

造成地における水道管路被害地域スクリーニング手法の検討

関東学院大学 学生会員 ○吉川 誠人
 関東学院大学 正会員 若松加寿江
 鹿島技術研究所 正会員 永田 茂
 千葉大学 正会員 丸山 喜久

1. はじめに

筆者らは、2011年東北地方太平洋沖地震による仙台市の導水・送水・配水本支管（以下、配水管と略記する）の被害地点を対象として、主として地形改変に着目した被害要因の分析を行ってきた¹⁾。その結果、配水管の被害全体の78%が丘陵等の造成地で発生しており、丘陵の造成地の被害率は低地の約3.6倍であった。台地・丘陵の造成地は、首都圏をはじめとして中部・近畿圏にも多数存在することから首都直下地震や南海トラフ地震に対する水道管路の耐震対策を効果的に実施することが求められる。そこで、本研究では、広域を対象として管路被害が集中する地区を一次スクリーニングする手法の開発を目的として、2011年と1978年の両地震で被害が発生した地域において、造成地の盛土・地形条件の特性値について検討を行った。

2. 2011年東北地方太平洋沖地震と1978年宮城県沖地震による仙台市における配水管の被害

2011年東北地方太平洋沖地震により仙台市では配水管に437箇所²⁾の被害が発生した²⁾。配水管の管路延長は、ダクタイル管が最も長く、次いで塩化ビニル管となっており、両方で総延長の95%を占めていた。一方、表1に1978年宮城県沖地震による仙台市の配水管被害を示す。被害総数は2011年地震の方が少ない。1978年当時多く用いられていたACPからVPやDIPに更新され管路の強度が向上したためと思われる。しかし、表2に示す地区では、1978年と2011年の両方の地震で被害が発生しており、全く同一地点での被害事例もあった。表2には造成年も併せて示しているが、いずれも1960年代に造成された仙台市の中では古い造成地である。

3. 地形改変に着目した被害集中地区の検討

筆者らのこれまでの検討¹⁾では、1/2.5万旧版地形図を用いて造成前の旧地形の分析を行ってきた。しかし、これらは等高線の間隔が10mピッチと粗く、精度も低いため詳細な検討を行えなかった。今回、仙台市より2mピッチの等高線が記載されている1964・1965年測量の1/3000国土基本図の提供を受け、これらの地図を用いて被害地域の詳細な検討を行った。

2011年の地震の際には造成地に多数の滑動崩落が発生し、市内250箇所において造成宅地滑動崩落緊急対策事業の実施が検討された³⁾。しかし2011年の配水管被害の約75%は滑動崩落対策事業検討地区外で起きていた¹⁾。現地調査では、管路被害地点は坂道が多く、上記の対策事業検討地区外でも路面が波打っている所が多く見られた。現地でのヒアリングによれば、地震前にはたわみはなく一様な坂道だったとのことである。図1に管路被害地点の谷の横断方向の断面図の一例を示す。このように被害地点は、谷底面を持たないV字型の谷の盛土部に多く、切り盛り境界に近い所と谷底

表1 1978年宮城県沖地震による仙台市の被害³⁾

| 地域 | 管種 | ACP | VP | CIP | DIP | SP | その他 | 合計 |
|------------------|-----|------|------|-------|------|-------|-----|-----|
| 仙台市 | 被害数 | 69 | 77 | 21 | 11 | 30 | 15 | 223 |
| | 被害率 | 1.37 | 0.18 | 0.065 | 0.03 | 0.4 | | |
| 泉市南光台 (仙台市泉区) | 被害数 | 210 | 36 | 0 | 1 | 103 | 0 | 350 |
| | 被害率 | 5.19 | 6.15 | 0 | 0.12 | 13.55 | | |

ACP：石綿セメント管，VP：塩化ビニル管，CIP：鑄鉄管，
 DIP：ダクタイル鑄鉄管，SP：鋼管

表2 2011年と1978年両方で配水管被害が発生した地区

| No | 地区名 | 造成年 ⁴⁾ |
|----|------------|-------------------|
| 1 | 泉区将監 | 1968-1975 |
| 2 | 泉区高森 | 1972-1975 |
| 3 | 泉区南光台・南光台南 | 1962-1965 |
| 4 | 泉区黒松 | 1960-1967 |
| 5 | 泉区鶴ヶ谷 | 1967-1970 |
| 6 | 青葉区旭ヶ丘 | 1965-1966 |
| 7 | 青葉区双葉ヶ丘 | 1961-1965 |
| 8 | 青葉区桜ヶ丘 | 1965-1975 |
| 9 | 青葉区中山 | 1964-1979 |
| 10 | 青葉区東勝山，水の森 | 1960-1969 |
| 11 | 宮城野区安養寺 | 1968-1974 |
| 12 | 太白区茂ヶ崎 | 1965-1967 |
| 13 | 太白区緑ヶ丘4丁目 | 1960-1965 |
| 14 | 太白区恵和町 | 1963 |

キーワード 水道管路施設，造成地，盛土，滑動，2011年東北地方太平洋沖地震，1978年宮城県沖地震
 連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学理工学部土木学系 TEL045-786-7147

に近い所で、かつ旧地形が斜面での被害が多かった¹⁾。以上のことから筆者らは、大規模な滑動・崩落が発生しなくても、図2に示すような谷に沿った盛土表層部の滑動によって管路が損傷したと推測した。そこで、表2の造成地内の37の谷を対象として、表3に示す各特性値と2011年地震による配水管被害率(被害件数/管路延長)の関係を検討した。なお、盛土の滑動の支配的要因として盛土の材料特性や地下水条件が挙げられるが、詳細な地盤調査が行われることが殆どない住宅地において、これらの情報の入手は期待できない。このため今回は比較的容易に取得可能な情報を用いた。

図3に配水管被害率と表3の特性値との関係を示す。盛土深さ、盛土長さ、盛土面積には負の相関、旧地形と現在の地表面勾配には正の相関が認められるが、その他については相関が認められない。いずれの図も対象とした谷の盛土の範囲内で2011年に滑動崩落が発生⁵⁾したか否かで記号を変えている。管路被害率は滑動崩落の有無とは余り関係がないように見える。ただし、被害率が約16件/kmと突出して高い谷が1箇所ある。ここでは盛土のほぼ全域で大規模な滑動崩落が生じていることから、この影響で被害率が高くなったと考えられる。

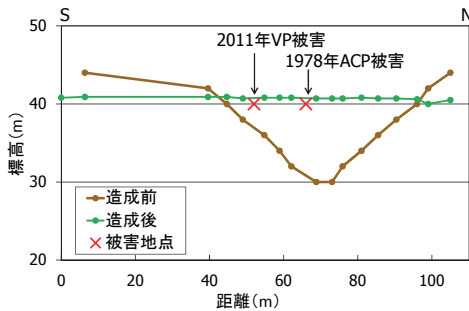


図1 造成前後の地表面断面と被害位置の関係の例(泉区南光台4丁目)

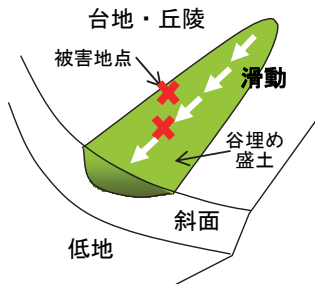


図2 管路の被害想定モデル

表3 分析に用いた造成地の特性値

| No | 造成地の特性値 |
|----|--|
| 1 | 盛土の最大幅 |
| 2 | 盛土の最大長さ(奥行き) |
| 3 | 盛土面積 |
| 4 | 最大盛土深さ(盛土厚さ) |
| 5 | 谷の縦断方向の旧地表勾配 |
| 6 | 谷の縦断方向の現地表面勾配 |
| 7 | 盛土幅/盛土深さ |
| 8 | 谷埋め盛土の側方抵抗モデル安定計算による地震時安全率 ⁶⁾ |

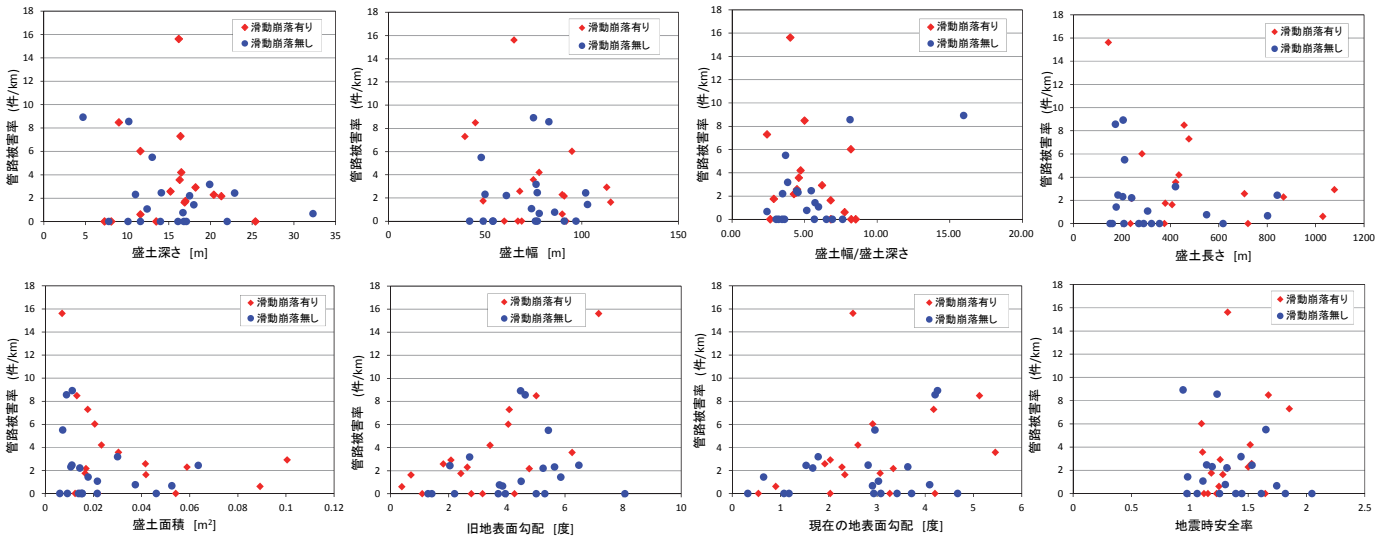


図3 東北地方太平洋沖地震による配水管の被害率と造成地の特性値・大規模滑動崩落の有無の関係

4. まとめ

1978年宮城県沖地震と2011年東北地方太平洋沖地震の両方で配水管被害が発生した谷埋め盛土造成地において、配水管被害率と造成地の特性値との関係と検討した。その結果、盛土深さ・盛土面積・盛土長さが小さいほど、現・旧地表面勾配が急なほど被害率が高くなる傾向が認められた。このような条件を有する箇所は枝谷の造成地であり、盛土が滑動しやすいと推察される。ただし、上記の条件を満たしていても被害率が低い地域があり、この原因究明には地下水条件や盛土の材料特性も加味した検討が必要と思われる。

参考文献

- 1) 若松加寿江, 丸山喜久, 永田茂, 吉川誠人: 地形改変に着目した仙台市上水道管路被害の分析, 第14回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.257-266, 2014, 2) 仙台市水道局: 東日本大震災仙台市水道復旧の記録, 2012, 3) 鈴木繁: 1978年宮城県沖地震による水道施設の被害とその教訓, 水道協会雑誌第542号, pp.66-103, 1979, 4) フルタプランニング: 仙台圏分譲地と住宅地の案内第35版, 2005, 5) 仙台市HP: 公共事業検討箇所の現在の状況について, 2012.7, 6) 太田ジオリサーチ: 大規模谷埋め盛土の側方抵抗モデル安定計算プログラム, 2011, <http://www.ohta-geo.co.jp/morido/morido.htm>.