

ステンレス鋼酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの基礎的特性

八戸工業大学 学生会員 ○佐藤 宇泰
 八戸工業大学 学生会員 渡邊 浩平
 八戸工業大学 学生会員 太田 晃博
 八戸工業大学 正会員 迫井 裕樹
 八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. はじめに

ステンレススラグは、ステンレス鋼を製鋼する際に発生する副産物であり、年間78万t以上発生している。ステンレススラグ骨材は、フッ素を含むことから資源化できていなく廃棄物として最終処分されているものもある。一方、コンクリート用骨材の用途は、現在のJIS A 5011-4(コンクリート用電気炉酸化スラグ骨材)の基準値が普通鋼を対象に規定されているため、製錬の特性上鉄分の少ないステンレス鋼酸化スラグ骨材は、化学成分や絶乾密度が異なり使用できないこととなっている。このままでは、鉄鋼副産物(スラグ、ダスト、スラッジ)の最終処分量を削減するのが、困難なため対応策が必要となっている。

そこで本研究では、ステンレススラグ細骨材(以下、STS と記す)、ステンレススラグ粗骨材(以下、STG と記す)の普通コンクリートへの適用性を目的とし、ステンレススラグ骨材を使用したコンクリートの力学的特性、耐久性について検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究での使用材料は、セメントとして普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)、細骨材としてSTS(密度:3.06g/cm³, 吸水率:0.91%, F.M.:2.44)比較用の石灰岩砕砂(密度:2.69g/cm³, 吸水率:0.49%, F.M.:3.15)を用いた。粗骨材としてSTG(密度:2.89g/cm³, 吸水率:1.25%, F.M.:6.49)および、比較用粗骨材として石灰岩碎石(密度:2.68g/cm³, 吸水率:0.95, F.M.:6.67)を用いた。使用骨材の品質を表-1に示す。配合はW/C=45%, 55%, 60%の3水準であり、STS・STG置換率はそれぞれ0, 50, 100%の組み合わせを設定した。なお、目標スランプは10±1cm, 目標

空気量は5±1%とした。

2.2 ステンレススラグ骨材の物理・化学的品質

ステンレス鋼酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの溶出量、含有量を表-2に示す。有害物質の溶出量は、JIS K 0058-1「スラグ類の化学物質試験方法 第1部:溶出量試験方法」、有害物質の含有量は、JIS K 0058-2「スラグ類の化学物質試験方法 第2部:含有量試験方法」に準拠して測定し、化学物質に対する安全性を評価した。

2.3 検討項目

検討項目は、圧縮強度、静弾性係数、凍結融解抵抗性である。打ち込み後24時間で脱型し材齢28日まで水中養生を行った。凍結融解試験は、JIS A 1184-A 法(水中凍結水中融解法)に準じて測定した。

3 実験結果及び考察

3.1 ステンレススラグ骨材の物理・化学的品質

表-2より、STGおよびSTSのフッ素含有量は、それぞれ6150mg/kg, および6430 mg/kg 含んでいる。スラグ骨材単体では土壤汚染対策法で定めた基準値4000mg/kg を大きく上まっている。また、有害物質の溶出量は、いずれの項目も満足する値となっている。図-1は、コンクリート中におけるスラグ骨材単位量とフッ素含有量の関係を示している。これらの結果により、スラグ骨材の単位量を1500mg/m³以下に抑えることで、フッ素含有量を4000mg/kg以下に抑えることが確認できる。よって、スラグ骨材の単位量に注意すれば環境基準を満足することができる。

表-1 使用骨材の品質

項目	STG	石灰岩碎石	STS	石灰岩砕砂
絶乾密度[g/cm ³]	2.89	2.69	3.06	2.69
吸水率[%]	1.25	0.95	0.91	0.49
実積率[%]	56.6	57.3	67.0	61.9
粒形判定実積率[%]	56.9	59.3	56.5	56.7
単位容積質量[kg/l]	1.63	1.49	2.05	1.65
粗粒率	6.49	6.67	2.44	3.15
すりへり減量[%]	29.7	25.0	-	-
BS破砕値[%]	24.3	21.7	-	-

キーワード: スラグ骨材、ステンレススラグ、力学的特性、耐久性

連絡先: 青森県八戸市大字妙字大開 88-1 八戸工業大学工学部土木建築工学科, Tel & Fax ; 0178-25-8076

表-2 ステンレス鋼酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの含有量・溶出量

供試体名(W/C-STG 混合率-STG混合率)	含有量[mg/kg]		溶出量[mg/L]						
	F	F	Cd	Pb	Cr	As	Hg	Se	B
環境基準	≦4000	≦0.8	≦0.01	≦0.01	≦0.05	≦0.01	≦0.0005	≦0.01	≦1
55-0-0	134	0.07	<0.0005	0.0006	0.0242	<0.0005	<0.00005	0.0025	<0.005
55-0-100	3500	<0.05	<0.0005	0.0011	0.0155	<0.0005	<0.00005	0.0018	0.007
55-50-0	1707	<0.05	<0.0005	0.0010	0.0077	<0.0005	<0.00005	0.0012	<0.005
55-100-0	2460	<0.05	<0.0005	0.0011	0.0133	<0.0005	<0.00005	0.0018	<0.005
55-50-100	4280	<0.05	<0.0005	0.0010	0.0154	<0.0005	<0.00005	0.0020	0.007
55-100-100	5110	0.07	<0.0005	0.0011	0.0158	<0.0005	<0.00005	0.0026	0.008
STG	6150	0.64	<0.0005	<0.0001	0.0008	<0.0005	<0.00005	0.0071	0.045
STS	6430	1.44	<0.0005	<0.0001	0.0156	<0.0005	<0.00005	0.0107	0.136

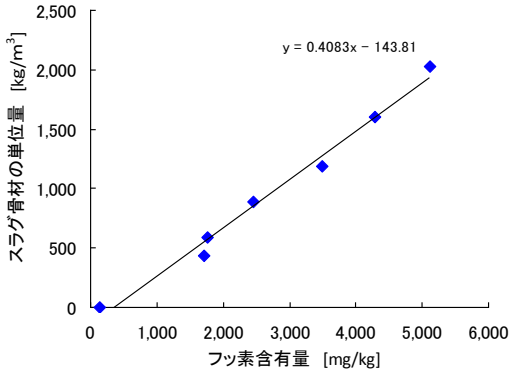


図-1 スラグ骨材を用いたコンクリートの単位量とフッ素含有量の関係

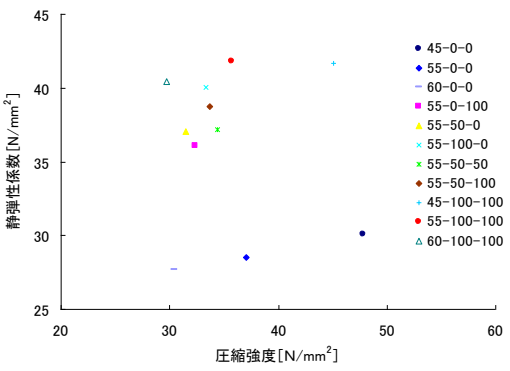


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係

3.2 力学的特性に及ぼすステンレススラグ骨材の影響

材齢 28 日における圧縮強度と静動弾性係数の関係を図-2 に示す。図-2 の結果より、各 W/C において、100-100 と 0-0 を比較すると圧縮強度は、ほぼ同等であると確認された。

図-2 より、ステンレススラグ骨材を混合したものと混合していないものの静弾性係数は、ステンレススラグ骨材を使用することにより、静弾性係数が高くなることが確認された。これは、ステンレススラグ骨材の品質におけるものだと考えられるが、今後より詳細な検討を行う必要があると考えられる。

3.3 凍結融解試験

コンクリートの凍結融解試験結果を図-3 に示す。図-3 より、0-0 に比べステンレススラグ骨材を使用すると、同一のサイクル数では凍結融解抵抗性が低い値が確認できた。また、STS, STG の各置換率の組み合わせによる相対動弾性係数は各供試体ほぼ同等であると確認された。いずれも凍結融解 300 サイクルにおける相対動弾性係数は 70~80%程度であることが把握された。なお、STG, STS を組み合わせて使用した場合、通常のコンクリート同様、W/C が高くなると相対動弾性係数は低くなることが確認できた。ステンレススラグ骨材を使用すると使用していないものに比べ、凍結融解抵抗性が低くなる要因として、ステンレススラグ

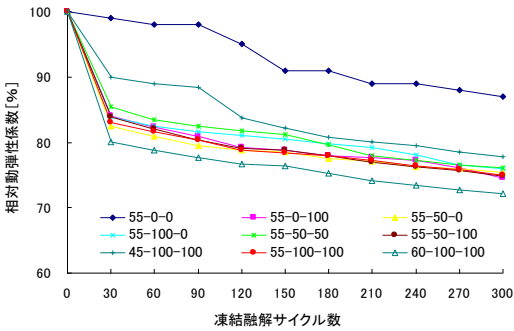


図-3 凍結融解試験結果

骨材の吸水率が高いことが起因していると考えられる。

4. まとめ

- 1)スラグ骨材単体では土壤汚染対策法で定めた基準値 4000mg/kg を大きく上まっているが、スラグ骨材の単位量を 1500mg/m³ 以下に抑えることで、フッ素含有量を 4000mg/kg 以下に抑えることが確認できた。
- 2)ステンレススラグ骨材を使用したものと使用していないもので比較すると圧縮強度はほぼ同程度にも関わらず、ステンレススラグ骨材を混合すると静弾性係数は高くなることが確認された。
- 3) STS と STG を混合使用した場合の相対動弾性係数は 0-0 と比較して、低下する。ただし、いずれも凍結融解 300 サイクルにおける相対動弾性係数は 70 ~80%程度であることが把握できた。