

# 平成24年5月につくば市で発生した竜巻被害と 竜巻発生装置を活用した研究の展開 (1)



独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 喜々津 仁密

## 1 実験的研究の背景

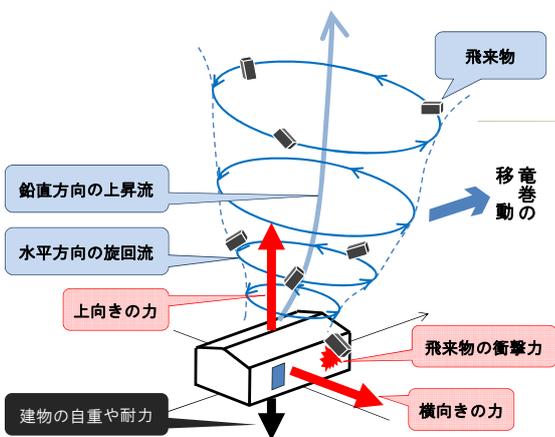


建築研究所 竜巻

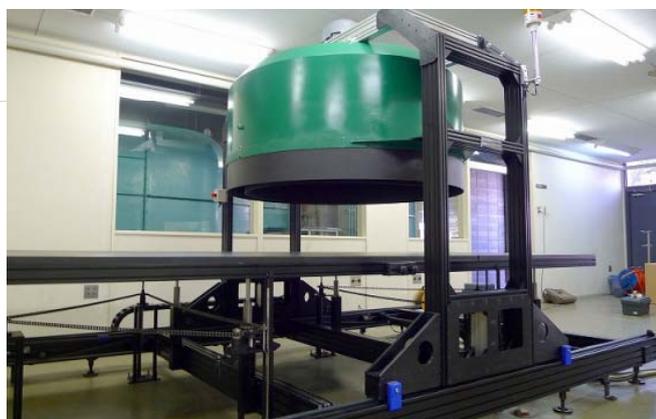
検索

平成24年5月6日に北関東で複数の竜巻が発生し、つくば市でも**建築物等の甚大な被害**をもたらしました。現地調査の結果、典型的な被害形態がある一方で、過去の調査では見られなかった新たな被害形態も明らかになっています。

これらの被害形態を分析するためには、竜巻による突風荷重が作用する状況を実験的に再現し、**被害発生メカニズムを解明**する必要があります。今般の被害の状況も踏まえ、建築研究所では**竜巻発生装置**を積極的に活用した実験的研究を推進しています。



つくば市を襲った竜巻と竜巻による力の作用イメージ

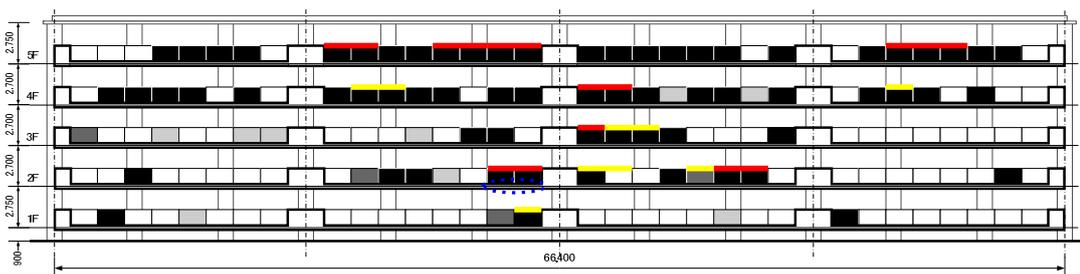


竜巻発生装置の概観

## 2 つくば市で発生した建築物の竜巻被害

建築研究所では、つくば市内で発生した建築物等の竜巻被害の状況を把握するため、国土技術政策総合研究所と共同で発生当日から現地調査をしました。

過去には見られなかった**新たな被害形態**として、木造住宅がべた基礎を伴って上部構造が転倒した事例、5階建て集合住宅の広範囲にわたる建具等の損壊事例が挙げられます。



5階建て集合住宅の建具等の損壊分布状況

色塗りしたベランダの目隠しパネルと手すりで著しい損傷と損壊が発生

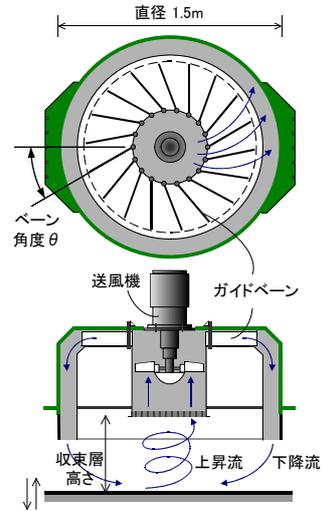
# 平成24年5月につくば市で発生した竜巻被害と 竜巻発生装置を活用した研究の展開 (2)



独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 喜々津 仁密

## 3 竜巻発生装置の概要と主な特徴

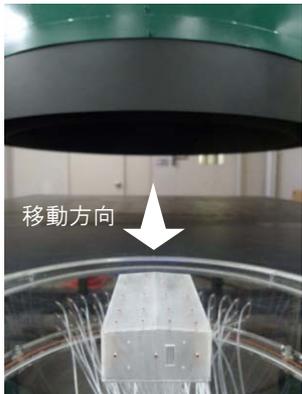
装置は送風機を内蔵した本体，横方向に自走可能な架台(最大移動速度0.4m/s)，上下に昇降可能なステージ及び制御盤から構成され，全高が約2.3m，本体の直径が1.5mあります。旋回流の発生機構は米国アイオワ州立大学の装置にならい，ガイドベーンに角度をつけることで強制的に気流に旋回性状を与えます。本装置で形成される旋回流の性状は，**竜巻の工学モデル**(ランキン渦モデル)に適合することを確認しています。



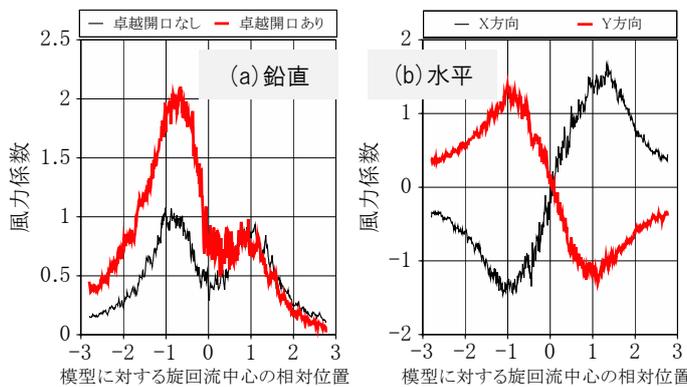
## 4 竜巻発生装置を活用した実験的研究

低層建築物の真上を竜巻が通過する状況を実験的に再現し，建築物模型(縮尺1/350)に作用する**突風荷重の特性**を把握しました。風圧実験で得た風力係数 $C_F$ を示します。

風力係数は内外圧差を旋回流の最大接線風速 $V_m$ から得た速度圧で除して得ており，横軸は模型中心に対する旋回流中心の位置をコア半径 $R_m$ で除した数値です。図(a)は，壁面に**卓越開口**(飛来物の衝突の結果生ずる開口)がある場合のほうがない場合よりも屋根に約2倍の鉛直方向の風力が作用することを示し，この結果から，飛来物に対して開口部を防御することが被害の軽減に重要であることがいえます。また図(b)は，竜巻が接近し通過するまでに，**水平方向の合力の作用が180度急変する**ことを示しています。



建築物模型の設置状況



風力係数の結果例

### 竜巻による突風荷重 $W_t$ の式

$$W_t(x) = \frac{1}{2} \rho V_m^2 \cdot C_F(x) \cdot v$$

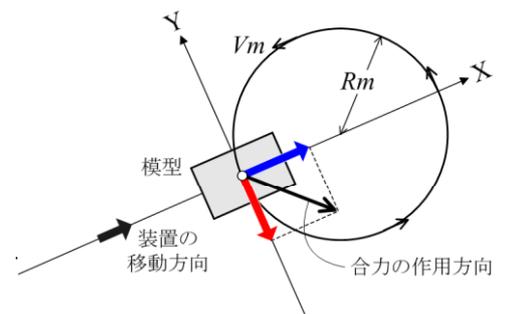
風圧実験で得た風力係数 $C_F$ を用いて，竜巻による突風荷重 $W_t$ の算定式を提案しています。ここで， $\rho$ ：空気密度， $V_m$ ：旋回流の最大接線風速， $v$ ：ばらつきを考慮した補正係数です。

木造住宅の上部構造の多くが竜巻の進行に対して右斜め前方に飛散しており，この**飛散方向**は実験で得た**合力の作用方向**と概ね対応しています。つまり，被害発生時の可能性の1つとして，竜巻が木造住宅付近を通過した直後のタイミングで転倒及び飛散したと考えられます。



実際の被害状況の例

上図(b)の横軸が+1.0のときの位置関係と力の作用方向を図示



風圧実験結果  
(水平方向の力の作用)