

5. 仮設足場の新しい耐風補強手法に関する検討

日野泰道*, 大幢勝利*

Study on a New Reinforcement Method of Temporary Scaffolds

by Yasumichi HINO* and Katsutoshi OHDO*

Abstract; Temporary scaffolds used at the construction sites are designed and erected with safety considerations to prevent scaffold collapse due to the strong wind. Some kinds of countermeasures are carried out to prevent it. For example, a lot of ties and the mesh-sheet are usually used. Ties are tools for connecting scaffolds to buildings under construction and to resist the wind pressure acting on the scaffolds. Also, the mesh-sheet is a tool for prevention of some kind of construction materials falling. It also can reduce the wind pressure because its surface area is smaller than that of normal sheets. However, there are some cases some regions with the strong wind in every year that required very large numbers of ties, which are calculated based on the wind-resistant design. Therefore, it is necessary for such a construction site to create a new concept design or reinforcement methods for the scaffolds that is based on detailed investigations to reduce the necessary amount of the ties.

The wind pressure acting on the scaffolds is estimated as the sum of its front side and the rear side. And also, the wind pressure acting on the scaffolds attached to buildings under construction is larger than the only scaffold model. The reason is mainly the increase of wind pressure acting on the rear side of scaffolds. This knowledge is based on past investigations. Accordingly, this study tried to investigate the possibility of a new concept for scaffold. This method is to control the wind pressure acting on the rear side of scaffolds, to cover the gaps between the scaffolds and buildings under construction by using some sheets without mesh, not to add many ties, not to change from normal sheets to the mesh-sheets. In other words, it is predictable that the wind pressure acting on the rear side of the scaffolds would not affect if all the gaps are covered by some sheets without mesh.

In this study, wind tunnel tests by artificial wind and full scale tests by natural wind were carried out to investigate the possibility of this reinforcement method based on such a concept.

The major findings obtained in this study can be summarized as follows.

- 1) Wind pressure acting on the rear side of scaffolds mostly reduced by the reinforcement method.
- 2) The total of the wind pressure is also reduced by covering all the gaps between the scaffolds and buildings under construction.
- 3) This method can also be used for the scaffolds attached to buildings under construction which has some holes in exterior walls, if the holes area is less than 25% of the exterior walls
- 4) This result was verified by not only the wind tunnel tests, but also by full scale tests by using actual scaffolds.

Keywords; Scaffolds, Strong wind, Collapse, Falling down, Risk

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

1. はじめに

建設現場で用いられる仮設足場は、強風に対する安全性を考慮して設計がなされ、また施工がなされている。このような足場の設計では、大きな風荷重が想定される場合、それを負担する壁つなぎ材を多く配置したり、あるいは風の作用面積を減らす工夫として、足場に取り付けるシート(物の飛来落下等の防止を意図したものを)、充実率の小さい網状のもの(メッシュシート)に変える等の措置が取られているのが現状である。そのため強風が予想される地域などでは、その設計上、極めて多くの壁つなぎ材が必要とされる場合も見受けられる。

一方、これまでの足場に作用する風荷重に関する一連の研究^{1),2)}等の知見によると、足場に作用する風荷重とは、足場の正面側から受ける風荷重と背面側から受ける風荷重の和で表現されるのは明らかである。そこで本研究では、これらの知見を利用した新しい補強方法の可能性について検討することとした。その方法とは、壁つなぎの本数を増やすとか、メッシュシートの充実率(目の粗さ)を変えるというのではなく、足場と建物の間の隙間で生じる風荷重(背面側から受ける風荷重)をコントロールする方法である。すなわち足場に作用する風荷重を増大させる原因は、足場と建物の隙間に大きな風圧力が生じることにあるから、この隙間への風の流入を防止するようにシートで

補強すれば、足場に作用する風荷重を大幅に低減できると考えられる。

そこで本研究では一つの試みとして、このような考えに基づいて補強された足場モデルに対し、風洞実験および実測調査を実施して当該補強方法の可能性について検討を行った。

2. 風洞実験の概要

Fig.1に実験対象としたモデル、Table1に実験パラメータを示す。実験パラメータは、足場と建物の隙間の補強方法の違いとして5種類、外壁の開口部の大きさの違いとして4種類、風向として12種類であり、計240ケースについて風洞実験を行った。当該モデルは、文献1と同じもの(1/150スケールのモデル)を使用し、またその気流特性も文献1と同じものを使用した。Fig.2に風洞実験で用いた気流分布を示す。気流作成のための具体的なラフネスブロックやスパイヤーの設置方法については、文献1を参照されたい。

3. 計測方法とその評価方法

本研究で使用した実験・計測システムは、文献1、2と同じである。具体的な実験システムについては、文献1を参照されたい。本実験での計測項目は、風洞内部における平均風圧力と足場の正面側および背面側に作用する風圧力である。計測機器も文献1、2と同じも

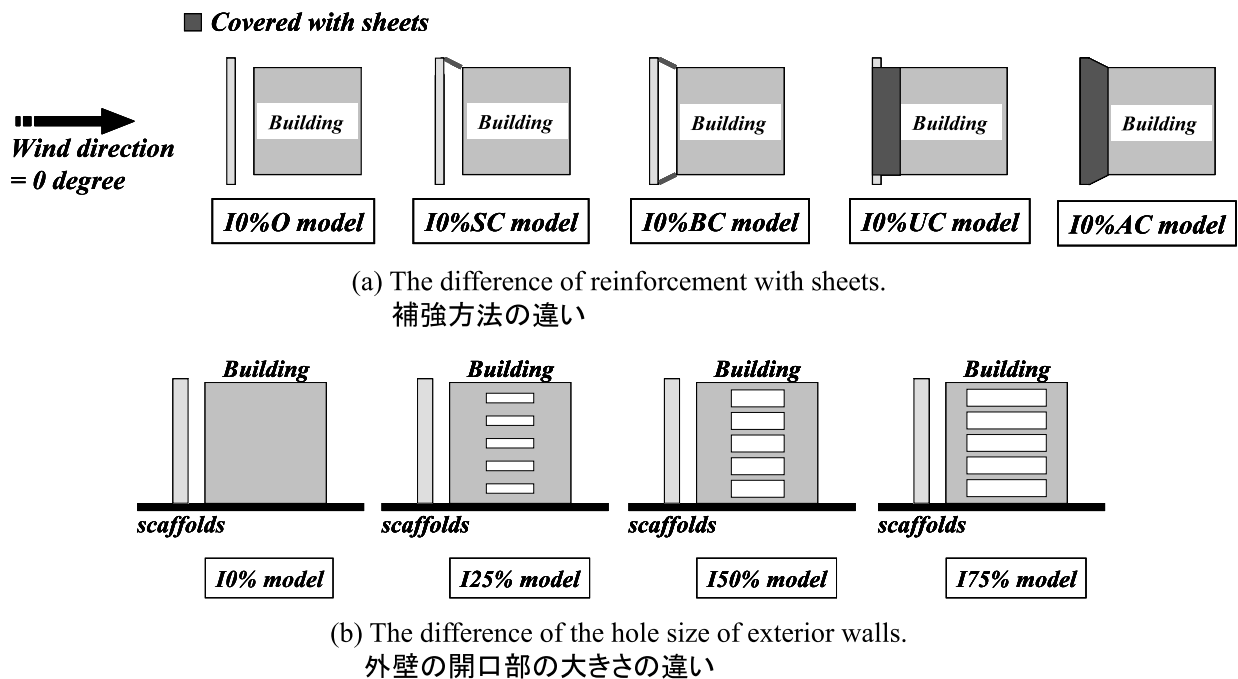


Fig.1 Experimental Models.

Table1 Experimental parameters.
実験パラメータ

実験パラメータ	内容	計
補強方法の違い	補強なし (O model) 片端のみ補強 (SC model) 両端のみ補強 (BC model) 上端のみ補強 (UC model) すべての隙間を補強 (AC model)	5種類
外壁の開口部の大きさ	外壁の表面積に換算して 0%、25%、50%、75%	4種類
風向	0°~180°を 15°刻み	13種類

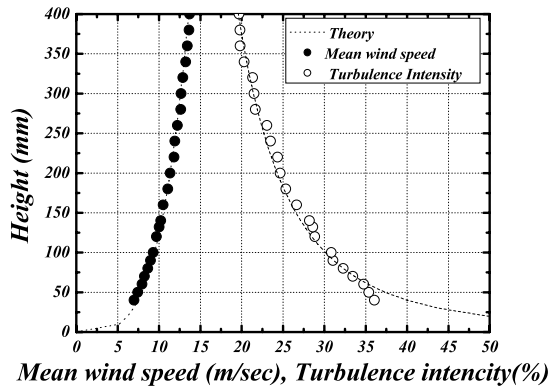


Fig.2 Mean wind speed and turbulence intensity profile.

のをを用いた。足場各部に作用する風圧力の計測点は表裏併せて合計76点である。なお、各実験で得られた足場に作用する風圧力は、単純比較を可能とするため、下式により無次元化を行った。なお以後の検討では、この無次元量を、それぞれ総圧 ($C_{p(i,j)}$)、正面圧 ($C_{p(+)(i,j)}$)、背面圧 ($C_{p(-)(i,j)}$)と呼ぶこととする。

$$C_{p(i,j)} = C_{p(+)(i,j)} - C_{p(-)(i,j)} \quad (1)$$

$$C_{p(+)(i,j)} = \frac{q(+)(i,j)}{q_z} \quad (2)$$

$$C_{p(-)(i,j)} = \frac{q(-)(i,j)}{q_z} \quad (3)$$

ここで、

$C_{p(i,j)}$: (i,j)点における無次元化平均風圧力 (以下、風圧係数、または総圧)

$C_{p(+)(i,j)}$: 足場の正面側に作用する風圧力を平均風速で無次元化したもの (以下、正面圧)

$C_{p(-)(i,j)}$: 足場の背面側に作用する風圧力を平均風圧力で無次元化したもの (以下、背面圧)

q_z : 足場頂部における平均風圧力

$q(+)(i,j)$: 足場の正面側に作用する風圧力の平均値 (Fig.4参照のこと)

$q(-)(i,j)$: 足場の背面側に作用する風圧力の平均値 (Fig.4参照のこと)

(i,j) : 足場各部における計測点の座標

4. 補強した足場の基本特性

Fig.3に、各種補強効果を風洞実験により検討した結果を示す。なおこれらのモデルは、いずれも外壁に開口部のない建物に足場を設置したものである。またこの図は、基本モデル (10%O model) の足場各点における風圧力を横軸にとり、他のモデル (10%SC model、10%BC model、10%UC model、および10%AC model) の結果を縦軸に取って、両者の値を比較したものであり、図中に示した直線式 ($y=x$) 上に○印がプロットされたとき、両者は同じ風圧力を生じたことを示すものである。

まず総圧 (Fig.3のTOTAL) の両者の関係についてみてみると、データが大きくばらついているものの、風圧力がプラスの値の領域 (足場を建物の方向へ押し倒す方向の力が作用する場合) では、おおよそ基本モデルと等しいか、あるいは小さい風圧力となっている

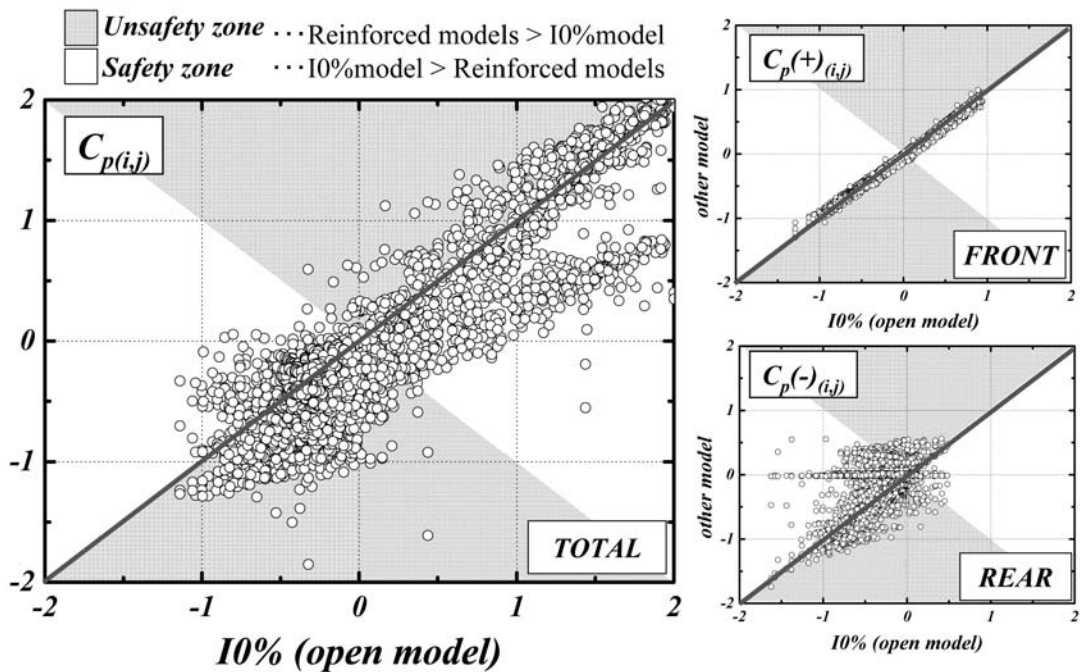


Fig.3 O model and other model relation on wind pressure acting on each points of scaffolds.

ことがわかる。このことから、いずれかの補強方法により、風圧力の低減効果が生じたことがわかる。一方マイナスの値の領域(足場を建物から引き離す方向への力が作用する場合)では、あまり補強効果は得られず、むしろ風圧力が大きくなってしまふ場合が多く見受けられる。このことから、マイナス側の値の結果となる領域での性状を詳しく調査する必要がある。なお、足場の作用する風圧力は、特に正面圧 (Fig.3のFRONT) でほとんど違いが生じていないことが図より明らかであるから、以下の検討では、背面圧 (Fig.3のREAR) の性状について詳しく検討することとする。

5. 補強方法の違いとその効果

Fig.4に風向 30° および 150° における各モデルの背面圧 $C_p^{(-)}(i,j)$ の分布性状を示す。風向 30° の場合、よどみ点が足場の右端になるため、文献2の知見を考慮すれば、その最大値は右端上方となることが予想される。これに対して風洞実験の結果は、基本モデル(O model)および両端補強モデル(BC model)では予想と一致した結果を示しているが、上端補強モデル(UC model)では上方で風圧力が大きいという従来の背面圧の分布性状とは異なる結果となっている。これは、まさに上端をシートで覆ったことにより、足場上空の速い風の流が、建物の隙間の空気に悪影響を及ぼさなかったためと考えられる。なお両端補強モデルでは、基本モデルと足場上方における背面圧分布が相

似の関係にあり、また下方において基本モデルより大きな風圧力が発生している。これは、建物4方向のうち3面について、足場が設置された場合についての文献2の結果と等しい関係にある。つまり当該風圧力は、足場両端を覆うことにより、当該隙間の空気の横方向への流れが遮断されたため、足場上方の風の流による影響を受けやすくなったためと考えられる。このことから足場の片端あるいは両端を補強した場合の効果は、それぞれ足場がL型に配置された場合(建物4方向のうち2面について、足場が設置された場合)、あるいはU型に配置された場合の風圧力分布と等しい関係にあり、大きな補強効果は期待できないと言える。一方すべての隙間を補強したモデルでは、背面圧がほぼゼロとなっており、基本モデルと比較して大幅な風圧力の低減が実現できている。このことから、足場と建物の隙間をすべてシートで覆う補強方法は、背面圧を低減させる上で極めて有効であると考えられる。なお総圧に換算した場合、UC modelでは、基本モデル(O model)と比較して、足場上方で6割程度の低減が実現し、またAC modelでは、半分以下に低減させることが風向 30° の場合で実現できていた。

一方、風を背面から受ける場合(風向 150°)においても、風を正面から受ける場合(風向 30°)と同様に、当該補強により、特にUC modelやAC modelで大きな補強効果(背面圧の低下)が実現できていることがわかる。このことから補強効果を期待するためには、足

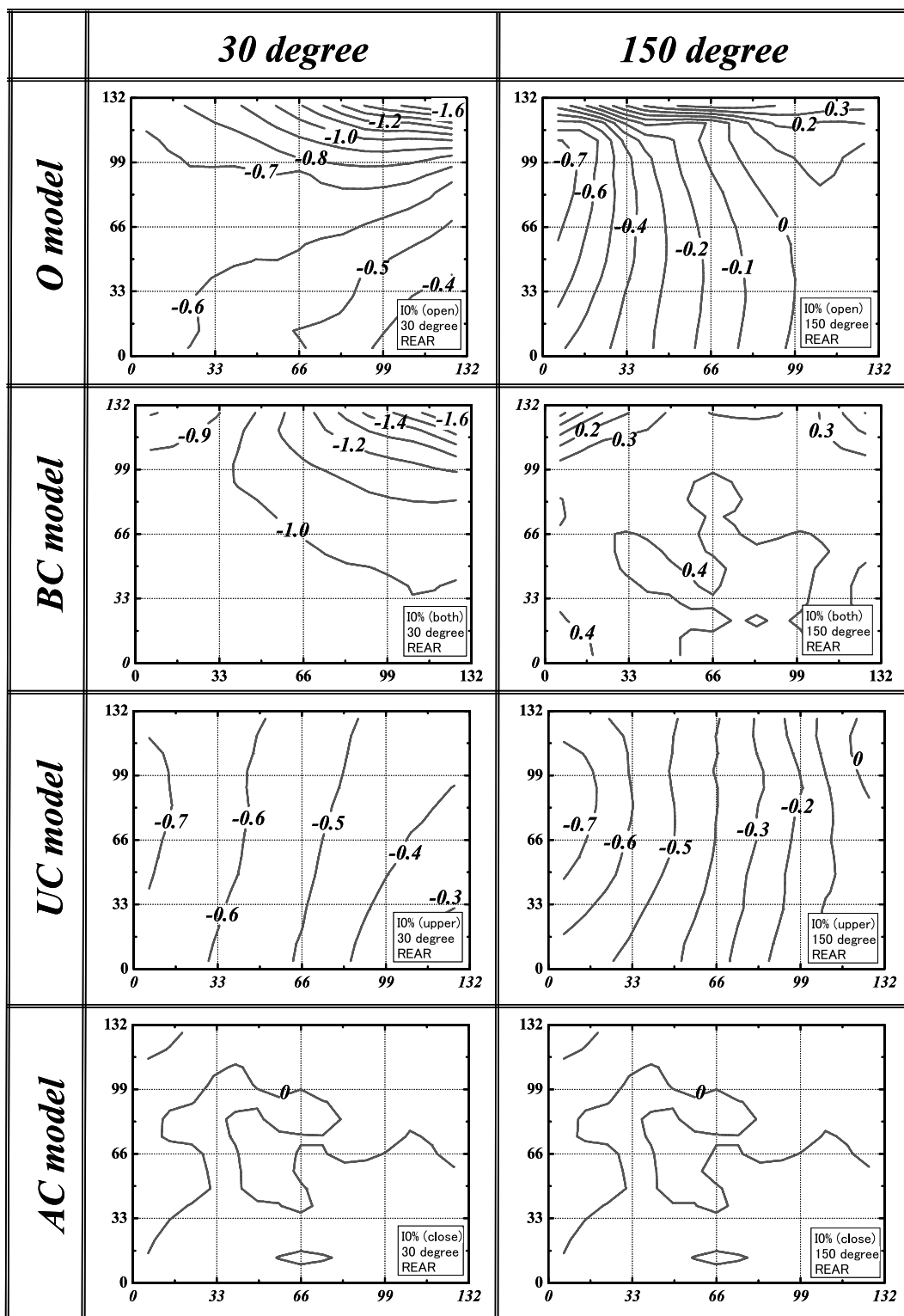


Fig.4 $C_p(-)_{(i,j)}$ distributions on different reinforcement model experiments.

場上方を補強することがまずは大前提であり、さらに足場両端を補強すれば、足場に作用する背面圧を大幅に低減させることが可能であると思われる。そこで

このことを確認するため、Fig.5に基本モデル(O model)とUC modelおよびAC modelとの背面圧の関係、および総圧の関係を比較したものを示す。まず背面圧

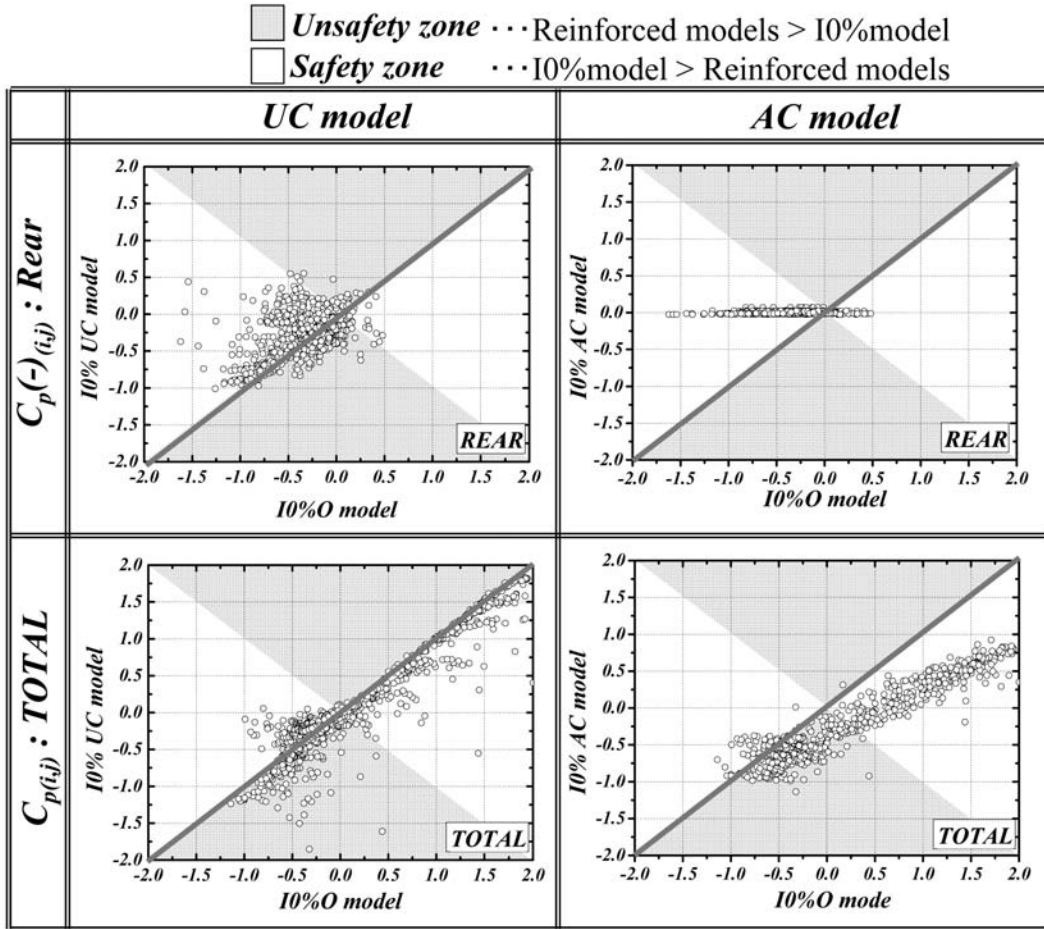


Fig.5 O model and other model relation on $C_p(-)_{(i,j)}$ and $C_p(+)_{(i,j)}$.

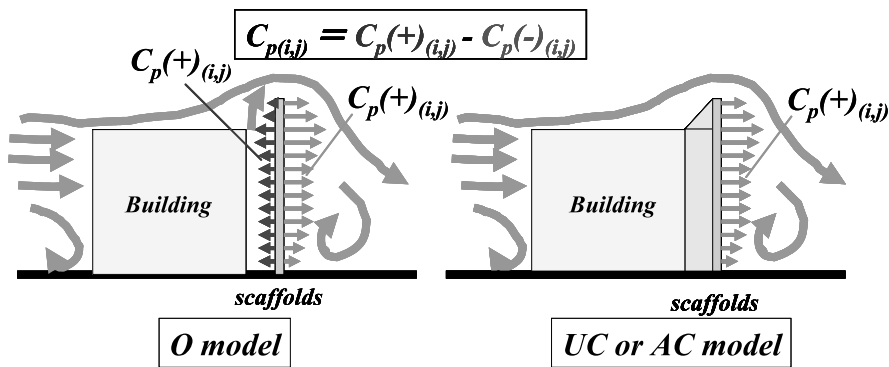


Fig.6 Direction of wind pressure of $C_p(+)(i,j)$ and $C_p(-)(i,j)$.

の値について、基本モデルと比較してみると、いずれの補強方法によっても、○印がSafety zone内にプロットされており、背面圧を低減させることが実現できている。このことから当初意図した事が風洞実験により証明されたといえる。一方総圧について基本モデルと比較してみると、風圧力がプラスの値となる場合

(足場を建物側へ押し倒す方向の力が作用した場合は、UC modelでは基本モデルと同一、もしくは低減がなされており、特にACモデルでは大きな風圧力の低減効果が実現している。これを最大値でみると、風圧力は5割弱になっている。一方、風圧力がマイナスの値となる場合(足場を建物から引き離す方向に力が

作用する場合)では、いずれのモデルにおいても基本モデルより大きな風圧力の発生が多くみられる。これにつき、その理由について調べてみると、Fig.6から説明が可能であることがわかった。すなわち総圧がマイナスの値となる場合では、風を足場の背面から受ける場合 (Fig.6に示す風向)に相当するのであるが、この場合では、O modelに作用する正面圧および背面圧は、共にマイナスの値となる。つまり両者は相反する方向に作用することになるため、背面圧が存在することにより、総圧は小さな値となるのである。一方UC modelやAC modelでは、背面圧そのものを小さくする効果があるため、この影響で総圧の値を結果として大きくさせたと言えるのである。このことから、総圧がマイナスの値となる場合では、基本モデルよりも大きな風圧力となる場合があると言える。特にUC modelでは、その最大値に着目すると、4割程度の風圧増大がみられ、この影響が無視できないと言える。その一方でAC modelでは、マイナス側の最大値で基本モデルと比較しても、ほぼ等しい値を示しており、背面圧を小さくしたことによる悪影響はないと判断できる。

したがって、すべての隙間を補強する方法 (AC model)を採用すれば、風圧力がプラスの値となる場

合では大幅な風圧力の低減が期待でき、マイナスの値となる場合でも、風圧増大といった悪影響は無視しうることが風洞実験により明らかとなった。

5. 外壁の開口部が及ぼす効果

Fig.7に外壁の開口部を変動因子 (Fig.1参照)として、足場と建物の隙間をすべて補強した場合の補強効果について検討した結果を示す。まず風圧力がプラスとなる場合を見てみると、その低減効果の程度には差があるものの、いずれの場合においても補強効果が認められ、その値は少なくとも3割程度低減されていることがわかる。一方、風圧力がマイナスとなる場合をみてみると、開口部が大きくなるにつれて、基本モデルより大きな風圧力が生じている。そしてその最大値から判断すると、開口部が外壁の表面積に換算して50%を超えるようになると、かなり大きな風圧力の増大傾向が見られるようになっている。このことから外壁に開口部を有する場合でも、一応の補強効果が期待できること、そして外壁の開口部の大きさとしては、その表面積に対して25%未満であれば、当該補強による悪影響はほとんどみられないと判断できる。

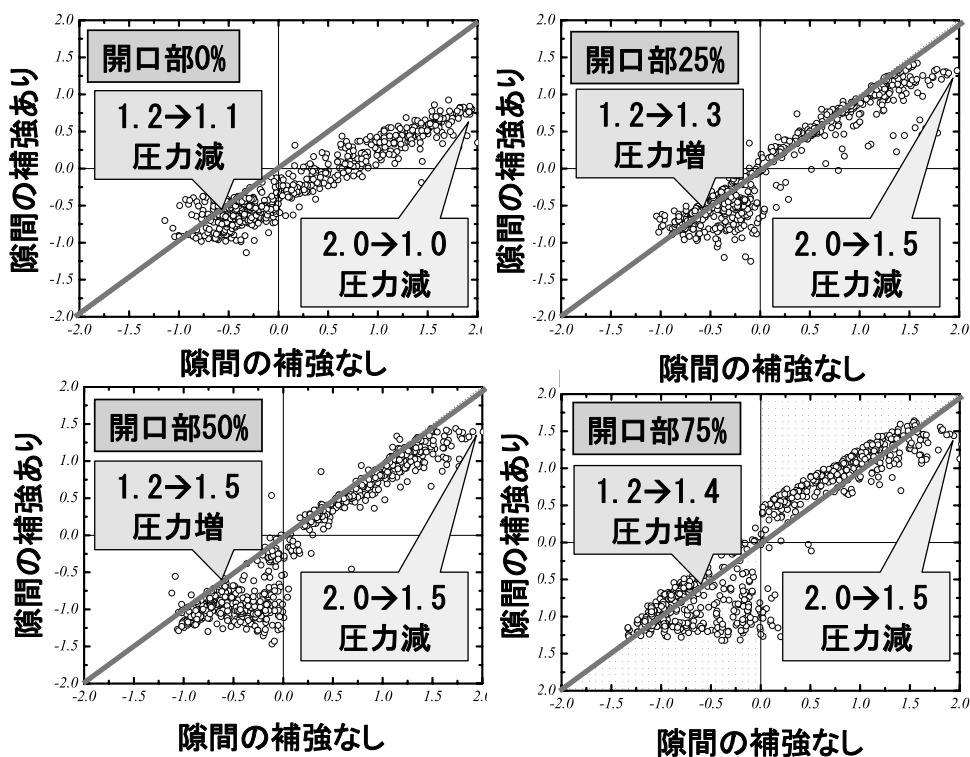
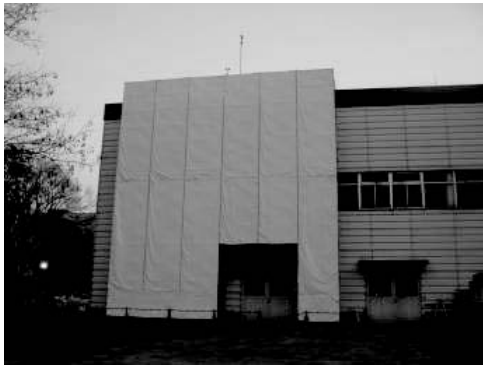
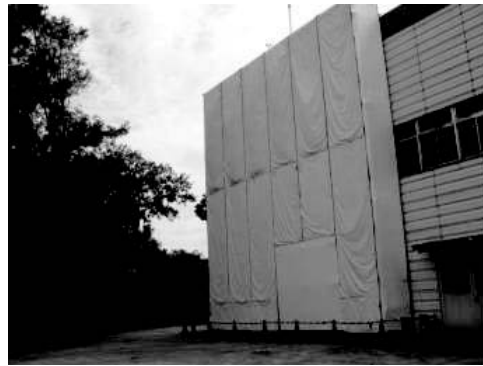


Fig.7 10% model and 150% model relation on $Cp_{(i,j)}$.



補強前の足場の状況



補強後の足場の状況

Fig.8 Full scale model of scaffolds.

6. 実物大足場の実測調査による補強効果の確認

以上の検討で得られた風洞実験に基づく知見の妥当性を確認するため、実測調査を実施し、その補強効果について検討を行った。なお、実測調査の実験についての詳細は文献3を参照されたい。Fig.8に補強前と補強後の足場状況を示す。またFig.9に実測調査で得られた補強前足場と補強後足場に作用する風荷重を比較したものを示す。当該足場は、開口部のない建物に併設されたものであり、風洞実験における10%AC modelと対応するものである。図からわかるように、風圧力の低減効果は大きく、約半分の風圧力となっていること、そしてこの低減の割合は10%AC modelとほぼ等しい関係となっていることが分かる。

以上のことから、足場と建物の隙間をシートで覆うことにより、足場に作用する背面圧を低減させることができ、またこれにより、風圧力の総圧を低減可能であることが明らかとなった。

7. まとめ

検討の結果、足場と建物の隙間をすべてシートで覆うという新しい補強方法により、足場の背面圧を低減させることができ、結果として足場に作用する風圧力の総和を小さくすることが可能であることを風洞実験および実測調査実験から明らかにした。また外壁に開口部を有する建物に足場が設置された場合における、その補強効果を風洞実験により検討したところ、開口部の表面積が外壁全体の表面積で25%を超えないのであれば、十分な補強効果が期待できることがわかった。

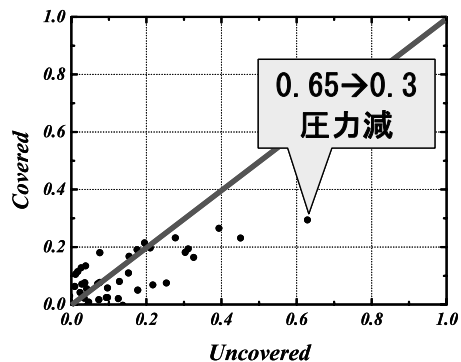


Fig.9 Results of full scale model tests.

参考文献

- 1) 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推定誤差に関する検討」、独立行政法人産業安全研究所特別研究報告NIIS-SRR-No31(2005)
- 2) 日野泰道、ポンクムシンソンボル「仮設足場に作用する風荷重の評価方法に関する検討」、独立行政法人産業安全研究所特別研究報告NIIS-SRR-**、2005
- 3) 大幢勝利、高梨成次、日野泰道、斉藤耕一、「足場に作用する風荷重の実測調査」、独立行政法人産業安全研究所特別研究報告NIIS-SRR-No31(2005)
- 4) 実務者のための風洞実験ガイドブック、日本建築センター、1994.6.1
- 5) 構造物の耐風工学、社団法人日本鋼構造協会、東京電機大学出版局、1997.11.30
- 6) 大熊武司、神田順、田村幸雄、「建築物の耐風設計」、鹿島出版会、1996.3.30
- 7) 建築物荷重指針・同解説、日本建築学会、2004.9
(平成17年4月30日受理)