

## トンネル工概略設計時における地質調査による地山等級の評価例

ニタコンサルタント 法人会員 ○清水建翔      ニタコンサルタント 法人会員 秋山隆司  
 ニタコンサルタント 法人会員 手束祐太      ニタコンサルタント 法人会員 辻 敦 矢

### 1. はじめに

土木構造物設計に伴う地質調査業務では、対象構造物の要求性能や調査段階等により、適切な調査・試験方法が採用される。また複雑な地層構造や土質・岩質を成す現場においては、地質・現地状況を考慮した総合的な地盤評価が望まれる。本稿では、徳島県那賀郡那賀町で実施した地質調査を基に、試験結果の他、コア鑑定や現地踏査結果等を含め、通常ではトンネル一般部での調査に用いられる地山等級の評価を参考程度に坑口部にも適用した例を報告する。

### 2. 調査地の地形・地質概要

調査地は徳島県那賀郡那賀町拝宮で坂州木頭川左岸側に位置し、周辺には付加体構造の特徴を顕著に現した山脈が概ね東西方向に幾重にも連なる。また調査地北方には、中央構造線活断層帯にほぼ平行した断層の存在も確認されている。

地質について調査地が位置する那賀川中流域は、秩父累帯に属する二畳紀（ペルム紀）～三畳紀代の三宝山層群の砂岩泥岩互層を呈する。

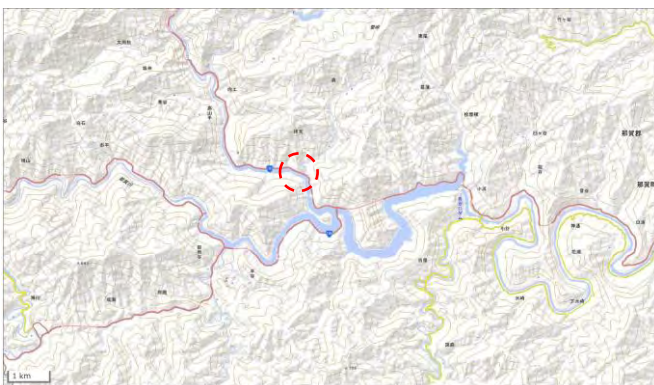


図 2-1 調査位置図

### 3. 地質調査結果

地質調査はトンネル工を目的とし、片側坑口にて鉛直・水平ボーリングを計2本、速度検層及び孔内载荷試験を各調査孔で実施した。またボーリングコアを対象に岩石試験も行なった。

#### (1) 調査ボーリング結果

調査地点では砂岩泥岩互層（Msalt）が確認され、部分的に砂岩優勢（Ss）となる地層状況が見られた。層上部は風化進行が認められ、全体的に亀裂が多く、岩級区分はD～CL級主体となった。以深ではCL～CM級が主体となり、部分的に亀裂が発達した破碎箇所D級を挟む程度となる。

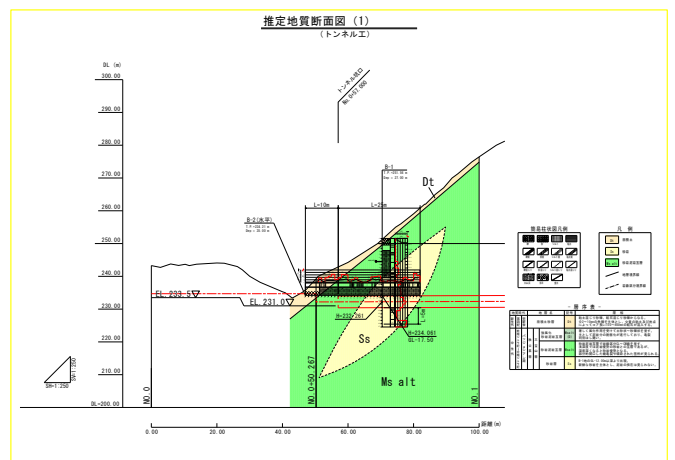


図 3-1 推定地層断面図

#### (2) 速度検層、岩石試験の結果

速度検層では深度方向に対して、弾性波速度  $V_p$  の増大が確認された。最大  $V_p$  が得られた箇所は Ss 層の CM 級岩盤部であり、 $V_p=3.0\sim 4.0\text{km/s}$  程度の値が得られた。これは固結度の比較的良好な軟岩レベルに該当し、ボーリング結果で砂岩優勢の地層構成が確認されていることから、妥当な数値と考えられる。

岩石試験は密度試験の他、一軸圧縮試験、超音波速度測定を実施した。本調査では全試料において、一軸圧縮強度  $\sigma_c$  に対して P 波速度  $V_p$  が大きい値を示す傾向が見られた。これは一軸圧縮強度  $\sigma_c$  の小ささに起因するものであり、現地の岩盤状態と採取試料（コア）との差異が示唆された。

地点番号	掘進方向	試料番号	深度	地質	岩級区分	湿潤密度		一軸圧縮				超音波速度				
						湿潤密度 g/cm <sup>3</sup>	含水比 %	有効間隙率 %	密度 g/cm <sup>3</sup>	圧縮強さ $\sigma_c$	変形係数 E	静ポアソン比 $\nu$	P波速度 km/sec	S波速度 km/sec	動弾性係数 MN/m <sup>2</sup>	動ポアソン比 —
B-1	鉛直	1-1	9.70 ~ 9.95	泥岩	CM	2.642	0.9	3.0	2.657	51.8	26.500	0.287	4.79	2.36	39.400	0.340
		1-2	19.60 ~ 19.90	砂岩	CM	2.645	0.3	1.1	2.617	104.0	27.200	0.274	5.45	2.79	53.500	0.322
B-2	水平	2-1	12.10 ~ 12.30	泥岩	CM	2.559	2.2	6.5	2.580	11.0	6.110	0.369	4.34	2.24	12.900	0.318
		2-2	33.00 ~ 33.40	泥岩	CM	2.641	1.3	3.6	2.641	24.1	14.200	0.337	4.84	2.25	13.400	0.362

図 3-2 岩石試験結果

**4. コア鑑定**

ボーリングコアの観察から、岩級区分 CM 級程度を呈す部分が大半を占める区間であっても、破碎作用を受けて礫状を呈す箇所や開口した縦亀裂、砂岩泥岩境界が高角度を成す互層など、特徴的な岩盤状況を示す箇所が所々で確認された。加えて、時間の経過と共にヘアクラックの発達が確認された部分もあり、応力開放に伴う亀裂・剥離が生じ易いと推測された。

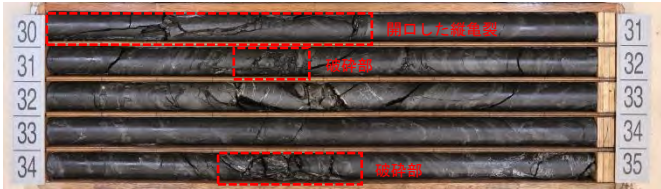


図 4-1 コア写真（水平 Bor）

**5. 現地踏査**

現地踏査結果の内、注視すべき 2 点を以下に示す。

(1) 転石群の存在

本工区の地表面には転石群（径φ0.1~0.5m）や径φ1.5m 以上もの巨石などが散見された。これらは不安定な浮石状態にあり、坑口計画位置付近上方の斜面にも見られた。巨石には亀裂の発達も認められ、破碎作用等の力によって細礫化し易い本調査地の岩石状況と似たものであった。



図 5-1 転石群・巨石

(2) 地下水

坑口計画位置付近下方の斜面裾部において、常時湧水が確認された。また水平ボーリング掘進時にも、孔口より常時地下水が排出されていた。台風等の大雨の際、これらの湧水量及び排水量は顕著に増大することが確認されており、本調査地の地山は多量の地下水を貯留し、かつ降雨等に鋭敏に反応すると考えられる。

鉛直ボーリング掘進時においても、亀裂の発達した岩盤状況にも関わらず掘削水の逸水は少なく、保水能の高さが示された。



図 5-2 坑口付近の湧水・排水状況

観測日	満水時間 (秒) (2L 当たり)	湧水量 ℓ/min	平均湧水量 ℓ/min
8/15 晴天日	23.77	5.04	5.1
	23.55	5.10	
	23.63	5.04	
8/21 台風後	7.48	16.04	16.5
	7.33	16.37	
	7.03	17.07	

図 5-3 水平 Bor 地点排水量

**6. 地山等級評価の適用**

調査結果を基に坑口部での地山等級<sup>1)</sup>を評価すると、「CII L 層状 第三紀泥岩層」に相当すると考えられた。一方で、コア観察では鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。トンネル断面中央付近では、安定して CM 級岩盤が確認されておらず、破碎帯や開口亀裂が複数箇所で見られた。以上より、トンネル掘削時に応力開放や水圧に伴う顕著な緩み、塑性変形等が発生する危険性があることを考慮し、「DI L 層状 第三紀層泥岩」相当と評価した。

地山等級	地質	地山等級の適用	地山等級の適用理由
C II	M 地質	頁岩質凝灰岩	地質図面記載の地質に一致する。
	L 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
	M 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
	L 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
	M 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
D I	M 地質	頁岩質凝灰岩	地質図面記載の地質に一致する。
	L 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
	M 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
	L 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。
	M 層状	層状	コア観察で鏡肌を伴う層理や破碎部、開口した縦亀裂が確認され、また応力開放による顕著なヘアクラックの発達も見られた。

図 6-1 道路の地山等級（一部）<sup>1)</sup>

**7. まとめ**

坑口部の地山等級はトンネル一般部同様に、試験結果数値のみならず総合的な判断の下、評価する必要がある。なお、支保工パターンは坑口部の施工状況を鑑みると「DIII」評価に変わりないと考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [山岳工法編]・同解説 土木学会