

# 論文 高炉スラグ細骨材を用いたモルタルの乾燥収縮および乾燥収縮ひび割れ

清原 千鶴<sup>\*1</sup>・今本 啓一<sup>\*2</sup>・佐藤 嘉昭<sup>\*3</sup>・蔭 海燕<sup>\*4</sup>

**要旨:** 本論文では高炉スラグ細骨材を使用したモルタル供試体の乾燥収縮特性および乾燥収縮ひび割れ特性について検討を行った。その結果、天然砂を用いた場合と比較して高炉スラグ細骨材を用いたモルタル供試体の乾燥収縮ひずみは 2~3 割程度小さくなり、乾燥収縮ひび割れの発生材齢が遅延することが確認できた。また、高炉スラグ細骨材を用いたモルタル供試体の乾燥収縮ひずみは骨材の比表面積を用いることで概ね評価が可能であることを示した。

**キーワード:** 高炉スラグ細骨材, 比表面積, 乾燥収縮ひずみ, 乾燥収縮ひび割れ

## 1. はじめに

コンクリート用天然骨材の枯渇化に伴い、良質な細骨材の入手が困難な状況を解決する方法として、高炉スラグをコンクリート用細骨材として活用する検討が古くから行われている。最近では高炉スラグ細骨材を使用することでコンクリートの乾燥収縮ひずみが低減するといった研究報告<sup>1)</sup>があり、高炉スラグ細骨材は、天然砂の代替として注目されている骨材の一つである。しかしながら、高炉スラグ細骨材の使用によってコンクリートの乾燥収縮ひずみが低減するメカニズムならびにその評価方法に関する研究<sup>2)</sup>や乾燥収縮ひび割れ抑制効果について明らかにした研究は少ない。

そこで、本研究では高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみおよび乾燥収縮ひび割れ特性を明らかにするとともに、その評価方法を確立することを最終目的とし、その第 1 ステップとして、産出工場の異なる高炉スラグ細骨材を用いたモルタル供試体を作製し、乾燥収縮および乾燥収縮ひび割れ特性について実験的に明らかにすることとした。また骨材の特性と乾燥収縮ひずみの関係についても考察を加えた。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験計画

表-1に実験項目を示す。シリーズ I では14種類の異なる産出工場で製造された高炉スラグ細骨材を使用したモルタル供試体を作製し、高炉スラグ細骨材の乾燥収縮ひずみ低減効果を確認するとともに骨材の特性を用いた評価方法について考察を行った。シリーズ II では、シリーズ I の実験結果を基に選定した3種類の高炉スラグ細骨材を用いたモルタル供試体の乾燥収縮ひび割れ特性について明らかにすることとした。

### 2.2 使用材料および調査

使用した骨材の物性値を表-2に示す。シリーズ I において高炉スラグ細骨材(以下、BFS)を14種類および標準砂、陸砂、混合砂、石灰砕砂およびコーラルサンドを含む計19種類の骨材を検討対象とした。徐冷スラグにおいては、日本建築学会「高炉スラグ細骨材を用いるコンクリート施工指針」<sup>3)</sup>では細骨材の対象とされていないが、本実験ではその特性を確認するために水砕スラグと同様に実験を行った。なお、シリーズ I とシリーズ II では使用したBFSの製造日が異なっている。

表-1 実験項目

シリーズ	使用する細骨材	陸砂に対する混合率(%)	実験項目	供試体寸法(mm)	本数(本)	試験材齢(日)	養生方法
I	標準砂 天然砂(陸砂, 混合砂) 石灰砕砂 コーラルサンド※ BFS(16種類)	100	フレッシュ性状	—	—	—	—
			圧縮強度(ヤング係数)	φ50×100	3	28	材齢 7 日まで水中養生⇒ 20°C, 60R.H. 気中養生
			乾燥収縮ひずみ	φ50×100	3	7	
II	陸砂 BFS(3種類)	0,50,100	フレッシュ性状	—	—	—	—
			圧縮強度(ヤング係数)	φ50×100	3	7,28,91	水中養生 材齢 7 日まで水中養生⇒ 20°C, 60R.H. 気中養生
			乾燥収縮ひずみ	φ50×100	2	7	材齢 7 日まで水中養生⇒ 20°C, 60R.H. 気中養生
			脱水量	φ50×100	2	7	
			自由収縮ひずみ	40×40×160	3	7	
乾燥収縮ひび割れ	40×40×140	3	7				

※亜熱帯の沖縄の海底から採取された天然珊瑚で、造礁珊瑚や有孔虫類などで構成される骨格化石で主成分は炭酸カルシウムで95%を占める。

\*1 東京理科大学 工学部建築学科補手 博士(工学) (正会員)

\*2 東京理科大学 工学部建築学科准教授 博士(工学) (正会員)

\*3 大分大学 工学部福祉環境工学科教授 工博 (正会員)

\*4 大分大学大学院 工学研究科環境工学専攻 工修 (学生会員)

モルタルの調合について表-3に示す。シリーズIでは、JIS R 5201「セメントの強さ試験」に準じて、水セメント比50%、セメント：標準砂=1:3(質量比)とした。標準砂以外の細骨材においては標準砂の容積(絶乾：519m<sup>l</sup>)と同一になるように調整した。モルタルの流動性が低下する場合は、高性能 AE 減水剤の添加を検討することとした。シリーズIIでは、水セメント比50%、細骨材容積比 Vs：43%で一定とし、混和剤を添加せず練混ぜを行うこととした。また BFS-A においては陸砂に対する BFS 混入率 50%とした場合も同様な実験を行った。

各細骨材は、絶乾状態で準備し、練混ぜ前に表乾状態となるために必要な水量を補正水として加え、1分間攪拌した後、モルタルを作製した。なお、補正水は、細骨材粒子に全て吸水されると仮定している。

### 2.3 実験方法

#### (1)骨材比表面積

骨材の比表面積の測定には広範囲の相対圧力(5~99%)にわたって等温吸着曲線が得られる自動試験機(Hydrosorb)を用いた水蒸気等温吸着試験を行い、BET1点法において相対圧力30%の吸着量から算定した。なお、ここでの比表面積とは主に骨材の内部空隙を構成する細孔壁の面積を指している。また、測定にあたり骨材を105±5℃で48時間乾燥させたものを供した。試験はすべて温度20±2℃の恒温環境下で行った。

さらに、比表面積の測定より簡易的な評価指標の検討として、簡易チャンバーを用いた相対湿度100%の環境下における24時間後の吸湿率の測定も行った。

#### (2)シリーズI

圧縮強度試験は、材齢1日に脱型した後、材齢7日まで水中養生としその後材齢28日まで温度20±2℃、相対湿度60±5%の恒温恒湿室で気中養生とした。乾燥収縮ひずみにはφ50×100mmの円柱供試体を用い、埋め込みゲージにて測定を行った。乾燥開始材齢は7日とし、温度20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室内にて行った。

#### (3)シリーズII

圧縮強度試験においては養生条件の違いが強度発現性に及ぼす影響について検討するため所定の材齢まで水中養生を行った場合と、乾燥収縮ひび割れ試験と同様に材齢7日まで水中養生とし、その後温度20℃、相対湿度60%の環境下において気中養生したものを用いた。

乾燥収縮ひずみにはφ50×100mmの円柱供試体を用い、埋め込みゲージにて測定を行った。脱水量の測定には電子天秤(精度0.1g)を用いた。

乾燥収縮ひび割れ試験は、試験方法の簡便さを優先して、既往の研究<sup>4)</sup>を参考にし、供試体の大きさは40×40×140mmとした。拘束用の埋設鉄筋は、丸鋼φ13mmとし、中央の試験区間の長さは40mmとし、定着区間は

表-2 使用する細骨材

シリーズ	細骨材の種類	記号	製造方法	最大粒径(mm)	絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	吸水率(%)	24時間吸湿率(%)	比表面積(m <sup>2</sup> /g)	
I	標準砂	N	-	5.0	2.62	0.43	0.03	0.02	
	天然砂	陸砂	S	-	5.0	2.55	1.86	0.77	7.26
		混合砂	B	-	5.0	2.55	2.77	1.18	12.11
	石灰砕砂	L	-	5.0	2.62	0.05	0.04	0.22	
	コーラルサンド	C	-	5.0	2.38	4.10	0.22	1.20	
	高炉スラグ細骨材	A工場	BFS-A	水砕	5.0	2.60	0.67	0.61	2.04
		B工場	BFS-B	水砕	2.5	2.64	1.66	0.03	0.11
		C工場	BFS-C	水砕	1.2	2.73	0.37	0.15	0.22
		D工場	BFS-D	水砕	5.0	2.78	0.60	0.33	1.55
		E工場	BFS-E1	水砕	2.5	2.64	0.23	0.56	0.58
			BFS-E2	水砕	1.2	2.68	0.30	0.79	2.68
		F工場	BFS-F	水砕	5.0	2.60	0.74	0.06	0.19
		G工場	BFS-G	水砕	1.2	2.76	0.22	0.49	0.25
		H工場	BFS-H	水砕	5.0	2.86	0.40	0.02	0.17
I工場		BFS-I1	水砕	2.5	2.83	0.22	0.03	0.35	
	BFS-I2	徐冷	5.0	2.78	2.07	0.96	2.58		
J工場	BFS-J	水砕	5.0	2.75	0.57	0.03	0.04		
K工場	BFS-K	水砕	2.5	2.67	0.73	0.76	3.22		
L工場	BFS-L	水砕	2.5	2.68	1.02	0.31	0.66		
II	天然砂	陸砂	S	-	5.0	2.55	1.86	0.77	7.26
	高炉スラグ細骨材	A工場	BFS-A	水砕	5.0	2.59	1.45	0.17	0.19
		D工場	BFS-D	水砕	5.0	2.60	3.09	0.38	0.65
		I工場	BFS-I2	徐冷	5.0	2.76	2.51	0.90	2.10

表-3 モルタルの調合

シリーズ	モルタルの使用材料			W/C (%)	Vs (%)	モルタルの調合条件
	セメント	細骨材	混和剤			
I	普通	表-2参照	流動性が劣る場合は、化学混和剤を添加する。	50	58	JIS R 5201に準拠。細骨材は標準砂と容積を同一とする。
II	普通	表-2参照	使用しない。	50	43	細骨材は容積を同一とする。

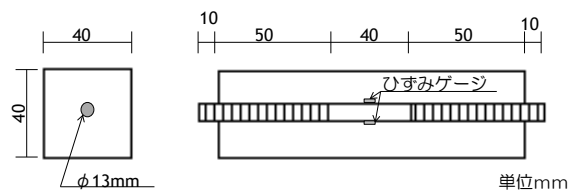


図-1 乾燥収縮ひび割れ供試体

ねじ加工として、モルタルとの付着を確保するようにした。図-1に乾燥収縮ひび割れ供試体の形状を示す。鉄筋中央部の2箇所にひずみゲージを貼付け、鉄筋のひずみを測定した。試験区間の処理として、テフロンシートを巻きモルタルとの付着を除去するようにした。また、乾燥収縮ひび割れ試験と同時に40×40×160mmの角柱供試体を用いて自由収縮ひずみの測定を埋め込みゲージにて行った。なお、乾燥収縮ひずみおよび乾燥収縮ひび割れ試験の乾燥開始材齢は7日とし、温度20±2℃、相対湿度60±5%の恒温恒湿室内にて行った。

### 3. シリーズI(乾燥収縮ひずみ特性)

#### 3.1 骨材の特性

図-2に各骨材における比表面積および24時間吸湿率の測定結果を示す。これによると陸砂Sおよび混合砂Bの比表面積が大きく、標準砂N、石灰砕砂Lおよび高炉スラ

グ細骨材BFSの比表面積が小さい。また高炉スラグ細骨材の中では、BFS-Kが最も大きく、産出工場が異なると比表面積の値も異なっている。比表面積ほど天然砂との差が見られないが、24時間吸湿率においてもBFSの方が小さい値を示している。これらのことからBFSは骨材内部の細孔を構成する壁面積が小さいことが言える。

### 3.2 フレッシュ性状

フレッシュ性状試験結果を表-4に示す。本実験では、BFSを用いると流動性が著しく低下したため高性能AE減水剤を添加することとした。高性能AE減水剤の添加量はC×0.5%を基準とし、打設可能となるフロー値110mm以上を目標に流動性に応じて変化させた。これによると、BFSを使用したモルタルの空気量が天然砂などに比べて5~15%程度大きくなっている。BFSは天然砂と比べて角張った形状をしており、練混ぜ時に空気を巻き込みやすい性質を持っているが、高性能AE減水剤の使用により、さらにその傾向は助長されている。

### 3.3 圧縮強度およびヤング係数

表-4に圧縮強度試験結果を示している。BFSを使用したモルタルの圧縮強度は小さくなっているが、これは図-3に示すように天然砂などに比べて空気量が大きいことが影響している。圧縮強度とヤング係数の関係を図-4に示す。圧縮強度が大きいほどヤング係数は大きい。また、同一の圧縮強度で比較するとBFSを使用したモルタルの方が若干大きい値を示す傾向があるが、本実験の範囲内では両者の関係は骨材の種類によらず1つの式で

表される結果となった。

### 3.4 乾燥収縮ひずみ

乾燥期間126日における乾燥収縮ひずみの測定結果を図-5に示す。陸砂Sを基準にすると、BFSを使用した供試体の乾燥収縮ひずみは、徐冷スラグであるBFS-I2を除いたすべてにおいて2~3割程度小さくなっており、BFSの乾燥収縮ひずみ低減効果が本実験においても確認できた。図-6に陸砂Sの乾燥収縮ひずみに対する乾燥収縮ひずみ比を示している。これによると乾燥収縮ひずみ低減効果が高い標準砂Nおよび石灰砕砂Lは乾燥期間が長く

表-4 フレッシュ性状および圧縮強度試験結果

細骨材の種類	記号	高性能AE減水剤使用量(C×%)	フロー値(mm)	空気量(%)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> )
標準砂	N	0.0	172.7	4.7	57.40	35.61
天然砂	陸砂S	0.0	144.5	4.2	50.75	28.70
	混合砂B	0.0	128.0	6.2	37.21	22.39
石灰砕砂	L	0.0	163.9	3.6	56.88	36.40
コーラルサンド	C	0.0	測定不能	測定不能	5.49	5.46
高炉スラグ細骨材	A工場 BFS-A	4.0	105.1	11.0	26.49	18.51
	B工場 BFS-B	4.5	129.7	20.0	23.15	18.17
	C工場 BFS-C	1.0	123.5	14.0	35.65	22.56
	D工場 BFS-D	0.5	132.3	10.5	45.80	28.39
	E工場 BFS-E1	5.0	103.4	14.0	21.68	13.51
		BFS-E2	4.0	100.8	16.0	20.31
	F工場 BFS-F	0.5	116.9	14.0	25.16	21.99
	G工場 BFS-G	0.5	119.6	10.0	43.23	27.79
	H工場 BFS-H	0.5	161.9	14.5	29.30	22.31
	I工場 BFS-I1	0.5	157.5	11.5	35.75	23.53
		BFS-I2	0.5	131.0	10.0	46.79
	J工場 BFS-J	0.5	159.6	20.0	22.67	18.64
K工場 BFS-K	0.5	115.5	14.0	35.80	30.45	
L工場 BFS-L	0.5	109.5	13.5	31.84	21.21	

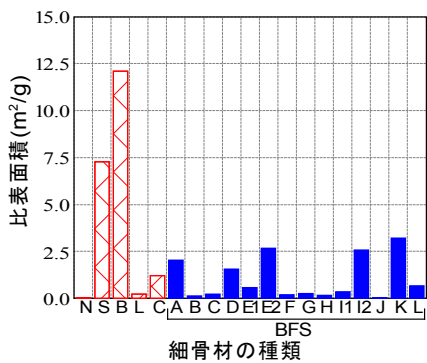


図-2 24時間吸湿率と比表面積の測定結果

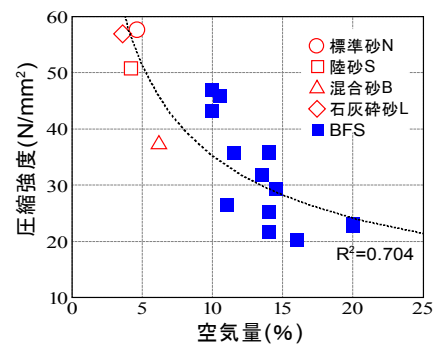
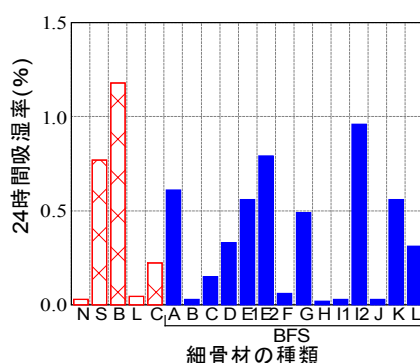


図-3 空気量と圧縮強度の関係

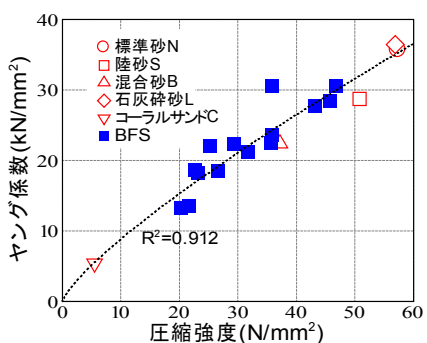


図-4 圧縮強度とヤング係数の関係

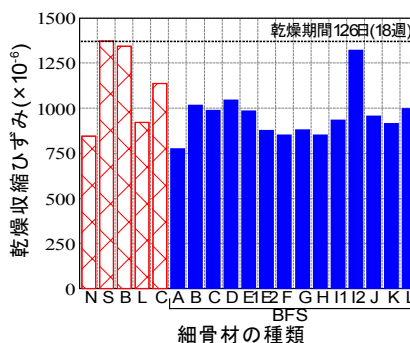


図-5 乾燥収縮ひずみの測定結果

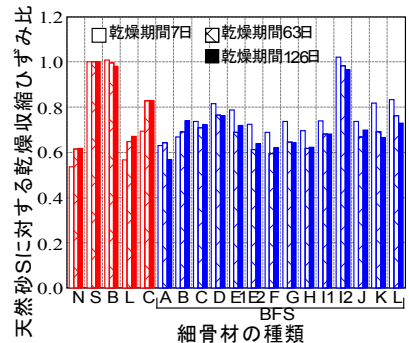


図-6 乾燥収縮ひずみ比

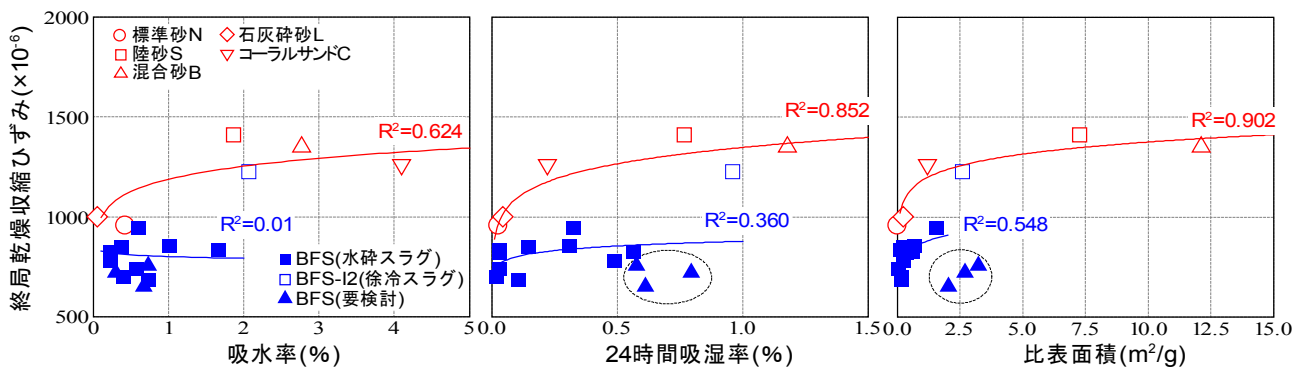


図-7 骨材の特性と最終乾燥収縮ひずみの関係

なるにつれて乾燥収縮ひずみ比が大きくなっているのに対し、BFSを使用した供試体の乾燥収縮ひずみ比は小さくなっている。このことからBFSを使用した供試体は乾燥収縮ひずみの進行が緩やかであると考えられる。露木らの研究<sup>5)</sup>によれば、BFSの周りに水和物が生成されることにより、乾燥収縮に影響する粗大な空隙が減少するため、乾燥収縮ひずみが抑制されることが報告されており、乾燥収縮ひずみの進行が緩やかになる要因の1つとしてBFSの周りに形成される水和物の影響が考えられる。

### 3.5 乾燥収縮ひずみの評価に関する考察

乾燥収縮ひずみの評価にあたり、経時変化の実測値を双曲線関数で近似して最終乾燥収縮ひずみを算出した。また、表-4に示しているように本実験ではBFSを使用したモルタルの空気量は天然砂などと比較して著しく大きい。林らの研究<sup>6)</sup>によれば空気量が大きいほど乾燥収縮ひずみは大きくなることが指摘されている。そこで、林らが行なった実験結果を参考に空気量と乾燥収縮ひずみの関係より算出した近似式を用いて最終乾燥収縮ひずみに及ぼす空気量の影響を取り除き、評価することとした。

骨材がコンクリートの乾燥収縮ひずみに及ぼす影響については、骨材内部の空隙構造の影響が指摘されており、筆者らは骨材の比表面積とコンクリートの乾燥収縮ひずみには高い相関関係があることを示している<sup>7)</sup>。ここでは、骨材内部の空隙構造の影響を表している指標として吸水率、24時間吸湿率および比表面積と乾燥収縮ひずみの関係について検討することとした。図-7によると、骨材の比表面積が最もモルタルの乾燥収縮ひずみと相関性が高くなっており、比表面積が大きいほど乾燥収縮ひずみも大きくなっている。本実験の範囲内においては、BFSを使用したモルタル供試体の乾燥収縮特性においても比表面積を用いて概ね評価が可能であると考えられる。なお、図-7中の丸で囲っている3点のデータは比表面積および吸湿率の測定時に固結が始まっていた。そこで、固結したBFSの状態を確認するため製造日から3ヶ月および8ヶ月経過した時のBFSを顕微鏡で撮影した(写真-1)。固結していないBFSは表面がガラス質で

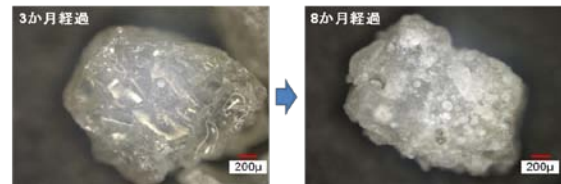


写真-1 BFSの固結状況

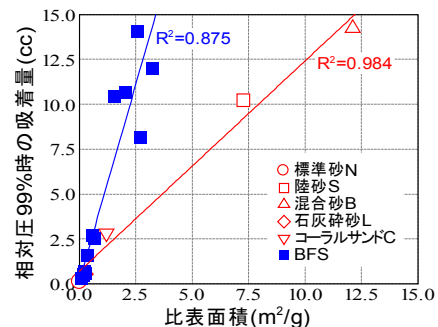


図-8 比表面積と吸着量の関係

あるのに対して、固結が始まっているBFSは表面のガラス質が失われ、微粒分が付着している。そのため比表面積や吸湿率の値が大きくなり、その他のBFSから傾向が外れたものと推測される。

また、同一の比表面積で比較すると、天然砂などに比べてBFSを使用したモルタルの乾燥収縮ひずみが小さくなっている。これは、図-8に示すように比表面積が同一の場合においても相対圧99%時の吸着量に大きく差があり、BFSは天然砂などに比べて粗大な空隙が多いことが考えられる。岩清水らの研究<sup>8)</sup>においても骨材の細孔径分布の違いが乾燥収縮ひずみを大きくする要因の1つであると報告されており、BFSを用いたモルタルの乾燥収縮ひずみの評価において、比表面積のみならず、細孔構造や骨材周辺に形成される水和物の影響なども考慮する必要があると思われる。なお、徐冷スラグであるBFS-I2は、他のBFSと異なり、天然砂などにおける骨材特性と乾燥収縮ひずみの関係と同一の傾向を示した。これは水砕スラグが潜在水硬性を持つガラス質の骨材であるのに対して、徐冷スラグは結晶質の骨材であることが影響していると考えられる。

#### 4. シリーズII(乾燥収縮ひび割れ特性)

##### 4.1 フレッシュ性状および圧縮強度試験結果

フレッシュ性状試験結果を表-5に示す。BFSを使用すると空気量が大きくなる傾向が見られた。

圧縮強度試験結果を表-6および図-9に示す。圧縮強度は、BFSを使用することにより若干小さくなっている。圧縮強度においては、材齢28日における養生条件の違いによる影響はほとんど現れていない。一方、ヤング係数は、BFSを使用することにより、若干大きくなる傾向にある。養生条件の違いについて見てみると、気中養生を行った供試体のヤング係数は小さくなっている。また、BFS混入率について見てみると圧縮強度はBFS混入率が高いほど低くなり、ヤング係数は高くなっている。

##### 4.2 乾燥収縮ひずみおよび脱水量

乾燥収縮ひずみの経時変化を図-10に示す。シリーズIと同様に陸砂Sと比較するとBFSを使用することによって乾燥収縮ひずみが低減している。BFS混入率の違いによる影響を見てみるとBFS混入率が高いほど乾燥収縮低減効果も高い。なお、シリーズIではあまり収縮低減効果が見られなかったBFS-I2においても本実験では陸砂Sに対して3割程度乾燥収縮が低減している。この傾向の違いについては骨材の製造日の違いによる影響も考えられるが引き続き検討を行っていく予定である。

表-5 フレッシュ性状

細骨材の種類	記号	BFS混入率 (%)	フロー値 (mm)	空気量 (%)	
陸砂	S	0	240.5	1.3	
BFS	A工場	BFS-A50	50	258.1	4.8
		BFS-A100	100	231.2	3.1
	D工場	BFS-D	100	269.9	1.8
	I工場	BFS-I2	100	226.8	3.9

表-6 圧縮強度試験結果

記号	BFS混入率 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )		
		材齢7日		材齢28日	材齢7日		材齢28日
		水中	水中	気中	水中	水中	気中
S	0	39.2	54.7	54.6	23.0	28.5	24.2
BFS-A50	50	38.1	55.2	53.9	23.4	30.4	27.3
BFS-A100	100	35.3	50.9	51.7	27.8	30.0	29.9
BFS-D	100	35.9	56.5	51.5	23.8	30.6	29.2
BFS-I2	100	38.2	50.2	53.2	31.3	28.9	31.9

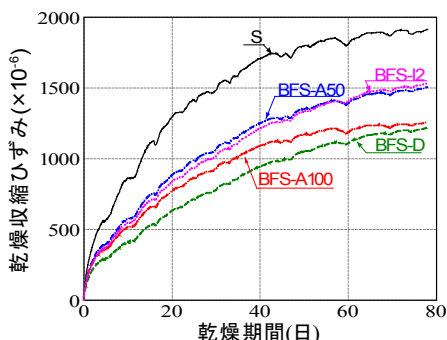


図-10 乾燥収縮ひずみの経時変化

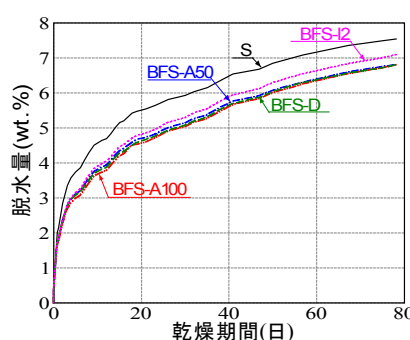


図-11 脱水量の経時変化

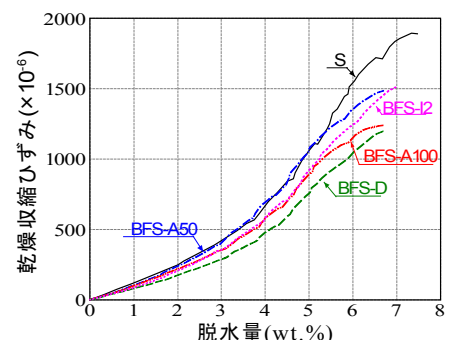


図-12 脱水量と乾燥収縮ひずみの関係

脱水量の経時変化を図-11に示す。脱水量は質量減少率を表している。乾燥収縮ひずみと同様にBFSを使用した供試体の方が陸砂Sに比べて脱水量の値が小さい。BFSの産出工場の違いによる影響はあまり明確に表れていないが、BFS-I2を使用したモルタル供試体の脱水量が他のBFSに比べて大きな値で推移している。また、BFS混入率が少ないほど脱水量の値も大きくなっている。

脱水量と乾燥収縮ひずみの関係を図-12に示す。これによると陸砂Sに比べて、BFSを使用した供試体の方が曲線の勾配が小さく、乾燥収縮ひずみが小さい供試体ほど曲線の勾配が小さくなっている。

##### 4.3 乾燥収縮ひび割れ

図-13に乾燥収縮ひび割れ試験のひずみの経時変化を、表-7に乾燥収縮ひび割れ試験結果を示す。

ひび割れ発生が最も早かった供試体は陸砂Sを使用した供試体であり、平均2.6日においてひび割れが発生している。一方、BFSを使用した供試体においては図-10に示す乾燥収縮ひずみが大きかったBFS-A50が平均7.9日、次いでBFS-I2が平均16.4日において全ての供試体でひび割れが発生した。乾燥期間38日の時点でBFS-A100が1本、最も乾燥収縮ひずみの小さかったBFS-Dは3本全てでひび割れが確認できていない。本実験では乾燥収縮ひずみが大きいものほどひび割れの発生が早い結果となった。同様に図-12より脱水量に対して乾燥収縮ひずみの増加の割合が大きいものほどひび割れ発生材齢が早くなる傾向にあった。なお、表-7には鉄筋のひずみの測定結果から算出した拘束応力も示している。

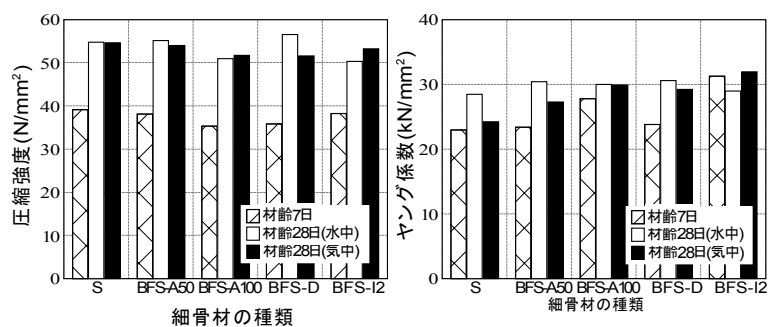


図-9 圧縮強度試験結果



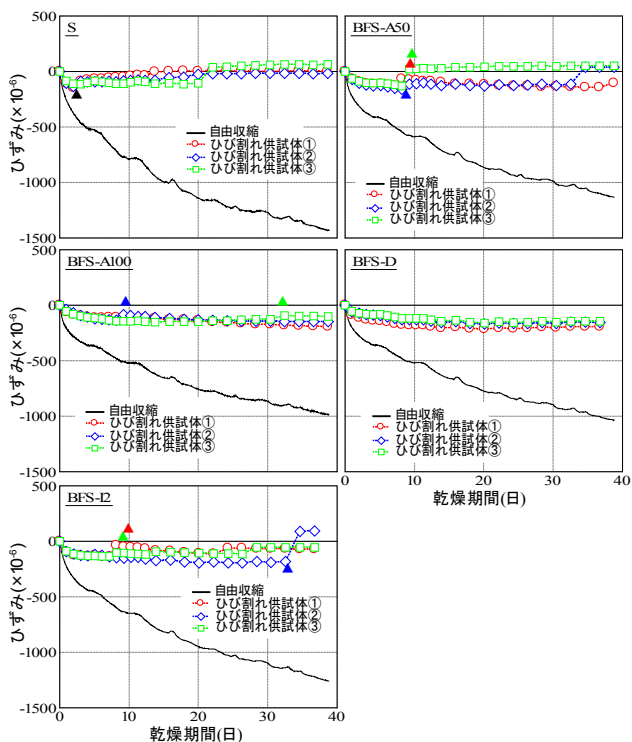


図-13 乾燥縮ひび割れ試験の測定結果

る。ひび割れが発生していない供試体については乾燥期間 38 日の時点での拘束応力を示している。これによると、陸砂 S が最も低い拘束応力でひび割れが発生しており、ひび割れ発生材齢が長くなるほど拘束応力も大きくなる結果となった。

以上のことから BFS を使用することによって乾燥収縮ひずみが減少し、それに伴い乾燥収縮ひび割れも抑制される結果となった。

## 5. まとめ

本論文では、高炉スラグ細骨材を用いたモルタル供試体の乾燥収縮ひずみおよび乾燥収縮ひび割れ特性について検討を行った。以下に得られた知見を示す。

- 1) 高炉スラグ細骨材を用いた供試体の乾燥収縮ひずみは陸砂を用いた供試体の乾燥収縮ひずみより 2~3 割程度小さくなり、産出工場の違いによらず高炉スラグ細骨材を使用することにより乾燥収縮ひずみの低減効果が得られることが確認できた。
- 2) 高炉スラグ細骨材の乾燥収縮ひずみ低減効果は骨材の比表面積が小さいことが要因の 1 つとして挙げられ、骨材の比表面積で概ね評価が可能である
- 3) 高炉スラグ細骨材を用いた供試体は、陸砂を用いた供試体に比べて、乾燥収縮ひび割れ発生材齢が遅延し、収縮ひび割れ抑制効果が高いことが確認できた。

今後は、高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮低減効果ならびに乾燥収縮ひび割れ抑制効果を明

表-7 ひび割れ発生時の実験結果一覧

記号	BFS 混入率 (%)	No.	ひび割れ発生材齢 (日)	自由収縮ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	拘束応力 (N/mm <sup>2</sup> )
S	0	1	2.8	-447	2.79
		2	2.1	-386	
		3	3.0	-468	
BFS-A50	50	1	7.3	-508	2.34
		2	8.3	-551	
		3	8.2	-547	
BFS-A100	100	1	-	-	2.62
		2	8.5	-495	
		3	31.1	-898	
BFS-D	100	1	-	-	2.86
		2	-	-	
		3	-	-	
BFS-I2	100	1	7.9	-582	3.07 <sup>※</sup>
		2	33.3	-1149	
		3	8.0	-589	

※ひび割れが生じていない供試体においては乾燥期間 38 日の算出値を示している

らかにするとともにそれらの評価方法についても検討する予定である。

## 謝辞

本研究は、鉄鋼スラグ協会の補助を受け実施しました。また、実験の実施にあたり、本学卒研究生:工藤純樹君・坂井絵梨子さんにご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 齊藤和秀,木之下光男,伊原俊樹,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) 泉田裕介,榎田佳寛,杉山央,石東昇:高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮に関する研究,コンクリート工学年次論文集,Vol.34,No.1,pp.394-399,2012
- 3) 日本建築学会:高炉スラグ細骨材を使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説,2013.2
- 4) 蔣海燕,上田賢司,佐藤嘉昭,大谷俊浩,清原千鶴:モルタルの収縮ひび割れ試験方法に関する検討,日本建築学会大会学術講演梗概集,A-1 分冊,材料施工,pp.733-734,2012.9
- 5) 木之下光男,露木尚光,吉澤千秋,齊藤和秀:高炉スラグ細骨材を使用したコンクリートの乾燥収縮低減メカニズムの考察,土木学会年次学術講演集,No.66,pp.1045-1046,2011.9
- 6) 林伸嘉,寺西浩司,前田大介:モルタルの乾燥収縮に対する空気量および化学混和剤の影響,日本建築学会大会学術講演梗概集,A-1 分冊,材料施工,pp.101-102,2003.9
- 7) 今本啓一,石井寿美江,荒井正直:各種骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮特性と骨材比表面積の影響,日本建築学会構造系論文集,No.606,pp.9-14,2006.8
- 8) 岩清水陸,米澤敏男,井上和政,松本竹史:コンクリートの乾燥収縮に及ぼす骨材品質の影響に関する実験,日本建築学会大会講演梗概集,A-1 分冊,材料施工, pp.1079-1080, 1998.9