

相対変位に着目したポンプ場の地震時応答の評価について

弘前大学 フェロー ○有賀 義明
 北海道大学 非会員 石川 嵩
 札幌市水道局 正会員 猪子 敬之介

1. まえがき

水道施設は、日常生活に必須なライフラインの一つであり、大都市部、内陸部を問わず地震時の機能保持が強く求められる施設である。水道の耐震化計画等策定指針¹⁾では、地震に強い水道づくりを目指す方策として、水源地から水道の利用者に至るまでの水道システム全体としての耐震性能の重要性が指摘されている。しかし、従来、構造物の耐震設計は、個々の構造物毎に実施され、隣接する構造物や連結された構造物間の地震時の相互影響は考慮されていないのが実情である。

本研究では、地震時挙動が異なる構造物によって構成される、複合構造型の施設の耐震性能照査の精度向上を目的として、三次元動的解析により管路で連結された構造物間の地震時の相対変位に着目した事例解析を行った。

2. 三次元動的解析

(1) 解析対象

既設ポンプ場に隣接して新設ポンプ場が建設され、両者が、ダクタイル鋳鉄管で連結された場合を解析対象として設定した。既設ポンプ場は地下1階の地下構造物、新設ポンプ場は地下1階・地上1階の半地下構造物とし、それぞれの寸法は表-1のように設定した。新・旧構造物の離間距離は3mとし、管路の長さは5m、直径は0.8mと仮定した。

(2) 解析モデル

三次元動的解析に用いた有限要素モデルを図-1に示す。そして、表層地盤を取り除いて表示したものを図-2に示す。境界条件は、側方境界は粘性境界、下方境界は剛基盤とした。

(3) 動的物性値

ポンプ場、管路および地盤の動的物性値は、表-2と表-3のように設定した。新設ポンプ場と既存ポンプ場は鉄筋コンクリート造とした。管路については、連続体解析により管路のジョイント部の伸縮を考慮するために、管路の動的せん断剛性は地盤と同じ値を仮定した。減衰定数については、強震時のひずみ依存性を念頭に置いて、一般的に想定される値よりもやや大きな値を仮定した。

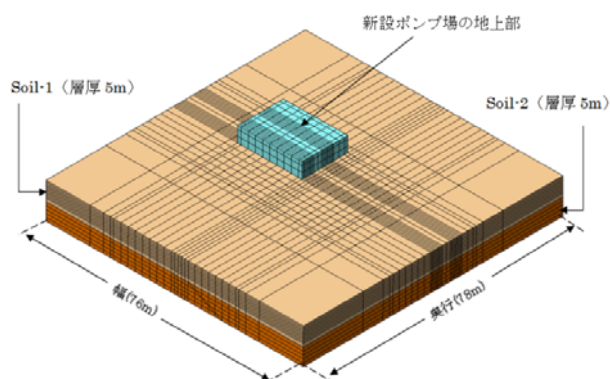


図-1 三次元解析モデル（全体）

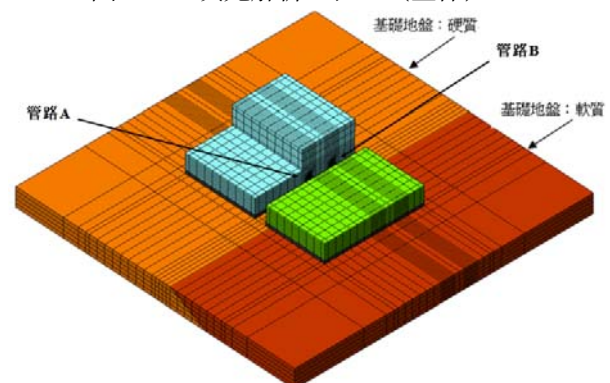


図-2 解析対象とした構造物と管路
（表層地盤を除いて表示）

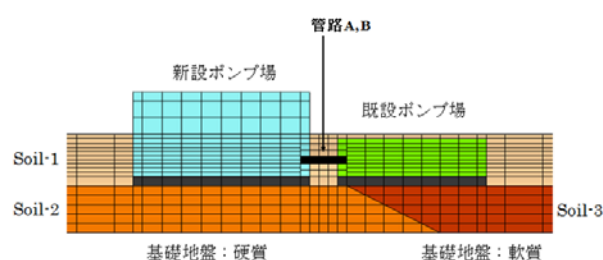


図-3 解析モデルの断面

表-1 新設および既設ポンプの寸法

構造物	幅		高さ		奥行	
	地上	地下	地上	地下	地上	地下
新設	19m	19m	5m	5m	13m	26m
既設	16m		5m		26m	

キーワード：ポンプ場，ダクタイル鋳鉄管，相対変位，三次元動的解析，耐震性能照査

連絡先：〒036-8561 青森県弘前市文京町3 弘前大学大学院理工学研究科 Tel・Fax 0172-39-3608

表-2 ポンプ場と管路の動的物性値

項目	新設 ポンプ場	既設 ポンプ場	管路	
			A	B
せん断剛性 (N/mm ²)	9400	9400	12	12
密度(g/cm ³)	2.35	2.35	7	7
ポアソン比	0.2	0.2	0.28	0.28
減衰定数	0.04	0.04	0.04	0.04

表-3 地盤の動的物性値

地盤 構成	層 厚 (m)	S波 速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	ポア ソン 比	せん断 剛性 (N/mm ²)	減衰 定数
Soil-1	5	180	1.98	0.4	12	0.08
Soil-2	5	330	1.96	0.4	40	0.08
Soil-3	5	180	1.98	0.4	12	0.08

(4) 入力地震動

入力地震動には、図-4 に示したような、レベル2 地震動として策定された模擬地震動²⁾を使用した。入力地震動の最大加速度は 633.64 gal であり、新・旧ポンプ場の横断方向（管路の軸方向）に入力した。

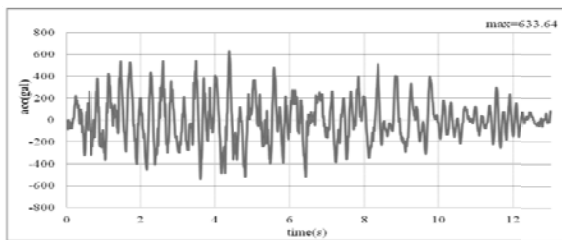


図-4 解析に用いた入力地震動

(5) 解析結果

ふたつのポンプ場が最も遠ざかった時の変位図を図-5（管路 A の縦断面）に示す。また、図-6 に示した代表出力位置の相対変位量を表-4 に示す。今回の解析では、管路の両端の最大相対変位量は、管路 A、管路 B ともに 10.8mm となった。

3. あとがき

動的応答特性が異なる二つの構造物を解析対象として、三次元動的解析によりそれらの地震時挙動を解析した結果、両者が互いに逆位相で変位挙動することによって両者間の相対変位が大きくなることを確認することができた。こうした相対変位の増大によって、管路や構造物が損傷・破壊を受ける可能性があるものと考察される。複数の構造物で構成される、複合構造的な施設の耐震性能照査に際しては、強震時の隣接構造物や連結構造

物の相互影響、基礎地盤の硬軟の影響等を的確に考慮することが重要であると考えられる。今後の課題としては、管路の継手部のモデル化（ジョイント要素の活用）、地震動の作用方向の影響、動的物性値の非線形性の影響等について検討を深める予定である。

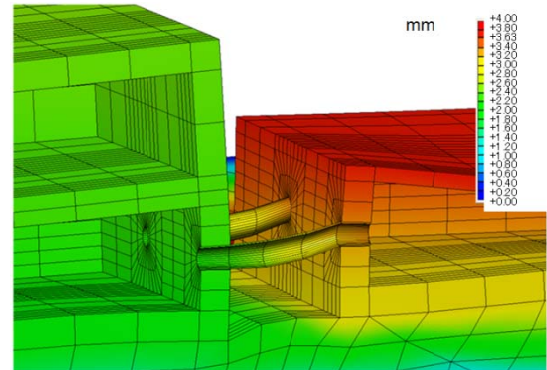
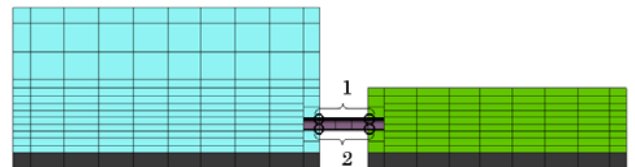
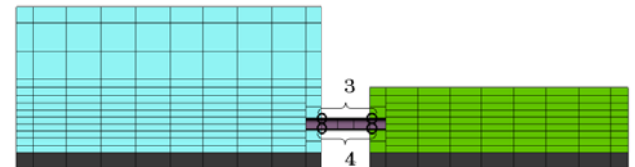


図-5 新・旧ポンプ場が最も離れた時の変位図（連結部拡大、変位倍率 80 倍）



(1) 管路 A の縦断面



(2) 管路 B の縦断面

図-6 相対変位の代表出力位置

表-4 管路両端の相対変位量

位 置		最大相対変位(mm)
1	管路 A 上端	10.8
2	管路 A 下端	10.8
3	管路 B 上端	10.8
4	管路 B 下端	10.7

（備考）正：離反時，負：接近時

参考文献

- 1) 日本水道協会：水道施設耐震化の課題と方策，2008.12
- 2) 札幌市地震防災検討委員会：地震防災対策に関する提言，2005
- 3) 厚生労働省健康局水道課，日本水道協会：平成 23 年（2011 年）東日本大震災水道施設被害等現地調査団報告書，2011.9