

耐海水性補修用 CA モルタルの供用後の経過観察

東亜道路工業株式会社技術研究所 正会員 ○山本 幸亮
 東亜道路工業株式会社技術部 真鍋 和則
 東鉄工業株式会社 五味 浩義

1. はじめに

鉄道海底トンネルにおいて、近年、スラブ軌道のでん充層として使用されているセメントアスファルトモルタル（以下、CAM）の端部に劣化による損傷が確認されている。その要因としては、海底トンネル内で湧き出る海水により、でん充層の CAM が長期的に塩害を受けているためと考えられる。従来のスラブ軌道の補修に使用している CAM 系補修材（以下、従来品）は、耐海水性に優れていないことから、筆者らは海底トンネル内のスラブ軌道に適用できる耐海水性補修用 CAM『Seawater resistance CAM』（以下、SRCAM）を採用した。

ここでは、東日本旅客鉄道株式会社管内の東海道貨物線において、SRCAM を使用してスラブ軌道を補修した箇所の追跡調査について報告する。

2. SRCAM の耐海水性能

耐海水性能を評価するために人工海水に浸漬養生し圧縮強度試験を実施した。その試験結果を図-1 に示す。従来品の人工海水浸漬養生の圧縮強度は湿空養生と比較すると材令 17 週目で 47% 程度低下する結果となったが、SRCAM の人工海水浸漬養生の圧縮強度は、湿空養生と比較して低下はみられなかった。

また、SRCAM の養生条件を変更した材令 2 年の圧縮強度を図-2 に示す。人工海水浸漬養生の場合、湿空養生の材令 28 日からの圧縮強度の増進は他条件と比較すると非常に大きい値となったが、湿空養生、天然海水浸漬・曝露養生も湿空養生の材令 28 日より大きい値となった。

これらの試験結果より、SRCAM は耐海水性に優れた材料であると言える。

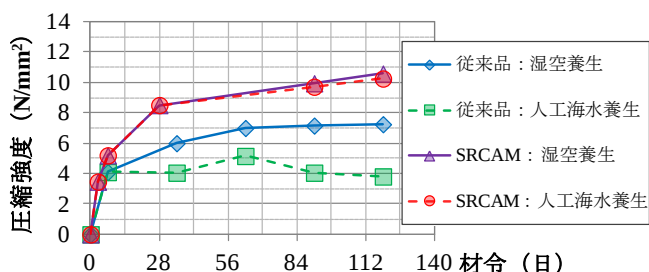


図-1 従来品と比較した圧縮強度

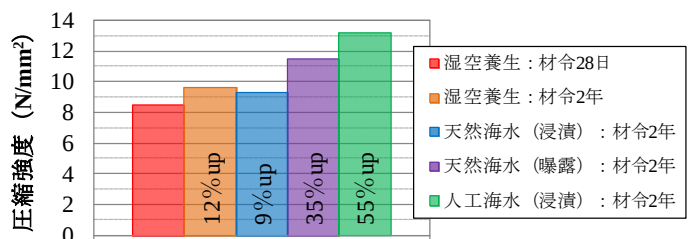


図-2 SRCAM の各養生条件時の圧縮強度

3. SRCAM 表面の推定圧縮強度の算出方法

追跡調査では海底トンネル内で施工した SRCAM の強度を評価するにあたり、コアカッタによる圧縮強度試験用供試体を採取することは困難である。そのため、今回の追跡調査では現場において簡易評価するためにゴム・プラスチック硬度計（ASTM D 2240 に規定される TYPE-C）を使用し、表面の推定圧縮強度を算出した。硬度計読み値と室内で作製した SRCAM の圧縮強度の関係を図-3 に示す。この図より、決定係数 R^2 は 0.9994 となり、強い相関性があると言える。今回の調査は、次式を用いて推定圧縮強度の算出を試みた。

$$\text{推定圧縮強度 (N/mm}^2\text{)} = 0.3122 \times (\text{硬度計読み値}) - 17.718$$

なお、上記に示した式は SRCAM の相関であり、他種 CAM の評価には別途検討が必要である。

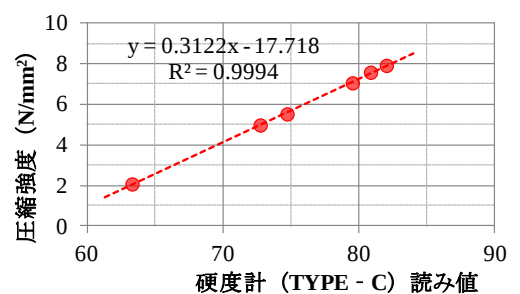


図-3 硬度計読み値と圧縮強度の関係

キーワード スラブ軌道補修, 耐海水性補修用 CA モルタル, 塩害, 硬度計, エネルギー分散型 X 線分析
 連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 315-126 TEL029-877-4150 FAX029-877-4151

4. 追跡調査内容

追跡調査では 2012～2014 年にかけて施工した箇所を 2015 年 11 月に実施した。調査箇所は最大で供用後 3 年経過している。調査内容は、施工箇所表面の硬度測定（写真-1）、打音検査（写真-2）とした。また、施工箇所の一部に可溶性物質が析出していたため、調査箇所の表面を採取し室内にて分析することとした。

5. 調査結果

追跡調査の結果を表-1 に示す。材令 28 日圧縮強度に差があるのは、施工時の添加水量などの条件が違うことが大きな原因と思われる。現場で測定した硬度計の読み値から算出した推定圧縮強度と材令 28 日圧縮強度を比較すると、2012 年に施工した箇所の強度低下は見られなかった。2013 年の供用後 2 年の強度増進率が 6.6% となり、開発時に検討した天然海水曝露強度増進率 9% に近い値であった。また、打音検査においても異常はなかった。

次に、現場で採取した試料を室内で走査型電子顕微鏡（以下、SEM）にて観察した。可溶性物質が析出した箇所を写真-3、1000 倍に拡大した表面を写真-4 に示す。拡大写真の観察では詳細が把握できないため、エネルギー分散型 X 線分析（以下、EDS）にて原子数濃度を測定した。

原子分布状況を図-4、原子数濃度を図-5 に示す。これらの図から、室内で作製した材令 28 日の供試体と比較すると 1 年経過するごとに酸素原子の割合が増え、炭素原子の割合が減っていく傾向を確認した。また、表面箇所には Na 原子も確認できた。原子数濃度測定のため、詳細な物質を把握することは出来ないが、析出物質はアルカリ炭酸塩やアルカリ硫酸塩などが考えられ、海水と酸化劣化の影響で SRCAM の表面の原子分布は変化していると言える。しかし、供用 3 年後の表面から、5mm 以内の内部の原子分布と原子数濃度は、材令 28 日と同程度であった。

6. まとめ

今回の追跡調査で実施した硬度計による推定圧縮強度を算出する簡易評価方法は、表面の劣化評価であれば有効であると言える。また、SEM の EDS による原子数濃度を測定することで、表面の原子分布の変化を把握することができた。

また、表面は海水と酸化劣化による影響で原子分布の変化があったため、多少の劣化が表面にはみられたが、硬度計による表面部の推定圧縮強度には低下がみられないため、てん充層に問題ないと言える。

また、内部の原子数濃度が材令 28 日と同程度であるため、劣化は内部には進行していないと言える。

謝辞

今回の調査にあたり、多大なご協力を戴きました東日本旅客鉄道株式会社には深く御礼申し上げます。



写真-1 硬度測定状況 写真-2 打音検査状況

表-1 追跡調査結果

施工年	2014	2013	2012
経過年数	1	2	3
圧縮強度：材令28日 (N/mm ²)	8.44	6.54	7.35
硬度計読み値	85	79	81
推定圧縮強度 (N/mm ²)	8.83	6.97	7.56
強度増進率 (%)	4.6	6.6	2.9
打音検査	異常なし	異常なし	異常なし



写真-3 析出箇所の状況 写真-4 表面の拡大

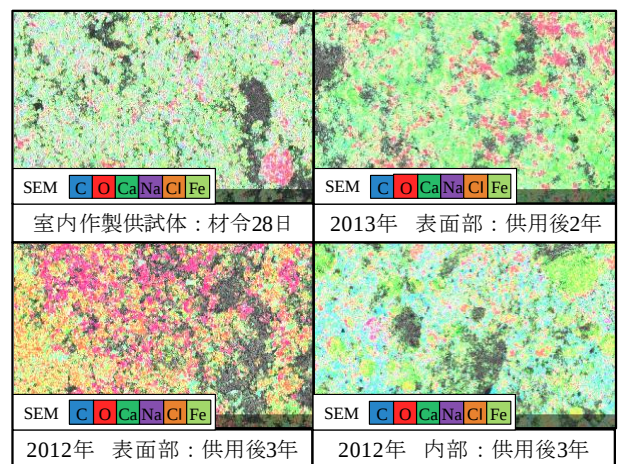


図-4 原子分布状況

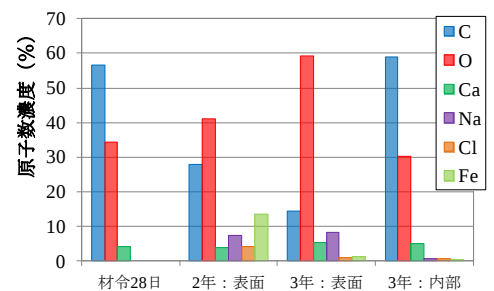


図-5 原子数濃度測定結果