

高流動コンクリートの表面気泡性状に及ぼす型枠とコンクリートの界面の影響

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 フェロー 出光 隆
 同上 正会員 山崎 竹博
 九州共立大学工学部 フェロー 渡辺 明

1. はじめに

高流動コンクリートの表面気泡の発生量は、型枠表面の濡れの影響を大きく受け、濡れが良いほど表面気泡は少なくなる¹⁾。従って、事前に濡れ性を確認できれば施工の合理化が期待できる。

本研究では、型枠に鋼、化粧合板、透水シートを、はく離剤に油性と水性を使用し、型枠とコンクリートの界面状態と表面気泡性状との関係をモルタル供試体で調べた。更に、型枠面の濡れ性を接触角で評価する方法を説明し、その実用性についても検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体の製作および表面気泡の数値化の方法

高流動モルタルは、セメント容積の60%を高炉スラグ微粉末で置換した粉体系とした。配合は、水粉体容積比 (V_w/V_p) ≈ 0.90 、細骨材モルタル容積比 (V_s/V_m) ≈ 0.45 とし、静置フロー値が 220 ± 10 になるように高性能AE減水剤の使用量を調整した。型枠寸法は、幅 $15 \times$ 奥行き $7 \times$ 高さ 30cm で、材質は鋼、化粧合板、透水シートの3種類とした。はく離剤はパラフィン系炭化水素が主成分の市販の油性と水性のものを使用した。

表面気泡の数値化には画像解析法を用い、表面気泡面積比(表面気泡面積/コンクリート面積 $\times 100\%$)と最大表面気泡径で評価した。

2.2 型枠面の濡れ性と接触角の測定方法

図-1の左図は表面気泡と接触角 θ_c の関係を示したものである。図のように表面気泡の形状はコンクリートの液相の表面張力 γ_L 、はく離剤の表面張力 γ_o 、ならびに両者の界面張力 γ_{Lo} で決定され、接触角 θ_c が小さいほど表面気泡はコンクリート内部に移動し表面に露出する部分が少なくなる。

接触角 θ_c の測定方法として固体面上の液滴を球と仮定し直接測定する方法があるが、液滴の容積が $1.5 \mu\text{l}$ 以下で極めて微小なため顕微鏡等の装置が必要になることから、本研究では図-1の右図のような重力で歪んだ液滴を対象に接触角 θ_c を測定した²⁾³⁾。一般に液滴のような閉じ込められた状態になっている物体は、

表面張力により圧縮され内部圧の方が高くなる。この圧力差は表面圧 p と言われ、

曲率半径を r とすると式(1)で表される。また、液滴の密度 ρ 、重力加速度 g 、液滴の最大高さ h とすると液滴の頂点部分を含む液柱の自重から式(2)となり、両式より、液滴の最大高さ h は式(3)のようになる。なお、液滴の最大高さ h は重力と表面圧 p とのつり合いで決まる液量に無関係な一定値である。また図-2より、曲率半径 r と液滴の最大高さ h の関係は、式(4)であり、式(3)、(4)から r を消去し、整理すると式(5)が得られる。このように、歪んだ液滴でも液滴の最大高さ h を測定すれば接触角 θ_c が計算できる。この方法は

$100 \mu\text{l}$ 以上の大きな液滴を対象にできることや、化学混和剤を使用し液相の表面張力が様々である高流動コンクリートの表面気泡の発生量の予測には有用と考えられる。実際には、水平に置いた型枠面上に純水で

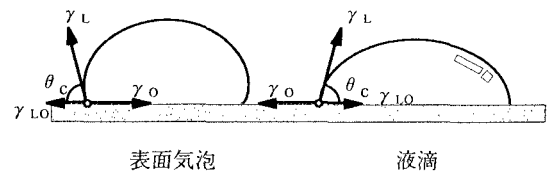


図-1 表面気泡と液滴の接触角

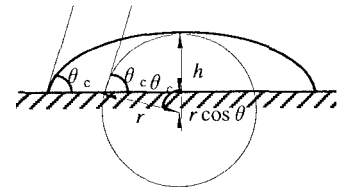


図-2 歪んだ液滴の曲率半径と高さ

$$p = \frac{2\gamma_L}{r} \quad (1)$$

$$p = \rho gh \quad (2)$$

$$h = \frac{2\gamma_L}{\rho gh} \quad (3)$$

$$r = r \cos \theta + h \quad (4)$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{\rho gh^2}{2\gamma_L} \quad (5)$$

液滴を作り、液滴の容積を $50 \sim 500 \mu\text{l}$ の範囲で $50 \mu\text{l}$ おきに増加させ、CCDカメラと画像解析で液滴の高さ h を測定し、その最大値を式(5)に代入して算出した。

3. 実験結果および考察

図-3に表面気泡の発生状況を示す。油性はく離剤を使用したものは表面気泡が発生し、水性はく離剤を使用したものと透水シートではほとんど発生していない。このことから、表面が平滑で吸水性のない鋼と化粧合板では材質の違いはほとんどなく、主としてはく離剤の違いが表面気泡の発生量に影響を及ぼすことがわかる。

コンクリート内部の表面近傍にありセメントペーストの薄皮で閉じた状態にある、いわゆる隠れ気泡の有無を調べるために図-4のようにコンクリート表面をディスクグラインダーで薄く研磨した。その結果、水性はく離剤を使用した場合にのみ隠れ気泡の発生を確認した。一方、透水シートの場合は隠れ気泡は見受けられなかった。これは鋼と合板では表面気泡内の圧力が周囲よりも高く表面気泡として残存するが、透水シートは空隙から空気が抜け圧力差がなくなるために表面気泡だけでなく隠れ気泡も発生しないと考えられる。

図-5に液滴の高さ h の測定結果を示す。図より型枠の材質やはく離剤の種類ごとに液滴の高さには最大値があることがわかる。式(5)による接触角 θ_c の計算結果は、はく離剤を使用しない場合は鋼が $\theta_c=64^\circ$ 、合板が $\theta_c=60^\circ$ で濡れ性は同程度である。油性はく離剤を塗布した場合は鋼が $\theta_c=36^\circ$ 、合板が $\theta_c=30^\circ$ で、水性はく離剤を塗布した場合は液滴が生じないほどに濡れが良く $\theta_c=0^\circ$ に極めて近いと考えられる。このようにはく離剤を塗布することで濡れ性は向上し、特に水性はく離剤の場合は顕著であった。

以上より、型枠表面が平滑で吸水性がないものであれば、表面気泡への影響は材質よりもはく離剤の種類の方が大きいと言える。また接触角 θ_c を知ることで表面気泡の発生傾向を予測できるものと考えられる。

4. まとめ

本研究より得られた知見をまとめると次の通りである。

- (1) 同一のはく離剤の場合は、型枠の材質に関わらず表面気泡の発生量ならびに接触角 θ_c はほぼ同じであった。このことより高流動コンクリートの場合においても、表面が平滑で吸水性のない型枠にはく離剤を使用する場合は、型枠の材質の違いが表面気泡の性状に及ぼす影響はほとんど無いと考えられる。
- (2) 透水シートでは表面気泡、隠れ気泡ともに発生しなかった。これはシートの空隙を通じて空気が抜け、表面気泡中に圧力差が生じないためである。
- (3) コンクリートの液相の表面張力 γ_L と水平な型枠面上の液滴の最大高さ h から表面気泡の接触角 θ_c を推定できる。

【参考文献】 1) 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, pp.61-66, 1997.6, 2) 中田敏夫ほか: むれにくい平板上の単一液滴形状に関する一考察, 混相流, 10巻, 1号, 1996, 3) 丸山智敬ほか: 表面と界面の不思議, 工業調査会

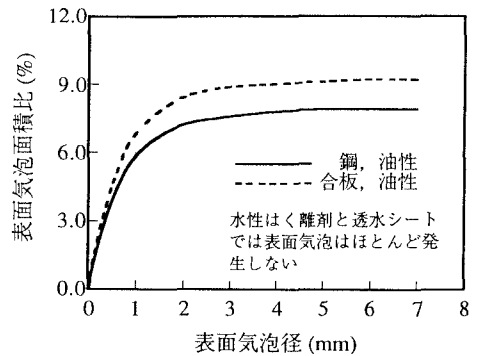


図-3 型枠表面状態と表面気泡面積比

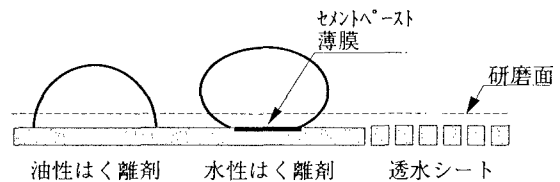


図-4 型枠表面と表面気泡の形態

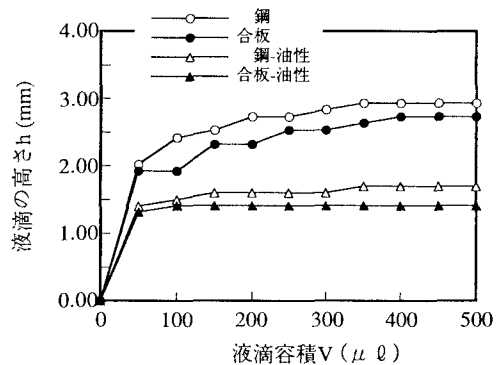


図-5 液滴の容積と高さ