

沖積谷底平野における震動特性の評価

12T0215Y 岸 俊甫
指導教員：関口 徹

1. はじめに

地震時に危険な場所を把握し被害予測をすることは防災上非常に重要である。1995 年に発生した兵庫県南部地震では基盤の段差構造による地震波の干渉の影響から「震災の帯」と呼ばれる狭い地域に被害が集中した。近年では盆地や谷、断層付近など地盤が不整形な場所では震源からの距離に比例せず地震動が大きくなることが明らかにされている。特に千葉県においては低地が台地の合間に入り込む等複雑な地形が多く、地震時に震動が増幅されると考えられる地点が多い。しかし地盤構造が既知の不整形地盤について実際に地震観測、モデル化を行い解析を行った例は少なく、事例を増やすことで不整形地盤による震動増幅の評価をより信頼性の高いものにすることができる。そこで本研究では、千葉県に多く見られる沖積谷底平野と洪積台地を対象に 2 次元有限要素法による解析を行い、沖積谷底平野における不整形地盤での震動特性を詳細に検討する。

2. 対象地

対象地域の地形分類、及び地震観測点を図 1 に示す。研究対象地は、過去に地盤調査が行われた稲毛区小仲台地区である。対象地周辺は、台地に幅 200m 程度の谷底平野がほぼ東西に侵食した地形をなしている。本研究に用いた地震記録は、低地の中央部と台地上で観測されたものである。

3. 地震記録

2 地点の地震計で観測された地震記録の例として、千葉県東方沖で発生した M6.0 の地震の加速度時刻歴波形、フーリエスペクトルを図 2 に示す。加速度時刻歴波形や応答加速度の最大値では低地、台地に大きな差はない。一方、フーリエスペクトルについては、台地では顕著なピークは見られないが、低地では NS 成分、EW 成分ともに周期 1~2s 付近の長周期成分が大きくなっている。さらに EW 成分においては周期 0.4s 付近にも大きなピークが見られる。

図 3 に、本研究で使用した各地震記録のスペクトル比を灰色細線、平均スペクトル比を黒の太線で示す。ここでスペクトル比は、低地で得られた地震記録から計算したフーリエスペクトルと、固い地盤上にあり地震動の増幅効果をあまり受けていない台地でのフーリエスペクトルの比を表している。

フーリエスペクトル及びスペクトル比において、NS 成分、EW 成分の周期 1~2s でのピークの形状を比較すると、NS 成分は鋭い形をしているのに対し、EW 成分ではなだらかな形状をしていることから、不整形な地盤構造において震動の増幅特性が谷地形の方向によって変化している²⁾と考えられる。

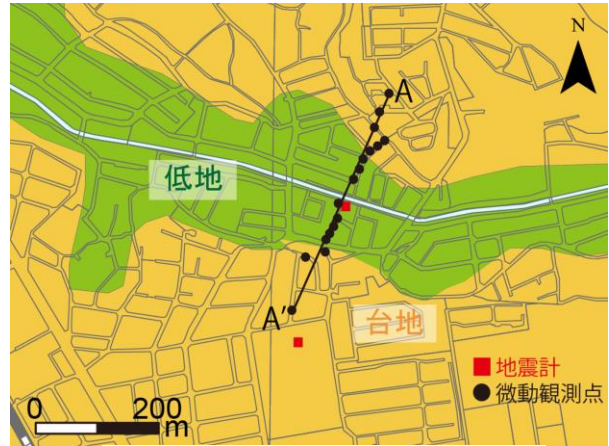


図 1 対象地の地形分類と観測点

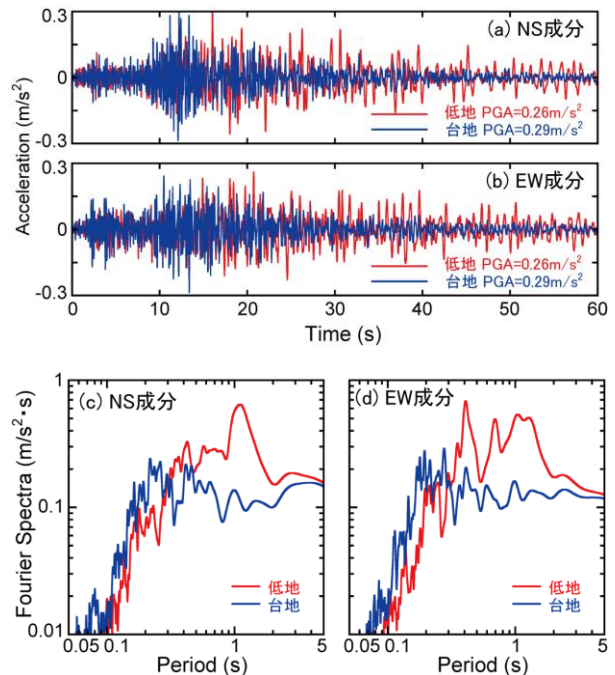


図 2 2011 年 4 月 11 日千葉県東方沖 M6.0 の地震における加速度時刻歴とフーリエスペクトル

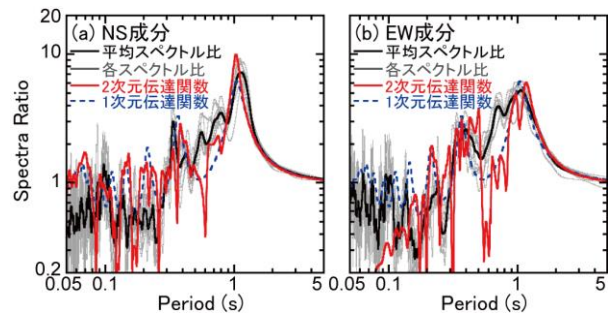


図 3 解析結果と各スペクトル比

4. 微動観測とモデル化

対象地の地盤の周期特性を把握し、基盤深度の変化を推定するために、図1のA-A'において微動単点観測を行った。観測した微動の水平成分と鉛直成分のフーリエスペクトルの比(H/V スペクトル)の位置的变化を図4に示す。低地で明瞭なピークが見られ、低地の中央付近で最もピーク周期が長くなっている事がわかる。

ボーリングデータと微動 H/V スペクトルに基づき推定した地盤断面図を図5に示す。低地では12m程度の厚い軟弱なシルト層の上に更に軟弱な腐植土が4m程度堆積している。

5. 地震応答解析

図5の地盤断面を2次元の有限要素にモデル化し、側面境界は水平ローラー、底部境界は粘性境界(水平方向は ρV_s 、鉛直方向は ρV_p)³⁾として、2次元有限要素法に基づく地震応答解析を面内(NS)方向、面外(EW)方向で行った。面外方向については奥行1mを加えて実質3次元で解析を行った。

モデル中央部はN値がほぼ0であり、非常に軟弱な地盤である。2次元の解析を行うにあたり、S波速度をはじめとする物性値は地盤調査(PS 検層)で計測された値に基づき、1次元重複反射理論により計算される地盤の伝達関数が観測記録のスペクトル比と整合するよう調整した値を用いている。伝達関数とは基盤に入射された地震波が地表面に到達する際にどの程度増幅されるかを周期ごとに表したものであり、ここでは工学的基盤に対する地表の増幅率を示している。

6. 伝達関数

2次元解析の結果として得られた低地の地震観測点での伝達関数を図3の赤線で示す。なお参考として1次元重複反射理論により求めた伝達関数も青の破線で示す。求めた伝達関数は1次元解析、2次元解析ともに観測記録を概ねとらえている。2次元解析においては、1次元解析では再現しきれなかったNS成分周期1.5s付近の鋭いピークと、EW成分周期1s付近のなだらかなピークといったピークの形状の違いといった傾向を再現している。

EW成分のなだらかなピークが2つの山になって表れたことの原因として、面外方向の地盤条件が影響し

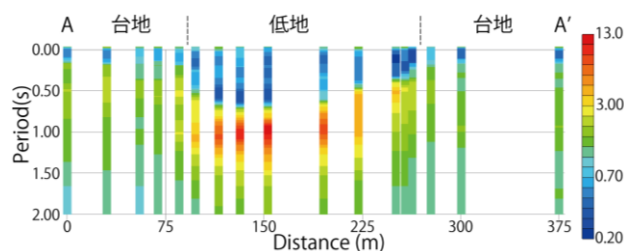


図4 微動 H/V スペクトルの位置的变化

ていることが考えられる。対象地域を広域で確認すると、東西方向も非常に緩やかであるものの斜面となっており、盆地を形成していることから、面内方向だけではなく、面外方向でも複雑な震動の伝播が起きていると考えられる。3次元でモデルを作成し、解析を行うことで、観測された地震記録のフーリエスペクトル及びスペクトル比に現れたなだらかなピークにより近づけることができるのではないかと考えられる。

7. まとめ

沖積谷底平野の不整形地盤における地震応答解析を行った結果以下の知見を得た。

- ・ 観測された地震記録から計算したフーリエスペクトル及びスペクトル比では、東西方向と南北方向でピークの表れ方に違いが見られた。
- ・ 作成した地盤モデルから推定された震動特性は、観測された記録の地震動特性と調和的な結果となり、面内方向、面外方向における震動の伝播の違いの傾向を捉えることができた。

本研究で行ったのは2次元解析であるが、地形を考慮すると3次元での解析も検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 元木健太郎, 山中浩明, 瀬尾和大, 川瀬博: 2005 年福岡県西方沖の地震の余震観測に基づく警固断層周辺の不整形地盤による地盤増幅特性の評価, 日本建築学会構造系論文集 第602号、129-136p 2006年
- 2) 廣川貴則, 松島信一, 川瀬博: 微動 H/V スペクトル比の方位依存性と基盤の不整形性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 155-156p 2011年
- 3) 吉田望: 地盤の地震応答解析, 鹿島出版会 156-165p 第9章9.4境界条件 2010年

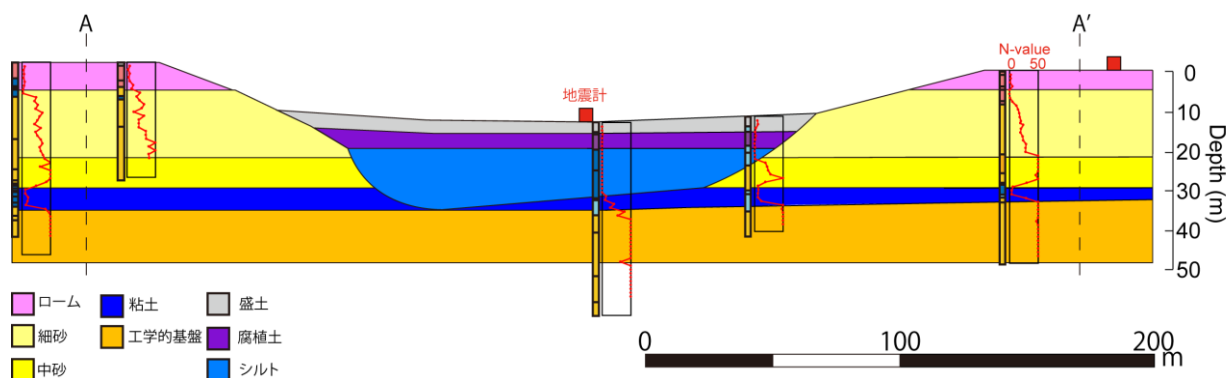


図5 地盤断面図