

(株)竹中土木 技術本部 正会員 安藤慎一郎*

鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 大野 俊夫

東急建設(株) 技術研究所 正会員 伊藤 正憲

青木建設(株) 研究所 正会員 牛島 栄

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高品質化を図るためには、その配合と品質との関係を明らかにする必要があるが、吹付け面の状態や作業員の熟練度によって大きく変動するため、今日までの研究で明確にされているとはいいがたい¹⁾。本報告は、吹付けコンクリートの高品質化を目的に、最適配合設計手法構築の一環として行った、吹付けコンクリートの品質に与える配合条件の影響について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリート配合

本実験に用いたコンクリートの使用材料および配合を表-1、表-2に示す。配合条件は、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とした。なお、細骨材率および水セメント比では現着時のスランプを高性能減水剤にて調整した。

2.2 吹付け方法、吹付け設備および試験項目

コンクリートの吹付けは、湿式吹付けとし、半径4.5m×延長17.0mで半円形の模擬トンネル内にて行った。吹付け設備は、空気圧送方式および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種類である。いずれの場合も、コンクリート吐出量(8m³/hr)および急結剤添加位置(吹付けノズル先端から2.6m)は一定とした。空気圧送

方式の場合は、ローター方式の吹付け機(アリバー社製アリバー280)を用い、ポンプ圧送方式の場合は、ピストン式のコンクリートポンプ(メイコ社製シュープリーマ)を用いた。

表-3は、吹付け前（以下、ベースコンクリートという。）および吹付け後（以下、吹付けコンクリートという。）において実施した、コンクリート試験の項目および方法を示す。

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状の変化

図-1は、配合条件毎のベースコンクリートに対する

表-2 コンクリートの配合

圧送方式	配合条件	粗骨材最大寸法(c)	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)	水セメント比 W/C(%)	細骨材率 S/a(%)	単位量(kg/m ³)				急結剤添加量
空気圧送	基本配合	12±2.5	13	2±1	63.9	60.0	380	988			C×7%
	急結剤添加率	12±2.5	13	2±1	63.9	60.0	380	988			C×4.10%
	W/C=50.0%	12±2.5	13	2±1	50.0	57.9	460	907	684		C×7%
	空気量=6.0%	12±2.5	13	2±1	50.0	54.9		803			
	スランプ=18cm	12±2.5	13	2±1	63.9	60.0	380	988			
		12±2.5	13	2±1	58.9	60.0	380	1031			
ポンプ圧送	水セメント比の変化	12±2.5	13	2±1	50.0	59.0	410	990	719		
		12±2.5	13	2±1	45.0	58.1	456	953			
	細骨材率の変化	20±2.5	13	2±1	100.0	264	609	1359	0		C×7%
		20±2.5	13	2±1	80.0	233	538	1199	314		
		20±2.5	13	2±1	60.0	196	450	1002	699		
		20±2.5	13	2±1	50.0	172	397	886	927		

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
フレッシュコンクリート性状	スランプ、空気量、コンクリート温度、単位容積質量の測定をJIS A 1101およびJIS A 1118に準じて実施。
圧縮強度	硬化コンクリートの圧縮強度は、JIS A 1108に準拠し、材齢7、28日で測定。ベースコンクリートの供試体(管理用)は、JIS A 1132に準じ、φ10×20cmの型枠を用いて作製。各供試体数は各材齢につき3本。各供試体の養生は、所定の材齢までの標準水中養生。
空隙率	吹付けコンクリートでは、JSCE-G502に準じて箱型枠(60×60×25cm)に吹き付けた試験体からφ10×20cmおよびφ7.5×15cmのコア採取。
	空隙率の測定は、材齢28日においてASTM C 842-90に準じ、各コア供試体および管理供試体について実施。

表-1 使用材料

材料名	摘要
セメント	普通ポルトランドセメント:密度3.16g/cm ³ 、比表面積3260cm ² /g
細骨材	君津産山砂:表乾比重2.60、粗粒率2.60
粗骨材	名栗村産6号砕石:表乾比重2.72、粗粒率6.24
高性能減水剤	ホリケリコールエステル誘導体
急結剤	カルシウムアルミネート系

キーワード：吹付けコンクリート，配合条件，分散分析，圧縮強度，空隙率

*〒104-8234 東京都中央区銀座8-21-1 Tel:03-3542-6321, Fax:03-3248-6545

る吹付けコンクリート（急結剤無添加）のスランブ、および空気量の比率を示す。吹付けコンクリートのスランブはベースコンクリートの30～90％程度まで低下し、空気量は同等か増加した。空気量6％の場合の空気量は、ベースコンクリートの50％程度まで低下し、他の場合（2％）と同等になった。

吹付けによってスランブは、細骨材率が小さいほど低下し、空気量が多いと低下しない傾向であった。水セメント比による相違は小さかった。また、空気量は、細骨材率の増加に伴い同等か増加したが、水セメントの影響は圧送方式によって異なった。吹付けコンクリートのフレッシュ性状には、細骨材率、スランブおよび空気量の影響が認められた。

3.2 硬化物性への影響

各種配合条件による硬化物性への影響を分散分析により評価した。評価は、各配合条件毎に圧縮強度比および空隙率比を算出し、この値を効果と考えて行った。ただし、圧縮強度比は、ベースコンクリート管理用供試体の材齢28日圧縮強度に対する吹付けコンクリートのコア供試体圧縮強度の比率である。空隙率比は圧縮強度比と同様に求めた。表-4に分散分析結果の一覧を、図-2に要因効果図を示す。

圧縮強度比については、いずれの配合要因の場合も1％有意が認められ、平均値の差の検定においても有意差が認められた。急結剤添加率では4％、水セメント比では45％、細骨材率では60％の強度比が大きい。水セメント比毎の強度差はベースコンクリートの場合に比べて小さかった。一方、空隙率比では、水セメント比、スランブ、空気量において5％有意が認められた。空隙率比は、水セメント比が大きいほど、細骨材率では50％で増加した。

強度比および空隙率比共に影響した配合条件は、スランブおよび空気量であった。

4. まとめ

吹付けコンクリートの強度および空隙特性に対して、本実験の範囲で得られた知見を以下にまとめる。

- 1)吹付けによるフレッシュコンクリートの性状変化には、細骨材率、スランブおよび空気量の影響が認められた。
- 2)硬化物性については、影響する配合条件を確認できた。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」

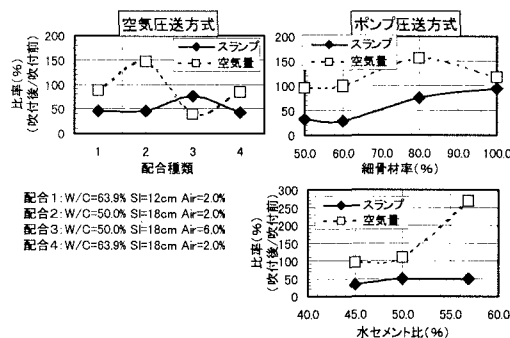


図-1 配合条件によるフレッシュ性状の変化

表-4 配合条件による分散分析結果

実験要因			効果					
圧送方式	配合条件	基本水準	圧縮強度比		空隙率比			
			分散分析結果	水準間の差の検定結果	分散分析結果	水準間の差の検定結果		
				箇所数		水準範囲	箇所数	水準範囲
空気圧送	急結剤添加率	7%	**	3	4~7 ¹⁰	—	—	—
	配合種類	W/C=63.9%	**	4	1 ³ .4, 2 ³ .4	*	3	1 ⁴ , 2 ³ .3 [*]
ポンプ圧送	水セメントの変化	56.9%	**	3	すべて	*	1	56.9 ⁴
	細骨材率の変化	60.0%	**	5	100 ⁷ .80以外	—	1	100 ⁵

**：1%有意　*：5%有意

**：1％有意、*：5％有意

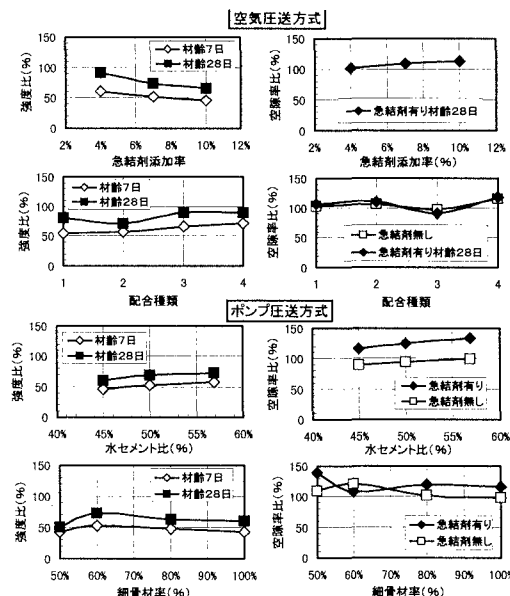


図-2 要因効果図

の成果であり、関係各位のご協力に感謝致します。

参考文献

- 1)土木学会：平成8年制定コンクリート標準示方書（施工編）pp.279, 1996.3