

## 透水管による地下施設周辺の水压低減効果に関するモデル実験

清水建設 技術研究所 正会員 ○米山 一幸、フェロー会員 石塚 与志雄  
 同上 正会員 安部 透、中谷 篤史

## 1. はじめに

地下岩盤中に構築される導水路トンネル、圧力管路、ライニング式地下貯蔵施設等では、覆工・管路・ライニング材等が外水压により損傷することを防止するために、周辺岩盤中の地下水压を低減する設備が必要となることがある。その有力な方策のひとつとして、これらの地下施設の周囲に全周開孔型の透水管（網状管）を設置し、ここから地下水を排水する方法がある。この方法では、施設の計画段階において透水管の配置と水压低減効果の関係を適切に予測することが重要となる。本検討では、透水管による地下施設周辺の水压低減効果に関する基礎的な検討として、岩盤中の亀裂を模擬した実験モデルを用い、排水による亀裂中の水压低下に関する室内モデル実験を実施した。また、実験のシミュレーション解析を実施し、非ダルシー流モデルによる実験結果のマッチングを試みた。

## 2. 水压低減効果のモデル実験

排水により地下構造物周辺の地下水压を低下させる場合、透水管を構造物周囲に平行または格子状に配置し、管内に流入する地下水を排水する方法が考えられる（図1）。ここでは、地下岩盤中の導水路トンネル、圧力管路等を想定し、周辺岩盤中の亀裂内の地下水を透水管から排水することにより、覆工等に作用する水压を低減する効果について室内モデル実験を実施した。実験装置の概念図を図2に示す。実験モデルとして2枚の鋼板の間にスチールテープ（厚さ0.4mm）をはさみ、外周部をシールすることにより人工亀裂モデルを作成した。透水管は一方の鋼板の中央付近に一定間隔で円形の排水口を設けることによりモデル化した。モデルの大きさ、排水口の径、間隔は、実規模の1/5程度のスケールを目安に設定した。実験では、モデルの一端から一定圧で加圧給水し、反対側のモデル端部（覆工背面に相当）の水压を圧力計により測定した。

実験パラメータとしては、以下を考慮した。

- ・排水口間隔：80mm, 160mm, 240mm, 320mm（排水口の一部を閉塞することにより設定）
- ・注水压：0.06MPa, 0.08MPa, 0.10MPa

実験で計測された水压の平均値と、排水口間隔、注水压の関係を図3、図4に示す。図3より、排水口間隔が小さいほどモデル端部の水压が減少しており、透水管の設置間隔を小さくすることより水压低減効果が向上することがわかる。また図4より、注水压と計測水压はほぼ線形の関係があり、覆工等に作用する水压は貯槽周囲の地下水压によりほぼ線形に増加する可能性が高いことが示される。なお、給水用タンク内水位

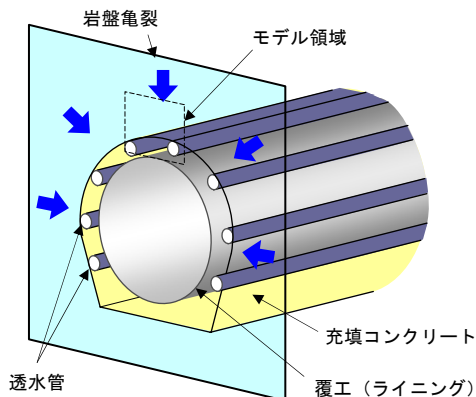


図1 透水管による地下水排水の概念図

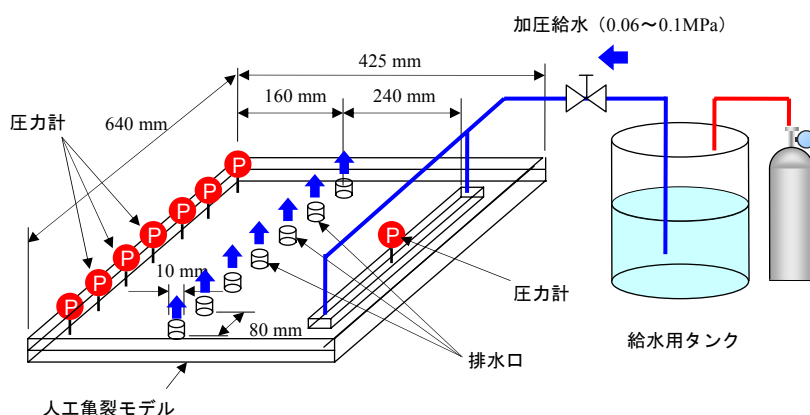


図2 室内実験装置

キーワード：透水管、岩盤亀裂、モデル実験、数値解析、非ダルシー流

連絡先：〒105-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL. 03-3820-5287 FAX. 03-3820-5959

の低下速度より概算した給水量は0.5～1.0 l/sec程度であり、この値から計算した排水口周囲のレイノルズ数は約4000～8000となるため、この近傍の流れは非ダルシー流になっていると考えられる。

### 3. 非ダルシー流モデルによるシミュレーション解析

二次元浸透流解析によるモデル実験結果のシミュレーション解析を実施し、実験結果と解析結果のマッチングを試みた。解析には、以下の Forchheimer 式により非ダルシー流れをモデル化した解析プログラムを用いた<sup>1)</sup>。

$$-\nabla\Phi = \frac{\mu}{k} \mathbf{u} + \beta\rho|\mathbf{u}|\mathbf{u} \quad \text{---- (1)}$$

上式で $\nabla\Phi$ は水のポテンシャル勾配、 $\mu$ は水の粘度、 $k$ は亀裂モデルの浸透率、 $\mathbf{u}$ は水の流速ベクトル、 $\rho$ は水の密度、 $\beta$ は非ダルシー流係数を示す。浸透率 $k$ は、平行平板流れの理論式に基づき、次式により亀裂開口幅 $b$ から設定した。

$$k = \frac{b^2}{12} \quad \text{---- (2)}$$

解析は排水口間隔160mm、注水圧0.08MPaのケースを対象に実施した。モデル亀裂の開口幅を解析パラメータとして、各開口幅において排水口からの排水量が実験結果と一致するように非ダルシー流係数 $\beta$ を設定し、そのときの計測位置の水圧の平均値を求めた。

亀裂開口幅の設定値と非ダルシー流係数、水圧の計算結果を整理して表1、図5に示す。図表より、開口幅を大きく設定したケースでは、排水量を実験結果とあわせるために非ダルシー流係数を大きく設定する必要があり、排水口近傍での圧力勾配が相対的に大きくなることにより計測位置の水圧が増加している。しかし、開口幅の増加により圧力の増加は収束する傾向を示しており、解析による水圧の予測値は実験結果(0.055MPa)を大きく下回る結果となっている。実験結果が解析結果と一致しない原因としては、以下が考えられる。

- ・モデル亀裂内の水が排水口へ流出する部分において、渦の発生などにより、局所的に大きな圧力損失が生じた
- ・実験において鋼板が加圧により弧状に変形し、亀裂モデル内の浸透率が不均一になった

今後はこれらの要因について検討を進める予定である。

### 4. まとめ

透水管により地下施設周辺の水圧を低下させる方法についてモデル実験を実施し、覆工に作用する水圧は貯槽周辺の地下水圧とほぼ線形の関係にあること、および、透水管の間隔を小さくすると水圧低減効果が向上することを示した。また、非ダルシー流モデルを用いた解析により実験結果のマッチングを試みたが、良好な一致は得られなかった。今後は実験と解析の不一致の要因等について検討を進める予定である。

参考文献：1) 奥野ら：土木学会第57回年次学術講演会，Ⅲ-207，2002

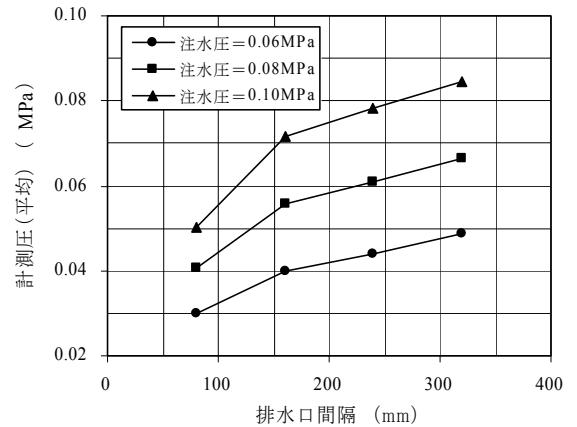


図3 計測圧と排水口間隔の関係

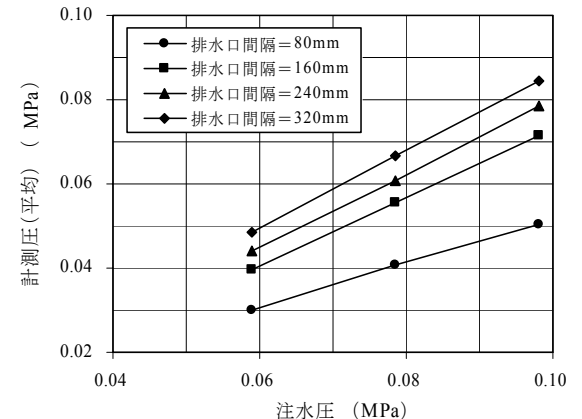


図4 計測圧と注水圧の関係

表1 解析結果一覧

| 亀裂開口幅<br>[mm] | 非ダルシー流係数<br>[m <sup>-1</sup> ] | 計測位置平均水圧<br>[MPa] |
|---------------|--------------------------------|-------------------|
| 0.4           | 0                              | 0.0086            |
| 0.6           | 31                             | 0.0152            |
| 0.8           | 70                             | 0.0170            |
| 1.2           | 175                            | 0.0180            |
| 2.0           | 500                            | 0.0183            |

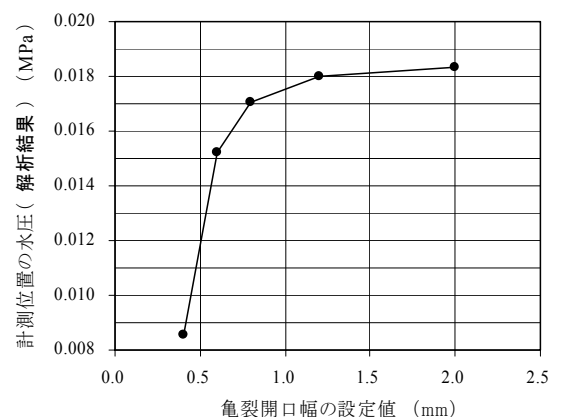


図5 亀裂開口幅と計測位置の水圧の関係