

パイプインパイプ構造を有する地中管路の設計手法に関する研究

神戸大学工学部 フェロー会員 高田 至郎
 神戸大学大学院 学生員 ○ 篠原 聖二

1. はじめに

パイプインパイプ工法とは既設管をさや管として、その中に1口径小さい新管を挿入して管路を更新する方法である。道路交通事情、地下埋設物などの影響を受けずに工事を行うことができ、既存の管路を活用できるため、経済性に優れている。また、2層構造であることから既設管がひび割れ荷重に達したときも、更生管があることで管路としての機能が維持されることも期待できる。しかしながら、これらの有用性を実証した国内データは皆無であり、また応力解析を実施する場合、2層構造を考慮する手法が確立されていないという問題点がある。そこで、本研究ではパイプインパイプ構造を有する地中管路横断面を対象とし、既設管と更生管の2層構造を考慮した解析モデルを用いて応力計算を行い、これに関連して行われる土槽実験と比較することで、2層構造管の変形特性について検討を行った。

2. 土槽実験

土槽実験では、試験土槽(図1)内に土被り30cmとして置かれた供試管を想定した。供試管の検討CASEおよび材料定数を表1, 2に示す。供試管に更生管のみを用いたCASE1, 新管のヒューム管を用いたCASE2, 破壊したヒューム管によるCASE3, 実際の施工状態を再現したものとして破壊したヒューム管を更生管により補強したCASE4の合計4種類の試験を行った。埋設土は単位体積重量 1.99tf/m^3 、締め固め度は90%以上とした。載荷重は土槽上面に1段階 1.0tf で段階的に荷重を増加させ、供試管の破壊状態が確認できるまで載荷を行った。

3. 解析モデル

本研究で用いたパイプインパイプ構造を有する地中管路横断面解析モデルの代表例としてCASE4モデルを図2に示す。ヒューム管と更生管をそれぞれ外側はり部材と内側はり部材で構成し、外側はり部材にはその周面に法線・せん断方向の弾性床のり理論に基づく分布地盤ばねを設けた。ばね定数は参考文献1)の地盤ばね定数の算出式より求めた。また、外側はり部材と内側はり部材はすべりとはく離を考慮した法線・せん断方向のばね要素で接合されている。支点条件としては内側はり部材に水平ローラー支点を2箇所、鉛直ローラー支点を1箇所、また外側はり部材の上下左右の4点をピン結合とすることにより四つ割ヒューム管を表現した。荷重は図3に示すようにヒューム管と更生管の自重 P_o, P_i 、埋戻し土および活荷重による土圧 $P_{h1}, P_{h2}, P_v1, P_v2$ を分布荷重として与えた。

4. 結果の比較・考察

各CASEの実験値と解析値の鉛直・水平方向の載荷重と内空変位の関係を図4~6に示す。各CASEの実験値と解析値の最大値、変位挙動、大小関係を比較すると、概ねその傾向は一致

表1 土槽実験 CASE と供試管諸元

CASE名	管種	供試管寸法 (mm)			備考
		内径	管厚	長さ	
CASE1	更生管	240	5.3	500	CASE2のヒューム管を更生した際に形成されるもの寸法の更生管を使用
CASE2	ヒューム管(新)	250	5.3	500	B型1種、呼び径250のヒューム管
CASE3	ヒューム管(四つ割)				CASE2と同様の新しいヒューム管を鉛直・水平方向に四つ割にしたもの
CASE4	ヒューム管(四つ割)+更生管	250+240	28+5.3	500	CASE2と同様の四つ割ヒューム管へ、更生管を挿入したもの

表2 供試管の材料定数

	更生管	ヒューム管(B型1種)
内径Φ (mm)	240	250
管厚 (mm)	5.3	28
管長 (mm)	500	500
単位体積重量 (tf/m ³)	1.41	2.45
ヤング係数 (tf/m ²)	2.46×10^5	3.4×10^6

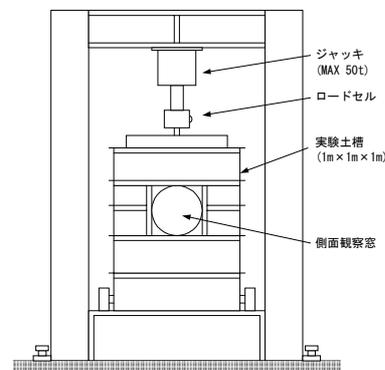


図1 試験装置

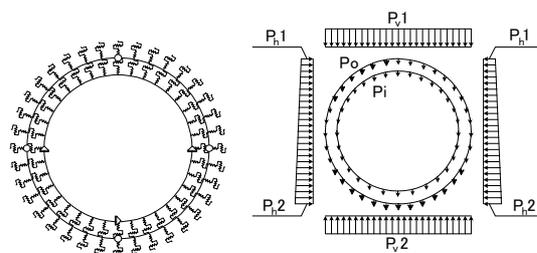


図2 解析モデル (CASE4)

図3 荷重作用図

キーワード：パイプインパイプ、管渠更生法

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学大学院 自然科学研究科 TEL 078-803-6047

している。このことから、本研究の解析モデルの妥当性が確認できたといえる。また、図4の更生管単体のCASE1と2層構造管のCASE4の鉛直方向の内空変位の比較より、実験値、解析値ともに更生管単体に対して2層構造管の内空変位が減少しているのわかる。よって破壊状態にあるヒューム管に更生管を挿入した場合でも、ヒューム管に更生管の変形を抑制する効果があることが確認できた。一方、図5の破壊状態にあるヒューム管のCASE3と2層構造管のCASE4の比較により、実験値、解析値ともに破壊状態にあるヒューム管に対し、2層構造管の内空変位が減少しているのわかる。水平方向の内空変位も同様に、2層構造管の内空変位が破壊ヒューム管の内空変位と比較して減少している。これらのことより破壊状態にあるヒューム管に更生管を挿入することによって、管渠機能の回復が見込めることが実験的にも解析的にも確認できた。

次に2層構造管の鉛直方向と水平方向の変位特性について考察する。図7にはCASE1, CASE4の実験値と解析値の鉛直・水平方向の内空変位を比較したものを示している。実験値における载荷重に対する供試管の鉛直方向の内空変位は、更生管単体よりも2層構造管の方が小さい傾向が見られた。これに対して水平方向の内空変位は、同じ土圧に対して更生管よりも2層構造管の方が変形が大きく、鉛直方向とは逆の傾向が見られる。また、解析値においても鉛直方向では2層構造管の変位が更生管単体の変位に対して明らかに減少しているのに対して、水平方向においては明確な差は見られなかった。更生管単体の場合、水平方向の変形が周辺の埋設土に直接拘束されているのに対して、2層構造管では更生管と周辺の埋設土の間に四つ割のヒューム管があるため拘束条件が異なる。これにより、载荷中の変形モードに違いが生じたため、鉛直方向とは異なった傾向を示したと考えられる。

5. まとめ

本研究では、パイプインパイプ構造を有する地中管路を対象に、実験および解析を行い、2層構造管の変形特性についての検討をおこなった。以下に本研究で得られた知見を示す。○実験値と解析値の傾向はほぼ一致していたことから、本研究の解析モデルの妥当性が確認できた。○破壊状態にあるヒューム管に更生管を挿入することによって、管渠機能の回復が見込めることが実験的にも解析的にも確認できた。○単層構造管と2層構造管の鉛直方向と水平方向の変形特性は必ずしも一致しないことが知られた。

なお、本研究の実施にあたっては管渠更生工法連絡会、および(株)阪神コンサルタンツのご協力を得た。ここに記して感謝の意を表する次第である。

【参考文献】 1) 日本下水道協会：下水道施設耐震計算例 - 管路施設編 - . 2001. 4. pp. 11-114

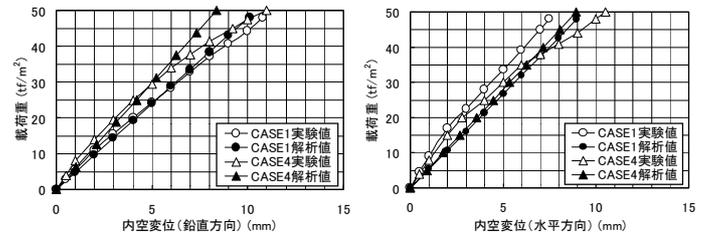


図4 载荷重—内空変位曲線 (CASE1&CASE4)

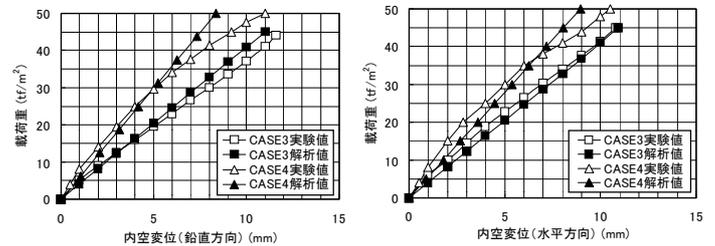


図5 载荷重—内空変位曲線 (CASE3&CASE4)

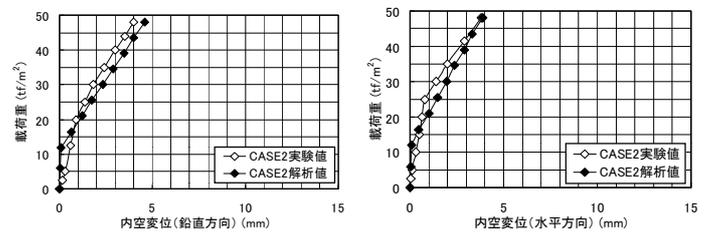


図6 载荷重—内空変位曲線 (CASE2)

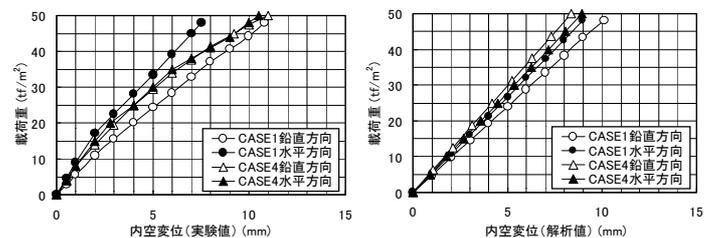


図7 鉛直方向と水平方向の内空変位比較 (CASE1&CASE4)

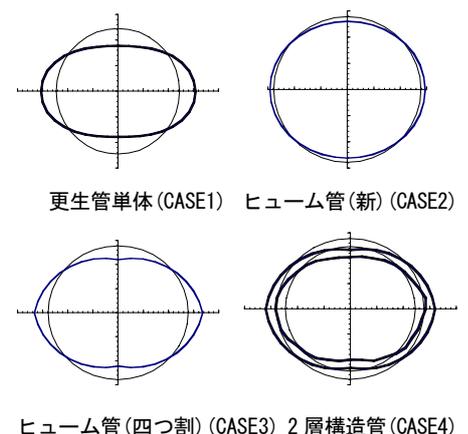


図8 各CASEの変形モード