

FAⅡ種とⅣ種を細骨材補充材に使用したコンクリートの諸性状

高知工業高等専門学校 学生会員 ○芝沙矢香
 高知工業高等専門学校 正会員 横井克則
 徳島大学大学院 学生会員 福富隼人
 CDR コンサルタンツ 正会員 原田隆敏
 CDR コンサルタンツ 曾我部敏郎

1. はじめに

現在、石炭火力発電所では副産物であるフライアッシュが増加傾向にある。また、環境保全意識の高まりにより埋め立て処理用地の確保も困難になっており、フライアッシュの有効利用の拡大が急務となっている。一方、コンクリート中の約7割の体積を占める骨材を取り巻く情勢は、資源の枯渇化、環境保全による採取制限区域の拡大、ならびに良質な骨材の相対的減少による全体的な品質の低下等、深刻な状態にあり、天然骨材に代わる新たな材料の確保が課題となっている。本研究では、フライアッシュⅡ種およびⅣ種を10%細骨材補充材として使用したコンクリートの強度特性および耐久性について、普通セメントと高炉セメントの2種類のセメントを用いて比較、検討を行った。

2. 実験方法

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

セメントは、普通セメント(密度 3.16g/cm³、比表面積 3,390cm²/g)と高炉セメント B 種(密度 3.04g/cm³、比表面積 3,770cm²/g)の2種類を使用した。細骨材は、粗砂(石炭石砕砂、密度 2.66g/cm³、粗粒率 2.80)と細砂(除塩海砂、密度 2.61g/cm³、粗粒率 2.20)を使用し、フライアッシュは JIS 規格品のⅡ種およびⅣ種を10%細骨材補充材として用いた。粗骨材は、石炭石砕石 1505(密度 2.69g/cm³、粗粒率 6.15)と 2010(密度 2.69g/cm³、粗粒率 6.90)を使用した。

表 1 配合表

1505、2010 は骨材寸法 5～15mm、10～20mm のものをさす。混和剤として、ポリカルボン酸系の AE 減水剤とレジン系の AE 調整剤を使用した。本研究の配合表を

	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)								
			W	C	細骨材			粗骨材		AD	AE
					S1(砕砂)	S2(海砂)	FA	G1(1505)	G2(2010)		
N60	60	46.8	150	250	631	270	0	467	571	2.50	0.00
N60FAⅡ					814	0	79				1.50
N60FAⅣ							75				
BB60			145	242	634	272	0	470	574	2.42	0.00
BB60FAⅡ					819	0	79				1.45
BB60FAⅣ							75				

表 1 に示す。なお、配合名の N は普通セメント、B B は高炉セメント、F A はフライアッシュを示し、60 は水セメント比、Ⅱ、Ⅳ はフライアッシュの種類を示す。

2.2 試験方法

練混ぜは強制 2 軸練りミキサを使用し、粗骨材、セメント、細骨材、フライアッシュの順にミキサに入れドライミキシングした後、水および混和剤を投入し、2 分間練り混ぜを行った。養生方法は、コンクリート打設後は試験室内に 24 時間静置し、脱型を行ない、養生室で水温 20±2℃で所定材齢まで標準養生を行った。フレッシュコンクリートの性質として、スランプ試験は JIS A 1101、空気量試験は JIS A 1128 に準じて行った。硬化コンクリートの性質として、圧縮強度試験は JIS A 1108、凍結融解試験 A 法(水中凍結・水中融解)は JIS A 1148、長さ変化試験は JIS A 1129、促進中性化試験は JIS A 1153 に準じて行った。これらの試験の中で圧縮強度試験、凍結融解試験、長さ変化試験、促進中性化試験の試験結果および考察を示す。

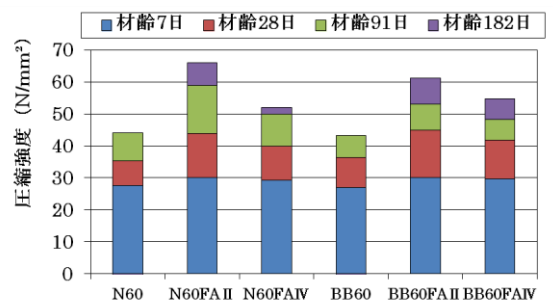


図 1 圧縮強度

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度

図1に圧縮強度試験の結果を示す。フライアッシュを細骨材補充材として用いることで長期強度が増進した。特にフライアッシュⅡ種を細骨材補充材として使用した配合はⅣ種よりも強度が大きくなった。その理由として、Ⅱ種はⅣ種に比べて比表面積が大きく粒子が小さいため、ポゾラン反応も活性化したと考えられる。また、Ⅳ種を使用したコンクリートも、用いないコンクリートよりも強度増加が確認できた。セメントの違いによる影響は、28日強度までは強度はほぼ同じ値となったが、材齢91日では高炉セメントより普通セメントの方が強度増進が大きくなった。これは、高炉セメントの配合はポゾラン反応と潜在水硬性によりコンクリート中の Ca(OH)_2 が減少することに起因していると考えられる。一方、材齢182日では高炉セメントの方が強度増進は大きくなった。

3.2 凍結融解抵抗性

図2に凍結融解試験の結果を示す。フライアッシュを細骨材補充材として用いることでフライアッシュ無混合のものより相対動弾性係数は大きな値となった。この理由として、フライアッシュ混入による材料の分散性向上により連行される空気が微細となったことが影響したと考えられる。また、相対動弾性係数は高炉セメントを使用した配合が大きく、高炉セメントの方が耐凍害性に優れていたことが分かる。

3.3 長さ変化率

図3に長さ変化試験の結果を示す。長さ変化率はすべての配合で 500×10^{-6} 以下となっていることが確認でき、乾燥収縮に対する影響は小さいと考える。次に、フライアッシュを細骨材補充材として用いることでフライアッシュ無混合のものより乾燥収縮を抑制できている。これは、フライアッシュを混入したことによるポゾラン反応で内部が緻密になりコンクリート中の水分の逸散が小さくなったと考える。フライアッシュⅡ種とⅣ種のフライアッシュの種類による長さ変化率への影響は小さかった。また、普通セメントより高炉セメントの方が長さ変化率が小さい傾向が確認できた。

3.4 中性化深さ

図4に促進中性化試験の結果を示す。普通セメントより高炉セメントを使用した配合は中性化深さが大きくなった。これは高炉セメントは普通セメントに高炉スラグ微粉末を混合した混合セメントであるため、セメント中のpHが元から低いこと、および潜在水硬性による Ca(OH)_2 の減少が理由として考えられる。また、フライアッシュを細骨材補充材として使用したことによる中性化深さへの影響は見られず、フライアッシュⅡ種とⅣ種の種類による中性化深さへの影響も小さかった。

4. まとめ

- (1) フライアッシュⅡ種を細骨材補充材として使用したN60FAⅡとBB60FAⅡの配合で強度が大きくなった。
- (2) 耐久性については、凍結融解抵抗性と長さ変化は高炉セメントにフライアッシュを細骨材補充材として使用したBB60FAⅡとBB60FAⅣの配合が効果的であり、中性化は普通セメントを使用した配合が適していた。

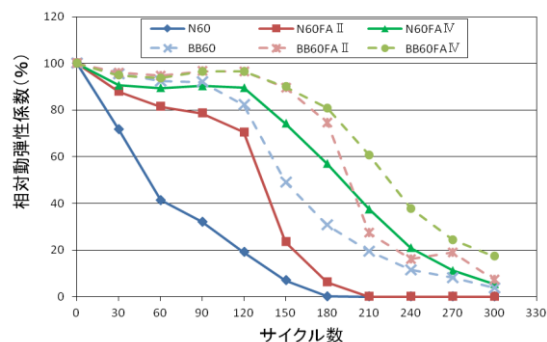


図2 凍結融解試験

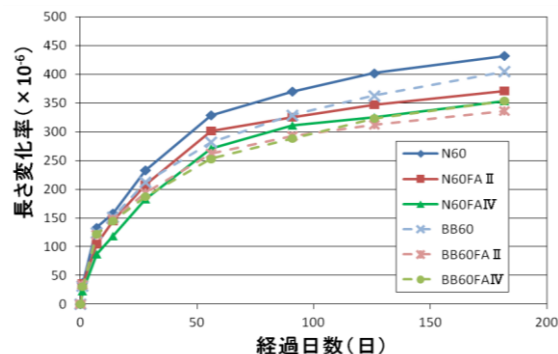


図3 長さ変化試験

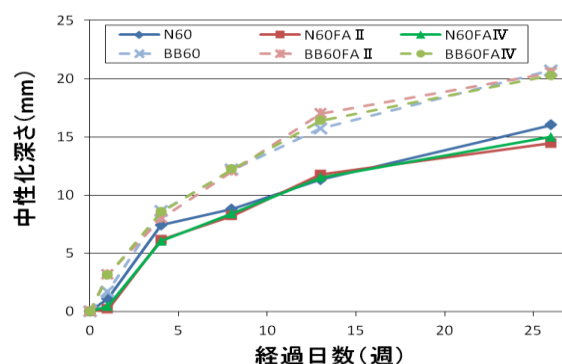


図4 中性化試験