

首都圏南西部における強震観測

○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

近年、東海地震や東南海地震などのフィリピン海プレート上面の巨大地震の発生が懸念されている。これらの地震の際には、首都圏でも大きな揺れになると考えられる。とくに、こうした巨大地震では、周期数秒のやや長周期地震動が卓越することが知られており、この周期帯域に固有周期を有する超高層建物の耐震安全性を評価するためには、やや長周期地震動特性を理解することが重要となる。

本学すずかけ台キャンパスには、20階建ての超高層免震建物（J2棟）があり、その地震時の挙動を理解するために、建物での強震観測が実施されている（山田ほか、2007）。この超高層免震建物へ入力される地震動特性を明らかにするためには、上述のように、この地域での広い周期帯域の地震動の特性を理解する必要がある。

この研究では、すずかけ台キャンパス内および周辺地域で強震観測を行い、首都圏南西部における地震動や構造物の地震時の挙動を明らかにするための基礎的なデータを整備することを目的とする。

2. すずかけ台キャンパスでの地震観測

1) ネットワークを用いた地震観測

J2棟を中心としたすずかけ台キャンパスでの地震観測は、2004年から開始され、観測点を増やしながら続けられている。2007年4月における強震観測は、3つの建物（J2, J1, S2）内の複数点の観測点と地盤上の3地点（B2, R2, S6）および総合研究館付近の埋設トンネル内の1地点（T1）の合計7地点から構成されていた。地盤およびトンネルでの観測では、1点3成分の地動加速度が観測されている。以上の観測点の位置は、図1に示されている。

今年度は、地盤上の3つの観測点を新規に設置した。G3観測点はG3棟南側にあり、S3は図書館入口付近の観測点である。一方、YVPは、横浜ベンチヤープラザ（YVP）の建物付近の観測点である。これらの観測点の様子の例が図2に示されている。基本的には、各観測点とも同様な仕様で観測点が設けられた。

これらの3地点では、J2棟での観測と同様の機

器を用いており、J2棟の地震観測ネットワークに組み入れた。各地点には、サーボ型の加速度計が設置されている。地震計からの出力は、24ビットのデータロガーでデジタル化されて、メモリーに記録される。観測システムのダイナミックレンジは132dBであり、微動から強震まで観測できるようになっている。各地点で得られた記録は、それぞれのデータロガーに蓄積されると同時に、無線LANによってJ2棟のデータサーバに1秒間のデータパケットとして転送され、連続記録が収録される。データサーバにはwinシステムが用いられており、上部構造での観測データも含めて合計81成分の連続記録がファイリングされている。こうして得られる観測データの量は、1日分で約700MBとなる。これらのデータは、バックアップのために別の場所にある同様のバックアップシステムサーバにも転送・保存される。

データサーバでは、地震記録をほぼリアルタイムでモニタリングしており、複数の観測点での記録がある振幅を超えた場合に地震発生と認識し、一定時間後に連続観測データから地震記録部の切り出しを行う。その後、最大値や計測震度相当の値を計算し、メールで地震観測情報を通報するようにしている。また、1日に1回観測システムの管理情報（時刻校正や通信状態など）をシステム管理者にメールで通報するようになっている。

2) スタンドアロン型地震観測

上記のネットワークによる地震観測のほかに、今年度、通常の3成分の強震計を用いた観測も開始した。観測点の位置は、図1の四角で示した4地点である。G5とS7は、G5棟および設備センターの地下1階である。R3は、応用セラミックス研究所の実験棟の1階部分である。さらに、T2は上述の総合研究館のトンネルの北側の地点である。

これらの4地点では、初期のK-NETで用いられたK-NET95タイプの地震計が設置された。この地震計は、18ビットのAD変換器を有し、ダイナミックレンジは108dBと上記のネットワーク型の地震計に比べると精度は低い。メモリー容量も8MBと小さく、

100Hz サンプリングで 150 分程度の記録が可能である。記録の収録はイベントトリガー方式で行われ、一定レベルを下回るまで観測記録がメモリーに記録される。従って、上述の連続観測の場合と異なり、ある程度の大きさの揺れ（有感地震程度）を対象とした地震観測となっている。

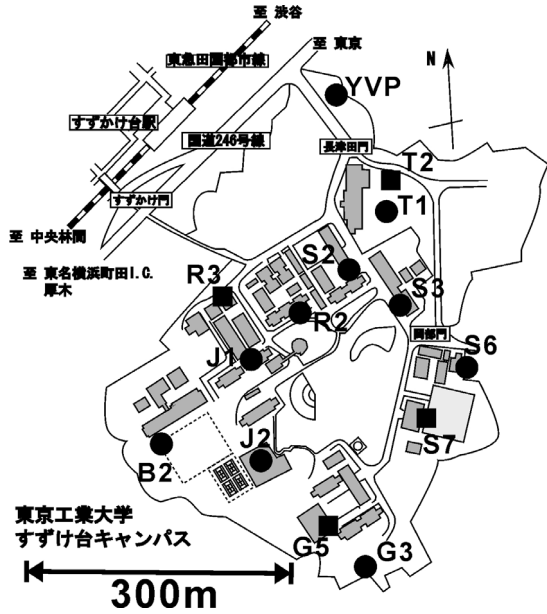


図 1：観測点の位置



図 2：観測点の様子 (YVP)



図 3：観測点の様子 (S7)

3. 広域アレイでの地震観測

横浜市日吉から小田原市に至る間の 5 地点において地震観測を開始した。観測点は、図 4 に示すごとくである。これらの観測点によって東海地震などの首都圏の南西側のプレート境界で発生する地震がどのように首都圏に中心部に伝播してくるかを理解することに寄与すると期待される。今年度より、本研究の一貫として新たに観測を行うこととなった。

各観測点では図 5 に示すように専用の観測小屋内が設けられ、内部もしくは周辺に加速度計が置かれている。記録の収録は、イベントトリガー方式である程度以上の大きさの地震動の場合にメモリーに記録される。

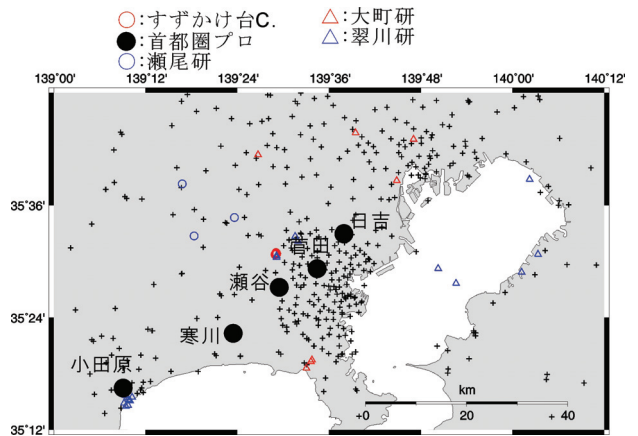


図 4：広域地震観測の観測位置 (●)。クロスは他機関の地震観測点を示す。



図 5：小田原観測点の様子

4. 観測記録の例

観測結果の例として 2007 年能登半島地震による観測記録について述べる。この地震は震源の浅い地震であり、各地でやや長周期地震動が観測されている。横浜市北部の気象庁の観測点では、震度 1～2 が観測されている。図 6 は、加速度記録を積分して得られる東西方向の速度波形を示している。積分の

際には、周期 0.1~10 秒のフィルター処理をしている。観測された加速度の最大振幅は高々 2~3gal 程度であり、計測震度 1.5 以下ではあるが、速度波形からわかるように長周期表面波が長時間に亘って明瞭に認められる。図 7 には、水平成分の 2 次元応答スペクトルが示されている。周期 1 秒より長周期帯域では、各地点のスペクトル形状は類似しており、深部地盤の影響が共通であることがわかる。周期 1 秒よりも短周期では振幅が小さくなり、震源から観測点までの間の伝播経路で短周期地震動がより多く減衰しているためであると考えられる。周期 0.3 秒程度よりも短周期領域では、建物最下階でのスペクトルが地盤上の値よりも小さくなっており、入力損失など建物と地盤の相互作用の影響であると考えられる。

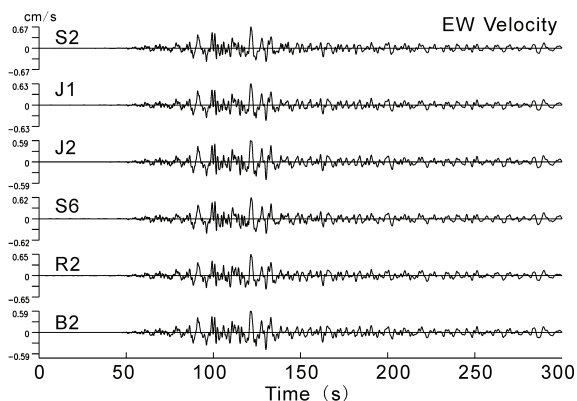


図 6：能登半島地震の E W 方向の速度記録

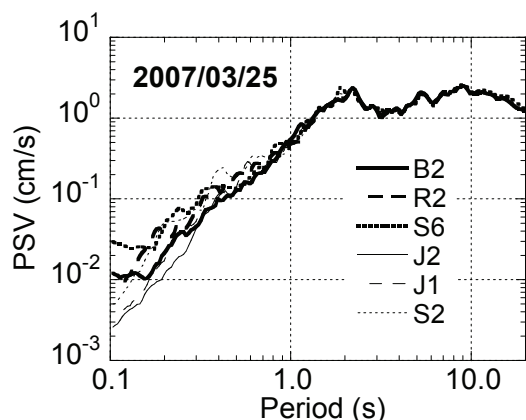


図 7：本震の水平成分の 2 次元速度応答スペクトル

図 8 には、J2 地点で得られた能登半島地震の本震と規模の異なる余震による観測記録が示されている。図の波形は、積分した速度波形であるが、方向と時間軸は、図 6 の波形と異なっている。図 9 には、応答スペクトルが示されている。なお、参考のために微動の観測結果も図示されている。本震および Mj4.9 の余震の最大速度は、それぞれ 0.7,

0.007cm/s である。Mj4.7 よりも大きい地震の記録までは微動レベルよりも地震動の振幅が大きく、地震であると認識できるが、Mj4.5 の余震では微動レベルと同程度である。このように、M5 程度の地震であれば、300km 程度離れても地震動分析に使用可能なデータを取得でき、本観測システムによって、この地域の地震動の解明に有効なデータを効率的に得ることができるものと考えられる。

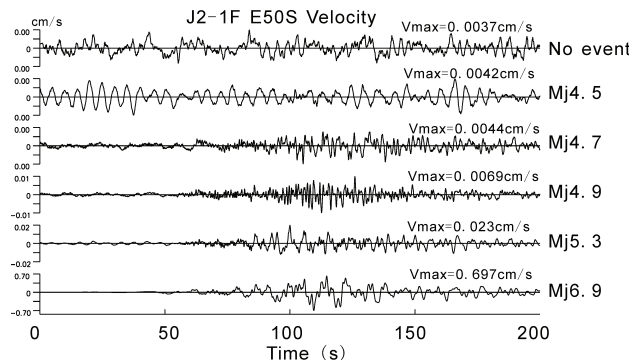


図 8：異なる規模の地震による J2 地点の速度波形

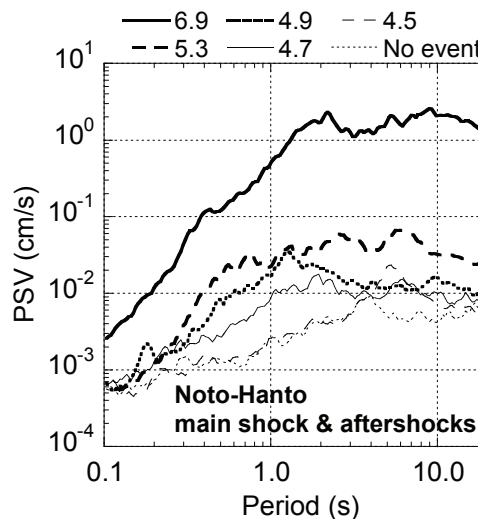


図 9：規模の異なる地震の応答スペクトル (J2)

5. まとめ

本学すずかけ台キャンパスを中心として首都圏南西部の 20 地点で構成される強震動観測網を構築した。すずかけ台キャンパス内での 15 点のうちの 10 地点では、最新の高精度な観測システムを採用し、微動から強震まで連続記録を観測することができる。そのほかの地点では、イベントトリガー方式による旧式な観測システムによる観測ではあるが、強震時にのみデータを取得することとした。両者の組み合わせによって首都圏南西部で地震動特性を解明するための基礎的データが収集および蓄積されることが考えられる。学外の観測点については、データ

保存用メモリーが十分ではないなどのメンテナンス上の問題点もあり、今後、携帯電話などによる効率的なデータ収集などを検討する必要がある。

謝辞

K-NET95 による地震観測は、東大地震研究所の強震観測センターとの共同研究によるものであり、坂

上氏にはご助言を頂いた。また、小田原一日吉間のアレイでの地震観測では、電力中央研究所の芝博士にご助言を頂いた。地震計設置に際しては、本学の大町教授、瀬尾教授、翠川教授、元木助教、井上助教には、ご助言ならびにご協力を頂いた。記して、感謝する。