# 細粗骨材の粒度分布を調整したコンクリートの骨材分散距離－流動性の関係性

大成建設(株)　正会員　渡部 孝彦
大成建設(株)　正会員　武田 均
大成建設(株)　正会員　橋本 理

## 1.　背景・目的

本報は，骨材の粒度分布と一般のコンクリートのスランプとの関係について検討したものである.コンクリートのコンシステンシーに関する研究は数多く蓄積されている[1),2),3)]が，骨材の粒度分布については，JIS 範囲内の骨材を用いた検討がほとんどである.一方，推奨される骨材の粒度分布や配合設計方法は世界的には統一されていないのが現状である.そこで，本検討では JIS の骨材粒度分布に拘らず，混合調整により粒度分布の大きく異なる細骨材を製造して，これを用いたコンクリートのコンシステンシーの評価を行った.本検討において流動性の評価には余剰ペースト膜厚理論を用いた.ここで，既往の研究[1),2),3)]では細粗混合骨材の実積率をジギング等で測定しているが，粒度分布の範囲が広い粒子の実積率を安定して測定することは非常に困難であったため，本検討では鈴木ら[4)]が提案している多成分粒子ランダム充填層の空間率を算出するモデルを用いた.

## 2.　実験概要

使用した材料を表-1 に示す.また，実験要因とした骨材の組合せを表-2 に示す.これらの骨材の組合せで骨材混合比を調整することで，所定の粒度分布を製作した.まずはシリーズ 1 として，海外において低単位水量で流動性が高い実績のある配合の骨材粒度分布（以下，海外の粒度分布）に着目した検討を行った.ここでは主に，JIS 範囲の粒度分布（No.1,5）に対し，S1 を分級することで製造した海外の粒度分布（No.3）を比較することに着目し，計 11 ケースの骨材粒度分布の骨材を用いた.シリーズ 2 では，シリーズ 1 の結果を受け，細粗骨材の中間粒度（2.5-5.0mm）の割合に着目し，S2~S5 を用いて粒度を調整した計 16 ケースの骨材粒度分布の骨材を用いた.特にシリーズ 2 ではレディミクストコンクリートの配合（No.12，以下，生コン配合）をベース配合とした.ここで JIS 範囲内の細骨材を用いた配合は No.1,5,12,20 のみである.コンクリートの製造は 2 軸強制練りミキサ（容量 55L）を用いて，10 秒間空練りした後，水を加え 90 秒間練り混ぜた.練混ぜは 30L/バッチとし，20℃環境下で実施した.

## 3.　実験結果および考察

### 3.1.　シリーズ 1

図-1 にシリーズ 1 の代表的な骨材粒度割合を示す.これより，海外の粒度分布(No.3)が，JIS 範囲の粒度分布(No.1,5)と大きく異なっていることがわかる.特に，2.5-5.0mm の粒度割合の差が顕著であった.スランプを比較すると，No.3 が 18.5cm，No.1,5 がそれぞれ 11.5，11.0cm であり，海外の粒度分布の方が，スランプが大きい結果となった.

### 3.2.　シリーズ 2

シリーズ 1 の結果を受け，図-2 に示すような，細粗骨材の 2.5-5.0mm の粒度割合に着目した検討を実施した.2.5-5.0mm の粒度割合とスランプには相関が見られなかったため，余剰ペースト膜厚理論による整理を行った.図-3 にシリーズ 1 および 2 のスランプと骨材分散距離の関係を示す.ここで骨材分散距離は寺西ら[3)]の式により算出した.骨材体積割合(%)の算出には実測した空気量(JIS A 1128)を用い，粒度分布から計算で求めた実積率を用いた[4)].赤塗りされたプロットは JIS の砕砂を使用

表-1 使用材料

| 項目 | 記号 | 産地・種類 | 表乾密度 (g/cm³) | 吸水率 (%) |
|---|---|---|---|---|
| ｾﾒﾝﾄ | C | 普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ | 3.16 | - |
| 水 | W | 水道水 | 1.00 | - |
| 粗骨材 | G1 | 砂岩砕石(三重県国見山産) | 2.67 | 0.42 |
| 細骨材 | S1 | 山砂(千葉県君津産) | 2.61 | 1.97 |
| | S2 | 山砂(千葉県富津産) | 2.62 | 1.94 |
| | S3 | 砂岩砕砂(三重県国見山産) | 2.64 | 1.56 |
| | S4 | 安山岩砕砂(山梨県甲州産) | 2.63 | 2.58 |
| | S5 | 硬質砂岩 7 号砕石 (東京都奥多摩産) | 2.66 | 0.70 |

キーワード　細粗骨材粒度分布，余剰ペースト膜厚理論，骨材分散距離
連絡先　〒245-0051　横浜市戸塚区名瀬町 344-1　TEL:045-814-7219

© Japan Society of Civil Engineers

表-2　骨材の組合せ

シリーズ 1：No.1-11　（W/C55%，W160kg/m$^3$）

| No | 使用骨材 | 骨材分散距離（μm） | スランプ（cm） |
|---|---|---|---|
| 1 | S1,G1 | 41.14 | 11.5 |
| 2 | S1 分級 G1 | 48.63 | 16.5 |
| 3 | | 48.19 | 18.5 |
| 4 | | 44.72 | 19.5 |
| 5 | S1 分級 S3,G1 | 43.44 | 11.0 |
| 6 | | 44.94 | 13.5 |
| 7 | | 45.45 | 10.0 |
| 8 | | 36.55 | 5.5 |
| 9 | S1,S3 G1 | 51.29 | 16.0 |
| 10 | | 44.48 | 10.0 |
| 11 | | 42.62 | 9.0 |

シリーズ 2：No.12-27　（W/C50%，W170kg/m$^3$）

| No | 使用骨材 | 骨材分散距離（μm） | スランプ（cm） |
|---|---|---|---|
| 12 | S2,S3,G1 | 56.78 | 15.4 |
| 13 | S2,S3, S5,G1 | 57.82 | 15.7 |
| 14 | | 58.89 | 17.1 |
| 15 | | 60.78 | 16.1 |
| 16 | | 57.78 | 17.1 |
| 17 | | 65.11 | 18.5 |
| 18 | | 69.39 | 20.5 |
| 19 | | 69.81 | 18.1 |
| 20 | S4,G1 | 62.51 | 16.0 |
| 21 | S4,S5,G1 | 67.71 | 14.4 |
| 22 | | 65.53 | 17.6 |
| 23 | | 66.30 | 14.1 |
| 24 | | 56.81 | 13.7 |
| 25 | S3,S4,G1 | 65.94 | 15.9 |
| 26 | | 63.47 | 14.1 |
| 27 | | 54.97 | 11.7 |

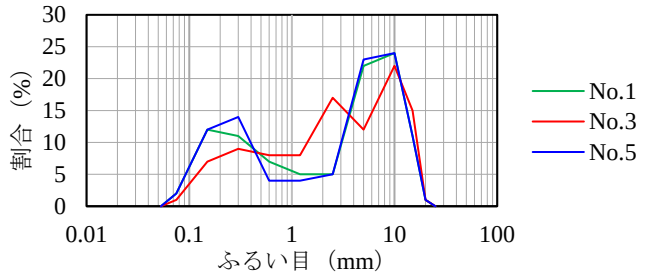


図-1 シリーズ 1 の粒度分布（抜粋）

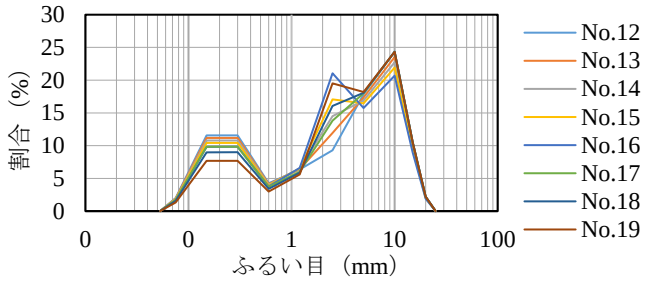


図-2 シリーズ 2 の粒度分布（抜粋）

した配合，青塗されたプロット(No.2)以外は全て TS-EN 範囲の骨材である.既往の報告と同様にスランプと骨材分散距離の関係には正の相関があることが確認できた.ここで，JIS の粒度分布範囲外の細骨材を利用したいくつかの配合において，生コン配合よりも骨材分散距離が大きくなり，かつスランプが向上することが確認できた.一方で材料分離抵抗性に関して，最もスランプが大きかった No.18 のスランプ試験後に木づちでスランプ板を十数回叩いた後の様子を写真-1 に示す.写真-1 からは骨材の分離，モルタル・セメントペーストの分離は観察されなかった.材料分離に関しては今後検討予定である.

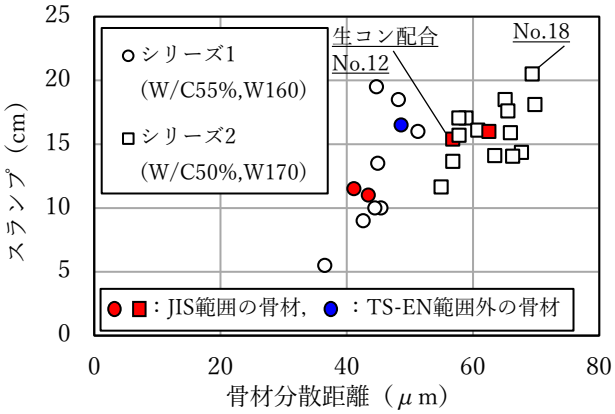


図-3 スランプと骨材分散距離の関係

写真-1 スランプ試験と叩き後の様子

## 4.　まとめ

・海外の粒度分布を用いた配合でスランプの向上を確認した.JIS の粒度分布範囲と比較すると，2.5-5.0mm の粒度割合が大きく異なっていることがわかった.

・JIS の粒度分布範囲外の細骨材を用いた配合であっても，スランプと骨材分散距離に正の相関があり，余剰ペースト膜厚理論が適用可能であると考えられた.また，いくつかの配合では生コン配合よりもスランプ・骨材分散距離が向上した.これより，JIS 範囲外の骨材により生コン配合の流動性を改善できる可能性がある.

・今回の実験の範囲では，粒度分布を大きく変化させても材料分離が生じている様子は観察されなかった.

## 参考文献

1) 三宅淳一ほか：フレッシュコンクリートの変形性を最大にする細骨材率に関する研究，土木学会論文集 E，Vol64，No.2，pp.261-370，2008
2) 桜井邦昭：材料分離抵抗性と流動性を適切に考慮できるコンクリートの配合設計法の開発，博士論文，2014
3) 寺西浩司ほか：細骨材および調合がコンクリートのワーカビリティーに及ぼす影響，日本建築学会構造系論文集，80 巻 707 号，pp.9-18，2015
4) 鈴木道隆ほか：粒度分布のある多成分粒子ランダム充填層の空間率，化学工学論文集，11 巻 4 号，pp.438-443，1985

© Japan Society of Civil Engineers