

I-812

地震時における地盤の大変形を考慮した埋設管に生じる拘束力の実験的検討

東京ガス基礎技術研究所 正員 安藤広和
正員 小林実央
小口憲武

1 はじめに

地震などによって地盤が変形する時埋設管が地盤から受ける力(地盤拘束力)は、一般に管近傍の地盤をバネでモデル化することで評価されている。しかし、液状化などにより地盤の側方流動が生じ、地盤が大きく変形した場合、管軸方向の地盤の拘束力については、管のすべりを考慮したモデル¹⁾も使われているが、軸直角方向については実験的な検討例も少なく、線形バネで与えることが多いため、著しく過大な評価に繋がる可能性がある。

そこで、非液状化層に埋設された管を想定して、実験ピットでフルスケール実験を行い、管軸直角方向かつ水平に作用する地盤拘束力を評価した。また、併せて、FEMによる地盤解析を行い、数値解析の適用性についても調べた。

2 実験方法

実験装置および計測の概要を図-1に示す。ピットは縦5m×横2.0m×深さ2.1m=容積21m³のコンクリート製である。口径600mmの鋼管(STPY370)を地表面から深さH=1.5mの位置にセットし、良質な山砂(含水比w=11%,単位体積重量 $\gamma_t=1.7\text{gf/cm}^3$,内部摩擦角 $\phi=45^\circ$ 、粘着力C=0.05)で埋め戻した。なお、約30cm毎に転圧を行い締固め度は95%以上とした。

実験は油圧ジャッキを用いて管を変位速度約0.3cm/secで最大約25cm変位させることにより行った。地盤拘束力と変位の関係はジャッキと管の間に取り付けられたロードセルおよび変位計により評価した。また、管表面の土圧や主に管内面管周方向のひずみを計測すると共に、地盤の変形を評価するために変位計を設置した。合わせて地盤のすべり等の変形状況を実験後観察するため、転圧毎に石灰を敷いた。

3 実験結果

図-2は発生した荷重と変位の関係であるが、3回行った実験の再現性が高かったため、1回の結果についてのみ示してある。変位の増加に伴い荷重は著しく上昇し、約3cmで最大約 $28 \times 10^3\text{kgf}$ の値をとった後、変位量約25cmまで漸減していることがわかる。このことは実験中荷重が進むにつれ、地表面に管軸に沿った方向の地割れが多数発生した(写真-1)ことに対応している。また、実験後にピット縦方向の半分を掘削し断面を観察したところ、管位置付近から地表面に向かい、山砂の内部摩擦角と一致する約45度の方向で地盤のすべりが発生したことも確認された(写真-2)。

4 数値解析との比較

実験により示された地盤拘束力挙動を検証するため、地盤と管を有限要素にモデル化し数値解析を実施した。地盤物性は三軸圧縮試験の結果から、ヤング率 $E_g=475\text{kgf/cm}^2$ 、ポアソン比 μ

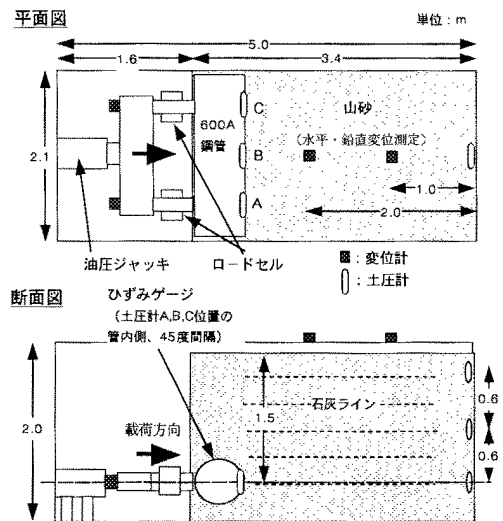


図-1 実験装置および計測の概要

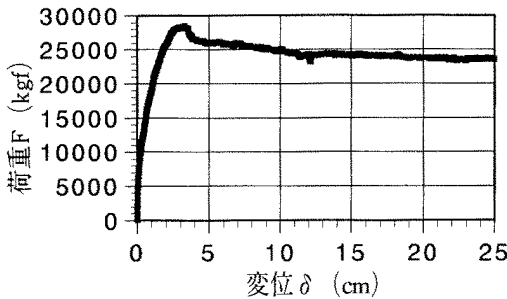


図-2 実験で得られた荷重と変位の関係

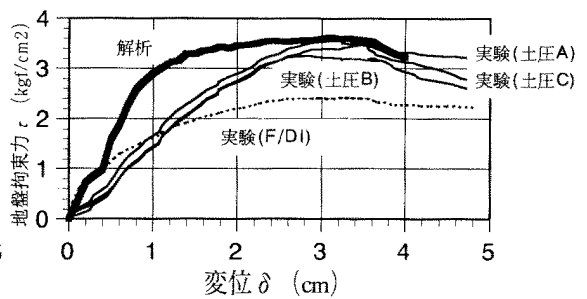


図-3 実験と解析結果の比較

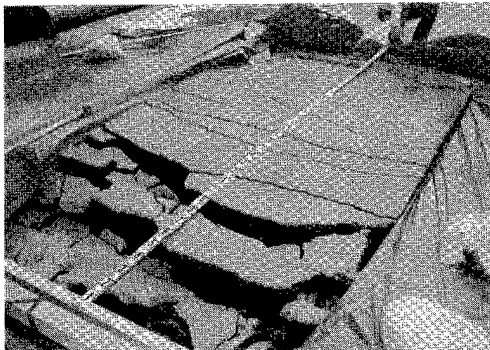


写真-1 実験終了後の地表面状況



写真-2 地盤のすべり発生状況

$=0.38$ とした。また、Mohr-Coulombの破壊基準に基づき、地盤を弾完全塑性モデルで近似した。また、管については実験から発生ひずみは十分小さく変形が認められなかったため剛体とした。地盤と管の境界にはジョイント要素を用い、管周垂直の圧縮方向応力のみが作用するものとした。土圧計が設置された管周位置での地盤拘束力について、実験と解析結果を比較したものを図-3に示す。図中、実験で得られた荷重 F を管の単位投影面積 S （口径 $D \times$ 管長 l ）で除した平均地盤拘束力（ F/Dl ）を併記した。

この結果より、実験（土圧計A,B,C）と解析はよく一致していることがわかる。微小変形領域において、実験では地盤拘束力に線形性は見られず、地盤の非線形性が強く現れているが、この状況は解析においても現れており、細部についても実用上十分な精度で再現できることが示されている。また、実験により得られた平均地盤拘束力は土圧計位置での結果と比較してやや低めの値を示す。このことは、拘束力の分布が管周に沿って一様でないためと推定される。

5 まとめ

地盤が大変形した場合の、管軸直角方向かつ水平に作用する地盤拘束力を評価するフルスケール実験及びその数値解析を行った。その結果、以下のことがわかった。

- ・地盤拘束力は変位の増加に伴い著しく上昇し、3cm程度で最大となった後漸減傾向となった。このことは、地表面に発生した多数の地割れや実験後に確認された45度方向のすべり線に起因する地盤の降伏によるものと思われる。
- ・地盤拘束力はFEM数値解析により実用上十分な精度で評価できることが示唆された。

参考文献

- 1) 日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針（1982）
- 2) C.H.Trautmann et al.：Lateral Force-Displacement Response of Buried Pipe, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.111 No.9, ASCE（1985）