

フライアッシュコンクリートの統一的配合設計に関する研究

福岡大学 学生会員 ○ 中山広仁 福岡大学 正会員 楠貞則
 福岡大学大学院 正会員 添田政司 福岡大学 フェロー 大和竹史

1. はじめに

フライアッシュコンクリートの配合設計には、構成材料が同一にも関わらず、セメント及び細骨材に対して FA の置換方法が異なる内割、外割の考え方があり¹⁾。今後、FA の利用を更に拡大するためには、内割、外割の概念に捉われないこと、FA の性能を活用した利用しやすい統一的配合を提案することが有効と考えられる。本研究は、FA を単位混和量で整理した統一的配合手法の提案を目的に、この単位 FA 量がコンクリートの配合及び硬化性状に与える影響について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm³, 比表面積 3280cm²/g) を使用した。FA は、JIS II 種 (密度 2.26g/cm³, 二酸化けい素 62.1%, 強熱減量 2%, 比表面積 4050cm²/g, フロー値比 104%) を使用した。骨材は、細骨材に海砂 (密度 2.58g/cm³, 吸水率 0.96%) を、粗骨材に砕石 2005 (密度 2.57 g/cm³, 吸水率 1.11%) を使用した。混和剤は AE 減水剤と FA 用の空気量調整剤 (AE 助剤) を用いた。

2.2 配合及び測定項目

コンクリートの配合を表-1 に示す。コンクリートの配合は、W/C を 45, 55, 65, 70% の 4 水準変化させ、単位 FA 量を 0, 30, 60, 90, 120 kg/m³ の 5 水準変化させた。本研究の配合手法としては、先に単位 FA 量を設定し、予め試し練りにより決定した FA 無混和の最適配合から単位粗骨材量を一定とし、所定のスランブ (8±1.0cm) 及び空気量 (4.5±1.0%) を満足するように単位水量、単位セメント量、混和剤量の調整を行うことで単位細骨材量を求めた。測定項目は、フレッシュ性状試験として、スランブ試験 (JIS A 1101) 及び空気量試験 (JIS A 1128) を行った。硬化性状試験として、圧縮強度試験 (JIS A 1108) を材齢 7, 28, 91 日で行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 単位水量への影響

図-1 に単位 FA 量と単位水量の関係を示す。W/C=55, 65, 70% では単位水量が最小となる単位 FA 量が存在したが、W/C=45% では見られなかった。各 W/C の無混和を基準とした場合、FA 混合による単位水量の減水効果は、W/C=55, 65, 70% ではそれぞれ単位 FA 量が 45, 60, 90kg/m³ 以下で見られた。本研究で用いた配合手法において、定量的に減水効果が得られる単位 FA 量の範囲を把握することが可能であると考えられる。

福澤らは²⁾、FA の細骨材補充混和材の研究で水粉体容積比を用いて FA 外割混入率とその減水効果を検討している。本研究においても、FA 混入と単位水量の減水効果について、以下の式(1)の水粉体容積比より評価した。

$$\frac{V_w}{V_p} = \frac{W}{C + FA + S_{150\mu m}} \quad (1)$$

$\frac{V_w}{V_p}$: 水粉体容積比, W: 単位水容積, C: 単位セメント容積
 FA: 単位 FA 容積, $S_{150\mu m}$: 海砂 150 μm 未満の容積

表-1 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	W/B (%)	FA/B (%)	単位量 (kg/m ³)						AD	AE
				W	C	FA	S	G	AE		
45-0	45	45	0	168	374	0	750	1038	C × 0.25%	1.047	
45-30		42	7	171	380	30	704			7.410	
45-60		39	13	184	409	60	612			17.792	
55-0	55	55	0	168	306	0	804			1.040	
55-30		50	9	167	304	30	776			4.378	
55-60		46	16	170	310	60	727			6.789	
55-90	43	22	175	319	90	673	11.006				
55-120	40	26	183	333	120	609	17.682				
65-0	65	65	0	168	259	0	843			0.881	
65-30		58	10	166	256	30	817			3.610	
65-60		53	19	168	259	60	774			5.594	
65-90	48	25	171	264	90	727	8.712				
65-120	45	31	176	271	120	676	13.008				
70-0	70	70	0	168	240	0	858	0.720			
70-30		62	11	165	236	30	835	3.115			
70-60		56	20	166	238	60	797	5.141			
70-90	51	27	168	240	90	756	7.272				
70-120	47	33	172	246	120	707	14.760				

※ W/B, FA/B (B=C+FA)

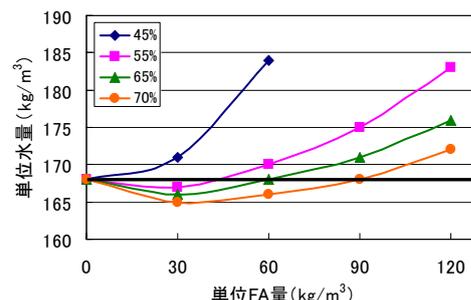


図-1 単位 FA 量と単位水量の関係

図-2に水粉体容積比と単位水量の関係を示す。 V_w/V_p が1.25以下になると単位水量が増加傾向を示し、減水効果が見られない。また、土木学会コンクリート標準示方書における単位水量の上限 175 kg/m^3 を満足するのは V_w/V_p が1.15以上であった。本研究の配合手法において、FAの混合による単位水量の低減効果を期待する場合、W/CによってFAの使用量が異なり、上限がある。この使用量は、W/Cだけではなく単位セメント量や細骨材の微粒分量等を把握すれば定量的に選定することが可能と考えられる。

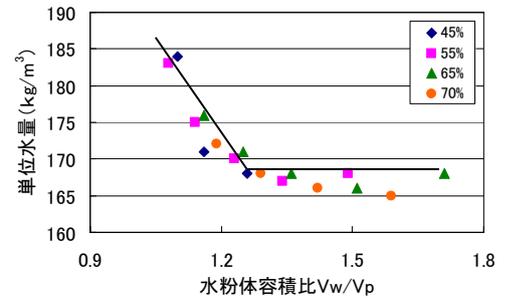


図-2 水粉体容積比と単位水量の関係

3.2 単位AE剤量への影響

図-3に単位FA量と単位AE剤量の関係を示す。W/C=70%の単位FA量 120 kg/m^3 を除いた全ての配合は、単位FA量の増加に伴い単位AE剤量がほぼ直線的な増加傾向を示し、単位FA量が同一の場合、W/Cが低いほど単位AE剤量は増加する傾向にある。FA/Bの割合が30%を超えるW/C=70%の単位FA量 120 kg/m^3 は、この直線的な傾向から外れ、急激にAE剤量が増加している。FA/Bの割合が高い場合のAE剤量について、今後詳細検討が必要である。

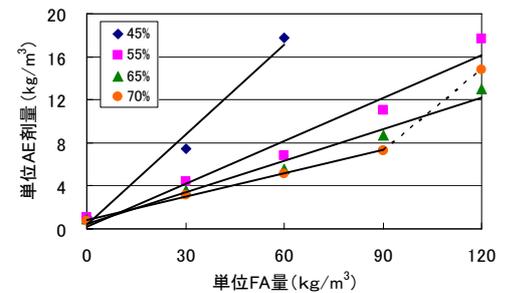


図-3 単位FA量と単位AE材量の関係

3.3 圧縮強度への影響

図-4に単位FA量と圧縮強度比の関係を示す。W/C=45%を除いた全てのFA配合は、初期材齢よりN配合に比べて強度が大きく、W/Cが大きいほど単位FA量の強度発現に与える影響が認められた。特に材齢28日以降の顕著な強度の伸びはポズラン反応が主な要因と考えられる。これに対し、W/C=45%のFA配合はいずれもN配合と同程度となっている。これはW/Cが一定にも関わらず、FA配合がN配合に比べてフレッシュ性状を確保するための単位水量が大幅に増加したためと考えられる。

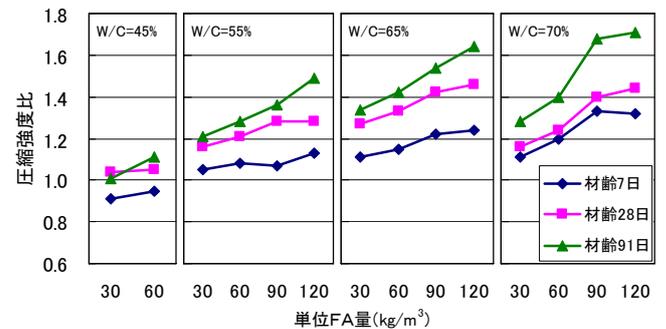


図-4 単位FA量と圧縮強度比の関係

図-5にB/Wと圧縮強度の関係を示す。一般に、圧縮強度はB/Wの一次関数で示される。各材齢の圧縮強度とB/Wの間には相関関係が見られ、本研究で用いた配合手法においても、圧縮強度は材齢別に式(2)、(3)、(4)のようにB/Wの一次関数で表されることが確認できた。この関係式からFAの特長であるポズラン反応を含む強度発現を定量的に推定することが可能であると考えられる。

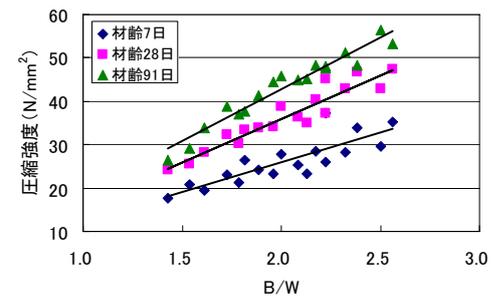


図-5 B/Wと圧縮強度の関係

4. まとめ

- (1) 各W/Cに単位水量を最小とする単位FA量を含め、減水効果が得られる単位FA量の範囲が存在する。
- (2) 単位FA量の減水効果は、水粉体容積比を用いて、定量的にその範囲を把握することが可能である。
- (3) 単位FA量の強度発現に与える影響は、W/Cが高いほど大きい。
- (4) 圧縮強度はB/Wと相関関係が認められ、これらの関係をもとに強度発現推定式を求めることができる。

$$\text{材齢7日 } f_c(7) = 13.7(B/W) - 1.5 \quad (2)$$

$$\text{材齢28日 } f_c(28) = 20.0(B/W) - 4.1 \quad (3)$$

$$\text{材齢91日 } f_c(91) = 23.8(B/W) - 4.9 \quad (4)$$

【参考文献】1) 土木学会：フライアッシュコンクリートを用いたコンクリートの施工指針(案)，コンクリートライブラリー94，1999.4

2) 福澤祥宏他：海砂の粒度およびフライアッシュの外割混入率がコンクリートの流動性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，