複数種のスラグ細骨材を用いた コンクリートの性能

PROPERTIES OF CONCRETE USING MULTI SLAG FINE AGGREGATES

李 柱国 —— * 1   流田靖博 —— * 2

Zhuguo LI —— * 1   Yasuhiro RYUDA —— * 2

キーワード:

コンクリート, 溶融スラグ細骨材, 高炉スラグ細骨材,
フェロニッケルスラグ細骨材, スラグ細骨材の併用

Keywords:

Concrete, Slag from municipal solid waste incineration ash, Blast
furnace slag, Ferro nickel slag, Recycle

For developing a technology to increase slag's use in concrete, in this study, we mixed two kinds of slag fine aggregates in concrete: slag from municipal waste ash (WAS) and blast furnace slag (BFS) or ferro nickel slag (FNS), substituting partly for sea sand, to investigate the effects of multi-slag's use and slag contents on concrete's properties. It was concluded that multi-slag's use doesn't greatly deteriorate fluidity, air content, compressive strength, Young's modulus and drying shrinkage, but reduces the carbonation resistance of concrete.

1. はじめに

わが国では循環型社会形成推進基本法や各種リサイクル法が制定され、廃棄物の排出を抑制し、資源として再循環させる循環型社会の構築を目指している。また、河川砂利、湖中砂利をはじめとする天然骨材枯渇への対応という社会的ニーズが高まっている背景を踏まえ、近年、コンクリートに廃棄物や副産物を利用する研究^{1), 2), 3), 4)}が活発になっており、既に数種類の再生材が JIS 規格化された。高炉スラグ骨材、銅スラグ細骨材、フェロニッケルスラグ骨材およびごみ焼却灰スラグ細骨材の利用は拡大されつつあり、コンクリートは廃棄物の“受け皿”になる傾向が見られた。

一般廃棄物の最終処分量の過半は、ごみ焼却灰であり、廃棄物焼却灰の年間排出量(2000 年)は、613 万トンである⁵⁾。焼却灰の埋立処分に必要な埋立容量の確保が極めて困難であるため、最終処分量の抜本的な削減のためには焼却灰対策が不可欠となっている。焼却灰を溶融スラグ化する自治体が増えており、溶融スラグの排出量は年々増加し、2005 年度では 63 万 t であったが、有効利用の割合は 60%程度(約 40 万 t)しかなかった。そのうち、コンクリート用骨材としての利用量は、8.5 万 t 程度に過ぎなかった⁶⁾。溶融スラグの有効利用先の確保が課題になっている。

スラグ骨材の製造は地域性があり、長流通距離は、スラグ骨材の利用拡大の支障になる。全国には、高炉スラグ骨材を副産する製鉄所は 16 工場⁷⁾、フェロニッケルスラグ骨材を出荷する精錬所は 6 工場しかないため²⁾、これらのスラグの大量使用は、高輸送費用に制約されている。これに対して、ごみ焼却灰溶融スラグ骨材は、各自治体で容易、かつ安価に入手できるため、利用されやすい長所をもっている。

スラグ骨材を用いたコンクリートの性能は、天然骨材を使用した場合に比べて若干低下することや未解明な性能がある。コンクリートの要求性能を損なわないように、スラグ骨材の混合率の目安や限度が推奨されており、一度に再生材を大量に利用することができない。例えば、高炉スラグ細骨材は 20~60%⁸⁾、フェロニッケルスラグ細骨材は 50%以下⁸⁾、ごみ焼却灰溶融スラグ細骨材は 30%以下で

ある⁹⁾。一度に大量のスラグ骨材を利用するために、スラグ骨材の単独混合ではなく、複数種類の利用が考えられる。しかしながら、単一種類のスラグ細骨材を利用する研究は多く報告されているが、複数種類の利用についての研究は少ない。

したがって、多種類のスラグ細骨材の併用による再生材利用量の増加技術を開発することを目的として、筆者らは、既に高炉セメントを用いたコンクリートにごみ焼却灰溶融スラグ細骨材(以下、WAS と称する)と高炉スラグ細骨材(以下、BFS と称する)またはフェロニッケルスラグ細骨材(以下、FNS と称する)を併用した場合の性能を考察した¹⁰⁾。本研究では、普通ポルトランドセメントを用い、WAS と BFS または FNS を併用するコンクリートの性能および各スラグ細骨材の混合率の影響を実験的に考察し、併用法が常用コンクリートに適用する可能性を検討する。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの調合

実験に、結合材として、普通ポルトランドセメントを用い、細骨材として、海砂(佐賀県唐津産、NaCl 量: 0.0%。以下、S と記する)、高炉スラグ細骨材(水砕砂、北九州市八幡産)、フェロニッケルスラグ細骨材(キルン水砕砂、京都府宮津産)および一般廃棄物由来の溶融スラグ細骨材(水砕砂、山口県宇部市産)を単独または複数で使用した。実験に用いた骨材の物理的性質を表 1 に示す。

コンクリートの調合およびスランブ、空気量などを表 2 に示す。水セメント比およびスランブを一定として、スラグ細骨材の併用による影響を検討した。BFS 混合使用の場合には、常用の最大設計基準強度は 24N/mm²である¹¹⁾。FNS コンクリートの場合、ブリーディング水の大量発生を抑えるために、他の細骨材との混合使用は一般的であり、30%の混合率が多く、実施工に用いられた FNS コンクリートの 28 日圧縮強度の殆どが 21~35MPa の範囲にある¹²⁾。また、JIS A 5031 では、WAS を用いたコンクリートの水セメント比の上限を 55%としている⁹⁾。したがって、本研究の検討は、設計基準強度が 21Mpa のコンクリ

¹⁾ 山口大学大学院理工学研究科情報デザイン工学系専攻 准教授
(〒 755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)

²⁾ 助建材試験センター西日本試験所

¹¹⁾ Assoc. Prof., Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi Univ.

¹²⁾ Test Laboratory in West Japan, Japan Testing Center for Construction Materials

表 1 実験に用いた骨材の物理的性質

骨材	密度(g/cm ³)		吸水率 (%)	微粒分量 (%)	実積率 (%)	ふるいを通るものの質量百分率 (%)										粗粒率 F.M.
						ふるいの呼び寸法										
	絶乾	表乾				40mm	25mm	20mm	10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	
海砂	2.55	2.59	1.65	0.8	65.1	-	-	-	-	100	96	78	53	21	2	2.50
BFS	2.72	2.73	0.27	4.4	58.5	-	-	-	-	100	100	96	59	25	13	2.08
WAS	2.69	2.70	0.34	2.8	55.5	-	-	-	-	100	96	68	35	16	8	2.84
FNS	3.12	3.13	0.33	2.8	58.0	-	-	-	-	100	100	96	72	43	22	1.67
碎石	2.71	2.72	0.41	0.4	58.5	-	100	95	45	3	-	-	-	-	-	6.57

表 2 コンクリートの調合およびフレッシュコンクリートの性状

シリーズ No.	調合		単位量(kg/m ³)								SI (cm)	空気量 (%)	γ (kN/m ³)
	W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	BFS (質量比、混合率、%)	FNS (質量比、混合率、%)	WAS (質量比、混合率、%)	G	SP/C (%)			
N	53	43.4	165	310	761	0	0	0	1055	0.60	19.5	5.8	22.52
B5-W0	53	42.6	158	298	370	370 (50、48.4)	0	0	1026	0.75	21.0	5.9	22.30
B0-W2	53	43.1	162	306	609	0	0	152 (20、18.9)	1056	0.60	20.0	4.0	22.31
B3-W2	53	42.6	159	300	372	223 (30、28.9)	0	149 (20、19.3)	1033	0.75	21.5	6.3	22.17
B4-W2	53	42.5	161	304	302	302 (40、38.9)	0	151 (20、19.4)	1047	0.60	19.0	6.4	21.64
B5-W2	53	42.4	155	292	219	365 (50、48.9)	0	146 (20、19.6)	1012	0.75	20.0	7.3	21.77
B2-W3	53	42.7	161	304	377	151 (20、19.3)	0	226 (30、28.9)	1046	0.60	21.0	5.3	21.81
F3-W0	53	42.0	159	300	528	0	227 (30、29.8)	0	1046	0.60	21.0	5.0	22.64
F3-W2	53	41.7	161	305	384	0	231 (30、30.1)	154 (20、20.1)	1066	0.60	20.0	5.3	22.72
F3-W3	53	41.6	159	300	304	0	228 (30、30.3)	228 (30、30.3)	1053	0.60	20.5	5.4	22.63
F3-W4	53	41.4	161	304	231	0	231 (30、30.4)	308 (40、40.6)	1069	0.60	22.0	4.7	22.77

注) W/C: 水セメント比、s/a: 細骨材率、W: 水、C: 普通ポルトランドセメント、S: 海砂、G: 碎石、Sp: 標準型 AE 減水剤、SI: スランブ、 γ : コンクリートの気乾単位容積質量、質量比: 全細骨材に対するスラグ骨材の質量比の百分率、混合率: 全細骨材に対するスラグ骨材の絶対容積比の百分率

ートに着目して、実験に用いたコンクリートの水セメント比を 53% とし、FNS を使う場合には FNS の混合率を約 30% とした。

また、コンクリートに低流動性を有させることは、高い流動性の付与より容易である。スラグ細骨材の併用が所要の流動性の実現を害するかどうかを検討するために、実験に用いたコンクリートの目標スランブは、JIS A 5308 の普通コンクリートのスランブの最大値 (21cm)¹¹⁾ と設定した。また、目標空気量は 4.5±1.5% とした。

2.2 測定項目と実験方法

セメントと細骨材を強制型ミキサに投入して 30 秒攪拌した後、水と混和剤を投入して 60 秒練混ぜた。次に、碎石を投入して、さらに 90 秒攪拌した。コンクリートを練り混ぜた直後に、スランブと空気量を測定し、直径 10cm×高さ 20cm の円柱圧縮供試体と中性化試験供試体および 10×10×40cm の角柱長さ変化率と質量減少率用供試体をそれぞれ製作した。所定の期間に供試体を標準水中養生した後、圧縮強度、ヤング係数、長さ変化率率、質量減少率および促進中性化深さの測定を行った。

JIS A 1149 に従い、コンプレッションメーターを用いて圧縮ひずみを測定し、最大圧縮応力の 1/3 におけるヤング係数を算出した。また、乾燥収縮試験では、長さをコンパレータ法によって、質量減少率を感量が 0.1g の秤によってそれぞれ測定した上、材齢 1 週の長さ質量を基準とした場合の変化率を算出した。なお、この測定は 26 週まで行った。

一方、促進中性化試験については、供試体を 4 週まで標準水中養生した。その後、供試体を炭酸ガス濃度が 5%、温度が 20℃、相対湿度が 60% の中性化試験槽に静置し、4 週後と 8 週後の中性化深さを JIS A 1152 に従って測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ時の性状

(1) スランブ

スランブの測定結果および AE 減水剤の使用量を図 1 に示す。スランブが 21±1.5cm になるために、AE 減水剤の添加量を調整した。図 1 (a) に示すように、B4-W2 と B5-W2 の AE 減水剤の添加率は、それぞれ B0-W2 と B3-W2 同等であるが、スランブは前者のほうが若干小さかった。つまり、WAS を混合したコンクリートに BFS を 30% 以上で利用すれば、スランブは低下する。しかし、WAS や BFS の単独混合 (シリーズ B0-W2、B5-W0) および再生細骨材の無混合 (シリーズ N) の場合に比べ、流動性に大差はなく、AE 減水剤の添加率の微調整で要求の流動性が実現しうると思われる。

図 1(b) より、B5-W0 と B5-W2 の結果を比べると、50%BFS の以外に WAS をさらに 20% で混合しても、スランブはほぼ同じであることが分かった。また、B3-W2 のスランブは、B2-W3 より大きかったが、B3-W2 に添加した AE 減水剤は多かった。したがって、WAS と BFS の総混合率を一定 (約 50%) であれば、BFS と WAS の割合が

図 1 複数種のスラグ骨材の併用がスランプに与える影響

図 2 複数種のスラグ骨材の併用が空気量に与える影響

コンクリートの流動性に大きな影響を与えないことが認められた。単独混合の場合、BFS や WAS の混合率が 30% 以下であれば、海砂や川砂のみを使用した場合に比べて流動性が同様である^{11), 12)}。他種のスラグ骨材を追加混合しても、この傾向が変わらない。

図 1(c) によれば、FNS を単独で混合したシリーズ F3-W0 および WAS と FNS を併用したシリーズ F3-W2～W4 のいずれにおいても、スランプが、基準シリーズ N より大きいことが分かった。これは、FNS の密度が海砂より大きいと考えられる。また、FNS を 30% 混合する以外にさらに 20～40% の WAS を利用すれば、スランプは WAS の混合率の増加に伴って増大し、 $21 \pm 1.5 \text{ cm}$ の範囲にあった。WAS と FNS の併用の場合は FNS の単独混合の場合より流動性が劣らない。

(2) 空気量

空気量の実験結果を図 2 に示す。図 2(a) より、約 20% の WAS を混合した上で、BFS を使うと、BFS の混合率が高いほど、空気量が多く、6% を超えてしまう傾向が見られた。BFS は角ばっており、また粒子表面は凹凸が多いため、コンクリート練り混ぜ時に空気が入りやすいと考えられる¹¹⁾。空気量を 3～6% の範囲で調整するために、AE 剤や AE 減水剤の使用量を減らす必要があるが、エントラップドエアは AE 剤や AE 減水剤によって連行されるエントレインドエアより気泡径が大きく、耐凍害改善効果が少ないため、所要空気量は、凍結融解作用を受けるおそれのある場合には、通常の所要空気量 ($4.5 \pm 1.5\%$) より 1～2% 程度増すのが良い¹¹⁾。したがって、WAS と BFS を併用しても、適正な空気量に調節することにより、コンクリートの凍結融解抵抗性を確保することが可能であると考えられる。

図 2(b) によれば、BFS と WAS を併用する場合には、総混合率が一定 (約 50%) であれば、BFS の混合率が高いほど、空気量は大きいことが分かった。また、シリーズ B0-W2 と B5-W2 の結果を比べると、WAS の以外に 48.9% の BFS を使うと、空気量は大幅に増加することが分かった。一方、図 2(c) に示すように、FNS を約 30% 混合するとともに、WAS を約 40.6% まで使用しても、空気量は同程度であり、所要の空気量に達成している。つまり、30% FNS と混合率が 40% までの WAS を併用した際の空気量は、FNS の単独混合の場合と同程度であり、特別な対策を講じなくても所要の空気量を実現できる。

3.2 力学性能

(1) 圧縮強度

各シリーズのコンクリートの材齢 28 日圧縮強度とヤング係数を図 3 に示す。基準コンクリート N の圧縮強度は 37.2 MPa であった。図 3(a) に示すように、WAS の混合率を一定 (約 20%) とし、BFS を使っても混合率が 40% 以下であれば、WAS の単独混合に比べ、圧縮強度は殆ど低下しなかった。しかし、BFS の混合率は約 50% になると、圧縮強度は WAS の単独混合より低下した。20% の WAS と 40% 以下の BFS を併用しても、圧縮強度は、WAS の単独混合の場合と同程度であることが認められた。

図 3(b) によって、スラグ骨材の総混合率を約 50% とし、WAS の割合が 20% であれば、コンクリートの圧縮強度は、BFS を 50% で単独混合した場合とほぼ同じであり、BFS の一部を WAS で置換できることが認められた。しかし、WAS の割合が 30% になると、

図3 複数種のスラグ骨材の併用が圧縮強度(F_c)とヤング係数(E)に与える影響

圧縮強度は BFS の単独混合より低下した。また、シリーズ B5-W0 と B5-W2 の結果によれば、BFS を 50% で混合した上で、さらに 20% の WAS を使うと、強度が低下した。BFS と WAS を併用した場合の圧縮強度は、BFS を単独混合した場合より劣らないように、WAS の混合率が 20% を超えなく、総混合率を 50% 以内にしたいほうが良いと考えられる。

理由が不明であるが、今回の実験では FNS を約 30% で単独混合したコンクリートの圧縮強度は、図 3(c) に示すように基準コンクリートより大幅に低下した。FNS を約 30% で混合するとともに、WAS を 40% まで併用した場合の圧縮強度は、FNS の単独混合の場合に比べ、ほぼ同じであり、FNS と WAS の併用は圧縮強度を低下させないことが認められた。

(2) ヤング係数

図 3 に示すように、スラグ細骨材を混合したコンクリートのヤング係数は、海砂を使用したものより小さかった。図 3(a) より、WAS を約 20% 混合するとともに、BFS を利用すれば、コンクリートのヤング係数は減少することが分かった。BFS の混合率が大きいほど、ヤング係数は小さかった。

また、図 3(b) を見ると、スラグ細骨材の総混合率が一定 (約 50%) であれば、WAS と BFS の割合によって、ヤング係数は異なり、WAS の割合は大きいほど、ヤング係数は小さい傾向が見られた。シリーズ B5-W0 と B5-W2 の結果によれば、BFS を 50% 混合したとともに WAS を使うと、ヤング係数は大幅に低下することが分かった。

なお、図 3(c) によれば、FNS を単独混合したコンクリート (シ

ーズ F3-W0) のヤング係数は、圧縮強度と同様に、基準シリーズの強度より大幅に低下した。30% の FNS とともに WAS を利用したコンクリートのヤング係数にばらつきがあり、WAS の混合率とヤング係数の関係について一定の傾向が見られなかったが、WAS の混合率の増加に伴って僅かに増加したことが分かった。

図 4 に、WAS と BFS や FNS を併用したコンクリートのヤング係数の測定値と、日本建築学会編「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(1999 年版)」(以下 RC 規準という) に示されるヤング係数の算定式 (式(1)参照) による計算値を併示する。この計算は、実際の気乾単位容積質量 (表 2 参照) と圧縮強度を式(1)に代入して行った。

WAS と BFS や FNS を併用したコンクリートのヤング係数は、図 4 に示すように、RC 規準式による計算値より大きい傾向が見られた。

$$E = 3.35 \times 10^4 \times \left(\frac{\gamma}{24} \right)^2 \times \left(\frac{F_c}{60} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (18 \leq F_c \leq 60 \text{ の場合}) \quad (1)$$

ここに、 E : コンクリートのヤング係数(N/mm²)、 γ : コンクリートの気乾単位容積質量(kN/m³)、 F_c : 設計基準強度(N/mm²)

3.3 耐久性性能

(1) 乾燥収縮

図 5 と図 6 に、コンクリートの質量減少率および長さ変化率と経過時間の関係を示す。WAS と BFS を併用したコンクリートの質量減少率に、それぞれの混合率が変わっても大きな違いが見られなかったが、FNS と WAS を併用する場合に、WAS の混合率が大きいほど、質量減少率は大きいことが認められた。また、長さ変化率は、スラグ細骨材の併用の場合においても、6 か月の時点では 800×10^{-6} に達しないことが認められた。

図 7 は、複数種のスラグ細骨材を併用したコンクリートの長さ変化率を比較したものである。図 7(a) に示すように、WAS の 20% での単独混合によるコンクリートの長さ変化率は、基準コンクリートより小さかった。BFS も 40% 以下の混合率で使えば、長さ変化率は、WAS の単独混合より減少し、BFS の混合率が大きいほど、小さい傾向が認められた。BFS の混合率が約 50% になると、長さ変化率は、増大したが、WAS 単独混合の場合のレベルに達しなかった。

図 7(b) によって、スラグ細骨材の総混合率を 50% とし、BFS の一部を WAS で置換する場合、長さ変化率は減少し、WAS の混合率が大きいほど、減少程度が大きいことが分かった。また、BFS を約 50% で混合するとともに WAS を利用すれば、長さ変化率は BFS 単独混

図4 ヤング係数の測定値と計算値の比較

図5 複数種のスラグ細骨材を併用したコンクリートの質量減少率

図6 複数種のスラグ骨材の併用が長さ変化率の経時変化に及ぼす影響

合の場合より小さかった。WAS を併用することは、BFS コンクリートの長さ変化率を減少できることが認められた。

図 7(c)に示すように、FNS を 30%で混合し、WAS を併用する場合の長さ変化率は、FNS の単独混合の場合より大きく、WAS の混合率が大きいほど大きい傾向が認められた。

(3) 中性化抵抗性

各シリーズのコンクリートの促進中性化試験結果を図 8 に示す。図 8(a)と(c)に示すように、4 週と 8 週の中性化深さは、3 種類のスラグ細骨材の単独混合と併用にも拘わらず、基準シリーズ N より大きかった。図 8(a)によって、約 20%の WAS を用いたコンクリートに BFS を併用すれば、中性化深さは増加し、BFS の混合率が大きいほど、増加量が大きいことが明らかとなった。

ど、増加量が大きいことが明らかとなった。

図 8(b)に示すように、WAS と BFS の総混合率が一定（約 50%）であれば、WAS の割合が多いほど、4 週間の中性化深さは大きい傾向が認められた。8 週間の結果にはばらつきがあり、一定の傾向が見られないが、BFS 単独使用の場合に比べ、コンクリートの中性化抵抗性は WAS と BFS の併用によって低くならなかった。また、シリーズ B5-W2 と B5-W0 の結果より、50%の BFS を用いたコンクリートに 20%の WAS を併用すると、4 週間の中性化深さは増大するが、8 週間の結果はほぼ同じであることが認められた。

一方、図 8(c)によれば、30%の FNS を用いたコンクリートに WAS を併用すれば、中性化抵抗性が低下したことが分かった。また、そ

図7 複数種のスラグ細骨材を併用した各コンクリートの長さ変化率の比較

図 8 複数種のスラグ骨材の併用がコンクリートの中性化抵抗性に及ぼす影響

の傾向は、WAS の混合率が大きいほど、低下程度が大きかった。

5. まとめ

本研究では、コンクリートにスラグ細骨材の総利用量を拡大することを目的として、ごみ焼却灰溶融スラグ細骨材(WAS)と高炉スラグ細骨材(BFS)やフェロニッケルスラグ細骨材(FNS)を併用する場合のコンクリートの性能を調べた。得られた主な知見は以下のように纏められる。

- 1) WAS を用いたコンクリートに BFS を 30%以上で混合すれば、WAS の単独混合よりスランプは若干低下するが、BFS を用いたコンクリートに WAS を 20%程度で混合すれば、BFS の単独混合より流動性はあまり低下しない。また、WAS と BFS の総混合率を 50%とすれば、BFS と WAS の割合がコンクリートの流動性にあまり影響を与えない。なお、FNS コンクリートに WAS を併用しても流動性が劣らない。
- 2) WAS を用いたコンクリートに BFS を使うと、空気量は増加し、BFS の混合率が高いほど、増加量が多い。また、BFS と WAS の総混合率が一定であれば、BFS の割合が大きいほど、空気量は大きい。なお、混合率が 30%の FNS と 40%までの WAS を併用した場合の空気量は、FNS の単独混合の場合と同程度である。
- 3) 20%の WAS と 40%以下の BFS を併用しても、圧縮強度は、WAS の単独混合の場合とほぼ同じである。また、WAS と BFS の総混合率が 50%であり、WAS の混合率を 20%以内とすれば、圧縮強度は、BFS を単独混合した場合より劣らない。なお、混合率が 30%の FNS と 40%までの WAS を併用した場合の圧縮強度は、FNS の単独混合の場合に比べて低下しない。
- 4) WAS と BFS や FNS を併用したコンクリートのヤング係数は、RC 規準式による計算値より大きい。
- 5) スラグ細骨材を併用しても、6 か月の時点の長さ変化率は、 800×10^{-6} より小さい。WAS と BFS を併用する場合の長さ変化率は、WAS を単独混合する場合より小さい。BFS の混合率が 40%以下で大きいほど、長さ変化率は小さい。また、WAS の併用によって、BFS コンクリートの長さ変化率は小さくなる。なお、FNS と WAS を併用する場合の長さ変化率は、FNS の単独混合の場合より大きく、WAS の混合率が大きいほど大きい。
- 6) WAS と BFS や FNS を併用するコンクリートの中性化深さは、各スラグ細骨材を未使用や単独使用するものより大きい。WAS を用

いたコンクリートに BFS を併用する場合に、BFS の混合率が大きいほど、中性化深さは大きい。また、FNS を用いたコンクリートに WAS を併用する場合に、WAS の混合率が大きいほど、中性化抵抗性は低い。なお、BFS と WAS の総混合率を一定であれば、WAS の割合が大きいほど、4 週間の中性化深さは大きい。

今後、異なる方法で製造したスラグ細骨材を用い、水セメント比を変えて、多種類のスラグ細骨材を併用したコンクリートの、凝結性状、ブリーディング、曲げ強度、引張強度および凍結融解抵抗性などを含めた各種の性能を詳細に考察する予定である。

謝辞

本研究の実験を実施するにあたっては、元山口大学大学院理工学研究科感性デザイン工学専攻 田中宏和君よりご協力をいただきました。ここに付記し、心より感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 堀部玄ほか：フェロニッケルスラグ細骨材、銅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、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1、pp.1081-1082、1998.9
- 2) 斎藤丈士ほか：都市ごみ溶融スラグを骨材に用いたコンクリートの性状に関する実験研究、日本建築学会技術報告集、第 15 号、pp.395、2002.6
- 3) 戸田勝哉ほか：溶融スラグを骨材として用いたコンクリートの耐久性に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、pp.1367-1372、2003
- 4) 谷山教幸ほか：ごみ溶融スラグを細骨材に用いたコンクリートの調査に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1、pp.355-356、2004.7
- 5) http://www1.mhlw.go.jp/houdou/1204/h0404-2_14.html (2011-6-15 参照)
- 6) <http://www.hazama.co.jp/pressrelease/2008/080702.html> (2011-6-15 参照)
- 7) 鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグ統計年報(平成 20 年度)、p.4、2009.9
- 8) 四国地区骨材資源対策技術委員会：スラグ細骨材を用いたコンクリートを施工する上でのポイント、<http://www.skr.mlit.go.jp/yongi/duties/quality/pointo/pointo-2.html> (2011-6-15 参照)
- 9) 鈴木澄江：溶融スラグ骨材を用いたコンクリート、アース&eco コンクリートマガジン、No.1、pp.70-77、2008
- 10) 田中宏和・李柱国・流田靖博：複数の再生細骨材を利用したコンクリートの性能に関する実験的研究、日本コンクリート工学協会年次論文集、Vol.32、No.1、pp.1409-1414、2010.7
- 11) 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・同解説、pp.3-124、1983
- 12) 日本建築学会：フェロニッケルスラグ細骨材を用いるコンクリートの設計施工指針・同解説、pp.13-132、1998.

[2011 年 6 月 15 日原稿受理 2011 年 8 月 9 日採用決定]