

日本電信電話公社 建設技術開発室 正員 西岡 尚夫  
 同 上 正員 中野 雅弘  
 同 上 正員 梶尾 雄吾

## 1. ま え が き

電電公社では通信ケーブルを収容するためのトンネル（以下とう道という。）を建設しているが、シールドの発進、到達、ケーブルの操作、とう道内設備の収容、あるいはとう道内作業に必要な空間を確保するため立坑を設けている。立坑の断面形状は、一般的に矩形であるが、シールドマシンの方向転換やとう道の分岐形態を考慮して、円形立坑を採用する場合がある。

この円形立坑はシールドの発進、到達のための開口により欠円状態となるが、その周辺の応力分布状態が把握されていないことから、合理的な補強方法が確立されていないのが現状である。

本報告は、開口比（開口部直径／立坑直径）の相違による円筒構造物の応力分布状態を把握するため、レジンコンクリート製の有孔円筒を供試体としたモデル実験を行ったものであり、その結果の一例を示すものである。

## 2. 実験の概要

### (1) 実験材料及び材料特性

実際の円形立坑はコンクリートを主材料とした構造であるが、コンクリート材料の引張強度が小さく、成形が困難であるため、コンクリートより引張強度が大きく、成形が容易なレジンコンクリートを材料として使用した。その強度特性及び物理特性は、圧縮強度  $1160 \text{ kg/cm}^2$ 、曲げ強度  $280 \text{ kg/cm}^2$ 、弾性係数  $2.6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比  $0.26$  であり供試体の形状寸法を図1に示す。

### (2) 載荷方式

円形立坑の設計に際しては、常時荷重（静止土圧及び静水圧を考慮）と地震時荷重の2種類を考慮しているが、おもに地震時の荷重により断面が決定されている。しかし、このような設計時の荷重状態を実験で再現することは困難であることから、地震時の荷重状態を基本とした2方向からの線荷重載荷方式を採用した。

また、開口部の相違により円筒構造物の応力分布状態は異なると考えられるため、図2のような2種類の載荷方向で実験を行った。

### (3) 曲げ応力度の算出

曲げ応力度は供試体の内外面に貼り付けたひずみゲージによる測定値から  $\sigma_b = (\varepsilon_i - \varepsilon_o) \cdot E / 2$  より算出した。

### (4) 開口比

開口比については、実際の構造物の実績を参考に表1のとおりとした。

表 1

| 供試体<br>名称 | 肉 厚<br>(mm) | 開口直径<br>$\phi$ (mm) |
|-----------|-------------|---------------------|
| A 00      | t = 22      | —                   |
| A 30      |             | 55                  |
| A 50      |             | 90                  |
| A 70      |             | 130                 |
| A 100     |             | 155                 |

(※供試体名称の数字は開口比である。)

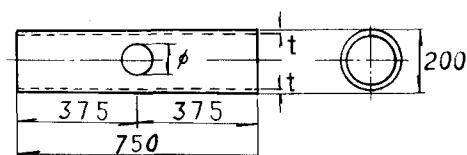
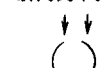


図 1 供 試 体 (単位: mm)

載荷方向: A



載荷方向: B

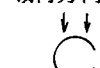


図 2 載荷方向

3. 実験結果

開口による曲げひずみの増加が著しい開口中心を通る円筒長手軸線上の応力分布状態と有孔平板の応力分布状態を比較したものを図3及び図4に示す。これらの図から分った円筒構造物の応力集中状態の概要は①～③のとおりである。なお、有孔平板の応力集中率は次式により求めた。（※5. ②参照）

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_0} = \frac{1}{2} \left\{ (1+\nu) \cdot \left(1 + \frac{\rho^2}{r^2}\right) + (1-\nu) \cdot \left(1 + \frac{4}{3+\nu} \cdot \frac{\rho^2}{r^2} - 3 \cdot \frac{1-\nu}{3+\nu} \cdot \frac{\rho^4}{r^4}\right) \cos 2\theta \right\}$$

ここに、 $\nu$  = ポアソン比、 $\rho$  = 開口半径  
 $r$  = 着目点までの距離

- ① 開口径及び荷重の载荷方向により、開口縁近傍の応力分布は異なるが、その影響範囲は開口端から開口半径程度までと考えられる。
- ② 開口率が大きくなると、開口による影響が開口部周辺にとどまらず、円筒全体に及ぶ傾向にある。
- ③ 開口部の長手方向端部の周辺では、円周方向の曲げ応力が增加する。また、開口率が50%以下の場合の最大値は、有効平板の理論値（1.83）とほぼ等しくなる。

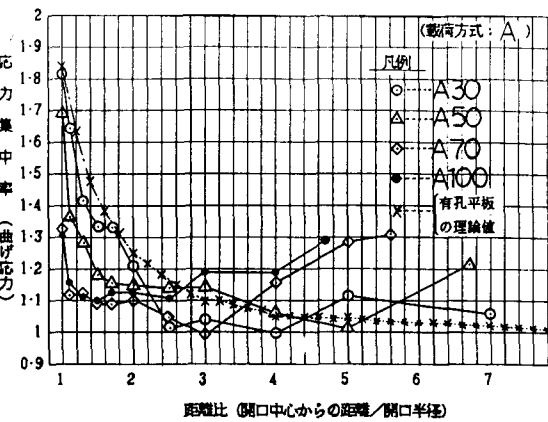


図3 有孔平板の応力集中率との比較  
(载荷方式A)

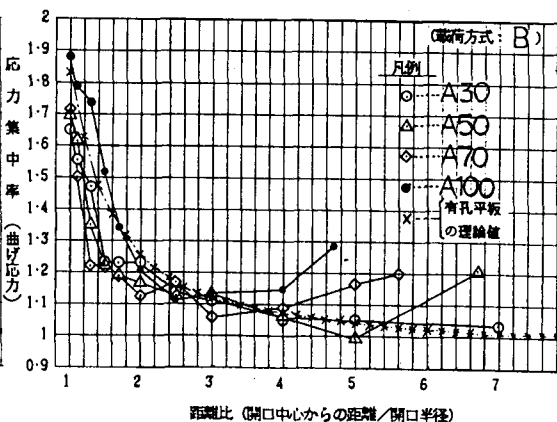


図4 有孔平板の応力集中率との比較  
(载荷方式B)

4. あとがき

本実験により、開口部を有する円筒構造物の応力分布状態がある程度明らかになったものと思われる。今後は、有限要素法による理論解析によって更に応力分布状態を明確にし、開口部周辺の合理的補強方法について検討していく予定である。

5. 参考文献

- ① 既設下水道リング構造物等の枝管取付けに関する実験的研究（東京都下水道局）
- ② 応力集中（西田正孝著 森北出版）