

強風が足場の組立解体を行う作業者に及ぼす影響の実験的評価

○大幢勝利（独立行政法人産業安全研究所） 日野泰道（独立行政法人産業安全研究所）
高梨成次（独立行政法人産業安全研究所）

1. はじめに

建設工事は屋外作業が多いため天候の影響を受けやすく、強風等の悪天候時には作業を中止し安全対策を施している。しかし、悪天候による作業中止の判断を誤った場合、一度災害が発生すれば人命に関わることなので取り返しのつかないものになることが多く、実際に強風により多数の死傷者を出す災害も発生している。

このため、建設工事中の強風による重大災害（一時に3人以上が死傷する災害）と死亡災害について分析を行った¹⁾。その結果、重大災害については足場の倒壊が最も多く発生しているため、これまでに強風による足場の倒壊災害防止に関する研究を行ってきた²⁾。一方で、強風による死亡災害については、墜落災害によるものが最も多くみられた。また、強風以外の原因を含めた墜落災害の内訳を調べると、足場からの墜落災害が最も多く発生していた。これらのことから、強風による足場の倒壊災害防止に加え、足場からの墜落災害の防止に関する研究を行い、強風に対する足場工事の総合的な安全対策について検討する必要があると考えられる。

そこで、本研究では、足場上の作業者の墜落災害防止対策を確立するための基礎資料を得ることを目的として、強風が足場の組立解体時の作業者に及ぼす影響を調べるための被験者実験を一樣流下の風洞内で行い、風速と作業の危険性との関係について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験用風路の製作

本実験は、当研究所で所有する風洞装置内で実施した。風洞装置内には第1測定胴と第2測定胴

の2つの測定胴があるが、その中で模型実験を行うことを主とした第1測定胴（高さ2m×幅2.3m）に比べ、断面が広く足場等が設置可能な第2測定胴（高さ4m×幅4m）において実験を行った。しかし、第2測定胴は送風機に非常に近いため、風速が場所により均一ではない。このため、強風が足場の組立解体に及ぼす影響を調べる実験を行う際に、不安定で再現性の乏しい風しか発生させることができなくなる。そこで、第2測定胴内に可能な限り一樣流を発生させるため、写真1に示すように第2測定胴内に仮壁を設置し実験用風路（幅2m×高さ4m）を製作した。

図1に、仮壁設置後の高さ1.85m、3.0m、3.55mの位置における断面方向の風速分布および乱れ強さを示す。この高さは、それぞれわく組足場の1層目の頂部、1層目の上に立った被験者の腰程度の位置、2層目の頂部の高さで、後述する被験者実験を行う範囲を含むものである。図1では、横軸に仮壁から風洞断面方向の水平距離、縦軸にそれぞれの位置において5回ずつ風速を測定した平均値を示すが、写真1の両サイドの壁付近で

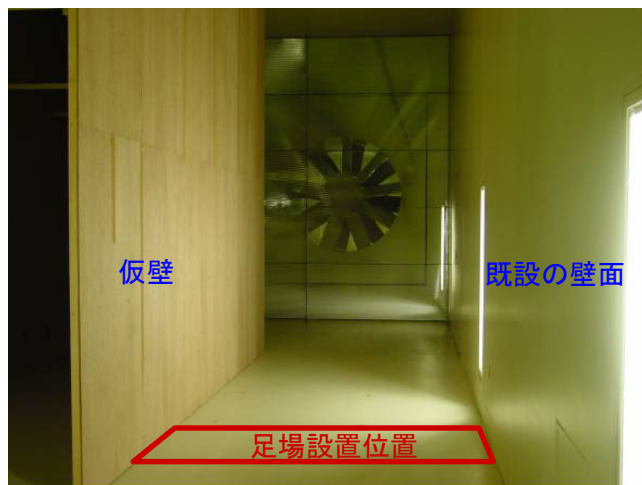
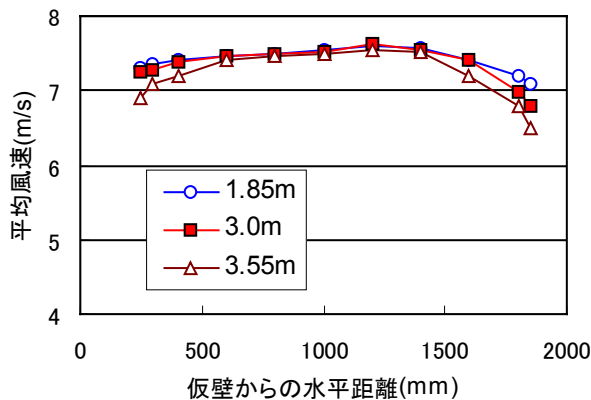
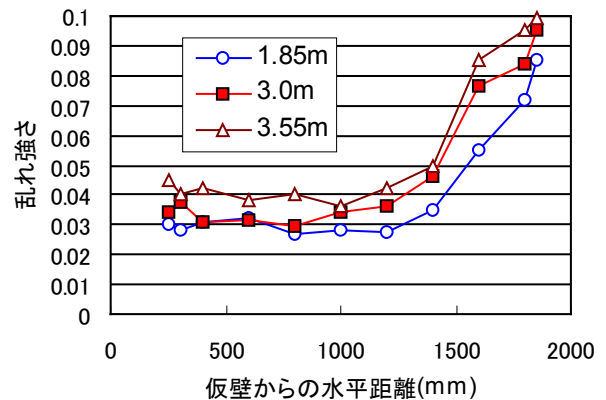


写真1 第2測定胴内に設置した仮壁



a. 平均風速



b. 乱れ強さ

図1 第2測定胴内における平均風速と乱れ強さの分布

特に高さ 3.55m で風速の落ち込みが大きいものの、それを除けば風速はほぼ一定である。また、図1には同様に各位置における乱れ強さを示す。各高さでの乱れ強さは、既設の風洞壁面付近で約10%と高いが、それ以外の場所では乱れ強さが5%以下となり乱れが小さくなっている。実験時の被験者は、仮壁と既設の風洞壁面のほぼ中央に立つため、実験を行う範囲ではほぼ一様流と考えて、この状態で被験者実験を行うこととした。

2.2 予備実験

実験に先立ち、まず、足場の組立解体中に、強風によりどのような作業が影響を受けるかを調べるための予備実験を行った。その際、労働安全衛生規則で作業中止基準として示されている10分間平均風速10m/sより低い、平均風速8m/sの風環境下で実験を行った。予備実験は、事前に組み立てられたわく組足場の1層目(1層の高さ1.7m)の上に作業者を立たせ、その上の2層目を組立解体する際に行い、図2に示すように足場の向きが風向に対し0°、45°、90°の場合において影響を受ける作業について調べた。組立解体を行った足場の部材は、枠組み足場を構成する主要な部材である、建枠、交差筋交い、および床付き布枠とした。

予備実験の対象とした作業者は3人で、作業終了後、アンケート形式で最も影響を受ける風向と作業内容について聞き取り調査を行った。その結

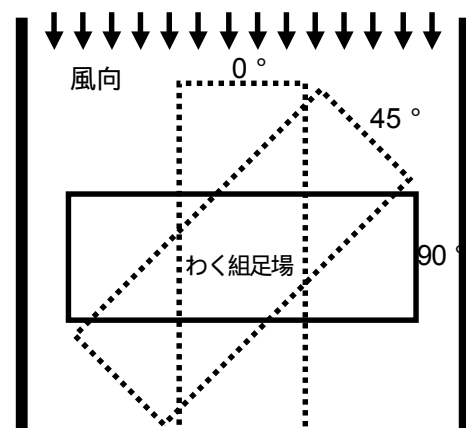


図2 足場の向きと風向



写真2 床付き布枠の取り付け・取り外し作業

果、風向については、3人の作業者全員が足場の向きが90°、すなわち足場に直角に風が吹く場合に最も作業がしづらいと答えた。また、作業内容については、建枠、交差筋交い、および床付き布枠それぞれの取り付け作業時における作業の

困難さを質問したが、風向と同様に3人の作業者全員が、床付き布杵を頭上で建杵に取り付け・取り外しを行う際に、風にあおられて最も作業がしづらいと答えた。これは、頭上で床付き布杵を保持したまま静止する時間が長く、風の影響を受けやすいためと考えられる。

2.3 被験者実験

予備実験の結果より、写真2に示すように足場の向きが風向に対して90°の場合において、被験者にわく組足場2層目の床付き布杵（質量16kg）の取り付け・取り外し作業を行わせ、風速と作業の危険性との関係について調べることとした。実験対象とした被験者は、足場の組立解体に従事した経験がある作業者10人とし、平均年齢は35.9歳、作業の平均経験年数は12.4年であった。

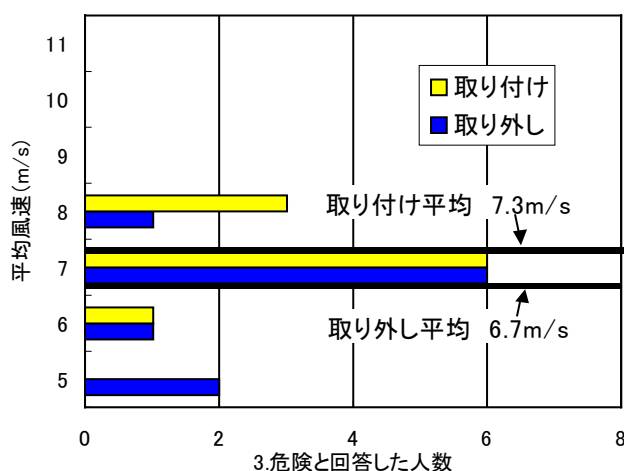
実験の方法は、平均風速を0m/s、および5m/sから1m/s刻みに上昇させ、それぞれの風速毎に、「1.安全」、「2.やや危険」、「3.危険」、「4.かなり危険」、「5.非常に危険」の5段階で作業の危険性を判断させた。作業の危険性の判断は被験者自身に行わせるものとして、これ以上は危険で作業できないと感じるレベルを「5.非常に危険」と判断させ、その他の段階についてはそれぞれの被験者の主観に任せることとした。また、風速の上昇と

危険性の増加を定量的に判断するため、取り付け作業と取り外し作業のそれぞれにおいて作業時間を測定した。その際、各風速において5回連続して床付き布杵の取り付け・取り外し作業を行わせ、それぞれ5回づつ作業時間を計測し、5回の作業時間の最大と最小を除いた3回の平均値により評価することとした。

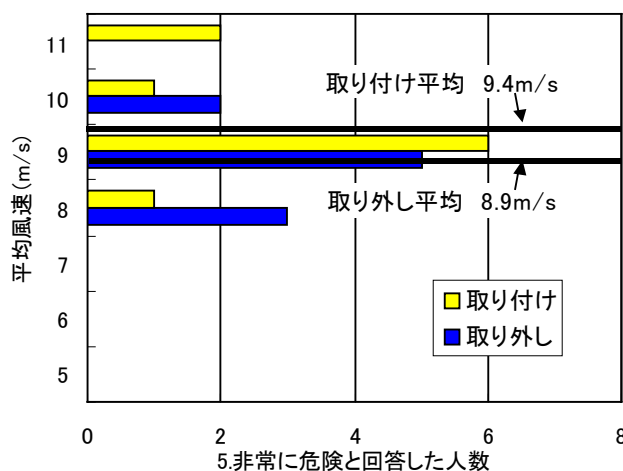
実験では、各風速で作業時間の測定と作業の危険性の判断を行わせた後、一旦作業を中断し被験者に十分に休息を取らせ、その後、次の風速に上昇させることを繰り返していった。最終的には、被験者が「5.非常に危険」と判断するまで風速を上昇させた。その際、安全上の配慮として、風により飛散する恐れのある床付き布杵は、写真2に示すように風路の天井に固定した金具を用いてロープで吊り下げた。また、被験者には安全帯を着用させ、すでに組み立てられている2層目の建杵に安全帯を取り付けさせた状態で実験を行った。

3. 実験結果

被験者実験の結果より、被験者が強風下での作業について、「3.危険」と感じるレベルと、「5.非常に危険」と感じるレベルを平均風速との関係として図3に示す。同図より、床付き布杵の取り付



a. 「3.危険」と感じる風速



b. 「5.非常に危険」と感じる風速

図3 強風下での被験者実験による危険性の判断結果

け作業より取り外し作業の方が、「3.危険」、「5.非常に危険」と感じるレベルの平均風速がどちらも低くなっている。よって、強風下においては、床付き布枠の取り外し作業の方が危険な作業であると考えられる。

また、「5.非常に危険」と感じるレベルは、これ以上作業を続けることができないほど危険であると感じるレベルとしたが、取り付け作業の平均は 9.4m/s、取り外し作業の平均は 8.9m/s であった。労働安全衛生規則では、10 分間平均風速が 10m/s 以上（解釈例規）の場合に高所での作業を中止することとされているが、本実験の結果、平均風速がそれ以下の場合においても、足場の組立解体作業は非常に危険であるということがわかった。

次に、図 4 は「3.危険」と感じる風速と「5.非常に危険」と感じる風速における作業時間を、平均風速 0m/s（無風時）の時の作業時間で基準化して表したものである。図 4 では、10 人の被験者の平均値として表すが、「3.危険」と感じる風速の場合には、無風時と比べ作業時間にほとんど変化は見られなかった。一方、「5.非常に危険」と感じる風速においては、床付き布枠の取り付け作業では無風時の 1.29 倍、取り外し作業では 1.51 倍となっており、作業時間に影響が見られた。よって、被験者がこれ以上は危険で作業できないと感じる「5.非常に危険」と感じるレベルでは、作業の危険性の増加を作業時間により定量的に確認することができた。

4. まとめ

本研究では、強風が足場の組立解体時の作業者に及ぼす影響を調べるため、一様流を発生させた風洞内で被験者実験を行った。その結果、以下のことがわかった。

被験者実験に先立ち行った予備実験の結果、わく組足場に直角に風が吹く場合に、足場の組立・解体作業が最もしづらいことがわかった。また、作業内容については、床付き布枠を頭上で建枠に取り付け・取り外しを行う際

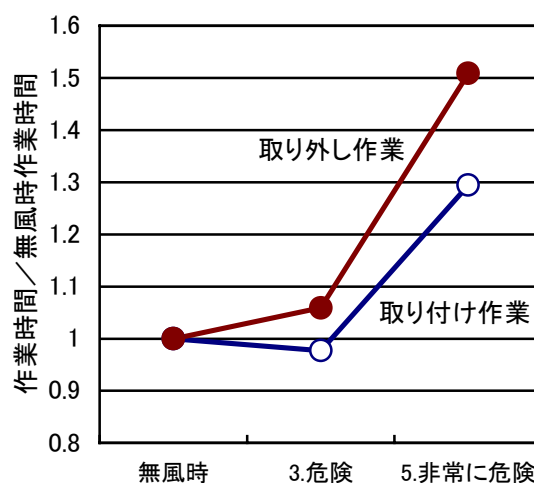


図 4 作業時間の測定結果

に、風にあおられて最も作業がしづらいことがわかった。

予備実験の結果に基づく 10 人の被験者実験の結果、作業が「非常に危険」と感じる風速は、10 人の平均で床付き布枠の取り付け作業の場合 9.4m/s、取り外し作業の場合 8.9m/s であった。これは、労働安全衛生規則で示されている作業中止基準の 10 分間平均風速 10m/s より低い風速である。

作業が「危険」と感じる風速と「非常に危険」と感じる風速における作業時間を、平均風速 0m/s（無風時）の時の作業時間と比較した結果、「危険」と感じる風速では無風時と比べ作業時間の变化は見られなかった。一方、「非常に危険」と感じる風速においては、無風時に比べ作業時間が大幅に増加しており、作業の危険性の増加を作業時間により定量的に確認することができた。

5. 参考文献

- 1) 大嶋勝利, アーサン・カリーム, 藤野陽三, 建設工事の風による災害に関する現状分析, 日本風工学会誌, No.81, 1999, pp.59-70.
- 2) Ohdo, K. and Kareem A., Reliability Analysis of Construction Scaffolding Systems under Wind Storms, Proceedings of PMC2000, Notre Dame, U.S.A., 2000 (CD-ROM).