

# 岩盤地山における水理地質の検討

REPORT

技術本部 道路構造部

鳴島 勤 技術士(応用理学部門) 小岩 晃



## 概要

一般的に難透水性の岩盤地山における水理地質の検討は、地表地質踏査、ボーリング調査、地下水位観測の結果を組み合わせて、総合的な判定が必要となることが多い。本稿では、岩盤地山の掘削工事に係る水理地質的な検討事例を示すとともに、検討上の留意点を述べる。

キーワード：●地下水位観測 ●一斉観測 ●地下水流向 ●岩盤地山 ●透水係数

## 1. はじめに

検討箇所は北海道内に位置し、産業廃棄物最終処分場が計画されている。この処分場は尾根の中心部を掘削してピットを造成し、廃棄物を貯留する構造である。ボーリング調査は、造成計画立案に際して必要な地層分布、地下水位など地質構造の情報を取得する目的で実施した。調査地点は、地形状況を考慮して、山地部4箇所(K-B-1~K-B-4)、河川部の5箇所(A-B-1~A-B-4、A-B-4')とした(図-1を参照)。ボーリング孔に設置した地下水位観測孔では、一斉観測や孔内水位低下によって得られた結果をもとに、大局的な地下水流向や透水性について検討した。



図-1 調査地周辺の地形状況

らなる。ボーリング箇所では、A-B-2以外で主に泥岩の分布が確認されている。

②低位段丘堆積物(td)：A沢とB沢の合流部付近の平坦面を構成している。ボーリング箇所ではA-B-3、A-B-4で分布が確認され、主に礫混じり火山灰質土からなる。

## 2. 地表踏査結果

### (1) 地形状況

調査地は概ね北西から南東に流下する西側支川(A沢)と東側支川(B沢)に挟まれた比高約70mの山地である。山地は開析があまり進行していないため、枝沢の発達に乏しく、一見すると地下水位面が確認しにくい地形である。

### (2) 地質分布

地表地質踏査の結果、調査地付近には、低位段丘堆積物、岩盤(砂岩層、泥岩層)の分布が確認された。

①泥岩層(Md)・砂岩層(Ss)：地表地質踏査によると、泥岩層(Md)は主にA沢河床に、砂岩層(Ss)は主にB沢河床に分布している。河床で確認される地層の走向・傾斜はN-S~N30W走向で65~70度西方向に傾斜していることから、処分場が計画されている山地の大部分は泥岩層(Md)か

## 岩盤地山における水理地質の検討

### 3. ボーリング結果

処分場の計画位置を考慮して山地部分で4箇所、A沢、B沢に低位段丘面および氾濫原で5箇所にてボーリング調査を実施した(図-1を参照)。ボーリング調査で確認された地層分布および地下水位などの地質構造を図-2に示す。

#### (1) 地層分布

ボーリング箇所では、地表から4m程度までが主に強風化泥岩(Md-w2)からなり土砂状で採取される。その下位は風化泥岩(Md-w1)で、岩片は風化により褐色化しているものの、N値50以上の締まった岩質を示している。深度約20m以深は暗灰色を呈する硬質な泥岩からなる(写真-1)。測定前に想定された地下水位は、コアの風化状況から深度20m付近であると考えられた。

#### (2) 地下水位

ボーリング調査後、地下水流向や地下水位の変動を把握するため、有孔塩ビ管を孔内に設置して水位観測孔として利用した。ボーリング掘進中は、削孔による水みちの目詰まりなどの影響を避けるため、地下水位を確認するまで無水で掘削するのが望ましいとされる<sup>1)</sup>。一方、本業務で確認された風化泥岩、泥岩は比較的緻密であり、岩質や亀裂状態などを把握するため、送水掘削によりコアを採取した。ただし、送水掘削時の清水が孔内に残存しているため、地下水位測定の際は、前日作業終了時に孔内水を汲み上げて水位を低下させ、翌朝に孔内水位が上昇していれば、自然水位と判断した。

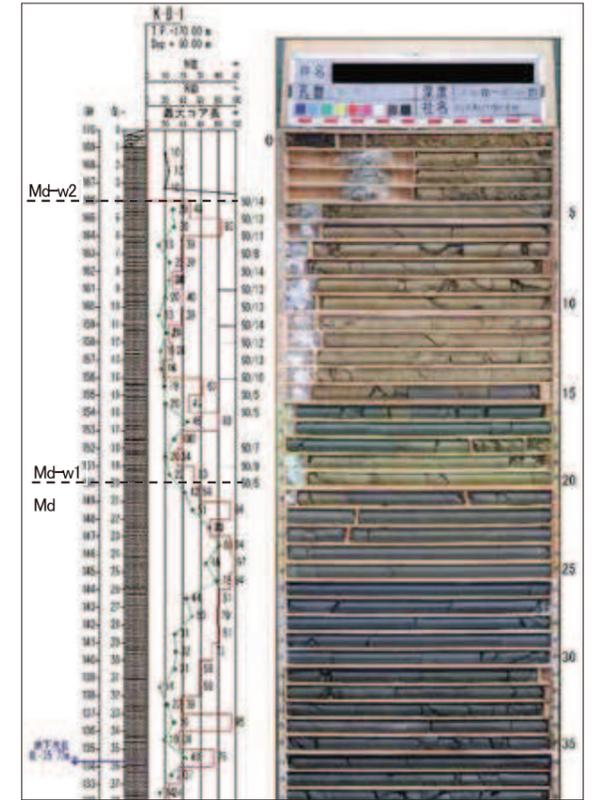


写真-1 ボーリングコアの状況(K-B-1)

ボーリング掘削時に確認された地下水位は、河川部付近で概ね風化部と新鮮部の境界付近に位置している。一方、山地部(K-B-1、K-B-3、K-B-4)では風化部の底面より下方の新鮮部に地下水位が認められ(図-2を参照)、コアの風化状況から推定した地下水位より深いことがわかった。

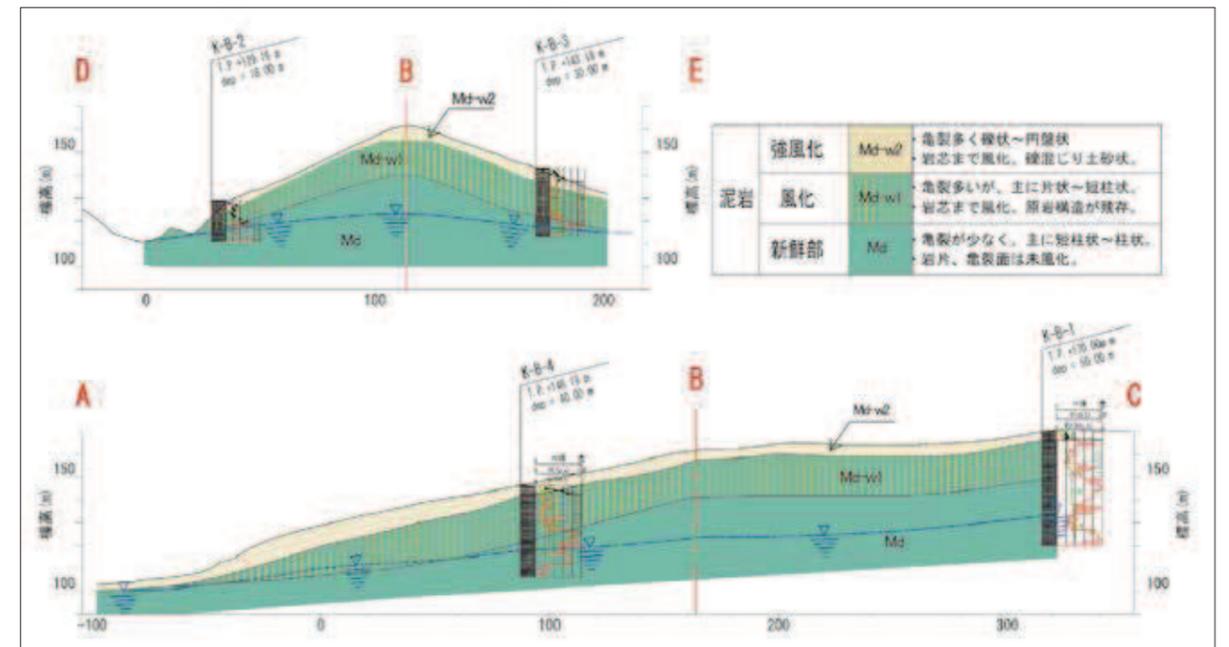


図-2 想定地質断面図

## 4. 結果及び考察

### (1) 地下水流向（流線網）の把握

最終処分場計画地周辺の地下水の賦存状況や地下水流向（流線網）を把握するため、地下水位等高線図、ベクトル図を作成した。

①一斉観測：一斉観測は、削孔の影響を避けるため水位観測孔設置から1か月経過した後にいった。結果の概要は表-1に示すとおりである。

②露頭での湧水状況：一斉観測結果を補完するため、地表地質踏査により湧水位置を確認した。湧水は、主に崩

壊跡地の頭部の岩盤風化部の開口亀裂から湧出していた（写真-2）。なお、これらの湧水箇所は、融雪直後（4月下旬5月中旬）は、最も顕著に湧出し、渇水期（6月下旬～7月）には湧水量が沁み出し程度に減少していた。

③地下水位の流向：一斉観測結果と地表の湧水箇所から作成した地下水位等高線図とベクトル図を図-3に示す。等高線の最大傾斜方向が地下水の流向、水位面の勾配の相対差が地下水勾配を示している。地下水位流向は概ね地形の最大傾斜方向に沿っており、主稜線からA沢、B沢の方向が卓越している。

表-1 一斉観測結果一覧

	時刻	観測結果		備考	
		水位 (GL-m)	水位標高 (m)		
沢部	A-B-1	14:05	0.70	116.63	
	A-B-2	14:26	0.50	116.71	
	A-B-3	14:19	3.84	101.88	汲上げ後の回復水位
	A-B-4	14:23	3.43	102.02	汲上げ後の回復水位
	A-B-4'	14:23	0.79	101.79	
山地部	K-B-1	11:00	36.72	133.28	汲上げ後の回復水位
	K-B-2	13:22	10.75	118.41	汲上げ後の回復水位
	K-B-3	11:58	25.80	117.38	汲上げ後の回復水位
	K-B-4	12:50	28.00	118.19	汲上げ後の回復水位

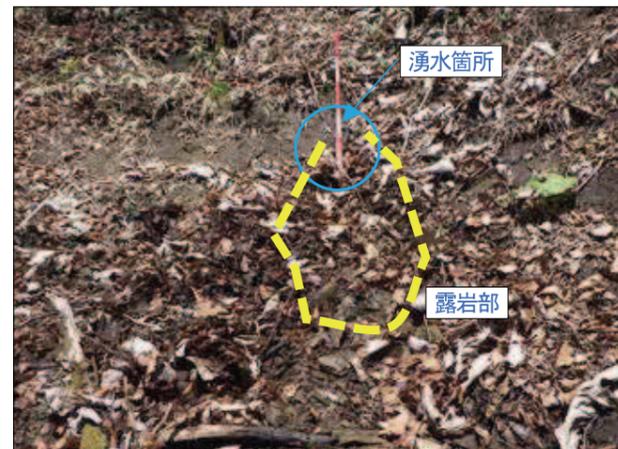


写真-2 崩壊地頭部での湧水状況 (A沢)

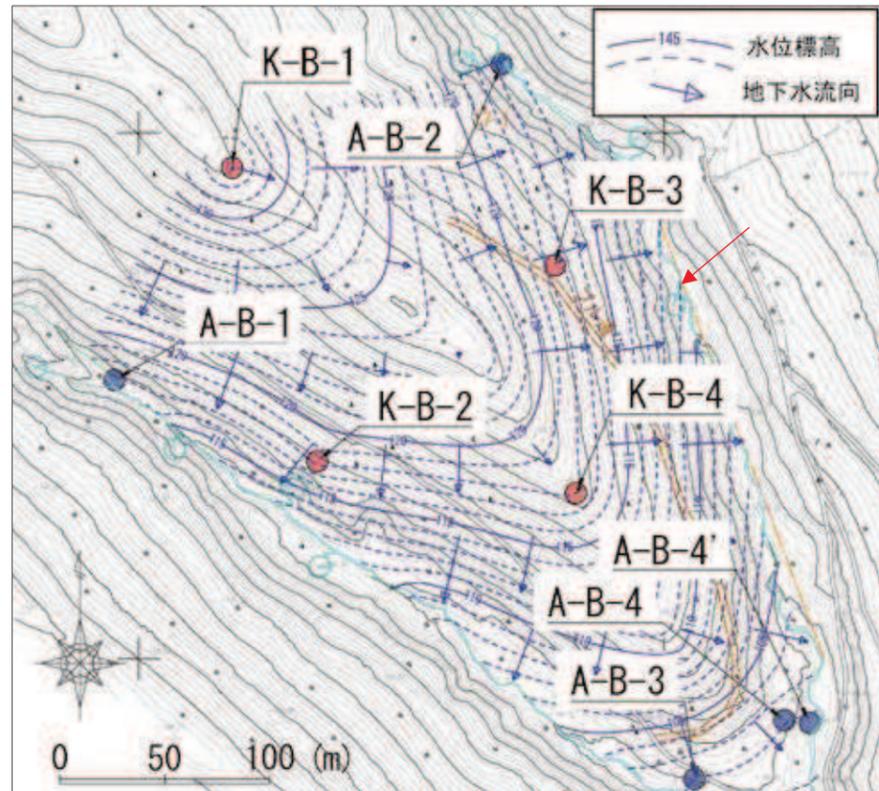


図-3 地下水等高線図・地下水流向図

### (2) 岩盤の透水性

現位置での透水性を検討するため、一斉観測（6/17）直後に、各孔の孔内水位を低下させ、各孔の孔内水位の回復状況を観測した。自記水位計による地下水位の経時変化を図-4に示す。一斉観測後（6/17以降）に低下前の水位に回復するまでの時間は、孔毎に異なっており、最も速いK-B-4で数時間、最も遅かったK-B-3で約3週間であった。

また、孔内水位低下後の水位回復状況から、「地盤工学会基準JGS 1314-2012：単孔を利用した透水試験方法」<sup>2)</sup>により、透水係数k (m/s) を算出した（表-2参照）。

表-2 透水係数の計算結果(参考値)

孔名	孔底深度 GL(m)	地質状況	透水係数 (m/s)	平衡水位 GL(m)
K-B-1	50.00	新鮮部	$1.9 \times 10^9$	35.75
K-B-2	11.00	風化部	$5.6 \times 10^8$	9.67
K-B-3	30.00	新鮮部	$2.4 \times 10^9$	25.90
K-B-4	40.00	新鮮部	$5.7 \times 10^8$	28.03

表-3 主な岩種の透水係数の例<sup>3)</sup>

岩種	水温 20℃ の時の岩の透水係数 (cm/sec)	
	室内試験	原位置試験
砂岩 (Sandstone)	$3 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-2}$
Navajo 砂岩	$2 \times 10^{-1}$	
Derea 砂岩	$4 \times 10^{-4}$	
グレーワック (Greywacke)	$3.2 \times 10^{-8}$	
頁岩 (Shale)	$10^{-9} \sim 5 \times 10^{-11}$	$10^{-4} \sim 10^{-11}$
Pierre 頁岩	$5 \times 10^{-12}$	$2 \times 10^{-11} \sim 5 \times 10^{-11}$
石灰岩、青石灰	$10^{-3} \sim 10^{-11}$	$10^{-9} \sim 10^{-11}$
Salem 石灰岩	$2 \times 10^{-4}$	
玄武岩 (Basalt)	$10^{-12}$	$10^{-9} \sim 10^{-11}$
花崗岩 (Granite)	$10^{-7} \sim 10^{-11}$	$10^{-9} \sim 10^{-9}$
片岩 (Schist)	$10^{-4}$	$2 \times 10^{-7}$
き裂性片岩 (Fissured schist)	$1 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-4}$	

※Ereco (1978), Davis De Wiest (1966), Serafin (1968) との文献からのデータ

本業務で得られた透水係数kは、表-3の頁岩の原位置試験の一般値 ( $10^{-8} \sim 10^{-11}$  cm/s [ $10^{-10} \sim 10^{-13}$  m/s]) に比べると大きい値である。また、図-5に示す通り、透水係数kは深度方向に小さくなる傾向が読み取れる。これは水位深度が浅い箇所では、応力解放の影響により深部に比べて亀裂が開口しやすいためと考えられる。ただし、透水係数kは $10^{-8} \sim 10^{-9}$  (m/s) オーダーであり、地盤工学的には透水性が非常に低い、または難透水層に相当する。

## 5. まとめ

・本調査のように、送水掘削区間におけるボーリングコアの風化状況から推定した地下水位と、実際の地下水位（自然水位）が異なる場合があるため、掘削時の地下水位測定方法に留意が必要である。

・本調査で確認した岩盤について、孔内水位低下後の水位回復状況から算出した透水係数kは泥岩の一般値より大きいことが、地山の亀裂が影響したと推定される。

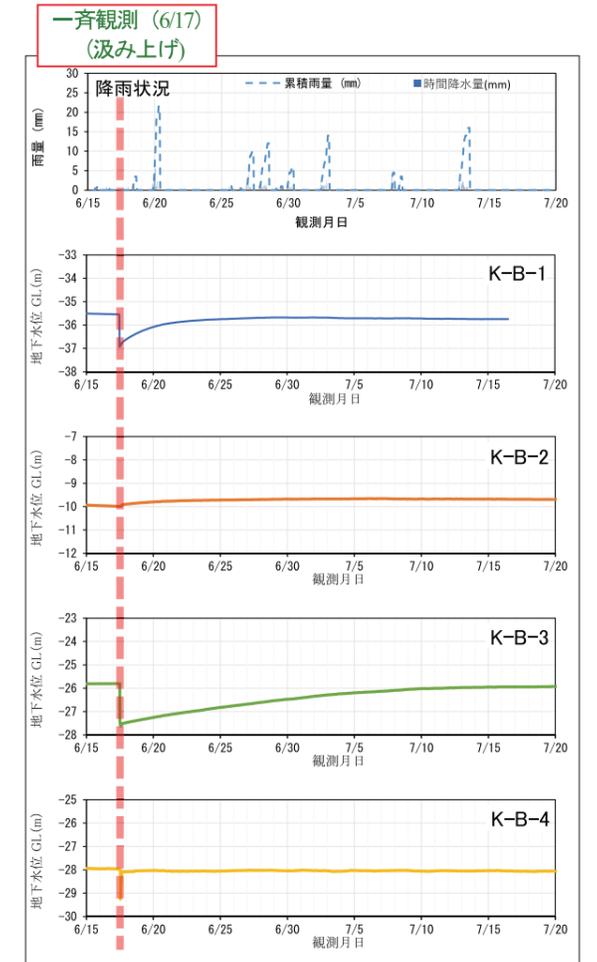


図-4 汲み上げ後の地下水位の変化

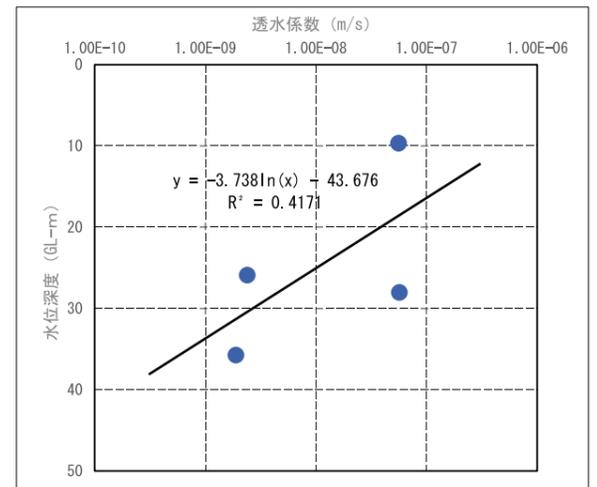


図-5 水位深度と透水係数の関係

### 〈参考文献〉

- 『地下水調査および観測指針(案)』, (財)国土開発技術研究センター, 山海堂, 175p, 1993年.
- 『地盤調査の方法と解説』, (公社)地盤工学会, 丸善出版, 515p, 2013年.
- 『わかりやすい岩盤力学』, R.E.グッドマン(大西有三, 谷本親伯訳), 鹿島出版会, 1984年.