

超高層建築の形態と構造システムに関する基礎的研究
Fundamental study about form and structural system of skyscrapers

○天本優生¹, 石鍋雄一郎², 中島肇³

*Yusei Tenmoto¹, Yuichiro Ishinabe², Hajime Nakajima³

Abstract: In recent years, the number of skyscrapers has increased rapidly in Japan. Currently, the tallest building in Japan is "Abeno Harukas" (60 stories, height 300m) in Osaka Prefecture. On the other hand, looking at overseas skyscrapers, the tallest building in the world at present is the Burj Khalifa (163 stories, height 828m) in Dubai, buildings exceed 300m are more than 181 buildings in the world that. In addition, there are many skyscrapers in the world that have a much higher degree of freedom in design than in Japan. It is possible that Japan is a disaster-prone country as the cause of these differences, but is it impossible to realize a skyscraper with a higher degree of freedom in design in Japan.

1. はじめに

近年、日本において高層ビルは急速に増加している。現在日本で一番高いビルは、大阪の「あべのハルカス」(60階建て、高さ300m)である。一方、現在世界で一番高いビルは、ドバイの「Burj Khalifa」(163階建て、高さ828m)であり、日本の最高高さである300mを超えるビルが世界には181棟ある。また、世界には日本に比べ意匠の自由度が高い高層ビルが多く見られる。この違いを生む原因として日本が災害大国であることが考えられるが、日本においても意匠の自由度が高い高層ビルを実現することは不可能ではないと考える。

本研究では、既往文献を調査し、形態の分類および形態と耐風性能との関係を調べることで、より意匠の自由度が高い形態を有する構造システムを見出すことを目的とする。また、形態と耐震性能についても同様に調査する予定である。

2. 超高層建築の現状

超高層建築の現状を把握するために文献^[1]を調査し分析した。調査対象は2020年9月30日時点で完成済の300m以上の高層ビル181棟とした。まず世界の高層ビルの国別の建築数と構造形式を調査すると日本が占める割合が非常に小さく、複合構造が59%を占め最も多いことがわかる (Fig.1, 2)。ここで、複合構造とは鉄骨鉄筋コンクリート造のような合成構造と異種部材を連結して一つの構造体とする混合構造の総称とする。次に日本の200m以上の高層ビル38棟の構造形式を調査すると、世界と大きく異なり複合構造が占める割合は30%と半分となり、鋼構造が51%と最も多いことがわかる (Fig.3)。一方、世界の鋼構造による超高層建築の国別の建築数は、Figure1とは大きく異なり、日本の占める割合が大きいことがわかる (Fig.4)。

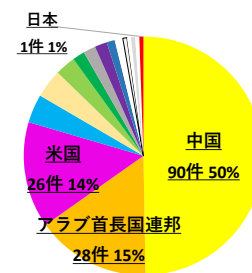


Figure1. Number of skyscrapers in the world

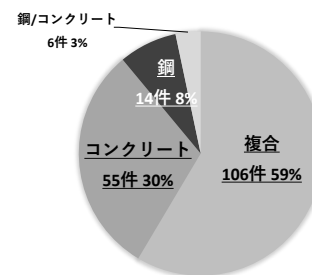


Figure2. Structural form of skyscrapers in the world

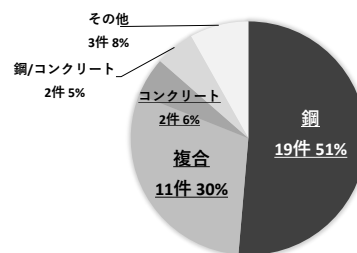


Figure3. Structural form of skyscrapers in Japan

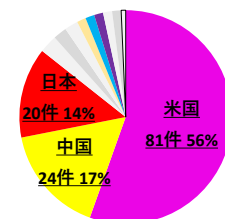


Figure4. Number of steel-framed skyscrapers in the world

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・教員・建築

2. 形態と耐風性能

2-1. 風力特性と建物形態

超高層建築の形態と耐風性能について既往文献^[2]を対象に調査した。文献では一連の空洞実験を実施し、各建物形態の風力特性について詳細な分析を行っている (Table.1)。

Table1. List of building types

a) Basic models				b) Corner modification models	
① Square	② Rectangular	③ Circular	④ Elliptic	⑤ Corner Chamfered	⑥ Corner Cut
c) Tilted models			d) Tapered models		
⑦ Tilted	⑧ Winding	⑨ 2-Tapered	⑩ 4-Tapered	⑪ Setback	⑫ Inversely 4-Tapered
e) Helical models					
⑬ Bulged	⑭ 90° Helical Square	⑮ 180° Helical Square	⑯ 270° Helical Square	⑰ 360° Helical Square	⑱ 180° Helical Rectangular
f-1) Cross Opening			f-2) Oblique Opening		
⑲ h/H=2/24	⑳ h/H=5/24	㉑ h/H=11/24	㉒ h/H=2/24	㉓ h/H=5/24	㉔ h/H=11/24

以下に各調査項目と検討結果を示す。また建築形態に対する各調査項目の風力特性の比較を Table2 に示す。
 1) 風圧実験により測定した最大平均モーメント、最大変動転倒モーメント係数の比較により、風方向と風直交方向それぞれにおいてどの形態がより風力をより低減できるのか調査している。調査対象は Table1 の全形態で行い、Table2 に示す7形態が風力をより低減している。このことから、次項目より調査対象はこの7形態に絞って行っている。

2) 風直交方向転倒モーメント係数のパワースペクトル密度のピーク値の大きさの比較により、どの形態が安全性(再現期間 500 年)、居住性(再現期間 1 年)が良いかを調べている。再現期間 500 年、1 年それぞれにおいて他の形態に比べピーク値が小さい形態を安全性、居住性が優れていると評価している。

3) 風直交方向層風力係数のパワースペクトル密度のストローハル数成分とバンド幅の比較により、どの形態が風による加振力が小さいかを調べている。ストローハル数成分が高さ方向に大きく変化する形態、バンド幅が大きい形態を大きな加振力が作用しないと評価している。

⑮180° Helical Square が2) 3) においてとても良い評価を示す形態である(Table2)。しかし同じ Helical model である⑭90° Helical Square はそれほど良い評価を示していない。なお加振力発生の原因として考えられるカ

ルマン渦の発生は⑭、⑮Helical Square や⑪Setback のように高さ方向に水平断面が変化している形態ほど小さいことが既往文献^[2]に示されている。

Table2. List of forms that are advantageous to the wind

検討項目	⑤ Corner Chamfered	⑥ Corner Cut	⑩ 4-Tapered	⑪ Setback	⑭ 90° Helical Square	⑮ 180° Helical Square	⑳ h/H=11/24
1) 風方向低減量			○	◎			
風直交方向低減量	○	◎			○	○	○
2) 安全性の良さ				○		◎	◎
居住性の良さ	○	○				◎	◎
3) 加振力の小ささ			○	○	○	◎	

2-2. Helical 角度による性能の違い

Helical 角度による風直交方向変動風力係数の比較結果を既往文献^[3]を参考に示す (Fig.5)。

どの形態においても捩れ角度 180° までは角度が大きいくほど効果は高いが、180° 以上にしてもほとんど効果が見られないことがわかる。

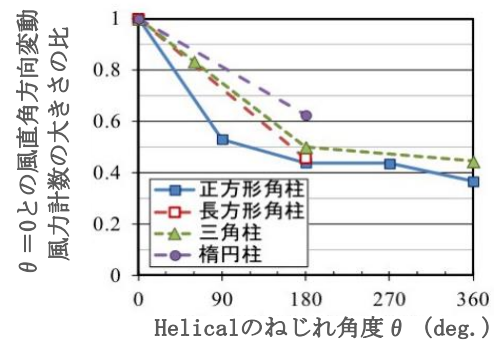


Figure5. Difference in wind power coefficient depending on the twist angle

3. まとめ

今回の調査で形態と耐風性能との関係、安全性、居住性等の評価の高い風力特性を示す建物形態がわかった。今後は Helical Square と耐震性能に関して調査していく予定である。

4. 参考文献

[1] The Skyscraper Center Global Tall Building Database of the CTBYH
 〈<http://www.skyscrapercenter.com/buildings?list=tallest-100-completed>〉
 [2] 田中英之, 田村幸雄, 大竹和夫, 中井政義: 新しい建物形態を有する超々高層建物の空力特性, 日本建築学会構造形論文集 第77巻 第678号, pp. 1211-1218, 2012年8月
 [3] 田中英之, 田村幸雄, 金容徹: 各種建物形状による超々高層建物の空力特性変化, 日本風工学会誌第38巻 第3号, pp. 306-311, 2013年7月