

# 高密度強震計ネットワークからわかったこと

翠川 三郎

東京工業大学 都市地震工学センター

## 1. はじめに

横浜市では兵庫県南部地震の教訓を防災行政に反映させるために、市長と専門家、市の関係部局からなる横浜市地震懇話会を発足させた。ここでの議論から横浜市高密度強震計ネットワークが生まれた。第1回(1995/4/4)では早期地震動把握システムについて当時の横浜市大菊地研究室を中心に計画を策定することが決まった。第2回(5/8)では、菊地研究室から100~200地点に地震計を設置する案が示された。その後計画が具体化され、第3回(7/13)では、150地点での地震計からなる地震被害早期検知ネットワーク(仮称)計画が災害対策室から示され、実行に移されることとなった。150地点の本格稼働は1997年5月より開始された。

菊地(1996)は、このネットワークが、大地震時の早期被害状況の把握以外にも、きめ細かな震度情報の公表による市民の防災意識の喚起や強震動データの蓄積といった基礎的な面から、表層地盤の地盤特性の評価、地下構造探査、ハザードマップの作成といった研究面まで多目的に活用できると指摘している。ここでは、このネットワークからどのようなことがわかったのかについて述べてみたい。

## 2. 表層地盤による地震波の増幅

430km<sup>2</sup>という市域に150地点の観測点というデータを用いて、どこがどのくらい揺れやすいのか、また逆に揺れにくいのかを調べてみると、最大加速度や最大速度で最大10倍程度の違いが、震度で最大2程度の違いが地震によらずほぼ安定してみられた(Midorikawa and Abe, 1998)。横浜の表層地盤は軟弱な埋立地盤から土丹と呼ばれる軟岩( $V_s=700\text{m/s}$ )まで変化があるが、非常に硬い岩が路頭しているわけではなく、10倍の違いというのはやや驚きであった。このような揺れ易さの違いは表層地盤でのS波の重複反射で定量的に説明できることが再確認された(Tsuboi et al., 2001)。以前に、横浜地方気象台から発表される震度と市民が感じた震度が大きく異なるというクレームが何度も報道されているが、市内で揺れ易さが大きく変化しているということで簡単に説明できる。

このような地震観測を行えば各地の揺れ易さは一目瞭然であるが、地震観測を行わずに地盤の震動特性を簡便に評価するためにわが国では常時微動が使われてきた(Kanai et al., 1954)。近年ではH/Vスペクトル比(中村・上野, 1986)の提案とともに、海外でも利用されているが、以前に米国では常時微動の有用性について懐疑的な見解も示されていた(Udwadia and Trifunac, 1973)。常時微動の適用性についてより詳細に検討するため、150地点での地震記録から抽出した地盤特性と常時微動のH/Vスペクトル比とを比較したところ、約80%の地点で良い対応が得られた。対応が悪い地点の地盤条件を調べたところ、 $V_s$ で300~400m/sの比較的硬質な地盤が厚く存在しており、このような場合には基盤とのインピーダンス比が小さく

明瞭な地盤特性を示さないために、常時微動による地盤特性の評価が困難になったものと考えられる(Rodriguez and Midorikawa, 2002)。前述の米国で懐疑的な見解(Udwadia and Trifunac, 1973)はこのような地盤での検討結果に基づくものであり、異なる見解が得られるのも不思議ではないことに納得した。

### 3. 地下構造の推定と波動伝播

菊地(1996)のアイデアは、各地点での地震波の到達時間の差から地震基盤から上の堆積地盤の構造を推定しようとするものであるが、これでは地震基盤よりも深い地殻やマントルの構造の影響も含まれる恐れがある。そこで、インピーダンス比の大きい地震基盤と堆積地盤の境界で生じた PS 変換波を検出して P 波との時間差から堆積地盤の層厚を推定した(三浦・翠川, 2001)。その結果、市内での地震基盤までの深度は 2.5~4km と変化が大きく、3 次元的に複雑な地下構造を呈していることがわかった。

このような複雑な地下構造が地震動の特性に及ぼす影響を理解するために、地震動の伝播性状を検討した(三浦・翠川, 2001)。伊豆半島付近で発生した地震の記録に卓越する周期 7~8 秒の成分に着目し、その伝播性状の検討したところ、既に指摘されているように(Kinoshita et al., 1992)、震源から直接伝播する Love 波と関東山地から回り込んで伝播する Love 波が混在していることが明確となった。また、これらの波群の伝播速度は水平成層構造から期待される理論値とおおむね一致するが、基盤の傾斜角が 10° 程度以上になると不整形性の影響が表れ、一致しなくなることも明らかとなった。

### 4. 詳細ハザードマップ

このような地震動の特性についての検討結果から、1)地震動の短周期成分については表層地盤の影響を強く受け、場所毎に大きく異なること、2)やや長周期成分については3次元の地下構造の影響を受けること、が確認され、この結果を反映して横浜市地震動マップが作成された(横浜市, 2001)。前述の 1)から、市内を 17 万個の 50m メッシュに分割し、表層地盤のモデルが作成された(翠川・阿部, 1998)。前述の 2)から、市内およびその周辺に対して地震基盤に至る 3 次元地盤構造モデルが作成された。これらの地盤モデルを用いて、ハイブリッド合成手法により関東地震などの想定地震に対する震度分布が計算され、マップ化された。

この地震動マップは約 10 万部印刷され、市民に配布された。その結果、市が実施する無料耐震診断制度や耐震回収補助制度の応募者が倍増し、市民の防災意識を喚起し防災行動に結びついたものと評価できる。これに刺激され、内閣府では、詳細被害予測マップの普及を図るために、全国の 9 自治体を対象として 50m メッシュ程度の詳細被害予測マップを作成し、その作成マニュアルを策定する作業を進めている。また、名古屋市では独自に 50m メッシュの地震動マップを 2004 年 9 月に作成し、市民に配布している。

### 5. おわりに

高密度強震計ネットワークからわかったことについて述べたが、これらのほとんどは従来から指摘されてきたことである。しかし、これだけ多数の記録から確認されたことにより従来からの結論に説得力が増した。その結果、これらの成果がハザードマップに反映され、50m メッシュという前例のない詳細な地震動マップという形で実を結び、地域防災力の向上に役立てられた。横浜市の高密度強震計ネットワークは地域防災と直結した強震観測の好例といえる。