

下水浚渫砂のコンクリート用細骨材への有効利用に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○森山 直貴
 福岡大学大学院 学生会員 濱古賀 大
 樋口産業(株) 吉里 哲郎
 福岡大学工学部 正会員 江本 幸雄

1. はじめに

下水道は、生活環境の改善・水質の保全等において重要な施設として整備されてきたが、下水処理の過程で発生する下水汚泥は、下水道の普及とともに増加し、今後、下水汚泥の処理処分は一層重要な課題となる。現在、年間に発生する下水汚泥は約 60%有効利用されているものの、残りの 40%は埋め立て処分されているのが現状であり、産業廃棄物の最終処分場の新規立地が減少し、最終処分先の確保が困難となる等の課題が生じている。そこで本研究では、下水道管・マンホール・ポンプ場の沈砂池などから浚渫された砂（以後、下水浚渫砂とする）を用いてコンクリート用細骨材への有効利用の可能性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

表-1 に下水浚渫砂の物理的性質を示す。下水浚渫砂 A～F は同じ処理場から、違う時期に浚渫されたもので、密度にばらつきは見られなかったが、吸水率・微粒分量・塩分量にばらつきが見られる。これらのことから、下水浚渫砂の塩分量を安定させるために、水洗処理を行い海砂と混合使用してコンクリート用細骨材とする。

次に、表-2 にコンクリート使用材料を示す。細骨材として水洗処理しない下水浚渫砂 A（密度：2.48g/cm³、吸水率：3.97%、以後水洗前とする）、水洗処理を行った下水浚渫砂 A（密度：2.40g/cm³、吸水率：3.92%、以後水洗後とする）、及び海砂（密度：2.58g/cm³、吸水率：1.52%）を使用した。なお、水洗処理は試料質量の 3 倍の水を入れ、ミキサーで 1 分間攪拌しそれを 3 回行った後、ろ過を行った。コンクリートの配合は、表-3 に示すように水セメント比 50%、スランプ 10±2cm、空気量 4.5±1.5%とし、下水浚渫砂を体積比で 10,30,50,70,100%の割合で海砂と代替した。練混ぜは 2 軸強制練ミキサーを用いて 60 秒間空練りした後、混和剤を混入した水を投入し 120 秒間練混ぜた。

2.2 試験項目及び試験方法

中性化促進試験(温度 40℃、湿度 40%、CO₂ 濃度 10% の条件下で試験) 及び凍結融解試験 (JIS A 1148 に準じて測定) には、材齢 28 日まで水中養生を行った 10×10×40cm の角柱供試体を用いた。

3. 実験結果及び考察

図-1 にコンクリートの圧縮強度試験結果を示す。水洗前及び水洗後ともに置換率の増加に伴い強度低下す

表 - 1 下水浚渫砂の物理特性

種類		密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率 (F.M)	NaCl量 (%)
下水 浚渫砂	A	2.48	3.97	3.66	2.93	0.045
	B	2.53	3.22	2.02	2.90	0.040
	C	2.57	1.32	2.54	2.54	0.010
	D	2.47	2.16	1.21	2.45	0.010
	E	2.50	1.87	1.10	3.15	0.003
	F	2.49	3.18	1.31	2.61	0.005

表 - 2 コンクリートの使用材料

材料	種類	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率 (F.M.)	ph	全細孔量 (mm ³ /g)	略号
結合材	普通ポルトランドセメント	3.16	—	—	—	—	—	C
細骨材	海砂	2.58	1.52	0.63	2.71	9.52	22.0	S
	下水 浚渫砂A	水洗前	2.48	3.97	3.66	2.93	6.58	Sg
		水洗後	2.40	3.92	1.43	2.77	7.05	
		砕石2005	2.80	1.03	—	—	—	
粗骨材	砕石2005	2.80	1.03	—	—	—	—	G
混和剤	減水剤	リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体						p

表 - 3 コンクリートの配合

細骨材 の種類	置換率 (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)	フリーディング 率(%)
			W	C	S	Sg	G			
—	無混和	50	176	352	783	0	1004	10.5	3.6	3.3
水洗前	10	50	176	352	705	75	1004	10.5	4.3	3.2
	30		176	322	548	225	1004	9.1	4.4	4.2
	50		176	352	392	375	1004	8.4	4.7	4.6
	70		180	360	233	520	994	9.3	4.5	5.0
	100		187	374	0	730	977	9.4	3.8	4.1
水洗後	10	50	176	352	689	73	1023	9.5	5.4	3.4
	30		176	352	540	222	1017	9.0	3.2	2.2
	50		182	364	381	365	1000	10.4	3.2	2.9
	70		182	364	228	510	1000	11.3	4.8	4.8
	100		182	364	0	731	999	9.7	4.6	4.5

キーワード：下水浚渫砂、圧縮強度、中性化促進試験、凍結融解試験、細孔径分布測定、塩化物イオン量

連絡先：〒814 - 0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学コンクリート実験室 TEL：092-871-6631（内線 6467） FAX：092-864-8901

る傾向にある。これは、表-2 より海砂に比べて下水浚渫砂の吸水率が大きいことが直接的な原因と考えられる。なお、水洗前と水洗後の圧縮強度を比較するとほぼ同等であった。

図-2 に材齢 28 日まで水中養生を行った 10×10×40cm の角柱供試体を破碎し、ポロシメーターを用いて測定したコンクリートの全細孔量と置換率の関係を示す。全細孔量は、水洗前及び水洗後ともに置換率の増加に伴い増加する傾向にあり、下水浚渫砂の混入によりコンクリートの細孔構造がポーラス化することがわかる。この要因として、表-1 に示すように下水浚渫砂の全細孔量が海砂に比べ大きいことによるものと考えられる。

図-3 に下水浚渫砂混入コンクリートの中性化深さを示す。中性化深さは、水洗前及び水洗後ともに置換率の増加に伴い増大し、下水浚渫砂の混入により中性化が促進されることがわかる。これもコンクリートの細孔構造のポーラス化によりCO₂が浸透しやすくなったものと考えられる。

表-4 に凍結融解試験結果を示す。相対動弾性係数は水洗前及び水洗後ともに 300 サイクル時において 90%以上を示しており、極めて良好であるといえる。このことから、下水浚渫砂を混入しても無混和のコンクリートと同等の耐凍害性が得られる。

表-5 に水洗前及び水洗後の下水浚渫砂の塩化物イオン含有量と各置換率におけるコンクリート中の塩化物イオン含有量を示す。水洗前の下水浚渫砂はコンクリート標準示方書における規定値 0.04% (NaCl 換算) を超える塩化物イオンを含んでいるが、水洗後は規定値を満足する結果が得られた。また、コンクリート中の塩化物イオン含有量に関しては、水洗前の置換率 70,100%が規定値を満足しなかったが、水洗後は全て規定値を満足する結果が得られた。

4. まとめ

下水浚渫砂は、浚渫される時期によって、物理特性が変わることがわかり、物理特性を安定させる必要がある。

本研究で使用した下水浚渫砂 A は水洗前及び水洗後ともに海砂に比べて吸水率が大きく、全細孔量も大きい。したがって、下水浚渫砂の混入により置換率の増加に伴い圧縮強度が低下し、さらにコンクリートの細孔構造がポーラス化するため、中性化が促進される。また、下水浚渫砂を混入しても無混和のコンクリートと同等の耐凍害性が得られる。塩化物に関して、水洗前は細骨材の塩化物含有量の限度を満足することができなかったが、水洗処理を行うことによりその限度を満足することができた。これらのことより、下水浚渫砂は細骨材の吸水率の規定を満足させるために海砂と混合使用し、塩分を安定させるために水洗処理を行うことで、コンクリート用細骨材として使用の可能性があると考えられる。

【参考文献】 1) コンクリート標準示方書（施工編）

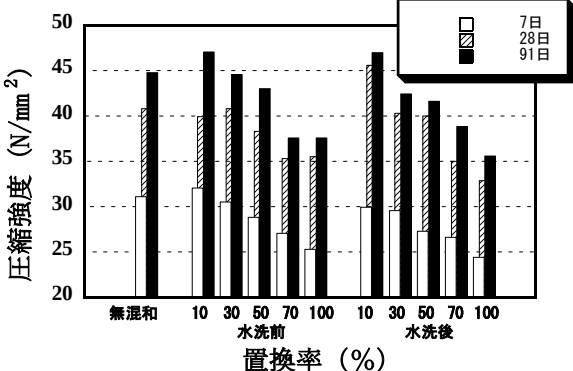


図 - 1 コンクリートの圧縮強度試験結果

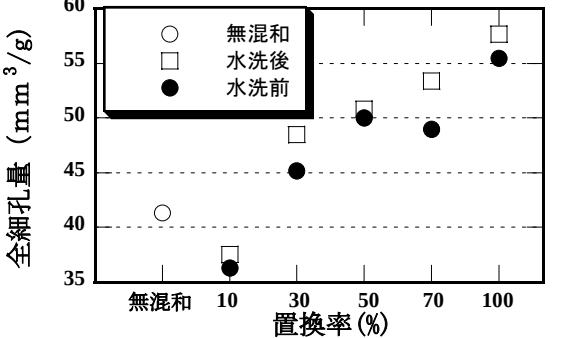


図 - 2 コンクリートの全細孔量と置換率の関係

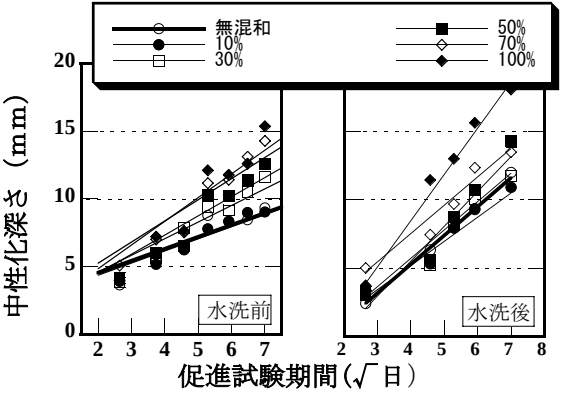


図 - 3 下水浚渫砂混入コンクリートの中性化深さ

表 - 4 凍結融解試験結果

細骨材の種類	置換率 (%)	相対動弾性係数 (%)	質量減少率 (%)	耐久性指数DF
水洗前	無混和	96.1	2.1	96.1
	10	95.0	2.7	95.0
	30	97.2	2.5	97.2
	50	96.1	5.3	96.1
	70	95.7	4.0	95.7
	100	96.4	5.5	96.4
水洗後	10	98.1	2.5	98.1
	30	96.1	4.0	96.1
	50	95.0	2.2	95.0
	70	93.2	4.3	93.2
	100	92.0	5.6	92.0

表 - 5 塩化物イオン量

種類	置換率 (%)	NaCl量 (%)	コンクリート中のCl量 (kg/m³)
規格値	コンクリート標準示方書	0.040	0.30
下水浚渫砂	水洗前	0.045	-
	水洗後	0.017	-
コンクリート	水洗前	無混和	0.13
		10	0.22
		30	0.21
		50	0.29
		70	0.38
		100	0.43
	水洗後	10	0.09
		30	0.15
		50	0.12
		70	0.20
		100	0.26