

曲線部を有する地下埋設管の地震時挙動

関西大学大学院 学生員 奥村豊三
 関西大学工学部 正会員 西形達明
 関西大学工学部 正会員 西田一彦

1.はじめに

地震時には地下構造物は地上の構造物に比べて被害を受けにくいとされてきた。しかし、兵庫県南部地震においてライフラインである地下埋設管は甚大な被害を受けた。とくに、軟弱な地盤内に敷設された埋設管の被害が大きかったようである。被害状況としては継手の抜き出しが最も多く、次に地盤状況の変化部あるいは埋設管構造の変化部における管体の破損が多く報告されている。そこで、本研究では埋設管の曲線部に注目し、その地震時の挙動を応答変位法により検討を行った。さらに、管体に継手を設け、地震時の管体に対する継手の影響を検討した。

2.解析手法

解析は、動的な問題を静的な問題に置き換えて計算を行う応答変位法を用いている。本研究では図-1 に示すような一定深さ(5m)に水平に埋設された曲管を想定した。これは図-2 に示すように、直線部の長さを 130m（入力波の1波長分）とし、CD 間に曲率半径 $R=30m$ の曲線部を有している。埋設管への加振による外力作用方向は図-2 の x 方向とし、埋設管の境界条件は A 点において x 方向変位拘束とし、B 点において y 方向および回転を拘束としている。地震応答解析に用いた地震波は最大加速度を 600gal とし、周期は水平 2 層地盤としての固有周期をもつ正弦波とした。また解析には外径 0.96m、内径 0.8m(肉厚 0.08m)のコンクリート製の埋設管を想定し、その物性値を表-1 に示す。また、継手を考慮する場合には、1 管体の有効長が 2.43m であることから、直線部の AC、BD 間において継手を 2.43m 間隔に設けた。

応答変位法においては、軸直角方向の地盤ばね kn とせん断方向の地盤ばね ks を介して埋設管に地震外力が作用することになる。これらの地盤ばね kn, ks は下水道施設耐震計算例¹⁾に示される方法によって地盤の N 値から算定した。

3.地盤の地震応答解析

対象とする地盤構造は図-1 に示すような、水平 2 層地盤中を想定し、この地盤の地震応答解析を行った。地盤の強度特性としては基盤層（地震波の入力部）の N 値を 50 とし、水平 2 層地盤の下層の N 値を 10 としている。上層地盤については軟弱地盤を想定して、その強度による影響を見るために N 値を 1~10 に変化させている。

図-3 は水平 2 層地盤の地震応答解析の結果であり、基盤層に対する相対変位量を示したもので、上層地盤の N 値を変化させた結果を示している。水平 2 層地盤では下層地盤で増幅された相対変位量が上層軟弱地盤でさらに大きく増幅され、とくに上層地盤の N 値が小さくなるほど相対変位量が顕著に大きくなっている。ここで、埋設管は表層より 5m の位置に設置するものと仮定していることから、図の深さ 5m における変位量を以後の埋設管の応答変位解析に用いている。

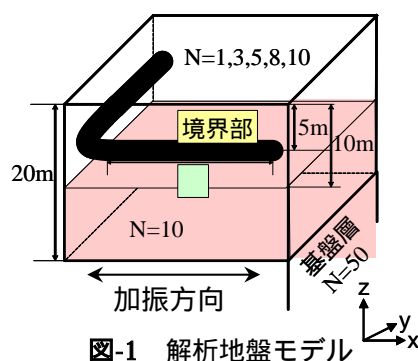


図-1 解析地盤モデル

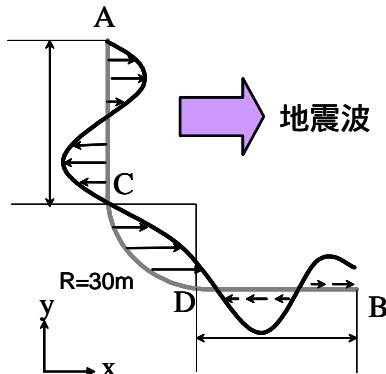


図-2 埋設管形状(平面図)

表-1 解析に用いる埋設管の物性値

弾性係数	ポアソン比	有効長	断面積
(kN/m^2)		(m)	(m^2)
3.3×10^7	0.3	2.34	0.22
	断面二次モーメント	許容曲げモーメント	許容軸力
	(m^4)	($kN \cdot m$)	(kN)
	0.022	1080	5304

4.埋設管の応答変位解析

埋設管の応答変位解析については管体の継手部を考慮する場合としない場合の両方を実施した．弾性係数の低い微小長さの管体を挿入することで継手部を表現している．図-4は継手の剛性の影響を調べるために，継手部と管体の弾性係数の比（剛性比）と局幹部の最大曲げモーメントの関係を見たものである．図から剛性比が0.1を下回ると，管体に作用する曲げモーメント，軸力の値が急激に減少する傾向が見られる．本研究では継手の剛性は微小であると考え，曲げモーメントが減少し始める剛性比0.02を用いることにした．

図-5は埋設管の応答変位解析結果の一例として曲線部における曲げモーメントの分布を示したものである．明らかに埋設管の曲線部において大きな曲げモーメントが作用していることがわかる．そこで，図-6は継手の有無の場合について，水平2層地盤内における埋設管の曲線部に生じる最大曲げモーメントを示したものである．図から，上層地盤のN値が減少すると曲線部に生じる最大曲げモーメントが増加する傾向が見られる．これは地盤のN値が低い軟弱な地盤では地盤の変形量が大きくなり，最大曲げモーメントが変位量に大きく依存することが原因となっている．さらに，図から継手を設けた場合，曲線部に生じる曲げモーメントが減少していることは明らかである．しかし，上層地盤のN値が低くなるにつれ，継手の影響が小さくなる．ただし，曲線部に生じる最大曲げモーメントは継手の有無に関わらず，表-1に示す許容曲げモーメントの値を下回っており，破壊に対する危険性は低いようである．

図-7は同様に埋設管の直線部に生じる最大軸力を示したものである．図から上層地盤のN値が増加すると直線部に生じる最大軸力も増加することがわかる．このことは地盤のN値が大きくなると，地盤の変形量が小さくなるが，反対に地盤ばね定数(ks)が大きくなるが原因となっているものと考えられる．

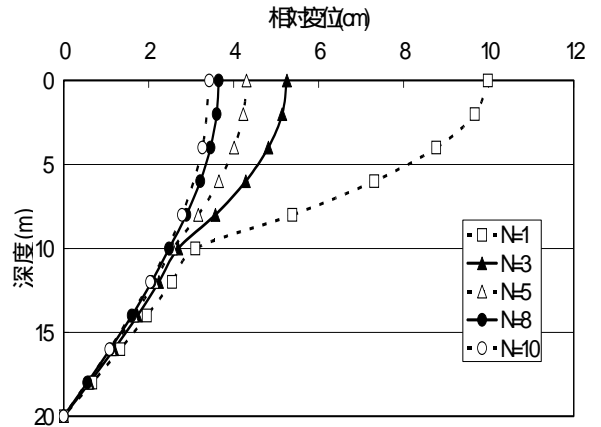


図-3 水平2層地盤における解析結果

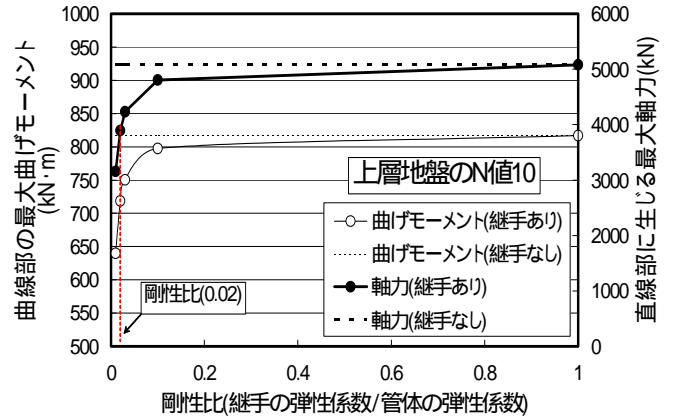


図-4 継手の剛性による最大曲げモーメントおよび最大軸力の変化

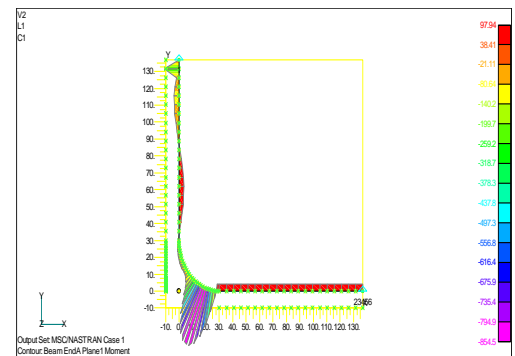


図-5 曲線部における曲げモーメント分布

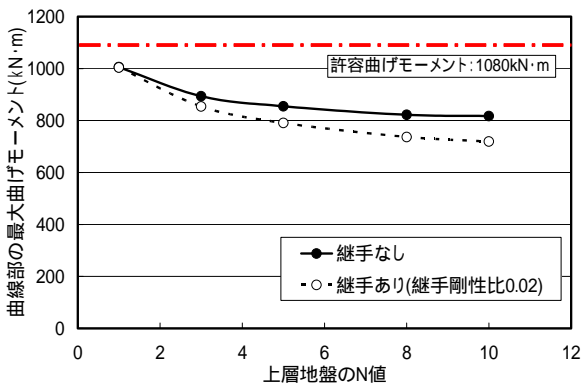


図-6 継手を考慮した時の曲線部の最大曲げモーメント

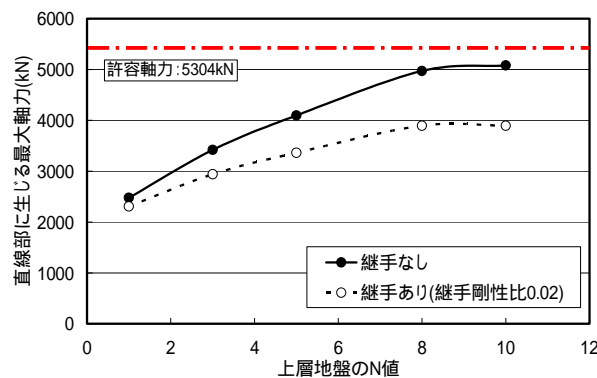


図-7 継手を考慮した時の直線部に生じる最大軸力

参考文献) 1)(社)日本下水道協会：下水道施設耐震計計算例，管路施設編後編，2001．