

青森県境の不法投棄産業廃棄物を原料としたセメント材料に関する研究

八戸工業大学 循環型社会技術システム研究センター 正会員 ○山道 浩仁
八戸工業大学 正会員 庄谷 征美 八戸工業大学 正会員 阿波 稔
八戸工業大学 月永 洋一 八戸工業大学 高橋 慎也

1. はじめに

青森・岩手県界に不法投棄された国内最大規模の産業廃棄物は、周辺環境の汚染、景観の破壊等、両県にとって大きな問題となっており、不法投棄産業廃棄物の減量化・無害化・再資源化の技術の確立が求められている。そこで本研究は、不法投棄産業廃棄物を建設材料として再資源化するための研究の一環として、この産業廃棄物をセメント原料への利用を目的としたものである。本報告では、産業廃棄物の調合割合を変化させ製造した試製セメントの特性および、試製セメントを用いたコンクリートの力学的特性などについて述べる。

2. 試製セメントの製造

本研究でセメント原料として用いた不法投棄産業廃棄物は、パーク堆肥、焼却灰およびRDFなどである。製造した試製セメントは、普通ポルトランドセメントと同等の化学組成となるようセメント原材料の割合を設定した。また、セメントの水和反応に関する諸率は、水硬率（HM）2.1、ケイ酸率（SM）2.7、鉄率（IM）1.7とした。さらに、セメント原料に対する不法投棄産業廃棄物の調合割合は、3.5%（水準-1） 7.1%（水準-2）および20.0%（水準-3）の3水準とした。セメントの焼成は小型の実験用ロータリーキルン用いて行った。試製セメントクリンカーの化学組成を表-1に示す。これより、試製セメントの化学組成は普通ポルトランドセメントとほぼ同等となることを確認した。また、試製セメントの密度は水準-1および水準-2は 3.16g/cm^3 、水準-3は 3.19g/cm^3 となった。

表 - 1 セメントクリンカーの化学組成

	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cl
OPC	1.17	21.40	5.65	2.98	64.18	1.22	2.03	0.27	0.38	0.29	0.18	0.17	0.019
水準-1	0.02	23.08	5.66	3.54	65.54	1.61	0.07	0.05	0.01	0.14	0.17	0.05	0.001
水準-2	0.09	23.10	5.63	3.47	65.22	1.67	0.09	0.11	0.01	0.24	0.21	0.06	0.001
水準-3	0.23	22.79	5.41	2.96	65.55	0.95	0.01	0.22	0.01	0.73	0.44	0.03	0.016

(Unit:%)

3. 使用材料および配合

実験に用いたセメントは、市販の普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ） 試製セメント水準-1、水準-2および水準-3の4種類である。細骨材は石灰岩砕砂（密度 2.69g/cm^3 、吸水率0.27%）、粗骨材は最大寸法20mmの石灰岩碎石（密度 2.71g/cm^3 、吸水率0.97%）を使用した。さらに、

表 - 2 コンクリートの配合

W/C (%)	セメントの種類	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AE (%)
			W	C	S	G	
45	OPC	39.0	158	351	714	1126	0.018
	水準-1		156	347	718	1131	0.015
	水準-2		156	347	718	1131	0.015
	水準-3		158	351	715	1127	0.020
55	OPC	41.0	160	291	770	1116	0.018
	水準-1		158	287	773	1121	0.015
	水準-2		158	287	773	1121	0.012
	水準-3		160	291	771	1117	0.018
65	OPC	42.0	160	246	805	1119	0.010
	水準-1		158	243	808	1124	0.008
	水準-2		158	243	808	1124	0.008
	水準-3		160	246	805	1120	0.012

AE剤はアニオン系界面活性剤を主成分とするものを使用した。実験に用いたコンクリート配合は表-2に示すように、水セメント比45、55、65%の3ケースとし、目標スランプ値80mm、目標空気量5.0%とした。

4. 試験方法

4.1 コンクリートの強度特性：製造した試製セメントを用いたコンクリートの圧縮強度試験および引張強度試験をJIS A 1108およびJIS A 1113に準じて行った。供試体はφ100×200mmの円柱供試体とし、各試験材齢まで標準水中養生を行った。試験材齢は3日、7日、14日、28日及び91日とした。

4.2 細孔径分布の測定：細孔径分布の測定は、引張強度試験後のコンクリート供試体より採取したモルタル片を用いた。測定には、水銀圧入式ポロシメーターを使用した。

5. 実験結果および考察

5.1 コンクリートの強度特性：コンクリートの圧縮強度と材齢の関係を図 - 1 に示す。試製セメントを用いたコンクリートの圧縮強度は、市販の普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートと比較して、材齢 7 日から 28 日において、不法投棄産業廃棄物の調合割合が高く、W/C が低いケースほど低下する傾向にある。しかし、廃棄物の調合割合が低い水準-1 および水準-2 の試製セメントを用いたコンクリートの長期材齢（91 日）における圧縮強度は、普通ポルトランドセメントのそれと同程度になることが確認された。これは、産業廃棄物に含まれていたセメント水和反応を遅延させる何らかの微量な物質がセメントクリンカー内に残留したことなどが考えられるが、今後詳細な検討を行う必要がある。さらに、試製セメントを用いたコンクリートの引張強度においても同様の傾向が見られた。

5.2 細孔分布性状：材齢 28 日における相対細孔容積と細孔径の関係を図-2 に示す。試製セメントおよび市販の普通ポルトランドセメントともに、何れの水セメント比においても同様の分布形状を示した。また、総細孔容積には大きな差は見られなかった。しかし、不法投棄産業廃棄物の調合割合が高く、W/C が低い試製セメントほど 100nm 付近の細孔が増加し、50nm 程度以下の細孔は減少する傾向にあることが確認される。この傾向は、材齢 28 のコンクリート圧縮強度の結果と同様である。

6. まとめ

不法投棄産業廃棄物を原料とした試製セメントを用いたコンクリートの圧縮強度は、市販の普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートと比較して、材齢 7 日から 28 日において廃棄物の調合割合が高く、W/C が低いコンクリートほど低下する傾向にあり、細孔径分布の結果と一致した。また、廃棄物の調合割合が低い水準-1 および水準-2 の試製セメントは、長期材齢（材齢 91 日）では市販の普通ポルトランドセメントと同等の圧縮強度が得られることがわかった。

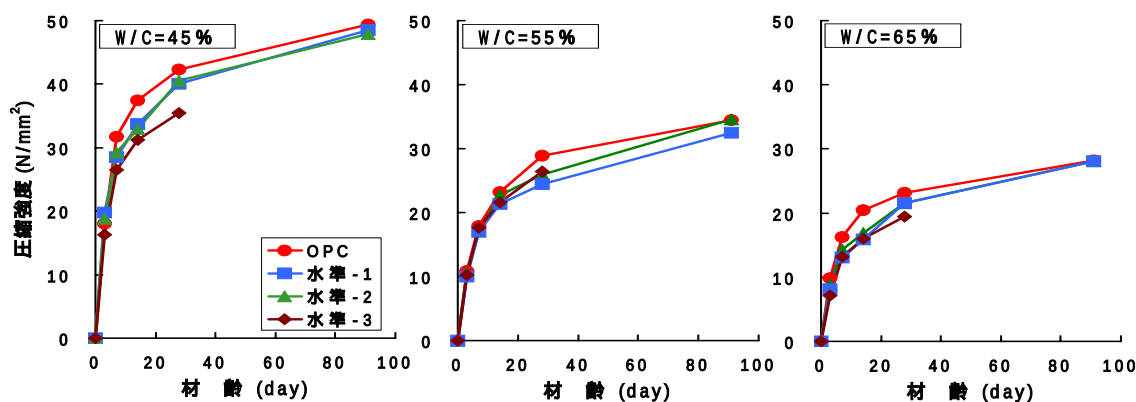


図 - 1 圧縮強度と材齢の関係

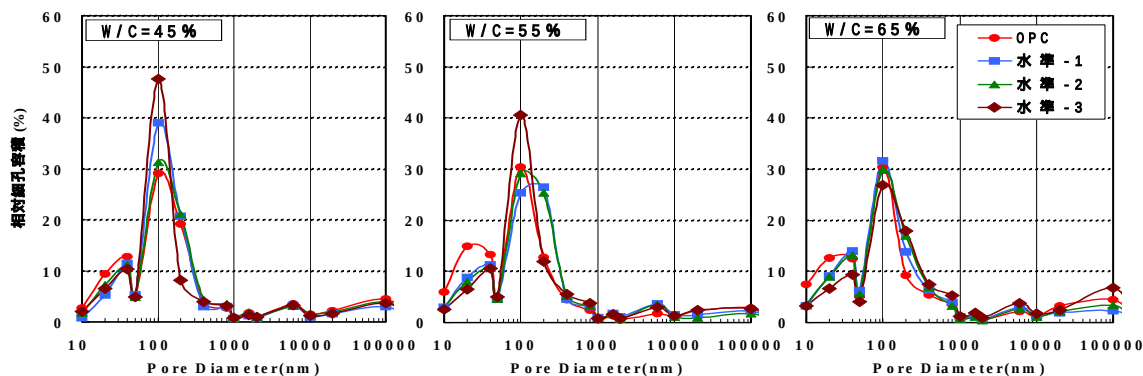


図 - 2 相対細孔容積と細孔径の関係