

竹中技術研究所 正会員 神山行男
 竹中土木 正会員 鈴木志朗
 竹中技術研究所 米田正剛

1.はじめに

通常のダムおよび現在までに施工されたRCDコンクリートにおいては、混和材としてフライアッシュがセメントの内割りで30%程度使用されている。しかし、より低コスト化する目的や、産業副産物を有効利用するためには、産業副産物の品質に与える影響や、その置換率について検討する必要がある。そこで本報告では、混和材として使用する産業副産物として、産地の異なるフライアッシュ3種類、粒度を調整した高炉スラグ3種類、石粉1種類の計7種類を用いて、その種類および置換率が、まだ固まらないコンクリートのワーカビリティおよび硬化コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響について検討した。

2.使用材料

本実験で混和材として使用する産業副産物は表-1の7種類である。他の使用材料については、セメントがN社製普通ポルトランドセメント、細骨材が碎砂と川砂の混合砂($\rho=2.60, P=1.31\%, FM=2.78$)、粗骨材が碎石($\rho=2.66, P=0.71\%, FM=7.09$)である。なお、混和剤はP社製AE減水剤を規定量用いた。

3.実験方法

コンクリートの配合は、RCDコンクリートで使用されている一般的な表-2の配合を基本とし、表-3に示す配合要因で変化させた。

実験では、40mmウェットスクリーニングに相当する配合を用い1バッチを45Lとした。練りまぜは強制練りミキサ(容量55L)を使用し、あらかじめ20°Cとした材料を同時投入して3分間練りました。VC試験は、練りまぜ直後に振動数3000rpm、振幅1.0mmで行う他に、実施工時の練りまぜから転圧までの時間差を考慮して、3時間後に振動数4000rpm、振幅1.0mmでも行った。また、圧縮強度試験用供試体は練りまぜ直後にVC試験機を用いて、振動数3000rpm、振幅1.0mmでそれぞれのVC値に相当する時間だけ締固めた。なお、試験材令は28日および91日とし、供試体本数は各3本とした。

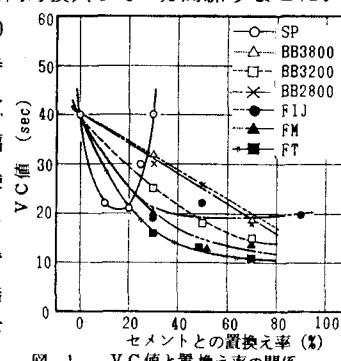


図-1 VC値と置換率の関係

表-1 混和材の種類

記号	混和材の種類	产地	他	比重	プレーン値 cm ³ /g	CFM
	普通ポルトランドセメント	N社製		3.15	3370	1.20
FIJ	フライアッシュ	D社製 JIS規格品		2.20	2780	1.33
FM	フライアッシュ	K社製 JIS規格品		2.20	4360	0.84
FT	フライアッシュ	D社製 JIS規格外品		2.20	—	1.08
BB3800	高炉スラグ	S社製 JIS規格品		2.91	3780	0.90
BB3200	高炉スラグ	〃		2.91	3270	1.08
BB2800	高炉スラグ	〃		2.81	2820	1.25
SP	石粉	硬質砂岩 0.3mm フルイで分級		2.78	—	2.40

表-3 実験の要因と水準

要因		水準
配合	混和材の種類	FIJ, FM, FT, SP BB3800, BB3200, BB2800
	セメントとの置換率(%)	0, 10, 20, 25, 30, 50, 70, 90
試験	VC試験時間	直後, 3時間後
	コンクリートの試験材令(日)	28, 91

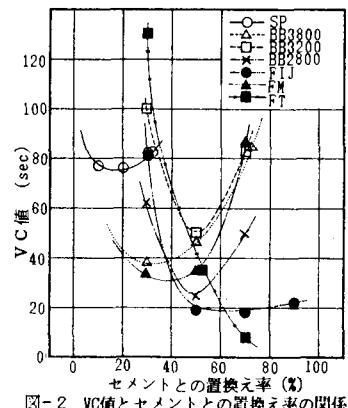


図-2 VC値とセメントとの置換率の関係

表-2 基本配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	空気量 (%)	水セメント比 (W/C + F) (%)	細骨材率 S/a (%)	セメントとの置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 P	
					水 W	セメント C	混和材 F	細骨材 S	粗骨材 G			
									80mm~40	40mm~20	20mm~5	
80	1.5	75	30	30	90	84	36	665	634	528	423	0.3

4.実験の結果および考察

練りまぜ直後および3時間後のVC試験結果を図-1および2に示す。

練りませ直後の試験結果において、石粉を除けば他の混和材で置換えたものは、その置換率を増せばワーカビリチーは増加する。しかし、3時間後の試験結果においては、直後の結果と異なり、通常用いられるフライアッシュによる置換が30%のものと比較すると、石粉以外では大幅に改善されるが、置換率を増加してもワーカビリチーが改善されない領域が現われ、置換の最適値が存在する場合もあることが分った。

次に、硬化コンクリートの圧縮強度特性について、材令28日および91日の圧縮強度とセメントとの置換率の関係について図-3および4に示す。これより材令28日の結果において、石粉およびフライアッシュは置換率を増すと、圧縮強度はほぼ同じ直線上で減少するが、高炉スラグでは、同じく直線的に減少するものの、その減少量は少ない。また、材令91日の結果において、石粉およびフライアッシュは材令28日と同様の傾向を示すが、フライアッシュが全体的に強度の発現が大きくなっている。高炉スラグでは、置換をしていないセメント単味のものと比較して、置換率70%では圧縮強度は多少小さめに出るが、それ以下の置換では同レベルか若干大きめにでている。

この理由として、本実験では単位水量一定のもとで行っているので石粉では、置換率を増すことは単位セメント量を減少させることであり、したがって水セメント比が増加するために圧縮強度は減少している。このことは、フライアッシュおよび高炉スラグについてもいえるが、フライアッシュにおいてはポジラン反応、高炉スラグにおいては潜在水硬性によって、石粉より強度の発現が大きくなつたと考えられる。強度発現率については、フライアッシュより高炉スラグの方が大きく、図-5からも分るように、高炉スラグでは材令28日で強度発現が大半終了し、それ以後ではセメント単味のものより若干高めであるのに対して、フライアッシュでは、材令28日ではほとんど発現しないが材令91日で大きく伸びている。また、フライアッシュにおいては産地および高炉スラグにおいては粒度の違いによる強度発現には有意な差異は認められたかった。

ここで、一例として堤高100mで基本三角形で設計された重力ダムで、変動係数を20%と仮定したとき配合強度は150kg/cm²前後となる。これを圧縮強度の下限値と考え、上記したまだ固まらないコンクリートのワーカビリチーの改善効果を考え併せると、現行ではフライアッシュを置換率30%で使用しているが、フライアッシュでは置換率を50%程度まで増すことができる。高炉スラグは、強度の点では全く問題がないが、50%程度の置換が適当である。石粉については、20%程度の置換が考えられるが、改善効果から言えれば小さい。

5.まとめ

以上の検討より、石粉を除いてフライアッシュおよび高炉スラグに改善効果が認められ、その最適置換率の情報も得られたが、本報告は室内実験からの検討であり、経済的な側面や、巻厚等の実施工での要因も併せて考慮する必要があり、また熱的な性質や水密性等まだ問題点が残されており、これらの点についても検討する予定である。

参考文献>鈴木徳行「RCR工法に関する研究」S56年。鈴木他「高炉水碎スラグ、高炉セメントを使用したRCRコンクリートの基本性状」セメント技術年報38号,S59年

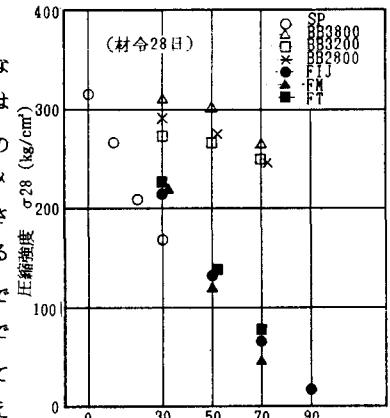


図-3 圧縮強度とセメントとの置換率の関係

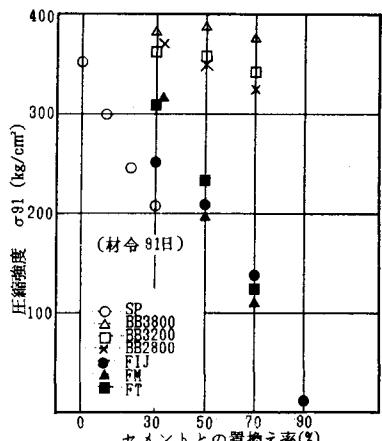


図-4 圧縮強度とセメントとの置換率の関係

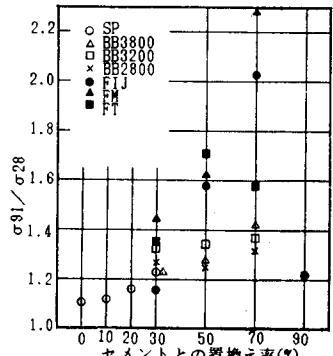


図-5 セメントとの置換率と σ91 / σ28 の関係