

都市ごみ焼却飛灰を原料にした焼成骨材のコンクリート用骨材への適用性に関する検討

九州大学工学部 学生会員 福島 稔
九州大学大学院 学生会員 竹下 正一

九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. はじめに

わが国では減容化と衛生上の観点から、家庭や事業所等から排出される可燃性廃棄物に関しては自治体の清掃工場で焼却処理され、焼却によって生じた灰については、最終的に埋立処分するのが一般的である。しかしながら焼却や溶融といった高温処理を行う場合、問題となるのが飛灰の適切な処理である。廃棄物中には鉛やカドミウム等の有害金属が混入しており、高温処理を行った場合、これらは揮散して飛灰とともに集塵される。また、塩素系プラスチック等の加熱処理によりダイオキシン類が発生し、その80%は飛灰中に取り込まれると言われている。これらの有害物含有ダストをそのまま埋め立てた場合、有害金属やダイオキシン類の溶出・飛散という環境汚染を引き起こすことが懸念されている。加えて廃棄物は単に無害化問題に留まらず、近年の最終埋め立て処分場の用地確保難から、減容化のみならず有効利用が求められている。そこで、本研究ではごみ焼却飛灰を焼成処理することにより無害化された焼成骨材をコンクリート用骨材として有効利用することを目的とし、骨材の物理的性質試験および粗骨材に焼成骨材を用いたコンクリートの強度試験を行った。

2. 焼成骨材の物性

2.1 製造方法

図-1に焼成骨材製造過程を示す。本研究で使用した焼成骨材の製造方法は、まず一般廃棄物を焼却処理することにより発生した焼却飛灰に副原料を加え、振動ボールミルで均一に混合・粉碎した後、水を加えて押し出し成形して柱状ペレットとした。乾燥後、ロータリーキルンに投入し、ダイオキシン類は熱分解し、有害重金属は揮発除去して無害化する為に1000℃以上で加熱して焼成した。

製造段階において、骨材の品質を簡易に判定する方法として、一軸圧潰強度が考えられる。一軸圧潰強度とは、骨材一つ一つに圧縮荷重試験装置を用いて荷重を加え、骨材が割れたときの最大荷重で表され、骨材そのものの強度を示す値である。しかしながら、一軸圧潰強度が焼成骨材の物理的性質および焼成骨材を用いたコンクリートの強度および耐久性などに及ぼす影響については十分検討されていない。そこで本研究では、焼成骨材の一軸圧潰強度と骨材の物理的性質およびコンクリートの圧縮強度との関係について明らかにした。

本研究では、一軸圧潰強度が大きいもの(試料Ⅰ)、中程度のもの(試料Ⅱ)、小さいもの(試料Ⅲ)の三種類について実験を行った。表-1に焼成温度および環境庁告示第46号による土壤環境基準に対する溶出試験のうち、Pb、Cd、Cr⁶⁺についての結果を示す。Pb、Cd、Cr⁶⁺の基準値はそれぞれ0.01、0.01、0.05mg/lであり、得られた値は全て基準を満たしている。また、その他の項目についても安全性が確認されており、土壤環境基準を全て満たしている骨材を使用した。

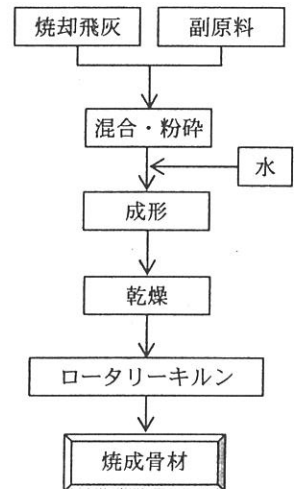


図-1 焼成骨材の製造過程

表-1 焼成温度と溶出試験の結果

	焼成温度 (°C)	一軸圧潰 強度(kgf)	残留塩素 (%)	溶出(ppm)		
				Pb	Cd	Cr ⁶⁺
I	1086	80	0.10	0.004	<0.001	0.01
II	1057	66	0.11	0.005	<0.001	0.013
III	1149	30	0.012	0.005	<0.001	0.001

2. 2 実験方法

骨材の物性試験は、ふるい分け試験(JIS A 1102)、密度及び吸水率試験(JIS A 1135)、単位容積質量及び実積率試験(JIS A 1104)、さらに骨材自体の強度を調べるために破砕値試験(BS 812 Part110)も行った。

2. 3 実験結果および考察

ふるい分け試験により得られた粒度分布を図-2に示す。また、土木学会コンクリート標準示方書に規定されている標準粒度も併せて示す。図-2より本研究に使用した焼成骨材は全ての試料において土木学会の標準粒度の範囲内にあることが分かる。

次に、表-2に焼成骨材の物理的性質を示す。また、一般的に使用されている人工軽量骨材と碎石の値も併せて示す。表より、一軸圧潰強度が高いほど、高品質な骨材が得られていることが分かる。特に、一軸圧潰強度が最も低い試料Ⅲについては吸水率が高く、品質の低下が著しい。本実験の範囲内では、密度、吸水率は一軸圧潰強度との相関関係が明確に見られたが、破砕値試験の結果は一軸圧潰強度の値と逆転する結果となった。

3. 粗骨材に焼成骨材を用いたコンクリートの圧縮強度

3. 1 実験方法

焼成骨材を粗骨材として、表-3に示す配合でコンクリートを製造した。JIS A 5002(構造用軽量コンクリート骨材)に従い、水セメント比を40%、スランプを 8 ± 1 cmとし、AE剤、減水剤などを用いない配合設計を行った。セメントには普通ポルトランドセメント、細骨材には海砂(密度 2.57g/cm^3 、吸水率1.60%、粗粒率2.68)を用いて作製し、打設後24時間で脱型し、その後水中養生し、材齢7日で圧縮強度試験(JIS A 1108)を行った。また、コンクリートの単位容積質量を測定した。

3. 2 実験結果および考察

表-4にコンクリートの圧縮強度、静弾性係数および単位容積質量を、図-3に圧縮強度と一軸圧潰強度の関係を示す。試料Ⅰおよび試料Ⅱを用いた場合には、ほぼ同等の結果が得られ、一軸圧潰強度の差による影響は見られなかった。一方、一軸圧潰強度が最も小さく、低品質である試料Ⅲを用いた場合には、強度および静弾性係数ともに低下した。

4. まとめ

本研究で使用した焼成骨材は天然骨材に比べ、吸水率が高くなったが、一軸圧潰強度が60kgf程度以上であればコンクリート用骨材として使用できるものと考えられる。

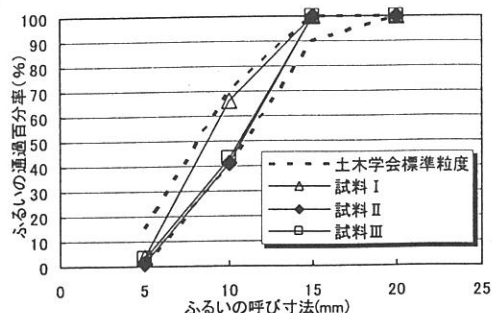


図-2 粒度分布

表-2 焼成骨材の物理的性質

	試料Ⅰ	試料Ⅱ	試料Ⅲ	人工軽量骨材	碎石
絶乾密度(kg/l)	1.80	1.77	1.21	1.29	2.59
表乾密度(kg/l)	2.01	2.03	1.76	1.42	2.65
吸水率(%)	11.7	14.9	45.7	9.93	1.6
単位容積質量(kg/l)	1.31	1.27	1.15	0.795	1.58
実積率(%)	61.2	61.0	61.6	62.5	60.7
400kN 破砕値(%)	38	36	90	34	—
10% 細粒値(kN)	95	99	24	117	—

表-3 配合表

	W/C (%)	スランプ (cm)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
I	40	8	46	170	425	728	799
II	40	8	46	170	425	735	799
III	40	8	46	152	380	577	723

表-4 コンクリート強度試験結果

	試料Ⅰ	試料Ⅱ	試料Ⅲ
圧縮強度(N/mm ²)	44.8	43.1	16.5
静弾性係数(kN/mm ²)	27.6	27.7	15.6
単位容積質量(kg/l)	2.13	2.14	2.03

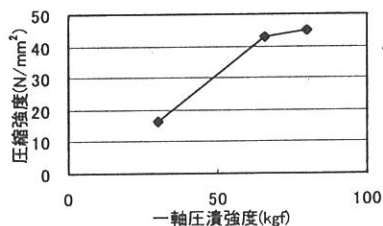


図-3 圧縮強度と一軸圧潰強度の関係