

クリンカ組成の異なる高炉セメントの強度及び収縮特性

足利工業大学大学院 学生会員 ○垂石 裕貴
 足利工業大学 正会員 宮澤 伸吾
 東京工業大学大学院 正会員 坂井 悦郎
 (株)デイ・シイ 正会員 鯉渕 清

1. はじめに

セメントの製造過程において発生するCO₂排出量は、国内総排出量の約4%と多大であり、その削減が重要な課題となっている。その解決方策として混合セメントの利用は極めて有効であり、特に、高炉セメントの利用拡大が期待されている。しかし、一般に使用されている高炉セメントB種は、普通ポルトランドセメントと比べて強度発現が遅く、中性化速度が速い傾向があるため、RC造建築物にはほとんど使用されていないのが現状である。そこで本研究では、普通ポルトランドセメントの代わりに幅広く使用可能な低炭素型汎用セメントを開発することを目的とし、クリンカの鉱物組成及び高炉スラグ量の異なる高炉セメントを試作し、これらの要因がコンクリートの強度発現及び収縮特性に及ぼす影響について実験により検討を行った。

2. 試験概要

表-1に示すように、C₃S量を58.7～71.1%の範囲で変化させたクリンカを実機プラントで製造し、高炉スラグ量(BF量)を0～25%の範囲で混合した高炉セメントを試作した。また、高炉セメントA種のJIS規格に適合する範囲で石こう及び石灰石微粉末を添加した。表-1に示すNo.7は普通ポルトランドセメント(OPC)に相当し、No.8は従来の高炉セメントA種に相当する。細骨材には川砂を用い、粗骨材には硬質砂岩碎石

(G_{max}=20mm)を用いた。混和剤は、AE減水剤を用いた。

表-2にコンクリートの配合を示す。水セメント比は、55%一定とした。目標スランプは18±2.5cmとし、単位水量によりスランプの調整を行った。スランプ試験では、JIS A 1101に従い、練上がり後の経過時間0分、30分、60分、90分においてスランプを測定した。コンクリートの圧縮試験はJIS A 1108に従い10℃、20℃の水中養生とし、材齢1日、3日、7日、28日、91日について実施した。乾燥収縮試験では、材齢7日まで水中養生したコンクリート供試体を相対湿度60%、20℃室内で乾燥させ、長さ変化の測定を行った。また、20℃条件下で自己収縮試験も行った。

3. 試験結果

3.1 スランプ試験結果

表-2より、C₃S量が58.7%の場合と同様に、C₃S量が65.9%～71.1%の場合においても高炉スラグの混入

表-1 試作セメントの概要

セメントの種類	C ₃ S量(%)	高炉スラグ量(%)
No.1	71.1	20
No.2	68.6	0
No.3		15
No.4		20
No.5		25
No.6	65.9	20
No.7	58.7	0
No.8		20

表-2 コンクリートの配合

セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				混和剤×C(%)	スランプ(cm)	空気量(%)	温度(℃)
			水	セメント	細骨材	粗骨材				
No.1	55.0	46.0	180	327	806	953	1.0	20.0	4.4	24.0
No.2			185	336	799	945		18.5	4.4	25.3
No.3			180	327	806	954		19.5	4.1	23.6
No.4			180	327	806	953		20.5	5.4	23.9
No.5			180	327	805	952		20.0	5.0	23.5
No.6			180	327	805	952		20.0	4.3	23.1
No.7			180	327	809	957		20.0	4.7	24.3
No.8			175	318	816	965		19.5	5.1	24.3

キーワード クリンカ組成, 高炉セメント, スランプ, 圧縮強度, 収縮ひずみ

連絡先 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利工業大学 TEL:0284-62-0605 E-mail:smiyazaw@ashitech.ac.jp

により単位水量が 5kg/m^3 小さくなっている。図-1 より、 C_3S 量を 65.9～71.1%とした高炉セメントを用いたコンクリートのスランプ保持性は、OPC(No.7)を用いた場合とほぼ同等であり、 C_3S 量が 58.7%の高炉セメント(通常の高炉 A 種)と比較すると、スランプロスは小さくなっている。

3.2 圧縮強度試験結果

図-2 及び図-3 は、 20°C 養生したコンクリートの圧縮強度について、 C_3S 量の影響及び高炉スラグ量の影響をそれぞれ示したものである。また、図-4 は、 10°C 養生したコンクリートの圧縮強度の結果を示したものである。

図-2 及び図-4 より、 C_3S 量が高い高炉セメントほど材齢 28 日までの圧縮強度が大きい傾向が認められた。特に養生温度が 10°C では強度増加が顕著であり、 C_3S 量が 65.9%～71.1%の高炉セメントでは、OPC(No.7)と比較して材齢 28 日の圧縮強度は最大で約 5N/mm^2 大きくなった。 20°C 養生の場合は、高炉セメントの 1 日強度は OPC(No.7)と同等となり、 10°C 養生においても、高炉セメントの 7 日強度は OPC(No.7)と同等以上となった。一方、材齢 91 日では、 C_3S 量が高炉セメントコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響は小さかった。図-3 は C_3S 量が 68.6%の場合の圧縮強度を示しているが、高炉スラグ量 0%では材齢 28 日以降の強度増進が認められないが、高炉スラグ量 15～25%の場合は、材齢 28 日以降も強度増進が認められた。

3.3 収縮試験結果

図-5 は、始発から材齢 7 日までの自己収縮及び乾燥開始以降の収縮ひずみを示している。いずれの C_3S 量の場合においても、高炉スラグを混入することにより収縮ひずみが若干小さくなっている。また、 C_3S 量が大きくなると収縮ひずみは若干大きくなる。 C_3S 量が 65.9%～71.1%の高炉セメントは、OPC(No.7)と比べて乾燥収縮ひずみが若干小さくなっている。

4. まとめ

クリンカ組成を調整して C_3S 量を大きくした高炉スラグ量 15～25%の高炉セメントを試作し、コンクリー

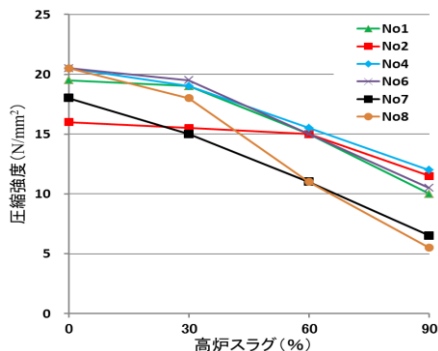


図-1 スランプの経時変化

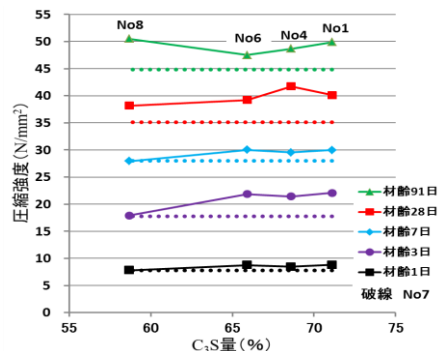


図-2 C_3S 量と圧縮強度の関係
(20°C 、BF 量 20%)

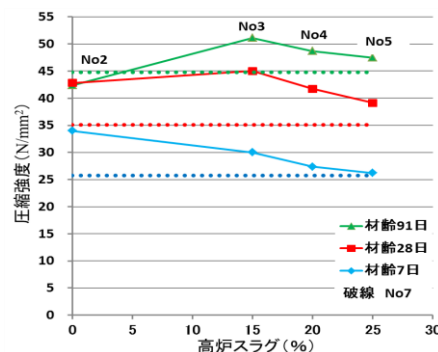


図-3 BF 量と圧縮強度の関係
(20°C 、 C_3S 量 68.6%)

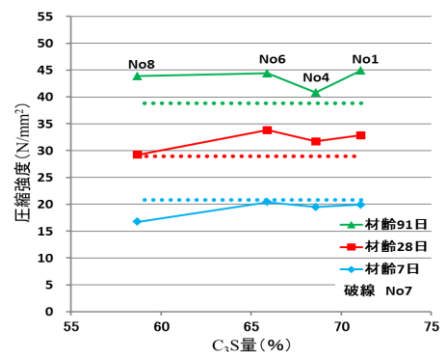


図-4 C_3S 量と圧縮強度の関係
(10°C 、BF 量 20%)

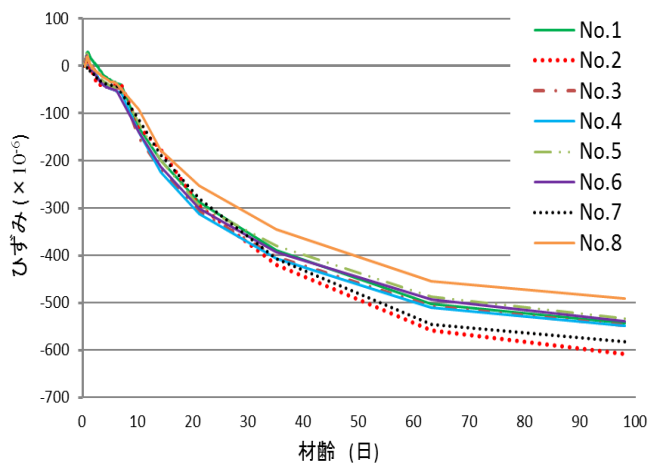


図-5 収縮ひずみの経時変化

トの諸特性について検討した。その結果、 C_3S 量を増加させることで高炉セメントの強度発現性を改善でき、特に低温で改善効果が大きかった。また、 C_3S 量 65.9%～71.1%の高炉セメントの単位水量及びスランプ保持性は OPC と同等であり、収縮ひずみは OPC より若干小さくなった。今後、中性化特性やひび割れ抵抗性について検討する予定である。

謝辞：本研究は、低炭素型汎用セメント技術研究会の研究活動の一環として行ったものであり、ご協力いただいた関係各位に感謝致します。