

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基礎的特性

山口大学大学院 学生会員 ○田中 裕隆
山口大学大学院 学生会員 荒野 浩輝

宇部興産 正会員 大和 功一郎
中国電力 正会員 福本 直
山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

我が国において比較的豊富な鉱物資源である石灰石は、その生産量の半分以上をポルトランドセメントの製造に用いられている。またセメント製造時には大量の炭酸ガスを排出することも広く知られている。温室効果ガスの主因となる炭酸ガス低減に寄与するため、本研究では、石炭火力発電の副産物であるフライアッシュ (FA) をセメントの代替材として大量に使用したコンクリートに着目した。さらに、資源の有効活用のため、すべての骨材に石灰石を用いることで、セメント原料としてリサイクルを可能となるコンクリートを主対象とした。ただし、FA をセメント代替材として大量に用いると、コンクリート中のアルカリ性が低くなり、長期的には鉄筋腐食の懸念もある。そこで本研究では、多くの鉄筋を必要としないコンクリート舗装への適用について検討した。これまでの研究ではスランプ 2.5cm 程度の硬練りコンクリート舗装について検討してきたが、施工性を改善するため、スランプ 6.5cm とするリサイクル可能な FA コンクリート舗装について、静的曲げ強度・曲げ疲労強度試験、ラベリング・すべり抵抗性試験を行い、その舗装としての基礎的性質を調べた。さらに、セメント原料としてのリサイクル性を検討するため、石灰石代替として試験後のコンクリート塊を用いて、セメントを試製し、その化学・物理的性質を調べた。

2. 実験条件

コンクリートの配合を表-1 に示す。水結合材比 (w/cm) は目標スランプを満足できる単位水量を基に 40%と定め、FA 置換率 (FA/cm) は既往の研究¹⁾と同様に 40%とした。静的曲げ強度試験・曲げ疲労試験では本研究の主対象となる配合 (FA40) とフライアッシュを混和していない配合 (FA0) を用い、ラベリング・すべり抵抗性試験、およびリサイクルセメントの試製では FA40 を用いた。

表-1 コンクリート配合

Mix. ID	FA40	FA0
FA/cm	0.40	0
w/cm	0.40	0.40
水 W [kg/m^3]	135	135
セメント C [kg/m^3]	202	338
フライアッシュ FA [kg/m^3]	136	0
細骨材 S [kg/m^3]	725	744
粗骨材 G [kg/m^3]	1138	1168
高性能 AE 減水剤 SP [kg/m^3]	1.86	1.52
空気連行剤 AE [kg/m^3]	1.22	0.01

3. 曲げ強度特性

(1) 静的曲げ強度試験

本試験では $100 \times 100 \times 400mm$ の角柱供試体を作製し、打設後 1 日で脱枠した後は水中養生を行い、2, 3, 7, 28, 91, 182 日の各材齢において試験を行った。

静的曲げ強度試験の結果を図-1 に示す。FA40 は FA0 より低強度傾向にあるが、材齢 28 日において舗装の基準となる曲げ強度 4.5MPa を満たしている。

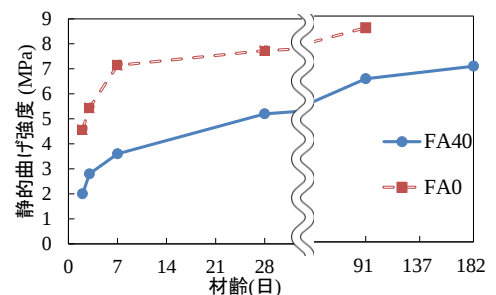


図-1 静的曲げ強度試験結果

(2) 曲げ疲労試験

本疲労試験では $150 \times 150 \times 530mm$ の角柱供試体を作製し、91 日の水中養生を行ったのち、十分に乾燥させた後に試験を行った。曲げ疲労試験の結果を下限荷重の影響を考慮するため修正 Goodman 線図を用いて下限荷重を 0%に修正し、 S_r-N 曲線として表したものを図-2 に示す。

キーワード フライアッシュ、石灰石骨材、リサイクル、コンクリート舗装

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院 創成科学研究科 TEL0836-85-9306

す。水結合材比 (w/cm) を 33%とした既往の研究¹⁾と比べると 200 万回疲労強度である疲労限度は 0.71 から 0.46 に低下する結果となった。

4. 摩耗特性

(1) ラベリング試験

本試験では往復チェーン型ラベリング試験機を用いて 150×50×400mm のラベリング用供試体の表面 (150×400mm) を摩耗損傷させ、レーザー型凹凸測定器によって 0 分、15 分、45 分、90 分時点での摩耗深さを測定した。

ラベリング試験の結果を図-3 に示す。90 分時点において、本試験結果は水結合材比 (w/cm) を 33%とした既往の研究²⁾の結果とほぼ一致していた。

(2) すべり抵抗性試験

本試験ではスキッドレジスタンステストとラベリング試験を行った後の供試体を用いて測定時間ごとにすべり抵抗試験を実施した。すべり抵抗試験の結果を図-4 に示す。水結合材比 (w/cm) を 33%とした既往の研究²⁾と比べると全体的に低い値となっているが、変化量はほぼ変わらないことが分かる。

5. リサイクルセメントの基礎物性

本コンクリート塊を用いてリサイクルセメントを試製したのち、化学成分の分析を行った。水結合材比を 33%とした既往の研究³⁾と比較した化学成分分析の結果を図-5 に示す。本リサイクルセメントは JIS R 5210 を十分に満足した既往のリサイクルセメント³⁾と同程度の値を示し、本コンクリートのセメント原料としてのリサイクルの可能性が窺えた。

また、試製した本研究のリサイクルセメントに物理試験を実施し、普通ポルトランドセメントの規格である JIS R 5210 (比表面積試験、凝結試験、圧縮強さ試験、安定性試験) を満足した。

本研究のリサイクルセメントは化学成分分析と物理試験により一般的なセメントと同等の物性を示したことから、本研究で主対象とした舗装コンクリートはセメント原料としてリサイクル可能であることが確認された。

6. 結論

- ・ スランプ 6.5cm とした FA コンクリート舗装の静的曲げ強度は、材齢 28 日で 4.5MPa を満足したが、同 2.5cm の FA コンクリート舗装に比べて曲げ疲労強度は低下した。
- ・ 水結合材比 40%とした FA コンクリート舗装の摩耗・すべり抵抗性は、同 33%の FA コンクリート舗装と概ね同等であった。
- ・ 化学・物理試験より、本 FA コンクリート舗装はセメント原料としてリサイクルできることが確認された。

【参考文献】 1) 時國ほか：石灰石微粉末を用いて初期強度を改善した FA 置換率 40%の舗装コンクリートの曲げ強度特性，材料，Vol.63，No.10，pp.710-715，2014。； 2) Yoshitake, I. *et al.* : Abrasion and Skid Resistance of Recyclable Fly Ash Concrete Pavement Made with Limestone Aggregate, *Construction and Building Materials*, Vol.112, pp.440-446, 2016。； 3) Yoshitake, I. *et al.* : Recyclability of Concrete Pavement Incorporating High Volume of Fly Ash, *Materials*, Vol.8, No.8, pp.5479-5489, 2015。

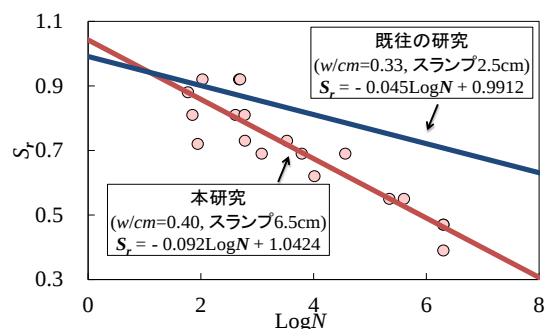


図-2 S_r - N 曲線

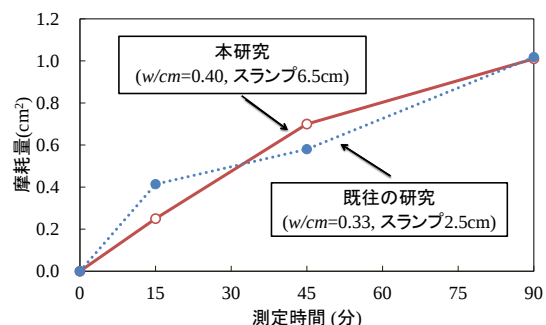


図-3 ラベリング試験結果

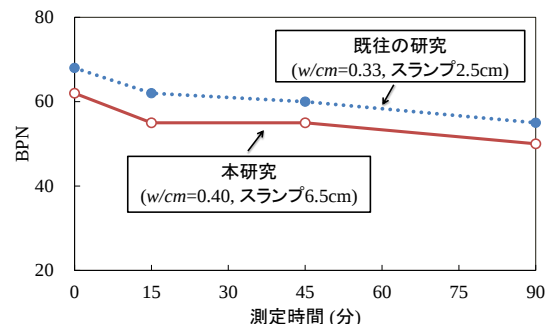


図-4 すべり抵抗試験

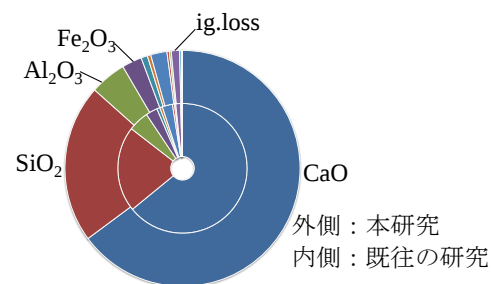


図-5 化学成分の比較