

V-293 高炉スラグ微粉末を高添加したコンクリートの長期暴露試験結果

鹿島建設技術研究所 正員○伊藤 隆彦
同 上 正員 小谷 一三
同 上 正員 石井 明俊

I. はじめに

近年、高炉スラグ微粉末について各方面で活発な研究が行われており、高炉スラグ微粉末の有効利用という観点からスラグ微粉末を多量に添加する検討も多くなされている。筆者らは、省資源、省エネルギーの観点から、マスコンクリート用に現場粉碎を念頭に置いて高炉水砕を低粉末度、高添加率で利用することを検討したが、その際屋外に暴露し、風雨の影響を受けたコンクリートの長期にわたる品質の変化を把握することを目的として、コンクリートブロック試験体を用いた屋外暴露試験を実施している。今回は、材令11年において暴露試験体の品質を調査した結果を報告する。

II. 暴露試験体の概要

表-1に示すように、スラグの粉末度及び置換率の異なる3種類のスラグセメント及び高硫酸塩スラグセメントを用いてコンクリートブロック（縦65cm、横65cm、高さ47cm）を作製した。使用材料及びコンクリートの配合は表-2及び表-3に示すとおりである。

III. 暴露条件及び調査項目

昭和50年7月から屋外（東京都調布市）に放置して長期の暴露を実施している。今回実施した調査項目を以下に示す。

- 表面状況観察
- シュミットハンマーによる試験体表面の反発硬度測定
- 採取コアによる中性化深さ測定
- コア供試体を用いた圧縮強度（JISA1108に準拠）

IV. 調査結果

a. 表面状況観察

配合A、B、Cの試験体は、表面部のペースト部が一部欠落しているものもみられたが、全体的には、健全な状態で保たれていた。一方、高硫酸塩スラグセメントを用いた配合Dの試験体は表面から5mm前後のモルタルが劣化してなくなり粗骨材がむき出しの状態であった。

b. シュミットハンマーによる試験体表面の反発硬度測定

材令1年及び11年における反発硬度の測定結果を表-4に示す。表-4から材令11年における反発硬度は、いずれの配合においても材令1年の反発硬度より減少している。また材令1年における反発硬度を基準にして、材令11年の場合を比較すると、配合Aが76%で材令の経過に伴う減少割合が最も大きく、また配合Dは粗骨材がむき出しの状態のため、測定できない状態であった。

表-1 実験シリーズ

配 合 No.	スラグ粉末度 (cm ² /g)	スラグ置換率 (%)	刺 激 剤
A	3860	70	1.5% (CaCl ₂)
B	3860	90	1.5% (CaCl ₂)
C	2000	70	1.5% (CaCl ₂)
D (高硫酸塩スラグセメント)	成 分		
	スラグ (3860cm ² /g)	85%	
	2 水石膏	13%	
	ポルトランドセメント	2%	

表-2 使用材料

材 料	摘 要
セメント	普通ポルトランドセメント 比重=3.15
細 骨 材	富士川産川砂 比重=2.63 FM=3.07
粗 骨 材	青梅産砕石 比重=2.64 FM=7.05
混 和 材	高炉スラグ微粉末 比重=2.90
AE減水剤	リグニンスルホン酸塩

表-3 コンクリートの配合

配 合 No.	Gmax (cm)	水結材比 W/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)		フレッシュコンクリートの物 性	
				水	結合材	スランプ (cm)	空気量 (cm)
A	25.0	48.8	43.0	156	320	8.0	2.3
B		47.5	43.0	152	320	7.0	1.6
C		50.0	43.0	160	320	8.0	2.1
D		50.0	43.0	160	320	3.0	2.0

c. 採取コアによる中性化深さの測定

中性化深さの測定結果を表-4に示す。配合AとBの比較から、置換率が70%から90%に増加すると中性化深さは4.6 mmから11.8mmに増加し、その比は約2.6 倍となった。一方、配合AとCを比較すると、粉末度が2000 cm^3/g の場合の中性化深さは3.7 mmであり、3860 cm^3/g の場合とほとんど差が見られず、中性化に対してはスラグの粉末度より置換率の影響が大きいことを示している。また高硫酸塩スラグセメントを用いた配合Dの中性化深さは、13.9mmと最も大きな値であった。

材令1年及び11年におけるスラグの置換率70%の配合A、Cの中性化深さの実測値及び既往の中性化速度推定式(岸谷式²⁾)を用いて推定したスラグ置換率60%の中性化深さと材令との関係を示したのが図-1である。図-1より、今回の暴露試験体では推定値に比べ、材令1年での中性化深さは大きいものの、材令11年での中性化深さは若干小さくなっている。

d. コア強度

コアの圧縮強度試験結果を表-5に示す。供試体は、中性化部分を除去した健全部分から成っている。表-5より材令11年のコア強度は、いずれの配合においても標準材令とした材令91日強度よりも大きく、125 ~ 153 %となっている。また、スラグの粉末度3860 cm^3/g 、置換率70%の配合Aと比べ、低粉末度のスラグを用いた配合C、スラグ高添加の配合Bの方が、材令91日強度を基準とした材令11年の強度増進率が大きい。この結果から粉末度が2000 cm^3/g 程度の低いものでも粉末度3860 cm^3/g 、置換率70%の配合Aとほぼ同程度の長期強度の増進が確認された。しかし、圧縮強度の絶対値については、材令91日で強度発現が大きい配合Aが材令11年においても最も強度が大きかった。また、高硫酸塩スラグセメントを用いた配合Dについては、初期強度の発現が大きいにもかかわらず、長期強度の増進はスラグの粉末度3860 cm^3/g 、置換率70%の配合Aとほぼ同等であった。

V. まとめ

高炉スラグを低粉末度、高添加率で用いたコンクリートについて、長期暴露を実施し、材令11年における品質を検討した。試験結果から、シュミットハンマーによる反発硬度から推測した材令11年時の表面部の圧縮強度は、材令1年における値より、76~93%に低下していた。しかしながら、コンクリートコアによる強度試験結果から材令11年におけるコア強度は、標準材令とした材令91日の強度よりも大幅に増加していることから、試験体のごく表面部分を除いた内部では、良好な品質を保っていると考えられる。また高硫酸塩スラグセメントを用いたコンクリートでは、ごく表面の劣化はあるものの、初期強度の発現が大きだけでなく、長期強度の増進もあることが確かめられた。

表-4 中性化深さ測定及び表面硬度測定結果

配合No.	スラグ粉末度 (cm^3/g)	スラグ置換率 (%)	中性化深さ (mm)		表面硬度測定結果 (kgf/cm^2)		
			材令1年	材令11年	材令1年	材令11年	増進率 (%)
A	3860	70	4.1	4.6	324	245	76%
B	3860	90	7.1	11.8	255	199	78%
C	2000	70	2.5	3.7	324	301	93%
D	高硫酸塩スラグセメント		5.4	13.9	—	—	—

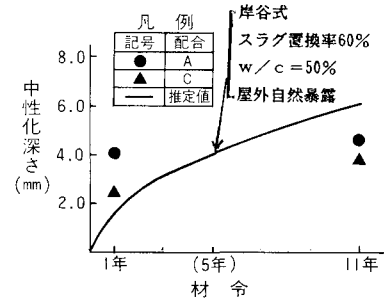


図-1 中性化深さと材令との関係

表-5 コア強度試験結果

配合No.	スラグの粉末度 (cm^3/g)	スラグの置換率 (%)	強度試験結果 (kgf/cm^2)			材令11年コア 強度試験結果 (kgf/cm^2)	材令11年コア 強度/91日 (%)
			σ_7	σ_{28}	σ_{91}		
A	3860	70	184	310	393	491	79
B	3860	90	110	209	276	421	76
C	2000	70	145	231	308	416	75
D	高硫酸塩スラグセメント		215	405	512	645	79
							125

<参考文献>(1)中原、小谷、檜原、平田;スラグセメントコンクリートの研究、鹿島建設技術研究所年報、23、24号
(2)和泉意登志、喜多達夫、前田照信;中性化、技報堂、1986、8