

V-64

蒸気養生した高SO<sub>3</sub>スラグ微粉末混和コンクリートの強度と耐透水性

第一セメント㈱技術開発室 正会員 鯉淵 清 山口博之  
神崎隆男 久保田賢

1. はじめに

高炉スラグ微粉末は、高炉セメントに代表されるセメントの混和材として古くから利用されてきた。最近では、さらに微細化したスラグの高度利用が進み、その特性を活かし、より低発熱化、高強度・高耐久性化を旨としたセメントの混和材あるいはコンクリートの混和材として、その目的に応じて広く普及しつつある。

本研究は、セグメントなどに代表される高強度で、かつ水密性を必要とするコンクリート二次製品の混和材として、微細化したスラグあるいはこれに無水石膏を添加したスラグを用い、蒸気養生したコンクリートの強度発現性、および耐透水性について調べたものである。

2. 実験

2.1 使用材料

表1に使用材料を示した。スラグはブレン比表面積で約4000cm<sup>2</sup>/gと約6000cm<sup>2</sup>/gの2種類とし、6000cm<sup>2</sup>/gのスラグについては、SO<sub>3</sub>量が5.0%と10.0%になるように無水石膏で調整した。また、セメントに対するスラグの置換率は、いずれの場合も50%とした。

2.2 コンクリートの配合

表2にコンクリートの配合を示した。目標スランプは3cm、空気量は2%とし、結合材量を400kg/m<sup>3</sup>と450kg/m<sup>3</sup>の2水準とした。

表1 使用材料

種別	記号	物性	
		ブレン比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	SO <sub>3</sub> 量 (%)
結合材	普通ポルト	NC	ブレン 3210cm <sup>2</sup> /g SO <sub>3</sub> =2.0% 比重 3.16
	高炉スラグ微粉末	S	ブレン 4200cm <sup>2</sup> /g SO <sub>3</sub> =0.0% 比重 2.91
		FS	ブレン 6250cm <sup>2</sup> /g SO <sub>3</sub> =0.0% 比重 2.91
		FS5	ブレン 6310cm <sup>2</sup> /g SO <sub>3</sub> =5.0% 比重 2.91
		FS10	ブレン 6320cm <sup>2</sup> /g SO <sub>3</sub> =10.0% 比重 2.91
骨材	細骨材	—	千葉山砂 比重 2.60 FM 2.71 吸水率 1.83
	粗骨材	—	奥多摩石灰砕石 比重 2.70 FM 6.46 Max 20mm
混和剤	高縮合芳香族スルホン酸塩化物	—	—

表2 コンクリートの調査

結合材の種類	目標値		単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (X)	s/a (X)	W	NC	FS	細骨材	粗骨材	混和剤 (%)
N C	3	2	33.0	45.0	132	400	0	844	1067	5.20
スラグ 5.0%	3	2	29.3	45.0	132	450	0	825	1044	5.85
			29.3	44.7	132	200	200	831	1067	4.95
スラグ 10.0%	3	2	29.3	44.7	132	225	225	811	1044	5.45

2.3 圧縮強度と透水試験

図1に示した蒸気養生を施し、以降20℃湿度60%の気乾養生した供試体について圧縮強度および透水試験を行った。また、圧縮強度は、蒸気養生しない標準水中養生供試体についても試験した。透水試験はインプット法を用い、10kgf/cm<sup>2</sup>の水圧で48時間保持し、平均透水深さを測定し、拡散係数を求め評価した。<sup>1)</sup>

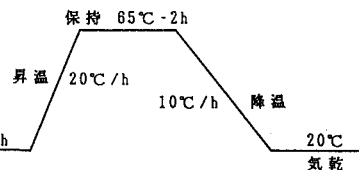


図1 蒸気養生条件

2.4 水和物と水和組織

蒸気養生した材令28日のモルタル部の水和物と水和組織をXRDとSEMで調べた。

3. 結果および考察

3.1 圧縮強度

図2に標準水中養生の圧縮強度を示した。この図から、約4000cm<sup>2</sup>/gのスラグを混和したコンクリートの圧縮強度は短期材令ではNC使用よりも低いのが、約6000cm<sup>2</sup>/gのスラグを用いることで短期材令の強度がやや改善され、さらに無水石膏を添加したスラグを用いると材令7日からNC使用を上回る強度を発現することがわかる。この傾向はスラグ中のSO<sub>3</sub>量が10%と多い方が顕著である。次に、図3に示した蒸気養生の強度発現をみると、標準水中養生の強度と比べて各混和材間の差が顕著となり、その中でも特に無水石膏を添加したスラグを用いたコンクリートは材令1日の脱型時からNC使用を上回る強度を発現し、その

後の強度発現も良好であることがわかる。また、スラグ中のSO<sub>3</sub>量が10%と多い方が短期・長期とも高い強度を示した。これらのことから、無水石膏でSO<sub>3</sub>量を5~10%と多くした約6000cm<sup>2</sup>/gのスラグは、蒸気養生によるコンクリート二次製品の高強度化に有効な混和材であると考えられる。

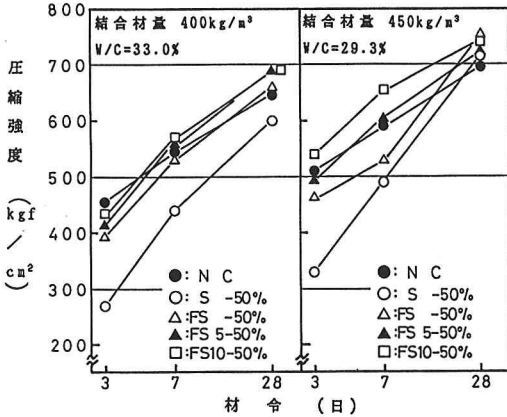


図2 圧縮強度 (標準水中養生)

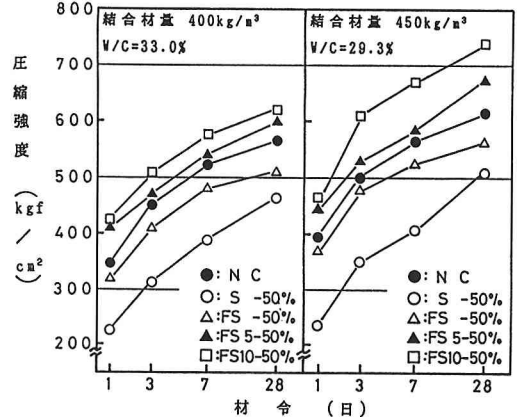


図3 圧縮強度 (蒸気養生)

### 3.2 透水性

図4に、蒸気養生後気乾養生した各種コンクリートの材令28日と91日の拡散係数を示した。スラグを混和したコンクリートは水密性が高く耐透水性に優れると言われており、本結果も、スラグを混和したコンクリートはいずれの場合でもNC使用より小さい拡散係数であった。また、スラグの粉末度が耐透水性に及ぼす影響は約4000cm<sup>2</sup>/gと約6000cm<sup>2</sup>/gでは顕著ではないが、スラグ中のSO<sub>3</sub>の影響は大きく、SO<sub>3</sub>量が10%と多い方がより効果的であった。

### 3.3 水和物と水和組織

XRDで同定された主な水和物は、NC使用および無水石膏無添加のスラグ使用の場合、少量のモノサルフェートであるのに対して、無水石膏を添加したスラグ使用の場合は比較的多量のエトリンガイトと少量のモノサルフェートであった。また、写真1に示したようにスラグを混和したコンクリートの水和組織は緻密で、無水石膏を添加したスラグの場合は空隙や細孔部が針状のエトリンガイトで埋めつくされ、さらに緻密化している様子がうかがえた。このことが、高強度化と水密性向上の一因と考えられる。

### 4. まとめ

本研究で、無水石膏でSO<sub>3</sub>量として5~10%になるように調整した粉末度が約6000cm<sup>2</sup>/gのスラグは、コンクリート二次製品の高強度化と水密性の向上に有効なセメント・コンクリートの混和材料であることが明らかとなった。

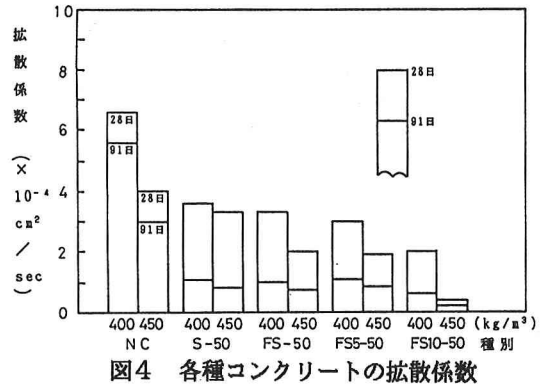


図4 各種コンクリートの拡散係数

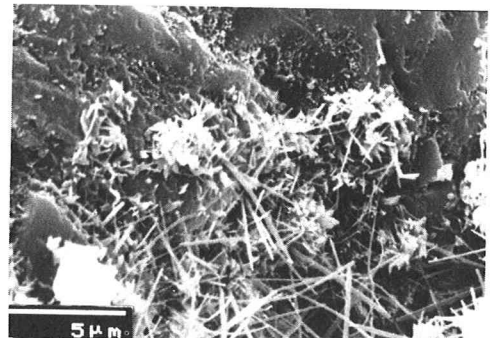


写真1 FS10-50のSEM写真