

高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの特性

中国地方建設局中国技術事務所 正会員 野津 保之
中国地方建設局中国技術事務所 正会員 廣田 雅哉
中国地方建設局中国技術事務所 正会員 ○堂田 忠

1. はじめに

近年、良質の天然砂の枯渇が進み、海砂の採取禁止等コンクリート用骨材の供給事情は苦しくなっている。また、自然環境を保護する観点からも良質な骨材の安定供給を図るためには新しい材料等の使用・開発が要求されている。この様な背景より、銑鉄の製造工程で発生する高炉スラグ細骨材は供給量も豊富な骨材として注目されている。本研究は、細骨材の内割りで高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの示方配合を見だし、フレッシュコンクリートの性状・硬化コンクリートの力学特性及び耐久性を調査したものである。

2. 使用材料

- ・セメント ; 高炉セメントB種
- ・高炉スラグ ; 水砕スラグ BFS 5（日本鋼管福山製鉄所産） 粗粒率 2.52
- ・骨 材 ; 砕砂, 砕石（安佐町筒瀬産） 加工砂（安佐北区飯室産）

3. 結果および考察

水セメント比 60%の示方配合を表－1 に示す。調査の結果、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの特徴として、単位水量、最適細骨材率の増加傾向またブリーディング量の増加とこれに伴う凍結融解試験への影響がみられた。

表－1 示方配合

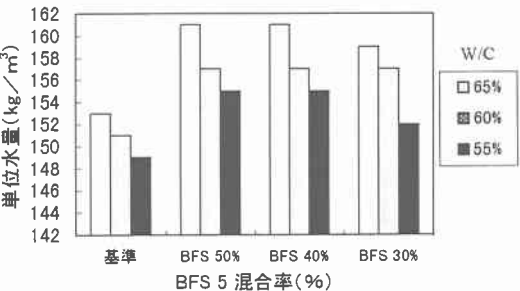
配合ケース	S/a (%)	単位量 (kg／m ³)									
		セメント	水	細骨材			粗骨材			混和剤	
		BB	水道水	砕砂	加工砂	BFS5	4020	2010	1005	AE 減水剤	助剤
N－60	42.0	252	151	400	389	－	568	340	228	0.630	0.0101
BFS5－50－60	45.0	262	157	421	－	429	533	321	212	0.655	0.0026
BFS5－40－60	44.0	262	157	494	－	335	544	326	218	0.655	0.0026
BFS5－30－60	43.0	262	157	563	－	247	552	332	220	0.655	0.0026

(・目標スランプ ; 8 ± 2.5 cm ・目標空気量 ; 4.5 ± 1.5%)

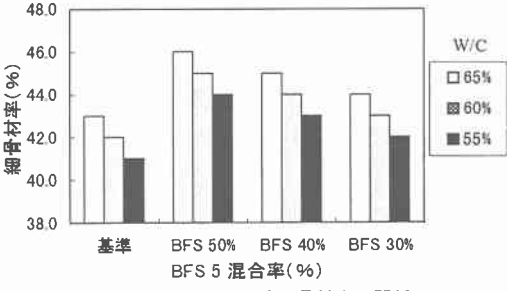
3-1 単位水量と細骨材率

高炉スラグコンクリートの単位水量は、基準コンクリート（高炉スラグ添加率 0%）に比べ全体的に増加しており、混合率 50%・40%においては 6 kg/m³ ～ 8 kg/m³、30%では 3 kg/m³ ～ 6 kg/m³ 増加している。

また、最適細骨材率も混合率が増えるにつれて 1%～ 3%増加している。これは、高炉スラグ細骨材の粒形が角張っており、実積率が小さいこと、表面組織がガラス質状で比較的滑らかであり、粒度 0.6 ～ 1.2 mm が 40%以上を占めるなど単粒度的であることにより、分離抵抗性が低下した結果と考えられる。



図－1 混合率と単位水量の関係



図－2 混合率と最適細骨材率の関係

3-2 ブリーディング量

図-3より、高炉スラグの混合率が低くなるに従いブリーディング量が減少することがわかる。これは、高炉スラグを細骨材の内割りで混合する事により基準コンクリートに比べ単位水量が増加し、微粒分がやや不足していることが原因として考えられる。特に基準コンクリートに対し混合率 50%は2倍程度の結果であるが混合率を30%に下げることと同程度の値が得られた。また、混合率40%は両者のほぼ中間に位置し高炉スラグの混合量とブリーディング量が比例関係にあることが明確となった。

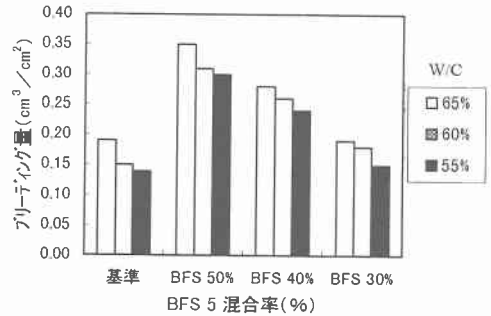


図-3 混合率とブリーディングの関係

3-3 強度発現

材齢 28 日の圧縮強度は、水セメント比 60%と比較すると、基準コンクリートが 32.5N/mm^2 であるのに対し、混合率 50%で 28.1N/mm^2 、混合率 40%で 33.0N/mm^2 、混合率 30%で 32.4N/mm^2 と混合率 50%については若干下回るもののほぼ同等の強度発現となっている。

3-4 凍結融解

凍結融解試験結果を図-4に示す。混合率 30%については各水セメント比すべて土木学会基準（付属書2）相対動弾性係数 60%を上回っているが、混合率 40%は水セメント比 65%のみ下回り、混合率 50%は水セメント比 65%、60%で下回る結果となった。以上から、混合率を減少させることにより耐凍害性をクリアする事ができると言える。また、水セメント比及び空気量によっても異なるが耐凍害性をクリアするためには、ブリーディング量を抑制する必要があると考えられる。

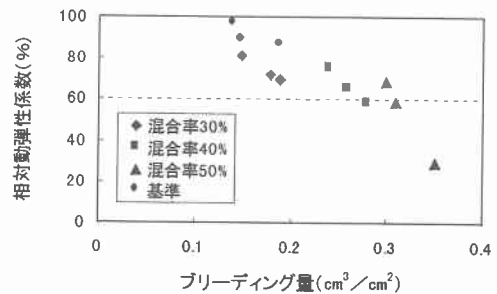


図-4 ブリーディング量と相対動弾性係数の関係

4. おわりに

コンクリートは、所要の強度・耐久性・水密性等を有し、安定した品質でなくてはならない。

混合率 50%では、単位水量・細骨材率・ブリーディング量が増大し、静弾性係数・凍結融解作用による抵抗性が低下することなどが懸念される。これらの要因として高炉スラグ細骨材の形状・粒度分布等、物理試験結果が J I S 規格は満足するものの一般的な細骨材と比べ若干劣るためコンクリートに影響を及ぼしたものと考えられる。

混合率 30%については基準コンクリートに比べ凍結融解作用に対する抵抗性が若干低い但他的フレッシュ性・力学特性及び耐久性については同程度の試験結果が得られた。

混合率 40%では、水セメント比 65%については凍結融解作用による抵抗性が土木学会基準値を若干下回る結果となり、水セメント比 60%・55%については基準コンクリートよりやや劣るが基準値を満足することが可能となった。また、その他のコンクリートの性質については混合率 50%と 30%のほぼ中間点に位置し混合率に比例する事が明らかにされた。

高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートは、スラグの潜在水硬性が発揮され長期にわたり強度増進が認められることが他の研究報告によっても明らかにされており、本編ではふれてはいないが今回の調査では材齢 91 日でかなりの強度が得られ、今後の強度増進も期待でき静弾性係数もこれに伴い増進すると思われる。

今回の調査では BFS5 を使用したが、高炉スラグ細骨材を他の細骨材と混合して使用する場合、混合率だけでなくスラグの種類も考慮して使用箇所に応じ適切な配合設計・混合率の設定を行うことにより、一般的なコンクリートと同様に使用することは十分可能であるといえる。