

V-18 低温環境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に関する研究

東北大学 学生員 ○ 関 紀宏
 東北大学 青木大地
 東北大学 正会員 岩城一郎

1. はじめに

近年、高流動コンクリートの普及、資源の有効利用といった観点から、高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートの施工例が増加している。十分に硬化した高炉スラグ微粉末混和コンクリートは融雪剤が散布される環境下においても優れた耐久性を発揮することが知られており、寒冷地においても普及が望まれている。しかし、寒冷地においてこの種のコンクリートを施工する場合、氷点下領域やそれに近い過酷な気象条件にさらされるため、強度発現の遅れやコンクリート中の水分が凍結することによって生じる初期凍害を受ける危険性が大きくなると予想される。そこで、本研究ではこのうちの後者に着目し、高炉スラグ微粉末を混和した高流動コンクリートを対象としたモルタル供試体を作製し、氷点下を含む初期の養生温度が強度発現性に及ぼす影響について、配合条件の違いや凍結温度に着目し、検討を行うこととした。

2. 実験概要

表-1 使用材料

使用材料	記号	諸物性
普通ポルトランドセメント	C	密度 3.16g/cm ³ , プレーン比表面積 3290cm ² /g
高炉スラグ微粉末	BS4000	密度 2.92g/cm ³ , プレーン比表面積 4450cm ² /g
	BS8000	密度 2.91g/cm ³ , プレーン比表面積 7980cm ² /g
細骨材 (宮城県大和町産山砂)	S	密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 2.05, F.M=2.82
高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系と 架橋ポリマーの複合体

表-1 に実験に使用した材料を、表-2 に実験で用いた基本となる配合をそれぞれ示す。配合は、スラグを混和したコンクリートのうち、強度発現に問題があると予想される BS4000-

表-2 基本となる配合

配合	W/P (%)	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (B×%)
			W	C	BS	S	G	
BS4000-70	35	70	175	150	350	764	911	1.1
BS8000-50		50	175	250	250	768	915	1.1
Plain		0	175	500	0	776	925	1.1

$$B=C+BS$$

70, 強度発現に優れていると判断される BS8000-50, 及び比較用としてスラグを混和しない Plain の 3 種類とした。モルタルの配合は表-2 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、寒冷地における現場の状況を想定し、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℃, -3℃, -5℃, -10℃の恒温室にそれぞれ 1 日間静置した。その後、20℃一定養生を行い、材齢 7, 28, 56, 91 日で圧縮強度を測定した。以後それぞれの養生条件を 20S, 5S, 0S, -3S, -5S, -10S と呼ぶこととする。

3. 実験結果および考察

図-1 より、5S, 0S については、20S に比べて、すべての配合で強度発現がほぼ等しいか、大きくなっていることが分かる。これは材齢初期に低温で養生を行ったことにより 20℃一定養生のものに比べて、その後の水和反応に好影響をもたらしたためであると判断される。一方、養生温度が氷点下領域に入ると、各配合で強度発現が大きく低下していることが分かる。-10S のような厳しい凍結温度の場合、20S の強度発現を基準とした場合の強度発現低下傾向は全ての配合でほぼ同様な結果となっているが、-3S, -5S のような比較的高い凍結温度の場合には BS4000-70 や BS8000-50 に比べて Plain の方がこの低下傾向は顕著に現れている。

一般的に、低温環境下 (0℃, 5℃) においては、高炉スラグ微粉末を混和した配合は高炉スラグ微粉末を混和しないプレーンな配合に比べて強度発現は低下すると言われている¹⁾が、打設後すぐに氷点下にさらさ

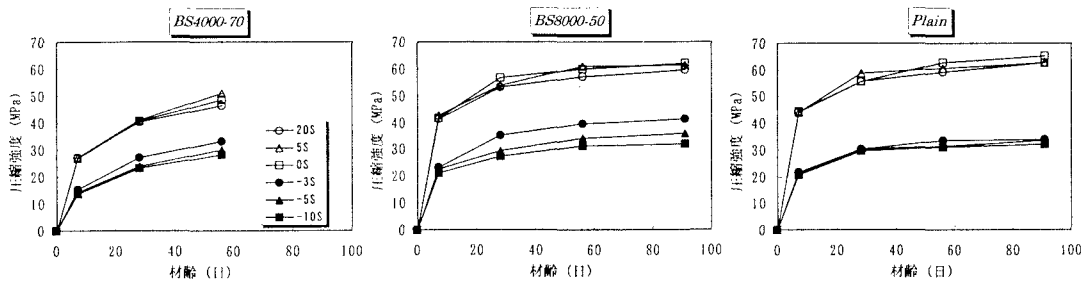


図-1 氷点下養生が強度発現に与える影響

れ、初期凍害を受けてしまうような場合には、20S の強度発現を基準とした場合の -3S、-5S の強度発現低下傾向は、逆に Plain の方が高炉スラグを混和した配合に比べて、顕著に現れることが確認された。そこで、本研究では、フレッシュ時のセメント粒子および高炉スラグ微粉末粒子により形成されるペーストの密実性の違いが凍りやすさに影響を与え、配合による強度発現結果の違いを引き起こした可能性があると考え、この点に着目し考察を進めることとした。図-2 に各配合での粉体粒子の大きさを考慮した分散状態のイメージ図を示す。図-2 から分かるように BS4000-70 や BS8000-50 ではセメントより細かい高炉スラグ微粉末によって空隙が満たされており、Plain より密な状態にあると言える。本研究のように、凝結がまだ始まっていないコンクリートの凍結では、氷が形成し始めると連続的に水分子が吸収されて氷が成長する。融解後に空隙を残しこれが原因でコンクリートの品質が低下するものと考えられる。つまり、今回の結果は、Plain の方が粉体粒子間の空間が大きく、氷を形成する際の水分の移動抵抗が少ないため、氷が形成されやすい状況になったのではないかと推察される。そして温度上昇後、氷が解けてできる空隙が Plain な配合の場合には、高炉スラグ微粉末を混和した配合に比べて多くなったために凍結による強度低下がより顕著に現れたものと思われる。また、スラグとセメントの粉体自体の性質から水分の移動を拘束する性質にも違いが生じ、これが要因となり凍結量に違いが現れた可能性もあると推察される。

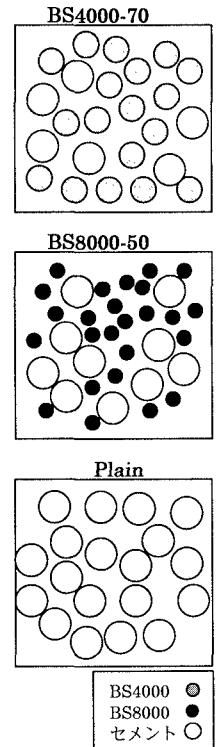


図-2 粉体の分散イメージ

また、Plain では凍結温度による強度発現にあまり違いが見られていないのに対して BS4000-70 や BS8000-50 では凍結温度による強度発現の差が生じている。これは上記理由により、比較的凍りにくいと判断される BS4000-70 や BS8000-50 では、凍結温度の違いにより形成される氷の量に違いが生じたのに対し、Plain では凍結温度によらず形成される氷の量にあまり違いがなかったためと推察される。

4. まとめ

凍結条件が厳しい -10S の場合、凍結を受けたことによる強度発現の低下は各配合でほぼ同様の傾向を示すが、-3S、-5S のように比較的高い凍結温度の場合には、Plain は BS4000-70 や BS8000-50 に比べて、材齢初期に氷点下に置かれることによる強度発現の低下傾向は大きくなる。これは、ペーストの密実性や粉体自体の性質が氷の形成過程に影響を与えたためであると考えられる。

【参考文献】

- 1) 岩城一郎, 鈴木一利, 三浦尚: 低温養生を行った高炉スラグ混和コンクリートの強度回復特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.2, pp.205~210, 1998