

補修用 CA モルタルの凍結融解抵抗性向上に関する一検討

ニチレキ株式会社 技術研究所 正会員 ○三澤 祥文
ニチレキ株式会社 技術研究所 城塚 厚佑

1. はじめに

スラブ軌道のでん充層には、セメントコンクリートと比較し、応力緩和性能や凍結融解抵抗性に優れるセメント・アスファルト乳剤モルタル（以下、CA モルタル）が用いられている。しかし、積雪寒冷地では繰り返される凍結融解作用により、はく落などが生じるケースがあり（写真－1）、そのような損傷箇所は樹脂系材料や補修用の CA モルタルで補修されているのが現状である。

本論文は、樹脂系材料と比較し、材料コストが安価な補修用 CA モルタルの凍結融解抵抗性を向上させるために実施した検討結果について報告するものである。



写真－1 寒冷地における CA モルタル損傷の状況

2. 検討した手法

凍結融解作用による CA モルタルの損傷は、モルタル内部に取り込まれた水が凍結することで膨張し、組織が破壊することで発生する。そこで、CA モルタルの凍結融解抵抗性を向上させるために以下の手法を検討した。

手法①：CA モルタルに微細な空気を導入することで、水の凍結膨張圧を緩和する

手法②：CA モルタルにゴム弾性を付与することで、水の凍結膨張圧を緩和する

これらの手法を取り入れた各種供試体に対して凍結融解試験を行い、その効果を検証した。

3. 検討配合および基本性状

現行配合（Z1）を基準とし、手法①および②を取り入れた配合に対し、基本性状を確認した（表－1）。

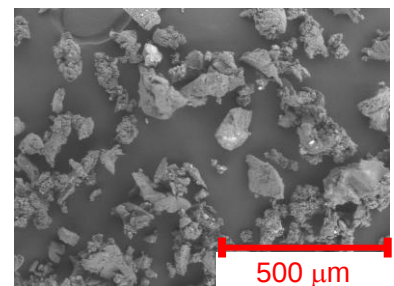
- ・ 攪拌時間を延ばすことにより、CA モルタルの空気量を増加させた配合：A1～A3（手法①）
- ・ 中空微小球の添加により、CA モルタルに微細な空隙を導入した配合：C1（手法①）
- ・ ゴム粉末の添加により、CA モルタルにゴム弾性を付与した配合：B1～B3（手法②）

試験の結果、ゴム粉末を添加した配合（B1～B3）では、添加量の増加にともない、フロータイムが増加する傾向が認められた。これは、添加したゴム粉末の形状が角ばっており（写真－2）、フレッシュモルタル中でゴム粉末とセメントや砂との間に摩擦が生じたためであると考えられる。

また、空気量およびゴム粉末量の増加により、圧縮強度は低下する傾向が認められた。この要因としては、導入した空気や添加したゴム粉末が存在する部分においては、セメントマトリックス形成されないためであると考えられる。

表－1 供試体の水準と性状

供試体名	配合	フロータイム(秒)	圧縮強度(N/mm ²)		ゲル時間(分)
			1時間	28日	
Z1	現行配合	10.1	0.50	3.9	27
A1	空気量: 6vol%	10.3	0.41	3.5	34
A2	空気量: 11vol%	10.2	0.36	3.5	33
A3	空気量: 16vol%	10.8	0.27	2.8	33
B1	ゴム粉末量: 8vol%	10.6	0.35	2.9	34
B2	ゴム粉末量: 10vol%	15.7	0.30	2.5	30
B3	ゴム粉末量: 12vol%	23.0	0.26	2.3	30
C1	中空微小球添加量: 15vol%	11.0	0.27	2.7	34
規格値 ¹⁾		10～22	0.1以上	2.0以上	—



写真－2 ゴム粉末の形状

キーワード スラブ軌道補修, てん充層, CA モルタル, 凍結融解試験

連絡先 〒329-0412 栃木県下野市柴 272 ニチレキ株式会社 技術研究所 TEL 0285-44-7111

4. 凍結融解抵抗性の評価方法

表－1の配合に対し、凍結融解に対する抵抗性を評価した。評価方法を以下に示す。

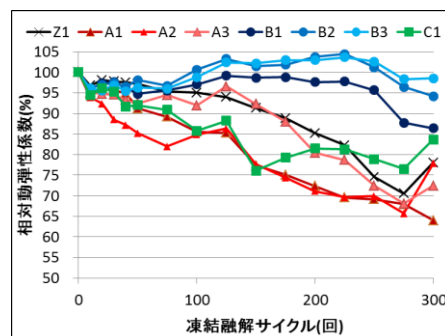
- ・「JIS A 1148 コンクリートの凍結融解試験方法」水中凍結融解試験法(A法)に基づき、凍結融解作用を与えた。
- ・凍結融解サイクルはCAモルタルの特性を考慮した条件である1サイクルあたり8時間とした²⁾。
- ・供試体の凍結融解抵抗性は、相対動弾性係数および質量変化率の測定により評価した(相対動弾性係数は、CAモルタルの健全度を表す指標であり、この値が低下しにくいものほど、凍結融解抵抗性が高いと判断できる)。

さらに、現行配合(Z1)に対しては、凍結融解作用を与える前後の供試体表面を電子顕微鏡(以下、SEM)により観察するとともに、エネルギー分散型X線分析(以下、EDX)による成分分析を行い、その状態変化を確認した。

5. 検討結果

5-1 相対動弾性係数の推移

相対動弾性係数の推移を図－1に示す。凍結融解作用を300サイクル与えた後においても、ゴム粉末を添加した配合(B1～B3)の相対動弾性係数は85%以上と良好な値を示した。加えて、ゴム粉末の添加量が多いほど相対動弾性係数が維持されていることから、ゴム粉末の添加によりCAモルタルにゴム弾性を付与する手法が凍結融解抵抗性の向上に効果があると判断できる。

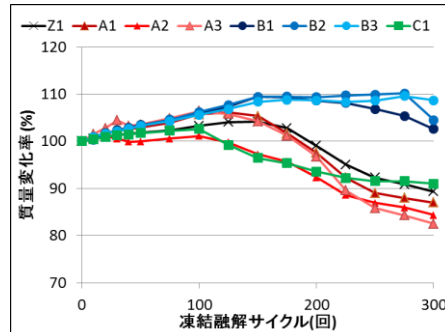


図－1 相対動弾性係数の推移

一方、空気量を増加させた配合(A1～A3)は、現行配合(Z1)と比較して相対動弾性係数が早く低下し、想定とは異なる結果となった。これは、CAモルタル中に導入した空気の状態が、凍結融解抵抗性の向上に寄与する微細な独立空気泡(エントレインドエア: 10～300 μm)ではなく、大粒径の空気泡(エントラップトエア: 100 μm～10 mm)であったためと考えられる。

5-2 質量変化率の推移

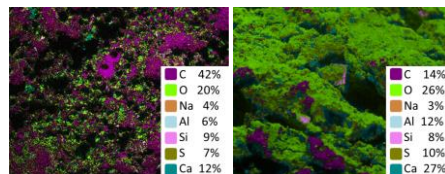
質量変化率の推移を図－2に示す。凍結融解サイクルの初期は、いずれの供試体も吸水により質量が増加する傾向であった。しかし、概ね100サイクル以降は、ゴム粉末を添加した配合(B1～B3)以外は供試体の質量が減少した。これは、凍結融解作用により、供試体表面の脆弱化したモルタルが流失したためである。一方、ゴム粉末を添加した配合(B1～B3)は、供試体の質量が10%程度まで増加し、その状態を300サイクルまで保っていた。したがって、ゴム弾性を付与することで、吸水した状態においても凍結融解作用による破壊が起こりづらいといえる。



図－2 質量変化率の推移

5-3 凍結融解を与えた供試体表面の評価

SEMおよびEDXにより、凍結融解作用を与える前後の供試体(Z1)の表面状態を評価した。試験後供試体の表面には、多数のひび割れおよび板状の結晶が多く観察された。また、EDXによる元素分析を行った結果、凍結融解作用を加えることでアスファルトの主成分である炭素濃度が減少し、セメント水和物の成分であるカルシウムおよびアルミニウム濃度が上昇していることが確認された(図－3)。



図－3 凍結融解試験前後の元素分析結果(左:試験前, 右:試験後)

6. まとめ

本検討から、CAモルタルの凍結融解抵抗性を向上させる手法として、ゴム粉末の添加によるゴム弾性の付与が有効であることが示された。今後は、ゴム粉末を添加した配合(B1～B3)に対し、凍結融解作用を600サイクルまで与え、これらの性能を継続して評価していく予定である。

参考文献 1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所: スラブ軌道各部補修の手引き, pp1-6, 2015.

2) 原田 豊: セメントアスファルト複合グラウトに関する研究開発史, pp316-317, 2003.