

パイプインパイプの地震応答解析

神戸大学工学部 正員 高田 至郎
 神戸大学大学院 学生員 〇杉原 聡

1. はじめに 地中管路の応答解析では周辺地盤の拘束の影響が大きいため、慣性力を無視した応答変位法の考え方が主流となっている。しかし、パイプインパイプの内管については上記の手法が適用し得るかどうか明確ではない。そこで、本研究では慣性力をも考慮した地盤-外管-内管系を多自由度系モデルで解析して応答変位法の適用の妥当性について検討する。

2. 解析手法 まずモード解析を行い、系の固有振動数を弾性床の上のり理論による値で検討した。次にモード重畳法により応答計算をし直接積分と比較した。図1に示す外管-コンクリート-内管-鉄管(満水状態)の水道管を質点バネ系にモデル化し計算した。計算に使用したバネ定数は次のような値を使った。管体の軸方向バネ定数は管体の断面積と材料の弾性定数から計算し、地盤定数バネはガス導管耐震設計指針から、 $K_G=0.6\pi D$ (

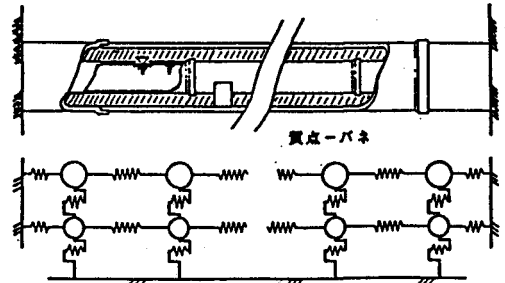


図1 パイプインパイプのモデル化

D : 管の直径)を用いた。

外管: 内径 1000mm、厚さ 82mm 単位体積重量 2.3 tf/m³ $E=1.4 \times 10^5$ kgf/cm²

内管: 内径 700mm、厚さ 10mm 単位体積重量 7.8 tf/m³ $E=2.1 \times 10^6$ kgf/cm²

地盤バネ定数: $K_G=0.6\pi D$ kgf/cm² 外管-内管バネ定数: 地盤バネ $\times 0.1$

入力波は、 応答の傾向がわかりやす

いように正弦波を与えた。

3. 解析結果 両端を固定された長さ40m, 80mのパイプインパイプの軸方向運動を解析した。本文では管相互間のバネを地盤バネの0.1倍としたときの計算結果を示す。

(1) モード形および系の固有振動数

固有振動数は非常に高く、また内管と外管相互のバネ定数が高いほど固有振動数が高くなる。両端固定ばりの固有振動数は弾性床の上のり理論より次式で求められる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\rho A} + \frac{E}{\rho} \left(\frac{n\pi}{L}\right)^2} \quad (1)$$

表 1

		モード解析による値(Hz)	理論式による値(Hz)
40m	1	38.002	1 39.831
	2	46.482	
	3	68.505	2 70.604
80m	1	20.149	1 27.146
	2	34.321	
	3	36.762	2 39.831

Shiro TAKADA, Satoshi SUGIHARA

パイプインパイプの合成質量、見かけのバネ定数を内管と外管の和として式(1)により計算した値をモード解析の値と比較して表1に示す。

理論式では、内管と外管が異方向に動く場合はないので理論式の2次の固有振動数はモード解析の3次モードに相当すると考えられるので、モード解析の解はかなりよく一致している。モード図(図2)を見ると1次モードでは外管の応答が卓越するが、2次モードでは逆に内管の応答が卓越する結果となっている。このことは入力の特徴いかによっては外管よりも内管が大きく揺れる可能性のあることを示している。

(2) 直接積分による応答計算

加速度振幅100gal、周期0.5秒の入力波を管路に入力した場合に対する絶対変位応答を図3~図4に示す。本計算はウィルソンの θ 法($\theta=1.30$)をもちいて0.00001secの時間ステップで実行した。

図3では管の両端は地盤とともに振動するという条件に対して計算した結果であり、図4は管両端が自由の場合である。両端の管運動が拘束されている図3では外管、内管は地盤と同様な動きをするが、両端自由の場合には内管の運動は必ずしも外管、地盤の動きと同様とならず、独自の振動特性を示し固有振動にかかわる高い振動数成分が地盤振動と重ね合わさってくるのが分かる。

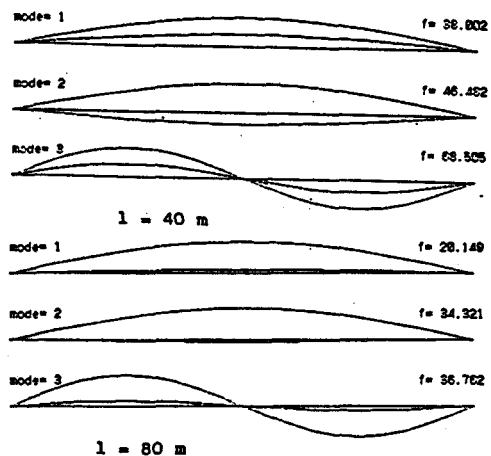


図2 変位モード

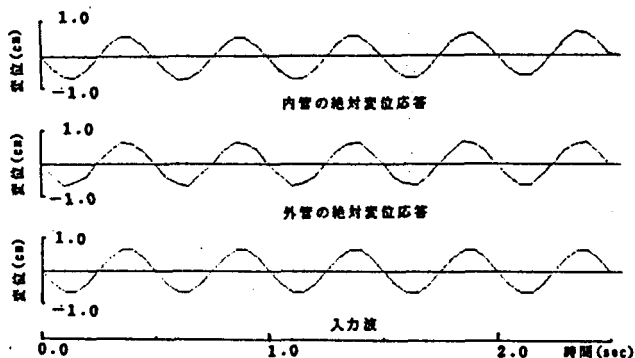


図3

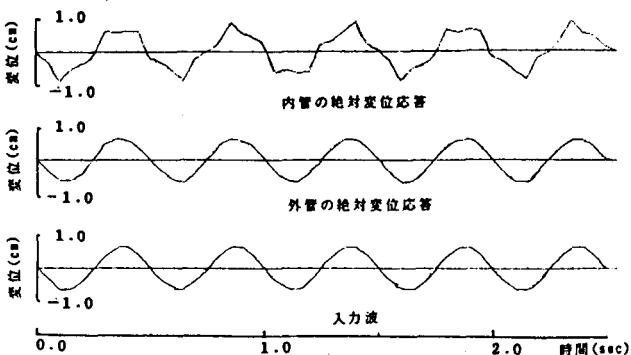


図4