

材料及び配合条件を考慮した圧送改善剤の圧送改善効果に関する検討

福岡大学 学生会員 ○西泊 雄太・竹山 博之 千葉工業大学 正会員 橋本 紳一郎
花王(株) 正会員 谷所 美明・正中 雅文・浜口 剛吏

1. はじめに

近年の施工現場において、コンクリートポンプ工法は必要不可欠な施工技術となっているが、配合条件や施工環境により、閉塞の発生が懸念されている。閉塞の発生は、配管の復旧に伴う時間の確保や費用の増大、配管の破裂事故等、多くの問題が報告されており¹⁾、閉塞を抑制することは非常に重要である。これらに対して、土木学会「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(2016年版)」²⁾では、圧送性を確保するための荷卸しのスランプと単位セメント量の関係や安定した圧送を行うために必要となる圧送段階でのスランプの最小値の目安を示しており、これらは細骨材の種類によって異なるとされている。そのため、順調な圧送性を確保するためには、使用材料を考慮することは非常に重要である。しかし、使用材料を考慮した配合設計を行い、スランプや空気量、圧縮強度を確保できた場合でも、施工環境や圧送条件によって生じるコンクリートの性状の変化までを予測することは困難である。そのため、JIS 認証品のコンクリートであっても、順調な圧送性を確保できず、閉塞を生じる場合がある。これらに対して、圧送性や性状変化を担保することを目的として、新たに圧送改善剤を開発した。既往の研究^{3) 4)}では、これら圧送改善剤の添加により、モルタル及びコンクリートの性状を変化させることなく、圧送改善効果を確認した。しかし、材料及び配合条件の違いが圧送改善剤の添加により、圧送改善効果にもたらす影響が明確となっていない。そこで、本研究では材料及び配合条件を考慮し、単位セメント量の少ない領域に圧送改善剤を適用した場合における圧送改善効果の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

本研究の使用材料を表-1に示し、コンクリートの配合を表-2に示す。配合 No.1~No.4 は山砂を使用し、配合 No.5~No.8 は砕砂、配合 No.9, No.10 は海砂を使用した。また、水セメント比および細骨材率は一定条件とした。同一条件の配合に対して、それぞれ圧送改善剤の有無を設定した。なお、コンクリートの練混ぜ時間は全ての配合において、一定の条件で行った。

2.2 単位セメント量の設定

参考文献²⁾で示されている天然砂における「圧送性を確保する荷下ろしスランプと単位セメント量の関係」を図-1に示す。本研究では、圧送改善剤の適用範囲は、既往の研究で圧送改善効果が大きかった、単位セメント量が少なく圧送が困難とされる領域において、3種類の細骨材を使用して検討を行った。単位セメント量については、配合 No.1~No.4 は270kg/m³と279kg/m³、配合 No.5~No.8 は282kg/m³と287kg/m³の2水準とし、配合 No.9, No.10 は266kg/m³の1水準とした。

2.3. 試験方法および概要

コンクリートのフレッシュ性状試験は、スランプ試験(JISA1101)、空気量試験(JISA1128)をそれぞれの試験方法に準拠して行い、所定のスランプ(8.0±1.0cm)と空気量(4.5±1.0%)を満足していることを確認した後、各種性状試験及び圧送実験を実施した。また、タンピング試験は、参考文献²⁾に準拠し、タンピング回数を48回まで評価した。フレッシュコンクリートの変形性評価試験方法(JSCE-509-2010)及び加圧ブリーディング試験(JSCE-F502-2010)についても、各試験方法に準拠して試験を行った。各圧送状態は参考文献⁵⁾より、順調・不安定・閉塞の3水準で評価した。

表-1 使用材料

材料	記号	概要
水	W	地下水
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度: 3.15g/cm ³
細骨材	S1	天然砂: 山砂、密度: 2.56g/cm ³ 、F.M: 2.81、実積率66.1%
	S2	人工砂: 砕砂、密度: 2.61g/cm ³ 、F.M: 2.79、実積率64.8%
	S3	天然砂: 海砂、密度: 2.59g/cm ³ 、F.M: 2.81、実積率65.0%
粗骨材	G	砕石、表乾密度: 2.75g/cm ³ 、Gmax: 20mm、実積率: 59.4%
	Ad1	AE減水剤(リグニンスルホン酸系)
	Ad2	消泡剤(ポリアルキレングリコール誘導体)
混和剤	Ad3	AE剤(アルキエーテル系)
	ADV	圧送改善剤(4成分系)

表-2 コンクリートの配合表

配合No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)									
			W	C	S1	S2	S3	G	Ad1	Ad2	Ad3	ADV1
1	61	43	165	270	781	-	-	1131	1.08	0.27	-	-
2			170	279	767	-	-	1119	1.11	0.28	-	1.0
3			172	282	-	778	-	1113	1.13	-	0.28	-
4			175	287	-	773	-	1107	1.15	-	0.57	-
5			162	266	-	-	789	1111	1.73	-	-	-
6												1.0
7												-
8												1.0
9												-
10												1.0

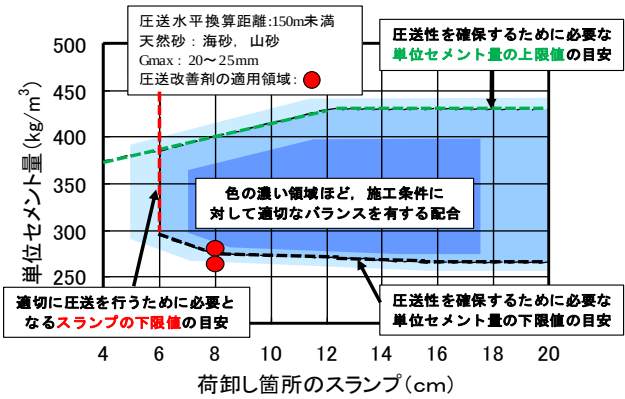


図-1 圧送性を確保するための荷卸しのスランプと単位セメント量の関係

キーワード: 圧送性, 混和剤, 細骨材, 単位セメント量, 閉塞
連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 創造工学部 都市環境工学科 047-475-2111

3. 試験結果および考察

図-2 に配合 No.3,4,7,8 の加圧ブリーディング試験結果の一例、図-3 に配合 No.3,4 のタンピング試験結果の一例を示す。圧送改善剤無添加の配合の脱水量は全体的に加圧開始初期の脱水量が多く、標準曲線 B に位置しており、材料分離気味の配合であった。これらの配合に対し、圧送改善剤添加の配合は加圧開始初期に脱水量の減少が顕著に見られ、標準曲線 B, C の中央に値が位置し、加圧ブリーディング試験においては圧送改善剤の改善効果を示した。タンピング試験結果では、圧送改善剤の添加により各タンピング回数でスランプおよびスランプフローの累積変化量が増加した。特に、タンピング回数の初期(16 打時)から圧送改善剤の添加による変形性の違いが確認できており、圧送改善剤の効果が見られた。なお、その他の配合においても同様の結果が確認できた。

図-4, 5 に配合 No.3,4 の圧送時間とポンプ油圧の関係、図-6 に全ての配合における平均ポンプ油圧とポンプ主油圧の変動係数の関係を示す。圧送改善剤無添加の配合は、図-4 に示されるように、圧送開始初期からポンプ油圧が徐々に上昇し、最大ポンプ油圧に達した。また、平均ポンプ油圧とポンプ主油圧の変動係数も非常に高い値を示したため、目視確認及び圧力測定結果より閉塞であると判断した。

圧送改善剤添加の配合の中で配合 No.4,8,10 は、図-5 に示されるように、圧送開始初期からポンプ油圧が上昇し変動を繰り返したが、その後は安定して圧送した。また、圧送改善剤無添加の配合に比べ、平均ポンプ油圧で 0.1~1.5Mpa、ポンプ主油圧の変動係数で 20~40%の改善効果が確認できたため、目視確認及び圧力測定結果より圧送可能(不安定⇒順調)と判断した。これは、圧送改善剤の添加により、加圧ブリーディング試験やタンピング試験の計測初期から見られた脱水量の減少や変形性の向上が、圧送性の改善にもつながったと考えられる。しかし、圧送改善剤添加の配合の中で配合 No.2,6 は閉塞であった。圧送時間とポンプ主油圧の計測結果は、図-4 の計測結果と同様の傾向を示し、平均ポンプ油圧とポンプ主油圧の変動係数も高い値を示した。配合 No.2,6 は圧送性の改善効果の見られた配合 No.4,8 に比べて、単位セメント量が少なく、砕砂(S2)は、他の細骨材に比べて実積率が低い。これらのことが影響し、配合 No.2,6 は圧送改善効果が確認できなかったと推察する。

4. まとめ

単位セメント量が少なく圧送が困難とされている領域において、異なる細骨材を用いた配合条件においても圧送改善剤の添加により圧送性は向上することを確認できた。しかし、細骨材の種類や物理的特性、単位セメント量により圧送改善剤の圧送改善効果が異なることを確認できた。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー135号、コンクリートのポンプ施工指針(2012年版)
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー145号、施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(2016年版)
- 3) 谷所美明，他：科学混和剤によるモルタル特性の改質向上に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.39, No.1, 2017
- 4) 北野潤一，他：圧送改善剤を用いたコンクリートの圧送性に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.39, No.1, pp1225~1230, 2017
- 5) 橋本紳一郎他：コンクリートポンプ圧送性評価手法の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.34, No.1, pp1186~1191, 2012

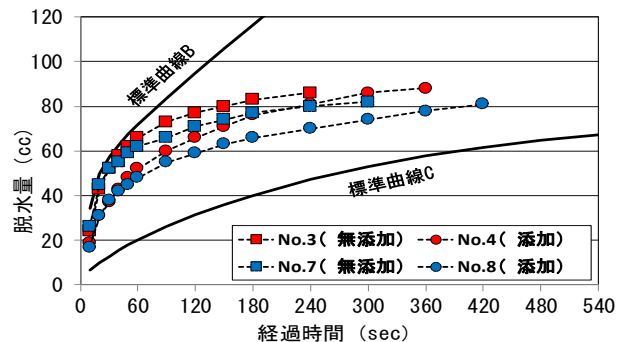


図-2 加圧ブリーディング試験結果

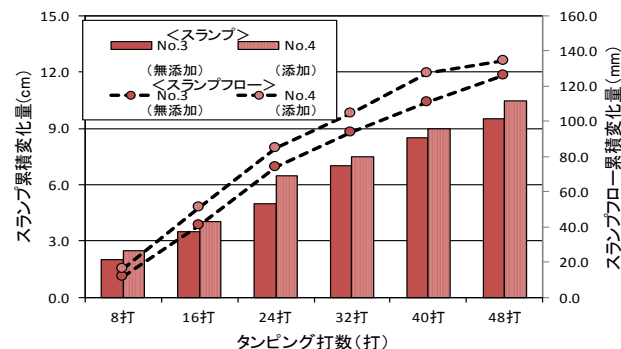


図-3 タンピング試験結果

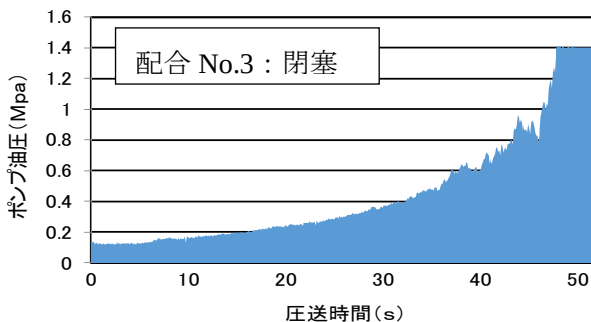


図-4 圧送時間とポンプ油圧の関係

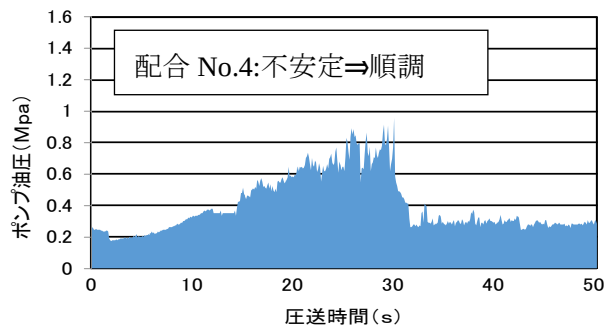


図-5 圧送時間とポンプ油圧の関係

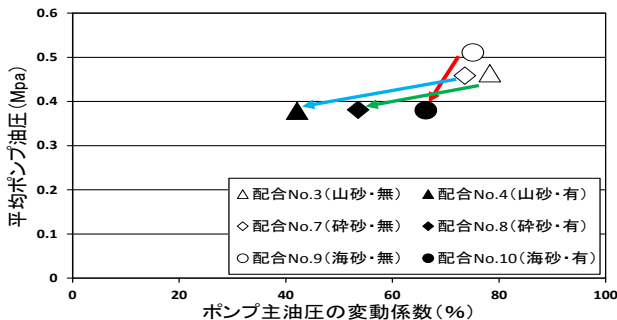


図-6 平均ポンプ油圧とポンプ主油圧の変動係数の関係