

I - B301

深層地下構造探査と地震動シミュレーション

--- (その2) 深層地下構造のモデル化と地震動シミュレーション ---

大阪ガス(株) 北村 八朗 山脇武志
 (株)大林組 技術研究所 表 佑太郎 栗本 修
 同 上 田中清和 桑原 徹

1 はじめに

本報告は、レベル2地震動評価のために実施した、京都市市街地における深層地下構造に基づく地震動シミュレーションの結果である。(その2)では、(その1)の深層反射法探査による地盤のモデル化、地震観測記録によるモデルの検証、及び想定活断層による調査地点での設計用入力地震動と不整形性の影響について、報告する。

2 反射法探査結果によるS波速度構造のモデル化

反射法のP波速度構造(その1)から、P波/S波速度変換式($V_p=1.29+1.11V_s$, $V_p, V_s: \text{km/sec}$)¹⁾および常時微動のアレー観測結果に基づき、各層のS波速度構造を算定した。減衰定数hは、 $V_s > 1.0 \text{ km/s}$ では1%、 $V_s < 1.0 \text{ km/s}$ では2%とした。なお表層のみはボーリング調査結果も加味して、表-1の地下構造モデルを作成した。

表-1 地下構造モデル (解析用地盤定数)

層厚 (m)	V_s (m/s)	単位体積重量 (tonf/m ³)	減衰定数
4	100	1.7	0.03
49	450	1.7	0.02
130	500	1.8	0.02
65	700	1.8	0.02
239	1040	2.0	0.01
136	1230	2.1	0.01
981	2500	2.3	0.01
—	3500	2.7	0.01

3 地震観測記録による地下構造モデルの検証

兵庫県南部地震の際に調査地点で得られた観測記録のシミュレーション解析を行った。地震基盤への入射波は、兵庫県南部地震の断層モデル²⁾をもとに統計的波形合成法^{3),4),5)}により観測地点の基盤地震動を求め、次に一次元重複反射理論により基盤から地表面までの周波数伝達特性をもとめて、FFTを用いて地表面での応答波形を得た。一例として、本震記録を対象にした解析結果の一部を示す。加速度波形(図-1)に関しては、観測と解析で最大加速度はほぼ対応しており、Y方向は波形の包絡形も対応している。観測波の後続波形までは再現できていないが、これは地下構造や波

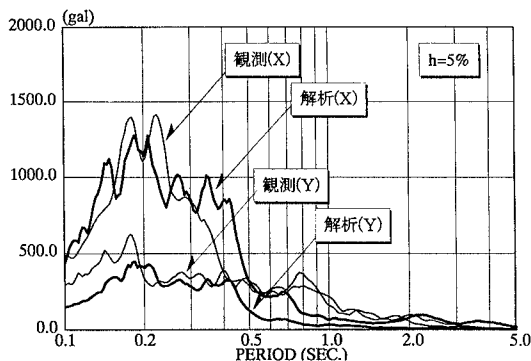


図-2 加速度応答スペクトルの比較

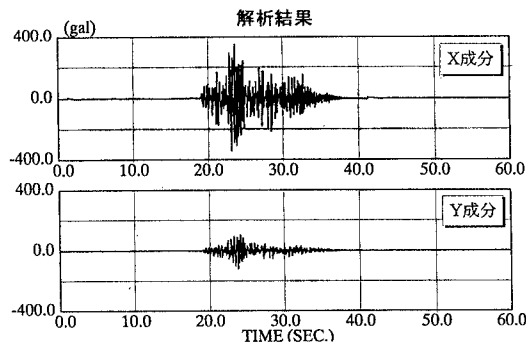
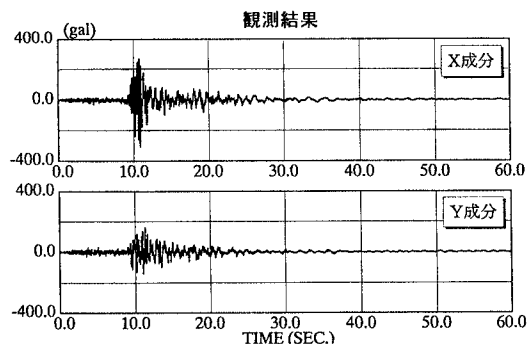


図-1 観測記録および解析による加速度波形

キーワード：京都盆地、反射法、地下構造モデル、地震動シミュレーション、入力地震動

〒541 大阪府大阪市中央区平野町4-1-2、
 〒204 東京都清瀬市下清戸4-640、

TEL06-205-4592、
 TEL0424-95-0910、

FAX 06-231-1062
 FAX 0424-95-0903

の伝播経路の2次元、3次元性に起因するものと考えられる。加速度応答スペクトル（図-2）に関しては、観測記録の0.2秒付近のピークが解析結果にも認められ、特にY方向は0.5秒付近まで良い対応を示している。以上から観測結果とほぼ対応する解析結果が得られ、反射法探査による地下構造モデルの妥当性が検証できたと考えられる。

4 2次元地下構造モデルによる設計用入力地震動

次に京都盆地の既往調査結果^{6),7)}も参考にしながら、該当地域の2次元地下構造モデル（図-3）を作成し、有馬一高槻構造線から想定される調査地点での設計用入力地震動を求めた。断層モデル作成のための断層パラメータは、断層長さ53km、断層幅15km、地震モーメント 1.1×10^{27} dyne·cm、 $M=7.7$ 、立ち上がり時間5.2秒⁸⁾、発震点を断層西端とした。これらをもとに統計的波形合成法^{3),4),5)}により地震基盤における地震動を求め、さらに一次元重複反射理論により地盤を平行多層構造とした場合と、2次元FEM⁹⁾により京都盆地の不整形構造をモデル化した場合とについて比較検討した。

調査地点での鉛直入射における応答加速度波形およびスペクトルによると、1次元と2次元の解析結果はほぼ一致している。また地表面最大加速度分布によると、不整形をなす堆積層の屈曲部分（A点）では、最大加速度は盆地中央部（B点）に比べて1.5倍大きく（図-4）、応答スペクトルはほぼ全周期帯で上回っている。（図-5）。また想定断層が調査地点から近いため、斜め入射の地震波についても検討を加えた。加速度波形では入射角30度では差異が無く、60度では応答はむしろ小さくなる。加速度応答スペクトル（図-6）では、0.5秒より長周期成分は入射角による差異は小さいが、短周期成分では波形と同様な傾向を示している。

以上から、今回のような堆積層の傾斜の緩い盆地構造の中央部にある地点では、解析の次元や地震波入射角が応答に及ぼす影響は少ない。また地表面での応答は、盆地端部から中央部に向かって、地層傾斜の変換点で大きくなる傾向にある。

5 まとめ

以上、深層地下構造に基づいた設計用入力地震動と不整形性の影響について報告し、深層反射法探査の有効性を確認した。このような結果は、都市部における信頼性の高い耐震設計手法の構築の可能性を示唆するものであり、今後の展開が期待される。

引用文献 1) 狐崎、他：自然災害科学、9-3、pp.1-17、1990、
 2) 菊地：月刊地球、号外13、pp.47-53、1995、3) 釜江、他：建築学会構造系論文集、No.409、pp.11-24、1990、4) 釜江、他：同上、No.416、pp.57-70、1990、5) 釜江、他：同上、No.430、pp.1-9、1991、6) 川崎、他：地震、45巻、pp.239-245、1992、7) 川崎、他：地震、45巻、pp.275-283、1992、8) 江尻、他：土木学会第51回年次学術講演会IB、pp.386-387、1996、9) 安井、他：大林組技術研究所報、No.39、pp.103-106、1989

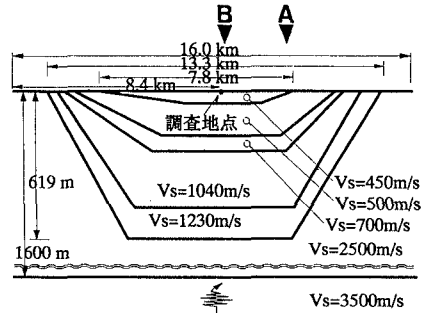


図-3 2次元地下構造モデル

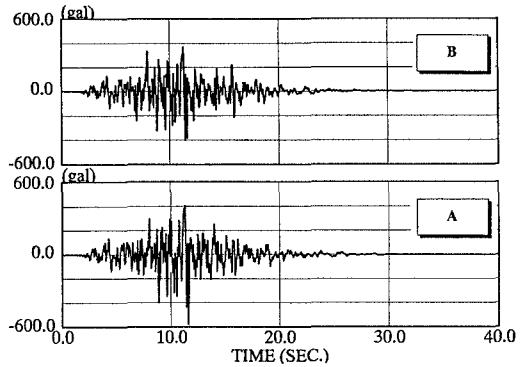


図-4 地表面位置の相違による加速度波形の比較

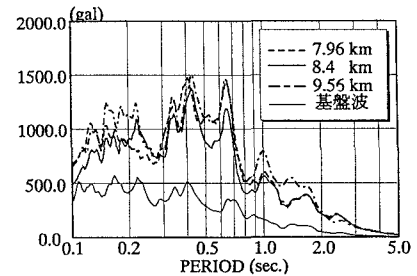


図-5 地表面位置の相違による加速度応答スペクトルの比較

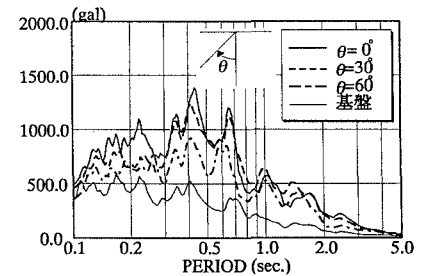


図-6 斜め入射による加速度応答スペクトルの比較