

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

1. はじめに

高流動コンクリートは、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。このような気泡は、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。本研究は、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、型枠面の気泡、型枠面近くの内部の気泡、内部に分散する比較的大きな気泡を、それぞれ、表面気泡、隠れ気泡、内部気泡と呼び、それらの気泡と型枠の濡れ性の関係について検討したものである。

2. 実験概要

表1に使用材料を、表2にコンクリートの配合を示す。コンクリートの練混ぜには水平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：高さ50cm、幅30cm、奥行き8cm）の天端位置からコンクリートを90秒間で自己充填した。離型剤は、濡れ性が異なる3種類（油性2種類、水性1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。表面気泡の測定は、供試体表面の写真を画像解析する方法と、レーザー変位計を用いて気泡深さを測定する方法で行った[1]。隠れ気泡の評価のためにディスクグラインダを用いてコンクリート表面を研磨し、上記同様に表面の写真を画像解析した。なお、研磨深さは平均0.24mmである。内部気泡は、コンクリートカッターで供試体長手方向を4等分して、断面内の気泡を目視観察した。

表1 使用材料

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	ブレンド6000、比重2.91
細骨材	海砂、比重2.58、F M2.80、実積率67.5%
粗骨材	砕石、最大寸法20mm、比重2.73、F M6.77、実積率59.8%
高性能減水剤	ナフタレン系

表2 配合表

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	水結合材 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 BS	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤 SP
20	63±3	1.5±0.5	31.6	51.6	178	236	327	826	819	5.9

3. 実験結果および考察

3.1 表面気泡の評価と表面研磨後の気泡の状態

濡れ性が異なる3種類の離型剤を使用し、離型剤の種類と表面気泡の関係を調べるとともに、表面を研磨して隠れ気泡についても評価をした。図1、図2に結果を示す。図中の「表面気泡面積比」は、(表面気泡の合計面積/コンクリート面積) × 100%で、「累積表面気泡率」は、(気泡径ごとの表面気泡面積/表面気泡の合計面積) × 100%の累計である。また、図2の分布状態を数値的に表すために、骨材の粗粒率を参考に、(100 - 累積表面気泡率)の合計の百分率を「表面気泡粗さ係数」として定義した。なお、図2の横軸の表面気泡径は7mm以上を一つの範囲とした。

図1によると、油性1、油性2、水性の順で表面気泡面積比、最大表面気泡径ともに減少傾向にある。図2の分布を表面気泡粗さ係数で表すと、油性1、油性2、水性の順で、3.32、2.69、2.22となり減少傾向にある。図1、図2の結果は型枠の濡れ性で説明される。い

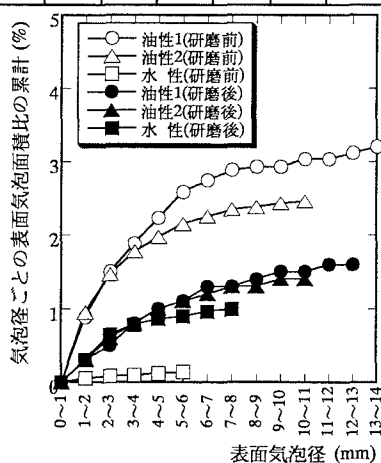


図1 気泡径ごとの表面気泡面積比の累計

キーワード 高流動コンクリート・コンクリート製品・表面気泡・離型剤・濡れ性
連絡先 〒870-01 大分市牧1666番地 TEL0975-52-7664 FAX0975-52-7949
〒804 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL093-884-3114 FAX093-884-3100

ま表面気泡を楕円の一部分と仮定すると、濡れが良い場合は図3(a)、濡れが悪い場合は(b)のようになる。図4は表面気泡深さ(h)と表面気泡径(d)を離れ剤の種類ごとにプロットしたものである。

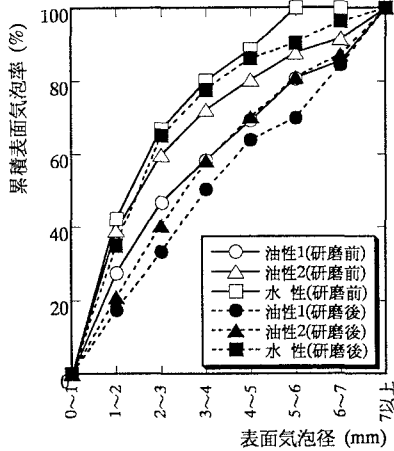


図2 累積表面気泡率と表面気泡径の関係

同図より、 h/d は水性が0.86、油性2が0.45、油性1が0.35となり、図3中の(a)が水性、(b)が油性1、油性2は(a)と(b)の中間に相当する。次に表面を研磨した結果を述べる。研磨にともない水性は表面気泡面積比、最大表面気泡径ともに大きくなり、油性は水性とは逆の傾向にある(図1)。表面気泡粗さ係数は、油性1、油性2、水性の順で、3.81、3.42、2.50となり減少する(図2)。図3中の破線は研磨後の表面であり、研磨することで(a)は気泡面積は大きくなり、(b)は気泡面積が小さくなるのがわかる。また、(b)は研磨にともない小さい径の表面気泡は除かれ、大きい径の気泡の比率が増加し表面気泡粗さ係数は大きくなる。これは、目視観察でも確認した。以上から、筆者らの提案する表面気泡の評価方法は有用であるとともに、隠れ気泡の評価にも型枠の濡れ性を考慮すれば利用可能であると言える。

3. 2 表面気泡ならびに隠れ気泡と型枠の濡れ性の関係

隠れ気泡を数値的に表すために、表面研磨後に新たに表面に現れる気泡数を隠れ気泡数とした。図5に表面気泡面積比、表面気泡粗さ係数、隠れ気泡数と h/d の関係を示す。同図から、それぞれのパラメータと h/d の間には密接な関係があり、 h/d が大きく濡れが良くなるにともない、表面気泡は減るが隠れ気泡は増える傾向にある。次に、供試体を切断して内部気泡の状態を目視観察した。その結果、実験条件間での有意差は見受けられなかった。このことから、隠れ気泡は内部気泡よりも表面気泡に近いメカニズムで生じたものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を示す。(1) 表面の写真を画像解析する方法と、レーザー変位計で気泡深さを測定する方法で、表面気泡を数値的に評価できる。(2) 表面気泡と隠れ気泡は型枠表面の濡れ性に影響を受け、濡れが良いほど表面気泡は減少するが隠れ気泡は増加する。従って表面気泡の評価の際には隠れ気泡の存在も考慮する必要がある。(3) 隠れ気泡は、内部気泡とは直接的な関係はなく、表面気泡と同じメカニズムで発生すると考えられる。

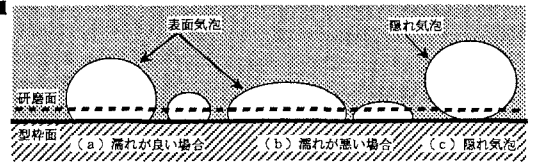


図3 気泡模式図

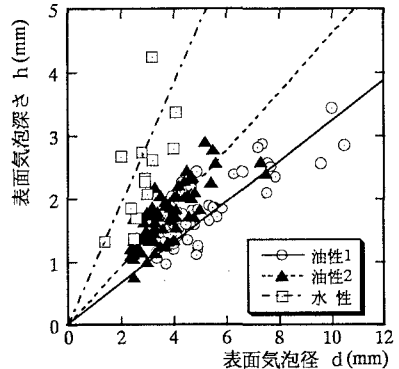


図4 表面気泡深さと気泡径の関係

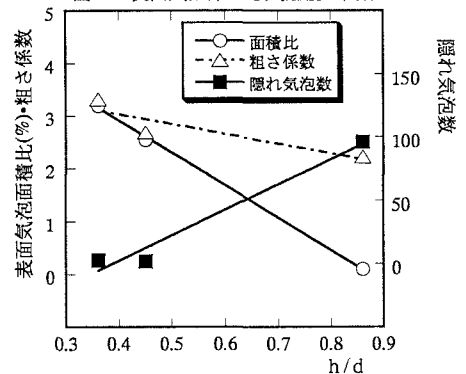


図5 表面気泡面積比、粗さ係数、隠れ気泡数と h/d の関係