

けい酸塩系表面含浸材を施工した高炉スラグ微粉末混入モルタルの強度特性

高知工業高等専門学校 学生会員

○二神 啓

高知工業高等専門学校 正会員

近藤拓也

横井克則

富士化学（株） 正会員

黒岩大地

1. はじめに

高炉セメントコンクリートは、長期強度の増加や塩化物イオンの浸透抑制などに効果があるが、初期強度が低いなどの問題がある。そのため初期強度の増加を目的として、練混ぜ時にアルカリ刺激剤を添加することで潜在水硬性が促進され圧縮強度が増加する研究事例がある¹⁾。また、高炉スラグ微粉末を用いた硬化体は長期材齢においても、多くの未反応な高炉スラグ微粉末が残存している²⁾。そのため高炉スラグ微粉末を用いた硬化体に対して、アルカリを供給することで硬化体表層部の潜在水硬性が促進し強度が増加すると考えられる。そこで本研究では、置換率を変えた材齢 28 日の高炉モルタルに対するアルカリ性を有するけい酸塩系表面含浸材の施工が、ビッカース硬さおよび圧縮強度に与える影響について検討を行った。

2. 実験方法

モルタル配合を表-1 に示す。供試体はモルタルとし、セメントは普通ポルトランドセメント、混和材は高炉スラグ微粉末(ブレン値：4000cm²/g)、細骨材は石灰砕砂を使用した。混和剤は AE 剤を使用し、スランブおよび空気量を調整した。配合はセメント、水および細骨材の質量比が 1：0.5：3 の割合とし、セメントに対して内割りで高炉スラグ微粉末を 0, 30, 60%置換とした(以下、BFS0, BFS30, BFS60)。使用したけい酸塩系表面含浸材はけい酸ナトリウム系とし、乾燥固形分を溶解させた表面含浸材の密度が 1.2g/cm³ になるように配合した。表面含浸材は、水分計を用いてモルタル表面含水率が 7%程度になるように処理し施工した(S)。表面含浸材の使用量は 0.4L/m² とし、0.2L/m² ずつ 2 回に分けて施工した。検討ケースおよび実験項目を表-2 に示す。比較として表面含浸材を施工しないケースも実施し、養生条件は気中養生(D)および水中養生 (W) とした。

ビッカース硬さ試験は、材齢 91 日以降に JIS Z 2244 に基づき、モルタル切断面の表面硬さを測定した。表面含浸材は打込み面および底面以外

の側面 1 面に施工した。圧縮強度試験は、φ50mm×100mm の円柱供試体とし、JIS A 1107 に準じて実施した。表面含浸材は供試体全面に施工した。

3. 結果および考察

3.1 ビッカース硬さ試験

モルタルの表面からのビッカース硬さ分布について、BFS0 の結果を図-1 に、BFS30 および BFS60 の

表-1 モルタル配合

種類	W/B (%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	BFS	S
BFS0	55	255	464	-	1392
BFS30	55	255	325	139	1392
BFS60	55	255	186	278	1392

表-2 検討ケースおよび試験実施項目

ケース名	BFS 置換率	養生方法および期間(材齢)						圧縮強度 試験	ビッカース 硬さ試験
		1日	2日	5日	7日	28日	29日以降		
BFS0_D	0%	脱型	水中養生		気中養生			—	○
BFS0_S		脱型	水中養生		気中 養生	含浸材 施工	気中養生	—	○
BFS30_D	30%	脱型	水中 養生	気中養生			○	○	
BFS30_W		脱型	水中養生				○	○	
BFS30_S		脱型	水中養生		含浸材 施工	気中養生	○	○	
BFS60_D	60%	脱型	水中 養生	気中養生			○	○	
BFS60_W		脱型	水中養生				○	○	
BFS60_S		脱型	水中養生		含浸材 施工	気中養生	○	○	

キーワード：高炉スラグ微粉末、けい酸塩系表面含浸材、ビッカース硬さ、圧縮強度
連絡先：〒783-8508 高知県南国市物部乙 200 番 1 TEL：088-864-5659

結果を図-2 に示す。BFS0_S において、表面から 4mm 程度までビッカース硬さが約 20Hv 増加した。これは表面含浸材とコンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の反応により緻密化したためと考えられる。

一方で、BFS30 および BFS60 では BFS0 と比較して、セメント量が少ない上に潜在水硬性によりアルカリが消費されるため $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が少なく、特に BFS60 においては BFS0 と比べ、コンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が 50%以下であると考えられる。そのため表面含浸材による改質効果も低下すると考えられる。しかし、図-2 より S 供試体のビッカース硬さが 4mm 程度まで約 15Hv 増加し、W 供試体と同程度の値を示した。これは表面含浸材による反応に加え、表面含浸材の反応によって生成されるアルカリ (NaOH) および表面含浸材のアルカリ成分によって潜在水硬性が促進したためと考えられる。また、BFS30 と BFS60 間での明確な差は確認できなかった。

3.2 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図-3 に示す。表面含浸材の施工により、材齢 56 日の圧縮強度が増加する傾向を示した。これは 3.1 で述べたように、表面含浸材による反応に加え、スラグの硬化が促進したためと考えられる。その後、材齢 91 日において圧縮強度の増加は確認できず、W 供試体とほぼ同じ値を示した。このことより表面含浸材の施工による圧縮強度の増加は、表面含浸材の施工初期で終了すると考えられる。また、置換率の増加に伴い圧縮強度が低下する傾向を示した。しかし、BFS30 および BFS60 共に表面含浸材の施工により材齢 56 日の圧縮強度が増加し、その後の強度増加は確認できなかった。

4. まとめ

置換率を変えた材齢 28 日の高炉モルタルに対してけい酸塩系表面含浸材を施工し、ビッカース硬さ試験および圧縮強度試験を行った。その結果、表面含浸材の施工により、置換率に関わらずビッカース硬さが増加する傾向を示した。また、表面含浸材の施工により材齢 56 日で圧縮強度が増加する傾向を示したが、その後の圧縮強度の増加は確認できなかった。

参考文献

- 1) 武田均, 岡本礼子, 宮原茂禎, 丸屋剛: 高炉スラグ微粉末の硬化性状に及ぼす各種アルカリ刺激剤の効果, 土木学会第 66 回年次学術講演会, pp.1003-1004, 2011.9
- 2) 井元晴丈, 小泉信一, 杉山知巳, 小山広光: 高炉セメントコンクリートの強度発現性に及ぼす C-S-H 系早強剤の効果, プレストレストコンクリート工学会, 第 24 回シンポジウム論文集, pp.327-330, 2015.10

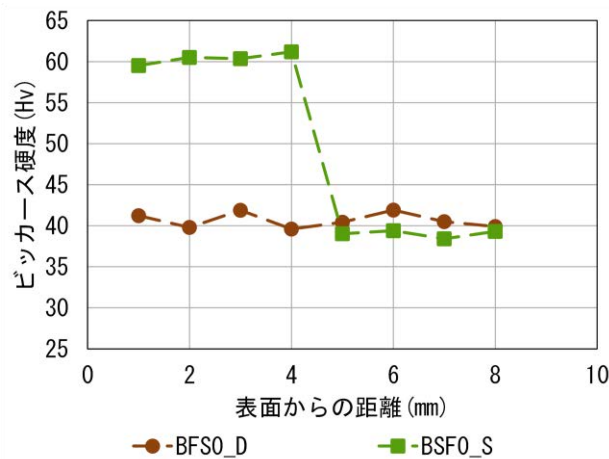


図-1 ビッカース硬さ分布

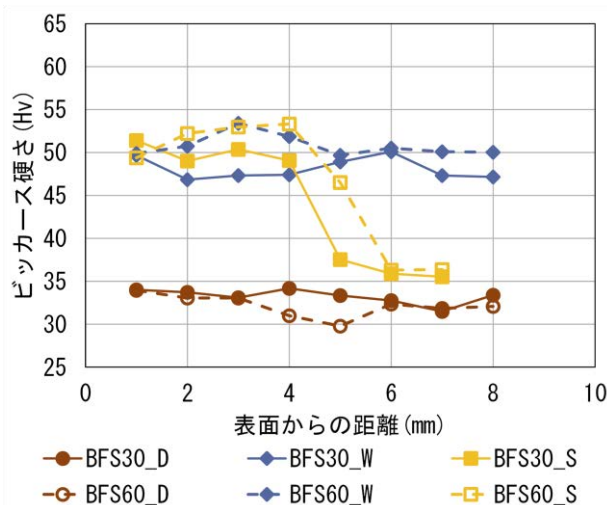


図-2 ビッカース硬さ分布

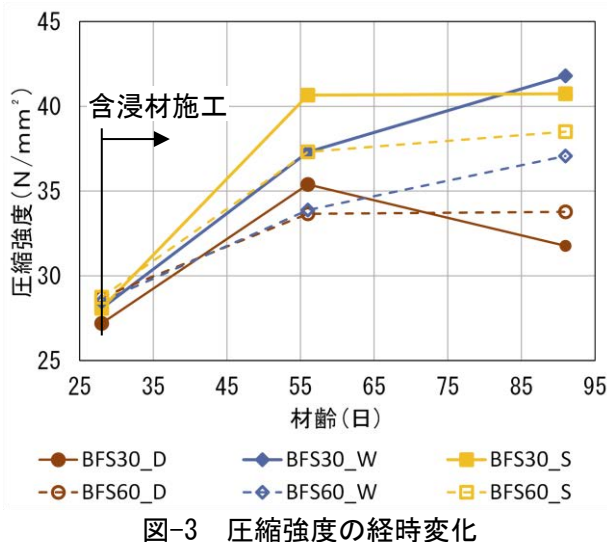


図-3 圧縮強度の経時変化