

増粘剤を添加した中流動覆工コンクリートの表面気泡の可視化実験

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 小野 滋久
 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

近年、トンネル覆工コンクリートの表層品質が評価項目の一つとなるなど、「見栄え」が重要視されてきている。既往の研究¹⁾では「見栄え」に影響を与える表面気泡に着目し、様々なコンクリート配合の表面気泡の発生特性について検討している。近年では流動性が高く、充填性に優れる中流動コンクリートがトンネル覆工に用いられるため、既往の研究¹⁾においても一つの実験パラメータとしている。それらの研究では、中流動コンクリートばかりでなく、さらに流動性が優れる高流動コンクリートでも表面気泡が多量に発生する結果を得ている。そこで本研究では、フレッシュコンクリートの粘性の違いによる表面気泡の発生特性を調べるため、増粘剤を添加した中流動コンクリートについて、締固め過程における表面気泡の可視化実験を行った。

2. 実験方法

(1) 実験装置

本実験で使用した型枠を図-1に示す。コンクリートの締固め過程の観察および表面気泡発生特性の調査を目的とした全面透明アクリル製の可視化型枠²⁾を使用した。なお、表面気泡が発生しやすい負の勾配を有するトンネル覆工コンクリートの側壁部を模擬するため、型枠の傾斜角度は30°とし、コンクリートを打設する内空寸法は幅300mm×奥行300mm×高さ750mmとした。



図-1 トンネル覆工模擬型枠

(2) コンクリート配合

本研究では、実際のトンネルで使用された中流動覆工コンクリート配合を参考に表-1に示す配合を設定した。粘性の違いによる表面気泡の発生特性を調査するため、増粘剤の添加量を0%、0.15%、0.3%、0.45%と変化させた。また、全てのコンクリートのフレッシュ性状として、スランプフローを350~500mm、空気量が4.5±1.5%、U形充填性試験の結果が280mm以上の条件を満たすように高性能AE減水剤を用いて調整した。

表-1 配合表

W/C	s/a	単位量(kg/m ³)					増粘剤
		W	C	S	G ₁	G ₂	
%	%						%
51.2	50.0	174	340	869	458	458	0~0.45

(3) 締固め過程における表面気泡の可視化実験

本実験では、振動締固め前後の表面気泡の生成過程を観察するため、上記の全面透明アクリル型枠を用いて、1層(打ち込み高さ75cm)でコンクリートを打設した。その後、棒状パイプを用いて、中央1点に計60秒の振動を与え、振動締固め過程の表面気泡の発生状況を観察した。振動前後と振動中は、型枠の正面および左右の3か所から写真撮影および動画撮影を行った。なお、コンクリート供試体の表面全体が写るようにカメラと型枠の距離は600mmとした。

キーワード 表面気泡, トンネル覆工コンクリート, 中流動コンクリート, 可視化実験

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

(4) 評価方法

本研究では、表面気泡の定量評価を行うため、既往の研究^{1),2)}と同様に表面気泡判定ソフトウェアを用いた。本ソフトウェアは、デジタルカメラで撮影したコンクリート表面のカラー画像を使用し、画像中の任意に選んだ表面気泡の RGB 値を基準に表面気泡を自動的に検出し、表面気泡個数および表面気泡面積率を算出できる。なお本研究では、評価対象領域を供試体の中心から下方の 300mm×300mm の範囲とし、正面および左右の 3 面の振動締固め前のみかけの初期空隙率 r_a (%)を式(1)により算出した。

$$r_a = \frac{S_f \times \sqrt{(S_{sl} + S_{sr})/2}}{V} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 S_f は正面の初期空隙面積 (mm²)、 S_{sl} および S_{sr} は左右2面のそれぞれの初期空隙面積 (mm²)、 V は全体の評価領域の体積 300×300×750=27×10⁶ (mm³) を示す。

3. 結果と考察

増粘剤量の異なるコンクリートの(正面の)表面気泡面積率、みかけの初期空隙率と表面気泡面積率の関係を図-2、図-3に示す。なお、これらのグラフには既往の研究¹⁾で得られた増粘剤を用いていない中流動・高流動コンクリートの結果も併記している。図-2では、増粘剤量に応じて表面気泡面積率が増加する傾向がみられた。図-3に示す0%、0.3%、0.45%をみると、増粘剤量の増加に応じて(みかけの)初期空隙率と振動締固め後の表面気泡面積率が増加している。一方、増粘剤量0.15%では振動締固め前のみかけの初期空隙率は小さいが、振動締固めにより表面気泡の著しい増加が観察された。既往の研究¹⁾の結果と比較して、粘性が増すことにより、振動下でも表面気泡が抜けきらず、図-2では表面気泡面積率が大きくなった。一方、既往の研究¹⁾に比べ本研究の中流動コンクリートは充填性に優れたため、図-3ではみかけの初期空隙率が小さくなった。また、増粘剤量と5mm以上、5mm以下の表面気泡面積率の関係を図-4、図-5に示す。表面気泡5mm以下では明確な傾向はみられなかったが(図-5)、5mm以上では増粘剤量に応じて表面気泡面積率が増加した(図-4)。このことから、増粘剤量は比較的大きな表面気泡の発生に影響を与えることが窺える。

4. まとめ

- (1) 増粘剤量に応じて、振動締固め下でも表面気泡が抜けきらず振動締固め後の表面気泡面積率が増加した。
- (2) 増粘剤を添加する中流動コンクリートでは、増粘剤量に応じて5mm以上の比較的大きな表面気泡が発生しやすい。

参考文献

- 1) 原田沙里ほか：可視化型枠に基づく各種コンクリートの表面気泡の発生特性に関する実験的研究，材料，Vol.66，No.8，2017。
- 2) Yoshitake I. et al., Image analysis for the detection and quantification of concrete bugholes in a tunnel lining, *Case Studies in Construction Materials*, Vol.8, pp.116-130, 2018.

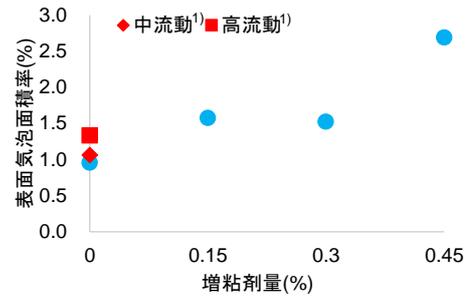


図-2 増粘剤量と表面気泡面積率

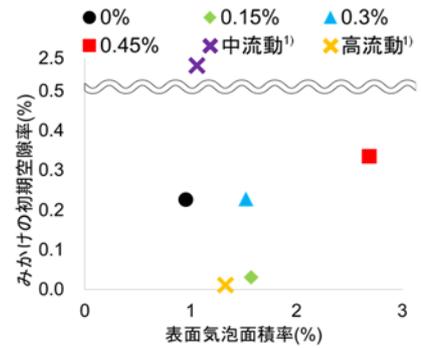


図-3 みかけの初期空隙率と表面気泡面積率

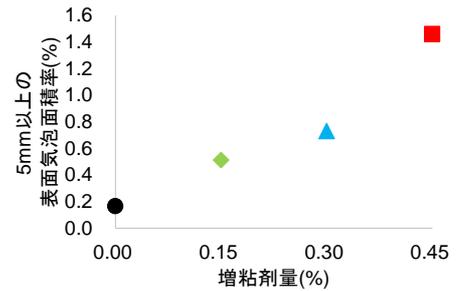


図-4 増粘剤量と5mm以上の表面気泡面積率

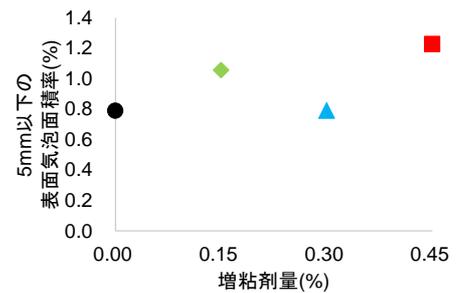


図-5 増粘剤量と5mm以下の表面気泡面積率