

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

鉄道駅のホーム上家に働く風の力を調べる

鉄道総研で行っている風洞実験の多くは、鉄道車両そのものに働く風の力（空気抵抗）やパンタグラフから発生する空力音を予測するためのものですが、ここでは建築物の風洞実験を対象とします。建築物を設計するときの建築物に働く風の力を求めるためには風力係数とよばれる値が必要で、一般的な形状の建築物でその値が代用できる場合を除き、風洞実験結果に基づき算定することが可能です。ここでは、一般建築物とは異なる形状的な特徴のある鉄道駅のホーム上家を対象とした風洞実験を紹介します。



鈴木 実
Minoru Suzuki
環境工学研究部
車両空力特性研究室長



菊地 勝浩
Katsuhiko Kikuchi
前 環境工学研究部
車両空力特性研究室長
(現 情報管理部
知的財産課長)



清水 克将
Katsuyuki Shimizu
構造物技術研究部
建築研究室
主任研究員

はじめに

ホーム上家は、雨・風・雪や日差しなどから旅客を守るために、鉄道駅のプラットフォーム上に設けられています。図1に2種類の形状の異なるホーム上家を示します。ホーム上家の構造は、一般の建築物のような壁はなく（あるいは少なく）、屋根を主体にそれらを支える柱やはりなどで構成されており、重量が比較的軽く、風にさらされる面積が大きいことや、屋根の上面と下面の両面が風にさらされるなどの特徴があります。また、ホーム上家は、屋根の下にプラットフォームがあること、設計の際に用いられる建築基準法や建築物荷重指針¹⁾（以下、基・規準等とよぶ）の適用範囲（30m以下）を超える線路

方向に長い形状を有することなどから、強風時に働く風の力（以下、風力とよぶ）が、一般的な建築物とは異なることが考えられます。そこで、ホーム上家の縮尺模型を用いて風洞実験を実施し、鉄道駅のホーム上家に働く風力を調査²⁾しましたので、ここでは風洞実験方法を中心に紹介します。

風洞実験方法

風洞実験は、基・規準等に示されている形状の建物に対して行う風洞実験方法にならない、鉄道総研の米原風洞で行いました。

風洞実験では、現実に近い状況を再現することが重要となります。そのため、使用する気流は、対象の建築物の

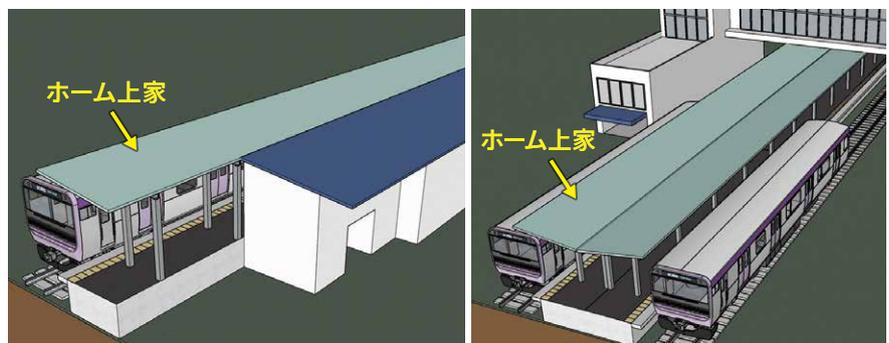


図1 ホーム上家の例

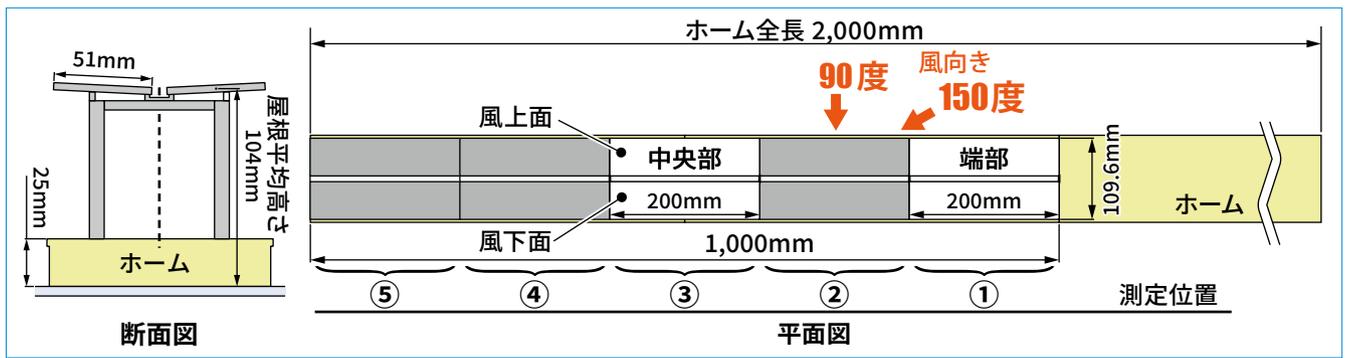


図2 ホーム上家模型と測定位置

ある場所で吹く自然風の特徴を再現した乱流境界層としました。自然風には、上空ほど風速が速くなること、また、地表に近いほど乱れが大きくなるという特徴があり、これらの特徴を再現した気流を乱流境界層とよびます。

対象の建築物は、急峻な地形がなく周囲に背の高いビルもほとんどない場所に単独で地平に建てられた盛土ホーム上の上家です。ホーム上家に働く風力は、屋根の上面と下面それぞれに働く力の合計から求めることができます。そこで、屋根の上面および下面それぞれの圧力を測定しました。圧力は、単位面積あたりの力で、測定した圧力にその位置が受け持つ面積を乗じることで風力を算出することができます。

ホーム上家模型

模型の縮尺は1/40です。図2にホーム上家模型の概略を示します。全長は、ホーム上家模型が1,000mm(実寸で40m相当)、ホーム模型が2,000mm(実寸で80m相当)です。

一般に、屋根面内の領域ごとに風力は異なり、屋根の形状によっては一部の領域に瞬間的に非常に大きな風力が働く場合もあります。そのため、屋根面全体の風力の分布をできるだけ詳細に調べる必要があります。しかしながら、ホーム上家模型全域の圧力を一回で測定しようとする、すべての模型に圧力センサーを取り付けることとなり多数の圧力センサーが必要になり

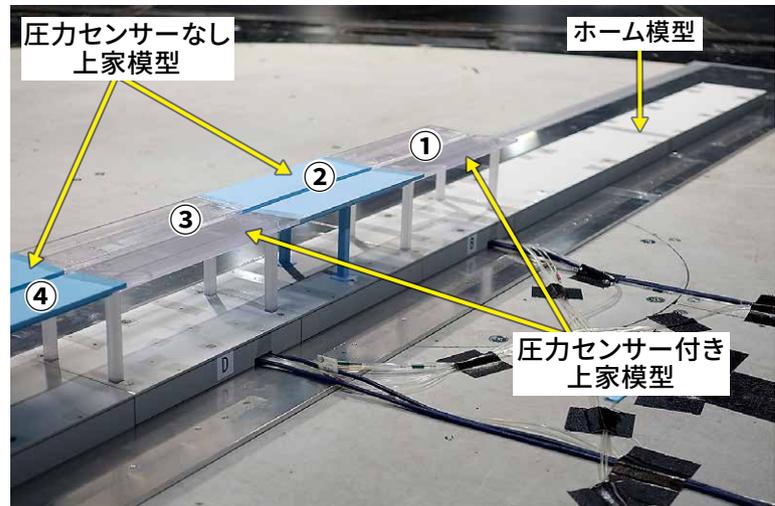


図3 圧力センサー付き上家模型の測定位置

ます。そこで、ホーム上家模型の全長を長さ200mmごとに5分割し、このうち2個を圧力センサー付き、残りの3個を圧力センサーなしとしました。図3に、半透明の圧力センサー付きの上家模型が端部(①の測定位置)と中央部(③の測定位置)の2箇所に設置されている状況を示します。青色の模型は圧力センサーなしの上家模型です。これにより、圧力センサー付きの模型の位置を入れ替えて測定することで、屋根全域を把握できるようになります。

模型屋根の表面の圧力は、導圧管とよばれる管を介して圧力センサーで測定します。多くの導圧管にはビニールチューブが使用されますが、屋根の厚みは3.75mmと薄く、外径2mmのビニールチューブを屋根内部に埋め込むことが難しいため、ここでは、近

年、風洞実験用の模型でも使われるようになってきた3Dプリンターで、導圧管と一体となった模型を製作しました。これにより、自由に導圧管の経路を設計でき、模型の内部に埋め込むことが容易になります。なお、3Dプリンターの加工精度や模型の剛性を考慮して、導圧管の内径は1.5mmで、その肉厚は0.8mm以上となるよう製作しています。

図4に圧力センサー付き上家模型を示します。右側には、合計32本の導圧管の経路を色付けして示しました。左側には、右図の一部を拡大し、屋根上面の1箇所の圧力測定孔(直径1.5mm)と、対応する導圧管のみを青色で示しました。圧力測定孔は、模型屋根表面に開けた圧力を測定するための孔です。導圧管の長さは、長くなると測定精度が低下するため、なるべく

短くなるようにしています。導圧管は屋根内部から柱の内部を通り、ホーム模型の内部までつながっており、ここで圧力センサーに接続されます。図5にホーム模型の内部に設置した圧力センサーの様子を示します。

風洞実験の様子

風洞実験の様子を図6に示します。風洞実験ではさまざまな向きの風を模型に当てています。丸い灰色の部分はターンテーブルで、これを回転することで風の向きを変更することができます。左側に真横の風の90度の場合、右側に斜め風の150度の場合を示しました。

模型の風上側には、先ほど説明した乱流境界層を生成するための、バリア（もっとも上流にある黄色いもの）やラフネスブロック（バリアの下流にある赤色のものを多数配置）とよばれるものが設置されています。

風洞実験結果

風洞実験の結果を示す前に、風力の表し方について説明します。

ホーム上家に働く風力は、屋根の領域や風向きによって異なるうえ、ホーム上家模型まわりの流れは、非常に複雑で大きく乱れているため、屋根には大小さまざまな押したり引いたりする風力がくりかえし働きます。瞬間的に大きな風力が屋根の一部に働いたとしてもホーム上家が損傷しないように設計する必要があるため、風力の絶対値がもっとも大きくなる状況を考えておく必要があります。風力は押す力を正

風力係数

風力係数は、風力を風速や面積に基づき単位面積あたりの値に整理した比例係数で、この値で整理することにより、実際の建築物の面積や設計に用いる風速を乗じることで、実物大の屋根に働く風力に換算することができます。

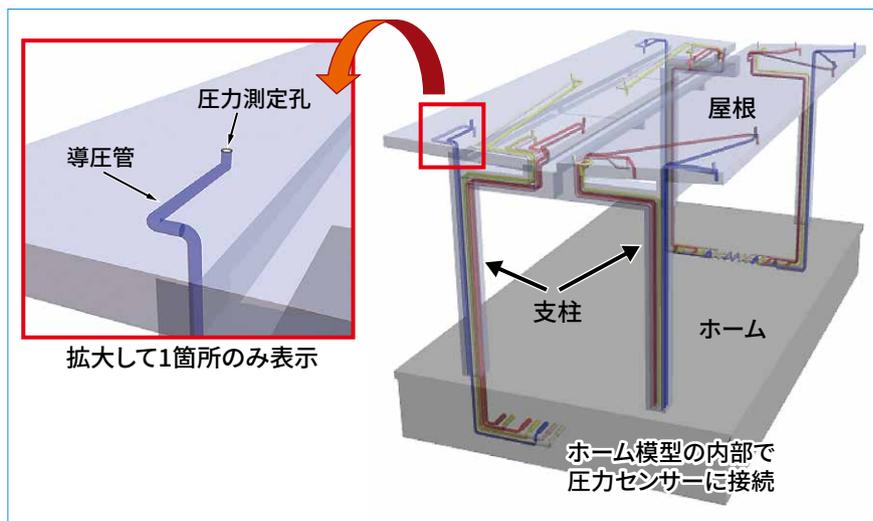


図4 圧力センサー付き上家模型の圧力測定孔と導圧管

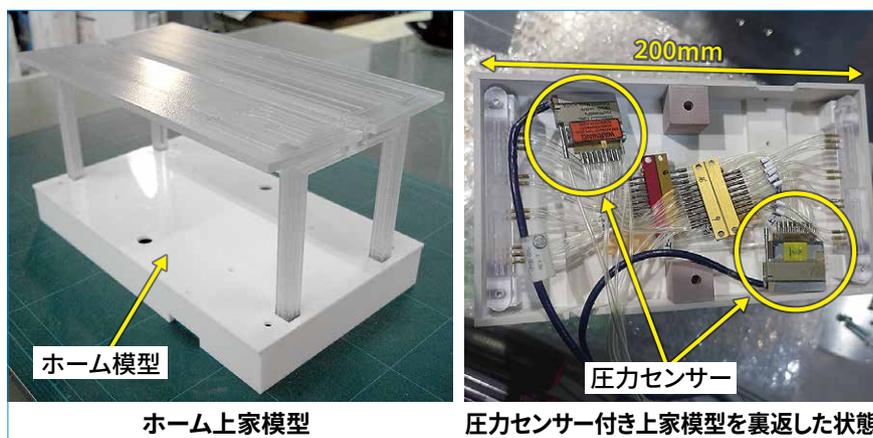


図5 ホーム模型の内部に設置した圧力センサー

で、引く力を負で表すことが一般的で、ここでは、ホーム上家を上から押し付ける方向の風力を正、下から押し上げる方向の風力を負として表すことにします。このとき、風力の絶対値が大きいほど風による影響の程度が大きいことを意味します。

風洞実験結果の中から、図7に風力係数(参照)の最小値の分布を示します。先に述べたように、絶対値がもっとも大きくなる状況を考える必要があるため、絶対値が大きくなった最小値の分布を示すことにします。図は、風向きが90度の場合と150度の場合で、黄色から濃い青色になるほど絶対値が大きくなります。

左側に示す中央部については、90度だけでなく150度でも、横（紙面の

左右）からの回り込みの影響がないため、等高線は長手方向（レール方向）に並び、長手方向ではあまり変化しないことがわかります。また、90度に比べて150度の方が、風上面、風下面の両面とも絶対値が小さくなり、屋根に垂直（90度）に当たる風向き条件の方が絶対値が大きくなりました。

右側に示す端部の風上面については、90度するとき、屋根に垂直に当たる風と紙面右側から回り込む風が合流することにより屋根の端の領域（紙面右上端）で大きな絶対値がみられますが、150度ときにはその領域の絶対値は小さくなりました。一方、端部の風下面については、150度ときは紙面右側から直接風を受けるため、150度の方が90度に比べて誌面右側の領域で



図6 風洞実験の様子

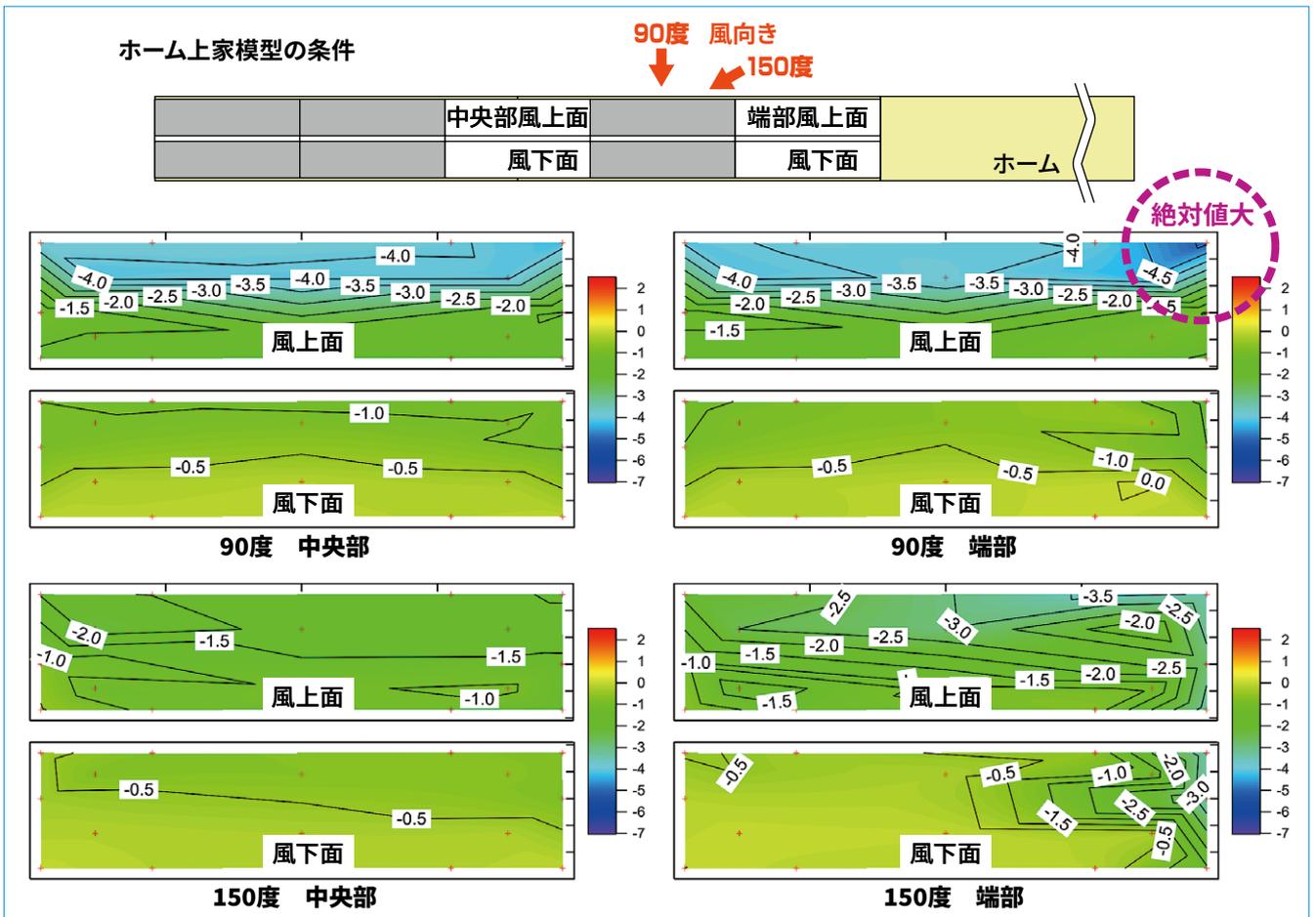


図7 風力係数最小値の分布の例

絶対値が大きくなりました。以上の結果から、端部と中央部といった長手方向の位置によるものだけでなく、風向きが変わることによっても、風力係数が変化することがわかりました。

なお、今回示した結果は一例で、さまざまな条件で風洞実験を行い、それらの結果をまとめることではじめて、設計に使用できるホーム上家の「設計用

風力係数」を提示できるようになります。

おわりに

ここでは、これまで鉄道総研であり対象としてこなかった鉄道駅のホーム上家の風洞実験について紹介しました。今後、さらに効率的に風洞実験を進められるよう、模型製作方法や測定方法の改善に取り組む予定です。[RRR]

文献

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説(2015), 2015
- 2) 鈴木実, 菊地勝浩, 清水克将：ホーム上家の風荷重評価のための風洞試験法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.3, pp.11-16, 2020