

骨材粒度分布を考慮して単位水量を低減したコンクリート配合の検討

大成建設（株）技術センター 正会員 ○渡部 孝彦
大成建設（株）技術センター 正会員 武田 均

1. 背景・目的

余剰膜厚ペースト理論による骨材分散距離とコンクリートの流動性（スランプ）に相関があることは以前より知られている^{例え1)}。しかし、骨材分散距離を用いて目的の流動性が得られるような骨材の粒度分布を直接的、定量的に定めるような手法はない。そこで、本研究では既存の配合に対して、骨材分散距離を指標として骨材の粒度分布を調整することで、流動性（スランプ）を変えずに単位水量を低減させる検討を行った。単位水量を低減することでコンクリートの基本的な性能の向上（乾燥収縮の低減や水和熱の抑制）が期待できる。対象は実際のダムで使用予定の、特記仕様書に示された有スランプコンクリートの配合（以下、基本配合）である。

2. 実験内容

使用材料を表-1に示す。結合材は中庸熟セメントに対してフライアッシュ（II種）を質量比で3割置換したものである。骨材には現地で使用予定の砕砂、砕石を使用し、最大骨材寸法は40mmとした。骨材の表乾密度は

$S : 2.63\text{g/cm}^3, G1 : 2.65\text{g/cm}^3, G2 : 2.66\text{g/cm}^3$ であった。

配合を表-2に示す。Nは基本配合であり、スランプが $8\text{cm} \pm 1\text{cm}$ になるように減水剤の量を調整した。また、空気量が5%程度になるようにAE剤を調整した。その他の配合は配合Nに対して骨材の粒度分布を調整した配合である。骨材の粒度分布は文献2)の計算方法を用いて算出した骨材分散距離が最大になるように粒度を調整するものとした。骨材粒度分布の調整は骨材選定の自由度に応じて様々な方法が考えられるが、本検討では粒径範囲の異なる各骨材の元々の粒度分布は変えずに、混合割合を変更することで骨材の粒度分布を調整することとした。ここでは細骨材1種、粗骨材2種を使用しているため、粗骨材におけるG1の割合と s/a によって骨材分散距離を変動させた（図-1）。まず、基本配合から粗骨材におけるG1の割合を変化させた結果、G1の割合が0.2~0.4程度で骨材分散距離が最大となった。次にG1の割合を0.3とし、 s/a を変化させた結果、 s/a が0.25~0.35程度で骨材分散距離が最大となっ

表-1 使用材料

| 分類 | 項目 | 記号 | 内容 (FM:粗粒率, G:実積率) |
|-----|---------|----|---|
| 粉体 | セメント | C | 中庸熟セメント, 比表面積 $3170\text{cm}^2/\text{g}$, 密度 3.21g/cm^3 |
| | フライアッシュ | F | II種, 比表面積 $4220\text{cm}^2/\text{g}$, 密度 2.33g/cm^3 |
| 骨材 | 細骨材 | S | 砕砂, 硬質砂岩(栃木県), FM3.04, G63.7 |
| | 粗骨材 | G1 | 2005 砕石, 硬質砂岩(栃木県), FM6.60, G58.7 |
| | | G2 | 4020 砕石, 硬質砂岩(栃木県), FM7.92 |
| 混和剤 | 減水剤 | Ad | マスターポゾリス No.8 |
| | AE剤 | AE | マスターエア 202 |

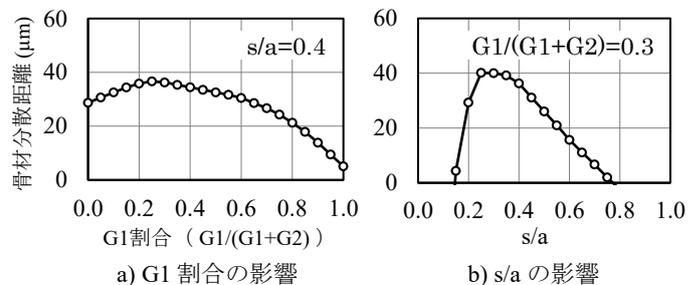


図-1 骨材分散距離の変動

表-2 配合 (kg/m^3) とコンシステンシー試験結果

| 配合 | 練量 (L) | W/B (%) | s/a (%) | G1 割合 | 粒度分布 | 配合量 (kg/m^3) | | | | | | 骨材分散距離 (μm) | | スランプ (cm) | | | 空気量 (%) |
|---------------|--------|---------|---------|-------|------|-------------------------|-----|----|-----|-----|------|--------------------------|-------------|-----------|------|------|---------|
| | | | | | | W | C | F | S | G1 | G2 | 配合空気量 5%で計算 | 練上り時 空気量で計算 | ① | ② | 平均 | |
| N | 50 | 49 | 40 | 0.5 | N | 137 | 196 | 84 | 753 | 570 | 570 | 32.55 | 38.27 | 8.0 | 6.7 | 7.4 | 6.3 |
| WB49-A1-137-1 | 30 | 49 | 35 | 0.3 | A1 | 137 | 196 | 84 | 659 | 371 | 865 | 39.15 | 42.68 | 9.0 | 8.5 | 8.8 | 5.7 |
| WB49-A1-137-2 | 50 | 49 | 35 | 0.3 | A1 | 137 | 196 | 84 | 659 | 371 | 865 | 39.15 | 45.19 | 10.1 | 11.7 | 10.9 | 6.2 |
| WB49-A1-132 | 50 | 49 | 35 | 0.3 | A1 | 132 | 189 | 81 | 667 | 375 | 876 | 33.17 | 36.68 | 8.5 | 7.0 | 7.8 | 5.7 |
| WB46-A1-129-1 | 30 | 46 | 35 | 0.3 | A1 | 129 | 196 | 84 | 666 | 375 | 875 | 33.55 | 38.06 | 7.1 | 8.2 | 7.7 | 5.9 |
| WB46-A1-129-2 | 50 | 46 | 35 | 0.3 | A1 | 129 | 196 | 84 | 666 | 375 | 875 | 33.55 | 35.56 | 6.6 | 6.0 | 6.3 | 5.4 |
| WB49-A2-137 | 30 | 49 | 35 | 0.2 | A2 | 137 | 196 | 84 | 659 | 247 | 989 | 38.33 | 41.88 | 10.6 | 8.3 | 9.5 | 5.7 |
| WB49-A2-129 | 30 | 49 | 35 | 0.2 | A2 | 129 | 185 | 79 | 672 | 252 | 1008 | 28.75 | 32.78 | 9.3 | 7.8 | 8.6 | 5.8 |

キーワード 余剰ペースト膜厚理論, 流動性, 粒度分布, ダムコンクリート

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 090-4914-1608

た。以上より、骨材の粒度分布には $s/a=0.35$, G1 の割合を 0.3 とした粒度分布 A1 と, G1 の割合を 0.2 とした粒度分布 A2 を使用することとした。各骨材の粒度分布を図-2 に, 細粗混合の粒度分布を図-3 に示す。

次に, 骨材の粒度分布の調整により骨材分散距離が増加した分だけ単位水量を低減させた。各配合における単位水量と骨材分散距離との関係を図-4 に示す。基本配合 N と骨材分散距離が同等になるまで単位水量を低減できると考えると, WB49-A1, WB49-A2 の配合では単位水量が約 132kg/m^3 程度まで低減でき, 単位セメント量一定では WB46-A1 で単位水量が 128.5kg/m^3 程度まで低減できることが推定される。

以上の机上検討より, 表-2 のように配合を定め, 練混ぜ実験を行った。コンシステンシー試験としてスランプ (JIS A 1101) および空気量 (JIS A 1128) を測定し

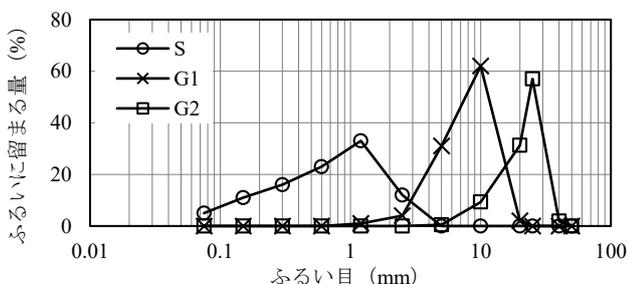


図-2 各骨材の粒度分布

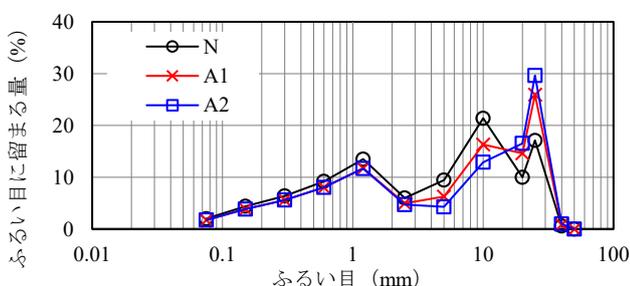


図-3 細粗混合の粒度分布

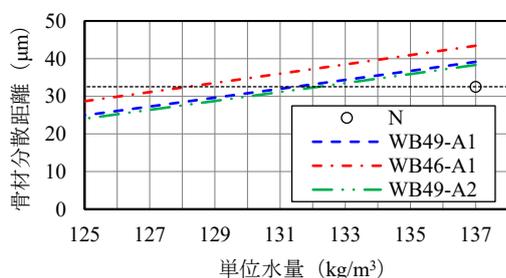


図-4 単位水量と骨材分散距離の関係

表-3 圧縮強度とブリーディング試験結果

| 配合 | 圧縮強度 $\sigma_{28}(\text{N/mm}^2)$ | ブリーディング量 (cm^3/cm^3) | ブリーディング率 (%) |
|---------------|--------------------------------------|---|-----------------|
| N | 21.2 | 0.056 | 1.60 |
| WB49-A1-137-2 | 20.9 | 0.078 | 2.22 |
| WB49-A1-132 | 22.2 | 0.026 | 0.99 |
| WB46-A1-129-2 | 27.6 | 0.034 | 0.81 |

た。スランプは練上り直後に 2 回測定した。また, 材齢 28 日の圧縮強度 (JIS A 1108, 20°C 水中養生) とブリーディング (JIS A 1123) を測定した。

3. 実験結果

コンシステンシー試験結果を表-2 に示した。スランプの平均値が目標の $8\pm 1\text{cm}$ の範囲におさまることをもって, 基本配合と流動性が等しいとする。WB49-A1 は基本配合から流動性を変えずに単位水量を 132kg/m^3 まで低減でき, おおむね予想通りの結果となった。WB46-A1 は単位水量を 129kg/m^3 とした 2 バッチうち WB46-A1-129-1 はスランプ 7.7cm で目標スランプにおさまり, WB46-A1-129-2 はスランプ 6.3cm で目標範囲を少し下まわった。2 バッチの平均値は 7.0cm となり目標スランプに収まった。WB49-A2-129 はスランプ 8.6cm で目標スランプに収まり, 単位水量低減の予想値 132kg/m^3 以上に低減が可能であったが, 単位水量が低減可能という定性的な傾向としては一致した。

圧縮強度とブリーディング試験結果を表-3 に示す。W/C 一定の条件で基本配合から細粗骨材の粒度分布や単位水量を変更しても圧縮強度は低下していない。WB46-A1-129-2 は W/B を下げたため強度が上がったと考えられる。また, 基本配合から骨材の粒度分布を A1 に変更した WB49-A1-137-2 のブリーディング率は, 基本配合と比較して大きくなったが, 単位水量を低減したその他の配合では小さくなった。

4. まとめ

骨材分散距離を指標に骨材の粒度分布を調整することで, 所定の流動性 (スランプ) を変えずに単位水量を低減させることが可能であった。単位水量の低減量はおおむね机上検討の予想通りであった。また, 本検討の範囲では, 本手法によって骨材の粒度分布や単位水量を調整しても圧縮強度が低下することはない。さらに, 単位水量を低減した配合ではブリーディング率が低下することが確認された。

参考文献

- 1) 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に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 80 巻, 第 707 号, pp.9-18, 2015.1
- 2) 渡部孝彦, 武田均: 骨材粒度分布が流動性に与える影響を考慮したコンクリート配合設計に関する一考察, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.43, 2021. (submitted)