

## 高炉セメント B 種の自己収縮に及ぼす無水石こうと石灰石微粉末の影響

前橋工科大学 学生会員 ○茂木 裕晃  
フェロー会員 佐川 孝広

## 1. 研究背景・目的

高炉セメントは、製鉄所の溶鉱炉(高炉)から副生する高炉水砕スラグを微粉碎した高炉スラグ微粉末と、ポルトランドセメントを混合して製造される。現在使用されている高炉セメントのほとんどが、高炉スラグ微粉末を 40-45%程度混合させた高炉セメント B 種である。高炉セメント B 種を使用したコンクリートの特性は、長期強度や耐海水性、アルカリシリカ反応抑制効果などに優れている。これらの特性のうち主に耐久性の観点から、高炉セメントは幅広い工事に使用されている<sup>1)</sup>。

既往の研究<sup>2)</sup>では、高炉セメント B 種のスラグ置換率において、無水石こうと石灰石微粉末量を変化させたモルタル圧縮強度試験及びセメントペーストによる水和反応解析が実施されている。本研究では、これら加えて自己収縮を測定し、圧縮強度及び水和反応解析との関係性を評価することで、高炉セメント B 種の自己収縮に及ぼす無水石こうと石灰石微粉末の影響について検討した。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料

本研究では、普通ポルトランドセメント(OPC)、高炉スラグ微粉末 4000(BFS)、無水石こう(CS)、及び石灰石微粉末(LSP)を用いた。

高炉セメント B 種の配合は、既往の研究結果より、CS の混和率毎で、材齢 3 日のモルタル圧縮強度が最大になった LSP 混和率の配合を選定した(表 1)。表中の略記号(abbr.)は、CS 及び LSP の混和率をそれぞれ C,L とそれに続く数値にて表すこととし、C0L0 は CS 及び LSP の混和率がいずれも 0%であることを示す。

## 2.2 自己収縮の測定

自己収縮を測定したモルタルの配合は、水セメント比 35%、5 号珪砂を細骨材比 1.0 として用い

表 1 高炉セメント B 種の材料構成

No.	Abbr.	composition(%)				JIS
		OPC	BFS	CS	LSP	
1	C0L0	55	45	0	0	
2	C0L6	49		6	×	
3	C2L4	49		2	4	×
4	C4L4	47		4	×	
5	C6L2	47		6	2	×

た。自己収縮の測定は既往の研究<sup>3)</sup>を参考にし、φ 50×100mm 試験体を用い、モルタルと型枠面との摩擦を除去するために底面及び側面にフッ素樹脂シートを設置し、埋込型ひずみゲージ(弾性係数 2.75GPa)を用いて測定した。モルタルの打設後、水分逸散を防ぐためにパラフィンフィルムにて被覆し、アルミニウムテープで封緘した。測定環境は 20℃一定とした。測定したデータは、モルタル打ち込み直後からの初期膨張を含めた長さ変化、最大膨張量および最大膨張時からの自己収縮量をそれぞれ評価した。

## 3. 実験結果及び考察

図 1 に長さ変化の測定結果を示す。CS 量が 4、6%で初期の膨張ひずみが大きく、CS 量が 0、2%での初期の膨張ひずみは同程度となったが、その後の自己収縮の傾向は異なった。

図 2 に、最大膨張時を基点とした自己収縮の測定結果を示す。ここで、図 1、図 2 に示した最大膨張量や長さ変化、自己収縮に影響を及ぼす要因を検討するため、既往の研究<sup>2)</sup>で得られた強度試験や水和反応の結果と比較、検討した。表 2 には、最大膨張量および材齢 70 日での長さ変化、自己収縮量と各種特性値との相関をとった際の寄与率( $R^2$ )を示す。さらに、材齢 28 日のエトリンサイト(AFT)生成量と最大膨張量及び材齢 3 日の圧縮強度と自己収縮量の関係を図 3 に示す。

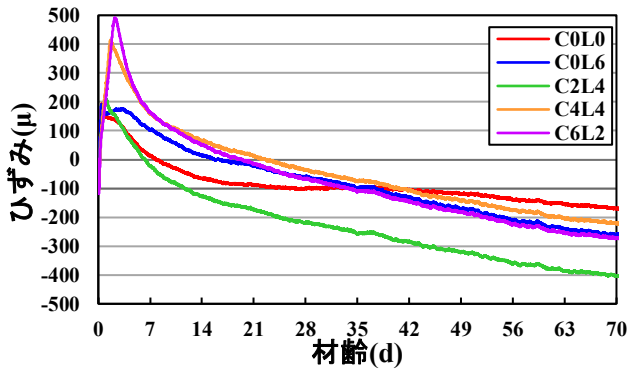


図1 長さ変化の測定結果

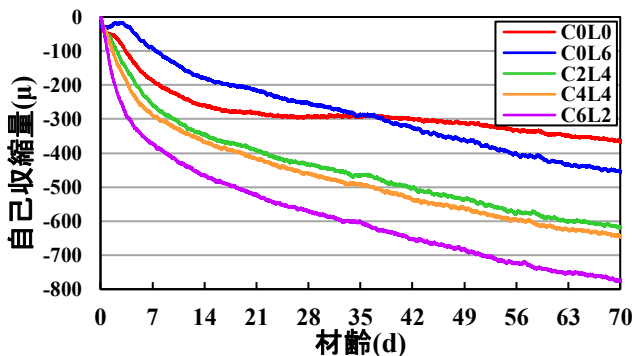


図2 自己収縮の測定結果

表2 最大膨張量, 長さ変化, 自己収縮量と各種特性値の寄与率

特性値	材齢	最大膨張量	長さ変化	自己収縮量
圧縮強度	3d	0.79	0.10	0.93
	7d	0.23	0.57	0.72
	28d	0.48	0.01	0.46
AFt生成量	3d	0.80	0.09	0.93
	7d	0.94	0.01	0.85
	28d	0.95	0.01	0.88
スラグ反応率	3d	0.42	0.43	0.88
	7d	0.03	0.01	0.04
	28d	0.24	0.01	0.15

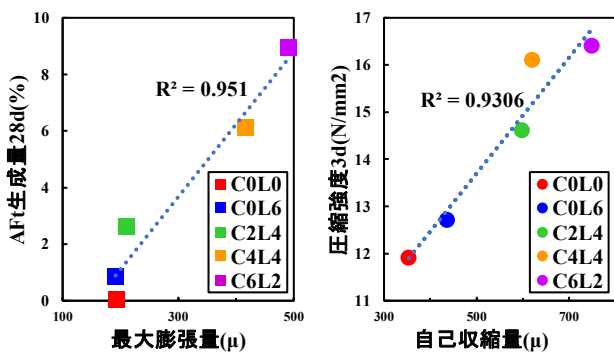


図3 自己収縮量及び最大膨張量と特性値の関係

図3より, 初期膨張ひずみ大きいほど AFt 生成量も増大する傾向がみられた. これは, AFt 生成量が増大する高炉セメントの組成で, 初期膨張量が大きくなることが考えられる.

硬化後の自己収縮については, 材齢3日のスラグ反応率及び圧縮強度と高い相関が認められた. これは, 初期強度発現性の高い高炉セメントの組成ほど自己収縮量も大きくなる傾向があること<sup>4)</sup>, 高炉セメントB種(BB)へのLSPの混和によりBFSの初期水和反応は促進すること<sup>5)</sup>が報告されており, CS及びLSPの混和によりBBの強度発現や水和反応は変化し, 初期の強度発現や反応性の高い高炉セメントの組成で硬化後の自己収縮が大きくなる傾向にあると考えられる.

4. まとめ

- (1) 初期膨張量と AFt 生成量に相関がある.
- (2) CS, LSP の混和により BB の強度発現や水和反応は変化し, 初期の強度発現や反応性の高い高炉セメントの組成で硬化後の自己収縮が大きくなる傾向にある.

参考文献

- 1) 岩波光保, 伊藤始, 皆川浩, 佐川孝広: コンクリート工学, 理工図書, pp.22, 2021
- 2) 佐川孝広, 中島航介: 高炉セメントB種の強度発現と水和反応に及ぼす無水石こうと石灰石微粉末の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.121-126, 2017
- 3) Sharmilan Suntharalingama, Yuya Takahashi: Experimental study on autogenous shrinkage behaviors of different Portland blast furnace slag cements, Construction and Building Materials, Volume 230, 2020
- 4) 土木学会コンクリート技術シリーズ 89, 混和材料を使用したコンクリートの物性変化と性能評価研究小委員会(333委員会)No.2, 2010
- 5) 佐川孝広, 名和豊春: 高炉セメントの水和反応に及ぼす石灰石微粉末の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.93-98, 2007