

VI-145

高強度吹付けコンクリートの開発

日本道路公団 試験研究所 正会員

三谷 浩二

正会員

武内 淳

1. まえがき

第二東名・名神高速道路の大断面トンネルにおいて、現状の吹付けコンクリートを使用すると設計厚さが非常に厚いものとなり、高速施工上のネックとなる。そこで、吹付けコンクリートの強度を上げてその厚さを薄くし、同時にトンネルの掘削量も減少させコスト削減を図ることを目的として、高強度吹付けコンクリートの開発を行った。室内試験とそれに続く実トンネルでの吹付け試験施工を実施した結果、現状での最適配合を提案することができたので報告するものである。

2. 高強度吹付けコンクリート試験施工の概要と配合

4つのトンネルにおいて同じ基本配合で5回の吹付け試験施工を実施し、初期および長期強度の発現特性と施工性を比較検討した。配合は表-1のように、セメント単味で水セメント比を $W/C=60\%$ から 35% に低下させたものの、シリカヒュームとエトリンガイト系混和材を添加したものに、通常の急結性セメント鉱物系（N）とカルシウムサルホアルミネート系（T-10）の2種類の急結剤を組み合わせて合計10種類の基本配合とした。なお、試験施工において吹付けた吹付けコンクリートの1配合当たりの施工量はそれぞれ約 2m^3 とした。

表-1 高強度吹付けコンクリート試験施工における基本配合表

基本 配合 番号	水結合 材比 W/P (%)	細骨材 率 S/a (%)	混和材		単位量 (kg/m^3)				
			種類	(%)	水	セメント	混和材	急結剤	
								種類	添加量 (%)
1 通常配合	60	62	無し	0	216	360	0	N	7
2	50	62			180	360			
3	40	60			180	450			
4	35	60			175	500			
5	50	62			180	360		T-10	10
6	40	60			180	450			
7	40	60	シリカヒューム	10	198	450	45	N	7
8	40	60	エトリンガイト	7	193	450	32		
9	40	60	シリカヒューム	10	198	450	45	T-10	10
10	40	60	エトリンガイト	7	193	450	32		

注) 配合2～10については、各現場の吹付け機械で施工できるワーカビリティが得られるように高性能減水剤を使用した。

3. 高強度吹付けコンクリート試験施工結果

(1) 吹付けコンクリートの施工性

現在使われている通常の吹付け機械を使用した場合、水結合材比が 50% を下回るとノズルの詰まり、脈動等の吹付け施工上のトラブルが発生し始め、水結合材比 35% の配合4では実施工で大量に吹付けることは不可能であることがわかった。しかし、下半壁面による跳ね返り試験では、水結合材を下げて粘性を上げることにより、施工ができれば跳ね返りの量が低下することが確認された。

(2) 強度の分布

キーワード：高強度吹付けコンクリート 第二東名・名神 カルシウムサルホアルミネート系急結剤 コスト削減

連絡先 : 〒194 東京都町田市忠生 1-4-1

TEL 0427-91-1621

fax 0427-92-8650

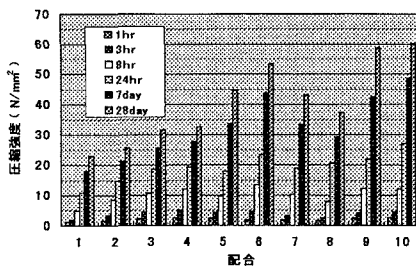


図-1 各配合ごとの平均強度

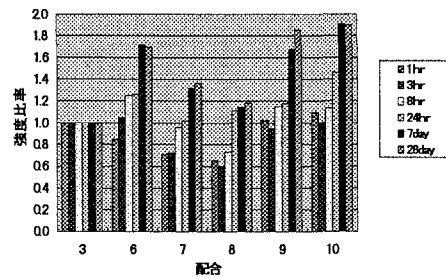


図-2 水結合材比 40%配合の強度比較

圧縮強度の全トンネルの平均値を図-1 に示す。図-1 より、強度発現だけを考えた場合、通常配合である配合 1 より全ての材令で概ね 2 倍以上の強度が得られている配合 9、10、次に 3 時間以外の材令で 2 倍以上の強度が得られている配合 6 が優れている。初期強度の発現性では、図-2 の水結合材比 40%の配合の強度比較より、混和材の添加あるいは急結剤の種別による 24 時間以内の初期強度の違いはみられない。長期強度の発現性では、図-1、2 により T-10 を使用した配合が優れ、同じ水結合材比 40%で比較すると通常の急結剤 N を使ったものよりも 60%以上の強度増加が得られている。これは、図-3 のベースコンクリートと吹付けコンクリートの比較より、通常の急結剤を使用したものではセメントに比例して急結剤の使用量が増えるので、吹付けコンクリートの強度が 40%以上低下しているが、T-10 を使用した場合には急結剤の量が増えても、最大で 10%程度しか強度が低下しないことによるものである。（水結合材比 40%での比較）

4. 吹付け厚の低減による経済性の検討

現在、第二東名・名神高速道路のトンネルに使用される吹付けコンクリートは、設計基準強度 18N/mm^2 で計画されているが、これを高強度化することによって厚さを低減した場合の経済性の検討を行った。厚さの低減方法として、軸剛性（断面積×弾性係数）を一定とし、弾性係数は圧縮強度の平方根に比例して増大するものと仮定した。比較する費用として、品質向上による材料単価の増、厚さの低減による材料と施工費用の減およびトンネル掘削、ブリ処理費用の減を考慮している。費用を比較する基準として、通常配合である配合 1 の材料費と施工費の合計を 1 とした。図-3 に、D I パターン（設計吹付けコンクリート厚さ 30cm）について試算した経済比較結果を示す。これより、配合 6 と 5 の費用の比率が配合 1 の約 80%、89%となり経済的に最も優れているといえる。

5. まとめと今後の課題

セメント単味で水セメント比を 40%まで下げ、高性能減水剤を使ってワーカビリティを確保し、カルシウムサルホアルミネート鉱物系急結剤を使用することにより、経済的に優れる高強度吹付けコンクリートが開発できることがわかった。今後、第二東名・名神の大断面トンネルに使用する高強度吹付けコンクリートの配合として、水セメント比 40%～50%、設計基準強度として材令 24 時間で 10N/mm^2 、28 日で 36N/mm^2 を暫定的に設定し試験施工を実施してゆく予定である。特に、大量吹付け時の施工性の確認と、高強度吹付けコンクリートの使用によって厚さが薄くできるかどうかの検証が必要である。また、微粉末混和材を使用し、跳ね返り、粉塵の低下を図れるかどうかについては、今後とも引き続き試験施工を実施して検討してゆくものとする。

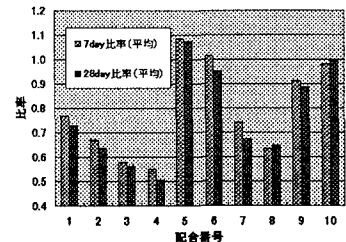


図-3 ベースコンクリートと吹付けコンクリートの強度比較

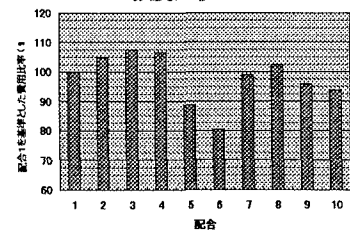


図-4 各配合の経済比較