

各種増粘剤を使用した水中不分離性コンクリートのポンプ圧送実験

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 野口守 三上美輝雄 神田大 田中淳寛
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 水野清 上田洋
 鹿島建設(株) 正会員 ○松原功明

1. はじめに

従来の水中不分離性コンクリートは、水中不分離性混和剤としてセルロース系増粘剤及びアクリル系増粘剤を使用した配合が多く、土木学会「水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)」もこれらの増粘剤を使用したコンクリートの性状を想定している。一方で、近年、新規の増粘剤が複数商品化され、水中不分離性コンクリートの多様化が進んでいる。本報では、各種増粘剤を使用し、一定の要求性能を満足する水中不分離性コンクリートについて、ポンプ圧送実験を実施した結果を示す。

2. 使用材料および配合

使用材料を表-1に示す。また、今回の実験で使用したコンクリートの要求性能を表-2に示す。これらは、シールドを用いた場所打ち支保システム(以後、SENS)の一次覆工コンクリートの要求性能を基本とした。SENSとは、シールド掘進と同時に打設する場所打ちの一次覆工コンクリートによってライニングを構築するトンネル施工法で、現在、北海道新幹線津軽蓬田トンネルで2例目の施工を行っている。実験対象とした増粘剤は4種類とし、各配合を表-3に示す。SENSにおいては、施工サイクルに応じてフレッシュ性状の保持時間を調整する必要があるため、二種類の減水剤を併用している配合もある。

3. ポンプ圧送実験の概要と実験結果

(1) 配管形状

配管形状を図-1に示す。本実験で使用した配管は、実施工で使用する配管とほぼ同じ長さ形状とした。配管径は3インチが主である。配管の直線部分に圧力計を設置し、圧力損失を測定した。また、圧送前後のコンクリートでフレッシュ性状試験を実施した。

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要	
早強ポルトランドセメント	C	密度:3.14g/cm ³ , 比表面積:4460cm ² /g	
石灰石微粉末	LP	密度:2.70g/cm ³ , 比表面積:3500cm ² /g	
水	W	蓬田村地下水	
細骨材	S	富産産洗砂 密度:2.61g/cm ³ , 吸水率:1.51%, 粗粒率:2.12	
粗骨材	G	平内産玄武岩, 最大粒径:15mm 密度:2.73g/cm ³ , 吸水率:1.92%, 粗粒率:6.46	
混和剤	KT配合	増粘剤	KTV1 アルキルアンモニウム塩, 液体
			KTV2 アルキルアリルスルホン酸塩, 液体
		高性能AE減水剤	KSP1 ポリカルボン酸系
		AE減水剤	KAE ポリカルボン酸系
		消泡剤	DA シリコン系
	KS配合	増粘剤	KSV1 アルキルアリルスルホン酸塩, 液体
			KSV2 アルキルアンモニウム塩, 液体
		高性能AE減水剤	KSP2 ポリカルボン酸系
		消泡剤	DA シリコン系
	P配合	増粘剤	PV 特殊アルケニル系, 粉末
		特殊減水剤	PSP1 ポリカルボン酸系
			PSP2 ポリカルボン酸系
	D配合	AE剤	PAE アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
		増粘剤	DV セルロース・バイオポリマー複合系, 粉末
高性能AE減水剤		DSP1 ポリカルボン酸系	
スランプ調整剤		DSP2 オキシカルボン酸とアニオン系高縮合物の混合物	

表-2 コンクリートの要求性能

品質項目	要求性能
スランプフロー	650±50mm
フレッシュ保持性	練上りから8時間後の50cmフロー到達時間が180秒以下
圧縮強度	実環境の養生条件において、 材齢24時間で15N/mm ² 以上、28日で30N/mm ² 以上
ポンプ圧送性	3インチ配管で30mの距離に打設可能であること
材料分離抵抗性	圧送および充てん時に材料分離を生じない
水中不分離性	JSCE-D 104により、pH12.0以下、懸濁物質質量500mg/L以下

表-3 使用配合

配合名	W/C (%)	W/(C+LP) (vol.%)	単位量(kg/m ³)					添加量(kg/m ³)				
			W	C	LP	S	G	増粘剤	各種減水剤	空気調整剤		
KT	42.0	86.9	189	450	200	625	846	KTV1 4.25 KTV2 4.25	KSP1 8.72 KAE 4.52	DA 2.13		
KS	35.0	110.0	194	554	0	719	846	KSV1 9.7 KSV2 7.76	KSP2 24.93	DA 7.76		
P	40.0	95.4	198	495	135	615	846	PV 1.98	PSP1 9.45 PSP2 7.875	PAE 0.015		
D	38.7	92.4	198	511	139	599	846	DV 1.188	DSP1 12.26 DSP2 13.65	-		

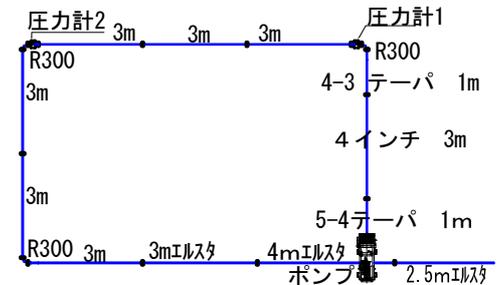


図-1 ポンプ圧送配管

キーワード 水中不分離性コンクリート, ポンプ圧送性, SENS, フレッシュ性状

連絡先 〒030-1211 青森県東津軽郡蓬田村蓬田宮本 40 TEL0174-31-3640

(2) フレッシュ性状

ポンプ圧送前後のスランプフロー値と、スランプフロー試験における 50cm 到達時間の関係を図-2に示す。コンクリートの流動性をスランプフロー値、粘性を 50cm 到達時間で評価すると、KS 配合は同一の流動性において他配合より粘性が高い結果となった。その他の配合では、KT 配合が P 配合および D 配合と比較して僅かに粘性が高い結果となった。また、P 配合は圧送前後で性状がほとんど変化しなかったのに対し、その他の配合は、圧送後はスランプフロー値が大きくなり、50cm 到達時間が早くなる結果となった。以上のとおり、同等の水中不分離性を満足する配合を選定(全ての配合は表-2の要求性能を満足している)しても、フレッシュ性状は、使用する増粘剤によってさまざまであった。

(3) 圧力損失

ポンプ圧送時の流量と圧力損失の関係を図-3に示す。圧力損失は、配合によって大きく異なる結果となった。図中には、SENS 工法におけるポンプ圧送流量の例として 1.5m³/h のラインを示す。図-3に示す近似式から計算した各配合の流量 1.5m³/h 際の圧力損失と、各配合のフレッシュ性状の比較を図-4に示す。巨視的には、圧力損失が大きい配合ほど、スランプフロー値が小さく 50cm 到達時間が遅い傾向を示したが、その傾向は一定ではなく、スランプフロー値や 50cm 到達時間と圧力損失の関係は相関性が低いと判断された。また、各配合の単位粉体量 (C+LP) 及び水粉体比 (W/(C+LP) vol.%) と圧力損失の関係を図-5に示す。一般に、単位粉体量が多く、水粉体比が小さいほど圧力損失は大きくなる¹⁾が、本検討では明確な傾向は確認されなかった。

以上より、異なった増粘剤を使用し、同一の水中不分離性を有する各配合のポンプ圧送性は、スランプフロー試験で得られた測定値や配合上の各要因とは相関性が低いことが確認された。これらのポンプ圧送性は、増粘剤の性質が大きく影響している可能性が考えられ、P 配合および D 配合で使用した増粘剤は、水中不分離性を確保しつつ、KS 配合および KT 配合で使用した増粘剤よりも、ポンプ時の圧力損失の低い配合を実現しやすいといえる。

4. まとめ

異なった増粘剤を使用し、同じ要求性能に対して作製した水中不分離性コンクリートのポンプ圧送実験を実施した。その結果、フレッシュ性状及びポンプ圧送性は増粘剤の種類の影響が大きい可能性が示唆された。様々な増粘剤の商品化により、水中不分離性コンクリートの性質も多様化しており、各性状が土木学会指針の範囲を外れることが想定され、適用に際しては、それぞれの性質を事前に十分把握することが重要と考えられる。

参考文献

- 1) 高流動コンクリート施工指針 土木学会 コンクリートライブラリー No. 93 1998.7

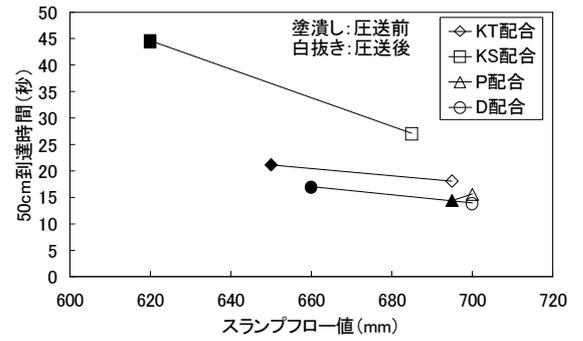


図-2 スランプフロー値と 50cm 到達時間

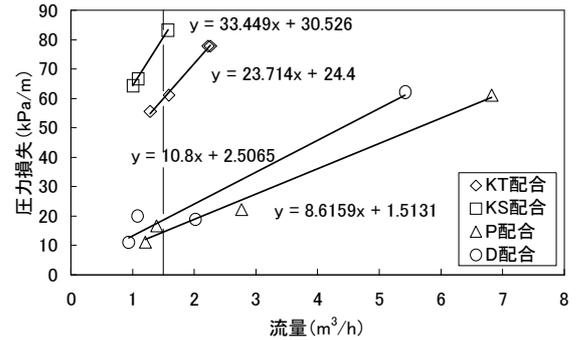


図-3 流量と圧力損失

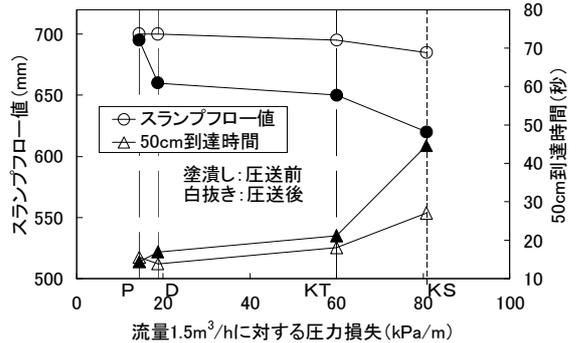


図-4 圧力損失とフレッシュ性状

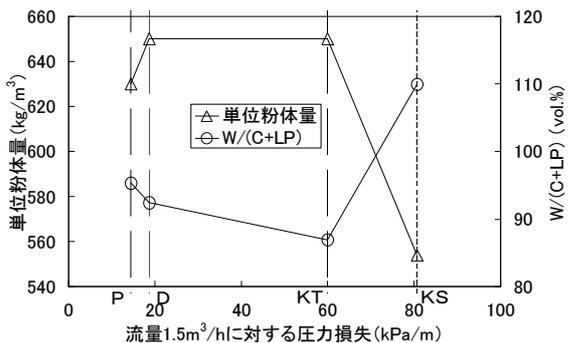


図-5 圧力損失と配合要因