

# 平成 27 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災

研究期間：H26 ～ H27 [平成 27 年度で終了]

課題番号：1430004

研究課題名（和文）：外装材耐風圧性能試験装置を用いた機械的固定工法防水システムの耐風圧性能評価に関する研究

研究課題名（英文）：A Study of wind resistance evaluation of mechanically anchored waterproofing membranes by using the open topped pressure chamber

研究代表者：栗田 剛（東急建設株式会社）

交付決定額（当該年度）：443,000 円

※平成 27 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

## 1. 研究の目的

現在、屋根の防水工法として施工性あるいは環境保全などの観点から、機械的固定工法防水層(以後、本防水層)が多く施工されている。本防水層は、強風時に風上と風下で防水シートの膨れ高さが異なるため、固定部に鉛直力と水平力が同時に発生する事が明らかになっている。田中らは、「機械的固定工法防水層での風被害が今もってなくならないのは、現行の設計法では水平方向に働く力の影響が全く考慮されていないことにも原因がある」と水平力の重要性について指摘している。

これを踏まえ、エアバッグ等を用いて防水層の膨れを再現する手法など水平力を評価するための幾つかの手法が開発されてきた。しかし、これらの評価手法においては固定部 1ヶ所にかかる風荷重のみを考慮した手法であり、複数の固定部に対する風荷重の影響は考慮されていない。また、圧力チャンバーで複数の固定部を対象として評価する方法も実施されているが、防水シート全面に等圧加力する試験方法であり、水平力の影響は考慮されていない。

本研究では、耐風圧装置に設置した防水シートにあらかじめ質量の異なる錘を載せ、防水シートを膨らませた後に耐風圧装置内の圧力を変化させて防水シートの膨れ高さ、固定部に加わる応力、更には破壊に至るまでの回数を計測し、鉛直力と水平力を考慮した本防水層の耐風性を検討することを目的とする。

## 2. 研究の方法

東京工芸大学風工学研究センターの「外装材耐風圧性能試験装置」(以下、圧力チャンバー)を用いて、固定部に鉛直力と水平力を同時に作用させた場合の防水シートの耐風性能を実験的に検討する。また、低層建物の屋根面を対象として、免震建築物の耐風設計指針を参考に、風圧力の最大値、風速の累積作用時間および等価累積継続時間を算定し、防水シートの耐風性を検討する。

固定部に鉛直力と水平力を発生させる方法は、防水シートの膨れ高さに違いが生じることに起因することに着目し、圧力チャンバーに設置した防水シートの固定部と固定部の間に重量の

異なる錘を積載した状態で圧力チャンバー内の圧力を変動させて防水シートを脈動させることとした。

### 3. 研究成果

図1に錘積載法の概要を図2に試験体の概要を写真1に試験状況をそれぞれ示す。錘積載法は防水シートの固定部間に重量の異なる錘を積載することにより、鉛直・水平荷重を同時に発生させるものである。

図3にA, B列に同じ重量の錘を載せた場合のB, C列間の平均水平荷重( $\bar{F}_y$ )、平均鉛直荷重( $\bar{F}_z$ )を示す。平均鉛直荷重( $\bar{F}_z$ )はB列の錘重量( $W_B$ )の1/2に比例して大きくなり、平均水平荷重( $\bar{F}_y$ )は、B列とC列の錘重量の差( $W_{B-C}$ )に比例して大きくなるが、その割合は $W_{B-C}$ が大きくなると小さくなった。図4に錘積載法による防水シートの平均変位( $\bar{H}2'$ )と、錘を載せずにチャンバー内圧を2秒周期で変動させた場合の変動変位( $H2(t)'$ )を示す。 $\bar{H}2'$ と $H2(t)'$ はほぼ同様であり、本防水シートは錘を約1分間載荷した平均変位とチャンバーにより動的に載荷した変動変位はほぼ同等であることを確認した。

建築基準法における東京都内の基本風速(34m/s)を想定してB列の最大荷重が3000Paになる場合の繰返し載荷実験を行なった。錘荷重はA列に549N, B列に358N載荷し、変動荷重は周期2秒の正弦波で200~2000Paの範囲で載荷した。図5に水平荷重( $F_y$ )と鉛直荷重( $F_z$ )の時刻歴波形を示す。 $F_y$ は載荷から200秒前後から急激に小さくなった。これは本防水シートのガラス補強繊維が破断したためと考えられる。

図6に圧力チャンバーの加圧力とB列の変位( $H2$ )の関係を示す。錘のみを載荷した時の変位は約-7.5mmであり、繰返し載荷により変位は徐々に大きくなった。載荷開始から約2時間40分で防水シートが破断し、そのときの変位は20.5mm~21.5mmであった。防水シートの破断状況を写真1に示す。破断箇所はB列とC列の間の円盤状固定金具の縁部であった。

低層建物の屋根面を対象として、風圧力の最大値、風速の累積作用時間および等価累積継続時間を算定し、錘積載法による評価を試みた。表1に暴風のみを対象とした照査期間ごとの等価累積継続時間を示す。照査期間50年の最大風速は30.9m/sであり、ピーク風力係数を4.3とすると、ピーク風圧は2457Paである。この期間における等価累積継続時間は215分である。また、照査期間20年になると、最大風速は28.5m/s、ピーク風圧は2098Paと約350Pa小さくなり、等価累積継続時間も142分と約60分間短くなる。

図7にB列, C列における変位を示す。図中には照査期間50年における等価累積継続時間(215分:12900秒)を示す。B列における変位は、初期に錘の重量の分だけ約5mm増加し、繰返し載荷後は時間の経過とともに徐々に増加する。215分後の変位は17mm~19mmであるが、防水シートの破断は見られなかった。また、C列における変位は、初期状態は錘が無いため0であるが、繰返し載荷後は時間の経過とともに大きくなり215分後の変位は10mm~15mmであった。変位の振幅はC列のほうがB列に比べて大きかったが、C列においても防水シートの破断は見られなかった。照査期間50年の最大風速および等価累積継続時間を用いた錘積載法による繰返し載荷実験を行い防水シートに破断がないことを確認した。

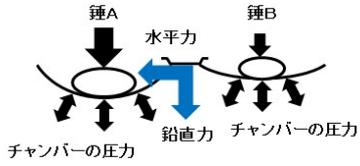


図1 錘積載法の概要

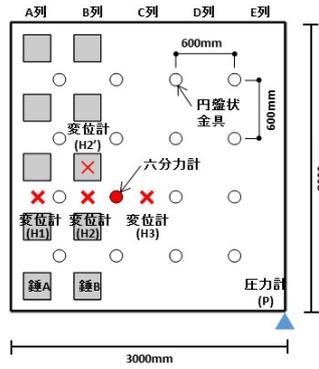


図2 試験体の概要



写真1 試験状況

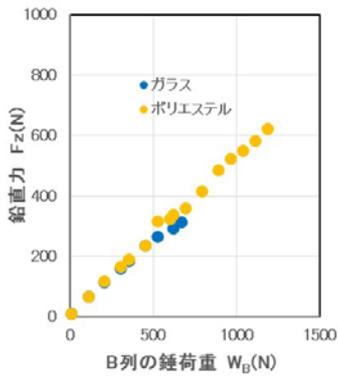


図3 錘積載法による水平荷重・鉛直荷重の変化

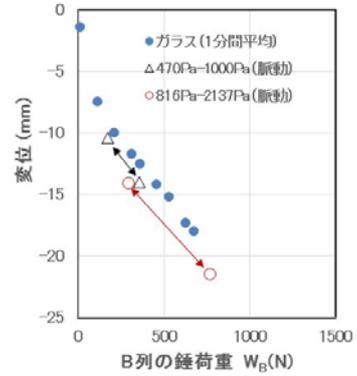
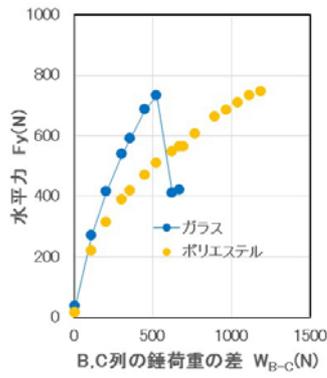


図4 錘積載法と脈動による防水シート変位の変化

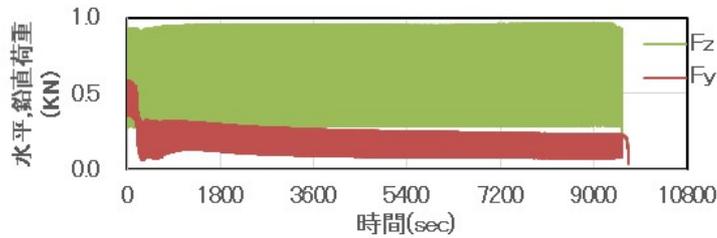


図5 水平・鉛直荷重の時刻歴波形

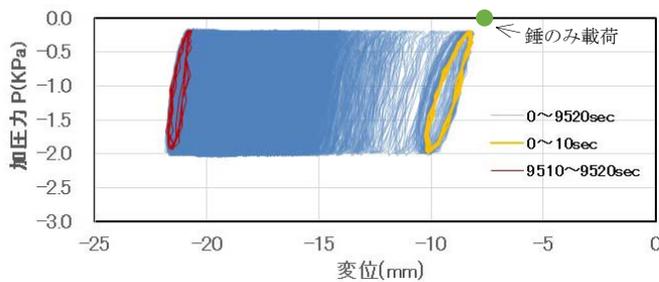


図6 変位と加圧力の関係



写真2 防水シートの破断状況

表1 照査期間ごとの等価累積継続時間

照査期間 N(年)	最大風速 U <sub>H,1</sub> (m/s)	設計速度圧 q <sub>H</sub> (Pa)	ピーク風圧 q <sub>H</sub> ×4.3(Pa)	等価累積継続時間 T <sub>eq,k</sub> (分)
50	30.9	571	2457	215.3
40	30.3	550	2367	224.9
30	29.6	524	2253	165.1
20	28.5	488	2098	141.9
10	26.7	429	1845	120.5

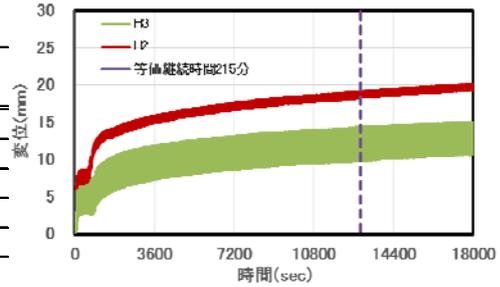


図7 防水シート変位の時刻歴波形

#### 4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

・栗原健, 鈴木直登, 中村修治, 栗田剛, 加藤信男, 田中享二 : 外装材耐風圧性能試験装置を用いた機械的固定工法防水層の耐風性試験の検討 (その3 錘積載法の実験概要と鉛直力・水平力の確認), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2016年

・栗田剛, 鈴木直登, 栗原健, 中村修治, 加藤信男, 田中享二 : 外装材耐風圧性能試験装置を用いた機械的固定工法防水層の耐風性試験の検討 (その4 等価累積継続時間による耐風性の検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2016年

[雑誌論文] (計 1件)

[学会発表] (計 2件)

[図書] (計 1件)

[その他]

産業財産権, ホームページ等

#### 5. 研究組織

##### (1) 研究代表者

栗田 剛 (東急建設株式会社)

##### (2) 研究分担者

大熊武司 (神奈川大学名誉教授)

田中享二 (東京工業大学名誉教授)

吉田昭仁 (東京工芸大学)

加藤信男 (東急建設)

小見崇之 (東急建設)

栗原健 (アーキヤマデ(株)技術開発部\*)

日野正和 (三晃金属工業(株)技術部\*)

中村修治 (住ベシート防水(株)市場開発部\*)

松田豊 (住ベシート防水(株) 開発設計部\*)

山口健史 (住ベシート防水(株)開発設計部\*)

福田杉夫 (田島ルーフィング(株)開発部\*)

鈴木直登 (田島ルーフィング(株)開発部\*)

大塚裕計 (東洋ゴム化工品(株) 防水資材営業部\*)

内海孝泰 (早川ゴム(株)商品開発グループ\*)

沖吉勇二 (三ツ星ベルト(株)技術・生産部\*)

小倉政人 (ロンシール工業(株)事業企画部\*)

\*合成高分子ルーフィング工業会所属



東京工芸大学・風工学共同研究拠点・研究集会（2016年2月26日）のご案内

## 機械固定的工法防水システムの耐風性能評価に関する研究集会（2）

趣旨：屋根の露出防水工法として施工性、耐候性あるいは環境保全などの観点から、合成高分子系シート防水・機械的固定工法（以後、本防水工法）が多く施工されています。この工法は、屋根面に作用する負圧によって防水シート固定部に大きな応力が集中的に作用するため、風荷重に対する強度を確認し、防水層の固定ピッチを決定する必要があります。現状、本防水層の風荷重に対する耐力は、静的な引張試験の破壊強度を基準として確認していますが、これらの試験ではシートを吸い上げる力（鉛直力）のみが考慮され、最近田中等が実測で明らかにしたシートを横に引張る力（水平力）は考慮されていないのが現状です。

本研究は、東京工芸大学風工学研究センターの「外装材耐風圧性能試験装置（以後、耐風圧装置）」を用いて横力を発生させる方法を考案し、本防水工法の耐風圧性能試験方法について検討しております。2015年に開催した第1回に引き続き、第2回目となります。今回は、耐風圧装置での試験結果、繰返し風荷重の設定方法、鉛直・水平同時載荷可能な試験装置などの情報について公開研究会を企画しました。多くの方々のご意見とアドバイスを頂きたく参加をお願い申し上げます。

栗田 剛（東急建設株式会社）

主催：東京工芸大学風工学研究拠点（文部科学省共同利用・共同研究拠点）

後援：合成高分子ルーフィング工業会

とき：2016年2月26日（金）14：30～16：45

ところ：浜町区民館 東京都中央区日本橋浜町三丁目37番1号 電話 03-3668-2354

（案内図・次頁参照）

〈プログラム〉（講演者の都合により変更されることがあります。）

14:30～14:50 【趣旨説明】機械的固定方法による防水システムの耐風性能評価法の合理化に資する  
情報の整備 大熊武司（神奈川大学）

14:50～15:10 機械固定的工法防水システムの耐風設計 中村修治（合成高分子ルーフィング工業会）

15:10～15:30 外装材耐風圧性能試験装置による機械的固定工法防水システムの実験結果  
加藤信男（東急建設株式会社）

—— 休憩 10分 ——

15:40～16:00 繰返し風荷重の設定方法と耐風性能評価の試み  
鈴木直登（合成高分子ルーフィング工業会）

16:00～16:20 いくつかの耐風性能評価試験装置の提案 栞原 健（合成高分子ルーフィング工業会）

16:20～16:45 討論とまとめ 司会・まとめ：栗田 剛（東急建設株式会社）

参加申込：事前登録制とさせていただきます。

wejurc+160226p@gmail.comに、ご氏名、ご所属、ご連絡先をお送りください。

参加費用：無料

問合せ先：東京工芸大学風工学研究拠点事務局 TEL：046-242-9658