

## 凍結防止剤散布下におけるフライアッシュを混和したコンクリート舗装の各種耐久性評価

日本大学 学生会員 ○菅野 日南 正会員 前島 拓 フェロー会員 岩城 一郎  
(株)NIPPO 正会員 白井 悠 ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 阿合 延明

## 1. はじめに

近年、ライフサイクルコスト(LCC)の低減に有用なコンクリート舗装への関心が高まっている。しかし、積雪寒冷地域では路面に大量の凍結防止剤が散布されることから、アルカリシリカ反応(以下,ASR)や凍害によるスケーリングといったコンクリート舗装の材料劣化が懸念され、高耐久なコンクリート舗装材料の開発が望まれる。一方、既往の研究<sup>1)</sup>により、石炭火力発電所から副産物として排出されるフライアッシュ(以下,FA)を用いたコンクリートは、コストおよび環境負荷の低減に加えて、長期にわたるポズラン反応によって耐久性が著しく向上することが明らかとされており、近年ではFAコンクリートを用いた構造物の適用事例が増加している。本研究では、従来のコンクリート舗装材料にFAを混和した供試体を作製し、各種耐久性およびすり減り抵抗性を評価することで、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/m <sup>3</sup> )					混和剤(C×%)					スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
			W	C	FA	S	G	減水剤		助剤		促進剤			
								15L	8000S	202	785				
N	45	35	145	322	—	654	1211	1.8	—	0.015	—	—	4.5	4.4	30.5
N+FA					64	626	1158	—	0.7	—	0.7	—	4.5	4.0	27.0
N+ACX(3%)		38	150	333	—	702	1167	—	—	0.007	—	3.0	6.0	4.6	18.9
N+FA+ACX(3%)					67	635	1167	0.3	—	0.04	—	3.0	6.0	5.4	18.5

## 2. 実験概要

表-1 にコンクリートの配合を示す。表より、本実験の基準となる一般的な普通コンクリート舗装の配合(以下,N),N のセメントに対してフライアッシュを外割で添加した配合(以下,N+FA),および早期交通開放と養生期間の短縮を目的に,N および N+FA に C-S-H 系早強剤を使用した配合(以下,それぞれ N+ACX,N+FA+ACX)の計4条件である。目標スランブを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、フレッシュコンクリートの凝結時間試験,所定の材齢における曲げ強度試験,ラベリング試験,ASTM C 672 法に準拠した凍結防止剤散布を想定した凍結融解試験,アルカリシリカ反応(ASR)試験および塩分浸透試験である。写真-1 にラベリング試験装置を示す。本実験では N と N+FA に対してラベリング試験を行うことで,FA コンクリート舗装のすり減り抵抗性について検討した。ラベリング試験は舗装調査・試験法便覧に準拠し,サイドチェーンを12本取り付け車輪を200rpmで90分間回転させる往復チェーン方式で実施した。また,供試体のすり減り量,試験前後の凹凸をレーザ変位計で計測し,試験後におけるすり減り面積を算出した。



写真-1 ラベリング試験装置

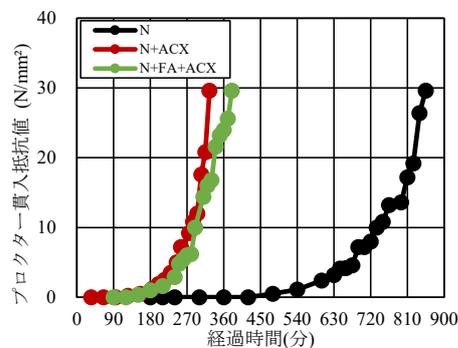


図-1 凝結時間試験結果

キーワード コンクリート舗装 フライアッシュ 耐久性評価 凍結防止剤

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学土木工学科 電話 0249-568-729

### 3. 実験結果及び考察

図-1 に凝結時間試験結果を示す。なお、N+FA は試験データに不備があったため示していない。図より、ACX を混和した配合で、いずれも凝結時間が大幅に短縮されており、養生期間の短縮に有効であると考えられた。今後は、N+FA の再試験を行う予定である。図-2 に曲げ強度試験結果を示す。図より、材齢 1 日時点では、ACX を混和した配合で曲げ強度が高い傾向であった。7 日時点においては全ての配合で設計基準曲げ強度 4.4MPa を満足した。また、N+FA では材齢 91 日時点で N よりも高い強度を示しており、FA をセメントに対して外割で添加することで、普通コンクリート舗装同等以上の長期強度発現性を得られるものと考えられる。

図-3 に凍結融解試験結果を示す。図より、50 サイクル終了時点のスケーリング量は、N、N+FA および N+ACX では 0.39~0.45kg/m<sup>2</sup>であり、十分なスケーリング抵抗性を有している。一方、N+FA+ACX では、スケーリング量が増加する傾向があった。なお、N+FA と N+FA+ACX のスケーリング抵抗性の差異については、空気量の影響が大きいと考えられ、FA コンクリートの場合は 4.0%程度の空気量を確保することで十分な凍結融解抵抗性を得られるものと考えられる。図-4 に ASR 試験結果を示す。なお、図中には N および N+FA のデータのみを示す。図より、材齢 196 日で N は 8700 $\mu$  と顕著な膨張を示したのに対し、N+FA は 2400 $\mu$  であり、舗装コンクリートにおいても FA による顕著な ASR 抑制効果が確認された。

図-5 にラベリング試験結果を示す。すり減り量は試験前後に計測した試験面の凹凸の差分である。N のすり減り量の平均値は 0.26cm<sup>2</sup>であったのに対して、N+FA は 0.21cm<sup>2</sup>と、すり減り量が 20%程度減少する結果であり、FA をセメントに対して外割で混和することで、すり減り抵抗性が向上することが示された。

### 4. まとめ

本研究では FA のコンクリート舗装への適用性を実験的に検討した。その結果、FA コンクリートは普通コンクリートと同等以上の曲げ強度発現性および表層材料として必要とされるすり減り抵抗性を有することを明らかとし、コンクリート舗装配合においても FA による ASR 抑制効果が示された。加えて、C-S-H 系早強剤の添加により、凝結時間が普通コンクリートの約 1/4 程度まで短縮することが明らかとなり、養生期間の短縮に有効な材料であることが示された。今後は、各試験を継続するとともに、FA の置換方法および置換率など、舗装材料として適切な配合について検討する予定である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP 19K23539 の助成を受けたものです。ここに記して感謝の意を表します。

### 【参考文献】

1) 岩城一郎ほか(2017):新設コンクリート革命 長持ちするインフラのつくり方, 日経 BP 社

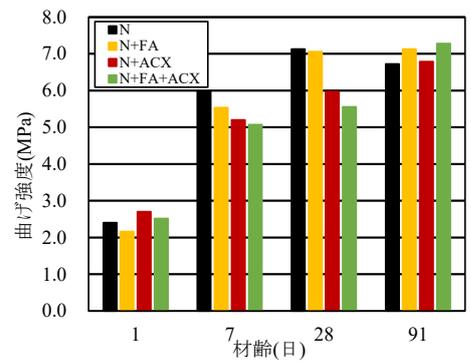


図-2 曲げ強度試験結果

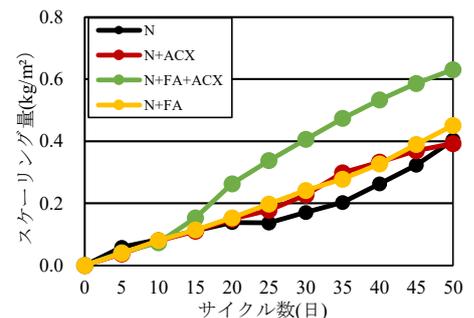


図-3 凍結融解試験結果

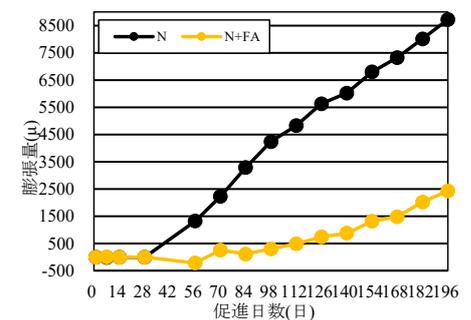


図-4 ASR 試験結果

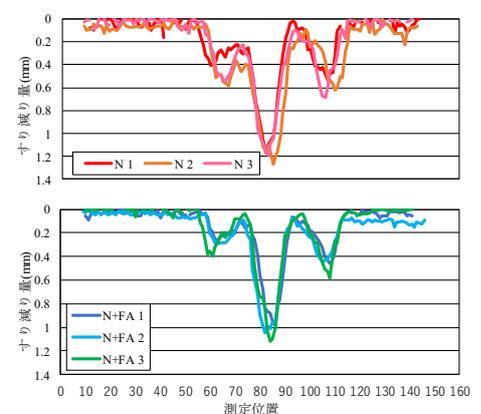


図-5 ラベリング試験結果