

液状化を受ける地中管路の動的解析

神戸大学工学部 正会員 高田至郎
大阪府庁 正会員 〇田中 博

1. はじめに 地震発生に伴う地盤の液状化現象は地中管路、特に継手部に多くの被害を与えることが知られている。そこで本研究では、地盤の部分的な液状化現象が発生した場合について、振動中の地中管路の挙動を動的応答解析により求め、継手破損の要因を明らかにしようと試みた。

2. 解析手法 解析に際し液状化領域、非液状化領域の両者にわたって管路が埋設されている場合を想定した。ここでは、管体4本が継手によって連結されており、まん中の2本については液状化領域中に、両端の2本については非液状化領域中に埋設されているものとした。解析モデルを図1に示す。解析モデルより運動方程式を定式化すると、次のようになる。

$$[M] \{\ddot{X}\} + [C] \{\dot{X}\} + [K] \{X\} \\ = [C'] \{\dot{Y}\} + [K'] \{Y\}$$

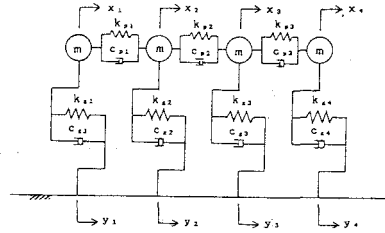


図1 解析モデル図

液状化現象は、過剰間隙水圧に支配されていることが一般に知られている。そこで、過剰間隙水圧比の時刻歴を図2のように仮定した。さらに液状化現象に伴う地盤ばねおよび減衰の変化を、過剰間隙水圧比の関係数であるとし、図3、図4のように仮定した¹⁾²⁾。

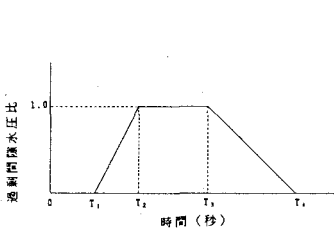


図2 過剰間隙水圧比時刻歴

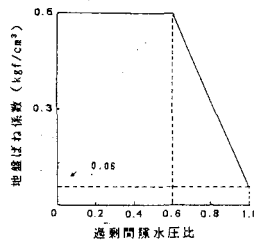


図3 過剰間隙水圧比と地盤ばねの関係

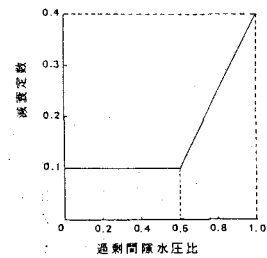


図4 過剰間隙水圧比と地盤減衰定数の関係

3. 動的応答解析結果 解析の対象管路は、水道用鋼管呼び径φ800mmの有継手管とした。入力地震波は1983年に発生した日本海中部地震の秋田で観測されたものを用いた。

表1の各ケースについて動的応答解析を行った。継手モデルを図5に示す。

図5(b)は継手が引張による変位に比べ圧縮による変位が起こりにくいことを考慮したモデルである。また継手ばね特性は表2の3通りとした。

(1) 継手のばね定数の影響

表1(a)の各ケースについて計算した結果をもとに、継手ばね特性と継手最大変位の関係を図6に示す。これによると、液状化現象により継手の最大変位応答が増している。また継手最大変位は継手ばね定数によらず一定である。

(2) 地震波の入力位相差の影響

表1(b)の各ケースについて計算した結果より弾性波速度と継手最大開き量倍率の関係を図7に示す。ここで継手最大開き量倍率とは、非液状化時の最大

表1(a) 算定計算ケース

CASE	液状化 領域	継手モデル 1	継手ばね特性 2	継手ばね特性 3	弾性波速度 100 20 10
F-01	○	○	○	○	○
F-02	○	○	○	○	○
F-03	○	○	○	○	○
F-04	○	○	○	○	○
J-01	○	○	○	○	○
J-02	○	○	○	○	○

表1(b) 算定計算ケース

CASE	液状化 領域	継手モデル 1	継手ばね特性 1 2 3	弾性波速度 100 20 10
C-01	○	○	○	○
C-02	○	○	○	○
I-01	○	○	○	○
I-02	○	○	○	○
K-01	○	○	○	○
K-02	○	○	○	○

Shiro TAKADA, Hiroshi TANAKA

開き量を1としたときの液状化時の最大開き量を表す。また継手1は液状化、非液状化遷移領域に、継手2は液状化領域中にある継手である。これによると継手最大開き量は継手1の方が大きく、地盤の不均一な領域で地中管の被害が多いという事実に適する。また同図より弾性波速度が小さいほど、すなわち位相差が大きくなるほど液状化現象が継手変位におよぼす影響が小さくなっていることがわかる。これは地盤ばねが減少することで管に作用する強制力が小さくなりその結果、位相のずれによる影響を過小にしてしまうためと思われる。

(3) 液状化現象による地盤ばねおよび減衰変化の影響

液状化過程の地盤ばねは変化させずに地盤減衰のみ変化率を4倍とし計算を行ったところ、最大応答量は非液状化時とほとんどかわらなく減衰変化の影響は見られない。一方、地盤減衰の変化率を4倍とし地盤ばね変化率のみ0.1, 0.5, 1.0とした場合の継手最大開き量との関係を図8に示す。これによると地盤ばね定数変化率が小さいほど、継手の開き量倍率が小さくなっている。これは液状化領域の地盤ばねの低下により強制力が小さく管体に作用するうえ、地盤減衰の増加により入力位相差を打ち消す減衰力が作用しているためと思われる。

4. 結論

- (1) 有継手管の応答解析では軸力による破壊より、変位による継手の引き抜け量を考慮する方が重要である。
- (2) 本解析モデルでは、継手変位に最も大きな影響を与える因子は入力位相差であった。
- (3) 液状化現象で地中管路が受ける影響は、地盤減衰の増大より地盤ばねの低下による方が大きい。

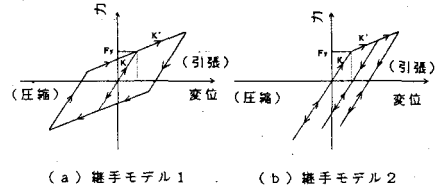


図5 管路継手モデル

表2 継手ばね特性

	K (kgf/cm)	K' (kgf/cm)	Fy (kgf)
1	50	20	5
2	500	200	50
3	1000	400	100

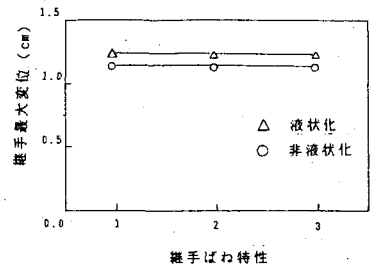


図6 継手ばね特性、継手最大変位関係

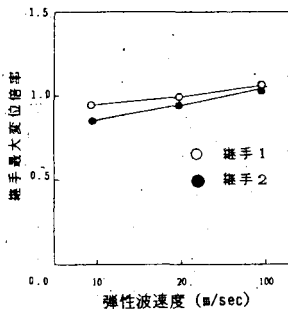


図7 弾性波速度、継手最大変位倍率関係

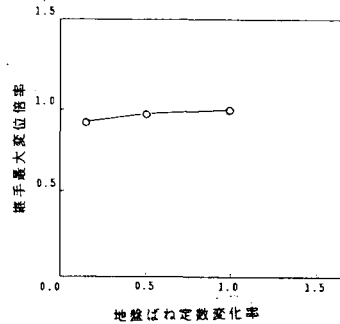


図8 地盤ばね定数変化率、継手最大変位倍率関係

(参考文献)

- 1) 日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針，1982.3
- 2) 高田至郎，永井淳一：液状化地盤の動的剛性および減衰特性，財団法人 建設工学研究所「研究報告」，第29号別刷，pp.68，1987.12