

V-328 高流動コンクリートを使用したコンクリート製品の表面気泡に関する実験的検討

新日鐵化学技術研究所 正会員 長尾 之彦
 ジオスター技術本部 正会員 武富 昌之
 ジオスター福岡工場 遠藤 南志
 ジオスター技術開発部 正会員 渡辺 敬一

1. まえがき

近年、コンクリート製品工場では、打設作業の省力化や作業環境を改善するために、高流動コンクリートの利用検討がなされている。高流動コンクリートを使用した製品は、一般に通常の製品より表面に気泡が多い傾向にあり、気泡低減のために振動条件等が検討されているが、表面気泡に関する基礎的な要因を検討した報告は少ない。本報告は、アーチカルバートを対象に無振動、流し込み打設を行う場合の表面気泡に及ぼす打設速度とスランプフローの影響について、モデル供試体および実製品を作製し、検討したものである。

2. 実験の概要

2. 1 使用材料および配合

実験の因子と水準を表-1に示す。本実験では、無振動で型枠の隅々までコンクリートを充填させるために、スランプフローを55cm以上とし、現在工場で作る製造時間（振動締固め時間を含む）を基に、打設速度（縦方向部材でのコンクリートの上昇速度）を5cm/min以上とした。

コンクリートの配合を表-2に示す。高流動コンクリートは普通ポルトランドセメントを高炉スラグ微粉末（粉末度6000cm²/g）で60%置換した粉体系（結合材量：480kg/m³）とし、高性能減水剤量を変化させることでスランプフローを調節した。また、乾燥収縮低減やケミカルプレストレスを期待して、膨張材を結合材量の10%使用した。

2. 2 形状寸法と成形条件

モデル供試体は縦(20cm)×横(5cm, 10cm)×高さ(50cm)の板状とし、供試体上部5cmの高さから一定速度で自然落下させて成形した。アーチカルバートは図-1に示す形状・寸法とし、コンクリートを断面方向から打設し、ホッパー下部の開閉口の幅により打設速度を調節した。

なお、モデル供試体は無筋、アーチカルバートは鉄筋を配置（かぶり厚さ27mm、最小鉄筋間隔64mm）した。

モデル供試体とアーチカルバートは、成形後に最高温度60℃×3時間の蒸気養生を行い、打設後6時間で脱型し、気中養生を実施した。

2. 3 測定項目

スランプフロー、空気量をJSCE, JISの試験方法に準じて測定した。気泡面積率は、供試体およびアーチカルバートの側面（垂直面）に発生した1mm以上の気泡について直径を測定し、円と仮定して算出した気泡面積を測定

表-1. 試験条件

	因 子	水 準
モデル 試 験	スランプフロー (cm)	55, 63, 66, 69
	打設速度(cm/min)	60, 30, 15, 10, 5
製品試 作試験	スランプフロー (cm)	56, 64, 66, 70, 5
	打設速度(cm/min)	5

表-2. コンクリートの配合

W/B (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
		W	C	Es	Ex	S	G	Ad
35.8	53.0	172	173	259	48	943	881	*

セメント(C): 普通ポルトランドセメント, 膨張材(Ex): エトリンガイト系膨張材
 高炉スラグ微粉末(Es): 粉末度6000cm²/g, 結合材(B): C+Ex+Es
 細骨材(S): 混合砂 (山砂+砕砂), 粗骨材(G): 砕石1505
 * 高性能減水剤(Ad): リエーテル系, B×0.725%~0.850%

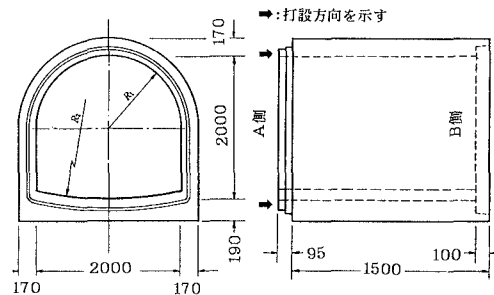


図-1. アーチカルバートの形状

面積で除して求めた。また、材齢 6時間, 7日, 14日, 28日の圧縮強度を JISの試験方法で測定した。

3. 試験結果および考察

3. 1 モデル実験

図-2に、打設速度と気泡面積率の関係を示す。打設速度が速くなるほど、気泡面積率は増加する傾向にあり気泡数、平均気泡径も同様の傾向が認められた。これは型枠面の気泡が一定の確率で開放されていると仮定すると、コンクリート中の気泡が浮力により移動する速度よりも打設速度が速い場合には、気泡は抜けず、気泡面積率が大きくなったものと考えられる。

図-3に、スランプフローと気泡面積率の関係を示す。スランプフローが大きくなるほど、気泡面積率はほぼ直線的に減少した。コンクリートの打設に伴う気泡の巻き込み等を無視すると、球形粒子（気泡）の一次元運動では、定常運動時の移動速度はストークスの式が成り立つと仮定すると、下式¹⁾で表される。

$$Vt = \frac{D^2 (\rho p - \rho v) g}{18 \eta} \quad \dots (1)$$

ρp : 気泡の密度, ρv : コンクリートの密度, D : 気泡径
 g : 重力の加速度, η : コンクリートの粘性係数

気泡の移動速度はコンクリートの粘性係数に反比例しスランプフローの変化が粘性抵抗の変化を表していると考え、本実験結果と同様の傾向を示すことが判る。

3. 2 アーチカルバート製造実験

モデル実験より、気泡面積率が0.1%以下となる打設速度:5cm/min（高さ150cmを30分で打設）でアーチカルバートを試作した。図-4に、スランプフローと気泡面積率の関係を示す。モデル実験と同様に、気泡面積率はスランプフローとほぼ反比例の関係にあり、粘性抵抗が判れば、ある径の気泡が抜ける打設速度を推定できる可能性があることが判る。

3. 3 圧縮強度

表-3に、圧縮強度試験結果を示す。各材齢とも良好な強度発現性を示し、コンクリートの目標強度（6時間:15N/mm², 14日:50N/mm²）を満足した。

4. まとめ

高流動コンクリートを用いた製品の気泡面積率は、打設速度が遅く、スランプフローが大きいほど減少する傾向にあり、それらを適切に定めることにより気泡面積率を低減できることが判った。

〔参考文献〕

1) 荒井康夫著「粉体の材料化学」pp.173~175, 培風館 1987

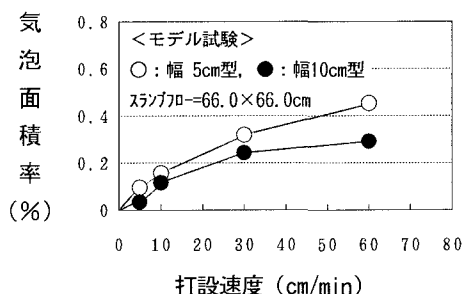


図-2. 打設速度と気泡面積率の関係

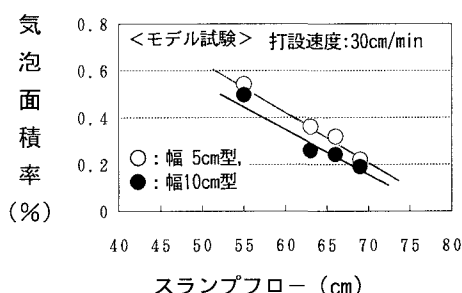


図-3. スランプフローと気泡面積率の関係

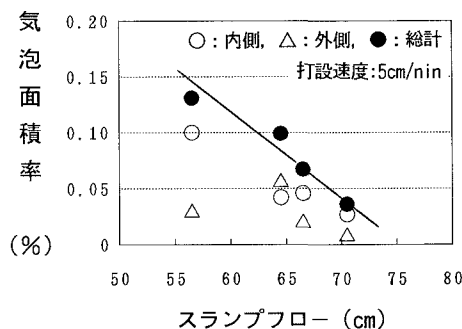


図-4. スランプフローと製品気泡面積率の関係

表-3. 圧縮強度試験結果

項目 \ 材齢	6 時間	7 日	14日	28日
圧縮強度 (N/mm ²)	18.3	51.9	59.8	68.4