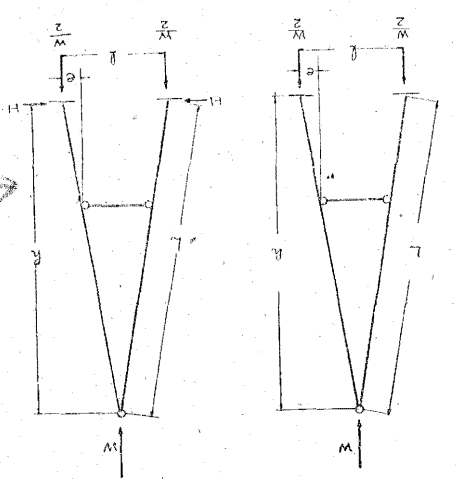
$$N=\frac{W}{2}\times\frac{h}{L}$$

$$M=\frac{W}{2}\times e$$

式中の文字については図を参照

なる軸圧力及び曲けモーメントを考慮しなければならない。此の場合脚材の底部は多少ひろがる筈である。

図 — 1



2) 摩擦力のある場合

図－1の釣合を考える場合，水平反力は最大摩擦力を越えない範囲なら色色な値がとれそうであるが，実際には歪エネルギーを最小ならしめるような水平反力が生じているのだと考えるのが至当である。(最小仕事の原理)。このようにして水平反力を定める場合，その大きさは脚材傾斜$=\frac{l}{2h}$と最大摩擦係数$=\mu$との大小に依り異つて來る。

A) $\frac{l}{2h}\leqq\mu$ なるとき

$$H=\frac{W}{2h}\times\frac{l}{2h}$$

よつて脚材の設計に対しては

$$N=\frac{W}{2}\times\frac{l}{h}$$

なる軸圧力のみを考慮すればよい。此の場合は，脚材の底部は全然移動しない筈である。

B) $\frac{l}{2h}>\mu$ なるとき

$$H=\frac{W}{2}\times\mu$$

よつて脚材の設計に対しては

$$N=\frac{W}{2}\times\left(\frac{h}{L}+\mu\times\frac{l}{2L}\right)$$

$$M=\frac{W}{2}\times l\times\left(1-\mu\times\frac{2h}{l}\right)$$

なる軸圧力及び曲げモーメントを考慮しなければならない。此のときは脚材の底部は多少ひろがる筈である

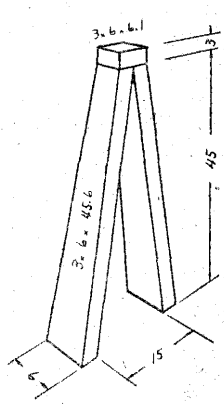
§ 3 実驗検証

前述の理論が実際に正しいかどうか，なかんづく「摩擦力のある場合，A) $\frac{l}{2h}\leqq\mu$」なる場合の理論が実際にあてはまるかどうかを検証する意味で次の実驗を行つた。

試驗片の形状及び寸法はおおむね図－3の通りであるが実際には2寸角2つ割れの杉材を鉋仕上げしたので，約26 mm×58 mm 程度の寸法になつた。両脚材は冠部を介して結合していてその結合は單なる釘付けである。脚材傾斜は通常の脚立に用いている値をりと$\frac{l}{h}=\frac{1}{3}$即ち脚材傾斜$=\frac{1}{6}$とした。

このような試驗片を種種の異つた基礎面上に置き圧縮して脚材の底部間隔のひろがり（脚材側面の中心線上底面から高さ1cmの位置に標点を設け，これら標点間の距離を以つて底部間隔とする）及び極限强度を測定して第1表に示す。

試驗片透視図



図－3

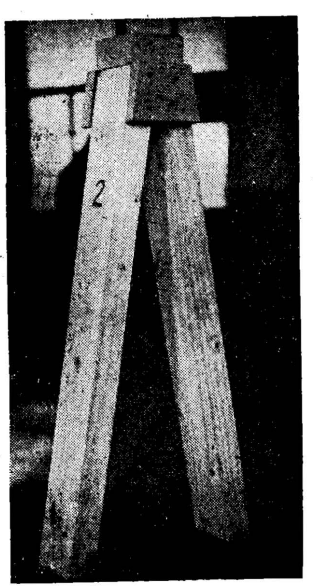
第 1 表

	基礎面			脚材底部間隔		極限強度	脚材断面	備考
	材質	面	その他	標点距離	ひろがり			
				cm			cm	
1	杉	粗鋸挽	脚材を釘付	17.6	0	3.36T	5.81×2.60	2Tのとき，冠部は圧挫し，基礎板え脚材が喰い込む。
2	軟鋼	滑仕上面	グリースを塗る	——	——	——	——	殆んど荷重に抵抗せずして脚材がどんどんひろがるのみ更に冠部を補強すれども同じこと（註寫眞1）
3	杉	粗鋸挽		17.8	0	3.80T	5.95×2.58	2Tのとき冠部の圧挫著しく基礎え脚材の喰い込み激し。
4	杉	滑鉋仕上		17.4	0	3.88T	5.81×2.58	2Tで冠部の圧挫及び基礎えの脚材の喰い込み著し。
7	軟鋼	粗銹面		17.6	0	4.10T	5.83×2.58	2Tで冠部の圧挫著し。
8	杉	粗鋸挽		17.8	0	3.38T	5.85×2.61	No,3と同じ状態
9	コンクリート	粗		17.5	0	3.88T	5.80×2.60	2Tで冠部及び基礎面圧挫著し。
10	杉	粗鋸挽	脚材を釘付	17.3	0	3.55T	5.83×2.60	No.1と同じ状態。

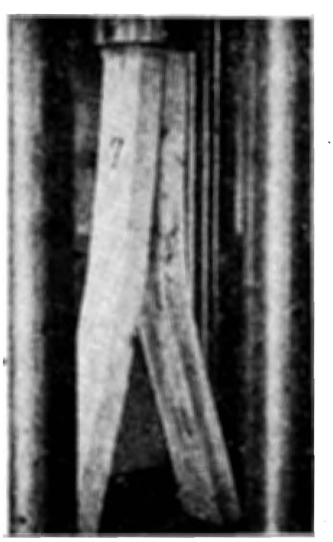
〔註〕 No.4及びNo.7の挫屈は寫眞－2の形式，その他は寫眞－3の形式である。

標点距離の理論値は17.3cmであるが，これより何れもも0～0.5cm大きいわけである。

標点距離が理論値よりも大きいことに依つて生ずる極限強度の低下量は $dW=-W\frac{l.dl}{h^2}$ で表われせる。式中Wは極限強度，hは高さ，lは標点距離，dlは理論値との差，今この最大の場合を計算してみると $dW=-0.0035$tonとなり，これは，此の試験の誤差の中にかくれてしまう程度である。隨つて，此の程度の標点距離の喰い違いは無視出來る。



寫眞－1



寫眞－2

寫眞－3

第1表より次の事が云える

1）両脚材の結合は剛結合より寧ろ鉸結合に近い。

2）基礎面との摩擦係数が小なる場合には殆ど水平反力は期待出來ない。

3）摩擦係数がかなり大きい（0.3～0.5）と考えられる場合には明らかに「2)，A)」の理論が実際にも成り立つ。

4）これらの試験片の脚材傾斜及びNo.2以外の基礎面の状態は夫夫，実在する最も普通の脚材傾斜であり基礎面状態であるから，この試験結果は直ちに実際脚立に適用してよいと考える。したがつて脚立の脚材設計には軸圧力のみを考慮すればよい。若しこのような脚立を平滑な基礎面上で使用しなければならなくなつたときは，脚立の基礎に厚板を敷けばよい。

次に図--4のような寸法の脚立の頂部に荷重をのせる場合，その脚立は種々の脚材断面に対してどの程度の安全耐力を有するかを，水平反力を考慮した場合とし

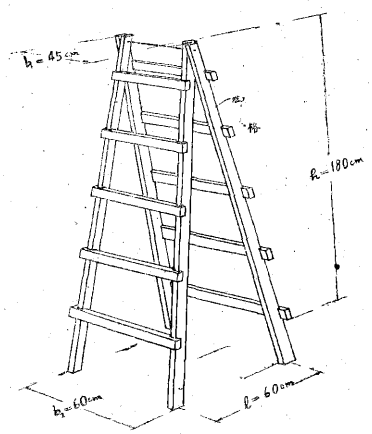


図-4

図 — 4

ない場合の両者について，杉材を例にとつて計算したのが第2表である。

第 2 表

脚材 挽立寸法	安全耐力	水平反力を期待出來ない場合の安全耐力
5.6×3.6cm	1.7 tou	110 kg
4.5×4.5 〃	3.5 〃	220 〃
5.4×5.4 〃	5.9 〃	400 〃
3.6×6.0 〃	4.5 〃	280 〃

〔註〕 上表の計算は挽立寸法から0.3cmを減じたものを有効寸法として次式に依り計算した。

$$W = 4\,m\sigma A\left(1-0.02\,\frac{L}{D}\right)$$

式中 m; 脚材の傾斜角の余弦＝0.985

σ; 許容応力度＝90kg/cm（杉）

A 脚材断面積

L; 脚材に沿つた結合点距離＝92.3cm

D; 挫屈面方向の脚材の寸法

水平反力を期待出來ない場合は，

$$W = \sigma A \theta$$

$$\frac{1}{\theta} = \left(\frac{W}{1-0.02\,\frac{L}{D}} + \frac{6e_1}{D_1} + \frac{6e_2}{D_2}\right)$$

式中 e; 偏心量

e_1 ＝15cm

e_2 ＝3.75cm

1,2のsuffixは夫夫挫屈面方向とそれ直角な方向を意味している。

§ 4 脚立の安全耐力

図—4に示すような構造及び寸法を有する実際の杉製脚立の安全耐力を第3表に示す。

この脚立は上から三段目までの格に荷重をかけるのが普通である。隨つて其の耐力も格の曲げ強度に支配され脚材の有する耐力よりも可成低くなる。又荷重を2個の格に同時にのせる場合と，片方の格のみにのせる場合とでは，前者の耐力は後者の耐力の1.8倍である。

第3表 脚立部材寸法及び安全耐力

脚材断面	欠込深さ	格の断面	格取付に用する釘（格点につき）				安全耐力
cm×cm	cm	cm×cm	太さ mm	長さ mm	呼称	本数	kg
3×4.5	1.2	3×6 3.6×5.4	2.7	57	寸八	3	100
4.2×4.2	1.2	3×6 3.6×5.4	2.7	57	寸八	3	110
3×6	1.4	4.2×6.3 5.4×5.4	3.4	76	二四	3	180
3.6×5.4	1.3	4.2×6.3 5.4×5.4	3.4	76	二四	3	180
4,8×4.8	1.2	3.6×7.2	3.4	76	二四	3	200
4.2×6.3	1.5	4.8×7.2	3.8	89	二八	3	280
3.6×7.2	1.6	4.2×8.4	3.8	89	二八	3	300
4.8×7.2	1.6	5.4×8.1	4.2	102	三一	3	400

〔註〕 1．第3表は図—4に示すような杉製脚立の片側の格にのせ得る安全荷重である。

2．若し荷重を両側の格に同時にのせる場合は，第3表の値を1.8倍したものまで安全耐力を増大し得る。

3．第3表に於ては，杉材の曲げ応力度を105kg/cm² 圧縮応力度を90kg/cm² としている。

4．表中の寸法から3mmを減じたものを有効寸法としている。