

フライアッシュを多量混合した三成分系コンクリートの検討

五洋建設（株）正会員 ○水野 剣一 五洋建設（株）正会員 谷口 修
 五洋建設（株）正会員 今村 正 五洋建設（株）正会員 古賀 大三郎
 中部電力（株） 丹羽 強 中部電力（株） 伊藤 勇志

1. はじめに

近年では、フライアッシュ（以下、FA と略す）の排出量も増加傾向にあり、有効利用の方策拡大が急務となっている。また、高炉セメントにFAを混入した三成分系コンクリートによる研究がなされており、高炉セメントB種の20%程度をFAで置換した場合、高炉セメントB種と同等の塩分浸透抵抗性や圧縮強度が得られることや、温度ひび割れや乾燥収縮の低減効果があることなどが確認されている^{1),2)}。そこで本研究では、塩分浸透抵抗性が求められる海洋構造物のコンクリートにより多くのFAを混入するため、高炉セメントB種との置換だけでなく、細骨材との置換も行った三成分系コンクリートのフレッシュ性状や圧縮強度測定を実施し、方塊ブロックへの適用検討を行った。

2. 検討したコンクリート配合

配合方針は、FAをセメント置換(内割)と細骨材置換(外割)に分けて考え、圧縮強度の比較のために、内割分のFAを結合材とみなし、水結合材比を60%と一定とした。

なお、水結合材比を60%とした理由は、方塊ブロックに必要な圧縮強度18N/mm²を確保するためである。さらに、フレッシュ性状の比較のため、単位水量と混和剤量を一定として、FAの単位量や内割置換率を変化させた。試験配合を表-1に示す。施工箇所で使用されている細骨材には、高炉スラグ骨材と砕砂の2種類を使用しているため、FAの外割置換対象としては粗粒率の小さい高炉スラグ骨材とした(表-2)。また、比較のために、普通ポルトランドセメントを使用した配合も実施した。今回使用したFAはJISⅡ種であり、その主な物性値と各セメントの物性値を表-3に示す。

表-2 使用骨材

項 目	細骨材		粗骨材	
	高炉スラグ	砕砂	砕石2005	砕石4020
産 地	東海市	菅島産	菅島産	菅島産
粗粒率 また実積率	2.20	2.85	59.3	57.0

表-3 結合材の物性値

項 目	FA (JISⅡ種)	高炉セメント B種	普通ポルト ランドセメント
比表面積(cm ² /g)	3730	3900	3300
強熱減量(%)	2.10	1.71	2.66
フロー値比(%)	114	-	-
活性度指数 (%)	材齢28日	90	-
	材齢91日	101	-

表-1 試験配合

配合 No.	W/C	W/ (C+FA _I)	単位量(kg/m ³)											
			水	セメント		フライアッシュ			細骨材 (高炉スラグ)	細骨材 (砕砂)	粗骨材 (2005)	粗骨材 (4020)	AE減水剤 (高機能型)	AE剤
			W	C _{BB} 高炉セメ ントB種	C _N 普通ポル トランド	FA _I 内割 (置換率)	FA _O 外割	FA 合計	S1	S2	G1	G2	(C+FA _I)×%	(C+FA _I)×%
密度 (g/cm ³)			1.0	3.04	3.16	2.25			2.72	2.87	2.97	2.98	-	
1-1	75.0%	60%	165	220	-	55 (20%)	45	100	367	445	683	459	1.00%	0.12%
1-2					-		95	150	305					
1-3					-		145	200	245					
2-1	192			-	83 (30%)	17	100	400	445	680	453			
2-2				-		67	150	337						
2-3				-		117	200	277						
3-2	100.0%			165	-	110 (40%)	40	150	367	442	677	453		
3-3					-		90	200	307					
4-1	75.0%			-	220	55(20%)	95	150	305	448	686	459		
4-2	85.9%			-	192	83	67	150	340	445	680	456		
4-3				-	192	(30%)	117	200	280					

キーワード フライアッシュ, 高炉セメント, コンクリート, 三成分, 有効利用, 強度

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設（株） TEL 0287-39-2105

3. コンクリート配合試験結果

(1)フレッシュ性状: 経時変化を把握するため, スランブと空気量を練り混ぜ後から 20 分ごとに 60 分間測定した. なお, 室内温度 20℃, コンクリート練り上がり温度 20℃で試験を実施した. 図-1 はスランブ, 図-2 は空気量の測定結果であり, FA が 150kg/m³ の経時変化を(a), FA 量の比較を(b)に示す. スランブについては, セメント(内割置換率の小さい配合)や FA などの粉体量の多い配合ほど低下する傾向であった. また, No.3-2 では若干材料分離がみられ, No.1-3(内割 20%,FA 量 200kg)では粘性が高く打設が難しい状態であった. 空気量については, セメントの品種の違いでの影響が大きい. また, FA 量の影響も大きく, 高炉セメント B 種では FA 量が 50kg/m³ 増加するごとに約 0.5%の減少がみられる.

(2)圧縮強度: 標準水中養生した 28 日と 91 日の圧縮強度結果を図-3 に示す. 28 日強度では, FA の単位量による影響は, 高炉セメント B 種の 20%置換でやや違いがみられるが, 30%と 40%置換ではあまり違いがみられない.

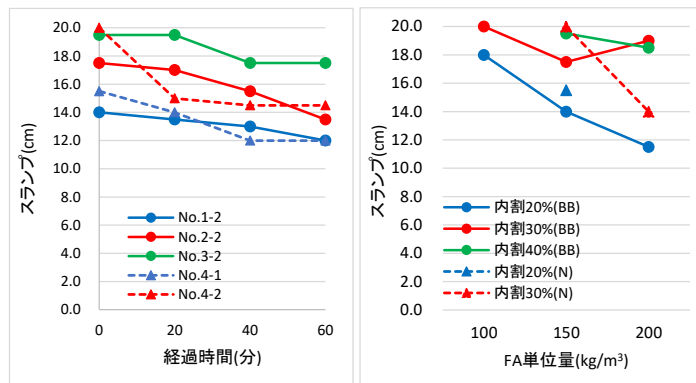
91 日強度では, FA の単位量による影響は, 100kg/m³ と 150kg/m³ を比較すると高炉セメント B 種の 20%置換, 30%置換ともに圧縮強度は約 5N/mm² の増加がみられる. しかし, 150kg/m³ と 200kg/m³ では同じ内割置換率では違いがみられない. そのため, 今回の場合は高炉セメント B 種では, FA 量を約 150kg/m³ 以上添加しても強度増進効果は期待できないと考える. 一方, 普通ポルトランドセメントの 30%内割置換では, FA 量を 150kg/m³ から 200kg/m³ へ増加することで約 5N/mm² の増加がみられた.

4. まとめ

FA を多量混入した三成分系コンクリートのフレッシュ性状と圧縮強度を検討した. その結果, 今回使用した FA(JIS II種)では, スランブは粉体量の多い配合ほど低下する傾向であり, 空気量はセメントの品種の違いや FA 量が 50kg/m³ 増加するごとに約 0.5%の減少がみられた. また, 今回の場合は高炉セメント B 種では FA を 150kg/m³ 以上添加しても強度増進効果は期待できないと考えられる. なお, 方塊ブロックの実施配合は, 施工の都合上 28 日で 18N/mm² 確保する必要があったため, 普通ポルトランドセメントの No.4-3 で実施した.

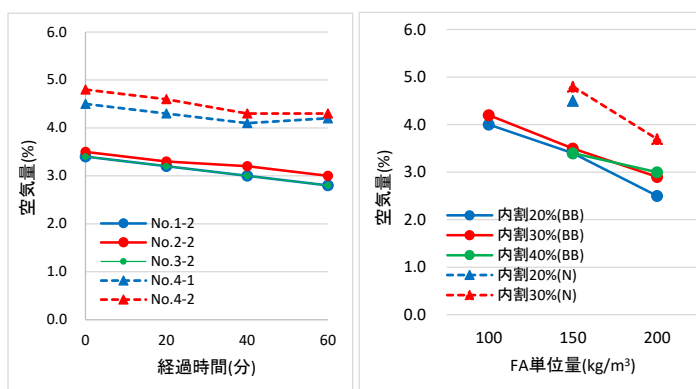
参考文献:

- (財) 福井県建設技術公社: 「フライアッシュ混合型高炉セメントコンクリート」(温度ひび割れ・乾燥収縮ひび割れ低減型コンクリート) 配合・製造および施工指針 (案), 平成 19 年 3 月
- 久徳貢大, 武若耕司, 江口康平, 山口明伸: 高炉セメントにフライアッシュを混合した三成分系コンクリートの複合劣化環境下における耐久性に関する実験的検討, 土木学会年次学術講演会 V-143, 2012 年



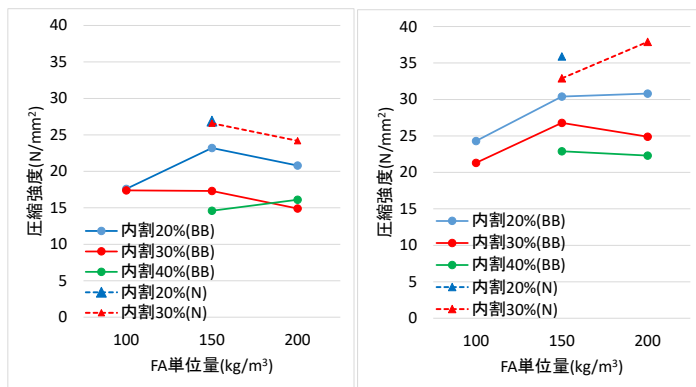
(a)経時変化(FA150kg/m³) (b) FA 量の比較(練り混ぜ後)

図-1 スランブ



(a)経時変化(FA150kg/m³) (b) FA 量の比較(練り混ぜ後)

図-2 空気量



(a)材齢 28 日

(b) 材齢 91 日

図-3 圧縮強度