

1. 緒 論

森 宜 制*
河 尻 義 正*

Introduction

by Yoshitada MORI*
Yoshimasa KAWAJIRI*

Failure accidents of scaffold have generally been decreasing but those caused by wind still occur. Table 1-1 shows principal failure accidents of scaffold caused by wind in the last several years. Thus this type of accident does not occur frequently, but when once it occurs, many workers may be injured and furthermore public passers-by may suffer. The typical example is the accident of scaffold occurred at the mending construction site in Ōtemachi, Tokyo, on October, 1978. In this accident one was killed, one was severely wounded, two were slightly wounded and they were all public passers-by.

Now, provisions for safety countermeasures of scaffold against wind are not contained in Japanese laws and regulations for occupational safety. Therefore safety of scaffold against wind depends on judgement of contractor.

*Taking into account above-mentioned situation and complying with the request from occupational safety administration, our group carried out special research on countermeasures for safety of scaffold against strong wind.

In this paper, the summary of research is described so that; determination of the basic wind velocity all over Japan in next chapter, actual size experimental examination of wind force acting on scaffold in third chapter, reactive force of ties-to-wall with horizontal load in fourth chapter, pulling-out strength of the anchors for tie-to-wall in fifth chapter.

In this chapter, we also describes the outline of investigation on answer of questionnaire, carrying out previous to our study in order to grasp the actual structures of scaffold and actual countermeasures for strong wind.

1.1 はしがき

足場の倒壊事故は以前に比べかなり減少しているものの、風による倒壊が跡を断たず、他の原因による倒壊が殆んど無くなったため、非常に目立って来ている。Table 1.1は、最近数年間に発生した風による足場等の倒壊事故の主なものを示しているが、人身災害にならなかった事故を全部把握しているとは言い切れないので、実際の倒壊はもっと多いものと考えられるが、兎も角同表で明らかのように毎年2件以上の事故が発生している。

このように風による足場等の倒壊は多発とは云えないが、一旦事故が発生すると多数の作業者に危害を及ぼすおそれがあり、そればかりでなく、一般通行人も巻き添えにする公衆災害となる可能性が高い。同表にある、昭和53年10月、東京・大手町で起きた改装工所用足場の倒壊は正にその例で、この事故のため通行人に死亡1名、重傷1名、軽傷2名の死傷者が生じている。

以上のような状況にかかわらず、現在の労働安全法規では、風に対する足場等の安全性確認のための規制が殆んど無く、実際の安全対策は建設業者の自主的判断に全面的に依存しており、このような状態が、風による倒壊が跡を断たないこと背景をなしているとも考えられ、この種災害の防止に関する早急な法規整備が望まれている。

当研究所は、法規整備を急ぎたいと云う行政側の意向にもとづき、その技術的な根拠を与えるため、昭和55年度に表題の特別研究を実施し一応の成果を得たので、その概要を本報告書に発表する次第である。

1.2 足場の構造及び強風対策に関する実態調査

研究に着手する前の準備として、次のような実態調査を実施した。

1.2.1 調査の目的

建築工事に用いる足場及び各種の強風対策に関する実態を把握する。

1.2.2 調査の方法

全国的規模で実態を把握するため、全国の中規模以上の建設会社からランダムに83社を選定し、各本社に

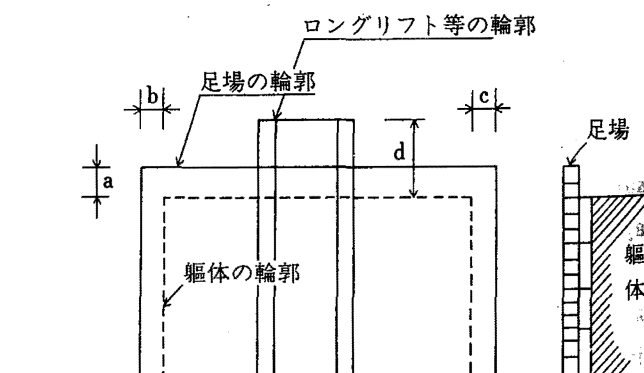
調査用紙を送付し、支店又は現場単位で回答するよう依頼した。調査の対象は、地上3以上の階数を有する建物の建築工事で、工事中のもの及び近く着工予定のものうち支柱式足場を必要とするものに限定した。

1.2.3 調査の項目

主な調査項目とその概要は、次のようである。

- (1)工場の種類
- (2)建物の構造
- (3)足場の種類
- (4)足場のはみ出しの大きさ

足場が工事中の躯体に沿って立てられる場合、足場が躯体より上方又は側方にはみ出して立てられることが多く、特に足場にシートが張られている場合に、このはみ出し部分が大きな風圧力を受けて足場が倒壊することがある。そこで、Fig.1.1に示すはみ出しの大きさを、躯体が最終高さに達するまでの途中ではみ出し量が最大となる状態と、躯体が最終高さに立上った状態について調べた。なお、一現場で足場が複数面ある場合には、代表的な一面について調べた。



- a: 足場の上方へのはみ出し
- b,c: 足場の側方へのはみ出し
- d: ロングリフト等の部分の上方へのはみ出し

Fig.1.1 Over-riding scaffold from outline of building

足場のはみ出し（水平投影面で躯体の輪郭からの足場等のはみ出し長さ）

(5)壁つなぎの構造及び取付け方法

壁つなぎが不完全なため足場が倒壊することがある。壁つなぎの強度性能は、壁つなぎ自体の材料や構造のみならず、足場側や建物側の取付け方法により大きく影響される。しかも、工事の進捗に伴い壁つなぎを盛

Table 1.1 Principal failure accidents of scaffold caused by wind
風による足場等の主な倒壊事例

発生年月 昭和 年月		工事の種類	都道府県	事故の概要	被害者数 ()死亡	日最大瞬間 風速 m/sec	シート・ネットフレームの有無	
							シート	ネットフレーム
49	2	ビル新築工事	福岡	ロングリフトのガイドレールを延長するため、桝組足場を既設の16層の上にさらに5層継ぎ足し、ワイヤロープで控えをとる準備中、突風にあおられ、継ぎ足した部分の足場が倒壊し、作業員3名が墜落した。	3(3)	12.3	なし	なし
	2	仮設防火壁組立工事	大分	桝組足場に亜鉛引鉄板を張りつけた仮設防火壁組立て作業中、強風のため、控えの杉丸太が折れ足場が倒壊し、作業員4名が墜落した。	4(0)	15.0	波形鉄板張り	なし
	3	ビルの新築工事	三重	桝組足場に設置していた建設用リフトを取り外した後、足場の解体のためトラロープを外して作業中、強風により足場が倒壊し、作業員が墜落した。	1(1)	13.6	なし	なし
	4	池の建設工事	広島	池の擁壁を作るため丸太足場をたてて配筋作業中、強風のため足場の控え丸太が折れて、足場が倒壊し、作業員4名が下敷となって被災した。	4(0)	28.0	なし	なし
50	4	ビルの新築工事	東京	ビルの躯体に沿ってたてられていた桝組足場(15層×11スパン)が、強風のため、下部、2～4層を残し、倒壊した。	なし	29.5	あり	あり
	4	ビルの新築工事	東京	ビルの躯体に沿ってたてられていた桝組足場(17層×10スパン)が、強風のため、倒壊した。	なし	29.5	なし	あり
51	3	ビルの解体工事	東京	ビルの躯体に沿ってたてられた桝組足場(5層×16スパン)が、強風のため倒壊した。	なし	21.1	あり	あり
52	4	ビルの新築工事	大阪	強風のため、鉄筋の壁つなぎが破断し、桝組足場(12層×8スパン)が倒壊した。	なし	25.0	あり	あり
	8	ビルの新築工事	福岡	抗打機の油飛散防止のため設置した養生用の桝組足場(6層×18スパン)が、強風により控えが座屈したため倒壊し、作業員が墜落した。	1(1)	13.2	一部あり	なし
53	2	ビルの新築工事	静岡	桝組足場組立中、強風により足場が倒壊し、作業員が墜落した。	3(0)	不詳	不明	不明
	6	ビルの新築工事	新潟	足場に張ったシートを取り外し作業中、強風により足場が倒れ、作業員が墜落した。	5(0)	不詳	不明	不明
	10	ビルの改装工事	東京	ビルの屋上防水層の張替え工事の養生のため設置された桝組足場が、強風のため倒壊し通行人4名が被災した。	4(1)	16.3	あり	あり
54	5	道路建設工事	新潟	工事用看板取付けのため、桝組足場の2段目を組立て中、突風のため足場が倒壊した。	3(0)	不詳	不明	不明

り替えたりするため、その構造は多種多様である。そこで足場側の養生状態や建物側の状態に対応する壁つなぎの実態を調べた。

(6)足場に簡易リフト等を設ける場合の控えの材料及び固定方法

足場に簡易リフトやクレーン等を設けた部分では、一般に足場を高くタワー状に立上げることが多く、この部分が強風のため倒壊することがある。そこでこのような部分の控えの有無、控えの材料や固定方法について実態を調べた。

(7)足場とシートの存置期間

(8)足場にシートを張る場合の強風時対策

1.2.4 調査結果

調査依頼の結果、66社から1548件の回答を得た。以下に主な分析結果を述べる。

(1)業者別件数 1社当りの件数は、最高232件、最低1件、平均23.5件である。件数の多い方から10社で全件数の半分以上を占めており、多くの現場を有するいわゆる大手建設会社からの回答数が多い。

(2)現場の所在地別件数 地方別に分類すると、Fig. 1.2に示すようになり、関東、関西で全体の50%以上を占めている。

(3)工事の種類 総件数1548件のうち、95.5%が新築工事、4%が改装工事である。

(4)建築物の構造・高さ 構造は、鉄筋コンクリート造が53%、鉄骨鉄筋コンクリート造36%、鉄骨造6%である。建築物の軒高は、平均21m、最高132mである。

(5)足場の種類 枠組足場が全体の96%である。

(6)足場のはみ出し量 Fig.1.1のa, b, c, dについて述べる。

イ. aについて aについては、次の理由により建物の構造が鉄筋コンクリート造とそれ以外の構造（鉄骨造又は鉄骨鉄筋コンクリート造）の場合に分けて集計した。

すなわち、前者では、型枠の組立や配筋作業のため、躯体に先行して足場を立上げるのに比べ、後者では鉄骨の組立が足場の組立に先行するため、両者のaに差がでるものと推定されたからである。

分析の結果、鉄筋コンクリート造とそれ以外の構造とを比べても、特に有意な差が認められなかったため、両者を併せてaの度数分布を求めた結果、Fig.1.3に示

TOTAL 1548件

相対度数(%)

地方名	0	10	20	30	40	50
北海道	4.0					
東北 (青森・岩手・宮城) 秋田・山形・福島	7.1					
関東 (茨城・栃木・群馬) 埼玉・千葉・東京 神奈川				34.3		
北陸・甲信越 (新潟・富山・石川) 福井・山梨・長野	5.7					
東海 (岐阜・静岡・愛知) 三重	10.3					
関西 (滋賀・京都・大阪) 兵庫・奈良・和歌山		17.6				
中国 (鳥取・島根・岡山) 広島・山口	10.3					
四国 (徳島・香川・愛媛) 高知	3.6					
九州 (福岡・佐賀・長崎) 熊本・大分・宮崎 鹿児島・沖縄	6.8					

Fig.1.2 Frequency distribution of the location of the construction field
現場所在地の地方別件数

すようになった。

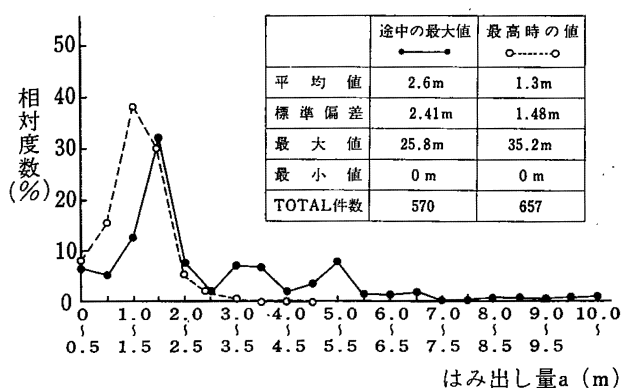


Fig.1.3 Frequency distribution of a
aの度数分布

同図によれば、途中時の場合、最も多いのは足場1層(1.7m)であり、又2層・3層も多く、平均は2.6m(足場1.5層)である。一方、最高時の場合は、3m以下に集中しており平均1.3m(足場1層弱)である。
 ロ. b, cについて bとcは同じものとみなされるので、又途中時も最高時も差が認められないのでこれらを全て含めて集計し、度数分布を求めるとFig.1.4のようになった。

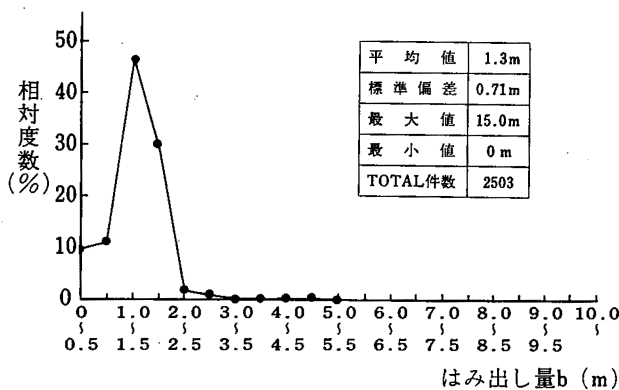


Fig.1.4 Frequency distribution of b
bの度数分布

同図によれば、側方へのはみ出しは、平均1.3m(足場1スパン弱)である。
 ハ. dについて dについては、aと同様の理由で建物の構造が鉄筋コンクリート造とそれ以外の構造に分けて集計した。しかし検討の結果特に有意な差が認められなかったので、両者を併せて度数分布を求めたのがFig.1.5である。

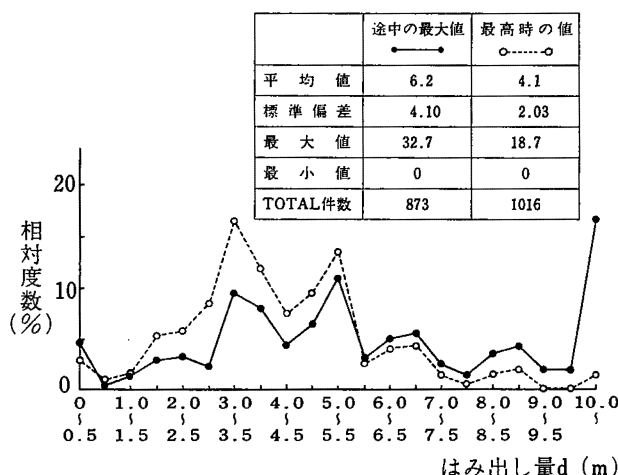


Fig.1.5 Frequency distribution of d
dの度数分布

同図によれば、dは広い範囲にわたって分布しており、足場枠高の2~3倍のところで度数が高くなっていること、又途中時には、10m以上のこともあることがわかった。

(7)壁つなぎについて

壁つなぎの材料と足場側、躯体側の取付方法について分析した結果、次のようなことがわかった。

イ. 壁つなぎの材料は次のようなものが多い。

- ・専用の壁つなぎ金具(市販品)
- ・足場用鋼管(外径48.6mmφ×厚さ2.4mm)
- ・角材(45mm×45mm程度のもの)
- ・番線
- ・チェーン(吊り棚足場用のもの)
- ・型鋼・平鋼など
- ・鉄筋

ロ. 足場側の取付方法は、次のようなものが多い。

- ・クランプ(鋼管と鋼管の専用緊結金具)止め。
 専用壁つなぎ金具の一部としてのものもある。
- ・番線で結ぶ、番線で縛る
 壁つなぎ自体が番線のときだけでなく、角材や鋼管のときにも用いる。
- ・チェーンで巻く
- ハ. 躯体側の取付方法は、次のようなものが多い。
- ・予じめ躯体に埋込んだアンカーボルトやインサート*1に、又は後から打込んだホールインアンカー*2(通称)にネジ込む。壁つなぎに専用金具を用いるときに多い。
- ・上記でアンカーに羽子板クランプをネジ込み、これにクランプ止する。壁つなぎに足場用鋼管を用

*1 コンクリート打込みの際に予じめ埋込む鉄製の部品で、内側に雌ねじを切ったもの。
 *2 硬化後のコンクリートにドリルで穴をあけて打込む部品で、内側に雌ねじを切ったものと、雄ねじをもつものがある。

いるときに多い。

- ・ 躯体の鉄骨等に直接溶接する。
- ・ 躯体の鉄骨等にナットを溶接し、これにネジ込む。
- ・ 躯体の鉄骨等にクランプや足場用鋼管を溶接し、これにクランプ止する。
- ・ 躯体の鉄骨等に専用クランプ（鋼板と鋼管を緊結できる金具の市販品）を取り付け、これにクランプ止する。
- ・ 型枠のフォームタイにネジ込む。
- ・ 番線で結ぶ、番線で縛る。
- ・ チェーンで巻く。
- ・ 釘で止める。

二. 壁つなぎ材料、足場側の取付方法及び躯体側の取付け方法の組合せ。

壁つなぎの材料、足場側の取付方法、躯体側の取付方法の組合せを Fig. 1.6 の凡例に示すように分類し、それらが占める割合を工事別、建物の構造別及び建物側の状態別にみると Fig. 1.6 のようになる。なお、足

場面の養生状態の相違による差異はみられなかった。

新築工事

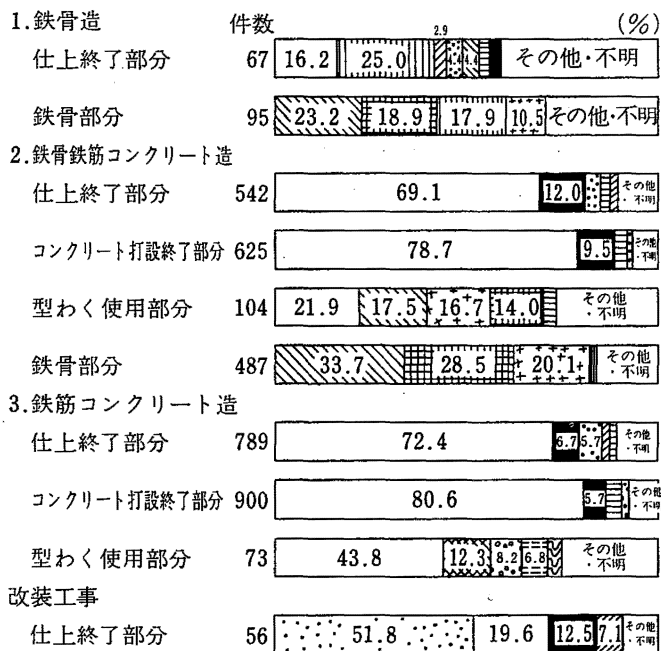


Fig.1.6 Materials and methods to tie scaffold with building
壁つなぎの材料と取付方法

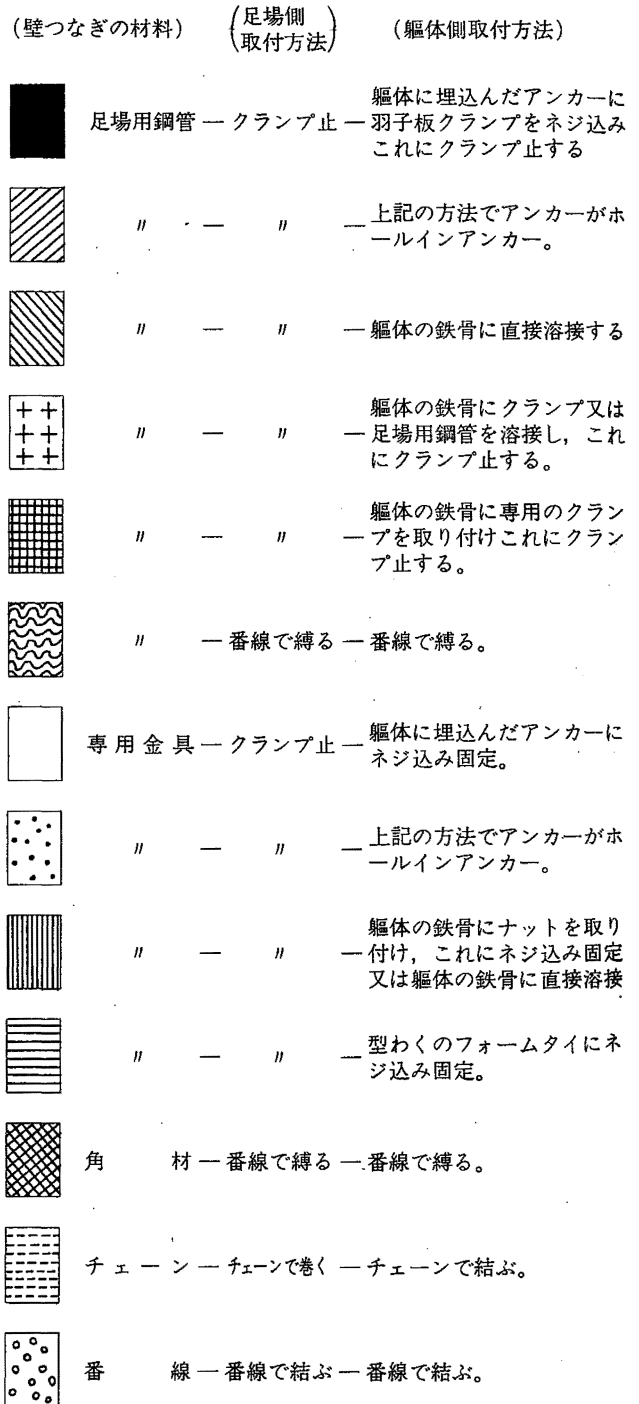


Fig.1.6 の凡例

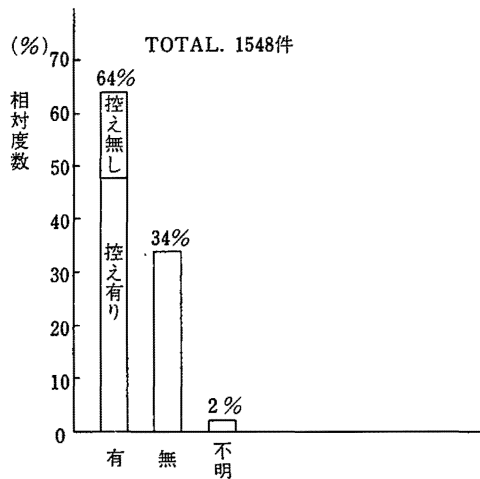


Fig.1.7 Percentage of having lift on the scaffolds and having stay in the lift or not
リフト等の有無と控えの有無

Fig.1.6によれば、新築工事の場合、専用壁つなぎ金具を用いて躯体側はアンカーボルトやインサートにより固定する方法が多い。ただし型枠使用部分では、壁つなぎを設けるのが困難なため、設けないことが多い。

一方、改装工事の場合は、足場用鋼管や専用壁つなぎ金具を用い、躯体へは壁面にホールインアンカーを打込み、これに固定する方法が多い。

(8)足場の簡易リフト等の控えについて

足場に簡易リフト等の有無の割合を示したのがFig.1.7である。なお、リフト等の内訳は過半数がロングエレベーター、ロングリフトである。

さらに同図には、リフト等を有するものの控えの有無の割合を示してある。これによれば、全体の約3/4がなんらかの控えを有している。控えの材料は、全体の約3/4がワイヤロープで残りの1/4が足場用鋼管である。控え端の固定方法は、多種多様であるが、躯体側と地面側に分けて整理するとTable1.2の通りである。

Table1.2 Method to fix the end of guy or stay
控え端の固定方法

	ワイヤロープ	件数 (%)	足場用鋼管	件数 (%)
建物側	コンクリート床・梁に鉄筋等をループ状にして埋込み(又は、さらに鉄筋等を躯体の鉄骨等に溶接し)これにワイヤロープをクリップ止する。	392 (68.3)	コンクリート床・梁に足場用鋼管を埋込み(又は、さらに足場用鋼管等を躯体の鉄骨等に溶接し)これに控えの足場用鋼管をクランプ止する。	55 (41.0)
	躯体の丸環にワイヤロープをクリップ止する。	47 (8.2)	躯体の鉄骨等にクランプを溶接等によって取り付け、これに控えをクランプ止する。	17 (12.7)
	躯体の骨組にワイヤロープを巻いてはさみ込む。	21 (3.7)	躯体の鉄骨等に控えの足場用鋼管を直接溶接する。	7 (5.2)
	その他・不明	114 (19.9)	コンクリート床・梁に控えの足場用鋼管を直接埋込む。又は、さらに埋込んだ足場用鋼管を躯体の鉄骨等に溶接する	6 (4.4)
	合計	574 (100)	その他・不明	49 (36.4)
地面側	鉄筋等をループ状にしたものをコンクリート塊に埋込み、これを地中に埋込む。この鉄筋等にワイヤロープをクリップ止する。	232 (76.6)	合計	134 (100)
	足場用鋼管等にワイヤロープを結んだものを地中に置き、この上にコンクリート塊を埋込む。このワイヤロープに控えのワイヤロープをクリップ止する。	10 (3.3)	地面に打込んだ足場用鋼管に控えの足場用鋼管をクランプ止する。	2 (100)
	角材にワイヤロープを結んだものを地中に置き、この上に割栗石をのせ、土を埋戻す。このワイヤロープに控えのワイヤロープをクリップ止する。			
	地中に杭を打ち、この杭にワイヤロープを結び、土を埋戻す。このワイヤロープに控えのワイヤロープをクリップ止する。			
	躯体壁面に沿って足場用鋼管等でトラスを組み、これに控えのワイヤロープをかけて、建物側にアンカーする。	4 (1.3)		
	その他・不明	57 (18.8)		
	合計	303 (100)		

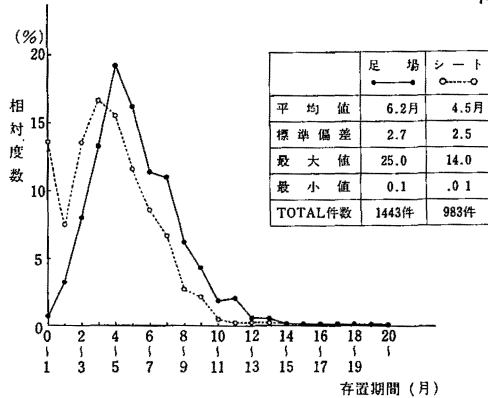


Fig.1.8 Frequency distribution of using period of scaffold and sheet
足場とシートの存置期間

(9)足場に張るシートについて

- イ. 足場にシートを張る割合は丁度%である。
- ロ. 足場の存置期間及び足場にシートを張る場合のシートの存置期間の度数分布を求めるとFig. 1.8のようになり、足場では平均6.2月、シートでは平均4.5月である。
- ハ. 強風時のシートの取外しについて
 - ・強風時にシートを取外す割合は、約60%である。
 - ・シートを取外すとき目安とする風速値は、平均12.9m/secである。
 - ・シートを取外すかどうかを判断する拠りどころは、Table1.3に示す通りである。

Table1.3 Bases of decision to remove protective sheet
シート取外しの判断の根拠

根拠	件数(%)
新聞・ラジオ・テレビ等の天気予報、強風注意報又は気象庁・117番に問合せ	796 (55.4)
電線・シート・立木・旗・足場等の状態、音など	600(41.7)
風速計の風速データ	42(2.9)
合計	1438(100)

- ・シートの取外し等の具体的方法は、シートを脚柱側によせて脚柱にしぼるが 53%、シートを上方に巻上げ布枠等にしぼるが 32%、シートを取外すが 13%である。

1.2.5 謝辞

御多忙の析、実態調査に御協力載いた各建設会社に感謝します。

1.3 足場等の強風対策における問題点と本研究との関連

足場等の風に対する安全対策の第一は、風に対して安全である足場等を設計し施工することである。そのためには、設計において見込むべき風荷重を適正なものにする必要がある。

足場に作用する風荷重は、足場の周辺の状況によってかなり相違するものと考えられる。風を遮ぎるものがない野原に立てられた足場と、ビルの谷間でしかもビルに接近して立てられた足場とでは、後者の方が受ける風荷重が小さいことは容易に想像がつく。

さらに風荷重は、風速の二乗に比例すると云われるように風速によって相違するので、風速値を適正に定めることが最も重要かつ根本的な問題である。安全のみの立場からは、風速は大であればある程好ましいことになる。現に橋梁やビルディングのような永久構造物では、何十年に一度と云う稀な強風にも耐えられるよう設計されている。しかしこのような風速を足場等の仮設物にも適用できるかどうか疑問である。もし適用するとすれば、これまでの足場は構造面・材料面で根本的に変革しなければならなくなり、莫大な経費の増大を招くばかりか、実施困難と云う事態にもなりかねない。このように適正な風速を定めることは、安全性と経済性の釣合い点を何処に求めるかと云う一種のトレードオフの問題でもあるわけで、未だ理論的に未完成なため高度な判断を必要とすることが多い。

さて現在行われている風荷重計算法は次のような方法である。

- (1) 基準風速 (10分間平均値) に風速係数 (地域の表面粗度の補正, 瞬間値への換算) を乗じて設計風速を求める。
- (2) 設計風速の二乗に比例する速度圧に風力係数 (受風面の状況等に対する補正) を乗じ、さらに受風面の面積を乗じて風荷重を求める。

足場等に対する風荷重の計算にもこの方法を採用するとすれば、風荷重を決定するために必要なものは、基準風速、風速係数及び風力係数の三者の決定である。よって当研究では、地域的、季節的に値を異にし、

かつ短時間的にも変動する風速観測値を分析検討し、確率的に妥当であると思われる基準風速値を地域別に設定するための研究を先ず実施し、次章にその概要を報告している。

次いで風力係数等を決定するための研究として、大学及び他研究所との共同になる風洞実験を行う予定であったが、諸般の都合で風洞実験は上記共同者に一任することになり、当所は実験の計画と結果の検討とに参加し、その結果一応風力係数等の決定をみた。以上の経緯を経て、当所は上記決定の妥当性を確認するため、実大足場における風荷重の測定とその検討を実施し、第3章にその概要を報告している。

又、風などの水平荷重に対して足場が安定を保てるのは壁つなぎがあるためであるが、水平荷重に対する壁つなぎの反力は、足場がガタの多い外的不静定な構造であるため、理論的に確定することが困難である。よって当所は水平荷重に対する壁つなぎ反力を測定する実大実験を行って、その反力を計算する実験式を確立し、第4章にその概要を報告している。

さらに、壁つなぎの壁体への取付け方法は多種多様であって、しかも脱型したばかりの若令のコンクリート壁へ取付ける例のように、取付けられる側の性状が問題になるなど、その性能を確認する必要がある場合が多い。よって当所は、壁体への種々な取付方法に対して碇着力試験を実施してその安全性を検討し、第5章にその概要を報告している。