

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○松嶋 秀記
 関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田 浩章
 淀コンクリート工業(株) 荻野 勝久

1. はじめに

下水道普及率の伸びに伴い、下水汚泥の発生量が年々増加している。徐々に建設資材などに利用されつつあるが、依然として埋め立て処分されている量は多い。さらに、処分場の残余容量の減少、新規処分場の確保が困難となっており、最終処分場への負担軽減や循環型社会への取り組みが必要である。

本研究では下水汚泥溶融スラグ(以下スラグとする)をコンクリート二次製品に活用することを目標に、コンクリートベース板(JIS 外製品)を対象として、スラグをコンクリート用粗骨材として使用した製品の実用化を目指して検討を進めている。

2. 実験概要

2.1 使用材料

表-1 にスラグ以外の使用材料を示す。スラグは、2009年、2010年および2011年に関西地区のある自治体の下水処理場より採取した空冷スラグである。

表-3 に物性を示すが、2009年に採取した溶融スラグのうち、ふるい分けで5~20mmに粒度調整したスラグを09スラグ、20mm以上を破砕し5~20mmに粒度調整したスラグを09Cスラグとする。同様に、2010年では10スラグ、2011年は8月と11月に2度採取しており、11-8Cスラグ、11-11Cスラグとする。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合は目標スランプ8.0±1.0cm、目標空気量1.0%で、粗骨材の最大寸法20mm、水セメント比45.0%を基準とした。これは、実際の工場の配合を基本とした。配合を表-2に示す。

2.3 試験方法

(1)物性試験：密度及び吸水率試験(JIS A 1109)、ふるい分け試験(JIS A 1102)、単位容積質量及び実積率試験(JIS A 1104)、微粒分量試験(JIS A 1103)、破砕値試験(BS 812)、すりへり減量試験(JIS A 1121)を行った。

(2)強度試験：圧縮強度(JIS A 1108)を測定した。材齢は28日とし、水中養生を行った。

(3)乾燥収縮試験：脱型後7日間水中養生後、材齢7日を初期値としてJIS A 1129に従って行った。

(4)中性化抵抗性：促進中性化試験(JIS A 1153)を行った。促進期間は1、4、8、13、26週とした。なお、供試体は10スラグで作製した。

表-1 使用材料

材料	性質
水	水道水
セメント	普通ポルトランドセメント 密度:3.15g/cm ³
細骨材	川砂, 表乾密度2.58g/cm ³ , 吸水率1.80%, F.M.=2.80
粗骨材	碎石, 表乾密度2.68g/cm ³ , 吸水率1.25%, F.M.=6.58

表-2 コンクリートの配合

スラグ	置換率 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	溶融スラグ MG
09スラグ	0%	45.5	184	404	778	1012	0
	50%		186	409	774	503	453
	100%		186	409	783	0	897
09Cスラグ	0%	45.0	184	404	778	1008	0
	50%		186	409	774	501	428
	100%	43.0	189	415	742	0	873
10スラグ	0%	45.0	189	415	742	0	877
	50%		186	409	774	503	430
	100%	43.0	189	415	742	0	877
11-8Cスラグ	0%	43.0	186	409	745	1038	0
	50%	44.5	188	413	767	503	521
	100%		188	413	767	0	1042
11-11Cスラグ	0%	43.0	186	409	745	1038	0
	50%	44.5	188	413	767	503	521
	100%		188	413	767	0	1042

3. 試験結果及び考察

(1)物性試験

物性試験の結果を表-3に示す。11-8Cスラグは碎石に近い値を示し、他のスラグに比べ品質の良いスラグであった。しかし、その他のスラグにおいては、碎石に比べ密度が小さく、破砕値やすりへり減量が大きい。スラグ生成時の気候や下水の水質により物性にバラつきが生じていると考えられる。また、骨材の破砕による物性への大きな影響は見られなかった。

表-3 砕石とスラグの物性値

	09スラグ	09Cスラグ	10スラグ	11-8Cスラグ	11-11Cスラグ	砕石
表乾密度(g/cm ³)	2.47	2.29	2.30	2.80	2.39	2.68
絶乾密度(g/cm ³)	2.42	2.26	2.25	2.78	2.37	2.65
吸水率(%)	1.82	1.59	2.01	0.49	0.91	0.74
粗粒率	6.71	6.88	6.87	6.95	6.97	6.58
単位容積質量(kg/l)	1.42	1.27	1.29	1.54	1.34	1.54
実積率(%)	58.7	56.1	57.2	55.2	56.5	68.2
破砕値	36	36	37	21	37	12
すりへり減量	—	31.7	38.5	18.3	34.2	10.9

(2) 強度試験

材齢 28 日における圧縮強度を図-1 に示す。なお、図-1 中の点線は設計基準強度の 27N/mm²を示す。

品質が良い 11-8C スラグを使用したコンクリートの圧縮強度は砕石とほぼ同等の結果となったが、他のスラグでは置換率増加に伴い強度が低下した。いずれの置換率においても、設計基準強度を大きく上回っており、スラグを使用しても強度上の問題はないといえる。また、11-8C スラグのみが、このような結果になったのは、骨材強度が最も大きかったことが要因であると考えられる。

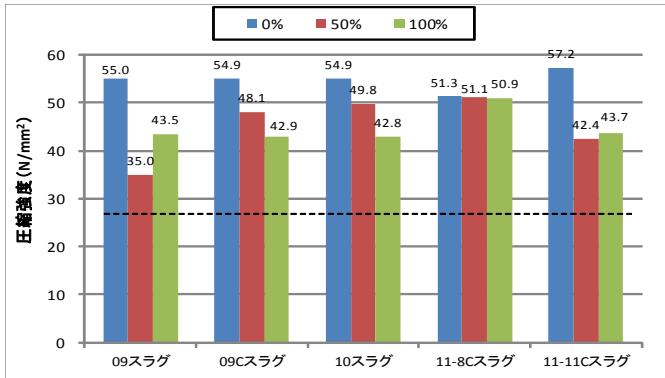


図-1 圧縮強度試験結果

(3) 乾燥収縮試験

乾燥収縮試験の結果を図-2 に示す。スラグを置換したコンクリートは乾燥収縮をやや低減する結果となった。また、置換率による大きな差異もなかった。

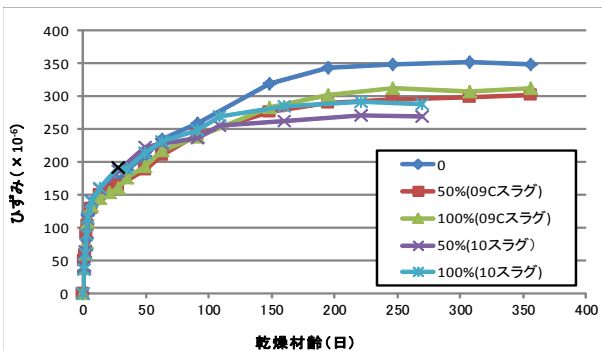


図-2 乾燥収縮試験結果

(4) 促進中性化試験

結果を図-3 に示す。図中の点線は、魚本・高田式による中性化深さの予測値である。置換率増加に伴いやや中性化が促進する傾向があるが、近似線と比較すると、中性化深さは極めて小さく、問題ないといえる。

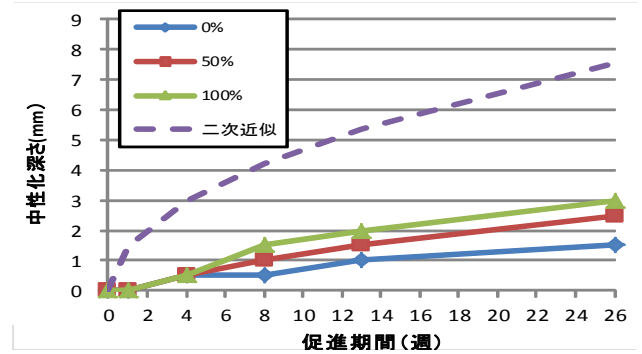


図-3 促進中性化試験結果

4. 実製品の試作

実験室内での検討を踏まえて、実製品（コンクリート板、1000×500×100mm）を試作した結果を図-4 に示す。施工性や製品の出来上がりについて確認を行ったが、スラグを使用した場合においても砕石を使用した際と同等に行うことができた。また、図-5 は出来上がった製品を切断し、断面を確認したが、材料分離は生じていなかった。

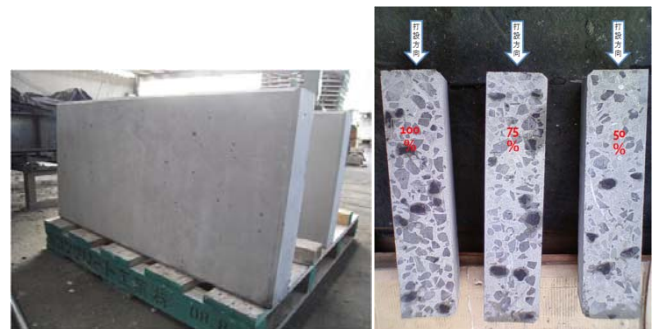


図-4 出来上がり状況

図-5 製品の切断面

5. まとめ

今回行った試験の結果から、強度、乾燥収縮、中性化抵抗性など普通コンクリートと比較して、ほぼ同等に扱うことが可能であることがわかった。また、実製品の試作においても、材料分離もなく、施工性も問題なく十分に実用可能であるといえる。

今後もスラグの品質変動や凍結融解抵抗性、製品の屋外暴露後の状態についても確認を行い、製品化に向けた検討を継続していく予定である。