

九州芸術工科大学 大久保 全隆¹⁾ 上吉川 誠²⁾
福岡市環境局 市丸 亮³⁾ 山崎 隆敏⁴⁾ ○田中 衛⁴⁾

1. はじめに

清掃工場焼却処理にともなって発生する焼却残渣は、現在埋立処分されているが、最終処分場の用地確保は今後ますます困難になることが予想される。福岡市では焼却残渣は埋立廃棄物の約半分を占めているが、埋立場の延命化を図るためには焼却残渣の有効利用を図らなければならない。

今回、焼却灰の細物が砂状であることに着目し、分級による建設・土木資材の細骨材代替品としての有効利用について検討した。建設・土木資材の内、次の理由からインターロッキングブロックを選んだ。

- ①コンクリート用骨材に関しては、建築・土木等学会の厳しい規格があるが、インターロッキングブロックではそのような規格がない。
- ②JIS規格のあるコンクリート製品では強度に関して厳格な基準があるが、インターロッキングブロックにはJIS規格がないため、鉄筋コンクリート等の構造用材料と同等な基準を適用しなくともその機能を満足させ得る可能性がある。
- ③インターロッキングブロックには多量の砂(細骨材)が使用される(細骨材率約60%)ため、その一部を焼却灰で補うことが可能となれば焼却灰の大量有効利用及び天然資源の節約にも貢献できる。

2. 調査の概要

2.1 予備調査

インターロッキングブロックの作成前にモルタルでの焼却灰使用についてセメント比による強度の変化及び重金属溶出等についての検討を行った。

①セメント量を全細骨材(砂+焼却灰)の1/3と一定にし、全細骨材中の焼却残渣の割合を0/3、1/3、2/3、3/3、水セメント比を各々50、67、83、100と順次置き換えていく時の強度特性の変化を試験した。その結果、焼却灰の混入によって最大75%の圧縮強度の低下が認められた。

②砂を含まない焼却灰とセメントだけの場合について、セメントと焼却灰の比を1:3、2:3、3:3と変えて強度特性を調査した。その結果、セメント量の増加によって1:3に比較し強度は最大約66%増加したが、2:3、3:3の間には顕著な差はみられなかった。

③焼却灰からは重金属が若干溶出することがある。液体キレート材を水に対し0%、0.003%、0.03%、0.3%、3%混入した水を用いて重金属の溶出防止及びその強度特性の変化について調査した。液体キレート材を使用しない場合鉛が溶出したが、0.3%以上添加すれば溶出が抑えられることと、3%以下であれば圧縮強度への影響はみられないことがわかった。

④市販インターロッキングブロックの配合を参考にし、焼却灰と砂の比率を0/4、1/4、1/3、1/2と変化させ、強度特性を試験した。その結果、焼却灰と砂の割合が1:2以下であれば強度低下に特に大きな影響は与えないことがわかった。

以上の結果を基に、今回試作するインターロッキングブロックの焼却灰と砂の割合は1:2とすることとした。

2.2 インターロッキングブロックの試作

使用した焼却灰は西部清掃工場(ストーカー炉)のもので焼却灰に含まれている缶類等の粗大物を15mmのふるいで除去したものを使用した。その組成を表1に、粒度分布を図1に、吸水率等の物性値を表2に示す。

また、JISA5002構造用軽量コンクリート骨材の品質規定の内、有機不純物及び塩化物に関する試験を行ったところ、有機不純物では標準色以下で問題なかったが、塩分量は0.72%と規定の0.01%を超えかなり多い結果となった。

表1 焼却灰の成分

成分	Fe	Si	Ca	Mg	Al	Na	K	Ti	その他	合計
酸化物換算値(%)	16.7	35.4	20.0	2.9	14.1	2.2	1.5	1.3	5.9	100.0

インターロッキングブロックはインターロッキングブロック協会の協力を得て実製品を製造する高振動加圧型即時脱型式成型機によって試作した。

試作されたインターロッキングブロック(以下試作品)は、幅100mm、長さ200mm、厚さ80mmで厚さ方向に約5mm厚のモルタル表層を有している。焼却灰は約75mm厚の基層コンクリート部分に混入した。

試作に際しては、焼却灰の含水率を考慮して、単位水量を調節しながら、CASE-IからCASE-IVまでの4種類を試作した。表3に基層コンクリートの配合を示す。

表3 インターロッキングブロックの配合

CASE	W	C	S	G	A	W/C(%)
I	128	424	770	656	322	30
II	92	424	770	656	322	22
III	80	424	770	656	322	19
IV	71	424	770	656	322	17
V	130	424	1149	649	-	31

W/Cを除く他の値は単位重量(kg/m³)

W:水 C:セメント S:細骨材 G:粗骨材 A:焼却灰

CASE-Iはやや軟練りの状態となり多少のはらみが観察され、CASE-III、IVはやや硬練りとなり側面が粗の状態となった。CASE-IIは実製品CASE-Vに近い状態となった。

成型に際し、インターロッキングブロック協会より焼却灰中の金属片、ガラスによる型損傷等の問題が指摘された。

成型されたインターロッキングブロックは、実製品と同様な方法によりストックヤードで2日間屋内、その後屋外に保管され特別な養生は行っていない。

3. 試作品の強度特性等

インターロッキングブロックには、JIS規格等はないがインターロッキングブロック協会では製品の品質管理に当たり、曲げ強度が50kg/cm²以上となることを規定している。また、曲げ強度が調査できない製品については、抜き取り供試体による圧縮強度試験で330kg/cm²以上(h/d=1)と規定している。

3.1 単位体積重量

試作品の単位体積重量は2.1~2.2t/m³で、通常品より、約1割ほど軽くなっている。

3.2 曲げ強度

実製品では、材令14日程度で規定値を超えるが、試作品では、強度発現が遅く、材令58日から114日かかる。

表2 焼却灰、細骨材、粗骨材の物性値

	表乾比重	吸水率	絶乾比重	単位体積重量(kg/l)	実積率(%)
焼却灰	1.92~1.98 (1.92, 0.024)	4.23~7.27 (6.14, 1.44)	1.81~1.90 (1.84, 0.045)	(J)1.36~1.37 (1.37)	(J)74.0~74.6 (74.3)
細骨材	2.55	3.59	2.46	1.56	63.6
粗骨材	2.65	1.62	2.59	1.58	60.7

焼却灰の下段()内は、平均値と偏差

(J):JIS規格試験 (B):衝突試験

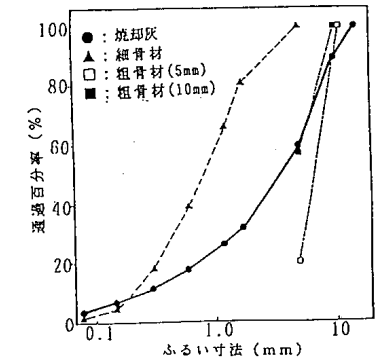


図1 焼却灰、細骨材、粗骨材のふるい分け分析結果

水セメント比が30%以下の範囲では、水セメント比の小さいほど強度が低下する傾向となった。(図2)

3.3 圧縮強度

圧縮試験の測定には、直径5cmの円柱コアを切り出して供試体とした。

圧縮強度では、一部で規格圧縮強度を満たしていないものがあるがほぼ満足している。(図3)

3.4 重金属溶出試験

試作品と通常製品の成分及び溶出試験結果を表4に示す。溶出試験方法は、昭和48年環境庁告示第13号産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法によった。

成分試験で、鉛、銅、亜鉛が通常製品より試作品で多いのは、焼却灰混入によるものと考えられる。溶出試験では試作品及び通常製品ともに、検出されず問題はなかった。

3.5 試作品の敷設及び暴露試験

試作品(CASE-II)について、平成5年3月から西部清掃工場の運動施設の歩道に約50m²(約2,500個)敷設し、劣化観察及び雨水の暴露試験を実施している。その結果、敷設後約6ヶ月の時点において、全個数の約2%程度にあたるインターロッキングブロックの表面に焼却残渣の影響と考えられるひび割れや欠け等の劣化が観察される。一方、雨水暴露による溶出試験では、重金属等は検出されていない。また、その溶出雨水は6ヶ月経過してもpH10以上あり、セメントによるアルカリが保持されている。

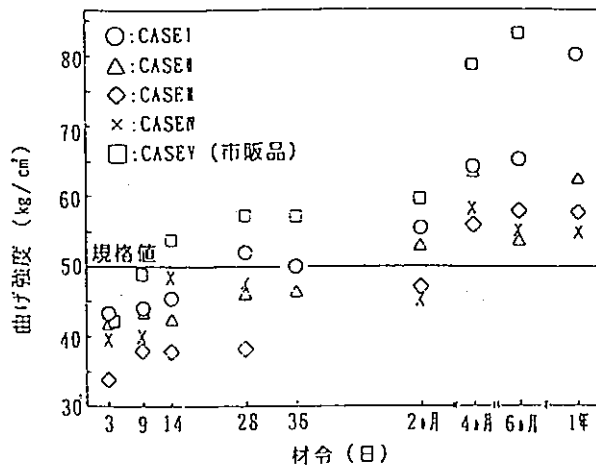


図2 材令と曲げ強度の関係

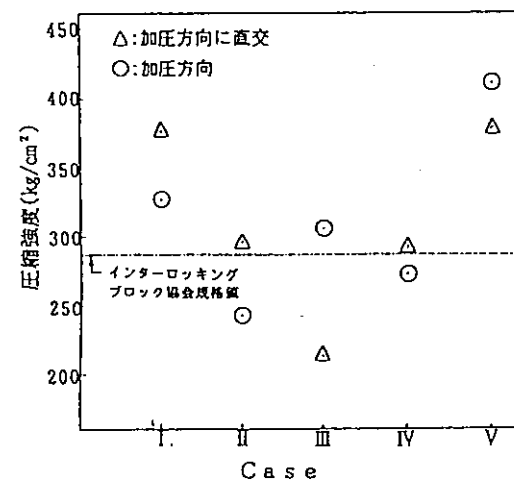


図3 圧縮強度の結果(材令37日)

表4 インターロッキングブロックの重金属溶出試験

項目	インターロッキングブロックの成分及び溶出試験		通常製品	
	成分(mg/kg)	溶出(mg/l)	成分(mg/kg)	溶出(mg/l)
Hg	不検出	不検出	不検出	不検出
Cd	2.1	不検出	1.5	不検出
Pb	180	不検出	32	不検出
T-Cr	不検出	—	不検出	—
六価クロム	不検出	不検出	不検出	不検出
As	3	不検出	3	不検出
CN	不検出	不検出	不検出	不検出
Cu	710	—	32	—
Zn	780	—	110	—
フッ素化合物	不検出	—	不検出	—
7*水銀	不検出	不検出	不検出	不検出
有機錳	不検出	不検出	不検出	不検出
PCB	不検出	不検出	不検出	不検出
有機塩素	不検出	—	不検出	—
TCE	不検出	不検出	不検出	不検出
PCE	不検出	不検出	不検出	不検出

4. まとめ

本研究により焼却残渣を分級後インターロッキングブロックの細骨材の一部として使用した場合、強度等はある程度の確保できることが判明した。しかし、製造時に金属類やガラスが型枠を傷めること及び敷設後に劣化が生じるなどの問題も判明した。今後は、長期使用における強度や雨水暴露試験を継続するとともに劣化の原因等を検討していく予定である。

1)九州芸術工科大学教授 2)同大学院生 3)福岡市環境局施設部建設課 4)福岡市施設部西部清掃工場