高レベル放射性廃棄物の地層処分における 地下施設からの湧水量評価のためのマルチスケールモデル化・解析技術の開発 —（その４）地下施設の建設・操業のライフサイクルにおける湧水量評価への適用—

原子力発電環境整備機構　正会員　○野尻 慶介　三枝 博光　鈴木 覚
株式会社　大林組　正会員　鐙 顕正　田中 達也　森田 豊　橋本 秀爾

１．はじめに

地下施設の建設・操業においては，坑内湧水が発生する可能性が高いため，その排水にかかるコスト抑制の観点から，坑内湧水の抑制対策が必要である．そこで，概要調査から精密調査の段階に実施する岩盤中の割れ目分布や透水量係数などの調査結果を水理地質構造モデル化することを想定し，深成岩類や先新第三紀堆積岩類などの割れ目を伴う岩盤を対象として，地下施設での坑内湧水量の評価技術を開発した[1),2),3)]．本報告では，開発した方法を用いて，地下施設の建設・操業のライフサイクルにおける湧水量評価に適用し，湧水抑制対策を踏まえた段階的な地下施設の拡張による湧水量の変化を定量的に把握するとともに，湧水による処分場周辺の水位低下影響範囲の評価を実施したことから，その結果を報告する．

２．段階的な地下施設の拡張における施設の状態設定

地下施設の建設・操業では，全工程で利用する地上施設と地下施設を結ぶアクセス坑道（立坑，斜坑）以外の連絡坑道と処分坑道の開放期間が極力短期間となるような工程とすることで湧水量を抑える．そのために，図-1 に示すように，全工程を二期に分け段階的に施設拡張と埋め戻しを行う．前期工程では，施設内側の処分区画①，②の建設・操業，連絡坑道①，②の埋め戻しまでを，その後，後期工程では外側に施設を拡張する形で処分区画③と④の建設・操業，連絡坑道③，④の埋め戻しまでを行う．最後に処分場は立坑，アクセス坑道を埋め戻して閉鎖が完了する．また，処分区画は 2 区画以上が掘削開放とならないように工程を二期に分け，連絡坑道①（後期では連絡坑道③）建設ののち，連絡坑道②（後期では連絡坑道④）を建設し，これらを同時に建設しないことで開放面積と開放期間の最小化を図る．

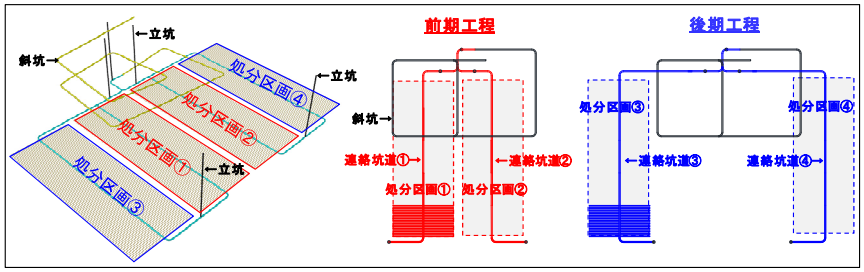

図-1　段階的な地下施設の拡張

３．地下施設の建設・操業期間中の湧水量

以上で設定した工程に基づき，段階的な施設の拡張による湧水量を定量的に把握することを目的として，TMR アプローチ[2)]を適用して定常解析を実施した．解析では，それぞれの段階が完了した時点の状況を反映した内部境界条件で湧水量を評価した．内部境界条件の設定では，簡略したモデルにより井戸の効果を再現可能なシンプルドレーン[2)]を適用した．検討例として，図-3 の前期工程の段階をモデルに，グラウチング施工（改良幅：3m，改良目標透水係数：1.0×10^{-8} m/s）の有無で湧水量の比較を実施した．各坑道の湧水量と湧水量分布を図-4 に示す．傾向としては，いずれの状態においても湧水量の大部分が連絡坑道と斜坑が占めている．これに対し処分区画からの湧水量は総湧水量の，10～20%程度となっている．また，グラウチングによる湧水抑制対策を解析に考慮することで，全体の湧水量が低下することが確認され，特に斜坑，連絡坑道では顕著な効果がみられる．対して，処分坑道では湧水量の低減効果は小さく（ケース②），ケース③ではケース①に対して増加していることが分かる．これはグラウチングによって地下施設周辺の水頭の低下が抑えられ，処分坑道周りの動水勾配が大きくなり，グラウチングを施工していない処分坑道に湧水が流入するものと考えられる．

キーワード　地層処分，湧水量，数値解析，グラウチング
連絡先　〒108-0014 東京都港区 4 丁目 1 番 23 号三田 NN ビル 2 階　原子力発電環境整備機構　TEL：03-6371-4004

© Japan Society of Civil Engineers

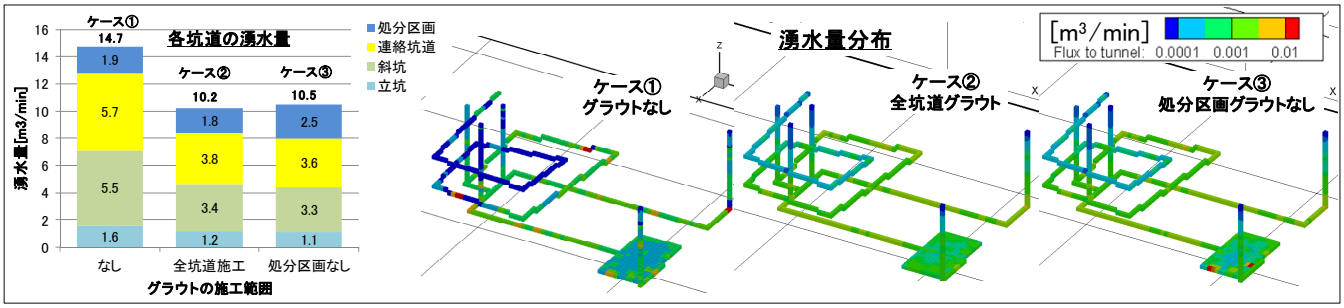

図-2　各坑道の湧水量と湧水量分布

地下施設の建設・操業期間を対象に，図-2 中のケース③の条件で非定常地下水流動解析を実施し，地下施設全体の湧水量を評価した．解析は 1 工程の最低時間刻みを 6 ヶ月として工程分割の設定を行うこととした．図-4 に湧水量の経時変化を示す．建設開始から湧水量が増加し，前期工程，後期工程の処分坑道建設・操業時期の湧水量はほぼ一定とみなせる．ただし，後期工程は連絡坑道の延長が長いため，湧水量（15 m^3/min）が，前期工程の湧水量（13 m^3/min）よりも約 2m^3/min ほど大きな値となっている．後期工程の操業完了から湧水量は 14.6 m^3/min の一定値となっている．また，連絡坑道と斜坑における湧水量の占める割合が大きいことが分かる．

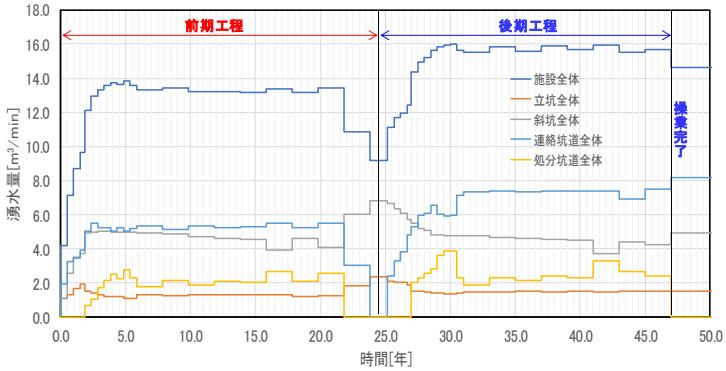

図-3　湧水量の経時変化

4．水位低下の影響範囲

図-4 は，図-1 中の前期工程の状態における各グラウチングケースの水頭分布（深度-500m）を示している．図中の矩形領域は処分場スケールの境界を表しており，グラウチングによる改良目標値の高いケース③が最も影響範囲が小さくなっている．また，いずれのケースでも処分場スケール領域より外側の広域スケール範囲に影響が及んでいることが分かる．

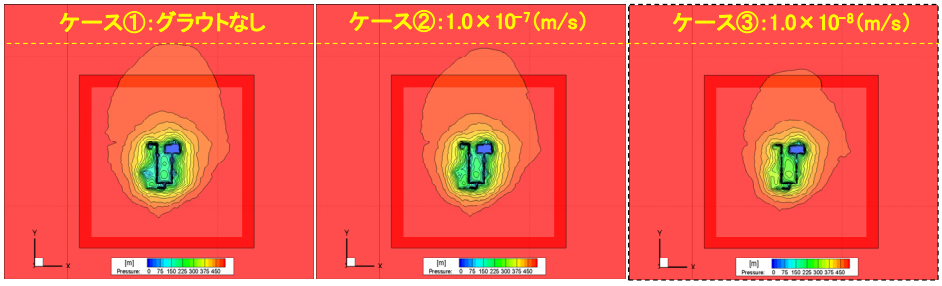

図-4　圧力水頭分布（深度-500m）

5．おわりに

本検討の結果，坑道開放面積と開放期間の最小化を図った建設・操業工程において，各坑道に対するグラウチングの抑制効果を把握するとともに，処分場を建設・操業するライフサイクルにおける湧水量の時間変化を定量的に把握することができた．さらに，湧水量を抑制できれば，圧力水頭の低下範囲が狭められることも今回の検討で確認された．以上より，シンプルドレーン法を用いることで，計算負荷を抑え，必要十分な結果が得らえるシミュレーションを実施可能なことが確認できた．

参考文献

1) 鈴木　覚，三枝博光，野尻慶介，後藤考裕，北川義人，高レベル放射性廃棄物の地層処分における地下施設からの湧水量評価のためのマルチスケールモデル化・解析技術の開発―（その１）全体概要―，土木学会第 74 回年次学術講演会概要，2019.
2) 鐙 顕正，田中 達也，森田　豊，橋本秀爾，鈴木　覚，三枝博光，野尻慶介，高レベル放射性廃棄物の地層処分における地下施設からの湧水量評価のためのマルチスケールモデル化・解析技術の開発―（その２）水理地質構造のマルチスケールモデル化と数値解析技術の整備―，土木学会第 74 回年次学術講演会概要，2019.
3) 三枝博光，鈴木　覚，野尻慶介，橋本秀爾，田中達也，鐙 顕正，高レベル放射性廃棄物の地層処分における地下施設からの湧水量評価のためのマルチスケールモデル化・解析技術の開発―（その３）処分坑道の掘削過程における湧水量評価への適用―，土木学会第 74 回年次学術講演会概要，2019.

© Japan Society of Civil Engineers