

## III-B 228 都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントによる固化処理土の特性について

秩父小野田(株) 正会員 ○大森啓至 内田晃一  
守屋政彦 磯田英典  
丸田俊久

## 1. はじめに

都市ゴミ焼却灰は、年間約600万トンもの量が排出されているため、処分場容量の不足が大きな社会問題となっており、セメント原料としての利用研究に期待が寄せられている<sup>1)</sup>。ここでは、都市ゴミ焼却灰から製造されたセメントを地盤改良材として用いた場合の固化処理土物性について報告するものである。なお都市ゴミ焼却灰中には塩化物が含まれているため、ここで用いたセメントは、アリナイトおよびカルシウムクロロアルミネート等の塩素を構成元素とする鉱物を含んだ環境調和型セメント（以後エコセメントと記述する）と称するものである。

## 2. 実験概要

実験は、表-1に示す物理的特性を有する試料土（栃木県産乾燥粘土）を表-2に示す3種類のエコセメントおよび比較として普通ポルトランドセメントによって固化処理を実施した場合、各種養生条件での固化処理土の一軸圧縮強さを調べた。さらに、固化処理土から養生水中への塩素イオンならびに重金属の溶出試験を実施した。

## 2.1 実験方法

固化処理土の供試体は、「安定処理土の締固めをしない供試体製作方法」に準じて、含水比50%に調整した試料土に対して、200kg/m<sup>3</sup>に相当するセメントを水材料比100%に調整したスリ-として添加して成形を行った。湿空養生は、20℃湿度80%以上の恒温恒湿室で行い、水中養生は20℃かつ供試体容量の10倍量のイオン交換水中で行った。また、一部は同様に人工海水養生を実施した。塩素イオン濃度は、養生水（養生水交換無し）を各材齢時に採水し、電位差滴定法によって測定した。重金属の溶出は湿空養生供試体を用い、環境庁告示第46号に従って実施した。

## 2.2 実験結果および考察

## (1) 固化処理土の一軸圧縮強さ

エコセメントおよび普通セメント固化処理土の1年材齢までの湿空ならびに水中養生条件における材齢と一軸圧縮強さの関係を図-1、図-2に示す。いずれの場合もアリナイトを主要鉱物とするエコセメントAは、材齢91日以降の強度発現が普通セメントを上回り、カルシウムクロロアルミ

ネートを多く含むエコセメントBは、逆に材齢3日までの強度が優れた速硬タイプの特性を示した。さらに人工海水に28日浸漬した場合の一軸圧縮強さを湿空養生と比べた結果を図-3に示す。耐海水性に関して、エコセメントAおよびCは、普通セメントに比べて優れた性能を示し、エコセメントBもほぼ同等な性能を

表-1 試料土の物理的特性

|   |                            |       |          |      |
|---|----------------------------|-------|----------|------|
| 土 | 土粒子の密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 2.681 | 液性限界 (%) | 34.7 |
|   | 調整含水比 (%)                  | 50.0  | 塑性限界 (%) | 16.7 |
|   | 礫 分 (%)                    | 0     | 塑性指数 (%) | 18.0 |
|   | 砂 分 (%)                    | 4.5   | pH       | 8.8  |
|   | シルト 分 (%)                  | 41.0  | 分類名      | 粘質土  |
|   | 粘土分 (%)                    | 54.5  | 分類記号     | CL   |

表-2 使用したセメントの特性

| セメント種類   | タイプ | 化学成分             |                                |                                |      |     |                 |       |
|----------|-----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----------------|-------|
|          |     | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO | SO <sub>3</sub> | Cl    |
| エコセメント A | 普通型 | 21.9             | 4.7                            | 2.6                            | 61.0 | 3.1 | 1.7             | 3.88  |
| エコセメント B | 速硬型 | 12.1             | 11.6                           | 3.4                            | 57.7 | 1.4 | 10.8            | 1.03  |
| エコセメント C | 速硬型 | 21.9             | 12.5                           | 1.9                            | 49.9 | 4.0 | 6.4             | 0.50  |
| OPC      | —   | 21.2             | 5.4                            | 2.8                            | 63.8 | 1.5 | 1.9             | 0.002 |

注) OPC は普通セメントを表す。

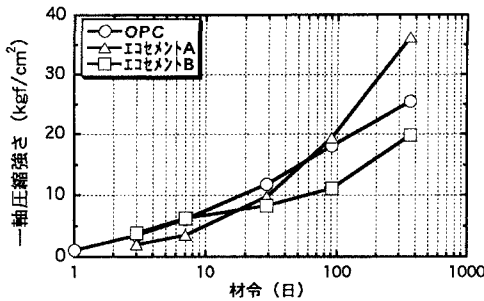


図-1 湿空養生における一軸圧縮強さ

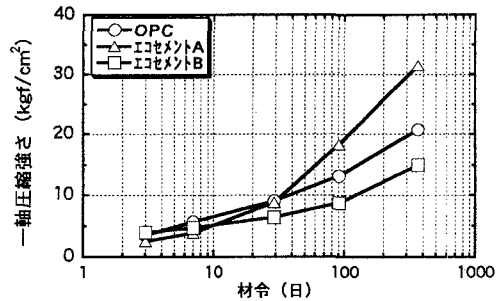


図-2 水中養生における一軸圧縮強さ

示すことが認められた。

### (3) 固化処理土の塩素イオン溶出特性

エコセメントAおよびBによる固化処理土供試体（ $\phi 100 \times h 100\text{mm}$ ）について、水中養生時の浸漬材齢と養生水中の塩素イオン濃度との関係を表-3に示した。表中の拡散係数は、Fickの法則が成り立つものとして算出したものである<sup>2)</sup>。固化処理土供試体からの塩素イオンの溶出量は、浸漬日数とともに低減傾向にあり、拡散係数も91日材齢で3日材齢の約1/10以下となった。特に、塩素含有量の比較的小さいBについては、溶出量も数十ppmのオーダーであることが分かった。エコセメント固化処理土中の塩素含有量自体はBはAの約1/3であるが、溶出量は約1/10となっており、塩素を含むセメント鉱物の種類と量の相違によるものと考えられる。

### (4) 固化処理土の重金属等の溶出分析

湿空養生を実施した固化処理土供試体について、土壌中の重金属の溶出試験を実施した例を表-4に示した。エコセメント固化処理土からの溶出量は、土壌環境基準の溶出量I<sup>3)</sup>以下であることが認められた。

### 3. まとめ

エコセメントをスラリーで添加した固化処理土に関する実験から以下のことが明らかとなった。

- (1) 湿空・水中いずれの養生条件においても一年材齢の一軸圧縮強さは、普通セメントの約80~150%レベルとなった。
- (2) 固化処理土からの養生水への塩素イオンの拡散係数は、91日材齢では、3日材齢の約1/10以下となった。
- (3) 重金属等の溶出については、土壌環境基準の溶出量I以下に抑えることが可能である。

### 参考文献

- 1) 尾花博：エコセメントの製造技術の開発，PLASPIA No. 88，pp16~23，'94年
- 2) 廣田鋼蔵：反応速度（共立全書 127），pp140~150，'36年
- 3) 環境庁水質保全局：重金属等に係る土壌汚染調査・対策指針，'94年

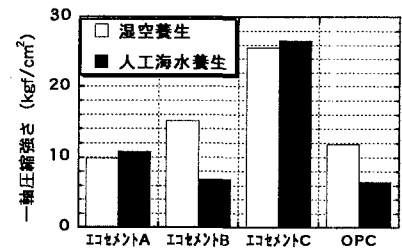


図-3 人工海水養生における一軸圧縮強さ（材齢28日）

表-3 固化処理土からの塩素イオン溶出量

| セメント種類  | 固化処理土中のCl含有量 (mg/kg) | 浸漬日数 (d) | 養生水中Cl <sup>-</sup> 濃度 (mg/l) | 拡散係数 (cm²/sec)         |
|---------|----------------------|----------|-------------------------------|------------------------|
| エコセメントA | 3680                 | 3        | 140                           | $6.68 \times 10^{-8}$  |
|         |                      | 7        | 180                           | $2.90 \times 10^{-8}$  |
|         |                      | 28       | 280                           | $0.75 \times 10^{-8}$  |
|         |                      | 91       | 310                           | $0.22 \times 10^{-8}$  |
| エコセメントB | 980                  | 3        | 11                            | $7.25 \times 10^{-10}$ |
|         |                      | 7        | 16                            | $4.53 \times 10^{-10}$ |
|         |                      | 28       | 22                            | $1.57 \times 10^{-10}$ |
|         |                      | 91       | 29                            | $0.64 \times 10^{-10}$ |

表-4 土壌中重金属の溶出試験結果

| 物質     | 溶出量値I (mg/l) | エコセメントB 固化処理土 (mg/l) | エコセメントC 固化処理土 (mg/l) |
|--------|--------------|----------------------|----------------------|
| Cd     | 0.01         | 0.00                 | 0.00                 |
| CN     | ND           | ND                   | ND                   |
| Pb     | 0.01         | 0.00                 | 0.00                 |
| Cr(VI) | 0.05         | 0.03                 | 0.00                 |
| As     | 0.01         | 0.00                 | 0.00                 |
| R-Hg   | ND           | ND                   | ND                   |
| PCB    | ND           | ND                   | ND                   |
| Se     | 0.01         | 0.00                 | 0.00                 |

注)ND:不検出，材齢は28日