

トンネル海底部におけるてん充層の劣化度評価

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○南里 卓洗
 正会員 山根 寛史
 津田 晃宏

1. はじめに

海峡直下を貫いた海底トンネルの海底部区間（以下、海底部）では、海水同等の漏水や常時高温多湿な環境により、各種軌道材料に激しい塩害が生じている。海底部では、2004年度より軌道スラブ交換¹⁾を行い、てん充層には、海底部にて実際に暴露試験を行った知見²⁾から、耐海水性CAモルタルが採用されている。供用開始から約10年経過した頃から、一部にてん充層の劣化に起因すると考えられる高低狂い（年間最大5mm）の進行が確認されるようになった。てん充層側面から奥行150mm程度まではつり出す額縁補修を実施してきたが、一部で軌道狂いが再発し補修を繰り返している。

軌道狂いが生じる前にてん充層の劣化を把握・補修することを最終的な目的に、海底部のCAモルタル劣化状況の定量評価を行ったので、本稿にて報告する。

2. 試験概要

2-1. 試験対象としたてん充層の概要

本稿で評価対象としたてん充層の概要を表1に示す。今回は、数量が最も多く、かつ劣化の進行している種別1を対象とした。各調査数量を（）で併せて示す。

表1 海底部に敷設されているてん充層（試験対象量）

| 種別 | てん充層位置 | 使用材料 | 補修履歴 | | | |
|----|---------|--------|--------|------|------|------|
| | | | 無 | 有 | | |
| | | | | 1回 | 2回 | 3回 |
| 1 | ロングチューブ | CAモルタル | 310(6) | 9(9) | 8(8) | 2(2) |
| 2 | 全面打ち | CAモルタル | 32(0) | 5(0) | 0(0) | 0(0) |
| 3 | 全面打ち | 樹脂 | 10(0) | 0(0) | 0(0) | 0(0) |

2-2. 試験方法

本試験では、（公財）鉄道総研が提案するリバウンドハンマーを用いた衝撃貫入試験法³⁾を採用した。これは、てん充層の圧縮強度を、無次元量である反発度という指標を用い、非破壊にて推定する方法である。なお、てん充層の設計強度1.8N/mm²に対応する反発度は10とされる。図1に計測位置を示す。てん充層表面（以下、表面）およびレール直下の各6箇所を計測箇所とした。

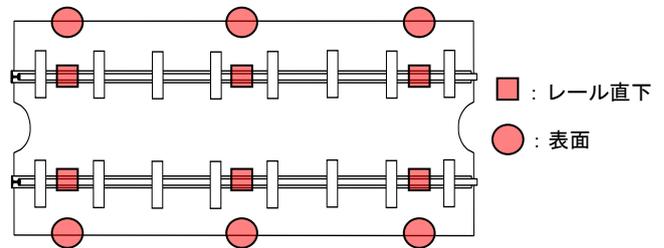


図-1 計測位置

3. 額縁補修履歴有のてん充層の評価

3-1. 局所的な反発度評価（マイクロ評価）

衝撃貫入試験の結果として、補修履歴有のてん充層のうち、2枚分の例を図2に示す。

これより、赤で示す2箇所（各てん充層1箇所）において、表面では設計強度を保っている一方、レール直下では設計強度未満であることが分かる。これは、表面の劣化状態に対し、目視では確認できない内部でCAモルタルが劣化していることを示している。ただし、これらの箇所においても、黒で示す他の各5つの計測箇所においては、レール直下、表面ともに設計強度を満足しており、軌道スラブを支持するてん充層としての強度は維持されていると考えられる。また、図2に示していない補修履歴有のてん充層では、レール直下、表面ともに設計強度をすべて満足していた。

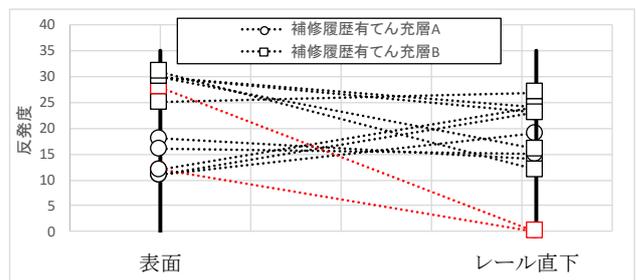


図2 補修履歴有のてん充層における反発度

3-2. てん充層全体としての評価（マクロ評価）

各てん充層の表面、レール直下各6箇所にて得られた反発度のうち、最大値と最小値を除いた4箇所の平均値をてん充層全体の反発度としてマクロ評価を行う。

3-2-1. 表面の経時劣化

キーワード 新開門トンネル海底部、軌道スラブてん充層、CAモルタル、非破壊試験、リバウンドハンマー

連絡先 〒802-0002 福岡県北九州市小倉北区京町4-7 小倉新幹線保線区 TEL:093-541-6915

補修履歴有のてん充層における、補修後の経過日数と表面における反発度の関係を補修履歴の回数毎にグループ化して図3に示す。

図3より、表面の反発度は、補修直後は30程度確保されているものの、補修後1年程度経過すると10程度まで急激に低下することが分かる。また、図中に青・緑で示す補修2回、3回のてん充層は、赤で示す補修1回に比べ、反発度が10程度まで低下する時期が早い。これは、補修を繰り返すうちに、てん充層の劣化が早期化する可能性を示唆していると考えられる。

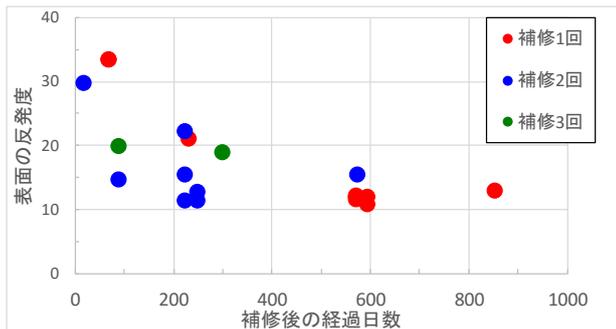


図3 補修後の経過日数と反発度の関係

3-2-2. 表面とレール直下の反発度の関係

補修履歴有のてん充層における、表面とレール直下の反発度の関係を、補修後の経過日数別に図4に示す。

図4の点群全体を見ると、3-1においても述べたように、てん充層全体としての設計強度は表面、レール直下ともに保たれていることが分かる。一方、同図を色別に比較すると、青の点群を基準に赤の点群は右側に、緑の点群は下側に位置しているように見える。これは、補修直後(赤)はてん充層表面の反発度の方が大きいものの、①補修後1年以内に表面の強度が低減(赤⇒青)し、さらに時間が経つと、②レール直下の強度も次第に低減すること(青⇒緑)を示唆しているといえる。

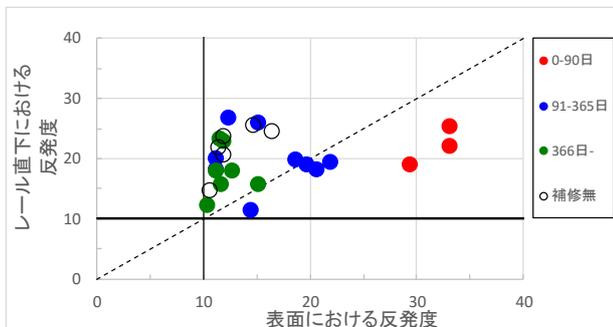


図4 表面とレール直下における反発度の関係

4. 額縁補修履歴無のてん充層の評価

4-1. 局所的な反発度評価(マイクロ評価)

補修履歴無のてん充層のうち、図2と同様に2枚のてん充層の試験結果を図5に示す。

青で示す2箇所(各スラブ1箇所)では、表面の反発度が設計強度未満であった。さらに、黒で示す箇所の反発度も、表面の方がレール直下よりも低い。これは、海底部以外のおてん充層の知見³⁾と同様に、劣化が表面から内部へ進展することを示している。

4-2. てん充層全体としての評価(マクロ評価)

3-2と同様に、てん充層全体としての反発度を用いてマクロ評価を行う。図4に示した補修履歴無のてん充層における結果によると、表面、レール直下のいずれも設計強度は満たしている。一方、すべてのプロットが破線より左上側に位置しており、劣化が表面から内部へ進行している段階であると推察される。これらのてん充層は今後、3-2-2に②で示したように、レール直下における強度も低減する可能性がある。

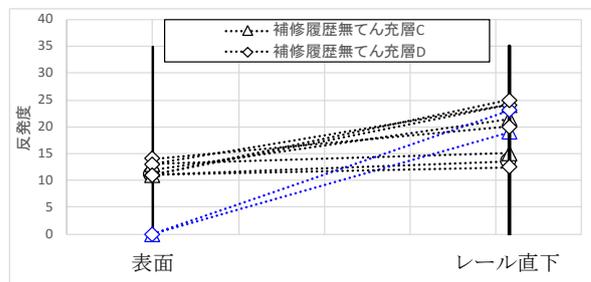


図5 補修履歴無のてん充層における反発度

5. 結論

塩害環境下にある海底部におけるてん充層の劣化状態を定量的に評価した。得られた知見を以下に示す。

- i) 補修履歴有のてん充層で、表面は設計強度を保っている一方、レール直下で設計強度を満たしていない箇所が一部確認された。なお、他の計測箇所では設計強度を満足していることから、てん充層全体としては強度が保たれていると考えられる。また、補修後から①表面、レール直下とも健全なモード②表面は劣化しているがレール直下は健全なモード③レール直下も劣化しているモード、と進行する可能性を示した。また、概ね1年程度で①から②へ至り、補修を繰り返す間にその期間も短期化する可能性がある。
- ii) 補修履歴無のてん充層では、上記②のモードに至っている箇所が多いことを示し、これらのてん充層が今後中長期的に③のモードに至る可能性を示した。

参考文献

- 1) 柳谷, 高山, 辻「山陽新幹線における軌道スラブ交換工事について」土木学会第60回年次学術講演会 2005.9
- 2) 山根, 柳谷「塩害環境下で適用する軌道スラブ用コンクリート材料に関する研究」第15回鉄道工学シンポジウム 2011.4
- 3) 高橋, 桃谷, 藪中, 長沼「貫入試験によるCAモルタルの劣化評価」第17回鉄道工学シンポジウム 2013.4