

液体急結剤を使用した吹付けコンクリートの特性について

(株)奥村組 正会員 ○塩貝 悟
 (株)奥村組 正会員 山口 大輔
 (株)ポゾリス物産 高原 直希

1. はじめに

水溶性アルミニウム塩を主成分とする液体急結剤を使用した吹付けコンクリートは従来の粉体急結剤の場合に比べて、粉じん発生量やはね返り量を低減し、耐久性・安全性や施工性に優れていることは多くの試験施工等で報告されている¹⁾。しかし、設計基準強度 18N/mm^2 の吹付けコンクリートの付着性や強度発現性を確保するには、標準配合($C=360\text{kg/m}^3$)に対する単位セメント量増加、高性能減水剤による単位水量低減や液体急結剤の添加量増加等の対処が必要となり、粉体急結剤に比べて材料コストは割高となっていた。この課題に対して液体急結剤の特性を改良した結果、ベースコンクリートにより少ない添加量で所要の発現特性を得ることが可能になった²⁾ ため、実施工で採用することとした。

本稿は、国内のトンネル工事では初めて、標準配合のベースコンクリートに掘削当初から使用した液体急結剤の性能と強度発現に対するコンクリート温度の影響について報告する。

2. 工事概要

(仮称)上ノ城トンネル工事第2工区(和歌山県発注)は和歌山県北部に位置し、標高約440mの上ノ城山を東西に連なる山体を南北に貫き、内空断面積 51m^2 、延長633m(トンネル総延長1,416m)、最大土被り290mの2車線道路トンネルである。地質は三波川変成体に属する泥質(黒色)片岩、塩基性緑色片岩、珪質片岩等で構成され、数箇所の低速度帯が存在する。また、坑口付近には沢に沿って厚い崖錐性堆積物が分布している。トンネル施工はNATM(発破掘削方式)であり、2005年7月から掘削を開始し、2006年3月末現在425mまで掘削を完了している。

3. 吹付けコンクリートの特徴

3-1 吹付けコンクリートの配合

吹付けコンクリートの配合および設計条件を表-1に示す。ベースコンクリートは、高性能減水剤を使用して単位水量を少なく抑え($W/C=50\%$)、ポンプ圧送の施工性を考慮して粉体急結剤を使用する場合に比べて高スランプ値($20\pm 2\text{cm}$)となっている。

3-2 液体急結剤の特性

液体急結剤の主成分および物性を表-2に示す。液体急結剤のpH値は2.0~4.0の酸性を示し、全アルカリ量は0.2%と小さな値を示している。

表-1 配合および設計条件

水セメント比	W/C(%)	50
細骨材率	s/a(%)	54
単位セメント量	C(kg/m ³)	360
スランプ値	(cm)	20 ± 2
高性能減水剤添加率	(C×%)	1.2
液体急結剤添加率	(C×%)	8.0

表-2 液体急結剤の主成分および物性

主成分	水溶性アルミニウム塩
外観	淡褐色～乳白色液体
密度(g/cm ³ , 20℃)	1.4~1.5
pH(20℃)	2.0~4.0
塩化物イオン量(%)	0.01以下
全アルカリ量(%)	0.2

キーワード NATM, 吹付けコンクリート, 液体急結剤, 粉じん濃度, はね返り率, コンクリート温度

連絡先 〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 (株)奥村組関西支社 TEL 06-6625-3898 FAX 06-6621-9315

4. 測定結果および考察

4-1 粉じん濃度

切羽から坑口側に 50m 後方位置で測定した粉じん濃度を図-1に示す。粉じん濃度の最大値は吹付けコンクリート時に $1.7\text{mg}/\text{m}^3$ であり、粉体急結剤を使用した場合の施工実績³⁾の平均値 $4.2\text{mg}/\text{m}^3$ や旧労働省のガイドライン⁴⁾の目標レベル $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ を大幅に下回っている。なお、坑内への平均送風量は $1,200\text{ m}^3/\text{min}$ 、測定位置の平均風速は $0.3\text{m}/\text{sec}$ であった。

4-2 はね返り率

支保パターン別のはね返り率の測定結果を表-3に示すが、支保パターン(地質条件)によってのはね返り率に差は見られなかった。このことは、当該トンネルのような「粒子の大きさが非常に細かい片岩系の地質の場合、付着面の状態による付着強度の差は小さい」との事例³⁾から推察できる。また、はね返り率の平均値は 20.1% であるが、粉体急結剤を使用した場合のこれまでの実績は概ね 20~30% 程度³⁾であることから、一定の低減効果を得ていると言える。

以上のように、粉体急結剤を使用した場合に比べて、液体急結剤を使用した場合に粉じん濃度やはね返り率が低減する効果を得られる要因として、①液体に合った混合方式の変更により、液体急結剤とベースコンクリートとの混合性が向上したこと、②圧送方式をエア式からポンプ式に変更したことにより、吹付けに使用する圧送エア量が凡そ半減したこと等が考えられる。

4-3 24 時間圧縮強度とコンクリート温度

図-2に 24 時間圧縮強度とコンクリート温度との関係を示す(図中の○は計測値、曲線は近似曲線)。コンクリート温度が 16°C のときに 24 時間圧縮強度の最小値 $6.3\text{N}/\text{mm}^2$ を得ており、管理値 $5.0\text{N}/\text{mm}^2$ を満足している(最大値 $13.9\text{N}/\text{mm}^2$: 28°C)。コンクリート温度が 20°C を超えると強度は増加して、より高い強度発現が得られている。当工事ではコンクリート温度を一定以上に保って安定した吹付けコンクリートを得るため、混練水の加温対策とホッパー加熱による骨材加温対策を実施した。

5. おわりに

液体急結剤を使用した吹付けコンクリートを施工して、粉じん濃度やはね返り率、24 時間圧縮強度では良好な結果を得ており、工事も順調に進捗している。なお、地山不良部や多量湧水個所では付着力が不足する状況になったため、液体急結剤の添加率を 8% から 10% 程度に増加させる、あるいは単位セメント量を $360\text{kg}/\text{m}^3$ から $390\text{kg}/\text{m}^3$ に増加させる等で対処した。

今後、上記の諸課題に対して配合の検討、液体急結剤の改良等を実施して、安全かつ合理的な吹付けコンクリートの施工を目指していきたい。

【参考文献】

- 1) 田島 功他：液体急結剤で吹付けコンクリートの粉じん対策，トンネルと地下，P23-27，2004.7
- 2) 後藤勝彦他：新しい液体急結剤を用いた吹付けコンクリートの強度発現性，第60回年次学術講演会，2005.9
- 3) 土木学会：吹付けコンクリート指針(案)[トンネル編]，2005.7
- 4) 労働省：ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン(案)，2000.12



図-1 粉じん濃度

表-3 はね返り率

支保パターン	D II	D I	C II	平均
はね返り率 (%)	19.6	20.4	20.4	20.1

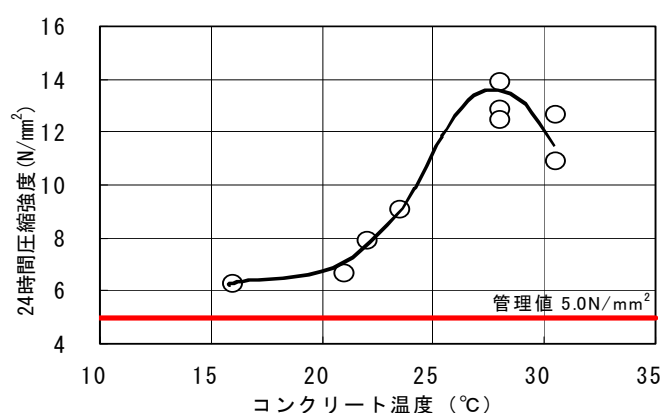


図-2 24 時間圧縮強度とコンクリート温度との関係