HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Seismic Performance of Base-isolated Bridges under Low Temperature in Snow Cold Region [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	干, 治平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12462号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63384
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Gan_Zhiping__review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　干 治平

審査担当者　主　査　教　授　松本 高志
副　査　教　授　上田 多門
副　査　教　授　蟹江 俊仁
副　査　教　授　菊地 優

学位論文題名

Seismic Performance of Base-isolated Bridges under Low Temperature in Snow Cold Region
(積雪寒冷地における低温時免震橋梁の地震応答性状に関する研究)

免震システムは地震による被害から橋梁構造物を守る有効な技術の一つである。主にゴム系材料より構成される免震支承はエラストマー系の高分子材料の性質ゆえに温度依存性の挙動を示す。冷却時には、高分子材料は弾性的なゴム系質から脆性的な非結晶ガラス系質に状態が遷移する。結果として、高分子材料の剛性は温度が下がるにつれて増加する。ゴム系材料の剛性増加に伴って免震支承の柔軟性は減少し、地震に対する橋梁の応答性状は変化することになる。

寒冷地における免震支承を有する橋梁の地震応答性状を評価する際には、支承特性の温度依存性を考慮する必要がある。低温下材料特性による免震支承の特性と、地震動下の熱生成と温度変化による免震支承特性の変化を評価することで、正確かつ実用的な橋梁の地震応答解析を行う必要がある。また、継続時間の長い地震動に対しても、低温からの温度変化が支承特性ひいては橋梁の地震応答性状に及ぼす影響を評価する必要がある。

このような背景のもとで、本論文では、寒冷地環境下において免震支承を有する曲線格子高架橋の地震時応答を評価するために三次元非線形数値解析を実施し、免震支承の温度条件に関する様々なケースの解析を体系的に比較検討するものであり、強震地震動下の橋梁システムの地震応答性状を詳細に評価するものである。

本論文は全 7 章から構成されており、各章の内容は以下のとおりである。

第 1 章では、研究の背景と既往の研究成果をまとめており、研究の目的とともに論文の構成を示している。

第 2 章では、曲線格子高架橋の解析モデルについて説明している。対象とする高架橋は、一般的な三径間連続合成桁で鋼製橋脚を有する曲線高架橋であり免震支承で支持されている。これらの構造諸元を明示するとともに、免震支承として鉛プラグ入り積層ゴム支承 (Lead Rubber Bearing:LRB) の諸元と低温下での特性、そしてモデル化について示している。また、解析モデルと地震波の入力方向について説明している。

第 3 章では、弾塑性有限変位動的応答解析プログラムを説明している。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。三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、修正ニュートンラプソン法とニューマーク β 法を併用した数値計算法を提示している。三次元骨組構

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、減衰にはレーリー減衰を採用している。また、入力地震波を橋軸方向、橋軸直角方向および鉛直方向の三成分同時入力する手法を提示している。

第 4 章では、曲線高架橋の地震応答解析において、LRB の 3 ケースの温度条件下での地震応答性状を評価している。温度条件は、一定通常温度 (+20 ℃)、低温 (-30 ℃) からの温度上昇、一定低温度 (-30 ℃) である。長周期化と履歴挙動によるエネルギー消費により、橋脚上端に作用する水平力が分散されて低減することが示されている。LRB の熱解析と温度依存の免震支承特性を用いることで、LRB の低温特性が高架橋の地震応答性状に影響を与えることを明らかにしている。

第 5 章では、比較的長い継続時間を有する地震動に対して解析を実施し、LRB の十分な温度上昇が得られるケースについて影響を検討している。長い継続時間により免震支承の温度が凍結点を超えて上昇し、免震システムの性能低下が解消されるようになっても、免震支承を有する橋梁の地震応答には低温による影響が顕著に見られることより、継続時間の短い地震のみならず長い地震においても、低温の影響を考える必要性があることを明らかにしている。

第 6 章では、高減衰ゴム支承 (High Damping Rubber:HDR) について、比較的長い継続時間を有する地震動に対して、3 ケースの温度条件下での地震応答性状を評価し、同条件下の LRB の数値計算結果と比較している。HDR の支承特性により、低温下において HDR は LRB より良好な挙動を示すことを明らかにしている。

最後に 7 章では、本研究の結論として得られた知見をまとめ、今後の課題を示している。

これを要するに、著者は、低温条件下で免震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、LRB および HDR 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。