

VI-127 山岳トンネルPASS工法におけるプレライニングモルタルの開発

日本鉄道建設公団 盛岡支社 梅木 信夫
 ○清水建設（株） 東北支店 正会員 勝間田 哲郎
 （株）フジタ 土木本部 正会員 西園 裕一

1. はじめに

東北新幹線（盛岡・八戸間）の第1高岩トンネルの地質は未固結な洪積層の砂、粘土からなり土被りも薄い。ため、補助工法としてプレライニング工法の一つであるPASS工法を採用した。PASS工法は5連の連動する4mのオーガーで削孔し、削孔完了後モルタルを充填して、トンネル外周のアーチにそって連続したモルタルライニングを形成する工法であり、工法の特徴として連続した3次元的なアーチシェルを構築する工法である。その際、従来の都市部で用いた方式に掘削効率を上げる事を目標に改良長の長尺化、更にプレライニング内側の支保の軽減を目指し施工した。本報告は従来のPASS工法モルタルに改良を加え、PASS工法の長尺化および支保軽減に対処するためのプレライニングモルタルの開発について報告するものである。

2. PASS工法の長尺化及び支保軽減に伴うプレライニングモルタルの要求品質

(1) 早期強度および曲げ靱性の実現

プレライニングの長尺化を図り、従来のPASS工法と比較して、4m削孔後の改良長を2.5mから3.5mとし、1シフト当りの掘削長を2mから3mとした。モルタル充填後から掘削までの時間短縮を目的に、早期強度の確保のため、①液体急結剤の添加、②急硬材と凝結調節剤の添加、③早強セメントの使用、の3案を検討した結果、既存の専用機械での施工が可能で、かつ要求性状を満足する②の急硬材と凝結調節剤の添加案を採用した。

支保軽減に伴い増加が予想される、プレライニングモルタルへの土圧及び応力に対処するため、モルタル内に鋼繊維を混入し、曲げ靱性の増加を図った。

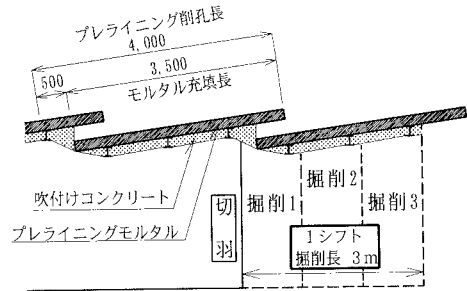


図1 プレライニング掘削順序図

(2) モルタルの強度とハンドリングタイムの設定

① 若材齢強度の設定

最も早期にプレライニングの強度発現が必要となるのは図1の掘削2の部位である。当該箇所掘削開始は、プレライニングが終了してから約5時間経過後である。図2に示すオーストリアの吹付けコンクリートの若材齢での強度基準（オーストリアGuideline on Shotcrete）を適用し、材齢5時間後のJ2とJ3の中間の圧縮強度2.5N/mm²から安全を見て3.0N/mm²と設定した。

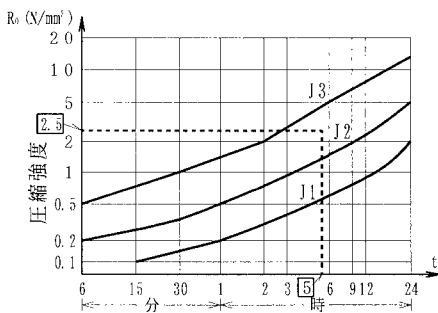


図2 オーストリアの吹付けコンクリートの若材齢での強度基準

J1: 湧水が見られ、吹付け後直ちに行われる次工程の影響で応力が生じ、吹付けコンクリートを厚い層でできるだけ早く施工する場合に適用

J2: 早期に土圧が作用する場合

J3: 例外的に適用（高早期強度の場合、一般的に後の強度増加を減少させる）

② ハンドリングタイム

モルタルポンプ内での硬化・閉塞をさけるために、60～120分のハンドリングタイムが確保できる配合とし、フロー値の目安として190mmを下限値とした。

キーワード：プレライニングモルタル、急硬材、凝結調節剤、早期強度、ハンドリングタイム

連絡先：〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町16-15 7セント 仙台二日町2F TEL:022-267-9177 FAX: 022-213-0413

3. 室内試験

使用材料は現地にて使用する普通ポルトランドセメント、細骨材の他にカルシウムサルフォアルミネート系の急硬材、有機系の凝結調節剤を用いた。

配合は従来のPASS工法におけるモルタル配合をベースとして、結合材（セメント+急硬材）砂比を1/2とし、フロー値の調節を水量にて行い水結合材比を37.5%とした。また、急硬材の添加率はセメントに対して内割りで置換え、凝結調節剤の添加率は結合材に対して添加した。

試験の進め方は、試験温度を冬場の施工を考慮し10℃、20℃とし、要求強度に対しては急硬材の添加率を、ハンドリングタイムに対しては凝結調節剤添加率をそれぞれ検討した。

その結果、10℃において急硬材添加率10%では、要求されるハンドリングタイムに設定したときの5時間強度が確保できないため、急硬材添加率を15%とした。急硬材添加率15%において、凝結調節剤添加率を変化させたときのフローの経時変化を図3に、強度発現性状を図4示す。図より凝結調節剤添加率1.0%及び1.2%においてハンドリングタイム90分を確保できたが、圧縮強度発現性状では凝結調節剤添加率を1.2%とすると5時間材齢で3N/mm²を確保できないことから、急硬材添加率を15%、凝結調節剤添加率を1.0%とした。

以上の結果から室内試験配合を表1のとおりとした。

4. 実機試験および実施工

実機においては室内試験時とミキサ形式、混練り量の違いがあることからモルタル物性に变化が生じたこともあり、施工時のトラブル回避を考慮して凝結調節剤の添加率および水結合材比を修正し、現場配合を表1のとおりとした。また、鋼繊維を混入した鋼繊維モルタルの現場配合も合わせて示した。なお、凝結調節剤の添加は投入のミスと手間の軽減を目的として、凝結調節剤1に対して水3とした4倍水溶液を作製し、ポンプにて添加することとし、水結合材比の水は凝結調節剤水と水を含めたものとした。

図5に実施工で使用したモルタルの圧縮強度発現性状を示す。強度は5時間で4.2N/mm²以上、24時間で5N/mm²以上、28日で3.9～5.6N/mm²と十分な強度が得られた。

表1 モルタル配合

配合種類	フロー値 (mm)	W/B (%)	S/B	単 位 量 (kg/m ³)					
				セメント	急硬材	砂	凝結調節剤水	水	鋼繊維
室内配合	210±20	37.5	2	535.8	94.6	1,482	25.2	211.2	—
現場配合	230±20	40.0		527.8	93.2	1,460	39.8	208.2	—
	190±20	40.9		523.9	92.4	1,452	39.4	212.7	40.0

5. おわりに

実機試験においても要求されたハンドリングタイム、初期圧縮強度を満足し、実施工を問題なく進めることができた。今回の配合設計においては、早期強度発現を急硬材の添加率で、ハンドリングタイムを凝結調節剤の添加率でそれぞれ微妙に調整することにより厳しい要求性状を満足することができた。今回開発したモルタルの配合設計により、PASS工法の長尺化が可能となり、施工効率が改善され、今後類似の地質条件の下でPASS工法適用の機会が増加するものと考えらる。

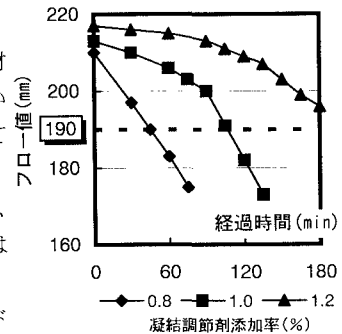


図3 フローの経時変化

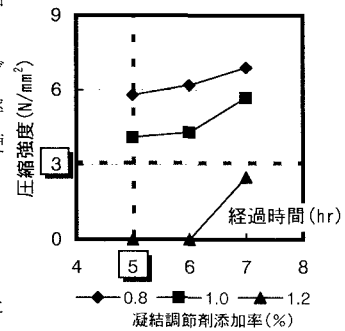


図4 若材齢時の強度発現性状

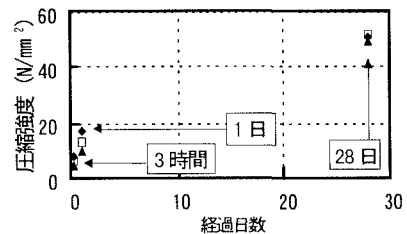


図5 プレライニングモルタル圧縮強度経日変化図