

下水道マンホールの構造解析

(株) コンサルタンツ大地 正会員 ○山口 晶子
 (株) 荒谷建設コンサルタント 上野 一郎
 高知工業高等専門学校 フェロー 多賀谷宏三

1. はじめに

一般に側圧、底面圧を受ける鉄筋コンクリート製の下水道マンホールの設計では、側壁と底盤を別々に検討し、それらの接合部（隅角部）については単純支持としている。ここでは底盤と側壁の接合部に関して応力分布を確認することを試みた。実際の構造物では側壁に水平パイプを取り付ける開口部があるため、その影響も把握する目的で、有限要素法を用いて接合部の応力分布を検討した。またシェル理論による解析もあわせて行い、有限要素法解析結果と比較した。

2. 解析モデルおよび解析法

解析モデルを図1に示す。この側壁下部には直径1200mmの管が通っているため、開口部をもつ構造となっている。解析モデルは板厚中心面を構造形状とする板構造として、矩形要素を基本としてモデル化した。またモデルは軸対称であるため1/4モデルで解析を行った。図1には側壁と底盤に作用する荷重の分布と境界条件もあわせて示す。なお活荷重は道路橋示方書¹⁾に示すT荷重を用いた。

2. 1 有限要素法解析

解析には有限要素用構造解析プログラム NASTRAN を使用した。

2. 2 シェル理論による解析

シェル理論では下部開口がないものとして解いた。側壁端と底盤縁の変形の連続条件から接合部不静定力を求め、側壁と底盤の変形および応力を算出した^{2) 3)}。なお側壁と底盤の境界条件はピン接合と剛結の2ケースについて算出した。

3. 解析結果および考察

3. 1 解析結果

有限要素法解析による全体変形分布を図2に、有限要素法解析とシェル理論解析による側壁軸方向応力(σ_x)および底盤半径方向応力(σ_r)の分布を図3にそれぞれ示す。

図2より底盤中央部は相対変位（底盤中央部と端部の変位の差）が0.097mmであった。一方、シェル理論解析による底盤中央部の相対変位は、境界条件をピン接合とした場合0.19mm、剛結とした場合0.06mmであった。以上の解析結果より、底盤中央部の変位は問題にならない程度（相対変位/底盤直径=1/9363～1/29650）であることがわかる。

図3より開口部周縁に発生する側壁の最大応力は外面で4.5 kgf/cm²の引張（90°断面）、内面で12.0 kgf/cm²の圧縮（45°断面）であった。また底盤中央は外面で16.0 kgf/cm²の圧縮応力（90°断面）が、内

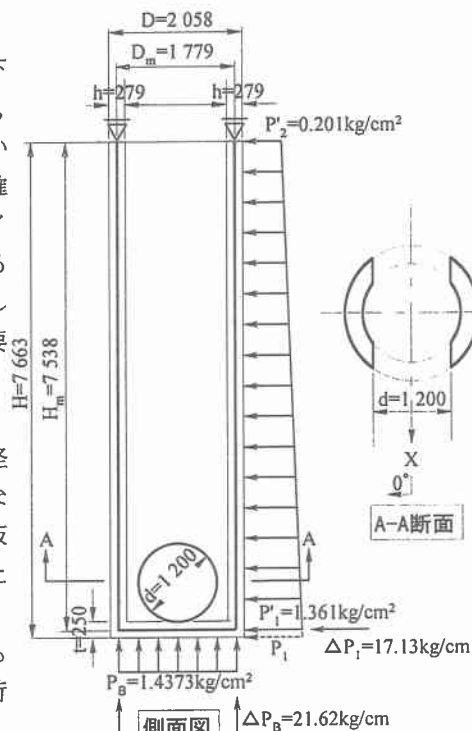


図1 解析モデル（単位：mm）

面で 9.1kgf/cm^2 の引張応力 (0° 断面) が発生している。これらは鉄筋コンクリートの許容曲げ応力度 70kgf/cm^2 よりも小さく、十分安全であることがわかる。

3. 2 考察

底盤と側壁の接合部 (隅角部) 付近に着目して、有限要素法解析結果とシェル理論解とを比較する。

(1) 変形: 有限要素法解析による底盤中央部の相対変位はシェル理論解の約 1.6 倍であった。これは底盤周縁の回転変形の円筒による拘束効果が開口により弱くなっているためと考えられる。なお底盤周縁をピン接合とした場合の理論解による相対変位は有限要素法解析よりも約 2 倍大きい。したがって本マンホールは大きな開口があるにもかかわらず、剛結としての変形に近いことがわかる。

(2) 応力分布: 図 3 より有限要素法解析結果もシェル理論解析結果も開口のない 90° 断面の応力分布は隅角部で外側が引張となり、側壁側で応力分布が高さ方向に減衰していることがわかる。有限要素法解析結果はシェル理論解よりも 1.2~1.5 倍程度大きな値となっているが、これは開口の存在によって底盤周縁の拘束度がアンバランスとなり (開口部断面 0° では底盤周縁の σ_r がほぼ 0 で周辺ピン接合としての特性に近い)、曲げモーメントの配分が偏っていると考えられる。

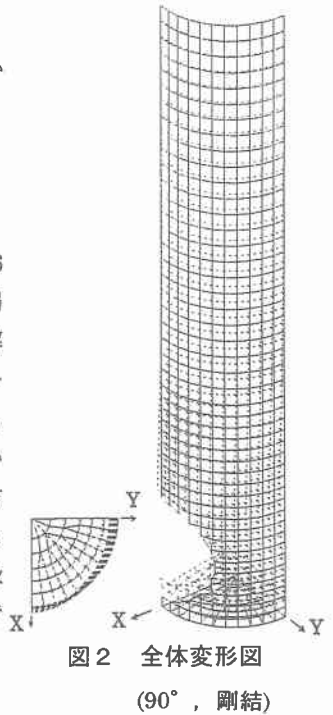


図2 全体変形図

4. おわりに

本研究により以下の結論が得られた。

(1) 側壁と底盤の接合部付近において、有限要素法解析結果による応力分布は開口のない側壁に底盤を剛結したシェル理論解の分布性状と類似している。(2) 側壁下部にある開口部は円筒の曲げ拘束がないため、開口部近傍の底盤は周辺ピン支持の円板の曲げ分布特性を示す。(3) 有限要素法解析結果の応力度はシェル理論解よりも 1.2~1.5

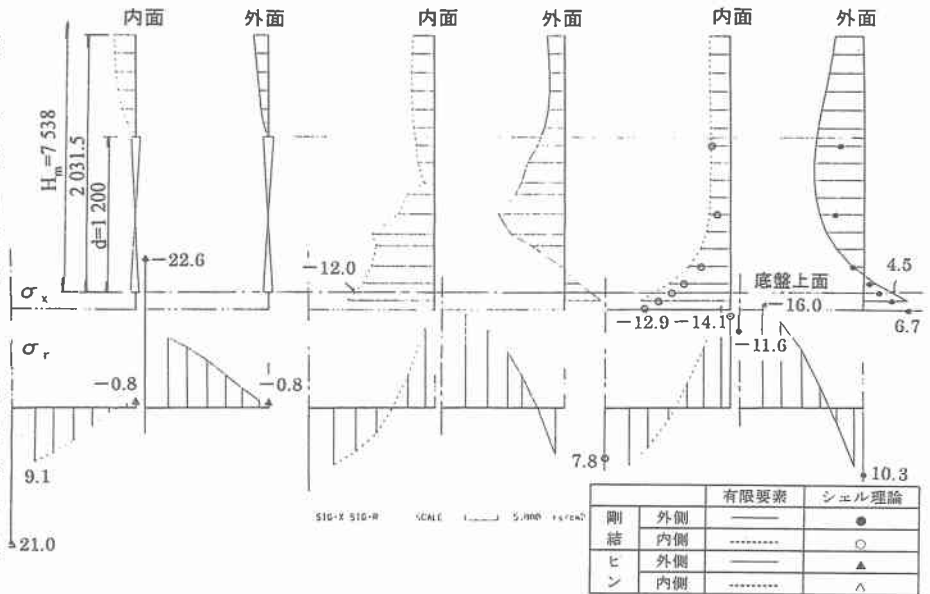


図3 σ_x および σ_r の応力分布 (単位: kgf/cm^2)

倍大きい値であるが、開口部があることにより周辺に大きな応力が生じているためと考えられる。(4) 開口部周辺の応力は内外面とも圧縮応力状態であり、最大は 14.0kg/cm^2 である。(5) 側壁および底盤の隅角部外面には引張応力が生じている。したがって引張応力の発生範囲には外面側にも配筋するのが望ましい。(6) 本解析は板厚方向のせん断変形効果を無視したシェル理論に基づいたものであり、より精密な応力評価を行うためには、3次元体 (ソリッド要素) による有限要素法解析を行う必要がある。

【参考文献】 1) (社) 日本道路橋協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編. 2) (社) 土木学会: 構造力学公式集. 3) Timoshenko, S. P. and Woinowsky-Krieger, S.: Theory of plates and shells, McGraw-Hill, 1959.