

## 速硬性混和材を用いた水中不分離性速硬コンクリートの検討と基礎物性評価

太平洋マテリアル(株)	正会員	工修	○山中	俊幸
オリエンタル白石(株)	正会員	工修	梅本	洋平
オリエンタル白石(株)	正会員	工修	俵	道和
太平洋マテリアル(株)	正会員	博士(工学)	郭	度連

Abstract : Recently antiwashout underwater concrete is used extensively in repairing and reinforcing works of underwater structure like bridge pier. But it takes long time to develop the needed compressive strength by the special concrete composition. Giving a rapid set ability by the addition of rapid hardening admixture, construction term can shorten. In this study, we report a study on the basic properties of “antiwashout underwater rapid hardening concrete” which has antiwashout ability and self-leveling, rapid hardening ability for underwater construction. In addition, we report actual test result for assessment of the production capacity and workability.

Key words : antiwashout underwater concrete , rapid hardening admixture , repairing/reinforcing work

### 1. はじめに

昨今、橋梁の補修・補強工事が増加しており、特に河川上の橋梁の場合の補修・補強材料、あるいは仮締切の材料として水中不分離性コンクリートが使用されることが多い。しかしながら、水中不分離性コンクリートの問題点として打設から所要の強度発現までに通常数日以上かかることから、工期の長期化ならびにそれに伴うコスト増が懸念される。

一方、近年では交通規制を伴う道路工事や緊急工事に速硬性を有する材料が使用されている。速硬性材料としては、特装車を用いたプレミックス化された材料などの他にレディーミクストコンクリートに速硬性混和材を添加してどこでも簡便かつ大量に速硬コンクリートが製造できるシステムが開発され、報告されている<sup>1)</sup>。水中不分離性コンクリートにおいても、速硬化技術により翌日に所要の強度が得られれば工期短縮ならびにコスト削減が期待できる。

そこで本研究では、水中不分離性コンクリートに速硬化技術を応用した水中不分離性速硬コンクリートの検討を行い、フレッシュ性状および強度特性などの基礎物性について室内試験により評価する。検討の目標値は、施工性とポンプ打設を想定し 500mm 以上のスランプフローを 30 分以上保持するのが望ましい。さらに、翌日脱型できる圧縮強度として材齢 1 日で  $18\text{N/mm}^2$  を目標値として検討を行う。本報告では、水中不分離性速硬コンクリートの室内試験による基礎物性評価と実施工における施工性や供給能力を想定しアジテータ車での製造を実機試験により評価し報告するものである。

### 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 に使用材料を、表—2 にコンクリート配合を示す。速硬性混和材は、特殊カルシウムアルミネートと特殊硫酸塩を主成分として結合材の33%になるよう内割でベースコンクリートに添加した。また、硬化時間は所定量のオキシカルボン酸系の凝結調整剤(セッター)で調整した。水中不分離性混和剤は水溶性セルロース系を主成分として  $2.5\text{kg/m}^3$  をスラリー水として添加した。さらに、流動化剤はポリカルボン酸系を主成分として結合材の2%もしくは2.5%を単位水量の一部として添加した。

2. 2 試験概要及び試験項目

(1) 室内試験

20℃環境下において水中不分離性速硬コンクリートの配合を決定する上で、単位結合材量が及ぼす影響について評価した。本検討では単位結合材中の単位速硬性混和材量は33%で一定とし、単位結合材量400kgおよび440kgについて比較試験を行った。また、低温環境下で施工を考慮して10℃環境下での水中不分離性速硬コンクリートとしてのフレッシュ性状ならびに硬化性状について単位結合材量400kgの配合にて確認試験を行った。なお、室内試験のコンクリート配合中の骨材はS1およびG1を使用した。また、試験項目については表—3に示す。

表—1 使用材料

分類	種類	記号	物性的性質
セメント	NPC	C	密度: 3.16g/cm <sup>3</sup>
水	上水道水	W	
細骨材	砕砂	S1	表乾密度: 2.56g/cm <sup>3</sup>
	砕砂	S2	表乾密度: 2.57g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	碎石 2005	G1	表乾密度: 2.64g/cm <sup>3</sup>
	碎石 2005	G2	表乾密度: 2.60g/cm <sup>3</sup>
速硬性混和材		F	密度: 2.93g/cm <sup>3</sup>
凝結調整剤		FS	オキシカルボン酸系
水中不分離性混和剤		L	水溶性セルロース系
流動化剤		MG	ポリカルボン酸系

(2) 実機試験

生コンクリート会社の材料を用いて、事前室内試験にて水中不分離性速硬コンクリートとしてのフレッシュ性状を満足する配合を検討し、アジテータトラックを用いて実機試験を実施した。なお、実機試験のコンクリート配合中の骨材はS2およびG2を使用した。

2. 3 練混ぜ方法

水中不分離性速硬コンクリートの練混ぜ手順として、まず水中不分離性混和剤の分散用と凝結遅延剤水溶液用を差し引いた単位水量でベースコンクリートを練り上げる。次に、凝結遅延剤水溶液を添加した後速硬性混和材を添加し速硬コンクリートとする。続いて、水中不分離性混和剤、流動化剤を加えて練混ぜを行い、水中不分離性速硬コンクリートとする。

表—2 コンクリート配合

水準	Gmax (mm)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )								W内訳(kg/m <sup>3</sup> )
				W	B		S	G	FS	L	MG	
					C	F						
室内試験①	20	55%	40%	220	268	132	638	988	2.2(20℃) 0.8(10℃)	2.5	8	22.5(L分散用)
												10(FS水溶液用)
室内試験②	20	50%	40%	220	295	145	625	968	2.2	2.5	8.8	22.5(L分散用)
												10(FS水溶液用)
実機試験	20	50%	43%	230	310	150	707	950	1.6	2.5	11.5	22.5(L分散用)
												10(FS水溶液用)

表—3 試験項目

項目	試験方法
スランプフロー	JSCE-D 104-2007 「コンクリート用水中不分離性速硬性混和剤品質規格 (案)」
空気量	JIS A 1128 に準拠
コンクリート温度	JIS A 1156 に準拠
懸濁物質	JSCE-D 104-2007 附属書 2 「水中不分離性コンクリートの水中分離度試験方法 (案)」
凝結試験	JIS A 1147 に準拠し、油圧式の貫入針抵抗試験
圧縮強度	JIS A 1108 に準拠、24h までの試験はアンボンドキャッピング 試験体は気中および水中にて成型

3. 結果・考察

3. 1 室内試験

図-1にスランプフローの経時変化の結果を示す。20℃環境の結果から、練上がりは500mm以上と良好な流動性を示しており、練上がり30分後でも流動性を保持している。単位結合材量440kgでは粉体量が増えることにより粘性が増大しスランプフローが低下したものと考えられるが、施工性に関しては問題ないものとする。また、懸濁物質の結果は単位結合材量400kgで35.7mg/Lと良好な水中不分離性を示している。一方、10℃の低温環境下においても20℃環境と同様、練上がりで550mm以上の流動性を有しており、60分経過しても500mm以上の良好な流動性が確認できた。

図-2に凝結試験結果を示す。始発時間は単位結合材量に関係なく150分以上と同等の結果が得られており、速硬性混和材を用いた速硬化が可能であることが示されている。10℃環境下でも凝結調整剤の使用量をコントロールすることで同等の凝結時間が得られている。

図-3に気中成型供試体の圧縮強度試験結果を示す。材齢4時間から10N/mm<sup>2</sup>以上の強度が発現しており、材齢1日では目標強度である18N/mm<sup>2</sup>以上の強度が得られている。特に、単位結合材量440kgの水準では材齢1日で33N/mm<sup>2</sup>と良好な強度発現性が確認された。本結果より、単位結合材量を調整することにより圧縮強度を制御できることが示された。また、10℃環境下でも20℃環境よりは若干強度発現が遅れるものの、材齢1日の目標強度は達成している。

図-4に水中成型供試体の圧縮強度試験結果を気中成型試験体と比較して示す。水中成型供試体は、材齢6時間および1日にてすべての水準で気中成型供試体の80%以上の圧縮強度を有しており、良好な水中不分離性が確認された。

以上の室内試験結果より、水中不分離性コンクリートの水中不分離性およびセルフベリング性を有しながら材齢1日で20~30N/mm<sup>2</sup>程度の速硬性を併せ持つ水中不分離性速硬コ

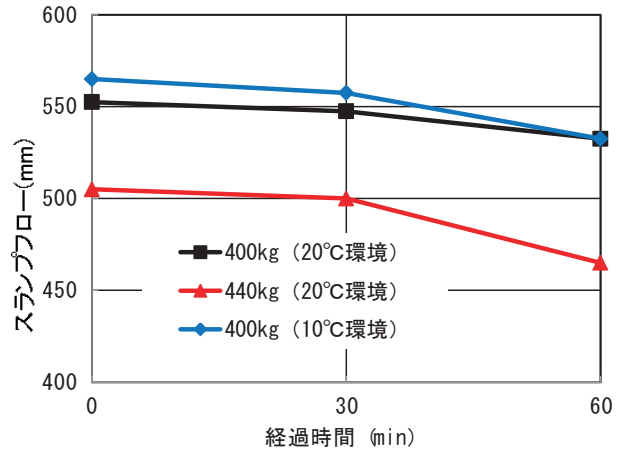


図-1 スランプフローの経時変化

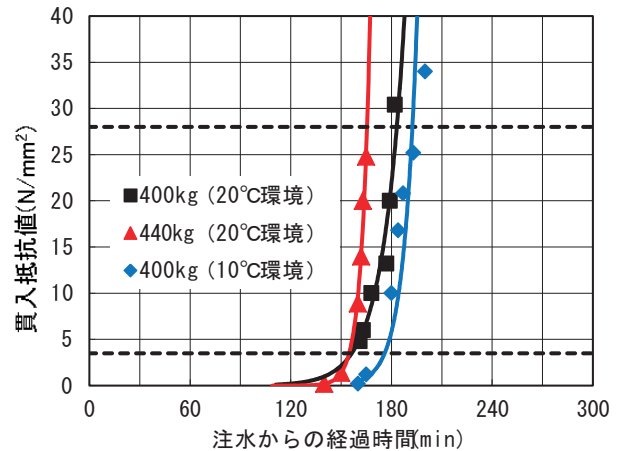


図-2 単位結合材量の差による凝結への影響 (低温試験結果を含む)

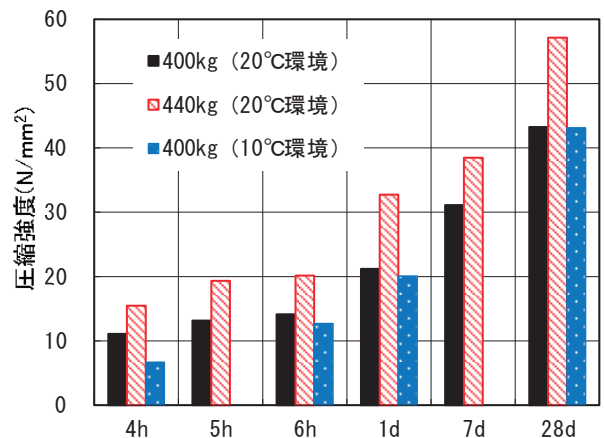


図-3 単位結合材量の差による圧縮強度への影響 (低温試験結果を含む)

ンクリートの製造が可能であることが示された。また、低温環境においてもフレッシュ性状や速硬性が阻害されることなく、20℃環境同様に水中不分離性速硬コンクリートが製造可能であることが確認できた。

### 3. 2 実機試験

実機試験は2m<sup>3</sup>のペースコンクリートをアジテータトラックで運搬し、水中不分離性速硬コンクリートの製造を行った。実機製造の練上がりのスランプフローは525mm、30分経過後のスランプフローは520mmで、経時によるロスも少なく、良好な流動性が確認できた。

実機試験の圧縮強度試験結果を事前の室内試験結果と併せて図—5に示す。事前試験および実機試験ともに、材齢1日で20N/mm<sup>2</sup>以上強度発現していることがわかる。事前試験と実機試験を比較して、すべての材齢において実機試験の方が強度が高い結果となった。これについては実機での練混ぜ効率の向上が影響していると考えられる。

水中成型供試体については、材齢6時間、1日において気中成型供試体の85%以上の強度を発現しており室内試験の結果と同様に十分な水中不分離性が確認できた。

一方、アジテータトラックによる練混ぜ性能を確認するために、アジテータトラックの前・中・後にてそれぞれ試験体を採取した。試験体の材齢18時間における試験結果を比較するとすべて同等に強度が発現している。このことからアジテータトラックで製造した水中不分離性速硬コンクリートが均一に練混ぜられていることが確認できた。

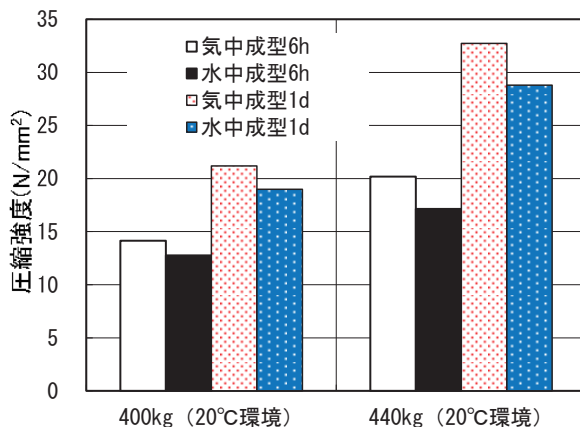
### 4. まとめ

本研究では、水中不分離性速硬コンクリートを検討し、以下の知見が得られた。

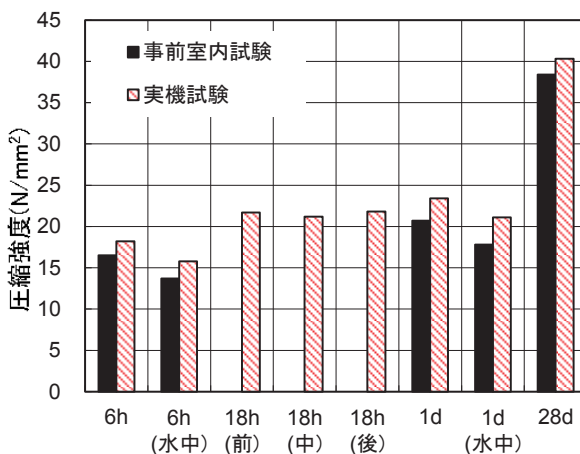
- (1) 速硬性混和材を用いた水中不分離性コンクリートの速硬化により、水中施工でも分離抵抗性に優れたセルフレベリング性を有し、さらに早期に強度発現する水中不分離性速硬コンクリートを製造できる。
- (2) 単位結合材量によって圧縮強度を制御することが可能であり、さらに、低温試験にて同等のフレッシュ性状、強度発現性が確認され本研究の範囲内で低温環境における製造も可能である。
- (3) 実機試験においても室内試験と同様の結果が得られ、アジテータトラックを用いた製造においても均一に練混ぜができる。

### 参考文献

- 1) 郭度連, 長塩靖祐, 浜中昭徳, 高橋洋昭: 速硬性混和材を用いた速硬コンクリートの製造および基礎特性, 第21回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.545-548, 2012



図—4 成型方法による圧縮強度の差



図—5 実機試験での圧縮強度試験結果