

礫岩の岩盤分類変更について

東京土木施工管理技士会

東亜建設工業株式会社

作業所長

日 高 虎之助[○]

Toranosuke Hidaka

担当技術者

増 谷 勇 斗

Yuto Masutani

下関営業所副所長

梅 山 雅 史

Masashi Umeyama

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：山陰終末処理場水処理建設工事
- (2) 発 注 者：下関市上下水道局
- (3) 工事場所：下関市
- (4) 工 期：平成26年10月10日～
平成28年1月29日
- (5) 工事概要：水処理施設の築造
掘削（土砂）：45,700m³
掘削（軟岩）：8,520m³
埋戻し（発生土）：17,300m³
本体築造工：1式
（最初沈澱池、反応槽、最終沈澱池）

2. 現場における問題点

本工事での基盤岩である礫岩は、事前の地質調査では新世代第三紀古第三紀幡生累層の礫岩であり、軟岩相当と判定されていた。岩の圧縮強度試験結果は3.91N/mm²～68.1N/mm²となっており、同じ岩種ではあるものの強度に大きな差が見られた。低い値である試料の破壊状況としては、礫部とマトリックス部の境界で破碎されており、これは礫岩の特徴といえ、強度に幅を持つと判断されていた。調査の結果としては、一部中硬岩相当が見られるが、全体としては軟岩として結論付けら

れていた。

しかし、実際の施工において当該地層まで掘削が進捗していくと、掘削に非常に時間がかかり、また岩盤も想定よりもかなり硬いことが分かった。

工程もかなり厳しかったため、施工を止めずに速やかに岩盤の調査を行い、施工方法の変更の検討及び発注者との協議する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

当該地盤の分類を評価するために、以下の3種類の試験を実施し、その他2種類の歩掛調査を行った。

- ①一軸圧縮強度試験
- ②地山の弾性波速度試験
- ③シュミットロックハンマー試験
- ④試験施工による歩掛調査
- ⑤最初沈澱池における岩盤掘削歩掛調査

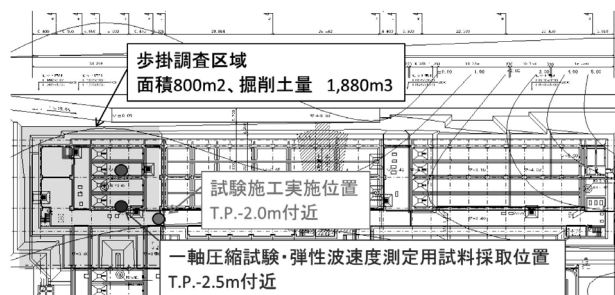


図-1 試験・調査実施位置図

以下に各試験及び歩掛調査の概要と結果を示す。

①一軸圧縮強度試験について

原位置にてコアドリルを用いて岩盤の削孔を行い、φ50mm の試料を採取した。

しかし、採取時にコアチューブ内で崩れ、一軸圧縮強度試験の試料として十分な試料の採取ができなかった。これは、大型ブレーカーで掘削する際に表層を乱すためだと考えた。

そこで、ある程度大きく岩塊状に掘削し、その岩塊から試料採取することとした（図-2）。

岩塊を削孔することで20cm 程度の試料を採取することができた（図-3）。



図-2 削孔状況



図-3 採取試料

採取した試料を試験室に持ち込み一軸圧縮強度試験を実施した。（JIS M 0302 岩盤の圧縮強さ試験方法）

試験の結果、一軸圧縮強度は72.5N/mm²であった。

②弾性波速度試験について

同じく採取した試料を試験室へ持ち込み、「岩石の超音波伝播速度測定（JGS1220）」にて超音波伝播速度を測定した。この試験は超音波パルスを送る岩石試料端で発振し、他端で透過したパルスを受振するもので、波の伝播時間（透過時間）から速度を算出するものである。パルス発振部、発振・受振子、増幅・制御部及び記録部からなる透過式超音波速度測定装置を用いて測定を行った（図-4、5）。また、岩盤の良好度分類から亀裂係数を決定し、地山弾性波速度を推定した。

試験結果を表-1 に示す。

亀裂係数については、（表-2）より推定した。

当地区に分布する礫岩は、非常に亀裂が少ないため、亀裂係数は「B」の最高値は見込めるもの

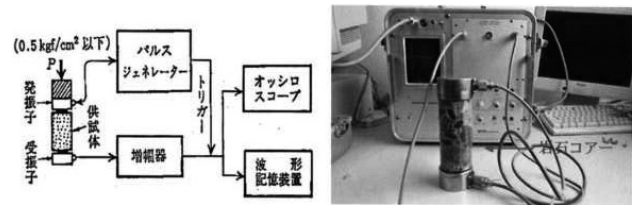


図-4 測定装置の構成

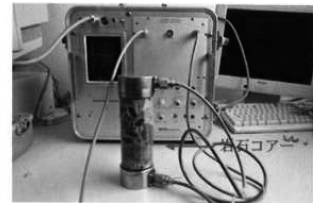


図-5 測定装置一式

表-1

密度		超音波伝播速度					
(g/cm ³)		S波速度		P波速度		動ポアソン比	動せん断定数
単位	平均	μ s	(m/sec)	μ s	(m/sec)	νd	(kN/m ²)
2.51	2.51	58	2,099	40	3,053	0.05	11,050,000
							23,260,000

表-2 小野寺による岩盤の良好度分類

記号	等級	良好度 ^{*1}	亀裂係数 ^{*2} (工藤による)	備考
A	きわめて良い	>0.75	<0.25	^{*1} $\frac{E_d}{E_c}$ 岩盤の動弾性係数 コアの動弾性係数
B	良い	0.50~0.75	0.25~0.50	
C	中程度	0.35~0.50	0.50~0.65	^{*2} $1 - \frac{E_d}{E_c}$
D	やや悪い	0.20~0.35	0.65~0.80	
E	悪い	<0.20	>0.80	

各級の地質的性状

A：新鮮、割れ目はほとんどなし。

B：多少割れ目がある。割れ目の面に沿う多少の風化があるが内部は新鮮である。

C：割れ目の間にくわずかの粘土を挟むこともあるが、岩石自体は新鮮。ただし割れ目の表面は風化している。

D：割れ目は開き、幅が大きい。その間に水を伴った粘土物質をもつことが多い。岩石自体には硬い部分もあるが、風化や変質を、また割れ目を多く伴う。

E：風化が進み、岩石が全体的に風化変質している。ジョイントなどの割れ目も多く、破碎されていることもある。

出典「地盤工学会編：岩の工学的性質と設計・施工への応用」

とし、Cr=0.25とした。（Cr：亀裂係数）

ここで地山の弾性波速度を以下の式より求めた。

$$Cr = 1 - (V2/V1)^2$$

ここで、V1：岩塊自体の弾性波（超音波）速度

V2：地山の弾性波速度

試験結果より V1=3.1km/sec であるので V2=2.7km/sec と推定された。

③シュミットロックハンマー試験

コンクリートテストハンマーの先端を改造した岩盤用のシュミットロックハンマーにて原位置での反発度を測定し、その値から岩盤の一軸圧縮強度を推定した（図-6）。



図-6 測定状況

シュミットロックハンマーは、実際の切羽の状態で測定することができるため、多数の測点が得られること、構造物の基盤としての強度を測定できることという利点がある。その結果、数少ないサンプルコアによる大きな誤りを起こす可能性が低く、大局的には正しい強度に近い数字が得られるといわれている。なお、シュミットロックハンマーでの測定では測定面を付属のカーボランダムストーンで平坦にすることになっているが、礫岩という特性上できなかったため、なるべく平坦な場所を選んで測定した。したがって測定値は真値よりは小さく出ているといえる。

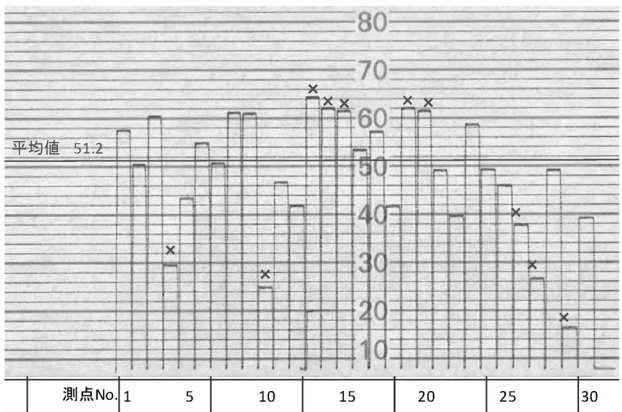


図-7 シュミットロックハンマー試験結果

図-7より、シュミットロックハンマー試験の平均反発度は51.2となり、一軸圧縮強度に換算すると99.0N/mm²と推定された。(※ばらつきを考慮し、上下5点ずつを消去した。)

④試験施工による歩掛調査

岩盤掘削範囲において試験施工を実施した。試験施工範囲は5m×5mとし、大型ブレーカーにて岩盤の掘削を行った。測点は9点とし、一定時間後の掘削深度から掘削容量を算出した。算出された掘削容量から一日施工時間当たりの歩掛を計算した。

結果としては、165分で3.681m³掘削した。この結果より1時間当たりの掘削量としては1.338m³/hとなった。また、施工サイクル(図-9)より1日の施工時間は6.25hとした。

よって、1日の施工歩掛は下記の計算により8.4

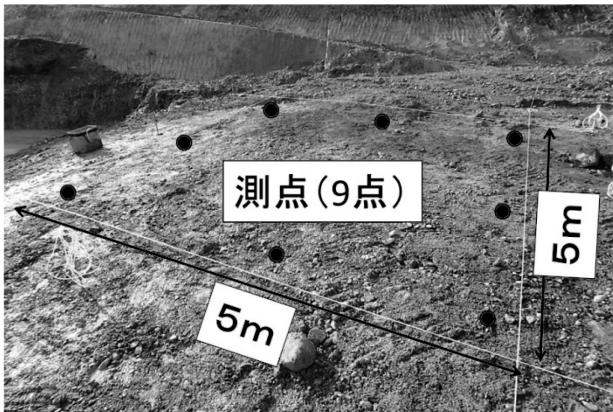


図-8 測点概要

時間	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
朝礼・KYK	15分									
始業前点検	30分									
軟岩掘削		75分	90分			120分		90分		
休憩			80分		60分			80分		

図-9 施工サイクル

m³/台・日となった。

施工歩掛=1.338×6.25÷8.4m³/台・日

⑤最初沈澱池における岩盤掘削歩掛調査

最初沈澱池の区域における岩盤掘削の進捗を整理し、標準積算歩掛(表-3)との対比を行った。

表-3 大型ブレーカー掘削1日当たり施工量

岩 分 類	単 位	施 工 量
軟 岩	m ³	63
硬 岩	"	41

出典：「土木工事標準積算基準書 (H26年)」

最初沈澱池の岩盤掘削平均(全体)歩掛は、26.8m³/台・日であった。また、進捗の極端に下がった硬岩相当部の平均歩掛は17.8m³/台・日であった。これは、土木工事標準積算基準書(H26年)を参考にすると、硬岩の施工量より少ない数量であった。

4. おわりに

実施した試験結果を(表-4)に示す

図-10より一軸圧縮強度から推定される当該区域の岩級はCH(軟岩Ⅱ)～B(中硬岩)といえる。

表-5より弾性波速度から推定される岩盤分類

表-4 試験結果一覧表

試験名	圧縮強度 N/mm ²	弾性波速度 km/sec	歩掛 m ³ /台・日	判定
一軸圧縮強度試験	72.5	—	—	中硬岩
地山の弾性波速度試験	—	2.7	—	中硬岩
シュミットロックハンマー試験	99.0	—	—	中硬岩
試験施工	—	—	8.4	硬岩
岩盤掘削進捗	—	—	17.8	硬岩

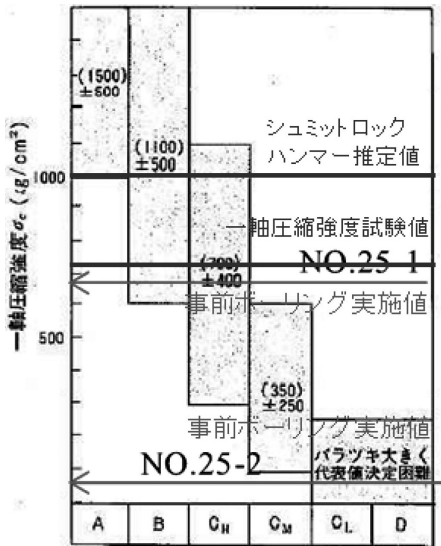


図-10 岩石の一軸圧縮強度と岩級区分の関係

出典：「土質調査報告書（平成25年12月）」

は中硬岩であるといえる。

また、施工実績から算出した歩掛及び試験施工の実績は硬岩以上に低い歩掛であった。

以上の結果より、当該地盤の岩盤分類は中硬岩以上であるとした。

最後に、今回の調査において、一軸圧縮強度の

表-5 土質・岩分類

区 分	土質分類及びボーリング掘進状況	地山弾性波速度 (km/sec)	一軸圧縮強度 (N/mm ²)
粘土・シルト	ML, MH, CL, CH, OL, OH, OV, VL, VH1, VH2	—	—
砂・砂質土	S, S-G, S-F, S-FG, SG, SG-F, SF, SF-G, SFG	—	—
礫混り土砂	G, G-S, G-F, G-FS, GS, GS-F, GF, GF-S, GFS	—	—
玉石混り土砂	—	—	—
固結シルト・固結粘土	—	—	—
軟 岩	メタルクラウンで容易に掘進できる岩盤	2.5 以下	30 以下
中 硬 岩	メタルクラウンでも掘進できるがダイヤモンドビットの方がコア採取率が良い岩盤	2.5 超 3.5 以下	30~80
硬 岩	ダイヤモンドビットを使用しないと掘進困難な岩盤	3.5 超 4.5 以下	80~150
極 硬 岩	ダイヤモンドビットのライフが短い岩盤	4.5 超	150~180
破 砕 帯	ダイヤモンドビットの摩耗が特に激しく、崩壊が著しいコア詰まりの多い岩盤	—	—

※上表は地盤材料の工学的分類法（小分類）による

みでなく、弾性波速度を推定したことにより、岩盤の分類をより客観的に示すことができた。また、試験施工や実施の歩掛を調査することによりさらに実際の岩質に近い評価ができたと考えられる。

また、弾性波速度については、PS 検層等の方法が一般的である。しかし、岩盤を露出させるまで施工を進めていた場合においては、コアドリルにより削孔し、超音波伝播速度と岩盤の良好度分類から亀裂係数から地山弾性波速度を推定する方法が、非常に安価で短い日程で実施することができたため、有効であると言える。実際に、一日も施工を止めずに調査を行うことができ、実施の歩掛調査以外は岩盤の露出から数日のうちに報告することができた。