

丘陵地のボーリング調査で経験した湧水の対応事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社 ○渡邊 憲平, 五十嵐 央

1. はじめに

地下水は、地形・地質条件によって様態が異なり、ボーリング調査中に思わぬ湧水に遭遇することがある。

本稿では、丘陵地内のボーリング調査で遭遇した湧水の孔閉塞事例を報告する。

2. 調査地の概要と湧水発生経緯

(1) 調査地の地形・地質概要

調査地は、西から東に向かって、山地・丘陵・台地・低地が配列し、南北に連なる断層により、西側に向かって地層が大きく傾斜沈降するのが特徴である。丘陵は未固結堆積物で構成され、半固結シルトを主体として、厚さ数mの砂質土を挟む。

(2) 湧水発生の経緯

本調査では、GL-90m付近まで掘進したところで夏季休暇に入り、休工4日目にケーシング口元からの湧水が確認された(写真-1参照)。初期湧水量は30ℓ/min程度で、応急措置としてケーシングを立ち上げたときの水頭はGL+6~7m程度であった。



写真-1 湧水状況

その後の湧水量は65ℓ/min程度の達し、最終的にGL+8m程度までケーシングを立ち上げてバランスさせた(写真-2参照)。



写真-2 ケーシング立ち上げ状況

(3) 湧水発生原因の推定

既往調査結果の収集整理により、図-1のような帯水層構造が想定された。図-2に示す代表的な湧水のタイプ¹⁾

の一例に照らし合わせると、今回の調査地域は「傾斜丘陵地タイプ」に分類される。

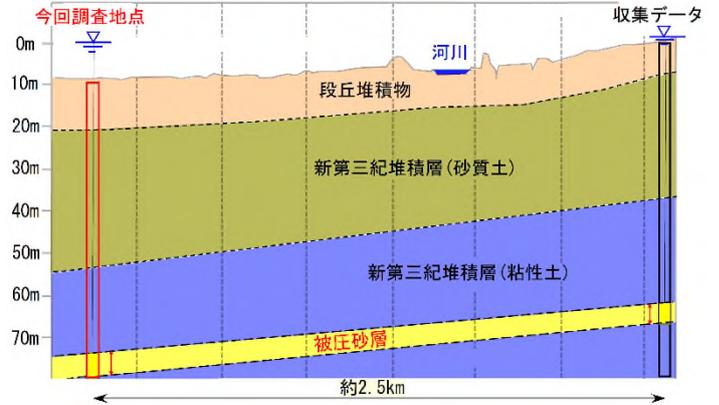


図-1 帯水層構造の想定

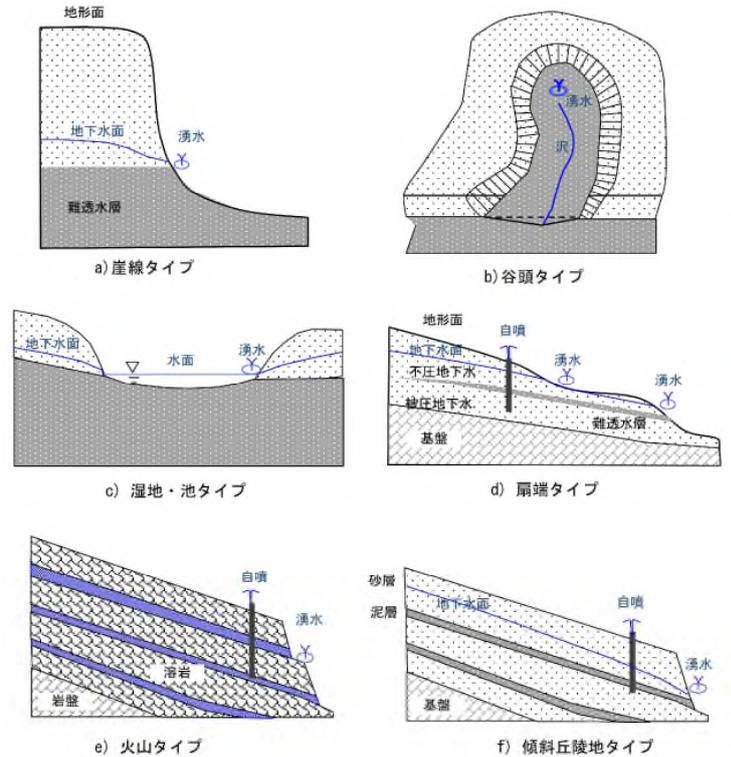


図-2 代表的な湧水のタイプ¹⁾

3. 止水作業

止水作業の記録を表-1、孔内水位とケーシング深度等の関係を図-3に示す。

止水作業にあたり、湧水発生から数日経過していたため、孔内水は既に清水に置き換えられていることが予想された。水頭が高い状態のままではボーリング機械が使用できないため、ケーシングを立ち上げた状態で孔内水を低下させることが第一と考え、次の作業を実施した。

表-1 止水作業記録

工程	作業内容	孔底深度	孔内水位(m)		備考	加重剤投入量	
			翌朝	作業終了時			
1日目	ケーシング、水位・湧水量測定	GL-63m付近	GL+6.05		湧水量30L/min程度		
2日目	作業 ケーシング立上、水位測定	GL-63m付近	GL+6.50				
3日目		GL-63m付近	GL+6.74				
4日目		GL-63m付近	GL+6.80				
5日目		休日					
6日目	休日						
7日目	泥水置換(泥水1m ³ 送水)	GL-63m付近	GL+7.50		ケーシング'ヘッド'取付		
8日目	作業 ケーシング立上げ、水位観測	GL-63m付近	GL+5.00		ケーシング'外側'から湧水		
9日目		GL-63m付近	GL+6.64	GL+6.69			
10日目		GL-63m付近	GL+7.00				
11日目		ベントナイト塊50kg投入	GL-63m付近	GL+7.03		ベントナイト塊に少量添加	
12日目	休日						
13日目	休日						
14日目	作業 ベントナイト塊25kg投入	GL-7.0m付近	GL+6.44		GL-7.00付近で詰まり		
15日目		水位測定	GL-13.3m付近	GL+7.01	GL+7.00		
16日目		水位測定	GL-21m付近	GL+7.20以上	GL+7.38	オーバーフロー	
17日目		ベントナイト塊除去、湧水量測定	GL-28m付近	GL+7.37	GL+6.70	湧水量65L/min	
18日目	ベントナイト塊除去	GL-16m付近	GL+6.90				
19日目	休日						
20日目	休日						
21日目	作業 泥水置換作業(泥水1m ³ 送水) ベントナイト塊25kg投入	GL-23m付近	GL+6.04	GL+5.37			
22日目		ベントナイト塊120kg投入	GL-23m付近	GL+5.70	GL+5.81		
23日目		水位測定、ベントナイト'レット'上端確認 加重剤(TEL-BAR)投入	GL-23m付近	GL+4.50	GL+4.11		10kg投入
24日目		水位測定、ベントナイト'レット'上端確認	GL-25m付近	GL+3.13	GL+2.73		10kg投入
25日目	水位測定、ベントナイト'レット'上端確認	GL-23m付近	GL+1.95	GL+1.16	ケーシング立上GL+6.00m	10kg投入	
26日目	休日						
27日目	休日						
28日目	水位測定、ベントナイト'レット'上端確認	GL-23m付近	GL-0.69	GL-0.80		10kg投入	
29日目	水位測定	GL-23m付近	GL-1.00	GL-1.02			
30日目	作業 セメントミルク注入	GL-23m付近	GL-1.12	GL-0.13			
31日目		GL-13.3m	GL-0.09	GL-0.00			
32日目		発生土投入	GL-5.00m	GL-0.90	-		
33日目		休日					
34日目	休日						
35日目	発生土投入	GL±0.00m	-	-			
36日目	閉塞終了	GL±0.00m	-	-			

(1) 団子状にしたベントナイト塊の投入

掘進中に保たれていた泥水比重と湧水圧のバランスを再現するため、泥水濃度を高めることが重要と考えた。具体的には、ケーシングが立ち上がった状態でできる作業として、高比重の加重剤(TEL-BAR)をベントナイトに添加し、団子状にしたベントナイトの塊をケーシング上部から投入することで、孔内水を泥水に置換することを試みた。ベントナイト塊の投入にあたっては、レッドで突きながら慎重な作業に努めたが、何らかの理由により、計画よりも浅い深度で詰まりが発生した。その後は詰まり部分の降下が確認されたが、孔内水位に大きな変化がみられないため、止水効果は得られていないと判断し、投入したベントナイトを除去した。

(2) ベントナイトペレットの投入

ベントナイト塊は、詰まり易く溶け難いと考え、細粒なベントナイトペレット(well shot)を孔内に投入した(120kg)。ある程度の深さまでベントナイトペレットが降下したことを確認し、その後は団子状にした加重剤を10kg/日の頻度で投入し、徐々に孔内水位が低下する状況まで回復させた(1m/日程度)。

4. 孔閉塞

ボーリングマシンが使用できる高さまで孔内水位が低下したことから、セメントミルクの注入による閉塞作業に移行した。閉塞作業はベントナイトペレット等により

形成された高比重ゾーンの上よりセメントミルクを注入するものであり、セメントの硬化を確認しつつ、2段階に分けて注入作業を行った。1段階目はGL-23mからGL-11m区間、2段階目はGL-11mからGL-1mまでとし、表層は土砂で埋戻しを行い、閉塞作業を完了させた。

現地調査終了から1ヶ月後に現地確認した結果、周辺からの湧水や地盤の陥没等は見られなかった。

5. おわりに

本稿で紹介した事例は、想定外の湧水に遭遇して、試行錯誤的に孔閉塞を完了させたものである。この経験から、掘削中の孔内水位の変化や泥水濃度の変化を見逃さずに捉え、適時適切に対応することの大切さを感じた。

《引用・参考文献》

- 1) 環境省 水・大気環境局 土壤環境課 地下水・地盤環境室：湧水保全・復活ガイドライン, pp10, 2010年3月

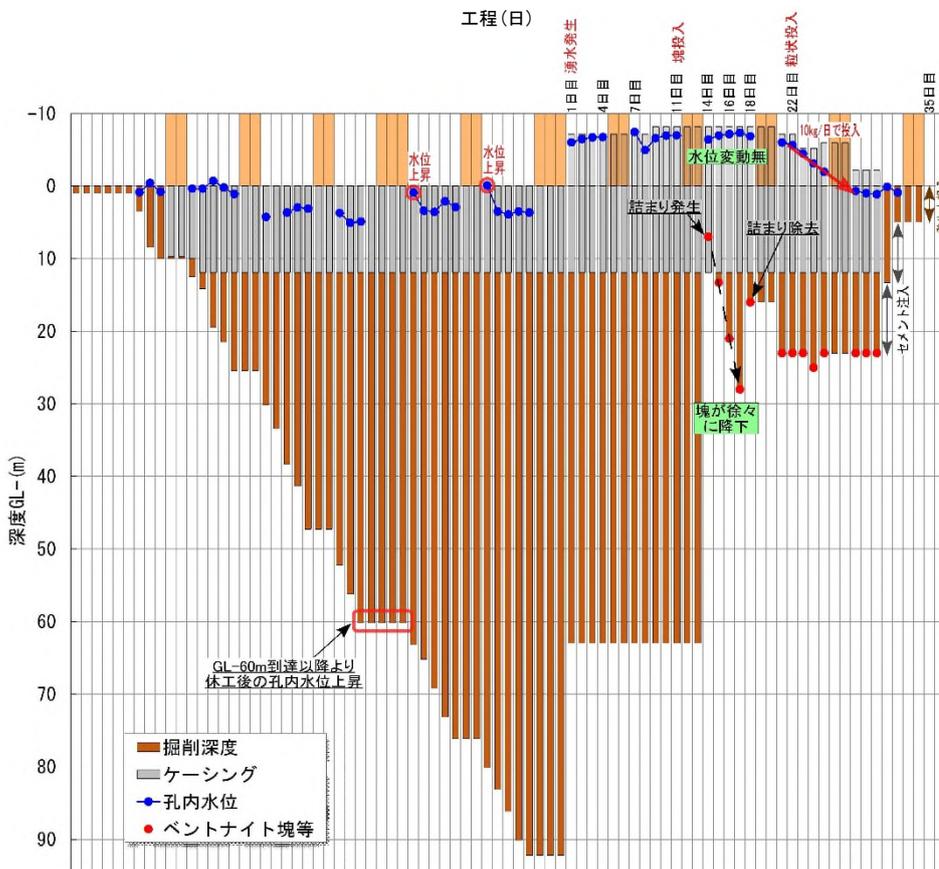


図-3 孔内水位とケーシング深度等の関係