

高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの自己収縮特性に関する検討

榊大林組 正会員 ○野島 省吾 フェロー 新村 亮 正会員 片野 啓三郎

1. はじめに

高炉スラグ微粉末高含有コンクリートは、その二酸化炭素排出量抑制効果から社会的要望が高まっている¹⁾が、普及拡大には高炉スラグ微粉末の大量利用がコンクリートに与えるメリット・デメリットを把握することが重要となる。高炉スラグ微粉末の大量利用により、水和熱の低減が期待できる一方で、高温履歴を受けた際の自己収縮量が大きくなる懸念がある。本検討では、高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの自己収縮特性の温度依存性を把握し、その対策として石膏の添加による収縮改善効果を確認した。

2. 実験概要

表-1,2 に材料と配合の一覧を示す。高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの結合材は N セメント 25% + BFS 75% とし、W/B は既往の知見²⁾ より BB55.0 と同程度の強度が得られる 47.5% と 55% の 2 ケースとした。また、添加する石膏に関しては、既往の研究³⁾ では無水石膏・二水石膏のどちらでも効果があるとされているが、今回は風化の恐れのない二水石膏を採用した。二水石膏の添加量は、結合材中の SO₃ 量が 4.0% (JIS R5211 : 高炉セメント C 種の上限値 4.5% 以下) となるよう内割で定めた。

表-3 に試験ケース一覧を示す。10×10×40cm 供試体を用いた自己収縮計測を 20℃ と 50℃ の恒温環境で行い、高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの自己収縮と、二水石膏添加効果の温度依存性を把握した。さらに、実際のマスコンクリートに近い温度履歴での二水石膏添加効果を確認するためにマスブロック内部のひずみ計測 (図-1) も実施した。また、圧縮強度試験を実施し、石膏添加による強度への影響を確認した。

3. 試験結果

図-2 に 10×10×40cm 供試体の自己収縮試験結果の内、20℃・50℃ 恒温で実施した試験結果を示す。50℃ 恒温ケースの有効材齢 5~7 日付近で見られるひずみの変動は、恒温槽から取り出して脱型したことが原因であり、今回検討とは無関係の変動である。有効材齢で見ると BB55.0、CC47.5 の自己収縮進行は 20℃ と 50℃ であまり差が無く、温度依存性が小さい。一方で、石膏を加えた CC47.5+Gy に関しては 50℃ 恒温槽の

表-1 使用材料一覧

材料	記号	概要
普通ポルトランドセメント	N	密度 : 3.16g/cm ³ SO ₃ 量 : 2.3%
高炉セメント B 種	BB	密度 : 3.04g/cm ³
高炉スラグ微粉末	BFS	ブレン値 : 4,250 密度 : 2.86 g/cm ³ SO ₃ 量 : 2.05%
二水石膏	Gy	メディアン径 : 20μm 密度 : 2.32 g/cm ³
練混ぜ水	W	水道水
細骨材	S	山砂・石灰石砕砂混合品 密度 : 2.62 g/cm ³ FM : 2.64
粗骨材	G	石灰石砕石 密度 : 2.69 g/cm ³

表-2 配合概要一覧

名称	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
			W	結合材 : B		
				C	BFS	Gy
BB55.0	55.0	44.5	155	BB 282	—	—
CC47.5	47.5	44.5	155	N 81	245	—
CC47.5+Gy	47.5	44.5	155	N 78	234	14
CC55.0	55.0	44.5	155	N 71	211	—
CC55.0+Gy	55.0	44.5	155	N 67	202	12

表-3 試験ケース一覧

名称	自己収縮（埋込みゲージ法）			圧縮強度 (JIS A 1108)
	10×10×40cm供試体		マス ブロック	
	20℃恒温	50℃恒温		
BB55.0	○	○	○	○
CC47.5	○	○	○	○
CC47.5+Gy	○	○	○	○
CC55.0	○	—	—	—
CC55.0+Gy	○	—	—	—

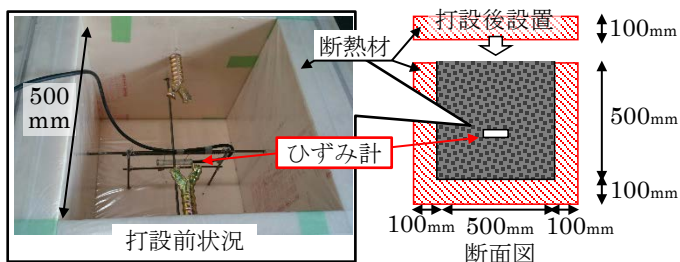


図-1 マスブロック試験体概要

キーワード 高炉スラグ微粉末, 自己収縮, 二水石膏

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322

方が 20℃恒温槽よりも初期膨張ひずみが約 1.5 倍大きい。図-3 に 20℃恒温での W/B47.5%と 55.0%試験結果を示す。CC47.5 と CC55.0 の自己収縮ひずみ履歴はほぼ同じであり、二水石膏を添加した CC47.5+Gy と CC55.0+Gy のひずみ履歴もほぼ同じであった。図-4,5 にマスブロックの計測結果を示す。CC47.5 と CC47.5+Gy はほぼ同じ温度履歴となったが、CC47.5+Gy は初期の温度上昇時の膨張ひずみが 100 μ 程度多く、ほぼ常温となった材齢 28 日の時点でも BB55.0、CC47.5 と比較して 100 μ 以上膨張ひずみが残存している。

図-6 に圧縮強度試験結果を示す。CC47.5+Gy は石膏添加により、CC47.5 と比較して 3 日強度が 8%向上し、28 日強度が 9%低下する結果となった。

4. 解析による試算

二水石膏添加による初期膨張ひずみの導入と長期強度の若干の低下を反映した温度応力解析を実施した。初期膨張ひずみの最大値は最高温度の影響を受けられるが、今回は 20℃恒温条件での試験結果から、二水石膏の有無によるひずみの差分だけの膨張ひずみが有効材齢に応じて導入される設定とした。その他の条件設定は既往の報告²⁾に準じ、夏期に打設される厚さ 1.3m の壁部材を比較対象とした。解析結果を図-7 に示す。高炉スラグ微粉末高含有コンクリート (CC) の最小ひび割れ指数が二水石膏添加 (CC+Gy) により、約 10%改善した。

5. まとめ

本検討において得られた知見を以下に示す。

- ・高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの自己収縮の温度依存性は BB 使用配合と同程度であり、二水石膏添加による初期膨張ひずみ量は温度の影響を受けることが確認された。
- ・マスコンクリート内部で温度が変動する場合でも、二水石膏添加による初期膨張ひずみの導入は有効であり、温度応力解析上、中庸熱セメントを使用したコンクリート相当の温度ひび割れ抑制効果が得られた。

今後、初期膨張ひずみの温度依存性や、二水石膏添加が耐久性に及ぼす影響を明らかにし、高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの最適な二水石膏添加量を探る。

参考文献

- 1) 例えば、平成 27 年首相官邸地球温暖化対策推進本部決定「日本の約束草案」
- 2) 野島省吾ほか：高炉スラグ高含有コンクリートの温度ひび割れに対する検討, 年次学術講演会, 2017
- 3) 例えば、近藤連一ほか：セメントに添加される石膏の適正な形態と量, 窯業協会誌 63 巻 705 号, 1955

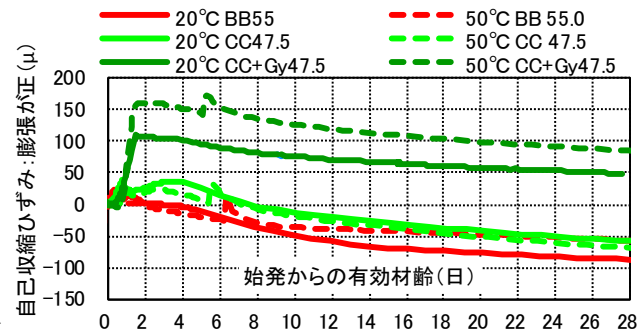


図-2 10×10×40cm 供試体自己収縮試験結果 (20℃・50℃比較)

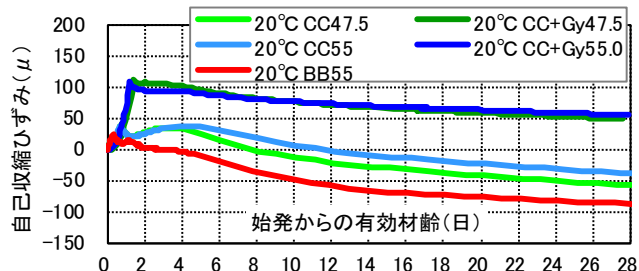


図-3 10×10×40cm 供試体自己収縮試験結果 (20℃恒温 W/B47.5%・55.0%比較)

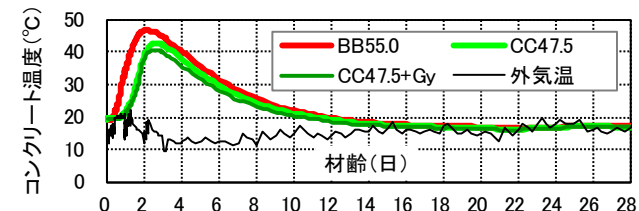


図-4 マスブロック供試体内部温度履歴

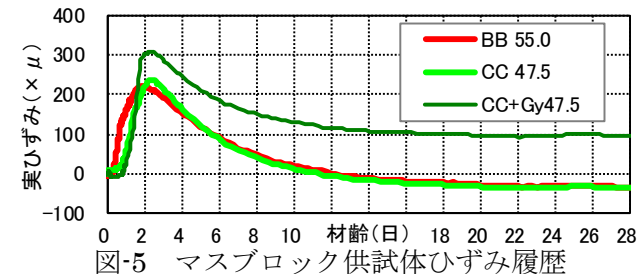


図-5 マスブロック供試体ひずみ履歴

	材齢3日	材齢7日	材齢28日
BB55.0	18.7	30.3	44.9
CC47.5	14.2	30.8	44.4
CC47.5+Gy	15.3	28.3	40.5

圧縮強度 (N/mm²)

図-6 圧縮強度試験結果

結合材	BB	N	M	CC	CC+Gy
温度上昇量	42.1℃	45.1℃	34.6℃	23.0℃	23.0℃
最小ひび割れ指数	0.78	0.80	1.17	1.05	1.16

図-7 温度応力解析結果