

フライアッシュを混和したコンクリート舗装の諸物性に関する検討

日本大学工学部 非会員 ○関根脩雅 高久圭太郎 永井悠大 学生会員 菅野日南
正会員 前島 拓 フェロー会員 岩城 一郎

1. はじめに

我が国の道路舗装は約 95%がアスファルト系材料で整備されている。しかし、近年では原油価格の高騰に伴いアスファルトの供給が不安定化しつつある。こうした中で、アスファルト舗装に比べ LCC の低減に有効なコンクリート舗装の適材適所での活用が期待されている。一方、積雪寒冷地においては、凍結防止剤の大量散布により材料劣化が促進されることで、コンクリート構造物の早期劣化が社会問題となりつつある。コンクリート舗装においても、内部の鋼材が腐食することにより供用後 10 年未満で切削および補修されたケースも報告されている。そのため、積雪寒冷地でコンクリート舗装を広く活用していくには、凍結防止剤が直接路面に散布されることを想定した上で、他の構造物よりも高耐久化を図る必要がある。既往の研究により、石炭火力低減に加え、長期にわたるボゾラン反応によって塩分浸透やアルカリシリカ反応(以下、ASR)に対する抵抗性が著しく向上することが明らかとされており、東北地方を中心に FA コンクリート床版の実装が進められている。そこで本研究では、高耐久 FA コンクリート舗装の開発を目的に、FA 置換率および置換方法をパラメータとした供試体を作製し、フレッシュ性状および各種耐久性を評価するとともに、FA コンクリートの舗装材料としての適用性について実験的に検討した。

表-1 コンクリートの配合

ID	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)					混和剤(C×%)		スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)	
			W	C	FA	S	G	AE減水剤	助剤				
40N	40	40	160	400	—	706	1079	0.4	0.005	7.0	5.8	23.5	
40FAO					80	664	1014	1.0	0.035	3.0	5.9	26.0	
40FAOI						670	1025		0.025	6.5	4.5	26.0	
45N	45			356	71	—	721	1102	0.4	0.004	6.0	4.4	26.0
45FAO						683	1044	0.6	0.030	5.0	5.9	25.0	
45FAOI						689	1053		0.020	7.5	5.9	25.0	

2. 実験概要

表-1 にコンクリートの配合を示す。表より、水セメント比を 40%、45%の 2 水準とし、本実験の基準となる普通コンクリート舗装(以下、N)、N に対し原町石炭火力発電所から産出されるIV種相当の FA をセメントに対して外割りで 20%置換した配合(以下、FAO)、および新たな FA の置換方法として、FA をセメントに対して外割りで 15%、内割りで 5%置換した配合(以下、FAOI)の計 6 条件である。なお、コンクリートは目標スランプを 5.0±2.5cm、目標空気量を 4.5±1.5%とし、混和剤により所定のフレッシュ性状を満足するように調整した。試験項目は、ブリーディング試験、凝結時間試験、曲げ強度試験、圧縮強度試験、ASTM C672 法に準拠し凍結防止剤散布を想定した凍結融解試験、反応性粗骨材を用いた SSW 法による ASR 試験、塩分浸透試験およびラベリング試験である。なお、ラベリング試験はクロスチェーンを 12 本取り付け付けた車輪を 200rpm で等速回転させる往復チェーン方式で供試体の摩耗深さとすり減り量を測定した。

3. 実験結果

図-1 にブリーディング試験結果を示す。図より、水セメント比に関わらず FA を混和した配合では N よりもブリーディングが抑制されている。また、FA 置換率で比較すると FAO の方がブリーディング率の低下が見られ、コンクリート中の粉体量が多いほどブリーディング率が低下する結果であった。図-2 に凝結時間試験結果を示す。図より、凝結時間は N に比べ FA を混和した配合で遅延する傾向を示したものの、コンクリートの凝結を大きく阻害する程ではない。また、FA の置換方法による明確な違いは認められなかった。図-3 に曲げ強度試験結果を示す。図

キーワード フライアッシュ コンクリート舗装 耐久性

より、いずれの配合も材齢7日時点で設計基準曲げ強度4.4MPaを満足した。材齢91日時点ではFAを混和した配合はいずれもNと同等以上の強度を示し、置換方法による明確な差は認められなかった。図-4に凍結融解試験結果を示す。図より、試験終了時(50サイクル)のスケーリング量は、いずれの配合においても0.5kg/m²前後であり、FAの有無および置換方法による大きな差異はない。また、試験終了時におけるスケーリング状況について、いずれの供試体も深さ方向にスケーリングが進行していなかったことから、FAコンクリートについては5%程度の空気量を確保することで十分なスケーリング抵抗性を有するものと考えられる。図-5にASR試験結果を示す。なお、ASR試験は水セメント比45%のみ実施した。図より、Nでは促進56日目から膨張が見られ、促進133日現在では4900 μ にまで達している。これに対してFAを混和した配合では、FAOで700 μ 程度、FAOIでは膨張が認められず、FAの混和によって顕著なASR抑制効果が認められた。図-6に塩分浸透試験結果を示す。塩分浸透試験は40℃一定環境下で3%NaCl水溶液を供試体上面に91日間湛水させた後、湛水面から3mm間隔で10層の粉体試料を採取してイオンクロマトグラフ法により塩化物イオン濃度を測定した。なお、45Nについてはデータ異常のため併記していない。図より、深さ0~6mmではFAの有無による明確な差異はなかったが、深さ10mm以深ではFAを混和した配合はいずれも塩分浸透を抑制する結果であった。図-7にラベリング試験結果を示す。ラベリング試験は45N、45FAOIの2条件のみとし、90分間隔で3回実施した。図より、すり減り量13cm²に着目すると、45Nでは180分、45FAOIでは270分経過時に到達しており、FAを混和することで従来のコンクリート舗装よりもすり減り抵抗性が向上する結果を示した。

4. まとめ

本研究では、FAコンクリートの舗装材料としての適用性について実験的に検討した。その結果、フレッシュ性状については、普通コンクリートと比してブリーディングが抑制され、コンクリートの凝結についても阻害することが示された。また、本検討配合については、FAの混和により若材齢の強度発現性を阻害することなく、長期強度増進することが確認され、従来の舗装コンクリートと比して各種材料劣化に対する耐久性および舗装の表層機能として要求されるすり減り抵抗性が向上することを明らかとした。さらに、FAの新たな置換方法として、FAを外割りで15%、内割りで5%混和した配合においても、十分な強度発現性と耐久性を有することを明らかとした。今後は、舗装材料としての最適な配合選定を進めるとともに、輪荷重試験走行試験装置を用いた普通コンクリート目地部の耐疲労性評価や膨張材を用いた際の温度応力解析によるひび割れリスクの評価を進める予定である。

【謝辞】本研究は、国土交通省道路局 新道路技術会議の技術研究開発制度により、国土技術政策総合研究所の委託研究「データ同化をベースとした高耐久フライアッシュコンクリート舗装についての技術研究開発」で行われた。

【参考文献】1) 榊原直樹ほか(2021)：早強ポルトランドセメントとフライアッシュを併用した道路橋場所打ちPC床版の現場実装,土木工学論文集 E2, Vol77, No.2, pp65-77.

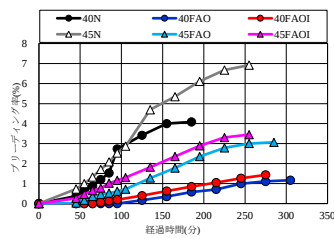


図-1 ブリーディング試験結果

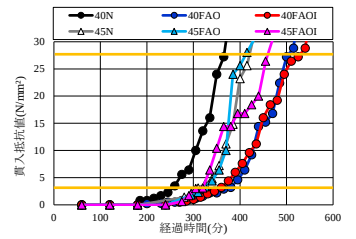
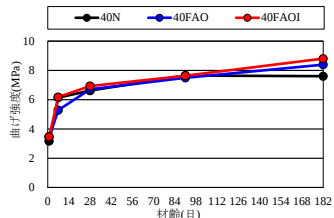
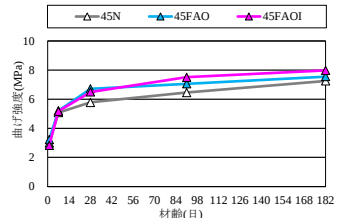


図-2 凝結時間試験



(a) W/C40%



(b) W/C45%

図-3 曲げ強度試験結果

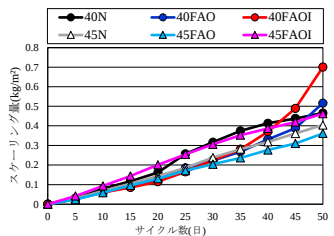


図-4 凍結融解試験結果

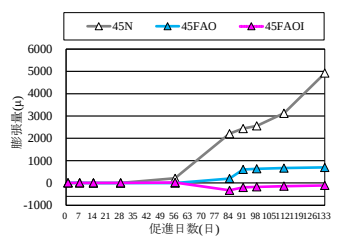


図-5 ASR試験結果

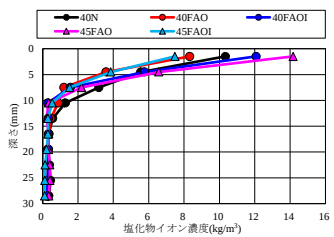


図-6 塩分浸透試験結果

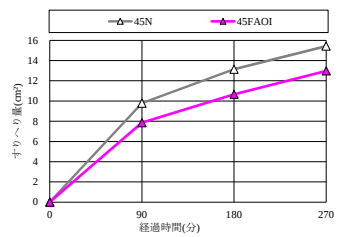


図-7 ラベリング試験結果