

トンネルに施工された吹付けモルタルの維持管理に関する検討

西日本旅客鉄道

正会員

○深野 雄三

海上 洋司

正会員

西田 幹嗣

榎 健

レールテック

貝原 健太郎

1. はじめに

鉄道トンネルにおいては、過去に漏水対策として吹付けモルタルが施工されている^{1),2)}。近年、全般検査や随時検査(以下、検査という)で把握した吹付けモルタルの異音箇所は、要対策箇所と判定して計画的に撤去を進めている。しかし、吹付けモルタルの異音箇所の撤去時において、ディスクグラインダーやコンクリートブレーカー等を使用してはつり落としを行う際に、容易にはつり落としができない箇所があり維持管理に苦慮している。

そこで本稿では、吹付けモルタルの異音箇所の維持管理方法を提案することを目的に、吹付けモルタルの剥落メカニズムを推定して、その推定した剥落メカニズムの妥当性の検証結果から吹付けモルタルの対策要否を判断する指標を整理したので、その結果について報告する。

2. 吹付けモルタルの付着力試験

(1) 付着力試験を実施したトンネルの概要と試験箇所の選定

覆工と吹付けモルタルの付着力を確認するために付着力試験を実施した。付着力試験を実施したトンネルの概要を表-1に示す。なお、当試験は建研式による付着力試験を実施した。当該トンネルの吹付けモルタルは、コンクリートまたはコンクリートブロックの覆工表面に施工されており、全トンネル延長に占める割合は26%(363m)である。付着力試験箇所を選定するためにAトンネル内の異音箇所の面積について分析したところ、0.2m²以下の異音箇所が全体の49%を占めていた。そこで、付着力試験の実施箇所は、清音箇所に加えて異音箇所の面積が0.2m²以下のアーチ、スプリングライン、目地近傍とした。なお、付着力試験を実施した吹付けモルタルの異音箇所にはラス網はなく、また表面にひび割れや漏水等は認められず健全な状態であった。

(2) 付着力試験の結果

付着力試験の結果を表-2に示す。清音箇所は0.18N/mm²、0.90N/cm²の付着力が得られた。また、清音箇所は吹付けモルタルと覆工との境界で破断していたため、当該トンネルの吹付けモルタルの厚さは22mm程度であり、吹付けモルタルの厚さの目安である20~30mm¹⁾を確保できていた。

一方、異音箇所は、いずれも付着力試験中(ディスクグラインダーにより3~4辺の切り込みを入れた時点)に吹付けモルタルが剥落したため付着力は得られなかった。さらに、スプリングラインや目地近傍は吹付けモルタルと覆工との境界で吹付けモルタルが剥離したのに対して、アーチでは吹付けモルタルの内部で剥離して吹付けモルタルが脱落した。吹付けモルタルの内部で剥離した原因は、吹付けモルタルの剥離面に気泡跡が多数認められたため吹付けモルタルの施工不良¹⁾によるものと推察される。また、吹付けモルタルの剥落は吹付けモルタル内部での剥離が原因で発生する可能性もあることが明らかとなった。ここで、吹付けモルタルにディスクグラインダーで入れた切り込みを仮想のひび割れと考えると、吹付けモルタルにひび割れが入った時点で不安定化することになるため、吹付けモルタルの剥落リスクが高まると考えられる。

3. 吹付けモルタルの剥落メカニズム

吹付けモルタルの剥落メカニズムの概念図を図-1に示す。付着力試験の結果から、吹付けモルタルの異音箇所にひび割れや漏水がない場合は、吹付けモルタルの異音箇所に付着力がない場合でも異音箇所の周囲にある健全な吹付けモルタルの面的な拘束効果により剥落する可能性は低いと推察される。しかし、図-1に示すように吹付けモル

表-1 Aトンネル概要

トンネル種別	山岳トンネル	巻厚	最大47cm
しゅん功	1934年	インバート	なし
延長	1410m	道床種別	砕石
断面形式	単線1号型	土被り	最大85m
覆工材料	コンクリート及び コンクリートブロック	地質	花崗岩 (節理多・破砕帯有)
吹付けモルタル施工延長 (全トンネル延長に占める割合)		363m (約26%)	

表-2 付着力試験結果

試験体	打音検査	部位	付着力(N/mm ²)	破断厚さ(mm)
1	清音	アーチ	0.18	22
2	清音	アーチ	0.90	22
3	軽音	アーチ	0	6
4	軽音	スプリングライン	0	20
5	軽音	目地近傍	0	25

※a: トンネル覆工と吹付けモルタルの界面
b: 吹付けモルタル

キーワード 鉄道, トンネル, 吹付けモルタル, 剥落, 健全度判定

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 TEL 083-973-6312

タルの異音箇所にはひび割れや漏水が発生すると、異音箇所の周囲にある健全な吹付けモルタルの面的な拘束効果が低下するため剥落する可能性が高まると推定される。そこで、吹付けモルタルの異音箇所の発生時期とその時の面積を確認して、異音箇所の周囲にある健全な吹付けモルタルの面的な拘束効果について検証した。

4. 異音箇所の周囲にある健全な吹付けモルタルの拘束効果

吹付けモルタルの異音箇所周囲にある健全な吹付けモルタルの面的な拘束効果を検証するために平成 18 年度末と平成 29 年度末の吹付けモルタルの異音箇所の面積の変化を比較した。その結果、異音箇所の多くは面積が拡大する傾向にあり、経年とともに異音箇所の周囲の付着力は失われる傾向にあった(図-2)。しかしながら、吹付けモルタルの異音発生から 10 年程度経過しているにも関わらず、異音箇所の面積の変化量が $\pm 1.0\text{m}^2$ 以下のものが大半を占めていることから、付着力は経年に伴い失われる傾向にはあるものの、面的拘束効果が働いていればその速度は急進するものではないと考えられる。

また、平成 18 年度から把握している異音箇所は、異音箇所の周囲にある健全な吹付けモルタルの面的な拘束効果により剥落事象が発生していないため、今回の検証では異音箇所の周囲にある健全な吹付けモルタルの面的な拘束効果は 10 年程度あると言える。以上のことから、吹付けモルタルの異音箇所にひび割れや漏水が認められない箇所は、検査時に目視や打音等を行って要注意箇所として監視していくことが妥当であると考えられる。

5. 吹付けモルタルの健全度判定の精度向上

本研究の検討結果から、トンネル内の吹付けモルタル異音箇所に対する標準的な維持管理方法の提案として図-3 を示す。吹付けモルタルの異音箇所を検査する場合に、吹付けモルタル

の異音箇所の表面にひび割れや漏水の滲み等が認められた場合には、その吹付けモルタルの異音箇所は剥落リスクが高まっていると推定されるため、このような箇所は措置が必要と判断して撤去する必要があると考える。

一方、吹付けモルタルの異音箇所にひび割れや漏水が認められない箇所は、検査時に目視検査や打音検査を実施して要注意箇所として監視することが良いと考える。なお、吹付けモルタルは 20~30mm 程度¹⁾と薄いため打音検査をする場合は、ひび割れを発生させないように慎重に行う必要がある。

6. まとめ

本研究では当土木技術センター管内の吹付けモルタルの異音箇所に対する維持管理方法について提案した。今後は、吹付けモルタルの異音箇所に対して提案した維持管理方法を適用していくとともに、剥落リスクが高い吹付けモルタル異音箇所を優先的に撤去することによって鉄道の安全輸送に貢献していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 牧野幸次:ずい道漏水防止工法と経済的に引合わせるための考え方,鉄道土木,vol.1,No.10,pp8~pp12,1959.10
- 2) 込山実,鈴木修:鉄道トンネルにおけるはく落実態に関する一考察,第 72 回土木学会年次学術講演会講演集,VI-607,pp1213~pp1214,2017.9

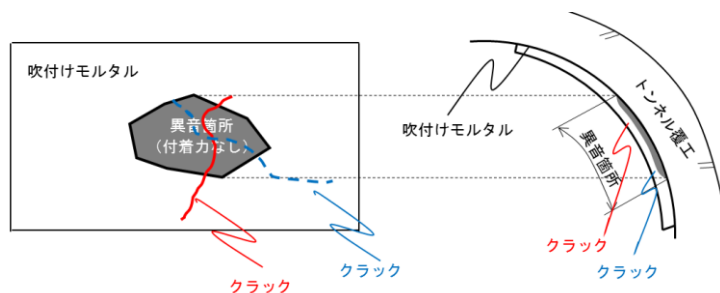


図-1 吹付けモルタルが剥落する推定メカニズムの概念図

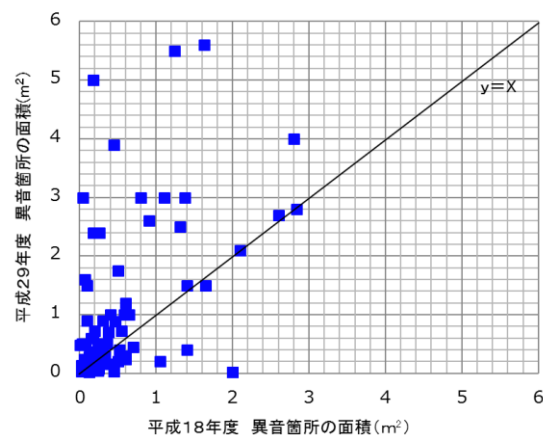


図-2 吹付けモルタルの異音箇所の面積

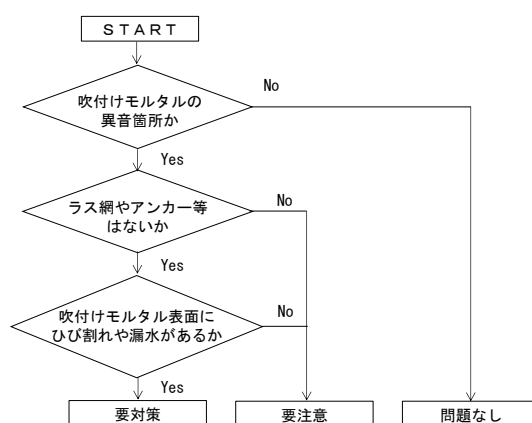


図-3 吹付けモルタルの標準的な維持管理方法