

論文内容の要旨

論文題目 変断面角柱の空気力低減メカニズムに関する研究

氏名

金 容 徹

本論文は、「変断面角柱の空気力低減メカニズムに関する研究」と題し、超高層建築物の空気力制振方法の一種である流体力学制振方法に関する研究である。ここで、「変断面角柱」とは高さ方向で断面形状を変化させた、いわば、テーパ付超高層建築物及びセットバック超高層建築物を称しており、隅角部形状を変化させた超高層建築物とは異なる。これまでの流体力学的制振方法に基づく研究報告のほとんどは隅切り・隅欠き・隅丸による超高層建築物であり、2次元及び3次元角柱に対して風洞実験または数値解析による幅広い研究がなされている。しかし、変断面角柱に関する研究は少なく、行われた研究も空気力低減効果に関する報告に過ぎず、例えば、テーパを与えることにより隅切りと同じ効果があるなど、具体的な空気力低減メカニズムを議論する研究報告はない。隅切り・隅欠き・隅丸角柱は剥離せん断層の起点である隅角部形状を変化させることにより剥離流を直接にコントロールする方法である。しかし、本研究で対象としている変断面角柱の隅角部形状は矩形断面角柱のように鋭い隅角部を有しているため、隅切り・隅欠き・隅丸角柱における空気力低減メカニズムとは異なることが予測される。そこで、本研究では実際変断面超高層建築物のテーパ率を考慮し、テーパ率の異なるテーパ付角柱とセットバック角柱に関する風洞実験より、空気力低減メカニズムを解明することを目的とする。また、変断面角柱の場合、矩形断面角柱より高い固有周波数や軽量などが予測されるので、応答評価を行うことによりこれらの諸特性が応答特性に与える影響について明らかにする。研究方

法として風力・風圧実験を用いており、角柱の幾何学的形状より、2次元角柱に対する風洞実験は大きな意味を持たないため、本研究では3次元角柱に対して2種類の境界層乱流を用いて風洞実験を行った。本論文は全7章からなり、各章の簡単な内容を以下で紹介する。

第1章では流体力学制振方法に基づく既往研究を隅切り・隅欠き・隅丸角柱に関する研究と変断面角柱に関する研究と分け、これまでの研究傾向を把握するとともに研究成果について検討する。その上、本研究の位置づけ及び目的について述べる。

第2章では各方向の応答を求める際必要である基本的な方法について詳説する。風方向の場合準定常仮定より直接に接近流の諸特性を用いて風方向応答を理論的に求めることが出来る。これを不規則振動論及び確率統計論を適用し最大応答を予測する手法について偏心がなく1次モードが卓越する超高層建築物を対象にし説明する。風直角方向及び振り方向の場合は静止角柱に対する風力実験から得られる風直角方向の転倒モーメントパワースペクトル及び振りモーメントパワースペクトルを用いてスペクトルモーダル法による評価手法について説明する。

第3章では自然風に関する諸物理量の特性について既往研究結果を求めるとともに新たなコヒーレンスの提案を試みる。自然風における平均風速及び乱れの強さの鉛直分布に関する荷重指針の内容を簡単に紹介し、風洞実験から得られたデータとの対応について検討する。また、変動風速パワースペクトル及びコヒーレンスに関する既往文献をまとめ、変動風速パワースペクトルを大きく3タイプに分けてそれぞれの特性について説明する。通常コヒーレンスは指数関数で表されるが、その際0周波数付近の値および減衰係数を実測データに基づき既往の提案式の限界を指摘するとともに、無次元距離項と無次元周波数項を導入した新たなコヒーレンスに対して風洞実験から得られた2点風速データ及び実測データとの対応について説明する。

風力実験結果を第4章で示した。異なる境界層乱流における各模型の風力特性について平均・変動風力係数の風向角による変化傾向及び各方向のパワースペクトルについて考察を行うなど、各模型に作用する全体風力特性について説明する。また、境界層2における正方形断面角柱、セットバック角柱そしてテーパ率10%のテーパ付角柱周りの気流測定から得られた風速分布より断面変化より見られる周辺気流の高さごとの変化について検討する。さらに、風向角が小さい時、各模型の変動揚力パワースペクトルを直接比較しピーク値の大小またはストローハル数付近におけるスペクトル幅について検討する。

第5章では風力実験により得られた風力特性より詳しく検討するため行った風圧実験結果を示す。風上面及び背面における平均風圧係数の変化傾向や各面におけるパワースペクトル形状など各高さにおける変断面角柱の特徴について検討する。特に断面変化により風上面低層部のパワースペクトルにおけるピークの現れ方及び側面パワースペクトルにおける広帯域化などに注目する。また、風上面及び背面における鉛直方向の相関特性を第3章で提案した変動風速コヒーレンスとの対応について検討するとともに側面における変断面角柱の相関特性が正方形断面角柱との明らかな差があることを各模型の風上面低層部にお

けるパワースペクトル形状の相違いと関連付けて説明し変断面角柱における空気力低減メカニズムについて説明する。

第6章では第4章で得られた変動風力パワースペクトルを用いて第3章で説明したスペクトルモーダル法により風方向及び風直角方向の変位応答及び加速度応答解析を行い、断面変化による変位応答及び加速度応答特性を構造特性と関連付けて検討する。また、代表風速との関係及び固有周波数の変化による応答の変化傾向など、変断面角柱における応答特性を明らかにする。

第7章では前章の内容をまとめ空気力低減メカニズムを総括し、今後の課題や展望を述べる。