

低温下における高炉スラグ微粉末混和コンクリートの強度発現特性

東北大学 正会員 ○ 岩城一郎

東北大学 関 紀宏

東北大学 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

近年、高強度コンクリートや高流動コンクリートの普及に伴い、東北地方のような寒冷地においても高炉スラグ微粉末を混和した水結合材比の低いコンクリートが施工されるようになってきた。寒冷地で高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートを施工する場合、スラグを混和しないブレンな配合と比較して、強度発現が低下することが指摘されている¹⁾。しかしながら、高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの氷点下領域も含めた低温下における強度発現特性を詳細に検討した研究例は少なく、実測データに基づく積算温度式の検討も十分に行われていないのが実状である。そこで本研究では、高炉スラグ微粉末を混和した高流動コンクリートを想定したモルタル供試体を作製し、20℃、5℃、0℃、-5℃で封かん養生を行い、低温下における高炉スラグ微粉末混和コンクリートの強度発現特性を調べることにした。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末はブレン比表面積が4510cm²/g及び8240cm²/gの2種類を使用した。細骨材は宮城県大和町産の山砂（比重2.55、

表-1 基本となる高流動コンクリートの配合

	W/B (%)	W/C (%)	GGBS/B (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (B×%)
				W	C	GGBS	S	G	
BS4000/70	35	117	70	175	150	350	764	911	1.2
BS8000/50		70	50	175	250	250	768	915	1.2
Plain		35		175	500	0	776	925	1.2

B=C+GGBS

粗粒率2.63)、高性能AE減水剤はポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体を使用した。配合は、高炉スラグ微粉末を混和した高流動コンクリートを想定し、水結合材比W/B=0.35、高炉スラグ微粉末の粉末度4510cm²/g、置換率70%の配合 (BS4000/70) とスラグ粉末度8240cm²/g、置換率50%の配合 (BS8000/50)、及び水セメント比W/C=0.35のブレンな配合 (Plain) の3種類とした。モルタルの配合は表-1に示す配合から粗骨材を取り除くことにより設定した。養生方法は、寒冷地で望ましいと判断される封かん養生を採用した。供試体は、φ5cm×10cmの円柱供試体とし、打設後直ちに20℃、5℃、0℃、-5℃一定の恒温室内にそれぞれ置いて、材齢7日と28日で圧縮強度を測定した。また、打設後すぐに-5℃で養生を行った場合、強度発現がほとんど得られないことが予想されたため、材齢2日及び7日まで5℃恒温室内で養生を行い、その後-5℃恒温室内で28日間養生を行った際の圧縮強度（材齢30日及び35日）についても測定を行った。

3. 実験結果及び考察

図-1にBS4000/70、BS8000/50、Plainの各養生温度に対する強度発現結果を示す。図より、BS4000/70では20℃養生と比較して5℃及び0℃養生の強度発現が明らかに低下しており、5℃と0℃では、強度発現に大きな違いは見られない。また、-5℃養生では、材齢28日においても強度がほとんど発現しないことが確認された。BS8000/50でもBS4000/70と同様の傾向を示しているが、材齢28日では20℃養生の強度に5℃、0℃養生の強度が近づいており、BS4000/70と比較すると低温での強度発現が多少改善されている。また、-5℃養生においてもわずかではあるが強度の発現が確認された。一方、高炉スラグ微粉末を混和していないPlainでは、スラグを混和した配合と比較して、20℃養生の強度に5℃、0℃養生の強度が材齢7日時点でかなり近づいている。材齢28日において、5℃と0℃の圧縮強度が同じになっているが、これはばらつきの可能性もあり、その後の

材齢における圧縮強度を確認する必要がある。また、 -5°C 養生を行った場合、スラグを混和した配合と比べ、明らかに強度発現が増進している。以上のことから、高炉スラグ微粉末を混和した場合、Plainな配合と比較して明らかに低温下での強度発現が低下し、その傾向は、粉末度が低く、置換率が高いほど顕著に現れることが確認された。

図-2に3種類の配合に対して 5°C 養生を2日及び7日行った後、 -5°C 養生を28日間行い、その間の強度増加量を測定した結果を示す。図より材齢2日で -5°C 養生を行ったBS4000/70では、 -5°C 養生開始時の圧縮強度が1.5MPaと小さいことからその後初期凍害を受けた可能性もあると考えられるが、28日間の強度増加量は4.2MPaと、フレッシュな状態から -5°C 養生を行った場合(図-1参照)と比べ明らかに強度増加することが確認された。BS4000/70で材齢7日より -5°C 養生を行った場合、7.1MPaとかなり大きな強度増加が期待できる結果となった。BS8000/50では材齢2日より -5°C 養生を行った場合、その後の圧縮強度増加量は12.4MPa、材齢7日より -5°C 養生を行った場合、圧縮強度増加量は9.8MPaと、 -5°C 養生下においても顕著な強度発現を示すことが確認された。一方、Plainな配合では、材齢2日から -5°C 養生を行った場合、圧縮強度増加量は19.5MPaと、BS4000/70、BS8000/50と比較して明らかに大きな値を示している。ただし、材齢7日から -5°C 養生を行った場合には、 -5°C 養生開始時の圧縮強度が36.2MPaと高いことからその後の強度増加がやや頭打ちの傾向を示している。

4. 結論

以上の検討結果より、以下の結論が導かれる。

- 1) 高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートは、スラグを混和しないプレーンな配合と比較して明らかに低温下での強度発現が低下し、その傾向はスラグの粉末度が低く、置換率が高い場合ほど顕著に現れる。
- 2) フレッシュな状態から -5°C 養生を行った場合、強度の発現はほとんど期待できないが、ある程度強度が発現した後で -5°C 養生を行うと、スラグを混和した配合でもある程度の強度発現が期待できる。このように氷点下領域における強度発現は、氷点下養生開始時のセメント硬化体の強度や水分状態等に依存すると考えられる。

【参考文献】

- 1) T. Miura, I. Iwaki : Effects of Curing Methods in Cold Regions on Strength of Concrete Incorporating Ground Granulated Blast Furnace Slag. 4th CANMET/ACI/JCI Intl. Symp. on Advances in Concrete Technology, ACISP-179, pp.815-829, 1998

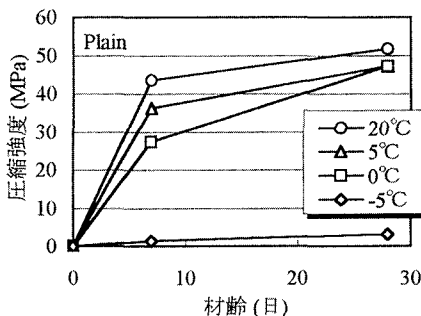
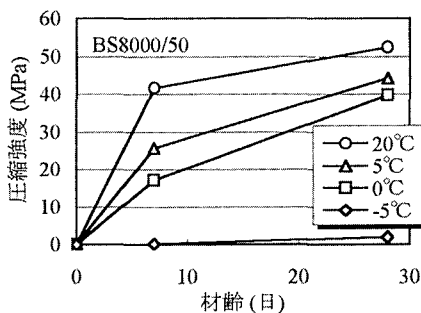
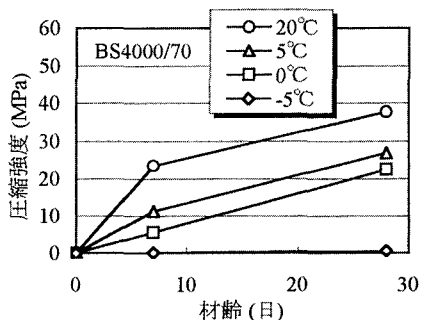


図-1 各配合の養生温度別強度発現性

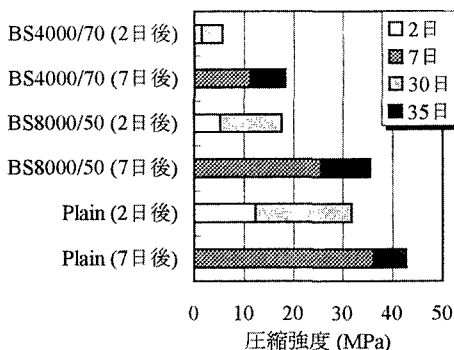


図-2 -5°C で養生を行った各配合の強度発現