

セメント原料としてリサイクル可能なフライアッシュコンクリート舗装の曲げ・疲労強度

山口大学大学院 学生会員 ○上野沙也加・牛尾 祐大
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇
 中国電力 正会員 福本 直

1. はじめに

コンクリートの諸性状を改善できることが広く知られているフライアッシュ（以下、FA と記す）は、コンクリート舗装へ大量使用することが期待できる。しかし、FA をセメント代替材として用いることで、早期交通解放が求められる道路舗装への適用が困難となる。本研究では、初期強度発現に寄与できる石灰石微粉末（以下、LP と記す）をFA とともに混和し、さらに石灰石起源の骨材のみを用いることで、次世代のセメント原料として活用できるコンクリート舗装の開発を試みる。セメント原料としての再利用の可能性を明らかにするため、本研究のFA コンクリートについて化学組成分析を実施した。表-1の成分分析結果からセメントの主原料である石灰石の代替になる可能性が示唆された。本研究では、セメント質量に対してFA を40%置換した舗装コンクリートの静的曲げ強度および曲げ疲労強度について検討する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究では、普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³，比表面積 3340cm²/g）を使用した。FA（密度 2.18g/cm³，比表面積 3440cm²/g）はJIS A 6201に規定されるII種相当であり、LP（密度 2.70g/cm³，比表面積 4500cm²/g）は200メッシュの一般市販品である。コンクリート塊がセメント原料としてリサイクルできるように、細骨材（密度 2.60g/cm³，F.M. 2.90，微粒分 2.4%）および粗骨材（密度 2.68g/cm³，F.M. 6.60，微粒分 0.53%）はいずれも石灰石起源のものとした。

一般的な舗装コンクリートに求められるフレッシュ性状（スランプ 2~6cm，空気量 4.5±1.5%）を満足するように、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤と高級脂肪酸系の AE 剤を用いて配合の調整を行った。コンクリートの配合を表-2に示す。セメント質量に対してFA を40%置換したFA 舗装コンクリート（No.1）を主対象とし、その比較用として、FA 無置換の舗装コンクリート（No.2），LP を混和しない舗装コンクリート（No.3）とした。

2.2 静的曲げ強度試験

JIS A 1106 に準じて静的曲げ強度試験（3等分点载荷）を行った。コンクリート打設後 20℃の養生室内に1日間静置した上で脱型し、試験材齢まで 20℃水中養生を施した。いずれのコンクリートについても、材齢 1，2，3，5，7，28，56，91 日において曲げ強度試験を実施し、さらに No.1 では 364 日でも試験を行った。

2.3 曲げ疲労試験

疲労試験では、150×150×530mm の角柱供試体を用いた。疲労試験を行う直前に練混ぜバッチごとに3体の静的曲げ強度試験を行い、各疲労試験における载荷荷重を決定した。载荷方法は3等分点载荷（JIS A 1106）とし、サーボバルブを用いた試験機を使用した。疲労試験の応力波形は、周波数 4Hz の正弦曲線変化とした。

表-1 コンクリートの化学成分 (%)

ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
38.98	4.54	1.64	0.59	52.89	0.41	0.21
Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Cl
0.05	0.06	0.089	0.14	0.02	0.07	0.004

表-2 配合表

No.	FA/cm	w/cm	W	C	単位量(kg/m ³)					
					FA	LP	S	G	SP	AE
1	0.40	0.33	110	200	134	50	820	1033	4.01	1.20
2	0.00	0.33	110	334	0	50	843	1062	4.68	1.23
3	0.40	0.33	110	200	174	0	820	1033	3.34	2.00

SP：高性能減水剤，AE：AE 剤

キーワード 舗装コンクリート，フライアッシュ，石灰石微粉末，静的曲げ強度，曲げ疲労試験

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL0836-85-9306

下限荷重を 7.84kN とし、修正 Goodman 線図を用いて下限応力を 0%へ修正した応力振幅を用いて試験結果を整理した。応力振幅は 0.67, 0.73, 0.78, 0.83, 0.88 の 5 水準に設定した。また、繰り返し载荷回数が 200 万回で破壊しない場合は、途中打ち切りとした。

3. 結果および考察

3.1 静的曲げ強度

初期材齢(1~7日)における静的曲げ強度を図-1に示す。本研究で主対象とした FA コンクリート舗装 (No.1) は、材齢 5 日で目標曲げ強度 4.5MPa を超過し、材齢 7 日では曲げ強度 4.8MPa に達した。コンクリート舗装は、現場養生を行った供試体の曲げ強度が配合強度の 70%以上を超過した時点で交通解放される¹⁾。No.1 は、材齢 2 日で交通解放できる強度 (3.5MPa) を超過している。なお、早強ポルトランドセメントを使用した場合、現場養生を模した環境 (湿潤養生) において、材齢 1 日で曲げ強度 3.9MPa が得られた。図-1 から、LP を混和しない配合 (No.3) よりも LP を混和した配合 (No.1) の方が初期強度は高い傾向を示していることがわかる。各配合における材齢 7~91 日までの静的曲げ強度を図-2に示す。FA を 40%内割置換した FA 舗装コンクリート (No.1, No.3) の材齢 7 日の曲げ強度は、FA 無置換の舗装コンクリート (No.2) よりも著しく小さい。No.2 は、材齢 28 日以降の曲げ強度の増加はほとんどみられない。一方、No.1 と No.3 は、材齢 28 日以降も強度増進し、No.1 については材齢 364 日で No.2 の曲げ強度を上回っており、FA のポズラン反応による長期強度増進効果を示していることがわかる。

3.2 曲げ疲労試験

疲労試験から得られた S-N 曲線を図-3に示す。比較のため、小梁川ら²⁾が行った普通コンクリートおよび加藤ら³⁾が行った HVFA 舗装コンクリート (FA 置換率 50%) の各 S-N 曲線を併記する。本研究の FA 舗装コンクリートの 200 万回疲労強度は 0.71 となり、既往のコンクリートの曲げ疲労とほぼ同等と推測される。

4. おわりに

- (1) LP を混和した FA 置換率 40%の舗装コンクリートは、材齢 2 日で曲げ強度 3.5MPa を超過し、材齢 91 日では FA 無置換の舗装コンクリートの静的曲げ強度とほぼ同等になり、さらに材齢 364 日では上回った。
- (2) FA 置換率 40%の舗装コンクリートの 200 万回疲労強度は、既往の舗装コンクリートと有意な差異はなく、従来の曲げ疲労強度と同等と考えることができる。

参考文献 1) セメント協会 舗装技術専門委員会：早期交通解放が可能なコンクリート舗装に関する調査研究, p.2 (2007)； 2) 小梁川雅ほか：コンクリートの舗装版の曲げ疲労に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.372/V-5, pp.131-137 (1985)； 3) 加藤康弘ほか：HVFA 舗装コンクリートの曲げ疲労強度と P-S-N 曲線, 材料, Vol.56, No.6, pp.377-382, (2007)

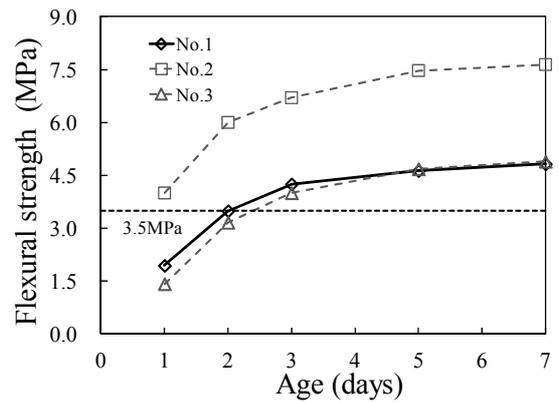


図-1 初期材齢における静的曲げ強度

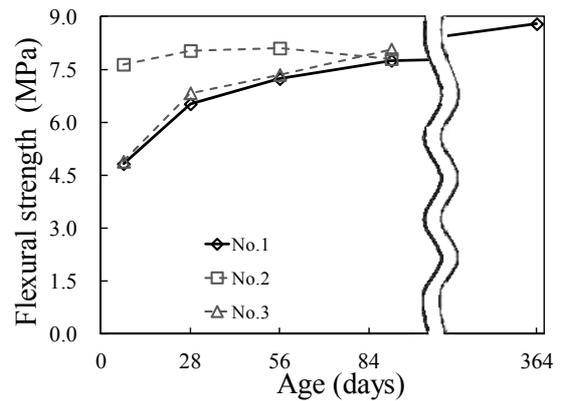


図-2 長期材齢における静的曲げ強度

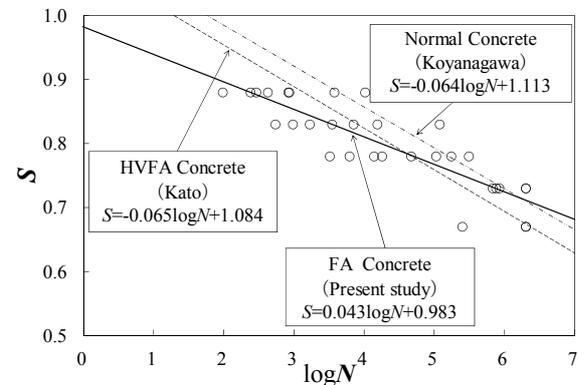


図-3 S-N 曲線