

細骨材容積比に基づく流動性を有するコンクリートの配合設計法の考案

日本大学 学生会員 ○小菅愛弓 日本大学 正会員 子田康弘

1. 背景・目的

近年、コンクリート施工の合理化や、省力化、省人化、環境負担の低減の観点から、経済的かつ合理的な配合設計が求められる。著者らの研究より、細骨材容積比(以下、S/M)とフロー面積比差の関係から流動性と粘性を考慮する配合設計手順を考案した。一方、コンクリート用骨材として用いられる砕石や砕砂の副産物として砕石粉が発生する。資源の有効理由の観点からこれをコンクリート用材料とする方法も考えられる。そこで本研究では、この S/M によるフロー面積比差の考えに基づき、石粉を用いた流動性を持つコンクリートの配合設計法の検討を行った。本稿では、石粉を使用した締固めを必要とする高流動コンクリート(以下、中流動)を検討の対象とした。

2. 実験概要

表-1 に、使用材料を示す。混和剤としては、高性能 AE 減水剤を使用し、単位水量の低減を計った。中流動コンクリートの配合を設定するにあたり、既往の研究で提案したモルタルの流動性と粘性の評価手法を用いた。具体的には、フロー試験(JISR5201)で評価するもので、フローコーンを抜く直前、上面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し赤紫色に呈色させ、底面と上面のフロー値を計測した。フロー試験は、S/M を 30%~70% の範囲で設定し 5%ずつ値を変えフロート値を計測、面積比差を求め S/M を選定した。この結果は、後述する表-2 の配合表を示す。コンクリートの水セメント比は W/C42.5%, 50%, 60%の 3 条件とし、石粉を W/C42.5%, 50%は外割 30%, W/C60%は外割 50%に細骨材置換した。『コンクリートライブラリー161 締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工指針(案)』²⁾によれば、構造条件および施工方法とフレッシュコンクリートの品質の組み合わせとして、一般のコンクリートと同等の間隙通過性を有する場合をタイプ 1、高い間隙通過性を求める場合をタイプ 2 としている。本検討では、タイプ 1 の評価としてスランプフロー試験(JISA1150)、またタイプ 2 の評価として J リングフロー試験(JISA1159)、ボックス形容器を用いた加振時のコンサートの間隙通過性試験(土木学会基準, JSCE-F701-2018)を行った。

3. 実験結果

図-1 に、S/M とフロー面積比差の関係を示す。図より、W/C42.5%は S/M50%, W/C50%は S/M55%, W/C60%は S/M60%でピークに達し、S/M の増加によって W/C42.5%と W/C50%では S/M65%, W/C60%では S/M70%でフローを失い測定不可となった。図-2 に、面積比の変化を示す。図より、底面の面積比は S/M の増加とともに減少し、上面の面積比は W/C50%と 60%の場合、S/M50%を超えてから減少傾向にある。すなわち、本実験においては、

表-1 使用材料

使用材料	種類	密度 (g/cm ³)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	砕砂	2.66
粗骨材	砕石	2.72
石粉	石灰石微粉末	2.80
高性能 AE減水剤	マスターグレニウム SP8SV	1.03~1.12
AE助剤	マスターエア 202	1.02~1.06

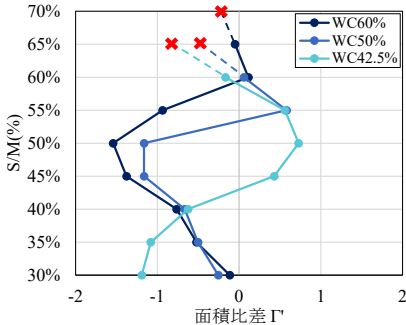


図-1 S/M とフロー面積比差の関係

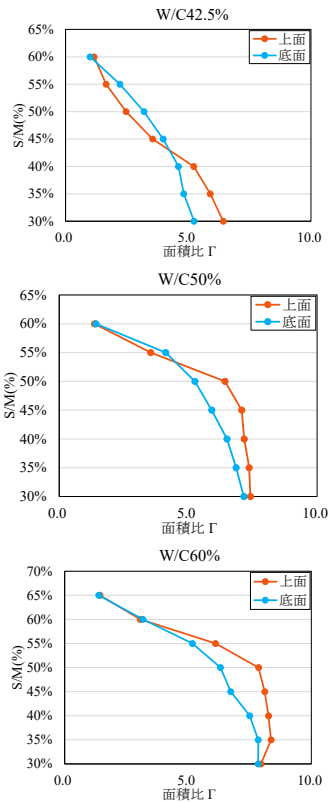


図-2 S/M とフロー面積比

中流動を目的として水セメント比を大きくする場合、粘性を上げるために必要な細骨材容積はモルタル中の 50%以上が必要と考えられた。この結果から表-2 のように、配合計算では W/C42.5%は S/M43%, W/C50%は S/M54%と面積比差が 0 となる S/M, また W/C60%は上面の面積比が変化した S/M52.5%をそれぞれ選定した。図-3 に、スランプフロー試験結果を示す。目標スランプフローは 500mm±75mm とした。図より、水セメント比を問わず、粗骨材が分離傾向にはなく、スランプフローはそれぞれ W/C42.5%では 475mm, W/C50%では 460mm, および W/C60%では 539mm と目標スランプフローを満足した。この結果より、石粉を用いた比較的水セメント比が大きいコンクリートであってもタイプ 1 を満たす配合が可能といえる。図-4 に、J リングフロー試験結果を示す。高流動コンクリートでの規格(JISA1160)を参考にすると、間隙通過性の評価基準としてブロッキング値は 75mm 以下と定められているがどの結果も規格値を上回った。また、PJ 値は目標スランプフローが 500mm の場合、60mm 以下と定められており、W/C50%が基準を満足した。中流動は締固めを前提とするが、このようにタイプ 2 として間隙通過性が満足のいく結果とはならなかった。図-5 と図-6 に、ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験として、間隙通過速度と粗骨材量比率の結果を示す。図-5 より、W/C60%の間隙通過速度が遅く、粘性が高いコンクリートであることが分かる。W/C42.5%と W/C50%については 5mm/s 以上となり流動性は多少なりとも良い結果と考えられた。図-6 の粗骨材量比率より、A 室下部よりも B 室上部の粗骨材量比率が低く、振動締固めにより材料分離傾向にあることがわかる。この結果より、本手法で石粉を用いた、粉体量を多くした水セメント比の大きいコンクリートでタイプ 2 を満足させるには、粗骨材容積の決定方法などの検討が必要と判断された。

4. まとめ

本検討より、石粉を用いた中流動コンクリートの配合設計法としてフロー面積比差に基づく考えを適用した。その結果、W/C60%の高水セメント比であってもタイプ 1 の範囲であればフロー500mm 程度の中流動を満足する配合を求めることができた。今後は、タイプ 2 を念頭に水セメント比に合わせた混和剤の種類の選定、単位水量と粗骨材容積の決定方法などを検討する予定である。

【参考文献】

- 1)子田康弘，橋本紳一郎：RC 床版施工におけるワーカビリティを考慮したコンクリートの配合設計手順に関する検討，令和 3 年度土木学会全国大会，V-59，2021.
- 2)土木学会：コンクリートライブラリー第 161 号 締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工指針（案），2023.

表-2 コンクリートの配合表

No	配合条件	粗骨材の最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	S/M (%)	単位量(kg/m ³)					
						W	C	S	F	G	SP
1	細骨材置換率30%	20	42.5	31.4	43.0	160	376	453	113	1247	3.38
2	細骨材置換率30%		50.0	50.5	54.0	175	350	793	105	891	3.15
3	細骨材置換率50%		60.0	41.6	52.5	170	283	629	142	1093	2.55



図-3 スランプフロー試験結果

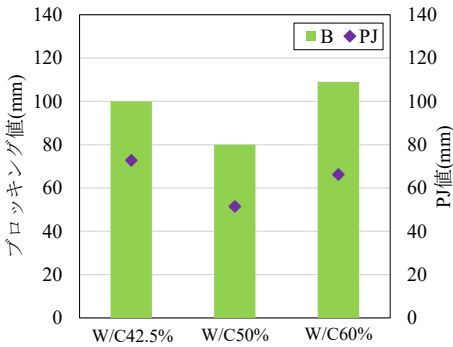


図-4 J リングフロー試験結果

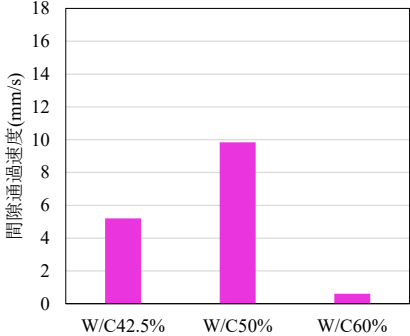


図-5 間隙通過速度

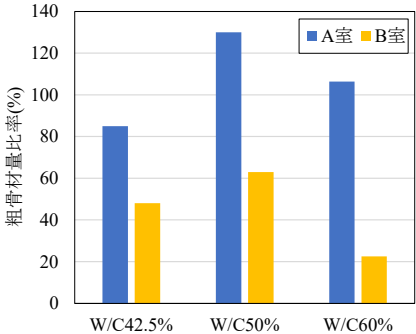


図-6 粗骨材量比率