

報告

[1027] 砕石粉を用いた高流動コンクリートの製造に関する実験的研究

大橋正治*1・田村 博*2・浦野英男*3・黒島 毅*4

1. はじめに

大阪兵庫地区の各生コンクリート工場では、使用する粗骨材は概ね砕石であり、最近では、細骨材の一部に砕砂を使用することも積極的に行われている。

一方、砕石工場では、生コンクリート工場が砕石、砕砂をバランス良く使用することで効率良く生産できることとなる。しかし、砕石工場が砕石、砕砂を生産する際、その副産物ともいえる砕石粉も産出され、近年の砕石、砕砂の増産に伴い、その処理方法に苦慮する状況となっている。

我々は、この砕石粉をコンクリートに有効利用する方法を模索するため、砕石粉使用コンクリート研究会（略して、CSFC研究会）を設立し検討を重ねており、今回、砕石粉を用いた高流動コンクリートの実験室内での試し練りを行った。本報では以下に、この砕石粉を用いた高流動コンクリートのフレッシュ時の性状について述べる。

2. 実験概要

今回の砕石粉を用いた高流動コンクリートは、砂岩質の乾燥状微粉(DR-4)[1]スランプフロー:60cm, 空気量:4%を目標値に、水セメント比, 単位水量および砕石粉使用量の異なる合計14種類の配合のコンクリートを練り混ぜ、①スランプフローおよびフロー時間②VFスランプ③空気量④ブリージング量⑤凝結時間の各項目と、ポンプ圧送を想定した⑥静加圧後のコンクリートの性状変化を測定し、フレッシュコンクリートの性状を検討した。

混和剤はナフタリン系の高性能A E減水剤1銘柄とし、強制攪拌式ミキサ(容量:50l)を用いて、注水時から2分間攪拌する方法により、1バッチ当たり40lずつ練り混ぜた。また、当コンクリートは練り上がり時から注水15分後程度までスランプフローが増大することから(図-1参照)、この間はコンクリートを練り板上に静置し、その後にフレッシュコンクリートの性状に関する各項目の測定を行うこととした。

3. 使用材料および配合

高流動コンクリートの使用材料一覧を表-1に、配合一覧を表-2にそれぞれ示す。

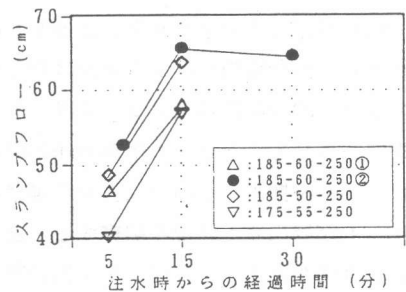


図-1 スランプフローの経時変化量

表-1 使用材料一覧

セメント	普通ポルトランドセメント 比重: 3.15 比表面積: 1.3 m ² /g (注)
細骨材	海砂と砕砂の混合砂 表乾比重: 2.56 吸水率: 1.53 % 粗粒率: 2.68
粗骨材	砕石 表乾比重: 2.60 吸水率: 0.99 % 粗粒率: 7.19
砕石粉	乾燥状微粉 (DR-4) 比重: 2.72 比表面積: 6.2 m ² /g (注)
混和剤	高性能A E減水剤 ナフタリン系

注) 窒素吸着によるBET法による

- *1 (財)日本建築総合試験所材料試験室、(正会員)
- *2 (財)日本建築総合試験所材料試験室室長、(正会員)
- *3 (株)松村組技術研究所
- *4 (株)松村組技術研究所、(正会員)

4. 試験方法

4. 1 スランプフロー

およびフロー時間
JIS A 1101 (コンクリートのスランプ試験方法) に準じて試験し、コンクリートが静止した後の広がりを、直交方向に2ヵ所測定し、その平均値をスランプフローとした。また、あらかじめ

平板にスランプフロー30, 40および50cmの目盛りをし、スランプコーン引上げ開始時から、コンクリートの広がりが各スランプフローとなった時およびコンクリートが静止した時のフロー時間を測定した。

4. 2 VFスランプ

昭和41年の土木学会基準によるVF試験装置を用い(ただし、振動用のバイブレータは取り付けない)、中央のφ15×30cmの円筒内にコンクリートを詰め、この円筒を回転させることにより下部3ヵ所の流出孔(幅75mm×高さ60mm)を開き、この流出孔から障壁を回避してコンクリートが流出する状況を観察するとともに、コンクリートの流動が停止した後の、中央円筒部内のコンクリートの下がり量を測定し、VFスランプ値とした。

VFスランプ試験状況を写真-1に示す。

4. 3 空気量

JIS A 1128 (まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法(空気室圧力方法)) によった。

4. 4 ブリージング量

JIS A 1123 (コンクリートのブリージング試験方法) によった。

4. 5 凝結時間

JIS A 6204 (コンクリート用化学混和剤) 附属書1 (コンクリートの凝結時間試験方法) によった。

4. 6 静加圧後の性状変化

コンクリートのポンプ圧送を想定し、ポンプ圧送後の変化量を推測する試みとして、コンクリートを内径φ20×31cmの容器内に詰め、ピストンを介して静加圧(20 kgf/cm²まで)まで載荷した後、ただちに除荷後コンクリートを取り出し、スランプフローおよびフロー時間、ならびに空気量の測定を行った。静加圧載荷状況を写真-2に示す。

表-2 コンクリートの配合一覧

記号	水和比			単位量 (kg/m ³)					混和剤の使用量		
	W/C (%)	W/(C+F) (%)	s/a (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	砕石粉 F	(C+F) × %	C × %	(kg/m ³)
185-60-220	60	35.0	50.4	185	308	771	775	220	2.0	3.4	10.6
185-60-250		33.2	49.5			744		250		3.6	11.2
185-60-280		31.5	48.5			716		280		3.8	11.8
185-55-220	55	33.3	49.7	185	336	751	775	220	2.0	3.3	11.1
185-55-250		31.6	48.7			721		250		3.5	11.7
185-55-280		30.0	47.8			695		280		3.7	12.3
185-50-220	50	31.4	48.8	185	370	723	775	220	2.0	3.2	11.8
185-50-250		29.8	47.7			735		250		3.4	12.4
185-50-280		28.5	46.8			668		280		3.5	13.0
175-60-220	60	34.2	51.6	175	292	811	775	220	2.3	4.0	11.8
175-60-250		32.3	50.7			783		250		4.3	12.5
175-60-280		30.6	49.8			755		280		4.5	13.1
175-55-250	55	30.8	50.0	175	318	761	775	250	2.3	4.1	13.1
175-50-250	50	29.2	49.2	175	350	735	775	250	2.3	3.9	13.8

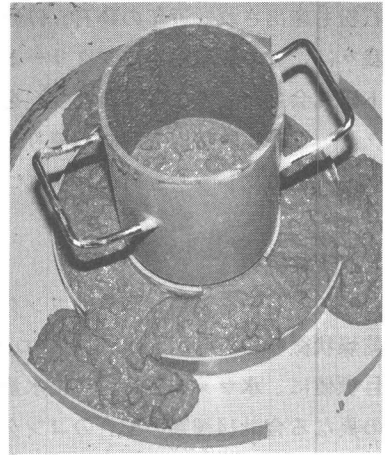


写真-1 VFスランプ試験状況

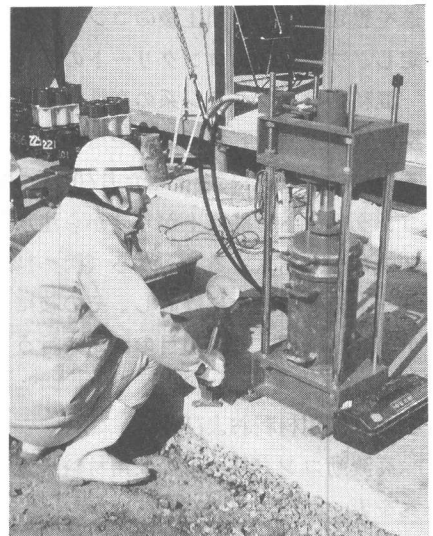


写真-2 静加圧載荷状況

表-3 スランプフロー、フロー時間、VFスランプおよび空気量測定結果一覧

記号	注水時より15分後の測定結果										静加圧後の測定結果				静加圧後の変化量						
	スランプフロー (cm)	フロー時間 (秒)				VFスランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/l)	コンクリート温度 (°C)	スランプフロー (cm)	フロー時間 (秒)				スランプフロー (cm)	フロー時間 (秒)				空気量 (%)	
		30	40	50	停止						30	40	50	停止		30	40	50	停止		
185-60-220	65.0	1	2	6	75	20.0	5.1	2.241	23.4	60.5	1	2	8	84	3.4	-4.5	0	-1	2	9	-1.7
185-60-250	57.5	1	2	7	47	22.0	3.6	2.280	22.3	53.5	1	4	16	48	2.9	-4.0	0	3	9	1	-0.7
185-60-280	66.0	1	2	7	92	22.5	4.8	2.252	22.6	64.5	1	3	9	88	2.7	-1.5	1	1	2	-4	-2.1
185-55-220	65.5	1	2	6	85	24.0	5.0	2.244	22.3	64.5	1	3	8	90	3.4	-1.0	1	1	3	5	-1.6
185-55-250	64.0	1	2	8	75	24.0	3.9	2.282	22.3	62.0	1	4	12	74	2.9	-2.0	1	2	5	-1	-1.0
185-55-280	64.0	1	2	7	90	24.0	4.5	2.264	23.2	65.0	1	3	9	80	2.7	1.0	0	2	3	-10	-1.8
185-50-220	68.5	1	3	6	95	25.0	4.3	2.271	22.1	65.5	1	2	8	80	2.9	-3.0	0	-1	2	-15	-1.4
185-50-250	63.5	1	3	8	76	24.0	3.7	2.325	22.7	60.5	1	4	10	68	2.6	-3.0	1	2	2	-8	-1.1
185-50-280	61.5	1	2	8	75	22.0	2.9	2.313	22.4	55.0	2	5	15	69	2.7	-6.5	1	3	7	-6	-0.2
175-60-220	59.0	1	5	16	90	17.5	5.5	2.241	23.8	55.5	1	4	30	98	4.0	-3.5	1	-1	14	8	-1.5
175-60-250	61.0	1	3	13	84	21.5	5.0	2.257	23.6	60.0	1	5	16	116	3.7	-1.0	-1	2	3	32	-1.3
175-60-280	59.5	1	5	17	95	20.5	4.6	2.270	23.8	59.0	1	6	20	120	3.6	-0.5	1	1	3	25	-1.0
175-55-250	57.0	1	4	15	81	20.0	4.2	2.281	22.6	56.0	3	5	25	86	2.8	-1.0	2	2	10	5	-1.4
175-50-250	59.5	1	4	13	88	22.0	3.5	2.303	22.6	58.5	2	6	18	96	2.3	-1.0	1	3	5	8	-1.2

5. 実験結果

実験の結果を以下の図表に示す。

- ・スランプフロー、フロー時間、VFスランプおよび空気量測定結果一覧・・・表-3
- ・ブリージング量および凝結時間測定結果一覧・・・表-4
- ・砕石粉混入量とスランプフローの関係・・・図-2
- ・スランプフローとフロー時間の関係（注水後15分時）・・・図-3
- ・スランプフローとVFスランプの関係・・・図-4
- ・スランプフローならびに空気量の静加圧後の変化量・・・図-5
- ・スランプフローとフロー時間の関係（静加圧後の比較）・・・図-6

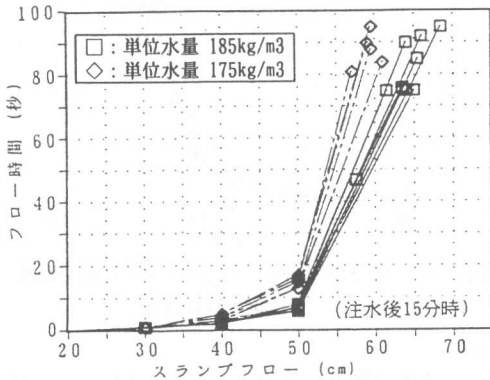


図-3 スランプフローとフロー時間の関係

6. 結果のまとめ

6. 1 スランプフローおよびフロー時間

単位水量が同じ場合（185あるいは175kg/m³），水セメント比の違い（60, 55および50%）ある

表-4 ブリージング量および凝結時間測定結果一覧

記号	ブリージング量 (cc/cm ²)	凝結時間 (時間:分)	
		始発時間	終結時間
180-60-250	0.001	11:40	13:20
185-55-250	0.000	12:30	14:15
180-50-250	0.000	11:40	13:15

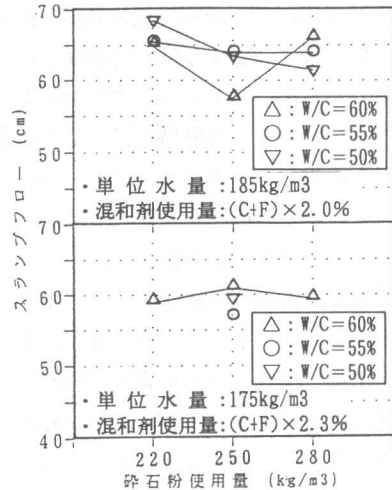


図-2 砕石粉使用量とスランプフローの関係

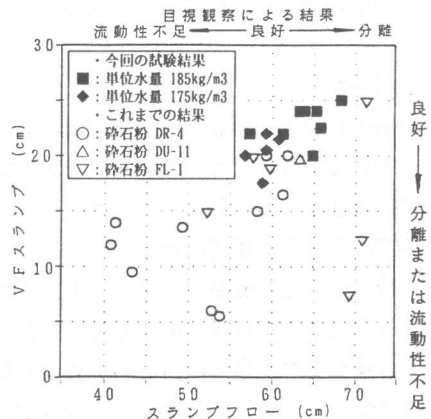


図-4 スランプフローとVFスランプの関係

いは碎石粉使用量の違い(220, 250および280kg/m³)に関係なく、混和剤使用量を粉末量(セメントと碎石粉の総量)に対して一定の比率とすることで、概ね同等のスランプフローが得られた(図-2参照)。

また、フロー時間を測定することで、コンクリートの粘性の評価が可能で、単位水量がコンクリートの粘性に大きく影響すると考えられる(図-3参照)。

6. 2 VFスランプ

今回のコンクリートのVFスランプは、17.5~25.0 cmの範囲であった(図-4参照)。VFスランプはコンクリートの材料分離抵抗性および充填性の指標となり得るものと考えられ[2]、今後、実施時との対応等さらに検討を加えたい。

6. 3 ブリージング量および凝結時間

単位水量185kg/m³、碎石粉使用量250kg/m³のシリーズ(W/C=60, 55および50%の3種類)についてのみ試験した結果、ブリージング水はほとんど測定されなかった。また凝結時間は、AE減水剤標準形混和剤を使用した一般のコンクリートに比べ始発時間ならびに終結時間とも5~6時間程度遅延する傾向となった(表-4参照)。

6. 4 静加圧後の性状変化

静加圧後のコンクリートの性状は、スランプフロー(変化量:1.0~-6.5cmの範囲、平均値:-2.3cm)および空気量(変化量:-0.2~-2.1%の範囲、平均値:-1.3%)ともに、やや減少する傾向を示した(図-5参照)。また、この時のコンクリートの粘性は、やや増加する傾向であった(図-6参照)。

7. おわりに

今回の実験では、碎石粉を用いた高流動コンクリートを試し練りにより、フレッシュ時の性状について検討を行った結果、同コンクリートの製造が可能であることが確認された。

碎石粉を用いた高流動コンクリートは、資源有効利用の見地からも有用であると考えており、今後、実機での製造および施工実験等を行い、製造方法を確立すべくさらに検討を進める所存である。

- <参考文献> [1] 田村 博・高橋利一・五十嵐千津雄：碎石粉の品質評価に関する実験的研究(その1~その4)、日本建築学会大会学術講演便集(北陸)、pp577~584、1992.8
 [2] 中島良光・梶田秀幸・三浦信一・牧野秀久：二成分系のハイパフォーマンスコンクリートの配合に関する一考察、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.13、No.1、pp173-178、1991.6

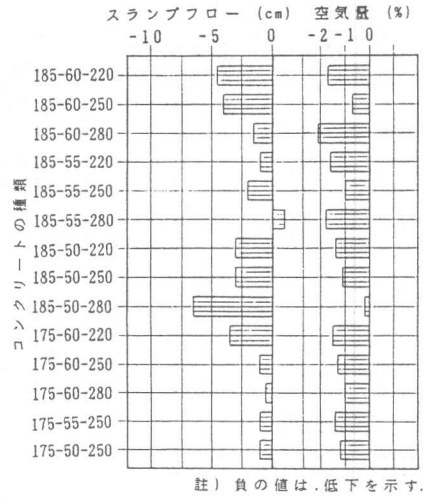


図-5 スランプフローならびに空気量の静加圧後の変化量

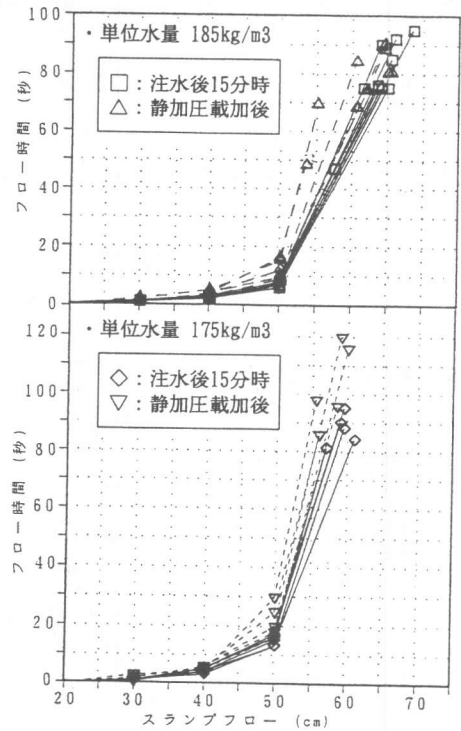


図-6 スランプフローとフロー時間の関係(静加圧後の比較)