

トンネル補強工法の開発 （その3） ートンネル覆工板背面に用いる裏込め充てんモルタルの開発ー

日本コンクリート工業 正会員 ○菊 広樹, 土田 伸治, 小寺 満
熊谷組 正会員 森 康雄, 戸上 郁英

1. はじめに

新幹線トンネルの覆工コンクリート崩落事故以後、鉄道トンネルでは、覆工コンクリートに対する様々な補強および補修工法が実施されている。その補修工法の1つとして、覆工コンクリートの内空側にプレキャスト製覆工板をアーチ形状に構築した補強構造体で、覆工コンクリートが剥落した場合の剥落荷重を負担し、トンネル内部空間を保持する工法がある。この工法の場合、覆工コンクリートと覆工板の間にはモルタルを充てんしてトンネルの安定化を図るが、従来のモルタルでは、この裏込めへの充てんが困難であったり、材料コストが高いといった問題点が報告¹⁾されており、さらに、鉄道トンネルでは夜間工事終了後、始発電車が通過するまでにある程度硬化している必要がある。

本報告は、鉄道トンネルを対象とした場合の裏込め充てんモルタルについて、要求性能を満足するための材料選定および配合について検討したものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料：セメントは普通ポルトランドセメント(C)、細骨材は珪砂5号(S)、混和材は急硬性セメント混和材〔エトリンガイト系〕(AD1)、硬化遅延材(AD2)、増粘材〔アクリル系〕(AD3)、混和剤は高性能減水剤〔ポリカルボン酸系〕(CA)とした。使用材料は、本実験の目標性能・経済性を考慮して市販品から選定した。

(2) 実験の要因と水準：表1に実験の要因と水準を示す。 **表1 実験の要因と水準**

(3) 試験方法および目標性能：表2に試験方法および目標性能を示す。流動性と材料分離抵抗性の目標値は、既に実績の有る市販の充てんモルタルの管理値を目標とした。可使時間と圧縮強度は、鉄道トンネルの夜間工事を想定し、練混ぜ後1時間は使用可能で、3時間後には硬化し、

	要 因				
	砂結合材比 S/(C+AD1)	水結合材比 W/(C+AD1) (%)	遅延材混入率 AD2/(C+AD1) (%)	単位増粘材量 AD3 (kg/m ³)	室温 (°C)
水 準	1.0	30	0.5	3	12
	1.5	35	0.6	5	20
	2.0	40	0.7	10	
	3.0	50	0.8	15	
		60	0.9	20	

表2 試験方法および目標性能

28 日後には覆工コンクリートと同等以上の強度が得られるように設定した。

性能試験項目	試験方法（規準）	目標性能
流動性	J ₁₄ ロート試験(JSCE-F541)	10±5 秒
材料分離抵抗性	ブリージング試験(JSCE-F542)	1%以下
可使時間	J ₁₄ ロート試験(JSCE-F541)	練混ぜ後1時間経過後 10±5 秒
圧縮強度	圧縮強度試験(JSCE-G541)	3時間後：1N/mm ² , 28日：24N/mm ² 以上
圧送性	モデル試験 *1	圧送速度 7.3 リットル/分以上
充てん性	モデル試験 *2	充てんモルタルの偏りの無いこと

*1：トンネル天端部への施工を想定し、練混ぜ後 30 分経過したモルタルを内径が1インチ、長さが10mのホースを使用し、高所（高さ 5.5m）への圧送試験。

*2：隙間が狭い箇所への充てんを想定し、高さ 60cm、長さ 150cm、幅 2cm の透明アクリル製型枠へモルタルを押し上げ式で充てんした場合の充てん試験。

キーワード：充てんモルタル、トンネル、流動性、充てん性、急硬性

連絡先：〒308-8522 茨城県下館市伊佐山 218-3 日本コンクリート工業(株) 研究所

Tel：0296-28-3396 Fax：0296-28-3886

3. 実験結果および考察

(1) 砂結合材比および水結合材比の選定

表3より、砂結合材比が2.0と3.0の場合は減水剤の最大推奨混入率の1.5%混入しても良好な流動性が得られず、J₁₄ ロート内で閉塞した。砂結合材比が1.0の場合、水結合材比40、50%、砂結合材比が1.5の場合、水結合材比50%で比較的良好な流動性が得られた。よって、経済性から砂結合材比が1.5、水結合材比50%を基本配合とした。ただし、全てのケースでブリージングが3～5%程度発生したため以下のように増粘材の使用を検討した。

(2) 単位増粘材量の選定

図1より、単位増粘材を5 kg/m³ 混入した場合、J₁₄ ロート流下時間がほぼ目標値となり、ブリージング率も0.7%まで低減出来た。

(3) 遅延材混入率の選定

本件では、急硬性セメント混和材を使用していることから、可使時間をコントロールするために遅延材を用いた。図2は、遅延材混入率および室温がモルタルの可使時間に与える影響を検討した。図より、遅延材混入率を0.5～0.9%に変化させることによりモルタルの可使時間を5～135分にコントロールする事が出来るが、可使時間は温度依存性が高いため、モルタルの実施工の直前に現場で試し練りを実施して可使時間を把握しておく必要がある。

(4) 圧縮強度試験結果

図2の遅延材混入率が0.6%配合の圧縮強度試験結果を表4に示す。表2の目標強度を上回った。

(5) 圧送性および充てん性試験結果

表5より、圧送性は、表2の目標値を上回り良好であった。充てん性は、注入圧0 kgf/cm²でも幅2cmの型枠内へのモルタルの充てんは可能で、偏りも無く良好であった。

4. 結論

本実験により、鉄道トンネルを対象とした場合の要求性能を満足する裏込め充てんモルタルを選定することが出来た。

(参考文献)

1) 橋ら：トンネル覆工背面新充填材料の開発、コンクリート工学論文集，第11巻第3号，2000.9

表3 流動性試験結果

		J ₁₄ ロート試験結果 (単位：秒)			
		砂結合材比			
		1.0	1.5	2.0	3.0
水結合材比%	30	閉塞	---	---	---
	35	10.9	---	---	---
	40	4.0	12.0	閉塞	閉塞
	50	2.4	3.5	閉塞	閉塞
	60	2.3	---	分離	分離

*増粘材未使用

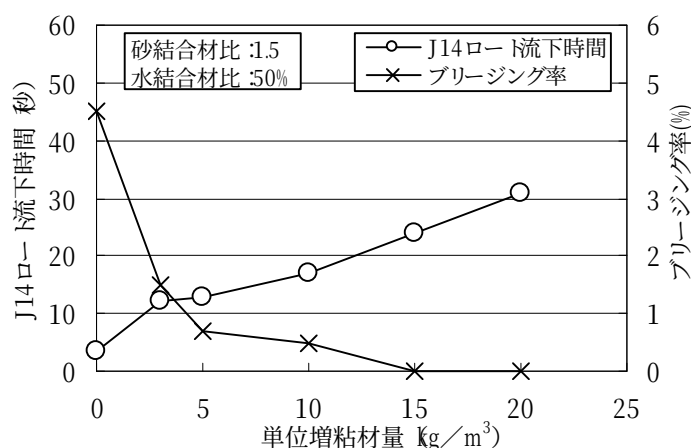


図1 増粘材量と流動性・材料分離抵抗性の関係

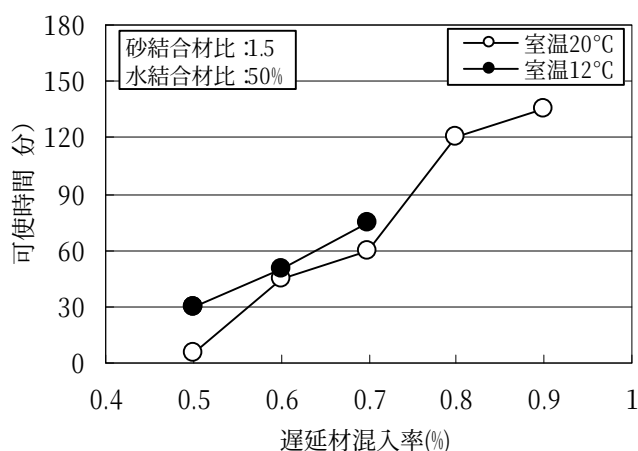


図2 遅延材混入率とモルタル可使時間の関係

表4 圧縮強度試験結果

配合条件	材齢	圧縮強度(N/mm ²)
遅延材混入率 0.6%	3 時間	1.2
	28 日	46.9

*養生条件：室温 12℃，封緘養生

表5 圧送性および充てん性試験結果

性能試験項目	モルタル温度(℃)	注入圧(kgf/cm ²)	圧送速度(リットル/分)
圧送性	17	0.45	12
充てん性	17	0	4.7

*配合条件は表4の配合と同じ