

低温養生した高流動コンクリートの耐凍害性に関する研究

東北大学大学院 学生員 ○ 高 京澤
 東北大学 熊谷 徹
 東北大学 フェロー 三浦 尚

1. まえがき

近年、締固め不要な高流動コンクリートの実施工例が多数見られるようになった。また、寒冷地においても高流動コンクリートが施工される場合があり、今後も増加すると思われる。しかし、高流動コンクリートは反応の遅い高炉スラグ微粉末を用いたり、高性能 AE 減水剤、増粘剤などの混和剤を比較的多量に使用するため、高流動コンクリートを寒冷地で冬場に打設する場合、凝結や硬化が遅れ、初期凍害を受ける恐れがある。

そこで、寒冷地における高流動コンクリートが初期凍害を受けた場合を取り上げ、初期凍害の程度がその後のコンクリートの性質に与える影響と、その対策について調べることにした。特に初期凍害を受けたコンクリートの性質で重要な項目は耐凍害性であると考え、本研究ではその第一段階の基礎的な資料を得ることを目的として、低温で初期養生を一定期間行った高流動コンクリートに対して、凍結融解試験を行い配合の違いが耐凍害性に及ぼす影響を検討した。また、三浦ら¹⁾が提案した緩速凍結融解試験を用いて、凍結融解試験中に生じる水和の影響を補正した。

2. 使用材料及び配合

表-1 に使用材料、表-2 に配合を示す。本研究で用いた配合は、高炉スラグ微粉末の比表面積 (4240cm²/g, 8240cm²/g)、置換率 (50%, 80%) を変えた粉体系 (BS)4 種類及び増粘剤系 (VC)1 種類の計 5 種類である。各配合は、フレッシュ時の性状として、スランプフロー 65±5cm、V ロート流下時間 10±5 秒及び空気量 4.5±1% を満足するように決定した。

表-1 使用材料

材料名	記号	種類および性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント (比表面積 3250cm ² /g, 比重; 3.16)
高炉スラグ 微粉末	BS4 BS8	比表面積 4240cm ² /g(比重; 2.92) 比表面積 8240cm ² /g(比重; 2.92)
細骨材	S	山砂(比重; 2.53, 吸水率; 2.64%)
粗骨材	G	碎石(比重; 2.86, 吸水率; 0.98%, Gmax; 20mm)
増粘剤	VC	セルロース系水溶性高分子
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
空気量調節剤	AE	変性アルキルカルボン酸

3. 試験方法

試験は、寒冷地における冬場の日平均気温を想定した 5℃で、7 日間封かん養生を行い、2 日間浸水させた後凍結融解試験を行った。急速凍結融解試験は、ASTM C 666 A 法に準拠しており、供試体の中心温度を -18~5℃、1 サイクルの時間を 3 時間 20 分とし、測定は 30 サイクル毎に行った。緩速凍結融解試験の温度範囲は、急速試験の平均温度(供試体の深さ方向の温度分布を考慮し求めた平均温度)である -19~7.6℃とし、1 サイクルの時間は急速試験を 30 倍した 100 時間とし、測定は 1 サイクル毎に行った。急速試験と緩速試験の測定時の材齢及び積算温度は同じである。測定項目は、たわみ一次振動数及び供試体重量である。これより、相対動弾性係数及び重量変化率を求めた。凍結融解試験中の水和による影響は、緩速試験中における動弾性係数の増加を品質の向上量と仮定し、急速試験による見掛けの劣化量との差を考慮し、補正を行った。(詳細は参考文献 1)を参照のこと)

表-2 配合、フレッシュコンクリートの性状及び試験開始時の圧縮強度

配合 記号	W/(C+BS) or W/C %	W kg/m ³	C kg/m ³	BS kg/m ³	s/a %	VC W x %	SP (C+BS) x %	AE (C+BS) x %	スランプ フロー cm	V ロート sec	空気量 %	圧縮 強度 MPa
BS4-50	35	175	250	250	52	-	1.65	0.004	66.0	9.8	4.7	21.4
BS4-80	35	175	100	400	52	-	1.65	0.005	66.0	11.1	4.5	11.0
BS8-50	35	175	250	250	52	-	1.55	0.005	60.5	8.7	4.9	30.1
BS8-80	35	175	100	400	52	-	1.65	0.006	64.0	11.4	5.0	23.5
VC	50	190	380	0	50	0.25	2.4	0.0045	65.5	7.1	3.8	22.0

4. 試験結果及び考察

図-1～図-3に各配合の相対動弾性係数の結果を、また図-4に重量変化率の結果を示す。図-1、図-2より急速試験を行った結果、相対動弾性係数が100%以上になった。この理由は、凍結融解試験中の水和の影響によって、動弾性係数が増加するためである。緩速試験を行い補正した値と、急速試験の値との差は12%～17%であった。試験中に水和の影響が大きいものに対しては、本研究のように緩速試験などを用いて、補正を行う必要があると考えられる。

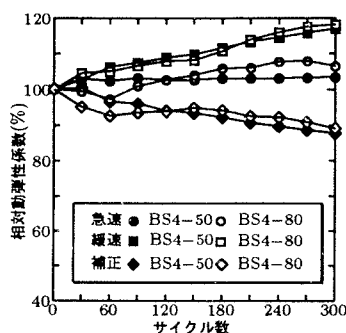


図-1 配合BS4の相対動弾性係数

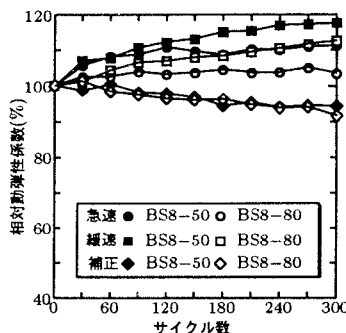


図-2 配合BS8の相対動弾性係数

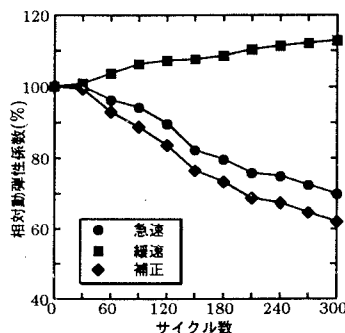


図-3 配合VCの相対動弾性係数

高炉スラグ微粉末を用いた粉体系の耐凍害性は、大体良好な結果を示しているが、配合BS4-80の重量変化率は他の配合より、大きい値を示している(図-4)。この原因は、凍結融解試験開始時の圧縮強度が11MPaと小さかったためと考えられる。配合BS4-80の相対動弾性係数の結果(図-1)を見ると、急速試験では30,60サイクルで減少し、緩速試験では、30サイクルから150サイクルまで殆ど増加していない。これは、試験開始時の強度が小さく、試験中に初期凍害を受けたためと思われる。そして、コンクリートの表面では、初期凍害の影響によって、スケールングが起こって、表面劣化が大きくなったと考えられる。

次は、増粘剤系高流動コンクリートの結果について述べる。増粘剤系高流動コンクリートの相対動弾性係数は、最初のサイクルから徐々に減少し、300サイクルでは、60%まで下がった(図-3)。重量変化率も300サイクルで5%程度と大きくなった(図-4)。このように、増粘剤系高流動コンクリートが凍結融解作用によって劣化することは、本研究で用いた増粘剤系のW/Cが50%と大きく、フレッシュコンクリートの空気量が3.8%と少ないためと考えられる。

5. まとめ

今回の実験で得られた結果を以下に示す。

1. 凍結融解試験中に水和の影響が大きいものに対しては、本研究のような方法などを用い、その影響を補正する必要がある。
2. 高炉スラグ微粉末を用いた高流動コンクリートの耐凍害性は大体良好な結果を示した。ただし、比表面積4240cm²/g、置換率80%のものに対しては、試験中に初期凍害を受けた可能性があり、更なる研究が必要である。
3. 本研究で用いた配合条件において、低温養生した増粘剤系高流動コンクリートは、劣化する傾向を示した。

参考文献

- 1) 三浦 尚・黒川 聡：高炉スラグ微粉末コンクリートの耐凍害性に関する一考察，セメント技術年報42，pp.247-250，1988

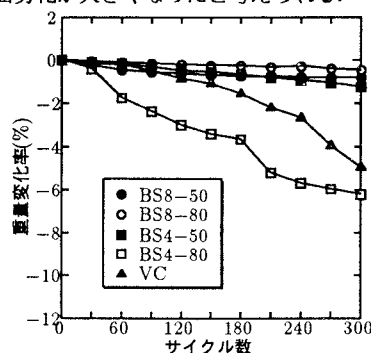


図-4 重量変化率