

徳島大学工学部 正員 河野 清

* “ 〇竹村 和天

徳島大学大学院 学生員 笠井 弘之

1. まえがき

近年、コンクリートの品質を改善するために AE 剤、減水剤、ボツランなどの種々の混和材料が市販され、一般の工事用コンクリートに広く用いられており、製品工場におけるかみ練りコンクリートにも必要に応じて用いられる傾向にある¹⁾。とくに、最近の川砂利の私産に伴ない使用量が増大してゐる研石コンクリートは川砂利コンクリートにくらべワークビークーがあるのて混和材料の使用によりコンクリートの品質向上を計ることができればまわめて好都合である。しかし、かみ練りの研石コンクリートに対する混和材料の使用法については十分な説明されていない。したがって、スランパ数セメントで単位セメント量 320 kg の製品用配合として研石コンクリートを用い、混和材料の使用量を変えて、スランパ試験、圧縮試験によるワーカビリティ、フレッシュコンクリートの空気量、初令 7 日および 28 日の圧縮強度などを調べ、また、一併の配合についてはフリージングも測定し、かみ練り研石コンクリートに対する混和材料の効果について実験的に検討した。

2. 実験の方法

セメントは普通ポルトランドセメント（比重 = 3.15, 28 日モルタル圧縮強度 = 41.3 MPa）を使用し、骨材は徳島県吉野川産の川砂と大森町産の研石（最大寸法 = 20 mm、硬砂多）を用いた（表-1 参照）。粗骨材は 20 ~ 15、15 ~ 10 および 10 ~ 5 mm の 3 粒度区分に、細骨材は 5 ~ 12 および 12 mm 以下の 2 粒度区分に分けて使用した。混和材料は市販されているものから表-2 に示す 10 種のものを選択して使用した。コンクリートの配合は表-3 に示す合計 31 種のものとした。

コンクリートの練り混ぜには、強制練りミキサーを用いて、モルタルで 1 分間、粗骨材を投入して 1 分間練り混ぜたのち、次に、スランパ試験、圧縮試験および空気量の測定を行ない、一併の配合のやりかゝりではフリージングも測定した。強度試験に供するものは、φ10 × 20 mm の円柱形型枠を用い、コンクリートを一層につき、振動台を用いて、既に報告²⁾した最適掃固め条件に近いと考えられる振動数 5000 rpm、振幅 2.8 mm、振動時間 30 秒の条件で振動掃固めを行い、掃固めを終了した供試体は翌日脱型し、以後水中養生を行なった。初令 7 日および 28 日の圧縮強度、供試体の乾燥率などを調べた。

表-1. 骨材の試験結果

骨材の種類	比重	単位重量 (kg/m ³)	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率
細骨材(川砂)	2.62	1700	1.16	14.89	2.79
粗骨材(研石)	2.60	1500	1.61	57.69	6.70

表-2. 実験に使用した混和材料

混和材料の種類	記号	空気進行性の有無	使用量(セメントに對して%)	主成分
AE 剤	A	有	0.04 [*] , 0.06	松材から抽出した樹脂類
減水剤	B	有	0.25 ^{**} , 0.43	リグニンスルホン酸カルシウム
減水剤	C	有	0.4 [*] , 0.6	ポリカルボキシルスルホン酸ソーダ
減水剤	D	有	0.1 [*] , 0.15	リグニンスルホン酸ソーダ
減水剤	E	有	0.25 [*] , 0.43	リグニンスルホン酸誘導体
減水剤	F	無	0.3 [*] , 0.45	ポリオール複合体
減水剤	G	無	0.3 [*] , 0.45	ポリオール複合体(塩化カルシウム)
減水剤	H	有	0.05 [*] , 0.095	ポリオキシエチレンジエーテル
促進剤	I	無	1 [*] , 1.5 [*]	塩化カルシウム
フライシュ	J	無	10, 20 ^{**} , 30	フライシュ 比重 2.21

注) * 混和剤の標準使用量

** フライシュは代替率 20% を基準量とした。

表-3 実験に用いたコンクリートの配合

Mix No.	C-P	C-A	C-B	C-C	C-D	C-E	C-F	C-G	C-H	C-I	C-J
Ms. (mm)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ss. (cm)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	4	4	7	4	3	7	3	3	5	4	
Air (%)	-	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	-	-	2.5	-	-
W/C (%)	52.3	52.0, 48.4	50.0, 48.4	50.0, 47.2	52.5	51.9, 50.6	53.1, 51.3	52.8, 51.3	51.3, 49.4	52.3, 55.0	52.1, 53.1, 52.2
A/a (%)	48	45	45	45	45	45	48	48	45	48	48
W (%)	180	180, 185	160, 155	160, 151	168	166, 162	170, 164	169, 164	164, 158	180, 176	173, 170, 167
C (%)	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	288, 256, 224
S (%)	878	817, 823	817, 823	817, 827	807	810, 814	890, 898	891, 898	813, 820	878, 882	871, 869, 867
G (%)	936	991, 998	991, 998	991, 1004	980	983, 988	956, 965	959, 965	985, 993	933, 949	947, 945, 947
Admixture (100)	-	128 ¹⁾ , 192 ²⁾	806 ³⁾ , 120 ⁴⁾	1286 ⁵⁾ , 1726 ⁶⁾	320 ⁷⁾ , 480 ⁸⁾	3200 ⁹⁾ , 4805 ¹⁰⁾	960 ¹¹⁾ , 1440 ¹²⁾	960 ¹³⁾ , 1440 ¹⁴⁾	160 ¹⁵⁾ , 240 ¹⁶⁾	32 ¹⁷⁾ , 48 ¹⁸⁾	32 ¹⁹⁾ , 64 ²⁰⁾ , 96 ²¹⁾

1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12) 13) 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20) 21) 22) 23) 24) 25) 26) 27) 28) 29) 30) 31) 32) 33) 34) 35) 36) 37) 38) 39) 40) 41) 42) 43) 44) 45) 46) 47) 48) 49) 50) 51) 52) 53) 54) 55) 56) 57) 58) 59) 60) 61) 62) 63) 64) 65) 66) 67) 68) 69) 70) 71) 72) 73) 74) 75) 76) 77) 78) 79) 80) 81) 82) 83) 84) 85) 86) 87) 88) 89) 90) 91) 92) 93) 94) 95) 96) 97) 98) 99) 100)

3. 実験結果とその考察

表-4は、スランパを一定にした場合のコンクリートの単位水量と混和材料別に示したものであるが、促進剤を除いてすべてスランパコンクリートより減少し、AE剤では11%、空気を運行するタイプのいわゆるAE減水剤では6~11%、減水剤では6~9%の減水率となっており、小林らの報告よりも多少減水効果は少ないが、これは単位水量の少ないから生じると思われる。混和材料の使用量を多少増減させても減水率が増大することがわかる。また、リグニン系の減水剤Dの減水率が比較的大きい結果がえられている。

図-1は、各配合の水量を一定にして混和剤の使用量をかえた場合のコンクリートのスランパと空気量の差を示したものであるが、混和剤の使用量を増すとスランパが増加し、コンクリートはワーカブルになることがわかる。これはスランパの大きいものは空気量が多くてあり、主として運行空気によるものと考えられる。

図-2は、コンクリートのスランパを一定にした場合のA/B比と混和剤の使用量とを示したものであるが、スランパを一定でもA/B比には差があり、使用量を増すと、空気を運行する混和剤ではA/B比は下がりコンクリートがワーカブルになって凝固しやすいことを示しているが、逆に、リグニン系の空気運行性の少ない減水剤や促進剤ではA/B比は多少増加している。

図-3は、5種のコンクリートの

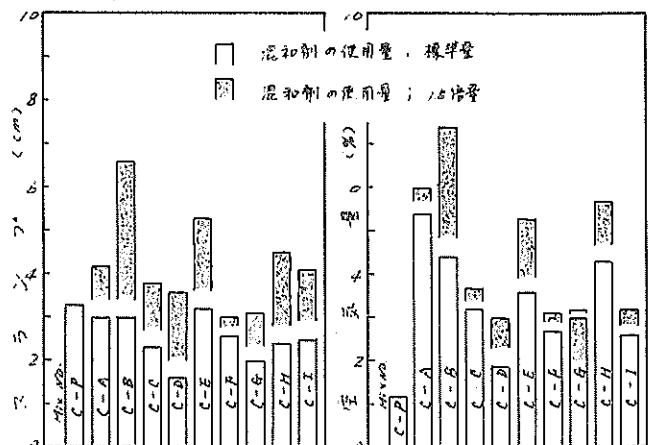
表-4 混和材料とコンクリートの単位水量

| 混和材料
の種類 | 混和材料の使用量 | |
|-------------|------------|------------|
| | 標準量 | 1.5倍量 |
| スランパ P | 180 (100) | - |
| AE剤 A | 160 (88.9) | 155 (86.1) |
| 減水剤 B | 160 (88.9) | 152 (84.4) |
| 減水剤 C | 160 (88.9) | 151 (83.9) |
| 減水剤 D | 169 (93.9) | 166 (92.2) |
| 減水剤 E | 165 (91.7) | 160 (88.9) |
| 減水剤 F | 170 (94.4) | 166 (92.2) |
| 減水剤 G | 170 (94.4) | 166 (92.2) |
| 減水剤 H | 164 (91.1) | 158 (87.8) |
| 促進剤 I | 180 (100) | 176 (97.8) |
| リグニン系 J | 170 (94.4) | 169 (93.9) |

注) 実験スランパの水量は多少修正を加えてある。

(1) 4) 10) 16) 22) 28) 34) 40) 46) 52) 58) 64) 70) 76) 82) 88) 94) 100)

図-1 各配合で水セメント比を一定にして混和剤の使用量をかえた場合のコンクリートのスランパと空気量



フリージング試験結果を示したものであるが、混和剤を用いた場合フレンコンクリートに比べて51～58%の値となり、フライアッシュも66%となっておりフリージングを大幅に下げるのに有利である。

図-4は、各種混和材料を標準量あるいは基準量用いた場合のコンクリートの初令7日および28日の圧縮強度を示したものである。この図からわかるように、フレンコンクリートでは7日で226%、28日で364%の値がえられているのに対し、AE剤では28日で329%（フレンコンクリート28日に対する相対強度90%）と強度の低減は少ないが、コンクリートのワーカビリティよく、フリージングも少なく、凍害抵抗性を必要とする製品には使用効果がある。減水剤を用いた場合は、初令およびフレンコンクリート上を回り、よく、空気を通じない減水剤の場合どの強度が高くなる結果がえられている。また、これらの減水剤は7日強度も減水剤より高くなっている。促進剤を用いた場合は7日強度が高く、28日もフレンコンクリートの109%の値がえられており、無筋のコンクリート製品などに使用する有効といえる。フライアッシュを用いた場合、フレンコンクリートに比し、7日、28日とも強度は低いが、これはフライアッシュを内割で加えたためと見られ、従来の研究報告より長期材令になりポズラン反応が進めばフレンコンクリート以上の強度発現が期待される状態で使用される製品には効果的と見られる。

表-5は、各種混和材料の使用量をかえた場合のコンクリートの試験結果を示したものである。これからわかるように、AE剤やAE減水剤を標準使用量と同じ単位水量で使用する増量と圧縮強度は若干低下している。また、使用水量をかえたスランプを等しくした場合でも28日強度は標準使用量の場合より多少低く、空気を通じる減水剤の使用量は標準量に望ましいと見られる。減水剤の場合どの空気を通じない減水剤の場合どの標準量のコンクリートとスランプを等しくして使用量を減らすと減水率が増し（表-3参照）28日で10～20%の強度増加がえられ、使用水量を等しくした場合でも多少強度は高くなっている。また、スランプを同じくした場合、7日強度は320%以上とより早強性を示し、かき練りの製品

図-2 コンクリートのVB値

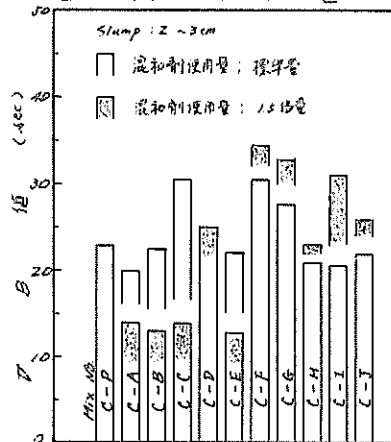


図-3 フリージング試験結果

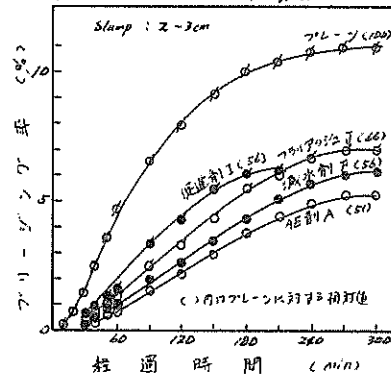
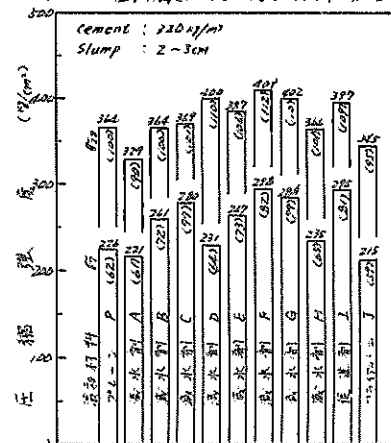


図-4 圧縮強度に対する混和材料の影響



注) 混和材料の使用量は標準量または基準量
()内はフレンコンクリートの28日強度に対する相対値(%)

表-5. 混和材料の使用量を減らす場合のコンクリートの試験結果

| 混和材料の種類 | AE 剤 A | | | 減水剤 B | | | 減水剤 C | | | 減水剤 D | | | 減水剤 E | | |
|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 混和材料の使用量 (kg) | 128 ¹⁾ | 122 ²⁾ | 122 ³⁾ | 100 ⁴⁾ | 120 ⁵⁾ | 120 ⁶⁾ | 120 ⁷⁾ | 120 ⁸⁾ | 120 ⁹⁾ | 120 ¹⁰⁾ | 120 ¹¹⁾ | 120 ¹²⁾ | 120 ¹³⁾ | 120 ¹⁴⁾ | 120 ¹⁵⁾ |
| 単位水量 (kg) | 160 | 160 | 155 | 160 | 160 | 155 | 160 | 160 | 151 | 163 | 163 | 163 | 166 | 166 | 162 |
| 実測スランパ (mm) | 3.0 | 4.3 | 3.1 | 3.0 | 4.8 | 1.4 | 2.3 | 3.8 | 2.7 | 1.6 | 2.6 | 2.6 | 3.2 | 2.3 | 4.0 |
| 空気量 (%) | 3.0 | 6.1 | 4.9 | 4.4 | 7.5 | 6.9 | 3.2 | 3.8 | 3.5 | 1.9 | 3.0 | 3.0 | 3.6 | 5.3 | 4.7 |
| 圧縮強度 (MPa) 7日 | 221(100) | 211(95) | 212(98) | 251(100) | 245(96) | 258(100) | 280(100) | 284(100) | 309(118) | 231(100) | 220(95) | 220(95) | 247(100) | 250(98) | 274(100) |
| 28日 | 227(100) | 213(95) | 239(100) | 348(100) | 330(97) | 348(96) | 369(100) | 371(100) | 434(123) | 400(100) | 370(98) | 370(98) | 387(100) | 312(87) | 363(95) |
| 混和材料の種類 | 減水剤 F | | | 減水剤 G | | | 減水剤 H | | | 促進剤 I | | | フライアッシュ J | | |
| 混和材料の使用量 (kg) | 940 ¹⁾ | 1440 ²⁾ | 1440 ³⁾ | 940 ⁴⁾ | 1440 ⁵⁾ | 1440 ⁶⁾ | 160 ⁷⁾ | 240 ⁸⁾ | 240 ⁹⁾ | 2.2 ¹⁰⁾ | 4.5 ¹¹⁾ | 4.5 ¹²⁾ | 4.5 ¹³⁾ | 3.2 ¹⁴⁾ | 94 ¹⁵⁾ |
| 単位水量 (kg) | 170 | 170 | 168 | 169 | 169 | 164 | 164 | 164 | 152 | 180 | 180 | 176 | 170 | 173 | 167 |
| 実測スランパ (mm) | 2.5 | 3.0 | 1.2 | 1.4 | 3.3 | 1.4 | 2.4 | 4.7 | 2.4 | 2.5 | 4.1 | 2.8 | 2.0 | 1.7 | 2.9 |
| 空気量 (%) | 2.8 | 3.0 | 2.9 | 3.3 | 3.1 | 3.3 | 4.3 | 5.9 | 4.1 | 2.5 | 2.6 | 2.8 | 1.2 | 1.2 | 2.1 |
| 圧縮強度 (MPa) 7日 | 228(100) | 327(100) | 347(116) | 286(100) | 299(100) | 323(113) | 315(100) | 207(89) | 246(100) | 235(100) | 312(100) | 310(100) | 215(100) | 229(100) | 191(90) |
| 28日 | 407(100) | 625(100) | 648(100) | 602(100) | 623(100) | 677(100) | 346(100) | 322(88) | 372(100) | 377(100) | 370(98) | 406(100) | 305(100) | 322(100) | 317(92) |

注) 1) は混和材料の標準量 2) は標準量に比する相対強度 (%)

に近しい混和剤といえよう。促進剤の場合は7日強度は高いが、28日では使用量による差はあまりみられない。フライアッシュは代替率が30%よりも高いと28日強度は相対低下するので、コンクリート製品でセメントに代替して使用する場合は20%までが適当と見られる。

写真-1は試験体の17断面を示す切断面の1例であるが、空気を通してはい混和剤やフライアッシュを用いたものがよく、空気を通しては表面や断面に気泡が残る傾向がみられる。

4. まとめ

製品用のかたくり研石コンクリートに対する各種混和材料の効果について、使用量を変えて検討した結果をまとめると、

1). AE剤や減水剤などの使用はかたくり研石

コンクリートの場合も、そのワーカビリティの改善に効果的でグリーンコンクリートと同一のスランパをえるための単位水量を6~11%減少でき、使用量を減らすことから減水率は増加する。

2). 空気を通してはい減水剤や促進剤の使用はかたくり研石コンクリートの強度改善に効果的でグリーンコンクリートに比べ28日で6~12%の強度増加がえられ使用量を減らすことから強度は増加する。

参考文献

- 1). 日本材料学会, "コンクリート用化学混和剤" PP. 103~109 (Aug. 1969)
- 2). 河野 水口, 7772, "第2回土木学会全国同会支部学術講演会一般講演要綱集" PP. 50~51 (July 1969)
- 3). 小林 正凡, "セメント技術年報" X. PP. 194~199 (1956)
- 4). 左右田 彦男, "日本セメント技術資料"

写真-1. 試験体の17断面を示す切断面の1例

