

高密度コンクリート用ペーストの配合に関する基礎的研究

九州工業大学大学院 学生会員 内大久保 清一
九州工業大学 フェロー 出光 隆・
九州工業大学 正会員 山崎 竹博

1. はじめに

コンクリートを構造材料として用いる場合、近年特に耐久性が重要視されるようになってきた。コンクリートをより完全な構造材料とするためには、より少ないセメント量で、耐久性を向上させるための高密度化した材料組成を有する高機能コンクリートを開発することが有効であると考えられる。本研究では、コンクリート用材料に加えて、セメントよりも粒子の細かい高炉スラグ微粉末、シリカフュームおよびフライアッシュなど、3種類の混和材と高性能 AE 減水剤を添加することによって、骨材空隙をより密実化したコンクリートの製造を試みた。

2. 使用材料

本研究では、通常ペーストに使用される水、セメントに加え、コンクリート用混和材料として JIS 規格値を満足する高炉スラグ微粉末:BF(比表面積 8000cm²/g)、フライアッシュ:FA (II種)、高性能 AE 減水剤:SP (標準形) 及び土木学会基準を満たすシリカフューム(比表面積 19 万 cm²/g):SF を使用した。

3. 実験概要

本実験では、Roth-fuchs 図式解法を用いて最密配合を仮定し、それを基に流動性及び強度が得られるよう最適水量を修正した(以下、これを最密配合と呼ぶ)。さらに、セメント量の低減及び高強度化を目的として、使用する混和材の配合割合を変化させて、流動性及び強度特性を調べるためフロー試験、曲げ・圧縮強度試験及び密度測定試験を行った。本研究で用いた配合を表 1 に示す。また、配合を定める為の図式解法の結果を図 1 に示す。水及び高性能減水剤の粒度分布は分子のスピンを考え、それぞれ 5~10 Å、20~200 Å 程度とした。

4. 結果及び考察

4.1 フロー試験

フロー試験結果を図 2 に示す。図 2 では水と高性能減水剤以外を全体とし、これに対する容積配合比をそれぞれ変えた場合のフロー値を示している。図 2 より、BF 及び FA とセメントとの粒度分布は類似しているため、置換量を変化させても流動性の変化は少ない。SF による置換では置換量の増加に伴って流動性は低下する。また、図中に黒棒で示す 0 打フローの小さいものも打撃を与えると白棒のように適度なフロー値が得られることから、施工性に関しては良好であるといえる。今回使用した配合では、全水量に対して超微粒子を大量に使用したにもかかわらず、通常ペーストと同等の高い流動性が得られた。これは、混和剤として用いた高性能 AE 減水剤の優れた分散効果が大きく寄与したためであると考えられる。

表 1 高密度ペースト配合表

配合 NO.	粉体容積比				重量 (g/l)					
	c/b	bf/b	fa/b	sf/b	C	W	BF	FA	SF	SP
0	0.17	0.40	0.11	0.32	325.9		708.4	150.6	428.5	
1	0.16		0.12		306.7			164.3		
2	0.14	0.40	0.14	0.32	268.4		708.4	191.2	428.5	
3	0.12		0.16		230.1			219.2		
4	0.16			0.33	306.7				441.8	
5	0.14	0.40	0.11	0.35	268.4		708.4	150.6	468.6	
6	0.12			0.37	230.1	323.2			495.4	71.6
7	0.16	0.41			306.7		726.1			
8	0.14	0.43			268.4		761.5			
9	0.12	0.45	0.11	0.32	230.1		797.0	150.6	428.5	
10	0.18	0.39			345.1		690.7			
11	0.20	0.37			383.4		655.3			
12	0.22	0.35			421.8		619.9			

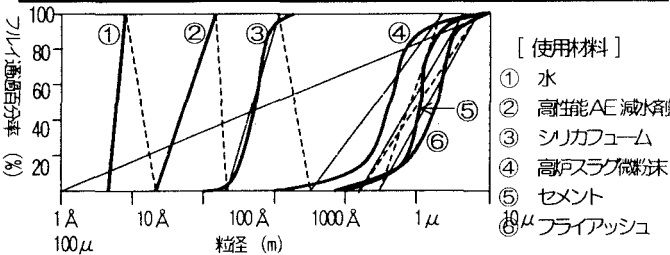


図 1 配合決定図表

4.2 曲げ・圧縮強度試験

配合 N0.1~12 の曲げ及び圧縮強度試験結果について最密配合 (N0.0) との強度比を算出したものと粉体比の変化量との関係を図 3 に示す。図 3 より、混和材の置換により材齢初期での強度は配合 N0.0 と比較すると低下しているが、通常のペーストと比べると材齢 7 日で約 2.5~4 倍、28 日では約 1.5~2.5 倍程度の高い強度が発現し

た。早期で高強度が発現し、材齢に伴う強度の伸びは小さいものの、シリカ質微粉を使用しているために、混和材への置換によってセメント量が低下したものの材齢が長期に及ぶと強度は向上するという結果となった。

4.3 密度測定試験

密度に関しても、構成粒子の粒度分布による影響が大きいため、測定密度と配合から算出した理論密度(基準密度)との誤差を密度誤差として、両者の関係を図 4 に示す。また、密度の誤差と 28 日圧縮強度の関係を図 5 に示す。

図 4 より、SF は粒子が微細なため供試体内部の空隙を充填し、誤差が 1%前後で最大でも 2%に達しない程度であった。また図 5 より、誤差の増加に伴って圧縮強度は低下していることが分かった。これは密度誤差が大きいものは空隙が多いことから、その空隙量が強度に影響を及ぼしたことが原因であると考えられる。また図 4,5 より、最大強度は必ずしも最大密度とは一致しないことがわかった。

5.まとめ

本研究から高密度コンクリート用ペーストに関して以下に示すような諸特性が得られた。

- (1)高密度ペーストの流動性は、構成材料の表面性状に関係なく粒度のみに依存する。そのため、高性能 AE 減水剤の分散効果を用いれば超微粒子等で微細空間を充填することによって流動性の高いペーストの作製が可能となる。
- (2)構成材料の比重などにより最大密度が最小空隙率(水隙を含む)とはならないため、ペーストの最大強度は必ずしもペーストの最大密度とは一致しない。
- (3)高密度ペーストは圧縮強度が通常ペーストよりも比較的高く、早期に高強度が発現しその後の伸びは小さいものの、材齢 7 日でセメントの JIS 規定 28 日強度の約 1.5~2 倍程度を発現することが可能である。
- (4)高密度ペーストの強度は構成される固体粒子を結合する水和物の抄出と、固体間の空隙量に依存する。従って、混和材の置換率が大きくなりセメント量が大幅に減少すると、初期強度は低下するが、シリカ質微粉を用いた場合では長期材齢を経た後に高い強度を発現する。

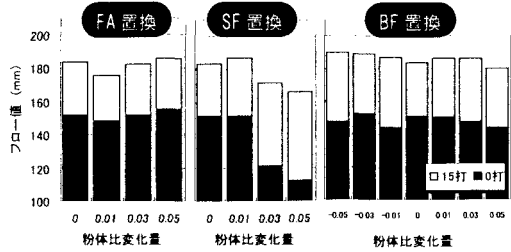


図 2 フロー試験結果

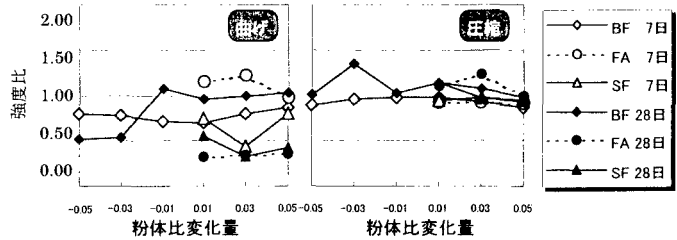


図 3 曲げ及び圧縮強度比 SF 含む後

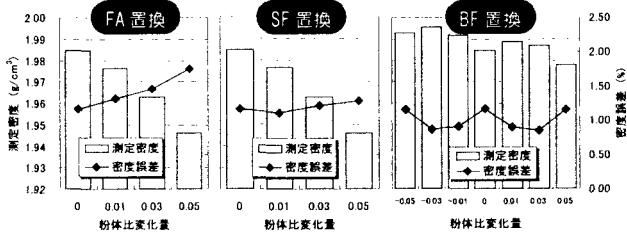


図 4 密度と誤差の関係

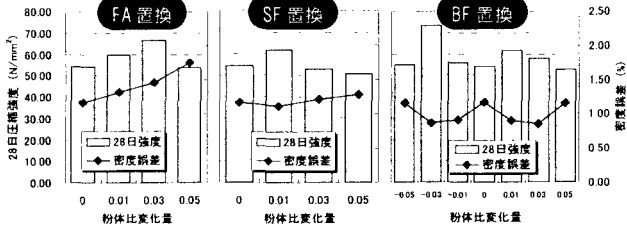


図 5 誤差と 28 日圧縮強度の関係