

氏名(本籍)	原田 健彦 (山口県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第60号
学位授与日	平成19年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科 社会開発・環境システム工学専攻
論文課題目	ハイブリッド吊床版道路橋の提案とその静・動力学特性に関する基礎的研究
審査委員	主査 九州産業大学 教授 吉村 健 副査 九州産業大学 教授 水田 洋司 副査 佐賀大学 教授 井嶋 克志

内容の要旨

本研究は、田中らによって先に提案された、吊床版歩道橋を中径間の道路橋に適用することを目的としている。この目的のために、まず、試設計を実施し、静力学特性について詳細に検討した。次に、地震応答特性調査に基づく耐震性能の照査を行った。更に、風洞模型実験によるフラッタ特性調査を実施し、耐風性能を照査した。

本提案は、新構造形式橋梁に関するものである。この提案橋梁は、経済的な桁架設法が可能であることがきわめて重要な特徴のひとつである。したがって、上記特性調査の他に桁架設法を提案し、併せて桁架設系の静力学特性についても検討した。

以上の検討・照査の結果を総括し、中径間の吊橋等に対する本橋の優位性を示すことができれば、「本橋を道路橋に適用するという目的」を達成したことになる。

本研究で明らかにした事柄を各章毎に要約すると、以下のようなものである。

第1章では、本研究の背景、目的、特徴および方法と手順を記した。

第2章では、ハイブリッド吊床版橋に関する一般論を述べた。そこではまず、提案橋梁の立地条件を記した。次に、田中らによって提案されたハイブリッド吊床版“歩道橋”に関する検討結果について概要を述べた。そして、本形式を道路橋に適用した構造について、概略設計を経た提案過程を記した。最後に、採用した主桁形状とその構造的特徴を記述し、第3章以降の前置きとした。

第3章では、主桁とケーブルの試設計結果について述

べた。そこでは、試設計した橋長の異なる3構造における静力学特性についても記述した。本章で明らかにした重要事柄は以下のとおりである。

- ① 橋面積当りの主桁重量は、例えば、同規模吊橋の豊島大橋(仮称)の約半分である。
- ② 上・下ケーブル各1本を合わせて単一ケーブルにした場合の換算直径は、橋長200m、400mおよび600mの構造でそれぞれ26cm、40cmおよび50cm程度である。これらの値は、同規模の吊橋の主ケーブル直径と同程度である。

第4章では、本橋架設系に対する静力学特性について述べた。桁架設の各段階における各々の部材の変形・断面力特性を数値解析により調べた。その結果、桁架設初期に大変位を生じるものの、極端に大きな値ではないこと、ならびに各断面力は許容値以内であることを明らかにした。更に、桁架設初期の最大変位について詳細に調べた。その結果、橋長の増加に伴い、上・下ケーブル中央部の最大変位は単調増加すること、ならびに橋長で無次元化した変位は単調に減少することも明らかにした。

第5章では、完成系の地震応答特性調査に基づく耐震性能の照査結果を述べた。主要部材である上・下ケーブル、ならびにエッジビームの耐震性能を照査した。その結果、以下の事柄を明らかにした。

- ① 橋長が異なるいずれの構造においても、上・下ケーブルに対する地震の影響は支配的ではなく、常時荷重でその断面を決定できる。
- ② 他の中規模橋梁とは異なり、3種の橋梁のいずれにおいても主要部材の設計における地震の影響は支配的ではなく、常時荷重でその断面を決定できる。

第6章では、本橋の耐風安定性について、風洞模型実験と数値解析により調査・研究した。円形断面2鋼管エッジビームとオープングレーティング床版で構成される主桁形式を保持して、新提案橋梁に相応しい、耐風安定性に優れた性能を有する主桁の断面形状を模索した。その結果、以下の事柄を明らかにし、本橋の優位性を示した。

- ① 研究初期の提案断面は、換算風速が $U_{crf} = 4 \sim 5$ の低風速域でフラッタを生じた。
- ② 上記断面のエッジビームを鉛直下方向に移動させ、エッジビーム-地覆間のギャップを増すと、ギャップフローの流量が増加する。その結果、フラッタ発現換算風速が $U_{crf} > 10$ にまで増加することを見出した。
- ③ ②で見出された推奨断面は、超長大橋の主桁断面にも適用できることを強調したい。その理由は、本断面が平板翼の2倍以上も高い U_{crf} を有することにある。

第7章では、第3章～第6章で得られた道路橋の静・動力学特性に関する上記の検討結果を総合し、本橋の優位性について述べた。具体的には次のとおりである。

- ① 静力学特性に関する限り、主径間 200 m～600 m を有する吊橋に対して、本橋が吊橋よりある程度の経済的優位性を持つことを示した。
- ② 本橋の耐震性能については、道路橋に適用可能であることを示唆するのにとどまり、本橋が吊橋に対して優位性のあることを示せなかった。
- ③ 耐風性能に関する調査の結果、見出された推奨断面は、平板翼の2倍以上も高いフラッタ発現風速を有しており、一般の吊橋の補剛箱桁や補剛トラス桁に対する本主桁断面の優位性を示した。

最後に、今後における研究課題と展望について記し、本研究を総括した。

論文審査結果の要旨

本研究は、先に提案したハイブリッド吊床版歩道橋を、中径間の道路橋に適用することを目的としている。この目的のために、まず、試設計を実施し、静力学特性について明らかにしている。次に、地震応答特性調査に基づく耐震性能を数値解析により照査している。更に、風洞模型実験によって耐風性能も照査している。また、桁架設法を考案し、桁架設系の静力学特性についても数値解析で明らかにしている。

本論文の主な成果は次の5点にまとめられる。

第1は、橋梁形式の提案、および主桁と上・下ケーブルの試設計の成果である。設計にあたっては、静力学特性調査に基づき、橋長が 200 m、400 m、および 600 m の橋梁を対象にした。そして、主桁重量が同規模吊橋の約半分であること、ならびに上・下ケーブル各1本を合わせて単一ケーブルにした場合の換算直径は、同規模吊橋の直径と同程度であることを明らかにした。

第2は、架設系に関する成果である。検討作業にあたっては、架設の各段階における各々の部材の変形・断面力特性を、幾何学的非線形性を厳密に考慮した大変位理論に基づく数値解析により調べた。その結果、桁架設初期に大変位を生じるものの、極端に大きな値ではないこと、ならびに各断面力は許容値以内であることを明らかにした。更に、桁架設初期の大変位について詳細に調べた。その結果、橋長の増加に伴い、上・下ケーブル中央部の最大変位は単調に増加することも明らかにした。

第3は、完成系の地震応答特性調査に基づく耐震性能の照査に関する成果である。検討にあたっては、地震の

規模とその周波数成分が異なる都合7種の地震波形を用いた非線形数値解析を行った。その結果、他の中規模橋梁とは異なり、3種の橋梁のいずれにおいても主要部材の設計における地震の影響は支配的ではなく、常時荷重でその断面を決定できることを明らかにした。

第4は、完成系の耐風性能の照査に関する成果である。検討にあたっては、風洞模型実験と数値解析を行っている。円形断面2鋼管エッジビームとオープングレーティング床版で構成される準閉断面主桁形式を保持して、新提案橋梁に相応しい、耐風安定性に優れた性能を有する主桁断面を模索した。その結果、エッジビーム-地覆間の最適ギャップを見出している。その断面のフラッタ発現換算風速は10以上であり、平板翼に対するその2倍以上高いことを示した。

第5は、以上の調査・研究成果を総合し、本橋の優位性に関する考察である。静力学特性に関する限り、主径間が 200 m～600 m の吊橋に対し、本橋がある程度の経済的優位性を持つことを示している。更に、耐風性能については、見出された推奨断面は平板翼より2倍以上も高いフラッタ発現風速を有しており、流線型箱桁や補剛トラス桁の吊橋主桁断面より優位性を示す。これらの優位性により、本提案橋梁が道路橋に適用可能であることを示唆した。

以上要するに、本論文は橋長 200 m～600 m の橋梁の提案とそれらに対する広範囲の調査と照査を行っており、橋梁工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認める。

最終試験結果の要旨

本論文に関して審査委員から、主塔をローラー支承で解析モデル化したことに対する問題点、主桁をフィッシュボーン解析モデル化したことに対する問題点、論文の構成の見直しなどについて質問・指摘がなされた。これらに対し、著者から明確な回答がなされた。また、公聴会において、出席者から多数の質問がなされたが、著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上の結果から、著者は最終試験に合格したものと認める。