

論文

[1035] 砕石粉が高性能 AE 減水剤使用コンクリートの性能に及ぼす影響に関する実験

正会員 田村 博 (日本建築総合試験所)

正会員○高橋利一 (日本建築総合試験所)

大橋正治 (日本建築総合試験所)

1. はじめに

まだ固まらないコンクリートの性能の変動に影響を及ぼす大きな要因の1つとして骨材の粒度のばらつきがあげられる。特に細骨材中の細粒分量のばらつきが、コンクリートの性能に与える影響は大きく、高性能で品質の安定したコンクリートを製造するためには、細骨材の細粒分量の管理が重要である。

しかしながら、細骨材中の細粒分量を管理することは困難である。そこで新しい方法として、細骨材としては、細粒分を除去した砂を用いることとし、細粒分は別途品質管理した砕石粉を混入することによりコンクリート中に最適な細粒分量を補う方法が考えられる。この方法によれば、細骨材中の細粒分量の管理のみならず、コンクリートの性能に影響の大きい細粒分の品質をも管理することができる。当試験所では、このような考え方にに基づき、砕石粉の品質評価試験方法〔1〕や砕石粉使用コンクリートの特性について1989年以来自主研究として研究を継続している。

本報告は、高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートを用い、細粒分の少ない海砂に細粒分量を変化させた砕砂を混入し、砕砂の細粒分量の差によって生じるコンクリート中の細粒分量の差がコンクリートの性能にどのような影響を及ぼすかを把握する目的で実施した実験結果を述べたものである。

2. 実験の概要

コンクリートの調合は、高性能 AE 減水剤を用いて単位水量を低減させた、210-18-20Nとし、表-1 に示す調合とした。

表-1 コンクリートの調合

粗骨材の最大寸法 (mm)	細骨材率 S/a (%)	水/セメント比 W/C (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )			
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
20	47.9	60.0	180	300	850	970

註) 骨材は表面乾燥飽水状態時の質量で示す。細骨材の比重、吸水率は、すべて細骨材No.1の値とした。

表-2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント (三つの異なる製造会社のものを等量混合)
粗骨材	砂岩質砕石
細骨材	海砂と砂岩質砕砂 (粗骨材と同一産地) の混合 (海砂(7) : 砕砂(3))
混和剤	高性能 AE 減水剤 三銘柄 (記号: R, M, P)

表-3 海砂, 砕砂および分級砕砂の粒度 (通過率: %)

ふるい目寸法 (mm)	海 砂	砕 砂	分級砕砂		
			A	B	C
5	99	100	100	—	—
2.5	88	85	76	—	—
1.2	71	54	36	—	—
0.6	49	33	13	—	—
0.3	12	20	3	100	—
0.15	1	14	0	64	100
0.075	1	10	—	19	74
粗粒率 (FM)	2.80	2.94	—	—	—

表一四 骨材の混合割合

骨材種別	細骨材の種類						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
海砂	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
砕砂	—	30%	—	—	—	—	—
分級砕砂	A	30%	—	20%	20%	10%	10%
	B	—	—	10%	—	20%	10%
	C	—	—	—	10%	—	10%

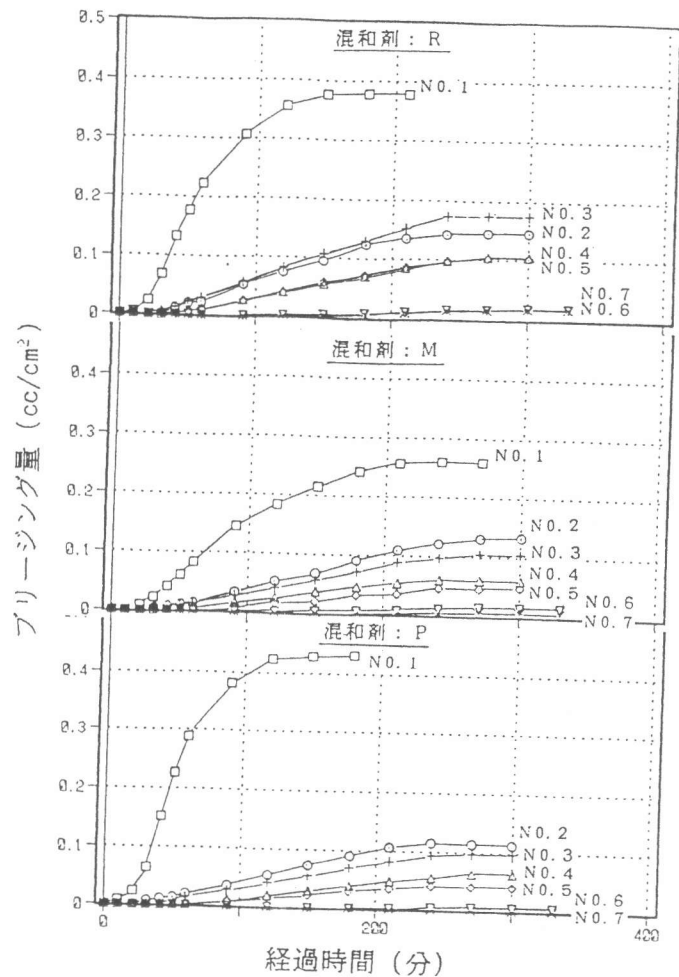
表一五 細骨材の粒度 (通過率：%)

ふるい目寸法 (mm)	細骨材の種類						
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
5	100	100	100	100	100	100	100
2.5	85	88	87	87	89	89	89
1.2	61	66	67	67	74	74	74
0.6	38	44	47	47	55	55	55
0.3	9	14	19	19	29	29	29
0.15	1	5	7	11	14	17	21
0.075	0	3	2	8	4	10	15
粗粒率 (FM)	3.07	2.83	2.73	2.70	2.40	2.36	2.32

表一六 コンクリート中に占める細粒分量 (セメントを含む kg/m<sup>3</sup>)

細骨材の種類	0.3mm以下	0.15mm以下	0.075mm以下
No.1	379	307	300
No.2	422	341	326
No.3	461	361	317
No.4	461	392	368
No.5	544	415	334
No.6	544	446	385
No.7	544	477	428

使用材料を表一に示す。細骨材は、海砂と砕砂を7：3の割合で混合した混合砂を使用した。なお、砕砂は、砕砂単独あるいは砕砂をあらかじめ分級し、これらを混合した試料を用いて、細粒分量を7段階に変化させた試料を用いた。海砂、砕砂および分級砕砂の粒度分布を表一に、細骨材として使用するときの混合割合を表一四に、混合後の粒度分布を表一五に、コンクリート中に占める細粒分量（以下、セメントを含めた量をいう）を表一六に示す。



図一 プリージング量と経過時間の関係

混和剤は、3銘柄の高性能AE減水剤（記号：R、M、P）をそれぞれ用いた。混和剤の使用量およびAE助剤の使用量はコンクリートのスランプが18+1cm、空気量が4.5+1%となるよう調整した。

コンクリートの種類は、7種類の細骨材と3銘柄の混和剤を組み合わせた21種類とし、3項に示す試験により比較検討を行った。

表一七 試験方法一覧

実験項目	実験方法
ブリージング量	JIS A1123 コンクリートのブリージング試験方法
圧縮強度	JIS A1108 コンクリートの圧縮強度試験方法（材令：7日、28日）
乾燥収縮率	JIS A1129 モルタル及びコンクリートの長さ試験方法（乾燥期間：1年）
気泡組織の観察	画像解析装置を用いた面積法および水銀圧入法
透気性試験	φ10×20cmの供試体の高さ方向の上部約1/3を材令28日で切断し、105℃で48時間乾燥後、3kgf/cm <sup>2</sup> の一定空気圧を加圧し、30分間に透気する空気量を測定（混和剤Rのみ実施）

表一八 混和剤の使用量とフレッシュコンクリートの性状および目視による練り上り状況の観察結果

混和剤の種類	細骨材の種類	混和剤使用量		スランプ (cm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	練り上がり 温度 (℃)	目視による コンクリートの 練り上がり状況
		高性能 AE減水剤 (kg/m <sup>3</sup> )	AE助剤 (g/m <sup>3</sup> )					
R	N0.1	3.30	60	18.0	30.5	4.3	21.0	やや分離
	N0.2	4.20	102	18.0	28.0	4.4	21.0	良好
	N0.3	4.50	120	18.0	30.5	4.3	22.0	
	N0.4	5.10	162	17.5	27.0	4.5	22.5	
	N0.5	5.40	162	18.0	30.5	4.8	22.0	粘性大
	N0.6	7.50	240	17.5	27.0	4.9	22.5	
	N0.7	7.50	240	15.5	25.5	3.9	22.0	
M	N0.1	4.50	120	18.5	36.0	5.1	20.0	やや分離
	N0.2	4.95	120	18.0	30.5	4.0	22.0	良好
	N0.3	5.25	135	18.0	29.5	4.0	21.0	
	N0.4	5.40	159	18.0	30.0	4.3	22.0	
	N0.5	6.00	159	18.0	27.5	4.1	22.0	やや粘性大
	N0.6	6.90	195	18.5	30.0	4.3	22.0	粘性大
	N0.7	7.50	225	18.5	30.5	4.0	22.0	
P	N0.1	3.90	8	19.0	37.0	4.7	19.0	やや分離
	N0.2	4.20	10	18.5	29.5	4.1	19.0	良好
	N0.3	4.50	9	19.0	30.5	4.3	20.5	
	N0.4	5.55	13	18.5	32.5	4.0	19.0	
	N0.5	5.55	11	18.0	28.5	4.0	20.0	やや粘性大
	N0.6	7.05	21	18.5	30.5	4.0	20.5	粘性大
	N0.7	7.50	27	17.5	27.5	4.7	20.0	

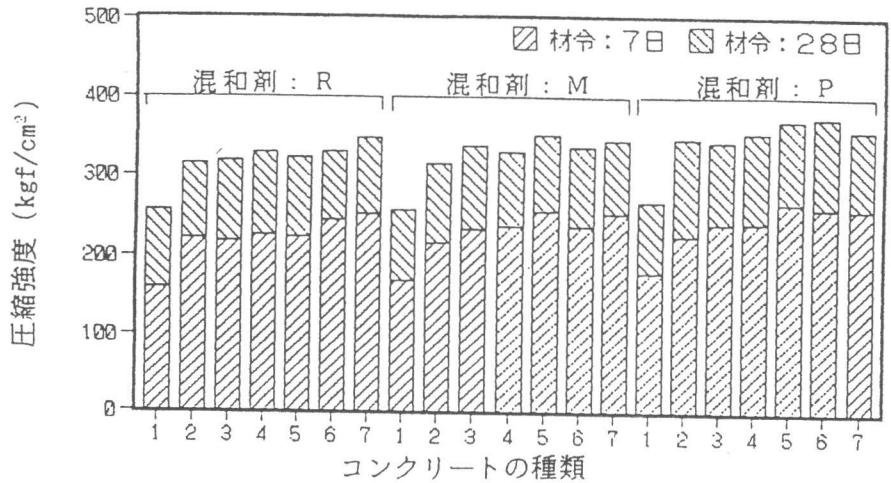
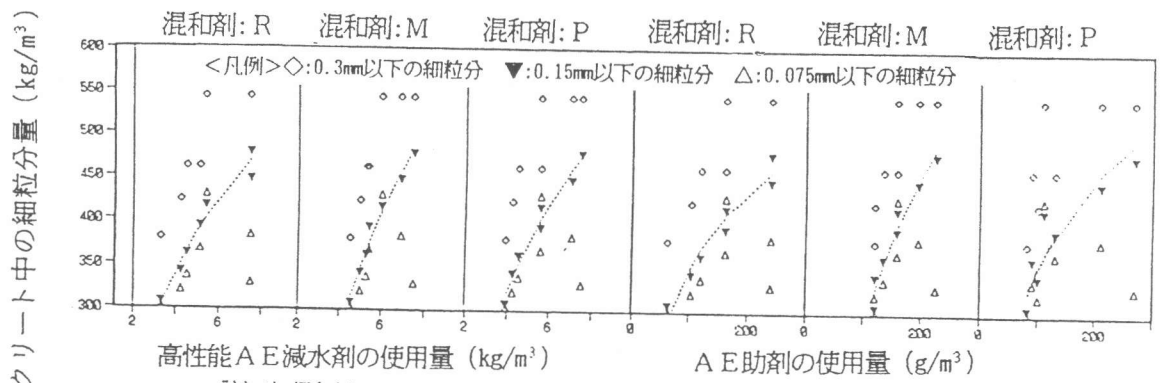


図-2 圧縮強度試験結果



註) 1) 混和剤: PのAE助剤の使用量は、 $\times 10$ の値で図示した。  
 2) 図中の点線は、 $\blacktriangledown$ 0.15mm以下の細粒分量と混和剤使用量の関係について、指数回帰計算により近似して求めた曲線である。

図-3 混和剤使用量とコンクリート中の細粒分量の関係

3. 実験項目

- 実験項目は、①混和剤の使用量、
- ②目視によるコンクリート練上がり状況の観察、③ブリージング量試験、
- ④圧縮強度試験、⑤乾燥収縮試験、
- ⑥気泡組織の観察および⑦透気性試験とした。

4. 実験方法

実験方法一覧を表-7に示す。

5. 実験結果

実験結果を表-8および図-1～9に示す。

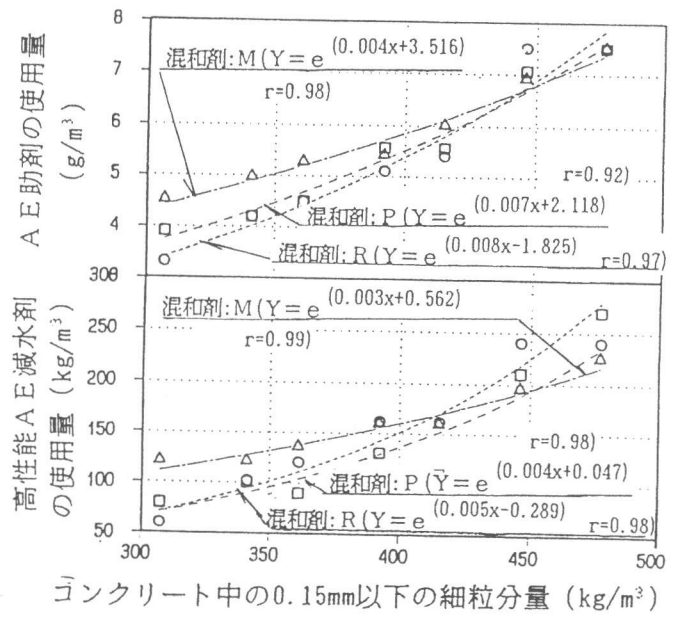


図-4 混和剤使用量とコンクリート中の0.15mm以下の細粒分量の関係

## 6. 実験結果のまとめ

今回の実験から、以下のようなことが判った。

### ① 混和剤の使用量とコンクリート中の細粒分量の関係 (図-3, 4 参照)

3種類いずれの混和剤の場合も、コンクリート中の0.15mm以下の細粒分量が多くなるに従って混和剤の使用量が多くなる傾向が認められた。

### ② 目視によるコンクリートの練り上がり状況の観察結果とコンクリート中の細粒分量の関係 (表-8 参照)

コンクリート中の細粒分量が乏しい場合、コンクリートは分離傾向を示し、コンクリート中の細粒分量が過多の場合、コンクリートの粘性が増す傾向にあった。混和剤の銘柄により若干の差はあるものの、コンクリートのプラスチックシーが良好であると判断された範囲は、0.15mm以下の細粒分量として概ね 340~390kg/m<sup>3</sup> (細骨材の種類:No.2~No.4) の範囲であった。

### ③ ブリージング量とコンクリート中の細粒分量の関係 (図-5, 6 参照)

コンクリート中の0.15mm以下の細粒分量が多くなるに従って、ブリージング量は小さくなった。

### ④ 圧縮強度とブリージング量および透気係数の関係 (図-7, 8 参照)

圧縮強度は、ブリージング量が小さくなるに従って、大きくなる傾向を示した。

透気係数は、細粒分量の少ないNo.1のコンクリートの場合大きくなった。No.1のコンクリートは、ブリージング量が多く圧縮強度も低いことから、ブリージング現象で分離上昇した水が粗骨材下部に集まり、この部分がポーラスとなったことが、圧縮強度の低下や透気係数の増大の大きな原因となったと考えられる。

### ⑤ 気泡組織とコンクリート中の細粒分量の関係

混和剤の種類・使用量およびコンクリート中の細粒分量にかかわらず、いずれのコンクリートの場合も気泡間隔係数は、200μm程度以下、平均気泡径は100μm程度で大差はなく、コンクリート中の細粒分量との明確な関係は確認されなかった。

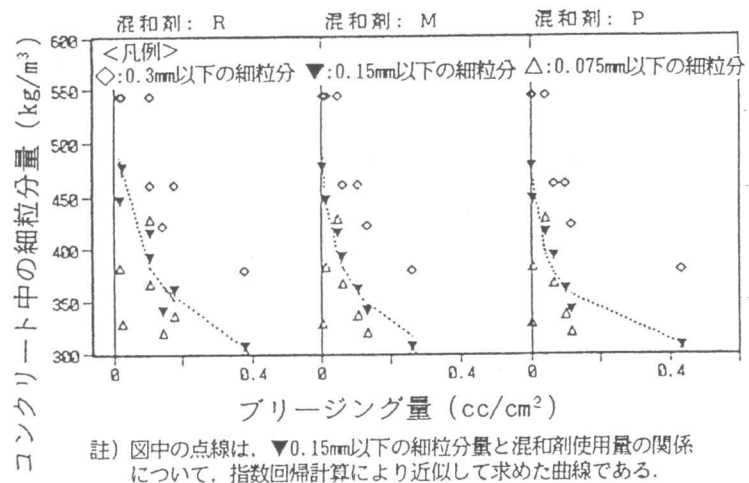


図-5 ブリージング量とコンクリート中の細粒分量の関係

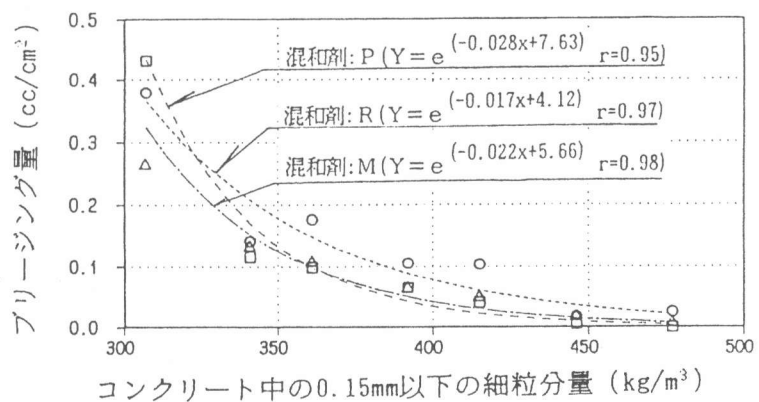


図-6 ブリージング量とコンクリート中の0.15mm以下の細粒分量の関係

⑥乾燥収縮率とコンクリート中の細粒分量の関係 (図-9 参照)

混和剤の銘柄により、乾燥収縮率の差が認められた。混和剤Mの場合には、ワーカビリティが良好な範囲内では、コンクリート中の0.15mm以下の細粒分量のいかんにかかわらず、材令12ヶ月における乾燥収縮率が約 $6 \times 10^{-4}$ となり、良好な結果を示した。

7. おわりに

本実験の結果から、以下のことが言える。  
 ①碎石粉を適切量混入することにより、ブリージング量、圧縮強度、透気係数が改善される。  
 ②ワーカビリティが良好となる碎石粉混入量の範囲が存在する。  
 ③ワーカビリティが良好な碎石粉混入量の範囲でも混和剤の銘柄により乾燥収縮率が異なる。混和剤とセメントや碎石粉の相性が影響しているとも考えられ、今後の検討課題である。

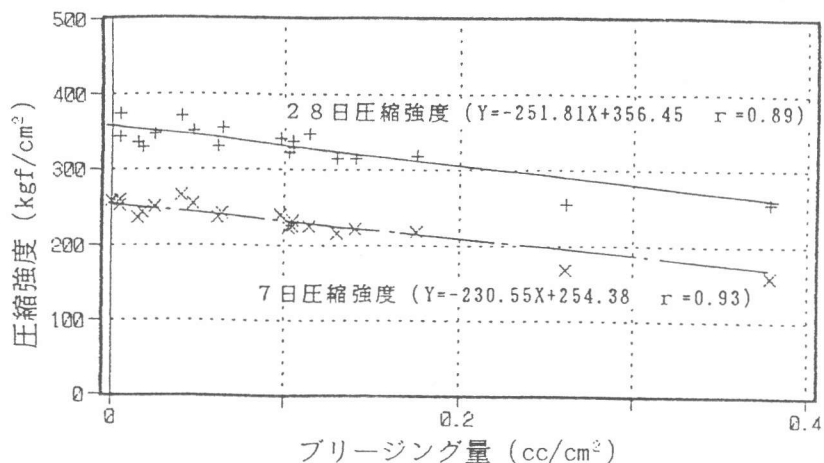


図-7 圧縮強度とブリージング量の関係

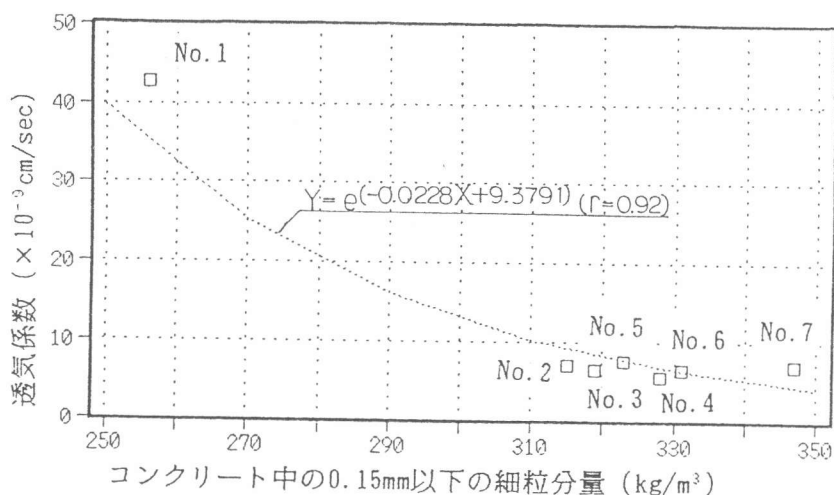


図-8 コンクリート中の0.15mm以下の細粒分量と透気係数の関係

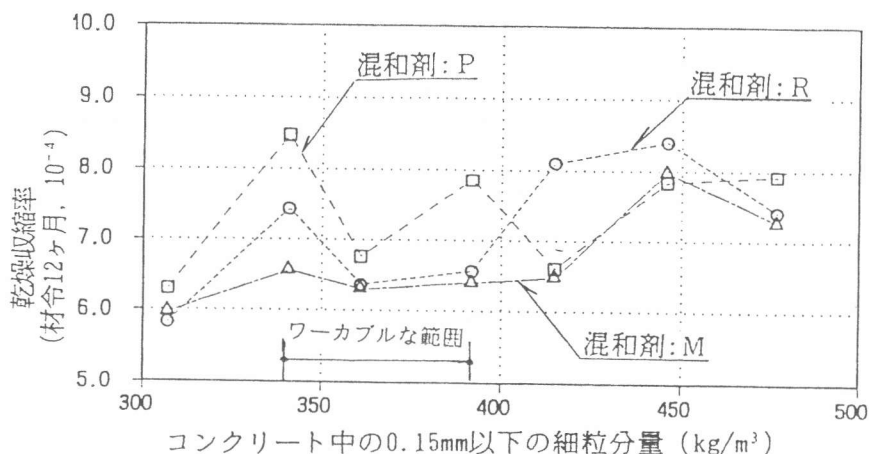


図-9 コンクリート中の0.15mm以下の細粒分量と乾燥収縮率の関係 (材令12ヶ月)

[参考文献]

- 1) 田村博, 高橋利一, 五十嵐千津雄: 碎石粉のコンクリートへの有効利用に関する研究, コンクリート工学年次講演論文集, Vol.13, No.1, pp.57-62, 1991