

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○久保田 純司
立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章 正会員 児島 孝之

1. はじめに

下水道普及率の向上に伴い発生する活性汚泥の量は年々増加の傾向にあり、汚泥の減量化あるいは資源化が急務の社会問題となっている。本研究では、下水汚泥スラグの有効利用の観点から、下水汚泥スラグ粗骨材をコンクリート用骨材として用いたコンクリートの力学的特性と耐凍害性について実験検討を行った。

2. 実験概要

表1に使用材料を、表2にコンクリートの示方配合を示す。コンクリートの水セメント比を50%と30%の2水準、下水汚泥スラグ粗骨材置換率 $[G_s/(G+G_s)]$ を粗骨材容積に対して内割で0、25、50、75および100%の5水準とした。目標スランプは7.5±1cm(W/C=50%時)および18±1cm(W/C=30%時)、目標空気量は4.5±1%とした。コンクリートは打設翌日脱型し、所定材齢まで標準水中養生を行い、圧縮・引張・曲げ強度、超音波パルス伝播速度、静弾性係数、動弾性係数を測定した。乾燥収縮試験はJIS A 1129、凍結融解試験はJIS A 1148に従い行った。

表1 使用材料

セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³ 比表面積 3260cm ² /g
細骨材(S)	野洲川産川砂 密度 2.60g/cm ³ 吸水率=1.56% F.M.=2.73
粗骨材	(G) 高嶺産硬質砂岩砕石 密度 2.70g/cm ³ 吸水率=0.70% F.M.=8.80 最大寸法 20mm 20~13mm:13~5mm=1:1(質量比)
	(G _s) 下水汚泥スラグ(空冷スラグ) 密度 2.60g/cm ³ 吸水率=2.15% F.M.=6.52 最大寸法 20mm
(高性能)	(WR) リグニンスルホン酸化合物 [*] 密度 1.10g/cm ³
AE減水剤	(SP) カルボキシル基含有ポリエーテル系ポリカルボン酸 ^{**} 密度 1.03~1.10g/cm ³
AE助剤	アルキルアリルスルホン化合物 [*] 密度 1.19g/cm ³ マイティAE-03 ^{**} 密度1.01~1.05g/cm ³

*:W/C=50%時のコンクリートに使用、 **:W/C=30%時のコンクリートに使用

表2 コンクリートの示方配合

配合名	W/C	G _s /(G+G _s)	s/a	単位量					(高性能)	AE助剤	スランプ	空気量
	(%)	(%)	(%)	(kg/m ³)					AE減水剤	(cc)	(cm)	(%)
				W	C	S	G	G _s	(cc)			
50-0	50	0	44.0	167	334	780	1031	0	3340	1336	7.8	5.5
50-25	50	25	44.0	167	334	780	774	248	3340	1336	8.4	4.6
50-50	50	50	44.0	167	334	780	516	497	3006	1202	7.1	4.3
50-75	50	75	44.0	167	334	780	258	745	2672	668	8.2	4.7
50-100	50	100	44.0	167	334	780	0	993	2336	—	6.5	3.8
30-0	30	0	43.4	170	566	684	927	0	5657	8485	18.8	3.8
30-25	30	25	43.4	170	566	684	695	223	5657	8788	19.0	5.4
30-50	30	50	43.4	170	566	684	463	446	5657	5657	18.9	5.5
30-75	30	75	43.4	170	566	684	232	669	5657	2828	18.0	4.1
30-100	30	100	43.4	170	566	684	0	892	5657	1980	18.2	4.3

W/C=50%時のAE減水剤は25%溶液、AE助剤は1%溶液使用

W/C=30%時の高性能AE減水剤は原液、AE助剤は2%溶液使用

3. 実験結果および考察

(1)圧縮強度

圧縮強度とスラグ置換率の関係を図1に示す。粗骨材をスラグで置換することにより、水セメント比50%で5~15%、水セメント比30%で5~18%の強度低下が観察された。これは、スラグ骨材がガラス質でモルタルとの付着が悪いことおよびスラグ粗骨材の強度が小さいためと考えられる。材齢の経過による強度増加率は、水セメント比とスラグ置換に関わらずほぼ同程度であった。

(2)引張強度および曲げ強度

引張強度とスラグ置換率の関係を図2に示す。引張強度は粗骨材をスラグで置換することにより、水セメント比50%で0~29%、水セメント比30%で4~24%の強度低下が観察された。圧縮強度に対する引張強度の比は、水セメント比50%で1/12~1/15、水セメント比30%で1/14~1/16であった。

曲げ強度とスラグ置換率の関係を図3に示す。曲げ強度は粗骨材をスラグで置換することにより、水セメント比50%で8~34%、水セメント比30%で5~26%の強度低下が観察された。圧縮強度に対する曲げ強度の比は、水セメント比50%で1/5~1/8、水セメント比30%で1/8~1/11であった。

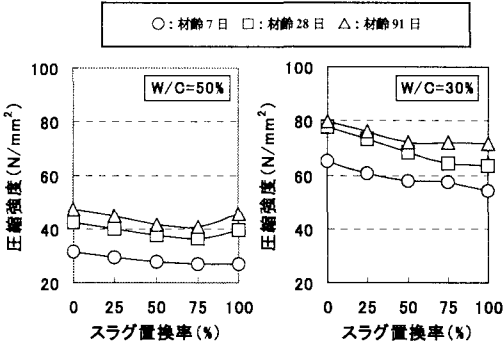


図1 圧縮強度とスラグ置換率の関係

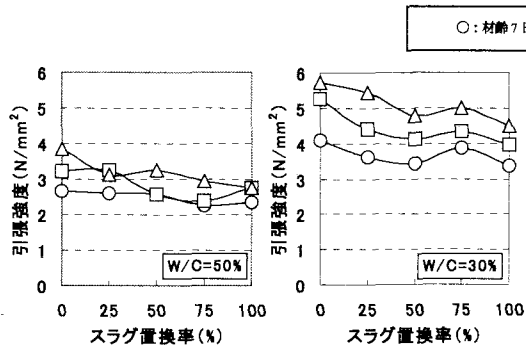


図2 引張強度とスラグ置換率の関係

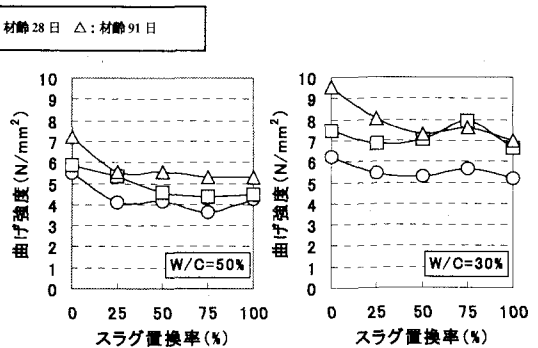


図3 曲げ強度とスラグ置換率の関係

(3) 超音波パルス伝播速度および弾性係数

超音波パルス伝播速度および弾性係数とスラグ置換率の関係を図4に示す。超音波パルス伝播速度および動弾性係数試験には、10×10×40cm 供試体を使用し、動弾性係数は縦振動時の1次共鳴振動数により求めた。超音波パルス伝播速度と弾性係数は、変動はあるものの圧縮強度と同様に、スラグ置換率に伴い幾分低下した。

(4) 乾燥収縮

乾燥収縮ひずみの経時変化を図5に示す。スラグの吸水率は碎石より大きいにも関わらず、スラグ置換率が乾燥収縮に及ぼす影響は少なく、スラグ置換していないコンクリートより、幾分か小さいかほぼ同程度の値を示した。

(5) 凍結融解に対する抵抗性

水セメント比50%時の質量減少率と相対動弾性係数の経時変化を図6に示す。コンクリート表面の剥離による質量減少は、スラグ置換率によって著しい差は観察されなかった。しかし、相対動弾性係数は、スラグ置換率の増加に伴い低下する傾向が観察された。これは、スラグ置換率の増加に伴い低強度の粗骨材量が増加し、コンクリート強度が低下すること、スラグ骨材の吸水率が大きいために凍結可能水量が増加することが原因と考えられる。

4. まとめ

- (1) 下水汚泥スラグ粗骨材置換率の増加に伴い、コンクリート強度は低下した。
- (2) 乾燥収縮ひずみは、下水汚泥スラグ粗骨材による影響は少なく、碎石コンクリートと同程度が幾分か小さかった。
- (3) 下水汚泥スラグ粗骨材の使用により、コンクリートの耐凍害性は低下する傾向にあった。

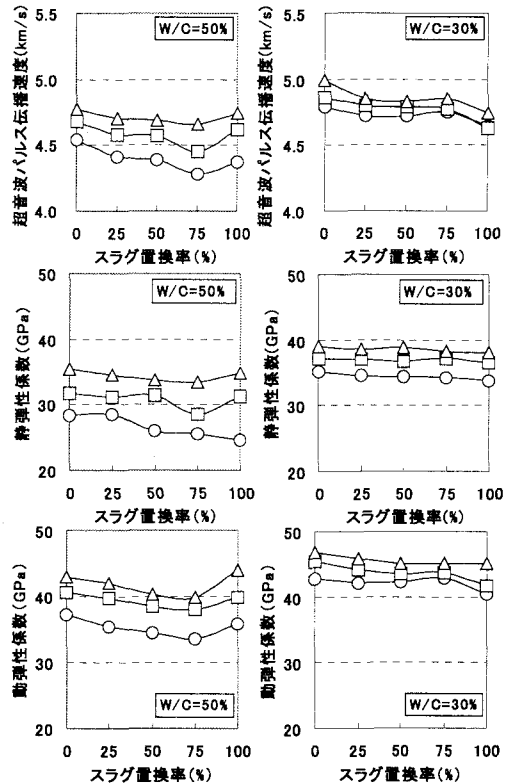


図4 超音波パルス伝播速度および弾性係数とスラグ置換率の関係

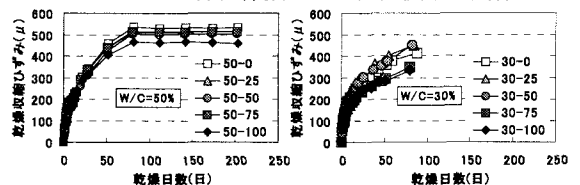


図5 乾燥収縮ひずみの経時変化

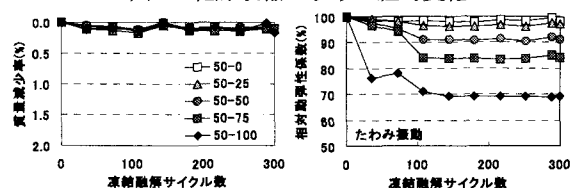


図6 質量減少率と相対動弾性係数の経時変化