

地層処分場 地下施設の排水設備の設計方法の検討 (その2)

一簡易な湧水量算定式の開発一

原子力発電環境整備機構 正会員 ○野尻 慶介 鈴木 寛 窪田 茂
清水建設(株) 正会員 辻 正邦 沖原 光信 戸栗 智仁

1. はじめに

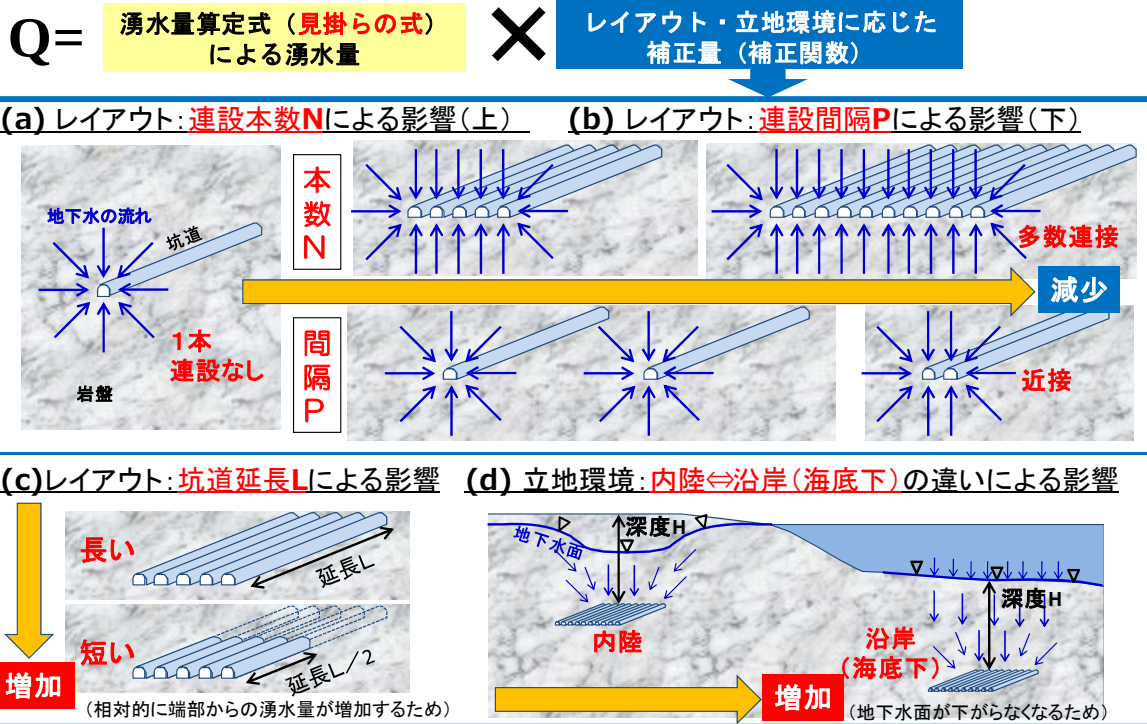
地層処分場は大深度で高水圧下かつ坑道延長が非常に長いことから、施設の総湧水量ならびに排水設備費は膨大となる可能性が高い。原子力発電環境整備機構 (NUMO) は、サイトが決まっていない段階や情報が不明瞭な段階における合理的な排水設備の設計方法を検討した (その1)。そのなかで、解析検討により導いた算定式により、簡易に地下施設の恒常湧水量を予測できる手法を開発したため、その概要を報告する。

2. 補正量取得のためのパラメータ解析

一般的に湧水量算定式 (その1の図-2 参照) は、単一の坑道に対する解を算定するため、坑道が多数連接するような複雑な坑道網による水圧の低減効果 (補正量) の影響が反映できない。そこで、本検討では、表-1の基本条件および、レイアウトや立地条件に基づく各種変動条件をパラメータに設定した100ケースの解析を実施し、各パラメータによる補正量 (補正関数) を把握する方針とした。各種パラメータは、グラウチングの有無 (グラウト幅) に加えて、(a)坑道の連設本数N, (b)坑道の連設間隔P, (c)坑道延長L, (d)立地環境である (図-1)。

表-1 解析の主な条件一覧

項目	設定値	設定根拠等
深度	1000 m	深成岩類モデルの処分場設置深度
地盤境界	2000 m	ジハルト (Sichardt) の式より余裕を見て設定
母岩透水係数	3×10^{-8} m/sec	深成岩類モデルの設定値
グラウト範囲の透水係数	5×10^{-10} m/sec	瑞浪超深地層研究所等の最新の知見より ¹⁾
坑道形状	5 m×5 m の矩形	解析モデルをシンプルに設定して解析ケース数を増やす方針から、周長20mの矩形に設定 (設計は内空幅5mの幌型断面)



キーワード 地層処分, 湧水量算定式, 数値解析, 排水量, 恒常湧水量, 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 12 階 原子力発電環境整備機構 TEL: 03-6371-4004

パラメータの設定値については、グラウト幅を 0m(無し)・2m・3m・6m・9m, 連設本数 N を 1 本・2 本・5 本・10 本・20 本, 連設間隔(坑道の壁面間距離) P を 6m・10m・13m・ ∞ m, 坑道延長 L を 5m, 20m, 100m, 500m, 1000m, 立地環境を内陸(1.1mm/dayの降雨)・沿岸(地表面水圧固定)にそれぞれ設定した。解析コードは、岡山大学開発の AC-UNSAF を搭載した有限要素法浸透流解析コードを用いた。解析モデルの概要を図-2 に示す。

解析の結果, (a) 坑道本数の増加に伴い(理論式に比べて)減少すること, (b)連設間隔の増加に伴い増加すること, (c)坑道延長の減少に伴い増加することは, 想定通りであった。一方, 内陸・沿岸の立地条件による違いは今回の解析では確認できなかった。これは解析モデルの排水量に比べて降水供給量が十分に多い(内陸域でも沿岸域同様に湧水量の多い結果となる)ためと考えられる。

3. 簡易な湧水量算定式の検討

解析結果をもとに, 各グラウト幅における上述の各パラメータ($P \cdot L \cdot N$)に対する取り扱いや適用範囲などを検討し, 湧水量算定式を補正するためのパラメータフィッティングを実施し, 簡易な湧水量算定手法を検討した。各パラメータの影響を, 解析結果 Q_a と算定式 Q_m の比 $[Q_a/Q_m]$ により考察した結果, 連設間隔 P

では, 間隔が変動しても Q_a/Q_m がほぼ一定であり, 間隔の違いによる影響は殆どないことが確認できた。坑道延長 L に対しては, 500m 以上で Q_a/Q_m がほぼ一定となり, 影響がなくなることが分かった。そこで, 影響の大きかった連設本数 N に対して $Q_a \div Q_m$ となるようなフィッティングを実施したところ, 図-3 に示す $Q = Q_m \times 1.1N^b$ の算定式を得ることができた。ただし, 数値解析と算定式には ± 2 割程度の誤差があり, 特にグラウチングを適用しない場合は, 解析より 1~2 割程度多く算出される結果となった。また, 坑道延長が短いケースでは, 坑道両端部の妻壁の影響が大きくなる。このような短くかつ貫通しない妻壁の影響を考慮する必要がある坑道群に対しては, 解析結果を基にした割増率を個別に設定することで対応が可能である。

4. おわりに

本検討では, サイトが決まらない調査段階で活用できる地下施設のための簡易な湧水量算定式を開発した。ただし, 数値解析による手法と比較して ± 2 割程度の誤差を含むこと。また, 坑道延長が短くかつ端部の妻壁の影響が大きいと考えられるケースでは留意する必要がある。

参考文献

- 1) 辻 正邦, 小林 伸司, 佐藤 稔紀, 見掛信一郎(2016): 瑞浪超深地層研究所における大深度のポストグラウチング技術 ― 新技術を導入した設計, 施工実績, 湧水抑制効果の評価について ―, 第 44 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.359-364.
- 2) 見掛信一郎, 西垣誠, 佐藤稔紀(2014): グ라우チングの注入範囲設定に関する浸透力を考慮した評価理論の構築, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.70, No.1, pp.30-43.

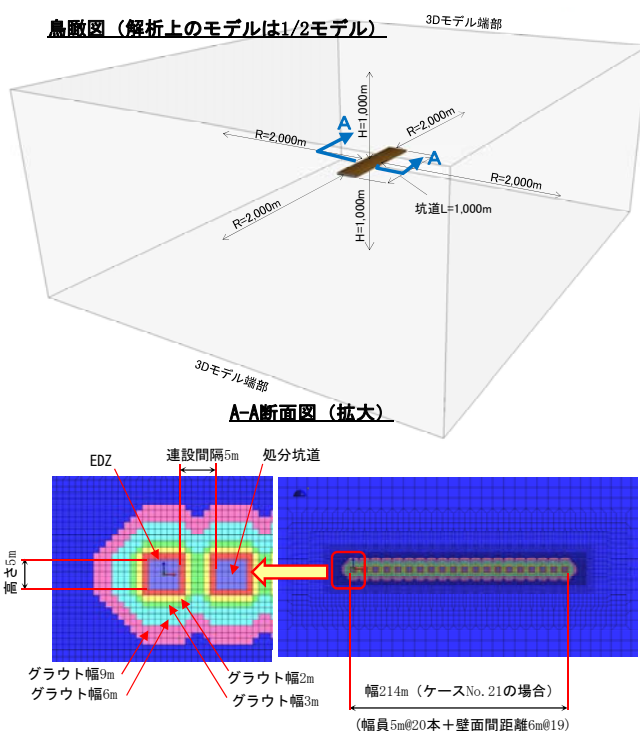


図-2 解析モデルの概要

坑内湧水量の算定式: $Q = Q_m \times 1.1N^b$

Q_m : 見掛らの坑内湧水量算定式(2014)(その1, 図-2 参照)²⁾

$$Q_m = \frac{2\pi L(-h_0(t) + h_c)}{\ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right) + \ln\left(\frac{R(t)}{r_1}\right) + \ln\left(\frac{R_1}{R(t)}\right)}$$

N : 連設本数

b : 次式により求める係数 $b = 0.002 \times r_0^3 - 0.0388 \times r_0^2 + 0.2353 r_0 - 0.7572$

図-3 本検討で得られた簡易な湧水量の算定式