

第V部門

下水汚泥溶融スラグを細骨材として用いたコンクリートの諸特性

関西大学工学部 学生員 ○岡本 寿春
 関西大学工学部 正会員 豊福 俊英

1. はじめに

下水汚泥の発生量は増加しており、今後さらに増加していくと考えられる。この減量化に有効であるのが下水汚泥の溶融スラグ化であるが、スラグの形態となった後の有効利用率は約5割程度である。

そこで、天然骨材の枯渇が懸念されているという背景もあることから、本研究では、下水汚泥溶融スラグ（以下、下水汚泥スラグ）をコンクリート用細骨材としての利用を図るため、下水汚泥スラグを細骨材として用いたコンクリートの諸特性の検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

表1に使用材料を、表2に配合およびスランプ・空気量試験結果を示す。配合は、水セメント比を55%、45%、35%の3水準に設定し、スラグ置換率を細骨材に対する容積置換でJIS原案値¹⁾の50%以下とし0%、20%、40%の3水準とした。目標スランプは9.0±1.0cm、目標空気量は4.5±0.5%である。

(2) 試験項目

下水汚泥スラグの細骨材としての特性を把握するため骨材試験を、フレッシュコンクリート試験としてスランプ、空気量試験、凝結試験、ブリーディング試験を、硬化コンクリート試験として圧縮強度試験を行った。なお、前述の試験はJISに規定されている試験方法に従って行った。

3. 実験結果および考察

(1) 骨材試験

骨材試験結果を表3に、粒度分布を図1に示す。下水汚泥スラグは川砂と比べ、密度が高く吸水率が小さく粒度は0.15mm以下の細粒分が若干多かった。細粒分はブリーディング抑制に効果があるとされており、コンクリート試験においてはこの粒度で使用した。

(2) 空気量、スランプ

全配合とも、スランプ、空気量とも大きな変動はなく許容差の範囲内であった。

表1 使用材料

材料	主な性質
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm ³
細骨材	(S) 川砂 表乾密度:2.61g/cm ³ 、吸水率:1.40%、F.M.=2.73
	(Ss) 下水汚泥スラグ(空冷スラグ) 表乾密度:2.83g/cm ³ 、 絶乾密度:2.82g/cm ³ 、吸水率:0.51%、F.M.=2.68
粗骨材(G)	高槻産砕石 表乾密度:2.69g/cm ³ 、吸水率:1.20% F.M.=6.70、粗骨材の最大寸法:20mm
混和剤	ポリカルボン酸エーテル系高性能AE減水剤

表2 配合およびスランプ・空気量試験結果

W/C (%)	置換率 (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						スランプ (cm)	空気量 (%)
			水 W	セメント C	細骨材		粗骨材 G	混和剤 Ad		
					S	Ss				
55	0	40.8	165	300	740	0	1106	1.50	10.0	4.4
	20	40.6	165	300	589	160	1110	1.50	9.0	4.2
	40	41.0	165	300	446	322	1103	1.50	8.0	4.6
45	0	38.8	165	367	682	0	1109	1.83	10.0	4.0
	20	38.6	165	367	543	147	1113	1.83	10.0	4.1
	40	39.0	165	367	411	297	1105	1.83	9.0	4.6
35	0	36.8	165	471	615	0	1089	2.36	9.5	4.2
	20	36.6	165	471	489	133	1092	2.36	10.0	4.2
	40	37.0	165	471	371	268	1085	2.36	10.0	4.8

表3 骨材試験結果および各種規格値

	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	粒形判定実積率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率
川砂	2.57	1.4	1.58	55.9	0.4	2.73
下水汚泥スラグ	2.82	0.51	1.52	54.5	5.9	2.68
スラグ置換率20%	2.62	1.21	1.56	55.6	1.6	2.72
スラグ置換率40%	2.67	1.02	1.55	55.3	2.7	2.71
JIS原案 (溶融スラグ細骨材)	2.5以上	3.0以下	—	53以上	7.0以下	—
JIS A 5005 (コンクリート用細砂)	2.5以上	3.0以下	—	53以上	—	—
JISA5011-1 (コンクリート用高炉スラグ骨材(細骨材))	2.5以上	3.0以下	1.45以上	—	—	—
JIS A5308 (レディーミクストコンクリート(砂))	2.5以上	3.0以下	—	—	3.0以下	—

(3) 凝結時間

凝結試験結果を図2に示す。水セメント比55%においては、スラグ置換率40%でスラグ置換率0%の場合より終結時間が約60分遅延したが、水セメント比35%においては、スラグ置換率40%で約30分の遅延であった。また水セメント比が小さくなるにつれ、始発、終結時間ともに短くなった。これは単位セメント量が増える分、水和反応に使用される水量が増

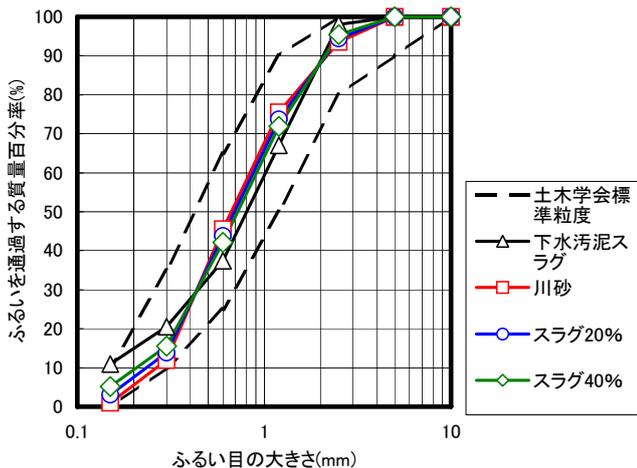


図1 粒度分布

えるためであると考えられる。

(4) ブリーディング

ブリーディング試験結果を図3に示す。水セメント比 55%においてはスラグ置換率によるブリーディング率の増加量が顕著であったが、水セメント比 35%においてはスラグ置換率によるブリーディング率の増加は僅かであった。

図示していない水セメント比 45%を含むすべてのコンクリートにおいてスラグ置換率の増加とともに増加した。これは、スラグの形状が扁平であり、粒形が悪いためであると考えられる。ただし今回用いた下水汚泥スラグ細骨材は、JIS 原案で規定されている粒形判定実積率 53%以上は満たしているし、川砂と比べても大差ない。

(5) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図4に示す。スラグ置換率の増加に伴う影響は僅かであり、スラグ置換率 40%まででは0%の場合と同等の強度を発現した。

4. まとめ

(1) 本研究で使用した下水汚泥スラグ細骨材は、0.15mm以下の細粒分が土木学会標準粒度より若干少なくなったが、JIS 原案で規定されている絶乾密度、吸水率、粒形判定実積率、微粒分量は規格値を満たした。

(2) 始発時間および終結時間はスラグ置換率の増加に伴い遅延する。それぞれ、スラグ置換率 40%において 30~60 分程度遅延するが、水セメント比 55%の場合でも終結は 10 時間程度でありやや遅い程度である。

(3) ブリーディング率もスラグ置換率の増加に伴

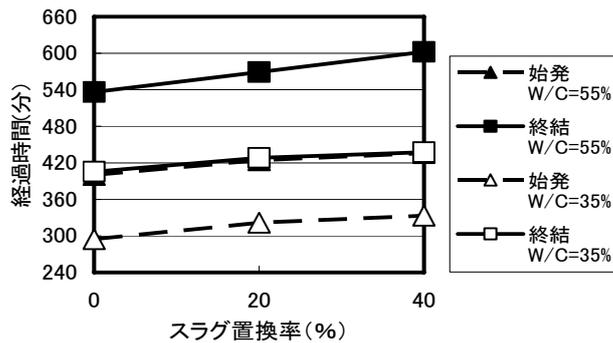


図2 凝結時間とスラグ置換率の関係

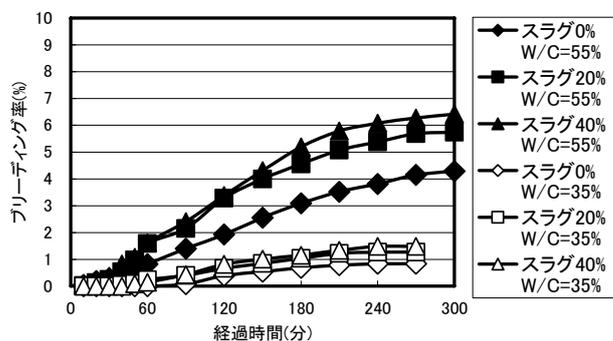


図3 ブリーディング率と経過時間の関係

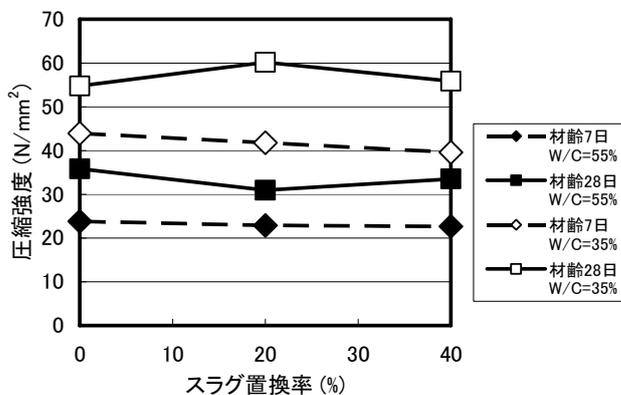


図4 圧縮強度とスラグ置換率の関係

い増加する。これは、スラグの形が扁平であるなど、粒形が影響を与えたと考えられる。

(4) 本実験で行ったスラグ置換率 40%までであれば、材齢 28 日までの初期強度の発現は良好であり、スラグ置換率 0%のコンクリートと同等である。

参考文献

1) コンクリートテクノ Vol.24, No.9, p 13, 2005.09.01