

## V-432

## 粉体系高流動コンクリートの粉体量の選定における骨材品質の影響

大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦

大林組技術研究所 正会員 近松 竜一

大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

## 1. はじめに

近年、充填性向上を目指した高流動コンクリートの研究、開発が盛んに行われるようになってきた。高流動コンクリートの配合は対象構造物の配筋条件によって異なり<sup>1)</sup>、使用材料の特性の影響も受けるため、これまでに多くの種類の配合が提案されている<sup>2)</sup>。このうち使用材料については、セメント等の粉体材料の特性に関する研究が多数報告されているが<sup>3)</sup>、コンクリート中に大量に含まれる骨材の品質の影響に関する研究は、粒度分布に関するものを除けばまだ少ない<sup>4)</sup>。そこで本研究では、比較的形の悪い砕砂や碎石を用いた粉体系高流動コンクリートの配合について、主として粉体容積の大小の観点から検討を加えた。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1に示す。セメントは普通ポルトランド、高性能AE減水剤はポリカルボン酸系、石灰石微粉末は粉末度5,600cm<sup>2</sup>/gの製品、フライアッシュは JIS規格品、粗骨材は硬質砂岩と頁岩の砕石（S,Kと呼称）、細骨材は山砂、頁岩の砕砂K、及び両者の混合砂を使用した。

配合を表-2に示す。一部を除き、単位水量、単位セメント量を一定とし、石灰石微粉末やフライアッシュを混合して単位微粉末容積（以下粉体量と略）を140～182ℓ/m<sup>3</sup>の範囲で約10ℓ/m<sup>3</sup>きざみで変化させた。

表-1 コンクリートの使用材料

| 種類   | 略称  | 名称       | 比重   | 換 要                                                                    |
|------|-----|----------|------|------------------------------------------------------------------------|
| セメント | C   | 普通ポルトランド | 3.16 | 比表面積：3,380 cm <sup>2</sup> /g<br>全灰分：0.61%                             |
| 微粉末  | FA  | フライアッシュ  | 2.26 | 比表面積：3,920 cm <sup>2</sup> /g<br>SiO <sub>2</sub> :52.3%, Ig-loss:2.3% |
|      | LF  | 石灰石微粉末   | 2.71 | 比表面積：5,600 cm <sup>2</sup> /g<br>平均径12.9μm, CaCO <sub>3</sub> :93.1%   |
| 粗骨材  | 砕石S | 硬質砂岩砕石   | 2.65 | Gmax:20mm, 吸水率：0.63%<br>粗粒率：6.73, 実積率：59.7%                            |
|      | 砕石K | 頁岩質砕石    | 2.74 | Gmax:20mm, 吸水率：0.40%<br>粗粒率：6.66, 実積率：56.4%                            |
| 細骨材  | 山砂  | 君津産山砂    | 2.60 | 5mm以下-5%, 吸水率=1.80%<br>粗粒率：2.81, 実積率：69.4%                             |
|      | 砕砂K | 頁岩質砕砂    | 2.71 | 5mm以下-0%, 吸水率=0.90%<br>粗粒率：2.73, 実積率：64.3%                             |
| 混和剤  | SP  | 高性能AE減水剤 | —    | 利加バセーラル系+架橋剤                                                           |
|      | 助剤  | 空気導入助剤   | —    | 変性ポリカルボン酸化合物系                                                          |

## 2.2 練混ぜ条件および各種試験項目

練混ぜは容量60ℓの二軸強制練ミキサを用いて1バッチ50ℓで2分間行った。フレッシュ試験は品質の安定性を考慮して練上り後5分で行った。試験項目はスランプフロー、○漏斗流下時間、空気量で、一部の配合でブリーディング試験も実施した。硬化性状としては、圧縮強度、引張強度、静弾性係数を3材齢（7, 28, 91日）で試験した。試験方法は「JIS」、「土木学会規準」及び「自己充填型高流動コンクリートの試験方法（案）<sup>2)</sup>」に準拠した。

表-2 コンクリートの配合

| No | 水セメント比<br>W/C (%) | 水粉体容積比<br>w/p (%) | 単位粉体量<br>p (ℓ/m <sup>3</sup> ) | 粗骨材率<br>s/a (%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |       |            |       |      |  |
|----|-------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|------------|-------|------|--|
|    |                   |                   |                                |                 | W                          | C   | FA  | LF  | 山砂  | 砕砂(K) | 砕石(S)      | 砕石(K) | SP   |  |
| ①  | 50.0              | 117.7             | 140                            | 51.5            | 165                        | 330 | —   | 98  | 437 | 454   | 835 or 863 | 6.42  |      |  |
| ②  | 50.0              | 109.9             | 150                            | 50.8            | 165                        | 330 | —   | 125 | 424 | 440   | 835 or 863 | 6.60  |      |  |
| ③  | 50.0              | 103.0             | 160                            | 50.0            | 165                        | 330 | —   | 152 | 411 | 427   | 835 or 863 | 6.61  |      |  |
| ④  | 50.0              | 103.0             | 160                            | 50.0            | 165                        | 330 | —   | 152 | 806 | —     | 835 or 863 | 6.24  |      |  |
| ⑤  | 51.5              | 106.1             | 160                            | 49.6            | 170                        | 330 | —   | 152 | —   | 840   | 835 or 863 | 8.16  |      |  |
| ⑥  | 50.0              | 96.3              | 171                            | 49.1            | 165                        | 330 | 152 | —   | 396 | 406   | —          | 863   | 5.54 |  |
| ⑦  | 60.0              | 94.0              | 175                            | 48.7            | 165                        | 275 | 200 | —   | 391 | 411   | —          | 863   | 5.94 |  |
| ⑧  | 42.5              | 93.2              | 182                            | 47.8            | 170                        | 400 | —   | 150 | 376 | 390   | 835 or 863 | 7.70  |      |  |

(注) P=C+FA+LF (重量), p=c+fa+lf (容積), 混合砂は容積で等量ずつ混合した

## 3. 実験結果と考察

## 3.1 骨材の品質試験結果と考察

ふるい分け試験結果を表-3に示す。頁岩からなる骨材Kは細・粗骨材を問わず、比重、吸水率、粗粒率とも他の骨材に比べて劣る点は認められなかった。しかし、粒子形状は扁平で細長く、角張ったものが多く、実積率において砕砂Kが約5%、砕石Kが約3%小さくなった（表-1参照）。

表-3 骨材のふるい分け試験結果

|     |           | ふるいの通過重量百分率 (%) |     |     |     |     |     |      |  |
|-----|-----------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|--|
| 骨材  | ふるい目 (mm) | 10              | 5   | 2.5 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.15 |  |
|     | 山砂        | 100             | 97  | 81  | 67  | 51  | 27  | 2    |  |
|     | 砕砂K       | 100             | 100 | 94  | 72  | 41  | 22  | 8    |  |
| 粗骨材 | ふるい目 (mm) | 25              | 20  | 15  | 10  | 5   | 2.5 | —    |  |
|     | 砕石S       | 100             | 93  | 71  | 28  | 7   | 0   | —    |  |
|     | 砕石K       | 100             | 99  | 84  | 30  | 1   | 0   | —    |  |

キーワード：高流動コンクリート、骨材品質、砕砂、単位微粉末容積、石灰石微粉末

連絡先：〒204 清瀬市下清戸 4-640 TEL:0424-95-0930, FAX:0424-95-0908

この結果、スランプ12cmの普通コンクリートの単位水量と比較すると、砕砂Kと砕石Kを用いた場合は $182\text{kg}/\text{m}^3$ で、山砂と砕石Sを用いた場合より $30\text{kg}/\text{m}^3$ 以上も多くなった。

### 3.2 骨材の形状が流動性に及ぼす影響

各種骨材の組合せにおけるスランプフローとO漏斗流下時間、50cmフロー時間の関係を図-1に示す。フロー時間は骨材によらずスランプフローの低下に伴い増加する結果となった。しかし、流下時間は細骨材の種類で傾向が異なり、砕砂Kでは山砂の3～5倍まで増加したが、混合砂では山砂にほぼ近い値となった。流下状況の観察結果より、砕砂K単味では砂のかみ合いが生じ、流下時間が増大したものと思われる。

砕砂Kと混合砂を用いた場合の粉体量と流下時間、フロー時間の関係を図-2に示す。粉体量が減少すると、(粗骨材容積一定では)細骨材容積が増加してスランプフローは若干減少し、フロー時間や流下時間は増加の傾向を示したが、砕砂K単味では混合砂より増加の程度が大きくなった。例えば流下時間が30秒以内の良好な流動性状を確保するには、砕砂K単味では $170\text{g}/\text{m}^3$ 以上の粉体量が必要となるのに対し、混合砂とすれば $140\text{g}/\text{m}^3$ 程度の粉体量でも良好となることが示唆された。

### 3.3 粉体量がブリーディング率に及ぼす影響

混合砂を用いた配合のブリーディング率は、粉体量が $140\text{g}/\text{m}^3$ で2.9%と若干多く、粉体量の増加に伴い減少する傾向が認められた(図-3)。

### 3.4 粉体量の増加が硬化性状に及ぼす影響

粉体量の違いが硬化性状に及ぼす影響を図-4, 5に示す。圧縮強度や引張強度は粉体量が増加に伴い少し高くなった。これは石灰石微粉末のセメント分散効果によるとと思われる。一方、静弾性係数は粗骨材量一定の条件のためか、粉体量によらずどの材齢もほとんど一定の値となった。

## 4. まとめ

細骨材の品質が流動性状やブリーディングに及ぼす影響は大きく、形状が悪いと所要粉体量は増加すること、粉体量の増加により強度は若干増加する傾向にあるが、弾性係数への影響は小さいことなどが確認された。

### 【参考文献】

- 1) 三浦, 近松他: 高流動コンクリートの配合設計手法に関する一提案, 土木学会高流動コンクリートシンポジウム論文集, No. 11, 1996年3月
- 2) 土木学会コンクリート技術シリーズ15, 「高流動コンクリートに関する技術の現状と課題 (高流動コンクリート研究小委員会報告)」, 1996年12月
- 3) 例えば 三浦, 近松他: 高速流動コンクリートに関する基礎研究, コンクリート工学年次論文報告集 13-1, No. 1028, 1991年6月
- 4) 例えば 永元, 小沢: フレッシュコンクリートの自己充填性に及ぼす細骨材特性の影響, コンクリート工学年次論文集18-1, No. 1012, 1996年6月

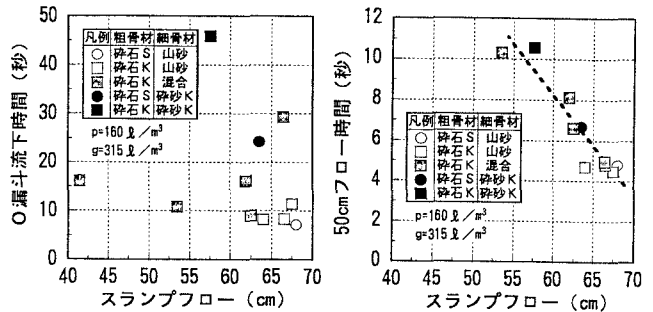


図-1 骨材の種類が高流動コンクリートの流動性状に及ぼす影響

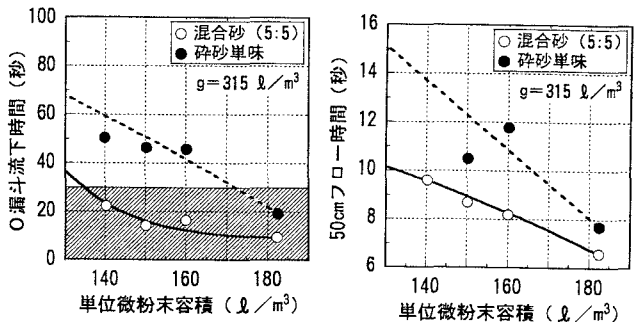


図-2 骨材種類と粉体量が高流動コンクリートの流動性状に及ぼす影響

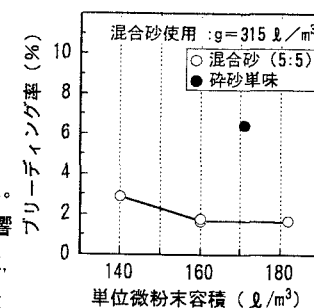


図-3 ブリーディング率

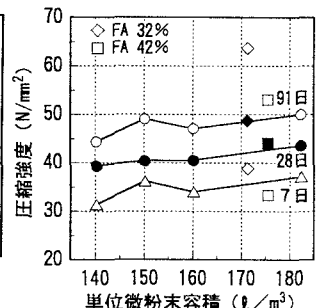


図-4 粉体量と圧縮強度の関係

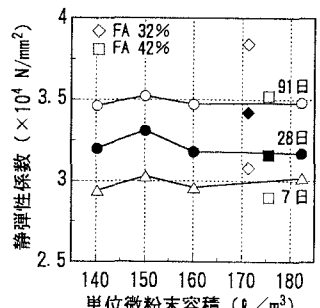


図-5 粉体量と静弾性係数の関係