

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1975

移動式足場の移動中における安定性について

森 宜利
小川勝教
河尻義正

移動式足場の移動中における安定性について

森 宜 制*
小 川 勝 教*
河 尻 義 正*

1. はじめに

移動式足場は、タワー状に組立てられた枠組構造の最上層に作業床を、脚柱の最下端に脚輪を備えた足場であり、通称ローリングタワーと呼ばれているものである。

この足場は、枠組構造で出来ているために、作業に応じて足場の高さを容易に変えることができ、また人力によって容易に移動ができるために、建築工事における天井・壁などの室内の仕上作業・配線作業またはビルなどにおける補修工事用の足場として主に使用されている。

移動式足場に関する労働災害について調べてみると、大半は足場の転倒事故によるものであるので、この足場に関しては、足場の転倒を防止することによって労働災害をかなり軽減することができると思われる。

この転倒事故の内容は、過去の事故の例から、次のようなものである。

- 1) 足場の移動中、足場の脚輪が物につまずくまたは窪みに落ち込むことによる。
- 2) 足場上での梯子などの使用により、足場に多大な水平力を与えることによる。
- 3) 足場の同一外側面を複数の作業者が、同時に昇降することによる。

以上のような例は、いずれも足場の安定性に関する問題である。

移動式足場の安定性については、

- 1) 足場の移動中における場合（上記 1)）
 - 2) 足場の静止中における場合（上記 2), 3)）
- の 2 通りの場合について検討する必要がある、足場の

移動中における安定性が確保された上で、静止中における安定性が確保されるべきである。現実には、計算により容易にできる静止中の安定性の検討がなされているのみで、移動中における安定性についての検討はあまりなされていない。

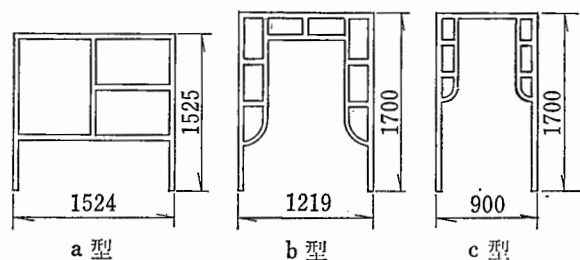
よって我々は、実大の移動式足場を用いて、移動による転倒実験を行ない、移動中における足場の安定性の検討を行なったので、その概要について述べる。

2. 移動式足場の移動中における転倒実験

2.1 実験に使用した移動式足場

転倒実験に使用した移動式足場は、建わく・交さ筋かい・建わくジョイント・布わくなどによって構成された枠組構造の上部に、作業床としての床付布わくを、下部に高さの調節のできるジャッキ付きの脚輪を取り付けた構造のものとした。また、供試用足場は形状・寸法または脚輪などの違いにより、A・A'・B・B'・C および C' 型の 6 種類の型式としたが、その詳細は次の通りである。

- 1) 供試用足場に用いた建わくは、図一1 に示す形状・寸法の 3 種類のものとした。A・A' 型の供試用足



図一1 建わくの種類

* 土木建築研究部

場は、移動式足場専用の梯子型建わく a 型 (図-1) をまた B・B'・C および C' 型の供試用足場は、枠組足場の鳥居型建わく b 型および c 型 (図-1) のものを用いた。

2) 交さ筋かいの取り付けスパンは 1,829mm とした。ただし、c' 型の足場については 1,200mm とした。

3) 布わくは各層ごとに設けた。

4) 最下層の建わくの脚柱の下端は、衝突による変形を防止するために足場用鋼管を水平 2 方向に緊結金具にて脚柱に取り付けた。

5) 脚輪は、側わく付ソリッドゴムタイヤ車輪径 125mm および 200mm の 2 種類のもので、それぞれ

ブレーキを備えた旋回キャスターを用いた。キャスターのリード (車軸と取り付け軸間の偏心量) は、径 125mm のタイヤで 30mm、径 200mm で 50mm であった。

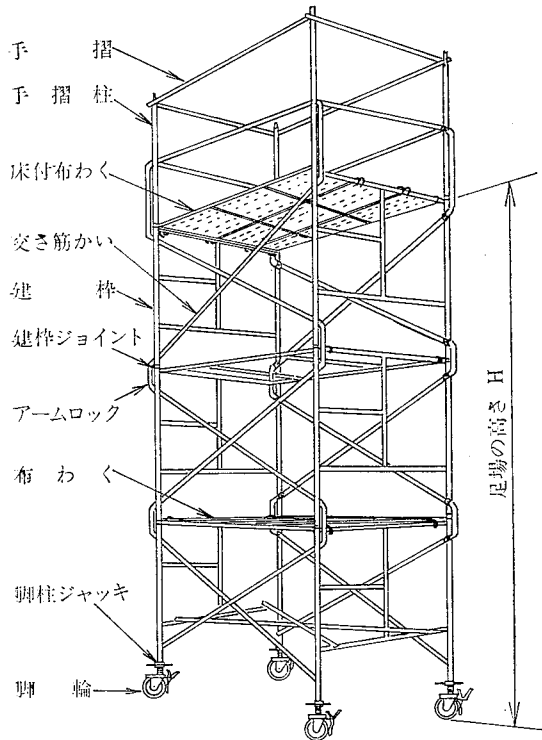
6) 供試用足場の最上部は、幅 500mm の鋼製の床付布わくを、A・A' 型については 3 枚、B・B'・C および C' 型については 2 枚敷きならべた。

以上の構造のもとに組立てられた供試用足場は、A 型 2~6 層、A' 型 3~6 層、B 型 1~5 層、B' 型 1~4 層、C 型 1~4 層の層数の高さのものとした。

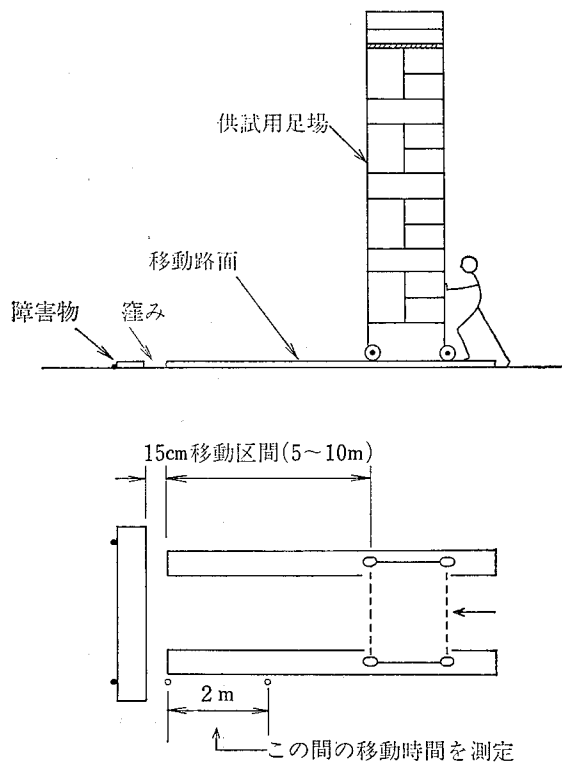
図-2 に供試用足場の一例として A' 型 3 層のものを示した。また、表-1 に供試用足場の種類、寸法、重量などを示す。表中、足場の高さとは、路面より作

表-1 供試用移動式足場の種類

供試用足場の種類	建わくの種類	脚輪間隔 (mm)		層数	足場の高さ H (m)	自重 (kg)	脚輪径 (mm)	備考
		短 辺	長 辺					
A	a	1,524	1,829	2	3.43	203	200	
				3	4.98	259	"	
				4	6.53	314	"	
				5	8.08	370	"	
				6	9.63	427	"	
A'	a	1,524	1,829	3	4.98	284	125	作業床周囲 手摺使用
				4	6.53	340	"	
				5	8.08	395	"	
				6	9.63	452	"	
B	b	1,219	1,829	1	2.055	136	200	
				2	3.78	192	"	
				3	6.505	248	"	
				4	7.23	304	"	
				5	8.955	360	"	
B'	b	1,219	1,829	1	2.285	143	125	
				2	4.095	199	200	
				3	5.82	255	"	
				4	7.545	311	"	
C	c	900	1,829	1	2.055	130	200	
				2	3.78	181	"	
				3	5.505	232	"	
				4	7.23	284	"	
C'	c	900	1,200	1	2.065	117	125	
				2	3.78	116	"	
				3	5.505	213	"	



図—2 供試用移動式足場 A'-III 型



図—3 転倒実験方法の概要

業床までの高さを示す。また A, ~, C' に続く I, ~, V の数字は供試体の層数を示すものである。

2.2 実験方法

転倒実験は、供試用足場を人が押すことにより、移動路面上を移動させ、脚輪が移動路面上の障害物につまずく、または窪みに落ち込み衝突する場合について行なった。また、実験は次の要領で行なった。

1) 移動路面

移動路面は、窪みのない場合の実験ではコンクリート床上とし、窪みのある場合については、コンクリート床上に足場板または型枠用合板を敷いたものとし、窪みは、足場板などの端部を 15cm 離すことによってつくった。また窪みの深さは、足場板などの重ね枚数によって調整し、3cm, 4.2cm, 6cm, 7cm の 4 通りとした。

移動路面上における障害物は、直径 12mm の鉄筋、厚さ 30mm の足場板、直径 48.6mm の鋼管とした。

2) 足場の移動

足場の移動は、障害物または窪みの前方 5m~10m の位置より、移動路面よりの高さ 1m の足場の位置を、1人で押すことによって移動させた。また、障害物または窪みに落ち込む直前に足場より手を離し慣性により障害物または窪みに衝突するようにした。

移動する際の足場の向きは、交さ筋かい面を正面にした。

3) 移動速度

足場を移動する際の移動速度は、0.2m/sec~2.0m/sec とし、その範囲内において足場が転倒するまで速度を種々変えた。

移動速度は、衝突直前の 2 標点間 (区間距離 2m) を前脚輪が通過する時間を測定し、その標点間の平均速度を以て表わした。

以上の要領を図示したのが、図—3 である。

2.3 実験結果

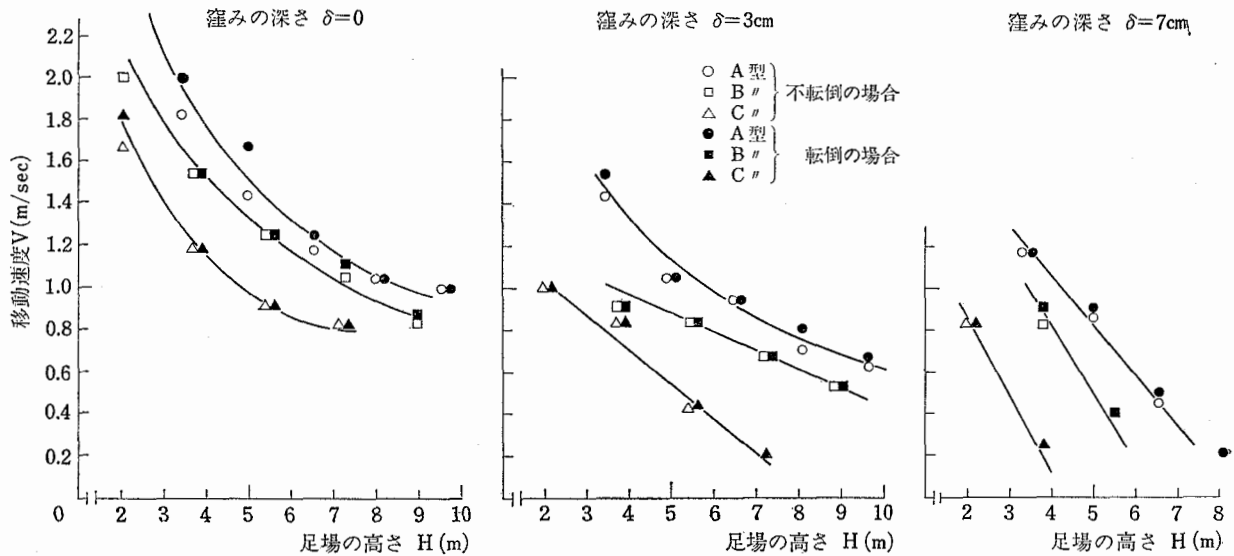
供試用足場の移動中における転倒限界を調べるために、数百回の転倒実験を行ない、転倒の有無を調べ、その時点における足場の移動速度を測定した。測定の結果は、かなりの分量になるので、その要約したものを表—2 に示す。移動速度 V m/sec の値は、不転倒、転倒における速度の範囲を示す。

2.3.1 転倒時における足場の高さ

表—2 移動式足場の移動中における転倒実験結果

供試用足場の種類		実験回数	窪みの深さ δ cm	不 転 倒		転 倒	
				回 数	移動速度 V m/sec	回 数	移動速度 V m/sec
A	II	21	0	7	1.111~1.818	1	2.000
			3	4	1.111~1.429	2	1.539~1.818
			7	4	1.000~1.177	3	1.177~1.429
	III	17	0	3	1.333~1.429	2	1.667~1.818
			3	3	0.909~1.052	3	1.053~1.177
			7	3	0.667~0.870	3	0.909~1.177
	IV	27	0	6	0.625~1.177	3	1.053~1.333
			3	8	0.500~0.952	3	0.952~1.053
			7	4	0.400~0.444	3	0.500~0.513
	V	22	0	5	0.909~1.053	3	1.053~1.111
			3	3	0.625~0.714	4	0.800~1.000
			7	1	0.385	6	0.222~0.465
	VI	21	0	6	0.588~1.000	6	1.000~1.250
			3	5	0.370~0.670	4	0.667~0.714
A'	III	16	0	14	0.833~1.087		
			6	2	0.625~0.714		
	IV	19	0	15	0.610~0.962		
			3	2	0.625~0.714		
			6	1	0.556	1	0.500
	V	10	0	5	0.806~1.111	2	1.111~1.250
			3	3	0.500~0.714		
B	I	15	0	5	1.539~2.000		
			3	6	1.429~2.000		
			7	4	1.333~1.667		
	II	29	0	6	1.111~1.539	3	1.539~1.667
			3	8	0.667~0.909	5	0.909~1.053
			7	3	0.714~0.833	4	0.909~1.250
	III	36	0	9	1.000~1.250	3	1.250~1.539
			3	6	0.667~0.833	4	0.833~0.909
			6	5	0.435~0.571	3	0.588~0.667
			7			6	0.400~0.625
	IV	30	0	8	0.769~1.052	4	1.111~1.333
			3	8	0.500~0.690	4	0.667~0.769
			6	1	0.400	5	0.278~0.500
	V	23	0	6	0.588~0.833	3	0.870~1.000
			3	10	0.357~0.526	4	0.526~0.591

供試用足場の種類		実験回数	窪みの深さ δ cm	不 転 倒		転 倒	
				回 数	移動速度 V m/sec	回 数	移動速度 V m/sec
B'	I	18	0	5	1.429~2.000		
			3	4	1.429~1.818	1	1.818
			6	6	1.250~1.667	2	1.429~1.667
	II	32	0	8	0.625~1.429		
			3	7	0.500~1.000	3	1.111~1.250
			4.2	4	0.385~0.909	2	1.000~1.250
			6	6	0.555~0.833	2	1.000
	III	20	0	2	0.769~1.000	1	1.111
			3	5	0.667~0.741	3	0.667~0.800
			4.2	3	0.455~0.526	1	0.588
			6	3	0.286~0.435	2	0.555~0.588
	IV	16	0	7	0.625~1.000	3	1.000~1.250
			3	6	0.500~0.625		
C	I	45	0	5	1.429~1.667	3	1.818~2.000
			3	9	0.625~1.000	4	1.000~1.111
			6	9	0.714~0.870	4	0.909~1.000
			7	6	0.714~0.833	5	0.833~0.909
	II	46	0	7	0.870~1.177	5	1.111~1.250
			3	11	0.625~0.833	7	0.833~0.909
			6	6	0.385~0.526	6	0.444~0.667
			7			4	0.244~0.323
	III	32	0	8	0.769~0.909	7	0.909~1.000
			3	7	0.351~0.435	8	0.444~0.625
			6			2	0.227~0.278
	IV	17	0	8	0.625~0.833	4	0.833~0.909
			3			5	0.204~0.357
C'	I	19	0	4	1.250~1.429	3	1.429~1.667
			3	4	0.555~0.833	2	1.000
			6	3	0.526~0.714	3	0.833~1.000
	II	33	0	10	0.526~1.000	4	1.000~1.429
			1.2	1	0.588	2	0.714~0.833
			3	3	0.455~0.526	3	0.588~1.000
			4.2	5	0.345~0.500	3	0.476~0.588
			6			2	0.278~0.345
	III	6	3	1	0.455	5	0.313~0.667



図—4 転倒限界における足場の高さや移動速度の関係

転倒に対する足場の高さ、移動速度などの影響を調べるために、表—2 における A・B・C 型について、転倒、不転倒の境目になると思われるときの足場の高さ H m および移動速度 V m/sec の値をプロットし、窪みの深さ別に図示したのが図—4 である。

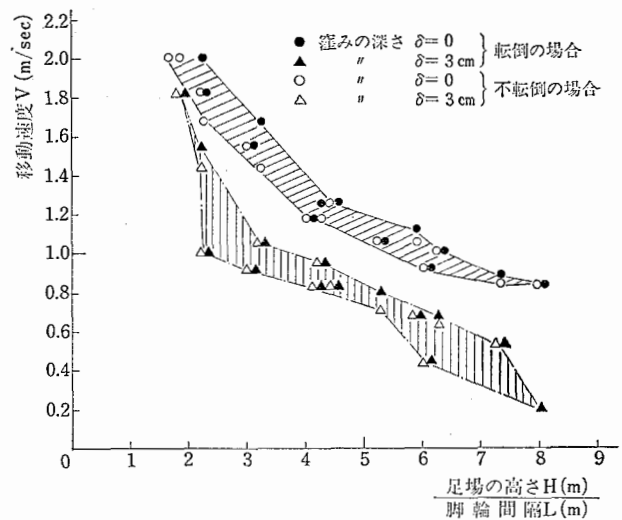
この図より、足場の高さが高くなると移動速度の値は減少し、窪みのない場合については、両者の関係は概略双曲線に似た関数関係となるように思われる。また、窪みの深さ $\delta=7$ cm の場合については、高さが高くなると移動速度の値は、直線的に減少するように思われる。また同一高さの足場であっても、足場の型式が異れば、転倒時の移動速度の値は異っている。

これは足場の幅（建わくのわく幅）即ち、脚輪間隔の影響によるものと考え、足場の高さ H を足場の脚輪間隔（建わくのわく幅） L で除した値を一つの指標にとり、これと移動速度の関係を、足場の型式に関係なく図示したのが図—5 である。その結果 H/L の値と移動速度の値との関係は、ばらつきが比較的少なく、ある関数関係で表現できるように思われる。

よって、移動式足場の移動中における転倒限界を足場の形状に無関係に H/L と移動速度 V m/sec の関係で表わしてもさしつかえないものと思われる。

2.3.2 窪みの深さによる影響

足場が転倒する場合の移動速度の値は、足場の高さだけでなく、脚輪が落ち込む、窪みの深さにも影響されることが図—5 より判るが、別の角度より移動速度と窪みの深さについて調べてみる。

図—5 転倒限界における $\frac{\text{足場の高さ}}{\text{脚輪間隔}}$ と移動速度の関係

いま、表—1 および表—2 から、 H/L の値を 1.5～2.5, 2.5～3.5, 3.5～4.5, 4.5～5.5, 5.5 以上の 5 通りに分け、転倒した場合について、窪みの深さと移動速度の関係を図示したのが図—6 である。その結果、窪みの深さが深くなると移動速度の値は、ほぼ直線的に減少していくことがわかった。

なお、図—6 によると、 H/L の値が 1.5～3.5 までの足場は、窪みの深さが 7 cm までの場合、移動速度 0.75 m/sec 以下では転倒していない。また H/L の値が 3.5 以上の足場は、窪みの深さが 6 cm, 7 cm にな

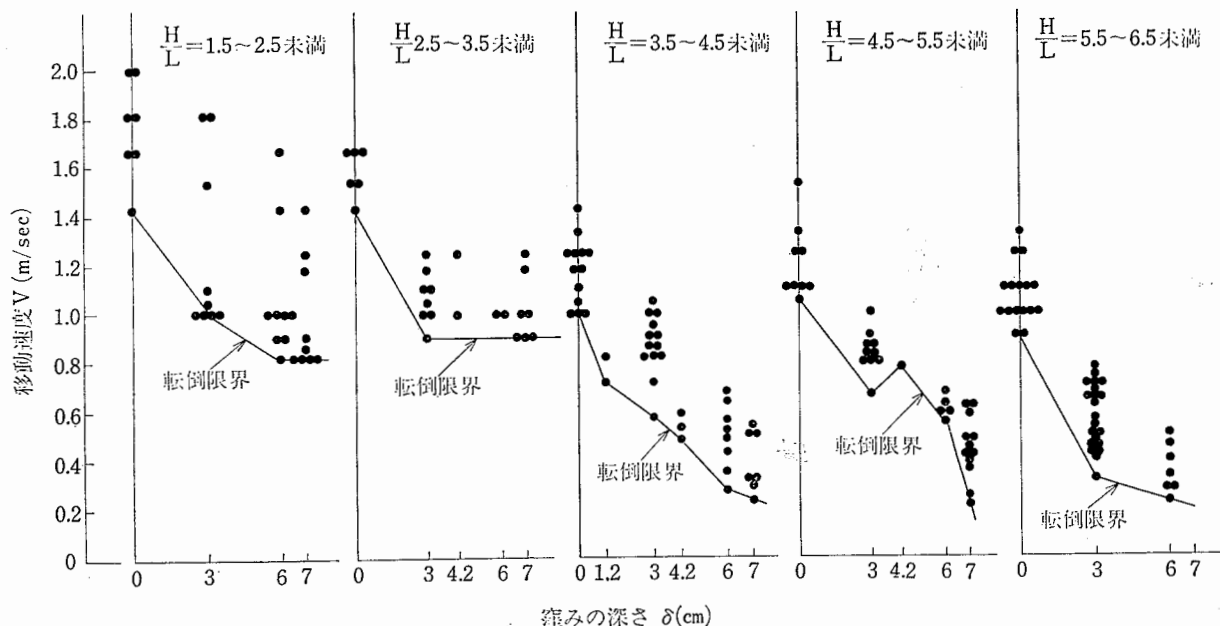


図-6 転倒した場合の窪みの深さと移動速度の関係

ると、移動速度が 0.2m/sec であるような遅い速度でも転倒している。しかし、移動速度を 0.2m/sec 以下に制限することは、実用性に乏しくなる。したがって、窪みの深さを転倒に関連する要素として取り上げるにしても、あまり深さの深い場合までは考慮できないように思われる。

なお、窪みの深さが 7cm の場合は、 H/L が 3.5 以上の足場にあっては、脚輪のブレーキの金具が窪みの縁に引掛り、その反動にて転倒してしまう場合もあった。

2.3.3 障害物の乗越しについて

平らな移動路面上を移動中、足場の前輪が障害物にぶつかっても、そのまま乗り越えて行く場合について調べるために、 H/L が 3.0~4.5 (通常一般に使用される場合の上限であろうと思われる) の供試用足場について乗越しを調べた。結果は表-3 に示す通りであ

る。その結果、厚さ 30mm の足場板については乗り越すことができなかったが、径 12mm の鉄筋、厚さ 12mm の合板では乗り越している。

よって、足場の脚輪が衝突し、そのまま乗り越して行ける障害物の厚さは、タイヤの径にもよるが、通常足場に使用されるタイヤ径の脚輪の場合 12mm 程度であろうと思われる。

3. 移動中における足場の安定条件

転倒実験の結果、移動中における足場の転倒は、足場の高さ、脚輪間隔、窪みの深さおよび移動速度が関連することが判ったが、これらがどのように関連しているかを理論的に検討してみる。

3.1 足場の安定に関する判別式

足場が移動中、足場の前輪が障害物につまずくまたは窪みに落ち込むかして、移動が阻止され足場が傾いた場合について考察してみる。

この問題を厳密に解くには、それぞれの運動についての運動方程式をたて、初期条件を入れて解かなければならないのであるが、実際には衝突後における回転運動に関する初期条件の設定が難しい。よって、ここではマクロ的にエネルギー論で扱うことにする。この場合に次のような仮定を設けるものとする。

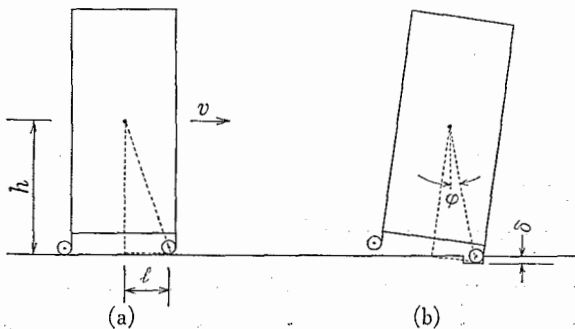
表-3 足場の乗り越し結果

足場の種類	鉄筋 φ12mm	合板 厚さ12mm	足場板 厚さ30mm	鋼管 φ48.6mm
C'-II	—	○	×	×
B'-II	—	○	×	×
B'-IV	—	○	×	×
A'-III	○	—	×	×
A'-IV	○	—	×	×

○…乗り越し ×…乗り越さず

- 1) 衝突後、前輪は停止をつづけるものとする。
- 2) 衝突によるエネルギーの損失はないものとする。
- 3) 衝突による足場の変形はないものとする。

この仮定のもとでは、図—7 (a) のように路面上にある速度で水平移動中の足場の運動エネルギーは、図—7 (b) のように足場の前輪が窪みに落ち込み衝突し、前輪の廻りの回転運動となって、足場が傾き、丁度回転運動が停止した場合の位置のエネルギーに変わることになり、次式が得られる。



図—7

$$\frac{V^2}{2g} W = W(\sqrt{h^2 + l^2} \cos \phi - \delta - h) \dots\dots (1)$$

ただし W : 足場の重量 (kg)

V : 足場の移動速度 (m/sec)

l : 足場の重心から前輪の車軸までの水平距離 (m)

h : 路面より足場の重心までの高さ (m)

δ : 窪みの深さ (m)

ϕ : 足場の重心と前輪の車軸の車軸を結ぶ線と前輪の車軸の鉛直線とのなす角度

さらに、図—7 (b) において足場の重心が前輪の車軸の鉛直線上にきて、足場の回転運動が停止したときが安定の限界であるはずである。このとき式 (1) は次式となる。

$$\frac{V^2}{2g} W = W(\sqrt{h^2 + l^2} - \delta - h)$$

即ち

$$\frac{1}{\sqrt{h^2 + l^2}} \left(\frac{V^2}{2g} + h + \delta \right) = 1 \dots\dots (2)$$

この式 (2) が安定の限界を示す式である。しかし、式 (2) は、仮定に基づいた近似式であるため式の妥当性を検討する必要がある。

いま式 (2) の左辺 $\frac{1}{\sqrt{h^2 + l^2}} \left(\frac{V^2}{2g} + h + \delta \right)$ の値を α

とし、2・3 の転倒実験の結果を整理し、それぞれの実験における α の値を求め、足場が転倒した場合と不転倒の場合について調べてみる。

α の値を求めるために、各供試用足場について路面より重心までの高さ h m と重心から前輪の車軸までの水平距離 l m の値を求める必要があり、その実測した結果を表—4 に示す。

表—4 h と l の実測結果

供試用足場の種類	重心の高さ h (m)	重心より車軸までの水平距離 l (m)
A	II 1.89	0.71
	III 2.68	"
	IV 3.47	"
	V 4.24	"
	VI 5.16	"
A'	III 2.95	0.73
	IV 3.74	"
	V 4.52	"
	VI 5.29	"
B	I 1.14	0.56
	II 1.94	"
	III 2.77	"
	IV 3.60	"
	V 4.48	"
B'	I 1.25	0.58
	II 2.03	0.56
	III 2.89	"
	IV 3.67	"
C	I 1.11	0.40
	II 1.90	"
	III 2.73	"
	IV 3.59	"
C'	I 1.08	0.42
	II 1.91	"
	III 2.74	"

表—4 の値を用い実験結果より α の値を求めるのであるが、実験回数が多く個々のデータについて、 α の値を列記するわけにゆかないので、その要約したものを表—5 に示す。また、図—8 (a, b) は転倒の場合と不転倒の場合について、各供試用足場の h/l の値に対する α の値をプロットした図である。なお、同図は窪みの深さによる α の値を点の形状によって区別して

表—5 転倒実験結果による α の値

供試用足場の種類	不 転 倒				転 倒		
	α の 値	回 数		α の 値	回 数		
		$\alpha > 1$	$\alpha \leq 1$		$\alpha < 1$	$\alpha \geq 1$	
A	II	0.9670~1.0193	5	10	1.0054~1.0368	0	6
	III	0.9924~1.0056	3	6	0.9976~1.0273	2	6
	IV	0.9852~1.0022	5	13	0.9955~1.0052	1	8
	V	0.9960~1.0042	1	8	0.9993~1.0050	1	12
	VI	0.9940~1.0010	3	8	1.0004~1.0059	0	10
A'	III	0.9823~0.9989	0	16	—	—	—
	IV	0.9863~1.0012	1	17	1.0005	0	1
	V	0.9944~1.0009	1	7	1.0009~1.0045	0	2
	VI	—	—	—	1.0001	0	3
B	I	0.9922~1.0817	13	2	—	—	—
	II	0.9885~1.0206	6	11	0.9965~1.0349	1	11
	III	0.9982~1.0084	18	2	1.0033~1.0229	0	16
	IV	0.9964~1.0068	13	4	1.0026~1.0130	0	13
	V	0.9962~1.0015	13	3	1.0008~1.0036	0	7
B'	I	0.9827~1.0552	13	2	1.0262~1.0535	0	3
	II	0.9733~1.0134	13	12	1.0081~1.0218	0	7
	III	0.9920~1.0054	8	5	0.9997~1.0081	1	6
	IV	0.9936~1.0023	7	6	1.0023~1.0100	0	3
C	I	0.9828~1.0609	27	2	1.0092~1.1140	0	16
	II	0.9988~1.0149	23	1	1.0110~1.0211	0	22
	III	1.0004~1.0047	15	0	1.0040~1.0126	0	17
	IV	0.9994~1.0037	6	2	1.0027~1.0055	0	9
C'	I	0.9715~1.0062	6	5	1.0144~1.0543	0	8
	II	0.9839~1.0028	6	13	0.9961~1.0299	1	13
	III	1.0031	1		1.0011~1.0075		5
合 計			207	155		7	204
362 回				211 回			

ある。なお、転倒の場合においては、 α の値は数例を除き1以上の値で分布している。

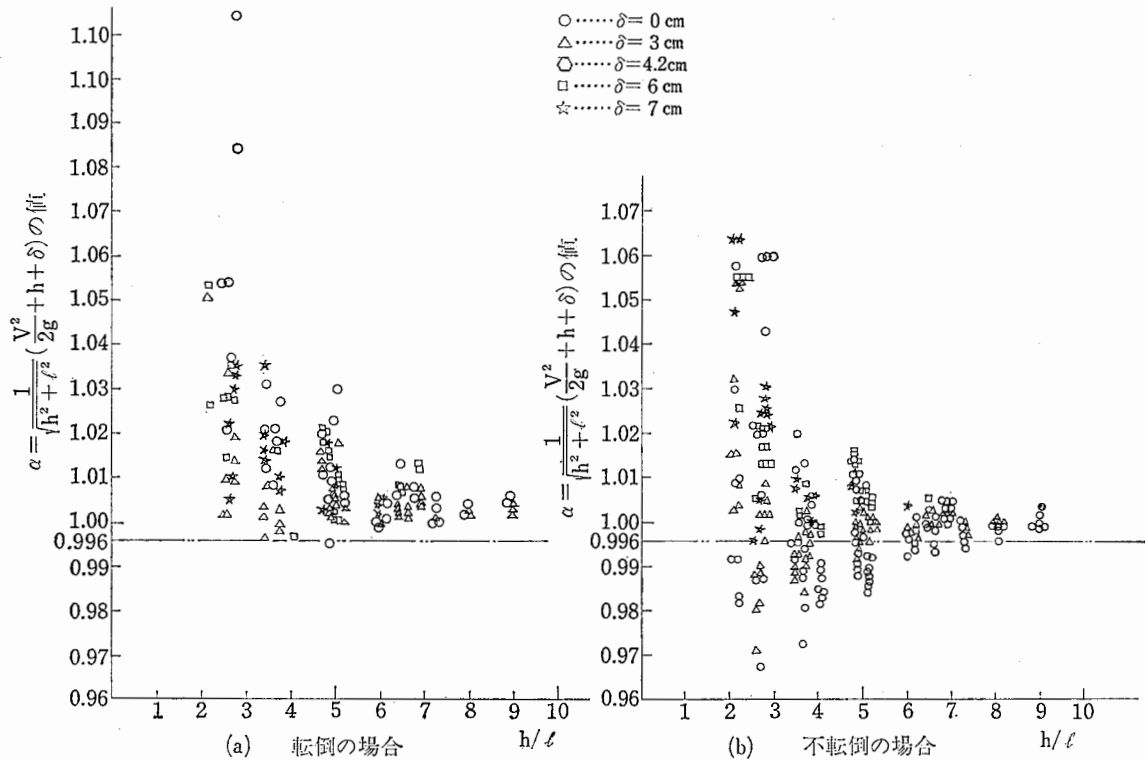
また、表—5、図—8より α の値について詳しく調べてみると、 α の値が1より大において転倒しなかった例は、362例中、207例であり、また α の値が1より小において転倒した例は、211例中、7例である。安定性については、転倒した場合が問題となるので、 α の値が1より小で転倒した例が、どの程度あるかをみると、総実験例573例中、7例しかなく、安定の限界を示す式(2)は、転倒に対してはほぼ正しいと云う

ことができる。

なお、より安全性を期する意味で、式(2)の右辺の値を1より小さな値に決めることが妥当であるように思われる。よって、その値を0.996とすると、この値より小さくて転倒した例は、総実験例573例中、1例しかなく、転倒に対する危険率は1/500以下と考えられる。よって式(2)を次式のように修正する。

$$\frac{1}{\sqrt{h^2+l^2}} \left(\frac{V^2}{2g} + h + \delta \right) \leq 0.996 \dots\dots (3)$$

式(3)を移動式足場の移動中の安定性に関する判

図—8 α と h/l との関係

別式とすることを提唱したい。

3.2 判別式の単純化

移動式足場は、3.1の式(3)によって移動中における安定性を検討することができるが、実際の使用状態を考慮し、移動速度 V および窪みの深さ δ の値を限定することによって、同式は単純化することができる。

3.2.1 移動速度 V の限定

移動式足場は、人が押すことによって移動するのであるから、必然的に足場の移動速度は、人の押す能力によって決り、さほど速い速度とはならないものと思われる。

通常、人の歩行速度は 1 m/sec であると云われる。また、物を運搬する場合の歩行速度は、運搬労働に関する実験結果などを参考にすると表—6 のようになる。移動式足場を移動する場合は、表—6 の台車による運搬作業に似たものと思われるが、台車を運搬するときの運搬速度は 0.75 m/sec である。

一方、実際移動式足場を移動させる場合について、その移動速度を調べてみた。対象にした移動式足場は

表—6 効率のよい運搬労働

方 法	毎分速度 (m/min)	重 量 (kg)	代謝率	重量限界 (kg)
肩 か つ ぎ	65	20	3.2	20~30
	70	40	5.0	
	100	軽いほど良い	—	
背 負 い	70	30	4.1	20~30
	88	30	4.6	
	120	不 適	—	
天 秤 捧	52	30	3.0	30
	80	30	5.2	
	120	不 適	—	
リ ヤ カ ー 手	45	軽いほど良い	—	80
	75	40	3.8	
	85	40	4.9	
	100	問題が有る	—	
リ ヤ カ ー 自 転 車 曳	160	20	6.9	
猫 車	45	100	2.8	100
	75	100	3.9	
	75	無理がある	—	
台 車 (1人押し)	45	300	6.0	100~250
トロ(2人)	40	1,000	5.2	800~1,000

表—7 移動速度の実測値

供試用足場の種類	移動させる人	移動速度 m/sec							
		1	2	3	4	5	6	7	平均
A	Ⅲ	a	0.54	0.5	0.667	0.556	0.714	0.625	0.600
		b	0.714	0.588	0.667	0.556	0.625	0.667	0.637
		c	0.625	0.455	0.526	0.588	0.714	0.667	0.596
	Ⅳ	a	0.476	0.417	0.444	0.476	0.392		0.441
	Ⅴ	a	0.392	0.317	0.377	0.351	0.313	0.333	0.344
	Ⅵ	a	0.303	0.339	0.313	0.227	0.339	0.294	0.303

転倒実験に使用した供試用足場 A-Ⅲ, A-Ⅳ, A-Ⅴ, A-Ⅵ の 4 種類とし, 1 人で移動させる場合について, 供試用足場が 5m の区間内を移動する速度を実測した。その結果を表—7 に示す。

その結果, 移動速度は, A-Ⅲの足場で平均 0.612 m/sec であり, 足場の高さが高くなる(足場の自重の増加, 足場の重心が高くなる)につれて移動速度は減少した。また実測値の中で, 最高の移動速度は 0.714m/sec であった。

以上の結果より, 足場の移動速度 V の値は 0.75 m/sec に限定することにする。

3.2.2 窪みの深さ δ の限定

窪みの深さを限定するために, 判別式, (3) 式より移動速度 V と窪みの深さ δ の関係を検討する。検討の対象とした足場は, 実際に使用される場合の上限であろうと思われる H/L の値が, 4.5 程度の供試用足場, A-Ⅳ, B-Ⅲ, C-Ⅱ の 3 種類とした。これらの足場の h と l の値を式 (3) に代入すると, A-Ⅳ, B-Ⅲ, C-Ⅱ の足場に関する安定性に関する判別式は, 移動速度 V と窪みの深さ δ に関する二次式となり

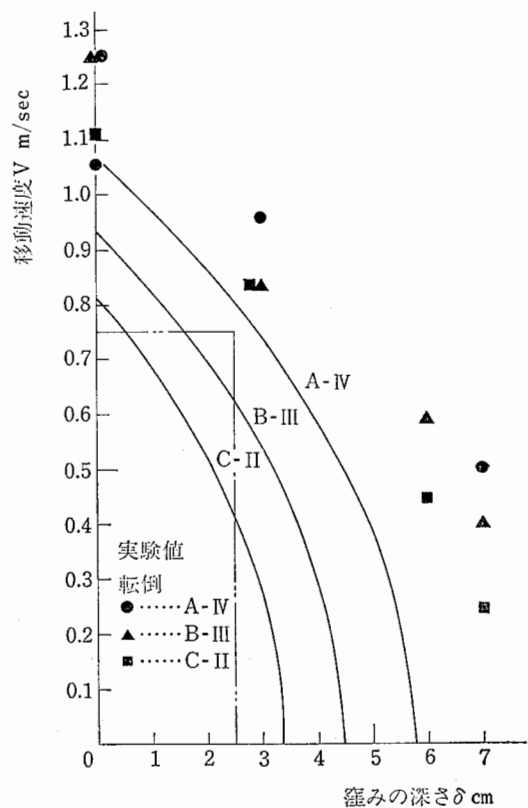
$$\text{A-Ⅳ} \quad V^2 \leq 1.139 - 19.6\delta$$

$$\text{B-Ⅲ} \quad V^2 \leq 0.876 - 19.6\delta$$

$$\text{C-Ⅱ} \quad V^2 \leq 0.662 - 19.6\delta$$

となる。この関係を図示したのが, 図—9 である。また同図には同時に転倒実験の結果をもプロットしてある。これらの足場の安定領域は各々の線の内側である。

いま, 移動速度 $V=0.75\text{m/sec}$ に限定すると, 安定領域内にあるための窪みの深さ δ の値は, A-Ⅳで 30mm, B-Ⅲで 16mm, C-Ⅱで 5mm となる。したがって $\delta=5\text{mm}$ に限定すれば, いずれの場合も安定領域にあることになるが, この値は小さ過ぎて実用

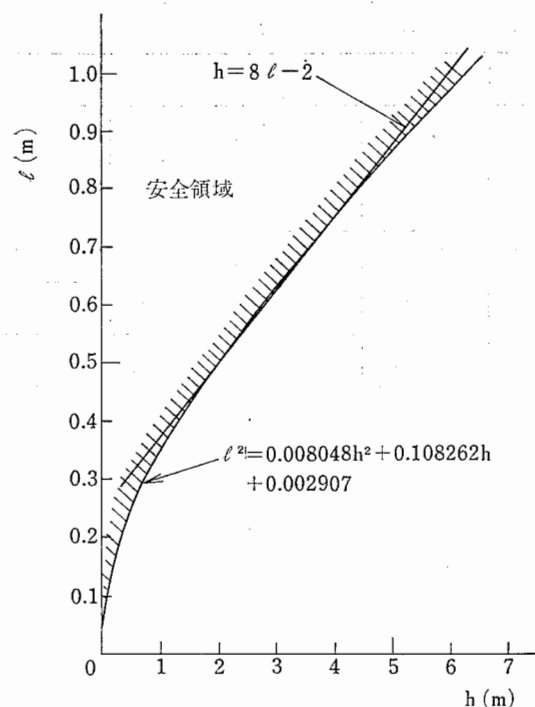


図—9 窪みの深さと移動速度の関係

的な価値が少ない。一方 60mm 以上になると大半が安定領域を外れることになる。よって種々試行錯誤の結果, δ の値は, 足場板一枚の段差に相当する 25mm に限定することがよいとの結論に達した。

なお, $\delta=25\text{mm}$ と限定することによって, A-Ⅳ, B-Ⅲ, C-Ⅱの足場が, どの程度安全領域から外れるかを次の値*で示すと, A-Ⅳは 0%, B-Ⅲは約 3%,

* 値 = (曲線と $V=0.75$ の線と $\delta=2.5$ の線で囲われる部分の面積) ÷ (座標軸と $V=0.75$ の線と $\delta=2.5$ の線で囲われる長方形の面積)



図—10 V と δ の限定時における h と l の関係

C-IIは約 17% である。

3.2.3 移動速度 V および窪みの深さ δ の限定による安定条件式

移動速度 $V=0.75\text{m/sec}$, 窪みの深さ $\delta=0.025\text{m}$ と限定すると判別式, (3) 式は h (路面より重心までの高さ) と l (足場の重心から前輪の車軸までの水平距離) に関する二次式で表わすことができ次式となる。

$$0.008048h^2 + 0.108262h + 0.002907 \leq l^2 \quad \dots (4)$$

また式 (4) の h と l の関係を図示したのが, 図—10 である。この図において, 足場の h と l の関係が斜線内にあれば安定性は確保されることになる。なお式 (4) は, 実際の移動式足場の実用範囲における $h(1\text{m} \leq h \leq 5\text{m})$ に対しては次式のように一次式で近似化することができる。

$$h \leq 8l - 2 \quad \dots (5)$$

上記, 式 (5) が移動速度, 窪みの深さを限定することによって単純化した判別式で, 移動式足場の移動中における安定条件を示す式である。

3.3 足場の高さ と脚輪間隔に関する安定条件式

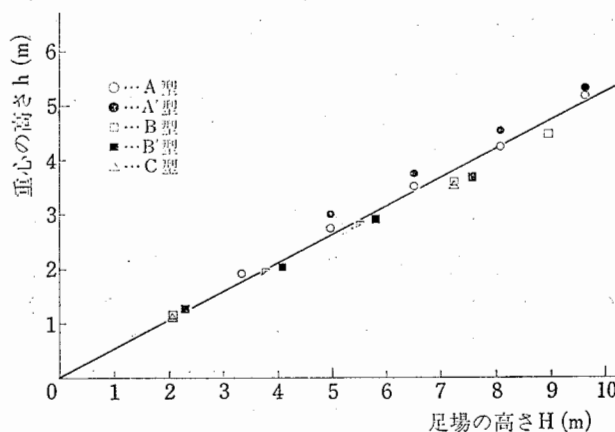
(5) 式の安定条件式は, これをより実用的にするために足場の高さ H (m) と脚輪間隔 L に関する式に変換する必要がある。

いま, 足場の高さ H と足場の重心までの高さ h , 足場の脚輪間隔 L と足場の重心より前輪の車軸までの水平距離 l の関係について, 表—1 の各供試用足場より求める。

(1) 足場の高さ H と足場の重心までの高さ h の関係について,

図—11 に供試用足場の H と h の関係について実測したのを示す。この結果によると足場の型式によって若干の相違はあるが, H と h の関係は一次式で表わすことができ次式となる

$$h = 0.525H$$



図—11 供試用移動式足場における足場の高さ と重心までの高さの関係

(2) 足場の脚輪間隔 L と足場の重心より前輪の車軸までの水平距離 l の関係について,

足場の L と l の関係は, 脚輪に使用したキャスターのリード e (車軸と脚柱への取付け軸間の偏心量) によって決まる。よって供試用足場のキャスターのリード e について実測した結果, 車輪径 125mm は 30mm, 200mm は 50mm であった。

よって脚輪と脚柱の偏心量を 30mm とすると, L と l の関係は次式で表わされる。

$$l = \frac{L}{2} - 0.03 \quad \text{ただし単位 (m)}$$

上記 (1), (2) の結果を (5) 式に代入し安全側

に係数を丸めると、足場の高さ H と脚輪間隔 L に関する安定の条件式は次式で表わされる。

$$H < 7.7L - 5.0 \dots\dots\dots (6)$$

ただし H 、 L は単位 m とする、

なお同式は、その前段の式(5)の適用範囲が $1m \leq h \leq 5m$ であることから、 $1.9m \leq H \leq 9.5m$ の範囲に対して適用されるものである。

この式(6)が、移動式足場の H と L に関する安定条件式であるが、移動速度 $V=0.75m/sec$ 、 $\delta=0.025m$ に限定することによってできた式であり、さらに H と h の関係、 L と l の関係が実験で扱った足場と近似な場合に成立する式である。

4. む す び

移動式足場の移動中の安定性は、移動速度、窪みの深さを限定することにより、さらに足場の型を限定することにより、足場の高さ $H(m)$ と足場の脚輪間隔 $L(m)$ の関係式で表わすことができる。

$$H < 7.7L - 5.0$$

なお一般に使用される移動式足場、A型(建わく幅1,524mm, わく高1,524mm)、B型(建わく幅1,219mm, わく高1,700mm)、C型(建わく幅1,219mm, わく高1,700mm)についての高さは、A型は6.7m(4層)、B型は4.4m(2層)、C型は1.9m(1層)となり、移動中の安定性を確保するためにもこれが限界であろう。

(謝辞) 本実験は移動式足場の安全基準作成の一環として行なわれたものであり、これらの実験に協力をいただいた社団法人・仮設工業会の方々に心から感謝いたします。
(昭 50. 11. 12 受理)

参 考 文 献

- 1) 社団法人・仮設工業会, 移動式足場安全基準作成委員会“移動式足場の安全技術基準”社団法人・仮設工業会
- 2) 国行一郎“荷役機械工学便覧”コロナ社
- 3) 平原 直“運搬ハンドブック”荷役研究所

産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-75-5

昭和 51 年 1 月 26 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所
東京都港区芝 5 丁目 35 番 1 号
電話 (03) 453-8441 番 (代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 108