

副産物を高含有した低炭素コンクリートの施工性に関する一検討

戸田建設(株) 正会員 ○川口 泰弘\*1 正会員 田中 徹\*1  
 西松建設(株) 正会員 佐藤 幸三\*2 正会員 椎名 貴快\*2

1. はじめに

近年、地球環境に関する問題が深刻化してきている。地球温暖化への対応はもはや避けて通ることが許されず、温暖化抑制のために、二酸化炭素の排出を厳しく抑制しなくてはならない。二酸化炭素排出抑制を初めとして、あらゆる産業において環境に対する十分な配慮が強く求められている。建設産業においても例外ではない。その中でもコンクリート材料として広く使用されているセメントは、その製造過程において膨大な量のCO<sub>2</sub>が排出される。このような背景から、コンクリート中のセメント使用量をいかに減らすかが大きな課題であり、セメントの代替材料として副産物である高炉スラグ微粉末などの混和材料の有効利用が挙げられる。しかし、セメントに対する混和材料の置換率が高くなると、混和剤の使用量が極端に少なくなり、その結果、フレッシュ性状の経時保持性が著しく低下するため、施工性に大きな影響を及ぼす。

そこで、高炉スラグ微粉末をセメントに対して JIS 上限の 70%に高置換したスランプコン配合を対象に、スラグ用に改良した AE 減水剤を用いて、フレッシュ性状の経時保持性確認を目的にした実験をおこなった。本稿では、実験の結果について報告する。

表 1 使用材料

項目	記号	諸元
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm <sup>3</sup>
高炉スラグ微粉末	BFS	密度 2.89 g/cm <sup>3</sup> , 比表面積 4,180 cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S	静岡県掛川産山砂: 密度 2.59 g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	G	東京都青梅産硬質砂岩砕石: 密度 2.65 g/cm <sup>3</sup>
混和剤	Ad1	AE 減水剤標準形 (I 種) (市販品)
	Ad2	スラグ用混和剤 (改良品)

2. 試験方法

表 1 にコンクリートの使用材料の諸元を、表 2 にコンクリートの配合を示す。No.1 は普通コンクリート (スラグ置換率 0%)、No.2 と No.3 はスラグ置換率 70%のコンクリートで、前者は一般的な AE 減水剤を使用、後者はスラグ専用に改良設計したスラグ用混和剤を使用した。なお、単位水量は 163kg/m<sup>3</sup> 一定とし、W/B=50%である。

表 2 配合表

No.	BS 置換率 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				Ad C×%			
				W	C		S	G	Ad1	Ad2	
					OPC	BFS					
1	普通	0	46.0	163	326	0	821	986	1.0	—	
2	従来品	70	50.0		45.5	98	228		228	0.2	—
3	開発品					—	1.15				

試験は練上がり直後のスランプが 10.0cm±2.5cm, 空気量が 4.5±1.5%になるように配合および AE 剤添加率を調整した。また施工性を確認するため、経時変化として練上がり直後から 0 分, 30 分, 60 分後にフレッシュ性状確認試験 (スランプ試験, 空気量試験, 温度測定) を実施した。さらに、耐久性試験として、圧縮強度 (JIS A 1108) および促進中性化試験 (JIS A 1152) を行った。

3. 実験結果及び考察

(1) フレッシュコンクリート性状試験

図 1 に各配合のスランプの経時変化, 図 2 に空気量の経時変化を示す。スランプは 30 分後で No.1 は -4.0cm 程度, No.2 は -5.0cm 程度,



写真 1 No. 3 練上がり直後のスランプ状態

キーワード 副産物, 高炉スラグ微粉末, 低炭素, フレッシュ性状

連絡先 \*1 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設 (株) 土木工事技術部 TEL 03-3535-1675

\*2 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 西松建設 (株) 技術研究所 TEL 03-3502-0249

60分後でNo.1は-5.0cm程度、No.2は-9.0cm程度大幅にスランプロスしている。一方、No.3は30分後で-1.6cm、60分後で-4.1cmとなり、No.1やNo.2に比べて、スラグ用混和剤を用いた方が経時保持性に優れていることがわかった。また、空気量については、60分後のロスが、No.1で-1.0%に対して、No.3は-0.7%となり同程度であった。

(2) 凝結時間試験

図2に凝結試験の結果を示す。なお、図中の時間表記は凝結の始発と終結の時間を示している。

No.2は、No.1に比べて凝結時間が遅延し、凝結の終結までに約4時間を要した。No.3についても、No.2と概ね同等の結果を得られた。なお、凝結の遅延理由として、スラグ置換率が高く、初期強度に寄与するセメント鉱物が不足していることが要因と考えられる。

(3) 圧縮強度試験

図3に各配合の圧縮強度試験の結果を示す。スラグ置換率が70%のNo.3は従来の混和剤を使用したNo.2と概ね等しい強度発現特性を示した。また、スラグ置換率0% (No.1) と置換率70% (No.2, 3)の結果を比較すると、材齢3日ではNo.2, 3の値がNo.1の40%程度であったが、材齢28日では約60%まで上昇しており、No.2, 3は材齢とともに高炉スラグの潜在水硬性による効果で強度の発現が増加傾向にあることを示していた。なお、No.3は材齢3日で10N/mm<sup>2</sup>を越え、材齢28日で30N/mm<sup>2</sup>程度であり、現場施工に適用可能なレベルと考える。ただし、強度発現は温度依存性があるため、現場での温度管理や養生が重要となる。

(4) 促進中性化試験

促進中性化試験の結果を図4に示す。試験の結果、No.2とNo.3の暴露材齢4週での中性化速度は同等であり、No.1に比べて約2.4倍速いことがわかった。これはスラグ置換によって水酸化カルシウムの生成量が少ないため、中性化抵抗性が低いと考えられる。

4. まとめ

実験の結果、スラグ用混和剤を用いることで、施工面で重要なフレッシュ性状の経時保持性が改善し、強度発現特性や中性化抵抗性は従来の混和剤を用いた場合と同等であった。また、本実験のスラグ配合を使用することでCO<sub>2</sub>排出量を66%削減<sup>1)</sup>できると試算できた。今後、スラグ置換率をさらに上げ、骨材にスラグ系骨材を用いた副産物を多量に使用した環境配慮型の低炭素コンクリートにも取り組んでいきたい。

参考文献 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針（試案）、コンクリートライブラリー125、2005。

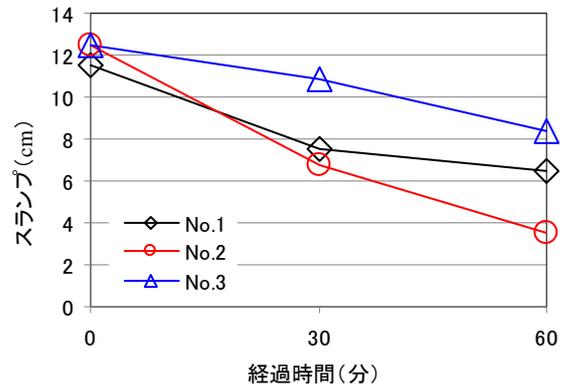


図1 スランプの経時変化

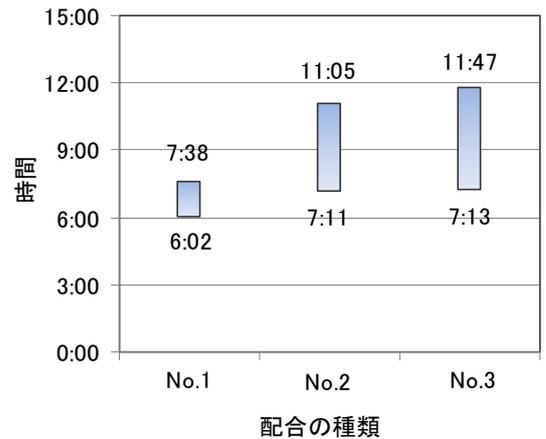


図2 凝結試験結果

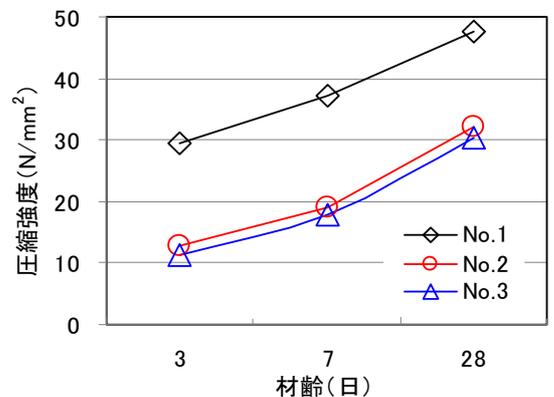


図3 圧縮強度試験結果

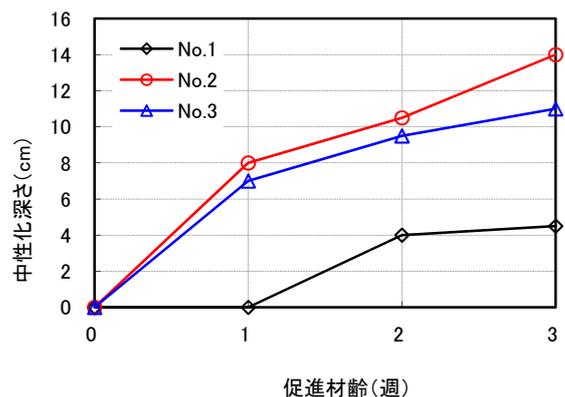


図4 促進中性化試験結果