

# スラグ系細骨材を使用したコンクリートのブリーディングが収縮ひずみに及ぼす影響 (その1:実験概要および圧縮強度)

正会員 ○安田慎吾\* 正会員 今本啓一\*\*  
 同 清原千鶴\*\* 同 原品 武\*\*  
 同 山崎順二\*\*\* 同 加藤 猛\*\*\*

スラグ系細骨材 ブリーディング 強度試験

## 1. はじめに

枯渇する天然骨材の代替品として注目されているスラグ系細骨材(フェロニッケルスラグ(以下, FNS), 高炉スラグ(以下, BFS), 電気炉酸化スラグ(以下, EFS))などは, コンクリートに用いることで収縮が低減されることが報告<sup>1), 2)</sup>されており, 筆者らも同様な結果<sup>3)</sup>を得ている。一方で, スラグ系細骨材を用いるとブリーディング量が多くなることが指摘されており, このことが部材レベルでの収縮ひずみ評価に影響することが考えられる。

これらのことから, 本稿では, スラグ系細骨材を用いたコンクリートのブリーディングが乾燥収縮ひずみに及ぼす影響とフライアッシュによる抑制効果について実験的に検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および割合

使用材料を表-1 に示す。スラグ系細骨材には, FNS, BFS, EFS の 3 種類を用いて検討した。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し, 天然細骨材として砕砂を使用した。

表-2 にコンクリートの割合表を示す。種類の記号は「使用した細骨材-スラグ系細骨材混合率-フライアッシュ混合率」である。比較検討用に天然細骨材の砕砂(以下, CS)を使用したコンクリートを含む全7割合である。全ての割合においてW/C:50%, スラグ系細骨材の混合率はFNSおよびBFSが100%, EFSは50%とした。スラグ系細骨材を使用したコンクリートのブリーディング低減効果を期待して, フライアッシュをスラグ系細骨材の20vol%混入したコンクリートを作製し, フライアッシュ混入の有無によるブリーディングの低減効果ならびに収縮ひずみの分布について検討を行った。

### 2.3 実験方法

各割合において, φ100×200mm の円柱試験体 3 体と乾燥収縮ひずみ試験用 1 体および図-1 に示す 100×400×900mm の大型試験体を作製した。試験体は全て封緘養生とし, 材齢 7 日において脱型後, 気中養生とした。

(1)フレッシュ性状:ブリーディング試験は JIS A 1123「コンクリートのブリーディング試験方法」に準じて行った。測定間隔は最初の 60 分は 10 分ごとにコンクリートの表面にしみ出た水を吸い取った。それ以降はブリーディングが認められなくなるまで 30 分ごとに水を吸い取った。吸い取った水はメスシリンダーに移し, その時までたまった水の累計を 1ml まで記録し, ブリーディング量を求めた。

表-1 使用材料

使用材料	記号	詳細
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度:3.15g/cm <sup>3</sup> )
フライアッシュ	FA	JIS II 種(密度:2.32g/cm <sup>3</sup> , 強熱減量:1.2%)
スラグ系細骨材	FNS	フェロニッケルスラグ(密度2.9g/cm <sup>3</sup> , 吸水率2.18%,
	BFS	高炉スラグ(密度 2.72g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 0.44%,
	EFS	電気炉酸化スラグ(密度 3.52g/cm <sup>3</sup> , 吸水率0.35%,
砕砂	S	硬質砂岩砕砂(表乾密度 2.66g/cm <sup>3</sup> , 吸水率1.76%)
砕石	G	茨木産砕石(表乾密度 2.69g/cm <sup>3</sup> , 実積率 8.0%)
混和剤	Ad	高性能 AE 減水剤(標準形)
	AE	空気量調整剤

表-2 割合表

記号	W/C (%)	混合率 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						Ad (C×%)	AE
				W	C	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	FA	G		
CS		0	49.9	180	360	878	0	0	890	0.8	3A
FNS100		100	49.9	180	360	0	987	0	890	0.6	0.5A
FNS80-20		80	44.4	180	360	0	789	147	890	0.5	30A
BFS100	50	100	49.3	185	370	0	875	0	890	0.2	1A
BFS80-20		80	43.8	185	370	0	702	143	890	1.0	30A
EFS50		50	49.9	180	360	439	581	0	890	0.7	1A
EFS40-10		40	47.3	180	360	439	465	74	890	0.2	20A

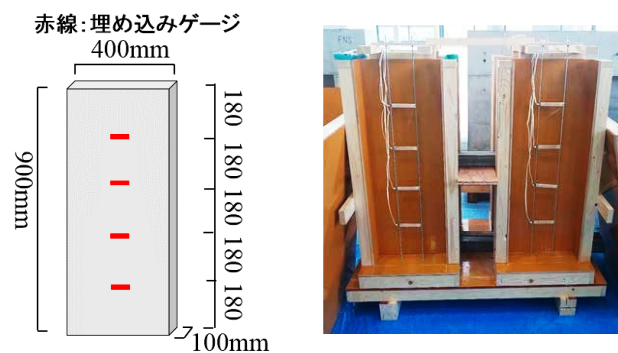


図-1 大型試験体の形状

(2)圧縮強度試験:材齢 28 日において, JIS A 1108 に従って圧縮強度試験を行った。

(3)自由収縮ひずみ試験:脱型材齢 7 日より自由収縮ひずみの測定を各試験体に埋設した埋込型ひずみゲージにより求めた。

(4)大型試験体による測定:大型試験体については図-1 に示すように下部から180mm 間隔に設置した埋込型ひずみゲージを用いてひずみの測定を行い, ブリーディングが収縮ひずみに及ぼす影響について検討を行った。また, 試験体下部から 130, 450 および 770mm の箇所においてダブルチャンバーを

用いてコンクリート表層の透気係数の測定ならびに Wenner 法による比抵抗の測定を行った。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 フレッシュ性状

表-3にフレッシュ性状試験結果を示す。目標スランプ18cm, 目標空気量4.5%として混和剤の添加量を調整した。練り上がり状態はフライアッシュを混入することで, 若干粘性が高くなる傾向にあった。BFS100においては, 練り上がりの状態が若干硬めであった。この原因として, 本実験では異なる種類のスラグ系細骨材を用いたコンクリートのブリーディングが収縮に及ぼす影響を検討するため, 粗骨材量を一定としていることが挙げられる。図-2にブリーディングの測定結果を示す。これによると, スラグ系細骨材を使用することで, ブリーディング量が増加していることが確認できる。これは, 表-1に示すようにスラグ系細骨材の密度が大きいことや, スラグ系細骨材がガラス質であるため, 表面性状が滑らかであることが起因しているものと考えられる。一方で, スラグ系細骨材に対してフライアッシュを20vol%混入することでいずれも砕砂を使用したコンクリートと同等のブリーディング量まで低減することも確認できた。

#### 3.2 圧縮強度

図-3に材齢28日における圧縮強度の測定結果を示す。スラグ系細骨材を使用したコンクリートは砕砂を使用したコンクリートと同程度の圧縮強度を示し, フライアッシュを使用したコンクリートの圧縮強度が高くなっている。既往の研究<sup>3)</sup>によると, スラグ系細骨材を使用すると混入率の増加に伴い圧縮強度の増加が見られているが本研究では確認できていない。図-4にブリーディング量と天然骨材である砕砂を使用したコンクリートに対する圧縮強度比の関係を示す。図中には既往の研究結果<sup>3)</sup>も示している。これによると, スラグ系細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は, ブリーディング量 $0.5\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 程度までは砕砂を使用したコンクリートと同等以上の強度発現性が得られるがブリーディング量が多くなるとスラグ系細骨材による強度増進効果がみられない結果となった。この要因としてブリーディング量が過剰になるとコンクリートの内部に水みちが形成され内部に粗大な空隙が顕著に生じたものと推測される。なお, 本実験と同様な傾向を示す研究報告<sup>4)</sup>もあるが, 一方で, ブリーディング量が $0.5\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以上でも圧縮強度が増加している研究報告<sup>5)</sup>もあり, ブリーディング量と圧縮強度の関係については引き続き検討する必要がある。

#### 【参考文献】

- 1) 齊藤和秀, 木之下光男, 井原俊樹, 吉澤千秋: 高炉スラグ細骨材を使用した耐久性向上コンクリートの性質, コンクリート工学年次論集, vol.32, No.1, pp.139-144, 2009
- 2) 真野孝次, 鹿毛忠継, 兼松学, 今本啓一: 非鉄スラグ骨材を使用したコンクリートの圧縮強度・乾燥収縮, 日本建築学会関東支部研究報告集, 87(1), pp.45-48, 2017,2

表-3 フレッシュ性状試験結果

調合	スランプ (cm)	スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	練り上がり 状況
CS	18.5	32.5×31.5	5.0	25.0	良
FNS100	21.5	43.0×42.0	3.7	25.0	やや軟
FNS80+20	18.5	32.5×31.5	3.5	26.0	粘性大
BFS100	17.5	27.0×26.5	4.8	25.0	粗
BFS80+20	19.0	32.5×31.5	4.5	25.0	粘性大
EFS50	18.5	31.0×30.5	3.5	25.0	やや粗
EFS40+10	16.5	28.5×28.0	4.1	25.0	良

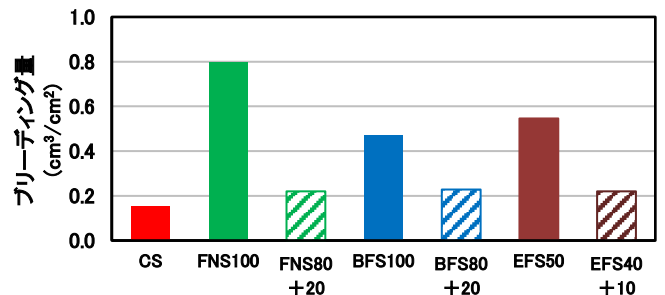


図-2 ブリーディングの測定結果

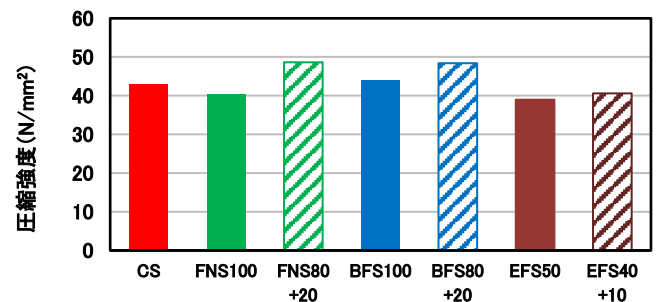


図-3 圧縮強度測定結果

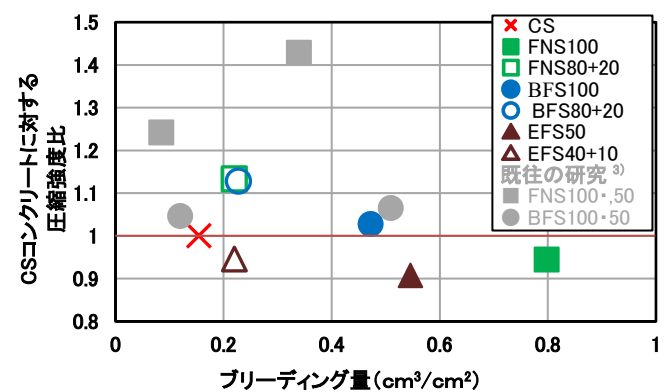


図-4 ブリーディング量と圧縮強度比の関係

- 3) 原品武ほか: スラグ系細骨材を用いたコンクリートの収縮ひび割れ抑制効果に関する実験的研究, コンクリート工学年次論集, vol.41, No.1, pp.431-436, 2019.7
- 4) 川端雄一郎ほか: スラグ細骨材を大量混合したコンクリートの各種特性, 港湾空港技術研究所資料, No.1233, 2011.6
- 5) 阿部道彦ほか: 非鉄スラグ骨材を使用したコンクリートに関する研究(その1~その3), 日本建築学会大会講演梗概集(九州), pp.103-109, 2016.9

\*(株)関西宇部  
\*\*東京理科大学  
\*\*\*浅沼組

\* Kansai Ube Corporation  
\*\* Tokyo University of Science  
\*\*\* ASANUMA Corporation