

# 廃鉄粉のコンクリート材料への有効利用に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生会員 ○玉滝浩司

山口大学工学部 正会員 松尾栄治

山口大学工学部 正会員 濱田純夫

## 1. はじめに

近年、種々の産業廃棄物を土木建設材料へ有効利用する研究が盛んに行われている。廃棄物には粉体系のものも多く、中でもフライアッシュや高炉スラグ、シリカヒュームなどはコンクリートの品質向上に有効である。そのため、これらは建設副産物さらには混和材としての地位を確固たるものにしているが、まだ他にも粉体系の廃棄物は数多く存在している。本研究では鋼構造物の錆落としの吹付け作業に使用される廃鉄粉（通称ショットカス）を対象とし、重量コンクリート用の結合材あるいは細骨材代替としての可能性を検討した。すなわち、廃鉄粉混入モルタルの強度性状と促進中性化試験による耐久性評価を行った。

## 2. 実験方法

### 2-1 検討項目

セメントの強さ試験の配合を基準とし、まずセメントを廃鉄粉に体積置換することで結合材としての検討を行った。次に、基準配合の細骨材部分を廃鉄粉に体積置換することで混和材としての検討を行った。

### 2-2 使用材料

細骨材代替の検討の際には早強ポルトランドセメントを、その他の検討項目では普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材は JIS 標準砂を使用した。表-1 に廃鉄粉の物性を示す。廃鉄粉は鍛造の際に発生する酸化被膜にスチールボールをぶつけて剥がした、酸化被膜とスチールボールの混合体であり、極めて微細な粒子である。

### 2-2 配合

結合材代替としての検討では、基本配合は JIS R 5201 の配合とし、廃鉄粉をセメントの内割りで 0～40%まで体積置換した。細骨材代替として、①W/C 一定、②フロー値一定の 2 項目について検討した。すなわち、①は廃鉄粉の置換率を 0～100%とし、各置換率での W/C を 50%一定とした。また②については置換率を 0～100%とし、各置換率でのフロー値が 200mm となるように単位水量を調整した。②の配合を表-2 (A) に示す。

促進中性化試験用配合を表-2 (B) に示す。廃鉄粉の置換率、W/C を配合要因とし、中性化速度および強度への影響を検討したものである。

### 2-3 強度試験方法および促進中性化試験方法

強度試験はセメントの強さ試験に準じて行った。促進中性化試験は、28 日間の養生後、温度 30℃、湿度 60%、CO<sub>2</sub> 濃度 5%とした試験装置に設置した。中性化深さは、曲げ試験後の断面にフェノールフタレインの 1%エタノール溶液を塗布し、未着色部分を電子ノギスで測定した。

表-1 廃鉄粉の主成分ならびに密度

|                         |           |      |
|-------------------------|-----------|------|
| 主成分 (%)                 | 鉄 (Fe)    | >96  |
|                         | 炭素 (C)    | ≤1.2 |
|                         | マンガン (Mn) | ≤1.3 |
|                         | けい素 (Si)  | ≤1.4 |
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | データ       | 7.6  |
|                         | 実験値       | 5.61 |

表-2 配合表

|                           | 細骨材体積置換率 (%) | C (g) | Fe (g) | S (g) | W (g) | W/C (%) | 理論密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|--------------|-------|--------|-------|-------|---------|---------------------------|
| A                         | 0            | 450   | 0      | 1350  | 226   | 50      | 2.28                      |
|                           | 20           | 450   | 602    | 1080  | 279   | 62      | 2.56                      |
|                           | 40           | 450   | 1205   | 810   | 321   | 71      | 2.83                      |
|                           | 60           | 450   | 1807   | 540   | 368   | 82      | 3.07                      |
|                           | 80           | 450   | 2409   | 270   | 429   | 95      | 3.26                      |
|                           | 100          | 450   | 3012   | 0     | 483   | 107     | 3.20                      |
| B                         | 0            | 450   | 0      | 1350  | 225   | 50      | 2.28                      |
|                           | 20           | 450   | 576    | 1080  | 225   | 50      | 2.63                      |
|                           | 40           | 450   | 1153   | 810   | 225   | 50      | 2.97                      |
|                           | 20           | 450   | 576    | 1080  | 315   | 70      | 2.48                      |
|                           | 40           | 450   | 1153   | 810   | 315   | 70      | 2.79                      |
|                           | 60           | 450   | 1729   | 540   | 315   | 70      | 3.11                      |
|                           | 40           | 450   | 1153   | 810   | 405   | 90      | 2.64                      |
|                           | 60           | 450   | 1729   | 540   | 405   | 90      | 2.93                      |
|                           | 80           | 450   | 2305   | 270   | 405   | 90      | 3.21                      |
|                           | 60           | 450   | 1729   | 540   | 495   | 110     | 2.78                      |
|                           | 80           | 450   | 2305   | 270   | 495   | 110     | 3.04                      |
|                           | 100          | 450   | 2882   | 0     | 495   | 110     | 3.31                      |
| A：細骨材代替（フロー値一定） B：中性化促進試験 |              |       |        |       |       |         |                           |

### 3. 実験結果および考察

#### 3-1 結合材代替としての検討結果

結合材代替とした場合の強度は置換率に伴って低下し、廃鉄粉が結合材としての性能を有していないことを確認した。

#### 3-2 細骨材代替としての検討結果

図-1 に W/C 一定での細骨材置換率と圧縮強度の関係を示す。廃鉄粉の置換率の増加に伴う強度変化は見られない。またフロー値一定で細骨材に廃鉄粉を置換した場合の強度は、表-2 に示すように W/C が極めて大きくなるために置換率の増加に伴って強度は低下した。図-2 に細骨材置換率と密度の関係を示す。置換率の増加に伴ってモルタルの密度は増加し、100%置換の場合においては約  $3.60\text{g/cm}^3$  の密度が得られており、重量コンクリートとして適用できる可能性がある。

#### 3-3 促進中性化試験結果

図-3 に細骨材置換率と中性化深さ「(促進期間 35 日) - (促進期間 7 日)」の関係を示す。図より W/C が大きくなると中性化深さも大きくなる傾向を示している。置換率と中性化速度との関係には明瞭な傾向は確認できなかった。

図-4 に細骨材体積置換率と曲げ強度の差すなわち「(促進期間 35 日強度) - (促進期間 7 日強度)」の関係を示す。図より置換率、W/C の増加に伴って曲げ強度は促進期間を重ねると大きく増加している。これは炭酸化合収縮による応力状態が中性化初期と後期で異なり、さらに中性化に伴う剛性の向上が働いたものと推察できる。圧縮強度に関しては、中性化による微細組織の緻密化によって強度が増加するという報告もあるが、本研究では促進期間に伴って若干の強度増進が確認された。

### 4. 結論

- ① 廃鉄粉は結合材としての性能を有しない。
- ② 細骨材代替において密度は最大で  $3.60\text{g/cm}^3$  が得られた。
- ③ 中性化した廃鉄粉混入モルタルの曲げ強度は炭酸化合収縮、微細組織の緻密化によって大きく増加する。

#### 【謝辞】

廃鉄粉を提供して頂いた(株)明治製作所の福澤正夫様、促進中性化試験の実施に際してご協力を頂いた中国電力(株)技術研究センター、土木・構築担当の皆様にご感謝の意を表します。

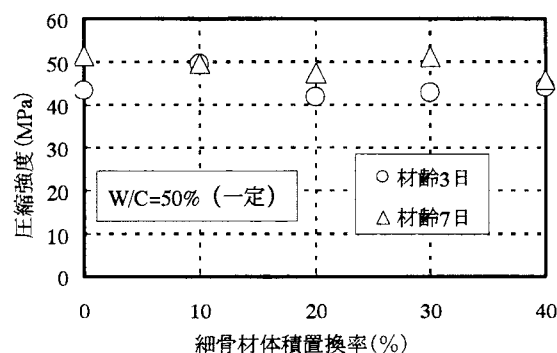


図-1 細骨材体積置換率と圧縮強度の関係

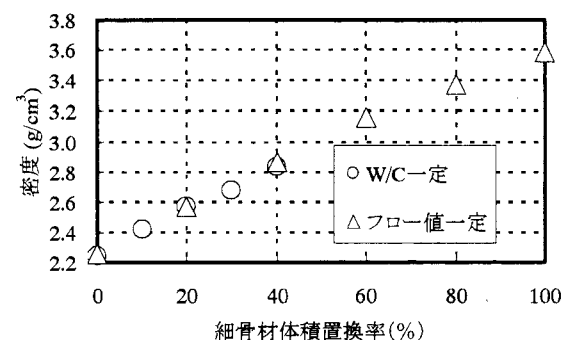


図-2 細骨材体積置換率と密度の関係

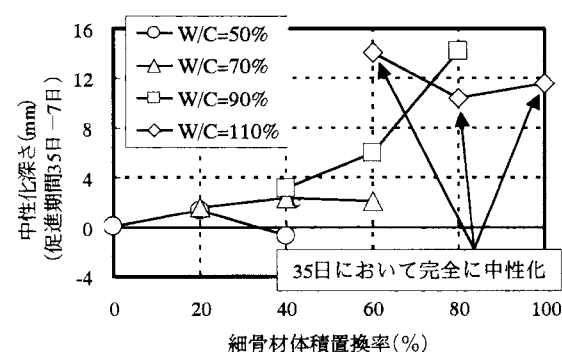


図-3 置換率と中性化深さ増加量の関係

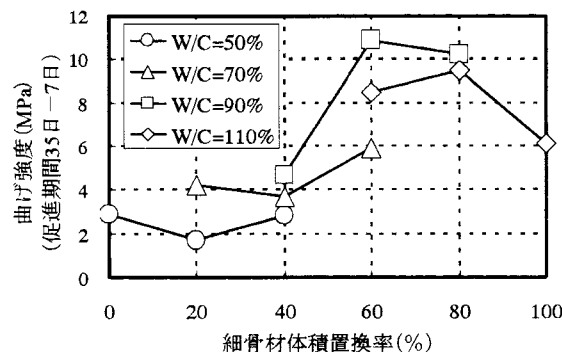


図-4 置換率と曲げ強度増加量の関係