

ハザマ 土木本部 正会員 杉山 律*
 飛島建設 技術研究所 正会員 平間昭信
 エヌエムビー 中央研究所 正会員 富山 徹
 熊谷組 技術研究所 正会員 石関嘉一
 太平洋セメント 研究本部 正会員 綾田隆史
 東京大学 国際・産学共同研究センター フェロー会員 魚本健人

1. はじめに

吹付けコンクリートの品質を確保するためには、その施工法の理論的裏付けが不可欠であるが、品質変動要因の1つである圧送性状に関して、これまで体系的検討がなされていないのが現状である。そこで、吹付けコンクリートの配合選定技術を確立する上での基礎資料を得ることを目的に、2種類の圧送方式による吹付け実験を行い、圧送性状に及ぼす配合条件の影響を調べた。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本実験に用いた吹付けコンクリートの使用材料はセメントに普通ポルトランドセメント、細骨材および粗骨材にそれぞれ山砂、碎石を使用した。また急結剤はカルシウムアルミネート系の急結剤を用いた。なお、スランプおよび空気量を調整する目的で高性能減水剤およびAE助剤を使用した。配合およびフレッシュコンクリートの性状を表-1に示す。変化させる配合条件として急結剤添加率、水セメント比、スランプ、空気量および細骨材率を選定した。

2.2 吹付けシステムと測定項目

吹付けは湿式吹付けとし、図-1に示す空気圧送方式および図-2に示すコンクリートポンプ+空気圧送方式（以下ポンプ圧送方式と称す）の2種類の異なる吹付けシステムにより行った。いずれも実際の施工現場に近いシステム¹⁾とし、吐出量（8m³/hr）および急結剤添加位置（ノズル先端から2.6m）を同一とした。測定項目は、吹付け前のフレッシュコ

ンクリートの性状および配管内の圧力とし、管内圧力は図中の圧力計①～圧力計③の位置で測定した。

3. 実験結果

3.1 1m 当りの圧力損失

管内のそれぞれの圧力計測点間の1m当りの圧力損失を求め実験要因ごとに図-3に示した。

空気圧送方式の場合の1m当りの圧力損失は、急結剤添加率および配合条件の違いの影響は顕著にはみられず、概ね0.015～0.02MPa/mであった。

一方、ポンプ圧送方式の場合には、ポンプ圧送区間と空気圧送区間の圧力損失が大きく異なる。細骨材率の変化に対しては細骨材率が大きいほどポンプ圧

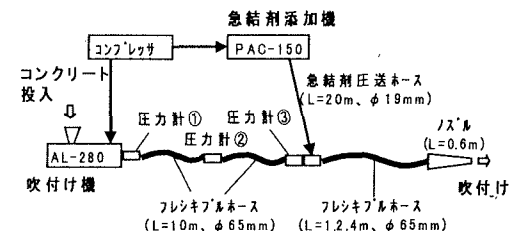


図-1 空気圧送方式

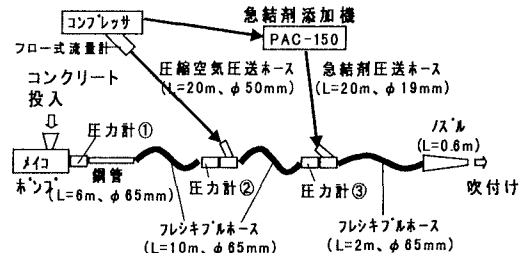


図-2 ポンプ圧送方式

キーワード: 吹付けコンクリート, 空気圧送方式, ポンプ圧送方式, 管内圧力, 脈動

*〒107-8658 東京都港区北青山2-5-8 TEL.03-3405-4052 / FAX.03-3405-1854

表-2 配合表とフレッシュコンクリートの性状

圧送 方式	配合要因	粗骨材の 最大寸法 (mm)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	水セ メント 比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						測定値			
							水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	急結剤 C×(%)	SP C×(%)	スランプ (cm)	空気量 (%)		
空気	基本配合	13	12	2.0	63.9	60.0	230	360	988	684	4.7,10	0	11.0	3.0		
	W/C=50%		18	6.0	50.0	57.9		460	907			0.7	19.0	1.3		
	空気量=6%			6.0	50.0	54.9		803	0.2			21.0	7.5			
	スランプ=18cm			2.0	63.9	60.0		360	988			1.0	19.5	3.2		
	基本配合	13	12	2.0	56.9	60.0	205	360	1031	719	7	0.1	13.5	1.8		
W/Cの変化	50.0				59.0	410		990	0			13.5	2.0			
ポンプ	—				20	2.0		45.0	58.1			456	953	0.1	9.5	2.0
								100	264			609	1359	0	22.5	1.8
		80	233	538			1199	314	0	20.0	1.1					
		60	195	450			1002	699	0.1	21.0	2.1					
細骨材率の変化	13	20	2.0	43.3	50	172	397	886	927	0	22.0	2.2				

SP：高性能減水剤

送区間の圧力損失は小さくなり、0.02～0.03MPa/mの範囲にある。これに対し空気圧送区間では0.01～0.02MPa/mの範囲となり、ポンプ圧送区間よりも0.01MPa/m程度小さい。また、水セメント比の変化に対しては、水セメント比が小さいほど圧力損失が大きくなり、しかも、その傾向はポンプ圧送区間で顕著となった。

3.2 圧力変動と脈動

圧力変動あるいは脈動の大きさを評価する目的で圧力測定値の変動係数を算出し、各要因ごとに整理し急結剤添加位置の管内圧力とともに図-4に示した。どのケースにおいても、急結剤添加位置（圧力計③）の圧力変動が大きく、しかも水準変化に対して敏感である。つまり、この位置の圧力変動が圧送の安定性の程度を最も顕著に表すことがわかった。

管内圧力の変動に対しては、急結剤添加率および細骨材率の影響は小さく、配合種類の変化の影響が顕著となった。つまり、水セメント比、スランプおよび空気量が小さいほど圧力変動が大きくなる傾向となった。ただし、ポンプ圧送方式において水セメント比の影響が明確でないのは、圧送圧力が水セメント比が小さくなるほど大きくなったためと考えられる。

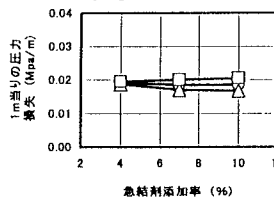
4. まとめ

吹付けコンクリートの圧送の安定性に対し、急結剤添加位置の管内圧力変動で評価できること、また配合条件のうち水セメント比、スランプおよび空気量が影響を及ぼすことが確認された。

なお、本報告は東京大学生産技術研究所における共同研究「高品質吹付けコンクリートの開発」の成果であり、関係各位のご協力に感謝致します。

空気圧送方式

○：圧力計①～③
△：圧力計①～②(全送区間空気圧送)
□：圧力計②～③



急結剤添加率 (%)
① W/C=63.4%, SL=12.0cm, Air=2.0%
② W/C=50.0%, SL=18.0cm, Air=2.0%
③ W/C=50.0%, SL=18.0cm, Air=6.0%
④ W/C=63.9%, SL=18.0cm, Air=2.0%

ポンプ圧送方式

○：圧力計①～③(ポンプ+空気圧送区間)
△：圧力計①～②(ポンプ圧送区間)
□：圧力計②～③(空気圧送区間)

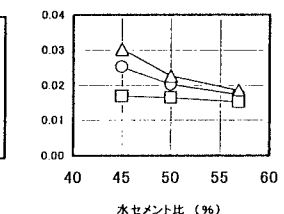
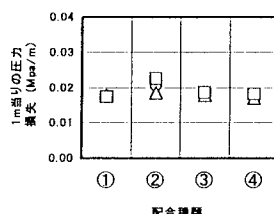
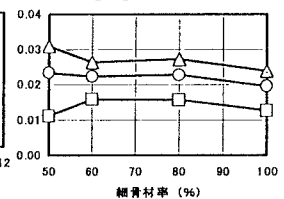


図-3 1m当りの圧力損失に及ぼす配合条件の影響

空気圧送方式

○：吹付け機出口
△：中間位置
□：急結剤添加位置

ポンプ圧送方式

○：ポンプ出口
△：圧送空気挿入位置
□：急結剤添加位置

(●：急結剤添加位置の管内圧力)

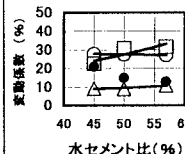
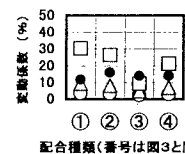
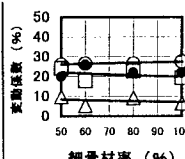
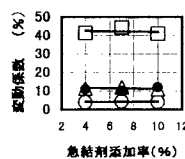


図-4 管内圧力の変動に及ぼす配合条件の影響

【参考文献】1) トンネルの吹付けコンクリート, (社) 日本トンネル技術協会, pp98-137, 1996.2