

# 建設現場の高所作業に対する強風の影響に関する研究 ——型枠作業能率に及ぼす強風の影響——

Wind Effects on Working at Windy Environment High Above Ground  
——Wind Tunnel Experiments for Assembly Work of Mold-Panel——

村上 周三\*・出口 清孝\*\*・高橋 岳生\*・森田 真弘\*\*\*  
Shuzo MURAKAMI, Kiyotaka DEGUCHI, Takeo TAKAHASHI and Masahiro MORITA

## 1. はじめに

著者らは、建設現場での高所作業に対する強風の影響を調べる目的で、大型風洞内で被験者に簡易な作業をさせて実験を行い、作業能力と安全限界風速との関係を明らかにし、すでに報告してきた<sup>1),2)</sup>今回は、現場作業のうちで風の影響が比較的大きい「型枠作業」に関し、作業能率に及ぼす各種要因を明らかにするため、実際の現場作業員を被験者にして大型風洞内で型枠建起し作業の実験を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験装置(風洞)

測定部断面が幅6m×高さ5m、長さ13m、(財)日本自動車研究所の風洞を使用。図1に示すように、床面に合板で「作業床(3m×4m)」を敷設し、この上で型枠作業を行う。

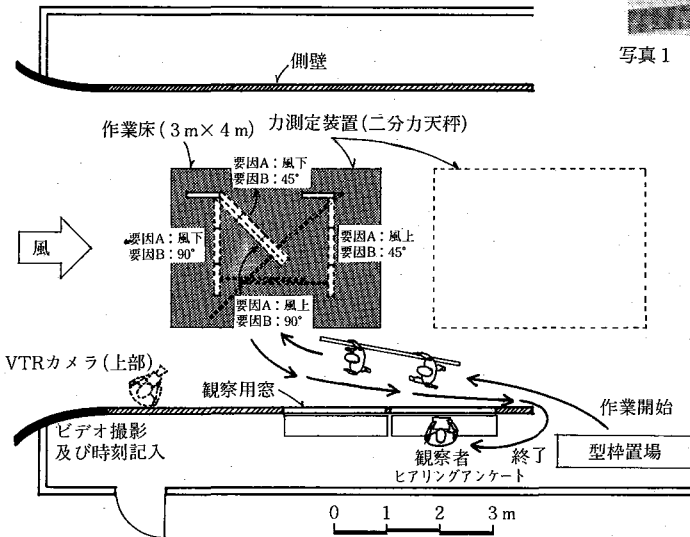


図1 使用風洞および実験状況

### 2.2 対象作業内容

(1)鉄筋コンクリート壁の施工を想定して、「型枠建起し」作業を対称とする。型枠建起しとは、鉄筋コンクリート壁体工事においてコンクリート打込み用に型枠を設置することである。通常、i) 2面の型枠のうち片面

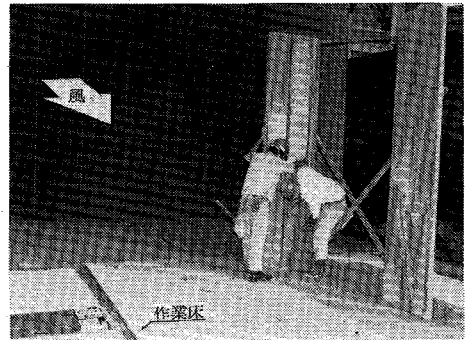


写真1 1枚目型枠の建込み状況(端部支持「有」の場合)

{ 要因A: 風下  
 要因B: 90°  
 要因C: 端部支持「有」(表1参照)

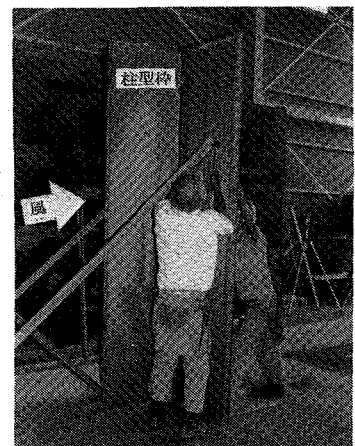


写真2 1枚目型枠の建込み状況(端部支持「無」の場合)

{ 要因A: 風上  
 要因B: 90°  
 要因C: 端部支持「無」

\* 東京大学生産技術研究所 計測技術開発センター 兼第5部

\*\* 東京大学大学院

\*\*\* (株)竹中工務店技術研究所

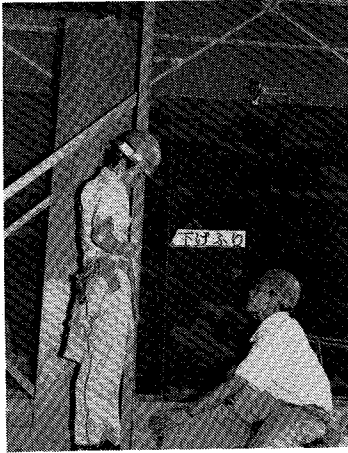


写真3 「建入れ精度」チェック

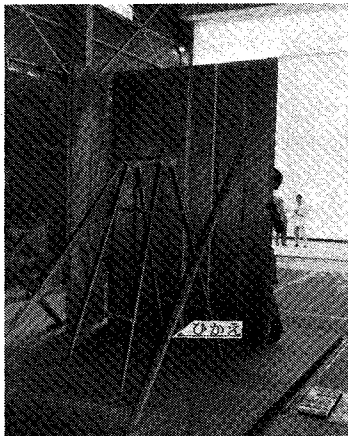


写真4 3枚の型枠を建起した状況  
(要因C: 端部支持「無」の場合)

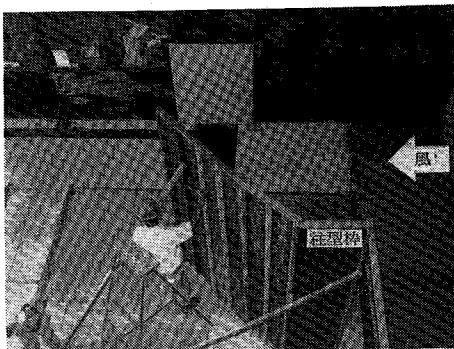
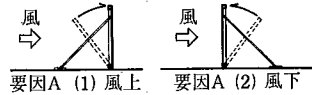


写真5 風向45°(要因B)の建起し

表1 実験条件(要因・水準)

要 因	水 準
要因A = 風向と作業員の相対的位置 風上側か風下側かの別	(1)風上 (2)風下
要因B = 風向: 型枠に対する 風の角度	(1)90° (2)45°
要因C = 型枠端部支持の有無	(1)有 (2)無
要因D = 風速	(1)0 m/s (2)4 (3)6 (4)8 (5)10m/s



の型枠をたてる (= 建込み) → ii) 鉄筋を組む → iii) もう片方の型枠を建込み → iv) 両方の型枠をフォームタイで結ぶ, および型枠と鉄筋との間隔調整, という手順で型枠が建起こしされ, コンクリートが流し込まれる。

今回の実験では, 幅 600mm × 高さ 2700mm の木製型枠 3枚の片面型枠建起し作業を, 熟練した大工 2名 1組 (ともに経験年数 15~16年) により行う。

(2) 作業手順は以下のとおり (図1, 写真1~5)。

i) 実験前, 予め柱に相当する型枠を設置しておく。最初の型枠の建込みには柱型枠を頼る場合とそうでない場合とがあり, 頼る場合を「端部支持有」と呼び最初の型枠を柱型枠に釘で固定 (写真1)。それに対し柱型枠に支持させずに1枚目の型枠を建込む場合を「端部支持無」と定義し, 「ひかえ」(長さ 2.7m の材木) を型枠に対し斜めに設置することで固定 (写真2)。ii) 2枚目, 3枚目の型枠を順次釘で固定。iii) 3枚目型枠は「ひかえ」で補強する。iv) 1枚目および3枚目型枠を建起したときには, 下げ振りで型枠の垂直をチェック = 「建入れ精度チェック」(写真4)。垂直でない場合は「建入れ直し」を行う。

### 2.3 実験条件 (要因・水準)

「型枠建起し」作業に影響を及ぼすと考えられる要因を表1に示すように選出し, さらにこの内から2元および3元配置とする次の要因配置実験を計画。

**実験I** …… 要因A (風上・風下の別, 2水準) × 要因D (風速, 5水準) の2元配置 (10通りの組み合わせ)。要因Bを風向90°, 要因Cを端部支持「有」で固定。ただし, 風上建起しについてのみ, 風速 12m/s の実験を追加。

**実験II** …… 要因C (端部支持の有・無, 2水準) × 要因D (5水準) の2元配置 (10通りの組み合わせ)。要因Aは風上, 要因Bは90°で固定。

**実験III** …… 要因A (2水準) × 要因B (風向90°・45°の2水準) × 要因D (6m/s・8m/sの2水準) の3元配置 (8通りの組み合わせ)。要因Cは端部支持有で固定。

研究速報

2.4 実験方法

実験は、a) VTRを用いた型枠建起し状況の記録、b)ビデオタイマーを用いた作業時間の測定、c)作業難易に関する被験者へのヒアリングアンケート、により行った。

3. 実験結果

3.1 「実験Ⅰ」作業難易結果(図2)

風速と作業難易との関係について、風速12m/sでは「ひかえ」を増やさないと型枠が自立しないため、今回規定した手順の型枠作業は「不可能」であった。風速4m/sでは風による作業能率の低下はほとんどなく、むしろ涼しさのため(実験期間は夏)無風時よりも楽になる。風速6~10m/sでは風速が増すに従い作業も難しくなり、10m/sの風速では作業はできがかなりきつく、被験者は「現場では中止するだろう」と訴える。

要因A(建起し型枠の風上・風下の別)と作業難易の関係については、「風下」(=風下から風上に向かう建起し)の方が「風上」よりもやや風の影響を受けやすい(風

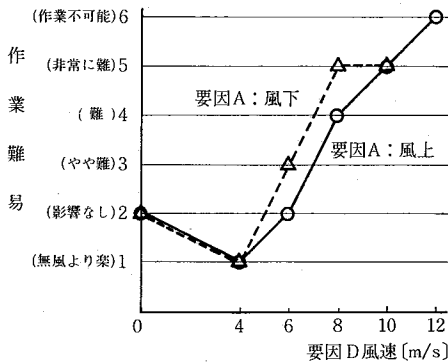


図2 実験Ⅰ 作業難易アンケート結果

速6 m/sと8 m/s)。

3.2 「実験Ⅰ」作業所要時間(図3)

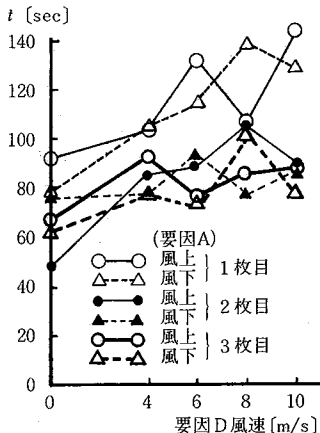
所要時間を、3枚の各型枠の建込みに要する時間 $t$ と、建入れ精度チェック所要時間 $t_c$ 、および作業全体所要時間 $T$ について求めた。各型枠建込み所要時間 $t$ は(図3(1))、1枚目建込み時間が2,3枚目のそれよりやや長くなるが、ともに風速増加に対し増大する傾向にある。

建入れ精度チェック所要時間 $t_c$ は、風速10m/s、「風下」では、風速の影響と建入れ直しによる作業時間の増加とにより極端に長くなる(図3(2))。作業全体所要時間 $T$ は、風速に対し直線的に増加している(図3(3))。

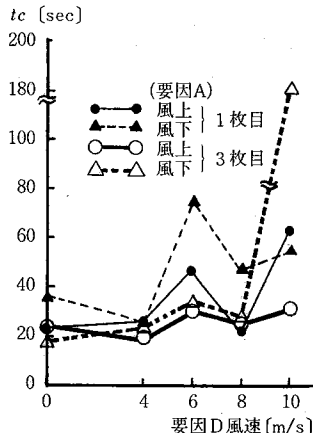
所要時間について分散分析を行った結果、<sup>3)</sup>全体所要時間 $T$ が要因D(風速)に対し有意な差があると認められた(有意水準5%)。作業難易アンケートでは、「風下」の方が「風上」よりやや難しい傾向が見られたが(要因Aの影響=図2)、所要時間は「風速」という要因のみが強く影響していることになる(図3)。

3.3 「実験Ⅱ」結果(要因C=端部支持の影響を中心として)

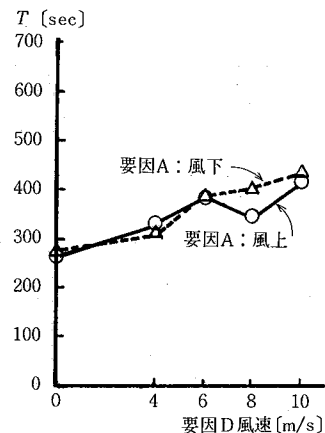
図4に実験Ⅱ作業難易アンケート結果を、図5に1枚目型枠建込み所要時間 $t$ をそれぞれ示す。作業難易は要因C(端部支持の有無)により多少差があるものの、明確な違いは認め難く(図4)、要因Cの影響は1枚目型枠建込み時間に現れる(図5)。型枠を柱型枠に釘で固定する端部支持「有」よりも、柱型枠に頼らず「ひかえ」で固定する端部支持「無」の方が所要時間が短く、分散分析結果からも有意差有と認められた(有意水準5%)。所要時間の分散分析で他に有意差が認められたのは、作業全体所要時間 $T$ の要因D(風速)間の変動であった。したがって、「型枠端部支持」有・無の差は、1枚目型枠の所



(1)各型枠建込み所要時間 $t$



(2)建入れ精度チェック所要時間 $t_c$



(3)作業全体所要時間 $T$

図3 実験Ⅰ 作業所要時間測定結果

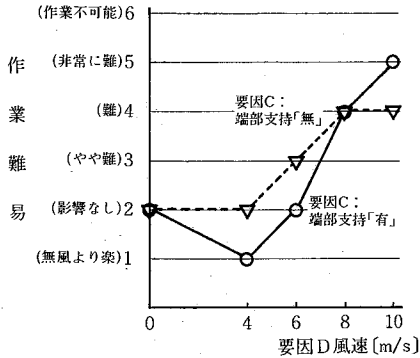


図4 実験II 作業難易度アンケート結果

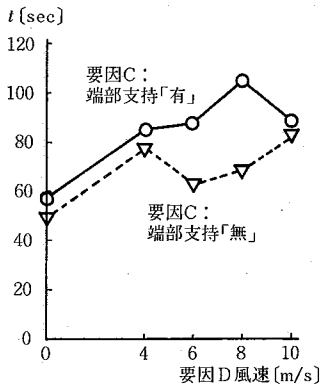


図5 実験II 1枚目型枠建込み時間

要時間には大きく影響するが、全体の所要時間にはあまり関係せず風速の影響の方が大きい。

3.4 「実験III」結果 (要因B = 風向の影響を中心として)

要因A (風上・風下), 要因B (90°・45°), 要因D (風速) の3元配置実験結果より, 作業難易については要因D (風速)の影響が見られるが, 要因B (90°・45°)による違いは認められない。しかし, 所要時間の分散分析からは, 1枚目型枠の建入れチェック所要時間が要因Bおよび要因BとDの交互作用において有意差有と認められた (有意水準5%)。ただし全体所要時間 T に関し, 要因Bは影響していない。

4. ま と め

1) 風速 (要因D) と作業難易との関係を表2にまとめる。風速 6 m/s 以下では風の影響はほとんど無く, それ以上では風速が増すに従い作業難易も増し, 今回の実験条件では風速 12 m/s が作業不可能の風速であった。

2) 要因A~Dのうち作業所要時間に大きく影響を与えるのは要因D=風速である。有意水準5%で有意差が認められた作業全体所要時間について, 各風速での平均値 (母平均) と信頼区間 (95%) の推定値<sup>注)</sup>を図6に示

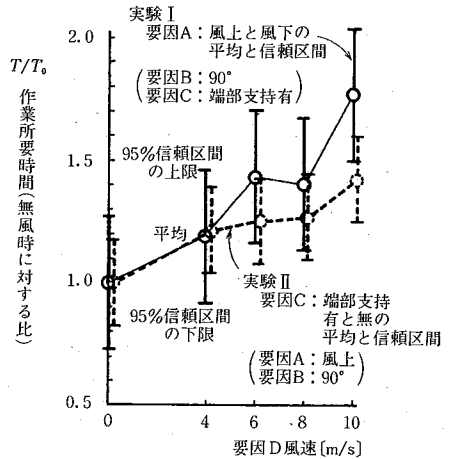


図6 信頼区間の推定

表2 型枠建起し作業難易と風速

風洞風速 U m/s	0	2	4	6	8	10	12
無風時より楽			△				
影響なし				△			
やや難					△		
難であるが出来る						△	
非常に難							△
非常に難 現場では中止すべき							△
作業不可能							▲

す (ただし無風時の所要時間  $T_0$  に対する比率  $T/T_0$  で表す)。風速 10 m/s では無風時の 1.2~2.0 倍程度まで所要時間は増す。

謝 辞

本研究に際し, (財)日本自動車研究所 第8研究室室長武藤真理氏ならびに同研究室の方々には多大なご協力をいただきました。また, (株)竹中工務店技術研究所主任研究員 室 英治氏からは実験前後を通してご協力いただきました。

ここに記して謝意を表します。

(1983年2月25日受理)

注) 信頼区間の幅は,  $\pm t(4, 0.05) \sqrt{V_R/2}$  より求める。ただし,  $V_R$  は分散分析残差変動,  $t(4, 0.05)$  は自由度4, 危険率0.05に対応する t 分布値である。

参 考 文 献

- 1) 村上周三・出口清孝・高橋岳生: 強風下における作業の安全限界に関する実験的研究, 生産研究, 34 卷 3 号, 1982 年 3 月
- 2) 村上周三・出口清孝: 強風の人体に対する力学的影響に関する研究—強風下における高所作業の安全限界を中心として—, 風工学シンポジウム, 1982 年 12 月
- 3) 三宅・中野ほか: SPSS 統計パッケージ, 東洋経済新報社, 1977 年