HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	熱力学特性を改善した鉛プラグ入り積層ゴム免震支承の開発［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	和氣, 知貴
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13797号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/75881
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomotoka_Wake_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　和氣　知貴

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

学位論文題名

熱力学特性を改善した鉛プラグ入り積層ゴム免震支承の開発
(Development of Lead-Rubber Isolation Bearings with Improved Thermo-Dynamic Behavior)

南海トラフ沿いの巨大地震等に対する懸念を背景として, 免震構造の設計で想定すべき地震動レベルは増大の一途をたどっており, 免震装置にはより高度な性能が求められている. 本論文で研究対象としている鉛プラグ入り積層ゴム支承 (Lead-Rubber Bearings: 以下 LRB と称する) は, 長周期長時間地震動により大きな変形を多数回繰返し受けると, 減衰材である鉛プラグが発熱しエネルギー吸収性能が低下することが指摘されている. 本論文は, 長周期長時間地震動に対応する免震支承として, 鉛プラグの温度上昇を抑制することによりエネルギー吸収性能の低下を抑えた高耐久 LRB を実現するための具体策の提案とその効果を解明したものである.

第 1 章「序論」では, 本研究の背景と目的について述べている. また, 既往の研究の分析から課題を抽出し, 課題を解決するための検討項目について整理し, それらの具体的な研究手法について説明している.

第 2 章「高耐久 LRB の開発」では, エネルギー吸収性能の低下を抑えた高耐久 LRB として,LRB の内部鋼板を厚くすることで熱容量を大きくした高熱容量 LRB, および鉛プラグを分散配置したマルチプラグ LRB を新たに考案している. これら 2 種類の高耐久 LRB の加力試験を実施することで, いずれもエネルギー吸収性能の低下を抑制する効果があることを検証している. さらに, 有限差分法 (Finite Differential Method) を用い, 鉛プラグの発熱と周囲への放熱を考慮した熱力学連成挙動解析 (以下 FDM 解法と称する) により実験結果をよく再現し, 解析的にも高耐久 LRB がエネルギー吸収性能の低下を抑制できることを検証している. また, 地震応答解析から高耐久 LRB は長周期長時間地震動に対する免震建物の応答特性を改善する効果があることを確認している.

第 3 章「LRB の降伏荷重評価式の提案」では, エネルギー吸収性能を算出する際に用いる精度の高い降伏荷重評価式を新たに提案している. 提案する降伏荷重評価式では,LRB の降伏荷重を鉛プラグの降伏荷重とプラグを含まない積層ゴムの切片荷重の和であると定義し, それらを独立に評価することにより LRB の降伏荷重評価式を構築している. 評価式の妥当性検証にあたり,FDM 解法に比べてより簡便に LRB の熱力学連成挙動解析が行える定熱流束解析手法 (Constant Flux Solution: 以下 CFS 解法と称する) を新たに導入している. 実験結果と FDM 解法および CFS 解法による解析結果の三者を比較することにより, 提案する降伏荷重評価式の妥当性と CFS 解法の適用性を検証している.

第 4 章「鉛プラグの分散配置による熱力学特性の改善効果」では, 鉛プラグ本数, プラグ径, プラグ間距離などの内部構造をパラメータとした実大サイズのシングルプラグ LRB, マルチプラグ

LRB に対して繰り返し加力実験を行い, 内部構造の違いがエネルギー吸収性能に与える影響について検討している. 実験結果からマルチプラグ LRB はシングルプラグ LRB に比べて鉛プラグ温度の上昇を抑制し, エネルギー吸収性能の低下を抑える効果があり, 鉛プラグの分散配置により高耐久化できることを検証している. 複雑な形状であるマルチプラグ LRB の熱力学連成挙動解析は, 試験体内部温度の評価に三次元有限差分法モデルを用いる必要があり, そのことが高耐久 LRB の普及の障害となっている. そのため, マルチプラグ LRB の設計法を簡易にするために,CFS 解法および二次元有限差分法モデルを用いた簡易評価法を提案している. 実大サイズの様々な形状の LRB に対する実験, および三次元有限差分法を用いた熱力学連成挙動解析結果から, 繰り返し加力時において鉛プラグ間の熱的相互作用はほとんど生じていないことを確認している. このことからマルチプラグ LRB は鉛プラグ本数で分割した形状と等価な形状のシングルプラグ LRB として解析的に扱うことが可能であるとの結論に至り, マルチプラグ LRB の熱力学連成挙動解析において CFS 解法, および二次元軸対称モデルを用いた有限差分法の適用可能性を検証している.

第 5 章「結論」では, 本論文の成果についてまとめている.

これを要するに, 本論文は今後発生が懸念される南海トラフ沿いの巨大地震などの長周期長時間地震動に対応するための新しい LRB 免震支承およびその性能評価法を提案し, さらに実用化に向けて評価精度を維持した簡易評価手法の開発を行っており, 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.