

FA コンクリートの乾燥収縮ひび割れ抵抗性に与える骨材種類の影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○久保勇登 五洋建設(株) 非会員 西尾孟
愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 正会員 河合慶有

1. はじめに

近年、天然骨材の枯渇化に伴い、良質なコンクリート用骨材の確保が急務となっている。また、国内においては循環型社会の推進に伴い、コンクリート用骨材に用いる代替材として産業副産物が注目されている。四国地域では銅の溶炉精錬の際に副産される銅スラグ(以下 CUS)が多量に発生している。CUS を使用したコンクリートは、乾燥収縮の抑制効果が報告されている¹⁾。また、石炭火力発電所等で副産されるフライアッシュ(以下 FA)を使用したコンクリートでは、ブリーディングの抑制効果及び長期強度の増加が期待できる。そこで本研究では、愛媛県内で採取されている代表的な 4 種類の骨材で作製したコンクリート供試体を対象として、CUS の混合使用及び FA の混和が乾燥収縮ひび割れ抵抗性に与える影響を把握することを目的として検討を行った。

2. 実験概要

(1) 供試体概要

表 1 に例として、本研究で作製したタイプ A の配合及び混和剤量、表 2 に使用材料及び物性を示す。配合は水結合比を 55%，細骨材率を 48%，単位水量は 175 kg/m³を基本とした。スランプ値及び空気量の目標値はそれぞれ 8±2cm、4.5±1.5%とした。CUS を使用したコンクリートでは細骨材容積のうち 30%を CUS で置換して使用した。粗骨材はタイプ A では G₁、タイプ B では G₂ 及び G₃、タイプ C では G₄ 及び G₅、タイプ D では G₆ 及び G₇を使用した。また細骨材はタイプ A では S₁、タイプ B では S₂、タイプ C では S₃、タイプ D では S₄を使用し供試体を作製した。供試体のタイプに関わらず FA を混和したコンクリートについては、FA を混和していない供試体の材齢 28 日における圧縮強度と同程度になるようセメント量及び細骨材量を調整した。

(2) 試験概要

乾燥収縮ひび割れ抵抗性試験では、図 1 に示すような拘束供試体を作製した。試験は日本コンクリート工学会で提案されているコンクリート収縮ひび割れ試験²⁾を参考にした。なお、供試体サイズを 550mm として試験を行った。拘束体である鉄筋は M33 のネジ節鉄筋の中央部の節を削り、厚さ 1mm のテフロンシートを巻き、付着を除去したものを使用した。試験区間の鉄筋中央部上下にひずみゲージを貼付し、データロガーでひずみの経時変化を記録した。なお供試体のコンクリート断面は 100mm×100mm の正方形断面である。供試体は各配合について 1 体ずつ作製し、打設後 1 日で脱型した後、材齢 7 日まで湿布養生とした。養生終了後に 20℃の恒温温室で乾燥を開始した。

表 1 配合 (タイプ A)

配合	W/C(%)	W/B(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)							C × %	
				W	C	FA	S _i	CUS _i	G _i		AE減水剤	AE剤
A-OPC	55	55	48	175	318	0	851	0	925		1.3	0.002
A-CUS30	55	55	48	175	318	0	596	347	925		1.0	0.000
A-FACUS30	59	47	48	165	281	70	587	342	912		1.5	0.002

表 2 使用材料及び物性

材料		物性等
セメント	C 普通ポルトランドセメント	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³ 、比表面積3340cm ² /g
フライアッシュ	FA 加熱改質フライアッシュ	密度2.23g/cm ³ 、強熱減量1.0%以下、比表面積(ブレン方法)約4200cm ² /g
スラグ細骨材	CUS ₁ 銅スラグ細骨材	表乾密度3.55g/cm ³ 、F.M.2.29、吸水率0.04%
	CUS ₂ 銅スラグ細骨材	表乾密度3.51g/cm ³ 、F.M.2.55、吸水率0.38%
細骨材	S ₁ 愛媛県東温市山之内産砕砂	表乾密度2.61g/cm ³ 、F.M.2.88、吸水率1.06%
	S ₂ 愛媛県西予市城川町嘉喜尾産砕砂	表乾密度2.65g/cm ³ 、F.M.2.67、吸水率1.68%
	S ₃ 愛媛県新居浜市阿島乙産砕砂	表乾密度2.58g/cm ³ 、F.M.2.89、吸水率1.63%
	S ₄ 愛媛県上浮穴郡高岡町榎之沢産砕砂	表乾密度2.53g/cm ³ 、F.M.2.74、吸水率1.63%
	G ₁ 愛媛県東温市山之内産砕石	表乾密度2.63g/cm ³ 、吸水率1.15%
粗骨材	G ₂ 愛媛県西予市城川町嘉喜尾産砕石5号	表乾密度2.71g/cm ³ 、吸水率0.66%
	G ₃ 愛媛県西予市城川町嘉喜尾産砕石6号	表乾密度2.70g/cm ³ 、吸水率0.94%
	G ₄ 愛媛県新居浜市阿島乙産砕石5号	表乾密度2.60g/cm ³ 、吸水率0.95%
	G ₅ 愛媛県新居浜市阿島乙産砕石6号	表乾密度2.59g/cm ³ 、吸水率1.08%
	G ₆ 愛媛県上浮穴郡高岡町榎之沢産砕石5号	表乾密度2.56g/cm ³ 、吸水率1.81%
	G ₇ 愛媛県上浮穴郡高岡町榎之沢産砕石6号	表乾密度2.54g/cm ³ 、吸水率1.72%

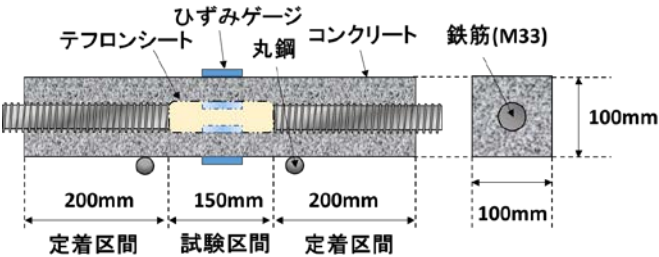


図 1 拘束供試体模式図

3. 実験結果

各供試体の乾燥収縮ひずみ(JIS A 1192-3)を図2に示す。タイプ A, B, C は砂岩骨材, タイプ D は安山岩骨材を使用した供試体の結果である。タイプ A, B, C では乾燥収縮ひずみが小さい順に, FACUS30, CUS30, OPC となっている。このことより, タイプ A, B, C においては, CUS を混合使用し FA を混和した際に明確な乾燥収縮ひずみの低減効果が認められる。タイプ D では乾燥収縮ひずみが小さい順に, OPC, CUS30, FACUS30 となり, 本研究の測定期間内では CUS の混合使用及び FA の混和による乾燥収縮ひずみの抑制効果は明確ではない。既往の研究³⁾の結果から, 香川県産の安山岩骨材を使用したコンクリートの乾燥収縮ひずみと比較すると, タイプ D の OPC 供試体の方が同じ測定期間における乾燥収縮ひずみの値が 12.2%程度小さくなっている。このことから乾燥収縮ひずみの小さいコンクリート供試体に対して CUS の混合率を 30%にした配合, また単位水量を減らし FA を混和した配合では, 乾燥収縮ひずみの低減効果が小さいことが考えられる。

次に図3に, 鉄筋ひずみから推定したコンクリート断面に生じた拘束応力と, 材齢 7, 28, 91 日に測定された引張強度の試験結果から対数近似によって推定された引張強度の経時変化を示す。タイプ A, B, C において CUS30 及び FACUS30 の拘束応力は OPC 供試体のひび割れが観察されるまでの期間において同程度または低い値となっている。これは乾燥収縮ひずみの測定値で見られた結果と同様の大小関係を示している。すなわち, コンクリートの乾燥収縮ひずみが低減されたことにより拘束応力が緩和されたと考えられる。各供試体の貫通ひび割れが発生した日数を比較すると, FA の混和により 40 日~57 日程度, ひび割れ発生までの期間が長くなっている。これは, 材齢の経過に伴い FA のポズラン反応により, 引張強度が増進しひび割れ抵抗性が向上したためと考えられる。なお, タイプ D は本実験の測定期間内ではひび割れは発生しなかった。

4. まとめ

タイプ A, B, C の砂岩骨材に対して CUS を混合使用(混合率 30%)し, FA を混和したコンクリートでは, 乾燥収縮ひずみの低減効果が顕著であった。このため拘束応力が緩和され, また材齢の経過に伴い FA のポズラン反応により引張強度が増進し, ひび割れ抵抗性が向上したことが示唆される。

参考文献

- 1) 仲井ら: 銅スラグ細骨材とフライアッシュを使用した乾燥収縮抑制コンクリートの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 1, 2015
- 2) 委員会報告: 混和材料から見た収縮ひび割れ低減と耐久性改善委員会, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, 2010
- 3) 村上ら: フライアッシュの混和が非鉄スラグを用いたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ抵抗性に及ぼす影響, 日本材料学会四国支部講演論文集, pp. 39-40, 2016

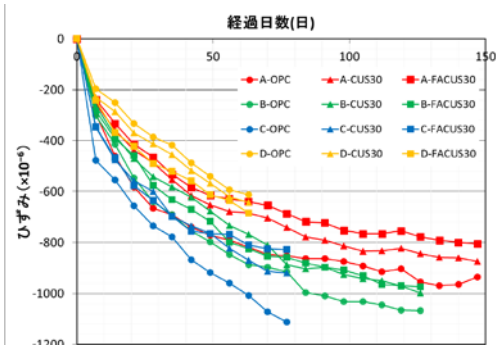


図2 乾燥収縮ひずみ

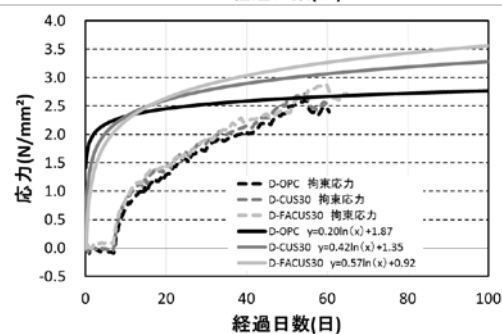
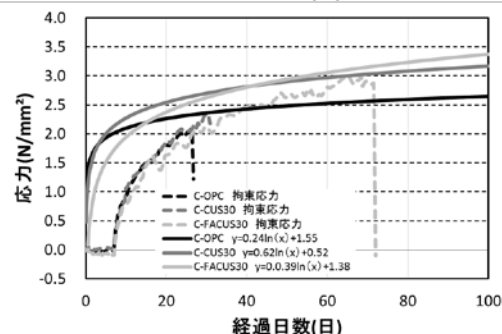
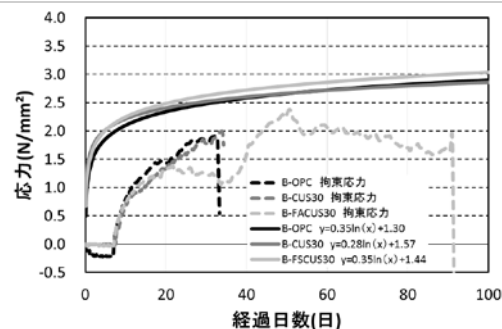
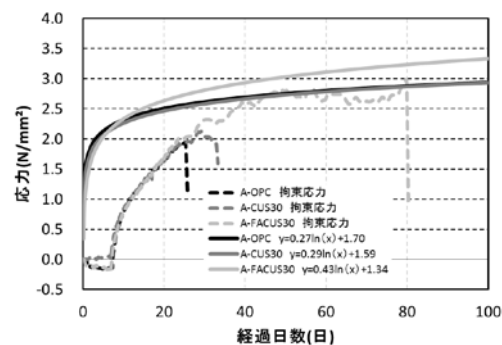


図3 拘束応力

(上からタイプ A~タイプ D)