縦ずれ断層変位を受ける埋設管の挙動に関する実験的研究

早稲田大学 学生会員 貝原 陽介 早稲田大学 正会員 季 済宇,鈴木和仁 大林組技術研究所 正会員 樋口 俊一 早稲田大学 フェロー会員 濱田 政則

1.研究の目的

我国には縦ずれ型の活断層が数多く分布している。面的に広 浅に敷設されているライフライン等の埋設管路ではこのよう な断層を回避して敷設することが困難である、FEM等を用いた 解析手法が提案されているが、縦ずれ断層変位による埋設管の 変形挙動に関しては十分な研究が行われていない。

そこで、本研究では縦ずれ断層変位を受ける埋設管の挙動に 関する基礎的知見を得ることを目的として、砂層中に埋設管を 設置した遠心載荷場での模型実験および数値解析を行った. 2.模型実験の方法



図1. 土槽概要図

表1. 使用模型管と埋設位置 (D:外径.t:肉厚)

		1	2	3
模型管	サイズ	D=20mm t=1mm	D=20mm t=1mm	D=10mm t=0.5mm
	材質	アルミニウム E=70kN/mm ²	銅 E=130kN/mm ²	ステンレス E=210kN/mm ²
	土被り	5cm	10cm	5cm
実物管	サイズ	D=609mm t=9.5mm	D=609mm t=12.7mm	D=312mm t=12.7mm
	材質	鉄 E=210kN/mm	鉄 E=210kN/mm	鉄 E=210kN/mm
	土被り	150cm	300cm	150cm

実験に用いた土槽は図1に示すように長さ1.2m,高さ0.45m, 奥行き 0.8mである.側面はアクリルで断層破壊の伝播状況を カメラにより撮影することができる.土槽底盤は2つに分かれ ており,一方の土槽が油圧ジャッキによって,45°方向に可動し, 地下の断層変位を模擬することが可能である.

模型管は、表1に示すように遠心載荷場、遠心加速度:30G)での曲げ剛性の相似則を考慮し選定した3種類の管(長さ 1.05m)を使用し、土槽固定部側に管の一端を固定した.

地盤材料は珪砂7号(平均粒径0.157mm)で,空中落下により 層厚25cm,相対密度80%の地盤を作成した.





図2に底盤鉛直変位量:vの増加に伴う各管の曲げひずみ分 布を示す.vの最大値は35.5mm(実物換算すると約1.05m)であ る.

アルミニウム管の場合,vが増加するにつれて曲げひずみも 増加するが,そのピーク値は徐々にほぼ一定の値に収束して いることから,管周辺の地盤が降伏していると考えられる.

アルミニウム管より土被りが大きい銅管の場合は、v が増加

キーワード 縦ずれ断層変位, 埋設管, 遠心載荷場, 数値解析, 地盤バネ
連絡先 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 濱田研究室 TEL 03-3208-0349

するにつれて曲げひずみも増加し、そのピーク値が銅管の 降伏ひずみを超えていることから管自体が降伏しているこ とがわかる.また、アルミニウム管より曲げ剛性(EI)が小さ く土被りが等しいステンレス管の場合は、vが増加するにつ れて曲げひずみも増加し、そのピーク値は銅管の場合ほど 大きくはないものの、ステンレス管の降伏ひずみを超えて いることから管自体が降伏していることがわかる.

4.数值解析

汎用解析プログラム,DYNA2Eを用いて,FEM解析で模型 実験の再現を行った.図3に示すように,模型管を梁要素,地 盤を地盤バネで,片持ち梁としてモデル化した.

管軸直交方向の地盤バネは,図4に示すように実験結果から推定した地盤バネと既往の算定式に基づく地盤バネの2種類を用い,どちらの地盤バネも非対称バイリニアでモデル化した.

入力地盤変位は、実験時に土槽側面から見た地盤変形の様子を撮影し、その画像を画像解析して得た値を用いた.(図 5)







5.解析結果と考察

図6に底盤鉛直変位が18.5mmの時のアルミニウム管の

曲げひずみ分布および地盤反力分布を示す.

この曲げひずみ,地盤反力の両分布図から,実験値と推定 値はほぼ一致しており,模型管の挙動を上手く再現できて いると言える.一方,既往の算定式に基づく解析値は正の曲 げひずみが大きく評価されている.これは,図4 に示した管 軸直交下方向の地盤バネが,実験値よりも過大に評価され ていることが原因である.

本数値解析における管軸直交下方向の地盤バネは,管を 連続基礎とみなして,テルツァーギの支持力式から算出し た.なぜなら,管軸直交下方向の管と地盤の相互作用に関し ては,現段階では明確に示されていないからである.縦ずれ 断層変位を受ける埋設管の挙動を把握するためには,より 正確に地盤バネを評価することが重要である.



図 6. アルミニウム管の解析結果 (v=18.5mm 時)

6.**まとめ**

縦ずれ断層変位を受ける埋設管の挙動に関する基礎的 知見を得るために行った遠心載荷場での模型実験および数 値解析から以下のことがわかった.

- 1) 管の変形挙動は,管の土被りや管の曲げ剛性によって 影響を受ける.
- 2) 数値解析において,梁バネモデルで模型実験の管の挙 動を再現することができる.
- 3) 数値解析で模型実験を再現するために必要な地盤バネ は、管軸直交方向において管が上方向および下方向に 動く時の2つに分けて考える必要がある.
- 4) 既往の算定式に基づく管軸直交下方向の地盤バネは、 過大評価されている.

7.参考文献

 M.J.O'Rourke and X.Liu(1999), Response of Buried Pipelines Subject to Earthquake Effects, ISBN 0-9656682-3-1