

補修モルタルの剥離・剥落挙動に関する覆工模型実験

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 雅之, 嶋本 敬介, 木下 果穂, 野城 一栄

1. はじめに

鉄道トンネルでは、1960 年代～70 年代にかけて、漏水防止や劣化防止を目的として、吹付けや左官仕上げにより、厚さ 30mm～50mm の薄いモルタルがトンネル覆工内面に多く施工されている。これらの中には、下地処理が適切に実施されていないものや、アンカーによる覆工との一体化が不十分であるものも存在し、経年に伴う付着力の低下により剥離・剥落に至ることが懸念される。また、1997 年頃に施工された厚さ 15mm 程度のガラス繊維混入モルタルにおいても剥落に至る劣化現象がいくつか確認されていることも報告されている¹⁾。

このように、補修モルタルの劣化による剥落はトンネル維持管理上の課題となっている。そこで本稿では、補修モルタルの剥落を再現する模型実験を実施し、剥落に至る挙動や打音の変化について観察・測定したので報告する。

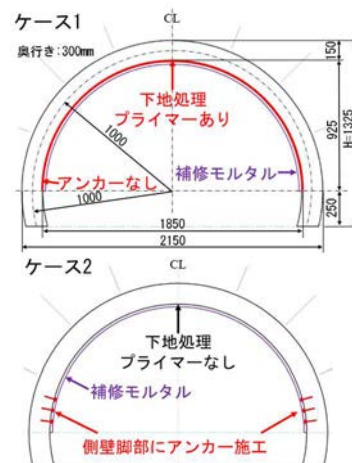


図 1 実験ケース

2. 実験ケース

実験ケースを図 1 に示す。ケース 1 は下地処理としてディスクサンダーで覆工表面を目荒らした後にプライマーを塗布し、アンカーの施工をなしとした。ケース 2 では、下地処理・プライマーのいずれも施工せずに、側壁脚部にアンカー（ $\phi 8\text{mm}$ 、左右に 5 本）を設置した。補修モルタルは SSI 工法断面修復材耐久モルタル RP-100（繊維無）を使用し、圧縮強度の平均値はケース 1 が 33.5N/mm^2 、ケース 2 が 32.5N/mm^2 であった。覆工模型のサイズは実際の単線鉄道トンネルアーチ部の $2/5$ 程度とし、補修モルタルの厚さは 15mm とした。

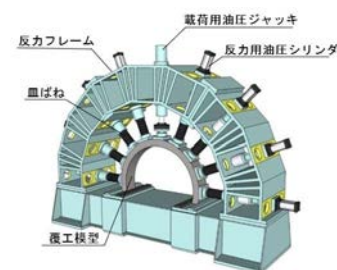


図 2 実験装置模式図

3. 載荷実験

実際の補修モルタルの剥落現象は経年に伴う付着力の低下が原因であるが、実験での再現が困難であるため、外力作用を想定した載荷実験とした。載荷実験は、作製した覆工模型を大型覆工模型実験装置(図2)にセットし、載荷押込み量1mm/分の変位制御に基づく段階載荷で1分間載荷したのち、載荷を停止して観測・計測を繰り返すことにより実施した。

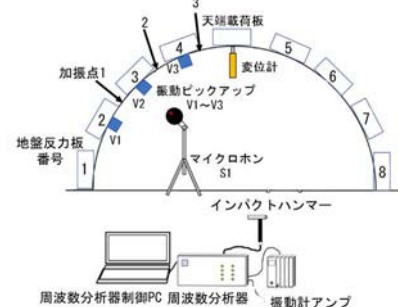


図 3 打音測定図

4. 打音測定

打音測定位置を図3に示す。インパクトハンマーをトリガ信号として加振点1～3を打撃し、覆工コンクリート表面の振動3箇所（振動ピックアップV1～V3）を測定した。測定は10回打撃したものの平均データを記録した。さらに、覆工コンクリートから30cm程度離れた位置における音圧をマイクロホンS1により測定した。



図 4 浮き範囲（括弧内数字は当該変状が初めに確認された時点の載荷変位）

5. 実験結果

(1) 変状状況

図 4 にモルタルの変状状況（浮き範囲）を示す。図 4 のケース 1 より、載荷をしていくと覆工コンクリートアーチ部の圧縮ひずみが大きくなる両肩部で、覆工コンクリートにひび割れが発生し、補修モルタルに浮きが生じた。その後、載荷 11mm で左側壁の補修モルタル（周長 50cm 程度）が剥落した。載荷 23mm 時には天端

キーワード 山岳トンネル，覆工，剥落対策工，補修モルタル，打音

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総研構造物技術研究部トンネル TEL042-573-7266

やや右側にかけて覆工コンクリートにせん断破壊が生じ（図5），その後，荷重25mm時に右肩部で周長40cm程度のモルタルが剥落した．また，打音測定時に打撃によって両肩部で剥落が生じた．このように，ケース1は，下地処理およびプライマーによりモルタルの付着力が向上し，早期での広範囲の付着切れは防止できたものの，変形が大きくなると剥落が生じる結果となった．

ケース2では，補修モルタルのアーチ部は，荷重2mm前後で広範囲に付着切れを生じ，浮いている状況となっていたが，側壁脚部に設置したアンカーにより，剥落は防止された（図4）．その後，図5のように補修モルタルがアーチの曲率を失うまでに荷重を継続したが，最後まで剥落は生じなかった．

(2) 荷重-変位曲線

図6に示す荷重-変位曲線より，ケース1とケース2は荷重変位0～22mmまでの変位はほぼ同じ傾向となっている．ケース1では圧ざや剥落により11mm前後で荷重の低下が見られ，その後，荷重23mm付近で覆工コンクリートにせん断破壊が生じ，荷重が急激に低下している．

ケース2は荷重2mmで補修モルタルと覆工がアーチ部の広範囲で付着切れし，一体性が失われ，重ねばりとして挙動するようになり荷重が低下した．しかし，側壁脚部のアンカーにより補修モルタルの剥落が防止され，継続して荷重を受ける状態となり，大きな荷重に耐える結果となっている．

(3) 打音測定

打音は人力で極力同じ強さで同じ箇所を打撃したが，浮きが発生すると各ケースに共通して音圧は大きくなる傾向にあった（図7）．特にケース2はわずか2mmの荷重で広範囲に付着切れが生じたが，これを境に，音圧がピーク値を持つとともに音圧レベルが高くなっている．また，振動ピックアップのデータ（割愛）から，浮き発生後は打音時の補修モルタルの振動加速度が大きくなっていることを確認している．なお，ケース1については，打撃箇所では浮きが生じないまま，荷重変位11mmで打撃位置の補修モルタルが剥落に至った．

6. まとめ

補修モルタルの剥落を再現する模型実験を実施し，外力作用により剥落に至る挙動や打音変化について観察・測定した．得られた結果を以下に示す．

- 1) 下地処理およびプライマーの施工により補修モルタルと覆工コンクリートの密着性が良くなり，早期での広範囲の付着切れや剥落が発生しにくくなることが分かった．
- 2) 側壁脚部のアンカーの効果は大きく，今回の実験では，側壁の脚部がしっかりとアンカーにより固定されていれば，広範囲に付着切れが生じていても剥落しなかった．
- 3) 浮き面積が大きくても剥落に至らない場合がある一方で，浮き面積が小さい場合であっても突然大面積で浮きや剥落する可能性があることを確認した．

補修モルタルは外力や自重を端部の付着で保持している可能性があるため，今回の結果から，例えば浮いていたとしても端部に至る連続性を分断する叩き落しを実施することは十分注意する必要があると考えられる．

参考文献：

- 1) 新堀他：新しいトンネル吹付け工法（SANショット工法）の開発，土木学会第57回年次学術講演会，V-302，2002．

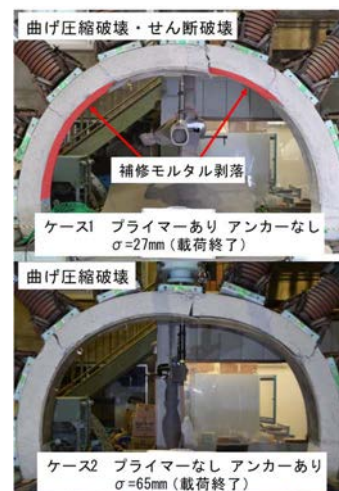


図5 荷重状況

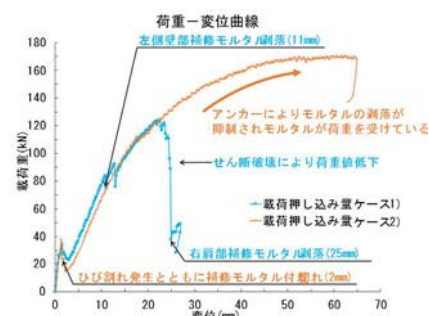


図6 荷重-変位曲線

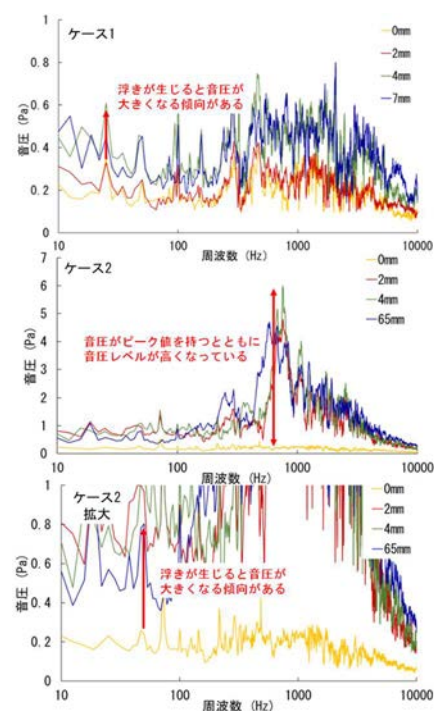


図7 打音結果（加振点2）