

盆地端部における段差構造の形状がエッジ効果の特性に与える影響に関する研究
Study on the influence of the basin edge structure to the characteristics of the Basin-Edge Effect

○浜辺 亮太・松島 信一・吾妻 崇・Florent De Martin

○Ryota HAMABE, Shinichi MATSUSHIMA, Takashi AZUMA, Florent DE MARTIN

The 1995 Kobe Earthquake brought significant damage around Kobe area. It was notable that a “Damage Belt” with an area of 1km x 20km was formed. The main cause of this phenomenon was called the “Basin-Edge Effect”, which is the result of interference of seismic waves owing to the basin edge structure. Therefore, this phenomenon should not be limited to the Kobe area. In this study, we conduct a ground response analysis at sites close to the basin edge, assuming various types of basin structures, to understand the influence of the subsurface structure to the characteristics of the ground motion amplification.

1.はじめに

1995年1月17日午前5時46分に発生し、神戸市周辺や淡路島北部に未曾有の被害をもたらした平成7年(1995年)兵庫県南部地震では、神戸市須磨区から西宮市にかけての幅1km、長さ20kmにわたって震度7の領域が現れた。この震災の帯の生成原因については多くの議論がなされたが、川瀬・松島(1998)¹⁾などによって盆地端部の基盤の段差構造に起因する「エッジ効果」であると解明された。エッジ効果により本来よりも大きな被害がもたらされる可能性は神戸地域に限ったものではないため、現象の定量的な把握が重要である。本研究ではエッジ効果による波の増幅的干渉を定量的に評価するためにさまざまな基盤の段差構造を想定し、スペクトルエレメント法²⁾を用いて地盤応答解析を行う。これらの結果により、今後構造物を設計する際の、地下構造による増幅の指標として応用されることが期待される。

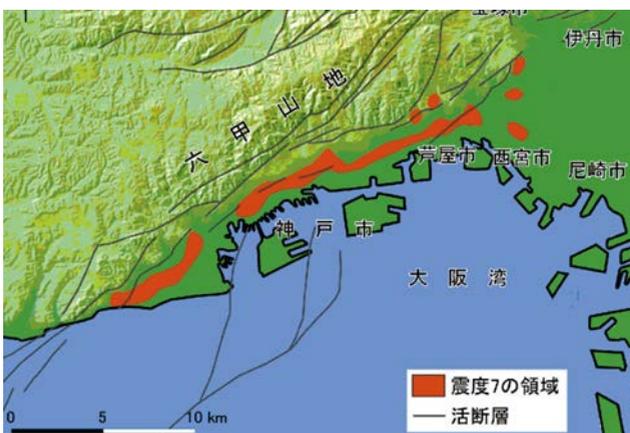


図1 兵庫県南部地震で見られた震災の帯³⁾

2.モデルの作成

本研究では6つの単純なモデルを想定した。図2において黒線は地表を、灰色の線は地震基盤を表している。基本モデルでは深さ方向に1km、水平方向に1kmの傾斜角45度で段差構造をモデル化した。そのほかにも緩傾斜モデル、垂直モデル、逆断層モデル、曲面モデル、浅層モデルを作成し地盤応答解析を行った。地盤モデルの物性値は松島・川瀬(2002)⁴⁾の修正モデルを参考にしたが、エッジ効果をより明確にはかるため単純な2層モデルとした(表1)。地表はすべて水平としている。

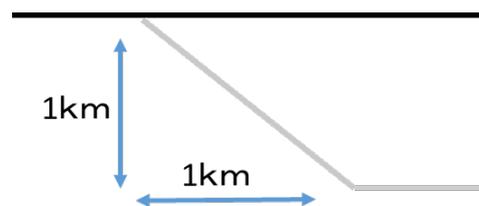


図2 段差構造基本モデル

表1 本研究で用いた物性値

layer	Vp(m/s)	Vs(m/s)	ρ (g/cm ³)
1	2500	1100	2.30
2	6000	3460	2.60

モデルの作成には有限要素解析用メッシュ作成ツール CUBIT⁵⁾を用いた。モデルは X 方向に40000m、Y方向に40000m、Z方向に12000mとし、盆地構造内部、およびその周辺はメッシュサイズ167m、その他の領域はメッシュサイズ500mである。平面波を入力した際の吸収境界の影響をなく

すため、モデルは広めに作成し、結果はモデル中央付近の 6000m 四方を対象とする。今回の研究にあたりモデルの有効振動数は 6.6Hz である。

3. 地盤応答解析結果

地盤応答解析にはスペクトルエレメント法を用いた EFISPEC3D²⁾を用いた。入力にはスペクトル振幅が $1\text{m}\cdot\text{s}$ 、高振動数側を Butterworth フィルターで落とした継続時間 1 秒のデルタ関数波を変位として用い、深さ 10000m から X 方向に入力した。以下、応答は有効振動数以上の波の影響をなくするため 3Hz のローパスの 4 次の Butterworth フィルターをかけている。

応答の絶対値の最大速度を、フィルターをかけた入力波の最大速度で割って増幅倍率を求めたものを図 3 に示す。例として基本モデルと垂直モデルの二つを示している。段差構造モデルの形によって最大速度が大きく出る位置やその倍率に違いがあることが見て取れる。

図 4 は基本モデルにおいて 50m 間隔で配置した点における時刻歴変位波形を並べて書いたものである。盆地境界でレイリー波が発生し、盆地側で大きく伝わっている。

図 5 は基本モデルの 50m 間隔で配置した点の位置と変位のフーリエスペクトル振動数、振幅の関係を示す。計算上の限界により、振動数によって少し波打っているが、盆地境界からの距離や振動数によって波の伝播に大きな差がある。

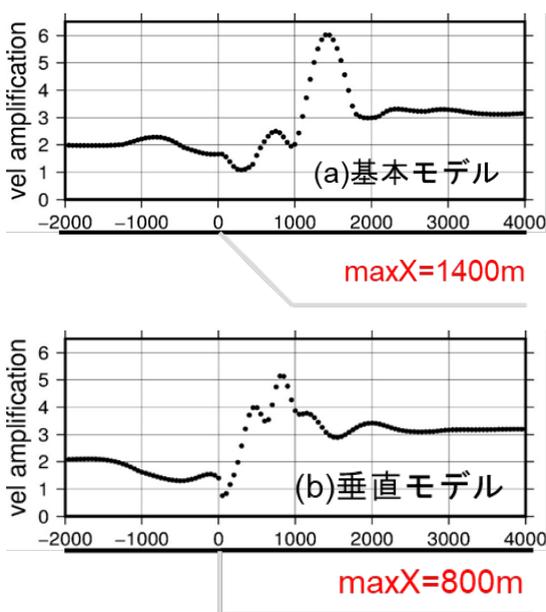


図 3 最大速度応答倍率

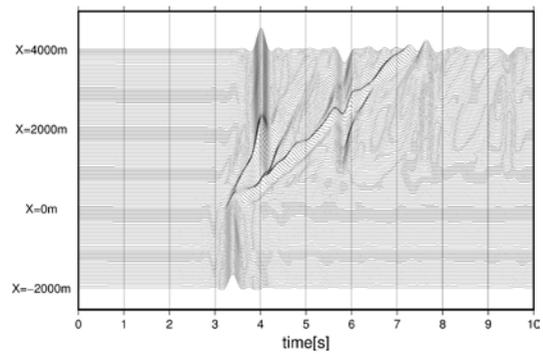


図 4 時刻歴変位波形 X 方向(Y=0m でカット)

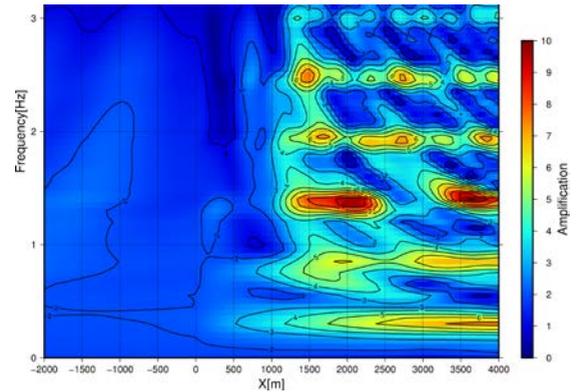


図 5 変位フーリエスペクトル

4. 結論

様々な地下の段差構造を想定し、スペクトルエレメント法 (EFISPEC3D) を用いてエッジ効果の影響について検討を行った。段差構造の形状によって最大速度の大きい地点、またその倍率、増幅する波の振動数特性などに大きな差があることがわかった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K06573、防災研の国際交流・国際共同研究の助成を受けた。

参考文献

- 1) 川瀬博・松島信一：「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，地震，第 50 巻，431-449，1998
- 2) De Martin, F. :Verification of a Spectral-Element Method Code for the Southern California Earthquake Center LOH.3 Viscoelastic Case, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 101, No. 6, pp. 2855-2865, 2011
- 3) 地震調査研究推進本部，<https://www.jishin.go.jp/materials/figure/page/4/?f83=1>
- 4) 松島信一・川瀬博：神戸市域の三次元基盤速度構造の推定，地震，第 55 巻，129-141，2002
- 5) CUBIT : <https://cubit.sandia.gov/>