

三菱重工(株)

正会員 ○磯田厚志

京都大学工学部

正会員 後藤尚男

京都大学工学部

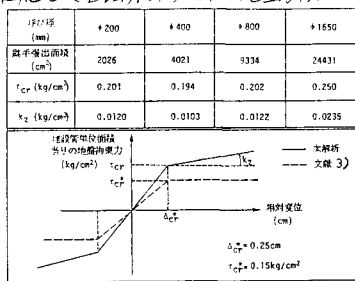
正会員 杉戸真太

1.はじめに 本報では上水道システム等に用いられる有継手地中埋設管を対象とし、従来一体構造管路に対して行なわれてきた振動の任意入射角に対する解析を継手構造管路に対して行なうとともに、その解析結果から管軸方向の地盤のすみ振や埋設管管体応力の関係と振動の管軸方向見かけの波長をパラメータとして議論する。さらに、従来耐震性の検討があまりなされなかったが、現実の上水道システム配水幹線においてほとんどの異形管(曲管・丁字管)部に施工されるコンクリート補剛(以下補剛部と略す)に着目し、その地震時における応答特性について補剛の施されていない直管部と比較検討する。

2.解析手法とモデル 本研究の地震応答解析手法は弾性床土上の梁理論に基づく静的応答解析であり、その数値計算プロセスは伝達マトリックス法による¹⁾。補剛部は一般にコンクリートの巻き厚15cm~30cmの長方形断面を有し、曲管部の場合屈曲した管路に沿って直方体が折れ曲がったような形状となる。本解析では補剛部を剛体と仮定した上で、その基礎的な地震時挙動を把握するためのモデルとして直管にコンクリート補剛を施したモデルを考案し、これの解析を行なった(図1)。ここにコンクリート巻き厚は30cmとし、管軸方向補剛部長は45曲管長に加えて両端からそれぞれ30cmの余裕を持つ長さを設定している。補剛部に対する地震動入力としてはBarkan²⁾の示した剛体基礎に対する地盤反力の評価法を適用し、地盤と補剛部間の相対変位(並進・回転)を拘束するよう地盤反力が発揮される地盤バネモデルを与えている。本報ではダクタイル鋸鉄管A型、管径800mm(表1,図2参照)について結果を示す。地盤バネ特性は文献3)、4)と基に図3のように設定した。解析で扱った管路系モデルは直管のみで構成される管路系と、管路系中央に直管補剛部を有する直管管路系の2つである。入力地震動は正弦波で近似できるとし、波長120mの縦波を入力した。変位振幅は0.5,1.0,1.5,...,8.0cmの16種類、入射角は管軸に対して0°,5°,10°,75°の16種類とし、位相は着目する管応答量に応じて管路系中央部で地盤引張のすみ圧縮のすみそれぞれ最大となるように与えた。

表1. 管体諸元

呼び径	800
実外径 (cm)	83.6
管厚 (cm)	1.2
実内径 (cm)	81.2
断面積 (cm ²)	310.6
断面2次モーメント (cm ⁴)	2.64×10^5
一本当り長さ (cm)	600
弾性係数 (kg/cm ²)	1.6×10^6



(a) 管軸方向

図3 地盤バネ特性

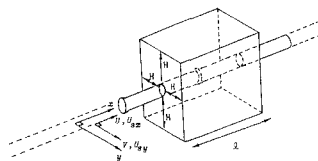
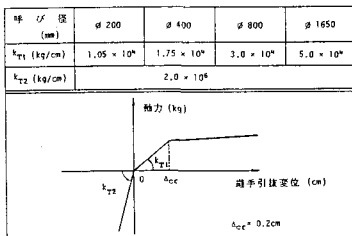
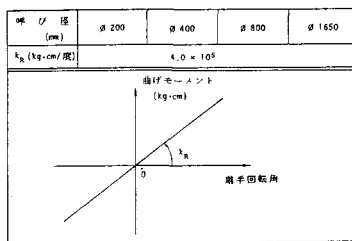


図1 直管補剛部モデル

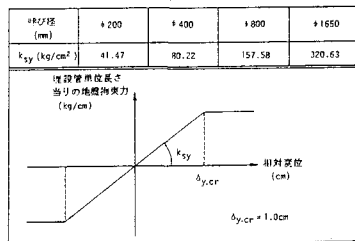


(a) 継手伸縮バネ特性



(b) 継手回転バネ特性

図2 継手バネ特性



(b) 管軸直角方向

3. 数値計算結果と考察 直管モデル、直管補剛モデルに対する入射角を変化させた解析結果を図4, 5に示す。なお応答値は境界部の影響が現れない範囲内での管路系における最大値に着目している。

(Ⅰ)直管部の応答量(図4(a)~(f)) 継手変位はどの変位振中においても入射角 0° (管軸方向入射)の場合が最大値を与えている(図4(a))。また変位振中・管軸方向地盤のずみ振中に対する増加率はほぼ一定値ととり両者は線形関係にある(図4(b), (c)図)。さらに(c)図をもとに継手変位と管体1本当り長さで除し、管軸方向地盤のずみ振中との関係と求めると比例定数0.98の直線関係にあることがわかる。直管部における合成応力は大部分が軸応力であり、曲げ応力は無視できる程度である。合成応力の最大値と与える入射角は常に 0° とは限らず変位振中の増大とともに $45^\circ \sim 60^\circ$ 付近に移行する傾向がある。これは従来の研究でも明らかにされている管と地盤の間のすべりの影響の現われである。(e)図で任意入射角に対する合成応力の最大値、及び管軸方向入射による合成応力の比較を行なう。変位の増大とともに両者の差は大きくなり、変位振中8cmにおいて約8%程度異なることがわかる。なお参考として梶田ら⁵⁾による簡易推定式の軸応力推定値を同時に示した。(f)図は上記解析結果と管軸方向見かけの波長ごとと整理して表現した図である。ここでの波長の範囲は120m~240mである。同一のずみ振中でも波長による合成応力値の差が現われている。

(Ⅱ)直管補剛部の応答量(図5(a)~(c)) 継手変位は常に補剛部に隣接する継手において最大の応答値を生じ、その傾向は直管部の場合とほぼ同様であるが、補剛部及びこれに接続する管路に入力される地盤のずみ分だけ直管部より大きな値(約1.5倍)を得る(解析図省略)。合成応力は補剛部に接続する管体で、大きな曲げ応力が発生するために最大となる。(a)図から合成応力と入射角との関係は、直管部におけるそれらの関係図(図4(d))の中央部付近を持ち上げたような分布となし、任意入射角に対する最大合成応力と与える入射角は 0° から徐々に 45° に移行している。そして(b)図より、任意入射角に対する合成応力の最大値に占める曲げ応力の割合は80%程度にまで達し、ダクタイル管の許容強度 4000 kg/cm^2 と変位振中4cm程度で上回っていることがわかる。さらに(c)図に示されるように、補剛部においては管軸直方向地盤のずみに比例する曲げ応力が生じることがわかる。

参考文献 1)高田 高橋 山部: 硬質塩化ビニル

管の地震時挙動シミュレーション, 水道協会誌第49号, 第54

2) Barkan, D.D., "Dynamics of Buses and Foundations", McGraw-Hill Book Co. (New York)

3) 日本ガス協会: ガス導管耐震設計指針, 第5.3

4) 日本ガス協会: ガス工作物設置基準調査レポート, 昭. 56.3

5) Kameda, H., and Shimozuka, M., "Simplified Formula

for Axial Strains of Buried Pipes Induced by Propagating Seismic Waves"

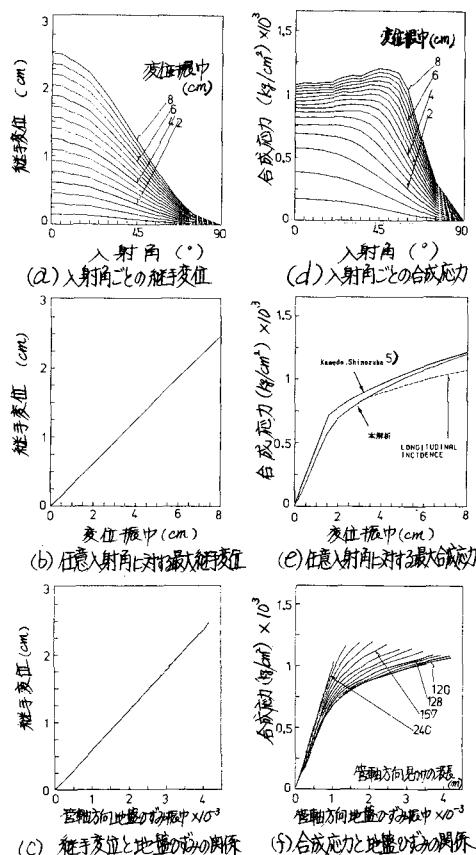


図4 直管部における応答量

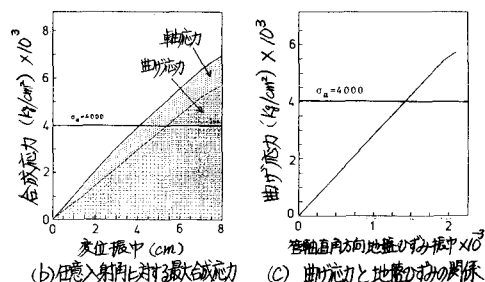


図5 直管補剛部における応答量