

高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの養生管理と場所打ち床版への適用

榑大林組 正会員 ○野島 省吾 フェロー 新村 亮 正会員 上垣義明

1. はじめに

高炉スラグ微粉末高含有コンクリートは、湿潤養生時のコンクリートの温度の影響を受けやすいとされている¹⁾。土木学会「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計・施工指針」には、表-1 に示す湿潤養生期間の目安が示されているが、高炉スラグ微粉末（以下 BFS）の置換率が 70%を超える配合に関しては、各配合に応じて適切に設定する必要がある。特に、高炉スラグ微粉末高含有コンクリートを比表面積の大きな部材に適用する場合、初期養生が品質に与える影響が大きいことが予想される。

表-1 高炉スラグ微粉末と湿潤養生期間の目安						
置換率 (%)	30~40	40~60			60~70	
ブレン値	4000	3000	4000	6000	4000	
日平均気温	15℃以上	6 日以上	7 日以上	7 日以上	6 日以上	8 日以上
	10℃以上	9 日以上	9 日以上	9 日以上	8 日以上	11 日以上
	5℃以上	12 日以上	12 日以上	12 日以上	11 日以上	14 日以上

今回、床版の場所打ち部分（厚さ 200mm 程度）に、置換率 75%の高炉スラグ微粉末高含有コンクリートを適用し、その適切な養生管理方法を把握する目的で、養生環境と強度の関係を試験にて検討した。

2. 養生試験概要

表-2, 3 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% +BFS75%とし、水結合材比を 49.5%とした。なお、フレッシュ試験では静置 30 分後の性状として、スランプ 16.0cm, 空気量 3.8%を確認している。表-4 に

表-2 使用材料

材料名	記号	諸元
セメント	N	普通ポルトランドセメント 密度 3.16
	BB	高炉セメント B 種 密度 3.04
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末 4000 密度 2.89
練混ぜ水	W	上水道水
細骨材	S1	陸砂 千葉県君津市 密度 2.58
	S2	石灰石砕砂 栃木県佐野市 密度 2.65
粗骨材	G1	石灰石砕石 2005 栃木県佐野市密度 2.70
	G2	石灰石砕石 2005 埼玉県秩父郡密度 2.70
混和剤	Ad	AE 減水剤 遅延型 I 種

表-3 試験配合

呼び方	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)							Ad
			B		W	S1	S2	G1	G2	
			N	BFS						
27-15-20 (N+BFS)	49.5	46.5	86	258	170	326	489	483	483	1.0

検討した養生方法とその期間を示す。また、図-1 に養生中の温度履歴を示す。外気温は材齢 7 日までの平均気温が 14℃, 日格差が 8℃程度であり、材齢 28 日時点の有効材齢は 18 日程度であった。一方、標準養生で用いた水槽の水温は 20℃一定であった。封緘養生は写真-1 に示すように、ビニール袋に入れて実施し、外気中での所定の封緘養生後に気中暴露とした。20℃一定環境での封緘養生は、ビニール袋に入れた供試体を標準養生用水槽に沈め実施した。

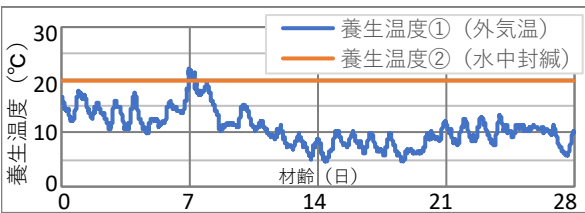


図-1 養生温度履歴

表-4 封緘養生試験 養生条件一覧													
養生環境	材齢 (日)	0	1	2	3	...	7	...	14	...	18	...	28
	有効材齢 (日)	0	0.8	1.6	2.3	...	5.3	...	10.1	...	12.3	...	18.3
①外気封緘	試験体名	外封-0	打設	脱型				○					○
		外封-3											○
		外封-7					○						○
		外封-14											○
		外封-28					○						○
養生環境	材齢 (日)	0	1	2	3	...	7	...	14	...	18	...	28
	有効材齢 (日)	0	1	2	3	...	7	...	14	...	18	...	28
②標準養生	試験	20℃水-28	打設	脱型				○					○
③20℃封緘	体名	20℃封-28									○		○

■

暴露状態

■

封緘養生

■

水中養生

○

圧縮強度試験実施材齢



写真-1 養生試験状況① (右：暴露状態 左：封緘養生)



写真-2 養生試験状況③ (20℃水中での封緘養生)

キーワード 高炉スラグ微粉末, 低炭素型コンクリート, 養生

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 大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL 03-3355-3442

3. 養生試験結果

表-5 に圧縮強度試験結果を示す。また、図-2 に、有効材齢と強度の関係を示す。封緘養生を 7 日間（養生期間中平均気温：14℃）実施し、その後空气中に暴露した供試体（外封-7）は、封緘養生を 14 日間実施した供試体（外封-14）や 28 日間実施した供試体（外封-28）と同等の圧縮強度となり、有効材齢で 6 日以上上の封緘養生による強度増進効果が小さい結果となった。これは、表-1 中に示されている、4000 ブレーンの高炉スラグを置換率 60～70% で使用し、平均気温が 10～15℃ の場合の湿潤養生期間の目安である「11 日以上」よりも短い期間である。一方、20℃ 一定の温度履歴における、水中養生供試体（20℃水-28）と封緘養生供試体（20℃封-28）を比較すると、封緘養生で約 6% 強度が低下した。また、ほぼ同じ有効材齢 18 日の封緘養生供試体（外封-28 の材齢 28 日試験と 20℃封-28 の材齢 18 日試験）であっても、平均養生温度の違いにより約 5% の差が生じた。

4. マスブロックでの強度確認

養生試験で使用した φ10cm×20cm 円柱供試体は、寸法が小さく全面が養生面となるため、1 面のみが養生・暴露面となる実打設のコンクリートよりも養生の影響を受けやすいと言える。一方、表面の養生が躯体内部の強度にどの程度影響を及ぼすのかは不透明であった。このため、屋内で製作・設置し、水分供給のない封緘養生を継続したマスブロックからコアを採取し、強度を確認した。マスブロックとコア供試体の概要を図-3 に示す。また、図-4 に圧縮強度試験結果を示す。コア供試体は、温度履歴や試験材齢が標準養生供試体と異なるが、長期的な強度は標準養生の供試体と同程度となり、低炭素型コンクリートであっても内部の品質は一般的な高炉セメント B 種を用いたコンクリート同様に標準養生供試体を用いて判断して良いことを確認した。

5. まとめと実施工における養生管理

養生試験結果より、高炉スラグ微粉末高含有コンクリートの表層品質確保のためには有効材齢で 6 日程度までの養生が重要であり、封緘養生より給水養生の方が効果的であった。また、養生試験において外気温履歴を与えた供試体では、実材齢 28 日で呼び強度を満足できなかったが、①有効材齢 6 日以上封緘養生すれば、長期封緘養生と同程度の強度が得られ

ること、②封緘養生したマスブロックのコアでは標準養生供試体と同程度の強度が得られていること、③実打設時の平均気温が 18℃程度であることから、同配合を打設して問題ないと判断した。以上より、実施工では写真-3 に示すようにホーススプリンクラーでの散水養生を 7 日間実施した。

表-5 封緘養生試験 圧縮強度一覧

養生環境	材齢 (日)		7	18	28
	有効材齢 (日)		5.3	12.3	18.3
①外気封緘	試験体名	外封-0	12.2	—	15.4
		外封-3	—	—	21.2
		外封-7	18.0	—	25.4
		外封-14	—	—	26.4
		外封-28	18.0	—	26.4
養生環境	有効材齢 (日)		7	18	28
②標準養生	試験	20℃水-28	22.5	—	34.1
③20℃封緘	体名	20℃封-28	—	27.8	32.0

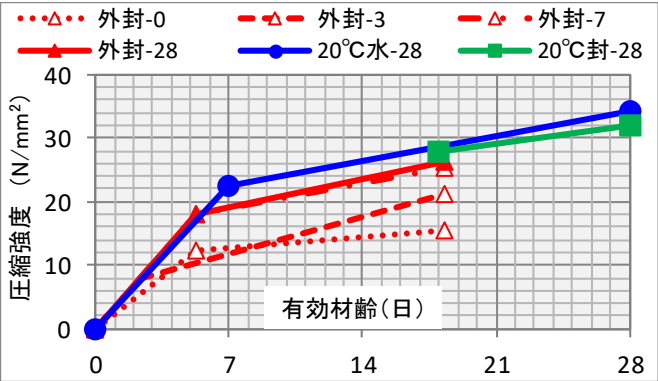


図-2 有効材齢-圧縮強度関係

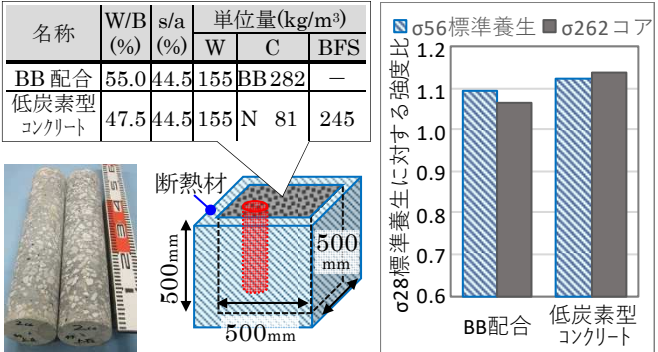


図-3 マスブロック試験体概要 図-4 コア試験結果



写真-3 実施工での養生状況

参考文献

- 1) コンクリートライブラリー152 混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針(案)