

高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの強度発現と養生方法との関係に関する研究

東北大学 学生員 落合 栄司

東北大学 正 員 三浦 尚

東北大学 学生員 千葉 武生

1. 背景及び目的

近年、水和熱の低減やアルカリ骨材反応の制御を目的に高炉スラグ微粉末 (Ground Granulated Blast-Furnace Slag 以下 GGBS) をポルトランドセメントに高い割合で置換したコンクリートの使用が考えられている。GGBSを混和したコンクリートは強度の発現が遅く、特に低温下での初期強度の発現は著しく遅延する傾向がある。この傾向は粉末度が小さいほど、また置換率が大きいくほど顕著に見られる。初期強度が低いとコンクリートは初期凍害を受けたり、また現場での作業に支障をきたしたりするため、寒冷地においてはある程度の初期強度を給熱を行って確保することは重要であると考えられる。

そこで本研究では、寒冷地における施工を想定して、GGBSを混和したコンクリートの養生方法についての検討を行った。

2. 使用材料及び実験方法

セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。使用したGGBSは、粉末度 $4040\text{cm}^2/\text{g}$ (以下GGBS 4)、 $5910\text{cm}^2/\text{g}$ (以下GGBS 6)、 $7890\text{cm}^2/\text{g}$ (以下GGBS 8) の3種類で、それぞれセメントに重量比で50, 60, 70, 80%置換して使用した(化学成分は表1参照)。細骨材として宮城県大和町産の山砂を使用した。モルタルの配合は、水:結合材:細骨材=1:2:5とした。供試体は $5\times 10\text{cm}$ の円柱供試体を使用した。養生条件はそれぞれの結合材において、 20°C 一定養生、 5°C 一定養生、そして初期強度を確保するため2つの給熱期間で給熱養生を行った。給熱は打設後直ちに所定の期間 30°C で行い、給熱後の温度は 5°C 一定養生とした。すべての供試体は脱型後にポリエチレンシート及び塩化ビニルシートで二重に密封し、水分の出入りをなくした。圧縮強度試験は材齢1, 2, 4, 8, 13週で行った。

表1 高炉スラグ微粉末の化学成分

ig. loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	全アルカリ量
0.3	33.4	15.3	0.7	42.0	6.2	0.3	0.8	0.44

3. 実験結果及び考察

スラグ置換率50%の強度発現に及ぼす養生方法の影響を、粉末度別に図1に示す。GGBS 4の結果を見ると、 5°C 一定養生での強度発現が悪いため、初期強度が必要な場合は給熱養生が必要になる。給熱養生の影響は、給熱を1日行くと材齢7日強度で 5°C 一定養生の約1.5倍、2日行くと 5°C 一定養生の約1.9倍まで改善されており、その影響は材齢28日には見られなくなっている。GGBS 6では、 5°C 一定養生でも比較的強度発現は良く、GGBS 4と材齢7日で比較すると約 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ 上回っている。材齢91日になると 20°C 一定養生に対する 5°C 一定養生の強度比は78%となっており、GGBS 4のそれと比較すると低温下での強度発現が優れていることが分かる。GGBS 8では、 5°C 一定養生でもGGBS 4の 20°C 一定養生と同程度の強度発現を示しており、低温下でも強度発現は非常に良いことが分かる。GGBS 6とGGBS 8の給熱を行ったものの長期強度は、 5°C 一定養生と比較して強度の低下が見られており、特にGGBS 8ではそ

の影響が顕著に現れている。GGBS 8で給熱養生を行ったことによる初期強度改善の割合は、長期強度の低下の割合に比べて非常に小さいので、給熱養生は行わない方が良いものと考えられる。

図 2は、スラグ置換率80%の強度発現に及ぼす養生方法の影響を、GGBS 4とGGBS 8について示したものである。GGBS 4の結果を見ると、20℃一定養生でも置換率50%と比べ強度の低下が大きく、5℃一定養生に関しては給熱養生を行わないと初期強度は非常に低く、材齢28日でも給熱を行ったものとの強度差は大きい。GGBS 8では、20℃一定養生で材齢56日以降の強度の伸びが少なくなっている。GGBS 6でも同じ傾向が見られた。GGBS 8では、置換率の増加による強度の低下は、GGBS 4と比較すると小さく抑えられており、置換率増加による圧縮強度の低下は粉末度を高くすると低減できるものと思われる。

図 3は、スラグ置換率の影響をGGBS 8を例に示したものである。20℃一定養生では置換率増加による強度の低下は少ないが、5℃一定養生では置換率80%の7日強度が他の置換率に比べて低下が大きく現れていることが分かる。置換率増加による強度低下の傾向は低温下では大きくなることが示された。

4. 結論

寒冷地においてGGBSを使用する場合には、 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度の粉末度では高い初期強度が必要な場合には給熱養生を行う必要がある。しかし、 $8000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度の粉末度になると低温下でも初期の強度発現は良く、給熱養生を行わなくても高い初期強度を確保できると考えられる。粉末度が高い場合に給熱養生を行うと、給熱後の強度発現が少なくなることがあるので注意が必要である。また、置換率増加による強度低下の傾向は、粉末度が低いほど、また温度が低いほど顕著に現れた。

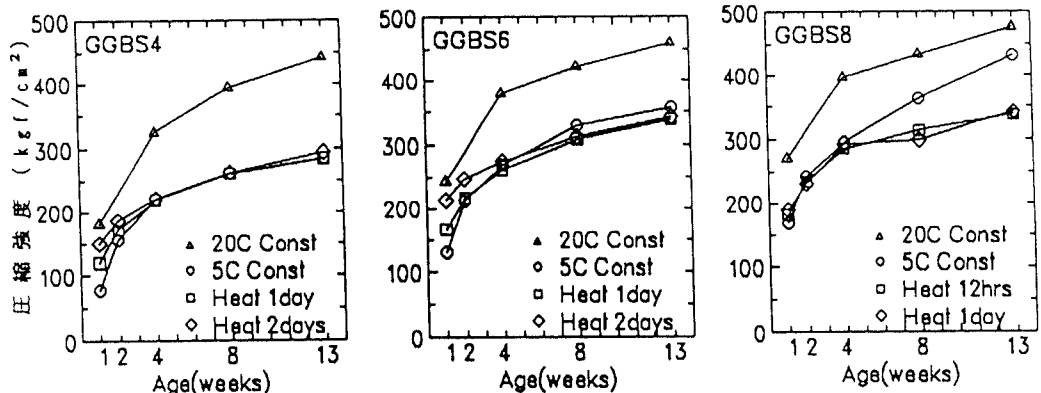


図 1 養生方法の影響 (GGBS置換率50%)

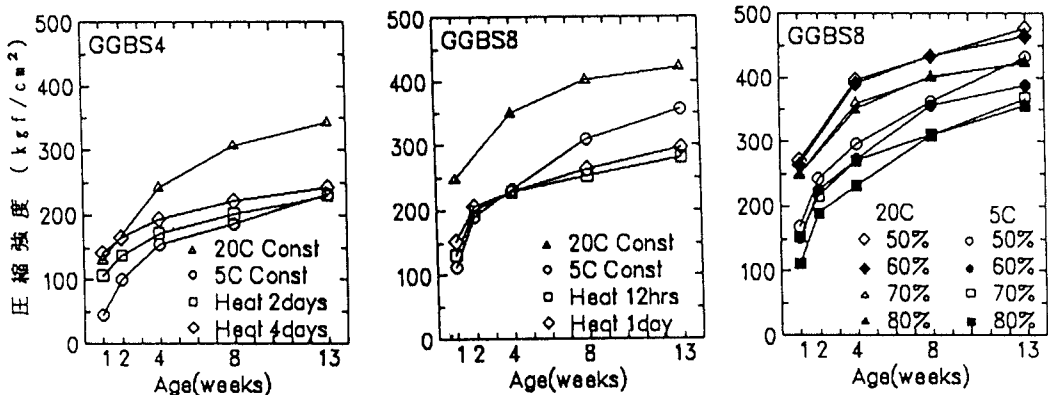


図 2 養生方法の影響 (GGBS置換率80%)

図 3 置換率の影響 (GGBS 8)