

論文内容の要旨

論文題目 後流域との相互作用を考慮した三次元角柱の振動発生機構に関する研究

氏名

喜々津 仁密

本論文は、「後流域との相互作用を考慮した三次元角柱の振動発生機構に関する研究」と題し、超高層建築物等の風直角方向の振動発生機構における物体振動系-流体振動系の相互作用を評価し、風洞実験を援用した解析的モデルによる記述を試みたものである。後流挙動の記述には後流振動子と称されるモデルを適用し、そこに必要となる主要なパラメータの設定にあたっては、流速場の面計測において有効な PIV (Particle Image Velocimetry) システムを用いることにより、相互作用現象を大局的に把握した上で、物理的な評価を可能にしている。数学的に後流振動子モデルの記述を行うことにより、より一般的な条件に対する自励的渦励振等の発生予測や流体力学的制振方法による応答低減評価への応用が可能となる。本論文では、実験的評価と解析的評価の両方を行っており、全5章から構成される。

第1章では、社会文化環境学における本研究の位置づけを考察するとともに、既往の研究について、特に風直角方向振動に関する風洞実験及び解析モデルを中心に概観している。

第2章では、三次元角柱を対象とした風洞実験による振動発生機構、特に後流域での気流変動と角柱の風直角方向振動との相互作用特性について考察している。考察にあたっては、PIV システムによる可視化実験が後流域での流速場評価に有力なものとなる。後流域を特徴付ける基本的なパラメータとして角柱背面から後方よどみ点までの距離に着目した上で、角柱の応答性状と当該距離の変化との対応を明らかにし、相互作用現象の定性的な傾向を説明している。次に、振動変位と後流域の変動流速場の時系列データとの関係を考察し、固有直交関数展開を用いた POD (Proper Orthogonal Decomposition) 解析により自励的振動に寄与する後流域の変動流速場特性を明らかにしている。そして、変動流速場特性から Kutta-Joukowski の定理を援用して定性的な揚力発生機構を仮定し、既往の強制振動実験の結果との比較も行った上で、仮定の妥当性を論じている。

第3章では、静止した三次元角柱に作用する風圧力及び周囲の平均流速場を風洞実験により評価し、ギャロッピング振動の発生機構評価のための Den Hartog の判別式を参照して、角柱側面からのはく離せん断層によって形成される後流渦がどのようにして不安定振動の発生機構に寄与しているか検討を行っている。具体的には、相対よどみ点角度と規準化よどみ点間距離を定義し、それらと平均揚力係数及び平均抗力係数の迎角に対する変化とを対応付けることにより、準定常仮定における解釈を行っている。

第4章では、第2章及び第3章での実験的評価を踏まえて、三次元角柱の風直角方向振動と後流域の気流変動との相互作用現象の数学モデルによる記述を試みている。モデル構築にあたっては、後流域における流体力学的現象を機械動力的な解釈を通して振動子に置換した、後流振動子モデルを適用しているが、実験的に得られた後方よどみ点までの距離の非線形的な変化及びPOD解析結果をもとに後流振動子の平均長さを設定している。また、空気力特性と平均流速場との関係を用いて準定常仮定に基づく定式化を図り、接近流の乱れの効果や断面形状の違いを反映したパラメータ評価を行っている。構築した数学モデルは、その解析結果を風洞実験における風直角方向振動の結果と比較して、モデルの妥当性や適用範囲を検討することにより、構築したモデルによる振動予測式の耐風設計実務における応用可能性を示している。

第5章では、各章で得られた結論を総括的にまとめ、さらに今後の課題と展望を述べている。