

## 高炉セメントを用いた吹付けコンクリートの強度発現に及ぼす諸要因の影響

北海道開発土木研究所 正会員 ○吉田 行 正会員 田口 史雄  
電気化学工業 正会員 中島 康宏

## 1. はじめに

硫酸酸性土壌における NATM 用吹付けコンクリートの耐硫酸性向上および環境負荷低減の観点から、著者らは、高炉セメントを用いた NATM 用吹付けコンクリートの実用化を目的として、その強度発現特性および耐硫酸性について検討してきた<sup>1)</sup>。しかし、これまでの検討では基本物性を把握する観点から、粉じん低減剤を使用しておらず、粉じん低減剤はその使用量などにより強度に影響を及ぼす可能性があることから<sup>2),3)</sup>、本研究では、粉じん低減剤がコンクリートの強度に及ぼす影響について、養生温度、単位セメント量および急結剤の種類を変えて検討を行った。

## 2. 実験概要

## 2. 1 使用材料および配合

表-1, 2に使用材料および配合を示す。NATM で標準となっている普通ポルトランドセメント(以下 N)のケースを基準として、高炉 B 種セメント(以下 BB)の単位セメント量は 360, 380kg/m<sup>3</sup>の 2 水準とした。粉じん低減剤の添加量は、標準的な 0.1%とした。急結剤は、一般的な CA 系と高強度型である CSA 系の 2 種類とし、添加量はそれぞれの標準量とした。コンクリートの目標スランブは、NATM で施工実績の多い 12±2.5cm としたが、N を用いた配合で実際に吹付けを行った結果（空気圧送方式の湿式吹付け、マテリアルホース径 50mm, 長さ 20m）、脈動が大きく閉塞の可能性が生じたため、N 配合については、スランブ 20±2.5cm を目標値として設定し、高性能減水剤により調整を行った。なお、粉じん低減剤を使用しないケースについては、使用したケースと配合を同一としたため粘性が低下し、結果的にスランブは 20cm 程度となった。

## 2. 2 試験項目および試験方法

強度は、材齢 3h および 24h の初期強度と材齢 7 日および 28 日強度について試験を行った。初期強度は JSCE-G561 に準拠した引抜き法により評価し、材齢 7 日以降の強度は、JSCE-F561 に準拠して作製した吹付け版より φ100mm × 200mm のコア供試体を採取し、コア供試体による圧縮強度試験により評価した。供試体の養生は、吹付け後、乾燥を防ぐためにブルーシートで覆い、吹付けを行った実験施設内に静置した。初期強度試験以外の供試体は、翌日試験室へ移動し、コア抜き後各試験材齢まで 20℃および 5℃に設定した実験室内でトンネル内の湿潤環境を考慮して封緘養生を行った。なお、低温時の供試体作製は冬期に行い、実験施設内に電気ヒータを設置して、吹付け試験時および養生時の温度が 5℃程度となるように調整した。

表-1 使用材料

セメント	高炉 B 種セメント, 密度 3.05g/cm <sup>3</sup> 普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm <sup>3</sup>
細骨材	幌延町浜里産 密度 2.66g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率 2.61
粗骨材	稲倉山産砕石 密度 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗骨材最大寸法 15mm
高性能減水剤	PEG 系高分子化合物
粉じん低減剤	水溶性高分子系
急結剤	カルシウムアルミネート系 (CA) カルシウムサルフォアルミネート系 (CSA)

表-2 配合

配合記号	セメントの種類 ※1	スランブ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	R ※2 (vol%)	SP ※2 (C*%)	急結剤の種類 ※3	急結材添加率 (C*%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
									C	W	S	G
N360RCA	N	20±2.5	58	60%	0.1	-	0.3	7	360	207	1043	676
B360RCA	BB	12±2.5					CA	7				
B360RCSA			CSA	10								
B380RCA			CA	7								
B380RCSA			CSA	10								
B380CA			20±2.5	54	CA	7	380	206	1027	666		
B380CSA			CSA		10							

※1 セメントの種類 N:普通ポルトランドセメント, BB:高炉B種セメント

※2 R:粉塵低減剤, SP:高性能減水剤

※3 急結剤の種類 CA:カルシウムアルミネート系, CSA:カルシウムサルフォアルミネート系

キーワード 高炉セメント, 吹付けコンクリート, 圧縮強度, 粉じん低減剤, 積算温度

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 北海道開発土木研究所 材料研究室 TEL: 011-841-1719

3. 実験結果および考察

図-1に吹付けコンクリートの強度試験結果を示す。プリアウトによる初期強度は、試験法の影響と考えられるバラツキがみられ、各配合の違いによる明確な傾向はみられなかったが、養生温度の違いによる差は材齢 24h 以降明確に現れており、低温養生の場合、20℃養生に比べて材齢 24h で4～6割程度、材齢7日以降でも1割程度強度が低下する傾向がみられた。しかしながら、基準としたNと比較すると、BBを用いた場合、初期強度は同程度か若干小さくなる傾向がみられものの、材齢7日以降ではNの強度を上回った。また、今回試験を行った全てのケースにおいて、2002年制定土木学会コンクリート標準示方書施工編に示されている吹付けコンクリートの、各材齢における強度の標準値を満足する結果となった。図-2に粉じん低減剤の影響を示す。粉じん低減剤を用いた場合、材齢28日で1割程度強度が低下する傾向がみられた。

粉じん低減剤による強度の低下の可能性については、従来指摘されているが<sup>2),3)</sup>、本研究においても強度の低下が確認されたことから、実際の使用においては強度の確認が必要と考えられる。図-3に急結材の種類の影響を示す。高強度型のCSA系急結材を用いた場合、CA系に比べて1割程度強度が大きくなる傾向がみられた。このことから、単位セメント量の増加だけでなく、急結材の種類の適切な選定が、強度を確保するための対策として有効と考えられる。図-4に強度と積算温度の関係を示す。強度と積算温度には良い相関関係がみられ、養生温度が低く初期強度発現が低下した場合でも、同一積算温度における強度は同程度となる傾向がみられた。このことから、低温時における強度は、積算温度により予測することが可能と考えられる。また、CSA系の急結材を用いた場合には、強度の回復が大きくなる傾向がみられた。

4. まとめ

本研究により、高炉セメントを用いた吹付けコンクリートは、粉じん低減剤の使用や低温養生により強度が低下する傾向がみられたが、配合や急結材の種類を適切に選定することにより、設計上必要とされる強度の確保は可能であることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 吉田, 田口, 山中, 佐藤: 高炉セメントを用いた吹付けコンクリートの強度発現と耐硫酸性, 第59回土木学会年次学術講演会概要集第V部門, pp.73-74, 2004
- 2) (社) 日本トンネル技術協会: トンネルの吹付けコンクリート, 1996.2
- 3) (社) 土木学会: トンネルコンクリート施工指針(案), コンクリートライブラリー102, 2000

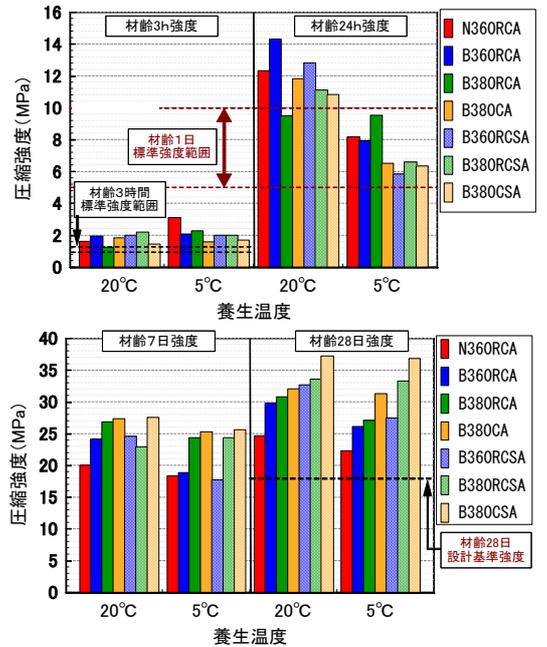


図-1 強度試験結果

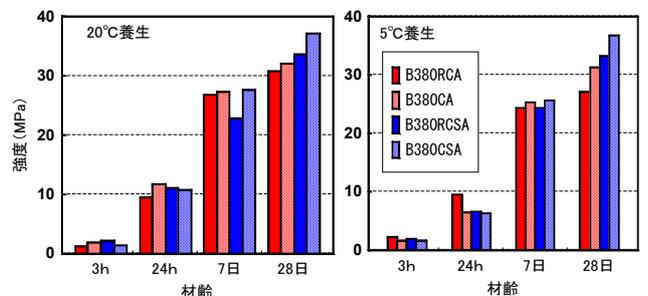


図-2 粉じん低減剤の影響

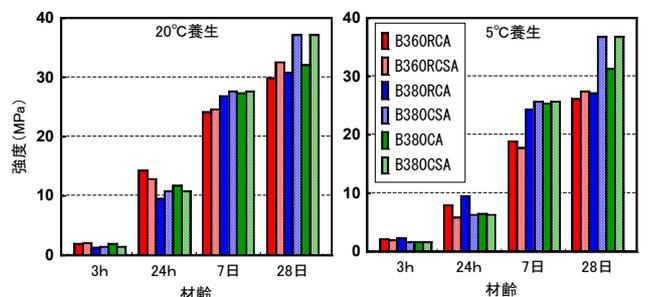


図-3 急結材の種類の影響

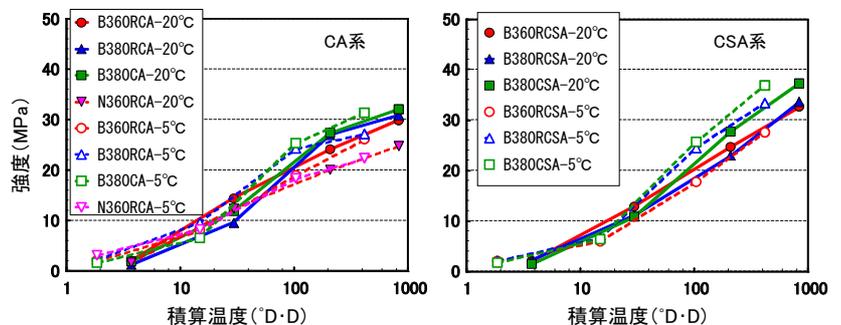


図-4 強度と積算温度の関係