

(試験の結果)

本論文に関し、審査委員から、有限要素法がそのままでは応力拡大係数の解析には適していない理由、軸対称問題の基準解として二次元平面ひずみ問題の基準解を使用する理由、最小要素サイズの影響などについて質問がなされたが、著者の回答はいずれも明確であった。また、公聴会においても出席者から種々質問がなされたが、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、著者は試験に合格したものと認めた。

| | |
|---------|--|
| 氏名(本籍) | 田中 孝久 (福岡県) |
| 学位の種類 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 甲第27号 |
| 学位授与日 | 平成16年3月19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歩道橋の提案とその構造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 九州産業大学 教授 久保 喜延 |

内容の要旨

プレストレストコンクリート(PC)吊床版歩道橋においては、床版の内部ケーブル張力(その水平成分 H_w)が非常に大きい。この H_w の低減を図る目的で、'吊床版橋と吊橋'および'吊床版橋と斜張橋・吊橋(斜張吊橋)'を組み合わせたハイブリッド歩道橋を提案した。本橋の主桁は、鋼管あるいは円形断面PCのエッジガーダーとオープングレーティング等で構成されており、重量軽減(H_w の低減)と耐風安定性向上を図った。スパン $L=123\text{m}$ を有するこれら2種の吊形式橋梁について予備設計し、完成系と架設系の静力学特性と耐風安定性を検討した。得られた結果を章毎に要約すると以下のとおりである。

第1章では、本研究の背景と目的を記した。第2章では、初期に提案された床版主桁構造および吊形式から、最終提案として採用し検討を重ねる床版主桁および吊形式までの変遷とそれぞれの結果を示している。

第3章では、予備設計に必要な基礎研究と設計の結果について述べた。特に重量軽減とたわみ制御については次の事柄が明らかにされた。

- ・本研究で比較対象として選定した陣屋の森吊橋($L=123\text{m}$ のPC吊床版歩道橋)と比べると、主桁の単位長さ当たり重量 w と H_w は、最も軽量な $\phi=165\text{mm}$ の2鋼管主桁構造の吊床版吊橋では約 $1/17$ と $1/9$ に減少できることがわかった。また、最も重い $\phi=216\text{mm}$ の2PC主桁構造の場合、これらの値はそれぞれ約 $1/8$ と $1/4$ であった。
- ・吊床版吊橋において活荷重半載時には、上ケーブルが載荷方向に水平変位することによってアーチ効果が半

減し、最大鉛直たわみ Y_{max} を許容値 Y_a 以下に制御するのが困難であった。その制御法として、セントラルランプ（センターステイ）が極めて有効であることがわかった。その効率は、上ケーブル・主桁間距離 dcl に依存し、 $dcl = 0$ cmでは $dcl = 40$ cmの場合と比較すると、 Y_{max} は2鋼管と2PCのいずれの主桁構造においても約 $1/2$ に減少できて、 Y_a 以下に制御できることが示された。

- ・提案した2種の吊形式、4種の主桁構造における最大たわみ Y_{max} の特性は、いずれも上ケーブル断面積に強く依存し、下・斜ケーブル断面積にはほとんど依存しないことが明らかにされた。

第4章では、完成形における静力学特性について検討を行い、各部材毎の応力度照査を実施し次の事柄が明らかにされた。

- ・吊床版吊橋の場合、 $\phi = 165$ mmと $\phi = 216$ mmのいずれにおいても、2鋼管主桁構造では上・下ケーブルとエッジガーダーを含む全ての部材で許容応力度以下であった。2PC主桁構造についても、高強度コンクリートを用いてプレストレスを導入すれば、許容応力度をはるかに下まわっていることが明らかにされた。
- ・吊床版斜張吊橋の場合、斜張部と鉛直吊部の接合部において局部的に大きな曲げモーメントが発生する。この問題を解決するための一手法として、斜張部にも鉛直吊材を配置し斜ケーブル断面積を減らしていった。その結果、最適形状は吊床版吊橋となった。

第5章では、完成形の各主桁構造に対する耐風安定性について検討を行い、次のことが明らかにされた。

- ・吊床版斜張吊橋のフラッタ風速 V_F は、 $\phi = 165$ mmの2PC主桁構造で60 m/s以上を示した。
- ・吊床版吊橋の V_F は、 $\phi = 165$ mmの2PC主桁構造で66 m/s以上を示した。
- ・上記の2種の検討において、オープングレーティング中央部を硬質ゴム板で部分的に閉塞した場合、 V_F が最大約5割低下することが明らかにされた。
- ・吊床版吊橋の V_F は、 $\phi = 216$ mmの2PC主桁構造では約90 m/s以上を示した。
- ・ $\phi = 165$ mmの吊床版吊橋と吊床版斜張吊橋に対する鉛直曲げモードに関しては、渦励振を生じないことが確認された。一方、ねじれモードについては励振を生じるものの、実橋の構造減衰を考慮すると実用上問題ないことがわかった。

第6章では、 $\phi = 216$ mmの2PC主桁構造の吊床版吊橋について架設系に対する静力学特性と耐風安定性につい

て検討を行い、次のことが明らかにされた。

- ・中央架設法（主桁セグメントをスパン中央から側方へ対称に架設）の場合、上ケーブルの絶対最大たわみは、架設長・スパン比 $L_2/L = 0.2$ で生じ、その値は約2.0 mであった。また、架設長の増加に伴って塔頂部における上ケーブルとバックステイケーブルの張力、および塔頂部水平変位と塔基部曲げモーメントは一樣に増加した。
- ・側方架設法（主桁セグメントを側方からスパン中央へ対称に架設）の場合、 $L_2/L = 0.4$ のときスパン中央の非載荷部上ケーブルが上方に約2.0 m変位した。塔頂部における上ケーブルとバックステイケーブルの張力、および塔頂部水平変位と塔基部曲げモーメントは中央架設法と同様に架設長の増加に伴って一樣に増加する。
- ・上記2種の架設系におけるケーブル張力と塔基部曲げモーメントは、共に抵抗値をはるかに下まわったし、塔頂部水平変位もわずかに約3 cmであった。
- ・上記2種の架設法に対する耐風安定性の検討を行った結果、中央架設法で $L_2/L = 0.8$ のとき、 V_F は最低の約55 m/sを示すことが明らかにされた。よって、2種の架設系はともに良好な耐風安定性を示すことがわかった。

審査の結果の要旨

プレストレストコンクリート（PC）吊床版歩道橋においては、主桁自重 w による桁内ケーブル張力（その水平成分 H_w ）が非常に大きい。本論文では、 w の低減によって H_w の低減を図ることによって経済的設計を可能にする。そのために、“吊床版橋と吊橋”および“吊床版橋と斜張吊橋”を組み合わせたハイブリッド（複合）吊形式で軽量主桁構造の橋梁をまず提案している。次に、比較対象に選定した陣屋の森PC吊床版歩道橋と同一スパン長（123 m）を有する橋梁を試設計し、本提案橋の w と H_w が陣屋の森橋より著しく減少すること、ならびに静力学特性と耐風安定性のいずれもが陣屋の森橋と優るとも劣らぬことを、数値解析と風洞模型試験によって明らかにしたものである。

本論文の主な成果は次の5点にまとめられる。

第1は、上記2種のハイブリッド吊床版橋の提案である。円形断面エッジガーダーとオープングレーティング床版から成る軽量でかつ良好な耐風安定性を期待できる準閉断面主桁の採用により、提案吊床版橋の w と H_w を陣屋の森吊橋の $1/8$ と $1/4$ にそれぞれ低減できることを明らかにした。

第2は、吊床版吊橋における上・下の2種あるいは吊床版斜張吊橋における上・下・斜の3種のケーブルのうち、活荷重によるたわみが主として上ケーブルのみに依存すること、ならびに非対称载荷に対するたわみの効果的な制御がセントラルクランプによって実現できることをまず示し、次いで、たわみと応力度が許容値以下であることを明らかにした。

第3は、軽量で柔構造の吊床版吊橋のフラッタ限界風速が約90m/sであることを風洞模型試験と固有値解析によって明らかにした。この風速は照査風速の約2倍も高く、陣屋の森橋より耐風安定性が良好であることを示した。併せて、本橋は渦励振に対しても実用上全く問題にならないことも示した。

第4は、架設系に対する成果である。本提案橋梁について2種の架設法を考え、架設の各ステップにおける変形と応力度の照査ならびにフラッタに対する照査を実施している。前者は数値解析によって、後者は風洞模型試験と数値解析によってそれぞれ行っており、過大変形がないこと、応力度は許容値を下回ること、ならびにフラッタ限界風速は照査風速以下であることを示した。

第5は、本提案歩道橋を道路橋に適用するにあたり、両橋梁の間に成り立つ空力弾性学的相似則について考察を加え、スパン長が400m程度の道路橋の場合、フラッタ限界風速は80~100m/sであることを示した。つまり、耐風安定性の面では、本提案は道路橋に適用可能であることを示唆した。

以上要するに、本論文は新吊形式橋梁の提案とその構造特性の解明を行っており、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。

(試験の結果)

本論文に関して審査委員から、主桁のエッジガーダー直径を16cmあるいは22cmに選定した根拠、ねじれ剛性の増大とエッジガーダー直径増加の関係、主桁（下ケーブル）サグ比を2%に選定した根拠、フラッタにおける曲げ・ねじれ達成モードの組み合わせ選定の理由などについて質問がなされた。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、基準風速設定の根拠、架設系における架設機材がたわみと耐風安定性に及ぼす影響、2種類の架設法の優劣などについて出席者から質問がなされたが、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。