

立坑掘削時の調査データを用いた地下水流動モデルのキャリブレーション

大成建設(株) 正会員 ○熊本 創
 大成建設(株) 正会員 下茂 道人
 日本原子力研究開発機構 正会員 三枝 博光
 日本原子力研究開発機構 正会員 尾上 博則

1. はじめに

日本原子力研究開発機構が岐阜県瑞浪市で実施している超深地層研究所計画では, 地下施設建設(深度 1000m の立坑 2 本および水平坑道)に伴う地下水流動場への影響評価のための水理地質構造モデルの構築を進めている. モデル構築に際しては, 「繰り返しアプローチ」に基づき調査の進展に伴う情報量の増加に応じて順次モデルを更新することとしている¹⁾. 本報では, 地下施設建設前の地表からの調査結果を基に構築した水理地質構造モデル²⁾(以下, 既存モデル)に, 新たな情報として, 施設建設時の地質観察結果(深度約 200m まで), 立坑坑底(深度約 200m 地点)から実施したボーリング調査結果³⁾および掘削時の湧水量データを追加して実施した水理地質構造モデル更新の概要とキャリブレーション結果について述べる.

2. 既存モデルの概要

解析領域は, 北および西側境界を尾根線, 東および南側境界を土岐川とした約 9km 四方, 深度方向は標高-2km までとした(図-1). 当地域には, 厚さ百数十 m の新第三紀堆積岩(瑞浪層群, 瀬戸層群)と基盤をなす白亜紀後期の花崗岩が分布する. 解析領域内には, 施設建設前の地表からの調査により月吉断層の他に 47 本の断層が確認されている. 既存モデル²⁾には, 月吉断層やトレス長 3km 以上のリニアメントなど比較的大規模な断層の他, 施設周辺の水理応答に影響すると判断された 5 本の断層を反映した. 水理物性は, 原位置水理試験結果, 孔間水理試験結果を基にキャリブレーション²⁾した値を設定した(表-1). 境界条件は, 地表面を降雨境界, 側面と底面を不透水境界, 土岐川を水頭固定境界とした. 掘削面の境界条件は, 図-3 中に示す掘削の実施工程を模擬して, 境界条件を経時的に変化させた. なお, 解析には有限要素法による三次元飽和・不飽和浸透流解析コード(EQUIV_FLO)を用いた⁴⁾.

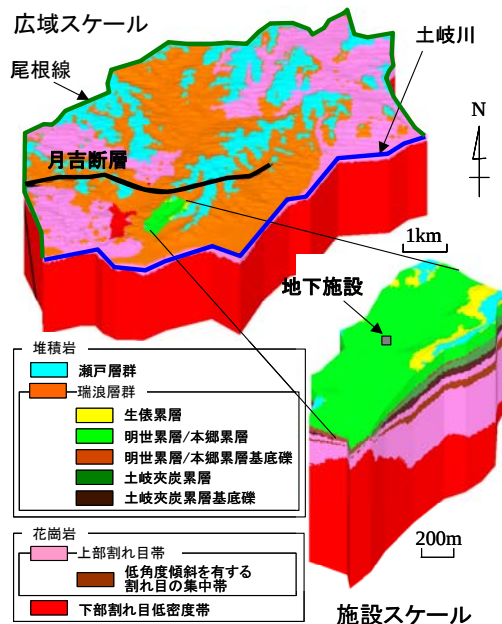


図-1 地質構造モデル

表-1 水理物性一覧(既存モデル)

地質・地質構造要素		更新前の既存モデル		
		水平方向* 透水係数 K(m/s)	鉛直方向* 透水係数 K(m/s)	比貯留係数 Ss(1/m)
堆積岩	瀬戸層群	1.0E-05	1.0E-05	1.0E-05
	瑞浪層群	8.8E-08	8.8E-10	1.0E-06
	生俵層	3.2E-09	3.2E-11	1.0E-06
	明世累層/本郷累層(本体)	4.0E-08	4.0E-08	1.0E-06
	明世累層/本郷累層(基底礫)	5.2E-07	5.2E-07	1.0E-06
	土岐夾炭累層(本体)	9.0E-08	9.0E-08	1.0E-06
花崗岩	土岐夾炭累層(基底礫)	3.0E-06	3.0E-06	1.0E-06
	上部割れ目帯(UHFD)	2.2E-07	2.2E-07	1.0E-06
	低角度傾斜を有する割れ目の集中帯(LAFZ)	1.1E-06	1.1E-06	1.0E-06
	下部割れ目低密度帯(LSFD)	3.2E-08	3.2E-08	5.0E-07
	月吉断層の主要部	1.0E-11	1.0E-11	1.0E-06
	月吉断層に伴う割れ目帯	4.2E-07	4.2E-07	1.0E-06
不連続構造	MIZ1FZ02	9.2E-06	9.2E-06	1.0E-07
	DH2FZ03/MIZ1FZ04	2.4E-07	2.4E-07	1.0E-07
	MSB3FZ	9.3E-09	1.0E-11	1.0E-07
	2D_MIZ1FZ06	9.3E-09	1.0E-11	1.0E-07
	IF_SBO_01	2.0E-07	1.0E-11	1.0E-07
	トレス長3km以上の断層	5.6E-06	1.0E-11	1.0E-07

*: 不連続構造の場合は, 「水平方向」は「断層面に沿った方向」,
 「鉛直方向」は「断層面に直交する方向」を示す.

3. 施設建設時の地質観察結果を用いた地質構造の見直し

施設建設時の壁面観察結果や坑底からのボーリング調査結果に基づいて見直された地質構造モデル³⁾を図-2に示す. ボーリング調査では, 花崗岩中の比較的透水性の高い上部割れ目帯や, 上部割れ目帯中に分布する非常に透水性の高いゾーンである低角度傾斜を有する割れ目の集中帯の立坑近傍での分布形状が把握された. また, 主立坑側のボーリング孔では, 強い変質を伴う花崗岩と貫入岩が確認された. さらに, 主立坑沿いの断層が雁行状の形状を有していることが確認された. これらの変質帯や断層は, 低透水性を有していることが明らかとなった. これらの結果に基づき, 水理地質構造モデルの更新を行った. 水理

キーワード 水理地質構造モデル, キャリブレーション, 湧水量

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター土木技術研究所 TEL 045-814-7237

地質構造モデルに表現した不連続構造の水理物性を表-2 にまとめる。モデル更新の結果、主立坑側に低透水性の断層や変質帯が集中していると想定された。

4. 湧水量データを用いたモデルキャリブレーション

更新した水理地質構造モデルに対し、研究坑道における掘削深度約 200m までの湧水量データを用いてキャリブレーションを行なった。同深度には、主に堆積岩層(瑞浪層群)が分布する。観測された湧水量は、図-3 に示すように、立坑の掘削が明世累層/本郷累層(基底礫)に達した付近から増加し始め、土岐夾炭累層(基底礫)で急増する。また、同じく土岐夾炭累層(基底礫)付近から主立坑と換気立坑の湧水量が異なり、主立坑の方が極端に少ない。図-4 にキャリブレーション前後の湧水量の実測値と解析値の比較を示す。これより、既存モデルの解析値は、湧水量が増加する時期など、実測データに見られる傾向を概ね再現している。ただし、各立坑の湧水量の大小関係は再現できていない。一方、前章で地質構造を見直したモデル(図-4 中の断層追加モデル)では、主立坑側に集中する低透水性断層の影響により、主立坑側の湧水量が少なく、より実測の傾向を再現する結果となった。

しかし、主立坑側の極端に少ない湧水量を再現するには至らない。これには、モデルに考慮されていない低透水性断層の存在や、堆積岩層の透水性の不均質性など様々な要因が想定されるが、前者については、更新モデルに反映した断層以外に施設周辺で低透水性断層は確認されていない。一方、後者は、物性値の設定根拠となる原位置水理試験結果のばらつきを考慮すると、その可能性を否定できない。そこで、次ステップでは、土岐夾炭累層(基底礫)の透水性が立坑間に位置する断層(2D_MIZ1FZ06)を境に異なる状況を想定し、主立坑側の透水係数を換気立坑側よりも実測データから考えられる現実的な範囲で低く設定した。その他の地層についても、表-2 に示すような見直しを行った。その結果、両立坑間の湧水量の違いや、非定常的な増加傾向をほぼ再現することができた。

5. まとめ

本報では、これまでに構築した既存モデルを建設中の立坑内で実施した地質調査結果に基づいて見直すとともに、掘削時の湧水量データを用いた水理物性の更新を行った。その結果、既存モデルでは均質と考えていた堆積岩層(特に、土岐夾炭累層(基底礫))の水理物性に不均質性が存在することが推定された。今後は、本知見について、地質学的観点からの検証を行うとともに、掘削時のモニタリング孔での地下水の圧力応答データなどを追加情報としたモデルの見直しを行う予定である。

参考文献

1)核燃料サイクル開発機構:“高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築—平成17年度取りまとめ— 分冊 1 深地層の科学的研究”, 核燃料サイクル開発機構, JNC TN1400 2005-014, 2005. 2)熊本創, 下茂道人, 三枝博光, 尾上博則:“孔間水理試験データを用いた地下水流動モデルのキャリブレーション”, 第36回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 2007. 3) 竹内真司, 鶴田彦彦, 竹内竜史, 中俣公徳, 水野崇: 瑞浪超深地層研究所における研究と建設の現状と課題(その2) -パイロットボーリング調査結果の概要-, 土木学会第62回年次学術講演会, CS5-066, pp.291-292, 2007. 4) 下茂道人, 山本肇:“等価不均質連続体モデルによる亀裂性岩盤の浸透流解析手法”, 大成建設技術研究所報, pp.257-262, 1996.

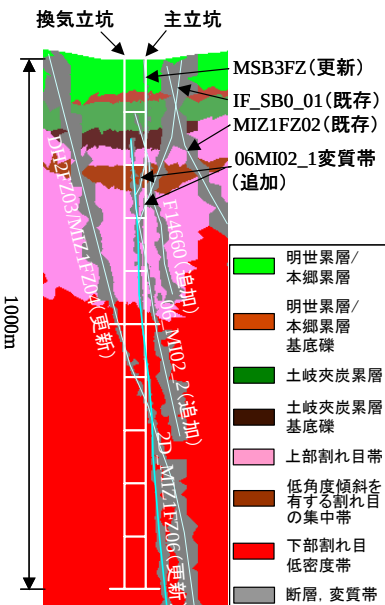


図-2 更新後の地質構造モデル

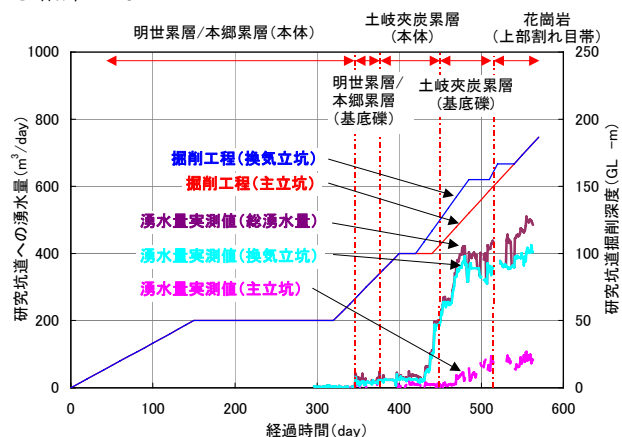


図-3 掘削工程と坑内湧水量の関係

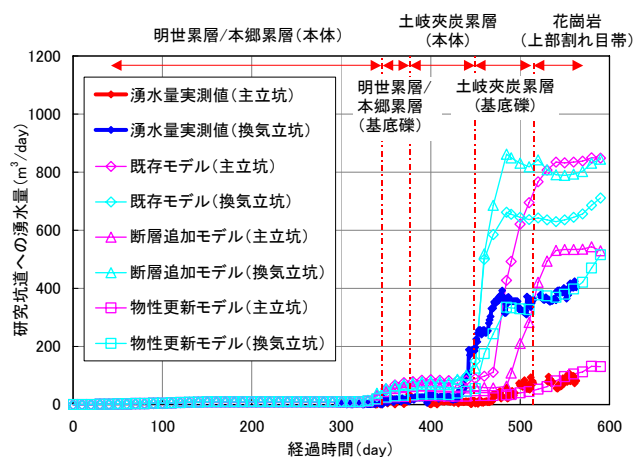


図-4 湧水量の実測値と解析値の比較

表-2 更新パラメーター一覧

地層, 断層名称	透水係数 (m/s)	
	既存モデル	更新モデル
明世/本郷累層(基底礫)	5.2E-07	1.7E-07
土岐夾炭累層	9.0E-08	3.5E-08
土岐夾炭累層(基底礫)	3.0E-06	7.5E-08
主立坑側		7.2E-07
換気立坑側		2.7E-08
F14660断層	-	2.7E-08
F13440断層	-	2.7E-08
F14494断層	-	2.7E-08
06MI02_1変質帯	-	2.8E-09
06MI02_2断層	-	4.6E-09