

高速道路トンネルの塗装内装工の基準化に関する検討

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○沖原 穂高
正会員 中野 清人
正会員 山崎 哲也

1. はじめに

トンネル内装工はトンネル内の走行環境を良好に保つ上で重要な役割を果たすものであるが、内装工の主な材料であるタイルやパネルの脱落が度々発生し、脱落リスクの少ない材料が求められている。内装工の中でも塗装材料は脱落リスクがなく有効な材料であるが、これまでは剥がれ(図-1)が生じる等、耐久性の観点から課題があった。近年施工された塗装を調べたところ、塗装が剥がれている箇所では、湧水による影響と推察される事象の他に、母材側のコンクリートの表面で剥離する現象が見られ、トンネルの覆工コンクリート(以下、コンクリートという)の表面状態が塗装の耐久性に影響を及ぼすことが考えられた。このため、現地のコンクリートへ施工前に行う塗装の施工に適した状態に整えるケレン等の作業(以下、素地調整という)の条件を設定し、比較検討した。本稿では、塗装の耐久性について、コンクリートの素地調整と密着性や付着性の試験結果の関連性について検討したものである。



図-1 剥がれが生じたトンネル内の塗装

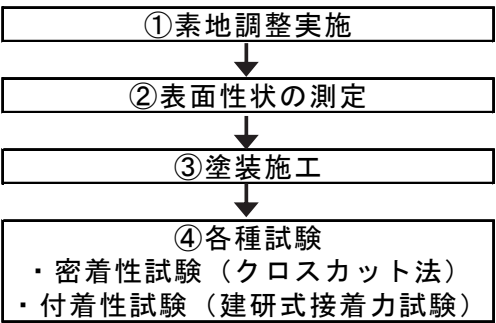


図-2 試験フロー

表-1 試験施工対象トンネル

トンネル名	明科トンネル
道路名	長野自動車道
供用開始	1993年
上下区分	上り線
延長	2,536m
交通量	31,913台 (H27, 上下線計)
施工	NATM工法

2. 現地試験の内容と結果

過年度の検討結果より素地調整により脆弱部を除去することが重要であることが分かってきた。令和3年度には素地調整を変えた供試体を用いて検討した。しかし、供試体と実際の現地トンネルでは状況も異なることから、現地への適用性を確認するため実際のトンネル覆工コンクリートへ3タイプの素地調整を行い、図-2の手順で塗装の耐久性に関連する試験を行い素地調整の効果を比較検討した。試験施工は表-1に示すトンネルで実施した。その際の施工箇所(位置)は表-2のとおりであり、各種素地調整のパターンは表-3のとおりである。素地調整の実施は、実際の施工法と同等の方法で行うよう留意した。素地調整の研磨力の強さはCが最も強く、次いでB、Aの順となる。

素地調整の実施による表面性状の測定する方法については、

表-2 試験塗装施工箇所(位置)

	坑口部	非常駐車帯部
坑口からの距離	15m	660m
外光の影響	有り	無し
気温の変化	大きい	小さい

表-3 素地調整の条件

種別	素地調整種別		
	A	B	C
使用工具等名	ブラシ	ディスクサンダー	ウルトラサンダー
出力	—	700Wh級	1000Wh級
砥石・研磨材種別	ポリエチレン	酸化アルミニウム #40相当	ダイヤモンドホイール
集塵装置	無し	無し	有り

キーワード：トンネル 内装 塗装 耐久性 素地調整 リスク 脱落 落下

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生一丁目4番地1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1629

表-4 塗装の仕様

種別	無機質系
下塗り	無溶剤エポキシ樹脂
中塗り	無溶剤変性シリコーン樹脂
上塗り	無機質シリコーン樹脂

表-5 試験結果

素地調整種別	素地調整後のコンクリート表面性状（引っかかり試験の傷幅（mm））		密着性（クロスカット）試験結果分類		付着性（建研式付着力試験）試験結果（N/mm ² ）	
	坑口部	坑内部	坑口部	坑内部	坑口部	坑内部
A	0.33	0.38	分類3	分類1	3.06	2.69
B	0.35	0.30	分類1	分類1	4.50	5.75
C	0.25	0.33	分類1	分類1	5.38	6.13

表-6 密着性（クロスカット法）試験結果分類

結果分類	判定基準
分類0	どの格子の目もはがれがない
分類1	カットの交差点における塗膜の小さなはがれ。明確に5%を上回らない
分類2	塗膜がカットの線に沿って、交差点においてはがれている。5%以上15%未満
分類3	塗膜がカットの線に沿って部分的、全面的にはがれている。15%以上35%未満
分類4	塗膜がカットの線に沿って部分的、全面的に大はがれを生じている。35%以上65%未満
分類5	分類4以上

表面の強度の測定を日本建築仕上学会の規定する引っかかり試験²⁾で推定することとした。当該試験は引っかかり傷をコンクリート表面に付け、その傷幅で強度を推定する試験である。試験に用いた塗装仕様を表-4に示す。塗装はトンネル内の厳しい環境条件に耐え、NEXCO 試験法に規定する洗浄回復性が確認された無機質系の塗装とした。

試験結果を表-5に示す。各種測定は塗装施工後1ヵ月程度経過後に実施した。素地調整後のコンクリート表面性状について、引っかかり試験の規定である「0.6mm以下」を全て満たしていた。また素地調整の強度が強くなると僅かにコンクリート表面の強度の向上が確認された。密着性試験の結果から、外気温の影響を受けやすい坑口部において素地調整が不十分なAのパターンについては密着性が低いことが確認された。付着性試験についても素地調整が不十分なAのパターンでは強度が弱いことが確認された。また、素地調整により発生したコンクリート粉末の成分を蛍光X線ファンダメンタルパラメータ法により分析した結果を図-3に示す。コンクリート粉末には炭素やケイ素、ナトリウム等の不純物が多く含まれていることが確認され、コンクリート由来のものとは異なるものであり、こうした不純物が塗装の接着性に影響を与えている可能性も推察される。

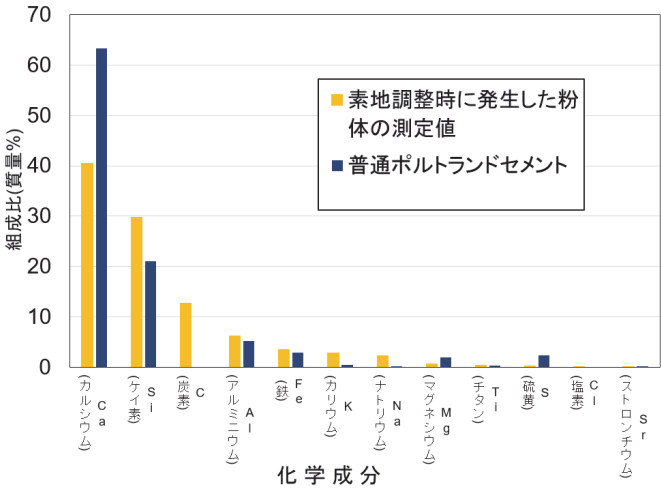


図-3 覆工コンクリート表面成分の分析結果

3. まとめ

- 以上の試験結果から、得られた知見を以下に示す。
- (1) コンクリートへ電動工具を用いた十分な素地調整を行うことで塗装の付着強度や密着性を確保できる。
 - (2) 過年度の検討から引っかかり試験はコンクリート表面の脆弱部を確認する目安となるが、本試験のようにコンクリートに一定の強度がある場合においては素地調整方法の影響は少なかった。しかし、一定の表面強度がある場合においても、素地調整により除去したコンクリート粉末には不純物が検出されたため、塗装の施工前に素地調整を行う必要があると考えられる。
 - (3) 外光や外気温の影響を受けやすい坑口部は、施工法によっては塗装の品質に影響を与える場合がある。
- 以上の結果を踏まえ、塗装内装工の耐久性向上を目的に基準の検討を行う。

参考文献

1) 高速道路トンネルの内装塗装の耐久性向上に関する検討，土木学会年次学術講演会，V-217,2022
2) 引っかかり傷による表面強度推定方法，日本建築学会学術講演梗概集 A-1，pp677-678 1999 年 9 月
3) 土木・建設技術者のための最新コンクリート材料・工法ハンドブック，コンクリート工事ハンドブック編集委員会，建設産業調査会，pp5-7.1996 年