

液状化による地盤の側方移動を受ける屈折埋設管路の挙動

山口大学工学部

正員 三浦房紀

中電技術コンサルタント(株) 正員 古川 智

奈良県庁

正員○吉川照夫

1. まえがき

地震時に発生する液状化に伴って、地表面近くの地盤が水平方向に移動し、時にはその移動量が数メートルに達することが明らかになってきた。この現象に起因する埋設管、杭などの地中構造物の被害例も多く報告されている。

本研究では、地盤の大変位により大口径埋設管が圧縮を受ける場合と、引っ張りを受ける場合に分けて管内変形のための2次元解析を行い、埋設管の最大圧縮応力、最大引っ張り応力(軸応力+曲げ応力)を求め、どのような条件下で埋設管が破壊せず安全であるか、逆に危険であるかを考察した。

2. 解析モデル

埋設管は梁要素でモデル化し幾何学的非線形をもたせ、地盤は梁要素に対して軸直交バネ・スライダ要素、軸方向バネ・スライダ要素でモデル化し材料非線形をもたせた。いずれもバイリニア型と仮定し、降伏力 $F_y$ 、降伏変位 $\delta_y$ は以下のようにして求める(図-1、2参照)<sup>1)</sup>。

$$\begin{cases} F_y = \sigma N_0 D L F \\ \delta_y = F_y / k, F_y \end{cases} \text{ 軸直交バネ・スライダ要素}$$

$$\begin{cases} F_y = \tau S L \\ \delta_y = 2.5 \text{ mm} \end{cases} \text{ 軸方向バネ・スライダ要素}$$

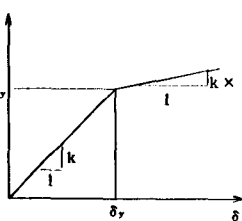


図-1  $F, \delta$  の関係

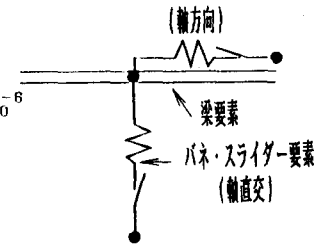


図-2 梁要素、バネ・スライダ要素

ここに、 $\sigma$ 、 $\tau$ はそれぞれの節点における垂直応力、せん断応力、 $N_0$ はHansenによって提案された無次元係数(内部摩擦角の関数)、 $D$ 、 $S$ 、 $L$ はそれぞれ埋設管の外径、周長と梁要素モデルの節点の受け持ち長さである。また $k$ は道路橋示方書、同解説V耐震設計編<sup>2)</sup>により求めたバネ係数である。また液状化層のバネ係数は1/100とした。

3. 解析ケース

埋設管が全て非液状化層にあるとき(CASE 1)、一部分が液状化層にあるとき(CASE 2、3)、そして全て液状化層にあるとき(CASE 4)を考えた(図-3参照)。

このとき地盤は水平方向に1.0m埋設管が圧縮を受けるように強制変位を与えた。また引っ張りを受けるときは圧縮を受けるときの埋設管の両端の拘束条件を逆にした。

4. 解析結果

図-4(a)、(b)に埋設管が圧縮、引っ張りを受けるときのモーメント分布図および最大圧縮応力、

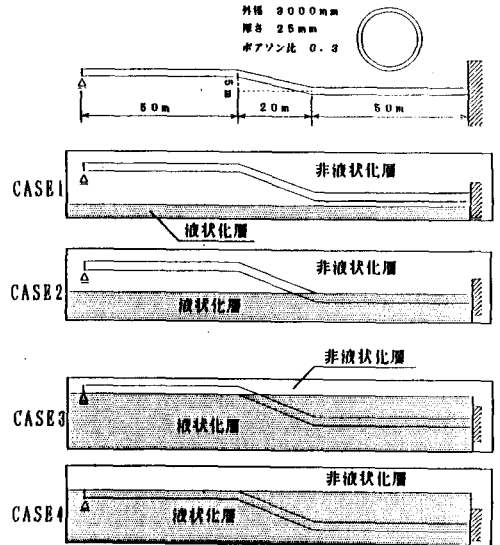


図-3 解析ケース

引っ張り応力を示す。モーメント分布図は強制変位10cmごとの分布を示したものである。また図中の矢印は最大圧縮応力および最大引っ張り応力の発生地点を示している。

#### (a) 埋設管が圧縮を受けるとき

CASE 1では、モーメントによる圧縮応力に比べて軸力による圧縮応力が非常に大きく、結局最大圧縮応力が高他のケースより大きくなり最も危険であることが判った。

CASE 2では、非液化化層と液化化層の境界にモーメントが集中し、そこに最大圧縮応力が発生していることが判る。

CASE 3では、非液化化層と液化化層の境界および液化化層中で埋設管が屈折している地点にモーメントが集中し、後者に最大圧縮応力が存在していることが判る。

CASE 4では、液化化層全てが非線形領域に入ることにより、地盤変位が増加してもモーメントの値が増加せず一定となる。また最大圧縮応力は最も小さく全ケースの中で最も安全であることが判る。

#### (b) 埋設管が引っ張りを受けるとき

一樣な地盤(CASE 1、CASE 4)では圧縮側のモーメント分布図と符号が逆になっていることが判る。また(a)と同様にCASE 1が最も危険であり、CASE 4が最も安全であることが判った。

CASE 2、CASE 3では、液化化層中に埋設管左端の水平方向移動支点が存在するため地盤が非線形領域に入りやすくなりモーメント、最大引っ張り応力が(a)の場合に比べて少なくなることが判る。

この結果から、埋設管が引っ張りを受けるときは、

埋設管の水平方向移動支点が液化化層に存在し、また液化化層の割合が非液化化層と比較して多ければ安全であると言える。

以上より、圧縮、引っ張りの両場合とも、埋設管が全て液化化層内にあるCASE 4が応力的には最も安全であるという結果がでたが、実際は浮力等も考えなければならない。今後はこの点からも検討を加える必要がある。

また、埋設管が面内だけに存在するとは限らないので、そのような場合には面外変位を考慮にいたした3次元解析も行わなければならない。

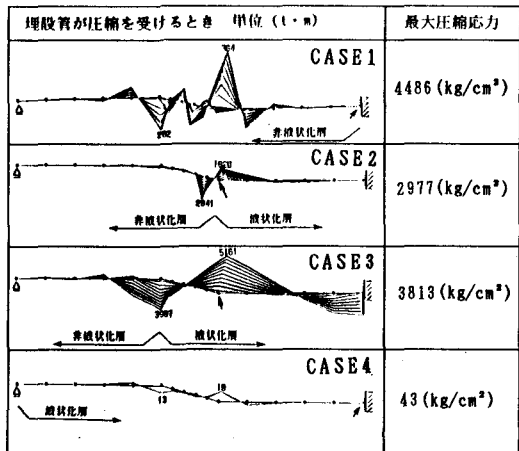


図-4 (a) 解析結果

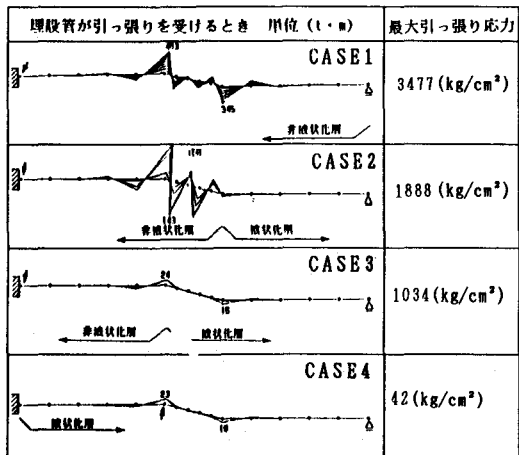


図-4 (b) 解析結果

【参考文献】 1) 三浦房紀、宮坂享明、坂尾和夫、T. D. O' Rourke : 水平変位を受ける杭の P-Δ 効果について, PP. 73~83, 1992. 2) (社) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説、V耐震設計編, PP. 17~36, 1990.