

水中不分離性混和剤を添加した環境配慮型コンクリートに関する基礎的検討

(株)大林組 正会員 ○末宗 利隆 新村 亮 野島 省吾
ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 阿合 延明 非会員 松倉 隼人

1. はじめに

水中不分離性混和剤を用いたコンクリートは、水中においても優れた分離抵抗性やセルフレベリング性を有する。同剤の基本技術は1980年代初頭に西ドイツより導入され、1991年に「水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)」が土木学会より発刊されたことで使用実績が増大してきた。

一方で、近年、CO₂排出量削減を目的とし、高炉スラグ微粉末等を大量使用した環境配慮型コンクリートが注目され、2018年に「混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針(案)」が土木学会より発刊された。

筆者らは、これら水中不分離性コンクリートと高炉スラグ微粉末の大量使用は、以下の理由により非常に相性が良いと考えた。①高炉スラグ微粉末を大量使用したコンクリートは中性化の進行が早い傾向にあるが、水中構造物であれば中性化による耐久性への影響は微少である。②水中不分離性コンクリートの適用対象構造物はマスコンクリートであることが多く、高炉スラグ微粉末を大量使用したコンクリートの低発熱性の利点を活かして温度ひび割れを抑制することができる。

本報では、高炉スラグ微粉末を大量使用したコンクリートへの水中不分離性混和剤の適用を見据え、フレッシュ性状試験や強度試験を行った結果について報告する。

2. 試験概要

高炉スラグ微粉末を大量使用した水中不分離性コンクリートのフレッシュ性状、水中分離度、および強度発現を確認することを目的として、試験を行った。使用材料を表-1、コンクリート配合を表-2に示す。表-2に示す通り、いずれの配合も水中不分離性混和剤を2.5kg/m³添加した。結合材として高炉セメントB種を用いたNo.1配合を基準ケースとし、No.2~5配合は普通ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末の混合比率を25:75とした。No.1配合とNo.2配合の単位水量は同じであり、No.3配合は10kg/m³減じ、No.4配合とNo.5配合は、圧縮強度式を得ることを目的として、No.3配合と同じ単位水量のまま結合材を増減させた。

試験項目・試験方法・目標値を表-3に示す。スランプフローは練混ぜ直後だけでなく、No.1、No.3配合に対しては練混ぜ30分後の経時確認も行った。

表-1 使用材料

種別	記号	産地・銘柄	密度 (g/cm ³)
セメント	C	太平洋セメント社製普通ポルトランドセメント	3.16
		太平洋セメント社製高炉セメントB種	3.04
混和材	BFS	日本製鉄社製エスメント(比表面積:4,120cm ² /g)	2.88
水	W	上水道水	1.00
細骨材	S	大井川水系陸砂	2.59
粗骨材	G	青梅産硬質砂岩砕石 2005	2.65
混和剤	V	水中不分離性混和剤(信越化学工業社製アスカクリーンD)	—
	AD1	AE 減水剤(ポゾリスソリューションズ社製マスターポリヒード 15S)	—
	AD2	助剤(ポゾリスソリューションズ社製マスターグレニウム 930)	—

表-2 コンクリート配合

No.	セメントの種類	スラグ置換率 (%)	W/B ^{※1} (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³) ^{※2}							
					C	BFS	W	S	G	V	AD1	AD2
1	BB	—	50	40	420	0	210	635	973	2.5	B×0.8%	B×1.0%
2	N	75	44		119	358	210	609	935			
3			44		114	341	200	627	965			
4			38		131	395		603	925			
5			50		100	300	648	991				

※1 B: 結合材 ※2 各使用材料の記号については表-1を参照のこと

表-3 試験項目・試験方法・目標値

試験項目	試験方法	目標値
スランプフロー(経時変化含む)	JIS A 1150「コンクリートのスランプフロー試験方法」 ※スランプコンを引上げた後、5分経過時点で測定	50±5cm
空気量	JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法」	4.0%以下
コンクリート温度	JIS A 1156「フレッシュコンクリートの温度測定方法」	20±3℃
水中分離度	JSCE-D 104「コンクリート用水中不分離性混和剤品質規格」附属書2 ※No.1配合およびNo.3配合で実施	[参考:混和剤規格] 懸濁物質量:50mg/L 以下、pH:12以下
圧縮強度	水中作製供試体:JSCE-F 504「水中不分離性コンクリートの圧縮強度試験用水中作製供試体の作り方」 気中作製供試体:JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」 圧縮強度試験:JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」 ※No.2を除く配合で実施	水中気中強度比: 80%以上

キーワード 水中不分離、環境配慮型コンクリート、高炉スラグ微粉末、大量使用

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL03-5769-1322

3. 試験結果および考察

試験結果(フレッシュ性状・水中分離度)を表-4 に、No.2 配合と No.3 配合のスランブフロー試験写真を写真-1 に示す。表-4 に示す通り No.2 配合の練直スランブフローは 54.5cm で、目標値内であるものの上限値に近く、材料分離は無いものの写真-1 に示す通りフロー形状が多少いびつであった。一方、単位水量を 10kg/m³ 減じた No.3 配合では、写真-1 に示す通り良好なフロー形状であった。また、No.1 配合と No.3 配合における、練混ぜ 30 分後のスランブフローは、1~2cm のロスで同等であり(表-4)、実打設に問題のないレベルであった。

また、水中分離度は、No.1 配合が懸濁物質 2.4mg/L、pH10.7、No.3 配合が懸濁物質 3.8mg/L、pH10.4 で同等であり(表-4)、両配合とも水中不分離性は非常に高いといえる。

No.1 配合と No.3 配合の水中作製供試体を写真-2 に示す。写真-2 に示す通り、水中作製供試体に充填不良は無く良好であった。水中作製および気中作製した供試体の圧縮強度を図-1 に示す。水中・気中強度比は、材齢 28

日時点で、全ての配合で 80%を超える高い値となった。
B/W と圧縮強度の関係を図-2 に示す。B/W と圧縮強度の関係式は図-2 に示す通りであり、材齢 56 日において、高炉スラグ微粉末大量使用配合で、No.1 配合(BB、W/C50%)と同じ水中強度の発現に必要な W/B は、49.5%で同等であった。

4. おわりに

高炉スラグ微粉末を大量使用した水中不分離性コンクリートの試験を行った結果、フレッシュ性状、水中分離度、強度発現に関して良好な結果が得られた。今後、同コンクリートの実施工を見据えて、大型供試体打設実験等を実施する所存である。

参考文献 1) 土木学会コンクリート委員会 特殊水中コンクリート研究小委員会：水中不分離性コンクリートに関するシンポジウム 論文集、1990 年

表-4 試験結果(フレッシュ性状・水中分離度)

No.	セメントの種類	スラグ置換率 (%)	W/B ^{※1} (%)	経過時間	スランブフロー		空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	水中分離度		
					測定値 (cm)	平均値 (cm)			懸濁物質 (mg/L)	pH	
1	BB	-	50	練直	52.4×51.4	52.0	2.9	19	2.4	10.7	
				30分	52.0×48.5	50.0	2.6	19	-	-	
2	N	75	44	練直	55.0×54.0	54.5	3.0	19	-	-	
3				練直	50.8×49.0	50.0	2.5	19	3.8	10.4	
				30分	49.5×49.0	49.0	2.2	19	-	-	
4				38	練直	51.0×49.2	50.0	2.5	20	-	-
5				50	練直	51.5×49.5	50.5	2.6	19	-	-

※1 B：結合材



写真-1 スランブフロー試験

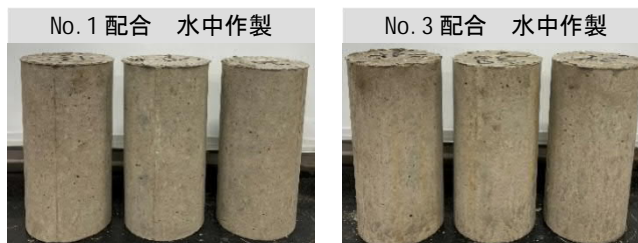


写真-2 水中作製供試体

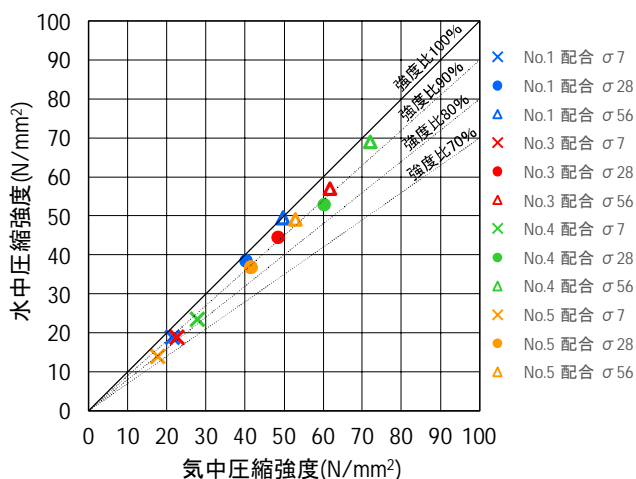


図-1 試験結果(水中・気中強度)

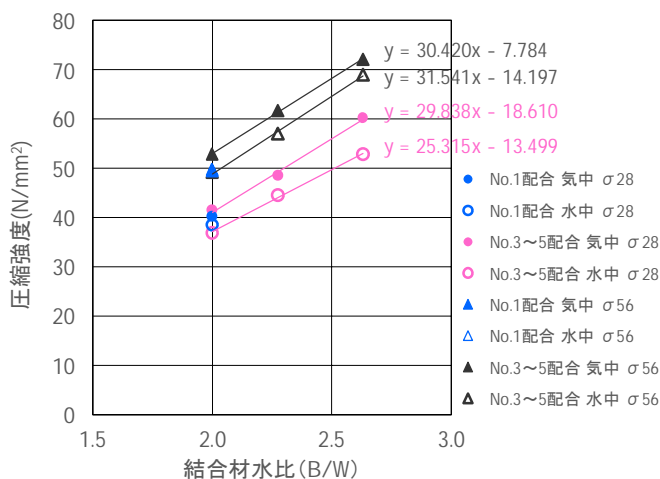


図-2 試験結果(B/W と圧縮強度の関係)