

トンネル覆工コンクリート側壁部における表面気泡の低減のための基礎実験

元 山口大学大学院 正会員 ○平野 正幸
(現 中電技術コンサルタント株式会社)

山口大学大学院 学生会員 原田 沙里
五洋建設株式会社 正会員 前田 智之
岐阜工業株式会社 正会員 棚瀬 富弘
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、コンクリート仕上がり面が負勾配に傾斜しており、表面気泡の発生量が多くなる傾向にある。本研究では、覆工コンクリート側壁部に生じる表面気泡の除去・低減を目的に、表面気泡の発生機構および各種方法による表面気泡の低減効果を調べるため、セントル（覆工コンクリート型枠）の一部を模擬した型枠を用いて基礎的な実験を行った。

2. 実験方法

2.1. 実験供試体および型枠

本実験で使用した可傾式の型枠を図-1に示す。著者らの既往の研究¹⁾に基づき、コンクリート仕上がり面（型枠角度）を30°に傾斜させた。型枠の材質は実際のセントルに使用する鋼板を基準とし、評価対象面のみ実験の目的に応じて材質や型枠性状を変えた。なお、コンクリート供試体は高さ750mm×幅300mm×厚さ300mmの形状寸法とし、実際のトンネル覆工コンクリートの材料・配合を参考に、目標28日圧縮強度21N/mm²および目標スランプ15cmとなる配合で作製した。コンクリートの締固めは棒状バイブレータ（径28mm，周波数220～280Hz）で行った。すべての実験において打込み完了から18～20時間後に脱枠した後、実験室内で気中養生を行った。

2.2. 実験パラメータ

コンクリートの振動締固め過程において、表面気泡の発生機構・発生量の経時変化を観察するため、評価対象面にアクリル製の透明型枠を使用した。透明型枠は表面に加工を施していないもの（Ac）および三角形の溝加工（幅2mm×深さ2mm）を20mm間隔で設けたもの（G-Ac）の2種類を使用した。さらに余剰水や気泡の排出を促進するため、表面形状を変えた型枠について各種のシート材（BS・PS）で被覆した実験も行った。本研究で用いた型枠材質は、表面溝加工の有無のアクリル材（Ac・G-Ac）、およびスリット加工有無の鋼材（FS・S-FS）およびセラミック溶射し溝加工を施したもの（G-FC）である。本研究における実験パラメータを表-1にまとめて示す。

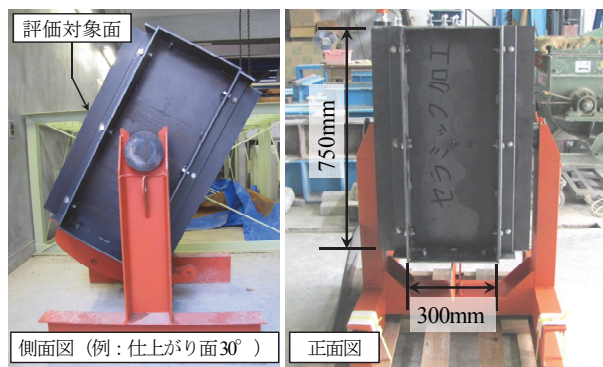


図-1 実験型枠

表-1 実験パラメータ

No.	被覆	型枠形状	締固め時間	打込み高
1	なし	Ac	最長 420s	800mm×1
2	なし	G-Ac	最長 180s	800mm×1
3	なし	Ac	60s	200mm×4
4		G-Ac		
5	BS	Ac		
6		G-Ac		
7		S-FS		
8	PS	FS		400mm×2
9		G-FC		

キーワード トンネル覆工コンクリート，表面気泡，シート

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9306

2.3. 表面気泡の評価方法

モノクロ化による既往の検出方法¹⁾では、ひび割れなどの欠陥や、コンクリート表面の色むらおよび影などを表面気泡として誤検出する可能性がある。そこで、撮影画像中の表面気泡部分の RGB 値を基準に表面気泡の自動検出・測定を行う表面品質自動判定システム（以下、気泡判定システムと略記）を開発し、表面気泡の測定を行った。この方法では、デジタルカメラで評価対象面を撮影した画像から、評価領域以外をマスキングしたのち、評価領域中の表面気泡の RGB 値を取得して閾値とした。そして同ソフトウェアで表面気泡の検出、面積計算を行い、円換算直径 1mm 以上の表面気泡個数を気泡径別に求めた。

3. 実験結果および考察

3.1. 表面気泡の発生機構

振動締固め過程における表面気泡の発生個数を図-2 に示す。この結果より、溝加工の有無に拘わらず振動時間に応じて大きい表面気泡が消失することが確認された。しかしながら、120 秒以降は減少傾向がみられず、180 秒以降では増加した。このことより、振動締固め時間を長くするだけでは 1～5mm の比較的小さな表面気泡を排除することは困難と考えられる。

3.2. 表面気泡の低減効果

図-3 に示す表面気泡面積率によると、型枠被覆なしが 1.5～4.8%、透湿防水シート (BS) で被覆したものが 0.9～1.8%、透水シート (PS) で被覆したものが 0.1% となり、さらに図-4 に示す表面気泡の発生個数も同様に低減していることから、シート被覆による表面気泡の低減効果がみられた。ただし、透過率が高い透水シート (PS) では、気泡だけでなく余剰水も排出されるため、コンクリート表面に色むらが生じた。また、透水シート (PS) を使用した試験では、シート背面側の溝加工による気泡低減効果は確認できなかったが、透湿防水シート (BS) を使用した試験では、背面側に溝入型枠 (G-Ac) を使用したものが最も高い表面気泡低減効果を示した。

4. おわりに

- (1) 溝加工の有無に拘わらず振動時間に応じて大きい表面気泡が消失できるが、比較的小さな表面気泡は 120 秒以降減少しなかったことから、振動締固め時間の対処では表面気泡の除去効果に限界がある。
- (2) シート被覆はコンクリートの表面気泡低減において有効であるが、透過率が高い透水シートでは、コンクリート表面に色むらが生じる可能性があることに留意しなければならない。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、五洋建設（株）の藤原正稔氏・本間宏記氏、元岐阜工業（株）の稲川雪久氏に御協力頂いた。ここに深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) 平野正幸ほか：トンネル覆工コンクリートの側壁に生じる表面気泡量の評価に関する基礎研究，セメント・コンクリート論文集，No.67，pp.252-258，2014。

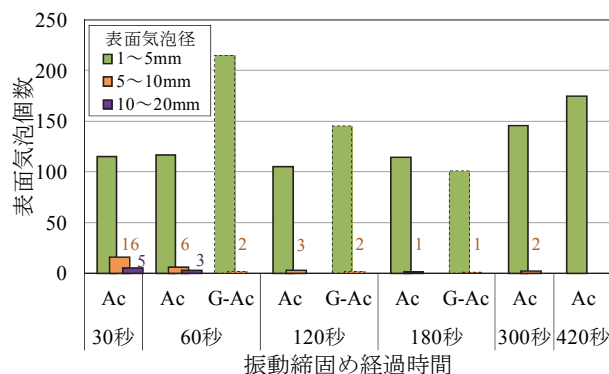


図-2 表面気泡の気泡径別発生個数

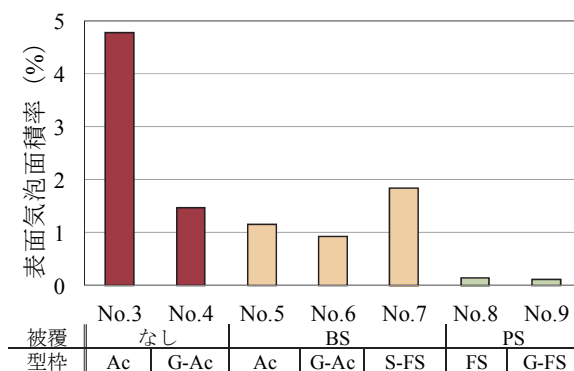


図-3 表面気泡面積率

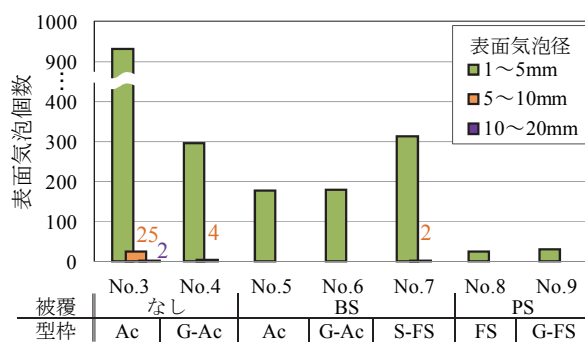


図-4 表面気泡個数