

## 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（室内実験）

|                    |     |       |
|--------------------|-----|-------|
| （株）熊谷組技術研究所        | 正会員 | 石関 嘉一 |
| （株）熊谷組北海道支店京極作業所   | 正会員 | 堀川 直毅 |
| 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 |     | 佐藤 志将 |

## 1. はじめに

近年、吹付けコンクリートのリバウンドや粉じんを低減する方法としては、コンクリートの粘性を増加させる方法がある。石炭火力の副産物であるフライアッシュも、粉体としてコンクリートへの粘性付与効果が期待できる材料であり、セメントや細骨材の一部を代替材として、リバウンドや粉塵量を低減した事例が報告されている<sup>1)</sup>。今回は細骨材としての使用は比較的不利とされている砕砂を用いたフライアッシュ吹付けコンクリートを実トンネルに適用する目的で施工実験を行った。本報告は、施工実験のうち室内試験練り結果について報告する。

## 2. 試験概要

表-1 使用材料

## (1) 使用材料および配合

使用材料および配合を表-1,2 に示す。使用材料は実トンネル施工に使用するものを用いた。配合は事前に行ったフライアッシュを添加しない配合(N)を試練りで決定し、その配合を基準としてフライアッシュを添加した。フライアッシュの添

加は細骨材容積の一部を置換した細骨材置換(FS)およびセメント質量の一部を置換した結合材置換(FC)とし、単位結合材料は  $360\text{kg/m}^3$  一定とした。

## (2) 試験方法および要求値

試験方法および要求値を表-3 に示す。スランプ値および空気量は一般的な吹付けコンクリートと同等とした。モルタルフロー値はコンクリートから5mmふるいを用いて採取したモルタルを計測し、吹付けコンクリートの粘性の指標とした。モルタル凝結試験はモルタルフロー値と同様に採取したモルタルを用いて、急結剤を結合材量の7%添加して実施した。圧縮強度の要求値は材齢28日において吹付けコンクリートの強度低減率を0.7、割り増し係数を1.2に設定し、設計基準強度  $18\text{N/mm}^2$  に対して配合強度を  $31\text{N/mm}^2$  と設定した。

| 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： $3.16\text{g/cm}^3$                        |
| 練り混ぜ水   | W  | 上水道水  |
| 細骨材     | S  | 虻田郡京極町春日産 密度： $2.67\text{g/cm}^3$                           |
| 粗骨材     | G  | 虻田郡京極町春日産 15mm 密度： $2.70\text{g/cm}^3$                      |
| フライアッシュ | FA | ブレン比表面積： $2580\text{cm}^2/\text{g}$ 密度： $2.20\text{g/cm}^3$ |
| 急結剤     | A  | カルシウムアルミネート系  |

表-2 配合

| 配合 No. | W/B <sup>1</sup> (%) | s/a (%) | 結合材置換率 (%) | 細骨材置換率 (%) | 単位質量 (kg) |     |      |     |     |
|--------|----------------------|---------|------------|------------|-----------|-----|------|-----|-----|
|        |                      |         |            |            | W         | C   | S    | G   | FA  |
| N      | 58.3                 | 60      |            |            | 210       | 360 | 1051 | 709 |     |
| FS1    | 58.3                 | 60      |            | 10         | 216       | 360 | 946  | 709 | 87  |
| FS2    | 58.3                 | 60      |            | 15         | 216       | 360 | 893  | 709 | 130 |
| FC1    | 58.3                 | 60      | 10         |            | 216       | 324 | 1043 | 703 | 36  |

表-3 試験方法および要求値

| 試験項目     | 試験方法                            | 要求値                    |
|----------|---------------------------------|------------------------|
| スランプ値    | JIS A 1101 に準拠した。               | $12 \pm 1.5\text{cm}$  |
| 空気量      | JIS A 1128 に準拠した。               | $2.0 \pm 1.0\%$        |
| コンクリート温度 | 温度計にて測定した。                      |                        |
| モルタルフロー値 | JIS R 5201 に準拠した。               |                        |
| 経時変化     | 30分, 1時間 1.5時間後, スラップ, 空気量測定した。 |                        |
| モルタル凝結試験 | JSCD-D 102-2001 に準拠した。          | 終結 $28\text{N/mm}^2$   |
| 圧縮強度     | JIS A 1101 に準拠した。材齢 28 日        | $28 > 31\text{N/mm}^2$ |

キーワード フライアッシュ, 吹付けコンクリート, 粉じん, リバウンド, 粘性, 凝結試験

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

### 3. 実験結果

#### (1) モルタルフロー値

各フライアッシュ配合とも配合 N と同量の単位水量で、所定のスランプ値および空気量が得られた。図-1 から分かるように配合 N、FS1、FC1 のモルタルフロー値は 180mm ~ 200mm であり、3 配合とも同程度であった。それに対して、配合 FS2 は粉体量が多いことからモルタルフロー値が 140mm となり、他の配合に比べて粘性の増大が確認された。粘性の増大は圧送時に配管の閉塞や吐出量の低下を引き起こし、急結剤の過添加による長期強度の低下やコストアップの原因<sup>2)</sup>になるので、実施工の場合、十分検証をする必要がある。

#### (2) 経時変化

配合 FS1、FS2 のスランプロスは 60、90 分において 10.0cm ~ 12.0cm 程度であり、配合 N より増加する結果となった。通常のコンクリートは総粉体量が増加するとスランプロスが増加する傾向にある。今回も同様にフライアッシュを添加することによりスランプロスが大きくなる結果となった。実施工では、室内試験よりも混合量が多くなるためスランプロスは小さくなると考えられるものの、練り置き時間等を考慮して、吹付け時のスランプ値を確保するために単位水量の調整もしくは流動化剤の添加を検討する必要がある。

#### (3) モルタル凝結試験

図-3 に凝結試験結果を示す。各配合とも 3 分程度で貫入抵抗値 28N/mm<sup>2</sup> に達しており、フライアッシュ添加による凝結遅延は認められなかった。

#### (4) 圧縮強度

図-4 に圧縮強度試験結果を示す。材齢 28 日において、すべての配合が要求性能 31N/mm<sup>2</sup> を充分満足する結果となっている。特に細骨材置換の場合、置換率が 10% から 15% にアップすることで、細孔構造が密になると考えられ、圧縮強度は大幅に上昇していることが確認できる。また、当初、結合材置換をした場合は強度低下を生じると考えていたが、今回の試験において、著しい強度低下は認められなかった。これは、ポラゾン反応による硬化のためと考えられる。

### 4. まとめ

今回の実験より、フライアッシュを添加することにより諸物性の著しい低下は認められなかった。実施工に充分対応しうる可能性がある材料であ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

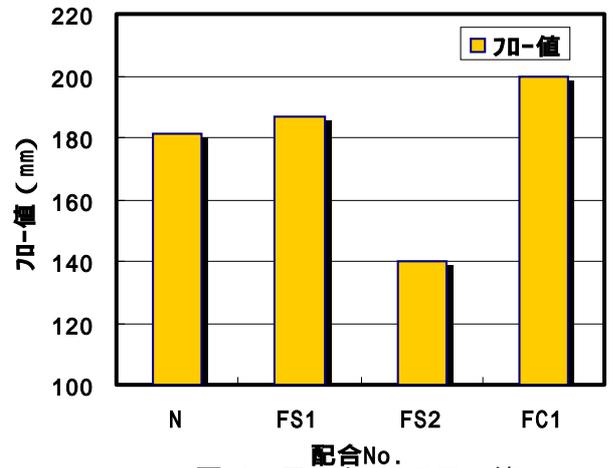


図-1 モルタルフロー値

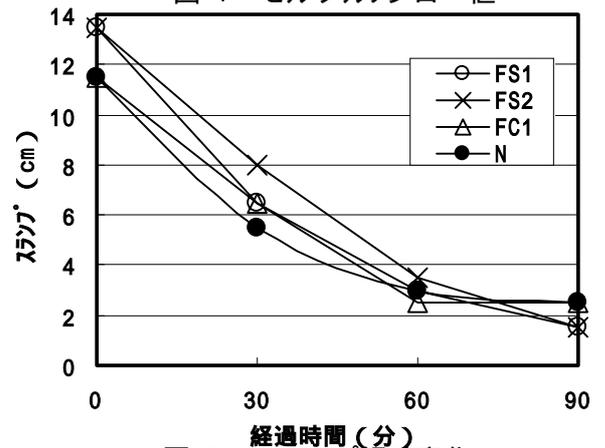


図-2 スランプ経時変化

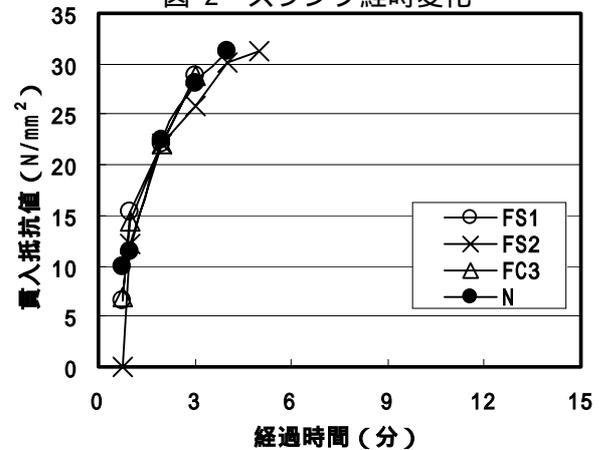


図-3 モルタル凝結試験

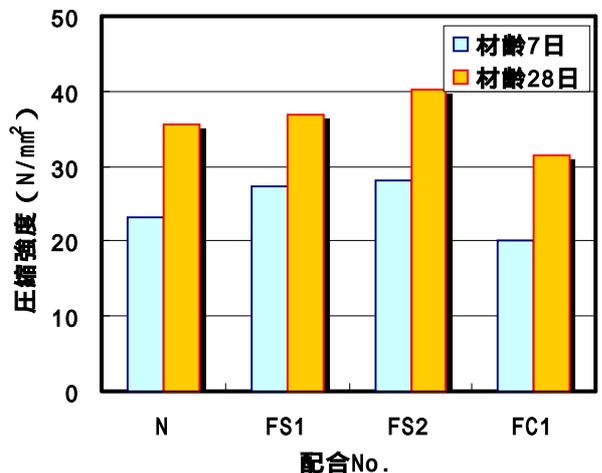


図-4 圧縮強度試験結果