

高流動コンクリートの表面気泡と離型剤の特性との関係

大分工業高等専門学校 正会員 ○一宮 一夫
九州工業大学工学部 正会員 出光 隆
同 上 正会員 山崎 竹博
日本文理大学工学部 正会員 丸山 巖

1. はじめに

高流動コンクリートは、材料分離を抑えつつ自己充填性を実現するために、普通コンクリートに比べて粘性を高く設定する必要がある。このため、配合や施工方法によっては打設時に巻き込んだ空気が抜けにくく、硬化後に型枠との接触面に多数の気泡が発生することがある [1]。型枠との接触面に発生する気泡は、美観を損なうばかりではなく、耐久性を低下させることが懸念されるが、この気泡の程度を評価する合理的な方法は確立されていない。

筆者らは、高流動コンクリートを使用したコンクリート製品を対象として、型枠との接触面に発生する気泡（以下、表面気泡と呼ぶ）の程度の合理的な評価方法を見出すための実験的研究を実施している。本報告は、表面気泡の状態と離型剤の特性との関係について検討したものである。

2. 実験概要

表-1にコンクリートの配合と使用材料を示す。コンクリートの練混ぜにはバグミル型2軸強制練りミキサーを使用した。骨材と結合材を入れ30秒間空練りし、さらに水と高性能減水剤を入れ120秒間本練りをした。練混ぜ終了後、型枠（内寸法：高

表-1 コンクリートの配合ならびに使用材料

	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	水結合 比(W/B) (%)	細骨材 率(S/a) (%)	単位量 (kg/m ³)					
						水 W	セメント C	高炉スラグ B S	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤 S P
重量(kg)	20	63	1.5	31.6	51.6	178	236	327	826	819	5.9
体積(%)	—	—	—	95.2	—	178	75	112	320	300	5.9

セメント：普通ポルトランドセメント、比重 3.15
高炉スラグ微粉末：ブレン値 6000、比重 2.91
細骨材：海砂、比重 2.58、FM 67.5%
粗骨材：碎石、最大寸法 20mm、比重 2.73、FM 60.0%
高性能減水剤：ナフタリン系

さ 50cm、幅 30cm、奥行き 8cm）の天端位置から自由落下法により 90秒間でコンクリートを打設した。離型剤には表-2に示す7種類を使用し、打設の1時間前に型枠内面に霧吹きと脱脂綿で均一に塗布した。なお、表-2に記述の水性5%は、水での希釈濃度が5%を意味する。表面気泡状態の測定項目は、(1) 表面気泡面積比（（表面気泡の面積／コンクリート面積）× 100 (%)）、(2) 表面気泡の分布状態、(3) 表面気泡深さの3項目とし、(1)、(2) は供試体表面の写真を画像解析して求め、(3) はレーザー変位計を用いて測定した。

表-2 離型剤の種類

標 記	ベースオイル	添加剤
油性1	石油系炭化水素	なし
油性2	"	添加剤 A
油性3	"	添加剤 B
水性5%	"	添加剤 C
水性10%	"	"
水性15%	"	"
水性20%	"	"

3. 実験結果および考察

3. 1 表面気泡の状態と気泡径の関係

図-1に気泡径ごとの表面気泡面積比の累計と気泡径の関係を示す。同図から次の3点がわかる。(1) 水性離型剤を使用した場合の表面気泡面積比は、油性離型剤を使用した場合に比べると極めて小さい。(2) 表面気泡面積比が大きいものは、表面気泡の最大径も大きい傾向にある。(3) 油性離型剤を比較すると、ベースオイル単体（油性1）よりも添加剤を加えたもの（油性2、3）の方が表面気泡面積比、最大径ともに小さく、添加剤の表面気泡抑制効果がうかがえる。

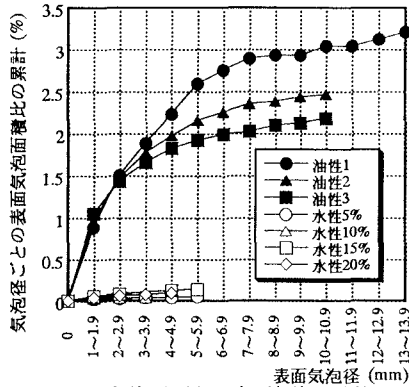


図-1 気泡径ごとの表面気泡面積比の累計と気泡径の関係

そこで、ある気泡径以下の表面気泡の面積が総表面気泡面積に占める割合を累積表面気泡率として、表面気泡が問題となる油性離型剤ならば水性20%の場合について、累積表面気泡率と気泡径

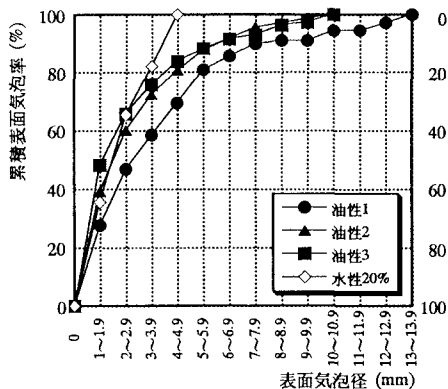


図-2 累積表面気泡率と気泡径の関係

の関係を図-2に示した。同図では、水性20%、油性3、油性2、油性1の順でグラフは上方に位置している。つまり、水性20%は径の小さい表面気泡の割合が最も高く、大きい径の表面気泡は少ない。いま、骨材の粗粒率の考え方を参考にして、13mmを最大に表面気泡径1mmごとに、(100 - 累積表面気泡率)の総和を100で除したものを表面気泡粗さ係数として定義すると、最大値13に対して、油性1が3.75、油性2が2.78、油性3が2.61、水性20%が2.17となり、表面気泡の粗さがある程度定量化できることが分かった。

3. 2 表面気泡の状態と型枠の濡れ性の関係

油性離型剤と水性離型剤の性質の違いは、コンクリートとの型枠の濡れ性の違いによるものと考え、表面気泡の深さ (h) と直径 (d) の比率 h/d に着目して、濡れ性と表面気泡との関係を考察した。いま、表面気泡を球の一部と仮定して、 h/d と型枠の濡れ性の関係を模式図的に表すと図-3のようになる [2]。一例として、油性離型剤を使用した場合の、 h と d の関係を図-4に示す。なお、図中の原点を通る直線は、型枠の濡れ性を表す特性値であり、 h/d のヒストグラムの中央値 (油性1の場合は $h/d = 0.36$) を表したものである。以上をまとめて図-5に、油性離型剤を使用した場合の、表面気泡面積比ならびに表面気泡粗さ係数と、 h/d の関係を示す。同図より、 h/d が大きくなる、つまり型枠の濡れ性が良くなると表面気泡面積比、表面気泡粗さ係数ともに小さくなることが分かる。

4. まとめ

本研究で得られた表面気泡に関する知見を以下に示す。

- (1) 供試体表面の写真を画像解析する方法とレーザー変位計によるコンクリート表面の気泡深さを測定する方法で、表面気泡の特性が定量的に把握できる。
- (2) 同一のベースオイルの油性離型剤と水性離型剤を比較すると、水性の方に著しい表面気泡抑制効果が見られた。また、油性離型剤の添加剤の品質を調整することで、表面気泡の面積を小さくし、大きな径の表面気泡の割合も低下させることができる。
- (3) 表面気泡の深さ/直径 (h/d) の分布は、典型的な正規分布となり、その中央値を型枠の濡れ性の特性値とした。その結果、 h/d が大きくなる、つまり型枠の濡れ性が良くなると、表面気泡の面積は小さくなり、大きな径の表面気泡の割合も低下した。

【参考文献】 [1] 米倉敬一：コンクリート製品工場における高流動コンクリートの導入と展望，セメント・コンクリート，No.585，Nov，1995 [2] 花王生活科学研究所：洗たくの科学，裳華房

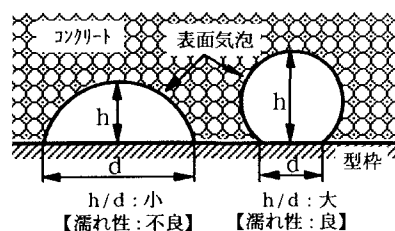


図-3 型枠の濡れ性と h/d の関係

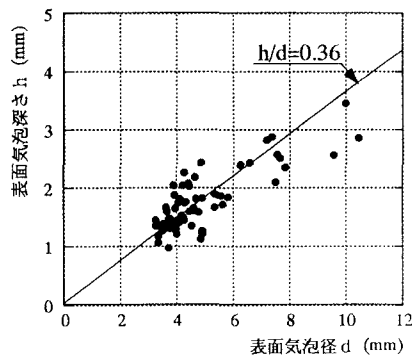


図-4 表面気泡深さと気泡径の関係 (離型剤は油性1を使用)

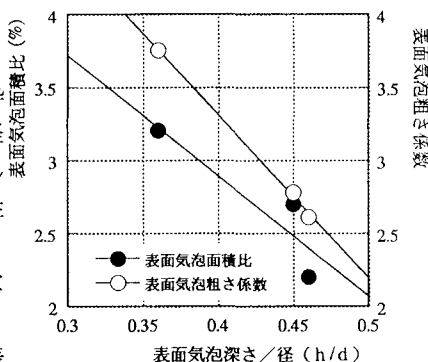


図-5 表面気泡の状態と h/d の関係 (油性離型剤を使用)