

亜鉛メッキ処理した鋼繊維の防錆効果に関する検討

飛鳥建設 技術研究所 正会員○ 岡田 朋道 国土交通省 東北地方整備局 正会員 吉田 良勝
 飛鳥建設 土木事業本部 正会員 平間 昭信 飛鳥建設 東北土木事業部 正会員 寺島 佳宏
 飛鳥建設 土木事業本部 正会員 川端 康夫 神鋼建材工業 営業本部 正会員 矢野 哲

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートにおいて、鋼繊維は高いじん性を付与することが出来ることから、有効な補強材料として使用されてきた。しかしながら、鋼繊維は錆の発生リスクがあり、コンクリート表面に位置する鋼繊維が錆びることで、点または線状に赤褐色の浮錆が生じて美観が損なわれる。このことから、高いじん性を必要としない、コンクリートの剥離剥落対策としては、現在、非鋼繊維の適用が主流となっている。このような鋼繊維の欠点を補うため、海外では鋼繊維に亜鉛メッキ処理を行い、防錆効果を付与した鋼繊維(以下、防錆鋼繊維)が使われているが、我が国では使用された実績や報告されたデータが少ない。このことから、筆者らは室内試験において促進発錆試験を行い、亜鉛メッキによる防錆効果を検証した。

2. 実験概要

表-1 使用材料諸元

(1)使用材料および配合

実験は、単位セメント量を 340kg/m³とした繊維補強覆工コンクリートで実施した。使用した材料を表-1に、試験配合を表-2に示す。

材料種別	記号	名称または諸元
セメント	N	普通ポルトランドセメント, 密度 3.15g/cm ³
	BB	高炉セメント B種, 密度 3.02g/cm ³
水	W	水道水
細骨材	S	田川市弓削田産砕砂, 表乾密度 2.66g/cm ³ 粗流率 2.66, 吸水率 0.91
粗骨材	G	田川市弓削田産碎石, 表乾密度 2.70g/cm ³ G _{max} 20mm, 吸水率 0.32
AE 減水剤	Ad	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
鋼繊維	SF1	亜鉛メッキ加工鋼繊維 L=40mm 直径 d=0.62mm
	SF2	普通鋼繊維 L=40mm 直径 d=0.62mm
表面含浸材	Si	シラン系表面含浸材

(2)実験要因、水準および試験項目

実験要因、水準、試験項目を表-3に示す。亜鉛メッキによる防錆効果を把握するため、促進発錆試験を実施した。また、従来の鋼繊維(以下、普通鋼繊維)と防錆鋼繊維において、力学的性能に違いがないことを確認するために、圧縮強度試験および曲げタフネス試験を実施した。

表-2 試験配合

配合種別	スランブ(cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)					繊維 SF	
				水 W	セメント		粗骨材 G	混和剤 Ad		
					N	BB				
SF1-N	15	51.5	48.0	175	340	—	858	944	0.85	0.5 vol%
SF2-N					—	340	852	937		
SF1-BB					—	340	852	937		
SF2-BB					—	340	852	937		

表-3 実験要因と水準

実験ケース	セメントの種別	鋼繊維の種別	表面含浸材	促進発錆試験	曲げじん性試験	圧縮強度試験
SF1-N	N	SF1	なし	○	○	○
SF2-N		SF2	なし	○	○	○
SF2-N-Si		SF2	有	○	—	—
SF1-BB	BB	SF1	なし	○	—	—
SF2-BB		SF2	なし	○	—	—

(3)試験方法

JIS A 1153「コンクリート促進中性化試験方法」を参考に、促進発錆試験を実施し、鋼繊維の促進腐食環境下における発錆状況を比較した。促進発錆は、温度 20℃、相対湿度 60%RH、炭酸ガス濃度 5%の環境下で、コンクリートの中性化を促進させ、同時に、3%濃度の塩水に浸した湿布で試験体を覆うことで塩分の供給を行い実施した。なお、塩水による湿布は、2

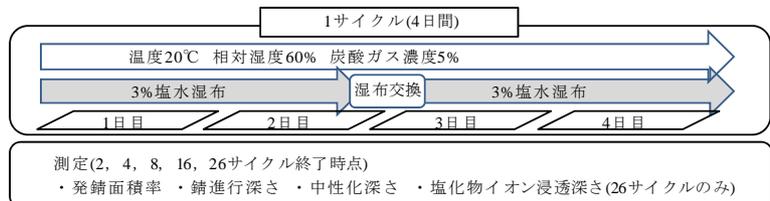


図-1 促進発錆試験の手順・方法

日置きに交換し、1サイクルを4日間(湿布交換2回)として、26サイクル実施した。促進発錆過程のうち2, 4, 8, 16, 26 サイクル終了時点にて、発錆面積率、錆の内部への進行深さ、中性化深さを測定した。また、26 サイクル終了時点において、塩化物イオン浸透深さを測定した。これら試験の手順・方法を図-1に示す。

キーワード : 覆工コンクリート 鋼繊維補強コンクリート 亜鉛メッキ 促進発錆試験

連絡先 : 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛鳥建設株式会社技術研究所 TEL:04-7198-7586

3. 試験結果

(1)圧縮強度, 曲げタフネス試験結果

普通鋼繊維と防錆鋼繊維を使用したコンクリートの材齢 28 日における圧縮強度, 曲げ強度, 曲げタフネス試験結果を表-4 に示す.

表-4 圧縮強度および曲げタフネス試験結果

実験ケース	圧縮強度 N/mm ²	曲げ強度 N/mm ²	曲げじん性係数 N/mm ²
SF1-N	36.3	6.07	4.06
SF2-N	39.0	6.43	3.91

表-4 に示すように, 普通鋼繊維を使用したコンクリートと防錆鋼繊維を使用したコンクリートの圧縮強度, 曲げ強度, 曲げじん性係数は, ほぼ同等の値である. 従って, 普通鋼繊維と防錆鋼繊維には, 力学的性能に違いがないと評価される.

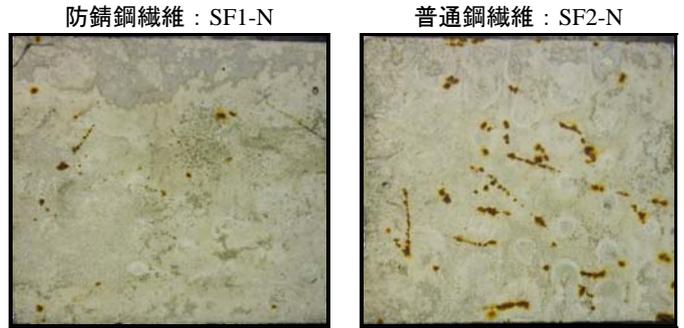


写真-1 促進発錆させた鋼繊維コンクリート表面

(2)促進発錆試験結果

26 サイクル終了時における塩化物イオン浸透深さと中性化深さを図-1 に示す. 塩化物イオン浸透深さは, 普通ポルトランドセメントを使用した SF2-N が 9.4mm に対して, 高炉セメント B 種を使用した試験体は 1~2mm 程度小さい結果であった. また, 表面含浸材を塗布した SF2-N-Si は, 塩化物イオンの浸透は見られなかった. 中性化深さは, いずれの試験体も 1mm 以下と小さな値であった.

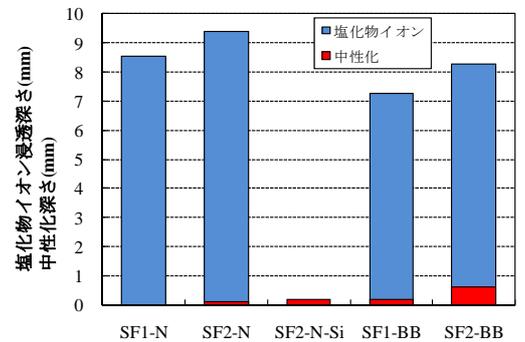


図-1 塩化物イオン浸透深さと中性化深さ

コンクリート内部への錆の進行深さ(最大値)の推移を図-2 に示す. 錆の進行深さは, 普通鋼繊維と高炉セメント B 種を使用した SF2-BB で 3.6mm であり, 防錆鋼繊維と普通ポルトランドセメントを使用した SF1-N では 0mm であった.

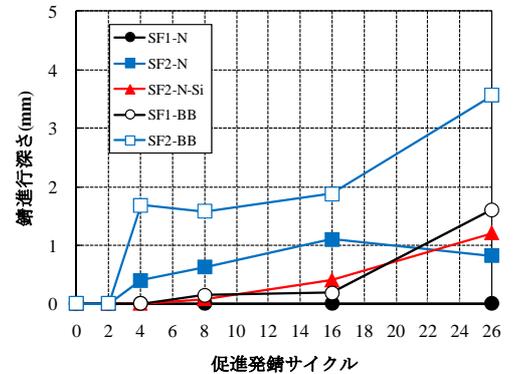


図-2 コンクリート内部への錆進行深さ

促進発錆試験 26 サイクル終了時のコンクリート表面の状況の一例を, 写真-1 に示す. 写真から防錆鋼繊維を使用したコンクリートは普通鋼繊維と比較して, コンクリート表面の赤褐色の浮錆は明らかに少なく, 防錆鋼繊維の防錆効果が確認できる.

コンクリート表面積に対する, 発錆面積率の推移を図-3 に示す. 最終 26 サイクルの発錆面積率は, 防錆鋼繊維を使用した SF1-N が最も小さく 1.1%であり, SF2-N が 3.1%, SF2-N-Si が 2.2%であることから, 防錆鋼繊維の防錆効果が確認された. また, 高炉セメント B 種を使用した場合の発錆面積率は, SF1-BB が 2.3%, SF2-BB は 9.3%であり, 普通ポルトランドセメントを使用した場合に比較すると, 発錆面積率は大きな結果であった.

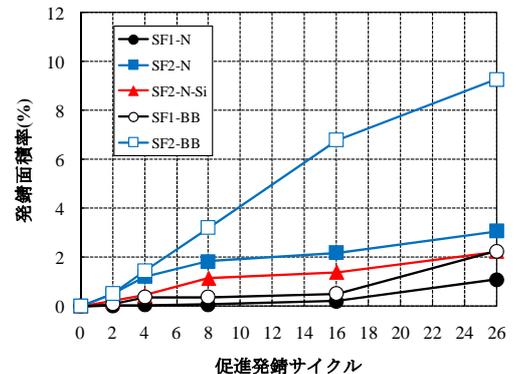


図-3 コンクリート表面の発錆面積率

今回実施した促進発錆試験の結果においては, 普通ポルトランドセメントと防錆鋼繊維を使用した SF1-N が最も防錆効果が高いことが確認された.

4. まとめ

今回の試験より, 防錆鋼繊維と普通鋼繊維を使用したコンクリートでは力学的性能に違いがないこと, 同時に亜鉛メッキによる防錆効果が確認された. このことから, 防錆鋼繊維は, 高いじん性と防錆効果を持つ, 有効な補強材料として, 覆工コンクリートの施工において広く展開できるものと考えられる.