

複合系材料を用いた環境負荷低減型コンクリートの基本特性に関する研究

宇都宮大学 藤原 浩已

宇都宮大学 丸岡 正知

宇都宮大学大学院 山梨 泰斗

○宇都宮大学 船川 真広

1.はじめに

1.1 研究背景

世界では約 25 億 t のセメントが生産され、その二酸化炭素排出量は約 18 億 t と推察され、人為的二酸化炭素排出量の 6% にもなっている。今後、発展途上国におけるセメント生産量の増大が予測され、2050 年の年間生産量が 50 億 t 余に達すると推定されている。

このような背景の下、著者らはセメント量を低減させ、ポゾラン物質のフライアッシュ微粉末と、潜在水硬性を有する高炉スラグ微粉末を用いることにより、圧縮強度 80N/mm² を超える高強度コンクリートを実現することを目的とした研究に着手した。

1.2 研究概要

本研究では、一般の高強度コンクリートに用いられるセメント及びシリカフュームを使用せず、産業廃棄物の再利用促進のため、低品質フライアッシュ及び低粉末度高炉スラグ微粉末を主材料とした、環境負荷低減型コンクリートを開発することを目的とした。

そこで環境負荷低減型コンクリートにおける各種混和材料の最適な種類及び混合割合を検討するために、モルタルにおいて基本性状確認試験を行った。

2.各種混和材料の種類及び混合割合の検討

2.1 使用材料

本研究で用いた使用材料を表 1 に示す。主材料として、ポゾラン物質であるフライアッシュ（JISIV 種規格品）、また、潜在水硬性を有する高炉スラグ微粉末（ブレン比表面積 4000 cm²/g）を用いた。さらに自己収縮抑制の目的で無水石膏を用いた。また、セメントを無混和とした場合、Ca(OH)₂ が生成されず、ポゾラン反応が抑制されると考えられる。そこで、本研究ではブレン比表面積が 45 m²/g で、反応性が高いと予想される多孔性高比表面積消石灰を混和し、ポゾラン反応の促進を図った。

2.2 粉体構成

本研究の配合条件は既往の高強度コンクリートに関す

る研究の配合¹⁾をもとに、水粉体比を 20%、砂粉体比を 32% とした。粉体構成を表 2 に示す。また、高性能減水剤添加率はモルタルフロー値が 250mm 程度となるよう調節した。表 2 において、No.1 を基本配合として、No.2 から No.7 においてフライアッシュと高炉スラグ微粉末の混合割合を変化させた。No.8 及び No.9 において無水石膏の混合割合を減少させた。No.10 から No.13 において多孔性高比表面積消石灰の混合割合を変化させた。

2.3 試験項目

2.3.1 フレッシュ性状

a)練り混ぜ時間

水及び高性能減水剤を加えて練り混ぜ後、モルタルが流動性を有するまでの時間を測定し、練り混ぜ時間とした。

b)モルタルフロー試験

「JIS R 5201-1997 セメントの物理試験方法」に準拠した。

c)空気量試験

「JIS A 1116-1998 フレッシュコンクリートの単位体

表 1 使用材料

材料	記号	材料名	密度
結合材 (P)	FA	フライアッシュⅣ種	2.20
	BS	高炉スラグ微粉末	2.90
	AG	無水石膏	2.90
	TK	多孔性高比表面積消石灰	2.40
水	W	上水道水	1.00
細骨材	S	大月市初狩町産砕砂	2.63
減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤	1.05
消泡剤	DF	ポリアルキレングリコロール誘導体	1.00

表 2 粉体構成

配合 No.	質量比(%)				
	FA	BS	AG	TK	FS
1	40	36	9	15	0
2	0	76	9	15	0
3	10	66	9	15	0
4	20	56	9	15	0
5	30	46	9	15	0
6	50	26	9	15	0
7	60	16	9	15	0
8	40	40	5	15	0
9	40	45	0	15	0
10	40	31	9	20	0
11	40	41	9	10	0
12	40	46	9	5	0
13	40	35	9	0	0

キーワード：二酸化炭素排出量抑制、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、無水石膏、多孔性比表面積消石灰

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科材料研究室 Tel.028-689-6211

積質量試験方法及び空気量の質量による試験方法（質量法）」に準拠した。

2.3.2 硬化性状

a)圧縮強度試験

「JSCE-G 505-1999 円柱供試体を用いたモルタルまたはセメントペーストの圧縮強度試験方法」に準拠した。また気中養生 1 日、20℃水中養生材齢 3 日、7 日、28 日、60℃温水養生材齢 7 日において測定を行った。

2.4 実験結果及び考察

2.4.1 フレッシュ性状

表 3 にフレッシュ性状の試験結果を示す。FA が増加するに伴い、SP 添加率及び練り混ぜ時間が増加する傾向が示された。FA が低品位なため、十分なボールベアリング効果が得られなかったことに起因すると考えられる。また AG 混合割合の変化に伴う、フレッシュ性状の変化の傾向は認められなかった。また TK の増加に伴い、SP 添加率が増加する傾向が示された。これは TK が多孔質であり、かつ高粉末度のため、水分の拘束が増加したことに起因すると考えられる。

2.4.2 硬化性状

a)圧縮強度試験

図 1、2、3 に FA、AG、TK 混合割合と圧縮強度の関係性をそれぞれ示す。

図 1 において、FA 混合割合が増加するに伴い、圧縮強度が減少する傾向が認められた。これは FA 混合割合の増加に伴い、BS 量が減少したことに起因すると考えられる。図 2 において、AG 混合割合が 5%において、最も圧縮強度が大きくなった。これは、BS と AG の割合に起因し、AG 混合割合 5%において、BS の反応に適した SO₃ 量となるためと考えられる。図 3 において、TK が増加するにしたがい、10%までは圧縮強度

の増進が見られる。しかし、10%をピークとして、それ以上混和した場合は、圧縮強度の増加は見られなかった。これは BS 及び AG との割合において、反応に必要なとする最適 Ca(OH)₂ 量が存在することに起因すると考えられる。

3 結論

本研究における結論を以下に示す。

- ・ FA、TK 混合割合の増加に伴い、流動性が低下する。
- ・ FA の増加に伴い、圧縮強度は低下する。
- ・ AG は BS との混合割合により、反応量が変化し、それに伴い、圧縮強度が変化する。
- ・ TK は BS 及び AG との混合割合により、反応量が変化し、それに伴い、圧縮強度が変化する。
- ・ BS 混合割合を大きくした配合では、80N/mm² 程度の圧縮強度が望める。
- ・ FA 混合率が大きい配合において、TK 及び AG を適切な量混和することで 60N/mm² 程度の圧縮強度が望める。

参考文献

1) 藤村ゆい：超高強度コンクリートの諸特性に及ぼす各種混和材料の影響に関する研究、宇都宮大学大学院博士課程修了論文（2006）

表 3 フレッシュ性状試験結果

配合 No.	SP添加率 (%)	モルタルフロー値 (mm)	練り時間 (min)	温度 (℃)	空気量 (%)
1	2.35	240	5.5	36.0	2.2
2	2.00	250	4.5	28.0	1.6
3	2.10	265	4.5	29.0	2.3
4	2.20	243	4.5	34.0	2.2
5	2.25	280	5	34.0	1.2
6	2.40	255	5.5	34.0	2.3
7	2.45	110	8.5	37.5	0.6
8	2.40	270	5.5	35.0	1.4
9	2.45	220	5.5	33.0	2.6
10	2.60	101	7.5	36.8	1.9
11	1.85	255	7.5	22.0	1.4
12	1.90	365	5.5	34.0	1.5
13	0.80	405	6	21.0	0.6

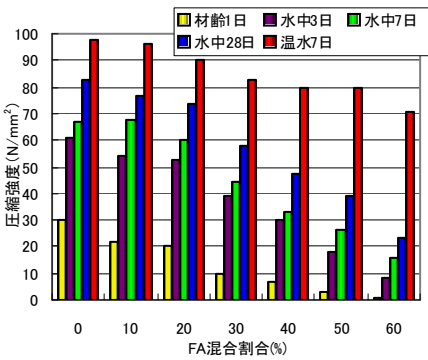


図 1 FA 混合割合と圧縮強度の関係

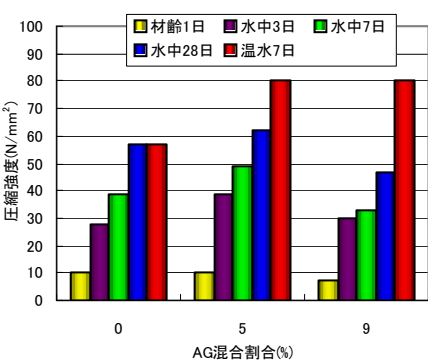


図 2 AG 混合割合と圧縮強度の関係

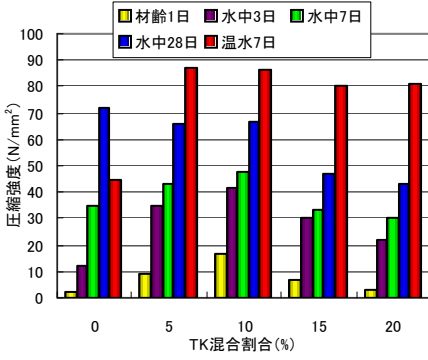


図 3 TK 混合割合と圧縮強度の関係

