

薬液注入による地下ダム止水壁建設に関する研究

岡山大学 正会員 西垣 誠, 小松 満

五洋建設 正会員 保木本 智史

岡山大学大学院 学生会員 ○川上 憲志

1. はじめに

現在世界の人口は増加し、そのために地域によっては将来的な水不足という重大な問題がある。このような状況の中、新しい水資源の確保が急務となり、その一つとして地下ダム¹⁾による地下水の有効利用が考えられる。この地下ダムを建設する上で重要なものは地下水を貯留する止水壁である。

本研究では止水壁の建設方法として薬液注入工法に注目した。薬液注入工法では止水壁に連続性を確保するため、注入孔のピッチを正確に求める必要がある。そのためには、各注入孔からの注入範囲を求めなければならない。本研究では、実際に薬液が浸透する間隙である有効間隙率を用いた注入理論式を提案し、その適用性、また飽和・不飽和地盤における薬液の浸潤挙動を評価し、注入孔ピッチについて検討した。

2. 一次元定流量注入試験

本研究で用いた試料は川砂である。図-1に川砂の水分特性曲線を示す。注入条件は水分特性曲線より、最小容水量である飽和度30%、飽和地盤である飽和度100%、その間である飽和度50%の点を取り、流量を変えて一次元定流量注入試験を行った。

薬液の浸潤距離と時間との関係より、式(1)により有効間隙率を求めることができる。

$$n_e = q_0 t / L_{(t)} \quad (1)$$

またダルシーの式より導かれる、式(2)、(3)より有効間隙率を求める注入理論式を提案した。

$$h_{0(t)} = q_0^2 t / k_g n_e + h_c \quad (2)$$

$$h_{0(t)} = (1/k_g - 1/k_w) \cdot (q_0^2 t / n_e) + q_0 L_0 / k_w + h_c \quad (3)$$

ここで、 $L_{(t)}$:浸潤距離(cm)、 q_0 :注入速度(cm/s)、 n_e :有効間隙率、 t :注入時間(s)、注入圧 h_0 (cm)、グラウト材の透水係数 k_g (cm/s)、サクシオン h_c (cm)、水の透水係数 k_w (cm/s)、供試体長さ L_0 (cm)である。本試験では図-3に示す装置を用いて、恒久グラウト材である懸濁型シリカ、溶液型シリカ²⁾を用い定流量で注入を行った。その結果、浸潤距離より求めた実際の有効間隙率と注入理論式より算出した有効間隙率に相関性があり、理論の適用が可能であることが分かった。図-4にその結果を示す。本試験では、飽和度50%の供試体には注入圧の急激な上昇により注入が困難であった。また、注入後の透水試験より止水効果を確認した結果、溶液型シリカの注入後の透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ cm/s程度となり十分な止水性があることが確認された。

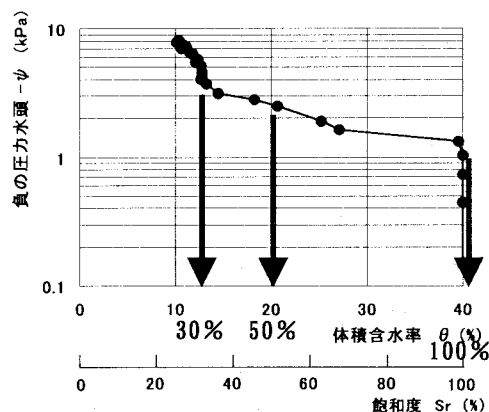


図-1 川砂の水分特性曲線 (n=0.4)

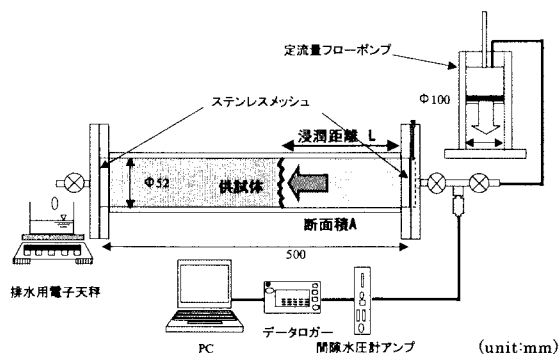


図-2 一次元定流量注入試験装置

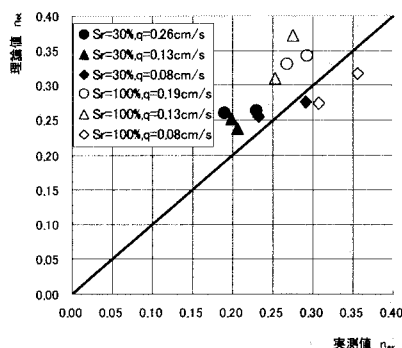


図-3 有効間隙率の実測値と理論値

溶液型シリカの方が懸濁型シリカに比べ透水係数が小さく、改良効果が大いことも確認できた。さらに図-4に溶液型シリカの各飽和度における有効間隙率を初期間隙率比で表した。これより飽和度 100%の有効間隙率の値が、飽和度 30%に比べ大きいことが分かる。これにより、地盤に同流量の薬液を注入する際に、飽和度 100%の地盤の方が浸潤距離が短くなり、飽和度 100%の地盤を用いて注入孔ピッチを設定する必要があることが分かった(図-5 参照)。

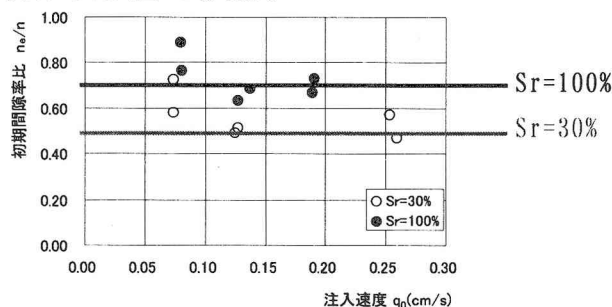


図-4 有効間隙率と流量との関係

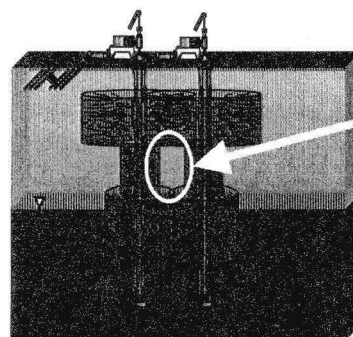


図-5 有効間隙率を用いた注入挙動

3. 一次元定圧注入試験

本試験では定流量注入で困難であった飽和度 50%の地盤への定圧での注入の可能性の検討を目的に行った。図-6に試験装置図を示す。定流量注入試験と比較を行うため、供試体を同様に作成し、注入圧を変化させながら注入を行った。図-7に注入流量の経時変化を示す。本試験では図-8で見られるように、注入圧が 300cmを越えると浸潤速度が遅くなり、注入圧 1000cm では注入が困難であった。また有効間隙率を式(1)を用いて算出した結果、初期間隙率比の平均をとると 0.35 となり、定流量で用いた値より全体的に小さくなっていた。しかし、透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ cm/s}$ となり、ある程度の止水効果が得られていることが確認できた。

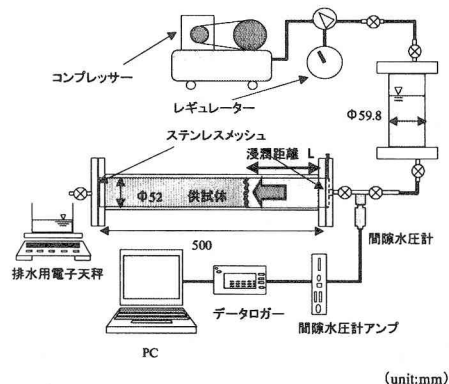


図-6 定圧注入試験装置

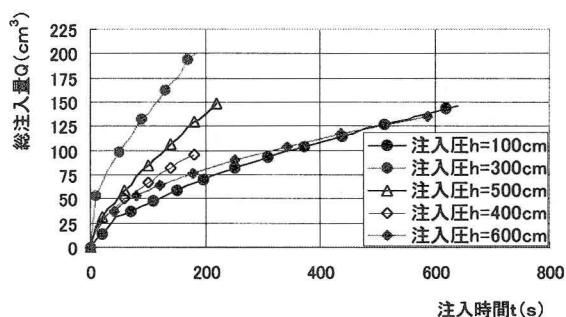


図-7 注入流量と時間との関係

4. 結論

- (1) 懸濁型シリカより溶液型シリカの方が、浸透しやすく止水効果も大きいので止水壁建設には適している事が分かった。
- (2) 定流量注入試験により、有効間隙率が大きいと浸潤距離が短くなることから、飽和地盤を用いて注入孔ピッチの設計を行うことを提案する。
- (3) 飽和度 50%の地盤への定流量注入では注入が困難であったが、定圧注入を行うことによって改良することは可能である。しかし、注入圧が大きくなると浸透が困難となるので最適な注入圧を用いる必要がある。
- (4) 施工手順として、先に飽和地盤、飽和度 30%の地盤に注入を行い、注入が困難な飽和度 50%の地盤をキャップすることにより、薬液の逸脱をなくし注入を行うことができる。

今後の課題として、川砂以外の試料への適用性を検討し、定量的な評価を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 岡本隆一、菅原捷、桑原啓三、中村康夫：地下ダムの遮水工法, pp25-31, 1983.
- 2) 米倉亮三、島田俊介、木下吉友：恒久グラウト注入工法, pp.103-114, 2000.