

日本電信電話公社 建設技術開発室 正員 梶本俊彦
 同 上 正員 沢橋剛志
 神戸大学 正員 高田至郎

1. はじめに

新潟地震以来、地盤の液状化による建造物の被害が目立つようになり、種々の液状化対策が施されてきている。しかしながら地下管路に関しては、有効な液状化対策が確立されていない現状にあり、昨年の日本海中部地震においても、地盤の液状化により多くのライフラインが被害を受けた。電電公社の地下管路設備についても、液状化の発生が広い範囲で見られた秋田県大潟村において、多くの機能障害が生じた。地震後の復旧工事に合わせて、設備の被害状況を調査した結果、マンホールと地下管路の比重の差によりマンホールと管路に相対変位が生じ、これにより管路が損傷しているケースが多いことが明らかになった。本報告は、この被害状況に基づき、特にマンホール近傍に着目して、液状化時の地下管路の挙動を理論解析により明らかにし、地下管路の液状化に対する有効な手段について考察を加えたものである。

2. 地盤の液状化による被害状況

地盤の液状化による地下管路設備の被害状況の一例として、地震前後における地下管路及びマンホールの位置関係を調査した結果を図-1に示す。この例では、地震前を基準とすると、マンホールは5 cm浮上しているのに対して、管路はマンホールから一本目の継手部で4.5 cm沈下し、この継手部で屈曲が生じていた。この傾向は、被害状況調査を行った他の個所でも認められていることから、一般に地盤の液状化が発生すると、比重の小さいマンホールは浮上する一方、比較的比重の大きい管路は地盤とともに沈下するため、両者の間に相対変位が生じ、これによって管路部分に過大な曲げが発生して管路に損傷を与えるものと推測できる。

3. 解析手法及び解析モデル

上記の被害状況から、今回特にマンホール近傍の管路部分に着目し、液状化地盤における地下管路の挙動解析を行うこととした。解析に用いた手法は弾性床上の梁理論に基づく擬似静的解析であり、計算にあたっては、伝達マトリックス法によるプログラムERAUL⁽¹⁾を使用した。

3.1 地盤モデル…管軸方向地盤ばね特性は実験により求め、図-2のようにモデル化した。ただし、液状化時には地盤の支持力が低下し、初期の地盤ばね定数の $2/5 \sim 1/10$ 程度に変化することが知られているので、図-2の値の $1/10$ の値を用いた。管軸直角方向地盤ばね特性については、ガス導管指針等を参考にして線形とした。

3.2 入力地動モデル…入力地動は、管路とマンホールの比重の違いに起因する両者の相対変位量でモデル化した。

4. 解析結果及び考察

4.1 予備解析結果

最初に、現行の設備形態に基づいて予備解析を行った。その一例として、表-1に示す形態について、マンホール取付部及びマンホール取付部以外のそれぞれについて、最大管体応力及び最大継手回転角を求めた結果を表-2に示す。これによると、マンホール取付部で管体に発生する応力は、管路のマンホールへの取付を伸縮構造とすることにより、大幅に低減できることがわかる。また、マンホール取付部以外の個所に伸縮継手を設置した場合は、この部分に発生する応力が緩和されている反面、継手の回転角が大きくなりすぎる傾向がある。

4.2 継手種類の影響

予備解析結果から、管体に発生する応力を緩和するためには、マンホール取付部を伸縮構造とし、マンホール取付部以外の個所にも伸縮継手を設置することが有効であることがわかった。しかしながら、現行の伸縮継手では継手の回転角に問題があることから、現行型伸縮継手の代わりに、耐震用継手として新たに開発した改良型伸縮継手及び離脱防止継手を用いて解析を行った。図-3に入力地動7cmを与えたときの応力分布を、図-4に入力地動と継手回転角との関係を示す。これによると、改良型伸縮継手を用いれば、大幅に回転角を押さえることができるが、管体応力は増加し、そのピークがマンホール取付部以外の個所に発生していることがわかる。また離脱防止継手は、現行型伸縮継手と改良型伸縮継手との中間的な性状を示している。

4.3 マンホール浮上に対処した管路設備

次に、継手の設置位置を変えて、管体の許容応力、継手の許容回転角の範囲内で、最も大きな相対変位量に耐える管路形態を検討した。表-3は、改良型伸縮継手及び離脱防止継手を用いて、マンホールの許容浮上量が最大となるような継手の設置位置を求めたものである。これによれば、離脱防止継手をマンホール端から2.75mの位置に設置する場合が最もマンホール許容浮上量が大きくなることがわかる。電電公社では、マンホールそのものの浮上対策についても合わせて検討をすすめており、両者の対策の組み合わせにより、設備耐力の大幅な向上が可能になると考えられる。

文献(1): 高田, 高橋「硬質塩化ビニル管の地震時挙動シミュレーション」(水道協会雑誌第547号)

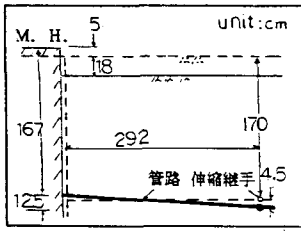


図-1 地盤の液状化による被害例

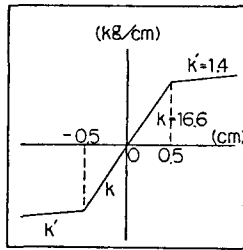


図-2 地盤ばね特性 (管軸方向)

表-1 管路の設備形態

ケース	形態図
S-1	剛結構造 ねじ継手 MH 55 55 55
S-2	剛結構造 伸縮継手 ねじ継手 MH 167 55 55 55
S-3	伸縮構造 ねじ継手 MH 55 55 55

表-2 予備解析結果

管路モデル	マンホール浮上量 (cm)	マンホール取付部		マンホール取付部以外	
		応力 (kg/cm ²)	回転角 (度)	応力 (kg/cm ²)	回転角 (度)
S-1	1.0	19300	-0.14×10^{-2}	-4900	-2.58×10^{-2}
S-2	1.0	18500	-0.14×10^{-2}	-740	4.18
S-3	1.0	9400	-2.65	-4400	-1.50×10^{-2}

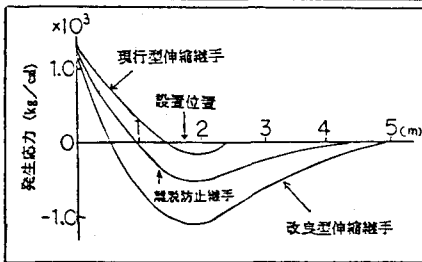


図-3 発生応力分布

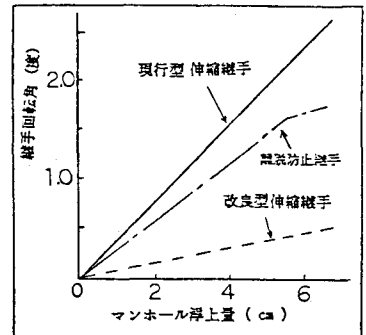


図-4 マンホール浮上量と継手回転角の関係

表-3 マンホール許容浮上量が最大となる継手の設置位置

継手の種類	マンホール端からの距離 (m)	マンホール許容浮上量 (cm)	マンホール取付部		マンホール取付部以外	
			応力 (kg/cm ²)	回転角 (度)	応力 (kg/cm ²)	回転角 (度)
改良型伸縮継手	1.65	7	1200	-2.2	-1200	0.5
離脱防止継手	2.75	8	1200	-2.0	-1100	1.4