

Ⅲ-18 底版付き鉛直埋設管の3次元FEM解析

高知高専専攻科 学生員 ○中内 洋志
高知高専 正会員 岡林宏二郎
高知高専 フェロー 多賀谷宏三
長岡技術科学大 学生員 下田 妙

1. はじめに

都市機能の集中と高密度化によって、電線・電話線などの地下化、浸水対策用地下河川、下水道雨水管渠、雨水貯留施設などの埋設管が増加している。しかし、地下構造物に作用する土圧および埋設管に発生する応力は、複雑で不明な点が多い。このため、マンホールなどのような鉛直に埋設された底版のついた円形埋設管を対象として3次元FEM解析を行う。さらに、FEM解析結果とシェル理論による解析との比較を行い、相似模型を用いた遠心载荷実験との比較も行う。

2. 有限要素解析

解析モデル寸法は、実験モデルの底版半径 13mm、側壁厚 80mm、底版厚 0.7mm、側壁厚 0.5mm の既製の円筒管に、重力加速度 60G を加えた実物大のモデルを対象とし、周面摩擦角 $\delta = 0$ の場合と $\delta = \phi/2$ の場合について解析を行った。 $\delta = 0$ の場合のモデル寸法を境界条件とともに図1に示す。なお、モデルは鉛直方向に対称であるので、1/4モデルとした。

2.1 解析条件

構造物に作用する荷重は側壁に土圧、側壁面に摩擦力、底版に自重により生じる反力を、それぞれ外力として与えた。土圧 P はヤークーの静止土圧係数 $K_0 = 1 - \sin \phi$ を用いて、 $P = K_0 \gamma H$ とし上端部で0となるようにした。

2.2 材料特性

材料はアルミニウムを使用しヤング率、ポアソン比はそれぞれ $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ 、 $\nu = 0.33$ とした。土は実験で用いた豊浦標準砂の単位体積重量 $\gamma = 1.54 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3$ 、内部摩擦角 $\phi = 41^\circ$ 相対密度 $D_r = 80\%$ とした。

2.3 解析方法

解析は、変位量が小さいことから弾性解析を行った。

3. 解析結果および考察

FEM解析による側壁下部の変位形状を図2に、側壁および底版の変位分布を図3に、側壁の軸方向応力 σ および底版の半径方向応力 σ_r の分布を図4にそれぞれ示す。なお、シェル理論による解析値および遠心力模型実験値もあわせて図に示した。

3.1 結果

図3より、側壁の変位は側壁上部ではほとんど見られないが、下方に近づくに従い内側に絞られる。さらに下方では外側に大きく膨らみ、下端から高さ 2mm の点で外側に最大に膨らむ。底版の変位は底版中央で内側に最大となり、側

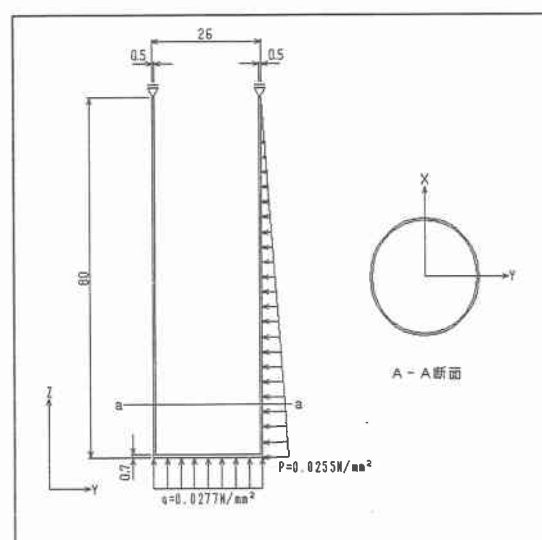


図1 解析モデル ($\delta = 0$)

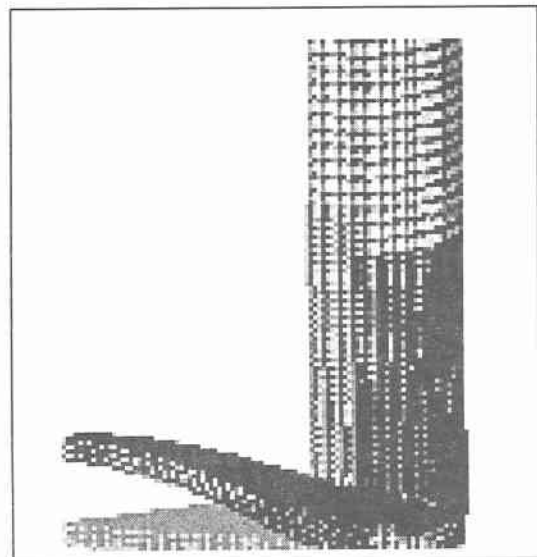


図2 側壁下部の変位形状

壁に近づくに従って減少し、側壁外側でほぼ0となる。

図4より側壁外側の応力は上部でほぼ0となり、下部で大きな引張応力が発生する。側壁内側の応力は上部でほぼ0となり、下部で大きな圧縮応力が発生する。底版外側応力は底版中心から側壁に近づくに従って、圧縮応力は減少する。底版内側応力は底版中心から側壁に近づくに従って、引張応力は減少する。

3. 2 考察

(1) 側壁変位：側壁に土圧を受けているにも関わらず外側に変位するのは、ちょうど円筒型の缶を鉛直方向から押しつぶしたときのように外側に膨らむためである。これに土圧を受けて内側に絞られるため、底版接合部の剛性の影響を受けて外側に変位していると考えられる。(2) 底版変位：底版中央で変位は最大となり、(FEM解析-0.022mm、シェル理論-0.026mm) 側壁に近づくに従って変位は減少し、側壁外側でほぼ0となる。(3) 側壁応力：外側、内側ともに上端でほぼ0となり、下部で大きな応力が発生する。(4) 底版応力：外側、内側ともに応力が0となる点が1つ存在する。中央で応力が小さく現れるのは、要素形状が異なる影響が現れたと思われる。

4. まとめ

応力、変位とも側壁では下部で大きく上部でほとんど問題とならない。底版は中央部で変位が大きい。これらの結果から、底版付き鉛直埋設管の設計では側壁下端部、底版の板厚を大きくし、引張力に抵抗するため鉄筋を配筋することが望ましいことがわかる。

5. 今後の課題

FEM 解析は弾性解析を行ったが、実際には土は弾塑性体であるので、土を含んだ弾塑性解析を行う必要がある。さらに、今回は周面摩擦について $\delta = \phi / 2$ の場合しか考えていないが、今後側壁面に作用する摩擦について検討し、 $\delta = 2 / 3 \phi$ なども考慮に入れる必要がある。

(参考文献) 1) 山本誠：底版付き鉛直埋設管の応力解析(壁面摩擦角、土圧分布形状、埋設深さの影響)，高知工業高等専門学校卒業論文，2001

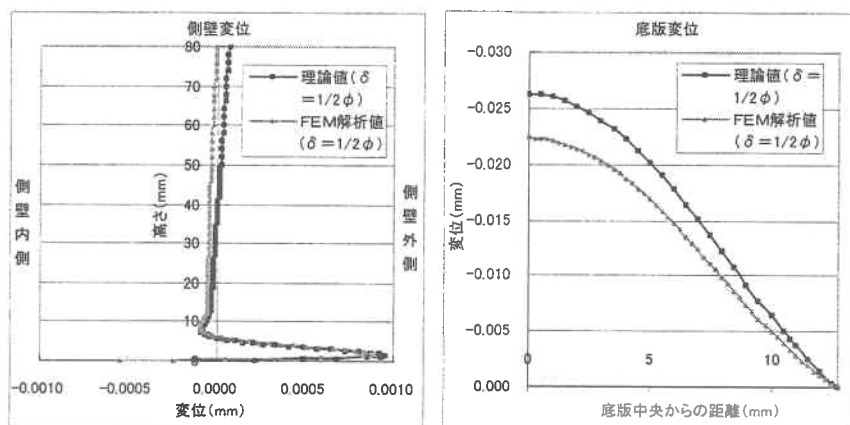


図3 変位分布

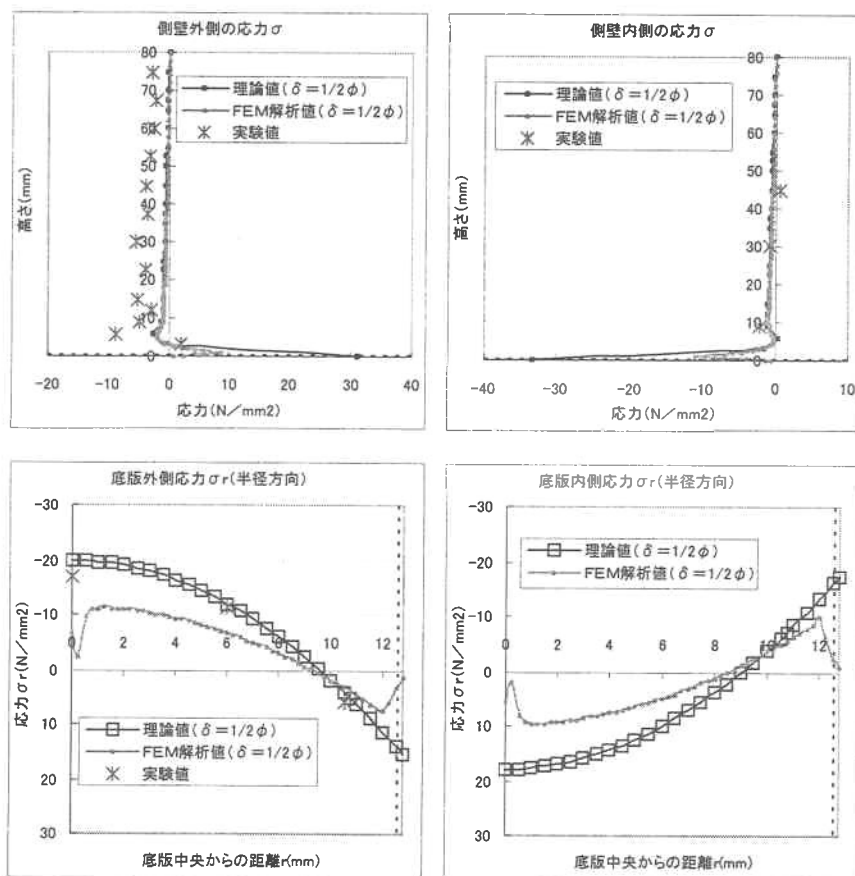


図4 応力分布