

上海環球金融中心の耐風設計

(その3 風力特性と周辺建物の影響)

耐風設計 超々高層建築物 風洞実験

- 正会員 菊池浩利¹⁾
- 同 日比一喜²⁾
- 同 孟 岩³⁾
- 同 松井正宏¹⁾

1. はじめに 超々高層建物の実設計^{1)~4)}に当たり、風洞実験から建物に作用する風力の評価を行った。超々高層建物やアスペクト比が大きな構造物の風荷重は、建物の振動に伴う付加的な空気力、建物自身の振動モードに対する影響を考慮して評価する必要がある^{5)~6)}。風洞実験は、風荷重算定時に建物自身の振動モードの影響を考慮するため図1に示す風圧模型を用いて実験を行った。また、従来から実施されている風力実験による実験を行い風圧実験の妥当性を検証している。計画建物の周辺環境は、図2に示す計画建物に対し安全側となる周辺環境2について報告する。また、計画建物に隣接する建物(高さ420m)の影響を把握するため周辺建物(周辺模型)の有無による風力の比較検討を行った。

2. 風洞実験 実験は、回流式境界層風洞(幅2.6m×高さ2.4m×長さ15m)で行った。実験で用いた気流は、長さの縮尺率1/600、平均風速の鉛直分布べき指数 $\alpha=1/5$ の境界層流である。図3に軒高近傍における風速のパワースペクトル密度を示す。また、図4,5に風速、乱れ強さの鉛直分布および乱れのスケールを示す。実験風速は、軒高18m/s、高さ50cm(2/3H)における気流の乱れ強さは10%、乱れスケールは0.5cm(実スケール300m)である。風圧模型は、図1に示す実スケールB=78.9m、H=460mの超々高層建物である。風圧力は、400点を壁面に配置し、多点同時圧力計によって全点同時に測定した。変動風圧力のサンプリング間隔は、1.28msecとし、32768個を連続してサンプリングした。導圧チューブの影響は予め求めたゲインおよびフェイズ特性を用いて補正した。実験風向は図2に示す39風向である。

3. 実験結果 表1は風圧実験、風力実験から求めた転倒モーメントの風力係数を比較したものである。各平均、変動成分とも実験結果の対応は良好である。図6,7に風圧実験から得られた風向別平均、変動風力係数分布を示す。図6の計画建物が単体の場合、風向0°でx方向平均風力係数が最大を示し、y方向は微小である。変動風力係数は、風直角方向となるy方向が大きくなる。また、風向45°付近でx,y方向とも変動成分にピークが現れる。図7の周辺建物を考慮した場合、周辺模型が風上側、お

よび背面となる風向で風力係数への影響が確認できる。風向340°~20°では計画建物が周辺模型の影になるためx方向平均風力係数が低下し、y方向が増加する。変動風力係数は逆にx方向が増加、y方向が低減している。周辺模型が斜め風上となる風向45°近傍ではy方向変動風力係数が増大する。これは風上側建物から剥離し、周期的に発生する渦の影響と考えられる。また、周辺模型が

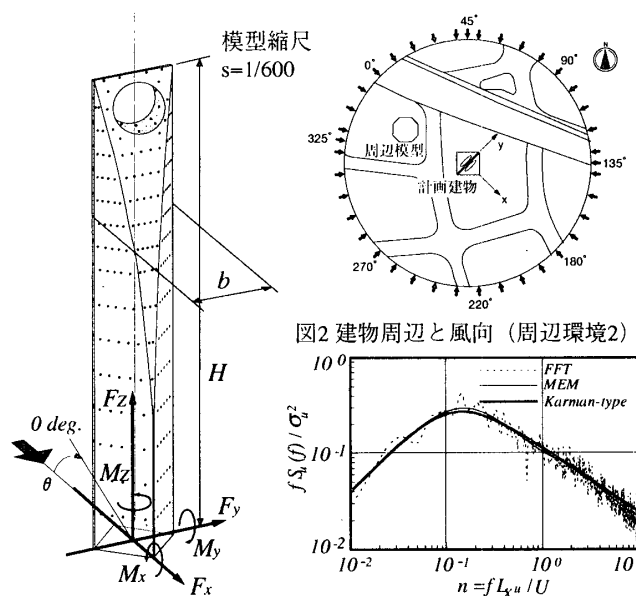


図1 建物概要と風圧測定点 図3 風速スペクトル

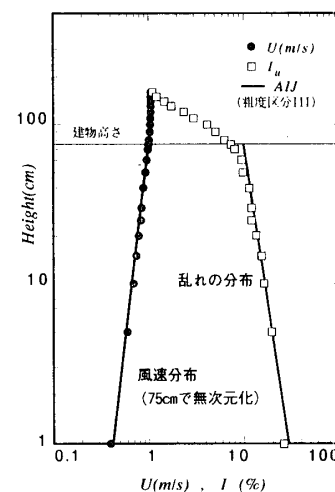


図4 風洞気流 (風速、乱れ強さの分布)

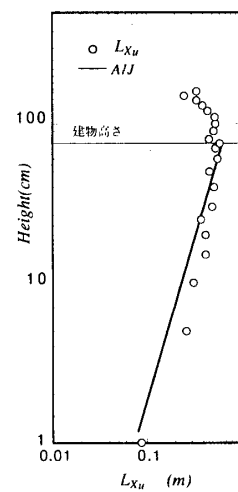


図5 乱れのスケール

Wind Resistant Design of Shanghai World Financial Center

Part-3 Characteristics of wind force and flow around buildings

KIKUCHI Hirotoishi et al.

化が見られないが、変動風力係数が風向の若干の変化によって増減している。この要因は計画建物から放出される渦が周辺模型により歪められる影響と考えられる。風向90°、260°付近では、2棟間の間の流速が増加し、建物同士が引き合う傾向が見られる。図8,9に変動風力係数が高くなる代表風向の一般化風力のパワースペクトル密度を示す。風向0°の図8(a)と図9の(a)を比較すると周辺模型の影響は、My成分の振動数0.2付近に卓越した周波数成分が現れている。図9(b)の風向45°では風上側の周辺模型の影響により、卓越周波数成分のピーク値がさらに高くなっている。図9(c)の風向220°は風下側の周辺模型の影響で卓越振動数が若干高くなっている。これらの影響を全て考慮すると静的成分を含んだ建物に作用する風力は風向220°が最大となる。

3. まとめ 超々高層建物の風圧実験から建物に作用する風力の評価を行った結果、以下の知見が得られた。

1. 離散的な空気力を評価する多点圧力計による風力評価の有効性が確認できた。
2. 周辺模型の影響は、計画建物の風上側、風下側によって平均、変動風力の増減が異なる。特に斜め風上となる風向45°近傍では変動成分の増加が見られる。

表1. 転倒モーメントに対する風力係数 (周辺環境2)

風向 (°)	風圧実験		風力実験		
	$\bar{C}_{Mx,y}$	$C'_{Mx,y}$	$\bar{C}_{Mx,y}$	$C'_{Mx,y}$	
0	x	0.098	0.026	0.104	0.027
	y	0.359	0.045	0.326	0.039
45	x	0.110	0.045	0.123	0.056
	y	0.331	0.065	0.332	0.068
220	x	-0.115	0.034	-0.119	0.040
	y	-0.328	0.056	-0.326	0.064

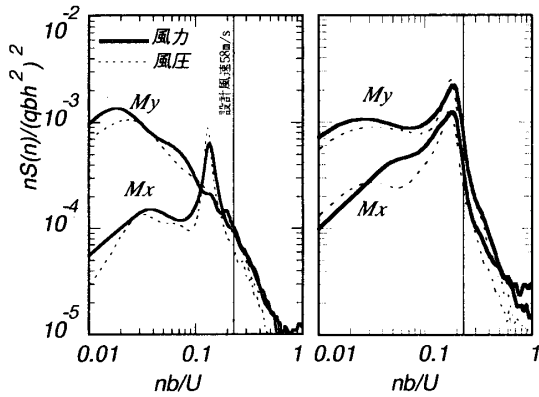


図8 一般化風力のパワースペクトル密度 (単体)

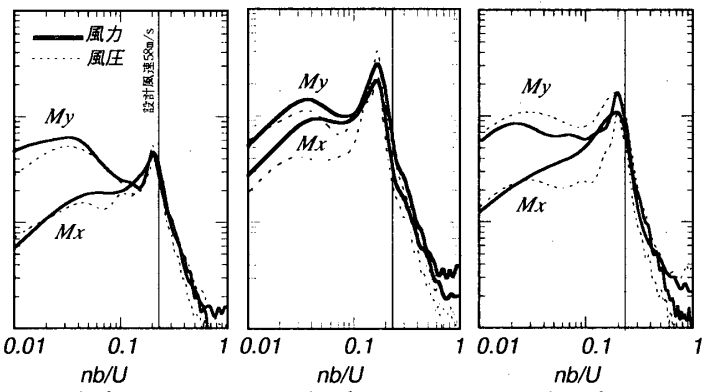


図9 一般化風力のパワースペクトル密度 (周辺環境2)

参考文献

- 1) 堀、中島、渡辺、広瀬：上海環球金融中心の耐風設計、その1、日本建築学会学術講演会梗概集 (九州)、1998
- 2) 中島、堀、渡辺、広瀬：上海環球金融中心の耐風設計、その2、日本建築学会学術講演会梗概集 (九州)、1998
- 3) 松井、日比、菊池、嶋田：上海環球金融中心の耐風設計、その4、日本建築学会学術講演会梗概集 (九州)、1998
- 4) 若原、菊池、大築、日比：上海環球金融中心の耐風設計、その5、日本建築学会学術講演会梗概集 (九州)、1998
- 5) 嶋田、日比：超々高層建築物(SSH)の耐風設計 その1、日本建築学会学術講演会梗概集 (関東)、1993
- 6) 若原、日比、松井、野津：超々高層建築物(SSH)の耐風設計 その2、日本建築学会学術講演会梗概集 (関東)、1993

- 1) 清水建設 (株) 技術研究所、研究員
- 2) 清水建設 (株) 技術研究所、主席研究員、工博
- 3) 清水建設 (株) 技術研究所、研究員、工博

Institute of Technology, Shimizu Corporation
 Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr. Eng
 Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr. Eng

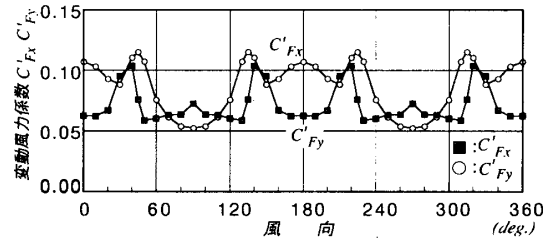
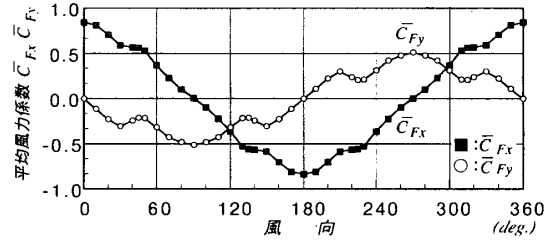


図6 平均、変動風力係数 (単体)

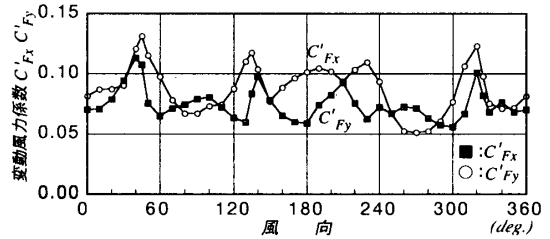
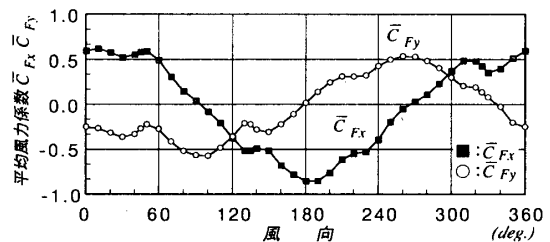


図7 平均、変動風力係数 (周辺環境2)