

東工大すずかけ台キャンパス超高層免震建物における地震観測

○山中 浩明¹⁾, 盛川 仁²⁾

1) 東京工業大学 総合理工学研究科 環境理工学創造専攻, yamanaka@depe.titech.ac.jp

2) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, morika@enveng.titech.ac.jp

1. はじめに

構造物と地盤の地震時の実際の挙動を把握することは、構造物の耐震安全性を評価するために基礎的なことである。構造物、とくに、高層建物では、強震観測が古くから行われている。一方、地盤における強震観測は、兵庫県南部地震以降、急速に増強されている。地域にもよるが、複数の機関による強震観測データを集めれば、数 km に 1 点程度の密度で観測データが得られることも多い。しかし、高層建物の振動特性を解明するためには、やや長周期帯域の地震動特性まで精度よく分析できるアレイでの地震観測も合わせて実施することが重要である。こうした観点を踏まえて、東工大都市地震工学センターでは、COE プロジェクトに支援によって、同大すずかけ台キャンパスの超高層免震建物と周辺地盤において地震観測を実施している。

本研究では、超高層免震建物と地盤を一体とした地震観測で得られた稠密地震観測データに基づいて、建物-地盤系の地震時の挙動を理解することを目的とする。ここでは、構築した超高層建物での地震観測システムと観測結果の一部について紹介する。

2. 建物・地盤および地震観測の概要

対象としている建物 (J2 棟) は、地上 20 階建てであるが、1 階部は RC 造の剛強な耐震壁付きのラーメン構造であり、その上に免震装置があり、2F より上部は鉄骨造である (図 1)。この建物は、横浜市北部では最も高い建物である。この建物の設計時の固有周期は、レベル 1 地震動入力時において 3.6 秒 (長辺方向)、3.8 秒 (短辺方向) であり、免震装置の導入によって固有周期が長周期化している¹⁾。なお、免震層固定での固有周期は、2.2 秒および 2.8 秒である。また、上部構造のアスペクト比が大きいので、免震装置では、浮き上がりを許すような構造となっていることも特徴である。

この建物の敷地では、表層数 m の表層地盤があるが、建物建設時にそれらは取り除かれ、建物の基礎は N 値 50 以上の土丹層に直接設けられた布基礎である。一方、この建物がある地域は、関東平野南西部に位置し、厚い堆積層によってやや長周期地震

動が励起されやすい地域でもある。既存の研究によれば²⁾、地震基盤までの深度は、図 1 に示すように約 2.5 km であり、ラブ波の卓越周期は約 5 秒である。

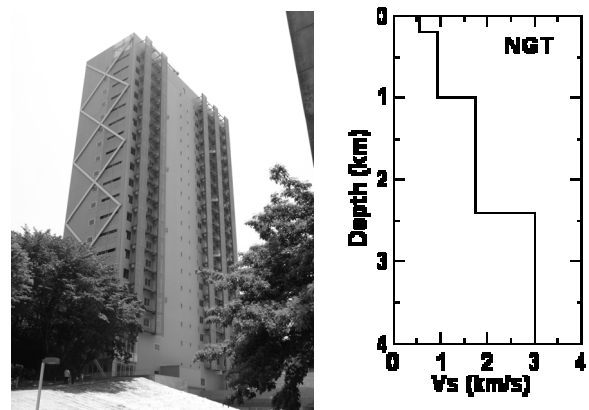


図 1 : すずかけ台キャンパスの超高層免震建物 (左) と同地点での深部地盤構造²⁾

地震観測についての詳細は、大木・他¹⁾に詳しく述べられている。ここでは、その概要について説明する。加速度計による観測では、図 2 に示すように建物内の 10 ヶ所に 27 成分のセンサーを設置した。とくに、建物の浮き上がりを観測するために、上下成分の観測を上部構造において行っている。そのほか、歪ゲージによる歪や変位計による層間変位の観測などを行っている。

以上の観測データは、24 ビットの AD 変換器を持ったデータロガーで 0.01 秒おきにデジタル化される。観測システムのダイナミックレンジは、130DB であり、強震から微動まで観測できる。得られたデジタル記録は、CF メモリにバックアップされると同時に、LAN 経由でデータサーバに 1 秒間のパケットとして転送される。各データロガーは、GPS の時間信号で校正されたタイムサーバーによって LAN 経由で時刻校正されており、1 サンプル以下の時刻精度である。データロガーからデータサーバに転送された記録は、HD にすべて記録され、必要に応じて切り出して分析することになる。また、転送データを順リアルタイムでモニターすることもでき

る。これらの観測システムは、win システムで構築されている。

本研究で対象とした免震建物の免震装置の効果を理解するために、周辺にある非免震建物 (J1 棟) での地震観測も実施している。この建物は、9F 建ての RC 造であり、最下 (BF) および最上階 (9F) の 3 地点で 9 成分の加速度の観測を行っている。この J1 棟でのデータは、無線 LAN を用いて、J2 棟内のデータサーバに転送されている。このほかに、周辺地盤での強震観測も実施している。これについては、一部が設置済みで、現在構築途中である。

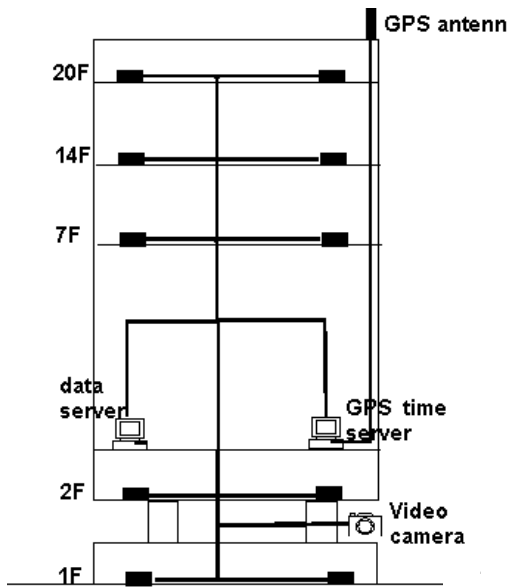


図2：地震観測システム

3. 観測記録

J1 棟および J2 棟で得られた観測記録の例として、2005 年 7 月 23 日 16 時 35 分の千葉県北西部の地震 (M_j6.0、深さ 90km) の記録について説明する。この地震では、東京都足立区で震度 5 強が観測された。すずかけ台キャンパスのある横浜市緑区の気象庁の震度計では震度 5 弱であった。

図 3 は、J2 棟と J1 棟で観測された加速度記録を示している。J2 棟での 1F の記録しか示されていないが、J1 棟の BF での加速度もほぼ同程度のレベルであった。一方、J2 棟の 20F での加速度は、J1 棟の 9F の加速度の半分程度である。J1 棟の波形には、固有周期に対応した短周期成分が卓越しているが、J2 棟の 20F の波形では、短周期成分に加えて長周期成分が卓越している。図 4 には、短辺方向の記録の 5% 減衰の速度応答スペクトルが示されている。J1 の 9F の応答スペクトルには、固有周期に対応した周期 0.6 秒のピークがみられる。一方、J2 棟の 20F の応答スペクトルは、周期 2.5 秒と 0.8 秒にピークが認められる。免震層を固定とした場合

の固有周期は周期 2.5 秒であり、この観測データの場合には、振幅レベルが小さいために免震層がほぼ弾性挙動を示しているものと考えられる。

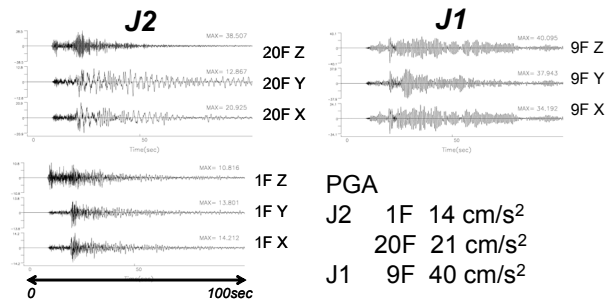


図3：2005年7月23日の地震の加速度記録の例

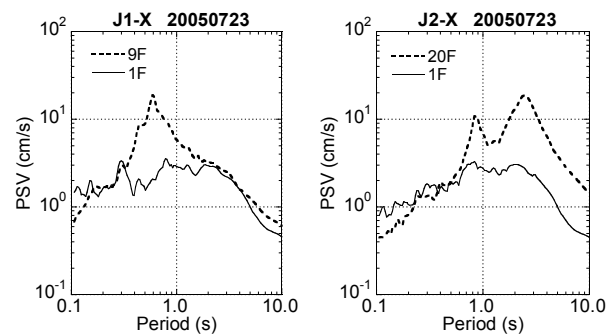


図4：2005年7月23日の地震の速度応答スペクトルの例。左はJ1棟 (非免震)、右はJ2棟 (免震)。

4. おわりに

東工大すずかけ台キャンパスの超高層免震建物における地震観測と観測記録の例について紹介した。現在、この観測システムを用いて、ほぼリアルタイムに連続観測記録を取得している。地震および微動時の建物の振動特性をより良く理解するために、得られた連続記録をリアルタイムで可視化するシステムを導入する作業を進めている。将来的には、複数の建物の振動と地盤での地震動を同時に可視化し、建物-地盤系の地震時の挙動を明らかにしていく予定である。

謝辞

本研究での地震観測は、東京工業大学都市地震工学センターの和田教授、笠井教授、山田助教授、坂田助教授、大木助手、山下PDとの共同研究として実施しているものである。本報告での観測データの処理については、ご協力を頂きました。記して、感謝いたします。

参考文献

- 1) 大木洋司・他：超高層免震建物の長期観測システム構築に関する具体的取組み、日本建築学会技術報告集、第21号、73-77、2005。
- 2) 山中浩明・他：関東平野南西部におけるやや長周期微動のアレイ観測、地震、51、355-365、1999。