

# [36] 流動化コンクリートの品質改善に関する研究

正会員 田 沢 栄 一 (広島大学工学部)

正会員 〇米 倉 亜州夫 (広島大学工学部)

正会員 宮 沢 伸 吾 (広島大学工学部)

## 1. まえがき

流動化コンクリートは、施工実績が拡大されつつあり、その性質もかなり解明されてきているが、いまだに十分な説明がなされていない点の1つにワーカビリティが挙げられる。特に、振動締め条件下における材料分離抵抗性やブリージング特性に関する検討が急がれているのが現状である。また、西日本では河川産骨材の枯渇に伴ない海砂の使用量が増大しているが、海砂を使用したコンクリートは一般に単位水量が大きいこと、そして除塩のための水洗により微粒分含有量が減少していることから、材料分離やブリージングの面から特に問題視されている。そこで本研究では、海砂を使用したコンクリートの振動締め時の材料分離およびブリージングに関して基礎的考察を行なうことを目的とし、合わせてこれらに対する抵抗性改善策の一例を示す。

## 2. 実験概要

(1) 使用材料：セメントは、3社の普通ポルトランドセメントを等量ずつ混合したものをを用いた。粗骨材としては、最大寸法 25 mm の碎石 (比重 2.73, F. M. 6.91) を、細骨材としては、図 1 に示す粒度分布をもつ海砂 (比重 2.51, F. M. 2.46, 塩分含有量 0.02%) および山砂 (比重 2.58, F. M. 2.83) を使用した。また、図 1 に示す石粉を混入した場合についても検討した。ベースコンクリートには通常の A E 剤あるいは A E 減水剤を使用し、流動化剤としては、ナフタリンスルホン酸塩系のもを使用した。

(2) コンクリートの配合および製造方法：水セメント比はすべて 5 1.5% とした。流動化剤添加率は、セメントに対する固形分重量比で 0.10 ~ 0.25% とした。ミキサとしては強制練り式のものを用い、2 分間攪拌してベースコンクリートを製造し、練上り直後、および練上り後 20 分間放置後 (30 秒間再攪拌) に試験を行なった。また、流動化コンクリートは、ベースコンクリート練上り後 20 分間放置後に流動化剤を添加し 2 分間攪拌して製造した。

(3) 試験方法：振動締め時の粗骨材の分離の測定には、ブリキ製円筒容器 (直径 28 cm, 高さ 30 cm, 容積 185 ℓ) および棒状内部振動機 (振動数：約 14,000 r.p.m., 振幅：0.6 mm, 直径 23 mm) を用いた。容器にコンクリートを打設後、直ちに振動機を中心部 1ヶ所に挿入し、振動機の引抜き時間 (5 秒間) を含めて一定時間の振動を与えた。締め後直ちに、試料の上部および下部よりそれぞれ 2 ~ 4 層 (各層 2 ℓ) ずつコンクリートをサンプリングし、5 mm ふるいにてウェットスクリーニングを行ない、各層の粗骨材の絶乾重量を測定した。

## 3. 実験結果および考察

### (1) 粗骨材の分離

図 2 は、流動化コンクリートについての容器内における粗骨材の分布状態の一例を示したものである。横軸は、示方配合の粗骨材重量 ( $G_0$ ) に対する試料各層の粗骨材重量 ( $G$ ) の比 ( $G/G_0$ ) を表しており、以下、この比を用いて粗骨材の分離

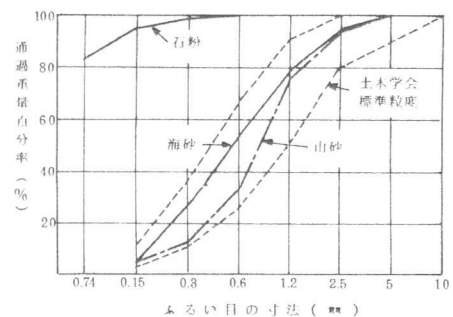


図 1 砂および石粉の粒度曲線

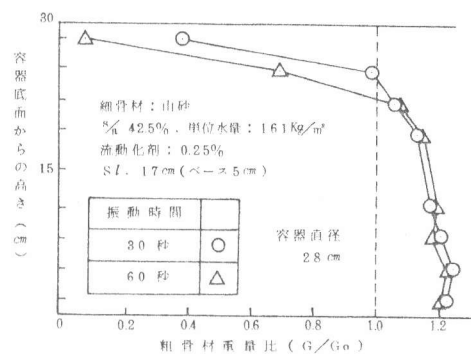


図 2 粗骨材の分布状態

の程度を検討することにする。図2から、粗骨材の分離は下部より上部で著しく、また振動時間の増加に伴い上部における分離が進行している。しかも、上部すなわち表面より4ℓの部分で分離が特に大きくなっている。

そこで、上部および下部のそれぞれ4ℓの部分における分離の程度を図3に示す。なお振動時間30秒は、目視により判断した最適時間であるが、コンクリートの種類による最適時間の相異などについては、今後検討が必要である。さて、この図より、下部コンクリートの分離の程度は、コンクリートの種類や流動化剤の添加率によらず、ほぼスランブに依存している。これに対して、上部コンクリートの場合では、コンクリートの種類により

異なっている。すなわち、普通コンクリートは、スランブ14cm程度以下では分離の程度は小さいが、それ以上になると増大する傾向が認められる。一方、流動化コンクリートの分離の程度は、ベースコンクリートよりも大きくなり、またスランブの増大に従って大きくなった。さらに、同一スランブの普通コンクリートと比較して、分離の程度は多少大きくなった。なお、山砂を使用した場合についても合わせて示したが、海砂の場合と同等であった。

図4は、細骨材率が分離の程度に及ぼす影響を示したものである。これより、細骨材率を上げて分離の低減には結びついていない。これは、図1に示したように、使用砂に微粒分が少ないためと思われる。流動化コンクリートの分離に対する抵抗性を高めるには、使用材料の面での検討が重要であると考えられる。

さて、次に流動化コンクリートの振動下での分離が、圧縮強度に及ぼす影響について検討を行なう。まず、第5図は、振動時間と分離との関係を、容器にφ15×30標準型枠において30秒間締固めた時の分離の程度は、直径28cmの容器において30秒間締固めた場合とほぼ等しくなる。

さらに、図6は、φ15×30型枠を用いて行なった振動締固め時間と圧縮強度との関係を示したものであるが、振動時間が30秒の場合でも圧縮強度の低下は認められない。従って、流動化コンクリートにおける材料分離が圧縮強度に及ぼす影響は比較的少ないものと思われる。

## (2) ブリージング

図7は、各種コンクリートのスランブとブリージング量との関係を示したものである。普通コンクリートのブリージング量は、スランブの増大に伴

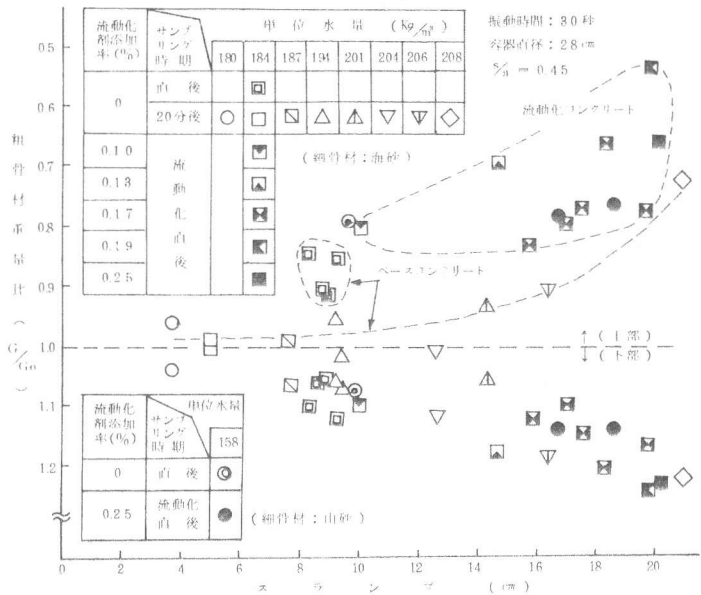


図3 各種コンクリートの粗骨材の分離の程度

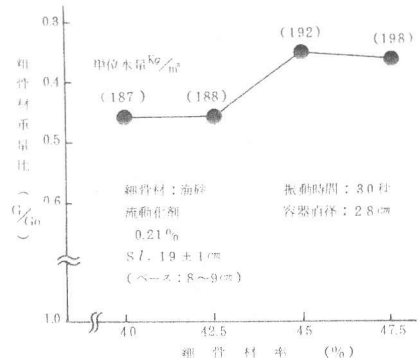


図4 細骨材率と粗骨材の分離の程度

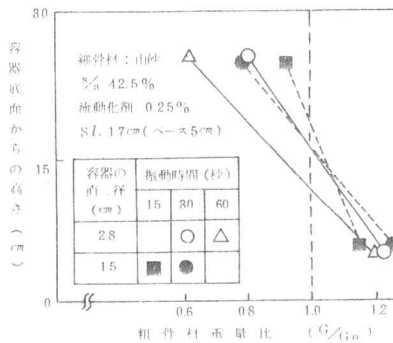


図5 振動時間と分離の程度の関係

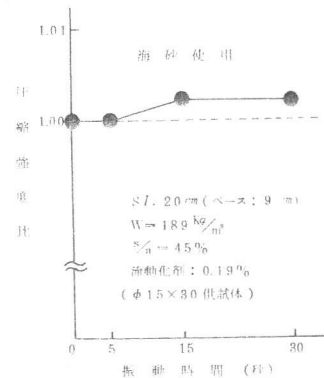


図6 振動時間と圧縮強度の関係

ない大きくなっているのに対し、流動化コンクリートのブリージング量は、ほとんどの場合、スランブの増大にかかわらず同様な値をとっている。また、同一スランブの普通コンクリートと比較するとブリージング率ではほぼ同等であるが、ブリージング量では多少小さくなっている。しかし、中には極めて大きなブリージング量を示しているケースが、頻度は少ないが現われている。

図8は、ベースコンクリートと流動化コンクリートのブリージング量の比較をしたものである。大部分は流動化することによりブリージング量に変化はないが、前述のように、たまにはあるが2倍近くに増加するものがある。

このような、流動化コンクリートのブリージング性状の極端な変動は、室内実験のみならず、現場におけるブリージング試験および実構造物においても観察された。そこで、この変動の外的な原因について検討した。

図9は、コンクリート中の粗骨材量がブリージングに及ぼす影響を示したものである。ここでは、モルタル部分の配合を一定とし、モルタル量と粗骨材量の比を変化させた。横軸は、 $W = 184 \text{ kg/m}^3$ ,  $s/a = 4.5\%$ ,  $W/C = 5.15\%$ のコンクリートの単位粗骨材量を1とした。この図より、ベースコンクリートのブリージング量は、粗骨材量の大小にはあまり影響を受けていないのに対し、流動化コンクリートの場合には、粗骨材量の減少に伴ないブリージング量が著しく増加している。従って、ブリージング試験を行なう際の不適切なサンプリングによる粗骨材量の不足が、多量のブリージングの原因になっている可能性がある。また、図10は、振動締固め時間とブリージング量の関係を示したものであるが、これより、振動時間は直接、ブリージングには影響を与えることはない。しかし、実構造物において、流動化コンクリートに過剰な振動締固めを行なった場合には、粗骨材の分離が進行し、粗骨材量の不足したコンクリートの範囲が広がることにより、ブリージングが著しく増大する可能性がある。

さて、図7に山砂を使用した場合についても示したが、ブリージング量は海砂と同等であった。単位水量が、海砂に比べて大幅に小さいにもかかわらずブリージング量が下がる

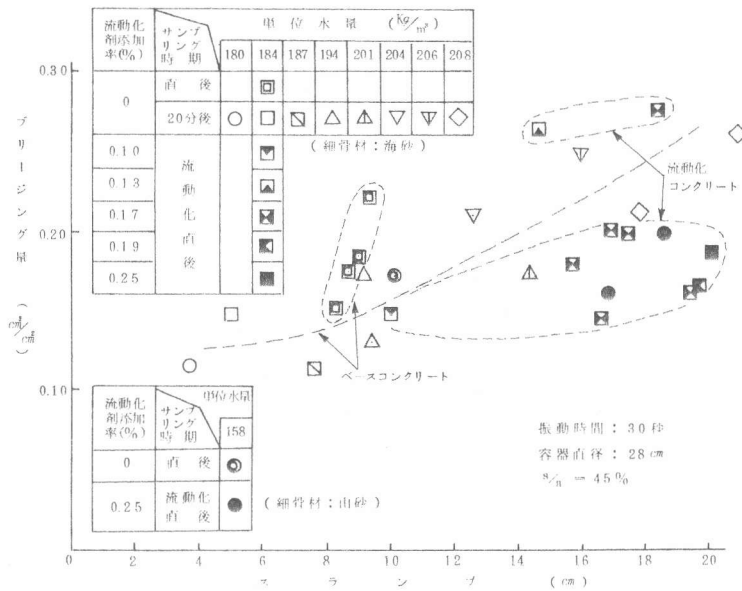


図7 各種コンクリートのブリージング量

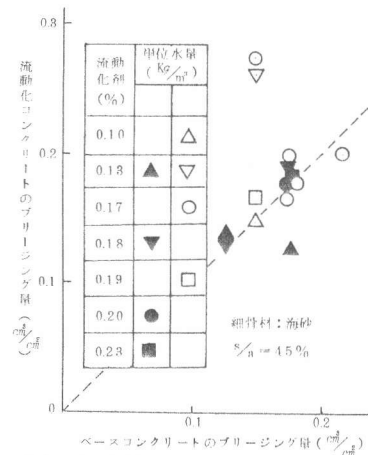


図8 流動化剤がブリージングに及ぼす影響

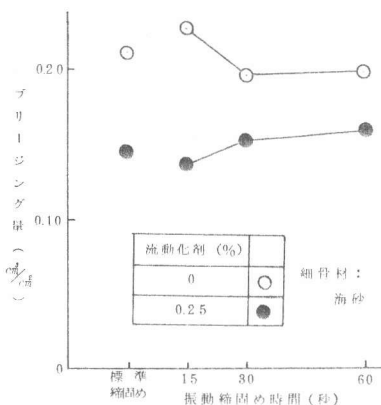


図10 振動時間とブリージング量の関係

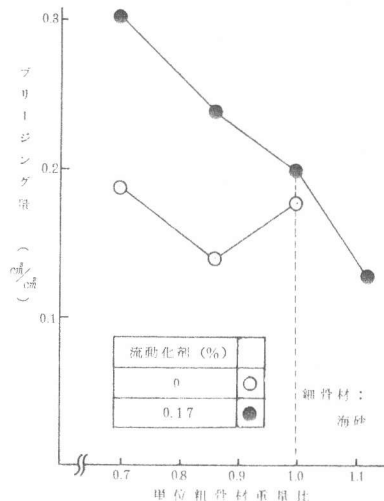


図9 粗骨材量とブリージング量の関係

ないのは、図1に示すように、使用した山砂の微粒分含有量が少ないためと考えられる。

また、図11は、細骨材率とブリージング量との関係を示したものである。細骨材率を上げてもブリージングの低減に結びついていないのは、単位水量の増加を招くこと、そして、使用砂の微粒分が少ないためと思われる。

#### 4. 石粉の混入による諸性質の改善

流動化コンクリートの振動下における材料分離およびブリージングを低減する1つの対策として、砂の微粒分を補うために石粉を細骨材の一部として置換する方法について検討した。

図12は、細骨材率とスランブの関係を示したものである。これより、石粉の置換率が6.9%（細骨材の0.15mm以下が10%になる）の場合、細骨材率を4.2%程度以下に下げると、ベースコンクリートのスランブが石粉無混入の場合と同等になり、しかも、同程度の流動化効果が得られる。なお、細骨材率を、石粉無混入の場合より数%下げても良好なプラスチックが得られた。

図13, 14, 15は、上記石粉を混入した流動化コンクリートの諸性質を示したものである。図中の実線および破線は、図3, 図7のデータを示す。石粉を混入した流動化コンクリートは、振動締め時の材料分離、ブリージング、および圧縮強度のいずれの面でも、無混入のものに比べてその品質が改善されている。

#### 5. 結論

本実験の範囲内で得られた結論は、以下のとおりである。

(1) 海砂を使用した流動化コンクリートの振動締め時の材料分離の程度は、ベースコンクリートおよび同一スランブの普通コンクリートに比べて大きくなる。

(2) ブリージング量は、ほとんどの場合、流動化前後で変化はなく、流動化コンクリートのブリージング量は軟練りコンクリートより多少小さくなるが、極めて大きくなることがごくまれにある。

(3) 材料分離およびブリージングは、微粒分の影響を大きく受け、流動化コンクリートに石粉等を利用することはその品質改善に非常に有効である。

6. あとがき 本研究は土木学会流動コンクリート小委員会の委託により行った。心から感謝いたします。

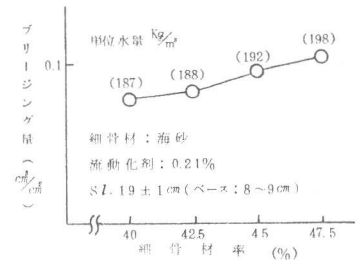


図11 細骨材率がブリージングに及ぼす影響

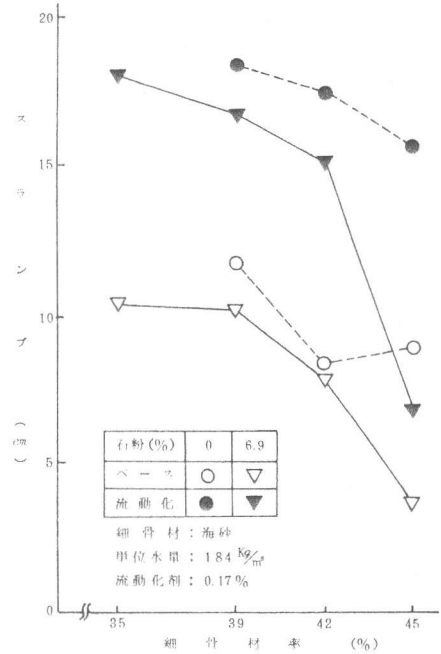


図12 細骨材率とスランブの関係

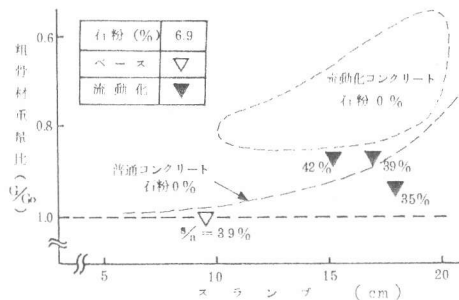


図13 石粉を混入したコンクリートの粗骨材の分離の程度

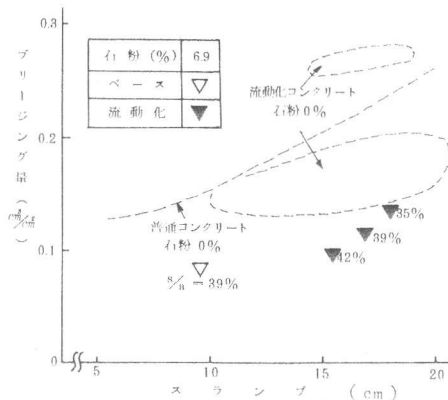


図14 石粉を混入したコンクリートのブリージング量

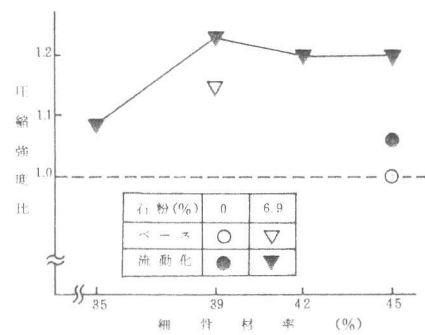


図15 石粉の混入が圧縮強度に及ぼす影響