

I-546

管路の補剛による液状化対策の効果について

熊本大学工学部

正 員 ○秋吉 卓

八代工業高等専門学校

正 員 洲田 邦彦

日本道路公団

正 員 大部蘭和久

1. まえがき 地盤の液状化が起こると、埋設管等には何がしかの被害が出てきたが、極端な場合は管体の地表面までの浮上や側方への流動が見られた。そのため液状化を起こりにくくする工法が種々考案され、施工されつつあるが、その効果についてはそれほど明確ではない。また管体間の継手の改良によって、地震時の被害を軽減してきたが、上述の管体の浮上や側方流動という大変形には継手も対応しきれないこともある。そこで本研究では、主管と平行に補剛用の管を結合することにより、主として管の曲げ変形時の継手部の引抜け・回転角を許容値以下に抑えられるか否かを静的に検討したので、ここに報告する。

2. 埋設管路のモデル化と基礎方程式 埋設管を図1のように、弾性床土上の梁とみなし、各管体は伸縮ばねと回転ばねによる継手で連結されているものとする。また、埋設管の慣性力や減衰力の影響は小さいものとして無視し、外力は液状化時の浮力や側方流動による地盤の強制変形とし、さらに管体は変形後も弾性範囲内にあるものとする。このとき埋設管の基礎方程式は次のように書ける¹⁾。

a) 管軸方向

$$-EA \frac{d^2 u}{dx^2} + k_{sx} \cdot u = k_{sx} \cdot u_{sx} \quad \dots (1)$$

b) 管軸直角方向

$$-EI \frac{d^4 v}{dx^4} + k_{sy} \cdot v = k_{sy} \cdot v_{sy} + P \quad \dots (2)$$

ここに、 E, I, A = 管体の弾性定数、断面2次モーメント、断面積、 k_{sx}, k_{sy} = 地盤の管軸方向、管軸直角方向の単位長さ当りのばね定数、 u, v および u_{sx}, v_{sy} = それぞれ管軸方向、管軸直角方向の管体および地盤変位、 P = 浮力などの管に作用する力。

ここでは、各管路ごとに式(1)の引張・圧縮と、式(2)の曲げ変形とは連成させないことにしている。また長い管路について数値誤差の累積を妨ぐため、修正伝達マトリックス法を用いている²⁾。

3. 解析結果 本研究で提案する補剛された管路の概念図は図2のようなものである。伸縮継手を有する主管の上下・左右に補剛用の管を、バンドと補剛板により結合する構造のもので、主として曲げ変形に抵抗し、浮上がり等の大変形を抑えて、継手の回転角・引抜けを軽減しようとするものである。

解析の対象とする管路モデルは、図3のモデル2であるが、比較のため補剛しない従来の管路をモデル1としている。両者とも $20 \times 5 \text{ m} = 100 \text{ m}$ の連結

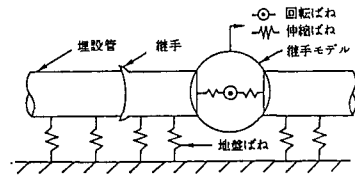


図1 埋設管のモデル化¹⁾

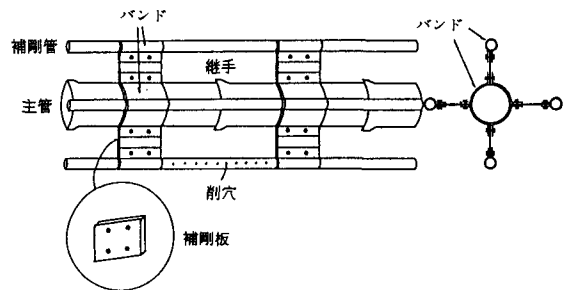


図2 提案する補剛管路モデルの概念図

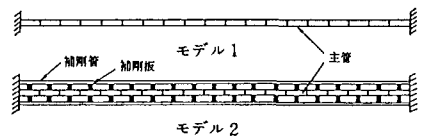


図3 解析用モデル (20@5m=100m)

表1 埋設管の諸元

	呼び径 (mm)	外径 (mm)	管厚 (mm)	弾性定数 (kgf/cm ²)	単位体積重量 (gf/cm ³)
主 管	500	528.0	9.5	1.6×10^6	7.15
補剛管	100	118.0	7.5	1.6×10^6	7.15

表2 継手のばね定数の諸元

回転ばね定数(kgf・cm/°)	伸縮ばね定数(kgf/cm ²)
8 0 0	5 0 0 0

管で、両端は構造物等に固定され、外力として浮上や側方流動による横方向静的荷重を考えた。主管・補剛管の諸元は表1に示しているが、継手はS型を採用することにして、その回転・伸縮のばね特性を表2に掲げる。一方、完全液状化時の地盤ばね定数は、 $0.02(\text{kgf}/\text{cm}^3)$ とし、管の埋設深(2m)以上の変形が出ないようなバイリニア型剛性としている。

図4より、単管路のモデル1は地表面まで浮上しているが、補剛したモデル2管路は40cm程度である。このときの継手の回転角を図5に示しているが、モデル1では端部の継手で 2° にもなり、限界値に近いが、モデル2では非常に小さい。さらに、図6より、継手の抜け出し量は、モデル1では1.4cm出るのに、モデル2ではほとんど出ない。このように、補剛により、液状化時の管体浮上と継手変形を大幅に軽減する効果があることがわかる。

一方、主管の曲げ応力とせん断応力をそれぞれ、図7、8に示している。モデル1では管が地表面に浮き上がっているので中央部の応力は小さいが、固定端部では大きな曲げ応力が発生しているのに対して、モデル2では曲げ応力が補剛管・補剛板に分配されるので、主管の曲げ応力は全般的に軽減されており、液状化対策の効果が表われている。また液状化による浮上時の管体のせん断応力は、図8より、きわめて小さく、考慮する必要はなさそうである。

補剛管は、曲げ変形に抵抗するため、その軸応力は当然大きな値となるが(図9参照)、その軽減は容易である。その他の結果は講演時に述べる。

参考文献 1) 高田至郎, 高橋俊二, 山部泰男: 硬質塩化ビニー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, 1980. 2) 中村秀治: 数値誤差の改善を考慮した伝達マトリックス法の提案, 土木学会論文報告集, 第289号, 1979.

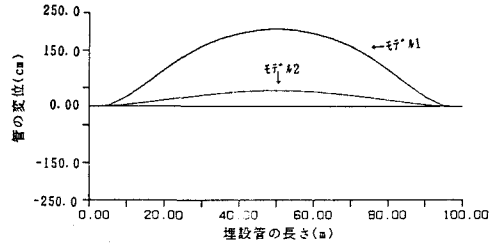


図4 浮力による主管の浮き上がり量

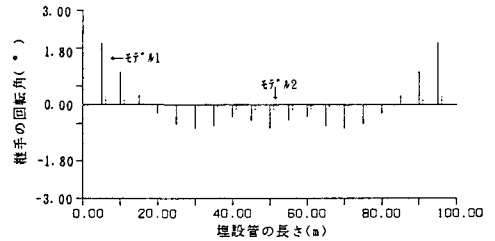


図5 浮力による継手(主管)の回転角

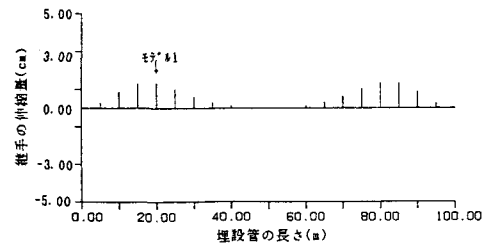


図6 浮力による継手(主管)の抜け出し量

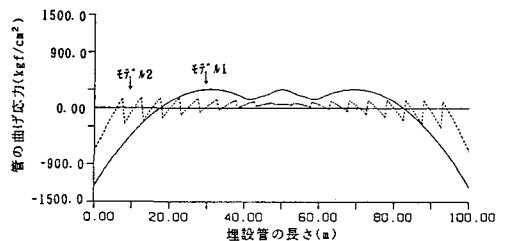


図7 浮力による主管の曲げ応力

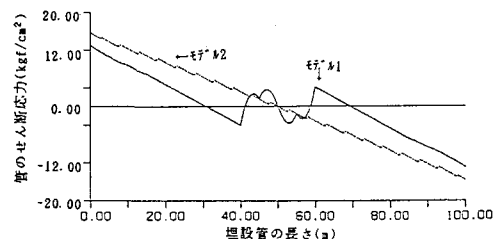


図8 浮力による主管のせん断応力

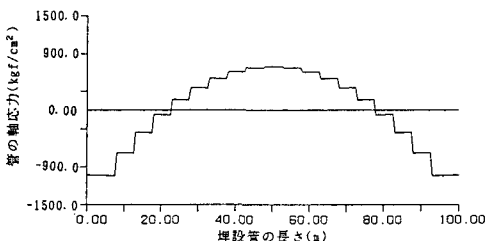


図9 浮力による補剛管の軸応力