

可視化型枠を用いたコンクリート表面気泡の発生特性の調査研究

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

従来、トンネル覆工コンクリートは地山の化粧巻きといわれ、所要の強度・水密性・耐久性を満たしていればよいとされていた。しかし、近年ではトンネル覆工コンクリートの表層品質の評価項目として目視判定が追加されるなど、「見栄え」に関心が高まっている。その中でも表面気泡は「見栄え」に与える影響が大きく、表面気泡低減に関する様々な研究が進められている。これまでである特定配合を用いた表面気泡低減に関する検討は報告されているが、様々なコンクリートについて統一的に評価された研究報告はほとんどみられない。そこで本研究では可視化型枠を用いて、コンクリートの配合が表面気泡の特性に与える影響を調査した。

2. 実験概要

(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機構の調査を目的とした全面透明アクリル製の可視化型枠を使用した。なお、表面気泡の発生しやすい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である。



図-1 試験型枠

(2) 実験パラメータおよびコンクリート配合

本研究の実験パラメータおよびそのコンクリート配合を表-1に示す。

使用したコンクリート

表-1 実験パラメータおよびコンクリート配合

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。トンネル覆工コンクリートでは、24-15-40N (No.7) が一般的な配合として使用されているが、呼び強度・スランプ値について広範囲に設計可能となるように最大骨材寸法20mmの配合(No.1)を基準とした。さらに、スランプフロー35～

No.	配合の呼び名※	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)							
			W	C	S ₁	S ₂	S ₃	G ₁	G ₂	G ₃
1	24-15-20N	59.0	172	292	264	264	352	581	387	-
2	24-8-20N	59.0	163	277	270	270	361	590	394	-
3	24-21-20N	59.0	198	336	262	262	351	519	346	-
4	18-15-20N	70.0	173	248	286	286	382	556	370	-
5	30-15-20N	51.0	175	344	244	244	327	590	393	-
6	40-15-20N	42.0	177	422	224	224	298	590	393	-
7	24-15-40N	59.0	166	282	245	245	327	318	318	423
8	中流動コンクリート	50.0	175	350	269	269	358	536	358	-
9	高流動コンクリート	39.8	175	440	256	256	340	517	345	-

※呼び強度-スランプ-最大骨材径-セメント種類

50cm 程度の中流動コンクリートとスランプフロー60cm 程度の高流動コンクリートの表面気泡の発生機構も同様に調査した。

キーワード 表面気泡, トンネル覆工コンクリート, 可視化試験

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL0836-85-9306

(3) 締固め過程における表面気泡の可視化実験

全面透明アクリル型枠を用いて、1層（打込み高さ 75cm）でコンクリートを打込み後、棒状バイブレータで中央 1 点に計 60 秒の振動を与えた。振動前後と振動中は、型枠の正面および左右の 3 箇所から写真撮影および動画撮影を行い、振動締固め過程の表面気泡の発生挙動を調査した。

(4) 評価方法

本実験では、表面気泡の評価を行うため、先の研究で開発された表面気泡判定ソフトウェアを用いた。本ソフトウェアは、コンクリート表面をデジタルカメラで撮影し、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が算出可能となる。本実験では、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。また、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 は正面の表面の初期空隙面積 (mm^2)、 S_{sl} および S_{sr} は左右の 2 面それぞれの表面の初期空隙面積 (mm^2)、 V は全体の評価領域の体積 $300 \times 300 \times 300 = 27 \times 10^6$ (mm^3) を示す。

3. 実験結果および考察

実測スランプとみかけの初期空隙率の関係を示す図-2 より、スランプが大きくなるほど初期空隙率が小さくなる傾向がみられた。さらに呼び強度と関連のある水セメント比 (W/C) とみかけの初期空隙率の関係を図-3 に示す。No.1, 5, 6 に着目すると、W/C が小さくなるほど初期空隙率が小さくなることが示された。実測スランプと締固め後の表面気泡面積率の関係、W/C と締固め後の表面気泡面積率の関係をそれぞれ図-4、図-5 に示す。図-4 および図-5 の各配合の表面気泡面積率は締固め前のみかけの初期空隙率とほぼ同様の傾向を示した。一方、流動性の高いコンクリート (No.8, No.9) においては、打込み時の表面気泡は少ない傾向にあるが、振動締固めを行うことで表面気泡が増加することが観察された。これはコンクリート中の内部空隙（未充填部の空隙）や練り混ぜ中に自然に混入する巻き込み空気が連結して 2mm 以上の大きな気泡として表層部に現れたことが一因と考えられる。

4. まとめ

- (1) 締固め後の表面気泡面積率および振動締固め前の初期空隙率は、いずれもスランプが大きくなるほどみかけの初期空隙率は減少し、呼び強度 24~40 の範囲において水セメント比が減少するほどみかけの初期空隙率は減少する。
- (2) 流動性の高いコンクリート (No.8 および No.9) でも、打込み時の表面気泡は少ないものの、振動締固めにより表面気泡が著しく増加する。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、元山口大学大学院の原田沙里氏に協力頂いた。ここに深甚の謝意を表す。

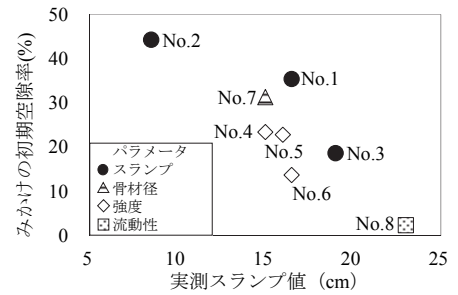


図-2 スランプとみかけの初期空隙率の関係

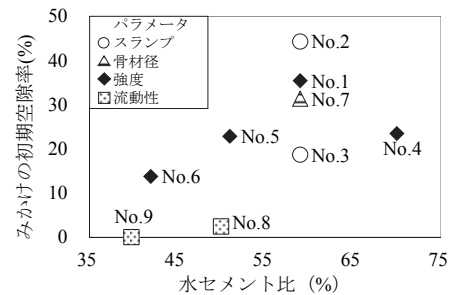


図-3 水セメント比と初期空隙率の関係

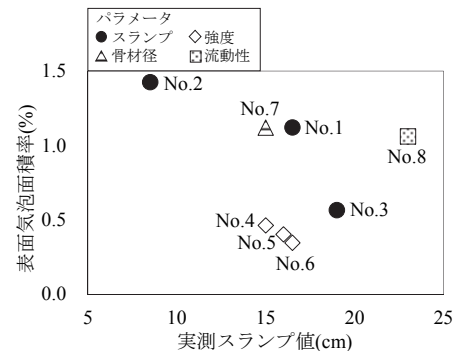


図-4 スランプと表面気泡面積率の関係

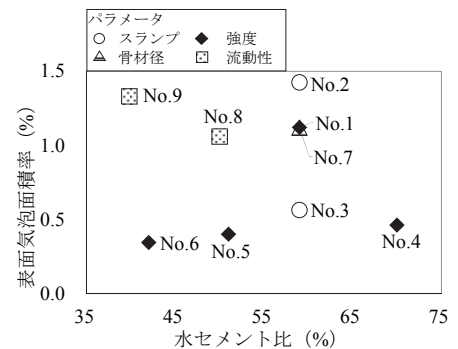


図-5 水セメント比と表面気泡面積率の関係