

千葉県産の高炉スラグ細骨材を用いた高性能 AE 減水剤コンクリートの基礎的性状

(株)内山アドバンス ○関 裕司 (株)内山アドバンス 齊藤 丈士
太平洋セメント(株) 釜谷 健悦 (株)内山アドバンス 白鳥 秀幸

1. はじめに

従来より、千葉県内からは良質な砂が産出されており、関東地区におけるレディーミクストコンクリート工場（以下、生コン工場と称す）で使用している細骨材のうち、千葉県産が約 49%を占めている¹⁾。しかし近年は、良質な天然骨材が枯渇してきており、千葉県産の砂が単味で生コンに使用されることは少なく、他県の砕砂と混合して使用される場合が多くなっている。

一方、関東地区で製造される高炉スラグの製造量は、2002 年で 81,538 千 t にのぼり、その多くは千葉県で製造されている²⁾。高炉スラグ細骨材(以下、BFS と称す)を用いたコンクリートの諸性質については、既往の研究により明らかにされてきている³⁾ ことから、他県で生産される砕砂ではなく、砂の生産地の近郊で製造される BFS を用いることは、骨材の運搬費低減などの面から、近隣の生コン工場にとって利点が多い。また、BFS コンクリートに関する既往の研究の多くは、化学混和剤に AE 減水剤を用いたコンクリートによるもの³⁾であるため、近年普及が進んだ高性能 AE 減水剤を用いた BFS コンクリートの性質については、不明な部分が残されている。

そこで本研究は、千葉県産の砂と千葉県産の BFS を混合して用いた高性能 AE 減水剤コンクリートの性質を明らかにするために実験検討を行ったものである。ここでは、BFS の生産者および BFS の砂に対する置換率を変化させた高性能 AE 減水剤コンクリートの基礎的性状について述べる。

2. 実験概要

BFS の生産者および BFS の砂に対する置換率を変

化させた高性能 AE 減水剤コンクリートを練り混ぜ、その諸性質を調べた。

(1)使用材料

使用材料は、セメントに普通ポルトランドセメント、水に上水道水、細骨材に千葉県富津市産山砂および生産者の異なる 2 種類の高炉スラグ細骨材 BFS5-0.3、化学混和剤に高性能 AE 減水剤および空気量調整剤を用いた。なお、使用した BFS は、千葉県内の製鉄所に設置された高炉において副産された高炉スラグを水砕した後、破碎・粒度調整して製造されたものであり、いずれも JIS A 5011-1 に規定される BFS5-0.3 の品質を満足している。使用材料の概要を表 1 に示す。

(2)細骨材の粒度

細骨材の粒度曲線を図 1 に示す。細骨材の粒度は、BFS を用いない場合に砂の標準粒度⁴⁾を若干外れるが、砂に対する BFS の容積置換率(以下、BFS 置換率と称す) 15～60%の範囲における粒度は、いずれも JIS の標準粒度の範囲内にあった。

(3)実験の要因と水準およびコンクリートの配合条件

実験の要因と水準およびコンクリートの配合条件を表 2 に示す。実験の変化要因は、BFS の製造会社および BFS 置換率で、BFS 置換率は BFS1 で 15,30,45 および 60%、BFS2 で 30 および 60%とした。コンクリートの配合条件は、水セメント比 50%、単位水量 170kg/m³、単位粗骨材かさ容積 0.55m³/m³とし、スランブを 18±1cm、空気量 4.5±1 %、コンクリート温度 20±1℃とした。また、所要のスランブおよび空気量を得るために、化学混和剤の使用量を調整した。

表 1 使用材料の概要

項目	種類	品質・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
水	地下水	千葉県
細骨材	砂	千葉県富津市産山砂 表乾密度: 2.59kg/m ³ , 粗粒率: 2.30 吸水率: 2.23%, 微粒分量: 2.2%
		BFS 5-0.3 1 表乾密度: 2.75kg/m ³ , 粗粒率: 3.17 吸水率: 2.06%, 微粒分量: 0.5%
		BFS 5-0.3 2 表乾密度: 2.75kg/m ³ , 粗粒率: 3.60 吸水率: 1.55%, 微粒分量: 0.5%
粗骨材	碎石 2005	埼玉県秩父市産硬質砂岩 表乾密度: 2.70kg/m ³ , 粗粒率: 6.70 吸水率: 1.21%, 微粒分量: 0.7%
化学混和剤	高性能 AE 減水剤 AE 剤	ポリカルボン酸系化合物 変性ロジン酸化合物

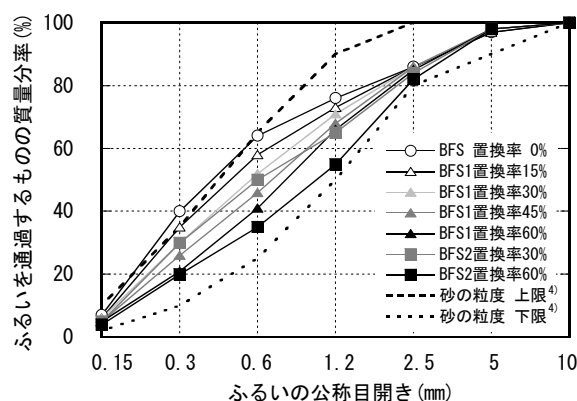


図 1 細骨材の粒度曲線

(4)試験項目

試験項目は、スランプ(JIS A 1101), 空気量(JIS A 1128), 凝結時間(JIS A 1147), ブリーディング量(JIS A 1123), 標準養生した供試体の材齢7日および28日における圧縮強度(JIS A 1108)とした。

3. 試験結果および考察

(1)凝結時間

BFS 置換率とコンクリートの凝結時間の関係を図2に示す。コンクリートの凝結時間は、始発時間および終結時間とも砂の一部にBFSを置換すると遅延する傾向を示した。また、用いたBFS製造会社の違いにより、凝結時間の遅延の程度が異なり、BFS2を置換したコンクリートの凝結時間は置換率30%と60%とではほぼ同等であった。なお、製造会社により遅延の傾向が異なる原因については、本実験の範囲では明らかとはならなかった。

(2)ブリーディング量

BFS 置換率とブリーディング量の関係を図3に示す。なお、図中には併せて、コンクリート1m³中の粉体量(セメント量と骨材中の微粒分量の和とした)を示している。ブリーディング量は、BFS 置換率が大きいくほど増大する傾向を示し、既往の研究⁵⁾におけるAE減水剤コンクリートと同様の傾向を示した。また、BFS1を60%置換したコンクリートのブリーディング量は「日本建築学会の指針」⁹⁾の目標値より大きくなった。なお、ブリーディング量の増加の傾向は、用いたBFS製造会社により異なり、全体にBFS1の方がBFS2よりも増加量は大きかった。これは、コンクリート中の粉体量は、砂に対するBFS置換率に変化しても殆ど変わらないことを考慮すると、前項で示した凝結時間の影響を受けている可能性がある。

(3)圧縮強度

BFS 置換率と圧縮強度の関係を図4に示す。圧縮強度は、BFS 置換率が大きいくほど低下する傾向を示した。これは、高炉スラグの粒子表面が平滑なガラス質でありセメントペーストとの付着強度が小さい⁷⁾こと、またBFS 置換率が大きいくほどブリーディング量が多くなることから粗骨材下面に空隙ができやすくなることなどが影響したと考えられる。

4. まとめ

BFSを砂の一部に置換した高性能AE減水剤コンクリートについて実験検討を行った結果、本実験の範囲では、以下の知見が得られた。

- (1)凝結時間は、砂の一部にBFSを置換すると遅延し、その遅延の程度はBFSの製造会社により異なる。
- (2)ブリーディング量は、砂に対するBFSの置換率が大きくなるほど増大する。
- (3)圧縮強度は、BFS 置換率が大きいくほど小さくなる傾向を示した。

これらのことから、BFSを用いた高性能AE減水剤コンクリートは、BFS 置換率が小さい場合にはBFSを用いないコンクリートとの性状の差は小さいが、置換率が大

表2 実験の要因と水準およびコンクリートの配合条件

変化要因と水準		コンクリートの配合条件					
BFS製造会社	BFS置換率	水セメント比(%)	単位水量(kg/m ³)	単位粗骨材かさ容積(m ³ /m ³)	スランプ(cm)	空気量(%)	コンクリート温度(°C)
なし	0						
BFS1	15, 30, 45, 60	50	170	0.55	18±1	4.5±1	20±1
BFS2	30, 60						

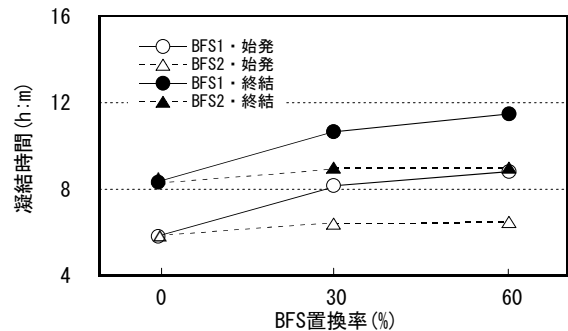


図2 BFS置換率と凝結時間の関係

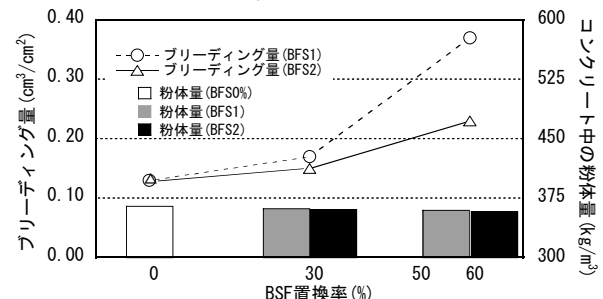


図3 BFS置換率とブリーディング量およびコンクリート中の粉体量の関係

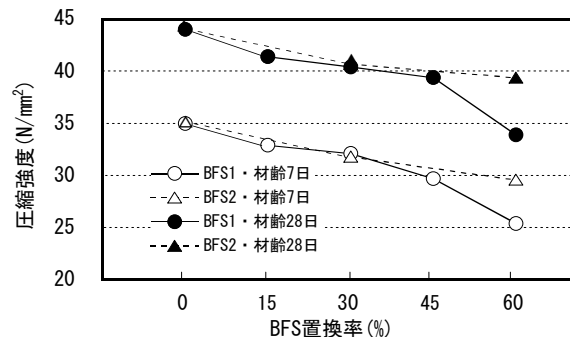


図4 BFS置換率と圧縮強度の関係

きいとAE減水剤コンクリートと同様に性状に変化が表れると言える。さらに、BFSの製造会社が異なると、BFSコンクリートの性状が変化する可能性が示された。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会：骨材の有効利用に関するシンポジウム論文集，pp.37-44，2005.12
- 2) 鉄鋼スラグ協会 HP：http://slg.jp/bib/download/fs-112.pdf，2009.8
- 3) 土木学会：高炉スラグ骨材コンクリート施工指針・同解説，1993
- 4) 日本工業標準調査会：「JIS A 5308：レディミキストコンクリート 付属書 A レディミキストコンクリート用骨材」，pp.18-19，2009
- 5) 長瀧重義ほか：高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの諸性質，セメント・コンクリート，No.415，pp.161-166，1981
- 6) 日本建築学会：高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説，p.84，1991
- 7) 国府勝郎ほか：高強度コンクリートと骨材，コンクリート工学 Vol.28，No.2，pp.161-166，1990.2