

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
 熊本大学大学院 ○学生員 尻無濱昭三
 熊本大学大学院 学生員 堤 隆

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ことがあり、そのため埋設管路には、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。本研究では、管体補強工法¹⁾と他工法との比較により、その力学的な有効性について、理論的に考察する。

2. 解析対象の地盤-管路モデル 図1の最上図は、水位の高い砂質地盤中に伸縮継手を持った管路が水平に埋設され、その両端が構造物やマンホールなどに結合されている、典型的な例である。このような液状化しやすい環境下の対策工法として、ここでは図1に4種の工法(Case1～Case4)を取り上げ、比較検討する。

Case1は、主管が伸縮継手で結合されているのみの場合であり、地盤への追従性が良いため、地盤の大変形の影響を受けやすい。Case2は、著者らの提案する、主管に平行に補強用の管路を結合し、主として側方流動・沈下・浮上などに対して管路の曲げ抵抗を増強することを目指している。Case3は、管路周辺の砂を碎石で置換して、その部分の液状化を防止することを目指すもので、碎石は金網などで保護されている。Case4は、鉛直支持杭の頂部に主管を結合している。

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、外力は液状化時の浮力や側方流動による地盤の強制変形として、静的な取扱いとする²⁾。また管路は、地盤ばねによって支持されている管体と、伸縮・回転のばねとしての継手ばねとで構成されているものとする。なお、地盤ばねと等価な地盤反力係数 $k(\text{kgf}/\text{cm}^3)$ は、水平方向は一樣とし、一方鉛直方向は松本らの実験式を採用することにした³⁾；

$$k(\text{kgf}/\text{cm}^3) = 0.13 \cdot \sigma'_v(\text{gf}/\text{cm}^2) \quad (1)$$

ただし、 σ'_v は液状化時の有効応力であり、大変形では k は塑性化するものとする。

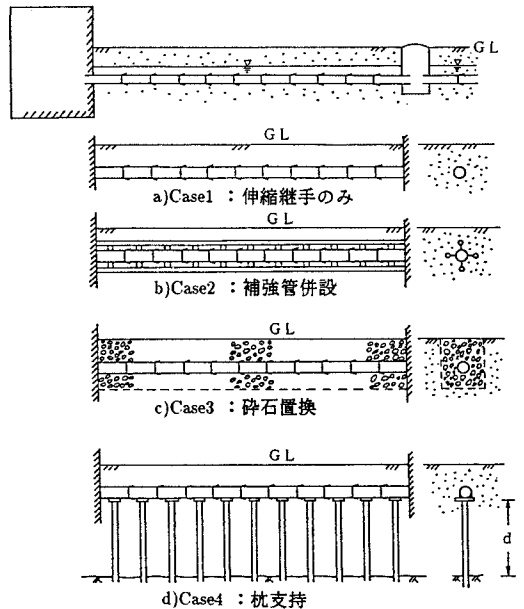


図1 液状化対策のいくつかの例

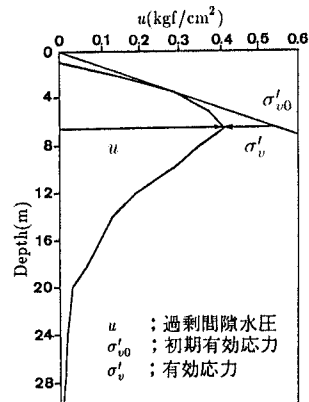


図2 過剰間隙水圧の深度分布(最大値)

3. 解析結果と考察

解析の対象とする管路は、20@5m=100m、口径 500mm、厚さ 9.5mm のダクタイル鋳鉄管とし、有効応力は、図2のような新潟市川岸町の地盤モデルにエルセントロ (60gal) を入力した液状化計算から求め、管路解析は伝達マトリックス法によった⁴⁾。以下には、側方流動により構造物と地盤とが 2m のくい違いが生じた場合の各工法を比較する。

図3は、伸縮継手以外の液状化対策をとらない Case1 の結果であるが、剛性の小さいGM型継手の場合について示している。2m の地盤変形に対して、Case1 の伸縮継手のみでは管は地盤にそのまま追従するのに対して、補強した Case2 では管路の変形は小さく滑らかである。そのため、Case1 では継手回転角が 7°、継手伸縮量が 7.5cm にも達し、許容値を大幅に超えているのに、Case2 は図上に現れない。

一方、構造的な対策として代表的な杭支持 (Case4) の効果について示したのが図4である。この場合、杭は口径 319mm、厚さ 7mm で、根入長は $d=12m$ および $24m$ の2ケースを検討した。根入長 $d=12m$ 程度の摩擦杭では側方への抵抗力が弱いため変位抑制効果が小さいが、 $24m$ の根入れをすると、提案する補強工法と同程度の抵抗力を得ていることが分る。また根入が浅いと管体の変位が滑らかでないため、継手の回転角および伸縮量が、単管のそれと変わらず、許容値をはるかに越えている。しかし、管路両端部の曲げ応力では、杭支持の方が有利となっている。

参考文献 1) 秋吉卓・他2名：液状化時大変形を防止するための管体補剛の効果，第20回地震工学研究発表会講演概要集，pp.601～604，1989. 2) 高田至郎・他2名：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，pp.27～39，1980. 3) 松本秀應・他2名：液状化地盤における地盤反力係数，第22回土質工学研究発表会講演集，pp.827～828，1989. 4) 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，pp.43～53，1979.

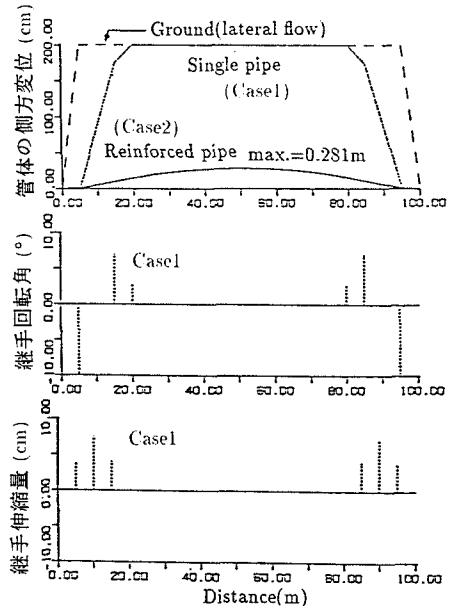


図3 側方流動に対する管応答 (地盤変位 = 2m, GM型継手)

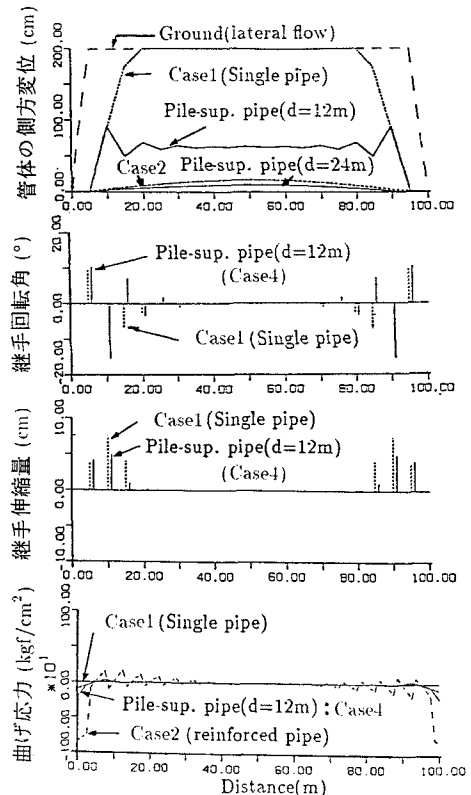


図4 側方流動に対する管応答 (地盤変位 = 2m, GM型継手)