

老朽化した切土のり面工の変状と岩種に着目した維持管理に関する一考察

西日本旅客鉄道 正会員 ○野村 和良 正会員 森岡 達也
正会員 西田 幹嗣 石澤 剛士

1. はじめに

鉄道沿線の切土のり面は、のり面表層の侵食や風化防止を目的にモルタル吹付や張コンクリート等(以下、切土のり面工という)が古くから採用され膨大なストック量となっている。これらの老朽化した切土のり面工を補修・補強するためには、切土のり面工の背面地山の風化の程度や厚さ(以下、背面地山の風化状況という)を十分把握しておく必要がある¹⁾。本稿では、山口エリアの経年 50 年以上の健全性が低下した切土のり面工を対象に切土のり面工の劣化状態と背面地山の岩種の風化状況を比較して、老朽化した切土のり面工を効果的に維持管理する方法について検討したので、その結果について述べる。

2. 調査した切土のり面工の概要

今回、老朽化した切土のり面工の背面地山を調査した箇所概要を表 1 に示す。対象箇所の地質を把握するため、シームレス地質図²⁾を用いて調査したところ流紋岩、砂岩、花崗岩類、泥岩、泥質片岩の 5 種類であった。対象のり面 G と H を除いては張コンクリートが施工されており、最も古い切土のり面工は経年 98 年であった。また、斜面形状の区分³⁾に着目すると、斜面の水平断面形状は尾根状または直線状であるため、いずれの箇所も一般的な集水環境であった。切土のり面工に発生している主な変状は、背面地山の地質が流紋岩と砂岩の場合には剥落、花崗岩類と泥岩・泥質片岩の場合には水平亀裂と根起こしが多く認められた。

表 1 調査箇所の概要

対象のり面	地質	切土のり面工の種類	斜長(m)	勾配	しゅん功年(経年)	斜面形状の区分	切土のり面工の変状
A	流紋岩	張コンクリート	28.9	1:0.6	1921年(98年)	等斉尾根型	剥落
B		張コンクリート	8.0	1:0.6		等斉尾根型	剥落
C	砂岩	張コンクリート	9.2	1:0.6	1923年(96年)	凸型直線	剥落
D	花崗岩類	張コンクリート	12.3	1:0.45	1930年(89年)	等斉直線型	剥落、根起こし 水平亀裂
E		張コンクリート	10.0	1:0.7	1939年(80年)	等斉尾根型	水平亀裂
F		張コンクリート	17.4	1:0.5	1957年(62年)	等斉直線型	剥落
G	泥岩	縦石継張	27.1	1:0.7	1923年(96年)	凸型直線	水平亀裂
H		モルタル吹付	22.7	1:0.8	1968年(51年)	等斉尾根型	水平亀裂 根起こし
I	泥質片岩	張コンクリート	5.0	1:0.6	1937年(82年)	等斉尾根型	水平亀裂 根起こし

3. 背面地山の調査方法とその結果

(1) 鉄筋貫入試験

背面地山の風化状況を確認するために鉄筋貫入試験と簡易ボーリングを実施した(図 1)。鉄筋貫入試験は、背面地山の風化程度を相対的に評価するために実施した。試験方法はφ13mm、長さ 800mm の鉄筋を約 2kg のハンマーで打込み、その打込み程度に応じて地山の状況を表 2 に示す 5 段階で評価した。調査位置はのり尻から高さ 1m 程度とし、線路方向に 5m 程度の間隔で実施した。なお、調査位置は背面地山の風化に着目した実態調査⁵⁾から背面地山の風化厚さは斜面勾配に沿って一様と考えて決定した。地質毎の鉄筋貫入試験の結果を図 2 に示す。背面地山が流紋岩と砂岩の場合は、評価点にほとんどバラツキは認められないことから、ほぼ均一な状態にあると推察される(図 2(a)(b))。また、評価点のほとんどが 5 であったことから、風化はあまり進行していないと推察される。一方、背面地山が花崗岩類や泥岩、泥質片岩の場合は、評価点にバラツキが認められ、不均一な状態にあると推察される(図 2(c)(d))。また、評価点は 2 や 3 もあることから、風化は進行していると推察される。以上のことから、今回の調査結果では、花崗岩類や泥岩、泥質片岩と比較して流紋岩や砂岩はあまり風化が進行しておらず、ほぼ均一な状態であると考えられる。



(a)鉄筋貫入試験 (b)簡易ボーリング
図 1 背面地山の調査方法

表 2 背面地山の風化状況の評価⁴⁾

評価点	N値	相対密度	現場判定法
1	0~4	非常に緩い	鉄筋が容易に手で貫入
2	4~10	緩い	ショベルで掘削可能
3	10~30	中位の	鉄筋を5ポンドハンマで打込み容易
4	30~50	密な	同上、30cm程度貫入
5	>50	非常に密な	同上、5~6cm貫入、掘削にはし必要、打込み時金属音

(2) 簡易ボーリング調査

簡易ボーリング調査は、鉄筋貫入試験の結果から背面地山が著しく風化している箇所を選定して、背面地山の風化の厚さを確認するために実施した。簡易ボーリング調査の削孔位置はのり尻から 1m 程度とし、削孔方向はのり面勾配にと垂直方向、深さは最大 2m とした。ボーリングコアを観察した結果を岩種毎に示す(図 3)。

キーワード 老朽のり面工、背面地山、風化、簡易ボーリング、貫入試験

連絡先 〒754-0002 山口県山口市小郡下郷 1357 西日本旅客鉄道(株) 広島支社 山口土木技術センター TEL083-973-6312

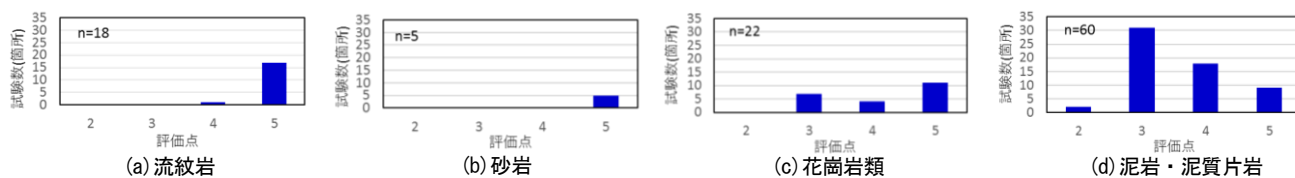


図2 地質毎の鉄筋貫入試験の結果

- 1) 流紋岩：概ね硬質で棒状～岩片状のコア形状を呈し、部分的に岩脈による亀裂が入る。地山の風化はのり面表面のみで、深部に達していない。
- 2) 砂岩：碎片状に砕けるものの、概ね硬質である。地山の風化はのり面表面のみで、深部に達していない。
- 3) 花崗岩類：風化している厚さは750～2000mmで、コアの多くが茶色を呈し、マサ化および碎片化している。部分的に角礫～短柱状を呈す。
- 4) 泥岩：風化している厚さは1000～1900mmで、碎片化しており粘土質である。岩片は指の力で砕ける。健全な部分では図3のようにコアは棒状を呈し、粘土化は進行していない。
- 5) 泥質片岩：風化している厚さは2000mmで、コア形状は多くが岩片状で風化部は粘土質である。指の力で砕ける。

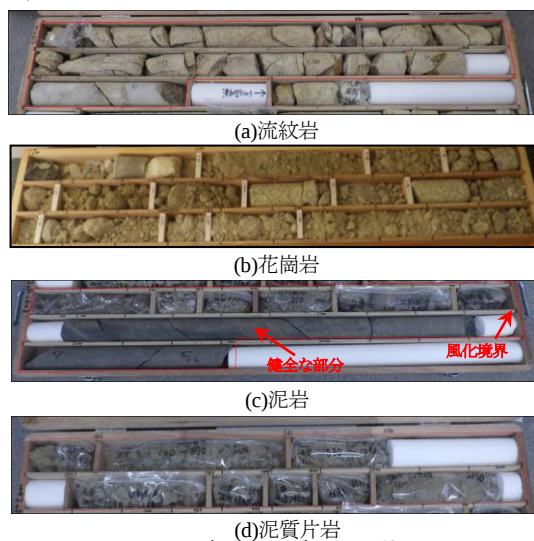


図3 ボーリングコアの状況

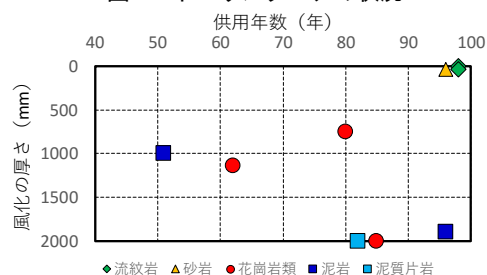


図4 背面地山の風化の厚さと供用年数の関係

4. 地質に着目した切土のり面工の変状の考察と維持管理

ボーリングコアの観察により得られた背面地山の風化の厚さと切土のり面工の供用年数の関係を図4に示す。今回の調査において背面地山が流紋岩や砂岩の箇所では、経年90年以上も経過しているにも関わらず背面地山の風化の厚さは5～30mmと薄く、ほとんど風化は認められなかった。このことから背面地山が流紋岩や砂岩である切土のり面工は背面地山からの土圧が作用しないため、切土のり面工自体の劣化による変状(剥落)であると言える。現在、この変状に対しては剥落防止を目的に切土のり面工をはつり取らずに繊維補強モルタルを増厚して吹付ける増厚吹付工法や落石防止網を計画的に施工している(図5(a))。

一方、背面地山が花崗岩類や泥岩、泥質片岩の箇所では、多少のパラツキは認められるものの、供用年数を積み重ねるごとに背面地山の風化が進行している傾向にあった。このことから背面地山が花崗岩類や泥岩、泥質片岩の切土のり面工は、風化に伴って切土のり面工と背面地山の密着性の低下や背面地山からの土圧によって水平亀裂が生じたと言える。さらに、背面地山の表層の土砂化に伴い、亀裂部から樹木が生育して根起こしが発生したと考えられる。現在、このような変状に対しては切土のり面工をはつり取らずに自穿孔ロックボルトによる地山補強土工と吹付受圧板を組み合わせて切土のり面を補強する吹付受圧板工法⁶⁾を計画的に施工している(図5(b))。

5. まとめ

本稿では山口エリアの経年50年以上の健全性が低下した切土のり面工を対象に背面地山の岩種毎の風化状況を比較して、老朽化した切土のり面工を効果的に補修・補強する維持管理方法について述べた。山口エリアの切土のり面工は、切土のり面工の高さや勾配、立地条件等が多岐にわたっているため、対策の優先順位は変状の規模や列車運行への影響度を考えて決定している。今後も背面地山の風化状況に応じた補修・補強対策を実施して鉄道の安全輸送に貢献したい。

<参考文献>1)上野知也, 西田幹嗣, 榎健, 窪塚大輔: 老朽化した張コンクリートの調査・対策工に関する一考察, 第73回年次学術講演会, IV-305, 2018.8, 2) 産総研地質調査総合センターウェブサイト(<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>), 3) 鈴木隆介: 建設技術者のための地形図入門, 第1巻 読図の基礎, 古今書院, 1997, 4) 地盤工学会: 地盤調査の方法と解説, pp305, 2013.3, 5) 太田直之, 高柳剛, 杉山友康, 興水聡: 地山の風化により切土のり面工に作用する土圧の実験的評価, 鉄道総研報告, 第24巻, 第5号, 6) 高柳剛, 窪塚大輔: 老朽化した吹付工の補修・補強工法の開発, 地盤工学会誌, Vol.65, No.2, pp24～25, 2017.2

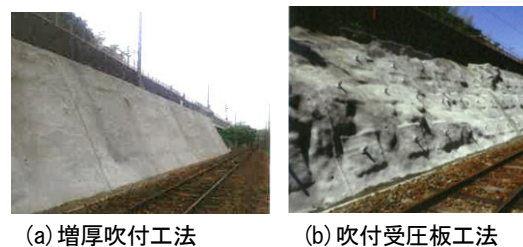


図5 近年の補修・補強対策の施工例