

地中埋設管の耐震検討における地盤の不均一度係数の検証

金沢大学 正会員 ○七郎丸一孝
金沢大学 正会員 宮島 昌克
富山県 森田 竜成

1. はじめに

過去の地震被害から地盤の不均一性が高い地盤において、地中構造物の被害が多いことがわかっている。このことから、不均一性の高い地盤においては、地盤の動的解析等の高度な解析により動的変形特性を明らかにし、耐震検討を行う必要がある。しかし、水道や下水等のライフライン施設は縦断方向に延長が長く、比較的口径の小さい管路であり、すべての不均一地盤位置において動的解析を行うことは困難で、合理性に欠けている。したがって、一様地盤を想定した地盤歪みに対し、表-1のような不均一度係数を考慮することが定められている。これは水道施設耐震工法指針・解説 2009 年度版において初めて設定され、西尾が 1978 年の宮城県沖地震のガス管被害から設定した地盤分類の例²⁾を基にしており、近年の地震による管路被害との関連を確認する必要がある。また、不均一度係数は 3 段階に分類され、設計者の選定によっては検討結果が大きく左右することとなる。したがって、近年の地震による水道管の被害データとその地域における地盤データ³⁾を用いた解析を行い、不均一度係数に関する検討を行うことを目的としている。

表-1 不均一度係数¹⁾

不均一の程度	不均一度係数	地盤条件
均一	1.0	洪積地盤、均一な沖積地盤
不均一	1.4	層厚の変化がやや激しい沖積地盤、普通の丘陵宅造地
極めて不均一	2.0	河川流域、おぼれ谷などの非常に不均一な沖積地盤、大規模な切土・盛土の造成地

2. 研究の概要

本研究では縦断方向に延長の長い施設を想定し、多数の解析を容易に行える応答変位法を用いて、水道管の被害発生地点における地盤歪み等を求めて、不均一度係数の検討を行う。解析の対象地域は新潟県中越地震における長岡市、小千谷市、新潟県中越沖地震における柏崎市、刈羽村とし、対象管路はダクタイル鋳鉄管 A 型継手管路、管径は $\phi 100$ 、 $\phi 150$ 、 $\phi 200$ とした。

3. 不均一度係数の設定方法

水道施設耐震工法指針・解説 2009 年度版における不均一度係数は、西尾の地盤分類の例²⁾を参考としている。この研究では、地質構造が一定であり、地域内では地表の地震応答変位は、変位 u 、平均値 $\bar{u}$ 、標準偏差 σ の正規分布にしたがって分布するという仮定のもと、標準偏差 σ は地盤の不均一度によって生じたばらつきとしている。その σ について、非常に均一な地盤に対する σ と各地盤における σ との比を不均一度係数として設定している。

表-2 地盤分類の例²⁾に η を追記

不均一さの程度	σ_{275} (mm)	概要	例: () 内は σ_{275} の推定値	不均一度係数 η
非常に均一	≤ 5	堅固な洪積層地盤、岩盤		1.0
均一	5~6	普通の洪積層地盤、均一な沖積層地盤	仙台旧市街地(5.5)、仙台市東方の沖積平野(〜6)	1.0~1.2
やや不均一	6~8	層厚の変化がやや激しい沖積層地盤、沖積扇状地、普通の丘陵宅造地	長町・郡山(〜7)	1.2~1.6
非常に不均一	8~10	河川流域、おぼれ谷などの非常に不均一な沖積層、大規模な切土、盛土の造成地	塩釜港南地区(8~9)、南光台(〜10)	1.6~2.0
極度に不均一	$10 \leq$	地盤の流動化が予想される場所、広い範囲にわたるがけ崩れ等が予想される場所	1964年当時の新潟市低地、1923年当時の横浜市街地	2.0~

4. 近年の地震による不均一度係数の検証

(1)解析条件

長岡市、小千谷市及び柏崎市、刈羽村の被害管路位置において応答変位法による解析を行い、設計時の地盤ひずみを算定した。また、管路被害率から西尾の方法と同様に地盤のばらつき σ について検証した。

(2)解析結果

管路被害があった位置において均一地盤として地盤歪みを算定した結果、図-1 のように A 型管路の吸水可能歪み 0.4%程度⁴⁾を下回った。これらは、速度スペクトルの違い等もあるが、設計上、固有周期 0.5s 未満において不均一度係数を 2.0 とした場合や、固有周期が 0.5~0.6s では不均一度係数を 1.4 とした場合には、吸収

キーワード 地震, 埋設管, 不均一性, 微地形

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学 E-mail: shichiroumaru_kazutaka@kokudonet.co.jp

可能歪み以下(耐震性能を有する)と判断されることがわかる。また、柏崎市を中心に微地形区分ごとに、地盤のばらつき指標である σ を算定した結果、図-2のように、“均一から不均一”地盤である砂礫質台地、砂丘より、“不均一から非常に不均一”地盤である扇状地等の方が σ は小さく、不均一度係数も小さいと判断されることがとなる。これらは、斜面崩壊等の他の要因によるものも想定されるが、隣接する周辺地盤の微地形や基盤の不均一性等による影響も要因であると考えられる。したがって、微地形等の地盤条件のみで、不均一度係数を判断するのではなく、管路位置と隣接する微地形との関係や地盤の固有周期等を踏まえて検討することが望ましいと考えられる。

5. 微地形境界部における検討

(1)解析条件

新潟県中越地震及び中越沖地震における管路被害位置は、微地形境界付近に集中しているため、250m メッシュ図における微地形境界部を定義し、被害の割合を計算した。

また、微地形境界を挟んだ2地点間の距離、各地点における固有周期と地盤歪みの差の関係を検討した。

(2)解析結果

被害の割合を計算した結果、表-3のように全体の被害の50%以上が微地形境界部に発生していることが確認された。

基準地盤歪みの差について微地形が異なる場合と同じ場合を比較すると、異なる微地形間における基準地盤歪みの差の方が大きい地点が多い。したがって、微地形境界部における基準地盤歪みは、それ以外の地点に比べて大きく変化するといえる。

また、微地形境界部における基準地盤歪みの差と固有周期の差について、図-3のように相関性がみられ、今回の対象地域においては基準地盤歪みの差が固有周期の差の0.25~1.0倍になることがわかった。

6. 結 論

(1)近年の地震において不均一度係数の検証を行った。地盤の微地形等の地盤条件のみで、幅のある不均一度係数を選定することは結果を大きく左右させることとなる。

(2)微地形境界部はそれ以外の地点に比べ、基準地盤歪みが大きく変化する傾向があり、微地形境界部における水道管の被害が集中する原因となったと考えられ、微地形境界部としての不均一度係数、固有周期の差等による不均一度係数の設定が必要である。

参考文献

- 1) 社団法人日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説 2009年度版，I 総論，p.75，2009。
- 2) 西尾宣明：埋設管の地震時被害率予測法に関する一提案，土木学会論文報告集，第316号，pp.1-9，1981。
- 3) ほくりく地盤情報システム，<http://www.jiban.usr.wakwak.ne.jp/>(平成22年12月現在)
- 4) 社団法人日本水道協会：1995年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析，pp. 170-174，1996。
- 5) 若松加寿江，松岡昌志，坂倉弘晃：新潟県250mメッシュ地形・地盤分類データベース ver.2, 防災科学技術研究所川崎ラボラトリー，2006.10. <http://www.kedm.bosai.go.jp/japanese/daidaitoku/> (2008年12月現在)

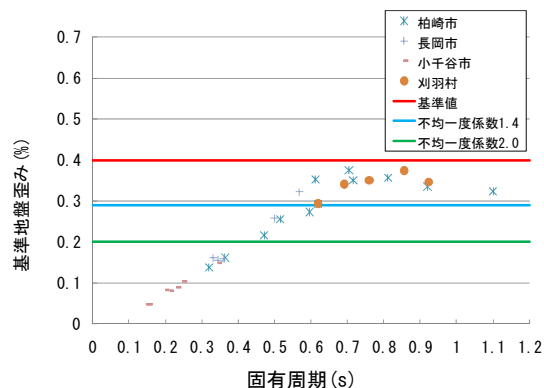


図-1 被害地点における基準地盤歪み

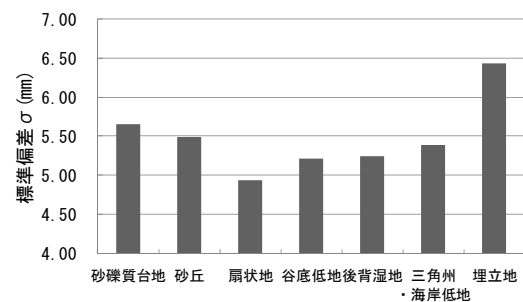


図-2 中越沖地震(柏崎)における σ

表-3 微地形境界部における被害の割合

地域	ダクタイル鉄管 A型継手管路の 被害件数	境界部における 被害件数	割合
	(箇所)	(箇所)	(%)
柏崎市	54	31	57.4
刈羽村	25	18	72.0
長岡市	8	8	100.0
小千谷市	48	26	54.2

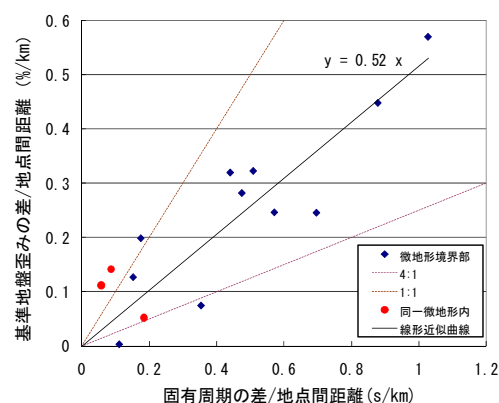


図-3 基準地盤歪みの差と固有周期の差の関係