

底版付鉛直埋設管の設計法に関する研究

長崎大学工学部 学生会員 ○伊藤 哲也

高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎

高知工業高等専門学校専攻科 学生会員 杉本 貴之

1. はじめに

近年、都市機能の集中と高密度化に伴い、都市機能を支えるための底版付円形埋設構造物は増加の一途をたどっている。しかし、このような地下埋設構造物に作用する土圧及び埋設管に発生する応力は不明な点が多いのが現状である。そこで、本研究では、マンホールなどのような底版付鉛直埋設管に静的土圧荷重が作用する状態において、埋設管に生じる応力及びひずみを明らかにするため3次元FEM解析及び、2次元軸対称FEM解析を行った。また、FEM解析結果と改良シェル・板理論¹⁾による計算結果との比較を行い、相似模型を用いた遠心載荷実験との比較も行った。

2. 有限要素解析

解析モデルは、埋設管寸法を実験に用いた既製埋設管の寸法に合わせ底版半径 32.025mm、側壁高 72mm、底版厚 1.2mm、側壁厚 0.925mmとし、地盤部は地下水のない一様砂地盤で高さ 239.98mm、幅 191.625mmの地盤をモデル化した。このモデルに重力加速度 60G を加え、遠心載荷実験時の状態を再現する解析を行った。モデルの寸法を図 1 に示す。なお、モデルは対称性を考慮し 1/4モデルとした。

2. 1 材料特性

埋設管材料はアルミニウムとし、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。地盤の材料特性は実験により得られた単位体積重量 $\gamma=1.57\text{gf/cm}^3$ 、せん断抵抗角 $\phi=39.5^\circ$ を用いた。

2. 2 解析方法

解析方法は、3次元弾性解析、地盤専用の解析を行う3次元地盤解析、埋設管と地盤の剥離を考慮する3次元 NO TENSION 解析を行い、最後に2次元軸対称弾性解析を行った。なお、2次元軸対称弾性解析ではばね要素を用いて埋設管と地盤の不連続性を考慮している。

3. 解析結果及び考察

FEM解析による側壁および底版のたわみを図2に、側壁の軸方向応力および底版の半径方向応力を図3にそれぞれ示す。図4、図5には、FEM解析と改良シェル・板理論による計算値および遠心載荷実験値の比較を示す。

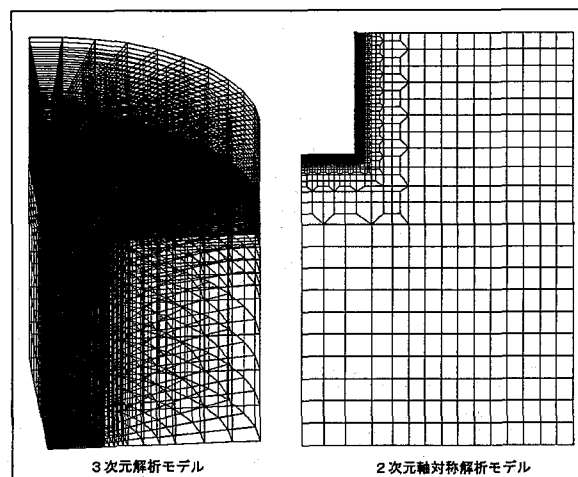


図1 解析モデル

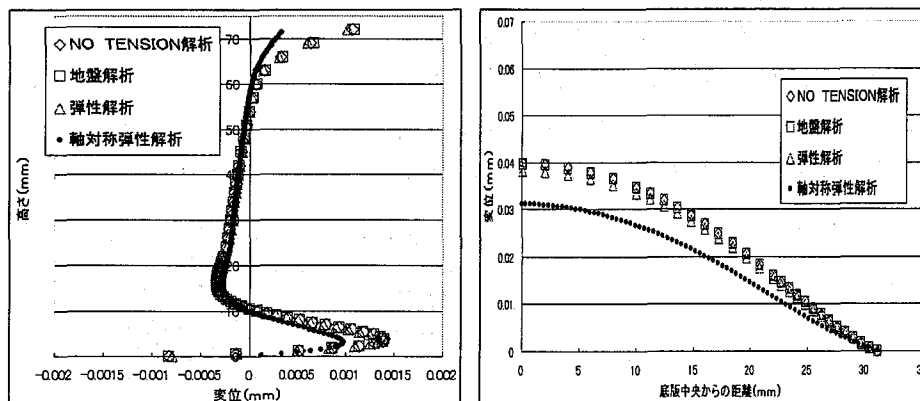


図2 たわみ分布 側壁(左)、底版(右)

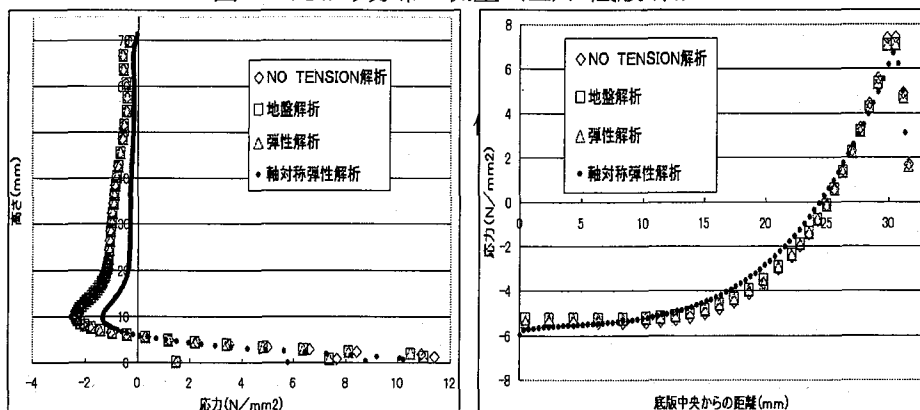


図3 応力分布 側壁(左)、底版(右)

3. 1 解析結果

たわみ、応力とも4つのFEM解析結果は、ほぼ同じ傾向を示している。図2より側壁は上端と下端で大きく外側に膨らむ。底版のたわみは底版中央で内側に最大となり、側壁に近づくに従って減少し、側壁との接合部で0になる。図3より軸対称弾性解析の応力の値は他の解析に比べて小さく、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。底版外側の応力は底版中心から側壁に近づくに従って圧縮応力が減少し、結合部付近で引張応力となる。

3. 2 考察

図4、図5より以下のことが言える。

- (1) 軸対称弾性解析結果と改良シェル・板理論はよく一致している。
- (2) 底版は側壁に比べ全体的に大きな応力が発生している。
- (3) 土圧を受けているにも関わらず側壁が外側に変形するのは、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形していると考えられる。

4. まとめ

弾性解析と地盤解析の結果にほとんど差はなく、静的土圧作用状態では、地盤を弾性体としてよいことが分かった。また、NO TENSION 解析で結果に違いが見られなかったのは、埋設管と地盤の境界のせん断方向の剥離を表現できなかったためと考えられる。これらの結果を踏まえ行った軸対称弾性 FEM 解析の結果が、埋設管と地盤の間の摩擦も表現しており、最も妥当であると言える。この軸対称弾性 FEM 解析結果と改良シェル・板理論はよく一致しており、考案した改良シェル・板理論が底版付鉛直埋設管のたわみ、応力計算法として妥当であると言える。また、埋設管においては、側壁と底版の接合部付近で大きな引張応力が発生しており、実構造物では配筋が必要となる。設計的に下部に注目する必要があると考えられる。

5. 今後の課題

遠心载荷実験において、試料容器側壁の影響がないようフリクションカットを行うか、広い試料容器を用いて実験を行う必要がある。また、ひずみの値を正確に測れるようコードの影響をなくするなどとして、実験の精度向上が必要である。

6. 参考文献

- 1) 杉本貴之・岡林宏二郎：底版付き鉛直埋設管の変形及び応力の計算法に関する研究, 高知工業高等専門学校専攻科特別研究論文集第6号 (2007)

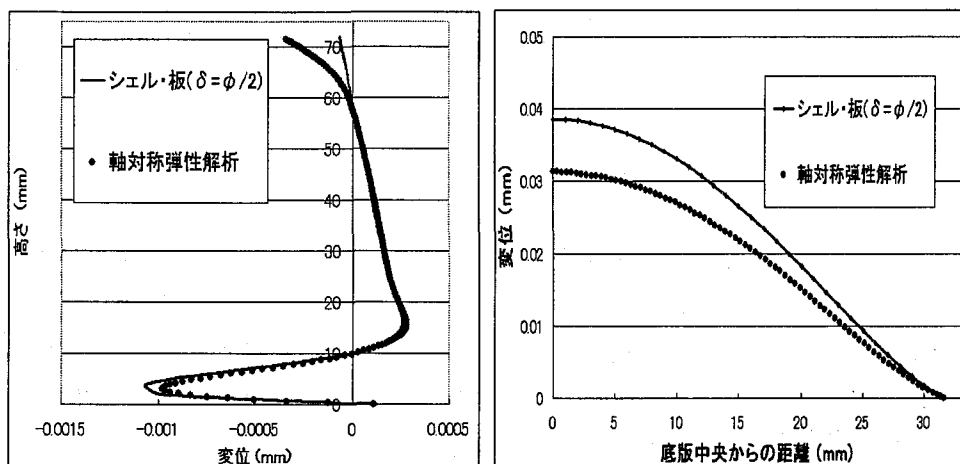


図4 変位分布 側壁(左)、底版(右)

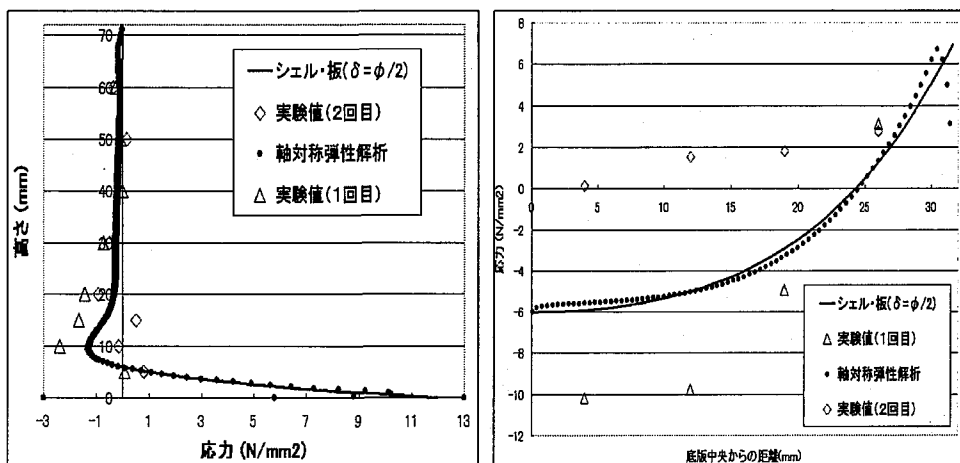


図5 応力分布 側壁(左)、底版(右)