

高炉スラグ骨材および高炉スラグ微粉末を用いた環境配慮型コンクリートの基礎的性質

大林組技術研究所 正会員 ○半田 敬二  
 大林組技術研究所 正会員 近松 竜一  
 大林組技術研究所 正会員 竹田 宣典

1. まえがき

近年、コンクリート分野では、資源の有効活用と環境負荷の低減に向けた取組みが積極的に行われている。今後、構造材として必要な強度や耐久性に加え、さらに省資源や環境に対する配慮が求められる。

コンクリートに用いる材料は地産地消が原則である。できるだけ現地の材料を用い、所要の品質が得られるように配合を定めることで、上記の要求にも適う環境配慮型のコンクリートを実現することが可能である。

一般に、製鉄所においては、高炉で銑鉄と同時に生成する溶融スラグを徐冷し、粒度を調整することにより、高炉スラグ粗骨材および高炉スラグ細骨材が製造されている。また、溶融スラグを水で急冷し、細かく粉砕することで、高炉スラグ微粉末が製造されている。高炉スラグ微粉末は、高炉セメントB種などの混合材として古くから用いられており、アルカリ骨材反応の抑制や塩化物イオンの浸透低減などに顕著な効果がある。また、ポルトランドセメントに比べてCO<sub>2</sub>排出量が少ないため、これをセメントの一部と置換して用いれば低炭素型のコンクリートとすることができる<sup>1)</sup>。

以上の観点から、高炉スラグ骨材や高炉スラグ微粉末を最大限に活用した環境配慮型のコンクリートを対象とし、それらの基礎的性質について実験的に検討した。

2. 実験概要

使用材料の概要を表-1に示す。

結合材は高炉セメントB種および高炉スラグ微粉末を

使用し、一部の配合にはシリカフュームを用いた。細骨材は高炉スラグ細骨材および海砂、粗骨材は高炉スラグ粗骨材および砕石を用いた。なお、高炉スラグ粗骨材は使用前にプレウェットングを行った。混和剤はAE減水剤(高機能タイプ)または高性能AE減水剤を用いた。

試験配合および各種品質試験結果を表-2に示す。

骨材の種類は、普通骨材(海砂、砕石)とスラグ骨材(高炉スラグ細骨材50%、海砂50%、高炉スラグ粗骨材)の2水準とした。

結合材は、高炉セメントB種を単独で用いた場合、この50%および70%を高炉スラグ微粉末で置換した場合の3水準とした。なお、これらを高炉スラグ微粉末の混合率に換算するとそれぞれ43%、72%および83%となる。

高炉セメントB種配合は目標スランプ15cm、高炉スラグ微粉末を置換した配合は同等のプラスチックティーが得られるよう単位水量または混和剤量を調整した。

高炉セメントB種配合の水結合材比は59%、高炉スラグ微粉末を50%、70%置換した場合は54%、43%とした。

各種試験はそれぞれJISの試験方法に準拠した。

表-1 使用材料の概要

分類	種類または銘柄	物性または成分
結合材(B)	高炉セメントB種(BB)	密度3.04g/cm <sup>3</sup> , プレーン値4140cm <sup>2</sup> /g
	高炉スラグ微粉末(BS)	密度2.89g/cm <sup>3</sup> , プレーン値4620cm <sup>2</sup> /g
混和材	シリカフューム(SF)	密度2.23g/cm <sup>3</sup> , 平均粒径1.72μ
細骨材	高炉スラグ細骨材(S1)	密度2.83g/cm <sup>3</sup> , 吸水率2.62%, FM2.20
	海砂(S2)	密度2.60g/cm <sup>3</sup> , 吸水率1.03%, FM2.60
粗骨材	高炉スラグ粗骨材(G1)	密度2.60g/cm <sup>3</sup> , 吸水率2.48%, FM6.49
	砕石2005(G2)	密度2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率0.65%, FM6.78

表-2 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの品質試験結果

骨材	使用材料		W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								添加量 (B*%)		CO <sub>2</sub> 排出量* (kg/m <sup>3</sup> )	スランプ (cm)	エア (%)	温度 (°C)	フリーディング率 (%)	凝結時間 (h-m)	
	結合材	W			B		SF	S		G		WR	SP	始発						終結	
					BB	BS		BB	BS	S1	S2										G1
普通	100	0	59.0	46.7	176	299	0	0	0	827	-	951	1.00	-	143 (58%)	15.5	4.8	19.1	-	-	-
スラグ	100	0	59.0	50.6	187	317	0	0	475	436	853	-	0.80	-	152 (62%)	18.5	5.8	19.9	2.86	6-25	8-50
	50	50	54.0	52.5	180	166	166	5	491	451	815	-	0.80	-	86 (35%)	19.5	5.6	19.7	2.14	7-25	10-40
	30	70	43.0	53.8	172	120	280	10	489	449	772	-	-	0.50	68 (28%)	22.0	5.4	20.1	0.57	7-00	10-40

\* 土木学会コンクリート技術シリーズ44「コンクリートの環境負荷評価」をもとに算定。( )は、ポルトランドセメントを用いた場合(247kg/m<sup>3</sup>)に対する割合

キーワード 高炉スラグ骨材, 高炉スラグ微粉末, 混和材, 水結合材比, 乾燥収縮

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所 Tel 0424-95-1012



図-1 各種コンクリートのスランプ試験状況

3. 実験結果および考察

スランプ試験後の状況を図-1に示す。高炉スラグ骨材を用いた場合、普通骨材を用いた場合と同等のワーカビリティとするにはペースト量を増加させる必要があり、単位水量は約  $10\text{kg/m}^3$  増加した。また、高炉スラグ微粉末の置換によって単位水量は低減できるが、同等のプラスチックティーとするには見かけ上、スランプを大きくする必要があり、この傾向は高炉スラグ微粉末の置換率が大きく、水結合材比が小さい場合ほど顕著であった。

高炉スラグ微粉末の置換に伴い、ブリーディングは低減する一方、終結時間は長くなった(表-2参照)。結合材量が多い高強度コンクリートなどと同様、仕上げ時期の適切な判断が重要になるといえる。

圧縮強度発現特性を図-2に示す。高炉スラグ骨材を用いた場合、圧縮強度が  $40\text{N/mm}^2$  を超えると強度増進が緩慢となる傾向にあるが、骨材の種類による大きな差異は認められない。また、高炉スラグ微粉末の混合率が70%を超える範囲でも、水結合材比を低減することで高炉セメントB種を用いた場合と同等の強度発現が得られた。

乾燥収縮特性を図-3に示す。高炉スラグ骨材を用いることで乾燥収縮の低減が認められる。高炉スラグ骨材は吸水率が大きく、骨材中の水分が硬化体の乾燥を緩和する作用に起因するものと考えられる。

促進中性化試験をもとに試算した中性化深さの予測の一例を図-4に示す。中性化深さは65年後25mm、100年後30mm程度と予測され、かぶり70mmで一般の環境下では中性化による鋼材腐食の影響はないと判断される。

4. まとめ

本実験より、高炉スラグ骨材や高炉スラグ微粉末を使用し、従来のコンクリートと同等の品質を確保した環境配慮型のコンクリートを実用できることが確認できた。

【参考文献】1) 竹田宣典ほか;  $\text{CO}_2$  排出量を削減した低炭素型のコンクリートの開発, 土木施工, pp.26-31, 2010.9

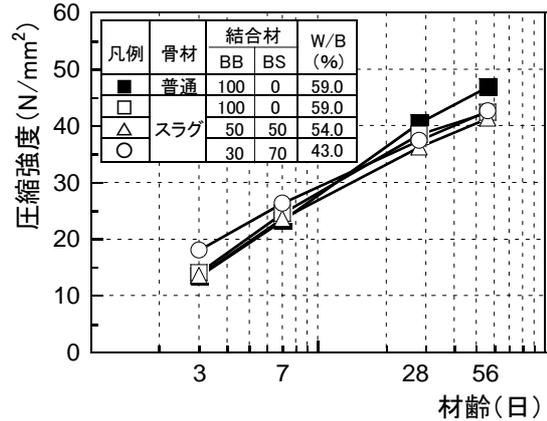


図-2 圧縮強度発現特性

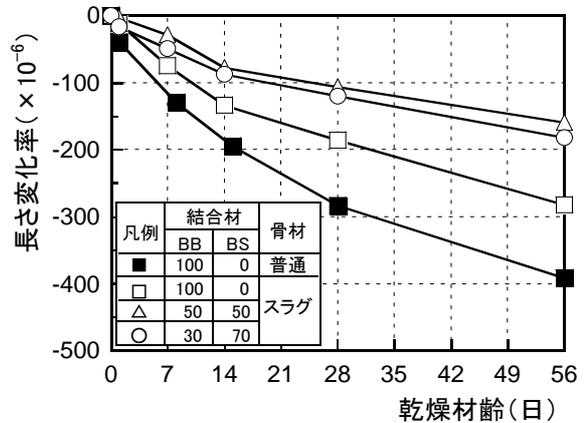


図-3 乾燥収縮特性

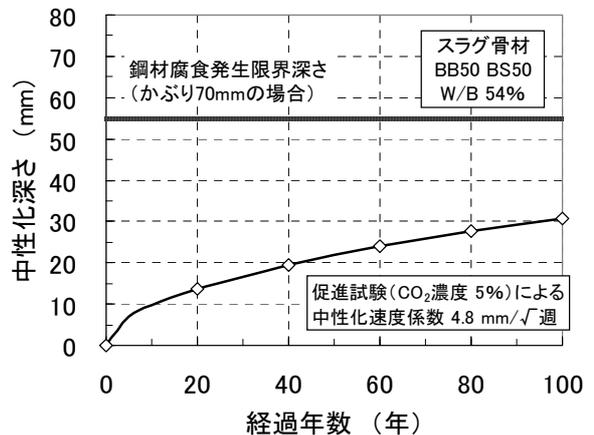


図-4 促進中性化試験結果