

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

日本大学 正会員 ○子田 康弘
千葉工業大学 正会員 橋本紳一郎

1. はじめに

凍結防止剤散布環境下における道路橋 RC 床版(以下, RC 床版)は, 塩害, 凍害, ASR, および疲労という複合劣化を受ける. 国土交通省東北地方整備局は, 「東北地方における RC 床版の耐久性確保の手引き(案)¹⁾」を発刊し, 複合劣化に対し複合防御網による高耐久 RC 床版という考え方を示している. しかし, RC 床版を施工する上で, 例えば床版上面の仕上げが困難なコンクリートは水溜まりとなる不陸が生じる可能性があるなど, 複合防御網とした配合であっても不適切なワーカビリティは施工上の不具合を起こす可能性が高まる. そこで本研究では, 複合防御網の仕様を満足しつつ, 床版の施工に見合ったワーカビリティが得られる配合設計の手順を検討した.

2. 実験概要

表-1 配合設計条件

水結合材比(W/B)	セメント種類	混和材	空気量	スランプ
45%	高炉セメントB種	膨張材	4.5%+1.5%	12cm-18cm

表-1 に, 配合設計の条件を示す. 表より, セメントの種類と水結合材比(W/B), 混和材, および空気量は複合防御網の条件であり, スランプ 12cm~18cm を良好なワーカビリティの要件として定めた. 配合設計の手順は, まず自己充填コンクリートの配合設計法²⁾より細骨材容積比(以下 S/M)に基づくフロー面積比という考え方を採用し, まずモルタルベースでその流動性と粘性を評価した. 次に, コンクリート中のモルタルの容積割合を定め, 単位水量からモルタルの絶対容積を決めるという流れの配合設計手順を検討した. モルタルの流動性と粘性の評価は, JIS R5201 に準拠するフロー試験で評価するもので, フローコーンを抜く前に上面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し上面を赤紫色化させ, 底面と上面のフロー値を計測することで行った. 流動性は底面のフローが大きい程高く, 粘性は上面のフローが小さい程高いと考え, 両者を 1 つの値で評価が可能なように式(1)~(3)に示すフロー面積比差 Γ' を本検討で定義した.

$$\Gamma_D = (D_p/2)^2 / (D_o/2)^2 \cdot \cdot (1), \quad \Gamma_d = (d_p/2)^2 / (d_o/2)^2 \cdot \cdot (2), \quad \Gamma' = \Gamma_D - \Gamma_d \cdot \cdot (3)$$

ただし, D_p : 赤紫色部のフロー値, D_o : フローコーン上面の直径, d_p : 通常のフロー値, d_o : フローコーン底面の直径, Γ_D : 赤紫色部相対フロー面積比, Γ_d : 相対フロー面積比, Γ' : フロー面積比差である.

フロー試験は, 概ね S/M を 30%~60% の範囲で設定し 5% ずつ値を変えフロー値を計測し, それぞれの Γ' を求めた. 後述するが Γ' にはピークが出現するため, これが把握できるまで S/M を増減させフロー試験を行った. S/M はモルタル中の材料の容積割合を意味しており, コンクリートの配合設計では, 単位水量を定めることでコンクリート中のモルタル絶対容積が決定される. この際, 単位水量は粗骨材容積との関係で求めることとした. 具体的には, 高耐久床版の施工実績より良好なワーカビリティと判断されたコンクリートの粗骨材容積が実績率の 63% 程度であったことより, これを上限値としてこの条件を満たす単位水量を決定するという方法とした.

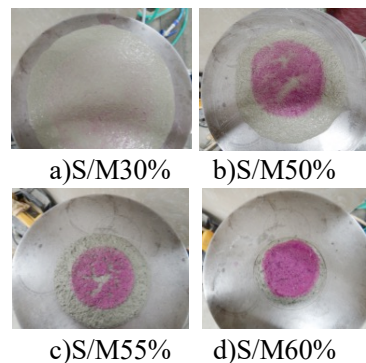


写真-1 フロー試験結果

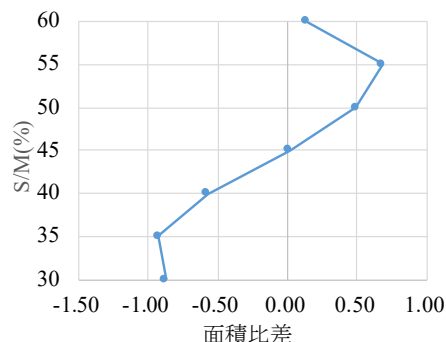


図-1 S/M とフロー面積比差 Γ'

キーワード RC 床版, コンクリートの打込み, ワーカビリティ, 細骨材容積比

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 TEL 024-956-8721

3. 実験結果

写真-1 に、S/M によるフローの違いを示す。写真より、S/M が増加するに従ってフローが小さくなる状況が見て取れ

る。加えて、赤紫色の円も小さく鮮明に見える状況になる。すなわち、S/M の増加は流動性が減少し、反対に粘性は増加する傾向となった。図-1 に、S/M と Γ' の関係を示す。図より、S/M が増加するに従い、 Γ' も増加するものの、S/M が 60%では減少する傾向となった。S/M が 45%未満は、 Γ' が負の値を取っている。これは、底面のフロー値の変化以上に赤紫色部のフローの変化が大きい粘性が劣るモルタルであり、これに対して、S/M が 45%以上は、正の値であり、底面のフロー値の変化以上には赤紫色部のフローは変化せず、換言すれば粘性が増加していると解釈される。また、S/M が 60%は、流動性が喪失し変化がほぼなく Γ' は 0 になった。以上の S/M と Γ' の傾向より、良好なワーカビリティを得るために必要なコンクリート中のモルタルの容積は、 Γ' が 0 よりも大きく、かつピーク値以下の範囲ある S/M によって求めることが可能と考えた。

表-2 は、図-1 より Γ' が正値である 45%(45)、50%(50A,50B,50C)、および S/M55%(55)としたコンクリートの配合である。表より、55、50A と 50B および 50C の単位水量 151kg/m^3 と 168kg/m^3 は、それぞれ粗骨材が実績率の上限値 63%となる容積時の値である。一方 45 は、上限値 63%を満たすには単位水量が 180kg/m^3 以上必要なためコンクリートの単位水量の上限である 175kg/m^3 とした。図-2 と図-3 に、スランptest結果と空気量試験結果を示す。図-2 より、AE 減水剤量を $C \times 0.5\%$ とした 45 と 55 は、スランプ 18cm, 4cm とフロー試験同様値が極端に増減した。これに対して、50A、50B および 50C は、 $C \times 0.5\%$ 、 $C \times 0.8\%$ と混和剤の標準使用量の範囲で目標スランプ値を概ね大小制御することが可能であった。図-3 より、空気量に関しては、50A を除き AE 助剤の量で目標空気量が調整可能と判断された。図-4 は、ワーカビリティの評価として行ったスランプ試験後の叩き試験結果である。40 回平板を木づちで叩いた後の直径を計測し比較した。図より、赤紫色部の直径と底面の直径の差が大きい程、流動性と粘性という相反する関係のバランスが良くワーカビリティも良好と考えると、本実験で使用了た材料の範囲内では S/M50%、特に 55C が配合設計条件を満足しつつ、ワーカビリティも RC 床版の施工に適していると判断された。最後、図-5 には、検討した本研究の配合設計手順のフロー図として示した。

4. まとめ

S/M をパラメータにフロー面積比差 Γ' を求め、正値となる S/M の範囲を評価することで、比較的容易にワーカビリティが床版の施工に適した高耐久仕様の配合が設計可能となった。換言すれば、最適解を見出すためのコンクリートの試験練り回数を最小限に抑えた合理的な配合設計が可能と考えられる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省東北地方整備局:東北地方におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案),2019.
- 2) 岡村甫・前川宏一・小澤一雅:ハイパフォーマンスコンクリート、技報堂出版、1993.

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)					混和剤(kg)	
			W	C	Ex	S	G	AE減水剤	AE助剤
45	45	38.3	175	369	20	659	1087	1.845	0.026
50A		44.1	168	353	20	773	1003	2.824	0.014
50B								2.824	0.025
50C								1.765	0.025
55		46.3	151	316	20	849	1006	1.580	0.022

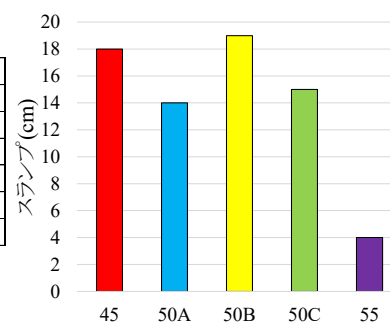


図-2 スランプ試験

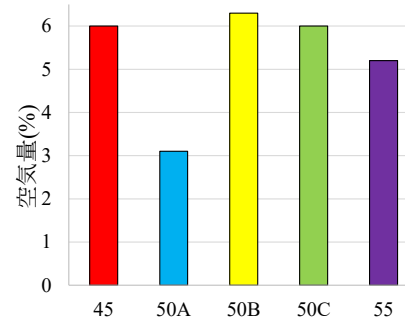


図-3 空気量試験

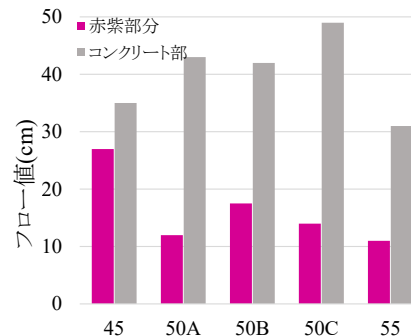


図-4 スランプ叩き試験結果

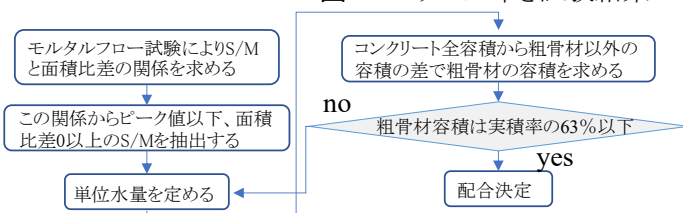


図-5 配合設計手順フローチャート