

## しらすおよび桜島火山灰のポゾラン反応性について

鹿児島大学工学部 学生員○中尾一樹  
同 上 正会員 武若耕司

## 1. まえがき

著者らはこれまでに、しらすを細骨材として使用したコンクリートが優れた耐硫酸塩性能、塩分浸透抑制性能およびアルカリ骨材反応抑制性能を有することを確認しており、これらの性能は、しらすの化学組成などから、しらすにポゾランと類似の性能があることによるものであると推測してきた。本研究では、このポゾラン反応性を実証することによってコンクリート材料としてのしらすの有効利用範囲を拡大させることを目的としている。さらに、しらすとともに鹿児島県内に多量に存在する桜島火山灰に関しても、コンクリート材料への有効利用の可能性を模索するため、そのポゾラン反応性について合わせて検討を行うことにした。本報告では、この一連の研究の基礎的検討結果について示す。

## 2. しらすの利用によるモルタルおよびコンクリートの耐久性改善効果の例

しらすを使用したモルタルおよびコンクリートの耐硫酸塩性能あるいはアルカリ骨材反応抑制効果については、昨年の研究発表会においても報告した。これらの実験はその後も継続して行っており、ここでは、現在までに新たに得られた結果を含めて取りまとめて示す。

図-1には、10%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  水溶液中に浸漬中のコンクリートの相対動弾性係数について約170週までの結果を示した。また、図-2には、同じ溶液中に半浸漬させたモルタル供試体の場合について約80週までの結果を示した。これらから、しらすの混入によって耐硫酸塩性能が著しく向上する状況を明確に確認でき、例えば、しらすを細骨材として使用した場合には少なくともW/C=50%以上において、川砂コンクリートの2倍以上の耐久性を有していることなどを予想できる。

図-3は、反応性粗骨材（ガラス質両輝石安山岩）を用いたコンクリートにおいて反応促進試験を実施し、膨脹量の測定を行った結果の一例である。この図から、細骨材として地山のしらすをそのまま使用したコンクリートでは明確な膨脹

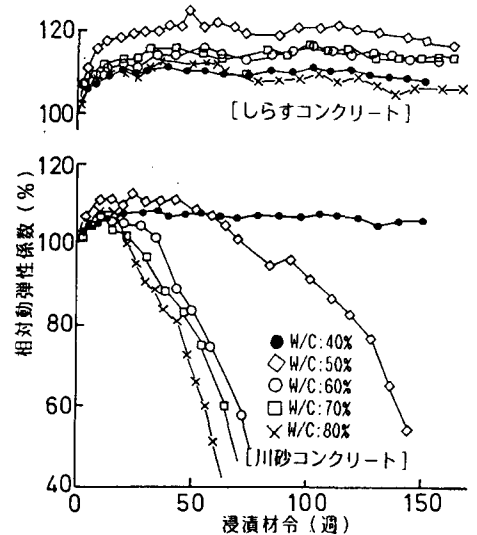


図-1 10% 硫酸ナトリウム水溶液中に浸漬されたコンクリートの相対動弾性係数の経時変化

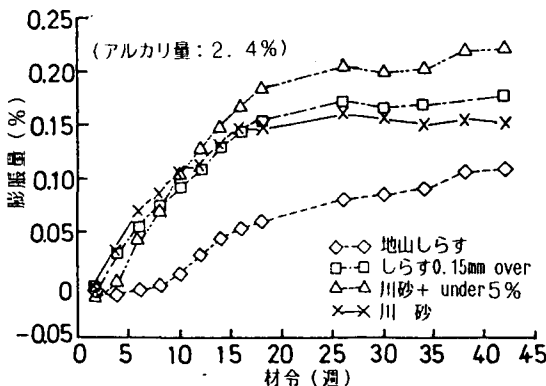


図-3 100%反応性粗骨材を含むコンクリートの膨脹量の経時変化 (温度: 40℃、湿度: 95%以上)

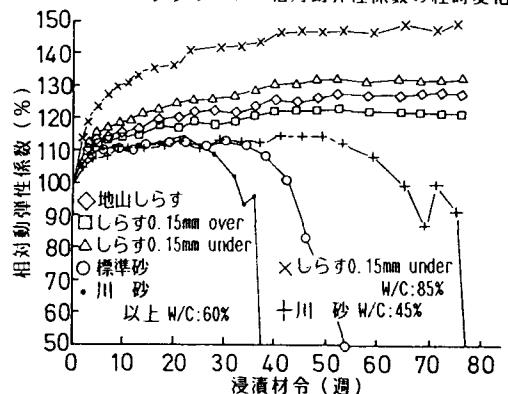


図-2 10% 硫酸ナトリウム水溶液中に浸漬されたモルタルの相対動弾性係数の経時変化

表-1 しらすおよび火山灰の化学組成および鉱物組成

| 種 類            | 化 学 組 成 |                  |                                |                                |      |      |                   |                  |                  | 鉱物組成  |    |     |
|----------------|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------|----|-----|
|                | ig. l.  | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | 火山ガラス | 石英 | 長石  |
| 鹿児島地山しらす       | 2.02    | 69.84            | 14.97                          | 2.59                           | 2.92 | 0.58 | 3.94              | 2.49             | 0.28             | ++++  | ++ | +++ |
| 同 0.15mm over  | 1.43    | 68.64            | 16.54                          | 2.65                           | 3.64 | 0.70 | 3.81              | 1.98             | 0.29             | ++++  | ++ | +++ |
| 同 0.15mm under | 2.96    | 71.70            | 13.36                          | 2.35                           | 1.61 | 0.70 | 3.53              | 3.35             | 0.28             | +++++ | +  | +   |
| 黒神採取火山灰        | 0.21    | 60.18            | 16.40                          | 8.17                           | 7.14 | 3.60 | 1.37              | 1.31             | 0.83             | ++++  |    |     |
| 垂水採取火山灰        | 0.27    | 59.05            | 16.48                          | 8.55                           | 7.18 | 3.99 | 1.55              | 1.31             | 0.84             | +++   |    |     |
| 鹿児島採取火山灰       | 0.28    | 60.18            | 16.38                          | 8.93                           | 7.42 | 4.42 | 1.53              | 1.23             | 0.82             | +++   |    |     |

抑止効果が認められた。しかし他方、しらす中に0.15mm以下の細粒分が存在しないものやその量が不足するものを使用した場合には、かえって膨脹量が增大する危険性もあることが確認された。

いずれにしても、しらすの混入によるこれら耐久性上の特異な傾向は、ボゾランを混入した場合と非常に類似したものである。

### 3. しらすおよび火山灰のボゾラン反応性に関する検討

1) 使用材料および実験概要：しらすおよび桜島火山灰の化学組成の測定結果を表-1に示す。しらすと火山灰では化学組成に若干の相違は見られるが、いずれも火山ガラスを多量に含む物質である。本検討では、しらすは鹿児島市内の地山から採取したものを、火山灰は桜島黒神地区の降灰後6ヶ月以内のものを使用した。また、これらの試料は、ボゾラン反応性を有効に発揮させる目的で微粉砕を行って用いることにした。微粉砕は、目標ブレン値を3000、5000および7000cm<sup>2</sup>/gの3水準に設定し、ボールミルにより行った。

反応性の検討は、取り敢えず強度の比較によって行うことにし、JISS R 5201 に準じたセメント強さ試験を実施した。なお、微粉砕試料はいずれもセメントの一部と見なし、セメントの5、10および30%を微粉試料で置換えた供試体を作製した。なお、セメントとしては普通ポルトランドセメント、細骨材としては豊浦標準砂を使用した。また、比較供試体として、セメントのみを結合材として使用したもの、および、セメントの一部として粒径0.15mm以下の未粉砕の火山灰を混入したものも作製した。

2) 実験結果および考察：図-4には、モルタルの圧縮強度と材令の関係について代表的な結果を示した。また表-2には、材令4週の場合において、微粉無混入に対する微粉混入供試体強度の比を示した。微粉混入の場合はいずれもについても未だ材令4週までの結果しか得られておらず、ボゾラン反応性を十分に評価するまでには至らないが、例えばこれらの結果から火山灰混入供試体についてみると、灰置換率が同じ場合には未粉砕のものよりも粉砕したものほど、また、より細粒な粉砕試料を使用したものほど強度は増大する傾向にあり、これらの物質におけるボゾラン反応性を示唆させる結果も現れている。なお、材令13週までの結果については発表会の当日報告する予定である。

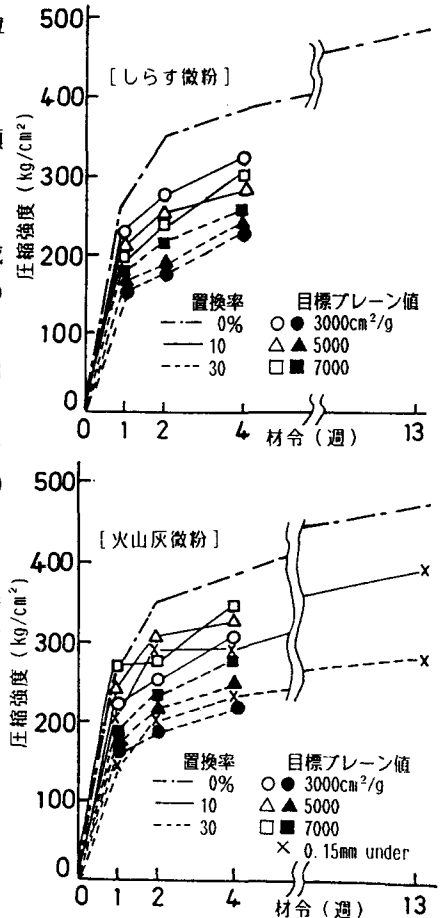


図-4 しらすおよび火山灰の微粉を含むモルタルの圧縮強度と材令の関係

表-2 微粉無混入の場合に対する微粉無混入供試体強度の比（材令：4週）

| 種 類         | ブレン値<br>(cm <sup>2</sup> /g)<br>その他 | 置 換 率 |      |      |      |      |      |
|-------------|-------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|
|             |                                     | 5%    |      | 10%  |      | 30%  |      |
|             |                                     | 圧縮    | 曲げ   | 圧縮   | 曲げ   | 圧縮   | 曲げ   |
| し<br>ら<br>す | 2970                                | 88.3  | 97.3 | 82.2 | 82.3 | 60.3 | 68.8 |
|             | 4870                                | 74.1  | 81.6 | 76.1 | 80.7 | 62.7 | 71.5 |
|             | 6810                                | 77.4  | 85.0 | 77.1 | 83.3 | 65.4 | 73.1 |
| 火<br>山<br>灰 | 2825                                | 87.7  | 92.5 | 68.7 | 82.8 | 57.4 | 64.0 |
|             | 4850                                | 91.1  | 93.6 | 83.4 | 85.0 | 63.5 | 73.7 |
|             | 6930                                | 90.5  | 90.3 | 88.6 | 86.0 | 71.1 | 75.8 |
|             | 0.15mm以下                            | —     | —    | 73.3 | 79.0 | 60.2 | 75.3 |