

繊維補強コンクリートを用いたプレキャスト製品の表面気泡低減に関する研究

維持管理工学研究室 米山 翔太

1. はじめに

近年、プレキャスト製品の適用範囲の拡大や、大型化に伴い、今まで以上に製品の美観が意識されるようになった。また、構造物の長寿命化も意識されるようになってきており、製品の耐久性向上も求められている。しかし、プレキャスト製品の場合、特に繊維補強コンクリート（以下 FRC）を用いた製品では多くの表面気泡が発生（図 - 1）し、製品の美観を大きく低下させる問題が発生している。図 - 2 に表面気泡補修後の製品を示す。図 - 2 に示すように、表面気泡を補修した場合であっても、補修箇所を中心に微細なひび割れが発生している。また、表面気泡を補修する場合には、工場稼働率の低下や、労働量の増加等も問題となる。したがって、製品の美観や耐久性を向上させるためには、表面気泡は補修するのではなく、発生自体を抑制することが重要であると考えられる。そこで本研究では、工場設備の大幅な改修を伴わない方法で、プレキャスト製品の表面気泡を低減する方法について検討することとした。

2. 研究概要

本研究では、コンクリートのフレッシュ性状と表面気泡との関係についての検討及び、型枠離型剤・離型シートや加振の表面気泡低減効果についての検討を行い、そこで得られた知見がプレキャスト製品の製造にも適用できるのか検証した。表面気泡の観察では、コンクリート表面の直径 1mm 以上の気泡を OHP フィルムに油性マジックで転写した。その後、転写した OHP フィルムをスキャナーでスキャンし、スキャンして得られた画像を解析することで表面気泡率を求めた。



図 - 1 補修前の製品表面

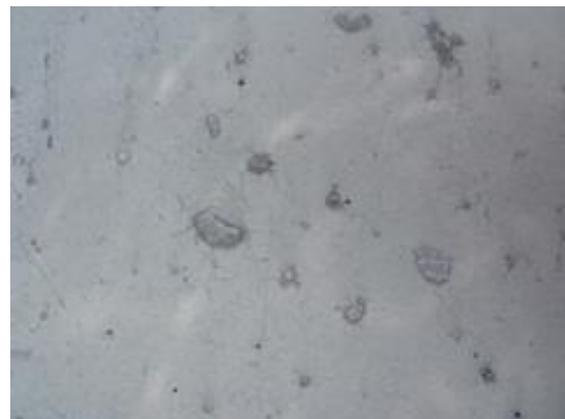


図 - 2 補修後の製品表面

3. コンクリートのフレッシュ性状と表面気泡との関係

3.1 実験概要

コンクリートのフレッシュ性状と表面気泡との関係について検討するため、11 種類の配合で横幅 300mm、高さ 300mm、厚み 60mm の板状供試体を作製し、表面気泡率の観察を行った。表 - 1 に使用した配合を示す。配合名がセメントの種類のもの以外は、早強ポルトランドセメントを使用した。コンクリートのフレッシュ性状を評価するため、フロー試験、V ロート試験、空気量試験を行った。また、コンクリート打込み時に振動は加えないものとした。

3.2 実験結果

表-2 にフレッシュ性状の評価を、図-3 に配合の違いによる表面気泡率の変化を、図-4 に表面気泡率とフローの関係を、図-5 に表面気泡率とVロート流下時間の関係を示す。表-2 より水量を増やした場合には、水量が増えるほど、Vロート流下時間は小さくなり、流動性もベース配合と比較して大幅に向上することが確認できた。セメント種類を変えた配合では、いずれの場合もベース配合と比較して流動性は大きく、Vロート流下時間は小さくなった。しかし、普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメントの流動性やVロート流下時間にあまり差は見られなかった。図-3 より、水セメント比35%の表面気泡

率が大きくなったが、本研究の試験項目では原因を明らかにできなかった。図-4 より、表面気泡率とフローの間に相関はみられなかった。図-5 より、赤プロットで示した水セメント比35%の結果を除いて指数近似した場合、高い相関がみられた。この結果より、Vロート流下時間を計測することで、ある程度、表面気泡の発生を予測できると考えられる。

4. 型枠離型剤・離型シートや加振の表面気泡低減効果

4.1 実験概要

型枠離型剤・離型シートや加振の表面気泡低減効果について検討するため、型枠離型剤種類、型枠の材質や振動方法、コンクリート種類、振動時間に関する実験を行った。使用した配合は表-3 に示す。

表-1 使用した配合

配合	水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)					
		水	セメント	石灰石粉	細骨材	粗骨材	繊維
ベース	30.0	185	617	83	1176	243	0
水 10kg 増	31.6	195			1150		
水 20kg 増	33.2	205			1125		
水セメント比 35%	35.0	185	528	1250			
水セメント比 40%	40.0		462	1305			
水セメント比 35% (粉体量 700kg)	35.0		528	172	1165		
水セメント比 40% (粉体量 700kg)	40.0		462	238	1157		
普通ポルトランドセメント	30.0	617	83	1176	0		
中庸熱ポルトランドセメント	30.0			1191			
低熱ポルトランドセメント	30.0			1191			
粗骨材を細骨材に置換	30.0			1410			

表-2 フレッシュ性状の評価

配合名	フロー (mm)	Vロート流下時間 (s)	Air (%)
ベース	179×172	23.00	6.5
水 10kg 増	288×285	14.16	10 以上
水 20kg 増	264×241	6.88	10 以上
水セメント比 35%	214×197	10.19	10 以上
水セメント比 40%	220×213	13.71	10 以上
水セメント比 35% (粉体量 700kg)	265×280	11.07	10 以上
水セメント比 40% (粉体量 700kg)	270×270	9.52	10 以上
普通ポルトランドセメント	232×212	16.89	10 以上
中庸熱ポルトランドセメント	210×187	14.38	10 以上
低熱ポルトランドセメント	201×198	15.36	10 以上
粗骨材を細骨材に置換	151×138	45.68	6.6

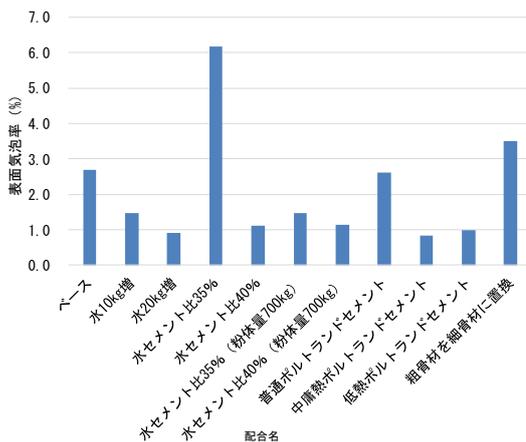


図 - 3 配合の違いによる表面気泡率の変化

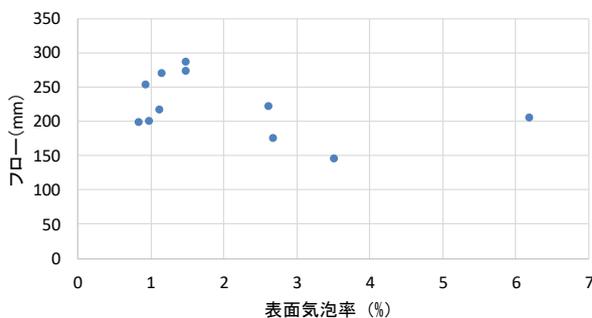


図 - 4 表面気泡率とフローの関係

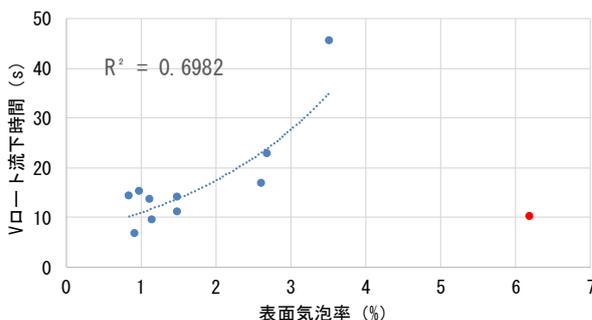


図 - 5 表面気泡率とVロート流下時間の関係

4.2 実験結果

ここでは、実験結果の一部を示す。図 - 6 にコンクリート種類による研磨後の表面気泡率の違いを示す。ここで、研磨とは束子でコンクリート表面全体を擦ることで隠れ気泡を露出させることである。

図 - 6 より、油性離型剤（以下、パネロール）を使用した場合の表面気泡率に着目する。普通コンクリートを用いた場合の表面気泡率は0.2%程度であったが、FRCを用いた場合の表面気泡率は2.2%程度となり、コンクリートの種類によって発生する表面気泡率に10倍以上の差があることが確認できた。

次に離型剤の種類に着目する。FRCを用いて、水性離型剤（以下、ライナーセブン）を使用した場合の表面気泡率は、パネロールを使用した場合の表面気泡率の半分以下となった。以上より、表面気泡低減という観点からは、FRCを用いる場合、パネロールより、ライナーセブンの方が適していることを確認できた。

5. プレキャストFRC部材の表面気泡

5.1 実験概要

プレキャストFRC部材(H1000×B2200×L2000、体積0.559m³、重量1310kg)の製造は前項で得られた知見を参考にして行った。図 - 7 に製造した製品のイメージ図を示す。図 - 7 に示すように、製品中央部に仕切りを設け、型枠離型剤として、一方にはパネロールを、もう一方にはライナーセブンを使用し、表面気泡の低減効果を比較した。

5.2 実験結果

図 - 8 に側壁内側の型枠離型剤による表面気泡率の違いを、図 - 9 に側壁内側の写真を示す。図 - 8 より、ライナーセブンを使用した場合の表面気泡率は研磨前、研磨後ともにパネロールよりも小さいことが確認できた。

表 - 3 使用した配合

配合	水セメント比 (%)	単体量 (kg/m ³)					
		水	セメント	石灰石粉	細骨材	粗骨材	繊維
普通コンクリート	41.3	165	400	150	812	824	0
繊維補強コンクリート	30.0	185	617	83	1176	243	26

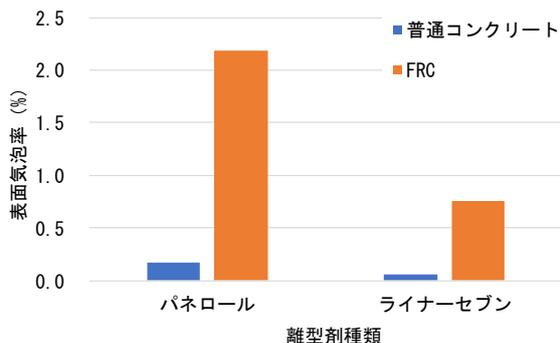


図 - 6 コンクリート種類による
研磨後の表面気泡率の違い



水性離型剤 (ライナーセブン) 油性離型剤 (パネロール)

図 - 9 側壁内側の写真

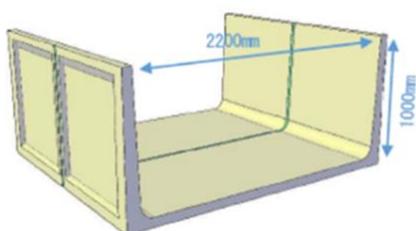


図 - 7 製造した製品のイメージ図

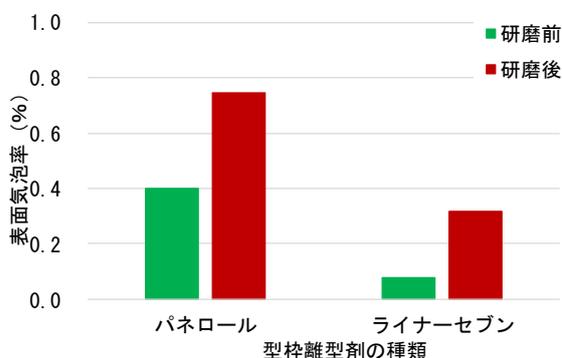


図 - 8 側壁内側の型枠離型剤による
表面気泡率の違い

た知見が実製品 (H1000×B2200×L2000, 重量 1310kg) にも適用できるのかを検証した。以下に本研究で得られた知見を示す。

【コンクリートのフレッシュ性状と表面気泡との関係】

V ロート流下時間を計測することで、ある程度、表面気泡の発生を予測できることを確認できた。

【型枠離型剤・離型シートや加振の表面気泡低減効果】

普通コンクリートを用いたとき、パネロールを使用した場合の表面気泡率は 0.2%程度であったが、繊維補強コンクリートを用いた場合の表面気泡率は 2.2%程度となり、コンクリートの種類によって発生する表面気泡率に 10 倍以上の差があることが確認できた。また、表面気泡率低減という観点からは、繊維補強コンクリートを用いる場合、油性離型剤より、水性離型剤の方が適していることを確認できた。

【プレキャスト FRC 部材の表面気泡】

前項では、300mm 角の板状供試体を用いて様々な条件から表面気泡の低減について検討してきた。その結果、前項で得られた知見は FRC を用いたプレキャスト製品の製造においても効果があることを確認できた。

6. まとめ

本研究では、コンクリートのフレッシュ性状と表面気泡との関係について、型枠離型剤・離型シートや加振の表面気泡低減効果について検討し、得られ

7. 参考文献

- 1) 一宮一夫: 高流動コンクリートの表面気泡の発生メカニズムとその低減法に関する研究, 九州工業大学博士学位論文