

令和 3 年 6 月 5 日現在

機関番号：32665

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23539

研究課題名(和文)積雪寒冷地に適した高耐久コンクリート舗装の開発と耐久性評価手法の構築

研究課題名(英文)Development of high durability concrete pavement suitable for snowy cold region and evaluation method for durability

研究代表者

前島 拓 (MAESHIMA, Takuya)

日本大学・工学部・助教

研究者番号：20845630

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：我が国における公道の総延長は120万kmにおよび、この膨大な道路ストックを適切に維持管理していくためには、LCCに有用なコンクリート舗装を適材適所で活用する必要がある。しかし、コンクリート舗装の活用においては、凍結防止剤散布下において材料劣化が生じる等の課題が多い。本研究では、高耐久なコンクリート舗装の開発を目的とし、従来の一般的なコンクリート舗装に対してフライアッシュを混和したコンクリートの配合選定を行い、環境試験装置を用いた耐久性試験と疲労試験を実施した。その結果、本研究で提案するフライアッシュコンクリート舗装は、従来のコンクリート舗装よりも耐久性、耐摩耗性に優れることを明らかとした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、国内において舗装への適用事例がほとんどないフライアッシュコンクリートを用いた舗装材料について提案したものである。既往の研究ではほとんど考慮されていない凍結防止剤散布によって促進される材料劣化に着目し、その耐久性を定量的に評価している点では、学術的価値は高いものと考えられる。また、提案した舗装材料は耐久性およびコスト面においても有用な材料であることから、道路資産全体にとって大きく寄与するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The total length of public roads in Japan is 1.2 million km. In order to appropriate and manage this huge road stock, it is necessary to utilize concrete pavement useful for LCC in the right place. But then, in utilizing concrete pavement, there are many problems such as material deterioration. In this research, For the purpose of developing highly durable concrete pavement, Durability test using environmental test equipment and fatigue test by concrete that mixes fly ash with conventional concrete. As a result, it was clarified that the fly ash concrete pavement proposed in this study is superior in durability and wear resistance to the conventional pavement.

研究分野：舗装工学

キーワード：コンクリート舗装 フライアッシュコンクリート 耐久性 凍結防止剤

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我が国における公道の総延長は 120 万 km におよび、このうち地方公共団体が管理する道路は約 97%と圧倒的な比重を占める。この膨大な道路/舗装ストックを厳しい財政制約の中で維持管理していくためには、ライフサイクルコスト(LCC)を考慮した効率的な維持管理手法の構築や、長寿命化に通ずる高耐久な舗装材料の開発が急務である。

このような中、平成 24 年度に国土交通省がコンクリート舗装の積極的活用を施策として示すなど、舗装種別の考え方を見直す動きが活発になってきている。しかし、東北地方などの積雪寒冷地では冬季における凍結防止剤散布に含まれる NaCl の影響により、コンクリートの材料劣化(アルカリシリカ反応(ASR)・凍害)が促進され、コンクリート構造物の早期劣化が社会問題となっている。舗装材料としてコンクリートを活用していくには、凍結防止剤が路面に直接散布され、さらに交通荷重の繰返しによる疲労が加わるため、他の構造物以上に高耐久化を図り適切な維持管理を施さなければならない。また、コンクリート舗装は国内における舗装全体の 5%程度のシェアに留まっており、その既設面積の少なさからも材料劣化や疲労を含む耐久性を評価した研究例は少ない現状である。

他方、既往の研究により、フライアッシュ(FA)を混和材として用いたコンクリートは、ASR の抑制効果およびコンクリートの遮塩性を高めることが明らかとされており、近年では、凍結防止剤散布下における材料劣化対策として、フライアッシュ(FA)を混和したコンクリート床版の施工事例が増加している。著者はこれまでに、FA コンクリート床版の施工性および耐久性評価を経験しており、FA コンクリートを舗装材料に適用できると考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、凍結防止剤散布下において促進される材料劣化および疲労に対して高い抵抗性を有するコンクリート舗装材料の開発である。本研究では先ず、従来のコンクリート舗装配合に FA を添加したコンクリートについて所定のフレッシュ性状を満足するように配合選定を実施した。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(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(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(それぞれ N+ACX、N+FA+ACX)の計 4 条件である。本研究では、コンクリートのフレッシュ性状の目標値として、スランプを $5.0 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ 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。その後、選定した配合を基に各種耐久性、強度発現性、耐摩耗性、耐疲労性を評価し、従来のコンクリート舗装よりも高耐久な舗装材料を提案した。

表-1 コンクリートの配合

ID	W/C (%)	s/a (%)	単体量(kg/m ³)					混和剤(C×%)					スランプ (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

3. 研究の方法

前述した 4 配合の配合選定を実施した後、各種試験を行った。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 法に準拠して凍結防止剤散布を想定した凍結融解試験、ASR 抵抗性を評価する SSW 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 本取り付けた車輪を 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を試験前後の凹凸をレーザ変位計で計測して耐摩耗性を評価した。



写真-1 ラベリング試験装置

4. 研究成果

図-1 に凝結時間試験結果を示す。図より、ACX を混和した配合では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。また、FA を混和した配合はいずれも凝結時間を大幅に遅延させることはなく、通常のコンクリート舗装と同様の凝結時間を有することが示された。

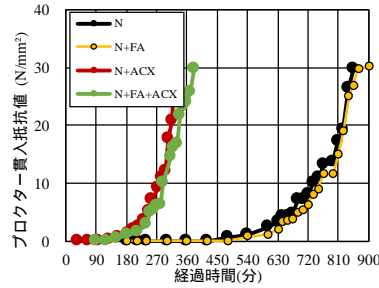


図-1 凝結時間試験結果

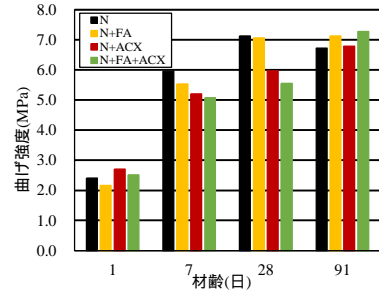


図-2 曲げ強度試験結果

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。

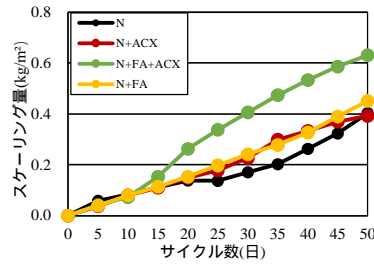


図-3 凍結融解試験結果

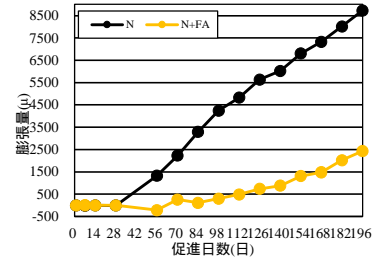


図-4 ASR 試験結果

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/m²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であった。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、既往の研究成果を踏まえると、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推察される。

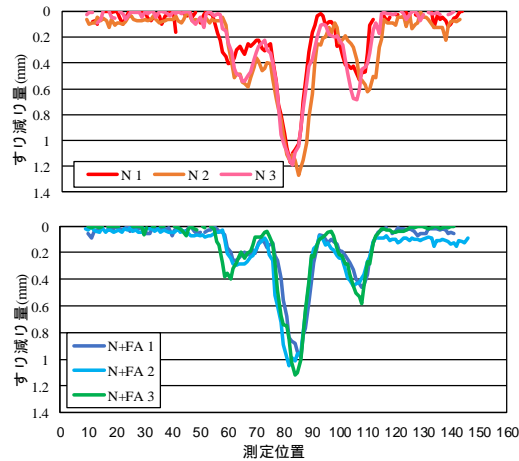


図-5 ラベリング試験結果

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 μ と顕著な膨張を示したのに対し、N+FA は 2400 μ 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 0.26cm²であったのに対して N+FA は 0.21cm²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。

本研究より、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。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菅野日南, 前島拓, 岩城一郎, 白井悠, 阿合延明
2. 発表標題 凍結防止剤散布下におけるフライアッシュコンクリート舗装の各種耐久性評価
3. 学会等名 令和2年度土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅野日南, 前島拓, 岩城一郎, 白井悠, 阿合延明
2. 発表標題 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
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会 第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------