

コンクリートの中酸化に及ぼすコンクリート用混和材料の影響

その1 実験計画と試験結果

正会員 ○下屋敷朋千* 同 鹿毛忠継** 同 棚野博之***
同 濱崎 仁**** 同 古賀純子** 同 土屋直子***

高炉スラグ微粉末 フライアッシュ 中性化
圧縮強度 養生 コンクリート

1. はじめに

副産物や再生材の利用促進や建築物の長寿命化を施策として推進する場合、そのメリットとなるべき評価指標（環境負荷の低減）や評価手法を具体的に示し、その有効性が広く認知される必要がある。一方で、副産材料や再生材料を使用したコンクリートは、一般のコンクリートと比較すると耐久性が劣る等の理由から、その利活用が進んでいないのが現状である。旧来よりコンクリート用混和材料として使用されてきた高炉スラグ微粉末やフライアッシュについても、それぞれの JIS や建築学会指針¹⁻²⁾等により、品質基準や使用規準等が示されているにも拘わらず、建築物への適用は進んではいない。

本研究では、コンクリート用混和材料のさらなる利用促進を図るための方策を提案するために必要な評価方法・評価基準ならびに使用規準の整備を目的に、代表的なコンクリート用混和材料である高炉スラグ微粉末やフライアッシュを対象とし、これらの最大の課題である中性化抵抗性の評価について、混和材料の置換率や養生条件等の影響について検討を行ったものである。なお、その1では実験計画と試験結果を、その2では、中性化速度に関する考察について述べる。

2. 実験計画

本実験で使用した材料を表-1に示す。実験の要因と水準を表-2に、養生条件を表-3に示す。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント (3社混合：平均密度 3.16g/cm ³)
細骨材	大井川産川砂（絶乾密度 2.52g/cm ³ ，吸水率 2.25%，F.M.2.63）
粗骨材	岩瀬産硬質砂岩砕石（5号,6号等量混合） 絶乾密度 2.63g/cm ³ ，吸水率 0.81%， 実積率 58.9%
混和材	高炉スラグ微粉末：D社製（粉末度 4000）， せっこうあり フライアッシュ：II種
化学混和剤	AE減水剤（No.70） 空気用調整剤（MA202）

調査は、単位粗骨材かさ容積を 0.580m³/m³ならびに AE 減水剤の使用量を標準使用量とし、目標スランプと目標空気量が得られるように単位水量と空気量調整剤を適宜調整した。目標スランプは 18±1.5cm、目標空気量は 4.5±1.0%とした。コンクリートの水セメント比（W/C）は、45、50、55%の3水準とし、混和材置換率（セメント置換、質量比）は、高炉スラグ微粉末で 20、43、60%、フライアッシュで 15、30%とした。

試験については、促進中性化試験は、□10×10×40cmの角柱供試体を作成し、CO₂濃度 5±0.2%として、JIS A 1153（コンクリートの促進中性化試験方法）に準拠して、促進材齢 13 週まで実施した。圧縮強度試験は、φ10×20cmの円柱供試体を作成し、促進中性化試験体と同様の養生を行い、JIS A 1108（コンクリートの圧縮強度試験方法）に準拠して実施した。なお、促進中性化試験は、標準水中養生を表-3に示す所定材齢まで行い、気中養生 4 週後に試験を開始した。圧縮強度試験は、所定の標準水中養生材齢および促進中性化試験開始材齢にて実施した。

表-2 試験の要因と水準（W/Cと置換率）

試験体	普通(N)	高炉スラグ(B)			フライアッシュ(F)		
	置換率(%)	20	43	60	15	30	
W/C (%)	45	○	-	○	○	-	○
	50	○	○	○	-	○	○
	55	○	○	○	-	○	-

表-3 試験の要因と水準（養生条件）

養生種類	標準水中養生の期間	促進中性化試験開始*
①	0W	4W
②	1W	5W
③	2W	6W
④	4W	8W
⑤	8W	12W
⑥	13W	17W

※促進中性化試験開始材齢＝標準水中養生+気中養生

3. 試験結果

図-1 に中性化速度係数と水セメント比との関係を示す。なお、凡例 N は普通ポルトランドセメント、B は高炉スラグ微粉末、F はフライアッシュを示し、あとの数字は混和材置換率を示している。(以下同様) 高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを使用したコンクリートの中性化速度係数に及ぼす水セメント比の影響は、混和材の有無や置換率により中性化速度係数の値は異なるものの、いずれも同様の傾向である。図-2 に中性化速度係数と混和材置換率との関係を示す。高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを使用したコンクリートの中性化速度係数は、水セメント比によらず、混和材置換率に比例して大きくなり、いずれの水セメント比でも同様の傾向がある。

図-3 に標準養生材齢 4 週でのコンクリートの圧縮強度と混和材置換率との関係を示す。高炉スラグ微粉末及びフライアッシュを使用したコンクリートの圧縮強度は、混和材置換率の増加に比例して、小さくなる。強度の減少傾向は、水セメント比によらず一定であり、フライアッシュの方が置換率の増加に伴う強度の減少傾向が大きい。なお、高炉スラグ微粉末の置換率 20%については、W/C50 および 55%ともに、強度発現が大きいことが確認された。図-4 に標準養生材齢 4 週でのコンクリートの圧縮強度とセメント水比との関係を示す。強度発現の傾向は、混和材置換率によらず一定の比例関係が確認される。

高炉スラグ微粉末の置換率 20%を除いて、混和材置換率の増加に伴い、強度は減少する。

図-5 に中性化速度係数 (B43 および F15) と標準養生材齢との関係を示す。養生期間の影響については、材齢 4 週以降は差異がないか、あるいは中性化速度係数が若干大きくなる傾向にある。これは、標準養生材齢が 4W 以降では、コンクリートとして十分な強度を発現することと、混和材の反応進行によるアルカリ性の消失が関連していると考えられる。また、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは、混和材置換率 43%の場合、4 週以前 (材齢の早い時期) の養生期間の影響が大きいことがわかる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：高炉スラグ微粉末を使用するコンクリートの調査設計・施工指針・同解説，1996.1
- 2) 日本建築学会：フライアッシュを使用するコンクリートの調査設計・施工指針・同解説，2007.10

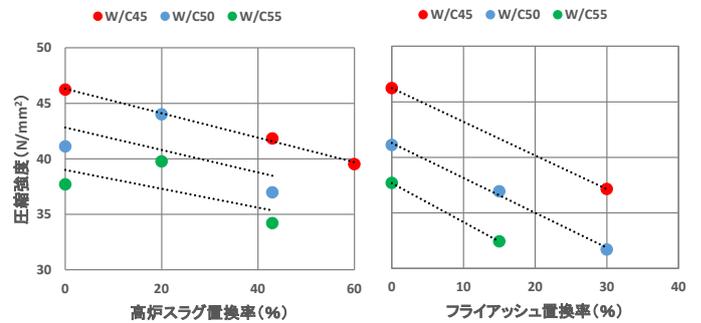


図-3 圧縮強度 (4W) と混和材置換率との関係

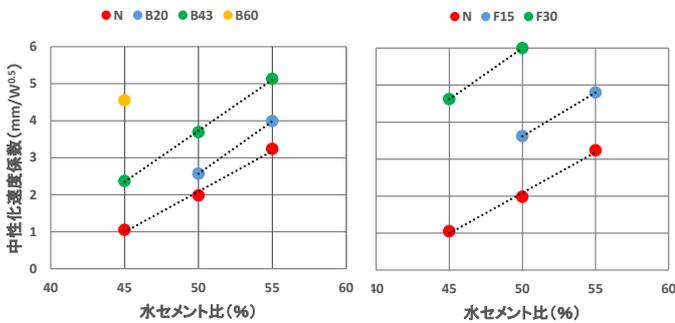


図-1 中性化速度係数と水セメント比との関係

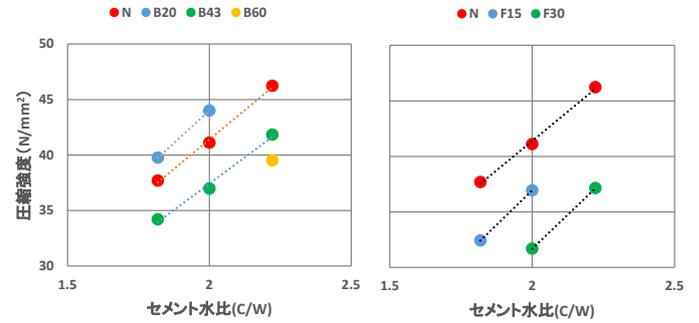


図-4 圧縮強度 (4W) とセメント水比との関係

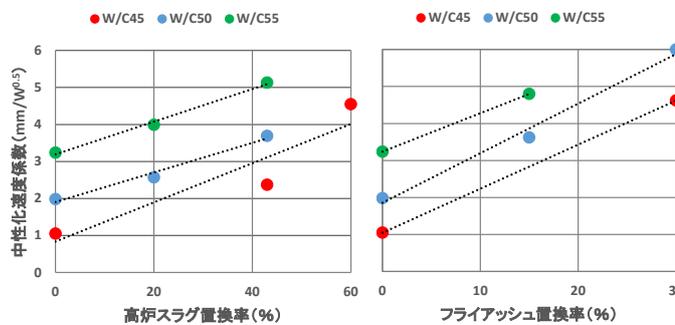


図-2 中性化速度係数と混和材置換率との関係

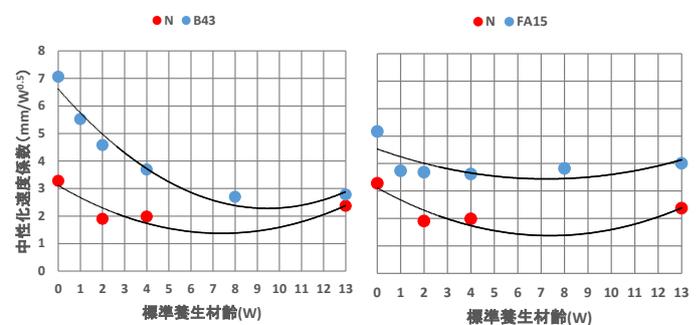


図-5 中性化速度係数と標準養生材齢との関係

*ベターリビングつくば建築試験研究センター

**国土技術政策総合研究所

***建築研究所

****芝浦工業大学

*Center for Better Living Tsukuba Building Test and Research Laboratory

**National Institute for Land and Infrastructure Management

***Building Research Institute

****Shibaura Institute of Technology