

シリカ質混和材を用いたコンクリートの強度特性および耐久性に関する基礎的評価

石川島播磨重工業(株) 正会員 ○河野 豊 正会員 塩永 亮介
正会員 戸田 勝哉 池谷 眞也

1. まえがき

近年、社会的に産業製品の副産物などの有効利用が進んでいる中、コンクリート用シリカ質混和材としては、フライアッシュ・高炉スラグ・シリカヒューム等が主に用いられている。これら混和材を用いることで、初期発熱の抑制や長期強度増進などが期待されることは既往の研究等で知られているが、耐久性評価という面ではまだ課題が残されている。一方、著者らはごみ焼却灰溶融スラグ等の廃棄物材料のコンクリート材料への利用という面より、これら材料との併用を検討している。

本報告では、研究の一環として、天然骨材のみを用いて上記3種類のシリカ質混和材をセメントと置換したコンクリートについて、水セメント比を変えた試験体で、圧縮強度試験を行い強度特性を比較した。また耐久性評価として、透水試験および凍結融解試験を行い混和材の違いによる耐久性の比較検討を行った。

2. 実験概要

試験に用いたセメントと各混和材の物性を表-1 に示す。これら混和材のセメントとの置換率は、フライアッシュ 20%、高炉スラグ 40%、シリカヒューム 10%である。また、細骨材は砕砂（比重 2.60、吸水率 1.76%）、粗骨材は砕石（比重 2.67、吸水率 0.94%）のものを使用した。

表-1 各混和材の物性

材料	種類	比重	粉末度 (cm^2/g)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16	3,350
混和材	フライアッシュ	2.31	3,760
	高炉スラグ	2.92	6,000
	シリカヒューム	2.19	200,000

試験体のケースを表-2 に示す。混和材なしを含めた4種類について、水セメント比が45%、50%、55%、60%の試験体を作成した。コンクリートの配合は、スランプ $8 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4 \pm 1.5\%$ を目標値として、AE 減水剤により調整し決定した。なお、シリカヒューム置換のものについては高性能 AE 減水剤を使用した。試験体は脱型後、標準水中養生を行った。

表-2 試験体の種類

試験体名	混和材	水セメント比 W/C(%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
Op-45	なし	45	7.5	3.1
Op-50		50	8.0	4.3
Op-55		55	8.0	4.9
Op-60		60	6.0	3.2
Fr-45	フライアッシュ 20%置換	45	6.0	4.5
Fr-50		50	8.0	3.9
Fr-55		55	10.5	2.6
Fr-60		65	10.0	3.0
Sr-45	高炉スラグ 40%置換	45	9.5	4.0
Sr-50		50	8.0	2.5
Sr-55		55	8.0	2.9
Sr-60		60	10.0	2.5
Si-45	シリカヒューム 10%置換	45	8.5	3.0
Si-50		50	7.5	3.5
Si-55		55	6.0	3.2
Si-60		60	8.0	3.6

これらの試験体について、圧縮強度(3,7,28,91日)試験を行った。さらに W/C=55%の各4種については凍結融解試験を、W/C=45,50,55%の各4種については透水試験を実施した。凍結融解試験は、JIS A 6204 コンクリート用化学混和剤の附属書2 コンクリートの凍結融解試験方法に基づき実施し、質量測定及びたわみ振動の一次共鳴振動数の測定(JIS A 1127)を行い質量減少率と相対動弾性係数を求めた。また透水試験は、材齢 28 日の試験体についてインプット法¹⁾[$\phi 10 \times 4\text{cm}$ の試験体を 24 時間 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ で加圧透水]を用いて、浸透深さを測定し拡散係数を求めた。

キーワード：混和材、強度特性、耐久性

連絡先：〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地 TEL 045-759-2098 FAX 045-759-2183

3. 実験結果および考察

材齢 28 日におけるセメント水比と圧縮強度の関係を図-1 に示す。4 種類のコンクリートすべてについて、セメント水比と圧縮強度は直線関係となる結果が得られた。フライアッシュ混合のコンクリートについては、長期の強度は増加するが、材齢が 28 日と、若材齢であったため普通コンクリートより強度が低かった。

材齢と圧縮強度の関係を図-2 に示す。シリカヒューム混合及び高炉スラグ混合コンクリートは、混和材の比表面積が大きいため全体的に普通コンクリートよりも強度が高くなっている。フライアッシュ混合コンクリートは材齢 28 日では普通コンクリートよりも強度は低い、材齢 91 日では逆に強度は高くなっている。十分な湿潤養生をすれば長期の強度増加が期待できるという、混和材としてのフライアッシュの特性が現れる結果となった。

凍結融解抵抗性に関して各サイクル数における質量減少率及び相対動弾性係数の関係を図-3,4 に示す。質量減少率はフライアッシュの減少が最も大きく 300 サイクル近傍では 7%の質量減少率で、続いて普通コンクリートで 3%の質量減少率であった。高炉スラグ及びシリカヒュームは質量減少がほとんど無かった。相対動弾性係数はフライアッシュが若干少ない値となったが、ほとんど差はなかった。

透水試験の結果について図-5 に水セメント比と拡散係数の関係を示す。この結果もやはりフライアッシュ混合コンクリートの拡散係数の値が大きくなっている。材齢 28 日での試験であったため、ポゾラン反応が進行しておらず、水密性が劣る結果となった。一方、高炉スラグとシリカヒューム混合コンクリートは非常に水密性が良い結果となった。

4. まとめ

本研究では、シリカ質混和材を使用して、それぞれの耐久性の検討を行ったが、フライアッシュ混合コンクリートの若材齢での耐久性が低下することが明確になった。その他、高炉スラグ、シリカヒュームは若干ではあるが耐久性向上に効果が見られた。

【参考文献】

- 1) 笠井芳夫、池田尚治：コンクリートの試験方法（上・下）、技術書院出版
- 2) 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針、土木学会コンクリートライブラリー86

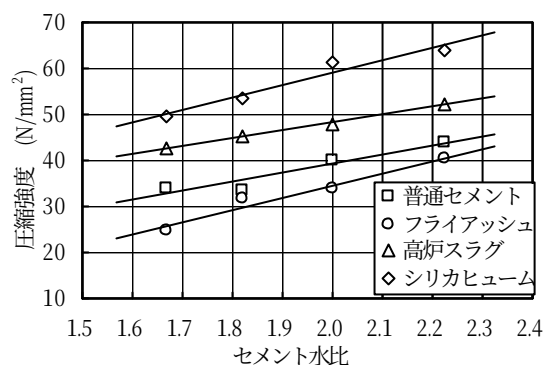


図-1 水セメント比と圧縮強度の関係

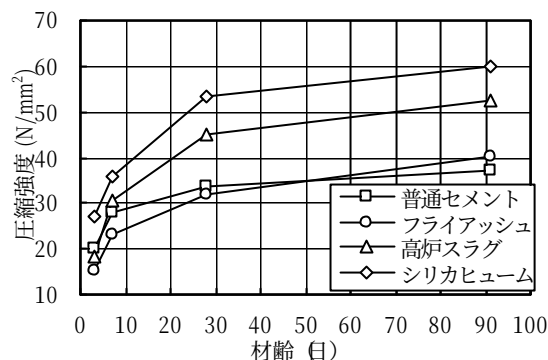


図-2 材齢と圧縮強度の関係

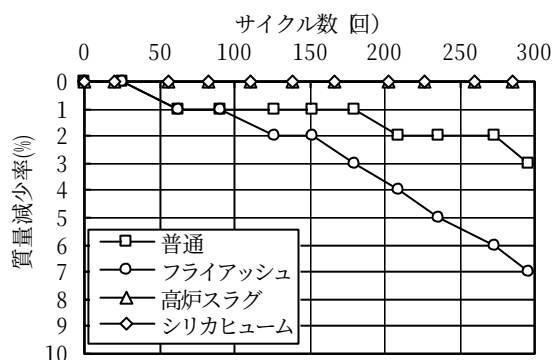


図-3 各サイクル数の質量減少率

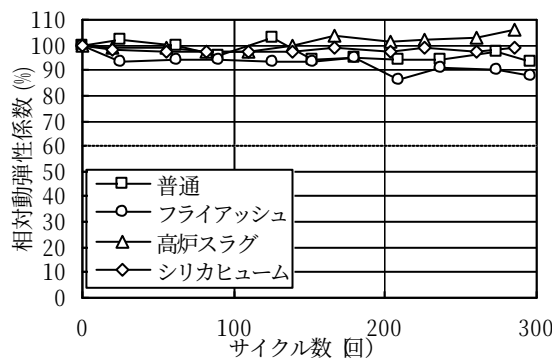


図-4 各サイクル数の相対動弾性係数

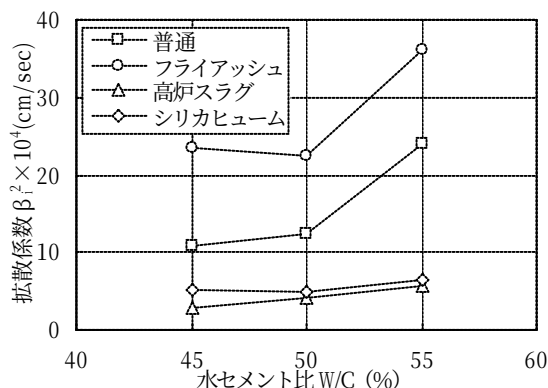


図-5 水セメント比と拡散係数の関係