

トンネル覆工コンクリートの耐凍害性を確保できる配合および施工方法に関する検討

国土交通省東北地方整備局 正会員 赤石広秋

岩手大学 正会員 小山田哲也

鹿島建設(株) 正会員 ○佐久間啓吾 正会員 林 大介 正会員 松本修治

1. はじめに

新区界トンネルは、宮古・盛岡復興支援道路区間の中で最も凍害の発生リスクが高い地域に位置している。コンクリート構造物の凍害対策としては、硬化コンクリートへの適切な連行空気の導入が重要であるが、運搬や締固めなどによる空気量の低下に着目した検討例は少ない。そこで、著者らは、コンクリートの耐凍害性確保を実施レベルで達成するため、室内試験において硬化コンクリートに微細な気泡を残すことができる配合を検討した¹⁾。

本稿では、プラント実機で製造したコンクリートについて施工の各過程におけるフレッシュコンクリートの空気量変化を把握するとともに、硬化コンクリートでの空気量測定および耐久性試験を行い、耐凍害性を確保できる配合および施工方法を検討した結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

表-1に使用材料を示す。スランプおよび空気量は、AE減水剤（高機能タイプ）とAE助剤で調整した。これらの混和剤は、室内試験¹⁾で最も耐凍害性が高い結果が得られたものとした。

表-1 使用材料

使用材料	記号	産地、種別、物性等
セメント	C	高炉セメントB種（密度：3.04g/cm ³ ）
混和材	EX	膨張材（密度：3.10g/cm ³ ）
細骨材	S1	陸砂（紫波町地内産，表乾密度：2.54g/cm ³ 吸水率：2.92%，粗粒率：2.85）
	S2	砕砂（紫波町赤沢産，表乾密度：2.65g/cm ³ 吸水率：0.55%，粗粒率：2.95）
粗骨材	G	碎石2005（盛岡市黒川産，表乾密度：2.94g/cm ³ 吸水率：0.65%，粗粒率：2.85）
混和剤	AD	AE減水剤（リグニンスルホン酸化合物と ポリカルボン酸エーテルの複合体）
	AE	助剤（変性ロジン酸化合物）

表-2にコンクリート配合を示す。No.1は、実際にコンクリートを出荷する工場が保有するJIS認証配合で水セメント比が53.3%，細骨材率が48.2%，空気量が4.5%の27-15-20BBとした。また、室内試験の結果¹⁾より、選定した3配合を含めた全4配合を用いた。

表-2 コンクリート配合

配合 No.	Gmax (mm)	スランプ (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
						W	C	S1	S2	G	AD
1	20	15.0	4.5	53.3	48.2	168	316	417	437	1041	2.54
2			7.0	49.3	47.0	160	325	396	413	1032	2.6
3					48.0	160	325	404	421	1014	2.96
4					49.0	160	325	414	429	994	2.93

はφ153×120 mmの塩化ビニルパイプの底面に厚さ20mmのコンクリートパネルを挿入した型枠に天端までコンクリートを打ち込んで作製した。

2.3 試験方法

各コンクリート配合について、実際にコンクリートを

表-3 試験項目

コンクリートの状態	試験項目
フレッシュ	スランプ (JIS A 1101)
	空気量 (JIS A 1128)
硬化	スケーリング量 (ASTM C672)
	空気量 (面積比法)

● キーワード スケーリング抵抗性，AE剤，空気量，覆工コンクリート

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-8014

出荷する工場で実機ミキサによる製造を行い、アジテータ車で現場まで約 40 分かけて運搬した。現着後は、コンクリートポンプ車で圧送し型枠への打込みを行った。

フレッシュコンクリートの空気量測定は、工場出荷、荷卸し時、圧送および締固め後の各過程で実施した。また、荷卸し時点のコンクリートで耐凍害性の評価と、硬化後のコンクリートの空気量測定を面積比法²⁾で行った。

3. 結果および考察

図-1 に各過程でのコンクリートの空気量を示す。いずれの配合でも圧送後の空気量の減少が大きい傾向があった。配合 No.1 は、荷卸し時の空気量から圧送後に 1.3%減少し、配合 No.2, 3 および 4 は、いずれも荷卸し時の空気量から圧送後に約 2.5%減少しており、空气の散逸量は空気量が 7.0%設定である配合 No.2, 3 および 4 で大きい傾向があった。一方、内部振動機による締固め後の空気量は、配合 No.1 が 0.6%減少したが、配合 No.2, 3 および 4 は減少しなかった。このことにより、施工過程における空気量の減少は、締固めよりもコンクリートポンプによる圧送の影響が大きいことが明らかとなった。また、硬化後の空気量は、配合 No.3 と 4 に変化がほとんどないものの、全体的に細骨材率を高めるほど硬化後の空気は多く残存することが確認された。

図-2 にスケーリング促進試験結果を示す。配合 No. 1 では、累積のスケーリング量は 1.8kg/m^2 に達した。一方で配合を改良した配合 No.2, 3 および 4 はいずれもその半以下で、細骨材率が高いほどスケーリング量は少ない結果となった。以上よりスランプ 15cm の覆工コンクリートにおいて空気量を 7.0%とし、細骨材率を一般より高め粘性を付与することにより耐凍害性を有するコンクリートの製造が可能であることが確認された。

4. 実構造物への適用

新区界トンネルの覆工コンクリートには、本検討のスケーリング促進試験において、最もスケーリング量が少なかった水セメント比 49.3%、細骨材率 49.0%および空気量 7.0%の配合 No.4 を採用した。なお、初期ひび割れを防止する目的で、膨張材を 20kg/m^3 セメントに置き換えて使用することとした。

実際の施工では、フレッシュコンクリートの粘性が高いため、締固めには通常の覆工コンクリートの締固めよりも労力を必要とした。しかし、コンクリートのブリーディングは少なく、写真-1 に示すように「気泡」や「水はしり・砂すじ」が少ない良好な出来栄となった。

5. おわりに

覆工コンクリートの耐凍害性を満足する 1 つの方策として、空気量を 7%に設定し、水セメント比の低下、単位水量の減少および細骨材率の増加により空気量確保を実現させ、実機によりスケーリング量が少ないコンクリートの配合設計に成功した。今後、耐凍害性を有するコンクリートの一連の研究成果の妥当性を確認するために、長期的にコンクリートの状態を観察していく予定である。

参考文献

- 1) 小山田哲也ほか：トンネル覆工コンクリートのスケーリング抵抗性における連行空气の影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.38，2016
- 2) 西山孝ほか：シアノアクリレートによる硬化コンクリート中の気泡組織の染色と観察，セメント技術年報，No.42，pp.212-214，1988

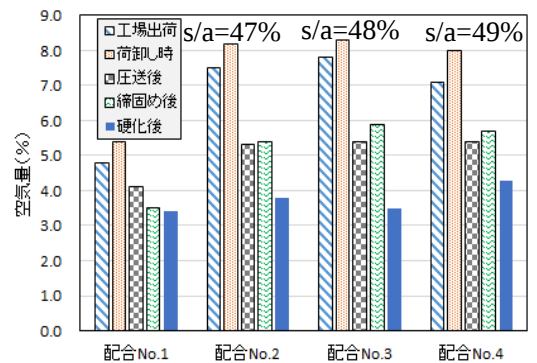


図-1 各過程での空気量の変化

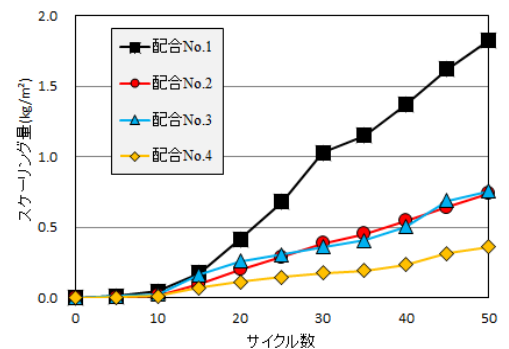


図-2 スケーリング促進試験結果



写真-1 覆工コンクリートの出来栄