

- 3 スマート構造システムの実用化技術

Study on Utilizing technologies of Smart Structural Systems

(研究期間 平成 15～17 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering
国際地震工学センター
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

森田高市
Koichi Morita

岩田善裕
Yoshihiro Iwata
斉藤 大樹
Taiki Saito

Smart Structure Systems are defined as the systems that appropriately respond to the change of external disturbance and improve structural safety and serviceability, also make the building life long. The research and development on utilizing technologies of (1) Base isolation system and vibration control system with semi-active magneto-rheological fluid damper, (2) Rocking system, and (3) Structural sensing and monitoring system are conducted.

【研究目的及び経過】 新素材や新構造形式などの新しい技術を積極的に応用し、構造体それ自体が外部から受ける影響(荷重・外乱等)に適応して安全性や使用性などの構造性能を効果的に確保する、いわゆる高知能構造システムは、航空や機械・土木等の分野で先行して開発が行われており、近年建築の分野でも注目されている。本課題では、(1)MR 流体を利用した免震・制振技術(高度な性能を実現する技術)と(2)ロッキングシステム(経済的な技術)、および(3)モニタリング技術について、その実用化のための技術開発を行うことを目的とする。

【研究内容】

(1) MR 流体を利用した免震・制振技術

セミアクティブ免震の性能向上(効率化)の検討として、免震層をさらに上下 2 層に分割し、その各層間に MR ダンパを配置してセミアクティブ制御を行う形式の免震構造を提案し、検討を行った。

(2)ロッキングシステム

実建築物へのロッキングシステムの適用に向けて、以下に関する検討を行った。

多方向入力に対するロッキングシステムの 3次元動的挙動

浮き上がり機構を実現する浮き上がり降伏型ベースプレートの復元力特性

ロッキングシステムのエネルギー吸収機構

浮き上がり時における高次モードの影響

(3)モニタリング技術

モニタリング技術の普及を阻害している要因として、コストがあると考え、以下のような 3つの低コスト(または低追加コスト)の方法について検討した。

RFID タグとプリントシートを組み合わせたひび割

れ検知

既存地震観測網のデータに基づくモニタリング

既存ホームセキュリティシステム(以下 HSS)を活用したモニタリング

【研究結果】

(1) MR 流体を利用した免震・制振技術

図 1 に提案するモデルの概要と試験体の外観を示す。2 層化した免震モデルを構成することで、下部のダンパに基礎部からの入力の低減、上部のダンパに層間変位の抑制の、それぞれ異なる目的を与えることが可能となる。制御対象は 6 自由度の上部構造と 2 自由度の 2 層化免震層からなる 8 自由度系とした。

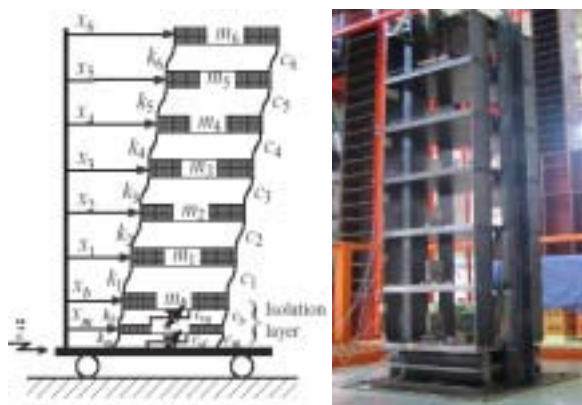
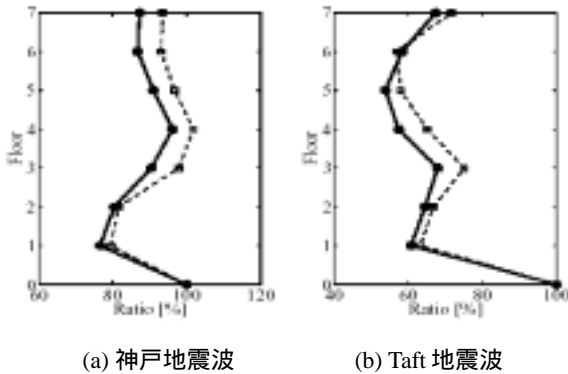


図 1 試験体概要

試験体は鋼製で高さ約 2m、免震層はリニアベアリング、コイルばね及び MR ダンパで構成され、非免震時の固有振動数は 1 次 2.0Hz、2 次 6.0 Hz、3 次 9.8Hz 及び 4 次 13.1Hz である。2 層化免震層を設置することで固有振動数は 1 次 0.77Hz、2 次 3.7 Hz、3 次 5.1 Hz 及び 4 次 7.5Hz となる。

図 2 に、パッシブ免震構造(各層の MR ダンパに電流

を印加せず減衰力を最小に固定したものに相当)との応答比較を応答最大加速度値 RMS 値を用いて示す。免震層を 2 層に分割することで、小型のダンパを用いた場合でも効率的に免震層及び上部構造の応答の低減が可能となった。



(a) 神戸地震波 (b) Taft 地震波
図 2 2 層化免震と従来型免震の比較

(2) ロッキングシステム

については、図 3 に示す試設計モデルを作成し、これに地震応答 FEM 解析を行い検討した。その結果、ロッキングシステムの適用により地震損傷を低減できること、浮き上がりを許容しても鉛直地震動の影響は少ないこと等を明らかにした。については、写真 1 に示す大型実験を行ない浮き上がり降伏型ベースプレートの復元力特性を明らかにした。については、過去の実験結果等の分析から、浮き上がり降伏型ベースプレートは履歴ダンパーとして有効に機能し、また浮き上がり時のポテンシャルエネルギーの上昇は上部構造歪エネルギーを減少させる効果を有することを明らかにした。については、ロッキングシステムに対するモーダルアナリシスの適用法を提案、検討し、これにより特に上部構造の地震応答に対する高次モードの影響について分析した。

(3) モニタリング技術

のひび割れ検知では、プリントシートをひび割れが発生すると予想される箇所に貼付し、ひび割れとともに導電性インクの部分が破断するセンサーを製作した。(図 4) プリント部分の幅を制御することにより、様々なひび割れ幅が検知可能であることを確認した。

の地震観測の活用では、実在の建物の地震観測データを用いて、ARX モデルによる同定を行い、経験した地震動の入力エネルギーによる剛性の変化を評価した(図 5)。設計時の値との比較により、地震後の建物の健全性の評価を行う。

の HSS の活用では、DSP を有する容量型加速度計と HSS を接続して、局所的な傾斜角と固有振動数の変化から、建物の健全性を把握するシステムを提案した。評

価に際しては、応急危険度判定の閾値を用いている。

[謝辞]

本研究の遂行に当たり、国土交通省国土技術政策総合研究所の小豆畑氏・石原氏・井上氏の各氏に多大なる協力を賜った。ここに記して謝意を表す。

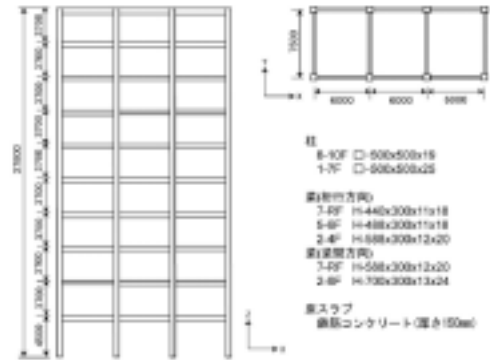


図 3 試設計モデル



写真 1 浮き上がり降伏型ベースプレートの大型実験

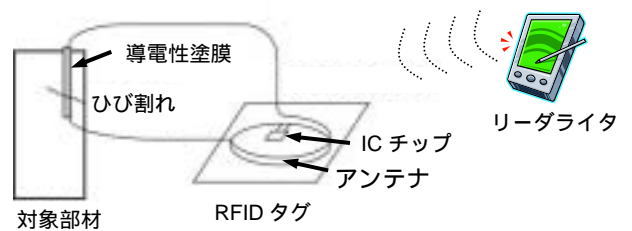


図 4 ひび割れ検知システムの概要

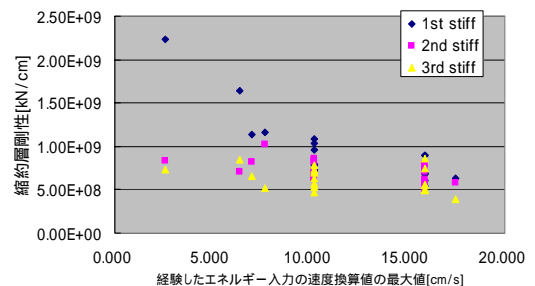


図 5 経験した地震入力と剛性の関係