多様な建物での強震観測、微動計測、振動実験の蓄積
- その１ -

建物の耐震性能を適切に評価するためには、実際の振動挙動が模擬できるように適切に解析モデルを作る必要があります。しかし、実在する建物の振動挙動には未だ解明できていない部分が多いため、常に実測記録と比較しながら検討することが必要不可欠です。そこで我々は、鉄筋コンクリート造建物、免震建物、近代建築物、伝統木造建物など様々な建物を対象として強震観測、振動計測、振動実験を行ってきています。ここで得られた記録は、個々の建物として詳細に振動特性などを分析するだけでなく、データベース化して建物群と扱うことで、マクロ的な観点から耐震性能を評価することにも活用しています。

●名古屋大学東山キャンパスにおける強震観測・微動計測

中低層建物は都市域にも多く存在していますが、その振動性状や本当の実力は良く分かっていません。そこで、名古屋大学東山キャンパスでは、図１に示すように、中低層建物の鉄筋コンクリート造建物を中心に、9棟の建物で強震観測を行うと共に、多数の建物で常時微動計測を行い、建物の振動性状について詳細な分析を実施しています。

図１　東山キャンパスでの強震観測

図２　鶴舞キャンパスでの強震観測

●名古屋大学鶴舞キャンパスでの強震観測

名古屋大学鶴舞キャンパスは、地域医療の中核施設として高い安全性が望まれるため、２棟の建物に免震構造が採用されています。そこで、図２に示すように、免震建物を含む4棟の建物を対象として強震観測を行っています。観測は、建物の耐震性能評価のみでなく、地震時の健全性評価にもつながっています。

(a)　外殻フレーム補強　　(b)　免震レトロフィット

図３　耐震改修前後での強震観測・微動計測

●耐震改修前後での強震観測・微動計測

図３に紹介するように、名古屋大学キャンパス内では多くの建物で耐震補強が、また県内の公共建物では免震レトロフィット工事が行われています。これらの工事前後で振動計測を行うことにより、耐震改修による振動特性の変化を把握すると共に、地震時の健全性評価につなげています。

図４　小学校の地盤の微動計測例（名古屋市地盤計測結果一覧（速報版）
http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/laboFT/jiban/Html/Index.html）

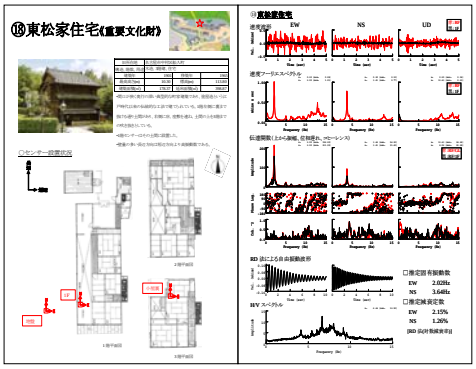
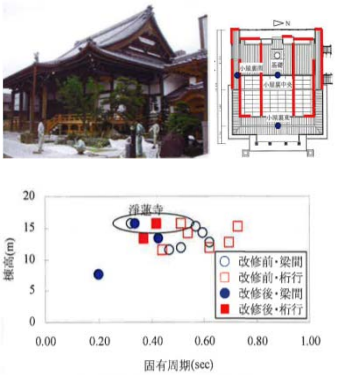


図５　近代建築物の微動計測
（博物館明治村の振動計測リーフレット：
http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/meijimura/）

●小学校建物・地盤の微動計測

災害時には、重要な避難所となる名古屋市内の小学校について、建物や地盤の微動計測を実施し、地盤データについては、リーフレット（図４）や卓越周期マップ（http://www.sharaku.nuac.nagoyau.ac.jp/laboFT/jiban/jiban.html）として公開しています。現在、小学校建物の耐震改修が進められており、改修後の微動計測を実施することにより、その効果を確認することが可能です。



軒高と固有周期の関係

図６　伝統木造建物の微動計測

●近代建築物・伝統木造建物の振動計測

近代建築物の保存に向け微動計測を行い、耐震改修のためのデータベースを構築しました（図５）。伝統木造建物に対しては、耐震改修工事前後で微動計測や振動実験を行い、改修効果を評価しています（図６）。

参考文献：
小島宏章，福和伸夫，飛田潤：強震観測・常時微動計測に基づく中低層建物の入力損失効果に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第587号，pp.77-84，2005.1
榊原啓太、福和伸夫、飛田潤、小島宏章：観測された動特性を説明可能な振動解析モデルの構築、日本建築学会技術報告集、第25号、pp.65-68、2007.6
藤井智規、福和伸夫、千賀英樹、飛田潤、吉田明義：常時微動計測による博物館明治村の近代建築物の振動性状データベース構築、日本建築学会技術報告集、第25号、pp.59-64、2007.6
藤井智規、魚津忠弘、福和伸夫、飛田潤：2007年能登半島地震による総持寺の被害と地盤探査・建物振動計測、日本建築学会技術報告集、第28号、 pp.443-446、2008.10

名古屋大学　地震工学・防災グループ　（福和・飛田・護研究室）
Earthquake Engineering and Disaster Mitigation Research Group, Nagoya University
http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/

No.6 Ver1.1
2012.3.28作成

多様な建物での強震観測、微動計測、振動実験の蓄積
- その2 -

●E-ディフェンス実験による地震時の建物応答と家具挙動

東北地方太平洋沖地震でも長周期の継続時間の長い揺れにより、首都圏などの高層ビルで内装や家具の転倒が報告されました。東海・東南海・南海地震でも長周期地震動となることが予想され、高層ビルにおいて室内の安全性を確保することが重要になります。

E-ディフェンスにおける実大震動台実験の結果を基に、地震時の建物・床応答と室内家具挙動を分析しました。
図１に実験の試験体外観とモデル概要、図２に実験での家具の被害概要を示します。

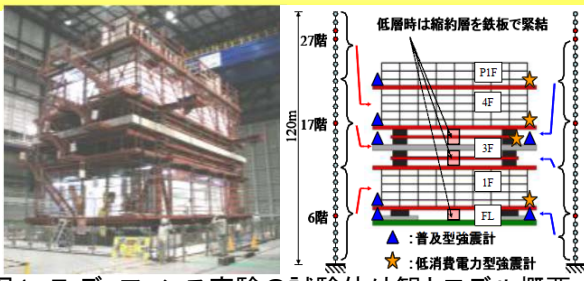
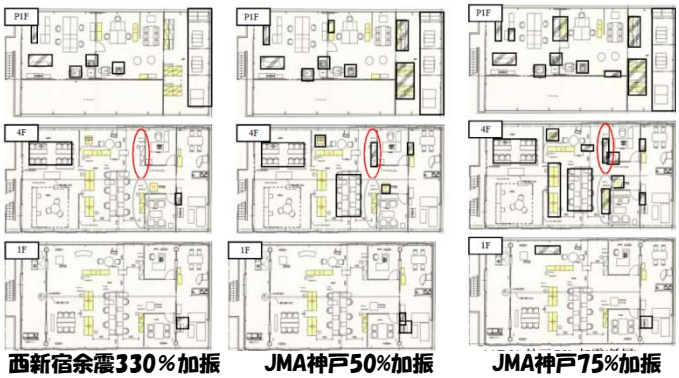


図１　E-ディフェンス実験の試験体外観とモデル概要



西新宿余震330%加振（高層）　JMA神戸50%加振（低層）　JMA神戸75%加振（低層）

図２　実験での被害概要

●免震戸建住宅の振動台実験

東北地方太平洋沖地震では、ある地域で免震戸建住宅が想定以上に地盤と共振し、免震装置の許容変位を超える現象が確認されました。戸建住宅は敷地に余裕がなく、クリアランスも限られています。そのため、免震戸建住宅の変位制御は重要な課題となっています。

そこで、免震の変位制御方法について、実大免震住宅の振動台実験により、検討を行っています。図３は実験を行った変位依存型の変位制御装置です。

図３　変位依存型変位制御装置

●テレビ塔の微動計測・人力加振実験

名古屋市テレビ塔は2011年7月に地上デジタル放送への完全移行に伴い電波塔としての役割をおえました。テレビ塔は内藤多仲による設計で、1954年に日本で初めてのテレビ放送電波送信用集約電波塔として竣工しました。2005年には登録有形文化財としても指定され、電波塔としての機能を失っても保存されることが望まれています。そこで、テレビ塔の微動計測や振動実験より、固有振動数、減衰定数、振動モードなど振動特性の把握を行いました。（図４）

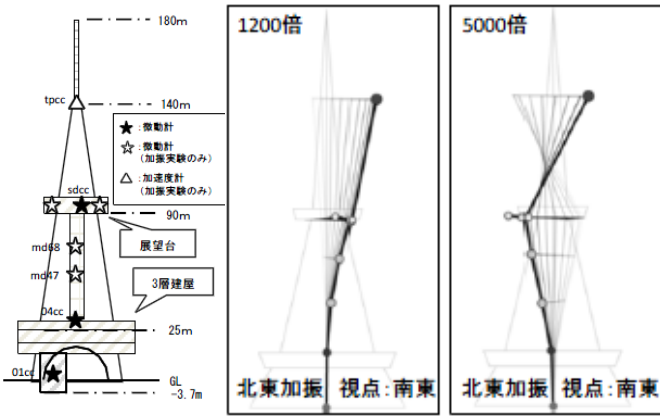


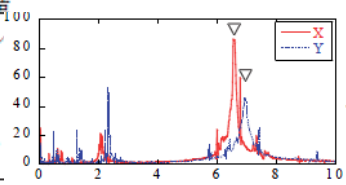
図４　テレビ塔建物形状・観測点と加振時立体振動挙動

●超高層建物と地盤の共振現象

東北地方太平洋沖地震では、震源から約600km離れた大阪平野に位置する咲洲庁舎52Fにおいて最大片振幅130mの揺れが観測され、内装やエレベーターなどに被害が生じました。これは、建物と地盤が共振したためと考えられます。今後、発生する東南海・南海地震においては、震源から近いこともあり更に大きな被害を受ける可能性があります。そこで、過去の共振記録を分析し、地盤の震動特性と建物の動的振動特性の把握を試みました。その結果、推定した固有周期と減衰は設計値と比較してずれがあることが分かりました。（図５）モデルから共振現象を予測することは非常に難しいため、観測記録を積み重ね、詳細に分析していくことが求められています。

階数	地上/地下	52F/3F
高さ	最高部高さ	256m
	軒高	250m
構造種別	地上/地下	S造/SRC造
基礎構造	杭基礎(場所打鋼管コンクリート拡底杭)	
杭長(深さ)	SGL -64.5m	
設計固有周期	1次	2次
長辺(Y)/短辺(X)	5.8s/5.3s	2.0s/1.8s
設計減衰定数	1次に対して、2%	

建物概要



本震の伝達関数（52F/1F）

図５　咲洲庁舎の建物概要と
東北地方太平洋沖地震の本震時の伝達関数

参考文献：
豊部立、飛田潤、福和伸夫、西澤崇雄：振動実験・強震観測に基づく名古屋テレビ塔の振動特性、構造工学論文集、Vol.58B（2012.3）