

廃棄物を用いたモルタルの諸特性に関する研究

名城大学大学院理工学研究科 学生会員 ○池山 佳宏  
名城大学理工学部建設システム工学科 正会員 飯坂 武男  
名城大学大学院理工学研究科 学生会員 安藤 邦広  
名城大学理工学部建設システム工学科 小山 宏人  
名城大学理工学部建設システム工学科 佐野 淳

1. 目的

近年我が国では、大量生産、大量消費等の社会構造から、廃棄物の発生を抑制して資源を有効に再利用する循環型社会の形成へと大きく変化している。しかし、このような環境下においても廃棄物量の増大から起こる最終処分場の逼迫等取り組まなければならない課題は山積みしている。本研究では、このような状況を鑑み、一般都市ゴミや家電製品から産出される廃棄物の有効利用を目的として、大量消費の観点からコンクリート材料への利用を考えた。そこで廃棄物を混和材料としてモルタルに混入した場合の諸特性を定量的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、2種類の廃棄物を使用した。  
一つは、テレビや冷蔵庫などの大型家電製品の廃棄物から再生資源として得られるシリカである。シリカは、球状の微粒子で、比表面積は類似品であるシリカフュームのおよそ1/10倍程度である。シリカは二酸化珪素(以後  $\text{SiO}_2$  と記す)を100%含み、シリカフュームは85%程度である。

一つは、都市ゴミを高温度で焼却し急冷させてできた熔融スラグ<sup>1)</sup>である。熔融スラグは、ロッドミル等で微粉碎して比表面積を $4000\text{cm}^2/\text{g}$ 、 $8000\text{cm}^2/\text{g}$ (以後 MSP4000, MSP8000 と記す)にした。使用した材料の物性を表-1に示す。

2.2 試験方法

これまでの研究<sup>2)</sup>により30%以上の置換は、事実上使用不可能であることが知られているため、置換率をそれぞれ0%~20%まで5%間隔で変化させた。本実験では、JIS R 5201に規定されているセメントの凝結試験、JSCE-F 522に規定されているフレッシュモルタルのブリーディング率試験および硬化モルタルの圧縮強度試験を行った。ブリーディング率試験では、モルタル注入後24時間経過時のブリーディング残留量を計測した。また、圧縮強度試験で使用する供試体は、 $4\text{cm} \times 4\text{cm} \times 16\text{cm}$ の直方体供試体として、一つは、JIS R 5201に規定されている古い方法に従い、混和材料にシリカ、細骨材に豊浦標準砂を用いた。一つは、混和材料にシリカおよび熔融スラグ、細骨材に三重県内町屋川産砂および混和剤に高性能 AE 減水剤を用い、材齢7日および91日後、 $50\mu/\text{sec}$ の軸ひずみ一定速度により載荷した。ブリーディング率試験で使用した配合を表-2に、また、圧縮強度試験で使用した配合を表-3および表-4にそれぞれ示す。

3. 実験結果および考察

3.1 凝結試験

表-1 使用材料の物性

| 種類                     | 密度<br>( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) | 比表面積<br>( $\text{cm}^2/\text{g}$ ) |
|------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 普通ポルトランドセメント (O)       | 3.16                             | 3450                               |
| 熔融スラグ (MSP4000)        | 2.7                              | 4000                               |
| 熔融スラグ (MSP8000)        | 2.7                              | 8000                               |
| シリカ ( $\text{SiO}_2$ ) | 2.25                             | 5900                               |
| シリカフューム (SF)           | 2.25                             | 10000以上                            |

表-2 ブリーディング率試験配合

| 水結合材比 (%) | 置換率 (%) | 単位量<br>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |     |                |     | 混和剤<br>( $\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|-----------|---------|-----------------------------------|-----|----------------|-----|----------------------------------|
|           |         | W                                 | C   | $\text{SiO}_2$ | S   |                                  |
| 50        | 0       | 401                               | 802 | 0              | 904 | 4.0                              |
|           | 5       | 401                               | 773 | 29             | 895 | 3.9                              |
|           | 10      | 401                               | 745 | 57             | 885 | 3.7                              |
|           | 15      | 401                               | 716 | 86             | 876 | 3.6                              |
|           | 20      | 401                               | 688 | 114            | 866 | 3.4                              |
| 水結合材比 (%) | 置換率 (%) | 単位量<br>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |     |                |     | 混和剤<br>( $\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|           |         | W                                 | C   | MSP            | S   |                                  |
| 50        | 0       | 401                               | 802 | 0              | 904 | 4.0                              |
|           | 5       | 401                               | 768 | 34             | 900 | 3.8                              |
|           | 10      | 401                               | 733 | 69             | 895 | 3.7                              |
|           | 15      | 401                               | 699 | 103            | 890 | 3.5                              |
|           | 20      | 401                               | 665 | 137            | 885 | 3.3                              |

表-3 JISに従事した圧縮試験配合

| 置換率 (%) | W (g) | C (g) | Silica (g) | S (g) |
|---------|-------|-------|------------|-------|
| 0       | 338   | 520   | 0          | 1040  |
| 5       | 338   | 494   | 26         | 1040  |
| 10      | 338   | 468   | 52         | 1040  |
| 15      | 338   | 442   | 78         | 1040  |
| 20      | 338   | 416   | 104        | 1040  |

表-4 圧縮強度試験配合

| 水結合材比 (%) | 置換率 (%) | 単位量<br>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |     |        |      | 混和剤<br>( $\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|-----------|---------|-----------------------------------|-----|--------|------|----------------------------------|
|           |         | W                                 | C   | Silica | S    |                                  |
| 45        | 0       | 262                               | 582 | 0      | 1451 | 2.9                              |
|           | 5       | 262                               | 561 | 21     | 1444 | 2.8                              |
|           | 10      | 262                               | 541 | 41     | 1437 | 2.7                              |
|           | 15      | 262                               | 520 | 62     | 1430 | 2.6                              |
|           | 20      | 262                               | 499 | 83     | 1423 | 2.5                              |
| 水結合材比 (%) | 置換率 (%) | 単位量<br>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) |     |        |      | 混和剤<br>( $\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|           |         | W                                 | C   | MSP    | S    |                                  |
| 45        | 0       | 262                               | 582 | 0      | 1451 | 2.9                              |
|           | 5       | 262                               | 557 | 25     | 1442 | 2.8                              |
|           | 10      | 262                               | 532 | 50     | 1434 | 2.7                              |
|           | 15      | 262                               | 508 | 75     | 1426 | 2.5                              |
|           | 20      | 262                               | 483 | 99     | 1417 | 2.4                              |

凝結試験結果を表-5に示す。シリカの置換率増加に伴い、標準軟度を得るために必要となる水量に変化は見られなかった。しかし、始発時間、終結時間ともにプレーンよりも短時間で終了したことが確認された。一方、MSPに関しては、置換率の増加に伴い標準軟度を得るために必要となる水量が減少しているが、始発時間、終結時間ともにプレーンよりも長時間費やす結果を得た。また、MSP8000とMSP4000では、MSP4000のほうが遅延する時間は長くなっている。

### 3.2 ブリーディング率試験

ブリーディング率試験結果を図-1に示す。シリカを10%程度置換することによりほぼブリーディングは、なくなることが分かる。一方MSPを置換することにより、ブリーディング率は増大している。また、MSP8000とMSP4000では、同置換率においてMSP4000のほうがブリーディング率は大きくなった。

このことより、凝結試験結果およびブリーディング率試験結果より、シリカは水との吸着が大きく、置換率の増加に伴い粘性が増し、MSPはガラス質のため水との吸着が小さく、置換率の増加に伴い流動性が増すことが実観された。

### 3.3 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図-2および図-3に示す。図-2から、シリカを20%未満混入することにより、強度はプレーンよりも増大していることがわかる。しかし、図-3では長期強度において微小な強度増加を示したものの、ほぼプレーンと同等の強度となった。これは、配合が異なることから、単位セメント量の影響が関係していると思われる。シリカは潜在水硬性を有しており、水和によって発生した水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とポゾラン反応を生じ、生成した水酸化カルシウム量の差が強度発現に影響すると考えられるが、材齢7日においても強度増進が確認された。また、MSPの比表面積が大きなモルタルは、強度および弾性係数の低下率は小さい。よって両廃棄物とも強度低下を小さくするためには、さらに微粉碎することが有効的と考えられる。

### 4. 結論

一般家庭廃棄物を混和材料として再利用する研究を行った結果、以下の結論が得られた。

1. シリカを混和したモルタルは、流動性が失われることにより凝結時間の短縮およびブリーディング率の低下を生ずる。
2. MSPを混和したモルタルは、粘性が失われることにより凝結時間の遅延およびブリーディング率の増大を生ずる。
3. 単位セメント量を増やすことにより、シリカを混和したモルタルの強度は、さらに増すと考えられる。
4. 廃棄物をさらに微粉碎することにより強度の低下率が小さくなる。

#### 【参考文献】

- 1) 川崎裕史：溶融スラグの建設材料への利用に関する研究，名城大学大学院修士学位論文，2004
- 2) 池山佳宏：廃棄物利用に関する基礎研究，第60回土木学会全国大会講演概要集，2005

表-5 凝結試験結果

| Silica  |        |      |      |
|---------|--------|------|------|
| 置換率 (%) | 水量 (%) | 始発   | 終結   |
| (h-m)   |        |      |      |
| 0       | 28.5   | 2-21 | 4-14 |
| 5       | 28.5   | 2-06 | 3-38 |
| 10      | 28.5   | 1-35 | 3-37 |
| 15      | 28.5   | 1-22 | 3-21 |
| 20      | 28.5   | 0-55 | 3-12 |
| MSP8000 |        |      |      |
| 置換率 (%) | 水量 (%) | 始発   | 終結   |
| (h-m)   |        |      |      |
| 0       | 28.5   | 2-21 | 4-14 |
| 5       | 28.5   | 2-42 | 4-37 |
| 10      | 28.5   | 3-08 | 4-49 |
| 15      | 27.5   | 3-20 | 4-58 |
| 20      | 27.5   | 3-38 | 5-08 |
| MSP4000 |        |      |      |
| 置換率 (%) | 水量 (%) | 始発   | 終結   |
| (h-m)   |        |      |      |
| 0       | 28.5   | 2-21 | 4-14 |
| 5       | 28.5   | 2-40 | 4-57 |
| 10      | 28.5   | 2-44 | 5-00 |
| 15      | 27.5   | 2-49 | 5-06 |
| 20      | 27.5   | 2-54 | 5-19 |

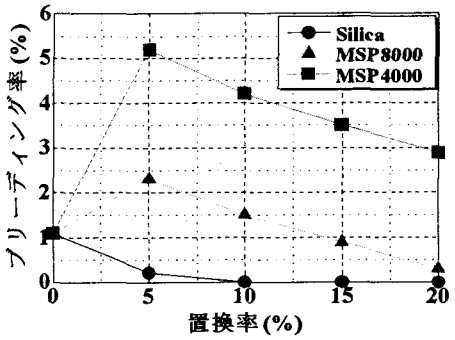


図-1 ブリーディング率試験結果

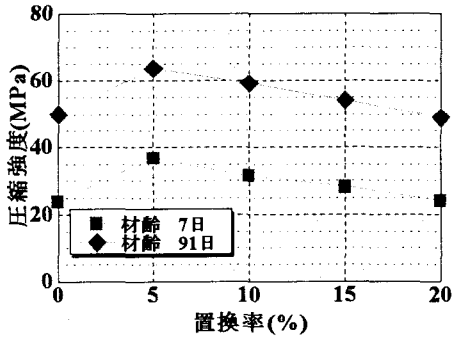


図-2 シリカを置換したモルタルの圧縮強度変化

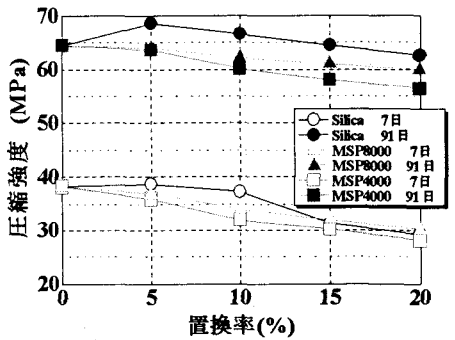


図-3 水結合材比45%における圧縮強度変化