



Title	長周期地震動に対する錫プラグ入り免震積層ゴムの力学挙動に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	柳, 勝幸
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15372号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89497
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Masayuki_Yanagi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 柳 勝幸

学 位 論 文 題 名

長周期地震動に対する錫プラグ入り免震積層ゴムの力学挙動に関する研究

(Mechanical Behavior of Tin Rubber Seismic Isolation Bearings for Long-Period Ground Motions)

錫プラグ入り免震積層ゴム (Tin Rubber Bearing: 以下, SnRB と称する) は, 長期実績のある鉛プラグ入り免震積層ゴムと同じ構造を有する免震部材である。SnRB は積層ゴム中央に錫プラグが挿入されており, 地震時に積層ゴムの水平変形により錫プラグが塑性変形することによって履歴減衰を発揮して, 建物の揺れを抑える。錫は常温で再結晶し延性に富むなど, 鉛プラグ入り免震積層ゴムに使用されている鉛と同様の性質を有する。一方, 降伏荷重は鉛の 1.7 倍と高くエネルギー吸収性能に富むことが特徴である。錫は環境に配慮した材料として, 様々な工業製品に使用されており, SnRB の開発については, 鉛に代わるプラグ材料の模索から始まり, 様々な条件の下での実大 SnRB の試験実施と性能評価法の確立を経て, 2005 年に実用化に至った。SnRB の復元力特性のモデル化に関しては, 履歴ループ形状がバイリニア型に近いことから, バイリニアモデルの適用を前提とし, 降伏荷重や剛性のせん断ひずみ依存性を考慮した修正バイリニアモデルが提案され, すでに設計実務に用いられている。一方 2003 年十勝沖地震を契機として, 海溝型巨大地震の発生で予測される長周期地震動に対する関心が高まり, 国土交通省は免震建築物や鉄骨造の超高層建築物等について長時間の繰り返しの累積変形の影響を考慮して安全性の検証を行うことを要求している。材料の塑性化によって履歴減衰を発揮する免震部材は, 長周期地震動下では多数回の大変形繰り返し変形を受けて力学特性が変化すると懸念から, 時刻歴解析における免震建物の耐震安全性検証では力学特性の変化を考慮する必要がある。

本論文は SnRB について, 免震建物が長周期地震動を受けた際に生じる過大な応答変形に対応するために大変形復元力モデルを構築し, 長周期地震動に対するもう一つの懸念事項である長時間の多数回繰り返しによる SnRB の発熱による力学特性の変化とそれが免震建物の応答に与える影響に関する詳細検討を行い, SnRB の熱・力学連成挙動を解明することを目的とし, 全 5 章で構成される。

第 1 章「序論」では, 本研究の背景と目的について述べ, 長周期長時間地震動により多数回繰り返し変形を受ける SnRB の熱・力学連成挙動に関する既往の研究について分析し, 課題を抽出した。また, 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た。

第 2 章「錫プラグ入り免震積層ゴムの基本的力学特性」では, 錫の材料特性をはじめとして SnRB の基本的な力学特性に関する研究についてまとめた。

第 3 章「錫プラグ入り免震積層ゴムの大変形時復元力特性」では, SnRB の大変形加力試験を実施して力学挙動を把握した。続いて, 既往の修正バイリニアモデルに関する考察と収集した試験データの詳細な分析により, 既往の復元力モデルに代わる大変形復元力モデルを新たに構築した。復元力モデルの妥当性については, 試験結果の良好な再現結果により検証した。最後に, SnRB 免震建物モデルの地震応答解析を実施して応答解析結果を例示するとともに, 既往の復元力モデルによる結果との差異についても言及した。

第 4 章「錫プラグ入り免震積層ゴムの熱・力学連成挙動」では, 初めに SnRB 実大試験体の長時間

繰り返し加力試験を実施して、熱・力学連成挙動を把握した。続いて、地震応答解析と熱伝導解析を組み合わせることにより、熱・力学連成挙動を考慮した新たな解析モデルを構築した。本論文では SnRB 特有の構造 (中間鋼板露出型) を忠実に再現したモデル化を実施した。また、標準プラグ径だけでなく小径プラグ径についても解析を実施することにより、解析モデルの汎用性を検証した。最後に、SnRB を用いた免震建物の地震応答解析を実施して、復元力モデルの違いによる応答値の差異について検証した。

第 5 章「結論」では、本論の成果と今後の展望についてまとめた。