

## 地中埋設管の耐震設計と震源域における地表面変位量について

日本上下水道設計 正会員 ○大嶽 公康  
東京工業大学 正会員 大町 達夫

### 1. はじめに

上水道、下水道、ガス等の埋設管路の耐震性を検討する上では、地震時における地盤の変位やひずみを評価することが非常に重要である。本研究では、上水道、下水道、ガス、共同溝の現行耐震基準について整理した上で、埋設管路の実被害と現行基準による埋設管路の耐震計算値とを比較する。さらに1995年兵庫県南部地震における地震観測記録、数値シミュレーションから震源域の地盤変位を推定し、設計で用いる地表面変位量について検討する。

### 2. 兵庫県南部地震後の地中構造物の設計基準の改訂内容

地中構造物の現行設計基準を把握するために、上水道管、下水道管、ガス管、共同溝を対象として、兵庫県南部地震以降の非液状化地盤における設計荷重に関わる事項を整理した。共同溝以外の各地中埋設管における設計基準は、兵庫県南部地震以降、レベル2地震動の導入に伴い、大改訂されており、設計速度応答スペクトルが、従来の設計基準の約8倍の大きさとなっている。しかし、一様地盤における地盤変位量の算定方法、静的解析手法については従来基準と同じである。各設計基準の設計速度応答スペクトルより算定される地表面変位を図-1に示す。

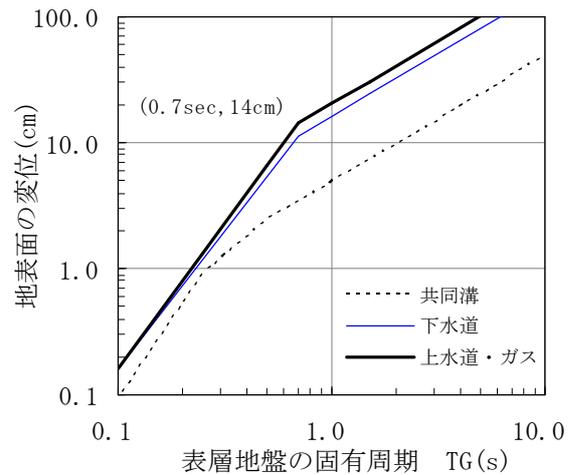


図-1 各設計基準の変位計算式より求められる地表面の変位量

### 3. 埋設管路の実被害と現行耐震計算値との比較

神戸市において兵庫県南部地震により上水道管路に被害が発生した地点を対象として、現行設計基準による設計計算を行い、実被害との比較を行った。計算対象は、ダクタイル鋳鉄管であり、計算対象地点の管路の被害形態を表-1に示す<sup>1)</sup>。

図-2は「水道施設耐震工法指針・解説の応答変位法による継手構造管路」による継手変位量の耐震計算結果を示しており、全ての条件（地点、口径）において、およそ許容値以下となり、継手の抜けが発生しないこととなった。以上のように、実際には被害が発生しているが、現行設計法による計算値によれば管路は2倍程度の安全率を確保する結果となった。

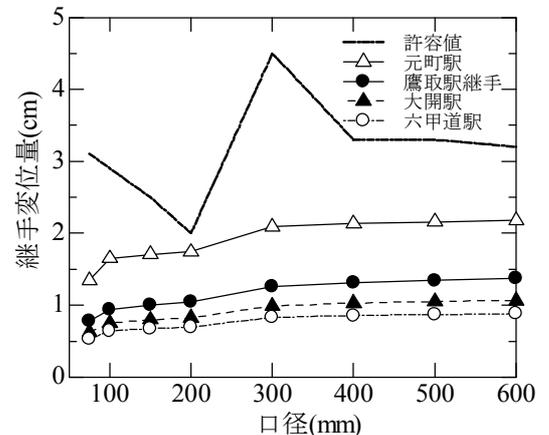


図-2 継手変位量の耐震計算結果

### 4. 兵庫県南部地震による地表面変位

埋設管路の地震被害に影響を及ぼすと考えられる地表面変位量について、兵庫県南部地震の永久変位量の観測値及び数値シミュレーションにより推定する。

#### (1) 三角点変位量

国土地理院では、兵庫県南部地震の震源近傍域を対象と

キーワード 埋設管、耐震設計、震源域、地表面変位量

連絡先 〒105-0112 東京都港区海岸1-9-15 日本上下水道設計（株）水道事業本部 TEL03-3432-4321

表-1 計算対象地点の管路被害形態の概要

対象地点	被害分類			
	継手抜け	破損	属具	計
鷹取駅	3	0	6	9
大開駅	5	0	1	6
元町駅	4	0	0	4
六甲道駅	14	0	1	15

して、地震後に三角点の改測を行っている。対象とした三角点は80点であり、平均変位量は35.3cmである。

(2) 航空写真測量による地表面永久変位量

兵庫県南部地震前後の永久変位量が航空写真測量を用いて推定されている。しかし永久変位量は、局所的なバラツキが多く全体的な変位の状況を把握することが困難と思われたため、約 500m メッシュ毎に変位量の平均値を求めた。

(3) 数値解析による変位量

断層の破壊過程を再現した兵庫県南部地震のシミュレーションは、いくつか行われているが、本論文では片岡<sup>2)</sup>の解析モデルを用い、境界要素法による数値解析を行った。図-4 に航空写真測量の平均値と三角点移動量、数値解析による永久変位量を示す。計算結果は、変位方向については観測値と比べ局所的に異なる箇所があるが、全体的な傾向は似ており、永久変位量の大きさについても観測値とほぼ同じであると言える。

(4) 地表面変位量の比較

表-2に現行設計基準による地表面変位量と航空写真測量による永久変位量、数値解析による動の変位量及び永久変位量の比較を示す。現行設計基準による地表面変位量は、数値シミュレーションにより推測された動の変位量の1/5程度である。

5. 結論

現行設計基準による地表面変位量は、数値シミュレーションにより推測された動の変位量の1/5程度であり、非常に小さい値である。この過小評価が現行設計と実被害との不整合性の主要因であると考えられる。震源域においては、実際に則して地盤変位を見直す必要があると考えられる。

**参考文献：**1) 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, 1996. 2) 片岡正次郎：三次元境界要素法による 1995年兵庫県南部地震のシミュレーション, 東京工業大学土木工学科研究報告, No.54, pp.11-20, 1996

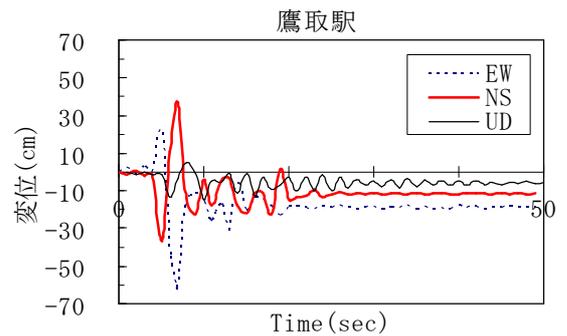


図-3 数値解析による変位時刻履歴波形

表-2 変位計算結果と航空写真測量による永久変位量

場所	設計変位量	永久変位量	数値解析変位量	
			動的変位	永久変位
鷹取駅	10.0	38.2	49.7	23.3
大開駅	6.6	56.5	43.2	24.5
元町駅	18.4	26.0	32.5	11.5
六甲道駅	3.3	15.1	41.4	35.6

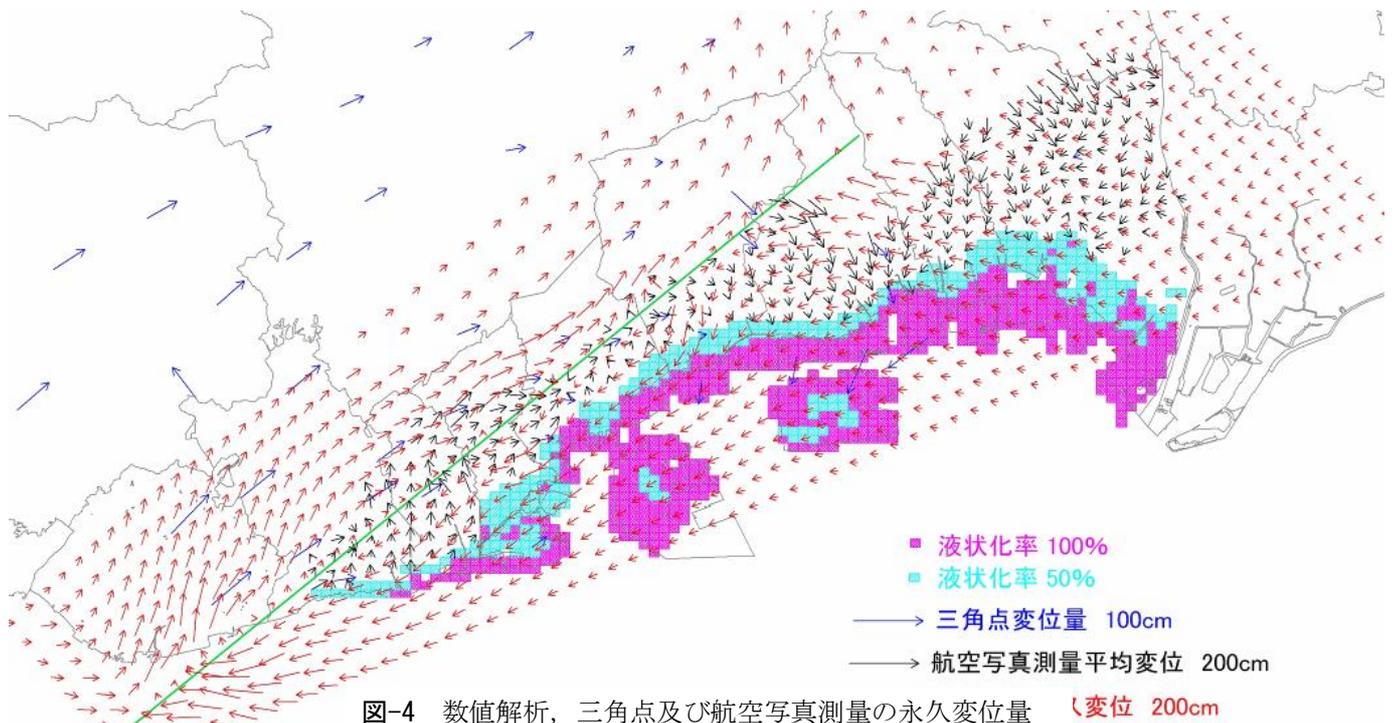


図-4 数値解析、三角点及び航空写真測量の永久変位量 (変位 200cm)