

高炉セメントB種を用いた高強度吹付けコンクリートの特性

日本道路公団 正会員 宮内智昭

奥村組 伊藤健二 大志万久芳 大中 猛

奥村組 正会員 松田敦夫 正会員 安井義則 正会員 須田博幸

1. はじめに

大断面トンネルの一次覆工に高強度吹付けコンクリートが採用されている。コンクリート厚を抑えることにより掘削量や吹付け時間などが低減でき、施工の安全性を高めるとともにコスト縮減に大きな役割を果たしている。本報告では、使用材料の範囲を広げるとともに材料リサイクル、低アルカリ化、耐化学抵抗性などが期待できる高炉セメントB種を用いた吹付けコンクリートの試験施工とその特性をまとめた。

2. 試験概要

高強度吹付けコンクリートについては日本道路公団の設計要領¹⁾と管理要領²⁾に基本となる配合や材料、必要とされる特性が記述されている。これらに基づいて施工されている標準的なベースコンクリートの配合に加えて、高炉セメントを用いた配合でも基準強度（吹付け後の材齢 3h：2N/mm²，24h：10N/mm²，4W：36N/mm²）を満足する可能性が高いことをモデル試験で確認している³⁾、今回は第二東名金谷トンネル東工区で試験施工を行った。施工は異なった条件で3回実施した。試験日時と条件を表1、試験項目を表2、配合と使用材料を表3に示す。配合は普通セメントのNo.（標準）と高炉セメントのNo.（高炉）で、w/c、コンシステンシーを変えている。高炉配合は初期強度の低下を考慮して低いw/cとした。ベースコンクリートは現場プラントで製造した。空気圧式ピン貫入試験は吹付けた現地で実施し、試験Cのコア試料は試験材齢前に採取した。

表1 試験日時と条件

	年月	吹付け場所	吹付機	平均気温	地山表面温度*
A	01. 1	坑外法面	空気搬送式	4	4
B	01.11	一次覆工	ポンプ式	23	23
C	02. 1	一次覆工	ポンプ式	22	23

* 赤外線温度計

表2 試験項目

	試験名	方法
ベース	スランプ ¹⁾ , スランプ ²⁾ 70-	JIS A 1101, JSCE-F503
	空気量	JIS A 1128
	圧縮強度	JIS A 1108
吹付け後	空気圧式ピン貫入試験	JHS 726
	コア圧縮強度	JHS 703, JIS A 1107
	跳ね返り率	吹付重量と跳返重量
	細孔測定	水銀圧入法

表4 施工結果

配合No.	急結材量	空気搬送式	ポンプ式
	10~13%	良好	良好
	6~8%	脈動あり	-
	8%	-	閉塞
	9~13%	良好	13%脈動あり 9%良好
	9%	-	良好

表3 ベースコンクリートの配合と使用材料

No	セメント種類	スランプ ¹⁾ (70-) cm	w/c %	s/a %	単位量 (kg/m ³)					空気量 %	急結材種類	試験日 (表1)	製造直後のコンクリート温度
					W	C	S	G	Sp				
	N	18	45	62	202	450	1017	628	3.2 ¹⁾	3	N	A, B, C	6, 22, 15
	B	(50)	35	60	175	500	992	664	5.5 ²⁾		S	A	11
	B	18	40	60	180	450	1009	676	4.1 ²⁾		S	B	22
	B	(50)	40	60	180	450	1009	676	4.5 ²⁾		S	A, C	11, 12
	B	(50)	42	59	190	450	983	676	4.1 ²⁾		S	C	11

セメント C：N 普通ポルトランドセメント 比重 3.16, B 高炉セメントB種 比重 3.05

細骨材 S：小笠山産山砂、比重 2.62

粗骨材 G：小笠山産山砂利、比重 2.63、最大寸法 10mm

混和剤 Sp：1) ポリエチレングリコール系、2) ポリグリコールエステル誘導体

急結材 N：加ソウムサルフォアルミネート系 S：加ソウムアルミネート系

キーワード：吹付けコンクリート、高強度、高炉セメント、初期強度、長期強度

日本道路公団掛川工事事務所 〒436-0047 掛川市長谷 1413-3 TEL:0537-22-8901 FAX:0537-22-8905

3. 結果

表4に施工結果を示す。高炉配合は標準配合に比べて水セメント比を低くしているため、スランプ18cmとした表3の配合

では搬送抵抗が大きくなることにより圧送管で閉塞したが、減水剤を0.1%増やしてスランプフロー50cmにした配合では問題は改善された。

図1にピン貫入深さから換算された強度発現性状を示す。コンクリート温度と環境温度により異なっているが、標準配合と高炉配合の発現性状はほぼ同等である。図2のベースコンクリート温度

と3h強度の関係ではどちらの配合もコンクリート温度に対して同等の高い依存性を示し、10以下になる場合には、 2N/mm^2 を下回る危険性がある。図3に材齢4週のベースコンクリートと吹付け後の強度の関係を示す。セメント量360kgの通常吹付けの(吹付け後/ベース)比が0.7~0.8程度⁴⁾であるのに対し、高強度はほぼ1であり、高炉配合は標準配合と同等あるいはさらに大きな強度比である。材齢3時間に関して実際の施工では考えられない試験Aのような条件を除けば、高炉配合の初期および長期の発現強度は基準値を十分に満足している。また、跳ね返り率や粉塵量でも高炉配合の方が少なくなる傾向であった。

図4に試験Cの材齢4週の試料による細孔径分布を示す。0.1~0.5 μm と0.01~0.08 μm の範囲の細孔量を比較することにより高炉配合の組織の方が緻密であり、透水性、イオンの拡散性が小さいことを示している。

4. まとめ

高強度吹付けコンクリートに高炉セメントB種を使用した試験施工を実施し以下の結果を得た。

- 1) 初期強度の低下抑制のために水セメント比を低くすることで、スランプ18cmでは搬送抵抗が大きく閉塞や脈動が起きるが、減水剤によりスランプフローを50~55cm程度にすれば、施工性は改善される。
- 2) 材齢24hまでの初期強度、4週の長期強度は基準強度を十分満足し、跳ね返り率や粉塵量は標準配合より少なくなる傾向となった。
- 3) 細孔測定の結果で標準配合より組織が緻密であることがわかり、透水性やイオンの拡散性が小さいと判断できる。

試験の実施にあたり、電気化学工業、太平洋セメント、太平洋マテリアル、ポゾリス物産、デンカグレース、富士物産のみなさまにご協力をいただきました。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 日本道路公団「設計要領第三集第9編トンネル(1)」平成13年1月
- 2) 日本道路公団「トンネル施工管理要領」平成13年1月
- 3) 竹本他「高炉セメントB種を用いた高強度吹付けコンクリートの施工管理試験施工」土木学会第55回年次学術講演会 -221, 2000.9
- 4) 日本トンネル技術協会「トンネルの吹付けコンクリート」平成8年2月

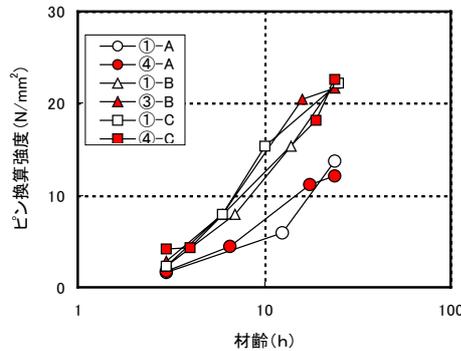


図1 材齢による初期強度の発現性状

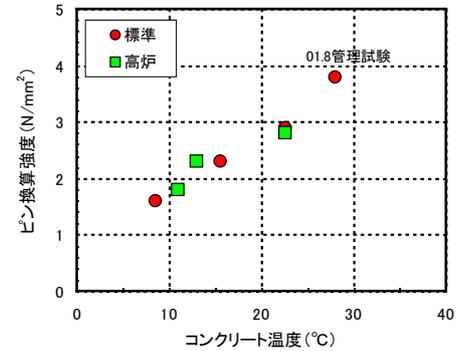


図2 コンクリート温度と材齢3h強度の関係

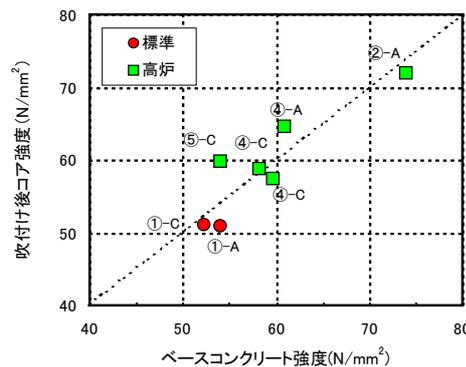


図3 ベースコンクリートと吹付け後の強度

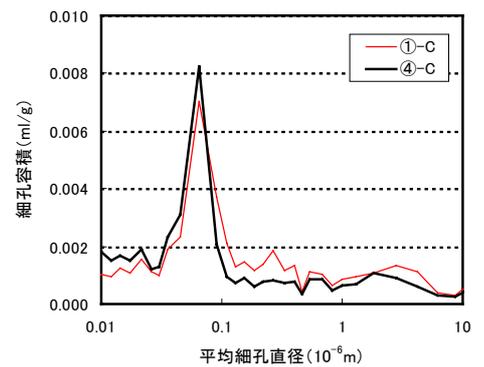


図4 細孔測定の結果