

減衰指定型ダンパーシステムを用いた高性能免震構造の開発 ーシステムの提案と概念実証ー

Development of passive rate-independent damper to enhance seismic isolation performance
-Proposed system and proof of concept-



加藤 貴司 Takashi KATO^{*1}・仲村 崇仁 Takahito NAKAMURA^{*1}・境 茂樹 Shigeki SAKAI^{*1}
五十子 幸樹 Kohju IKAGO^{*2}・井上 範夫 Norio INOUE^{*2}・堀 則男 Norio HORI^{*3}

研究の目的

我が国の免震建物では、南海トラフ地震などによる大振幅地震動に対し、免震層の過大変形が懸念されている。また、都市部の狭い敷地に免震建物を計画する際に、建築面積を出来るだけ大きく確保するため、大地震時における免震層の変形を抑え免震クリアランスを小さくしたいというニーズもある。これらについては、免震層に設置するダンパー量を通常よりも増やす設計（高減衰化）により対応することが考えられるが、粘性減衰や履歴減衰でモデル化される一般的なダンパーを用いてこれを行うと、地震時の床応答加速度が増大し免震性能の悪化を招く。

これに対し、複素減衰と呼ばれる全振動数にわたり一定の減衰定数を有する減衰モデルを用いた場合は、高減衰化に伴う免震性能悪化のトレードオフ関係を改善することができる。しかし複素減衰は非因果的であるため厳密な物理的実現が不可能である。

本論文では、パッシブ型力学要素の並列・直列組合せにより複素減衰を因果的に近似する減衰指定型ダンパーシステムを提案し、解析的・実験的な概念実証を行った結果を述べる。

研究の概要

提案ダンパーシステムは、図-1に示すように、ばね、粘性、慣性要素のようなパッシブ型力学要素の並列・直列組合せにより構成される。各要素の諸元を調整することにより、2点の振動数で減衰定数を任意に指定することが可能なことから、これを減衰指定型ダンパーシステムと呼ぶ。2点の振動数のうち、1点を主系の1次固有振動数、もう1点を2次あるいは3次固有振動数として、それぞれ同一の減衰定数を指定すれば、複素減衰を用いた場合の応答特性を因果的に近似することができる。

10階建て免震建物モデルを対象に、提案型の減衰指定型ダンパーシステム（減衰指定型）と従来型の粘性減衰ダンパー（粘性減衰）をそれぞれ用いた場合において、免震層変形を増加させやすい長周期地震動である南海トラフ巨大地震大阪圏OS1波に対して免震層最大変形を0.4mに抑えるような、通常の設計に比べ高い減衰定数を免震層に設定し、地震応答解析を行った。減衰指定型を用いた場合、短周期成分が卓越し上部構造の床応答加速度を増加させやすい強震動である1995年兵庫県南部地震 神戸海洋気象台記録 南北成分（JMAKBNS 波）に対して床応答加速度の最大値は 1.5m/s^2 に抑えられ、粘性減衰を用いた場合の最大値である 2.6m/s^2 を大幅に下回る結果となった（図-2）。

また、減衰指定型ダンパーシステムと、従来型の粘性減衰ダンパーを、それぞれ用いた小型免震構造試験体の振動台実験を実施し、両者の比較から減衰指定型の有効性を確認するとともに、シミュレーション解析結果との良好な対応を確認した。

結 論

パッシブ型力学要素の並列・直列組合せによって複素減衰を因果的に近似する減衰指定型ダンパーシステムを提案し、10階建て免震建物を対象とした地震応答解析と小型免震構造試験体の振動台実験によって、有効性を解析的・実験的に実証した。

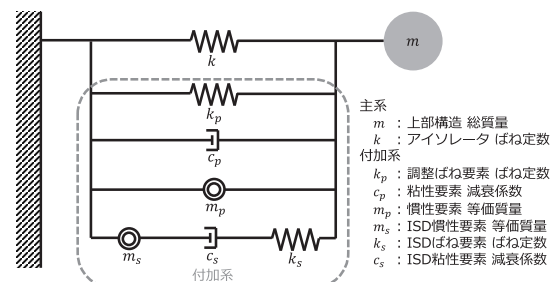


図-1 減衰指定型ダンパーシステムを用いた免震構造の1質点系モデル

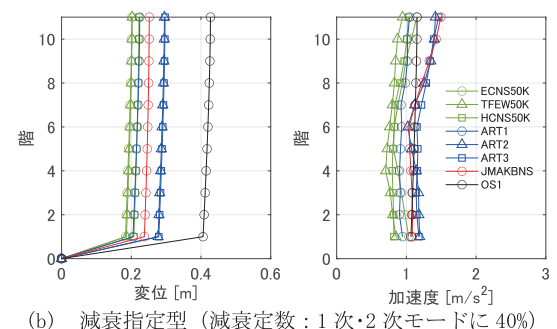
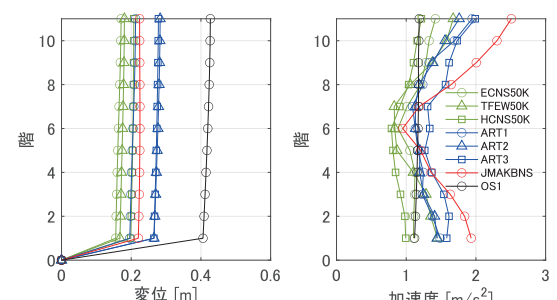


図-2 地震応答解析による最大応答分布