

杭被害が起きた沖積谷底低地における地盤震動特性の評価

13T0287W 西添 雄大

指導教員：関口 徹

1. はじめに

近年では地盤構造が不整形な場所において、局所的に地震動が大きくなることが明らかにされている(例えば1)。特に千葉県は河川の浸食作用によって台地の合間に深く入り込んだ谷津と呼ばれる非常に軟弱な沖積谷底低地が多く存在する。船橋市北本町地区では東北地方太平洋沖地震によって低地の中央部にある集合住宅で杭被害が生じた。これは不整形地盤によって地震動が増幅されたためと推測できるが、地盤構造が既知の不整形地盤について実際に地震観測を実施し、モデル化による解析を行った事例は少ない。そのため、解析事例を増やすことで不整形地盤における地盤震動特性の評価の信頼性を向上できる。そこで本研究では杭被害が生じた沖積谷底低地を対象に微動及び地震観測を行い、2次元有限要素法での解析によって不整形地盤での地盤震動特性を検討する。

2. 対象地と微動観測

図1に対象地域の地形分類を示す。低地中央部の青枠に杭被害が生じた集合住宅が位置している。地盤の周期特性の変化を把握するために、図1のA-A'において微動単点観測を実施し、得られた記録をもとにH/Vスペクトルを求めた。この際、水平成分は合成せずに、谷に直交方向を面内成分、谷に平行方向を面外成分としてそれぞれのH/Vスペクトルを求めた。

図2に観測点03,09,12のH/Vスペクトルを示す。03は台地上、09が低地中央部と台地の中間地点、12は低地中央部での観測記録である。それぞれのスペクトルを比較すると03では明瞭なピークは見られないが、09では0.4~0.5s付近、12では0.8~0.9s付近にピークが現れている。また、09と12を比較すると12では面内/鉛直、面外/鉛直それぞれのスペクトル形状に大きな差が見られないのに対し、09においては面外/鉛直の方が面内/鉛直よりもピーク値が大きく、ピーク周期もより長くなっていることが分かる。これらの方位依存性が見られた理由としては09が谷端部に位置しており、基盤深度が急激に変化する場所であるためだと考えられ、廣川ら²⁾の報告と類似した結果を確認できた。

図3に微動H/Vスペクトルの位置的变化を示す。なお、ここでのH/Vスペクトルは水平成分を合成して計算することで得たものである。低地中央部に向かうにつれピーク周期が長周期側に遷移しており、杭被害が起きた建物付近において最もピーク



図1 対象地の地形分類と微動単点観測地点

ク周期が長くなっている。このことから、被害建物が谷最深部の上に位置していることが分かる。

3. 地震記録

図1の赤四角に地震計の設置箇所を示す。本研究では杭被害が起きた集合住宅の横、同集合住宅の敷地内にある倉庫横、地震動の増幅の影響が少ない台地上の3地点に地震計を設置した。

図4に福島沖で観測された $M_j7.4$ の地震のフーリエスペクトルを示す。台地上は面内方向、面外方向ともに明瞭なピーク周期は見られないが、低地では被害建物横、倉庫横でそれぞれ0.8s~1.0s付近の長周期帯にピークが見られる。また、被害建物横と倉庫横を比較すると面外方向では2つのピーク周期に差は見られないが、面内成分では被害建物のピーク周期が倉庫横より0.1s程長くなっている。このことから、不整形地盤においてはその周期特性に方位依存性があることが確認できる。

4. モデル化と地震応答解析

対象地周辺で過去に行われたボーリングデータとH/Vスペクトルの位置的变化から地盤構造を推定して作成した地盤断面図を図5に示す。作成した地盤断面図を2次元の有限要素へとモデル化し、2次元有限要素法に基づく地震応答解析を行う。側面境界を水平ローラー、底部境界を粘性境界(水平方向 ρV_s 、鉛直方

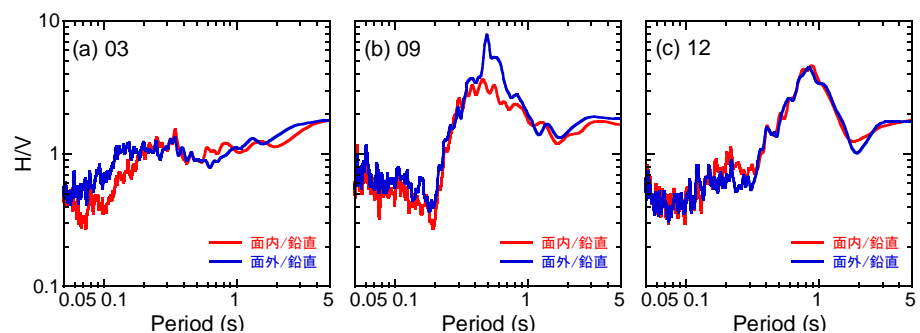


図2 観測点03,09,12におけるH/Vスペクトル

向は ρV_p)³⁾として面内方向、面外方向それぞれについて解析を実施した。

図5に実地盤における分散曲線及びH/Vスペクトルと作成したモデルから求めた理論値との比較を示す。微動単点観測と鉛直微動アレイ観測の記録から計算した分散曲線、H/Vスペクトルとボーリング調査の結果から作成した、1次元地盤モデルの分散曲線、H/Vスペクトルの理論値が整合するようモデルの調整を行った。この1次元地盤モデルの物性値を2次元地盤モデルに採用した。

5. 伝達関数

図6の赤線に2次元解析によって得られた低地における地震観測点での伝達関数、緑線に1次元重複反射理論により求めた低地と台地での伝達関数の比、灰色線と黒線には本研究で使用した3つの地震のスペクトル比と平均スペクトル比をそれぞれ示す。なお、本研究での伝達関数は工学的基盤に対する地表の増幅率を示している。

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面外成分のなだらかなピークといった震動特性の違いを表現することができた。

6. まとめ

杭被害が起きた沖積谷底低地の不整形地盤をモデル化して地震応答解析を行った結果、以下の知見を得た。

- ・微動単点観測から得たH/Vスペクトルから基盤深度が急激に変化する谷端部において方位依存性が確認できた。
- ・地震記録から得られたフーリエスペクトルやスペクトル比を面内方向と面外方向で比較するとピーク値やピーク周期に差が生じる。
- ・作成した地盤モデルでの解析で得た震動特性は、実際の観測記録から得た地震動特性と類似した結果となり、面内及び面外方向における震動の伝播の違いの傾向を捉えられた。

本研究は2次元解析を行ったが、面外方向の地形を考慮すると3次元モデルを作成し解析も検討する必

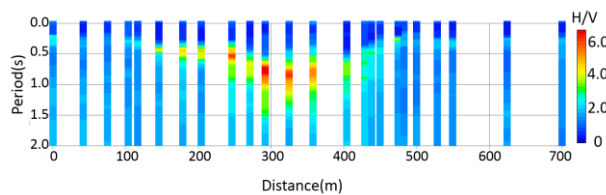


図3 微動H/Vスペクトルの位置的变化

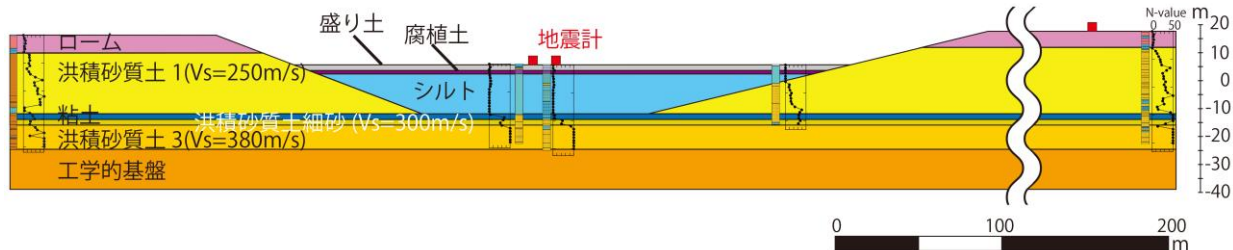


図7 地盤断面図

要があると考えられる。

参考文献

- 1) 杉山拓真, 吉田圭佑, 護雅史, 飛田潤, 福和伸夫: 大規模工場が立地する不整形地盤の震動特性, 日本建築学会東海支部報告書 第52号, 257-260p 2014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

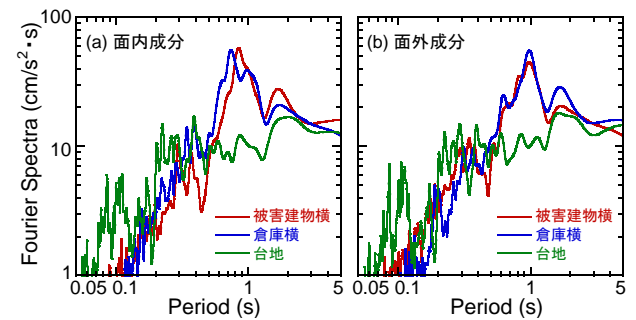


図4 2016年11月22日福島沖M_j7.4の地震記録から得たフーリエスペクトル

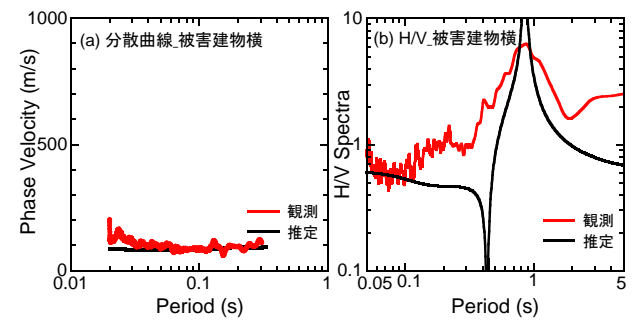


図5 実地盤における分散曲線及びH/Vスペクトルと作成したモデルから求めた理論値との比較

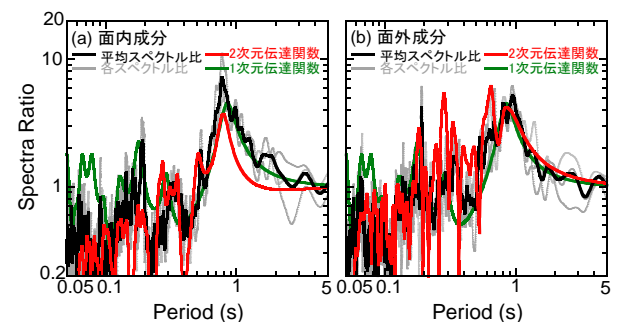


図6 解析結果と各スペクトル比