

日本電信電話株式会社 建設技術開発室 正員 〇西岡 尚夫
 日本電信電話株式会社 建設技術開発室 正員 中野 雅弘
 日本電信電話株式会社 建設技術開発室 正員 梶尾 雄吾

1. まえがき

NTT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。

本報告は、開孔率（開孔部直径／立坑直径）の相違による円形立坑開孔部周辺の応力分布状態を把握し、合理的な補強方法を確立するため、有限要素法により応力解析を行ったもので、その結果の一例を示すものである。

2. 解析の概要

(1) 荷重条件

円形立坑は、常時及び地震時において構造物が安全であるように設計されるが、円形構造物の場合、地震時においては地震方向の土圧は考慮していないため偏荷重状態となり曲げモーメントが発生するため、地震時の荷重状態において断面が決定されている。従って、今回の応力解析では地震時に想定される偏荷重状態について検討した。なお、水圧は4方向から側壁に対して直角に作用するため、構造物に対して最も危険な状態となるよう水圧を考慮しない状態とし、水平震度0.2の地震による荷重の断面力への影響度合は側方から作用する静止土圧の数％であることから、地震力を考慮しない状態とした。以上より、解析は図-1に示すように、静止土圧のみが2方向から作用する偏荷重状態でおこなった。なお、開孔部周辺の応力分布状態は、静止土圧の載荷方向によって異なるものと考えられるため、図-1のように〔LOAD : A〕の場合と〔LOAD : B〕の場合について解析を行うこととした。また、静止土圧はGL-15m以深は一定と見なしでよいと言われていることから、最大値として、そのときの静止土圧（ P_s ）をとり、 $P_s = 14 \text{ t/m}^2$ とした。

(2) 解析モデルの形状

解析モデルの形状は、図-2に示すように中央に種々の円形開孔部を有する円筒構造物である。実際にはこのモデルの対称性により図-2の斜線に示すように全体の1/4の部分をモデル化し、線形弾性構造物として解析をおこなった。なお、弾性係数（ E ） $= 2.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアソン比（ ν ） $= 0.167$ とした。

3. 計算結果及び考察

(1) 開孔による円周方向曲げ応力の変化

図-3は、円周方向曲げ応力に最も大きな変化がみられる開孔円の中心を通る円筒長手方向の断面における円周方向の曲げ応力比（開孔部が無い場合の曲げ応力の最大値に対する比）と距離比の関係を示したものである。なお開孔による応力集中と有孔平板に関する応力集中の理論と対比させるため、図中に有孔平板の理論値も記した。

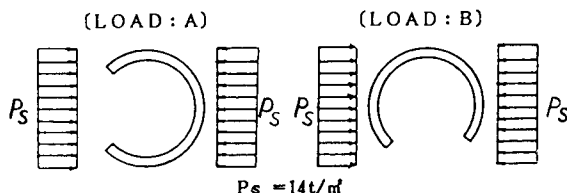


図-1 FEM解析で採用した荷重条件

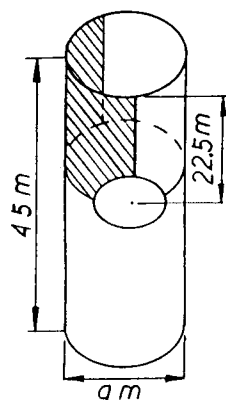


図-2 解析モデルの形状

のことが判明した。

①〔LOAD : A〕では、開孔端での最大値は、〔LOAD : B〕ほど大きくない。これは、〔LOAD : A〕では開孔による荷重欠損があり、その荷重を残存部分に等配分したため開孔部周辺に作用する荷重が〔LOAD : B〕より小さくなるためである。また、円筒端部の曲げ応力比が大きいのは、欠損荷重の配分によって円筒端部に作用する荷重が〔LOAD : B〕より大きくなるためである。

②〔LOAD : B〕では、曲げ応力比が開孔端で最大となり、開孔部から離れるにしたがって、ほぼ1.0に収束している。また、曲げ応力比の増加が著しいのは開孔端から開孔円半径距離の範囲であり、開孔円直径距離程度離れると開孔による影響はほとんど認められない。また、曲げ応力比が最大となる円筒長手方向端部における曲げ応力比と開孔率の関係についてみると、開孔率が変化しても最大曲げ応力比には著しい変化がみられず、最大で約1.6であることがわかる。これらの値がある大きさを持つ要素での平均値であることを考慮して、開孔端での値を外挿により推定すると1.7程度となる。これは、一様な曲げを受ける有孔平板での曲げ応力集中率1.78とほぼ一致している。

(2) 開孔部周辺に生じる引張軸応力

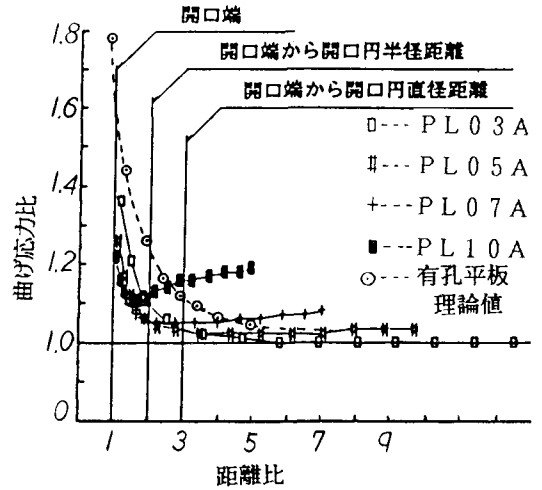
開孔部周辺では、開孔形状に沿った方向に引張軸応力が発生しており、円筒短手方向端部で最大となっている。その位置での方向は円筒の長手方向であり、図-4に、開孔率と軸応力比（開口部が無い場合の軸応力の最大値に対する比）の関係を示す。この結果、〔LOAD : B〕では、開孔率による変化は少ないが、〔LOAD : A〕では開孔率の増加に伴って軸応力比も著しく増加することが明らかとなった。

4. あとがき

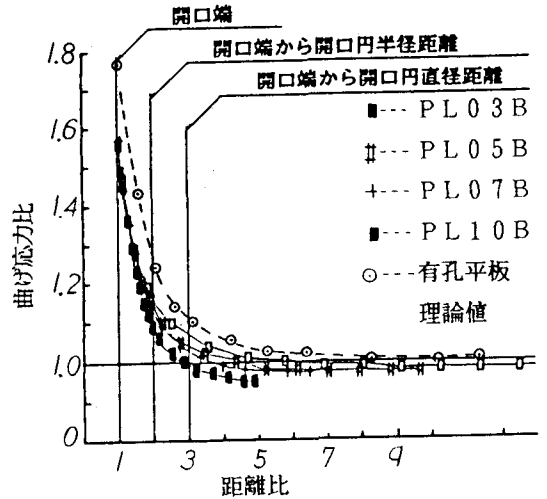
以上、FEMによる応力解析結果は、モデル実験（第39回年次学術講演会にて報告済）と同様の結果が得られたため、理論解析結果の妥当性が検証されたものと考えられる。

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）
- ③ 道路橋下部構造設計指針ケーソン基礎の設計編（日本道路協会）



(A) 〔LOAD : A〕の場合



(B) 〔LOAD : B〕の場合

図-3 曲げ応力比と距離比の関係

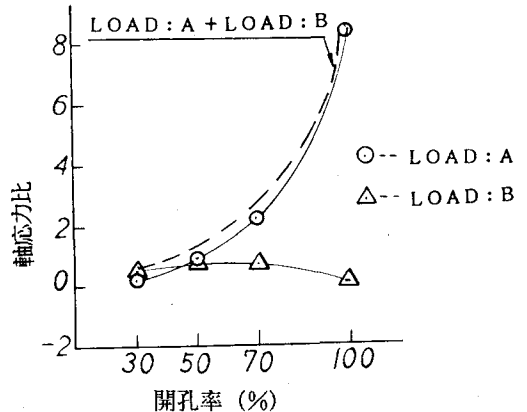


図-4 開孔率と軸応力比