

2. 足場に作用する風荷重の実測調査*

大幢勝利**, 高梨成次**, 日野泰道**, 齋藤耕一***

2. Measurement of Wind Load Acting on the Scaffolds*

by Katsutoshi OHDO**, Seiji TAKANASHI**, Yasumichi HINO** and Koichi SAITO***

Abstract; In Japan, temporary scaffolds are typically covered with plastic sheets to prevent construction equipment from falling. However, wind loads acting on scaffolds are increased significantly due to these sheets. This seriously impacts safety because wind loads have a major effect on the stability of the scaffolds due to the scaffolds' inherent instability under horizontal loads. In fact, the scaffolds often collapse under strong wind during construction and many people have been injured and killed. To prevent these fatal accidents, a design code for scaffolds under wind loads has been established and continuously developed.

The latest design code was instituted more than five years ago to prevent these fatal accidents, but despite the introduction of the new code several accidents have still occurred. Therefore, in this study, a field measurement of wind loads acting on the actual scaffolds that were 7 story - 6 bay frame structure was carried out. The scaffolds were set alongside the building in the National Institute of Industrial Safety. The surface of the scaffolds was covered with plastic sheets of 0 % porosity, and ties to the building wall were installed every 2 story - 2 bay of the scaffolds.

In the measurement, the wind loads acting on the sheets of the scaffolds and the ties were measured when wind speed around the scaffolds exceeded 10 m/s. The sampling frequency and the measurement duration time for measuring wind loads were 50 Hz and 10 minutes, respectively. The measurement was carried out from November 20th, 2003 to August 31st, 2004. The results were compared with the estimated values using the existing design method.

The results of this study are as follows:

1. The loads acting on the ties due to strong wind varied and concentrated on only some specific ties, especially the ties at the upper part of the scaffolds in this experiments.
2. From the results of the comparison between the measured and design values on the load acting on the ties, the measured values were higher than the design values on some ties.
3. Especially on ties that were set at the upper part of the scaffolds, the measured value was approximately 1.4 times higher than the design values.
4. Therefore, it can be concluded that the design load acting on the ties should be increased or the allowable strength of the ties should be decreased in the design stage for the scaffolds to the wind loads.

Keywords; Field measurement, Scaffolds, Wind loads, Tie, Construction, Design code

* The Ninth International Conference on Structural Safety and Reliability(2005)において一部発表

** 建設安全研究グループ Construction Safety Research Group

*** 科学技術振興事業団, 重点研究支援協力員 Supporting Staff for Priority Research, Japan Science and Technology Cooperation

1. はじめに

足場等の仮設構造物は、組立・解体を容易にするため非常に軽い部材で構成されており、接合部はピンやクランプなど簡易なものとなっている。また、飛来・落下物災害等の防止を目的として、足場の外周部はメッシュシート等で囲まれていることが多い。このため、風荷重などによる水平荷重に対する足場の安定性が問題となっており、実際に強風時に多くの倒壊災害が発生している。

これらの災害の発生原因としては、足場と建物を連絡する壁つなぎ材の破壊による倒壊や、足場を設置する建物の開口部を通り抜けた風による倒壊などが挙げられる。しかし、これらの現象は現行の風荷重に対する足場の設計指針¹⁾では考慮されていない。また、これまでに風洞実験²⁾や実測調査等³⁾による研究も行われてきたが、上記現象の解明にまでは至っていないのが現状である。

そこで、本研究では、足場の設置条件やそれを設置する建物側の影響に関する風洞実験の基礎資料を得ること、および強風時に足場の壁つなぎ材に作用する荷重を測定することを目的として、当研究所内に足場を設置して実測調査を行った。その結果を基に、壁つなぎ材に作用する荷重の実測値と現行の設計方法による計算値との比較を行い、足場のシートから壁つなぎ材に伝達される風荷重の評価方法について検討した。

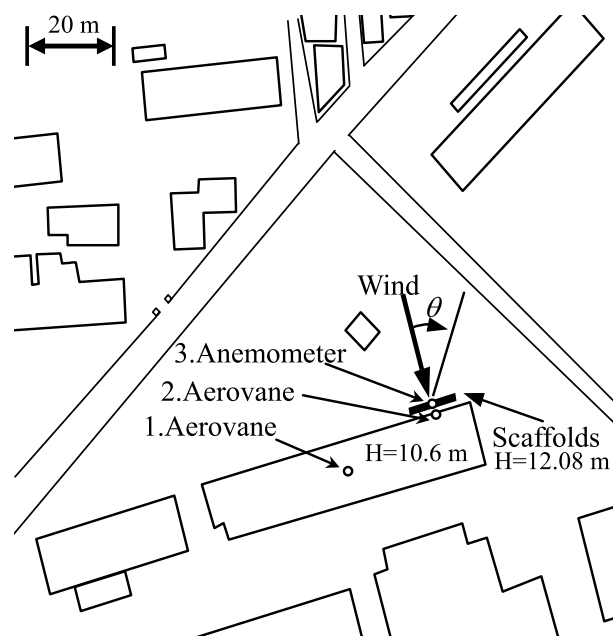
2. 実測調査の方法

2.1 足場の構造

実測調査は、Fig. 1に示すように、当研究所内の材料・新技術実験等の200トン実験室北側側面に立てられた、7層6スパンのわく組足場を用いて実施した。足場の状況を、Photo 1に示す。足場の1層の高さは1.7m、1スパンの幅は1.8m、わくの幅は0.9mであり、足場の全高はジャッキベースの高さを含め12.08m、全幅は10.8mとなる。足場前面にはエキスパンドメタルを設置し、それを覆うようにして防災シートを取り付けた。また、足場と建物を連絡する壁つなぎ材は、2層2スパン毎に12本取り付けた。

2.2 風荷重の測定方法

強風時に足場の壁つなぎ材に作用する荷重を評価するためには、入力側の荷重として、足場を覆う防災シートが受ける風荷重を測定する必要がある。そこで、Photo 2に示すように、足場前面に設置したエキスパ



1. At 3 m above the top of the center of the building.
2. At 3 m above the top of the center of the scaffolds.
3. At the top of the scaffolds

Fig. 1 Location of the scaffolds for the measurement.



Photo 1 Scaffolds set alongside the building.

ドメタルと足場の間に、ロードセルを取り付けることにより防災シートが受ける風荷重を測定した。ロードセルは、Fig. 2に示すように、各建枠の上下端に計54台取り付けた。

この風荷重を受け持つ壁つなぎ材は、Fig. 2に示すように足場の2層2スパン毎に12本取り付けた。Photo 3に、足場と建物、および壁つなぎ材の取り付け部分の拡大写真を示すが、まず建物側にロードセルを取り付け、次に足場の支柱に壁つなぎ材をクランプで取り

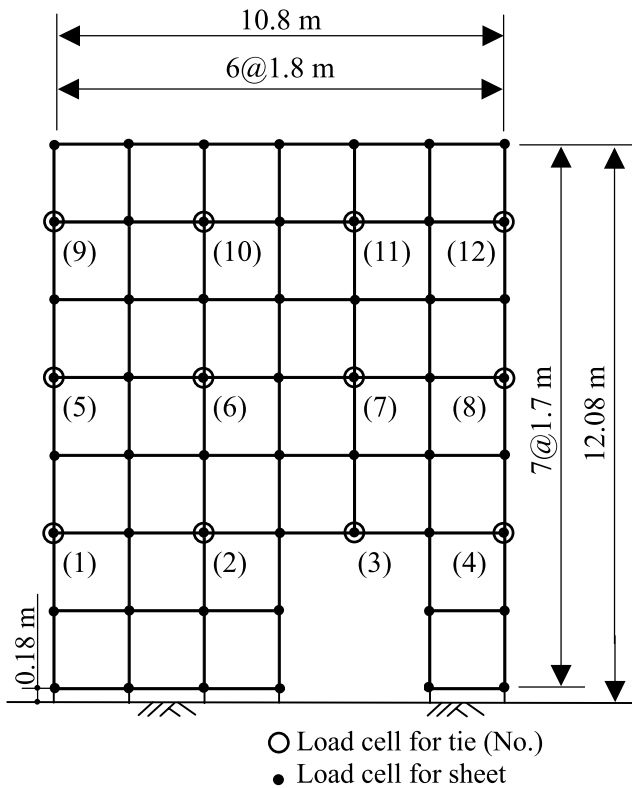


Fig. 2 Skeleton of the scaffolds.

付けることにより、強風時に壁つなぎ材に作用する荷重を測定した。壁つなぎ材の取り付けの際には、無風状態においてロードセルに荷重が作用しないように長さ調節材を調整しながら、壁つなぎ材とロードセルとを接続した。

ロードセルは、共和電業製の圧縮引張型の荷重計とし、足場を外壁に押し付ける方向と足場を外壁から引き倒す方向、すなわち防災シート及び壁つなぎ材に作用する圧縮引張双方方向の荷重を測定した。壁つなぎに作用する荷重の測定はサンプリング周波数50Hzで行い、Fig. 1に示すように、足場上および周辺に設置した3台の風速計 (Photo 4参照) または風向風速計 (Photo 5参照) のいずれかが、瞬間風速10m/sを越えた際にトリガーをかけて10分間測定した。

実測調査は平成15年11月20日より開始し、平成16年8月31日まで実施した。

3. 現行の設計方法による計算方法

現行の設計方法による荷重の評価方法を、壁つなぎ材に作用する荷重の実測値と現行の設計方法による計算値との比較を行うこととした。その際、入力側の風荷重は実測された防災シートの風荷重データを用い、壁つなぎ材に作用する荷重の計算にのみ現

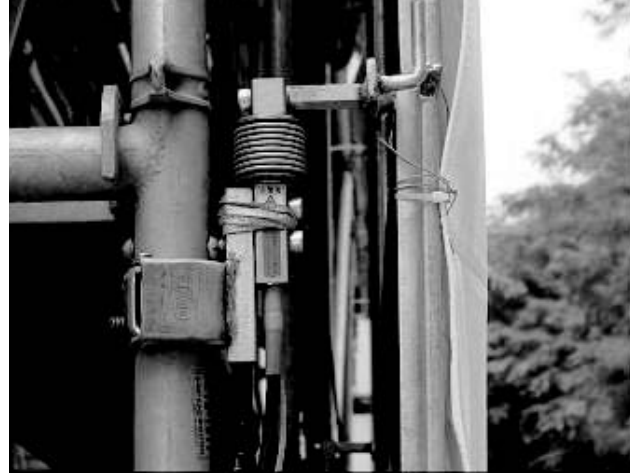


Photo 2 Load cell for the sheet.

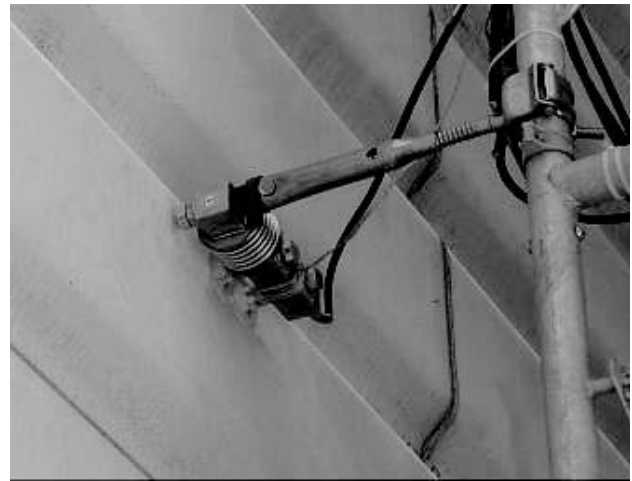


Photo 3 Load cell between the tie and the building.

行の設計方法の考え方を適用することとした。この時の壁つなぎ材に作用する荷重の実測値と現行の設計方法による計算値を比較することにより、防災シートから壁つなぎ材に伝達される風荷重の評価方法が、現行の設計方法で適切であるかどうかを判断することができる。

現行の設計方法による荷重の評価方法を付録に示すが、実測されたデータは膨大であるため、付録に示す方法で何度も計算を行うことは困難である。そこで、Fig. 3に示すように、付録による計算方法を考慮した骨組みモデルを作成し、壁つなぎに作用する荷重を計算した。

4. 実測調査の結果

4.1 足場を覆う防災シートが受ける風荷重

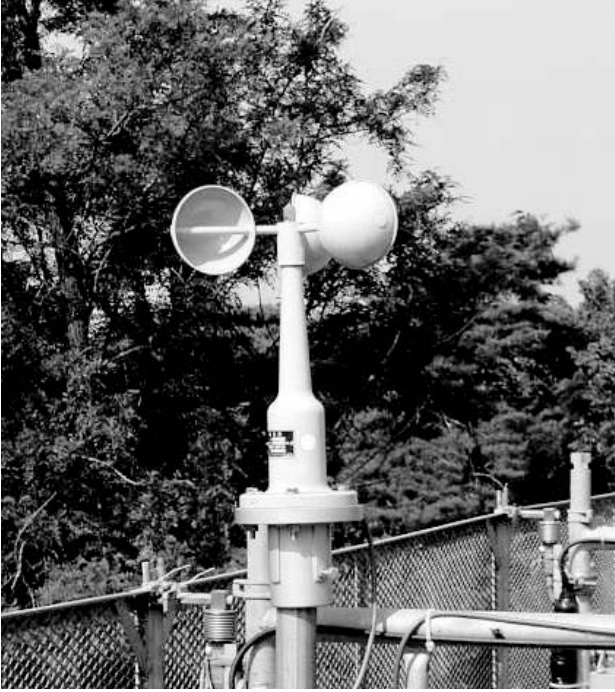


Photo 4 Anemometer for the measurement.



Photo 5 Aerovane for the measurement.

測定されたデータは、足場の中心から3m上に設置した風向風速計のデータを基に、Fig. 1に示すように足場前面に対して直角方向からの風向を 0° として、時計回りで 30° の風向毎に分類した。その際、測定時間10分間においては風向の変動が激しいため、風荷重の評価時間を1秒間として、実測期間内の最大風速時の防災シートが受ける風荷重の分布を風向毎に求めた。その結果より、足場を建物外壁に押し付ける方向の風荷重を正、足場を外壁から引き倒す方向の風荷重を負として、防災シートが受ける風荷重の分布を風向 0° から 30° 毎にFig. 4に示す。

風向別にみると、Fig. 4より $\theta = 330^\circ$ の時、正の最大値が現れた。また、 $\theta = 150^\circ$ の時、負の最大値が現れた。正負とも足場上部において、防災シートが受ける風荷重が非常に大きくなっており、正負の最大値が現れた場合においては特に顕著であった。

Fig. 5は各風向における風荷重の最大値を、風速10m/sとして基準化したものである。正の場合には $\theta = 0^\circ$ の時に最大となっている。すなわち、同じ風速で考えれば、足場前面に対して直角方向からの風向の場合に、防災シートに作用する風荷重が最大となる。一方、負の場合には $\theta = 90^\circ$ の時に最大となるが、 $\theta = 270^\circ$ の時もほぼ同じ風荷重となり他の風向に比べ非常に大きくなっている。両風向は足場前面と平行、すなわち足場の真横からの風向であるが、正の風荷重も比較的大きくなっている。これは、風向のわずかな変

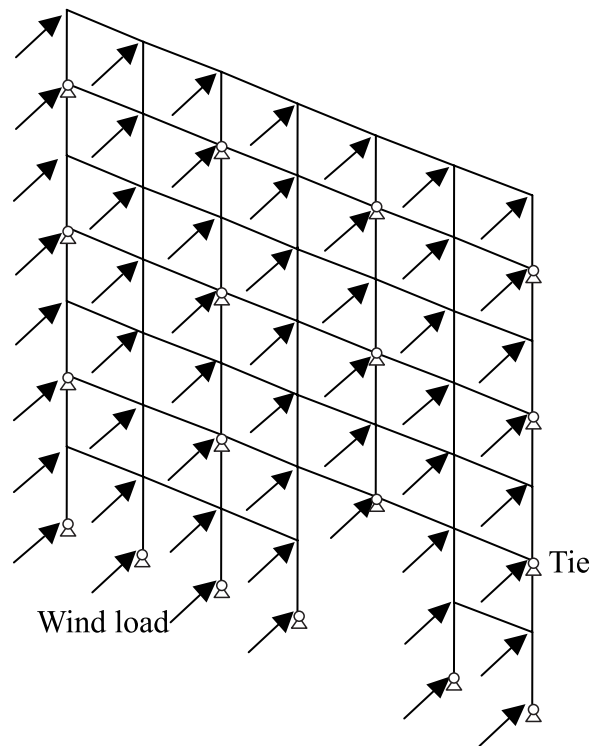


Fig. 3 Analysis model by design method.

化により風荷重の正負が入れ替わっているためと考えられる。これらの傾向は、風洞実験の結果⁴⁾と定性的によく一致している部分が多い。

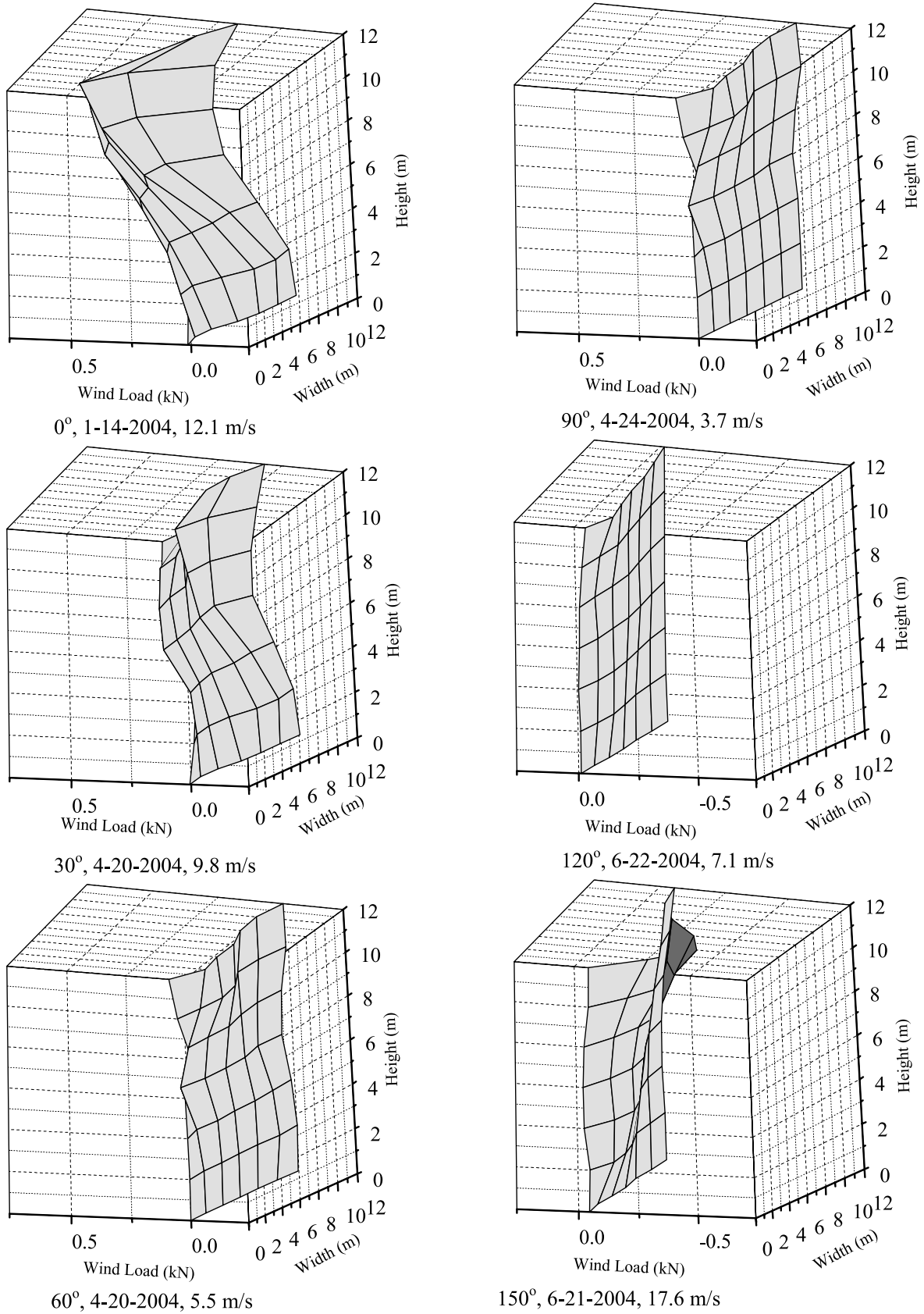


Fig. 4(a) Distribution of the wind loads acting on the sheets of the scaffolds (0-150°).
 (Wind direction θ , Month-Day-Year, Wind speed).
 足場のシートに作用する風荷重の分布(0-150°)

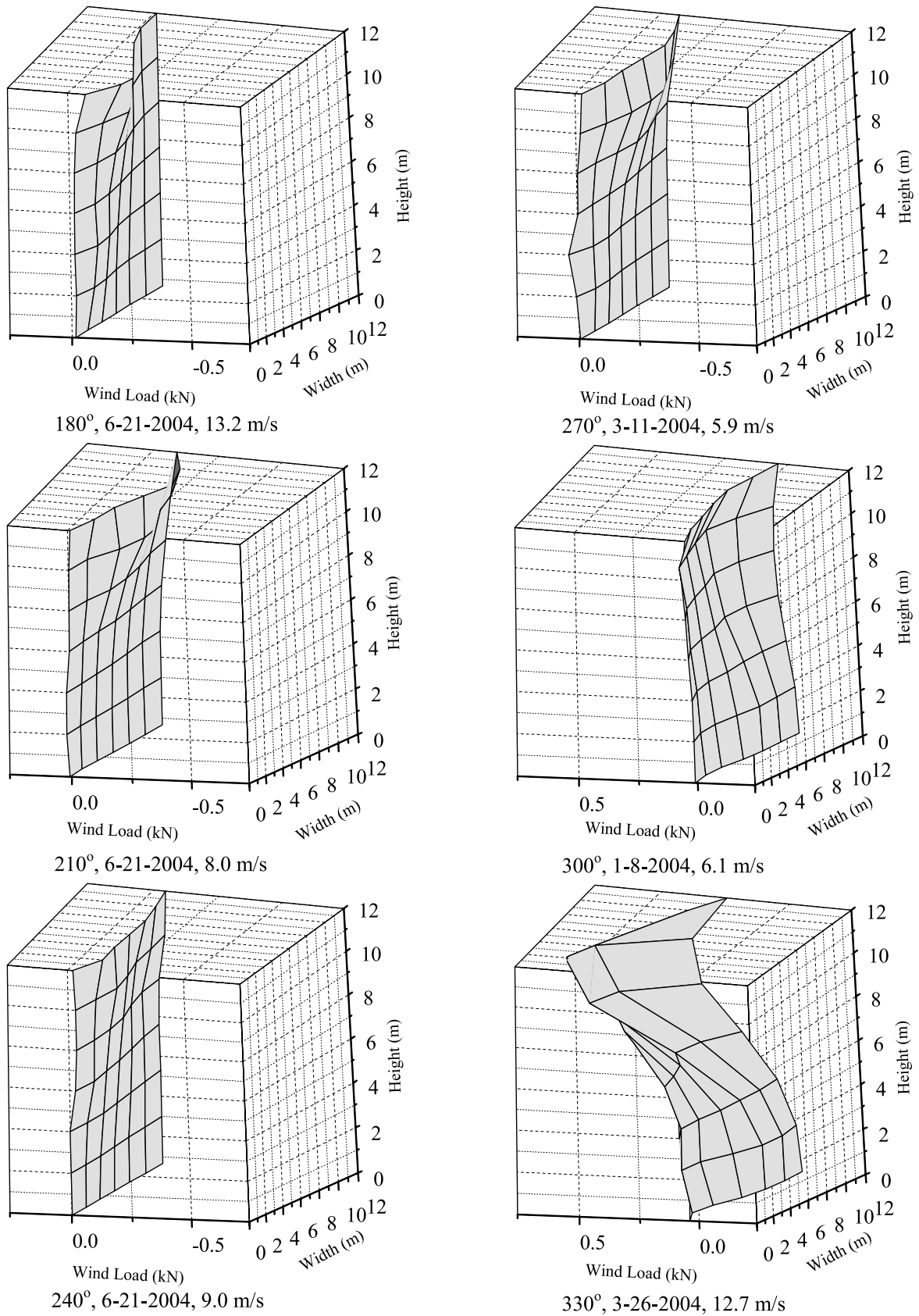


Fig. 4(b) Distribution of the wind loads acting on the sheets of the scaffolds (180-330°).
 (Wind direction θ , Month-Day-Year, Wind speed).
 足場のシートに作用する風荷重の分布(180-330°)

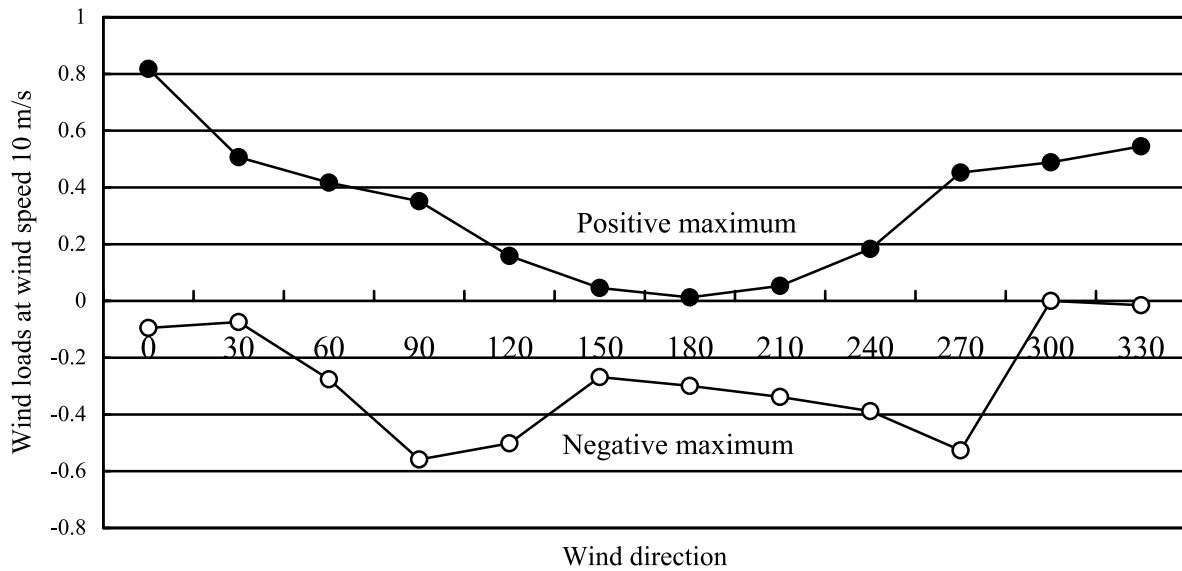


Fig. 5 Wind loads at wind speed 10m/s.

4.2 壁つなぎ材が受ける荷重

4.1節で正負の最大値が現れた時の壁つなぎ材が受ける荷重分布を、同様に評価時間1秒間としてFig. 6に示す。Fig. 6より、壁つなぎ材に作用する風荷重は正($\theta = 330^\circ$)、負($\theta = 150^\circ$)とも足場最上段で非常に大きくなり、特定の壁つなぎ材に荷重が集中している。これは、4.1節に示すように防災シートに作用する風荷重が足場上部で非常に大きくなっているためであり、その風荷重が足場最上段の壁つなぎ材に集中したものと考えられる。

4.3 実測値と現行の設計方法による計算値との比較

実測された壁つなぎ材に作用する荷重を、現行の設計方法による計算値と比較することとする。現行の設計方法により計算する際には、Fig. 3に示す骨組みモデルを用い、このモデルにFig. 4に示した風荷重の分布を入力して壁つなぎ材に作用する荷重を計算した。その結果を、Fig. 7に示す。

Fig. 7より、一部の壁つなぎで実測値が現行の設計方法による計算値を上回っている。風荷重が非常に小さい場合には壁つなぎ材が破壊される危険性が小さいため、風荷重の絶対値が0.5kN以上の場合で考えると、負の最大の時に壁つなぎNo.10では実測値が計算値の約1.4倍となっている。

これを、4.1節で示した全風向において実測値と計算値の関係として表すと、Fig. 8に示すようになる。

Fig. 8では、縦軸に実測値、横軸に計算値を示すが、t検定を行うと両者の平均値には有意差が見られた($t=2.036$, $df=176$, $p<0.05$)。これを、前述したように風荷重の絶対値が0.5kN以上の場合で考えると、実測値と計算値の比の平均値は1.09、変動係数は0.23となるため、統計的に見ても実測値が計算値を上回っており、かつ非常にばらつきが大きいことがわかった。

以上の結果より、防災シートが受ける風荷重は壁つなぎ材に正しく伝達されておらず、特定の壁つなぎ材に集中していると考えられる。この要因として、足場の部材のガタや施工誤差等が挙げられるが、これらの影響については未解明な部分も多いため、強風時に壁つなぎ材に作用する荷重の設計時には、壁つなぎ材の設計耐力をある程度低減する、あるいは風荷重を大きく見積もる必要があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、強風時に足場の壁つなぎ材に作用する荷重を評価するため実際の足場を用いて実測調査を行った。その結果をまとめると、以下のようになる。

- ① 防災シートが受ける風荷重の分布を評価時間1秒間として風向別にみると、実測期間内においては $\theta = 330^\circ$ の時に正の最大値が、 $\theta = 150^\circ$ の時に負の最大値が現れた。
- ② 正負とも足場上部において、防災シートが受ける風荷重が非常に大きくなっており、正負の最大値が現れた場合においては特に顕著であった。

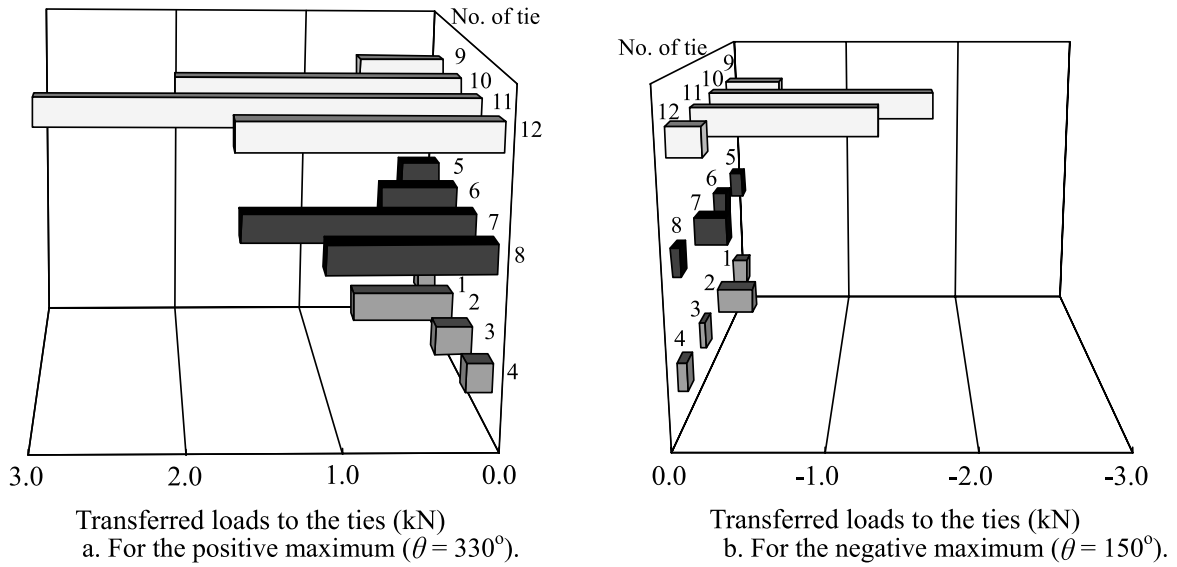


Fig. 6 Distribution of wind loads acting on the ties obtained from the measurement.

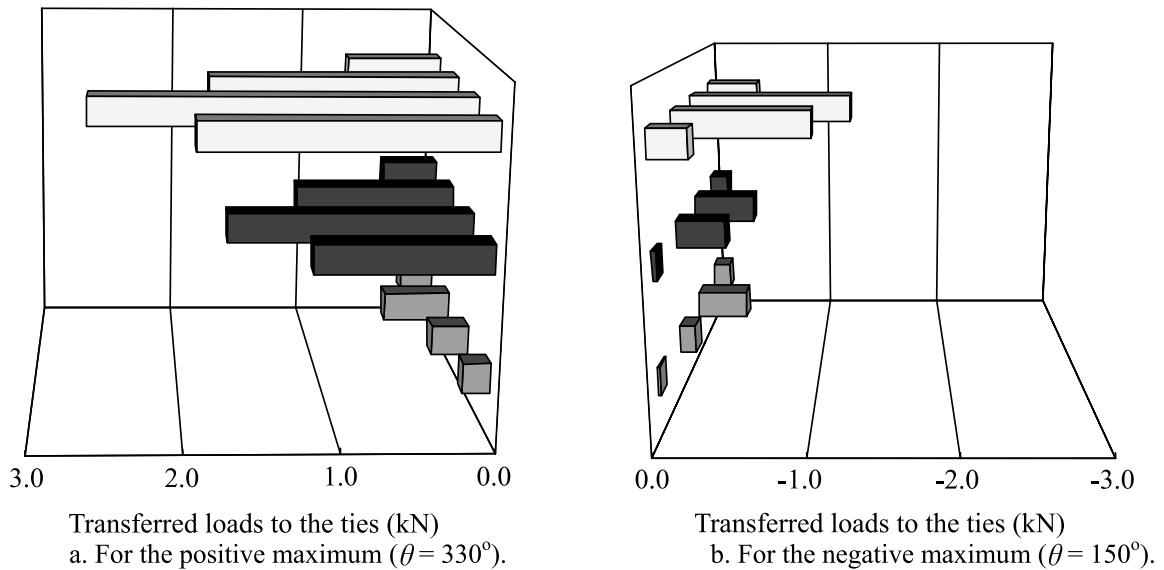


Fig. 7 Distribution of wind loads acting on the ties obtained from design method.

- ③ 各風向における風荷重の最大値を平均風速10m/sとして基準化すると、正の場合には $\theta = 0^\circ$ 、すなわち足場前面に対して直角方向からの風向の場合に最大となった。
- ④ 一方、負の場合には $\theta = 90^\circ$ 、すなわち足場の真横からの風向の場合に最大となった。これらの傾向は、風洞実験に基づく既往の研究結果と定性的によく一致している部分が多い。
- ⑤ 壁つなぎ材が受ける荷重は、足場最上段の特定の壁つなぎ材に集中していることがわかった。
- ⑥ 実測値と現行の設計方法による計算値を比較すると、実測値が計算値の約1.4倍となっているケース

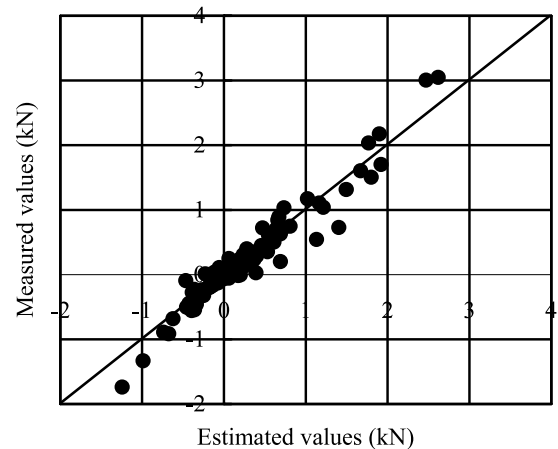


Fig. 8 Relation between measured and estimated values.

があった。

- ⑦ 実測値と計算値についてt検定を行うと、両者の平均値には有意差が見られた。また、両者の比の平均値は1.09、変動係数は0.23となるため、統計的に見ても実測値が計算値を上回っており、かつ非常にばらつきが大きいことがわかった。
- ⑧ 以上の結果より、強風時に壁つなぎ材に作用する荷重の設計時には、壁つなぎ材の設計耐力をある程度低減する、あるいは風荷重を大きく見積もる必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 風荷重に対する足場の安全技術指針，仮設工業会，1999.
- 2) 吉田正邦，眞田早敏，本郷 剛，中村 修；建設足場に設置された養生シート及び防音パネルに作用する風荷重に関する実験的研究，鹿島建設技術研究所年報，第28号，pp.129-136，1980.
- 3) 木下鈞一，河尻義正；実大実験による風荷重の検討，産業安全研究所特別研究報告，RIIS-SRR-81-1，pp.19-31，1981.
- 4) 日野泰道，佐藤昇，ポンクムシン ソンボル，大幢勝利，高梨成次；風洞実験による実測調査結果の予測可能性と推定誤差に関する検討，NIIS-SRR-No31，2005.
- (平成17年5月31日受理)

付録 現行の設計方法（風荷重に対する足場の安全技術指針，仮設工業会，1999，より抜粋）

7. 応力算定

7.1 壁つなぎの応力の算定

風荷重による壁つなぎの応力の算定は，次によることができるものとする。

(1) 上端及び側端の壁つなぎ

図3.1における斜線部分を張出し梁とみなし，その支点反力を当該壁つなぎの応力とする。

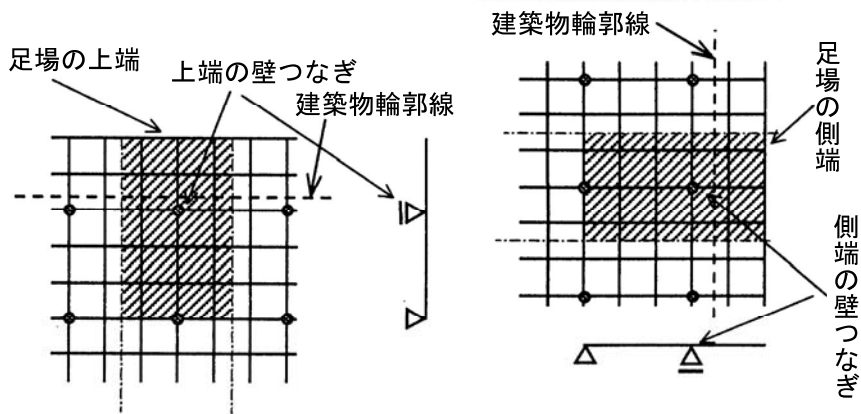


図3.1

(2) その他の壁つなぎ

図3.2における斜線部分を単純梁の連鎖とみなし，その支点反力を当該壁つなぎの応力とする。

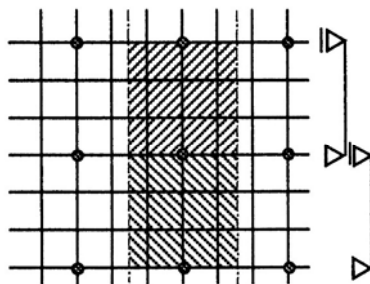


図3.2