

地盤の側方流動に対する管体補強の効果について

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 八代工業高等専門学校 正員 瀧田 邦彦
 熊本大学大学院 学生員 ○尻無濱昭三
 熊本大学工学部 和田 誠

1. まえがき 都市におけるライフラインとしての埋設管の安全性の確保がますます重要な課題になりつつある。とくに、地震時に地盤が液状化して、数mにも及ぶ地盤の流動などが起こる場合は、埋設管路に、折損、引抜け・押込み、浮上・沈下などの被害が生じ、都市機能が著しく低下するため、何らかの事前の対策が望まれている。これまでのところ、その対策として、耐震継手や地盤改良などの工法が採用されつつあるが、これらの液状化対策工法の優劣や有効性については、実証された例は少なくいまだ模索の段階である。著者らは、地盤改良が困難な場合の補助的な手段として、主管と平行に補強用の管を結合する管体補強工法を提案しているが¹⁾、今回は、屈曲した管路に補強工法を適用した例について報告する。

2. 埋設管路モデルと解析手法の概要 提案する、補強された埋設管は図1のような概念であり、側方流動に対して、それぞれ主管の左右の補強用の連続管と、これらの管路を緊結する補強板とによって抵抗しようとするものである¹⁾。解析においては、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、外力は液状化時の側方流動による地盤の強制変形とし、管体は変形後も弾性範囲内にあるものとする。主管は、伸縮ばねと回転ばねによる継手で連結され、かつ各管体は地盤ばねにより支持される、弾性床上の梁でモデル化する。このような管路モデルにおいて、管軸方向および管軸直角方向の基礎方程式を解くことにより、側方流動に対する管路の応答を得るが、ここでは省略する。なお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⁾。

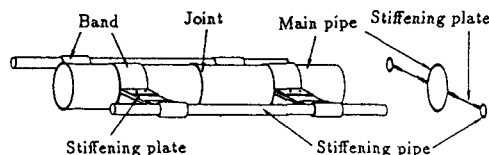


図1 提案する補強管路の概念図

3. 解析結果と考察 本研究での解析用モデルは、図2に示すように、地盤の一部(100m)区間が液状化・流動化による大変位をするところに、屈曲した管路が水平に埋設されているものである。主管は、口径500mmのダクトイル管、補強管は口径100mmの铸铁管、さらに補強板は500×500×10mmの鉄板を標準値として採用し、その諸元を表1に掲げた。液状化時の地盤のばね定数は、室内実験の結果等を参考に^{3),4)}、平常時の1%程度とし、バイリニア型の非線形特性を持たせ、降伏時の相対変位を1mmとした。継手は、S型（耐震継手）とGM型（ガス管継手）について考え、その諸元を表2に示しているが、その復元力特性は、S型は非常に剛で、GM型は極端に軟らかい特徴がある¹⁾。外力は液状化土の側方流動が図2のy軸方向に作用するものとし、最大2mの台形分布を考える。以下ではS型継手を有する、補強された管路の効果について、単管（主管のみ）と比較し、検討する。

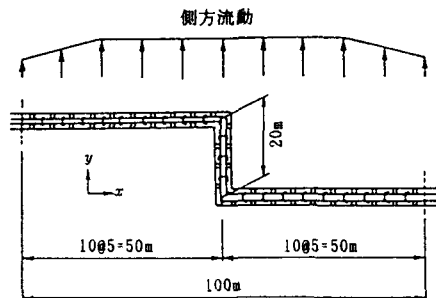


図2 解析用モデル（平面図）

図3は、直線管路の応答を示したもので、(a),(b)および(c)はそれぞれ、管変位、曲げ応力およびせん断応力を表わしているが、剛性の高いS型継手では、伸縮継手だけの単管でも側方流動に抵抗していることがわかる。

図4は、屈曲管路の応答を示したものである。伸縮継手以外の液状化対策をとらない単管の場合には、2mの地盤変形に対して、(a)の管変位は中央部で地盤変位に追従するのに対して、補強した管路では変形は小さく滑らかである。継手の回転角[(b)図]および継手伸縮量[(c)図]は、上述の管

表1 埋設管の諸元

	呼径 (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	9.5	1.6×10^8	7.15
補強管	100	118	7.5	1.6×10^8	7.15
継 手	(mm)	(mm)	(mm)	(kgf/cm ²)	単位体積重量 (gf/cm ³)
補強板	500	500	10	1.6×10^8	7.15

表2 継手ばね定数の諸元

	回転ばね定数 (kgf・cm/°)	伸縮ばね定数 (kgf/cm)
S型	8×10^5	5000
GM型	500	2500

体変位を反映したものであり、単管路の場合は、液状化境界部に近い継手の回転角は 1° 、また継手の伸縮量は1cm程度に達し、屈曲管の場合には、S型の伸縮継手だけでは、側方流動に抗しきれない場合もあることがわかる。一方、補強された管路では図上に表われない程、継手部の変形が小さく、補強により、液状化時の管体変位と継手変形を大幅に軽減する効果があることがわかる。

さらに、主管の曲げ応力とせん断応力をそれぞれ、図(d)、(e)に示している。単管では固定端部でやや大きな曲げ応力が発生し、その分布は滑らかであるのに対して、補強管では曲げ応力が補剛管・補剛板に分配されるので、主管の曲げ応力は複雑に変動するが、最大でも 500kgf/cm^2 程度の値である。また管体のせん断応力は、単管・補強管とも、きわめて小さく、主管では無視しうることを示している。一方、補強管は、曲げ変形に抵抗するため、図(f)では 800kgf/cm^2 前後の引張り軸応力が発生しているが、補強管と補強板の大きさを改良することにより、主管および補強部の応力などを低下させるのは容易である。

参考文献 1)秋吉卓・他3名：第8回日本地震工学シンポジウム論文集、1990。 2)中村秀治：土木学会論文報告集、第289号、1979。 3)高田至郎：昭和62年度科学研究費補助金（総合研究A、代表 土岐憲三）研究成果報告書、1988。 4)秋吉卓・他2名：土木構造・材料論文集、第5号、九州橋梁・構造工学研究会、1990。

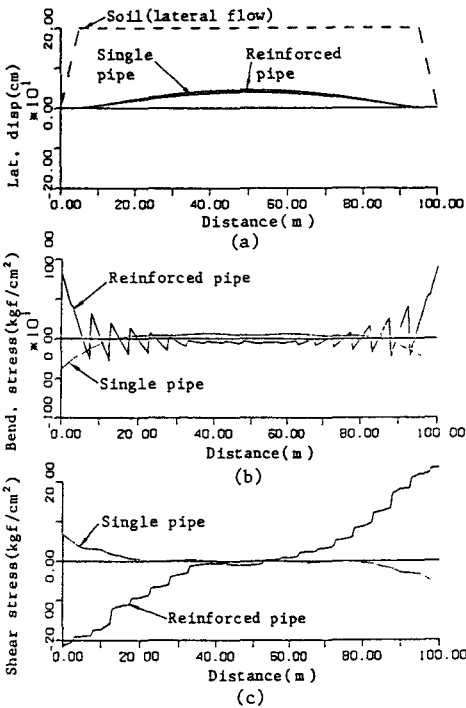


図3 側方流動による直線管路の応答

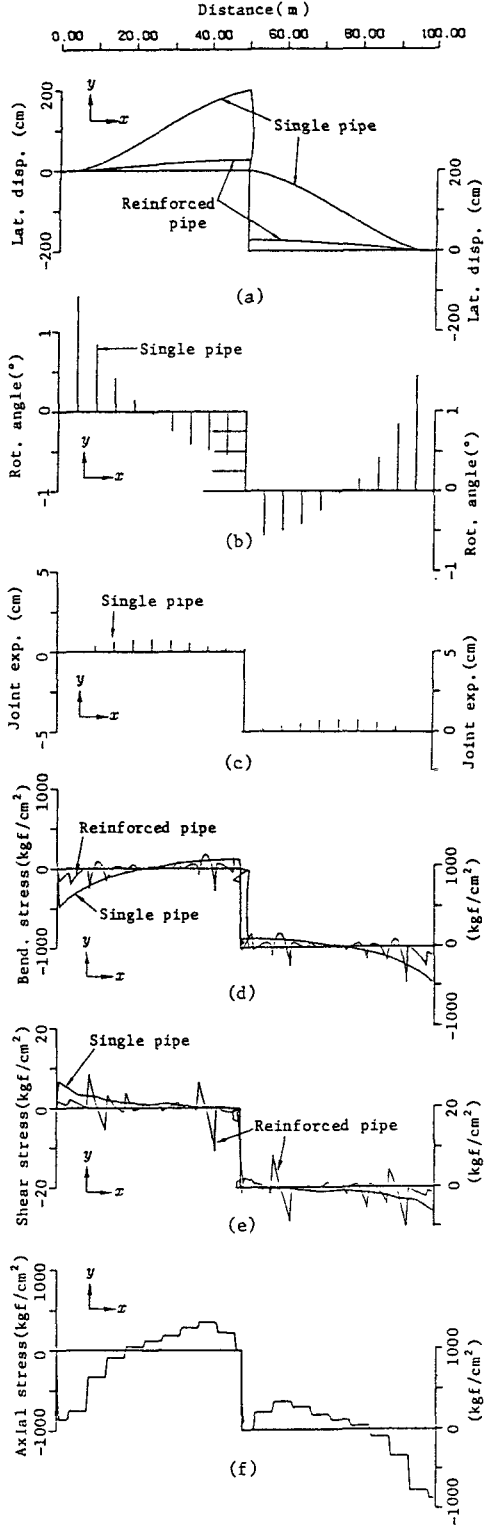


図4 側方流動による屈曲管路の応答