

風砕スラグ混入によるコンクリートの高流動化

九州工業大学 学生員 山口英樹

九州工業大学 正会員 出光 隆

九州共立大学 正会員 高山俊一

九州共立大学 学生員 久田友也

1. はじめに

1989年、東京大学で「ハイパフォーマンスコンクリート」と名付けられた高流動性を有する締固め不要コンクリートが開発され⁽¹⁾、それを期に、この種のコンクリートに関する研究が活発化した。1990年、大成建設は東京大学の知見をもとに、増粘剤としてバイオポリマーを用いた締固め不要コンクリートを発表した⁽²⁾。これらのコンクリートの配合上の特徴は、一般のコンクリート用材料に流動化剤として高性能AE減水剤を、分離低減剤として増粘剤をそれぞれ加えていることと、粒径の細かいスラグやフライアッシュをセメントと置換して加えていることにある。フライアッシュは形状が丸く、コンクリート中でボールベアリングの働きをして流動性の向上に役立っている。しかしながら、フライアッシュの混入によってコンクリートの強度発現が遅くなるのは周知のことであり、また最近、排気ガス中のNOx規制から燃焼温度を低下させたため、カーボンの含有量が多くなっているという品質上の問題もある。

そこで筆者等は、球状の風砕スラグを細骨材の一部と置換することによってフライアッシュと同様の働きをさせ、フライアッシュを用いることなくコンクリートの高流動化を図ることとした。

2. 風砕スラグについて

風砕スラグは、フェロクロム製造時に発生するスラグを高風速で飛ばして丸みを帯びた粒状にしたものであり、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 HgO に富んでおり、製鉄・製鋼のスラグよりも非常に固い。この風砕スラグの粒径を表-1に、比重及び吸水率試験結果を表-2に示す。

表-1 風砕スラグの粒径

粒度 (mm)
5.0~2.5
2.5~1.2
1.2~0.6
0.6~0.42
0.42以下

表-2 風砕スラグの比重及び吸水率

項目	平均値
表乾比重	2.87
絶対比重	2.84
吸水率(%)	0.91
かさ比重	3.00
真比重	3.17

3. モルタルによる予備実験

フライアッシュを用いることなくコンクリートの流動性を高めるために、どれく

表-3 モルタルの配合

供試体 No.	砂：風砕スラグ (体積比)	水結合材比 (%)	単位量 (g/リットル)							
			水 W	結合材 P			細骨材 S		増粘剤	高性能 AE 減水剤
				セメント	高炉スラグ	フライアッシュ	砂	風砕スラグ		
1	10:0	33	246	224	224	298	1042	0	2.22	10.8
2	10:0		260	393	393	0	1196	0		
3	9:1						1076	135		
4	7:3						837	404		
5	5:5						598	673		

り割合で細骨材を風砕スラグと置換すべきかを調べる必要がある。そこで、まず、予備実験として風砕スラグと砂の体積比を表-3のように変化させてモルタルのスランプフロー試験を実施した。表-3のNo.1の配合は、(2)のコンクリートのモルタルであり、この配合が表-3中の全ての配合の基になっている。これらのモルタルについてスランプフロー、空気量、ブリージング率及び材令7日における圧縮強度と弾性係数の測定を行った。ただし、スランプフローは、フローコーンとして細骨材のドライ

表-4 モルタルの試験結果

供試体 No.	砂：風砕スラグ (体積比)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	ブリージング率 (%)		圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 ($\times 10^4$ kgf/cm ²)
				3時間後	最終		
1	10:0	40.2	1.6	8.8	3.8	215	2.09
2	10:0	40.9	2.0	0.3	0	358	2.65
3	9:1	41.2	0.6	2.9	1.4	354	2.84
4	7:3	44.5	1.6	1.7	0.6	319	3.05
5	5:5	43.4	0.2	0	0	428	3.02

コンシステンシー用のコーンを用い、試料をコーン内に2層に分けて入れ、各層ごとに10回ずつ突き棒で突いた。これらの試験結果を表-4に示す。表-4より、流動性、材料分離抵抗性等を判断すると、供試体No.5がモデルモルタルであるNo.1と同等の性質を有していると考えられる。そこで、このNo.5について実際にコンクリートを打設して諸性質を調べることとした。

4. コンクリートにおける検討

表-5 コンクリートの配合

打設したコンクリートの配合を表-5に示す。

同表中のNo.1は(2)と同じ配合を

供試体 No.	砂：風砕スラグ (体積比)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	s/a (%)	単量 (kgf/m³)								
				水 W	結合材 P			細骨材 S		粗骨材 G	増粘剤	高性能 AE 減水剤
					セメント	高炉スラグ	フライアッシュ	砂	風砕スラグ			
1	10：0	20	45	185	200	200	150	727	0	969	1.49	7.25
2	5：5				250	250	0	380	427	1012		

有するモデルコンクリートである。これらのコンクリートについて、スランプフロー、空気量の測定及び充填試験⁽²⁾を行った。充填試験は、図-1に示すU字型の試験装置を用い、U字容器の片側に詰めたコンクリートが芯間隔50mm(D13鉄筋)の配筋部を通過する場合の充填高さ：Hを測定するものである。これらの試験結果を表-6に示す。また材料分離抵抗性を判断する要素となる骨材の連行状況を調べるため、スランプフロー測定後、フローの中心部とフロー先端部から試料を採取して洗い試験を行い、骨材の分布状況を比較検討した。この結果を図-2及び図-3に示す。表-6及び図-2、図-3より、No.2は流動性、充填性、材料分離抵抗性において、No.1とほぼ同等の性質を有していると表-6

供試体 No.	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	充填高さ H (cm)
1	65.4	1.8	32.7
2	66.0	1.5	29.7

いえる。このことから、細骨材の体積の半分を風砕スラグで置換することによって、フライアッシュを用いることなくコンクリートの高流動化が実現できるものと考えられる。No.1とNo.2の材令7日、28日における圧縮強度及び弾性係数を表-7に示す。表-7より、風砕スラグを用いることにより、強度の高いコンクリートが得られることがわかる。

5. まとめ

- (1) 細骨材の体積の半分を風砕スラグで置換することによって、フライアッシュを用いなくてもコンクリートの高流動化が実現できる。
- (2) 風砕スラグを用いることにより、高い強度を有するコンクリートが得られる。

〔参考文献〕(1) 小沢一雅、前川宏一、岡村 甫：ハイパフォーマンスコンクリートの開発；コンクリート工学年次論文報告集、日本コンクリート協会、Vol.11, No.1, 1989 (2) 新藤竹文、松岡康訓、坂本 淳、リムック タグテムシクル：締固め不要コンクリートのフレッシュな状態における性状；土木学会第45回年次学術講演会講演概要集第5部、1990

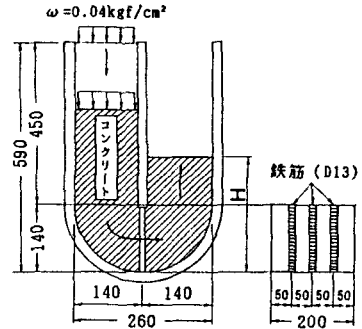


図-1 充填試験装置

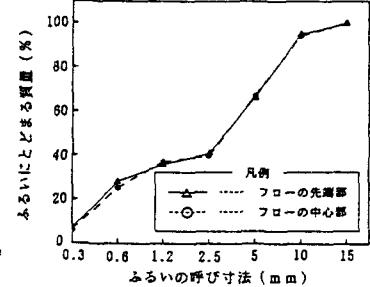


図-2 No.1の洗い試験結果

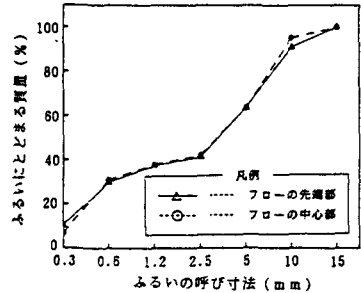


図-3 No.2の洗い試験結果

表-7 コンクリートの圧縮強度及び弾性係数

供試体 No.	圧縮強度 (kgf/cm ²)		弾性係数 (×10 ⁴ kgf/cm ²)	
	材令7日	材令28日	材令7日	材令28日
1	275	436	2.07	3.20
2	358	642	3.22	4.32