

## 海水掛け流し試験による未焼成貝殻碎粉を配合した フライアッシュ固化物の材料物性評価

(一財)電力中央研究所 正会員 ○日恵井 佳子

正会員 今村正裕

非会員 小林卓也

非会員 本多正樹

### 1. 目的

石炭火力発電所から発生する石炭灰は、約 930 万トン(平成 27 年度実績<sup>[1]</sup>)に達し、灰処分場も逼迫していることから、大量利用に繋がる土木用途での利用量拡大が期待されている。当所では、消波ブロックのような港湾土木資材として石炭灰を活用することを目的に、フライアッシュ(FA)、未焼成の貝殻碎粉を配合したセメント不使用の石炭灰混合材料(FA-Shell Block:FSB)の開発を進めており、球状の微粉体である FA とチョーク構造より扁平に微粉碎される貝殻においては、最適な貝殻の粒子径と配合量を選定すれば優れた強度が得られることを示している<sup>[2]</sup>。また、材齢 28 日において重金属の溶出は基準値以下であり、流れのない人工海水下で pH が投入当初から安定していることを確認している。しかしながら、海域での利用にあたってはミネラルの多い海水やその流れによる材料物性の変化が懸念される。そこで本研究では、FSB を実海水下にさらし、材料物性への影響について検討を実施した。

### 2. 実験

#### (1) 原料

表-1 に試験に用いた FA 原粉の性状と物性を示す。FA の硬化に重要な Ca 源としては、FA 中の Ca のほかに、ホタテ貝殻(以下、貝殻)、消石灰(CH)、二水石膏(CS)、を用いた。漁業系廃棄物である貝殻は、強度と靱性という相反する物性を両有する配向材料であり、固化物の強度増大への寄与を期待して原料として用いた。貝殻は、粉碎後 600  $\mu\text{m}$  篩下を全量用い、焼成せずにそのまま混合した。用いた貝殻は、炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )を 90 質量%以上含み、中位径 200  $\mu\text{m}$ 、見かけ密度は、2.38  $\text{g}/\text{cm}^3$  であった。CS については、エトリンサイトやモノサルフェートなどの水和反応生成物の形成に有効であるとともに、将来的に火力発電所から排出される脱硫石膏を利用することを念頭に、CH は硬化促進材としてそれぞれ原料の一つとして加えた。

#### (2) FA 固化物の製造と物性評価方法

FSB は、モルタル強度試験用に用いられる 40×40×160 mm の角柱(4・4・16 硬化体、JIS R 5201 付属書 2 “セメント試験方法一強さ測定”記載)に成型して用いた。FSB については、図-1 のようにコンクリートの養生法にならい、恒温高湿養生(前養生)→水中養生または散水養生→気中養生を経て供試体とした(水/原料比:29%(質量%比))。物性の比較用に用いたコンクリート試験体は、市販のコンクリートを所定のサイズに切り出して用いた。

表-1 FA 原粉の性状と物性

|    | 化学組成 [質量%]     |                         |     |               | 強熱減量 [%] | 中位径 [ $\mu\text{m}$ ] |
|----|----------------|-------------------------|-----|---------------|----------|-----------------------|
|    | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | CaO | $\text{SO}_3$ |          |                       |
| FA | 63             | 26                      | 1.4 | 0.35          | 4.1      | 29                    |

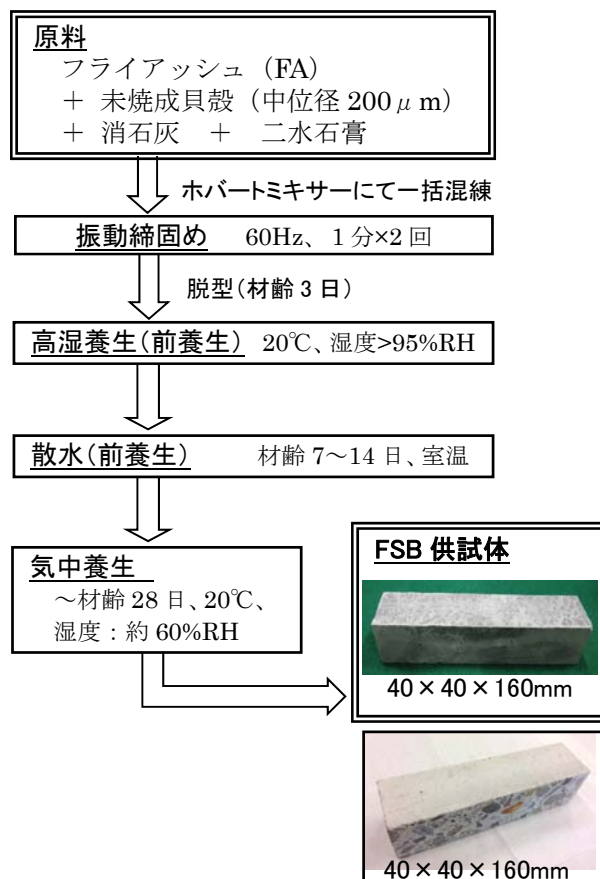


図 1 FSB の製造フローとコンクリートブロック

キーワード フライアッシュ、貝殻廃棄物、海水掛け流し試験、圧縮強度、表面粗さ値

連絡先 〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂 2-6-1(一財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所 TEL:046-856-2121

### 3. 結果および考察

実海水掛け流しの各実験水槽で FSB ならびにコンクリートブロックの約 1 ヶ月後の物性変化を調べた。実海水は、砂ろ過したものを使用し、毎分 7~8L を送水することで一定の回転率でかけ流した。実験は、海洋生物環境研究所（中央研究所）の施設をお借りして実施した。

図 2 に FSB ならびにコンクリートブロックの圧縮強度におよぼす実海水の影響を示した。FSB については、一ヶ月間の実海水下の浸漬により圧縮強度が低下することなく約 5% の強度増大が得られた。コンクリートブロックについては、消波ブロックとして用いられるものではない市販のコンクリートブロックであるため一概には評価できないが、2 割程度の強度低下があった。曲げ強度についても、圧縮強度と同様に FSB については、若干の伸びがあった。このように FSB は、強度に関して優れた安定性を示すことがわかった。一方、試験後の FSB 表面がコンクリートブロック以上にざらつく状態が観察された。そこで、FSB ならびにコンクリートブロックの表面粗さの変化を海水浸漬前後で比較した。

試験体表面の粗さ測定には、表面粗さ形状測定機（サーフコム 1400A）を用い、JIS B0601-1982 に則って測定を実施した。粗さの評価には、基準長さに対する粗さ値を表す Ra、ならびに基準長の中でカウントされるピーク数を意味するピークカウント Pc を用いた。ここで基準長さは 50mm とし、試験前後ともに n=9 で測定した。図 3 に、FSB ならびにコンクリートブロックの表面粗さの分析結果を示す。これより、FSB の粗さ値 Ra の増大と表面ピーク数 Pc の減少が生じていることがわかり、試験体表面が海水の流れ等で摩耗・平滑化している可能性が示唆された。ただし、その傾向はコンクリートと同様であり、有意差も見られなかった。一方、試験体の結晶構造を試験前後で比較したところ、FSB においては若干の溶脱の可能性が示された。

### 4. まとめ

未焼成の貝殻碎粉を配合した FA 固化物 (FSB) では、実海水に対して圧縮強度、曲げ強度について、強度を保持できる可能性が明らかになった。一方、摩耗耐久性の向上やそれにとまなう溶脱の抑制が今後の課題であることが示された。

尚、FSB の生物親和性試験の結果に関しては、本年会にて別途紹介する。

### 参考文献

- [1] 財団法人 石炭エネルギーセンター、石炭灰全国実態調査報告書(平成 27 年度実績)、2017 年 3 月。
- [2] 日恵井佳子、山本武志、“形状差のある原料を用いたフライアッシュ混合材料の開発”、粉体工学会 第 51 回技術討論会特集号 vol.53、No.6、pp.391-395(2016)。

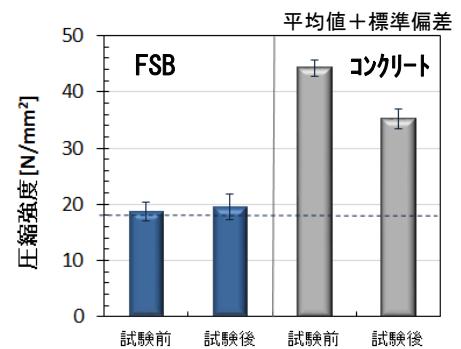


図 2 各試験体の圧縮強度におよぼす実海水の影響

(平均水温 23.2 °C、浸漬期間：約一ヶ月)

※ 図中の破線は、消波ブロックとして必要とされる強度を示す。

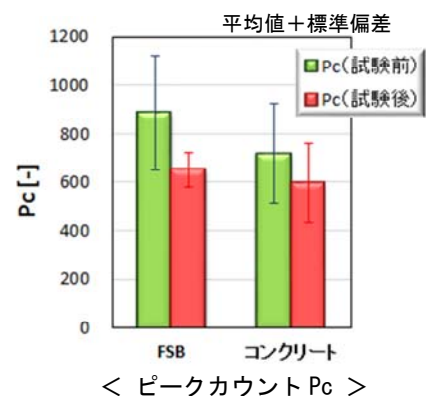
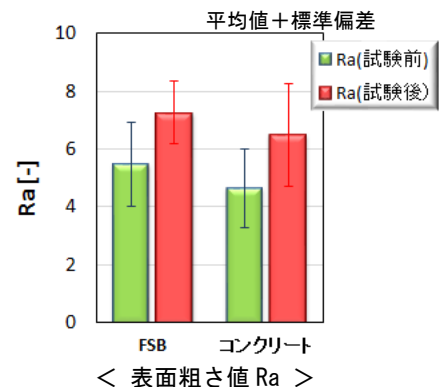


図 3 各試験体の表面粗さ

※ コンクリートは、切断面以外の粗さを評価