

1. はじめに

近年、各方面において様々な地震防災対策の研究が進められており、中でも対象地域の地盤構造や地震動伝播特性を把握することは、ハード・ソフトの防災対策を考える上で最も基本となるサイト特性を十分考慮して地震被害予測を行う上でも重要な課題である。これまでも表層地盤の不整形性が地表面での地震動に及ぼす影響については数多くの理論的なアプローチが実施されているが、地震観測記録を用いた具体的なアプローチは数少ない。本研究では横浜市において、強震観測点を含む不整形構造を有する地域を対象に2次元有限要素解析(以降 FEM)を行い、2次元的な波動伝播の影響を把握することを目的とする。

2. 不整形地盤の感度解析

不整形地盤構造を対象とした解析との比較検討を実施するために感度解析を行った。

モデル地盤を図1に示す。図2のような Ricker Wave を地盤モデルに加速度波形としてモデル底面に直接入力し地表面での応答値を計算する。時刻歴での地表面の各節点の最大速度(V)の値を求め、各々の節点の直下となるモデル底面での最大速度(V₀)で除した応答倍率値から評価する。設定した物性値を表1に示す。作成したモデルは左右対称であるため、左側半分全11地点の応答を求めた。感度解析での時刻歴速度波形を図3に、応答倍率図を図4に示す。この結果、不整形地盤部において急激に振幅が増大し中央部で2.2倍程度を示した。

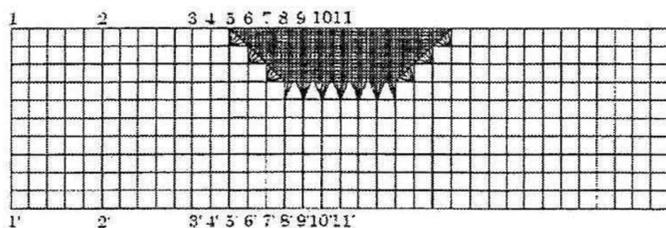


図1 感度解析用モデル地盤

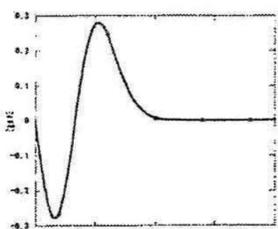


図2 Ricker Wave

表1 感度解析用物性値

材料番号	V _p (m/s)	単位体積重量(kN/m ³)	V _s (m/s)	減衰定数(%)
1	2,170	15.5	97	7
2	1,560	19.5	750	3

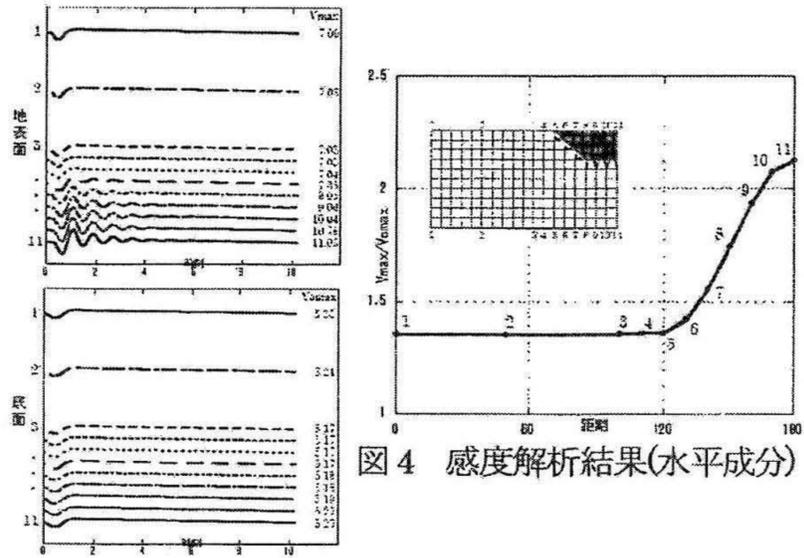


図4 感度解析結果(水平成分)

図3 時刻歴速度波形(上:地表面 下:底面)

3. 強震観測記録

横浜市は、地震災害時の即時対応を目的として「高密度強震計ネットワーク」を構築し、過去に観測された地震データを公開している。本研究では、1997年7月～2006年10月の間に発生したM5以上の強震観測記録の中から、震央位置と震央距離を基に8地震を選定した。8地震の地震情報を表2に示す。

表2 解析に用いた8地震の情報

No.	発生日時	震源位置	規模	震央の位置	No.	発生日時	震源位置	規模	震央の位置
1	1998年 8月29日 08時46分	N:35.60 E:140.10 深さ:67km	M5.0	東京湾	5	2004年 9月5日 19時07分	N:33.20 E:136.90 深さ:10km	M6.8	三重県南部
2	2000年 7月30日 21時25分	N:34.00 E:140.00 深さ:10km	M6.2	静岡県南東部	6	2004年 10月23日 17時56分	N:37.30 E:138.80 深さ:20km	M6.8	新潟県中央
3	2000年 8月6日 16時28分	N:28.90 E:140.00 深さ:430km	M7.3	伊豆諸島	7	2005年 7月23日 16時34分	N:35.60 E:140.10 深さ:73km	M6.0	千葉県内北西部
4	2001年 4月3日 23時57分	N:35.00 E:138.10 深さ:30km	M5.3	静岡県内西部	8	2005年 8月16日 11時46分	N:38.10 E:142.40 深さ:20km	M6.8	宮城県東部

4. FEMによる解析

4-1 地盤断面モデルの作成

断面モデル作成の条件としては、強震観測点位置が3箇所以上あり、地質分類図との比較により不整形構造と見られる地域を選定し、3種類のボーリングデータ(参考文献[1][2][3])を活用した。ボーリングデータがない地域については、得られているデータをもとに線形補間を行い、工学的基盤(N値50以上)以深については横浜市の深部地下構造を参考にした。

横浜市内において3箇所の断面図を作成しモデル化を行った。

4-2 解析の方法

本研究では、FEM による解析によって横浜市内における 8 地震時の地盤応答特性を計算した。作成したモデル地盤に対して、モデル底面から水平方向に地震波を入力し地表面での応答値を計算する。応答倍率値の求め方は前述の通りである。入力する地震波は地表面で観測された波を引き戻し入力地震波とする。さらに、強震観測点で観測された地震波と比較することで、モデル地盤の精度を評価した。解析は線形解析とした。

5. 西区における解析

横浜市内において解析の対象とした 3 地点を図 5 に、作成した A-A'断面のモデル地盤を図 6 に示す。解析は ns03s(解析モデル右端)の地表面で観測された地震波を入力し 120m ごとに 18 地点の応答を求めた。設定した物性値を表 3 に示す。

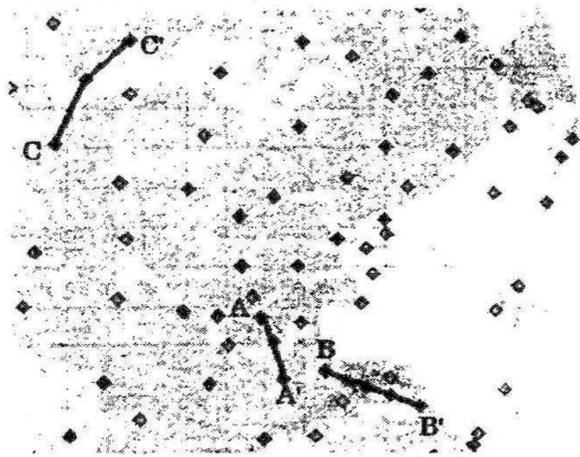


図 5 地盤断面図作成位置

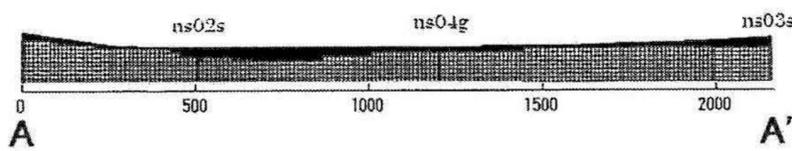


図 6 解析用モデル (西区)

表 3 物性値

材料番号	Vp(m/s)	単位体積重量(kN/m ³)	Vs(m/s)	減衰定数(%)
1	1,110	15.5	110	7
2	914	16.3	276	5
3	999	16.8	301	5
4	999	18.4	480	3
5	1,300	19.5	750	3

6. 解析結果

図 7 は観測記録と解析結果とを速度応答スペクトルによって比較したものである。地震動特性としてはほぼ同様の特性が得られている。

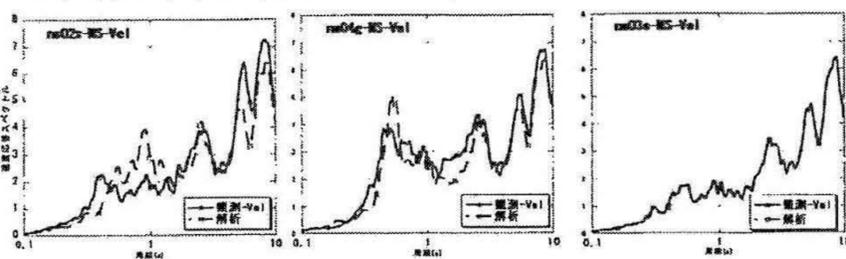


図 7 観測記録と解析結果の比較

図 8 は解析によって求められた速度応答倍率図を地震ごとに示したものである。水平成分、鉛直成分両方に共通して沖積層が厚く堆積している領域で応答倍率値の増加傾向が見られる。しかし、地震波によって応答倍率値の最大値はそれぞれ異なったものとなっている。入射波の地震動特性を基盤での速度スペクトルで見ると、応答倍率の最大値が 1.5 倍以下となっている No.2.5.6 地震は周期が 5 秒～10 秒の長周期成分が卓越する地震となっている。応答倍率の最大値が 2.5 倍から 3.5 倍の間の値となっている No.4.7.8 地震は 1 秒～5 秒に卓越する周期を持った地震である。同じ条件での解析であるにもかかわらず、入力した地震波によって異なる応答倍率図を示したことから、地震の震源特性が大きく関係していることが考えられる。鉛直成分においては、500m 付近の構造が急変する地域で応答倍率値が 2 倍から 12 倍へと急激な増加が認められている。次に感度解析との比較を行う。水平成分においては感度解析で最大 2.2 倍程度という結果を得たが、8 地震中 5 つの地震がこの値を超えている。これは入射する地震波の特性と実際の地盤構造の複雑な不整形性によるものと考えられる。

7. まとめ

横浜市における不整形構造を有する地域を対象に 2 次元有限要素法を用いて地震時の地盤応答特性について検討した。FEM 解析により、地盤応答値は地盤構造が急変する地域で急激な増加を示し、入力する地震波の特性により地表面での応答に大きな違いが現れることが明らかとなった。感度解析との比較により、実際の地盤構造を 2 次元的に精度良く考慮した解析が重要であることが示された。

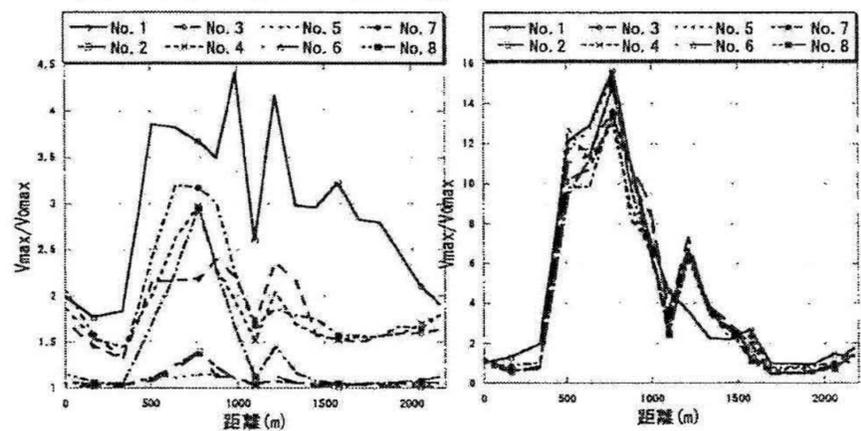


図 8 解析結果(左：水平成分 右：鉛直成分)

参考文献

- [1] 横浜市発行：「横浜市地盤図集」平成 8 年 3 月
- [2] 横浜市総務局災害対策室：「横浜市内における地盤・地質調査委託」平成 9 年 3 月
- [3] 田中祐介：「GIS を用いた地盤情報の視覚表示に関する研究」1999 年度卒業研究