

Ⅲ-2 底版付き鉛直埋設管の設計法に関する研究

高知工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○杉本貴之
高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎
(社)高知高専テクノフェロー フェロー 多賀谷宏三

1. 緒言

近年、我が国における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連続円形地中壁、電線地中化マンホール、下水マンホール等の底版付き円形埋設構造物は増加の一途をたどっている。しかし、このような構造物に作用する土圧分布、底版と側壁の一体化による剛性変化の影響等は、設計上不明な点が多く、必ずしも合理的な設計が採用されているとは言い難い。底版付き鉛直埋設管の従来の設計法は、円形埋設管を、管中心軸直角方向にスライスして解析を行う方法であり、鉛直方向の荷重及び底版と側壁の一体化による剛性変化等は考慮されておらず、これらの仮定における解析結果は、精度が悪く、不経済な設計になっていると考えられる。

そこで本研究では、底版付き鉛直埋設管を対象に、S.Timoshenko のシェル理論及び板の理論¹⁾から導いたシェル・板理論²⁾より、鉛直方向の荷重及び底版と側壁の一体化による影響も考慮した解析²⁾を行った。また、相似模型を用いた遠心載荷実験も行い、理論による解析結果との比較・検討を行った。

2. シェル・板理論に基づく解析の流れ

底版付き鉛直埋設管のシェル・板理論に基づく解析フロー²⁾を図1に示す。解析法の概略は以下のとおりである。

底版付き鉛直埋設管を円筒シェル(側壁)と円盤(底版)に分け、それぞれのたわみの式をシェル・板理論により求める。側壁と底版の結合部における水平変位とたわみ角の境界条件より、円筒シェル下端に作用するせん断力(Q_0)及び曲げモーメント(M_0)を計算する。下端に作用する軸力(N_0)は、埋設管自重及び円筒シェル側壁に作用する摩擦力の評価の仕方(壁面摩擦角 δ とせん断抵抗角 ϕ の関係)により任意に仮定する(過去の研究結果より $\delta=1/2\phi$ とした)。 Q_0 、 M_0 、 N_0 が求まれば側壁のたわみ w 及び底版のたわみ u を求めることができるため、たわみと曲げモーメント・せん断力の関係より、弾性曲線の微分方程式から側壁の断面力を、S.Timoshenko の板の理論から底版の断面力を算出する。断面力の計算結果をもとに、軸力と曲げモーメントから側壁と底版の応力 σ をそれぞれ算出する。

解析モデルには、次節で後述するモデルを用いた。

3. 遠心力模型実験

3.1 実験概要

模型埋設管は、実構造物を想定し、コンクリート製埋設管であると考え、これを曲げ剛性及びせん断剛性の等しいアルミニウム製埋設管に置き換え、縮尺 1/60 の模型を作製した。

3.2 模型・材料

模型寸法は直径 64.05mm、高さ 72.00mm、側壁厚 0.925mm、底版厚 1.20mm であり、実機に換算する

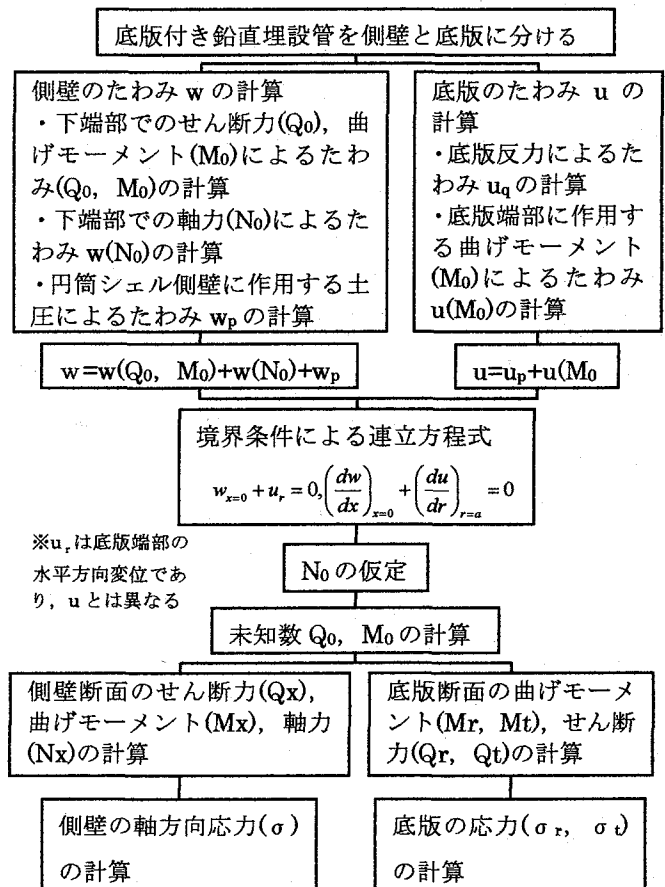


図1 底版付き鉛直埋設管の解析フロー②

と直径 3.843m, 高さ 4.320m, 側壁厚 5.550cm, 底版厚 7.20cm である。埋設管周辺地盤は砂質地盤であるとし、実験では豊浦標準砂を使用した。模型埋設管及び豊浦標準砂の材料特性を表 1 に示す。模型の側壁及び底版には図 2 に示すように土圧計及びひずみゲージを貼り付けた。

表 1 埋設管及び豊浦標準砂の材料特性

	埋設管	豊浦標準砂
弾性係数 $E(N/mm^2)$	70000	20
ポアソン比	0.33	0.3
単位体積重量 $\gamma(N/mm^3)$	2.6589×10^{-5}	1.5042×10^{-5}
せん断抵抗角 $\phi(^{\circ})$	—	37.5

3.3 実験方法

模型埋設管を、図 3 に示すように試料容器内に埋設し、遠心力载荷装置によって試料容器を回転させ遠心力载荷を行い、土圧、ひずみを計測した。遠心加速度は最大 60G まで増加させ、10G～60G まで 10G 毎に一定に保ち、データを採取した。

4. 結果及び考察

4.1 水平土圧

図 4 に、埋設管側壁に作用する水平土圧分布の 60G 場の実験値と Jaky の静止土圧（静止土圧係数 $K_0=0.391$ とした）の比較を示す。図中の実験値 1 は遠心加速度上昇中に採取した値であり、実験値 2 は加速度下降中に採取した値である。図 4 より、実験値は Jaky の静止土圧とよく一致しており、埋設管側壁に作用する水平土圧は Jaky の静止土圧で十分表現できることが分かった。

4.2 埋設管応力

図 5 に埋設管側壁に発生する応力の分布を、図 6 に底版に発生する応力の分布を示す。図 5、図 6 より側壁応力のシェル・板理論による理論値と実験値は傾向的によく一致したが、底版応力は一致しているとは言いがたい結果となった。理論値と実験値が一致していない部分があるが、その理由として、ひずみゲージ銅線部に接触不良部があった可能性が考えられる。

5. 結言

埋設管側壁は土圧の作用によりわずかに変形するが、変形量は極めて微小であるため、静止土圧状態とみなしてよいということが分かった。シェル・板理論から算出した埋設管応力の理論値は、実験結果と傾向的に近い結果を示しており、シェル・板理論は円形埋設管の解析法として妥当であることが証明された。今後、さらに実験模型を作製し、実験を重ね、多くの実験データを採取し実験値の再現性を確認することが課題であると言える。

参考文献

- 1) Timoshenko, S. and Woinowsky, S.: Theory of Plates and Shells, Mc Graw-Hill Book Company, 1959
- 2) 山本誠：底版付鉛直埋設管の応力解析，土木学会四国支部第 7 回技術研究発表会講演概要集，pp.224～225

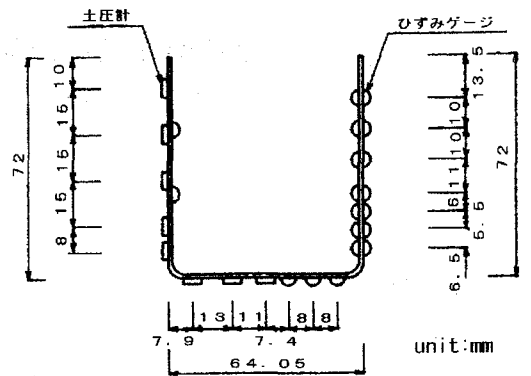


図 2 土圧計・ひずみゲージ貼り付け位置

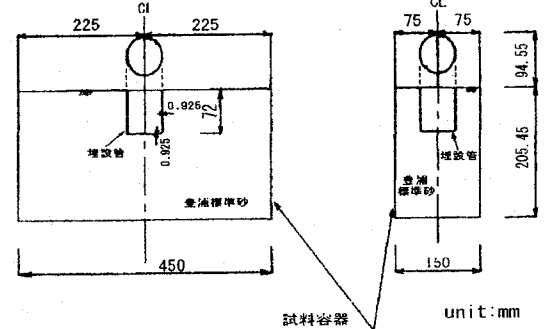


図 3 模型埋設管設置図

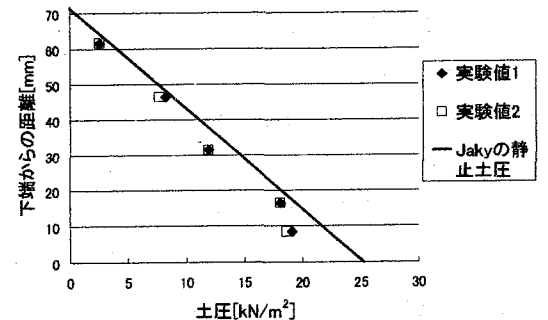


図 4 側壁に作用する水平土圧分布

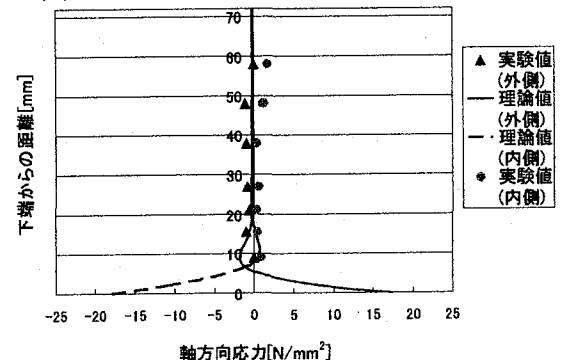


図 5 側壁の軸方向応力分布

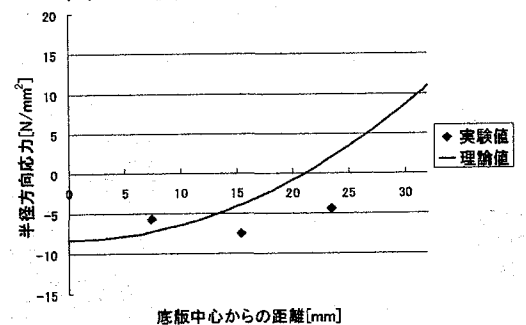


図 6 底版外側の半径方向応力分布