

電力中央研究所

同上

同上

正会員 ○江刺 靖行

同上 西 好一

同上 中村 秀治

1. はじめに

埋設深度が大でかつ充分な締め固めのできない大口径のたわみ性埋設管の設計に当たっては、従来の設計手法ではあきまいてあった側方土圧分布のとり方や管体変位量の推定など形式的に処理できない問題が生じてくる。本報告は管-地盤系の問題も相互作用も考慮しようという立場から有限要素法を用いて検討した結果、特に管体に作用する土圧分布形状について述べたものである。

2. 解析手法及び地盤材料の構成式

西. 江刺が弾. 塑性論を用いて誘導した砂の構成式を用いる¹⁾。解析は地盤の埋め戻し過程を考慮しようのもであり、土カブりの増加に伴う管-地盤系の変形挙動も容易に追跡しうる。管は剛性EIを有するはり要素として表現されている。なお解析手法の詳細は文献²⁾を参照されたい。

3. 有限要素モデル及び材料定数

解析に用いたモデルは平面ひずみ条件下にあり、図-1に示すように管頂からの最終土カぶり高さ7m、管中心軸から距離5mの地盤とした。境界条件としては底面で完全固定、両側面で鉛直方向のみ移動とした。用いた材料定数は埋め戻し材及び支持地盤材料として $G=190, 250$, $\phi_1=38.9^\circ, 42.4^\circ$, $\phi_m=32.6^\circ, 37.6^\circ$, $\lambda=0.0098, 0.0088$, $K=0.001, 0.0062$, $\gamma_c=1.8, 1.58/\text{cm}^3$ をそれぞれ用いている。なお管径Dは150cmである。

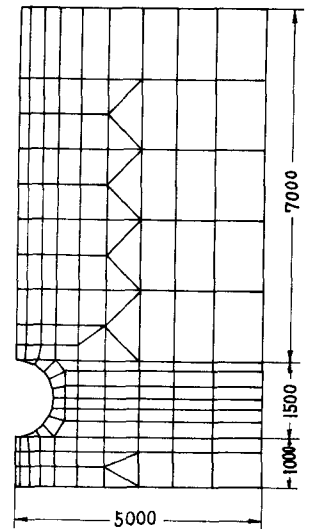


図-1 有限要素モデル

4. 管剛性が土圧分布に与える影響

図-2は土カぶり高の増大に伴う管上土圧の変化を示したものである。管剛性の違いにより土圧の大きさに明瞭な差がみられ、特に土カぶり高が大きいかほどその差は顕著である。なお図中にはMarstonの完全溝状態及び完全突出状態に対する値も示した。剛性管とたわみ性管とは土カぶり圧に相当する $\frac{1}{2}H$ 線と境に突出及び溝状態にそれぞれ対応した値を示していることがわかる。一方、図-3は最終埋め戻し時における管に沿った鉛直方向の管上土圧分布、管下土圧分布(持地圧分布)及び管側方土圧分布を示したものである。これから判明することは 1) 管上土圧分布は剛性管の場合、通常考えられている山形状を示しているが、たわみ性管の場合、管水平軸に対して凹形分布を示している。しかも管頂部において溝状態の値を示していたたわみ性管の場合では土カぶり圧を上回る部分がかかなり広い領域にわたって生じている。2) たわみ性管の側方土圧分布はSpanglerが仮定したように管の中心から 100° 範囲ではほぼ放射状

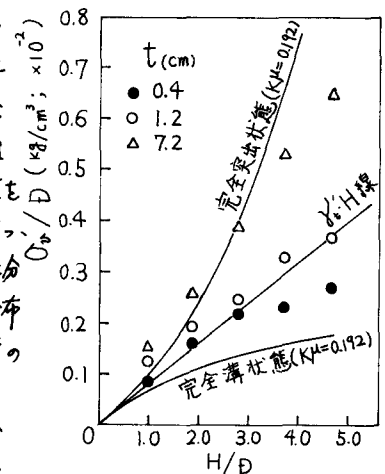


図-2 鉛直土圧と土カぶり高の関係

状も示している。また剛性管のそれは深さに応じてやや増加する傾向はみられるものの平均的には土カブリ圧の3〜4割程度であり、これは静止土圧とほぼ一致する結果を与える。3) 管下の接地圧分布は剛な管ほど管直下に集中する傾向があり、たわみ性管では管上の鉛直土圧分布同様、管水平軸に対して凹形を示す。

5. 支持地盤剛性が土圧分布に与える影響

管下の支持地盤剛性を通り(レキ質土, 非常に柔らかい: $E=10\text{kg/cm}^2$, $\nu=0.3$, 非常に堅い: $E=180000\text{kg/cm}^2$, $\nu=0.2$)に変えた解析を行なった。管厚は12mmである。図-4に解析結果を示す。これより管上及び側方の土圧分布に明瞭な差を見出すことはできないが、管底の接地圧分布には差がみられる。すなわち非常に堅い支持地盤においては管直下の土圧がきわめて小さく、管底よりやや離れた付近にかなり大きな応力集中が生じている。これは管が支持地盤へ貫入することなく橋脚状にたわむことにより、管底側方の地盤へ応力が伝達されていることを示している。

6. 側方土圧係数について

図-5, 6には管剛性及び支持地盤剛性を変えた時に得られる側方土圧と管体たわみ量の関係を示した。これよりいわゆる Iowa Formula の中に含まれる重要な定数である側方土圧係数は土カブリ高の増加に伴う増加を示し、また管剛性の影響も顕著に受けるが、支持地盤剛性の影響はほとんどみられないことなどが判明する。

7. 実験結果との比較

図-7には文献3)で述べた大型模型実験結果と、それを対象とした数値解析結果が示されている。これより管底における異常な応力集中を除いて、それら対応はよいと言えよう。

参考文献

- 1) 西・江刺, “軟質地盤における基礎の支持力と変形 - その1 -” 電力中所報告書 1977
- 2) 中村・西・江刺, “大口径取水管の水中埋設時の挙動と設計 - その2 -” 電力中所報告書 印刷中
- 3) 石崎・江刺他, “水中大口径埋設管の模型実験” 第13回土質工学研究発表会 1978

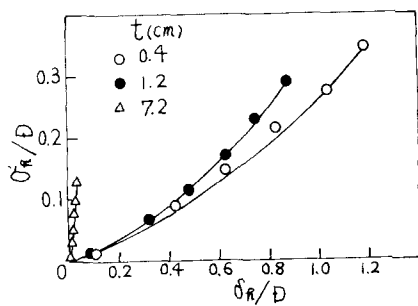


図-5 側方土圧と管たわみ量の関係

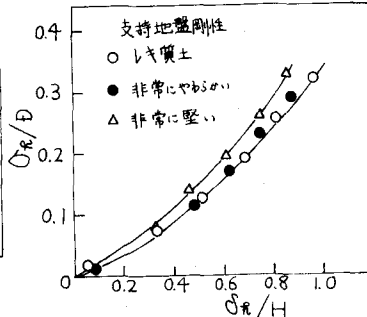


図-6 側方土圧と管たわみ量の関係

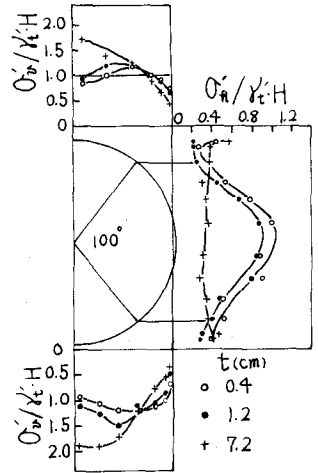


図-3 土圧分布(管剛性の効果)

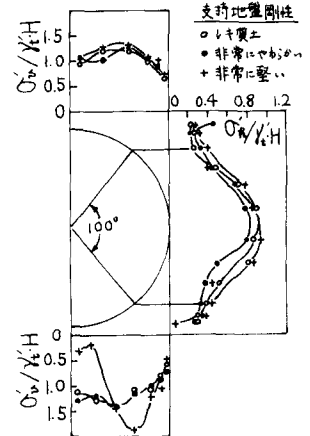


図-4 土圧分布(支持地盤剛性の効果)

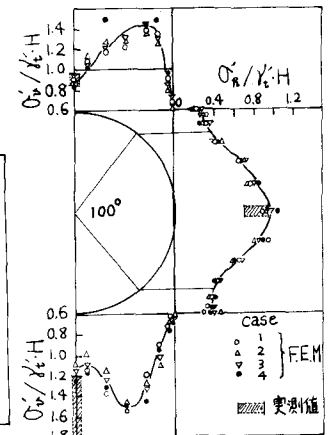


図-7 土圧分布(実験値との比較)