

使用材料と振動締固め時間の関係が即時脱型コンクリートの充填性及び硬化特性に与える影響

福岡大学 学生会員○鹿江 史浩 千葉工業大学 正会員 橋本 紳一郎 (株)ヤマウ 正会員 田中 孝一  
 (株)ヤマウ 正会員 山本 康雄 (株)ヤマウ 正会員 小嶺 啓藏 東海大学 正会員 伊達 重之

1. はじめに

即時脱型コンクリート（以下、即脱 C と称す。）は、製品製造時に加圧及び振動を同時に付与することで即時に脱型ができるため、製品を短期間に大量製造、出荷が可能となる。しかし、即脱 C は上記の利点を確保するために練混ぜ直後がゼロスランブの超硬練りコンクリートが用いられる。そのため、通常の有スランブのコンクリートで使用されるスランブ試験ではコンシステンシーを適切に評価することは困難である。また、現状では即脱 C に即した品質確認時の試験方法や配合設計手法は規格化されていない。そのため各製品や使用材料に適した配合の選定が非常に難しく、製造工場では隅角部の未充填により設計基準強度を満足出来ない場や製品表層部に白化現象が発生することが問題となっている。これら対して、既往の研究<sup>1)</sup>では河川護岸用ブロックの即脱 C を対象として、充填性と要求性能（圧縮強度、白華抑制効果、美観性）の関係をフレッシュ性状及び硬化後の特性より検討した。その結果、要求性能を満足する配合とその際の充填率の指標も示した。しかし、使用材料と振動締固め時間の関係については不明瞭であり、検討もなされていない。そこで、本研究では振動締固め時間が即脱 C の充填性及びその他の性状に与える影響について検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

表-1 に使用材料、図-1 に骨材の粒度分布を示す。使用細骨材は既往の研究<sup>2)</sup>より実積率が低く、振動締固め時間が 30 秒の場合で即脱 C の要求性能を満足できなかった海砂及び山砂をそれぞれ単味で使用した。また、比較として海砂と砕砂を 4 : 6 の混合割合で粒度調整して使用した。表-2 にコンクリートの配合を示す。単位水量を 100kg/m<sup>3</sup> で一定とし、細骨材率を 65% に設定した。今回、対象としたのは河川護岸用ブロックであり、材齢 14 日における目標強度を 24N/mm<sup>2</sup> 以上に設定した。

2.2 試験項目及び試験方法

即脱 C の製造を模擬した試験装置を用いて供試体を作製した。上載荷重 (0.05Mpa)、振幅 (1mm)、周波数 (75Hz) を実機の製造製品を模擬した条件で一定とし、振動締固め時間は 30 秒を基準とし、15~60 秒の間で 15 秒ごとに変化させた計 4 水準で供試体を作製した。フレッシュ性状試験の手順は、3kg の試料を鋼製型枠に投入後、荷重を付与するのと同時に振動締固めを行なった。その後、型枠上面からの沈下深さを測定することで充填率を算出した。(以後、硬化前の充填率と称す。) 円柱供試体の作製は、試料を所定量、鋼製型枠に 1 層詰めて投入後上載荷重を与えるのと同時に振動締固めを行い作製した。

表-1 使用材料

記号	使用材料	物理的性質
W	地下水	密度 : 1.0g/cm <sup>3</sup>
C	普通ポルトランドセメント	密度 : 3.16g/cm <sup>3</sup>
S1	海砂	表乾密度 : 2.58g/cm <sup>3</sup> , FM2.42, 実積率 : 62.4%, 吸水率 : 1.46%
S2	砕砂	表乾密度 : 2.59g/cm <sup>3</sup> , FM2.36, 実積率 : 64.8%, 吸水率 : 1.60%
S3	山砂	表乾密度 : 2.56g/cm <sup>3</sup> , FM2.74, 実積率 : 62.3%, 吸水率 : 2.00%
S1:S2 (4:6)	海砂 : 砕砂 (4 : 6)	表乾密度 : 2.58g/cm <sup>3</sup> , FM2.42, 実積率 : 64.0%, 吸水率 : 1.79%
G	砕石 1305	密度 : 2.81g/cm <sup>3</sup> , 実積率 : 59.2%
Ad	即時脱型コンクリート用混和剤	主成分 : 非イオン系界面活性剤, 密度 : 1.01g/cm <sup>3</sup>

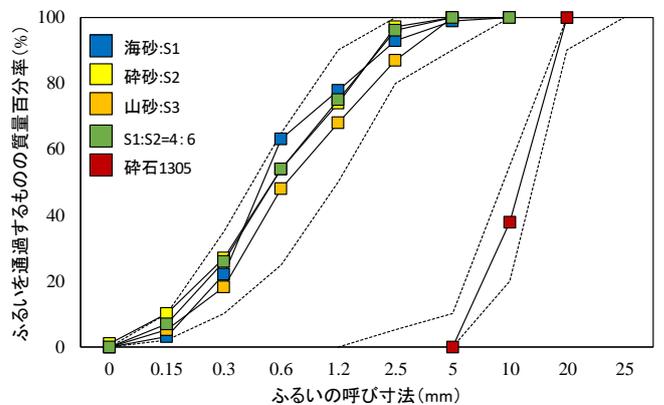


図-1 骨材の粒度分布

表-2 コンクリートの配合

配合No.	使用細骨材の種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
				W	C	S1	S2	S3	G	Ad (%)	
1	海砂単味	30	65	100	333	1332	-	-	-	781	C×0.2
2	山砂単味					-	1322	-			
3	海砂 : 砕砂 (4 : 6)					533	802	-			

圧縮強度試験では、養生方法を気中養生、養生期間を 14 日間と定めた。また、圧縮強度測定直前に充填率を算出した。(以後、硬化後の充填率と称す。) 充填率は、供試体の単位容積質量を測定し、その値を計画配合より算出した理論上の単位体積重量で除して求めた。

白華促進試験は既往の研究を参考<sup>1)</sup>に円柱供試体を φ100×20mm にカットして試験を実施した。供試体の養生期間を 7 日とし、養生は恒温室にて気中養生 (室温 : 20℃, 湿度 : 60%) を行なった。

キーワード 即時脱型コンクリート, 細骨材の実績率, 振動締固め時間, 充填性, 圧縮強度, 表面性状

連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学創造工学部都市工学科 TEL 047-478-0445

3. 結果及び考察

図-2 に振動締固め時間と充填率の関係を示す。振動締固め時間を長くするにつれて充填率は増加する傾向を示した。また、振動締固め時間、使用細骨材の種類や物理的性質違いによって、硬化前後における充填率の変化率は大きく異なることを確認した。特に、振動締固め時間 30 秒（実機の製造製品を模擬した条件）と比較した場合、配合 No.3 に比べて配合 No.1, No.2 で充填率は低い値を示した。これは、細骨材の実積率が大きく影響しているものと考えられる。しかし、振動締固め時間を 45 秒と長くすることで実積率が低い細骨材を使用した配合（No.1, No.2）であっても振動締固め時間 30 秒の場合の配合 No.3 と同程度の充填率を確保できることを確認した。

表-3 に供試体脱型直後の表面性状の結果を示す。振動締固め 15 秒の場合では、供試体表層部に空隙が確認された。この結果に対し、振動締固め時間を 30 秒、45 秒と長くした場合では、供試体表層部に 5mm 以上の空隙は確認されず表面性状は良好となった。このように振動締固め時間を変化させることで、実積率の低い細骨材を使用した場合でも充填性の改善について確認できた。しかし、振動締固め時間を 60 秒と長くした場合、表面性状は粗悪となった。これは過度な振動締固めを行うことで供試体側面に水浮きが生じ、モルタルが剥がれやすくなったことが原因として挙げられる。

図-3 に材齢 14 日における圧縮強度と充填率の関係を示す。充填率の増加に伴い圧縮強度が増加する傾向を示しており、充填率と圧縮強度で強い正の相関関係を確認した。また、今回検討した使用材料や配合条件では充填率が 87%程度を満足する振動締固め時間を設定することで充填率の改善に伴い圧縮強度が増加し、材齢 14 日における目標強度を満足できることを確認した。

図-4 に浸漬 13 週目における全白華発生率と充填率の関係を示す。充填率の増加に伴い浸漬 13 週目における全白華発生率は減少する傾向を示した。しかし、振動締固め時間 60 秒の場合では充填率は 15 秒、30 秒、45 秒に比べて、高い値を示しているが全白華発生率は増加する傾向を示した。これは供試体側面からの逸散水量が増加したことが要因として考えられる。以上より同一配合条件であっても最適な振動締固め時間の設定により全白華発生率を約半分程度低減できることを確認した。

4. まとめ

同一配合条件であっても使用する材料条件によって必要となる振動締固め時間は異なり、特に使用細骨材の実積率や粒度の影響を大きく受ける。しかし、実績率が低く粒度の粗い細骨材を使用した場合であっても最適な振動締固め時間の設定により充填性が改善され即時脱型コンクリートの要求性能を満たすことができる。

参考文献

- 1) 日高翔太, 橋本紳一郎, 山本康雄, 山下龍二: 即時脱型コンクリート製品の配合に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, 2017
- 2) 日高翔太, 橋本紳一郎, 山本康雄, 山下龍二: 材料条件の違いが即時脱型コンクリートの充填性と硬化特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, 2018, pp.1425-

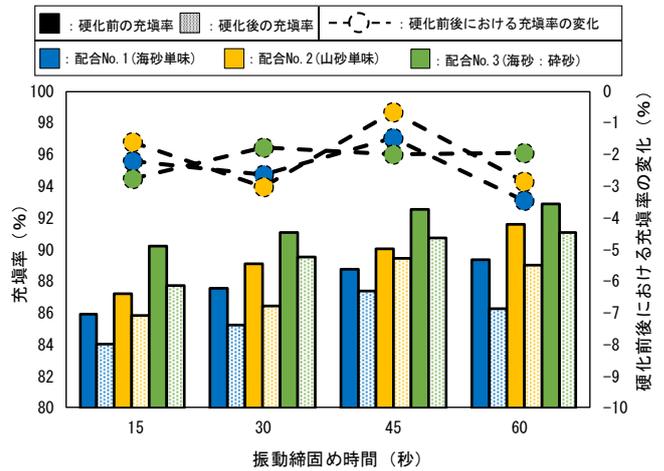


図-2 振動締固め時間と充填率の関係

表-3 供試体脱型時の表面性状

配合No.	1 (海砂単味)			
振動締固め時間 (秒)	15	30	45	60
供試体表層部の表面性状				
目視による表面性状の評価	X	○	○	X
配合No.	2 (山砂単味)			
振動締固め時間 (秒)	15	30	45	60
供試体表層部の表面性状				
目視による表面性状の評価	X	○	○	X

※表面性状: 5mm以上の空隙を確認⇒X 5mm以上の空隙を確認できない⇒○

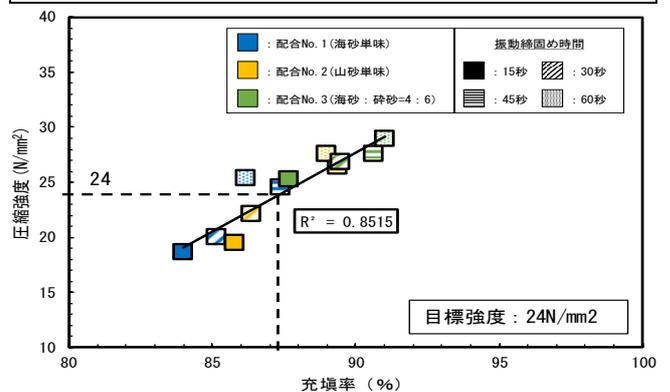


図-3 圧縮強度と充填率の関係

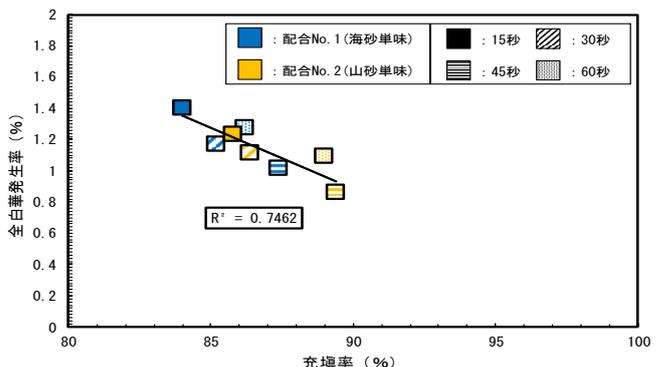


図-4 全白華発生率と充填率の関係