

## V-347

都市ゴミ焼却灰を原料としたセメントを用いた  
蒸気養生コンクリートの基礎的研究

秩父小野田（株）中央研究所 正会員 長塩 靖祐

秩父小野田（株）中央研究所 横山 滋

秩父小野田（株）中央研究所 正会員 関野 一男

秩父小野田（株）中央研究所 正会員 山下 裕毅

## 1. はじめに

都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの廃棄物を原料としたセメント（以下、エコセメントと称す）が開発されている。このセメントを用いたコンクリートの基本的な性質は把握されている<sup>1)</sup>が、蒸気養生を行ったエコセメントコンクリートについての検討はされていない。本研究では、製品用エコセメントコンクリートの性状を把握することを目的に、圧縮強度に及ぼす蒸気養生条件と凍結融解抵抗性について検討した。

## 2. 試験概要

## 2.1 使用材料

セメントとしては、表1に示す普通ポルトランドセメント及びエコセメントを用いた。細骨材としては静岡県小笠産陸砂（比重：2.61,粗粒率：2.81）、粗骨材としては茨城県岩瀬産碎石（比重：2.64,粗粒率：6.73,最大寸法：20mm）を用いた。高性能減水剤としては、ポリアルキルアリアルスルホン酸塩を主成分とする市販品、エコセメントの凝結遅延剤としては、有機カルボン酸を主成分とするものを用いた。空気量の調整には、アニオン系界面活性剤を主成分とする市販品のAE剤を用いた。

表1 セメントの物理特性、化学成分及び鉱物組成

| セメント<br>種類 | 比重   | 粉末度<br>( $\text{cm}^2/\text{g}$ ) | 凝結(h-min) |      | 化学組成 (%) |                  |                                |                                |      |     |                 |                  |     |                  | 鉱物組成 (%)         |                  |                                                               |                   |                   |  |
|------------|------|-----------------------------------|-----------|------|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----------------|------------------|-----|------------------|------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--|
|            |      |                                   | 始発        | 終結   | ig.loss  | 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> | R <sub>2</sub> O | Cl  | C <sub>3</sub> S | C <sub>2</sub> S | C <sub>3</sub> A | C <sub>1</sub> A <sub>7</sub> CaC <sub>1</sub> I <sub>2</sub> | C <sub>4</sub> AF | CaSO <sub>4</sub> |  |
| エコ         | 3.13 | 4800                              | 0-10      | 0-22 | 0.8      | 15.3             | 10.3                           | 2.4                            | 56.4 | 1.5 | 9.2             | 0.8              | 0.7 | 39               | 19               | 4                | 16                                                            | 7                 | 14                |  |
| 普通         | 3.16 | 3220                              | 2-22      | 3-20 | 0.6      | 22.2             | 5.1                            | 3.2                            | 63.8 | 1.4 | 1.6             | 0.5              | 0.0 | 46               | 29               | 8                | -                                                             | 10                | 3                 |  |

## 2.2 試験方法

表2に示すように、コンクリート配合

表2 コンクリート配合

は、スランブが $8.0 \pm 2.5 \text{ cm}$ になるように調整したものとした。エコセメントコンクリートは、60分の可使時間が確保できるように凝結遅延剤添加率を設定した。

蒸気養生条件として、前養生時間、最高

温度及びその保持時間は、図1に示すように変化させ、昇温及び降温速度はそれぞれ15及び5℃/hとした。蒸気養生後は20℃水中養生とした。試験項目として、スランブ、空気量、圧縮強度及び凍結融解試験を行った。なお、凍結融解試験については、空気量を5.0%に調整したものも追加した。凍結融解試験用供試体の蒸気養生条件は前養生20℃3時間、最高温度65℃で3時間とした。

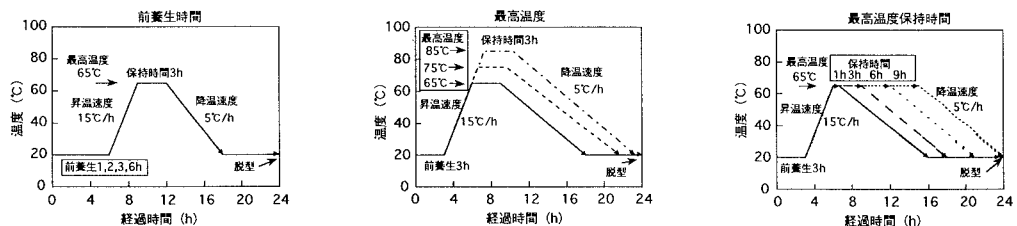


図1 蒸気養生条件

□：変化要因

キーワード：都市ゴミ焼却灰、蒸気養生、圧縮強度、凍結融解

連絡先：千葉県佐倉市大作2-4-2、TEL：043-498-3833、FAX：043-498-3834

### 3. 試験結果

図2に、スランブと経過時間の関係を示す。普通セメントコンクリートのスランブは、経過時間に伴い緩やかに低下する。一方、エコセメントコンクリートでは、60分後においても練混ぜ直後とほぼ同じである。

図3に、前養生時間と圧縮強度の関係を示す。普通セメントコンクリートの圧縮強度は、前養生時間の増加に伴い圧縮強度は増大し、材齢の経過に伴いその傾向は顕著になる。一方、エコセメントコンクリートでは、前養生3時間まではその時間が長くなるに従い、圧縮強度は増大する傾向にある。更に、前養生時間を長くしても圧縮強度は増大せず一定となり、材齢91日では、前養生時間による差異はなく、普通セメントコンクリートより1.1~1.4倍発現する。一般に、短い前養生時間で蒸気養生を行った場合には、表層と内部との温度勾配により、ひび割れが発生したり、組織の脆化の原因となる。エコセメントコンクリートの場合、普通セメントコンクリートよりも硬化時間が短く、強度発現が高いために前養生時間の影響は比較的小さいものと考えられる。

図4に、最高温度と圧縮強度の関係を示す。普通セメントコンクリートの圧縮強度は、最高温度が高くなるに従い材齢1日では増大するが、材齢7日以降は減少する。一方、エコセメントコンクリートでは、最高温度が高くなるに従い圧縮強度が増大し、材齢91日ではほぼ一定となる。

図5に、最高温度保持時間と圧縮強度の関係を示す。普通セメントコンクリートの圧縮強度は、材齢1日において最高温度保持時間の増加に伴い増大するが、材齢7日以降は、最高温度保持時間によらず、ほぼ同程度である。一方、エコセメントコンクリートでは、最高温度保持時間の増加による圧縮強度の影響は少ない。また、最高温度保持1時間のエコセメントコンクリートの圧縮強度は、最高温度保持9時間の普通セメントコンクリートのそれと比較して、材齢1日ではほぼ同等であり、材齢91日においては、 $10\text{N/mm}^2$ 程度大きい。つまり、エコセメントコンクリートは、普通セメントコンクリートよりも短い最高温度保持時間により所要強度が得られると共に、長期材齢において高強度が発現される。

図6には、210サイクルまでの凍結融解試験結果を示す。空気量2.0%の普通セメントコンクリートの相対動弾性係数は、90サイクルで60%を下回ったが、エコセメントコンクリートでは210サイクルでも80%程度である。空気量を5.0%に調整した場合、普通セメント及びエコセメントコンクリートのいずれも高い相対動弾性係数値を維持している。

### 4. まとめ

蒸気養生したエコセメントコンクリートは、普通セメントコンクリートと比較して、短い前養生時間、最高温度保持時間でも材齢1日から高い強度を発現し、最高温度が高くなるに従い強度は、良好に発現することが分かった。また、連行空気量の有無にかかわらず、凍結融解抵抗性が優れることから、寒冷地への適用が期待される。

参考文献 1) 小野義徳、大森啓至、田熊靖久、「都市ゴミ焼却灰から製造されるエコセメント」セメント・コンクリート、No.586, Dec, 1995, pp1~8

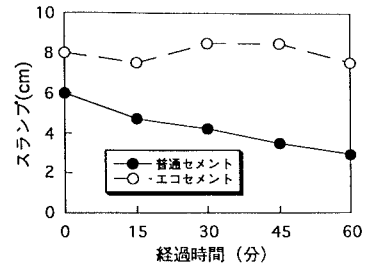


図2 スランブ経時変化

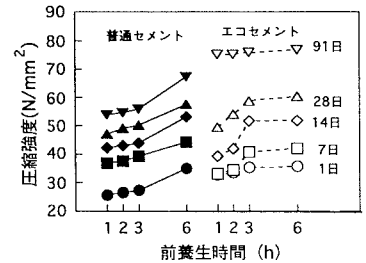


図3 前養生時間と圧縮強度

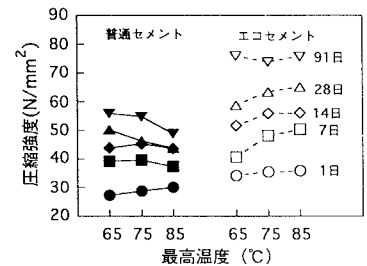


図4 最高温度と圧縮強度

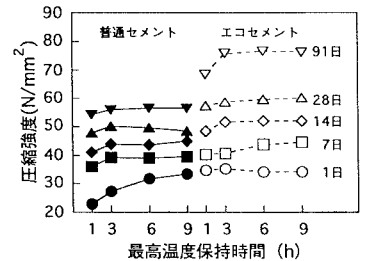


図5 最高温度保持時間と圧縮強度

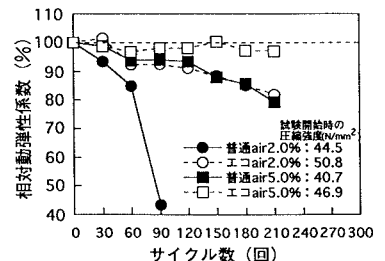


図6 凍結融解抵抗性