

京都大学工学部 正員 後藤尚男
 神戸大学工学部 正員 高田至郎
 大阪瓦斯株式会社 正員 長尾貞夫

1. まえがき

埋設導管の耐震性を考えるとき、ガス管・水道管等の小口径の管路では軸直角方向よりも管軸方向について検討を加えることが重要であり、周辺地盤との間にすべりが発生するかどうかによつて埋設導管の地震時の挙動はかなり異なるであろうと考えられる。また、これらの管路は溶接結合による鋼管と継手部により機械的に接合された鑄鉄管々路とに分類され、とくに鑄鉄管々路では約5m間隔に継手が入っており、各種継手の有する特性によつて複雑な挙動を示すものと思われる。本報は上記の鋼管および鑄鉄管々路の地震時の挙動の相違を明らかにしようとしたものである。

2. 解析モデルおよび解析手法

鉛直方向に地盤は振動しないものとして、二次元平面モデルを考え、次の(i)~(iii)の仮定を設けて埋設導管のモデル化を行なった。(i)埋設導管と地盤は軸方向・軸直角方向におのおの水平軸方向バネで結合されており、その地点での地盤変位(応答量)がバネを介して強制外力として埋設導管に作用する。(ii)埋設導管と地盤とのバネは非線形をもつ。すなわち、軸方向では管は周辺地盤との間に働くマサツカにより地盤の動きに追随するが、最大マサツカを越えると周辺地盤との間にすべりが生じる。また、軸直角方向ではある値を越えると土が弾性状態から塑性状態になるものとする。(iii)鑄鉄管々路は軸方向については管自体のみずみは微小として無視し管は継手に力のみを伝え継手に変位が集中するものとする。また、軸直角方向では管と継手のせん断力は連続であり、継手部は完全なヒンジではなくある程度モーメントを伝えるものとする。鋼管に対しては連続した軸直角方向梁と考える。これらのモデルを図-1・図-2に示す。

一様な表層地盤を伝播する波動を正弦波で近似して入力地震動とし、これが埋設導管に対してある角度で入射するものと考えて、管路軸方向の各点での相対変位に着目して変位法によつて解析を行なった。境界条件として管路両端は地盤と同一に動くものとした。

3. 計算諸元

長さ114mの直管部を対象にして節点間隔(継手間隔)を6mとした。また、入力地震動は埋設導管に対して45°の入射角をもつものとした。計算に

用いた入力地震動・地盤のバネ特性を表-1・図-3・図-4に、導管の諸元を表-2に示した。また、本解析で対象とした継手部の形状および実験的に求めた継手部の引き抜け特性と曲げ特性を図-5~7に示した。

表-1 入力地震動

最大変位 cm	2.9
周期 sec	1.2
伝播速度 cm	165
波長 m	197

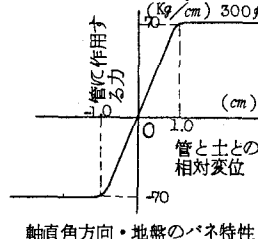


図-3



図-4

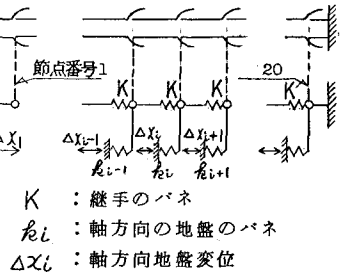


図-1

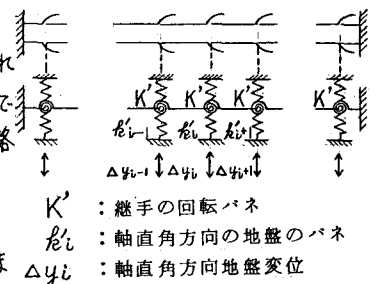


図-2

表-2 管の諸元

	鋼管	277x110 鋼管
呼び径(mm)	300	300
外径(mm)	318.5	322.8
肉厚(mm)	6.9	8.5
弾性係数	21×10 ⁴	16×10 ⁴
断面二次モーメント(cm ⁴)	131×10 ⁴	166×10 ⁴
断面積(cm ²)	72.8	83.9
1本当り重量(t/m)	5~6	6.0

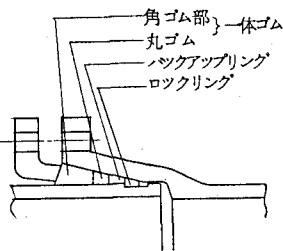


図-5 継手形状 (GM型)

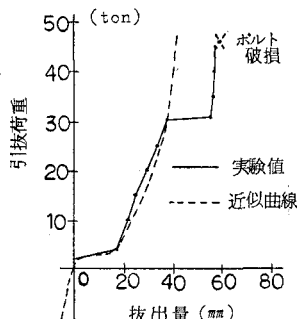


図-6 軸方向継手特性 (GM継手)

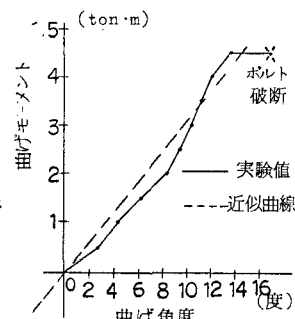


図-7 継手曲げ特性

4. 計算結果とその考察

計算結果の一部を図-8~10に示した。これらの計算結果より鋼管と鑄鉄管々路の挙動に関しておおむね次のことが言える。

(i)軸方向では鋼管と鑄鉄管々路との挙動の違いがかなり明確に現われている。鋼管の場合、均一地盤中の直管部で地震波動の一波長に近い長さの管路を対象とするものであれば、管路と周辺地盤とのすべりを考慮して解析を行なった場合とそうでない場合でも大差ない。しかし、鑄鉄管々路では両者の場合には挙動がかなり異なってくる。すなわち鋼管では管路各点での剛性が一様であり、管路の各節点間の変位差がほぼ均等であるのに対し、鑄鉄管々路では継手部のもつ引き抜け特性と周辺地盤の拘束条件との相対関係でその挙動は大きく異なる。現実に管と土がすべり始める時の相対変位はさらに小さくなることか予想されることおよび使用継手特性等から考えて、地盤の非線形性を考慮に入れることはきわめて重要である。(ii)軸直角方向については鋼管・鑄鉄管々路ともに地盤の動きにほとんど拘束されていて地盤との相対変位は小さい。しかし、各節点に働くモーメントは鋼管に比べて鑄鉄管々路ではきわめて小さい。これは鑄鉄管々路では継手部の剛性が管本体に比べてはるかに小さく、したがって地盤変形に対して曲げて抵抗するのではなく、変位を吸収しフレキシブルに地盤の動きに従従するからである。(iii)鋼管・鑄鉄管々路とも拘束端部において軸方向・軸直角方向の拘束力および曲げモーメントとも大きな値となるので耐震上留意する必要がある。

以上のように鋼管と鑄鉄管々路の挙動の相違について述べたが、鑄鉄管々路では継手部のもつ引き抜け特性および曲げ特性が計算結果に忠実に反映されており、鋼管に比して鑄鉄管々路の耐震性を考える場合には管と周辺地盤とのすべりを考えることがより重要であり、今後各種の場合について検討を加えて行く予定である。

最後に本研究を進めるに際し多大の援助をうけた、大阪瓦斯システム開発部、川端秀樹氏および板々木覚氏に感謝の意を表します。参考文献：石油パイプラインの耐震設計技術基準

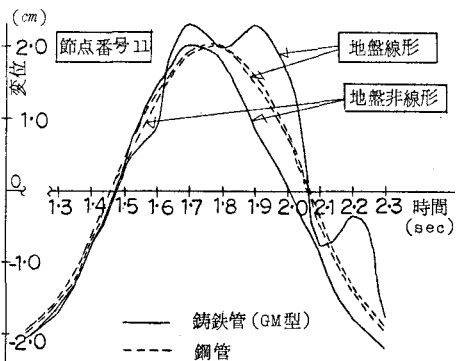


図-8 軸方向節点変位時間応答

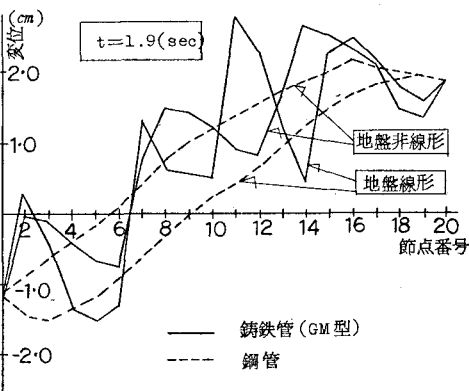


図-9 軸方向節点変位分布

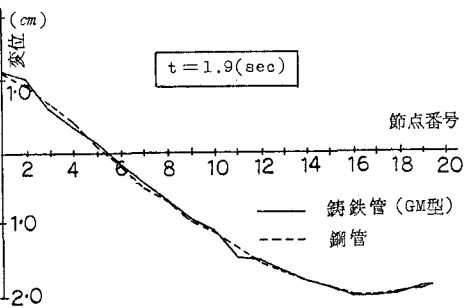


図-10 軸直角方向節点変位分布