

氏 名	リ ジェ ヒョン 李 再 炯
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2700 号
学位授与の日付	平 成 18 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 社 会 基 盤 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Study on Aerodynamic Interference and Unsteady Pressure Field around $B/D=4$ Rectangular Cylinder Based on Proper Orthogonal Decomposition (固有直交関数展開を用いた 1:4 矩形断面周りの圧力場及び空力干渉に關する研究)
論 文 調 査 委 員	(主 査) 教 授 松 本 勝 教 授 河 井 宏 允 助 教 授 白 土 博 通 教 授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、 $B/D=4$ 矩形断面について空力干渉問題を固有直交関数展開 (Proper Orthogonal Decomposition, 以下 POD) 解析と静的/動の実験をベースに考慮し, Bluff Body の空力問題における異種の現象とカルマン渦との干渉問題について考察したものである。矩形断面は Bluff であるため, 断面前縁から剝離した剪断層と断面側面上の渦の挙動が空気力発生の主要因となる。発現する空力現象の抑制あるいは軽減への対策だけではなく, その発生メカニズムの詳細な把握は構造物の適切な安全評価につながり, より安全な公共構造物の供用に寄与するものと考えられる。

以上の点を踏まえて, 本論文では辺長比 1:4 矩形断面を対象として風洞実験を実施し, 対象断面に生じる空力振動現象および断面周りの非定常な圧力変動を計測した。さらに POD を用いて, 断面周りの圧力場の変動特性に対する解析を行い, 種々の空力振動に関わる流れ場を示した。また, Bluff Body Flow に関わるカルマン渦の干渉を把握するために $B/D=4$ 断面の場合に対してスプリッタープレートによってカルマン渦放出を抑制し, その影響が静的空気力特性と非定常空気力特性に及ぼす影響を調査した。Bluff Body Flow が持つ非対称性を定量的に把握するために 乱流格子を用いてカルマン渦を弱め, 静的空気力及び 熱線流速計によって模型断面周りの風速を測定した。以下, 各章ごとにその内容を示す。

第 1 章では, 序論及び研究の背景と目的を示す。

第 2 章では, 気流中の Bluff Body に発現する空力振動現象を紹介する。

第 3 章では, 辺長比 1:4 矩形断面に生じる空力振動現象および単一振動内の空力干渉について考察する。

第 4 章では, $B/D=4$ 矩形断面において非定常圧力測定実験を行い, 断面周りの圧力場の変動圧力係数および位相特性と非定常空気力係数を示す。

第 5 章では, 固有直交関数展開 (POD) を用いて断面周りの圧力場の変動特性に対する解析を行い, 種々の空力振動に関わる流れ場を示す。それに加え, 2 つ以上の流れパターンが存在する場合に対して POD 解析を適用し, 共存する流れパターンをモードで分け, それらの干渉を調べた。その結果, 断面後流域でカルマン渦が Bluff Body Flow に大きく影響していることが分かった。

第 6 章では, Bluff Body Flow に関わるカルマン渦の干渉を把握するために $B/D=4$ 断面の後流域内にスプリッタープレートを設置することによってカルマン渦放出を抑制し, その影響が静的空気力特性と非定常空気力特性に及ぼす影響を調査した。その結果, $B/D=4$ 矩形断面で時間平均的に再付着していた流れ場が, スプリッタープレート設置によりカルマン渦放出が抑制されることで, 完全剝離型の流れのパターンへ変化する特性を明らかにした。さらに Bluff Body Flow が持つ非対称性に関わるカルマン渦の干渉を把握するために, 乱流格子を用いてカルマン渦を弱め, 静的空気力及び熱線流速計によって模型断面周りの風速を測定した。その結果, 流れの対称性を保っていると考えられるカルマン渦放出が抑制されることで, 流れ場が非対称となっていることが明らかとなった。

第7章では、結論であり、各章で得られた主な結論を総括して本論文の結論を述べるとともに、今後の研究課題を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、 $B/D=4$ 矩形断面について空力干渉問題を固有直交関数展開（Proper Orthogonal Decomposition）解析と静的/動の実験をベースに考慮し、Bluff Body の空力問題における異種の現象（自己励起型渦励振やねじれフラッターなど）とカルマン渦との干渉問題について考察したものである。具体的には、 $B/D=4$ 矩形断面を用いて後流中に設置したスプリッタープレートによってカルマン渦放出を抑制して Bluff Body Flow に関わるカルマン渦の干渉を把握した。研究手法として、非定常な圧力変動を計測して固有直交関数展開を用いて、断面周りの圧力場の変動特性を検討した。また、格子乱流中で Bluff Body Flow が持つ非対称性を把握し、カルマン渦との関連を明らかにした。得られた主な成果は次のとおりである。

- 1) POD 解析を用いて、種々の空力振動に関わる流れ場を示した。それに加え、2つ以上の流れパターンが存在する場合に対して POD 解析を適用し、共存する流れパターンをモードで分け、それらの干渉を調べた。その結果、断面後流域に形成されるカルマン渦が Bluff Body Flow に大きく影響していることを明らかにした。
- 2) カルマン渦放出により断面表面圧力は独特のモード形状を示すことかを明らかにするとともに、これら圧力のモード分布形状により、空力振動別に分類が可能であることを明らかにした。
- 3) $B/D=4$ 矩形断面後流にスプリッタープレートを設置し、カルマン渦放出が抑制されることで、断面側面に再付着していた時間平均的流れ場が、完全剥離型に変化することを実験的に明らかにした。すなわち、カルマン渦を抑制することにより剥離剪断層が伸び、物体の空力特性自体が変化することが明らかとなった。
- 4) 格子乱流中において静的空気力及び熱線流速計による模型断面周りの風速を測定した。その結果、流れの対称性を保っていると考えられるカルマン渦放出が乱れの存在によって抑制されることで、流れ場が非対称となっていることを明らかにした。

以上本論文は、矩形断面の側面非定常圧力測定結果に固有直交関数展開を適用し、別途実施された静的/動の実験をベースに、Bluff Body の空力問題における異種の現象とカルマン渦との干渉問題について考察したもので、学術上、實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18年8月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。