

I-576

コルゲートたわみ性管の埋設時挙動解析

株式会社クボタ 正 片桐 信
 神戸大学工学部 正 高田 至郎
 神戸大学大学院 学 山下 淳志

1. はじめに 最近、管表面に突起などを設けた変断面撓性管が地盤によく追従する、施工面で有利などの理由で多く用いられるようになってきている。しかし、変断面撓性管の土中挙動については未だに明らかにされておらず、明確な設計指針も確立されていないのが現状である。本報告では、変断面撓性管の土圧作用時の挙動を把握し、その解析手法を確立することを目的として埋設実験を行ってうえて、軸対称有限要素法を用いてシミュレーションを試み、解析結果と実験結果を比較、検討している。

2. 実験方法 対象とした管路は図1に示すように変断面形状を呈する硬質塩化ビニル製管路である。管路の諸元を表1に示す。実験は図2に示すように管路を土槽中央に埋設し、上部からロードセルを介して油圧ジャッキによって载荷を行っている。载荷は、1ステップ約2(ton/m²)として段階的に行い、载荷重が一定値に落ち着いた後(約15分程度)に次のステップに移った。なお、実験は密詰め(Dense)、緩詰め(Loose)の2種類の締固め状態の地盤について行っている。

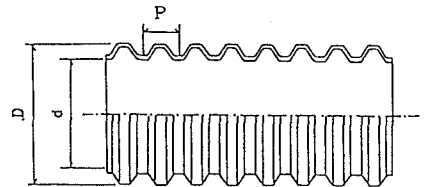


図1 対象管路概要

表1 管路の諸元

呼び径	D (mm)	d (mm)	P (mm)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
φ100	130.0	100.0	17.0	26000	0.38
φ200	258.0	200.0	29.5	26000	0.38

3. 実験結果 図3~4には、それぞれ管頂部鉛直土圧に対する管偏平量と管底部周方向ひずみの関係を示している。

偏平量およびひずみはほぼ管頂部鉛直土圧と線形関係にあって、埋設深さ約10(m)に相当する土圧2.5(kgf/cm²)作用時で偏平量は約3.5(mm) (外径の約2.7%)程度、最大ひずみも5000(μ)以下であり、本供試管が土圧に対して高い強度を有していることが認められる。

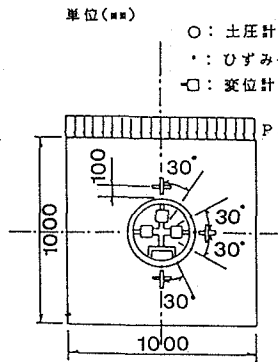


図2 実験方法概要

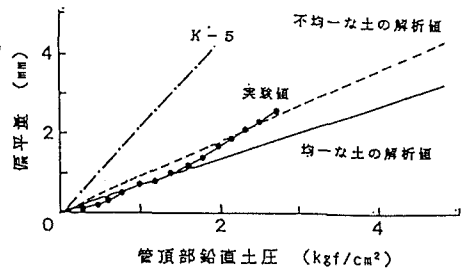


図3 管頂部鉛直土圧-偏平量関係

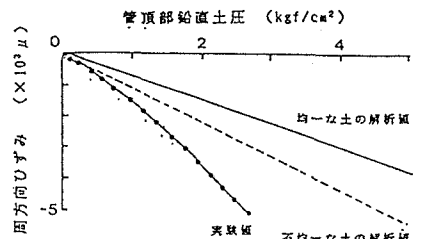


図4 管頂部鉛直土圧-管底部ひずみ関係

4. 軸対称FEMによるシミュレーション

解析モデルを図5に示す。モデルは管路1ピッチ分とし、厚さ10cmの土要素を加えている。土の弾性係数およびポアソン比については実験土の三軸圧縮試験結果¹⁾から、弾性係数を密詰め地盤(締固め度大)で400(kgf/cm²)、緩詰め地盤(締固め度小)で250(kgf/cm²)とし、ポアソン比は、各ケースともに実測の最大値程度の $\nu=0.4$ で一定とした。また、実験時の土圧分布は日本下水道協会²⁾

(以後、K-5と略す)
の提案している土圧分布
に基づいて推定した。

図6に示すように実験
時の管側部水平土圧は管
頂部鉛直土圧の増大に伴
って一定値に落ち着く傾
向があり、管底部鉛直土
圧も同様の傾向を示すこ
とから両者を管頂部鉛直
土圧の一次関数として単
回帰分析を行って算定し、有効支承角 2α を逆算した。図7には仮
定した土圧分布と土槽をモデル化した2次元FEM解析結果の比較を
示しているが、管側部でやや乱れるもののほぼ近似している。

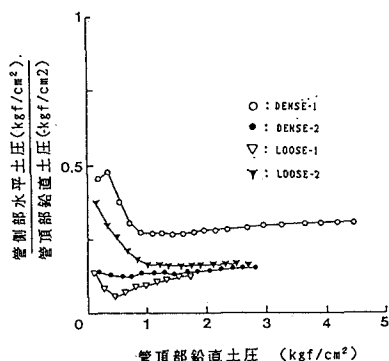


図6 管頂部鉛直土圧と

管側部水平土圧の比

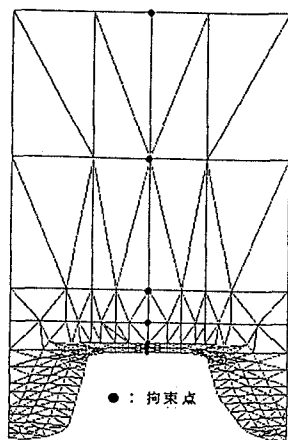


図5 解析モデル

解析は、土槽埋設実験で比較的良好な結果が得ら

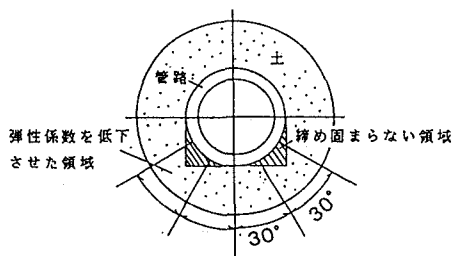


図8 締め固め不足を考慮した解析モデル

れたと思われるDense-2 (密詰め地盤)、Loose-1

(ゆる詰め地盤)の計2ケースについて行った。荷重モデルは、管頂部に単位荷重の鉛直土圧が作用するとして、前述の土圧分布をフーリエ級数展開することによって求めている。本解析では、展開項数を6として管路の線形挙動を解析した。

5. 解析結果 図3～4に、Dense-2における解析結果を示している。図より、載荷初期は解析結果は実験値とよく一致しているが、鉛直土圧が増加するにしたがって実験値よりも小さくなる傾向がある。これは、図8に示すように管底部付近は、管路の形状も影響して土を充分締め固めることができず、解析で設定した弾性係数よりも低くなっており、局部的に応力が集中したためと思われる。そこで、図8に示す土要素の弾性係数を50%低下させて ($E = 200 \text{ kgf/cm}^2$) 解析を行った結果を図3～4に示す。図より、偏平量、ひずみ量ともに地盤の不均一性を考慮しない時よりも大きくなっており、土の締め固め不足が発生ひずみを増大させることが明らかになった。

以上の結果から、土圧分布、地盤状態を適切に定めることによって、埋設管路の挙動を軸対称FEM解析で精度良くシミュレートできるとと思われる。

6. あとがき 本報告では、土圧作用時の変断面管路の挙動を対象としたが、現在、変断面管路の耐震性能を評価する方法として軸対象有限要素法に非線形地震応答解析を併用したハイブリッド地震時挙動解析法を提案してその解析結果について検討中である。

参考文献: 1) 軽部大蔵: 実験土の三軸圧縮試験結果報告書、1989.6.

9) 日本下水道協会: 下水道用硬質塩化ビニル管、1975.

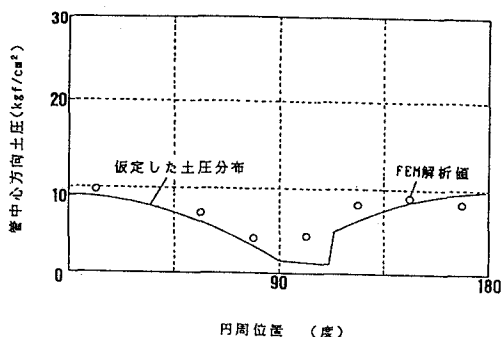


図7 2次元FEM解析結果との比較