

深部および表層地質特性と地震動(その2)

久保田隆二¹・脇坂安彦²・阿南修司³

¹正会員 理博 独立行政法人土木研究所材料地盤研究G 招聘研究員(川崎地質(株), 〒108-8337 東京都港区三田2-11-15)

²正会員 理博 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ 上席研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

³正会員 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ 主任研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

地質特性と地震動の関係について、表層地盤、深部地盤構造、および2次元の深部基盤形状による地震動の増幅効果について、前報に引き続き追加計算を行った。表層地盤および深部地盤は1次元の重複反射理論を用いて、2次元については、前回同様擬似スペクトル法を用いて実施した。

既知の深部地盤モデルを基に、構造を変化させてもその増幅特性はあまり大きな変化を示さない。むしろ、表層の厚さおよび非線形効果の影響が著しい。擬似スペクトル法の結果では、主に深部基盤のエッジ効果が議論の対象となるが、堆積盆地の深部構造によるエッジ効果の変化はあまり見られない。しかし浅部の構造はエッジ効果による増幅特性に大きく影響する。また盆地端部の形状では、正断層型と逆断層型の違いは顕著に示されるが、それらの角度を多少変化させても大きな違いは見られない。ただし断層の食い違いの段数等は、エッジ付近で増幅特性の複雑な山谷を生み出す。

Key Words : Basin structure effects, Crustal transfer function, Pseudo-spectral method

1. はじめに

地震動が、深部および表層地質特性に大きく依存することは明らかであるが、それらの特性パラメータがどのように影響するかを調べておくことは、地質特性情報の精度、すなわち調査精度を検討する上で極めて重要である。

前報¹⁾では、盆地端部の基盤落ち込み構造の形と、そこで発生する2次生成波すなわちエッジ効果の現れ方を検討すると共に、表層地盤の非線形効果について議論した。その結果基盤の落ち込み構造の形は、盆地端部から堆積盆地側に向かって最大振幅分布の山谷の形状に大きく影響する。また表層地盤に関しては、非線形効果を考慮する深度によって、増幅および減衰効果が相反する形で大きく影響することがわかった。

前報にひきつづき今回は、堆積盆地構造のパラメータ(S波速度、層厚)が地震動増幅率におよぼす影響について検討した。方法は、増幅率を簡単に見積もれる1次元重複反射理論と、エッジ効果も考慮して2次元擬似スペクトル法の両者を用いて追加検討を行った。

以上の計算は、実際に神戸地域で推定されている構造を考慮したモデルで行うこととした。

2. 一次元モデルによる検討

神戸における小林他²⁾による深層ボーリングデータの結果(1450m)を基に、構造パラメータを変化させた際の1次元重複反射理論による増幅率の変化を調べた。

増幅率のスペクトル分布は、構造モデルの深さに比べ、比較的短周期(数秒~数Hz)の範囲を対象としているので、スペクトル・ウィンドウを施す Truncated crustal transfer function を用いた。

小林他²⁾の結果では表層部のデータが欠如しているため、微動探査の結果で補足し、基本モデルとした。

図-1aは、基本モデル(true)およびその中深度部分を簡略化したモデル(f-a)、さらにこのモデル(f-a)について浅部低速度層を無視したモデル(F-a)、微動探査の結果(Rwave)についてのそれぞれの増幅特性である。F-a 以外は概ね同様な特性を示しており、浅部低速度層の有無による効果が明白である。

図-1bは、基本モデルについて表層深度を変化させた結果であり、当然のことながら増幅特性が大きく変化している。

図-2は基本モデルを簡略化したf-aについて、境界面深度を深さ方向に順次変化させた結果であるが、500m以深の境界面を変化させても、増幅率にあまり大きな変化がないことがわかる。

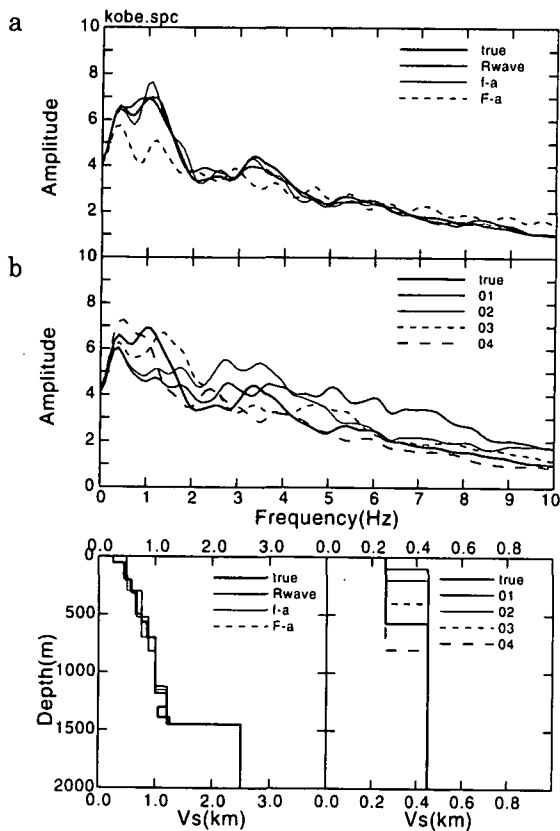


図-1. 構造パラメータの変化と地震波増幅率

3. 二次元モデルによる検討

図-3, 図-4 は堆積盆地内を単純な堆積モデルで設定し, S波速度の構成を変化させた. 入力波は下方からのSH波(平面波)である. 図-3と図-4ではエッジ効果によるピークの鋭さに違いが見られるが, これは500m以浅の中間的速度値(0.75km/s)の有無によるものである. また図-5は図-4の3層目を2つの速度値にわけたモデルであるが, 有意な振幅変化は認められない.

以上のことから1次元の検討と同様に, 盆地深部の構造パラメータは, それが大きく異ならない限り, 顕著な変化は現れない.

図-3と同様な速度モデルについて, 逆断層の形状による影響について検討した. 図-6は断層が1段であり, 図-7は2段となっている. 振幅分布の大まかな形はほぼ共通であるが, ピーク内の山谷の形状に違いが見られる. これは断層形状の凸部からの回折波発生の様式(あるいは前報の類推から正断層型の場合には, フォーカシング効果の変化も含まれる)により生ずる.

図-8および図-9は, ほぼ神戸市本山から六甲アイランドにいたるlineに沿った地下構造モデル³⁾を基に構成し直したモデルについて, 下方からSV波(平面波)を入力したときの水平動(radial)と上下動の振

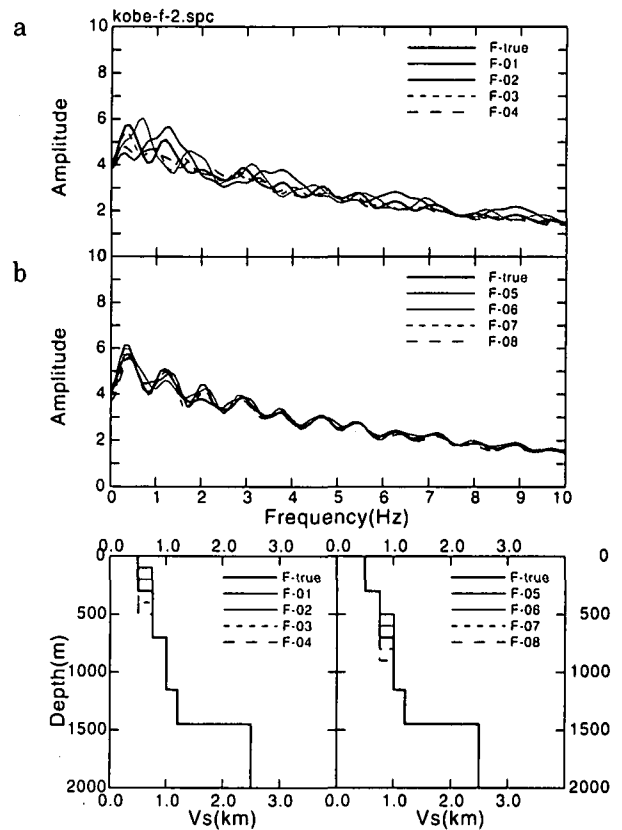


図-2. 中深部構造パラメータの変化と地震波増幅率

幅分布である. 両者の振幅比は, 上下動の0kmにおける振幅で規準化されている. 両者の振幅分布の形は異なるが, 大きさはほぼ同様である.

この入力波の場合には, 上下動成分にエッジから発生している顕著な低速度の位相が認められるが, その速度(約0.5km/s)から表層部を伝播するP-SV変換波型の回折波と考えられる.

1995年兵庫県南部地震の際にも上下動成分の振幅が卓越していたことが報告されており, 2次の生成波の影響であるとされている(例えば川瀬他⁴⁾).

このような性質の波を含む地震波形を, 従来型の表層地盤に鉛直下方から入射するSH波型の応答解析法を適用することは, 過大評価をまねくおそれが考えられる. すなわち, 下方からの入射波を仮定した場合, 重複反射効果により地表面で増幅されるが, 境界面と平行に進行する波を扱う場合には, むしろ表面波型の波として扱うべきと考えられる.

4. おわりに

堆積盆地における地震動被害を予測するための地質特性として, 詳細な構造を知ることは言うまでもないが, なかなか困難であるのが実状である.

今回の検討から実用的な調査手法として, 例えば深部については盆地全体の形状は重力データから決

め、入力するS波速度情報はやや長周期の微動探査等の結果でも十分対応できるものと考えられる。中心部・浅部については、やはり微動探査の結果でも十分であろう。表層部は比較的ボーリングデータも豊富であるが、非線形効果を考慮する深度等については、より詳細な検討と議論が必要である。

一方盆地端部(エッジ部)の形状は、上記の情報では不十分であり、やはり反射法地震探査等による調査精度が要求される。

参考文献

- 1) 久保田隆二・趙志新・脇坂安彦・梶川昌三: 深部および表層地質特性と地震動, 第25回地震工学研究発表会, A7-4, 1999.
- 2) 小林啓美・衣笠義博・長谷川明生・井川猛・大西正純・横畑茂治: 神戸市東灘区における反射法探査, 秋季地震学会講演予稿集, A38, 1996.
- 3) 日本応用地質学会地震防災技術委員会: 都市の地震防災と深部地盤構造, 日本応用地質学会, 1998.
- 4) 川瀬博・松島信一・Graves, R. W.・Somerville P. G.: 「エッジ効果」に着目した単純な二次元盆地構造の三次元波動場解析, -兵庫県南部地震の際の震災の帯の成因-地震II, Vol. 50, pp. 431-449, 1998.

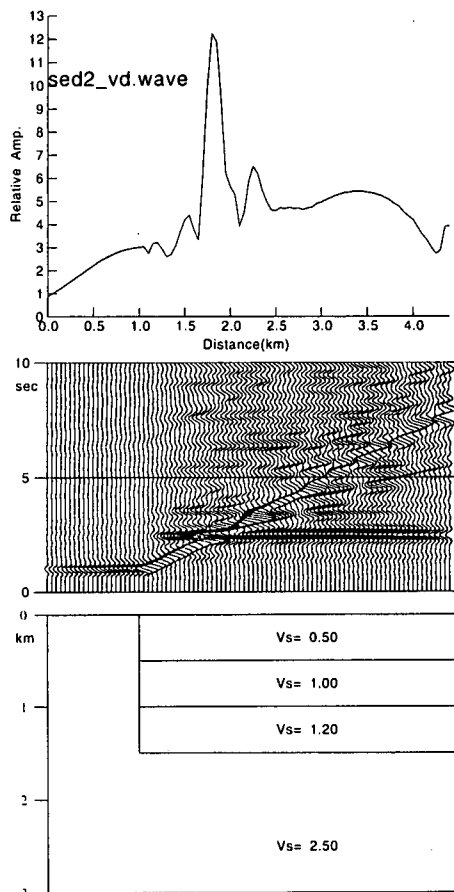


図-3. 単純な堆積盆地モデルに対する, 二次元擬似スペクトル法の結果. 上段は最大振幅分布, 中段は波形, 下段はモデルで数値はS波速度.

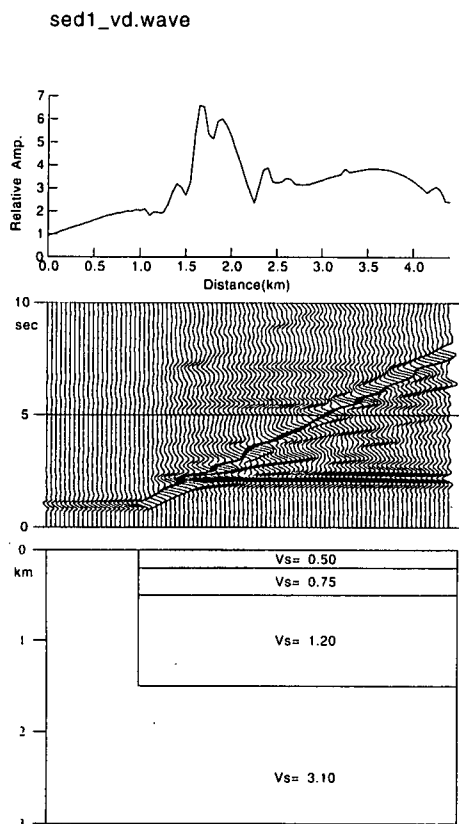


図-4. 単純な堆積盆地モデル(2)に対する, 二次元擬似スペクトル法の結果.

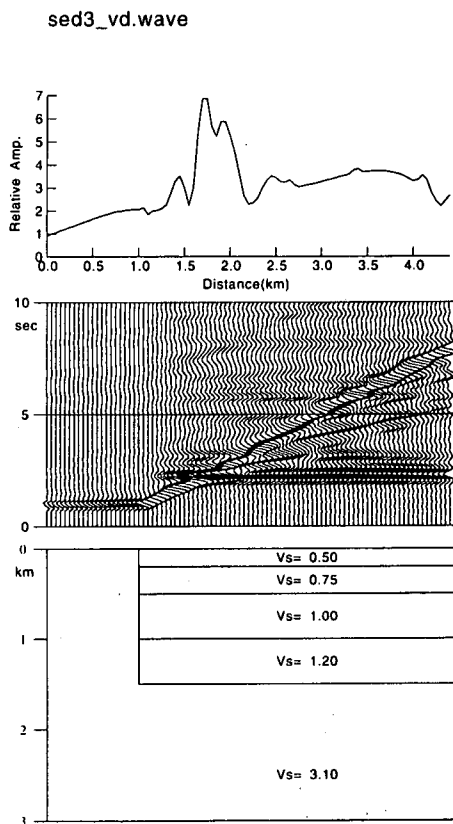


図-5. 単純な堆積盆地モデル(3)に対する, 二次元擬似スペクトル法の結果.

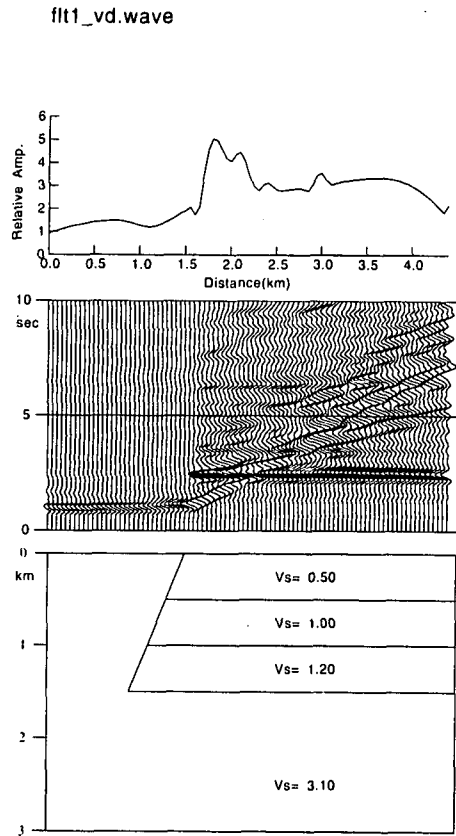


図-6. 逆断層モデルに対する，二次元擬似スペクトル法の結果.

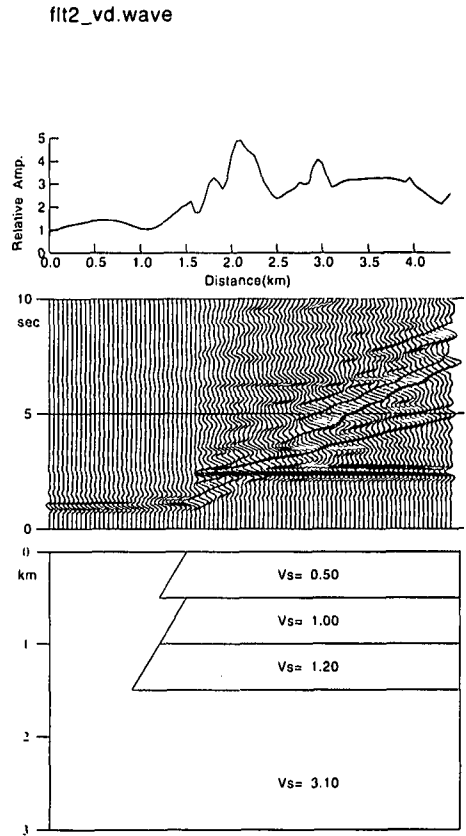


図-7. 逆断層モデル(2)に対する，二次元擬似スペクトル法の結果.

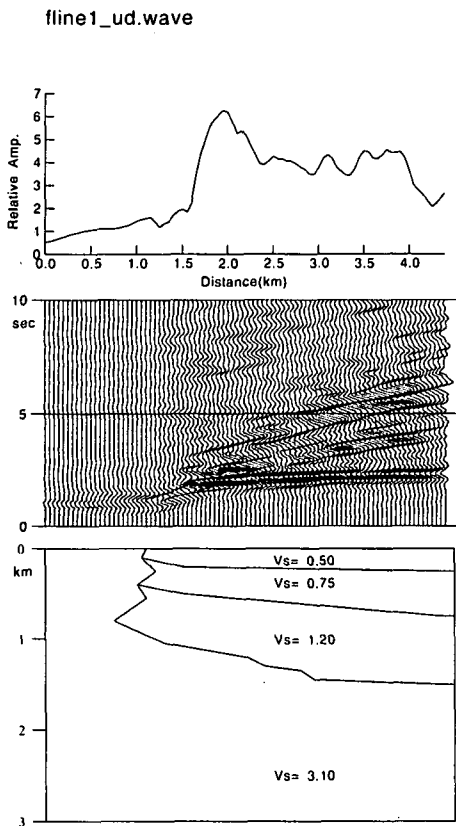


図-8. 神戸のモデルに対する二次元擬似スペクトル法の結果. 水平(Radial)成分.

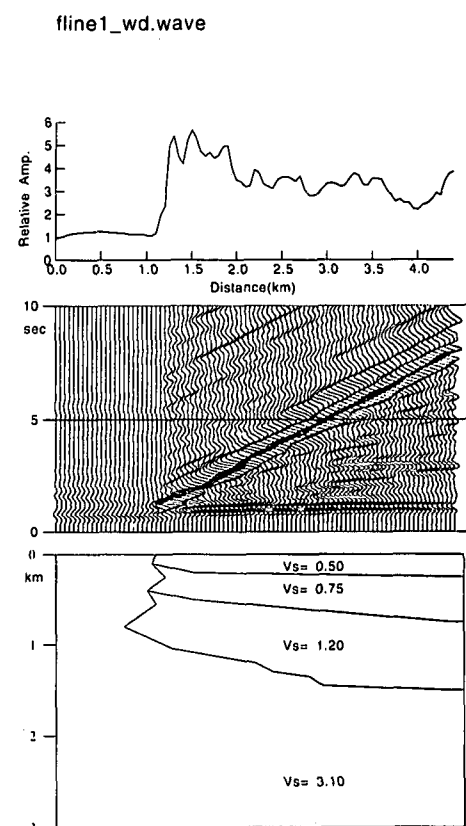


図-9. 神戸のモデルに対する二次元擬似スペクトル法の結果. 鉛直成分.