

表面波探査による宅地谷埋め盛土の形状把握と耐震特性

神戸大学大学院 学生員 ○大藪 剛士
京都大学大学院 学生員 郷 隆之

京都大学防災研究所 正会員 釜井 俊孝
関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震において、西宮、神戸市間の都市域において震災に関連し確認された約200ヶ所以上の斜面変動のうち、谷埋め盛土斜面の地すべり的変動は、過半数を占めた（釜井ほか、1996）。2003年宮城県沖の地震、十勝沖地震においてもこのような宅地谷埋め盛土斜面が変動しており、大地震時に同様に被災する危険性が高い都市は数多く潜在する。兵庫県南部地震時の被災事例に基づく多変量解析では、谷埋め盛土の変動・非変動を区分する要因のうち、影響の大きさ（レンジ）では盛土底面の横断面形状比（幅／深さ比）が最も大きく、寄与率では全体の57%を占めている（Kamai et al., 2000）。図-1に変動発生率と横断面形状比の関係（笠原、2003）を示す。しかし、地盤強度が変動に及ぼす影響については十分に明らかでない点が多い。そこで本研究では、兵庫県西宮市から神戸市東灘区に点在する宅地谷埋め盛土地盤において表面波探査及び動的コーン貫入試験（ミニラム）を行い、S波速度構造を把握し、不安定化機構を検討したので報告する。

2. 調査及び地盤強度評価手法

本表面波探査法は、地盤の地表付近を伝わる表面波（レイリー波）の周波数による伝播速度の違いを逆解析することにより、深度20m程度までの不均質な地盤の2次元S波速度構造を求め、見かけの地盤強度を評価する方法である。調査は兵庫県西宮市から神戸市東灘区にかけての住宅地で行った。図-2に調査地点を示す。調査域は、主として花崗岩類によって構成される六甲山地と扇状地や沖積層よりなる海岸平野に挟まれた標高10-250mの地域である。また、調査地域の谷埋め盛土地盤材料には、主に大阪層群の堆積物が母材として用いられている。

S波速度は、物質の硬さなど工学的な目安となる剛性率に直接関係する値である。そこで表面波探査の解析結果から得られた、盛土断面の2次元S波速度断面構造をセル状に分割し、S波速度のヒストグラムを作成した。そしてその最頻値を対象の盛土を代表するS波速度（地盤強度）とした。

3. 調査結果及び考察

3. 1 S波速度（地盤強度）と変動の関係

図-3に神戸地震において大きく変動した谷埋め盛土、図-4に変動が認められなかった谷埋め盛土の典型的なS波速度断面構造を示す。いずれも深度方向に速度が増加しており、また変動しなかった盛土は変動したものとは比べ、幅の割に厚い形状であることがわかる。

図-5にS波速度と横断面形状比の関係を示す。兵庫県西宮市から神戸市東灘区における谷埋め盛土は、大きく二つのS波速度分布の領域に分かれた。1つはS波速度150~200m/sの領域であり、一方はS波速度250m/s以上の領域（強い盛土）である。

それぞれのグループ内での地盤強度（S波速度）の変化幅

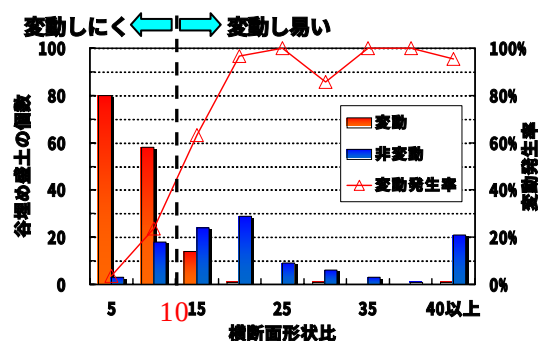


図-1 変動発生率と横断面形状比の関係

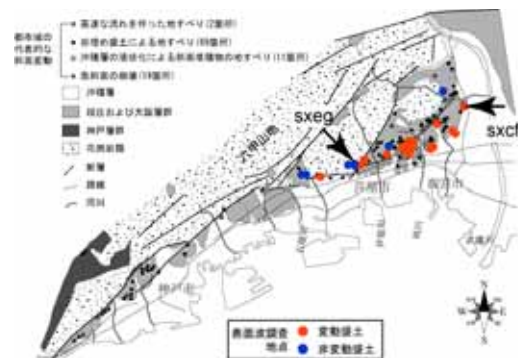


図-2 調査地域

キーワード：谷埋め盛土、地すべり、都市域、横断面形状比、表面波探査、S波速度

連絡先：〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 関西大学 TEL078-803-6437

は小さい。しかし、前者のグループでは、全体として速度断面から推定される横断面形状は、変動した盛土は幅が広く浅い谷、変動しなかった盛土は幅が狭く深い谷であり、被災事例に合致した結果が得られた。すなわち、横断面形状比が小さくなるにつれて（10 以下）、つまり谷の形状がより幅が狭く厚さが深くなるにしたがい、変動しなかった盛土が分布している傾向が見られた。これらのことより、前者のS波速度領域の盛土では、横断面形状比が変動に大きく寄与するものと考えられる。

一方、今回調べた範囲では、地盤強度（S波速度）が高い盛土（後者のグループ）では、一事例を除きいずれも地震時に変動していない。このことから、盛土の強度が非常に大きい場合は、横断面形状比が変動に及ぼす影響は小さいと考えられる。

3. 2 2003 年十勝沖及び宮城県沖の地震時変動事例

2003 年宮城県沖の地震において、宮城県築館町の盛土では、被害の有無に関わらず、高い地下水位のため S 波速度 100m/s 前後と非常に軟弱な地盤であった。この軟弱地盤において変動の有無を分けた要因としては、阪神間の盛土と同様、横断面形状比であると考えられる。

2003 年十勝沖地震において、札幌及び釧路市の震度は5以下と小さかったが、地下水位が高く軟弱な谷埋め盛土では、阪神間の盛土と同様にすべり面深度5m以下、横断面形状比10以上の移動体が形成された。しかし、札幌市の事例では、盛土自体の深さがすべり面深度（液状化深度）よりも深く、移動体の形成が地表付近の一部に留まったことから、大規模な変動には発展しなかった。また、1968 年十勝沖地震の被害地点であっても今回は無被害であった地点も存在した。これは、この地点のS波速度（地盤強度）が、やや高いうえに、今回の地震による作用震度が小さかったためと考えられる。

4. まとめ

調査結果から以下の知見が得られた。図-6 に地盤強度が変動に及ぼす関係を示す。地震時において、谷埋め盛土地盤の

- 1) S 波速度が 90-250m/s の場合、変動有無は地盤強度よりも横断面形状比に依存する。
- 2) S 波速度が 250m/s 以上の場合（強い盛土）、変動の有無は横断面形状比に関係なく比較的安定を保つ。
- 3) S 波速度が 100m/s 程度の場合、浸透水の存在等により地震動が小さくても変動する可能性は高い。
- 4) 地震動が小さい場合、被害の発生の有無は、盛土の形状だけでなく、強度を含む様々な地盤条件の影響を受ける（液状化の問題）。

（参考文献）

- 1) 釜井俊孝、鈴木清文、磯部一洋（1996）：平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動、地調月報、47-2/3、pp.7-18
- 2) 笠原亮一（2003）：地震による人口埋没谷地形の変動要因と被害予測、京都大学修士論文、pp.7-18
- 3) Kamai,T.,Kobayasi,Y.,Jinbo,C.and Shuzui,H.（2000）Earthquake risk assessments of fill-slope instability in urban residential area in Japan,Proceedings 8th ISL,Landslides,pp.801-806

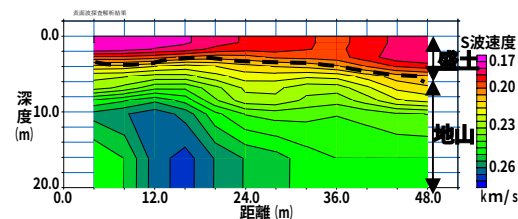


図-3 S波速度断面構造（変動 sxcf）の例

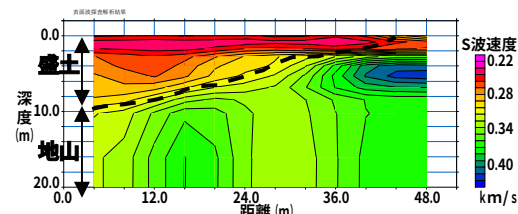


図-4 S波速度断面構造（非変動 sxeg）の例

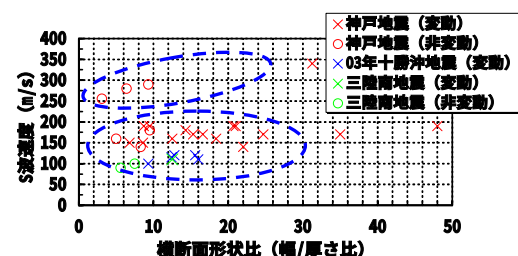


図-5 S波速度と横断面形状比の関係

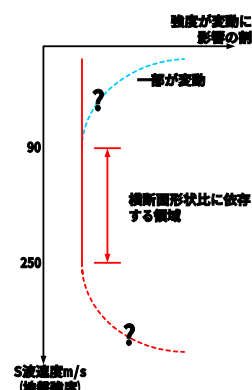


図-6 地盤強度が変動に及ぼす関係