

埋没谷における地震動増幅特性の解析的検討

18T0239X 小林 峻介
指導教員：関口 徹

1. はじめに

谷地や崖など、地盤構造が不整形な場所では地震動が局所的に増幅されることが知られている。関東南部には「谷津」と呼ばれる台地に低地が細く入り組んだ冲積谷が多く存在し、東北地方太平洋沖地震の際、千葉県内の谷底低地(埋没谷)の中央部に位置する集合住宅において、杭が大破するといった被害が発生している。岸ら¹⁾は実際に被害が観測された地形を含む千葉県内の複数の埋没谷地形において地盤構造の調査、地震観測、モデル化による解析を実施し、各対象地における不整形性による増幅を確認している。しかし、埋没谷地形による局所的な増幅が発生する詳細なメカニズムは明らかでない。そこで本研究では、既往研究で扱われた埋没谷を基に簡易モデルを作成して解析を行い、埋没谷地形が地震動増幅特性に与える影響を検討した。

2. 対象とした埋没谷地形

本研究では岸らによって研究がなされた埋没谷のうち、最も単純な谷の形状をしている対象地 I の地形を基にした。対象地 I は図 1 に示したように、幅 $L = 70\text{m}$ 、奥行 150m 程度の冲積谷底低地が台地に入り込んだ盆地地形を成している。ここで、図に示すように谷を横断する断面を面内方向、それと直交方向を面外方向とする。

3. 解析条件

2 次元有限要素法に基づく周波数領域での地震応答解析を面内方向、面外方向で行い、基盤底面入射に対する地震動増幅の伝達関数を求めた。面内方向の解析モデルは、側面境界をエネルギー伝達境界、底面を粘性境界(水平方向ダンパー： ρVs 、鉛直方向： ρVp)とし、面外方向は側面境界、底面境界ともに粘性境界(底面の粘性ダンパー値は面内と同様に設定し、側面は水平： ρVp 、鉛直： ρVs)とした²⁾。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。

4. モデルの簡易化

図 2(a) に岸らが作成した対象地 I の推定断面図を示す。対象地 I の冲積層は厚さ $H = 12\text{m}$ ほどの 3 層構造を成している。この断面を基

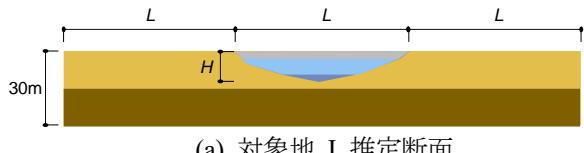
に洪積層の S 波速度を揃え、冲積層の形状を 3 層の楕円形と 1 層の長方形に簡易化した断面を作成した。(図 2(b)、(c)) このとき谷幅 L と冲積層中央部の厚さ H は変えていない。また、冲積層の両サイドは幅 L ずつとった³⁾。

表 1 に本研究で解析に用いた各層の S 波速度を示

表 1 各層の S 波速度

土質	$V_s (\text{m/s})$
埋め土	100
シルト1	120
シルト2	180
洪積砂質土	350
工学的基盤	450
冲積層	124

図 1 対象地 I の地形分類図



(a) 対象地 I 推定断面



(b) 楕円形断面



(c) 長方形1層断面

図 2 解析モデルの断面図

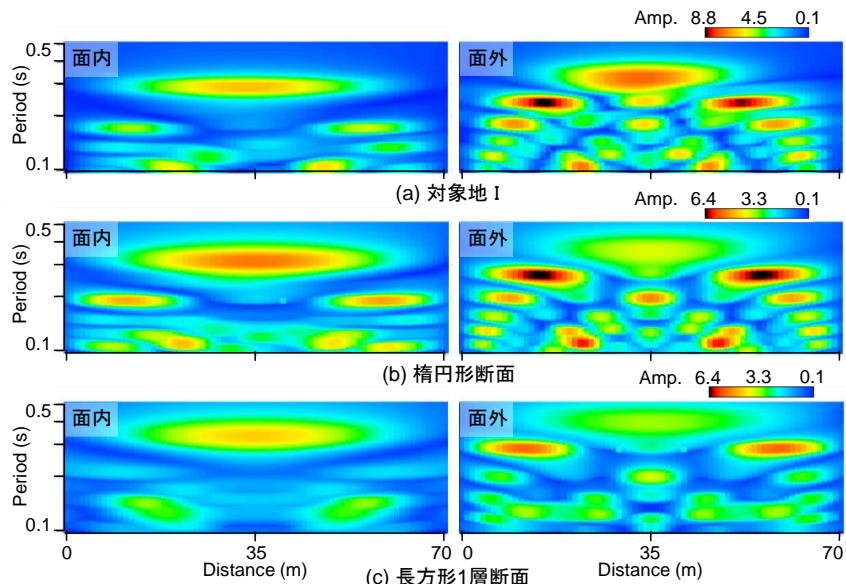


図 3 伝達関数の位置的変化

す。長方形 1 層断面における沖積層の S 波速度は、対象地 I 及び橢円形断面と谷中央部の走時が等しくなるよう設定した。これらの断面から 2 次元有限要素モデルを作成し、解析を行った。

図 3 に解析から得られた各断面における伝達関数の位置的変化を示す。面内方向では周期 0.30s 付近において中央部を中心に広範囲で大きな增幅が見られ、沖積層全体が一体的に振動している。一方外方向では周期 0.25s 付近において複数の位置で大きな增幅が見られ、場所により地震動が大きく異なると考えられる。いずれの断面においても同様の傾向が見られることから、以後の長方形 1 層断面を用いた検討の妥当性が確認できる。

5. 不整形性による影響

長方形 1 層断面を用いて埋没谷地形の不整形性が地震動増幅特性に与える影響を検討した。断面形状による不整形性の影響のみを把握するため、長方形 1 層断面の解析結果の伝達関数から同じ層厚の 1 次元成層地盤での伝達関数を対応する深さでそれぞれ減算した。

図 4 に長方形 1 層断面の面外方向において増幅が最大値をとった周期 0.290 s における 1 次元の伝達関数を除去した長方形 1 層断面の位相分布を示す。面内、面外両方向において、地表面付近では位相が縦縞となり、波が水平方向に伝播していることが分かる。これらは長方形 1 層断面の左右端部から発生している表面波又は回折波によるものであると考えられる。しかし水平方向の位相の間隔は不均等であり、複雑な波の干渉の影響を受けていると考えられる。

図 5(a) に長方形 1 層断面と 1 次元成層地盤の減算の結果から振幅を計算して求めた増幅率を示す。面外方向の周期 0.29s 付近における増幅が不整形性によるものであることが確認できる。

6. 断面形状と増幅特性の比較

断面形状と増幅特性の関係を検討するため、長方形 1 層断面から厚さ H は変えずに谷幅 L のみを 1.5 倍 (105m) 及び 2 倍 (140m) にしたモデルを作成し、解析を行った。

図 5(b)、(c) に同図(a)と同様に求めた結果を示す。沖積層の幅が広がるにつれて、面内方向においても端

部付近で大きな増幅が見られた。また、面内、面外両方向において、増幅の大きくなる位置の端部からの距離、そしてその周期も変化している。よって、これらの沖積層左右端部付近の局所的な増幅は、端部で発生した水平方向に伝わる回折波と下方から伝わる直達波の単純な干渉では説明できず、谷幅によりその位置が変化することから水平方向に伝わる波の重複反射も影響していると考えられる。

7.まとめ

簡易モデルを用いて 2 次元有限要素法に基づき埋没谷の地震応答解析を行った結果以下の知見を得た。

- ・埋没谷の左右端部付近に生じる局所的な増幅は水平方向に伝播する波による影響が大きい。
- ・その局所的な増幅の位置と周期は谷幅によって変化する。
- ・面外だけでなく面内方向においても谷幅によっては局所的な増幅は発生する。

参考文献

- 1) 岸俊甫、関口徹：関東南部の沖積谷地形における地震動増幅特性の評価、日本地震工学会論文集 第 21 卷、第 4 号、2021
- 2) 吉田望：地盤の地震応答解析、鹿島出版会
- 3) 竹宮宏和、王燦雲、藤原章弘：SH 波入射に対する不整形地盤の遷移/定常応答性状、土木学会論文集 pp. 161-170, 1992

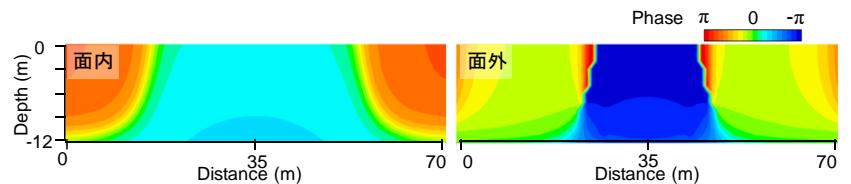


図 4 長方形 1 層断面における 1 次元増幅特性を除いた位相分布 ($T = 0.290\text{s}$)

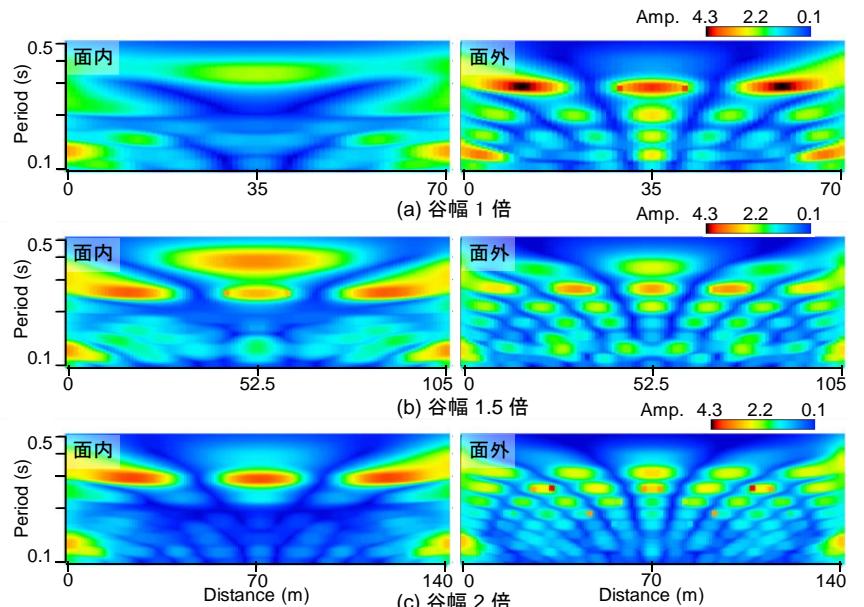


図 5 長方形 1 層断面における 1 次元増幅特性を除いた伝達関数