

1. はじめに

底版付鉛直埋設管に作用する土圧分布・応力等は不明な点が多く、必ずしも合理的設計がされているとは言い難い。これらは底版と側壁を一体化することによる剛性変化の影響等を無視しているためと考えられる。そこで、本研究では周辺地盤を含めた弾塑性 FEM 解析を行い、埋設管及び地盤の応力状態や変位を求め現象を考察する。また、その結果を弾性 FEM 解析結果、シェル板理論値^{1),2)}及び、実験値と比較する。

2. 解析内容

2.1 解析条件

これまでシェル板理論および遠心載荷実験³⁾により研究を進めてきたアルミニウム製の底版付き鉛直埋設管の実機換算した構造物を対象として、地盤を含む弾塑性 FEM 解析を行った。解析モデルは、遠心載荷実験で使用したアルミニウム製模型埋設管に重力加速度 60G を加えたモデルの実機換算した寸法（底版半径 780 mm、側壁高

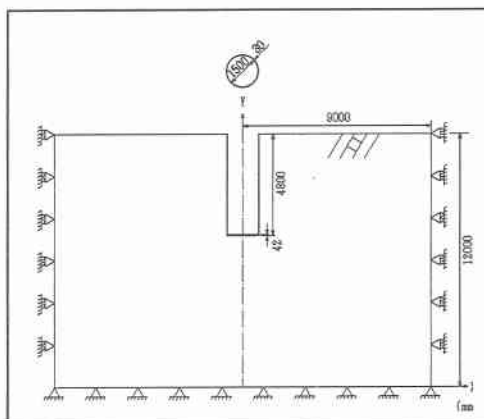


図1 解析モデルおよび境界条件

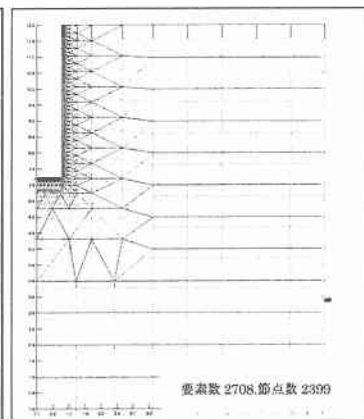


図2 メッシュ分割図及び解析後の変位

表1 材料特性値

	埋設管	地盤(豊浦標準砂)	ジョイント要素(N/mm ²)
弾性係数E	700000N/mm ²	20N/mm ²	-
ポアソン比ν	0.33	0.3	-
単体重量γ	6.9099×10^{-3} N/mm ³	1.5426×10^{-3} N/mm ³	-
内部摩擦角φ	-	41°	-
粘着力C	-	0	-
直角方向剛性Kn	-	-	10 ⁷
せん断剛性Ks	-	-	100

表2 Duncan-Chang モデルの

その他の特性値

Duncan-Changモデル	
荷重係数 KL	341
荷重指数 n	0.2
気圧 Pa (N/mm ²)	0.10132
破壊強度比 Rf	0.86

4800 mm、底版厚 42 mm、側壁厚 30 mm) とし、構造的形状より軸対称解析を行った。図2には後述する節点変位も示した。

2.2 材料特性

土の構成則は Mohr-Coulomb の破壊基準を有する完全弾塑性モデル及び Duncan-Chang モデルで解析を行った。また、埋設管と地盤との間には、摩擦を考慮するための境界をモデル化することが重要であり、厚さを無視し得る薄いジョイント要素を挿入した。ジョイント要素は埋設管に対して直角方向には圧縮せず土圧を伝達し、せん断方向は摩擦を考慮してすべりが発生するように表現している。埋設管、地盤及びジョイント要素の材料特性値を表1に示し、さらに表2に Duncan-Chang モデルのその他の特性値を示す。

3. 解析結果及び考察

図3,4に示すように地盤が塑性化し、すべり面が発生した。Duncan-Chang モデルの塑性化の判定には応力レベルKを用いている。図3,4ともに発生場所も近似しており、後述する土圧

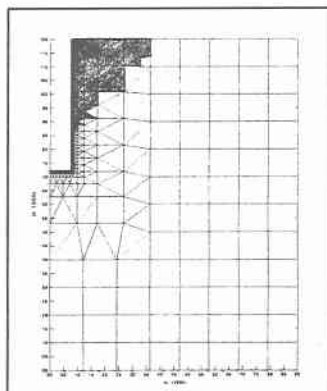


図3 塑性域(完全弾塑性)

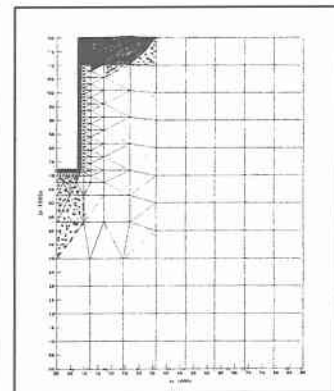


図4 塑性域(Duncan-Chang)

分布とも関連している。

変位については、図2に解析メッシュと合わせて表示している。自重により全体が沈下するのは明らかであるが埋設管と地盤の相対変位を見ると、図5に示すように上部では地盤が下がっているが下部においては埋設管が下がっており、下部で上向きの壁面摩擦が発生している。解析結果の壁面摩擦力を図6に示す。従って、本解析結果によると外力の設定は図7右図のようになる。また、水平土圧についても Jaky の静止土圧よりも大きく現れた。土圧を図8に示す。埋設管の応力を図9, 10に示す。いずれも傾向は良く一致しており、弾塑性解析値は理論値、弾性解析値より大きな値を示した。実験値ともよく一致している。側壁、底版ともに接合部付近に大きな応力が発生している。

4. まとめ及び今後の課題

底版付き鉛直埋設管について弾塑性 FEM 解析を行い、次のことが明らかとなった。

- ①地盤の側壁上部付近に塑性域が発生するとともに、埋設管には静止土圧よりも大きな土圧が作用する。
- ②従来の考え方とは違い、上向きと下向きの壁面摩擦力が発生し埋設管下部付近で壁面摩擦角 $\delta=0$ の変曲点が本解析で得られた。
- ③埋設管においては、側壁と底版の接合部付近及び、底版中央で大きな応力が発生していることより設計的には下部に注目する必要がある。

今後の課題として、まず壁面摩擦力の変曲点の存在を検証するため、従来の実験装置・方法の改善を行い、実測データと比較、検討する必要がある。その結果、壁面摩擦力についての本解析の考えが検証されれば、シェル板理論の適用方法を変更し比較する。また、種々の解析条件（メッシュの大きさ、荷重増分、初期応力、境界条件、ジョイント要素）の結果への影響を明らかにすることや、漸増自重解析を行う必要がある。以上のような検討をした後、実際のコンクリート製地下マンホールなどを想定して解析を行い、結果を設計に反映する。

5. 参考文献

- 1) Timoshenko, S. and Woinowsky-Krieger, S. : Theory of Plates and Shells, McGraw-Hill Book Company, 1959.
- 2) 弥勒昌史・多賀谷宏三・岡林宏二郎・山崎順一：底版付き鉛直シリンダーの土圧による応力の解析，第6回，技術研究発表会，講演概要集/T-34, pp. 92~93, 2000. 5
- 3) 野並信也：底版付き鉛直埋設管の遠心力模型実験，高知工業高等専門学校卒業論文，2002.

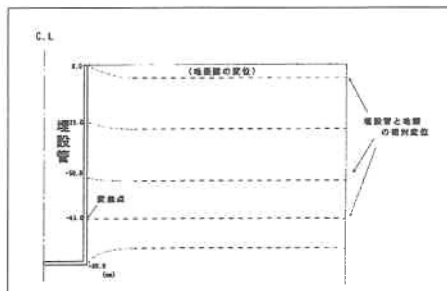


図5 地盤と埋設管の相対変位概念図

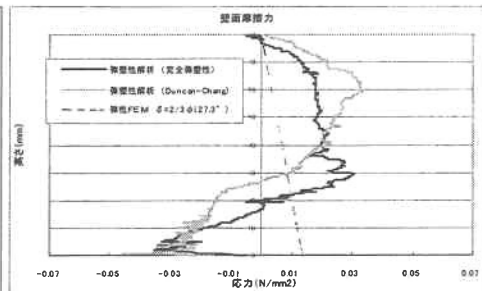


図6 壁面摩擦力

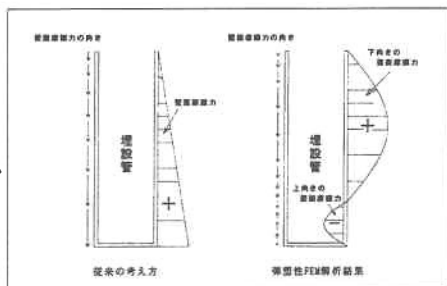


図7 壁面摩擦力の考え方

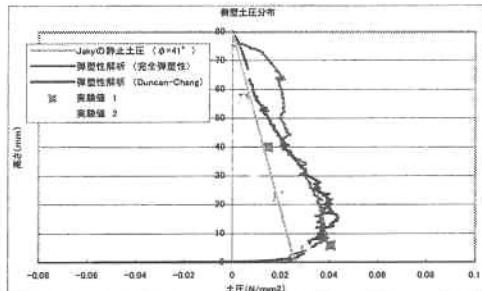


図8 水平土圧

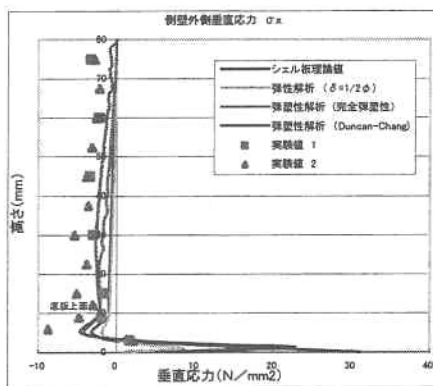


図9 埋設管側壁外側応力

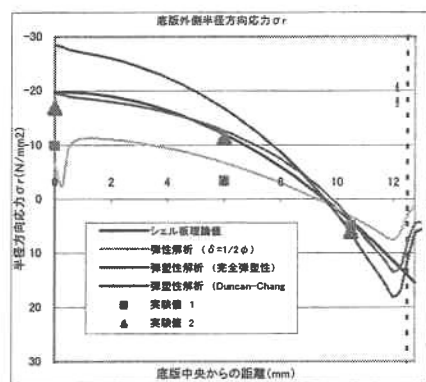


図10 埋設管底版外側応力