

I-B 423

埋設管の軸直角方向に作用する地盤拘束力特性

東京ガス基礎技術研究所 安藤広和 小林実央
吉崎浩司 小口憲武

1 はじめに

地震時の液状化による側方流動や沈下、地滑り等の地盤変状に伴い埋設管に作用する地盤拘束力は、一般的にばねでモデル化される。この場合、拘束力は作用方向によって異なった特性を示すが、これについて非線形的な取り扱いをも考慮した評価手法は確立されていない。

そこで、埋設管の軸直角方向に作用する地盤拘束力の特性について、実験と解析に基づく検討を行ったので報告する。

2 地盤拘束力の作用方向成分

地盤拘束力は地盤と管の相対変位に応じ作用する。地盤拘束力の作用方向成分を図1に示す。

この図に示すように、作用方向は管の軸方向成分、軸直角方向3成分（水平、鉛直上向きおよび下向き）で表される。

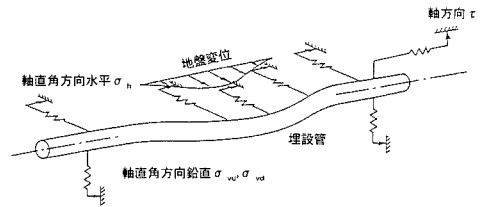


図1 地盤拘束力の作用方向成分

3 実験および解析方法

本検討では軸直角方向のうち、水平については実験と解析¹⁾、鉛直上・下向きについては解析により地盤拘束力を把握した。なお、実験は口径600Aの実管を用いて行った。また、液状化等による地盤剛性の低下は考慮せず、地盤と管の相互作用による非線形挙動のみに注目した。

3.1 実験

実験装置の概要を図2に示す。

図に示すように、縦5.0m×横2.0m×深さ2.1mのピットを用いて、鋼管（塗覆装なし）を一般的な埋設深さである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 $\gamma_r=1.7\text{gf/cm}^3$ ）により締め固め度が95%以上となるように埋め戻した。この状態で油圧ジャッキを用いて管を静的（約0.3cm/sec）に強制変位させ、地盤拘束力と相対変位の関係を把握した。

3.2 解析

図3に示すように、解析は実験モデルとフルモデルの2通りとした。前者で軸直角方向水平実験との比較を行い、その妥当性を検証したのち、実験の制約である地盤境界の影響が無視できる後者のモデルで水平、鉛直上・下向きの解析を実施した。

解析は汎用FEM解析コードABAQUSを用いて行った。地盤物性は実験条件に即した三軸圧縮試験結果より、内部摩擦角と粘着力については $\phi=45.8$ 度、 $C=0.05\text{kgf/cm}^2$ とし、ヤング率とポアソン比については

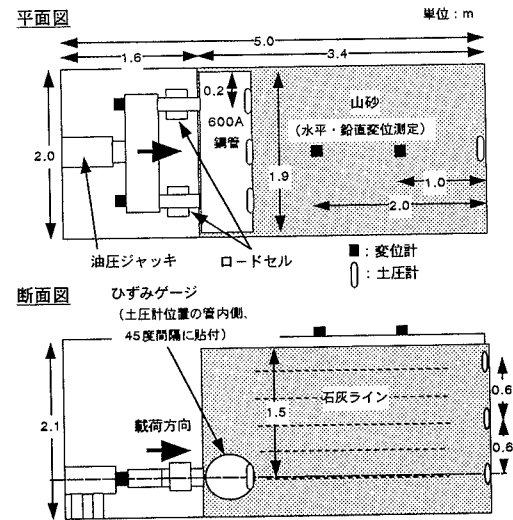


図2 実験装置の概要

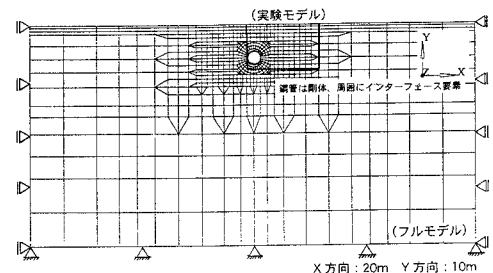


図3 解析用2次元FEMモデル

$E_g=437\text{kgf/cm}^2$ 、 $\mu=0.38$ と類推して与えた。地盤の非線形性についてはMohr-Coulombの破壊基準に基づく弾完全塑性モデルで近似した。実験における管の変形は十分小さかったため剛体とし、地盤と管の剥離が表現できるよう管の半径方向に圧縮応力のみが作用するジョイント要素を配置した。

以上より、実験と同様に管を強制変位させ、地盤拘束力（水平 σ_h 、鉛直上向き σ_{vu} 、鉛直下向き σ_{vd} ）を算定した。

4 検討結果

軸直角方向水平についての結果を図4に示す。なお、以下の地盤拘束力については管の投影面積当たりの平均値である。

実験は2回実施したが、結果はほぼ一致し再現性が高いことが分かった。これにより、3cm程度の相対変位時で拘束力は最大値約 2.5kgf/cm^2 となり頭打ちとなることが確認された。

実験モデルを用いた解析では実験結果と良く一致し、実用上十分な精度で再現できることが分かった。また、フルモデルでの解析結果とも整合していることから、実験での地盤境界の影響が小さいことが示唆された。

さらに、軸直角方向の鉛直上・下向きに関する拘束力をフルモデルを用いた解析により算出した。結果を図5に示す。ここでは、水平についても併記した。

この結果より、上向きと下向きでは拘束力挙動に明確な違いがあることが分かった。特に地盤と管の相対変位が増加するに従ってその傾向は顕著である。上向きでは単調に増加するのに対して、下向きは水平における傾向と同様に、相対変位約 $\delta=1\text{cm}$ 時で最大値約 1.0kgf/cm^2 となり頭打ちとなることが分かった。このような、軸直角3方向の拘束力特性の違いは、地盤の変形状態が異なるためと考えられる。つまり、水平や鉛直下向きなど主に管以浅で地盤が変形する場合には、ある限界値を越えると地盤のすべりや剥離が生じ、それ以降は地盤拘束力が増大しないものと考えられる。

5 まとめ

本報告では、地盤変状に伴い埋設管の軸直角方向に作用する地盤拘束力の特性について、実験および解析により検討した。その結果、水平、鉛直上向きおよび下向きで拘束力特性が異なることが分かった。地震時の側方流動や沈下などで特に重要な水平および鉛直下向きについては、ともに数センチの相対変位で拘束力は頭打ちとなることが確認された。これは、地盤の変形状態が異なるためと考えられる。

なお、本報告は同一の地盤条件、口径および埋設深さ等による結果であり、今後より総合的な検討が必要であることを付記する。

参考文献

- 1) 安藤他：地震時地盤の側方変位により埋設管に作用する拘束力の検討、第23回地震工学研究発表会（1995）

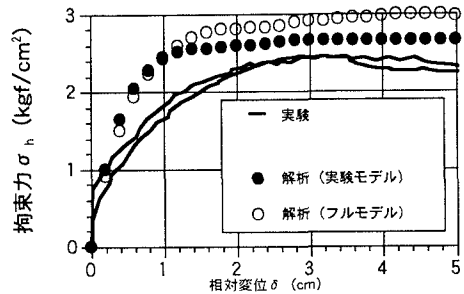


図4 軸直角方向水平の結果

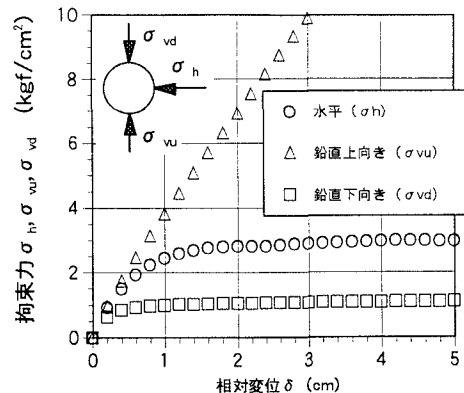


図5 軸直角方向の解析結果