

人工改変地形に着目した水道管路網の地震被害評価

07T0006B 太田 夏美
指導教員：丸山 喜久

1. 研究背景と目的

大規模な地震が発生した場合に急務となるのがライフラインの復旧である。中でも水道は人間の生命活動に直結するが、その管路は道路下に埋設されている形が一般的であるため、破損等が発生した場合には被害個所を特定するのに時間と労力を要するのが現状である。

本研究では 1995 年兵庫県南部地震で大きな被害を受けた兵庫県西宮市を対象とし、主に建築物の被害要因の 1つとして考えられている人工改変地形と被害¹⁾との相関を GIS を用いて検証する。本研究は、人工改変地形と埋設管被害率の相関性を検討し、水道管路に被害が発生しやすい個所についての定量的な評価を行うことを目的とする。

2. 使用データ

本研究で用いる水道管路とその被害分布のデータは、日本水道協会が提供している水道管路被害調査報告をもとに GIS データを作成した。対象地域の管路を JPEG 画像として GIS で位置あわせし、画像の上から管路をトレースすることで、水道管路網のデータを得た。水道管の被害分布についても同様の方式で GIS データを作成した。

切土・盛土分布は、国土地理院が空中写真測量によって作成した標高 5m メッシュ図をもとに作成した²⁾。平成 6 年度の標高メッシュと昭和 36 年度の標高メッシュを使用し、同地点のメッシュの標高値の差分を計算した。標高が変化した要因は全て土地の人工改変によるものとし、ここで得た差分の値をそのまま切土・盛土厚とした。作成した盛土厚分布を図-1 に示す。

また、西宮市全域について自然地形と人工改変地形の境界を得るために国土地理院発行の数値地図 25000 土地条件図を使用した。本研究では、一連の解析ソフトは ArcGIS9.3 を使用した。

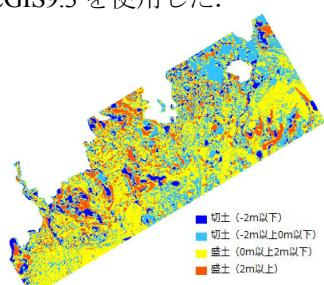


図-1 5m 標高メッシュから作成した
西宮市一部地域の切盛分布図

3. 水道管被害率の算出と検証エリアの選定

西宮市全域の水道管被害状況を概観する目的で被害率を算出した。該当地域の 4 分の 1 地域メッシュ（約 250m 四方）を用意し、メッシュ毎に管路 1kmあたりの被害数を求めた。その結果、市街部南部と市街部北西部の被害率が高いことがわかった（図-2）。液状化が発生したとされている地域を GIS 上で表示すると市街部南部の被害率が高いエリアとほぼ一致した。このことから市街部南部の被害はほぼ液状化が起因しているものと考えられ、本研究の趣旨とは異なるため、ここでは調査地域からは除外した。

また、被害発生箇所の地盤条件を確認するため被害率を微地形区分毎に分類すると、図-3 に示す通り、切土地形での被害率が 2.12 件/km と高く高いことがわかった。ここで切土地形とは、数値地図 25000 土地条件図の微地形区分で切土斜面と平坦化地のことを意味する。非液状化メッシュの中から切土地形を含むメッシュのみを抽出し、図-4 に示すメッシュを最終的な検証エリアとした。

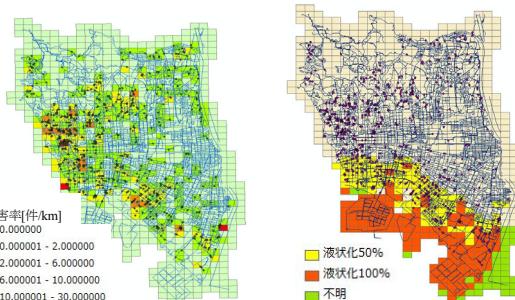


図-2 水道管被害率[件/km]（左）と液状化エリア（右）

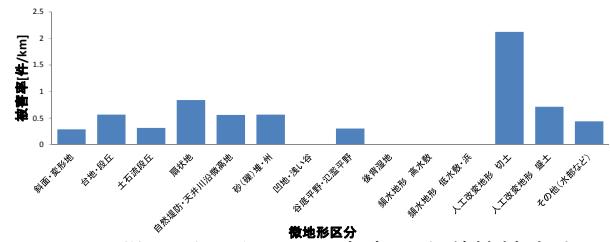


図-3 微地形区分別の西宮市の水道管被害率

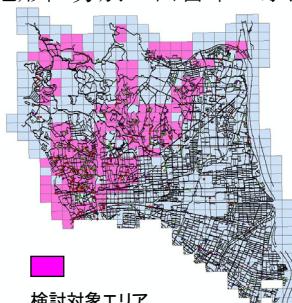


図-4 本研究における被害率分析対象

4. 地盤の卓越周期と盛土厚の関係

2010年11月22日～23日にかけて、切土地と盛土地の震動特性の違いを評価する目的で西宮市にて常時微動観測を行った。観測記録から常時微動のH/Vスペクトル比を算出し、地盤の卓越周期を推定した。

常時微動のH/Vスペクトル比と地震動のH/Vスペクトル比の卓越周期は、地盤の卓越周期とほぼ一致する³⁾ことが分かっている。また、一般に長い地球の営みにより形成された自然地形と比べて、人工改変地形の盛土部は緩く低密度であるので、相対的な地盤条件の違いが地震時の地盤災害をもたらす⁴⁾ものと考えられている。このことから、盛土厚と常時微動の卓越周期には相関性が見られると推測される。

実際に計測した卓越周期と盛土圧との関係を図-5に示す。盛土厚が大きくなると卓越周期も大きくなる傾向が認められるが、相関係数は0.233と小さい結果となった。理由として、盛土厚よりも計測地点の標高やそれに伴う地盤の微地形区分などが地盤固有周期に大きく影響しているためと考えられる。

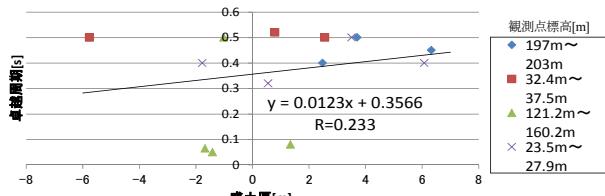


図-5 盛土厚と常時微動のH/Vスペクトル比の卓越周期の関係

5. 盛土境界長と水道管被害率の関係

切土と盛土が入り組んでいる地域での被害率を確認するため、対象メッシュに含まれる盛土境界長と被害率との相関を検証した(図-6)。ここでは数値地図25000土地条件図から得られる切土・盛土の境界線を使用している。

切盛境界では、地盤の固有周期に差があることから相対変位が生じるものと推測される。切盛境界の延長が長いメッシュは、切土と盛土が複雑に入り組んでいる地域であると考えられ、地盤の相対変位が生じやすく、水道管の被害率が大きくなるものと予測した。

盛土境界の延長と水道管被害率の関係を図-7に示す。盛土境界長と水道管被害率に正の相関があることは認められたが、相関係数は0.244とあまり大きくなかった。このことから、切土、盛土などの人工改変地形が水道管被害に何らかの影響を与えることは確認できたが、盛土境界長のような単一の地形的な特徴量だけでは説明力の高い関係式を構築するのは困難であると考えられる。

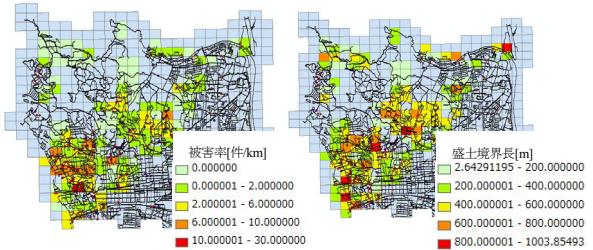


図-6 検証エリアの水道管被害率(左)
と盛土境界長(右)の分布

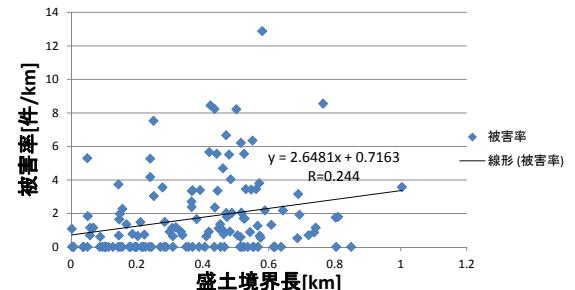


図-7 盛土境界長と水道管被害率の関係

6. まとめ

本研究では、過去の被害地震時において、とくに建築物の被害が人工改変地形で自然地形に比べて多かった点に着目し、人工改変地形と水道管地震被害の相関性を検証した。西宮市の非液状化地域で水道管被害率を分析すると人工平坦化地を含む切土地形での水道管被害が最も大きく、その被害率は2.12[件/km]となった。また、盛土境界が複雑に入り組む地域では、水道管被害率と盛土境界長の間に正の相関が見られたものの、被害率を決定づける大きな要因とはならなかった。

この理由として、旧地形や管路の敷設年度が影響していることが予想される。人工改変前の旧地形が池や谷底である地域には被害が多い。また明治期から通っている道路に沿っても被害が出ており、古くからある道路下には早くに管路が敷設され管が老朽化している可能性も考えられる。今後はより複合的な原因を検証していく必要がある。

参考文献

- 1) 村山良之, 熊木洋太: GISを用いた地形改変地の震災土地条件評価, 日本建設情報総合センター研究助成事業報告書, pp. 1-96, 2008.
- 2) 国土地理院地理調査部防災地理課: 人工改変地形データ抽出のための手順書(案), 2010.
- 3) 大熊裕輝, 松岡昌志, 山崎文雄, 原田隆典: 宮崎県における常時微動H/Vスペクトル比を用いた地震動の推定, 土木学会論文集, No. 696/I-58, pp.261-272, 2002..
- 4) 橋本隆雄, 宮島昌克, 富沢元: 兵庫県南部地震における被害宅地盛土の地震応答解析と被害分析, 土木学会地震工学論文集, 第27卷, 0226号, pp. 1-8, 2003.