

I-574 地盤ばね定数の空間的ばらつきを考慮した地震時地盤変状を受ける地中埋設管の応答解析

金沢大学工学部 池本敏和, 同 北浦 勝
（財）大阪土質試験所 鶴来雅人

1. はじめに

近年、地中埋設管の地震時の応答に関する実験的研究、数値解析や地中埋設管をシステムとして取り扱った研究などが数多く行われており、それらの成果が徐々に蓄積されつつある^{1), 2)}。面的な広がりを持つ地中埋設管では、地盤定数などの空間的ばらつきが地中埋設管の地震応答に影響を及ぼしていることが考えられる。そこで本研究では、地中埋設管の地震応答解析における管-地盤系の地盤ばね定数のばらつきに着目し、その空間的ばらつきが地震時地盤変状中の地中埋設管の応答に及ぼす影響について検討を行った。

2. 地盤ばね定数の空間的ばらつき

管路を埋設するときには普通管路のまわりを砂で埋め戻す。したがって、管路のごく近傍では地盤ばね定数の空間的ばらつきは小さいものと考えられる。しかしながら地盤変状は管路のごく近傍のみで発生するのではなく、その周辺地盤をも含めて発生することから、地盤-管路系の地盤ばね定数には空間的なばらつきを考慮しなければならないことになる。一般には、地中埋設管に沿った地盤中の地盤ばね定数の分布を正確に把握することは難しいのが現状である。そこで本研究では、地盤ばね定数と線形的な関係で近似される N 値の空間的ばらつきを考え、これを用いて地盤ばね定数のモデル化を行う³⁾。

3. 解析手法および解析モデル

本解析では中村によって提案された修正伝達マトリックス法を用い⁴⁾、地中埋設管の応答を求める。地盤永久変形をFig.1に示すような調和波形および矩形で近似し、管路-地盤より成る系のばねをバイリニア型としてモデル化した。ここでは基本となる地盤ばね定数の値を 40kgf/cm^2 とした。また呼び径 400mm の鋼管を用い、管体は変形後も弾性範囲内にあるとした。管体の諸元をTable 1に示す。管路モデルは延長 100m であり、 5m の管路が20本で連結されているものである。地盤永久変形の諸元をTable 2に示す。また本解析のモデル化に当たっては簡単のために地盤ばね定数の値が管中央に対称となるように分布させた。地盤ばね定数の平均値が 40kgf/cm^2 に、変動係数が 0.3 に従う正規分布で地盤ばね定数の確率分布を近似し、モンテカルロシミュレーションによって地盤ばね定数の分布を6ケース求め、この分布を用い解析を行った。6ケースの地盤ばね定数の組合せをTable 3に示す。同表の k_i ($i = 0 \sim 2$)、埋設管端部の領域における地盤ばね定数の値を基本となる地盤ばね定数の値で除した値を表す。また、埋

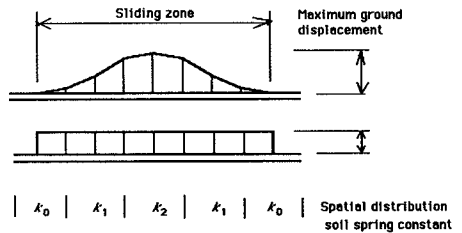


Fig.1 Ground deformation model.

Table 1 Dimensions of pipes.

Outer diameter (mm)	406.4
Inner diameter (mm)	394.4
Young's modulus (kgf/cm^2)	2.1×10^6
Length (mm)	5000

Table 2 Content of maximum ground displacement.

Sinusoidal curve displacement	Constant displacement
80 cm	15 cm

Table 3 Distribution of soil spring constants along buried pipeline.

Case number	k_0	k_1	k_2
0	1.00	1.00	1.00
1	0.68	0.95	1.35
2	0.68	1.35	0.95
3	0.95	0.68	1.35
4	0.95	1.35	0.68
5	1.35	0.68	0.95
6	1.35	0.95	0.68

設管端部の領域における地盤ばね定数値を 40kgf/cm^2 と仮定しているため、埋設管端部の領域での k_0 は1.0となる。地盤ばね定数の変動係数を ± 0.3 としているが、これは地盤ばね定数と線形の関係で近似される N 値に統計的な検討を加えた結果、 N 値が変動係数にして0.3のばらつきを有していたことによる。なお N 値の統計データとして、地中埋設管の敷設されている深さ1.5mでのデータを用いた。

4. 解析結果および考察

解析結果をFig. 2, 3に示す。これらの図は地盤ばね定数が管軸方向に一様に分布しているときの解析値、すなわちCase 0を基に規準化している。ここでは規準化された曲げモーメントを曲げモーメント比と呼ぶ。調和波形状の永久変形の解析結果に注目すると、地盤ばね定数の空間的ばらつきを考慮すると考慮しない場合に比べ、最大曲げモーメント比は約1.2倍になった。今回解析を行った範囲内においてはCase 0における最大曲げモーメント比の1.02倍に相当する許容曲げ強度を上回ったケースとしてCase 1とCase 3が挙げられる。これらの2つのケースでは、規準となる地盤ばね定数値 k_0 に比べ地盤変状の中央部における地盤ばね定数の値が大きいため地盤の管体への拘束力が大きく、そのために最大曲げモーメント比が大きくなったものと考えられる。つぎに矩形状の永久変形の解析結果に注目する。今回対象とした地盤永久変形では、許容曲げ強度を越えることはなかったものの、Case 5とCase 6において大きな値となった。この理由として、Table 3のCase 5, 6の k_0 , k_1 の値の比からわかるように、管体の曲げモーメント比は地盤変状中央部の地盤ばね定数より境界部の地盤ばね定数の影響を強く受けていることが考えられる。

5. まとめ

本研究では地盤ばね定数が空間的に分布することに注目し、地盤変状が管路に作用したときの地中埋設管の応答を数値解析を通じて明らかにした。本研究によって簡単なケースではあるが、地盤ばね定数の空間的ばらつきが地中埋設管の応答に及ぼす影響について検討することができた。今後は解析例を増し、検討を進めていく予定である。

最後に本研究は財団法人鹿島学術振興財団研究助成金(研究代表者 小堀為雄)によるものであり、記して感謝の意を表します。

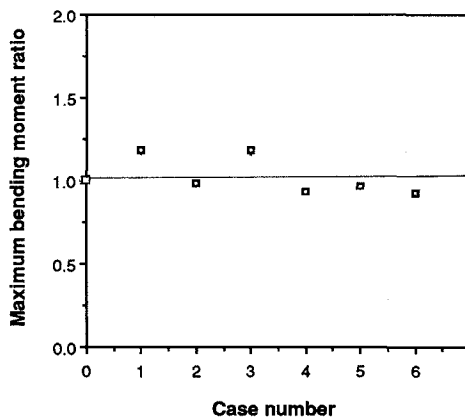


Fig.2 Maximum bending ratio for sinusoidal curve displacement.

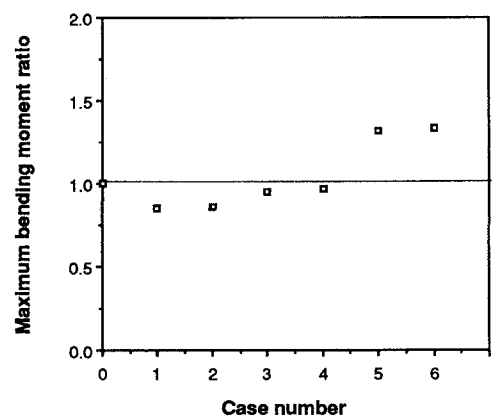


Fig.3 Maximum bending ratio for constant displacement.

参考文献

- 1) 高田至郎・山部泰男：沈下土層による埋設管路の大変形挙動実験とその解析，土木学会論文報告集，第323号，pp. 55-65, 1982.
- 2) Loh, C. H. and Hwang, Y. S. : Pipeline Response to Spatial Variation of Seismic Waves, Earthquake Behavior of Pipeline, PVP-Vol. 162, ASME, pp. 145-150, 1989.
- 3) 三木玉三郎：演習土質力学，オーム社，pp. 120-121, 1971.
- 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.