



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Seismic performance of curved highway bridges with steel bearings under serious earthquakes<br>[an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s)           | 田, 欽                                                                                                                                                              |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                             |
| Degree Name         | 博士(工学)                                                                                                                                                            |
| Dissertation Number | 甲第11894号                                                                                                                                                          |
| Issue Date          | 2015-03-25                                                                                                                                                        |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/58961">https://hdl.handle.net/2115/58961</a>                                                                                 |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>                                         |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                   |
| File Information    | Qin_Tian_review.pdf, 審査の要旨                                                                                                                                        |



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称    博士(工学)                      氏名    田 欽

審査担当者 主 査 特任教授 林川 俊郎  
副 査 特任教授 緑川 光正  
副 査 教 授 小林 幸徳  
副 査 准教授 松本 高志

## 学位論文題名

Seismic performance of curved highway bridges with steel bearings under serious earthquakes  
(鋼製支承を有する曲線格子高架橋の地震応答性状に関する研究)

1995 年の兵庫県南部地震では高速自動車道や鉄道などの橋梁構造物が甚大な損傷被害を受けた。高架橋は上部構造、支承、橋脚から構成されており、その耐震性能を向上させるためには、構成部材を個別に設計するのみならず、高架橋全体構造系としての地震応答性状を把握し、想定される地震動に対して安全性を確保することが重要である。とくに、曲線格子高架橋は上部構造が曲線であり、3 次元的な拡がりを持つ構造であることから、地震時の応答性状は非常に複雑であり、詳細でかつ実用的な非線形動的応答解析プログラムが求められている。さらに、高架橋の多くは合理的な鋼製支承が採用されており、そのレベル 2 地震動に対する橋梁構造物の性能照査型設計法の確立が求められている。

このような背景のもと、本論文は隣接する上部構造や支承条件が異なる曲線格子高架橋を対象として 3 次元骨組構造の解析モデルを構築し、材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した弾塑性有限変位動的応答解析プログラムを開発し、鋼製支承を有する曲線格子高架橋の非線形地震応答性状を明らかにし、耐震性能向上に資する新たな知見を得たものである。

本論文は全 8 章から構成されており、各章の内容は以下のようなものである。

第 1 章では、研究の背景および既往の研究成果をまとめ、本研究の目的を明確に示し、各章の構成について記述している。

第 2 章では、有限変位問題を支配する仮想仕事方程式に基づき、有限要素法の手法により接線剛性マトリックスを定式化している。材料の非線形性はひずみ硬化を考慮したバイリニア型の応力-ひずみ関係で表現し、移動硬化則を適用している。3 次元骨組構造の材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮した時刻歴応答解析では修正ニュートンラフソン法とニューマーク  $\beta$  法を併用した数値計算方法を提示している。3 次元骨組構造にモデル化された部材要素の降伏判定は、断面分割されたファイバー要素で評価し、レーレー減衰を採用している。また、入力地震波は橋軸方向、橋軸直角方向および鉛直方向の 3 成分同時入力する手法を提示し、開発した弾塑性有限変位動的応答解析プログラムの適用範囲を広げている。

第 3 章では、単純支持されたアプローチ桁と 3 径間連続支持桁から構成された 2 連曲線格子高架橋の解析モデルを適切に構築している。さらに、鋼製固定支承、鋼製可動支承および伸縮装置を適切にモデル化し、その構造諸元を明示している。1995 年兵庫県南部地震で神戸海洋気象台と JR 鷹取駅において観測された地震波を採用し、その周波数特性を明らかにしている。

第4章では、落橋防止 PC ケーブルと鋼製支承を有する 2 連曲線格子高架橋の地震応答性状に及ぼす鋼製可動支承の移動量の影響についてパラメトリック解析を実施している。落橋防止 PC ケーブルが橋軸方向および橋軸直角方向ともに比較的有効に働くことを指摘している。鋼製可動支承の移動量が極端に小さい場合あるいは伸縮装置の遊間量前後において、橋脚基部の橋軸方向の損傷が顕著に現れ、残留変位も大きくなることから、曲線格子高架橋の使用性に問題が生ずることを指摘している。

第5章では、落橋防止 PC ケーブルの剛性およびサグ量が曲線格子高架橋の地震応答性状に与える影響について検討している。落橋防止 PC ケーブルの剛性を高めると、橋脚基部の損傷をやや軽減する可能性があるものの、桁端変位や伸縮装置の開口変位に顕著な効果は見られないことを指摘している。落橋防止 PC ケーブルのサグ量を大きくすると、橋脚基部の損傷を高める可能性を提示している。

第6章では、粘性ダンパーを適用した 2 連曲線格子高架橋の非線形地震応答性状を明らかにし、粘性ダンパーが橋軸方向に有効に働くことを指摘している。粘性ダンパーは桁端の落橋防止および橋脚基部の損傷を低減する可能性がある。とくに、鋼製可動支承の移動量が小さい場合には粘性ダンパーの効果が大きいことを提示している。

第7章では、鋼製可動支承のストッパーに衝撃緩衝材を適用したときの効果について検討している。衝撃緩衝材の板厚を厚くすると桁端の開口変位が減少し、橋脚基部の損傷をかなり軽減できることを明示している。衝撃緩衝材の剛性を大きくすると、鋼製可動支承部の衝撃力と桁端部の衝突力が低減され、橋脚の残留変位が減少し、耐震性能が向上することを指摘している。

第8章では、各章で明らかとなった内容を要約し、本論文を総括している。

これを要するに、著者は鋼製支承を有する曲線格子高架橋のレベル 2 地震動による非線形動的応答性状を明らかにし、落橋防止 PC ケーブル、粘性ダンパーおよび衝撃緩衝材を適用することによる耐震性能向上に資する新たな知見を得たものであり、橋梁工学、鋼構造学、地震工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。