

III-300 ドラム型遠心模型実験装置を用いた地中埋設管の地震時挙動に関する研究

宇都宮大学大学院 学生員 ○大草 正則
 広島大学 正会員 日下部 治
 宇都宮大学 正会員 横山 幸満
 宇都宮大学 正会員 黒岩 久一

1. はじめに

本研究は、パイプライン等の地中構造物の地震時挙動をドラム型遠心模型実験で再現し、その挙動を明らかにすることを目的とする。ドラム型遠心装置は長大構造物のモデル化に適しており、これに宇都宮大学で開発された振動装置を配し、現在までに盛土の破壊事例¹⁾、砂層の液状化、地中埋設管の振動実験²⁾などが行われてきた。

今回は、計測器系のノイズの低減に成功し、埋設管に発生する曲げひずみの最大値について着目した実験・解析を行った。

2. 実験

実験は、含水比調整された粘土で締固め地盤を作成し、その中に長さ40cmの金属管を配し、40Gの遠心力場で行われた。モデルの40cmはプロトタイプに換算すると16mに相当する。

振動時には、天端・基盤加速度、基盤変位を計測し、また管に貼ったひずみゲージより動ひずみを計測した。

実験は埋設管模型として4種類の金属管を用いて行い、各々が比較できるように実験条件を同一にした(表-1,2)。実験値の代表的な曲げひずみ及び加速度波形を図-1,2に示す。

3. 解析

1). 解析モデル

実験ケースの動的解析を、港湾技術研究所所有の2次元³⁾、擬似3次元モデル³⁾の2つの計算プログラムにより行った。

2次元モデルは、地盤を質点とバネでモデル化し、埋設管を弾性的な梁とみなすことにより、振動を入力したときに埋設管に発生する力を計算する、というモデルである。また、擬似3次元モデルは、深さ方向についてはバネ-マスモデルであるが、水平方向については質量集中されたマスを節点と見なすFEMとして計算している。2次元モデルは、埋設管に沿った方向では地盤変化が評価できるが、管軸直角方向については地盤変化は考慮していない。一方、擬似3次元モデルは様々な地盤形状に3次元に対応できるため、本実験の模型の解析には適しているといえる。

計算は、実験模型の曲率を無視し、プロトタイプに換算したモデルについて行った(図-3)。入力地

表-1 実験条件

	模型(1G)	プロトタイプサイズ
長さ	40 cm	16 m
高さ	5 cm	2 m
天端幅	6 cm	2.4 m
底幅	12 cm	4.8 m
粘土含水比	33%	
締固めエネルギー	2kgf・cm/cm ³	
遠心加速度	40G	
振動周期	0.67sec(7°プロトタイプ)	

表-2 埋設管の曲げ剛性

種類	EI(kgf・cm ²)	EI比
アルミ中実	20290	1
アルミ中実	34360	1.7
ステンレス中空	57960	2.9
ステンレス中実	98170	4.8

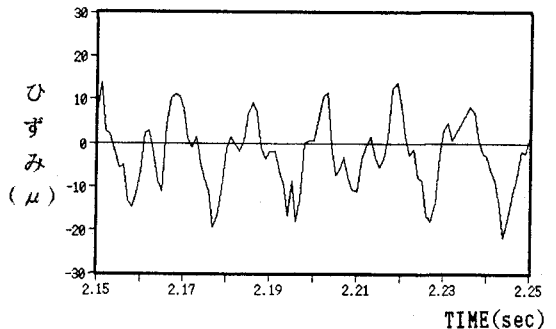


図-1 曲げひずみ波形(アルミ中空)

震動も、実験で得られた加速度波形を相似則に従いプロトタイプに換算した値を入力した(最大加速度約70gal)。また、その他の入力値(土の弾性係数、単位体積重量、せん断波速度、バネ定数など)も実験により得られた値を用いて算出した。

2). 解析結果

先ず、実験模型に適していると考えられた擬似3次元モデルでは、入力振動と曲げひずみ波の周期が一致せず、曲げひずみ最大値も実験の10分の1程度しか出なかった。次に2次元モデルでは、曲げひずみの最大、最小値については、実験値の半分程度であるが、実験と同様の管剛度依存傾向を見せた。

4. 考察

図-4に埋設管の端から4分の1地点での、実験・2次元解析値各々について、曲げひずみの最大・最小値を示す。絶対値は解析値の方が低いが、アルミ中空管の最大値が低下している傾向や、曲げ剛性が大きくなるにつれて曲げひずみが減少する、という同様の傾向がみられる。しかし管剛度依存については、アルミ中空管とステン中空管では5倍の曲げ剛度の開きがあるのに対し、ひずみは急激な減少をしていないことを考えると、埋設管の地震時挙動は、管剛性に影響を受けるがその範囲は小さい、と思われる。

5. まとめ

ドラム型遠心載荷装置を用いた地中埋設管の振動実験を行い、実験結果の解析値との比較を行った。2次元モデルとの比較では、ひずみの値は解析値が半分程度であったが、管剛性の変化によるひずみの傾向は一致し、管剛性の影響範囲は小さい、という傾向がみられた。今後の課題としては、実験模型の地盤定数をどのように正確に評価し、解析に取り入れて行くかが問題として挙げられ、最終的には擬似3次元モデルの適用を行いたい。なお、本研究は平成3年度科学研究費(一般研究c、No. 63550356、ドラム型遠心載荷装置を用いた長大構造物の地震時挙動に関する研究 代表者: 日下部治)の援助を受けた。また本解析を行うにあたり、運輸省港湾技術研究所構造強度研究室の清宮室長以下、研究員に多大な御指導をいただいたので、ここに謝意を表する。

参考文献

1) O. Kusakabe, A. Kawasima and T. Hagiwara: Levee failures modeled in a drum centrifuge, Centrifuge '88, pp.301~306, 1988
 2) 大草正則、日下部治、横山幸満、黒岩久一: ドラム型遠心載荷装置を用いた地中埋設管の振動実験、構造物の基礎と地盤の動的相互作用に関するシンポジウム, pp.117~122, 1990
 3) 清宮理、野口孝俊、井口謙史朗: 2次元および擬似3次元地盤モデルによる沈埋トンネルの地震応答解析の相違、第25回土質工学研究発表会, pp.959~960, 1990

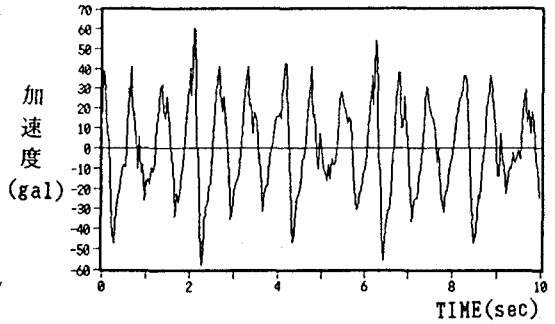


図-2 加速度波形(プロトタイプ)

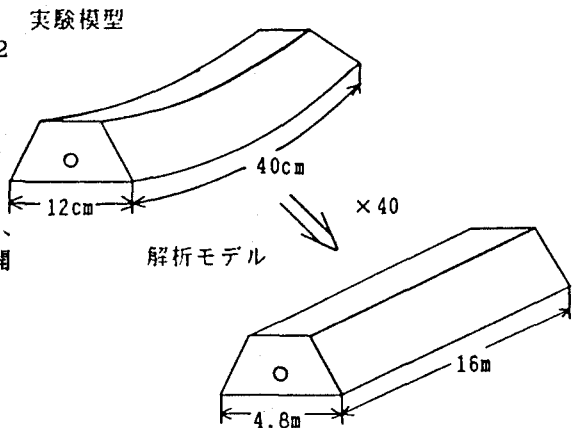


図-3 実験模型と解析モデル

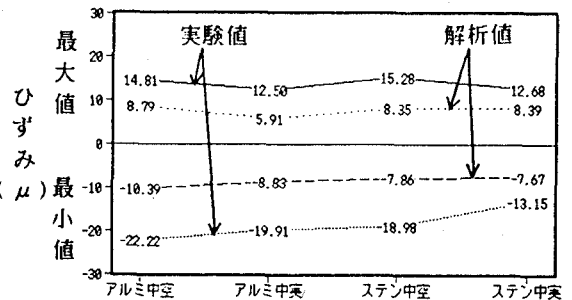


図-4 曲げひずみの剛性依存性