HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	鉛入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動を考慮した免震建築物の応答評価に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	近藤, 明洋
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15625号
Issue Date	2023-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90862
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Akihiro_Kondo_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　近藤　明洋

審査担当者　主　査　教　授　菊地 優
副　査　教　授　岡崎 太一郎
副　査　准教授　高井 伸雄

学位論文題名

鉛入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動を考慮した免震建築物の応答評価に関する研究
(Earthquake Response Evaluation of Seismically Isolated Buildings Considering Thermal-Mechanical Coupled Behavior of Lead Rubber Bearings)

南海トラフ地震や相模トラフ地震に代表される海溝型巨大地震では, 震源域近傍や震源から遠く離れた大都市圏で大振幅・長周期・長時間地震動の発生が懸念されている. そのような地震動の下では, 構造物を長周期化することで耐震安全性を確保しようとする免震建築物の地震時応答は, 免震部材の繰返し変形下での特性変化により設計で想定しているより大きくなる可能性がある.

本論文では, 免震建築物に用いられている鉛入り積層ゴムを対象として, 多数回の繰返し変形を受けた場合に生じる力学的特性の変化を考慮した免震建築物の応答評価法を提案しており, 全 5 章で構成されている. 各章の概要は以下の通りである.

第 1 章では, 本研究の背景と目的について記述し, 鉛入り積層ゴムの熱的挙動と力学的挙動が相互に影響を与え合う連成効果を「鉛入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動」としてとらえ, その挙動把握の必要性を示している.

第 2 章では, 鉛入り積層ゴムに繰返し変形を与えた加振実験を示している. 加振実験では, 鉛入り積層ゴムの実大サイズを装置径 1000mm(φ 1000) として,1/2(φ 500),1/4(φ 255) の縮小試験体での実験を実施し, 鉛入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動には装置サイズの影響があり, 相似則が成立することを示している. また, 鉛プラグの配置が異なる単一, 分散プラグの場合について, 特性変化の違いがあることを示し, 特性変化には鉛プラグの温度上昇に寄与する熱エネルギの影響があることを明らかにしている. 更に, 大型振動台を用いて実施した実大サイズ (φ 1000) の水平 2 方向加振実験について示しており, 特性変化は 1 方向加振時の特性変化と同様であることを明らかにしている.

第 3 章では, 鉛入り積層ゴムが多数回の繰返し変形を受けた場合に生じる力学的特性の変化を評価する手法として, 熱伝導解析と特性変化の評価解析を並行して実施する方法を新たに提案している. 熱伝導解析では, 差分法を用いた手法を構築している. 差分法による解析はマクロモデルによる解析と位置付けられるので, 解析モデルの要素分割などの解析手法の妥当性についても非定常熱伝導問題の解析解により検証を実施している. 提案した解析手法を用いて, 装置サイズや加振条件の違い, 鉛プラグの配置の違い, また加振方向が 1 方向か 2 方向かなどの種々の条件による実験結果をシミュレートできることを示している.

第 4 章では, 第 3 章で提案した解析手法を免震建築物の地震応答評価法である時刻歴応答解析に拡張し, 免震建築物の設計時に鉛入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動の影響を評価できる応答解析手法を示している. 本解析手法は詳細応答評価法と位置付けることができる.

現状で通常に用いられている応答評価手法は, 力学的特性の変化を考慮しない応答解析結果をもとに, あらかじめ特性を変化させたパラメータを用いて再度応答評価を実施する簡易応答評価法である. 詳細応答評価法と簡易応答評価法による応答評価結果を比較・考察し, 免震層最大応答変位について簡易応答評価法による評価結果が必ずしも安全側でないケースがあること, また過大に安全側に評価するケースがあることを示している. これらは簡易応答評価法では免震層特性と入力地震動の特性変化や経時的卓越周期の影響を考慮できないため生じる違いであることを明らかにしている.

更に, 積層ゴムサイズや鉛プラグの温度上昇に寄与するエネルギ割合を考慮した鉛入り積層ゴムの特性変化式を再定義し, その特性を用いて時刻歴地震応答解析で時々刻々特性を変化させて応答評価する準詳細応答評価法を提案している. 詳細応答評価法と準詳細応答評価法による結果は, 鉛入り積層ゴムの特性変化が適切に設定されれば, ほぼ同じ結果が得られることを示している.

また, 時刻歴応答解析を用いない応答評価手法として, ランニング応答スペクトル応答評価法を提案し, 免震層の応答最大変位について詳細応答評価法と同じ結果が得られることを示している. 著者が提案した準詳細応答評価法やランニング応答スペクトル応答評価法は, 一般の設計者が実務においても免震建築物における鉛プラグ入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動の影響を評価できる解析手法である.

第 5 章では, 本論文の成果をまとめ, 対象とした問題に対して今後の展望について言及している.

これを要するに, 本論文は, 鉛入り積層ゴムの熱・力学的連成挙動を考慮した免震建築物の応答評価法を新たに提案し, その有用性を明らかにしており, 建築構造学および耐震工学に対して貢献するところが大なるものがある. 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があるものと認める.