

凍害対策種別 S に対応したトンネル坑口部覆工配合の検討と施工

西松建設株式会社 正会員 ○高橋 慧 椎名 貴快 跡部 芳昭 味噌作 知樹
岩手大学 正会員 小山田哲也

1. はじめに

復興支援道路の事業路線に含まれる川井第1・第2トンネルの工事では、凍害区分3（種別 S）の寒冷環境に対応した覆工コンクリートの施工が求められた。特に坑口から約 100m までの区間では、凍結抑制剤の付着あるいは浸透による塩害と凍害の複合劣化で生じるスケーリングへの対策が必要となった。そこで、岩手大学と共同で室内・実機での配合選定試験を実施し、所要のスケーリング抵抗性を有する 3 配合を見出した。その後、実打設を伴う現場施工試験を実施し、施工性や品質などを確認した上で、坑口部配合を決定した。本稿では、配合選定試験の概要と結果、および現場での施工試験について報告する。



図—1 復興支援道路概要図

2. 配合選定試験

スケーリング抵抗性を有するコンクリート配合の選定にあたり、基本配合は生コン工場出荷実績のある耐凍害用配合の 24-18-20BB（水結合材比 50%，細骨材率 54%，空気量 7%）とし、スランプは施工性を考慮し、18±2.5cm を目標とした。一般に AE 剤で導入した微細な空気泡は耐凍害性の改善に寄与するが、連行される空気量が多すぎると凍結融解抵抗性の低下や圧縮強度の低下が顕著になるため配合試験の過程で空気量が過大とならないように留意した。室内試験と実機試験を行い、目標スケーリング量は 50 サイクル 0.5kg/m² 以下とした。

試験結果(図—2)を以下に示す。

表—1 基本配合

W/B (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	B		S	G
				C	※EX		
50.0	54.0	7.0	165	310	20	942	888

※EX(膨張材)

- (1) フレッシュ時に連行した空気は硬化後に大きく減少し、2.5～3.5%ほどしか残っていなかった。
- (2) スケーリング量は全ての配合で目標値を満足できない結果となったが、硬化体中の空気量とスケーリング量は相関性があり、4.0%程度の空気量が必要であることがわかった。
- (3) 当該空気量が大きいほどスケーリング抵抗性が向上し、直径 150μm 以下の空気量が 1.4%程度必要であることがわかった。

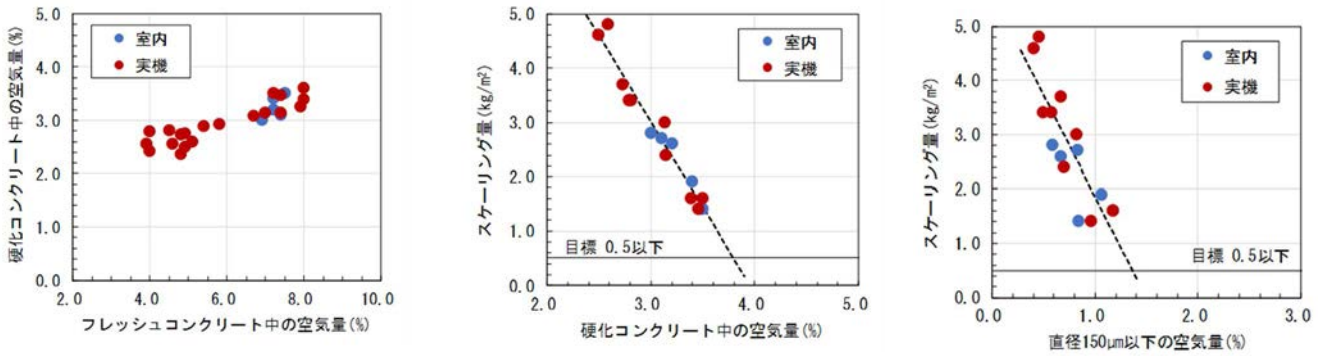
以上より、スケーリング抵抗性を確保するため、硬化コンクリート中に 4.0%程度の空気量を残し、かつ直径 150μm 以下の微細な空気を 1.4%程度連行させるように配合修正を行うことが良いと考えた。

3. 配合修正

硬化コンクリート中に必要な空気量を確保するため、モルタルの粘性に着目した。検討配合は、表—2 の水結合材比 46%、43%、41%の 3 水準とした。表—3 に、硬化コンクリート中の空気量とスケーリング試験の結果を示す。硬化体中の空気量は 3 配合とも目標とした 4.0%を超え、この内、直径 150μm 以下の空気量は水結合材比 41.0%配合で目標をわずかに下回ったものの、概ね期待した数値を得られた。スケーリング量は 3 配合とも目標 0.5kg/m² 以

キーワード 覆工コンクリート、凍害、スケーリング、空気量、細骨材率

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門 1-17-1 虎ノ門ヒルズビジネスタワー7階 TEL03-3502-0232



図—2 各パラメータによる比較図

下を満足した。

また直径 150µm 以下の空気量とスケールリング量の関係 (図—3) を見ると、前記の室内・実機試験データとも相関が見られ、同一材料であれば、配合によらず、直径 150µm 以下の空気量 1.4%程度をスケールリング抵抗性確保の目安にできる可能性がわかった。次に、3 配合について実施工での確認試験を実施した。

表—2 検討配合

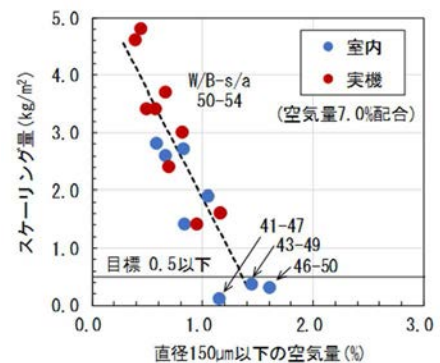
W/B (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m³)		
			W	B	
				C	EX
50.0(当初)	54.0	7.0	165	310	20
46.0	50.0	7.0	162	332	20
43.0	49.0			357	
41.0	47.0			375	

4. 現場施工試験

配合選定試験で得られた 3 配合について、現場にて確認試験を実施した。打込み方法は通常の施工サイクルと同じで、アジテータ車 4m³ 積みで工場出荷後、現場までの運搬時間は約 30 分であり、覆工 1 ブロック (10.5m) につき配合を順次施工した。フレッシュ性状は、工場出荷時、現着荷卸し時、ポンプ筒先 (最下段打設窓のサクシオンホースより)、締固め後 (内部振動機による) の各施工過程で試料を採取して確認した。また現着荷卸し時および締固め終了時に採取した試験体でスケールリング試験を行った。スケールリング量は荷卸し時および締固め後ともに 3 配合とも 50 サイクルで 0.5kg/m² 以下であった。なお、硬化体中の空気量は、室内試験に比べて 1~3%ほど増える傾向にあった。以上より、現場施工試験の結果、3 配合とも通常と同じように施工できたが、特にワーカビリティやセメント量過多による温度ひび割れ発生リスクなどを考慮して、水結合材比が 46% の配合を坑口部配合として選定した。

表—3 硬化体中の空気量とスケールリング量

配合		硬化体中の空気量			スケールリング量 (kg/m²)
W/B (%)	s/a (%)	総量 (%) (目標 4.0)	φ150µm 以下 (%) (目標 1.4)	気泡間隔係数 (µm)	
46.0	50.0	5.29	1.61	198	0.31
43.0	49.0	4.66	1.45	211	0.36
41.0	47.0	4.22	1.16	233	0.10



図—3 150µm 以下の空気量とスケールリング量の関係

5. まとめ

川井第 1 および第 2 トンネル工事では、坑口から 100m 区間の覆工に、凍害区分 3 (種別 S) に対応した高耐久コンクリートが求められた。そこで、岩手大学と共同で室内・実機での配合試験を事前に行い、所要のスケールリング抵抗性を有した水結合材比の異なる 3 配合を選定した。そして実際の覆工に 3 配合を打ち込む現場施工試験を実施し、施工性や品質などを確認した上で、本施工に用いる坑口部配合を 30-18-20BB (水結合材 46%、細骨材率 50%、空気量 7.0%) に決定した。本施工では合計 40BL に使用し、施工上のトラブルも無く施工を完了した。今後は、継続的に調査を行い、耐凍害性について検証を続けていきたい。