

各種異なるフライアッシュの特性がコンクリートの諸性能に及ぼす影響に関する検討

日本大学 学生会員 ○富塚 翔太 日本大学 正会員 榊原 直樹  
日本大学 正会員 子田 康弘 日本大学 フェロー 岩城 一郎

1.はじめに

福島県浜通りにおいて、石炭火力発電所がフル稼働しているに伴い、フライアッシュ(以下、FA)が大量に発生し、その有効利用が課題となっている。一方、東北地方は、凍結防止剤散布下によって、コンクリート構造物の凍害、塩害およびアルカリシリカ反応(以下、ASR)を誘発させるため、コンクリート構造物の複合劣化への対策もまた課題である。そのため、塩分浸透抵抗性と ASR 抑制<sup>1)</sup>に対して、福島県の新井火力発電所(以下、H)のIV種相当の FA をコンクリートの混和材として利用することは、地産地消の考え方からも合理的である。そこで本研究では、H の 5 種類と比較対象として秋田県能代火力発電所(以下、N)の 2 種類(IV種相当)の異なる 7 種類の FA を用い、フレッシュ性状や硬化性状を評価し、FA の特性がコンクリートの諸性能に及ぼす影響と、ASR 抑制と塩分浸入抵抗性の効果を確認し、H 産IV種相当の FA のコンクリート混和材としての適用性を検討する。

2. 実験概要

表-1 に、H の 5 種類、N の 2 種類の計 7 種類の各種 FA の物性値、写真-1 に、そのサンプルを示す。表と写真より、石炭の産地と燃焼効率等によって物性値や色が異なる。表-2 にコンクリートの基本配合を示す。表より、本検討では水セメント比 55%のコンクリートを基準とした。混和剤量は、目標スランプと空気量がそれぞれ 12cm、4.5%と設定し、モルタルフローのロスが少なく比表面積が異なる H3 と H4 の試し練りの結果に基づき決定し、これを全ての配合に適用した。試験項目は、フレッシュ性状の場合、スランプと空気量のほか、ブリーディング試験を行った。ブリーディング試験は練混ぜ終了時を 0 分とし 10 分毎に 6 回(60 分間)スポイトでブリーディングを採取し、その後 30 分毎にブリーディングが終了するまで、その量を記録し、ブリーディング率として表した。また、硬化コンクリートの試験は、圧縮強度試験、塩分浸入性を把握する実効拡散係数測定、および ASR 促進試験とした。圧縮強度試験では、強度発現性を確認するため材齢 28 日、91 日、182 日、365 日に試験を実施する。なお、試験は継続中であり本稿では実験結果を得たものについて述べる。

3. 実験結果と考察

図-2 と図-3 に、スランプと空気量の測定結果を示す。図より、混和剤量を一定値とした結果、スランプは、H の場合 9.0cm~13.5cm、N の場合 6.5cm と 17.5cm となった。また、空気量については、H の場合 2.5%~5.3%、N の場合 1.7%と 4.7%であった。このように、H は、スランプと空気量が概ね許容範囲

表-1 FA の特性値

| ID | 二酸化ケイ素含有量(%) | 湿分(%) | 強熱減量(%) | 密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 45μふるい残分(%) | 比表面積(cm <sup>2</sup> /g) | MB吸着量(mg/g) |
|----|--------------|-------|---------|------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
| H1 | 62.10        | 0.20  | 2.2     | 2.12                   | 18.10       | 2,370                    | 0.55        |
| H2 | 69.50        | 0.10  | 2.3     | 2.03                   | 24.30       | 2,730                    | 0.25        |
| H3 | 56.40        | 0.07  | 1.9     | 2.17                   | 25.10       | 2,370                    | 0.60        |
| H4 | 56.20        | 0.05  | 2.7     | 2.13                   | 17.30       | 4,040                    | 0.60        |
| H5 | 57.70        | 0.10  | 3.3     | 2.14                   | 24.30       | 2,860                    | 0.70        |
| N1 | 60.97        | 0.31  | 1.9     | 2.15                   | 29.20       | 3,020                    | 0.50        |
| N2 | 65.83        | 0.23  | 1.4     | 2.17                   | 25.00       | 2,920                    | 0.35        |

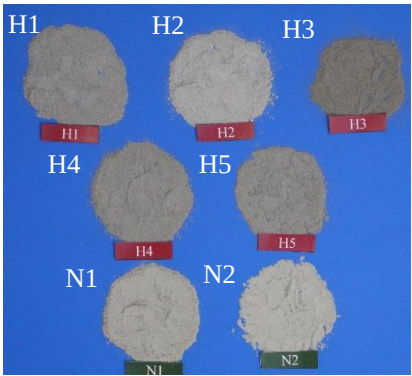


写真-1 7種類のFA

表-2 コンクリートの配合

| Gmax<br>(mm) | W/C<br>(%) | W/B<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |    |     |      |      |      |
|--------------|------------|------------|-------------------------|-----|----|-----|------|------|------|
|              |            |            | W                       | C   | FA | S   | G    | Ad   | AE   |
| 20           | 55         | 45.8       | 170                     | 309 | 62 | 696 | 1044 | 1.85 | 0.25 |

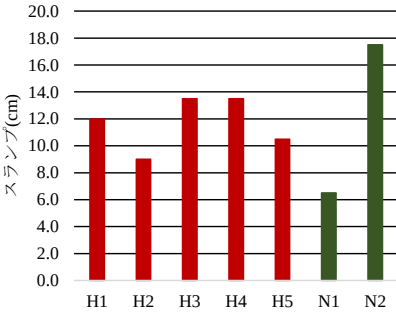


図-2 スランプ試験結果

キーワード:フライアッシュ、フレッシュ性状、強度発現性

連絡先 :〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 TEL024-956-8721

(スランプ $\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $\pm 1.5\%$ )に入っており、FA の物性は異なるがこの程度のバラツキであれば混和剤量の調整で容易にフレッシュ性状のコントロールが可能であると判断された。これに対して、N は 2 つの FA 間のスランプと空気量の値の差が大きい。すなわち、混和剤量の調整のみならず配合も変える必要があると考えられた。図-4 と図-5 に、スランプおよび空気量と強熱減量との関係を示す。図-4 より、スランプは強熱減量の増加とともに大凡ではあるが減少するような傾向であった。これは、AE 減水剤は過去の実績より N2 と相性が良かった混和剤(リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体)を使用した但未燃カーボンの増加で効果が低減したと推察された。図-5 より、空気量は、強熱減量の増加で空気連行性が高まるという常識とは異なる傾向を示した。AE 助剤に関しては、フライアッシュ用(高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体)を用いており大凡ではあるが強熱減量には左右されずスランプの大小による練混ぜ効率に依存し空気量が増加したものと解釈された。図-6 に、ブリーディング試験結果を示す。図より、H と N とともにブリーディング率は異なる傾向であった。図-7 に、ブリーディング率と比表面積の関係を示す。図より、比表面積が小さい方がブリーディング率は高くなる傾向が見られ、大凡ではあるが水の吸着量が FA の比表面積に影響されていることが分かる。ただし、比表面積が小さいもののブリーディング率が低い値(H3)を示すものもあった。これは本実験

の FA の中では湿分が最も低く、水分が FA 表面に付着した量が多かったためと推察された。図-8 に、材齢 28 日の圧縮強度試験結果を示す。図より、圧縮強度の範囲は、H が  $36.3\text{MPa}$  から  $43.3\text{MPa}$ 、N が  $40.2\text{MPa}$  と  $42.4\text{MPa}$  であった。圧縮強度のバラツキを評価すると、H の変動係数が  $7.40\%$ 、N の変動係数が  $5.52\%$  というように、FA の物性は異なるが H と N とともにばらつきは小さい。すなわち、FA コンクリートは、種類は異なっても目標とする強度に対して適切な配合設計を行えば、目標の強度となるコンクリートが製造可能と考えられた。

#### 4. まとめ

本検討より、特性の異なる FA についてフレッシュ性状と圧縮強度を評価した。このうち H 産 5 種類を用いたコンクリートのスランプや空気量は、同一配合としても変化はするものの、その変化の範囲は十分混和剤量でコントロール可能であることが示された。また、圧縮強度は、異なる FA であっても本実験で製造したコンクリート間のバラツキは少なく、圧縮強度の発現性に関しては FA の特性の影響は少ないものと解釈された。今後は、これらのコンクリートの ASR 抑制と塩分浸入抵抗性についても評価する予定である。

**謝辞：**本研究で使用した原町火力発電所産および能代火力発電所のフライアッシュを用いたコンクリートの評価は東北発電工業(株)からの委託研究として行われました。ここに謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1)土木学会：コンクリートライブラリー94 フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)、1999

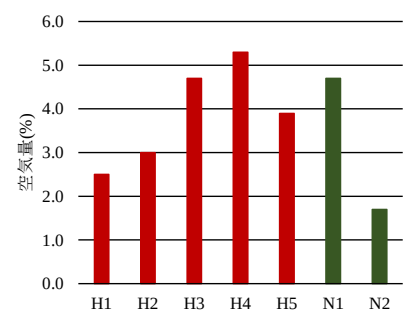


図-3 空気量試験結果

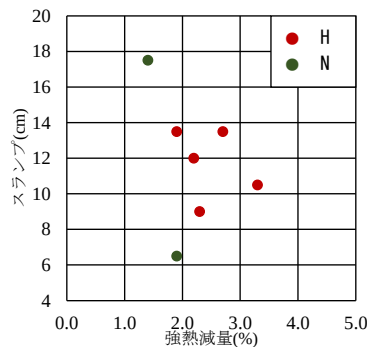


図-4 スランプと強熱減量の関係

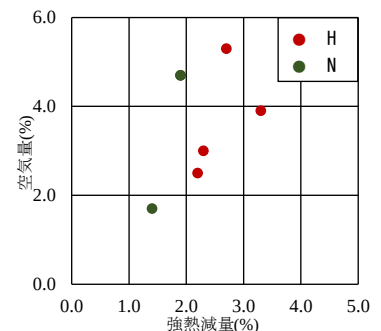


図-5 空気量と強熱減量の関係

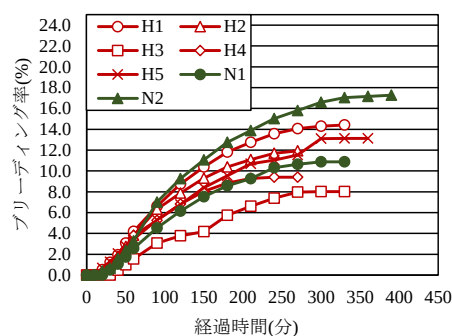


図-6 ブリーディング率の比較

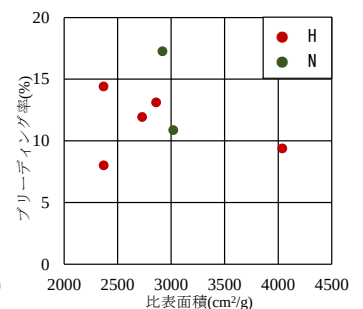


図-7 ブリーディング率と比表面積の関係

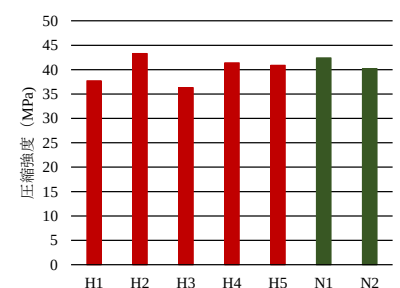


図-8 材齢 28 日の圧縮強度