

強制破碎した泥岩の現場締固め特性について

東日本高速道路(株)北海道支社 正会員 ○水野 津与志
東日本高速道路(株)北海道支社 川島 正人
(株)ネクス・エンジニアリング 北海道 正会員 山内 智

1. はじめに

北海道横断自動車道（以下「横断道」という）は、急傾斜山岳地帯の建設区間であり、当該区間のトンネルおよび切土部からは、第三紀の泥岩をはじめとするぜい弱な岩が多く発生している。泥岩は乾燥した岩が降雨、地下水、融雪水等により水分を吸収し、細粒化するスレーキングと呼ばれる現象（写真 1）を起こす特殊な材料である。掘削直後は非常に硬質で塊状に発生するが、盛土材としてこれを使用した場合には、乾燥・湿潤作用を繰り返して細粒・土砂化し、盛土の圧縮沈下や強度低下等様々な問題を引き起こすため、これらを抑制改善するための施工管理方法を確立することが課題となっている。



写真 1 泥岩の露頭

本報文は、横断道の建設工事で発生するぜい弱岩を用いて現場転圧試験を行い、破碎方法および破碎した泥岩の締固め度の検証を行ったものである。

2. 圧縮沈下特性と締固め度

スレーキング性材料の圧縮沈下特性は、これまでに(株)高速道路総合技術研究所（旧 J H 試験研究所）において、岩の乾湿繰返し圧縮試験方法（JHS115）により検証され、スレーキングしやすい材料（スレーキング率 30%以上）の締固め度は、空気間隙率 15%以下（R I 計器による管理の場合 13%以下）に締固めることによって、圧縮沈下を軽減できることがわかっている。しかしながら、掘削直後の新鮮岩は、硬質で比較的粒度が粗い状態で発生する。各高速道路会社土工施工管理要領では、75μm ふるい通過質量百分率が 20%未満の試料の締固め管理基準は、密度比 D c 管理に分類されている。したがって、細粒分の少ない泥岩の締固め度を空気間隙率 13%以下にするためには、強制破碎による作業工程の追加が必要となる。

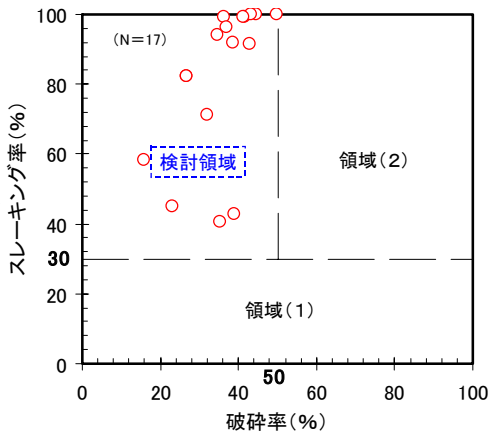


図 1 泥岩の露頭

3. 現場転圧試験

横断道(千歳、帯広、釧路管内)の建設工事において、盛土の現場転圧試験を実施した。各地区で実施した現場転圧試験試料の圧縮性評価を図 1 に、各地区の代表的な試料の物性値を表 1 にそれぞれ示す。

表 1 現場転圧試験試料の物性値

材 料 名 称		試験A	試験B	試験C	試験D	試験E	試験F	試験G	試験H	試験I
(発 生 地 区)		(夕張)	(夕張)	(穂高)	(穂高)	(穂高)	(占冠)	(占冠)	(占冠)	(占冠)
一般	地盤材料の工学的分類	G-FS	GF-S	GS-F	GFS	GS-F	G-S	G-S	G-S	G
	地 層 地 質 区 分	硬内層 Pm	夕張層 Yk	中部硬質層群 Ymm	上部硬質層群 Yum	海の上層 Tm	上部硬質層群 Yum	日高層群 Hc	縫別層 Nm	茶路層 Om
粒度特性	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.623	2.674	2.715	2.698	2.74	2.729	2.566	2.633	2.678
	自然含水比 W_n (%)	8.7	12.7	15.3	16.2	2.7	12.3	19.1	22.9	19.7
	最大粒径 D_{max} (mm)	75	75	75	75	53	75	75	100	125
	0.75mm 通過質量百分率 (%)	78.9	82.3	89.8	90.9	94.2	85.5	78.8	87.3	21.5
	19.0mm 通過質量百分率 (%)	56.9	59.9	70.5	82.8	83.0	63.2	57.5	67.3	14.0
	2.0mm 通過質量百分率 (%)	16.8	26.3	34.8	64.7	38.8	12.3	17.9	17.1	2.1
	0.075mm 通過質量百分率 (%)	7.1	18.4	14.6	31.4	10.6	3.7	4.0	3.3	0.8
泥のコンスタント特性等	均等係数 U_c	37.2	866.2	1065.1	482.9	82.7	11.5	32.5	18.5	4.9
	液性の積比重 (9.5-37.5mm) G_b (%)	2.064	1.974	1.988	2.129	2.58	2.136	2.572	2.162	1.76
	液性の吸水量 (9.5-37.5mm) W_a (%)	12.28	13.46	12.86	10.37	4.03	10.62	2.52	11.25	18.4
	スレーキング率 (%)	91.5	100.0	98.2	100.0	58.2	99.9	45.1	40.5	96.4
	破碎率 (%)	42.8	49.9	41.8	43.2	15.8	44.5	23.0	35.3	38.9
	液性限界 LL (%)	57.8	54.5	68.5	46.0	NP	40.5	NP	NP	45.7
	塑性限界 PL (%)	26.8	24.7	37.0	19.7	NP	18.3	NP	NP	23.8
締固め特性	塑性指数 Ip	31.0	29.8	31.5	26.3	NP	22.2	NP	NP	21.8
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.914	1.841	1.661	1.845	1.873	1.748	2.135	1.548	1.498
最適含水比		W_{opt} (%)	13.8	15.2	19.4	15.5	14.3	16.8	8.0	20.9
										26.2

キーワード：スレーキング，圧縮沈下，締固め，乾湿繰返し

連絡先：東日本高速道路(株)北海道支社 技術部技術企画課 TEL. 011-896-5367

全ての試料はスレーキング率が 30%以上、破碎率は 50%以下となり、圧縮性評価図からは「検討領域」に分類され、最も圧縮沈下が懸念される試料である。また、破碎率が小さい試料が多いため、破碎走行によりどの程度粉碎されるかが課題であった。施工方法は、敷均し・整形後にブルドーザの排土板を上げ、キャタピラによる破碎（以下「破碎走行」という）を実施した。また、破碎走行については、目視観察により破碎状況を確認し、転圧作業への移行を判断した。なお、ブルドーザの機種については、キャタピラの接地圧が高く、破碎に有利な乾地式ブルドーザを推奨したが、一部の現場では異なる発生土への流用を踏まえ、湿地式ブルドーザを使用した工事もあった。

4. 試験結果および考察

現場転圧試験で得られた決定転圧回数における空気間隙率と密度比の関係を図 2 に示す。全ての試料はスレーキング性材料の圧縮沈下対策の規定値である空気間隙率 13%以下を満足し、密度比 D_c についても 92%以上満足することができた。また、当初湿地式ブルドーザで敷均し・破碎走行を行い、空気間隙率 13%以下を満足できなかった試料については、破碎走行機種を乾地式ブルドーザへと変更して再施工を行ったところ 13%以下にすることができた。一方、スレーキングを起こさない礫質土として、切込碎石の現場転圧試験結果も併記した。碎石の締固め度は、密度比が管理基準値である 92%以上を示したが、空気間隙率は 13%以下にはならない結果であった。

現場転圧試験の各施工段階で採取した試料の粒度試験結果を図 3 に示す。敷均し前と比較して、破碎走行後および転圧後の粒度は、粒径加積曲線が上方に移動し細粒化していることがわかる。とくに、破碎走行後の粒度は、転圧後よりも粒度変化が大きいことから、破碎走行は粒度改良に有効の手法といえる。

R I 計器により測定した破碎走行直後の空気間隙率と決定転圧回数の空気間隙率の関係を図 4 に示す。破碎走行後と転圧後の空気間隙率の関係には、バラツキはあるものの一定の相関があり、破碎走行により十分に破碎し空気間隙率を小さくできれば、転圧後の空気間隙率が小さくなることがわかる。また、破碎走行回数は、破碎直後の空気間隙率が概ね 25%程度以下になるまで実施することにより、締固め管理基準値である 13%以下を確保できるものと推定される。

5. まとめ

泥岩の盛土施工管理方法の検討として、現場転圧試験により破碎方法および破碎した泥岩の締固め度の検証を行った結果をそれぞれまとめると下記のとおりである。

- (1) 敷均し時に行うブルドーザを用いた破碎走行は、泥岩の粒度改良に有効である。
- (2) 破碎走行に用いる施工機種は、公称 21t 級以上の乾地式ブルドーザが有効である。
- (3) 空気間隙率を 25%程度以下になるまで破碎走行を実施することにより、転圧後の空気間隙率を 13%以下にすることが可能となる。

<参考文献>

- 1) 月本・山内：ぜい弱岩による盛土の品質管理手法の検討，土木学会北海道支部論文報告集第 64 号，2008. 1

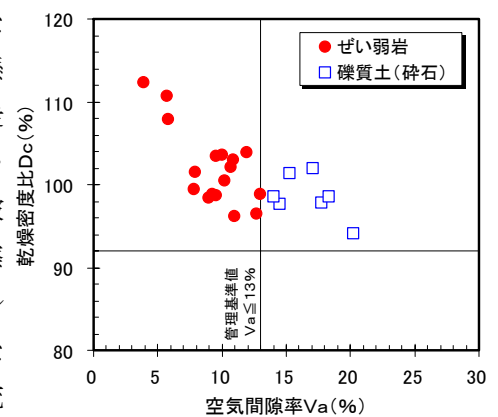


図 2 各試料の V_a と D_c の関係

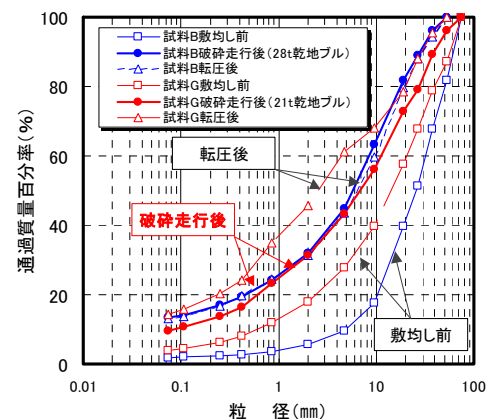


図 3 各施工段階の粒度分布

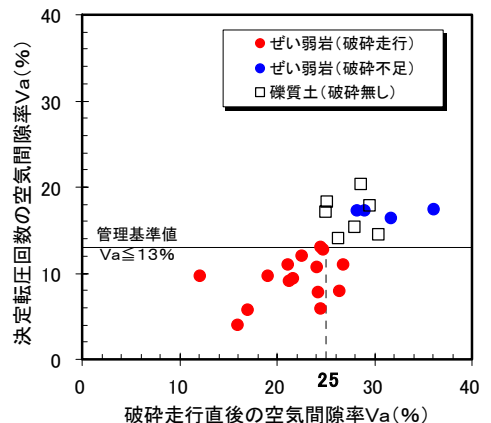


図 4 破碎走行直後の空気間隙率と転圧後の V_a の関係