

愛知県鳳来地区に分布する三波川結晶片岩の締固め特性

中日本高速道路(株) 豊川工事事務所

大嶋健二

清水建設(株) 名古屋支店 正会員 ○近江健吾 石川俊明

清水建設(株) 名古屋支店土木技術部 正会員 児玉泰樹

1. はじめに

新東名高速道路・鳳来トンネルが位置する愛知県新城市鳳来地区は、中央構造線南側の三波川変成帯に属しており、低温高压で変成された結晶片岩が分布している。結晶片岩の特徴^{文献例 1), 2)}として、①片理が発達し、剥離性が高く細長・扁平な粒子形状を示す、②破碎率が高く転圧により細粒分が増加する、③水浸コラプスにより長期的に沈下する、④最適含水比を超えると急激に CBR 値が低下する、などが挙げられる。特に、水浸沈下による結晶片岩で盛土された既設高速道路の長期沈下が報告³⁾されており、盛土材としての締固め特性を十分把握した上で適切な管理を行う必要がある。

本報では、結晶片岩盛土の施工に先立ち実施した各種土質試験および現場転圧試験の結果に基づき、鳳来地区結晶片岩の締固め特性を示す。

2. 土質試験結果からみられる締固め特性

鳳来地区の結晶片岩は、泥岩や粘板岩を原岩とする黒色片岩と、緑泥石などの緑色鉱物を多く含む塩基性火山岩を原岩とする緑色片岩が主体である。さらに、黒色片岩・緑色片岩が風化し、一部土砂化した褐色片岩も多く存在する。

表-1 に、各結晶片岩で実施した土質試験結果を示す。

表-1 土質試験結果一覧

試料 No.	BI-1	BI-2	BI-3	BI-4	BI-5	BG-1	BG-2	Gr-1	Gr-2	Br-1	Br-2	Br-3	Br-4	Br-5	Br-6	Br-7
ρ_s (g/cm ³)	2.788	2.758	2.780	2.766	2.794	2.823	2.819	2.925	2.978	2.758	2.760	2.757	2.754	2.829	2.691	2.770
w_n (%)	2.6	4.9	3.6	2.3	3.1	3.9	4.1	3.4	1.7	4.6	2.2	9.7	15.0	11.2	9.5	6.1
w_{opt} (%)	7.2	8.9	6.4	8.1	6.7	8.5	9.9	9.2	5.4	10.9	11.3	10.1	14.0	13.3	9.6	10.3
U_c	14.70	36.20	18.50	22.10	22.20	20.70	36.45	34.50	8.64	42.14	100.0	205.0	224.0	669.0	29.15	276.0
F_s (%)	0.8	5.3	3.2	3.8	5.3	3.3	4.2	5.0	1.7	1.1	9.6	13.0	12.5	16.5	2.2	11.9
w_L (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	35.0	51.0	40.7	45.0	39.8	36.4	NP
w_p (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	27.0	30.5	18.6	24.4	21.6	30.0	NP
I_p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.0	20.5	22.1	20.6	18.2	6.4	-
分類記号	GWS	GS-F	GS	GS	GS-F	G-S	GWS	GS-F	G-S	GWS	GS-F	GS-F	GS-F	GFS	GWS	GS-F
締固め試験方法	B-c	B-c E-c	B-b	E-b	B-b	B-b	B-c	B-b E-b	E-b	B-c	B-b	B-c	B-c	B-c E-c	B-c E-c	E-b
ρ_{dmax} (g/cm ³)	2.170	2.111 2.232	2.070	2.203	2.130	2.144	2.150	2.220 2.375	2.395	1.998	1.928	2.055	1.872	1.995 2.092	1.880 1.988	2.080
95%修正 CBR (%)	20.9	18.5 42.1	14.6	61.8	-	22.8	-	20.8 46.2	62.6	15.8	-	9.4	7.8	19.7	32.3	25.9
強熱減量 L_i (%)	-	5.5	4.8	5.0	4.5	-	-	4.8	5.9	-	6.6	-	6.8	5.4	-	4.3
礫の積比重	2.671	2.687	2.623	2.698	2.630	2.777	2.777	2.902	2.859	2.538	2.421	2.486	2.416	2.673	2.235	2.409
吸水率 (%)	0.8	1.8	1.8	0.7	2.0	1.0	0.6	0.6	1.1	4.1	4.2	3.9	5.4	2.9	8.6	5.1
破碎率 (%)	24.6	25.3	35.7	35.5	18.0	17.2	16.7	10.1	35.4	30.0	41.9	31.2	33.0	26.6	38.7	39.5
スレーキング率 (%)	3.6	3.1	3.2	0.9	-	1.5	1.6	1.3	1.2	2.4	-	9.0	3.8	4.5	10.9	2.9

BI: 黒色片岩, BG: 黒色・緑色混, Gr: 緑色片岩, Br: 褐色片岩

土粒子密度 ρ_s は 2.691~2.978g/cm³, 自然含水比 w_n は 1.7~15.0%の範囲に分布する。特に、褐色片岩は、高い自然含水比を示し、礫の積比重が小さく、吸水率が高いことから、風化して細粒化が進んでいることが確認できる。スレーキング率が 30%を超える結晶片岩はなく、最大でも 10.9%と低いため、乾湿繰返しによる泥寧化や強度低下は引き起こしにくいと言える。

図-1 に、粒径加積曲線を示す。同図より、黒色・緑色片岩は、褐色片岩と比較して礫分が多く粒度分布が悪い。褐色片岩よりも締固めにくい土であることがわかる。

図-2 に、突固めによる締固め試験結果を示す。同図では、乾燥密度において、緑色片岩、黒色片岩、黒色・

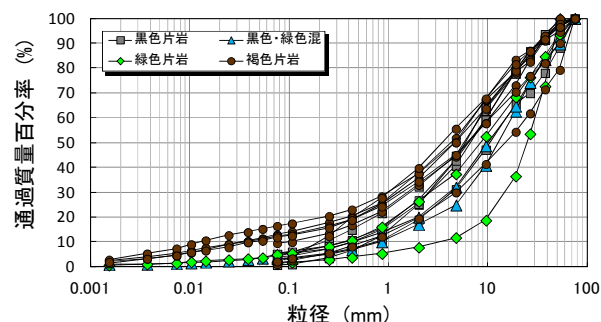


図-1 粒径加積曲線

キーワード：三波川帯、結晶片岩、締固め特性、盛土、水浸沈下、高速道路

連絡先：441-1634 愛知県新城市長篠字今銭前 16 Tel.050-3532-5310 Fax.0536-32-0257

緑色混じり・褐色片岩の順に小さくなっている。これは、礫の積比重の大小が影響しているためである。

締固め曲線は、黒色片岩・緑色片岩と褐色片岩を比較すると、前者は含水比分布が狭く、曲率大きい。また、図-3に示すそれぞれの結晶片岩の自然含水比 W_n と最適含水比 W_{opt} の関係から、褐色片岩が最適含水比と同程度の自然含水比を示しているのに対し、黒色・緑色片岩は最適含水比と自然含水比の差が大きくなっている。以上より、黒色片岩と緑色片岩では、最適含水比と自然含水比の差が大きく、わずかな含水比の変化で乾燥密度が敏感に影響を受けるため、施工するには含水比管理を的確に行う必要があると言える。

3. 現場転圧試験結果からみられる締固め特性

図-4(a)～(c)に現場転圧試験の結果を示す。転圧機械はそれぞれ 10t 振動ローラー（起振力 237kN）と 4t 振動ローラー（起振力 35kN）を用いて行い、転圧後に乾燥密度 D_c 、空気間隙率 V_a 、沈下量を確認した。図-4(a)～(c)から、概ね 8 回～10 回の転圧を行うことで、すべての結晶片岩で基準値⁴⁾ ($D_c \geq 97\%$, $V_a \leq 13\%$) を満足し、沈下量も収束傾向にあることがわかる。しかし、転圧を重ねるにつれて過転圧による密度比の減少および空気間隙率の増加や沈下量の増加などの変動が確認される。これら過転圧の傾向は、10t 振動ローラーを使用した褐色片岩において大きく現れているため、細粒分含有率が高い材料を起振力の大きい転圧機械で転圧する場合は、表面性状を確認しながら過転圧とならないよう十分に注意する必要がある。

4. おわりに

鳳来地区結晶片岩は、所定の転圧を行うことで、締固め規定を満足する盛土材となりうる。黒色片岩と緑色片岩は、その材料特性から、褐色片岩と比較して締固めしにくい材料のため、施工時の含水比管理を特に慎重に行う必要がある。一方、細粒分含有率が高い褐色片岩については、施工時に過転圧がないよう管理することが肝要となる。以上、本報で示した鳳来地区結晶片岩の締固め特性が同種土工の参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 1)大橋・今井・稲垣・林：結晶片岩の締固め特性を考慮した施工方法について，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011。
- 2)松尾・奥園：粗粒材料（結晶片岩）の長期沈下特性について，土木学会第 53 回年次学術講演会，1998。
- 3)坂・井上・丸山・伊藤・黛：結晶片岩を用いた盛土の圧縮沈下特性，土木学会第 59 回年次学術講演会，2004。
- 4)宮澤・大橋・稲垣・前川・林：結晶片岩を用いた盛土の締固め規定による第二東名盛土の施工，第 54 回地盤工学シンポジウム，2009。

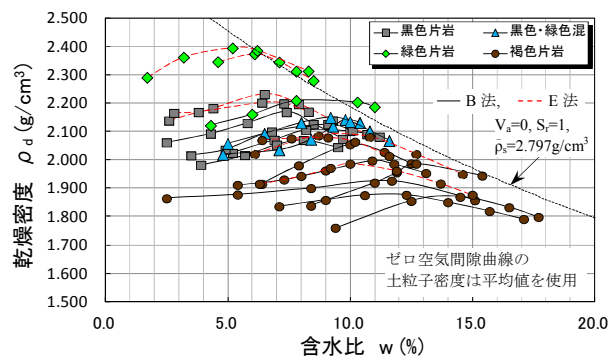


図-2 突固めによる締固め試験結果一覧

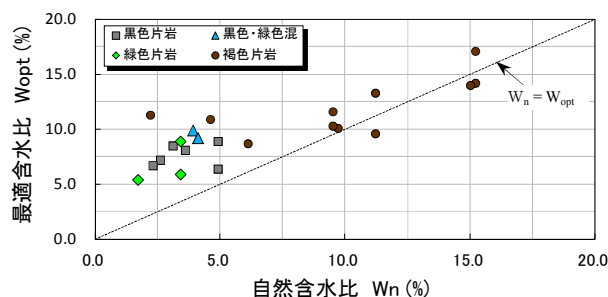


図-3 自然含水比 W_n と最適含水比 W_{opt} の関係

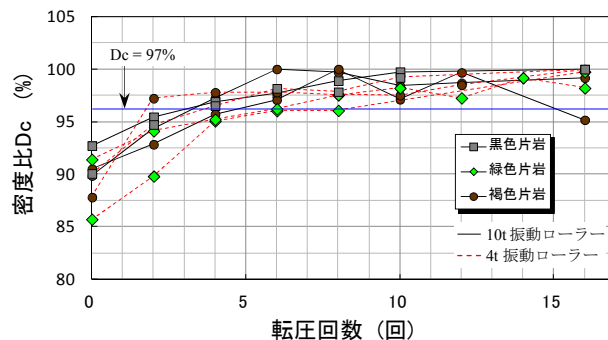


図-4(a) 転圧回数と乾燥密度の関係

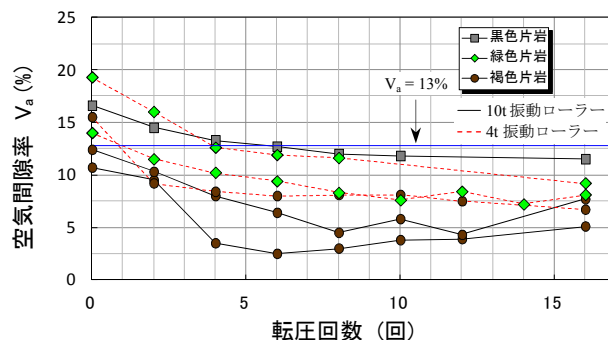


図-4(b) 転圧回数と空気間隙率の関係

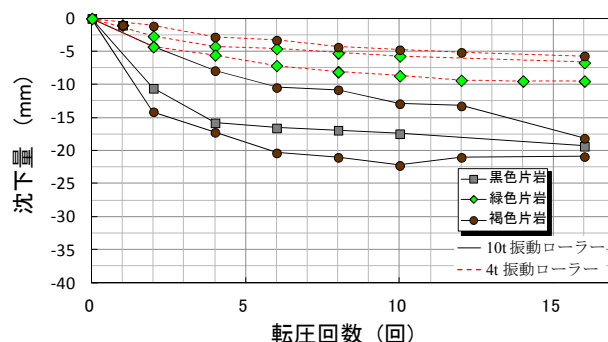


図-4(c) 転圧回数と沈下量の関係