



Title	多数回繰返し加力における免震用鉛ダンパーの挙動に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	西村, 拓也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13356号
Issue Date	2018-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71968
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takuya_Nishimura_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 西村 拓也

学 位 論 文 題 名

多数回繰返し加力における免震用鉛ダンパーの挙動に関する研究
(Behavior of lead dampers for seismic isolation under cyclic loading)

長周期地震動は従来の安全性検証に用いられていた地震動よりも概して継続時間が長く、構造物は多数回の繰返し荷重と変形をうける。免震用鉛ダンパーは多数回の繰返し変形により、力学特性が変化する。よって鉛ダンパーを用いた免震建物の長周期地震動に対する安全性の検証において、鉛ダンパーの繰返し変形による特性変化を考慮した検討が必要である。本論文では免震用鉛ダンパーに対して多数回の繰返し変形による影響を時刻歴応答解析にて評価可能とする復元力モデルを提案した。さらに提案した復元力モデルを使い、鉛ダンパーを用いた免震建物の長周期地震動による応答を評価した。

鉛ダンパーの繰返し変形時の力学特性に関する従来の評価法では、ダンパーのサイズあるいは形状が異なるごとに試験体を製作して試験を行い、実験結果から実験式を構築する必要がある。評価のためには試験体製作および試験に要するコストおよび時間が必要となる。この課題解決に向けた方策の一つに数値計算の利用が考えられる。鉛の繰返し変形による力学特性の変化を数値計算より評価する上において、荷重と変形といった通常の力学的な評価値を算出するだけでなく、特性変化の原因と考えられる塑性発熱による鉛の温度上昇も同時に求めることが必要となる。よって、温度およびひずみ速度依存性を表す鉛の応力ひずみ関係を提案し、3次元有限要素法を用いた熱・力学連成解析により鉛の力学的挙動と熱的挙動を同時に評価する手法を検討した。

結論として、長周期地震動に対する鉛ダンパーを用いた免震建物の構造安全性検証に必要な応答評価手法を確立できた。また3次元有限要素法を用いた熱・力学連成解析により、サイズ、形状の異なる鉛ダンパーの繰返し変形による力学挙動を表現可能とした。

1章「序論」では、本研究の背景と目的を示すとともに、本研究に関連する既往の研究をまとめた。

2章「天然ゴム系積層ゴムの水平鉛直同時加力時の大変形挙動特性」では、天然ゴム系積層ゴムの大変形挙動特性について検討した。通常、鉛ダンパーは天然ゴム系積層ゴムとの併用が多いことから、天然ゴム系積層ゴムも研究対象とした。初めに、実大および縮小試験体による一定面圧および変動面圧時の水平せん断加力試験を実施した。続いて、天然ゴム系積層ゴムの面圧変化によるせん断特性変化を表現しうる並列軸ばねモデルを提案し、せん断実験のシミュレーションを行った。提案モデルは、平均面圧 1MPa 相当の引張荷重から面圧 15MPa までの圧縮荷重の領域において、加力試験で得られた大変形時の荷重変形関係を良好に再現することができた。

3章「免震用鉛ダンパーの多数回繰返し特性の把握と解析モデルの構築」では、実大の鉛ダンパーを用いた加力試験を実施し、鉛ダンパーの繰返し変形による力学特性の変化を把握した。さらに多数回の繰返し変形による影響を考慮可能とする鉛ダンパーの復元力モデルを提案し、実大ダンパーによる実験結果と提案モデルの検証を行った。提案モデルは、漸増正弦波加振結果だけでなく、長周期地震動を入力地震動とした免震構造の地震応答解析にて得られた免震層変位を強制変位

に用いた実大鉛ダンパーの荷重時刻歴を精度よく表現できた。

4 章「長周期地震動による鉛ダンパーを用いた免震建物の応答」では、2 章で提案した天然ゴム系積層ゴムの復元力モデルおよび 3 章で提案した鉛ダンパーの復元力モデルを用いて、鉛ダンパーを用いた免震建物の長周期地震動に対する応答評価を行った。鉛ダンパーを用いた免震建物では鋼材ダンパーも併用される場合があるため、鋼材ダンパーも併用する免震建物も応答評価の対象とした。応答評価手法は、時刻歴応答解析時に解析途中時々刻々とダンパーの繰返し変形による荷重変化を考慮する詳細法だけでなく、簡易応答評価法も用いた。簡易応答評価法は、まずダンパーの繰返し変形による特性変化を非考慮とした解析を実施し、その解析結果から繰返し変形による荷重低下を見込んで低減したダンパー荷重を用いて再解析を行う。簡易応答評価法は、応答解析中の時々刻々の繰返し変形によるダンパーの特性変動を考慮しないため既往の応答解析プログラムになじみやすい。簡易応答評価法は、詳細法に対して免震層最大変位およびダンパーの累積疲労損傷度を概ね安全側に評価した。

5 章「鉛の繰返し載荷による熱・力学連成挙動評価」では、繰返し変形が作用する鉛のせん断試験体および免震用鉛ダンパーに対して 3 次元有限要素法による熱・力学連成解析を実施した。せん断試験体のシミュレーションでは、正弦波繰返し加力における鉛内部の温度上昇ならびに温度上昇に伴う荷重低下を表現できた。地震応答波加力では変形が大きくなった後の荷重は実験と同様な荷重推移となった。また、鉛の形状変化も実験と解析で同様な傾向を示した。免震用鉛ダンパーの繰返し変形時挙動に対するシミュレーションでは、形状の異なる 2 種類のダンパーを解析対象とした。熱・力学連成解析によるシミュレーションは、いずれのダンパーともに実大実験結果の荷重履歴および吸収エネルギーを模擬できた。

6 章「結論」では、本研究を総括し、各章で得られた知見を要約して示すとともに、今後の研究課題について提示した。