

凍結融解作用を受けるトンネル覆工コンクリートの劣化におよぼす表面気泡の影響

山口大学 学生会員 ○Huang Huatao
山口大学大学院 Hu Liangjun
山口大学大学院 学生会員 稗田 真大
五洋建設株式会社 正会員 前田 智之
山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートの側壁部は負の勾配を有するため、コンクリート表面に気泡が発生しやすい。この表面気泡は、コンクリートの耐久性や美観性に悪影響を与えられ、冬季の道路では凍結防止剤が使用されるため、走行する車両によって飛散した凍結防止剤がトンネル覆工コンクリート側壁部の表面気泡に付着することにより、塩化物イオンが浸透しスケーリング等の劣化が促進される可能性もある。これまで凍結融解抵抗性と表面気泡の関係を調査した研究はほとんど報告されていない。そこで本研究では、室内実験により凍結融解と塩化物の作用を受けるトンネル覆工コンクリートの劣化におよぼす表面気泡の影響を調べた。

2. 実験概要

(1) 使用型枠

本実験で使用した型枠を図-1に示す。実際のセントルと同様の鋼製の型枠を使用した。なお、この型枠はトンネル覆工コンクリートの側壁部を模擬するため型枠の傾斜角度を 0°、15°、30°、45°に設定できる可傾式となっている。なお、コンクリートを打設する内空寸法は幅 300mm×奥行 300mm×高さ 750mm である。



図-1 試験型枠

(2) 実験パラメータ

本研究で試験したコンクリート配合を表-1に示す。すべてのコンクリート配合はトンネル覆工コンクリートを想定したものである。また、No.1、No.2に使用したコンクリートは JIS A 5308 に適合するレディーミクストコンクリートである。凍結融解と塩化物の作用による劣化におよぼす表面気泡の影響を調査するため、6個の表面気泡面積率、型枠傾斜角度が異なる供試体を選定した。

表-1 コンクリート配合

(3) 実験方法

6体の供試体を用い、-15℃で16時間、常温で8時間を1サイクルとして凍結融解試験を行った。なお、すべての供試体において両側面からの塩化物の浸透を防ぐためプラスチックシートで被覆し、供試体の表面に凍結

No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	S	G1505	G2010	G4020	WRA
1	59	48.8	163	277	901	394	590	-	2.77
2	59	48.7	172	292	880	387	581	-	-
3-6	59	40.0	165	280	726	342	342	455	2.80

サイクルを開始する前に塩化物濃度 10%の塩化カルシウム水溶液 (40g/m²) を噴霧した。さらに定期的にコンクリート氷面の写真撮影により表面劣化の観察を行った。また、200サイクル終了後にはすべての供試体においてコンクリート表面を削孔し、硝酸銀溶液 (0.1mol/L) を孔中に用いて塩化物イオンの浸透深さを調査した。

(4) 評価方法

本研究では、コンクリート表面の劣化の評価を行うため、一定サイクル終了後に撮影した画像を用いて既往の研究¹⁾で開発された表面気泡判定ソフトウェアによる画像解析を行った。本ソフトウェアは、画像中の任意に選

キーワード 表面気泡, トンネル覆工コンクリート, 凍結融解試験

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9306

んだ表面気泡の RGB 値を基準に表面気泡を自動的に検出し、表面気泡面積率および表面気泡個数を算出することができる。本研究においては、凍結融解サイクル数の異なる同一供試体の画像解析結果を比較することにより、コンクリート表面の劣化の進行状況を調査した。なお、すべての供試体においてコンクリート供試体の中心から下方の 300mm×300mm を評価対象領域とした。

3. 実験結果および考察

0, 61, 100, 150, 200 サイクル終了後、撮影した画像を用いて画像解析を行うとともにコンクリート表面を削孔して、塩化物イオン浸透深さを観察した。画像解析および削孔観察により得られた結果を表-2 に示す。200 サイクル後においても、表面気泡を有するトンネル覆工コンクリートは凍結溶解および塩化物イオンの作用による表面気泡面積率の変化はほとんどなく、目視でも表面の劣化損傷を観察できなかった。そのため、表面気泡面積率によらず、200 サイクル終了後の表面気泡面積率の変化量は同程度であった。また、200 サイクル終了後のコンクリート表面削孔の観察結果より、表面気泡面積率によらず、塩化物イオン浸透深さは同程度であった。本研究の範囲内では、凍結溶解および塩化物イオンが表面気泡を有するトンネル覆工コンクリートに与える影響は小さいものと判断された。

表-2 実験パラメータおよび実験結果

供試体		No.1		No.2		No.3		No.4	No.5	No.6	
表面		1F*	1B*	2F	2B	3F	3B	4F	5F	6F	6B
W/C (%)		59		59		59		59	59	59	
角度		30°		30°		0°		15°	30°	45°	
空気量(%)		5.0		5.5		-		3.8	2.8	3.9	
表面気泡 面積率 (%)	0*	2.547	0.045	1.657	0.001	0.435	1.410	1.610	3.207	6.203	0.049
	61*	2.573	0.045	1.686	0.002	0.487	1.411	1.614	3.208	6.216	0.049
	100*	2.895	0.045	1.689	0.005	0.488	1.411	1.638	3.212	6.237	0.050
	150*	2.899	0.045	1.690	0.006	0.491	1.437	1.642	3.325	6.367	0.050
	200*	2.900	0.046	1.691	0.006	0.496	1.439	1.648	3.348	6.370	0.051
塩化物 浸透深さ (mm)	200*	38.2	35.4	30.8	34.0	35.0	36.4	34.4	31.5	34.1	30.3

※0, 61, 100, 150, 200-サイクル数 ※F-供試体の正面, B-供試体の背面

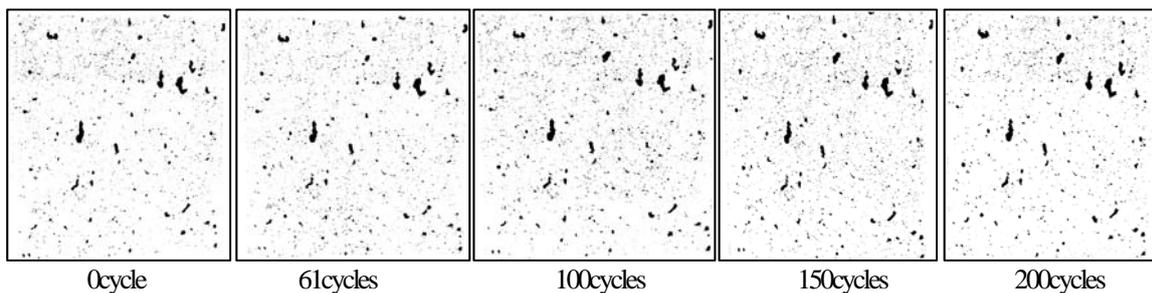


図-3 画像解析により検出した表面気泡の変化

4. まとめ

- (1) 本研究の範囲内ではコンクリート表面に顕著な劣化は生じず、凍結融解サイクル 200 回においても表面気泡面積率はほとんど変化しなかった。
- (2) 表面気泡面積率によらず、200 サイクル終了後の塩化物イオン浸透深さは同程度であった。本研究の範囲内では、表面気泡面積率と塩化物イオン浸透深さには明らかな関係がみられなかった。

参考文献

- 1) Yoshitake I. *et al.* : Image analysis for the detection and quantification of concrete bugholes in a tunnel lining, *Case Studies in Construction Materials*, pp.116-130, 2018.