

機械式固定工法による防水層の対風挙動 に関する風洞実験

加藤 信男* 市川 裕一** 佐々木孝基*

要約： 防水工法の一つである機械式固定工法は、屋上にシート状の防水材をファスナーで要所ごとに取り付けて押さえる比較的簡易な工法で、近年注目され普及している。しかし、台風などの強風により、この簡易工法を用いた防水層が破損する事例が多数報告された。そこで本研究は、耐風性能調査の一環として、強風下に曝されたときの防水層の風圧性状および応答性状を明らかにすることを目的に、機械式固定工法を再現した塩化ビニル樹脂による防水層の試験体を風洞内に設置し実験を行った。風洞実験の結果、屋根面の風上側で発生する防水層を吸い上げようとする負の圧力は風洞内に設置した試験体にも発生し、防水層が膨れるように吸い上げられることが確認できた。またこの時のファスナー1本当りに作用する風圧力の負担面積が、ファスナー間で区切られる面積で代表できることを確認した。

キーワード： 機械式固定工法, 風洞実験, 塩化ビニル樹脂, 防水層の挙動, 平均風圧分布, ファスナーに生じた応力

- 目次：**
- 1. はじめに
 - 2. 風洞実験概要
 - 3. 防水層の挙動
 - 4. 平均風圧分布
 - 5. ファスナーに生じた応力
 - 6. まとめ

1. はじめに

比較的簡易な施工方法で防水層を取付けられる機械式固定工法が普及する中、台風などの強風により破損する事例が多数報告された。(写真1参照)。しかし、この防水システムの耐風性能を確認できる資料および研究は少なく、機械式固定工法の耐風性能は未だ明らかにされていない。

そこで本研究は耐風性能を把握するための第一段階として、強風下における機械式固定工法による防水層の風圧および応答性状を調査するための風洞実験を試みる。

2. 風洞実験概要

2.1 試験体

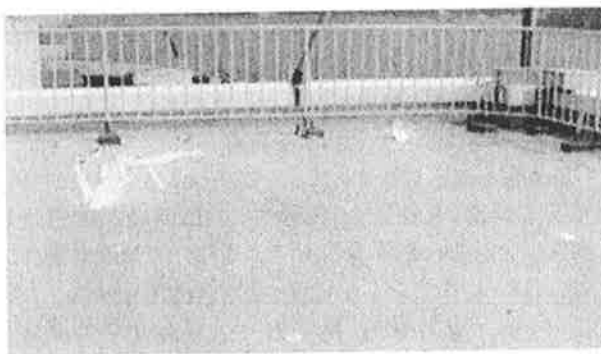


写真1 防水シートが吸い上げられ
ファスナー周辺部が破損した例

試験体は、図1に示す通り、幅2.3m、長さ5.5m、高さ0.5mのベッドを風洞内に設置し、実際に使用されている防水層をベッド上に取り付けた。取付方法については、防水層の着脱を可能とするため接着せず、防水層をファスナーの代わりに32組(ファスナー間隔600mm、風上端のみ500mm)のボルトとナットで下地に固定した。また、パラベットの有無による防水層の影響を検討するため、高さ150mmのパラベットを風上端部に設置した。

下地には厚さ100mmのALC板を用い、防水層には

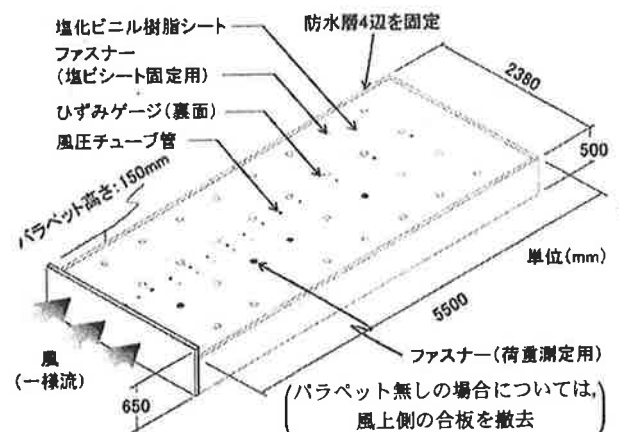


図1 試験体(パラベット高さ150mmの場合)

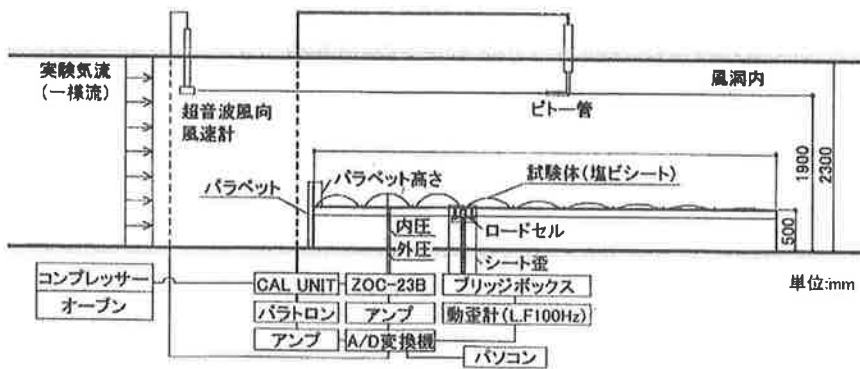


図2 風洞実験計測概要

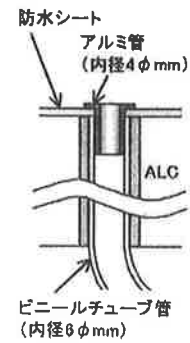


図3 風圧チューブ設置断面図

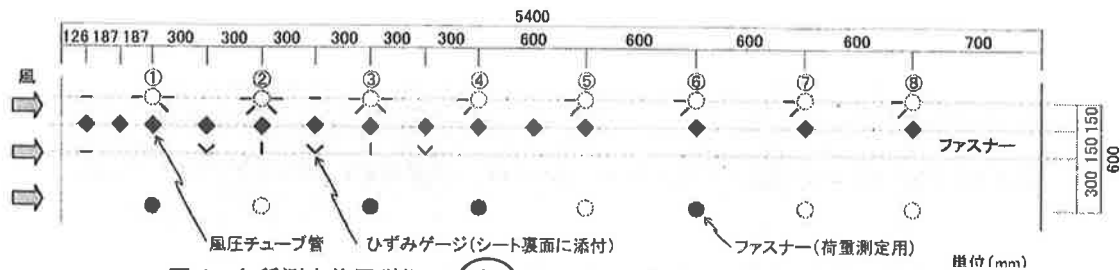


図4 各種測定位置詳細図(番号は、風上からのファスナー位置を示す。)

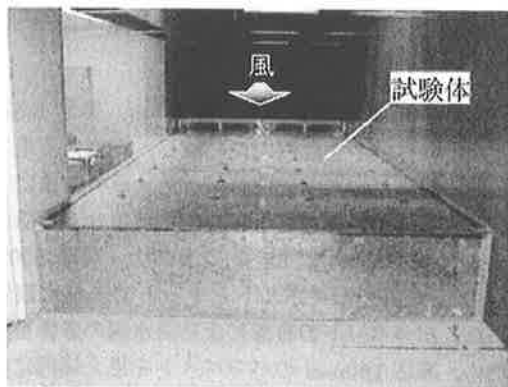


写真2 実験状況(パラペット高さ 150mm)

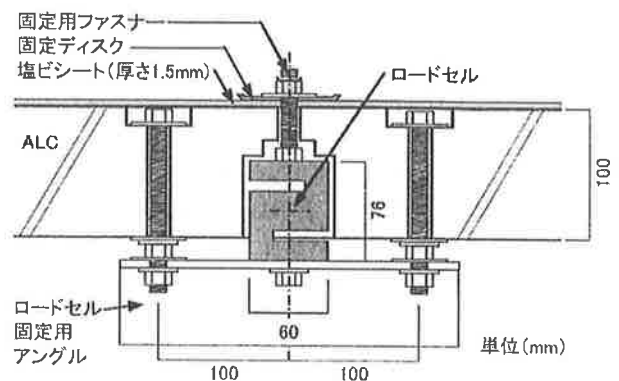


図5 ファスナー部荷重測定用ロードセルの詳細図

厚さ 1.5mm の塩化ビニル樹脂シート複合タイプを使用した。ファスナーには M12 のボルトおよびナットを用い、ディスクは外径 75mmφ、板厚 1.7mm の円盤状の金物の中心に M12 のボルトを貫通させるため 15mmφ に孔を広げ使用した。なお、風上端は実施工と同様に塩ビ被覆した鋼板を下地に固定し、そこに防水層を熱溶着させている。

2.2 風洞装置

試験に用いた風洞は、断面が高さ 2.3m、幅 2.4m の回流式境界層風洞であり、一様流の試験を実施した。本実験の風洞内閉塞率(=試験体の風上見付面積/風洞断面積×100)は、パラペット無しが、21.7%、パラペット高さ 150mm が 28.3%である(写真2 参照)。

2.3 防水層に作用する力

防水層に作用する風圧力について、図 2 に示す通り、

防水層の表面と裏面(シートと下地の隙間)の風圧力を計測する。シート表面圧は、図 3 に示すシート表面に接着したアルミ管(内径 4mmφ)にビニールチューブ(内径 6mmφ：長さ 6~10m)を介して風圧計に繋いだ。風圧の測定点は、風上から風下に向かって 14 点、直線上に設けた。その測定位置を図 4 に示す。

2.4 ファスナーに作用する荷重

防水層を固定するファスナーに生じる力を、ロードセル(定格容量：9.8kN、非直線性：0.025%以内)を用いて測定した。これを図 5 に示すように、下地板に取り付けられた L 型アングルにロードセルを取り付け、下地に 15mm の孔を開け、固定用ボルト(12mmφ)を通して防水層を固定した。これら荷重状態測定用ファスナーの設置位置については、図 4 に示す試験体側面の拘束の影響を受けない中央部付近に設置した。

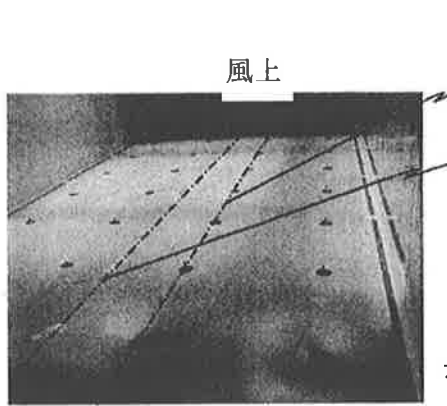


写真3 風速0m/s時の防水層の状況

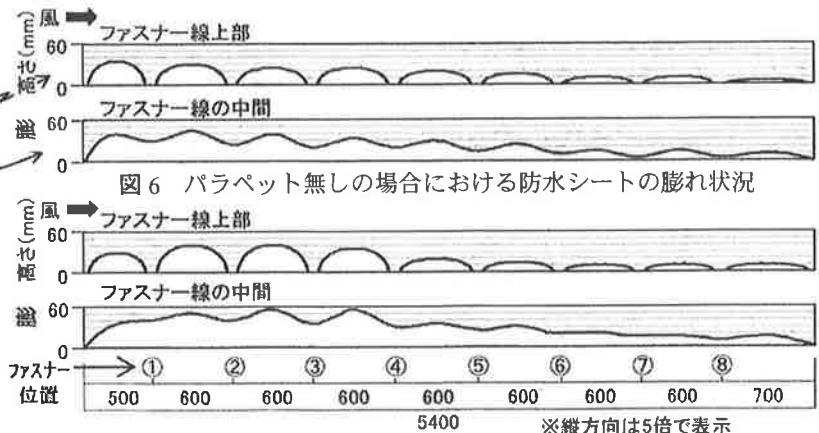


図6 パラペット無しの場合における防水シートの膨れ状況
図7 パラペット有りの場合における防水シートの膨れ状況

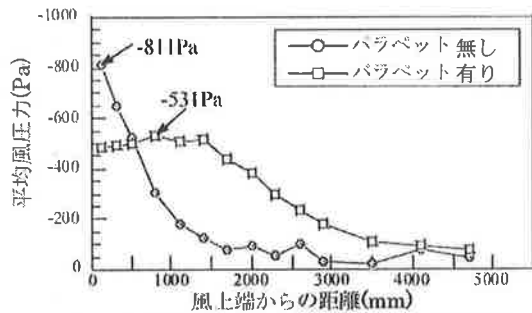


図8 風洞内気流35m/s時の平均風圧力分布

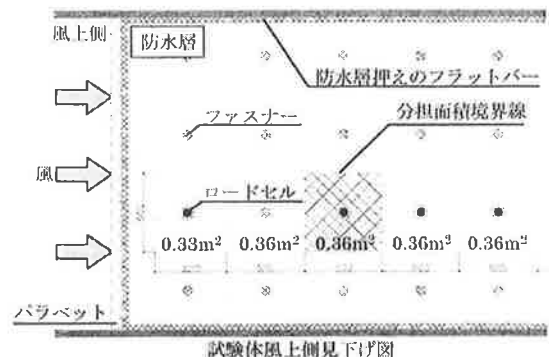


図9 負担面積の考え方

2.5 計測条件

各項目の測定条件は、サンプリング周波数 200Hz、測定時間 60 秒とし、得られたデータ分析には測定風圧のチューピング補正後の 8192 個のデータを用いた。

3. 防水層の挙動

ここでは、風洞実験結果として、試験体上部に発生した負圧下での防水層挙動の目視観察について記す。

写真3に示す風上から風下に引かれた2つのラインにおける防水層の平均的な膨れの断面図を図6、図7に示す。なお、この図では膨れ高さを長さ方向の5倍に誇張して示している。

図6のパラペット無しの場合については、風上の防水層の膨れ高さが最も高く、風下にゆくに従って低くなる。また膨れは上下の揺れを繰り返すが、風上では早い周期で小さくバタツキ、下流になるに従って遅い周期でバタツキ現象が見られた。

図7のパラペット有りの場合については、風上から3番目の膨れ高さが最も高く、一番風上の部分の膨れはそれほど高くない。またこの場合も下流になるに従って膨れ高さは小さくなる傾向は、パラペット無しと同じである。また、膨れのバタツキについては、風上ではバタツキはあまり生じず膨れたままであるが、中央部付近より揺れが生じ下流になるに従い徐々に防水シートのバタツキが大きくなる傾向が見られた。

4. 平均風圧分布

図8にパラペットの有無による計測点毎の風圧力の平均値を示す。ここで風圧力とは、各風圧計測点の防水層表面と裏面に作用した圧力の差として定義する。

パラペット無しの風圧力は、風上の計測点で-811Paと大きな吸い上げ力が発生し、そこから1400mm以降の計測点まで急勾配で小さくなり、1400mm以降の計測点では-50Pa近傍の値を示す。もう一方のパラペット有りの風圧力は、パラペット無しの場合と異なり、風上から1400mmの計測点まで約-500Paとほぼ一定の吸い上げ力が発生し、1400mmから3500mmの計測点まで緩やかな勾配で小さくなり、3500mm以降の計測点では-100Pa近傍の値を示す。

5. ファスナーに生じた軸力の平均値

図9に示す通り防水層支点間の中央を境にして区切られる面積で負担すると仮定した荷重値(風圧力×負担面積)を求め、ロードセルによって得た実験値と併せて図10、図11に示す。

パラペット無しのファスナーに生じた軸力は、風圧力分布と同様に風上側で大きく、1400mm以降の計測点では小さい値を示す。風圧力に負担面積を掛け合わせた荷重値と比較すると、ファスナーに生じた軸力は、風上の計測点でよく一致するが、1400mm以降の計測点

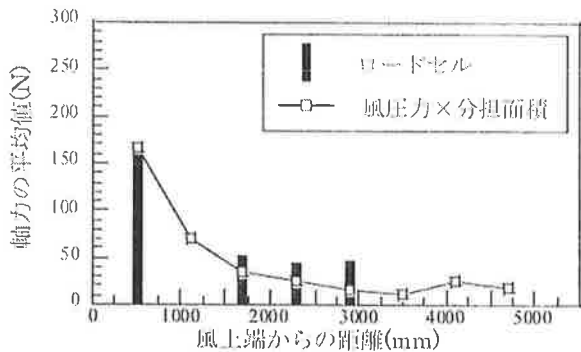


図 10 風洞内気流 35m/s 時のファスナーに作用した軸力の平均値(パラペット無しの場合)

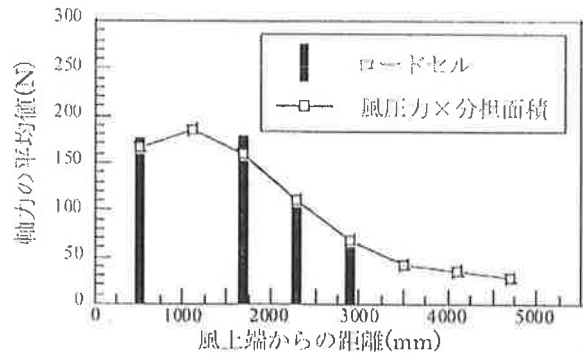


図 11 風洞内気流 35m/s 時のファスナーに作用した軸力の平均値(パラペット有りの場合)

においては荷重値より若干大きい値を示す。もう一方のパラペット有りのファスナーに生じた軸力は、平均風圧力分布と同様に風上および 1700mm の計測点で値が大きく、2300mm 以降の計測点では値が小さくなる。風圧力に負担面積を掛け合わせた荷重値と比較するとファスナーに生じた軸力は各計測点で概ね一致する。

防水層に作用した平均風圧力分布の最大値はパラペット無しの方が大きい、ファスナーに作用する風荷重はパラペット有りの方が大きい。これは、ファスナーに作用する荷重が防水層の負担面積に作用する風圧力を足し合わせた結果大きくなったためと考えられる。

6. まとめ

本研究は、耐風性能調査の一環として、強風下に曝されたときの防水層の風圧性状および応答性状を明らかにすることを目的に、機械式固定工法を再現した塩化ビニル樹脂による防水層の試験体を風洞内に設置し実験を行った。以上、得られた結果および考察について示す。

謝 辞

本研究は、(社)日本建築学会材料施工本委員会・防水工事運営委員会・防水層関連台風被害調査 WG における調査の結果であり、ご協力頂きました関係各位に対し、ここに厚く謝意を表します。また、研究を纏め上げるのにあたり、終始多大な尽力を頂きました東京工業大学・建築物理研究センターの田中教授、宮内助手およびバルトコ氏に深謝の意を表します。

WIND-INDUCED BEHAVIOR OF MECHANICALLY ANCHORED WATERPROOFING MEMBRANE ON WIND TUNNEL

T.Sasaki, Y.Ichikawa and N.Kato

A waterproofing membrane is partially fixed to a substrate by fasteners in mechanically anchored systems. For designing a safer anchored waterproofing system exposed to strong wind, it is needed to make clear the wind-induced characteristics of the waterproof system. Therefore this study is attempted to make clear behavior of the mechanically-fixed membrane on wind tunnel tests. The result is as the followings. The membrane in wind tunnel is lifted up by negative pressures acting on a test body under high wind speed. And then the wind-load area per fastener is possible to be represented an area squared between fasteners.