

スマート構造システムの実用化技術

構造研究グループ 主任研究員 森田 高市

I はじめに

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。比較的実用化に近い、(1)磁気粘性流体(以下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)モニタリング技術の3つを取り上げ、建築研究所の課題「スマート構造システムの実用化技術」の中で、検討を行った。ここでは、成果の一部を紹介する。

II MR流体を利用した免震・制振技術

MR流体は、磁界の作用によって、通常の粘性流体から粘性が大きく変化する。これを用いた可変MRダンパでは、電磁石によってその発生力を変化させることができる。MRダンパによるセミアクティブ制振構造では、その減衰特性を可変とすることで、様々な周波数特性と大きさを持つ外乱に対して減衰効果を発揮できる。

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。

図1に提案するモデルの概要と試験体の外観を示す。この目的は、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低減、上部のダンパに上部構造の層間変位の抑制の、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。

試験体の特性としては、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:6.0Hz、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

有振動数は1次:0.77Hz、2次:3.7Hz、3次:5.1Hz及び4次:7.5Hzとなる。

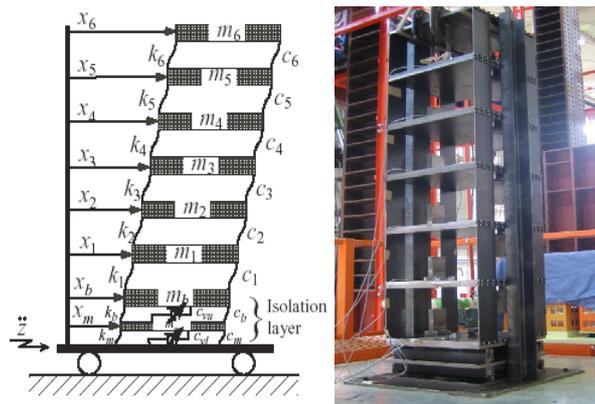
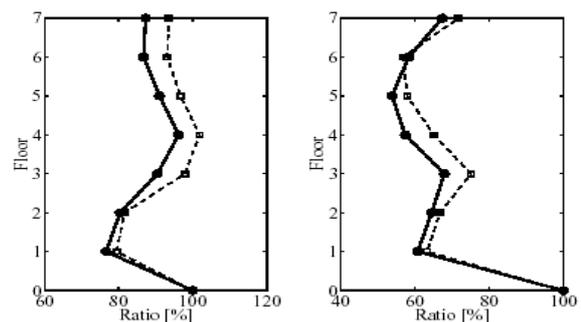


図1 試験体概要

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)と同等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

III ロッキングシステム

強震時に、建築物に意図的にロッキング振動を誘発して浮き上がりを生じさせる構造システムを構築することにより、その地震応答低減を図ることができる。このシステムの特徴

は、上部構造が塑性化する前に浮き上がりを生じさせて地震動入力を頭打ちとし、地震動入力の反転時には、建築物自体の自重を復元力として活用することにある。

実建築物へのロッキングシステムの適用に向けて、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が明らかになった。

写真1に示す大型実験を行ない、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変形性能とエネルギー吸収性能を明らかにした。

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。

IV モニタリング技術

モニタリング技術とは、構造物に取り付けたセンサーによって構造物の状態を診断する技術のことである。ここでは、コストが非常に安く、大量生産可能なRFIDタグとプリントシートを組み合わせたひび割れ検知技術について示す。

RFIDでは、リーダライタ(アンテナ&コントローラ)とRFIDタグとが無線通信を行い対象の認識を行い、リーダライタやタグの種類により通信可能距離も変化する(数mm程度~数m程度)。

本システムのセンサー部分は、図4に示したとおりRFIDタグの銅線部分を引き出して、検知対象部分に貼付した導電性塗膜に接続したものであり、リーダライタとRFIDタグの間で通信を行う。検知対象部分にひび割れが生じて導電性塗膜が断線すると、リーダライタとRFID間での通信が出来なくなるにより、ひび割れ幅の推定を行う。

図5に示したようなプリントシートを作成し、これをコンクリート試験体に貼り付け曲げ試験を実施した。コンクリートのひび割れ幅と導電性塗膜の断線の間関係を調べた結果、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。

[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つ

た。ここに記して謝意を表する。

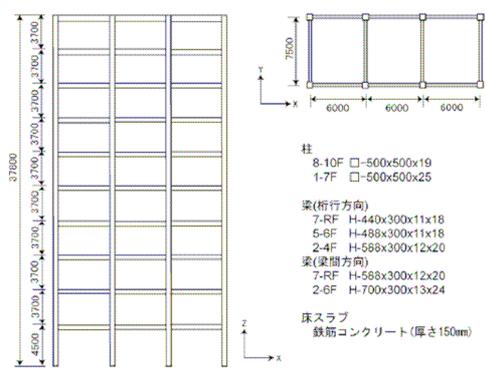


図3 試設計モデル

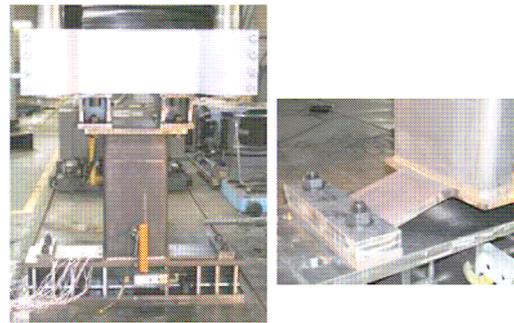


写真1 浮き上がり降伏型ベースプレートの大型実験

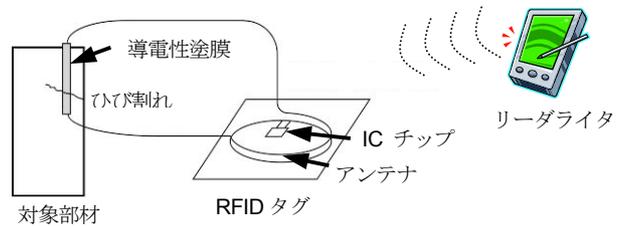


図4 ひび割れ検知システムの概要

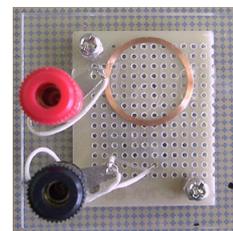


写真2 コイン型RFIDタグ

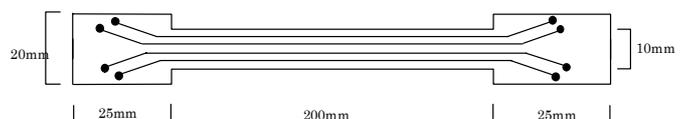


図5 プリントパターンの例

(中に印刷された4本がひび割れ検知用の導電性塗膜)