

# コンクリートスラッジを有効利用した再生混和材に関する研究 (その2: 混和剤を使用したモルタルの圧縮強さ特性から検討した再生混和材の適用性)

準会員 ○ 村瀬 磨鈴\*1 正会員 犬飼 利嗣\*3  
準会員 加藤 貴大\*2

スラッジ フライアッシュ 添加材  
混和材 混和剤 圧縮強さ

## 1. はじめに

犬飼らは、スラッジを実用的に有効利用する試みの一つとして、スラッジと微粉碎したフライアッシュ(以下、F7という)を添加材とした再生混和材について検討している。その結果、模擬スラッジの添加量が増大しても圧縮強さに大きな変化はみられないことを報告<sup>1)</sup>している。しかし、この実験結果はプレーンモルタルによるもので、再生混和材として一般的に実用化をするにあたっては、混和剤の粉体粒子分散作用による圧縮強さの増大効果を考慮する必要があることを指摘<sup>2)</sup>している。

そこで本報では、混和剤を使用したモルタルの圧縮強さ特性から、模擬スラッジとF7を添加材とした再生混和材の適用性について検討した。

## 2. 模擬スラッジの製作

模擬スラッジは、水セメント比55%のセメントペーストを練混ぜ、2時間後にスラッジ水の濃度が15%になるよう注水した。その後、96時間攪拌して脱水し、160℃の攪拌乾燥を経て製作した。

## 3. 混和剤が圧縮強さに及ぼす影響(実験1)

### 3.1 実験要因

実験要因は、混和剤の有無とF7に対する模擬スラッ

表-1 モルタルの使用材料(実験1, 2)

| 材料名  | 種類                  | 記号  |
|------|---------------------|-----|
| セメント | 普通ポルトランドセメント        | C   |
| 細骨材  | 標準砂                 | S   |
| 添加材  | フライアッシュ II 種微粉碎7000 | F7  |
|      | 模擬スラッジ              | S1u |
| 混和剤  | AE減水剤標準形 I 種        | AD  |
|      | 高性能AE減水剤標準形 I 種     | SP  |
| 添加剤  | NaOH                | Na  |
| 水    | 上水道水                | W   |

表-2 モルタルの調合(実験1)

| No. | S1u<br>(F7×%) | FL             | Air<br>(%)    | W/CF <sup>1)</sup><br>(%) | W/B <sup>2)</sup><br>(%) | S/B  | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      |                  |
|-----|---------------|----------------|---------------|---------------------------|--------------------------|------|-------------------------|-----|-----|-----|------|------------------|
|     |               |                |               |                           |                          |      | C                       | W   | F7  | S1u | S    | AD <sup>3)</sup> |
| 1   | 0             | 190<br>±<br>20 | 3<br>±<br>1.5 | 50                        | 50.0                     | 3.00 | 369                     | 246 | 123 | -   | 1475 | -                |
| 2   |               |                |               |                           | 50.1                     | 3.49 | 337                     | 225 | 112 | -   | 1567 | 4.5              |
| 3   | 5             |                |               |                           | 49.4                     | 3.30 | 368                     | 245 | 122 | 6   | 1472 | -                |
| 4   |               |                |               |                           | 49.4                     | 3.45 | 335                     | 225 | 114 | -   | 1570 | 4.6              |
| 5   | 10            |                |               |                           | 48.9                     | 3.37 | 367                     | 245 | 122 | -   | 1469 | -                |
| 6   |               |                |               |                           | 48.8                     | 3.23 | 343                     | 231 | 118 | 12  | 1528 | 4.7              |
| 7   | 15            |                |               |                           | 48.1                     | 3.45 | 367                     | 244 | 122 | -   | 1466 | -                |
| 8   |               |                |               |                           | 48.2                     | 3.16 | 343                     | 232 | 120 | 18  | 1520 | 4.8              |
| 9   | 20            |                |               |                           | 47.6                     | 3.23 | 366                     | 244 | 122 | -   | 1463 | -                |
| 10  |               |                |               |                           | 47.5                     | 2.97 | 351                     | 238 | 125 | 25  | 1488 | 5.0              |

1) W/CF: W/(C+F7)

2) W/B: W/(C+F7+S1u)

3) ADはWに含む

ジの添加量(F7の外割で、0, 5, 10, 15, 20%)とした。また、F7の置換率は全粉体量の内割で25%とし、添加剤NaOHは0.1mol/Lの濃度として練混ぜ水に溶解して添加した。

### 3.2 モルタルの使用材料および調合

表-1にモルタルの使用材料を、表-2にモルタルの調合を示す。W/CFは一律50%とし、単位混和剤量は全粉体量の1%とした。単位水量は、フロー値が190±20となるよう予備実験で決定した。

### 3.3 実験方法

実験方法は、JIS A 6201 付属書2「フライアッシュのモルタルによるフロー値比および活性度指数の試験方法」に準じ、再生混和材による活性度の改善効果は、材齢28日圧縮強さとプレーンモルタル供試体の圧縮強さを基準とした圧縮強さの増加率で評価した。

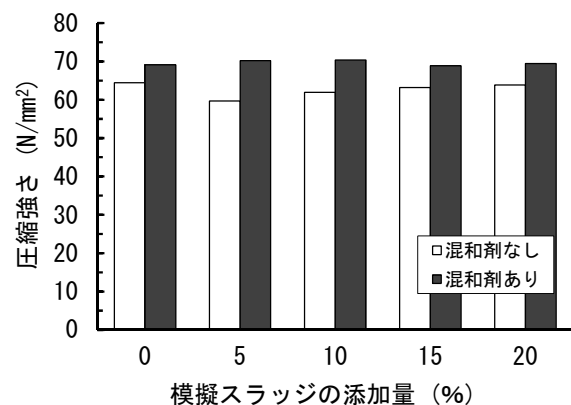


図-1 混和剤が圧縮強さに及ぼす影響(実験1)

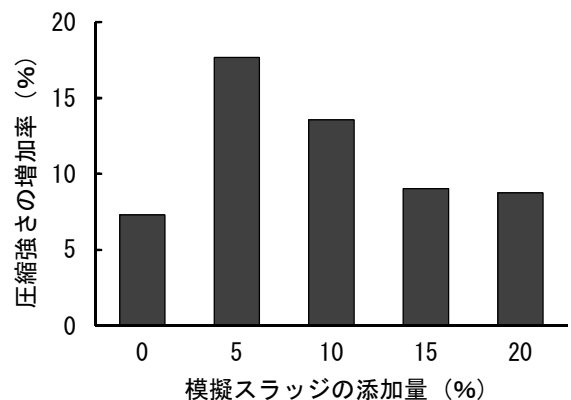


図-2 混和剤による活性度の改善効果(実験1)

Study on Reproduction Admixture Effective Used Concrete Sludge

(Part 2: Applicability of Recycled Admixture Based on Compressive Strength Characteristics of Mortar Using Chemical Admixture)

MURASE Marin, KATO Takahiro and INUKAI Toshitsugu

表-3 モルタルの調合(実験2)

| No. | Slu<br>(F7×%) | FL             | Air<br>(%)    | W/CF <sup>1)</sup><br>(%) | W/B <sup>2)</sup><br>(%) | S/B  | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      |                     |
|-----|---------------|----------------|---------------|---------------------------|--------------------------|------|--------------------------|-----|-----|-----|------|---------------------|
|     |               |                |               |                           |                          |      | C                        | W   | F7  | Slu | S    | AD・SP <sup>3)</sup> |
| 1   | 0             | 190<br>±<br>20 | 3<br>±<br>1.5 | 50                        | 50.0                     | 3.30 | 469                      | 235 | -   | -   | 1548 | 4.7                 |
| 2   | 5             |                |               |                           | 50.1                     | 3.49 | 337                      | 225 | 112 | -   | 1267 | 4.5                 |
| 3   | 5             |                |               |                           | 49.4                     | 3.45 | 335                      | 225 | 114 | 6   | 1570 | 4.6                 |
| 4   | 10            |                |               |                           | 48.8                     | 3.23 | 343                      | 231 | 118 | 12  | 1528 | 4.7                 |
| 5   | 15            |                |               |                           | 48.2                     | 3.16 | 343                      | 232 | 120 | 18  | 1520 | 4.8                 |
| 6   | 20            |                |               |                           | 47.5                     | 2.97 | 351                      | 238 | 125 | 25  | 1488 | 5.0                 |
| 7   | 25            |                |               |                           | 46.9                     | 2.98 | 345                      | 235 | 125 | 31  | 1493 | 5.0                 |
| 8   | 30            |                |               |                           | 46.3                     | 3.04 | 336                      | 230 | 124 | 37  | 1511 | 5.0                 |
| 9   | 35            |                |               |                           | 45.7                     | 2.97 | 335                      | 231 | 126 | 44  | 1500 | 5.1                 |
| 10  | 40            |                |               |                           | 45.0                     | 2.69 | 349                      | 242 | 134 | 54  | 1445 | 5.4                 |
| 11  | 45            |                |               |                           | 44.4                     | 2.69 | 344                      | 240 | 135 | 61  | 1453 | 5.4                 |
| 12  | 50            |                |               |                           | 43.8                     | 2.59 | 345                      | 242 | 138 | 69  | 1430 | 5.5                 |
| 13  | 55            |                |               |                           | 43.1                     | 2.51 | 346                      | 244 | 141 | 78  | 1418 | 5.7                 |
| 14  | 60            |                |               |                           | 42.5                     | 2.42 | 347                      | 246 | 145 | 87  | 1401 | 5.8                 |
| 15  | 65            |                |               |                           | 41.9                     | 2.27 | 353                      | 252 | 150 | 98  | 1364 | 6.0                 |
| 16  | 70            |                |               |                           | 41.3                     | 2.17 | 355                      | 255 | 154 | 108 | 1339 | 6.2                 |
| 17  | 75            |                |               |                           | 40.7                     | 2.08 | 356                      | 258 | 158 | 119 | 1317 | 6.3                 |
| 18  | 80            |                |               |                           | 40.0                     | 1.98 | 359                      | 261 | 163 | 130 | 1291 | 6.5                 |
| 19  | 85            |                |               |                           | 39.5                     | 1.96 | 354                      | 260 | 165 | 140 | 1292 | 6.6                 |
| 20  | 90            |                |               |                           | 38.8                     | 1.89 | 354                      | 262 | 169 | 152 | 1276 | 6.1                 |
| 21  | 95            |                |               |                           | 38.2                     | 1.80 | 355                      | 264 | 173 | 164 | 1246 | 6.6                 |
| 22  | 100           |                |               |                           | 37.5                     | 1.74 | 354                      | 266 | 177 | 177 | 1232 | 7.1                 |

1) W/CF : W/(C+F7)  
 2) W/B : W/(C+F7+Slu)  
 3) No. 1~18はADをNo. 19~22はSPを用いたWを含む

### 3.4 実験結果および考察

図-1に、混和剤がモルタルの圧縮強さに及ぼす影響について示す。図から分かるように、混和剤を使用したモルタルの圧縮強さは模擬スラッジの添加量に関わらず一様で、いずれもプレーンモルタルの圧縮強さを上回っており、粉体粒子の分散作用による圧縮強さの増大効果がみられる。その活性度の改善効果は、図-2に示したように模擬スラッジの添加量が増大するにつれ減少する傾向にあるものの、添加量が0%の供試体と比較するといずれも圧縮強さの増加率が大きくなっている。したがって、混和剤を使用した場合には、F7に加え模擬スラッジを添加すると、活性度が改善される可能性があると考えられる。

このように、模擬スラッジとF7を添加材とした再生混和材は、混和剤を使用することで良好な活性度を得る可能性がある。

## 4. 模擬スラッジの添加量が圧縮強さに及ぼす影響(実験2)

### 4.1 実験要因

実験要因は、F7に対する模擬スラッジの添加量とし、F7の外割で5~100%まで5%単位の添加率とした。その他の実験条件は、実験1と同様とした。

### 4.2 モルタルの使用材料および調合

表-3に、モルタルの調合を示す。モルタルの使用材料と調合設計条件は、実験1と同様とした。ただし、W/Bの小さい調合No. 19~22は、SPを適量使用した。

### 4.3 実験方法

実験方法は、実験1と同様にした。

### 4.4 実験結果および考察

図-3に、模擬スラッジの添加量が圧縮強さに及ぼす影響について示す。図から分かるように、圧縮強さは、模擬スラッジの添加量が40%まで緩やかに上昇し、

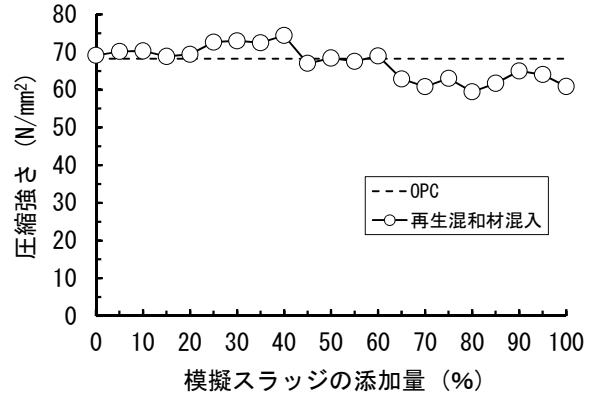


図-3 模擬スラッジが圧縮強さに及ぼす影響(実験2)

45%以上になると相反して緩やかに減少する傾向にある。また、模擬スラッジの添加量が5~60%の範囲では、模擬スラッジの添加のないOPCと同等以上の値を示しており、模擬スラッジによるF7の活性度の改善効果とW/Bの減少による圧縮強さの増大効果がみられる。しかし、模擬スラッジの添加量が65%以上になると、いずれもOPCの値を下回り圧縮強さの増大効果はみられない。このような傾向には調合設計条件による影響がみられ、模擬スラッジの添加量が増加するとW/Bは小さくなるがW/Cは相反して大きくなるのが起因していると考えられる。したがって、F7と模擬スラッジを添加材とした再生混和材は、セメントの代替材とはならないものの、混和剤を使用した場合でも結合材の一つになり得る可能性があると考えられる。

このように、混和剤を使用した場合でも、スラッジとF7を添加材とすることは、結合材となる再生混和材の一つになり得る可能性がある。

## 5. まとめ

実験結果から、以下の知見を得た。

- 1) 模擬スラッジとF7を添加材とした再生混和材は、混和剤を使用することで良好な活性度が得られる。
- 2) 模擬スラッジの添加量が5~60%の範囲では、模擬スラッジの添加のないOPCと同等以上の圧縮強さを示す。
- 3) スラッジとF7を添加材とすることは、結合材となる再生混和材の一つになり得る可能性がある。

### 【参考文献】

- 1) 佐藤亮輔, 犬飼利嗣, 服部宏己: コンクリートスラッジを有効利用した再生混和材に関する研究(その1: 模擬スラッジとフライアッシュ微粉末を添加材としたモルタルの圧縮強さ特性), 日本建築学会大会(北海道)学術講演梗概集, A-1, pp. 179-180, 2013. 8
- 2) 犬飼利嗣, 小沼高士, 市川敬悟, 小林竜平, 齊藤和秀: 活性度を改善したフライアッシュを用いたコンクリートの圧縮強度特性と耐久性, 第57回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, pp. 77-78, 2013. 11

\*1 株式会社大林組名古屋支店

\*2 関西電力株式会社

\*3 岐阜工業高等専門学校建築学科 教授・博士(工学)

\*1 Nagoya Branch, OBAYASHI CORPORATION

\*2 The Kansai Electric Power Co., Inc.

\*3 Prof., Dept. of Arch., Gifu National College of Technology, Dr. Eng.