

一般廃棄物焼却灰を混和したコンクリートの物性に関する研究

香川大学 学生会員 ○東野太空 谷中彩寧 上野沢斗 フェロー会員 吉田秀典 正会員 岡崎慎一郎

1. はじめに

我が国では、多量の一般廃棄物を排出しており、そのほとんどが焼却処理されて灰（以下、焼却灰）となり、焼却灰の大部分は最終処分場にて埋め立て処分されている。他方で、その最終処分場は逼迫しており、焼却灰の削減が求められている。削減の方法として、再資源化が考えられるが、焼却の過程で一般廃棄物に含まれる重金属が濃縮するため、再資源化材料から溶出した重金属による環境汚染が懸念されている。したがって、焼却灰に含まれる重金属が溶出しない環境下にて焼却灰を再資源化することが望まれるが、再資源化の場として有力視されるのが、重金属を溶出させずに封じ込めることが可能なコンクリートへの混和である。この場合、焼却灰をセメント置換でコンクリートに混和することで、セメント量が減少し、セメント製造時に排出されるCO₂が抑制され、カーボンニュートラルに貢献することも可能となる。そこで、本研究では、焼却灰混和コンクリート（General Waste Incinerated Ash, 以下、GWIA）について、製造から利用までを検討することを目的とする。

2. 物性試験と重金属溶出試験

本研究では、GWIAの他に、比較検討のため焼却灰無混和コンクリート（以下、Blank）も用意した。BlankならびにGWIAの水セメント比ならびに細骨材率は同じ条件とし、各コンクリートのスランプ値等が目標値の範囲内に収まるように混和剤添加量を調整した。焼却灰の置換率は、Blankにおけるセメント質量の10%とした。表1に各種コンクリートの配合表を示す。

表1 配合表

	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	A	S	G	AE
Blank	55	43	175	318	0	734	985	3.18
GWIA	55	43	175	286	31.8	732	981	4.14

W：単位水量，C：セメント量，A：焼却灰量，S：細骨材量，G：粗骨材量，AE：AE減水剤添加量

2.1 スランプ試験・空気量試験

各種コンクリートの目標スランプ値を12±2.5 cm，目標空気量を4.5±1.5%とし、練り混ぜ終了直後に試験を実施した。表2にスランプ試験・空気量試験結果を示す。表1ならびに表2から、混和剤添加量を調整することでGWIAのスランプ値，空気量を目標値内に収めることが出来たため、実際の現場で利用可能な程度のワーカビリティを持つといえる。

2.2 ブリーディング試験

本研究では、コンクリートの小型容器によるブリーディング試験方法を採用した。コンクリート上面に浸み出した水を吸い取り、ブリーディングが認められなくなるまで吸い取った水をメスシリンダーに移し、たまった水の累計を1mLまで記録した。その後、ブリーディング量，ブリーディング率を算出した。表3に各コンクリートのブリーディング量，率を示す。表3よりブリーディング量，率ともにBlankとGWIAで同等の値を示していることが分かる。

表2 スランプ試験・空気量試験結果

	スランプ値 (cm)	空気量 (%)
Blank	13.0	3.7
GWIA	12.0	4.0

表3 ブリーディング試験結果

	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	ブリーディング率 (%)
Blank	0.16	3.60
GWIA	0.15	3.31

2.3 圧縮強度試験

内径100mm，高さ200mmの円柱供試体をBlank，GWIAともに3本ずつ作製して水中養生し，材齢28日な

らびに 91 日にて圧縮試験を行った。図 1 に材齢 28 日、図 2 に材齢 91 日の圧縮強度を示す。なお、圧縮強度は、供試体 3 本の平均値である。圧縮強度試験の結果、GWIA は標準供用期間の耐久設計基準強度である 24N/mm^2 を満たしているものの、Blank と比較すると、GWIA は圧縮強度が小さいことが判明した。これは、表 1 から GWIA のセメント量は Blank と比較して少なかったことに起因する。さらに、GWIA について、材齢 28 日から 91 日までの強度増加率が Blank より高いことが判明した。これは、微粉末である焼却灰が、間隙に密実に充填され、コンクリートが Blank よりも緻密になったことで強度が増加したと考えられる。そのため、今後は中性化試験や凍結融解試験を実施する必要がある。

2. 4 長さ変化試験

長さ変化試験の供試体は $100\times 100\times 400\text{mm}$ の角柱供試体を Blank, GWIA とともに 3 本ずつ作製し、材齢 7 日まで水中養生した後、コンクリートの長さ変化を 1 週間ごとに計測し、長さ変化率を求めた。各コンクリートの長さ変化率の推移を図 3 に示す。長さ変化試験の結果、GWIA は Blank と同程度の長さ変化率であることが判明した。

2. 5 重金属溶出試験

溶出試験の対象とした重金属は、一般廃棄物焼却灰から溶出していた Pb と Cr(VI)とした。溶出試験の条件および手順は、環境庁告示 46 号の溶出試験を参考とした。溶出試験では、圧縮強度試験で使用した供試体を砕いた試料から 2mm ふるいを通るものを蒸留水とともに円沈管に入れ、6 時間振盪した。その後、20 分間遠心分離を行い、上澄み液を濾過して作製した検液において、Pb 濃度を ICP-AES にて、また、Cr(VI)濃度を吸光光度計にて分析した。各コンクリートの重金属溶出試験結果を表 4 に示す。試験の結果、GWIA に関して、Pb と Cr(VI)の溶出濃度は、Blank と同等であることが判明した。このことから、一般廃棄物焼却灰の混和による重金属の溶出増加はほぼないといえよう。

3. まとめ

本研究では、GWIA の実際の現場における利用可否を検討するため、Blank との物性を比較した。加えて、GWIA から溶出する重金属の量を確認するため、重金属溶出試験を実施した。各試験の結果、GWIA の利用は可能であることが判明した。GWIA の物性は Blank とほぼ同等であることから、今後は GWIA の実用化に向け、Blank に対する優位性について検討を行う。さらに、材齢 28 日から 91 日における GWIA の強度増加率が Blank を上回ることから、GWIA が Blank よりも緻密になっている可能性が考えられるので、今後は中性化や耐凍結融解に係る性能を照査する予定である。

参考文献

1) 環境省、環境庁告示第 46 号、土壤環境基準、1991、<https://www.env.go.jp/kijun/dojou.html>, (2023-02-20)

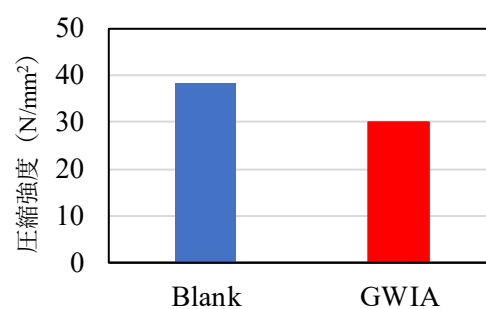


図 1 圧縮強度 (材齢 28 日)

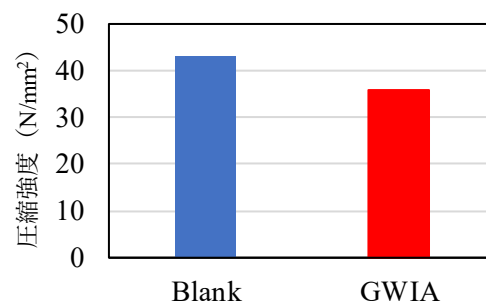


図 2 圧縮強度 (材齢 91 日)

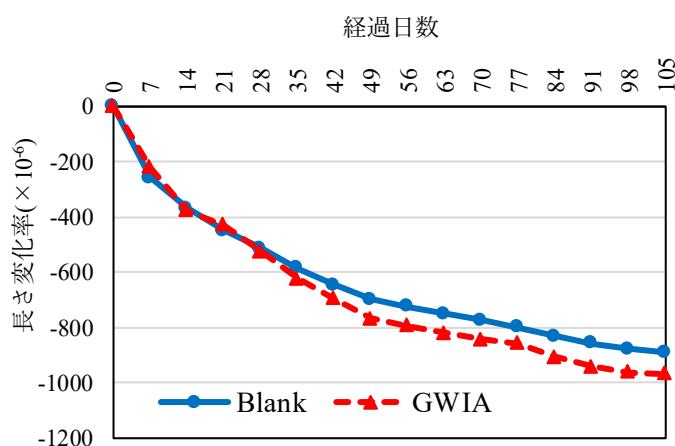


図 3 各コンクリートの長さ変化率の推移

表 4 各コンクリートの重金属溶出試験結果

	Blank	GWIA
Pb (ppm)	0.04	0.04
Cr(VI) (ppm)	0.08	0.06