

地中はしご配管路の地震応答解析

神戸大学工学部 正会員 高田 至郎
大阪ガス 正会員○堀之内伸裕

1. はじめに

曲管路、T字管路などは一部の耐震設計指針に取り上げられているが、はしご配管路に関しては解析手法が確立されておらず、その耐震性について検討されていないのが現状である。そこで本論文では、伝達マトリックス法と修正伝達マトリックス法を併用したはしご配管路用2次元非線形地震応答解析プログラム(ERAUL-M)を開発し、その耐震安全性が問題となっている既設はしご配管路を対象に地震応答解析を実施した。

2. 解析方法

伝達マトリックス法を用いてはしご配管路の枝管の両端部(主管との結合点)における物理量を関係づけ、得られた関係を格点マトリックスのように取り扱い、修正伝達マトリックス法を用いて全主管の要素ごとの物理量を決定している。そこから枝管両端部の物理量が明らかになり、修正伝達マトリックス法を用いて枝管部の物理量を決定している。

3. 地中管路モデル

中国北部の工業都市に敷設されている水道用供給管路(図.2.1を参照)を対象に、図.2.2に示すように管路の周りをコンクリートで覆って地震時に地盤運動の影響を減少することを目的とした2種類の耐震対策案(図.2.3を参照)について、その有効性を検討する。解析に用いた入力波動(図.2.4を参照)は直線管路部の相対変位を最大とするような正弦波で、振幅を3.0cmおよび波長を290mとした。

波種としては、運動方向と進行方向が一致する波動(以後、一様波動と略す)を仮定した。また、地盤変状に関しては正弦波形状を有しており(図.2.4を参照)、地盤変状量を3.0cmとした。地盤変状の位相は、180°位相(以上、位相変状と略す)を選び、主管(1)および主管(3)に適用している。また、主管(2)には位相差0°の地盤変状とした。管体諸元を表.2.1に示している。また、耐震対策を施している部分に関しては、地盤ばね特性(図.2.5を参照)を1/1000に低下させている。

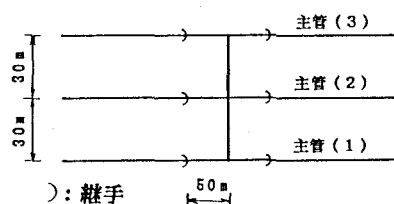


図.2.1 水道用供給管路

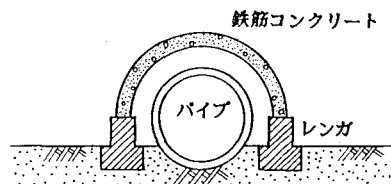


図.2.2 耐震対策方法

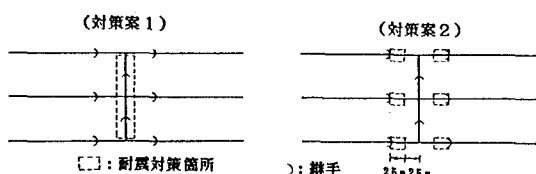


図.2.3 耐震対策案

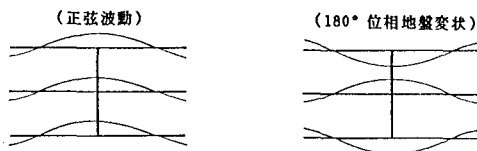


図.2.4 地盤の変形状態

表.2.1 管体諸元

	管径 D (mm)	断面積 A (cm ²)	断面2次モーメント, I (cm ⁴)
主管	140	480.004	0.115767x10 ⁷
枝管	120	410.889	0.726165x10 ⁶

※弾性係数: E = 2,100,000.0 (kgf/cm²)

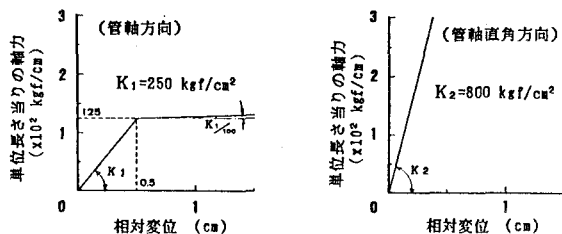


図.2.5 地盤ばね特性

4. 解析結果

”対策案1”を検討するため、図.3.1に示す解析モデルを設定してERAUL-Mプログラムにより応答解析を実施した。枝管側の十字部-T字部間における曲げひずみ応答分布を図.3.2に示す。ここで、”継手なし、対策なし、一様波動”モデルのみ振幅1.0cm、2.0cm、3.0cmの3種類を図示し、その他のモデルでは振幅3.0cmの場合のみ示している。

(対策案1)

”対策なし、一様波動”モデルについて、枝管長(枝管側十字部とT字部間の長さ)が30mと長い場合、十字部・T字部の影響を互いに受けることなく、それぞれの異型部付近にのみ曲げひずみが卓越している。しかし、”対策なし、一様波動”モデルと比べて、”対策あり、一様波動”モデルでは、ほとんど曲げひずみを生じてはいない。これは、全枝管部分に耐震対策を施していることから、枝管に作用する地盤の拘束力が低下し、枝管の挙動は地盤の挙動には追従しにくくなる。しかし、枝管の挙動は主管側異型部(十字部およびT字部)の管路挙動に追従されやすい傾向となるため、枝管が平行移動するものと考えられる。それゆえ、枝管に極めて小さな曲げひずみしか発生しない。

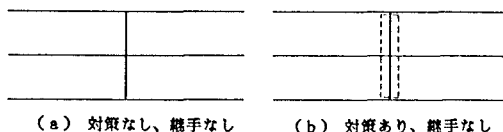


図.3.1 ”対策案1”の解析モデル

”対策なし、位相変状”モデルにおいては、枝管部分にも正弦波形状の地盤変状を生じるために、管路の挙動は複雑になる。しかし、十字部とT字部との中間部の曲げひずみ分布は枝管の変形に似通った応答を示すが、十字部・T字部付近にて曲げひずみ分布は正から負への移行をしており、曲げひずみ分布が地盤変形に従っていないことがわかる。十字部・T字部付近では見かけ上管路の管体剛性が増加するため、曲げひずみ分布が枝管の挙動に従いにくくなるものと考えられる。

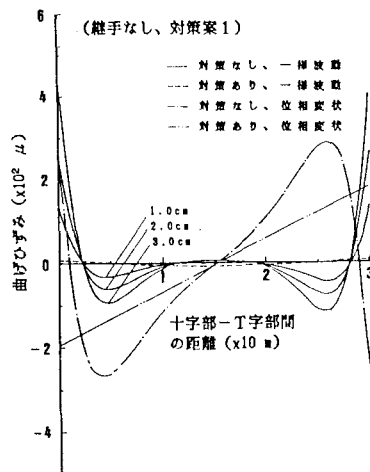


図.3.2 枝管側十字部-T字部間の曲げひずみ分布

また、”対策あり、位相変状”モデルでは、十字部-T字部間にてほぼ一定の傾きを有する直線のような曲げひずみ分布となっている。これは、全枝管に作用する地盤ばねの低下により、”対策あり、一様波動”モデルと同様に主管側十字部、T字部の挙動に枝管の挙動が追従する傾向となるためである。

5. おわりに

今回対象にした地中はしご配管路の耐震対策として、”対策案1”は有効であると考えられる。また、”対策案2”に関する検討結果は当日発表する。