

フライアッシュ吹付けコンクリートの実構造物への適用（施工実験）

| | | |
|--------------------|-----|-------|
| (株)熊谷組北海道支店京極作業所 | 正会員 | 堀川 直毅 |
| (株)熊谷組技術研究所 | 正会員 | 石関 嘉一 |
| 北海道電力(株)京極水力発電所建設所 | 正会員 | 中井 雅司 |
| 北海道電力(株)京極水力発電所建設所 | | 松山 俊明 |

1. はじめに

近年、石炭火力の副産物であるフライアッシュをセメントや細骨材の一部として使用し、リバウンドや粉じん量を低減した事例が報告されている¹⁾。そこで、フライアッシュの吹付けコンクリートへの適用性検証のための試験施工を行った。本報告は、フライアッシュを使用した各種配合で、標準的な配合や高品質配合との性能比較を行い、現場適用に可能なフライアッシュ配合選定について報告する。

2. 試験概要

(1) 使用材料および配合

表-1 使用材料

| 種類 | 記号 | 摘要 |
|---------|-----|----------------------------------------------------------|
| セメント | C | 普通ポルトランドセメント 密度：3.16g/cm ³ |
| 練り混ぜ水 | W | 地下水 |
| 細骨材 | S | 虻田郡京極町春日産 密度：2.67 g/cm ³ |
| 粗骨材 | G | 虻田郡京極町春日産 13mm 密度：2.70 g/cm ³ |
| フライアッシュ | FA | ブレン比表面積：3540cm ² /g 密度：2.32 g/cm ³ |
| シリカフューム | Sif | 密度：2.3 0g/cm ³ |
| 石灰石微粉末 | L | 密度：2.69 g/cm ³ |
| 急結剤 | A | カルシウムアルミネート系 |
| 高性能減水剤 | SP | ホ [®] リゾング [®] リール系高分子化合物 |

使用材料および配合を表-1,2 に示す。フライアッシュ配合は細骨材容積の一部を置換した配合(FS)、セメント質量の一部を置換した配合(FC)および細骨材容積とセメント質量の一部を置換した配合(FSC)とした。比較対象として、標準的な配合(N)とシリカフュームと石灰石粉を用いた高品質配合(Q)を用いた。単位結合材料は360kg/m³一定とした。

表-2 配合

| 配合 No. | W/C (%) | s/a (%) | 単位質量 (kg/m ³) | | | | | | SL (cm) | 置換率 |
|--------|---------|---------|---------------------------|-----|--------|--------|---------|-------|---------|-------------|
| | | | W | C | FA C置換 | FA S置換 | Sif 結合材 | L 細骨材 | | |
| Q | 60 | 60 | 216 | 342 | - | - | 18 | 85 | 14.5 | Si:5%L:15% |
| N | 62 | 60 | 223 | 360 | - | - | - | - | 14.0 | |
| FS1 | 60 | 60 | 216 | 360 | - | 86 | - | - | 13.0 | s:10% |
| FC1 | 60 | 60 | 216 | 324 | 36 | - | - | - | 11.5 | C:10% |
| FC2 | 60 | 60 | 216 | 288 | 72 | - | - | - | 13.0 | C:20% |
| FSC1 | 60 | 60 | 216 | 324 | 36 | 85 | - | - | 15.5 | C:10% s:10% |
| FSC2 | 60 | 60 | 216 | 288 | 72 | 84 | - | - | 16.0 | C:20% s:10% |

スランプは総粉体量が360kg/m³の配合(N, FC)を12±2.5cmとし、それ以外は粘性が増大し施工性が悪くなることが考えられたため15±2.5cmとした。空気量は2.0±1.5%とした。

(2) 試験方法

試験方法を表-3 に示す。長期強度測定用の供試体は最大吐出量18m³/h 空気搬送式吹付け機を用いて、900×900×400mm

のコア箱に吹付けて作製し、同時にリバウンドおよび粉じん量を測定した。また、初期強度測定用の供試体は別途プルアウト皿に吹付けて作製した。

各試験項目において、配合Nより良好な場合「○」、不良な場合「×」とし、比較検討を行った。

3. 実験結果

(1) 吐出量および急結剤添加量

配合Nを基準とするとセメント置換の配合FCは吐出量が減少し、それ以外の配合は増加する結果となった。本実験では施工性を考慮し、粉体量が多い配合はスランプを大きく設定しコンクリートの粘性を抑制した。それにより、コンクリートの剪断力が低下し吐出量が増加した²⁾と考えられる。また、図-1から分かるように単位時間当たり一定量の急結剤を添加しているため吐出量は急結剤添加量に影響を及ぼすため、今回の実験の場合、セメント置換FC配合は好ましくないと判断される。

表-3 試験方法

| 試験項目 | 試験方法 |
|----------|------------------------------------------------|
| 吐出量 | 吹き付けた量を吹付け時間で除して算出した。 |
| 急結剤添加率 | 吹き付けた量を急結剤使用量で除して算出した。 |
| リバウンド率 | 回収したリバウンド材の質量を使用したコンクリート質量で除して算出した。 |
| 粉じん量 | デジタル粉じん計を用いて測定した。 |
| 初期強度 | JSCE-G 561 に準拠した。材齢3, 24h |
| 長期強度(コア) | コア採取方法はJSCE-F 561 に準拠した。圧縮試験はJIS A 1108 に準拠した。 |

キーワード フライアッシュ, 吹付けコンクリート, 吐出量, 粉じん, リバウンド, 高品質

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組技術研究所 TEL 03-3235-8617

（2）リバウンド率および粉じん量

図-2, 3 にリバウンド率, 粉じん量を示す。配合 N と比較して, 配合 Q, FS1, FSC1 の総粉体量が多い 3 配合はリバウンド率が減少し, これに連動して粉じん量も減少している。このことから粉体量を増加することにより, リバウンド率および粉じん量を低減できることが確認できた。なお, 配合 FC2, FSC2 は単位セメント量が他の配合に比べて少ないため急結剤の効果低下し, リバウンド率が増加したと考えられる。

（3）圧縮強度

図-4, 5 に初期圧縮強度, 長期圧縮強度を示す。材齢 24 時間の圧縮強度は, 配合 FC2 以外の 5 配合については N を上回る結果となった。通常, 初期強度は急結剤の影響を大きく受ける。しかし, 配合 FC2 は図-1 から分かるように配合 N と同レベルの急結剤添加量にも関わらず, 著しく強度が低下している。フライアッシュをセメント置換 20% 使用した場合, 吹付けコンクリートとして重要な性能である初期強度が充分発現しない場合があることを確認できた。コア 28 日圧縮強度は, 配合 Q を除き他の 5 配合は, N と同程度の結果となった。全ての配合において設計基準強度 18N/mm² を大きく上回り強度的に問題なく施工に適用できると判断される。

（4）最適配合

表-4 に配合評価を示す。配合 Q, FS1, FSC1 はすべての項目において, 配合 N を上回った。この結果から前出 3 配合は現場適用配合として, 適当であると判断できる。なお, 廃棄物であるフライアッシュの有効利用は, シリカフュームを使用する場合に比べ, 環境負荷低減の観点から, 利用価値があり, また, セメント置換はコスト面で有利である。したがって, 配合 FSC1 は現場適用に最適な配合と考える。

加えて, 各実験結果から配合 Q と同程度の性能を有しているため, 高品質的配合であると言える。

4. まとめ

フライアッシュをある一定の割合で混入する事によって, 粉じん量, リバウンドが低減でき, 高性能な吹付けコンクリートの施工できることが確認できた。

参考文献

1. 芳賀宏, 横屋和興, 阿部健一, 青屋文章: 石炭灰を使用した高品質吹付けコンクリートの開発と現場適用, 電力土木, No.295, pp110-114, 2001.
2. 石関嘉一, 魚本健人: 使用材料が吹付けコンクリートの施工性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.22-2, pp1387-1392, 2000.

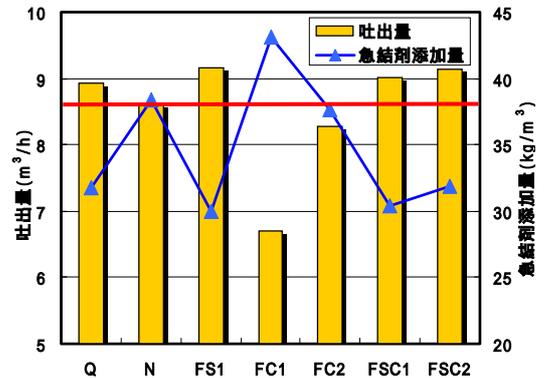


図-1 吐出量および急結剤添加量

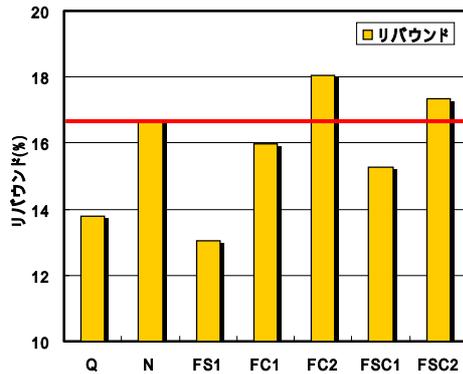


図-2 リバウンド率

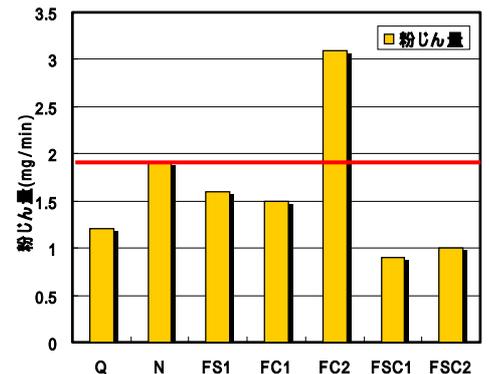


図-3 粉じん量

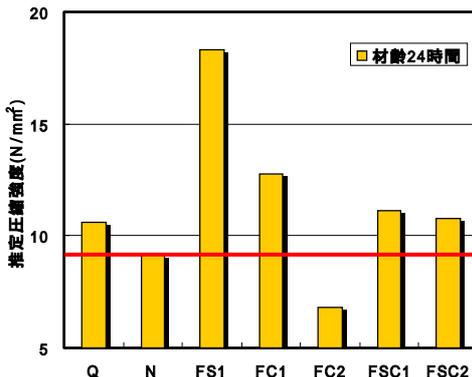


図-4 材齢 24 時間推定圧縮強度

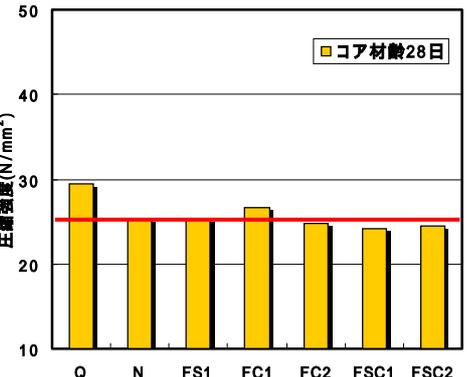


図-5 材齢 28 日圧縮強度

表-4 配合評価

| | Q | FS1 | FC1 | FC2 | FSC1 | FSC2 |
|--------|---|-----|-----|-----|------|------|
| 吐出量 | | | × | × | | |
| リバウンド | | | | × | | × |
| 粉じん | | | | × | | |
| σ24h | | | | × | | |
| コアσ28d | | | | | | |
| 合計 | 5 | 5 | 4 | 1 | 5 | 4 |