

谷埋め盛土における鉛直地震動の増幅について

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 ○大橋 正
岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 杉戸 真太

1. 目的

近年発生した地震における宅地造成地や道路盛土などの谷埋め盛土地盤（傾斜のある谷筋の造成盛土地盤）での被害は，周辺の切土部分と比較して地震時の加速度の増幅が著しく大きくなることから，被害程度も大きくなると云われている¹⁾．これら谷埋め造成地盤では図-1に示すように盆状の傾斜基盤である場合が多く，地震時応答特性のうち不整形基盤による影響があると考えられる．本研究ではこれら谷埋め盛土における地震動の増幅特性のうち鉛直地震動の増幅の影響要因について検討したので報告する．

2. 谷埋め盛土の地震被害に及ぼす要因

地震時における谷埋め盛土の被害に及ぼす要因としては，表-1に示すように素因としての地形や地質条件と気象や地震動による誘因がある．谷埋め地は集水地形である場合が多く，気象条件による降雨の影響により地下水位上昇で地盤変形特性の低下による地震動の増幅や変形の増大の可能性もある．通常の成層地盤に位置する土木構造物や土構造物の地震時の安定問題では，地震動としては水平成分を作用させることが一般的である．一方，谷埋め盛土などの不整形地盤では，波動の複雑な反射・屈折などが影響し鉛直成分の地震動の増幅についても被害増大の要因となる可能性があることから，鉛直地震動における幾何学的地形の影響やインピーダンス比及び周波数特性による影響に着目した．

3. 傾斜した基盤を有する盛土における鉛直地震動の増幅

図-2 に示すように谷埋め盛土地盤でのモデルとして，谷直角方向モデルを考えてみる．地盤物性としては図中に示すように，インピーダンス比を 0.08～0.33 程度とし，波動の幾何学的影響を見るため，本研究では盛土地盤（第 層）の非線形性は考慮していない．入力は鉛直 SV 波とし，0.5～5.0Hz の正弦波半波長の入射振幅を 100gal(E)としている．図-3（上）は谷傾斜角 θ を 1:1, 1:2, 1:3 と変化させた場合の水平加速度応答の最大値を谷直角方向にプロットしたものである．水平加速度応答は，谷中央に向かって増大しており，緩傾斜になるに従って中央付近での急激な応答の増大となっている．図-3（下）に示すように鉛直加速度(V)と水平加速度(H)の比²⁾を見てみると，鉛直は水平に対して 0.3 倍前後となっているが，緩傾斜

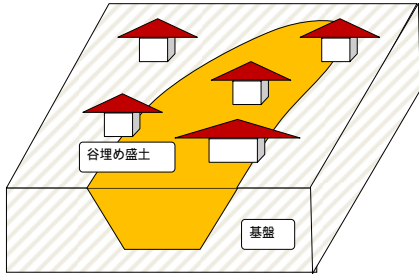


図-1 谷埋め盛土造成地のイメージ

表-1 谷埋め盛土の地震被害に及ぼす要因

盛土造成地の地震被害に及ぼす要因	対象	安定性を低下させる誘因
地震動	加速度，震度	水平動，鉛直動，周波数特性
地形	山地，谷，盛土	集水，地震動の幾何学的屈折
地質	岩盤，自然地盤，人工地盤	剛性低下，強度低下，有効応力減少 インピーダンス比
気象	降雨量，降雨継続時間	地下水位上昇，風化

表中の太字は本論文で扱う範囲

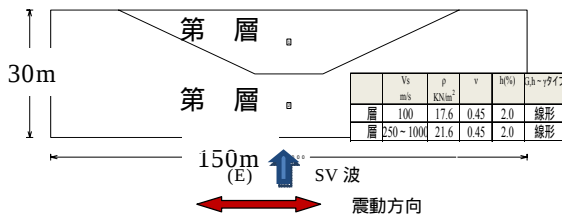


図-2 谷直角方向解析モデル

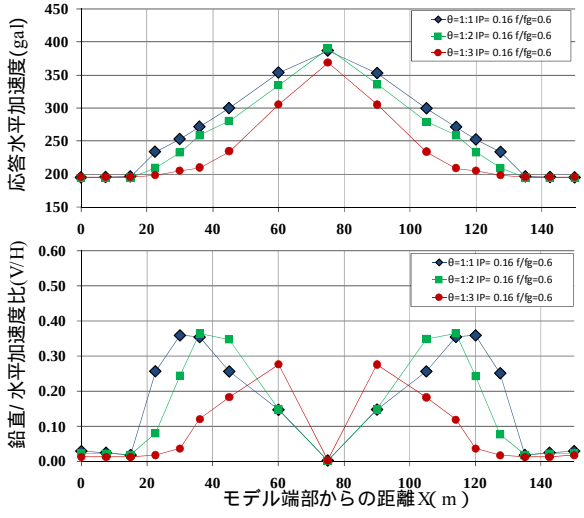


図-3 谷傾斜角 θ の違いによる水平鉛直地震動

キーワード 谷埋め盛土，鉛直地震動，周波数特性

連絡先 〒451-0044 愛知県名古屋市西区菊井 2-14-24 基礎地盤コンサルタンツ(株) TEL 052-589-1051

になるほど V/H の最大値の発生位置は谷中央部に移行している。図-4は盛土層の V_s を 100m/s に固定し、基盤層の V_s を変化させて $IP=0.08 \sim 0.33$ に設定したモデルであるが、 IP の減少とともに水平加速度応答は増幅しており、また、鉛直加速度比 V/H もほぼ同位置で増大している。図-5 は谷傾斜角 θ を 1:1, $IP=0.16$ とした場合における盛土の固有周波数に対する入射波の卓越周波数の比 f/f_g による応答の変化である。 f/f_g が 1.0 周辺で水平応答は増大しているが、鉛直加速度は、 f/f_g の増加（高周波数化）に伴って鉛直水平応答比 V/H は増大している。 V/H 最大の位置は、谷傾斜から盛土底面への変化点付近であり、谷中心部に向かって鉛直動は急激に減少している。図-6 は、 V/H の最大値の現れる谷傾斜から盛土底面への変化点付近における水平および鉛直加速度のフーリエスペクトルを比較したものである。図-6(a)は、 $f/f_g=3$ (入射波周波数 5Hz) の場合であり、図-6(b)は $f/f_g=1.2$ (同 2Hz) である。 $f/f_g=1.2$ の場合、水平及び鉛直ともに 3~4Hz 付近までの応答が卓越し、4Hz 以上の高周波数での応答は極めて低い。一方 $f/f_g=3$ の場合、3Hz 程度まで水平鉛直ともに卓越が見られるが、その度合いは 2Hz の場合に比べて小さい。但し、4Hz 以上の高周波数領域においては、鉛直動の卓越が著しく、最大値で水平加速度を上回る応答が確認された。今回の検討では、基盤が傾斜した盛土地盤などの端部で鉛直加速度が著しく大きくなる現象をシミュレーションで再現することができたが、発生鉛直加速度は高周波数成分が卓越しているため、今回対象のスケールでは直接構造物などの被害に結び付くものではないとみられる。

4. 結論

本研究では、谷埋め盛土における地震動の増幅特性のうち鉛直地震動の増幅について影響要因を検討した。鉛直動の卓越する要因として、谷直角方向の傾斜 θ 、インピーダンス IP 、卓越周波数比 f/f_g に着目したが、 f/f_g の影響が最も大きいことが判明した。但し、今回

対象としたスケールでは、鉛直動の卓越周波数は 4Hz 以上の高周波数領域が顕著であり、直接構造物などの被害に結び付くものではないと考えられた。今後は、実強震記録や実地盤での検証を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省、大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説、2008 年
- 2) 中村豊、H/V スペクトル比について、物理探査学会 地震防災研究資料、2007 年

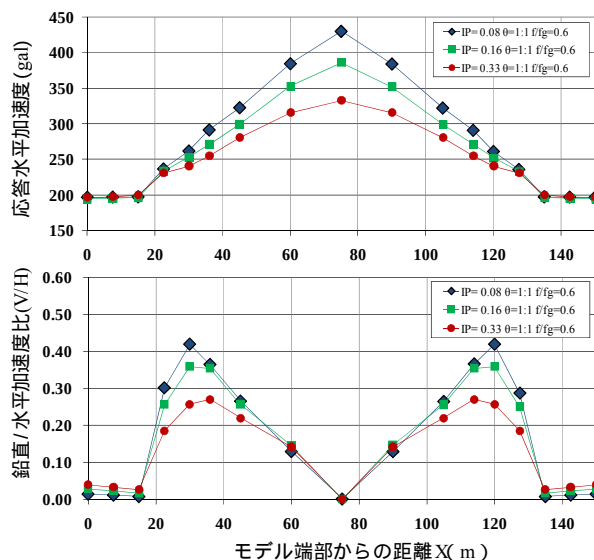


図-4 IP の違いによる水平鉛直地震動増幅

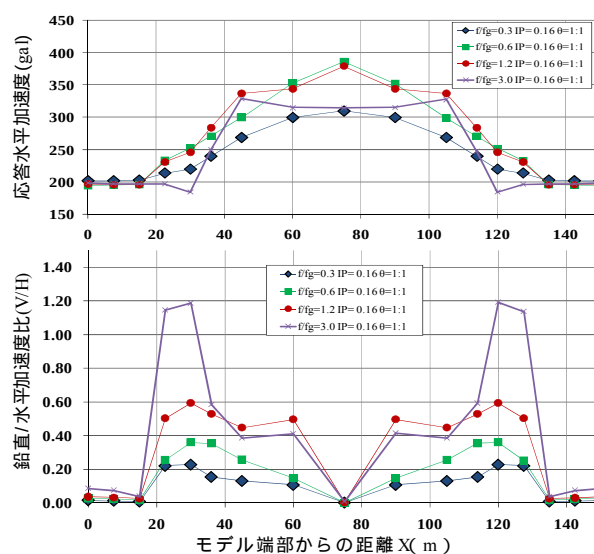


図-5 f/f_g による水平鉛直地震動増幅

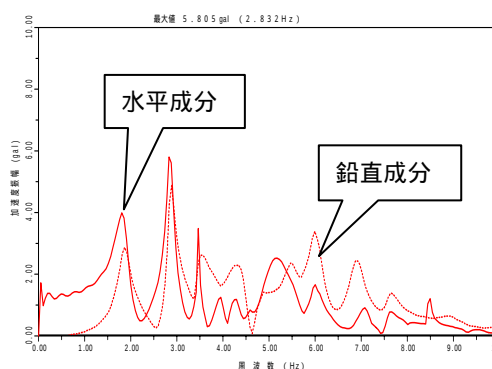


図-6(a)

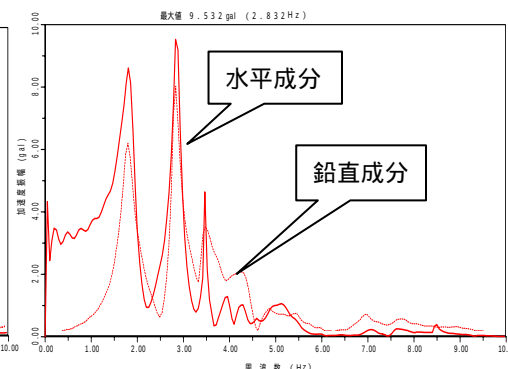


図-6(b)

図-6 鉛直および水平加速度フーリエスペクトルの比較 (入射 5Hz, 2Hz)