

## 構造研究グループ

### - 1 日米共同構造実験研究 高知能建築構造システムの開発

#### Research and Development in the U.S.-Japan Cooperative Structural Testing Research Program on Smart Structural Systems

(研究期間 平成 10～14 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

勅使川原正臣 Masaomi Teshigawara	福山 洋 Hiroshi Fukuyama	斉藤大樹 Taiki Saito
五十田博 Hiroshi Isoda	井上波彦 Namihiko Inoue	飯場正紀 Masaki Iiba
福田俊文 Toshibumi Fukuta	小豆畑達哉 Tatsuya Azuhata	
緑川光正 Mitsumasa Midorikawa		

国際地震工学センター  
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering  
研究専門役  
Research Coordinator of Building Technology

Synopsis- Building Research Institute conducted a 5-year research and development project of “Smart Materials and Structural Systems” in 1998 as a part of U.S.-Japan cooperative research efforts. U.S. Counterpart is National Science Foundation. Smart Structural Systems (also called as Auto-adaptive Media) are defined as systems that can automatically adjust structural characteristics, in response to the change in external disturbance and environments, toward structural safety and serviceability as well as the elongation of structural service life. The research and development of (1) Concept and performance evaluation method of smart structure system, (2) Sensing of structure performance, and (3) Development and evaluation of structural elements using smart materials were conducted.

【研究目的及び経過】 本研究の目的は、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、建築の構造体それ自身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の開発を行うことである。これにより、設計上の安全率をより合理的に設定し、建設・維持管理に関わるコストの低廉化を進め、将来における持続可能性(sustainability)を確保することが期待される。また、本研究は約 20 年前から実施されている日米共同構造実験研究の一環として行われるものであり、日米間の活発な情報交換や人的交流等を行うことで、両国の良好な国際関係の構築と建設技術の発展に寄与するものである。

【研究内容】 高知能建築構造システムは、建築の構造体それ自身が、外部から受ける影響(荷重・外乱など)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建築構造システムである。その実現のためには、構造損傷を検知するセンサー技術、それに基づき構造性能を判断する診断技術、さらに損傷を自ら修復する自己修復技術や、外乱の影響を抑える制御技術など、各種の要素技術の開発が必要である。また、それら要素技術を応用して、どのような建築構造システムを実現するのか

という、システムの基本的な概念を確立する必要がある。

本開発研究は日米共同構造実験研究として 1998 年度より 5 カ年の計画でおこなわれ、建築研究所、大学、関連各種企業との共同により(1)高知能建築構造物の概念構築、性能評価手法の開発、(2)構造特性検知技術の開発、(3)高知能材料を用いた構造部材の開発と性能評価の研究、を進め、最終的には「高知能建築構造物システム」および「高知能建築構造物の設計手法(性能評価手法)」の提案を行う。

本開発研究の研究体制を図 1 に示す。



図 1 日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」共同研究体制

【研究結果】 「システム技術」では、構造システム  
の概念の構築、具体的なシステムの提案及び知的材料の  
必要性能を整理し、模型骨組みを用いた振動台実験によ  
りその効果を検証し、高知能建築構造システムの性能評  
価法に関する技術資料を整備した。

「センサー技術」では、構造特性検知技術の比較評価、  
損傷階の特定及び新しいセンサーの性能把握を単体試験  
および振動台実験により検証し、構造安全に係わる性能  
を把握する多種多様な検知技術を統合した技術資料を整  
備した。

「エフェクター技術」では、材料特性の把握、高知能材  
料を部材に組み込んだ場合の調査及び特性把握を解析お  
よび振動台実験により行い、各種反応・制御材料および  
それらを活用した建築部材の使用に関する技術資料を整  
備した。

それぞれの技術資料は、性能評価・技術利用ガイドラ  
インとしてとりまとめを行った。

これらの概要は各年度概要報告を参照されたい。

ここでは、「高知能建築構造システム」において検討  
されたシステム、要素技術のいくつかについて紹介する。

### 1) ロッキングシステム

ロッキングシステムを導入した建築物（図 2）では、  
柱脚部の浮き上りを許容することで、ある特定部分の応  
力が過大になる前に、建築物への地震入力を頭打ちとす  
ることができ、構造設計の合理化が図れるようになる。  
このような地震入力の頭打ち効果は、杭の引き抜き力の  
軽減等、応答の引張り側ばかりでなく、圧縮側において  
も現れ、圧縮側柱の圧壊も防ぎ易くなる。また、ロッキ  
ングシステムの場合には、一般の建築物と同様、免震構  
造に必要とされるような特別なピット等の施設を要しな  
い。また、地震力のレベルに応じて、メカニカルにその  
特性を変化させるシステムであるため、ほぼメンテナ  
ンスフリーである。すなわち、免震構造や制振構造と比較  
した場合のロッキングシステムのメリットは、そのシス  
テムの簡潔さと単純さにあると言える。

### 2) 磁気粘性流体（MR 流体）

MR 流体は、磁界の作用によって、通常の粘性流体か  
ら半固体的に粘性が大きく変化する特性を持っており、  
その MR 流体を用いた MR ダンパーは、電磁石によっ  
てその発生力を変化させたり、永久磁石によって高い発  
生力を安定的に得ることが可能になる。磁気粘性流体  
（MR 流体）を活用した可変ダンパー（MR ダンパー）  
を制振構造建築物、免震構造建築物へ応用することによ  
り建築物をより高性能化することが可能となる。

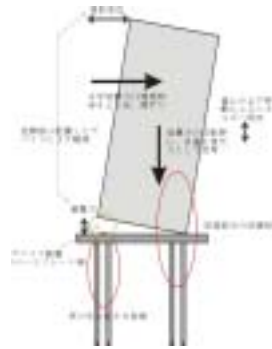


図 2 ロッキングシステムの概要

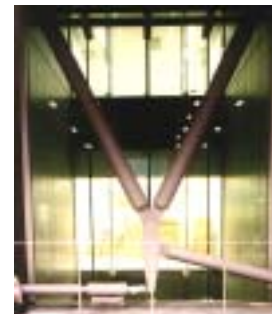


図 3 日本科学未来館に設置された MR ダンパー

### 3) モニタリングシステム

本技術では、少ないセンサーによって、まずは建築  
物の劣化、損傷の有無を判断する第 1 段階の損傷検知シ  
ステム、必要により、劣化、損傷の種類に応じたセンサ  
ーによって詳細に局所的な損傷を検知する第 2 段階の損  
傷検知システムを考えた。第 2 段階の損傷検知システム  
では劣化検知、損傷検知に必要な安価で高性能なセンサ  
ー・計測技術を使用する。さらに、設計時の情報に基づ  
いて作成した解析モデルとセンシングによって得られた  
建築物の入出力情報をもとに、解析モデルをより正確な  
ものに修正し、センサーが設置されていない部分につい  
ても追跡可能な、センシングと解析の並列システムを採  
用する。

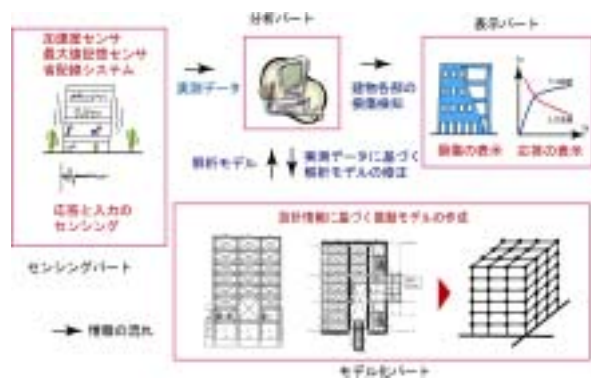


図 4.4.2 都市防災センターに設置した地震に対するモニタリングシステム

### 【参考文献】 1) 「高知能建築構造システムの開発」

平成 10～14 年度報告書概要、建築研究所、日本建築セ  
ンター、平成 11 年～15 年 3 月

2) Otani et.al, Research and Development in the U.S.-Japan  
Cooperative Structural Testing Research Program on Smart  
Structural Systems, 第 35 回 UJNR 合同部会, May, 2003,  
Tsukuba