

## 高炉スラグ骨材を用いた低炭素型のコンクリートの5年暴露後の表層品質評価

大林組技術研究所 フェロー ○竹田 宣典  
 大林組技術研究所 正会員 桜井 邦昭

### 1. まえがき

近年、環境への配慮の観点から、建設材料に対してもCO<sub>2</sub>排出量の削減が求められるようになってきた。これに対して、高炉スラグ骨材や高炉スラグ微粉末を多量に用いることにより、低炭素型のコンクリートを製造することが可能である。しかしながら、これらのコンクリートの長期的な品質については十分明らかにされていない。そこで、高炉スラグ骨材や高炉スラグ微粉末を用いた低炭素型のコンクリートを屋外に約5年間暴露した後、圧縮強度、中性化深さおよびコンクリート表層の品質について評価を行った。

### 2. 実験概要

#### (1) 使用材料・配合

使用材料を表-1に示す。結合材として高炉セメントB種(BB)、高炉スラグ微粉末(BS)を用い、シリカフェーム(SF)を外割りで添加した。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を用いた。なお、高炉スラグ粗骨材は使用前にプレウェッティングを行った。混和剤は高性能 AE 減水剤 (SP:ポリカルボン酸系)を用いた。

表-1 使用材料

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	シリカフェーム(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(G)	密度2.60g/cm <sup>3</sup> , 吸水率2.48%, FM6.49

配合およびフレッシュコンクリートの試験結果を表-2に示す。結合材として、BBを50%、BSを50%とし、水結合材比は43%とした。結合材に対するBSの混合率は72%である。この配合のCO<sub>2</sub>排出量は103kg/m<sup>3</sup>であり、結合材として全て普通ポルトランドセメントを使用した同等強度のコンクリートのCO<sub>2</sub>排出量の約35%である。

表-3 試験項目と試験方法

試験項目	試験方法	試験位置
圧縮強度	JISA 1108	上部(高さ750mm) 中部(高さ500mm) 下部(高さ250mm)
中性化深さ	JIS A 1152	
表層透気係数	トレント法	
表層硬度	ひっかき試験(日本建築仕上げ学会)	
表面吸水速度	SWAT法	中部(高さ500mm)

#### (2) 暴露試験体

試験体の形状は各辺1mの立方体(マスブロック)とした。型枠は木製とし、上下面には厚さ200mmの発砲スチロールを設置した。試験体は、打込み後14日後に脱型し、雨風を受ける屋外に4年10ヶ月間暴露した。暴露場所の環境は、年平均気温16.7°C、年間降雨量1,317mm(気象庁統計)である。打ち込んだコンクリートのブリーディング率は0.98%であり、圧縮強度は材齢28日で51.8N/mm<sup>2</sup>、材齢91日で60.1N/mm<sup>2</sup>であった。

#### (3) 試験項目および試験方法

試験項目と試験方法を表-3に示す。マスブロック側面の上部、中部、下部において、表層透気試験(トレント法)、表面吸水試験(SWAT)、ひっかき試験(日本建築仕上げ学会)を行い、表層品質の評価を行った。また、試験体の上面より鉛直方向、側面より水平方向にコア(直径100mm)を採取し、圧縮強度および中性化深さを測定した。

表-2 配合およびフレッシュコンクリートの試験結果

目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位置 (kg/m <sup>3</sup> )							SP (B+SF) X (%)	フレッシュコンクリート		
				W	B		SF	S		高炉スラグ粗骨材		スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
					BB	BS		高炉スラグ細骨材	海砂					
21±2	4.5±1.5	43	53.9	172	200	200	10	490	452	772	0.6	22.5	4.8	21.0

キーワード 高炉スラグ骨材, 低炭素, 中性化深さ, 表層品質, 表層透気試験, 表面吸水試験

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, Fax: 0424-95-0940

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 外観および表層硬度

5年間屋外暴露した試験体の表面には、ひび割れはなく、脆弱化、粉化などのアブサンデン現象による変状は見られなかった。また、ひっかき損傷幅(加圧力1.0kg)は、いずれの位置においても0.3mm程度であり、十分な表層硬度が得られていることが確認された。

#### (2) 圧縮強度

図-1に高さ方向の圧縮強度を示す。いずれの高さにおいても圧縮強度は70N/mm<sup>2</sup>程度あり、高さ方向の差異は小さく、屋外暴露による強度の低下は見られなかった。

#### (3) 中性化深さ

図-2にマスブロック側面の中性化深さを示す。屋外暴露5年後の中性化深さは、上部で2.0mm、中部で2.9mm、下部で2.7mmであった。中性化速度係数は、それぞれ0.12, 0.18, 0.17mm/√週であり、同環境における100年後の中性化深さの予測値は8~13mm程度となり、かぶり40mm程度以上ある鉄筋コンクリート構造物では、中性化による鉄筋腐食の発生はないと考えられる。

#### (4) 表層透気係数

図-3に表層透気試験による透気係数(kT値)を示す。測定位置は上・中・下部それぞれ6点で合計18点である。kT値の平均値は上部で0.016×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>中部で0.0063×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>、下部で0.0055×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>であり、上部で相対的に大きい傾向があった。全測定値の平均値は0.009×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>であり、表層品質は"Very good"と評価される<sup>1)</sup>。

#### (5) 表面吸水抵抗性

図-4に表面吸水試験による表面吸水速度(p600)を示す。測定位置は高さ500mmの位置で、測定数は合計12点である。表面吸水速度の最大値は0.24ml/m<sup>2</sup>/sec、最小値は0.063ml/m<sup>2</sup>/secであり、全平均値は0.13ml/m<sup>2</sup>/secであった。測定面により若干のばらつきがあるが、いずれの位置においても吸水抵抗性は「良好」と評価される<sup>2)</sup>。

### 4. まとめ

高炉スラグ微粉末を多量に使用した低炭素型のコンクリートを約5年間屋外に暴露した後の表層品質を確認した結果、極めて良好な品質が確認された。高炉スラグ微粉末を多量に使用した場合においても、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を確保できると考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) R. J. Torrent and G. Frenzer: "A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the covercrete", Proceedings of the International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering ( NDT-CE ), pp. 985-992, 1995
- 2) 林和彦, 細田暁; 表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E2, Vol69, No.1, pp82-97, 2013

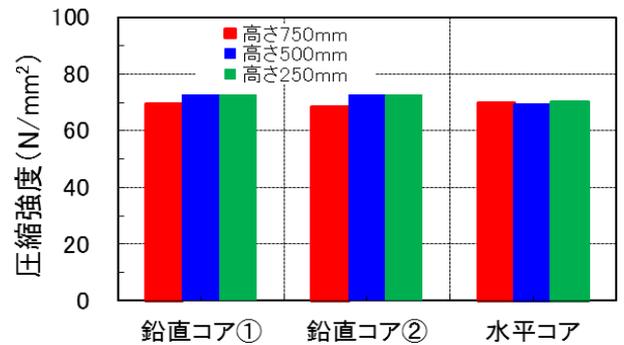


図-1 圧縮強度

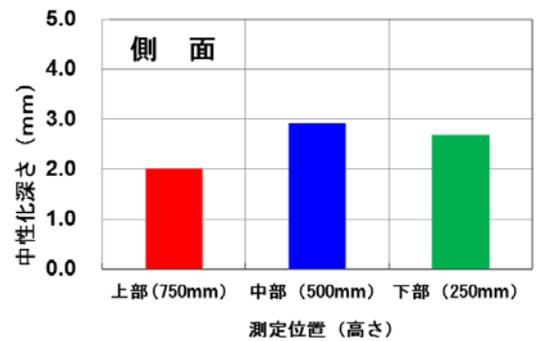


図-2 中性化深さ

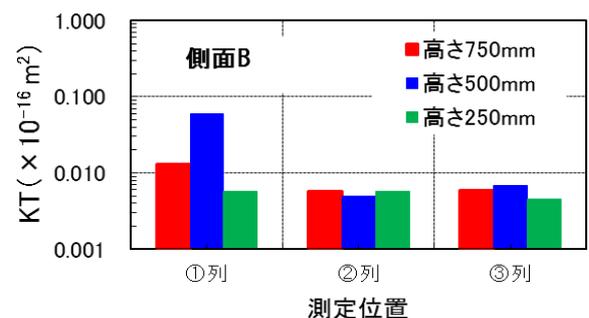
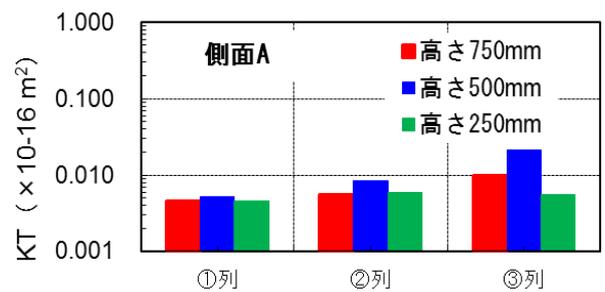


図-3 透気係数 (kT値)

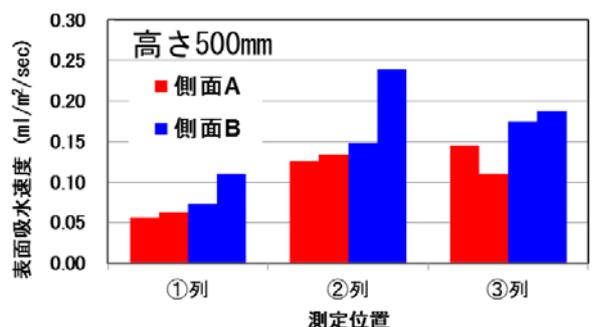


図-4 表面吸水速度 ( p600 )