HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	設計想定を超える地震動に対して高い耐震安全性を有する免震構造の研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	濱口, 弘樹
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13215号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69410
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroki_Hamaguchi_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　濱口 弘樹

審査担当者　主　査　教　授　菊地 優
副　査　教　授　飯場 正紀
副　査　教　授　蟹江 俊仁

学位論文題名

設計想定を超える地震動に対して高い耐震安全性を有する免震構造の研究
(A Seismic Isolation System with High Seismic Safety Margin against Input Ground Motions exceeding Design Level)

近年, 日本国内で巨大地震が頻発している。免震建物といえども深刻な被害の恐れを否定することはできず, 設計想定を超える地震時の免震建物の耐震性向上は喫緊の課題である。本論文は, 建築基準法の設計レベルを上回る巨大地震の際にも, 免震建物の主な極限事象である上部建物の擁壁への衝突, 上部建物の過大応答, 免震部材の損傷の全てを回避可能な, 新しい免震支承および免震構造システムを提案し, その実用化を目標に行った研究をまとめたものである。

第 1 章では, 上記目標を掲げるに至った経緯を述べている。免震建物に想定される極限事象および既往対策技術の整理分類を行い, いずれの技術も上記極限事象全てを回避することは困難と判断している。

第 2 章では, 従来型の鉛プラグ入り積層ゴム (Lead Rubber Bearing, 以下 LRB) にすべり機構を直列配置した新免震支承 Fail-Safe LRB(以下 FSLRB) の概念と構成を述べている。設計レベル地震時は支承上下端の一方がボルト接合, 他方が摩擦接合の LRB として従来型 LRB と変わらぬ機能を発揮する。巨大地震時はすべり機構部が摺動して LRB および上部建物の損傷を防止する。FSLRB の利点を具現化する最適摩擦特性を規定するとともに,12 種類の既往材料の中から最適すべり材の探索を行っている。この結果, 四フッ化エチレン樹脂系すべり材と鏡面仕上げステンレス鋼板の組み合わせを選定している。

第 3 章では, 選定したすべり機構部を角型 LRB に直列配置した FSLRB 試験体を用い, 免震支承としての性能確認および摩擦係数評価式の構築を行っている。まず, 縮小試験体の動的加振実験により,FSLRB の基本特性を確認している。適正面圧下では整形な Tri-Linear 型履歴を示すこと, 摩擦係数は面圧のべき乗に比例して低下し, ごく低速度域を除けば速度によらず概ね一定であること, などを明らかとしている。次に, 実大試験体の準静的載荷実験により,LRB 部の 2 次形状係数 S2 が小さいと大面圧下ですべり面浮き上がりやすべり材圧壊の恐れがあることを明らかとし, 使用限界面圧を規定している。S2 の異なる 2 種類の縮小試験体を用いた動的加振実験では,1 方向,2 方向加振の間で諸特性に有意な差のないこと, 適正面圧下では LRB 部ゴム付加ねじれが問題とならないことを確認している。実建物に適用する実機試験体による諸特性の最終確認も行っている。さらに, すべり面の面圧分布偏在を考慮した実効面圧の考え方を導入して全試験体データを統合し,FSLRB の形状諸元によらず適用可能な汎用性の高い摩擦係数評価式を構築している。

第 4 章では,FSLRB の耐候性・経年変化を評価している。LRB 部については, 積層ゴムの経年変

化に関する既往研究を整理し, 耐候性・経年変化に大きな影響を及ぼす劣化因子として酸素および水・塩水を抽出している。次に, 被覆ゴムに使用される天然ゴム系, 合成ゴム系の 2 種類の材料試験体に対して上記劣化因子を付与し, 物理・化学特性の変化を定量的に評価している。すべり機構部については, 縮小試験体の屋外暴露および塩水サイクル噴霧を行い, 摩擦係数の変化を実験的に評価している。これらの結果,LRB 部, すべり機構部ともに高い耐候性を有し, 数十年にわたって安定した性能を維持できるものと判断している。

第 5 章では,FSLRB 適用建物の耐震安全性を解析的に評価している。原子力発電所建屋を全て FSLRB で支持するモデル, 全て従来型 LRB で支持するモデルを作成し, 時刻歴地震応答解析を行っている。両モデルの挙動は, 設計レベル地震時はほぼ同じとなる一方, 巨大地震時には顕著な差が現れる。FSLRB は上部建物の加速度や層せん断力を LRB に比べて低減できるとともにゴムのせん断破断を防ぐことができるなど,FSLRB 適用建物の優位性を明らかとしている。長周期地震に対しては、免震層の最大変位や残留変位が LRB に比べて大きくなる場合があるが, 残留変位を残したまま後続地震を受けても上部建物および免震層に問題を生じないことを示している。また, 免震層に過度のねじれ応答を励起させないよう, 各 FSLRB の摩擦力が平面的になるべく均一となる配置計画を推奨している。なお, 巨大地震で生じた上部建物および個々の支承の残留変位復旧方法の提案も行っている。

第 6 章では, 本研究の成果を総括するとともに今後の展望について述べている。

これを要するに, 本論文は設計想定を超える地震動に対して高い耐震安全性を有する免震構造を新たに提案し, その有用性を明らかにして実用化の目途を立てており, 建築構造学および耐震工学に対して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。