

III-393 水抜き工を適用したトンネル施工における地下水の取扱いに関する一考察

岡山大学工学部 正員 西垣 誠
建設省土木研究所 正員 苗村正三 小野寺誠一
備前中土木 正員 ○森嶋 章 神崎 靖

1. まえがき

地下水位の高い地山において、トンネル掘削時に水抜きボーリング等により地山内の間隙水圧を低下させ、切羽の安定を図ることは一般的に行なわれている^{1) 2)}。

筆者らは、近年盛んに研究されている都市部の大深度地下空間建設において、薬液注入工法を用いた施工法に加えて、この水抜きを適用することにより切羽の安定性の向上、或いは膨大な量と推定される薬液注入域の縮小を検討している。

水抜きによる地下水位の低下や間隙水圧の減少による圧密沈下等の問題に対しては、リチャージ工法の適用により、それらの回復を図ることとしている。図-1にシステムのイメージを示す。

今回、本システムの適用による地下水に関する諸量について、モデル解析により検討したので報告する。

2. 地下水対策における薬液注入厚さの効果

まず、薬液注入範囲を変化させた場合の、地下空間への自然漏水のみによる地下水諸量への影響をケーススタディーにより調べた。図-2はその解析に用いた地盤モデルで、中央上部に直径8mのシャフトを有した地下空間を想定している。シャフトからの漏水はないものとして、FEMによる軸対称浸透流定常解析を行った。薬液注入域の地盤の透水係数は、注入により1オーダー低下するものと仮定し、 $k=10^{-4}$ cm/secとした。

薬液注入厚さと a) 最大地下水位低下量 b) 地下空間への漏水量 c) 地盤内での最大動水勾配 の関係を図-3に示す。何れの値に関しても、薬液注入厚さが10m程度までは薬液注入による地下水対策への効果が顕著であると言えるが、10mを超えると効果が低くなっていく。

一方、地下空間周辺地山の安定性からは、通常、広範囲の改良半径が必要と考えられている。本ケースにおいても、その厚さが10mを大きく上回ることになると、特に改良体積は半径の2乗、3乗に比例するため、上述の結果より、地下水対策には非常に不経済なものとなる。

3. 水抜き工とリチャージ工法の適用の検討

次に、トンネル掘削に水抜き工とリチャージ工法を適

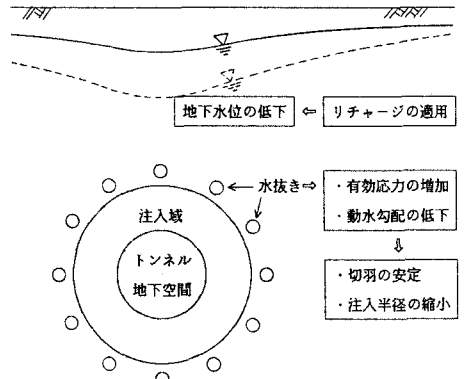


図-1 システム概要（文献1）に加筆

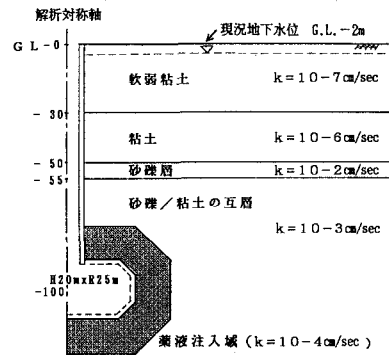


図-2 地盤モデル

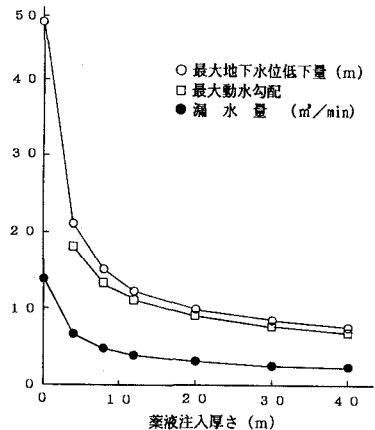


図-3 薬液注入厚さと地下水諸量の関係

用した場合の効果と地下水諸量を検討した。

図-4 は本検討に用いた地盤モデルである。解析はやはり FEM による軸対称浸透流定常解析である。

薬液注入厚さは10mとした。水抜き工は、注入域外周部の任意の接点と、それに最も近い地下空間壁面における接点との全水頭差が全て同一となるように、外周部の水頭を固定することにより模式した。また、リチャージは中心軸から50m離れた地点で行い、砂礫層に対し G.L. + 8 m の水頭で固定した。

図-5 は水抜き工を行なわない場合と、水抜きにより薬液注入域内外の全水頭差を20mとした場合の G.L. - 80 m の断面における薬液注入域付近の間隙水圧の分布を示している。水抜きにより間隙水圧が大きく低下しており、このことが切羽の安定に寄与することになる。

図-6、図-7 は水抜き工を実施した場合、リチャージ工法併用の有無による、全水頭差の変化に対する取扱い水量と地下水位低下量を示している。

全水頭差を小さくしていくためには、水抜き量を図-6 に示すように増加させる必要がある。水抜き量を増大させると漏水量は低下してゆき、地下水位の低下量は増大する。これに対しリチャージを併用すると、薬液注入域外側の間隙水圧の上昇により水抜き量は 2.5 倍程度に増加するが、水位低下はかなり小さく抑えられる。また、抜かれた水の放流を考えると、水抜き工のみの場合は水抜き量と漏水量の和であり、リチャージ併用の場合はそれらの和から注水量を差し引いたものである。これよりリチャージ工法を合理的に計画することは、都市部での放流先確保という問題でも有利となる。

4. おわりに

トンネル工事で水抜き工を適用することは従来より行なわれていた技術である。それを今回、薬液注入に頼った大深度地下空間の建設に対し地下水の取扱いの面から検討してみた。今後は、水抜き工の有無における切羽の安定性の検討、および必要薬液注入範囲の違いを考慮したシステムのコスト比較などを検討していく予定である。

〔参考文献〕

- 1) 足立紀尚、田村 武：高圧湧水下のトンネル工における水抜き孔の効果と注水域の適正規模、土木学会論文報告集第 280号、pp.87 ~98、1978
- 2) 日本鉄道建設公団東京新幹線建設局：上越新幹線工事誌（大宮・水上間）、pp. 630 ~638、1984

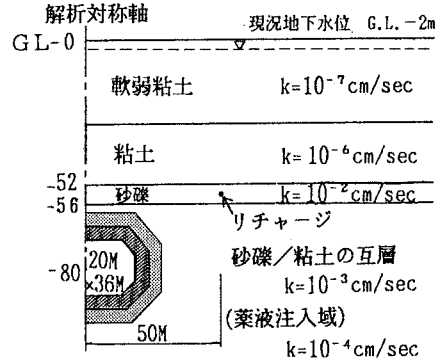


図-4 地盤モデル

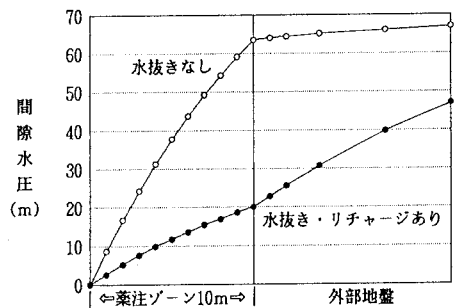


図-5 間隙水圧の分布 (G.L. - 80m)

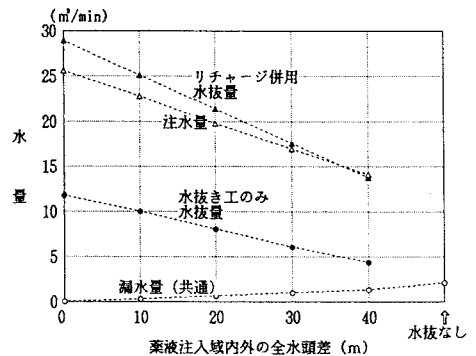


図-6 全水頭差と取扱い水量

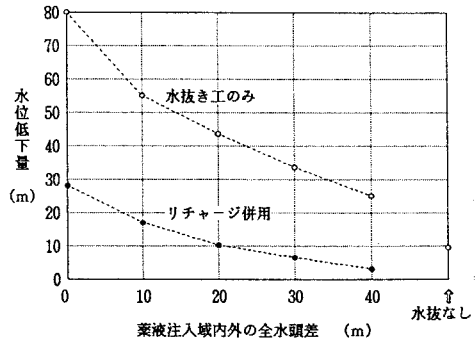


図-7 全水頭差と地下水位低下量