

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 大規模地震に対する長大吊橋主塔の耐震性能照査法に関する研究   |
| Author(s)    | 遠藤, 和男  |
| Citation     | 大阪大学, 2007, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/1868">https://hdl.handle.net/11094/1868</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 遠藤和男  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第21611号   |
| 学位授与年月日    | 平成19年9月26日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第2項該当  |
| 学位論文名      | 大規模地震に対する長大吊橋主塔の耐震性能照査法に関する研究   |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 常田 賢一<br><br>(副査)<br>教授 奈良 敬 教授 鎌田 敏郎 教授 出口 一郎<br>教授 中辻 啓二 教授 新田 保次 教授 金 裕哲<br>東京工業大学大学院理工学研究科准教授 小野 潔 |

### 論文内容の要旨

大規模地震に対する長大吊橋上部構造の地震時限界状態の解明を目的として、主に主塔構造に着目した耐震性能照査法の提案に関する検討を実施した。本論文は以下に示す8つの章で構成されている。

1章では、本研究の背景及び目的を述べるとともに、長大吊橋の耐震設計法に関する設計規準と既往の研究を概観した。

2章では、鋼製主塔、RC主塔及びCFT主塔の3つの主塔形式について、中央径間2250mの長大吊橋を対象として、常時・暴風時の条件下で試設計を行い、構造特性、経済性等の比較を行った。その結果、鋼製主塔は、3形式の中で最も経済性に劣るが、これまで我が国の長大吊橋に採用されてきた構造であり、既設長大吊橋の耐震補強が急務となっている現状を鑑みて、鋼製主塔の地震時限界状態に関する検討の意義が高いことを提示した。

3章では、鋼製主塔を対象にした吊橋全橋モデルによる非線形動的解析と主塔単独モデルによるプッシュオーバー解析を実施し、両解析結果の比較を行った。その結果、プッシュオーバー解析により、変形状態、損傷過程及び発生ひずみに関して概ね吊橋主塔の非線形動的応答が再現できることを明らかにすることにより、プッシュオーバー解析により地震時の耐力・変形特性及び損傷特性を把握して限界状態を設定する妥当性を検証した。

4章では、2章で試設計した3つの主塔形式について、3章と同じ手法を用いてプッシュオーバー解析を行い、各主塔形式の耐力・変形特性及び主塔各部の損傷特性を明らかにした。また、鋼製主塔については、骨組みモデルに加え、シェルモデルによる解析も実施し、解析モデルの違いが応答へ及ぼす影響について明らかにした。さらに、CFT主塔については、RC主塔とほぼ同程度の性能を有するCFT主塔を実現できる可能性があるとともに、耐力・変形性能を向上させるためには斜材断面の増加、斜材のシアリンクへの置き換えが有効であることを明らかにした。

5章では、高強度鋼材を吊橋主塔構造に適用した場合を想定して、高架橋の単柱橋脚に普通鋼材及び高強度鋼材を適用して地震時での試設計を実施し、材質の違いによる鋼重及びコストの比較を行った。その結果、高強度鋼材を適用するコスト的なメリットが見出せる可能性があることを提示した。

6章では、80キロ鋼材の素材試験による材料構成則に関する検討、高強度鋼材を用いた単柱に関する正負交番載荷実験及びそのシミュレーション解析を実施した。その結果、80キロ鋼材の繰り返し塑性履歴を考慮した材料構成則を明らかにするとともに、その材料構成則を用いた弾塑性有限要素解析により、高強度鋼材を用いた単柱の正負交番載荷実験結果を精度よく再現できることを検証した。

7章では、吊橋主塔に関する上記検討成果をとりまとめるとともに、主塔以外の吊橋上部構造についても、それらの機能、想定される損傷及びその連鎖現象についてとりまとめ、主塔を含む長大吊橋上部構造の大規模地震に対する限界状態、許容できる損傷度の提案を行った。また、6章で検証された数値計算手法と材料構成則を用いて、高強度鋼材を用いた単柱の座屈パラメータを変化させた弾塑性有限要素解析を行い、終局限界状態に関する検討を行った。その結果、普通鋼材を対象とした既往の評価式は、多少危険側の評価になるがその差は小さいことから、高強度鋼材（80キロ鋼）を用いた単柱の終局限界状態評価に適用できる可能性を明らかにした。

8章では、本研究から得られた知見を取りまとめるとともに、今後の研究展望を示した。

以上のように、本研究では、主に主塔構造に着目して、非線形動的解析及び模型実験等を通じて検証された手法により、大規模地震時に対する吊橋上部構造の地震時限界状態を提案した。

## 論文審査の結果の要旨

性能規定型の設計体系への移行期にある現在、長大吊橋に対しても地震時の限界状態の評価方法が必要とされているが、体系的な評価方法は未整備であるのが実情である。本論文は、このような状況を踏まえ、長大吊橋の主塔構造に着目した耐震性能照査法に関する検討を実施し、地震時限界状態を提案することにより有用な成果を得ている。本論文で示された成果を要約すると、以下の通りである。

- 1) 鋼製主塔、RC主塔及びCFT主塔の3つの主塔形式について、中央径間2250mの長大吊橋を対象として、常時・暴風時の条件下で試設計を行い、構造特性、経済性等の比較を行うことにより、鋼製主塔の地震時限界状態に関する検討の意義が高いことを提示している。
- 2) 鋼製主塔を対象にした吊橋全橋モデルによる非線形動的解析と主塔単独モデルによるプッシュオーバー解析を実施し、両解析結果の比較により、プッシュオーバー解析により地震時の耐力・変形特性及び損傷特性を把握して限界状態を設定する妥当性を検証している。
- 3) 1)の3つの主塔形式についてプッシュオーバー解析を行い、各主塔形式の耐力・変形特性及び主塔各部の損傷特性を明らかにしている。また、鋼製主塔については、骨組みモデルに加え、シェルモデルによる解析も実施し、解析モデルの違いが応答へ及ぼす影響について明らかにしている。さらに、CFT主塔については、RC主塔とほぼ同程度の性能を有するCFT主塔を実現できる可能性および耐力・変形性能を向上させるために斜材断面の増加、斜材のシアリンクへの置き換えの有効性を明らかにしている。
- 4) 高強度鋼材を吊橋主塔構造に適用した場合を想定して、高架橋の単柱橋脚に普通鋼材及び高強度鋼材を適用して地震時での試設計を実施し、材質の違いによる鋼重及びコストの比較を行うことにより、高強度鋼材適用のコスト的なメリットの可能性を提示している。
- 5) 80キロ鋼材の素材試験による材料構成則に関する検討、高強度鋼材を用いた単柱に関する正負交番載荷実験及びそのシミュレーション解析を実施することにより、80キロ鋼材の繰り返し塑性履歴を考慮した材料構成則を明らかにするとともに、その材料構成則を用いた弾塑性有限要素解析により、高強度鋼材を用いた単柱の正負交番載荷実験結果の精度よい再現性を検証している。
- 6) 吊橋主塔および主塔以外の吊橋上部構造について、機能、想定される損傷及びその連鎖現象をとりまとめ、主塔を含む長大吊橋上部構造の大規模地震に対する限界状態、許容できる損傷度の提案を行っている。また、高強度鋼材を用いた単柱の座屈パラメータを変化させた弾塑性有限要素解析を行い、終局限界状態に関する検討を行うことにより、普通鋼材を対象とした既往の評価式の高強度鋼材（80キロ鋼）を用いた単柱の終局限界状態評価への適用性を明らかにしている。

以上のように、本論文は主に主塔構造に着目して、大規模地震時に対する吊橋上部構造の地震時限界状態を提案しており、今後の長大吊橋の地震時の限界状態の評価に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。