

沖縄県の海上橋下部工に適用したフライアッシュコンクリートの塩分浸透抵抗性

前田建設工業 正会員 ○笹倉 伸晃 正会員 白根 勇二 正会員 前田 啓太  
 琉球大学 正会員 富山 潤 アール・アンド・エー 正会員 風間 洋  
 (一財) 沖縄県建設技術センター 比嘉 正也

1. はじめに

沖縄県では、厳しい気象環境に曝されるコンクリート構造物の耐久性向上を目的として、フライアッシュコンクリート(以下、FAC)の適用が検討されている<sup>1)</sup>。著者らは、沖縄県の海上橋下部工に適用した FAC および比較のための普通コンクリート(以下、N)の試験体を作製し、現在、辺土名暴露試験場において暴露試験を行っている(写真-1)。今回、暴露約1年の調査を行い、各試験体の圧縮強度および塩分浸透性、中性化深さ、表層透気係数を測定し、FACの塩分浸透抵抗性について評価した。

本論文では、この調査結果について報告する。

2. 暴露試験概要

2.1 暴露試験体

試験体概要およびコンクリートの使用材料、配合を図-1および表-1、表-2に示す。試験体寸法は、400×400×300mmのブロック形とし、海上橋下部工打設時の温度応力ひび割れ防止の観点から、FACは、膨張材の有無による2種類(FAおよびFA-EX)の配合とした。また、別途、比較用のN配合は試験体も同時期に作製した。

試験体の養生水準を表-3に示す。試験体は、配合および養生方法を変化させた合計9体とし、平成27年10月まで施工現場に暴露した後、辺土名暴露試験場に移動した。

2.2 暴露1年目の耐久性評価項目および試験方法

暴露約1年の評価試験は、コアによる圧縮強度試験および塩分分析試験、中性化深さ試験、表層透気試験を実施した。

圧縮強度試験は、JIS A 1107:2012に準拠し、各試験体からφ75mmのコアを3本採取した。塩分分析は、JIS A 1154:2012に準拠し、サンプリングの範囲は、暴露面(0~約0.15cm)および0~1, 1~2, 2~3, 3~5, 5~7, 7~10cmとした。なお、暴露面の試料採取は、参考文献<sup>2)</sup>より、ディスクグラインダーを用いて暴露表面を薄く研磨(表面研磨法)して試料を採取した。中性化深さの測定は、JIS A 1152:2012に準拠した。表層透気試験は、トレント法により実施した。



写真-1 暴露状況 (沖縄県国頭郡国頭村辺土名)

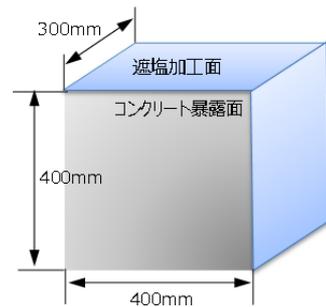


図-1 暴露試験体概要

表-1 暴露試験体の使用材料

材料	記号	仕様・摘要・備考
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S1	砕砂, 表乾密度: 2.65g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.92%
	S2	海砂, 表乾密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 2.05%
粗骨材	G1	石灰砕石, 表乾密度: 2.70 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 0.32%
フライアッシュ	FA	フライアッシュII種, 密度 2.45g/cm <sup>3</sup>
AE減水剤	AD	遅延型 I種
混和材	EX	JIS A 6202「コンクリート用膨張材」適合品

表-3 暴露試験体養生水準 (3配合×3水準=9体)

水準	養生期間および方法			備考
	打設~2日	3~7日	7~10日	
Case1	鋼製型枠			脱枠強度到達(2日)で脱枠
Case2	鋼製型枠	シート・フィルム		湿潤養生期間標準※1
Case3	鋼製型枠	シート・フィルム		本工事で適用した養生

※1: 2012年制定コンクリート標準示方書[施工編]における湿潤養生期間の標準 (混合セメントB種: 日平均15℃以上)

表-2 コンクリートの標準配合

配合	作製日	σ <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	W/B (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
						B				FA2	S1	S2	G1	AD
						W	C	EX	FA1					
FA	H27/6/16	30	46.4	47.5	2.0	167	250	20	65	25	604	259	981	4.02
FA-EX	H27/3/24	30	46.4	47.5	2.0	167	270	—	65	25	604	259	981	4.02
N	H27/6/16	30	48.5	45.9	4.0	172	355	—	—	—	567	243	981	4.62

キーワード フライアッシュコンクリート, 暴露試験, 塩害, 塩分浸透, 耐久性

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業株式会社 TEL03-5276-5166

3. 暴露約1年の調査結果

図-2 にコア供試体の圧縮強度を示す。暴露環境に曝された試験体のため、打設後の湿潤養生期間が圧縮強度に及ぼす影響は認められなかった。一方、同一材齢の N および FA を比較すると、FA の圧縮強度は、N を上回っており、材齢 28 日の FAC 圧縮強度が、34.0～35.1N/mm<sup>2</sup>であることから、FAC の長期強度の増進が認められる。

図-3 に各暴露試験体の中性化深さと暴露面の表層透気係数 KT 値を示す。中性化深さの絶対値が小さく、暴露試験体であることから N および FA では、養生期間と中性化深さに傾向は認められない。しかし、FA-EX では、養生期間が短い場合、中性化深さが大きくなる傾向が認められた。これは、膨張材を用いる配合は、湿潤養生期間を十分に確保できない場合、中性化の進行が早まることが示唆される。配合に着目すると、FA-C2 を除いて、N よりも FAC の中性化深さが大きく、透気係数が小さい。これは、FAC のポズラン反応により、中性化の進行が N よりも早まるものの、緻密な組織が形成され、透気係数は N と比較して小さくなると思われる。

図-4～図-6 に各暴露試験体の含有塩分量分布を示す。FA および FA-EX の塩化物イオン量は、暴露面から 1cm 区間では N よりも高いものの、1cm 以深では減少し、ほとんど塩分浸透がない。一方、N の塩化物イオン量は、暴露面から 1cm 区間では、FA および FA-EX よりも低いが、2～3cm 区間まで塩化物イオンが浸透している。この結果から、FAC は、ポズラン反応による緻密な組織が形成され、暴露面から 1cm 以内に塩化物イオンが留まり、塩化物イオンが内部に浸透していないものと考えられる。なお、FA-EX は、暴露面の塩化物イオンが 1cm 以内と比較して小さくなった。これは、FA-EX は、膨張材の影響により表面の中性化の影響により、固定塩化物が解離し、内部へ濃縮された可能性がある。

4. FAC の表面塩化物イオン濃度および拡散係数

下部工の養生条件 (Case3) である FA-EX-C3 の塩分浸透抵抗性を評価することを目的として、Fick の拡散方程式に基づき、最小二乗法によって、表面塩化物イオン量 C<sub>0</sub> および塩化物イオンのみかけの拡散係数 D<sub>ap</sub> を算出した。その結果を表-4 示す。

暴露約1年で期間が短いこともあり、表面塩分濃度は低いものの、FA-EX-C3 の拡散係数は、比較として算出した N-C3 の 1/3 以下であり、FA 配合の塩分浸透抵抗性が確認された。

5. まとめ

橋脚下部工に適用した FAC 試験体の暴露約1年目の調査結果より、FAC の塩分浸透の抑制効果が認められた。なお、今後、暴露5年および10年の調査を実施し、沖縄県におけるFACの有効性を検討する。謝辞

暴露実験の実施に際しては、辺土名区の自治会長にご協力を得た。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 角ら：沖縄県の海上橋川下部工に適用したフライアッシュコンクリートの温度ひび割れ低減効果，土木学会年次学術講演会講演概要集，2017（投稿中）
- 2) 風間ら：コンクリート表面の含有塩分量 C<sub>0</sub> 調査方法の提案，土木学会年次学術講演会講演概要集，2015

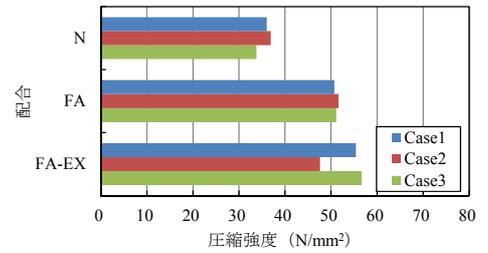


図-2 コア供試体の圧縮強度

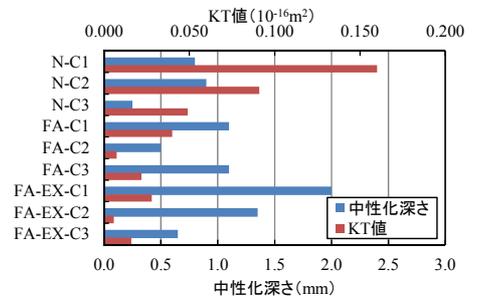


図-3 暴露試験体の中性化深さおよびKT値

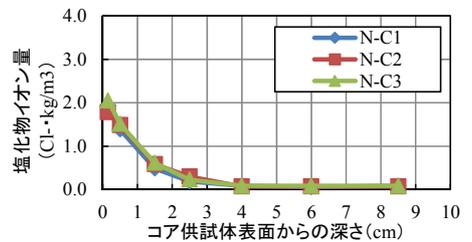


図-4 含有塩分量分布 (N 配合)

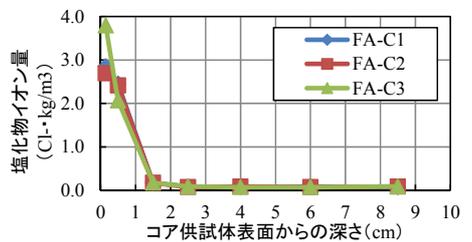


図-5 含有塩分量分布 (FA 配合)

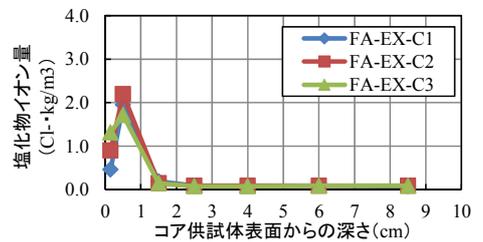


図-6 含有塩分量分布 (FA-EX 配合)

表-4 表面塩化物イオン濃度および拡散係数

配合-養生	表面塩化物イオン濃度 C <sub>0</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	塩化物イオンのみかけの拡散係数 D <sub>ap</sub> (cm <sup>2</sup> /year)
N-C3	2.03	0.758
FA-EX-C3	3.42	0.162