

氏 名	リュウ ケイ カン 劉 慶 寛
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2623 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 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	水路と軸方向流に着目した斜張橋ケーブルの空力振動の発生機構に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 松 本 勝 教 授 田 村 武 助教授 白 土 博 通
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、世界各地で数多く報告されている斜張橋ケーブルの空力振動について考察したものである。ケーブルを空気力学的に不安定化する要因として、降雨時にケーブル表面に形成される水路、ケーブル後流域に形成される軸方向流、カルマン渦の非定常・3次元的な放出などが挙げられるが、水路及び軸方向流がカルマン渦の放出に与える影響、カルマン渦の放出がギャロッピング不安定性に与える影響または水路の周方向の動きがケーブル振動に与える影響についてはまだ明らかになっていない。

以上の点を踏まえて、本論文では水路と軸方向流に着目し、実験データに基づく種々の解析と数値流体解析により、水路及び軸方向流がケーブルの空力振動に与える影響とそのメカニズムについて考察を行った。以下、各章ごとにその内容を示す。

第1章では、序論として研究の背景、斜張橋ケーブルの空力振動及び過去の研究、カルマン渦とケーブルの振動について述べている。

第2章では、過去の実験において計測された固定支持剛体ケーブル模型の変動揚力データを用いて、ケーブル表面に人工水路を設置した状態において、カルマン渦の放出特性について検討を行った。次に、水路がケーブル表面に存在すること（特に水路なしケーブルにおける流れの剝離点付近に存在すること）により、カルマン渦の放出強度が水路位置によって異なることとケーブルのギャロッピングの不安定性の関連について考察を行った。その結果、特定の水路位置によりカルマン渦の放出が弱められ、カルマン渦によるギャロッピング制振力が小さくなることにより、ギャロッピングが発生することを明らかにした。また、ケーブル表面に形成される水路によって、ケーブルまわりの流れ場が非対称になり、ケーブル振動に励振力（または制振力）が作用する。このことからケーブルのギャロッピング不安定性が、カルマン渦によって大きく支配されていることを明らかにした。

第3章では、過去の実験において計測された固定支持傾斜ケーブル模型の変動揚力データを用いて、風洞に窓（模型を支持するために円形の窓が風洞壁側面に設けられている）が開いている状態において、傾斜ケーブル模型の上流端側と下流端側のカルマン渦の強度、低周波数成分の強度について検討を行った。そして、軸方向流強度、カルマン渦強度、低周波数成分強度の関係を調べ、軸方向流がカルマン渦の放出に与える影響とケーブルのギャロッピング不安定性の関連について考察を行った。次に傾斜ケーブル模型の自由振動実験において計測された模型変位の結果を用いて、変位の模型振動数成分とカルマン渦放出周波数成分の関係を検討し、カルマン渦の強度とケーブルのギャロッピング不安定性の関連について考察を行った。その結果、軸方向流が強く形成されることよりカルマン渦の生成が抑えられ、カルマン渦によるギャロッピング制振力が小さくなることにより、ギャロッピングが発生することを明らかにした。

第4章では、過去の研究において得られた各水路位置における非定常空気力係数を用いて、ケーブルの空力振動に及ぼす水路が周方向に動く効果を無次元風速 V/fD —ケーブル振動と水路の動きとの位相差 λ —対数減衰率 δ の観点から評価を行

った。その結果、位相差 λ によって水路の周方向の動きがケーブル振動を安定化、または不安定化させていることを明らかにした。

第5章では、数値流体計算方法を用いて、水路が付いている状態において、静止ケーブルまわりの流れを解析し、各水路位置によりケーブルまわりの流れ場の変化と空気力（抗力、揚力、変動揚力）の変化について調べ、流れ場の特性と空気力の変化のメカニズムについて考察を行った。その結果、ケーブルまわりの流れパターンが水路位置により異なること、また流れパターンとケーブルに作用する空気力は深く関係があることを明らかにした。

第6章では、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、世界各地で数多く報告されている斜張橋ケーブルの空力振動について考察したものである。具体的には、ケーブルを空気力学的に不安定化する要因として考えられる水路と軸方向流に着目し、水路及び軸方向流がカルマン渦の放出に与える影響、カルマン渦の放出がギャロッピング不安定性に与える影響を明らかにした。さらに、水路の周方向の動きがケーブル振動に与える影響について検討した。研究手法として、実験データに基づく種々の解析と数値流体解析を用いた。得られた主な成果は次のとおりである。

1. 特定の水路位置あるいはケーブル背面に生成される軸方向流によりカルマン渦の放出が弱められ、カルマン渦によるギャロッピング制振力が小さくなることにより、ギャロッピングが発生することを明らかにした。
2. ケーブル表面に形成される水路によって、ケーブルまわりの流れ場が非対称になり、ケーブル振動に励振力（または制振力）が作用する。このことからケーブルのギャロッピング不安定性が、カルマン渦によって大きく支配されていることを明らかにした。
3. ケーブルの空力振動に及ぼす水路が周方向に動く効果を無次元風速 V/fD —ケーブル振動と水路の動きとの位相差 λ —対数減衰率 δ の観点から評価した結果、位相差 λ によって水路の周方向の動きがケーブル振動を安定化、または不安定化させていることを明らかにした。

以上要するに、本論文は、実験データに基づく解析と数値流体解析により斜張橋ケーブル振動の発生メカニズムの解明に関して研究したもので、得られた成果は学術上、実際に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2月22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。