

現場での打込みを目的とした高炉スラグ細骨材使用コンクリートの実機製造実験

清水建設技術研究所 フェロー ○浦野 真次
 清水建設技術研究所 正会員 高橋 圭一
 岡山大学大学院 正会員 藤井 隆史
 岡山大学大学院 フェロー 綾野 克紀

1. 目的

反応性の高い非晶質の高炉スラグ細骨材（BFS）を細骨材として使用し、適切な使用材料と配合の選定および十分な養生を行うことにより、耐凍害性、耐塩害性などの耐久性の高いコンクリートを製造することができるとされている¹⁾²⁾。これらの効果に関する検討は、これまで主にプレキャストコンクリート製品を対象に検討されており、現場で打ち込むコンクリートを対象とした検討は少ない¹⁾。しかし、プレキャストコンクリート部材の接合部に用いるコンクリートの施工や BFS コンクリートの適用拡大のためには、現場で打ち込むコンクリートの検討が重要である。本報では、硬化後の耐久性確保を目的に細骨材として BFS を全量使用する条件の配合について、夏期と冬期におけるレディーミクストコンクリート工場での実機製造実験結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本実験では、レディーミクストコンクリートとしてスランプの保持性が厳しい夏期、さらに打込み後に凝結が遅延してブリーディングが生じやすい冬期の計2回、BFS コンクリートの実機製造実験を実施した。工場の保有する細骨材として、BFS-1(夏期:表乾密度:2.75g/cm³, 吸水率:0.62%, 粗粒率:2.58), BFS-2(冬期:表乾密度:2.71g/cm³, 吸水率:0.78%, 粗粒率:2.56), を使用した。他は、高炉セメント B 種(密度 3.04g/cm³), 砕石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.72 g/cm³, 実積率 60.2%), 比較用の砂岩砕砂(表乾密度 2.64 g/cm³, 粗粒率 2.83%, 吸水率 2.0%) S とした。配合は、表-1に示すように、良好なフレッシュ性状が得られる細骨材率として事前検討より s/a=40%一定とした³⁾。比較用の砕砂使用コンクリートには高性能減水剤、BFS コンクリートは増粘剤一液型高性能 AE 減水剤(標準形)を使用した。

2.2 コンクリートの製造および実験方法

コンクリートの製造は、二軸強制練りミキサを用い、全材料投入後 180 秒間練り混ぜ、トラックアジテータ車に積載して 5 分間低速回転で待機した。この練混ぜ時間と待機時間としたのは、いずれも時間が短い場合に排出直後に測定したスランプが変化する結果が事前に得られたためである。

コンクリートの凍結融解試験は、JIS A 1148 に規定される水中凍結融解方法(A法)に準拠して行った。ただし、凍結水には、凍結融解作用による劣化が促進されるように³⁾、質量パーセント濃度で 10%の塩化ナトリウム水溶液を用いた。供試体は、夏期では脱型後材齢 7 日間、冬期で材齢 14 日間試験開始まで 20±2℃の水中で養生を行い、同じ材齢まで湿布養生を行ったケースも加えた。乾燥収縮ひずみは、JIS A 1129-2 附属書 A に準拠して行った。

表-1 コンクリートの配合

No.	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					SP 添加量	実験時 外気温 (°C)
			水 W	セメント C	細骨材 BFS	細骨材 S	粗骨材 G		
1	35.0	40.0	155	443	0	696	1084	C×0.8%	20
2	35.0	40.0	160	457	709	0	1052	C×0.9%	33~34
3	40.0	40.0	160	400	730	0	1083	C×0.9%	33~34
4	40.0	40.0	160	400	730	0	1083	C×0.55%	5~7

キーワード 高炉スラグ細骨材, レディーミクストコンクリート, スランプ, 経時変化

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL03-3820-6967

3. 実験結果

図-1に、配合 No.2~4 のスランプの経時変化の試験結果を示す。各実験におけるコンクリート温度は、夏期の外気温 33~34°C に対してコンクリート温度 33~35°C，冬期は外気温 5~7°C に対して 7~9°C であった。表-1に示したように、増粘剤一液型高性能 AE 減水剤 SP の添加率は夏期が冬期より大きくなったものの、高炉スラグ細骨材を細骨材として 100% 使用し、実機で練混ぜ直後にスランプ 20cm 以上のコンクリートを製造することができた。スランプの経時変化は、図-1に示すように練混ぜ直後に比べ 90 分後は夏期で 2.0~5.0cm 低下した。ただし、夏期においても増粘剤一液型の高性能 AE 減水剤は遅延形ではなく標準形を用いており、標準形でもスランプ保持性能は良好であったといえる。また、供試体の作製は経過時間 60 分以降に実施したが、打込み等問題なく実施できるワーカビリティを有していた。

スランプ以外のフレッシュ性状については、夏期において空気量が経過時間とともにやや増加する傾向がみられ、ペーストの粘性が大きくなって空気量の巻き込みが生じたものと考えられた。また、夏期における配合 No.2, 3 は、ブリーディングは認められなかった。冬期における配合 No.4 は、ブリーディングが 0.53% となった。

高炉スラグ細骨材を用いた配合の凍結融解抵抗性は、図-2に示すように、夏期および冬期の標準養生の場合は相対動弾性係数が 80% 以上に保たれる結果となった。ただし、冬期で湿布養生を 14 日間行った場合については、相対動弾性係数が低下して約 70% 程度まで低下する傾向が認められた。冬期において気温が低い場合、高耐久性を得るためには、水分の供給だけではなく、温度についても検討する必要があると考えられる。

乾燥収縮は、図-3に示すように、高炉スラグ細骨材を用いた配合は、砕砂を用いた配合 No.1 よりも単位水量が 5 kg/m³ 多いにもかかわらず乾燥収縮ひずみが小さくなり、材齢 182 日で概ね同一水セメント比で 200 μ 程度小さくなった。セメント比 40% の場合でも、100 μ 程度小さくなっていることが確認された。

4. まとめ

高炉スラグ細骨材を細骨材として 100% 使用し、水セメント比を 35~40% とした配合について実機で製造し、フレッシュ性状および硬化後の性状を確認した。その結果、練混ぜ後 90 分まで良好な施工性を有し、高い耐凍害性と乾燥収縮ひずみの比較的小さなコンクリートとすることができることを確認した。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：NEDO）によって実施した。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 山内, 野口, 藤井, 綾野: 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性に与える養生方法および増粘剤の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 39, No. 1, pp. 829-834, 2017. 7,
- 2) 藤井, 細谷, 杉田, 綾野: 高炉スラグを用いたコンクリートの中性化, 塩化物イオン浸透性および時間依存性変形に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 1, pp. 637-642, 2015. 6,
- 3) 浦野, 田中, 藤井, 綾野: 高炉スラグ細骨材がコンクリートのフレッシュ性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 39, No. 1, pp. 1267-1272, 2017. 7

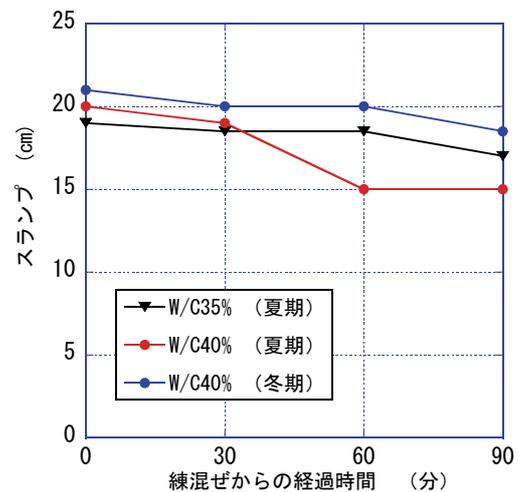


図-1 スランプの経時変化

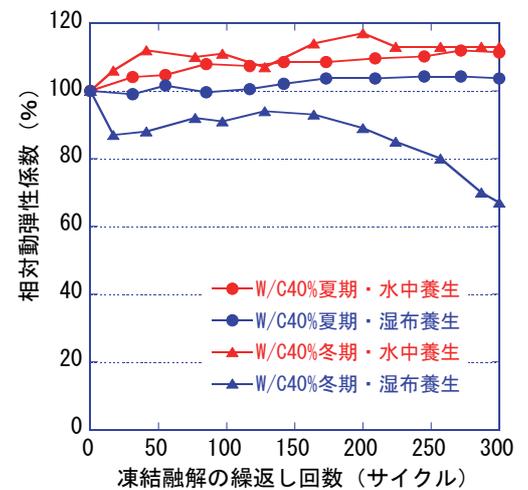


図-2 凍結融解抵抗試験結果

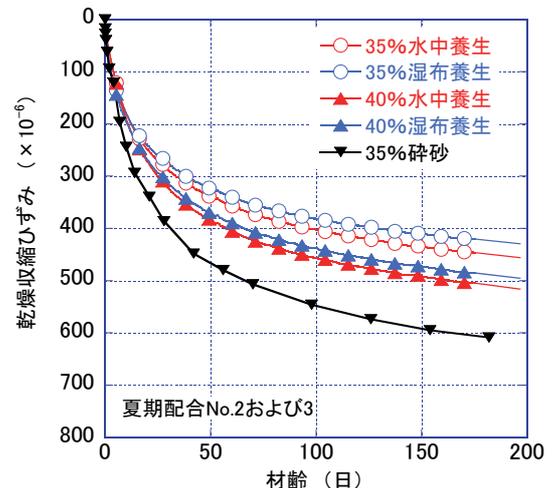


図-3 乾燥収縮ひずみ