

巨大地震に対する免震フェイルセーフ制動装置の開発

Fail-safe braking device for seismic isolation against mega earthquakes



仲村崇仁 Takahito NAKAMURA *1・加藤貴司 Takashi KATO *1・金子修平 Shuhei KANEKO *2
 那超 Chou KEI *3・菊地 優 Masaru KIKUCHI *4

研究の目的

近年発生が懸念される南海トラフ沿いの巨大地震のように長周期成分を有する地震動が長時間継続するとされている。この時長周期構造物である免震構造では、免震部材が大振幅での繰返し変形を強いられ、減衰性を有する免震支承や減衰ダンパーは、減衰性能が低下（または劣化）する可能性が指摘されている。免震部材の性能低下により免震層の応答変位が増大し、上部構造の擁壁衝突や免震部材の損傷さえ懸念されることから、免震建物の設計では免震クリアランスや免震部材の許容変形に対する余裕度の確保がますます重要となる。本報告では、想定を超える地震入力で生じた免震層の過大变位が、免震クリアランス内になるように建物を制動し、その際の上部構造の損傷を最小限に留めることを目的として開発したフェイルセーフ制動装置の効果について説明する。

研究の概要

フェイルセーフ（以下FS）制動装置は（図-1）、レベル2以下の地震入力に対しては上部構造の応答に影響を与えず、想定を超えるようなレベルの地震入力に対しては確実に作用する装置を目指して開発を行った。

FS制動装置の制動材は低降伏点鋼を採用した。FS制動装置に用いる低降伏点鋼は引張一方向のみに作用するものであり、その使用範囲は材料試験より定めた。材料試験の結果、低降伏点鋼の一樣伸びは20%以上であり、FS制動装置としての使用範囲は十分な余裕度を見込んで、引張ひずみ10%以下と定めた。

次に、設計制動力1000kNの実大FS制動装置を試作し、加力試験にてその復元力特性を確認した（図-2）。試験の結果、正側・負側で復元力特性は同形状を示し、漸増加力と単調加力のスケルトンは重なった。また、限界加力試験において、装置がストロークエンドに達するまで、動作可能であることを確認した。加力試験によるFS制動装置の復元力特性は、力学的に定めた装置の設計特性値と良く対応し、開発コンセプト通りの性能特性を有することが分かった。

FS制動装置を免震建物に適用した際の効果は、地震応答解析により確認した。解析モデルにおける上部構造は鉄筋コンクリート造15階建てとした。地震波は南海トラフ地震における、大阪地方での揺れを想定したOS1波を1.2倍に拡張したものとした。解析の結果、FS制動装置を適用しない場合、免震層の最大応答変位は649mmと免震クリアランスの600mm以上となるが、FS制動装置を適用することにより、最大応答変位が600mm以下となり、上部構造の擁壁衝突を回避できた（図-3）。また、FS制動時の上部構造の損傷は最小限に留まることが確認できた（図-4）。

結論

想定を超える巨大地震に対して免震層の過大变位を免震クリアランス内に制動し、その際の上部構造の損傷を最小限に留めることを目的としたFS制動装置を開発し、その効果を地震応答解析により確認した。FS制動装置の加力試験では、開発コンセプト通りの復元力特性を得ることができた。地震応答解析ではFS制動装置を適用することにより、巨大地震により生じる免震層の過大变形を免震クリアランス内に制動可能であり、上部構造の損傷も最小限に抑えられた。

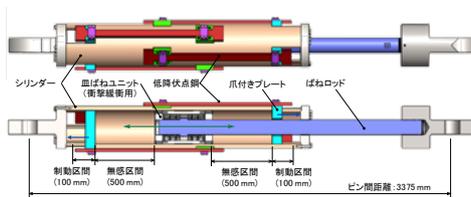


図-1 FS制動装置

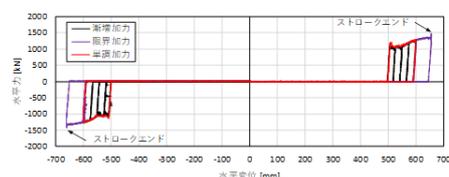


図-2 FS制動装置の復元力特性

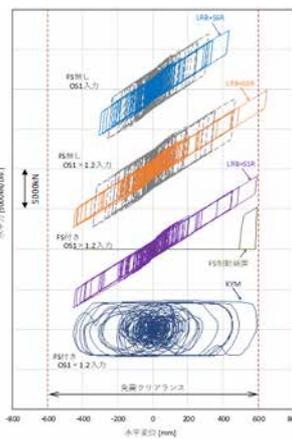


図-3 免震層の履歴ループ

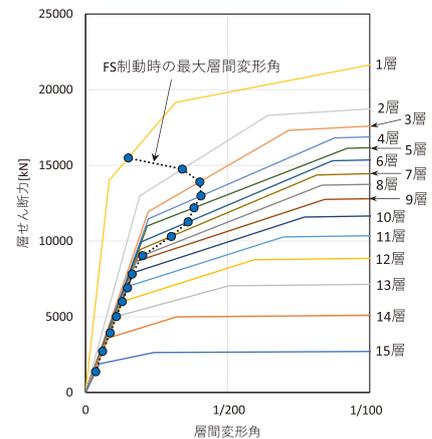


図-4 FS制動時の上部構造の最大応答