

氏名	嶋田健司
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3511号
学位授与の日付	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	$k-\epsilon$ モデルによる矩形断面柱の空力特性評価と空力弾性挙動予測に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 松本 勝 教授 桂 順治 教授 白土博通

論文内容の要旨

本論文は $k-\epsilon$ モデルにより構造物の基本形状である矩形断面柱の空気力特性および空力弾性挙動に関して、その適用性について論じた結果をまとめたものであって、8章から成り立っている。

第1章は序論であり、研究の背景と、矩形断面柱の空力弾性振動に関する既往の研究概要および数値流体解析の適用例について述べている。

第2章では数値解析方法について示している。 $k-\epsilon$ モデルの基礎方程式系の導出、それらの一般座標系による定式化および乱流モデルの取り扱い等に関して詳細に述べている。

第3章では、一様な乱れのない流れの中に置かれた静止矩形断面柱をとりあげ、それらを過ぎる剝離を伴う流れの現象の再現に対する $k-\epsilon$ モデルの適用性について論じている。特に Strouhal 数の不連続性に代表されるような矩形断面の辺長比の変化に伴う一連の空力特性の変化が再現されるかどうかについて論じている。

第4章以降では動的問題について論じられている。第4章では $k-\epsilon$ モデルの有効性を示すための比較例として、乱流モデルを用いない2次元解析を示す。この場合、移流項に適切な高次精度風上差分を用いることで $B/D=2.0$ の前縁剝離渦による渦励振が再現されることを示している。しかし高無次元風速域における非定常空気力は精度よく再現されないことが示され、乱流モデルの導入等を考慮せずスパン方向の運動量拡散を無視したこのような2次元解析では、現象の再現には限界があることを示している。

第5章では並進1自由度の空力弾性振動について論じている。完全剝離型断面として $B/D=2.0$ 断面をとりあげている。そして $k-\epsilon$ モデルを用いた解析により $B/D=2.0$ 断面に特徴的な振動形態、すなわち前縁剝離渦による渦励振、Karman型渦励振およびギャロッピングの再現性に関して検討を行っている。また周期的再付着型断面として $B/D=4.0$ 断面をとりあげ、複数の渦励振が再現されることを示している。これらの結果を通して第4章で論じたような乱流モデルを用いない2次元解析では不可能であり、従来3次元解析によってしか予測不可能であったギャロッピングに関して本解析手法が有効であり、種々の振動形態に関して適用性があることを示している。

第6章では $B/D=2.0$ および $B/D=4.0$ 断面のねじれ1自由度の空力弾性振動に関して論じている。ねじれ1自由度の強制加振の解析を行い、非定常空気力および非定常風圧分布について既往の研究成果との比較を行っている。次にねじれの渦励振とねじれフラッターに関して解析を試みている。また解析の検証のために行った風洞実験結果について論じている。

第7章では矩形断面以外の断面形状に対する適用性を論じている。有効性を検証する意味で2つの例を論じている。その第1として扁平六角形断面のねじれの渦励振に関する発振風速および応答の定量的評価に対する検討を行うことを通して付着型断面の空力振動再現への適用性を検討している。第2に連成空気力の再現性に関して調和振動時の平板空気力について振動翼理論との比較を行い、 $k-\epsilon$ モデルによる結果が理論値と精度よく一致することを示し、連成空気力予測に適用性があることを示している。

最後に第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約しているとともに今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文では、高層建築物や橋梁等の構造物断面の空気力特性を数値流体解析により予測することを目的とし、そのために修正型 $k-\varepsilon$ モデルを取り上げている。 $k-\varepsilon$ モデルは従来ブラフボディーの非定常流解析に適用された例が少ないが、本論文では、大規模なはく離、再付着を伴うブラフボディーを過ぎる流れ場が、同モデルを用いればその特性により2次元解析によっても再現されることを以下の3つの検証を通して論じている。

第1に、静止状態における種々の辺長比の矩形断面について、それらの渦放出に伴う空力特性を解析し実験と比較することによって、再付着を生じる辺長比の大きな断面に対しても同モデルの有効性を示している。

第2に、並進およびねじれ各1自由度の振動問題に関して、 $B/D=2$ および 4 の矩形断面柱を対象とし、並進に関しては1せん断層不安定型の渦励振およびギャロッピング、ねじれに関してはねじれの渦励振とねじれフラッターを再現することができることを示し、空力振動問題への適用性を示している。

第3に、正三角形の両端フェアリングを有する扁平六角形断面をとりあげ、そのねじれ1自由度振動に関して実験と解析を行うことにより、本解析手法が一般橋梁断面に見られる付着型断面にも適用可能であることを示している。

これらのことより従来3次元解析でなければ不可能とされていたブラフボディーを過ぎる流れ場の解析が本モデルによっても可能であり、空力振動メカニズムの解明や断面の空力的設計がより少ない計算機資源において可能であることを示している。

以上、要するに本論文は、構造物の耐風設計において、構造物の空気力特性を数値流体解析によって評価できる手法を具体的に示しており、耐風設計法の進展に貢献しうる研究であり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年2月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問をおこなった結果、合格と認めた。