

高流動コンクリートの表面気泡深さと型枠接触角およびフロー値との関係

九州工業大学大学院 学生会員 石川 智子
九州工業大学 正会員 山崎 竹博
大分工業高等専門学校 正会員 一宮 一夫
九州工業大学 非会員 柿野 光昭

1. はじめに

高流動コンクリートに発生する表面気泡は、一般に表面美観の点から問題とされる場合が多い。しかし、塩分や炭酸ガス等の鋼材腐食の原因となる物質への暴露面積の増加や、凹凸面への固形分の蓄積も考えられる。これらの場合には表面気泡の深さや大きさが重要な要因となる。

本研究では、表面気泡の深さに着目し、その最大値と型枠接触角およびフロー値との関係について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 型枠接触角の異なる供試体の製作方法

型枠表面条件は、はく離剤を塗布した場合4水準と塗布しない場合の合計5水準とした。はく離剤は同じベースオイルの油性タイプ3種類と水性タイプ1種類を用いた。なお、油性タイプは添加剤の種類の違いにより油性A、油性B、油性Cとして表した。型枠には、内寸法が幅30cm、高さ50cm、奥行き8cmの鋼製型枠を使用した。コンクリートの打込みは、締固めを行わずに連続して90秒間で自己充填させた。高流動コンクリートは、結合材容積の60%を高炉スラグ微粉末で置換する粉体系とした。高流動コンクリートの使用材料を表1に、配合を表2に示す。

2.2 表面気泡の直径と深さの測定方法

表面気泡の直径dの数値化には、円換算直径 $d=1.0\text{mm}$ 以上の表面気泡を対象に画像解析法を用いた。一方、表面気泡の深さhは $d=2.0\text{mm}$ 程度以上の表面気泡を対象にレーザー変位計を用いて表面気泡ごとに最大深さを測定した。

2.3 スランプフローを変えた供試体の製作方法

スランプフローは、高性能 AE 減水剤の使用量を調節して $S=55\text{cm}$ 、 63cm 、 70cm の3水準となるようにした。なお、はく離剤には上記の油性Bを用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 深さと型枠接触角の関係

最大表面気泡深さ h_{max} は、はく離剤なし、油性A、油性B、油性C、水性タイプの順で大きく、それぞれ $h_{\text{max}}=6.20\text{mm}$ 、 5.59mm 、 4.97mm 、 4.39mm 、 4.24mm であり、最大値ははく離剤なしの 6.2mm である。図1は表面気泡の深さhと直径dの測定結果の例である。図より h/d は、表面条件ごとの特性

表1 コンクリートの使用材料

記号	種類	特性
W	水	水道水
C	普通ポルトランドセメント	密度 3.15g/cm^3 、比表面積 $4080\text{cm}^2/\text{g}$
SD	高炉スラグ微粉末	密度 2.91g/cm^3 、ブレン値 $6000\text{cm}^2/\text{g}$
S	細骨材	海砂、密度 2.58g/cm^3 、FM2.80
G	粗骨材	碎石、密度 2.73g/cm^3 、FM6.77
SP	高性能AE減水剤	ナフタリン系

表2 コンクリート配合表

最大寸法 (mm)	スラン プ フ ロー	空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/cm^3)					
					W	C	BS	S	G	SP
20	63 ± 3	1.5 ± 0.5	31.6	51.6	178	236	327	826	819	5.9

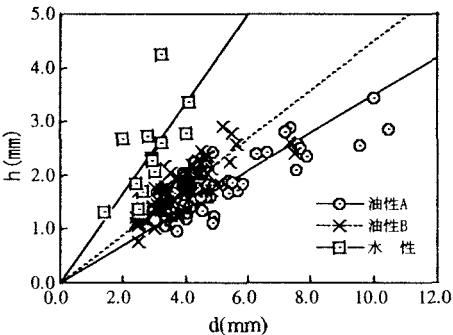


図1 はく離剤の種類とh/dの関係

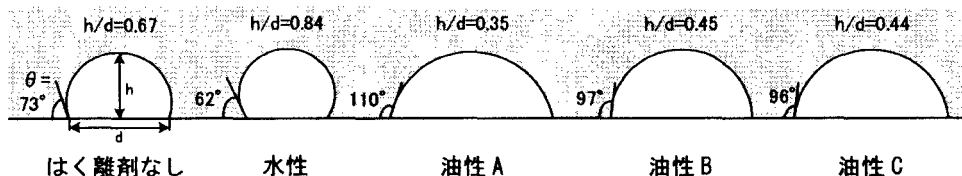


図2 型枠表面条件ごとの表面気泡性状

値と言える。

表3 スランプフローとhおよびdの関係

図2は、表面気泡の深さ方向の断面形状を円の一部と仮定したときの、型枠表面条件ごとの h/d と表面気泡の深さ方向の断面形状との関係を示したものである。図のように同じ h の場合では、 h/d が大きいほど型枠接触角 θ が小さく、 θ の大きさに表面気泡の深さ方向の断面形状が決まることがわかる。そして、 θ が小さいほど表面気泡はコンクリート内部に発生し、開口部の直径 d が小さくなるため表面美観が良くなる。

スランプフロー S_f	最大表面気泡 深さ実測値 (mm)	最大表面気泡 直径実測値 (mm)	回帰直線の 傾き h/d
55cm	5.14	17.90	0.37
63cm	4.47	10.50	0.44
70cm	6.38	7.10	0.47

3.2 表面気泡深さとフロー値の関係

表3に、スランプフロー S_f ごとの h と d の関係を示す。 $S_f=55\text{cm}$ 、 63cm 、 70cm に対する最大表面

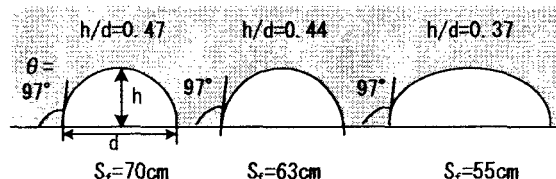


図3 スランプフローごとの表面気泡性状

気泡深さは、 $h_{\max}=5.14\text{mm}$ 、 4.47mm 、 6.38mm で、最大値は $S_f=70\text{cm}$ の 6.38mm である。また、最大表面気泡直径は、 $d_{\max}=17.90\text{mm}$ 、 10.50mm 、 7.10mm であり、最大値は $S_f=55\text{cm}$ の 17.90mm である。

$S_f=55\text{cm}$ 、 63cm 、 70cm に対する h/d は 0.37 、 0.44 、 0.47 となり、 S_f が大きいほど h/d も大きい。型枠の表面条件は同じであるので、図3のように S_f が大きいほど形状は円に近く、 S_f が小さいほど型枠表面方向に扁平していることになる。

水や油のようなニュートン流体中に発生する表面気泡の深さ方向の断面形状は、理論的には円の一部となる。それに対して、コンクリートはビンガム流体に近い性状を有し、降伏値と塑性粘度の2つのレオロジー定数で流動性を表すことができる。一方の降伏値は物体の変形抵抗性の程度を表すパラメーターであり、 S_f が小さいほど降伏値が大きいことが知られている。従って、降伏値に起因する表面気泡を扁平させる力が表面気泡の深さ方向から作用するために降伏値が大きいほど h/d は小さくとなると考えられる。

4. まとめ

- (1) 表面気泡の深さは、型枠との接触角が小さい場合やスランプフローが大きく降伏値が小さいコンクリートほど深く、大きなものでは 6.0mm 以上となる。
- (2) 型枠面に対する表面気泡の接触角が小さい表面気泡ほど直径 h に対する深さ d の比 h/d が大きく、コンクリート内部に発生する。
- (3) スランプフローが小さく降伏値が大きいコンクリートほど表面気泡は型枠表面方向に扁平する。

【参考文献】

- 1) 一宮一夫、出光隆、山崎竹博、渡辺明：高流動コンクリートの打設条件が表面気泡特性に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、1997.6
- 2) 一宮一夫、出光隆、山崎竹博、渡辺明：高流動コンクリートの表面気泡性状に及ぼすモルタルの流動性および型枠界面の影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.22、2000.6