

VI-110

急硬性コンクリートを用いたトンネル先受け工法の試験施工

（その2：コンクリート試験結果）

ハザマ技術研究所 正会員 谷口裕史 ハザマ土木統括本部 正会員 寺内 伸
 ハザマ土木統括本部 芳賀佳之 ハザマ・森組共同企業体 篠崎秀敏
 日本道路公団横浜工事事務所 本村 均

1. はじめに

試験施工で対象としたトンネルの先受け工法に用いるコンクリートは、地山の切削と同時に打設することから優れた充填性および初期強度の発現性が、また、連続したコンクリートシェルを構築する目的から吹付けコンクリートと同等以上の強度発現性が要求される。そこで、本報告では、これら要求品質を満足させることを目的に、試験施工に向けて実施した室内配合選定試験結果および試験施工時における品質管理試験結果について報告する。

2. スリットコンクリートの要求性能

スリットコンクリートの要求品質を表-1に示す。流動性および充填性を満足させるために目標スランプは 20 ± 2.5 cmとした。掘削工程から要求される初期強度（4時間強度）は、練りませ時に急硬材を混入することで、コンクリート端面の自立性はコンクリート圧送管途中で液体急結剤を混合装置を用いて混入することで対応した。また、急硬材を混入したベースコンクリートのスランプ保持時間を満足させるために、凝結調整剤も使用した。

表-1 スリットコンクリートの要求品質

項目	条件	要求性能	配合上の対策
流動性 および 充填性	厚さ40cm、奥行き2m以上の地山スリット内に分離せず均一に充填。	ベ-スコンクリートのスランプ 20 ± 2.5 cm、2時間保持。液体急結剤混合後2分で12cm以上。	W/C、s/a 凝結調整剤 液体急結剤
コンクリート端面の自立性	スリットコンクリートの端面が、妻杵から解放された時点で崩壊しない。	切削速度、妻杵長を考慮して打込み後8分で圧縮強度 1kgf/cm^2 以上。	液体急結剤
強度発現性	ドリル掘削時の作用土圧に耐えることができる。	施工サケル、設計土圧を考慮して、打込み後4時間の圧縮強度 30kgf/cm^2 以上。 材齢28日設計基準強度 180kgf/cm^2	急硬材 単位セメント量

表-2 使用材料

使用材料	種類	基本物性
セメント	普通ポルチランド	比重:3.16、M社製
細骨材	3種混合	比重:2.97、吸水率:1.13%、F.M.:2.75
粗骨材	2種混合	比重:3.03、F.M.:6.71、 $G_{\max}=20\text{mm}$
混和材	急硬材	比重:2.92、カルシウムサルホアルミネート系化合物
混和剤	凝結調整剤	比重:2.19、有機酸とアルカリ炭酸塩の複合体
	液体急結剤	比重:1.50、特殊無機アルミニ酸化合物

3. 実験概要

本実験に用いた使用材料を表-2に示す。セメントおよび骨材は試験施工で使用する生コンプラントの材料である。室内試験では、使用セメントの性状に影響される凝結調整剤および液体急結剤の使用量を検討した。さらに、急硬材の使用量は既往の研究¹⁾を参考にし、結合材料の15%（内割）とし4時間強度を確認した。試験施工前には、室内試験で選定した配合が実機プラント試験練りにより要求品質を満足することを確認し、試験施工時には、スランプ、自立性状および強度特性について品質管理試験を実施した。さらに、施工したスリットよりコア供試体を採取し、充填状況および強度を確認した。

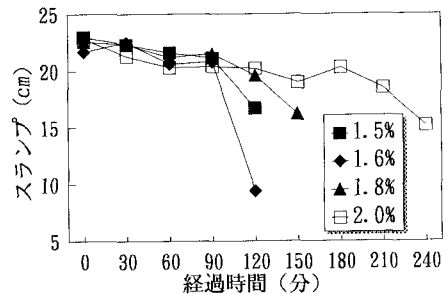


図-1 スランプの経時変化

表-3 自立試験結果

凝結調整剤 使用量 (C+P)×%	液体急結剤 使用量 (C+P)×%	自立時間（分）	
		スランプ試験	静置
1.6	5.0	8~9	—
1.8	5.0	10~11	—
	6.0	9~10	—
	7.0	7~8	5.5~6.0
2.0	7.0	12~13	8.0~8.5
	8.0	—	7.0~7.5
	9.0	9~10	6.0~6.5

表-4 圧縮強度試験結果

凝結調整剤 使用量 (C+P)×%	液体急結剤 使用量 (C+P)×%	圧縮強度 (kgf/cm ²)		
		4時間	1日	28日
1.8	7.0	54.5	78.9	317
2.0	7.0	55.4	77.1	337
	8.0	52.3	81.9	341
	9.0	49.8	78.1	340

4. 実験結果および考察

4.1 室内試験結果

凝結調整剤使用量の選定試験結果を図-1に示す。この図より、スランプを2時間保持するために必要な凝結調整剤量は(C+P)×1.8%以上であることが確認で

きる。凝結調整剤量および液体急結剤量と自立時間の関係を表-3に、圧縮強度の関係を表-4に示す。いずれの凝結調整剤量の場合にも、液体急結剤量を増大させることにより自立時間を短縮することが可能であることがわかる。一方、圧縮強度は4時間強度において、液体急結剤使用量が大きいものほど若干強度が低下する傾向が認められるものの、大差は認められていない。以上の室内試験結果から、試験施工時のトラブル発生等も考慮し、スランプ保持時間が長くなる様に凝結調整剤量を(C+P)×2.0%とし表-5に示す配合を選定した。

4.2 試験施工結果

試験施工における品質管理試験結果を表-6に示す。スランプは管理値よりも若干大きくなったが、自立時間および圧縮強度は要求品質を満足する結果が得られた。圧縮強度に関しては室内試験と比較して小さい値となっている。これは、スランプが大きくなっていることから、細骨材の表面水率の変動等により、単位水量が若干増大したことも影響していると考えられる。一方、コア供試体の圧縮強度は妻型枠部、打設口部および地山部とも約240kgf/cm²で同等であるものの、品質管理試験結果を若干下回る結果となった。これは、試験施工が冬季（12月）に実施されたために養生温度が低くなったことも影響していると考えられる。コア供試体の状況を写真-1に示す。いずれの位置から採取した供試体も緻密で充填性に優れている状況が確認でき、圧縮強度のばらつきも小さい均質なコンクリートが施工されていることが確認された。

5. まとめ

本試験施工の結果、急硬性コンクリートを対象としたトンネルの先受け工法に適用することで均質なコンクリートシェルを構築することが可能であることが明らかとなった。また、設定した管理基準の内、スランプは若干大きめに管理することが可能であり、他の項目は今回設定した範囲で管理することにより、十分な性能を有する急硬性コンクリートを製造することが可能であることも明らかとなった。

謝辞）本実験を実施するにあたり電気化学工業㈱の協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

〔参考文献〕1) 谷口裕史・安達隆治・松島博之・水野征四郎：急硬性コンクリートの施工方法に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 15、No. 1、pp. 1073-1078、1993

表-5 スリットコンクリートの示方配合

最大骨材 寸法 (mm)	水結合材 比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)						
			水 W	セメント C	急硬材 P	細骨材 S	粗骨材 G	凝結調整 剤	急結剤 L
20	47.5	46	190	340	60	754	1042	8.0	32

P/(C+P)=15%、凝結調整剤=(C+P)×2.0%、急結剤=(C+P)×8.0%

表-6 品質管理試験結果

No	スランプ(温度)		自立 試験	圧縮強度(kgf/cm ²)	
	出荷時	受入時		4時間	28日
1	21.5 (16.0)	22.7 (15.0)	○	31.0	261
	23.3 (12.0)	23.5 (11.5)			
2			○	30.8	285

自立試験：8分で自立する場合○、しない場合×

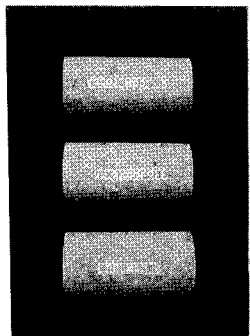


写真-1 コア外観