

# フライアッシュコンクリート

フライアッシュを混和材として利用することにより、コンクリートの長期強度が増進し、組織が緻密化して密実なコンクリートとなります。また、フライアッシュは、アルカリシリカ反応の抑制や水和熱の低減、化学抵抗性の向上など多くの優れた特性により、コンクリートの耐久性を総合的に向上させます。

## 1. 特長

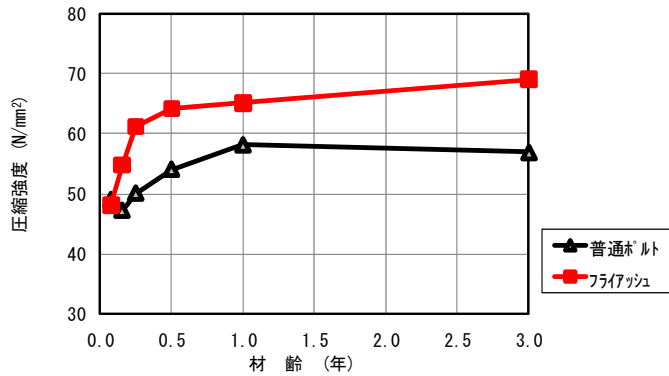
### ・作業性の向上

フライアッシュは微細な球形粒子ですので、ボールベアリング効果によりコンクリートの流動性を向上させ、ワーカビリティを改善します。このため、セメントの一部をフライアッシュで置換することで、同一スランプを得るための単位水量を減少させることができます。

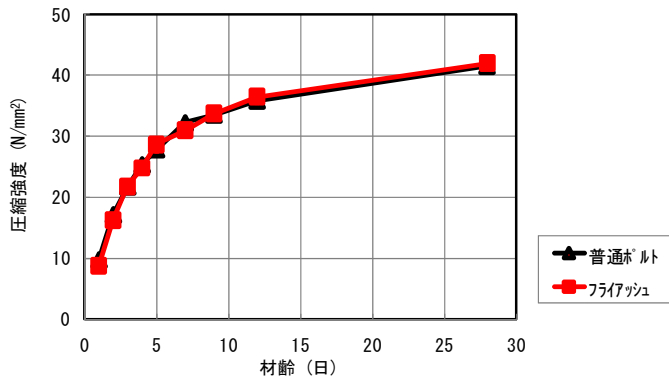
### ・長期強度の増進

セメントにフライアッシュを混合することで、ポゾラン反応が長期間継続するため、セメントだけの場合よりも長期強度が増進し、耐久性が向上します。

呼び強度を同一とした場合には、普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと比較しフライアッシュを使用したコンクリートは顕著な強度増進の長期的継続を確認することができます。

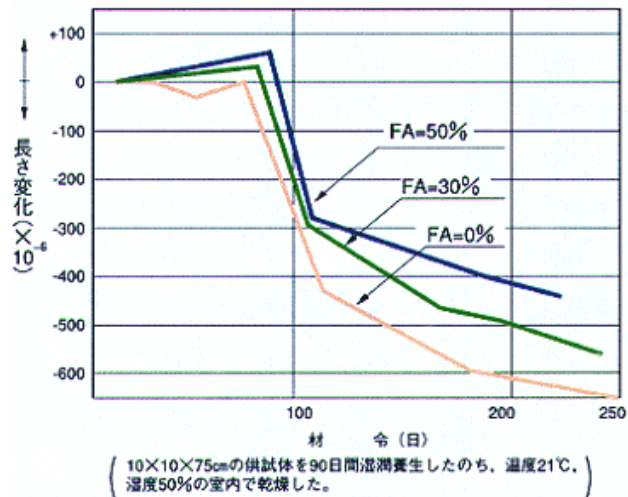


また、フライアッシュを使用したコンクリートは、初期強度の発現性が普通ポルトランドセメントと比較し低いと一般的に言われていますが、呼び強度を同一とした場合には同等の初期強度発現性を得ることができます。



### ・乾燥収縮の減少

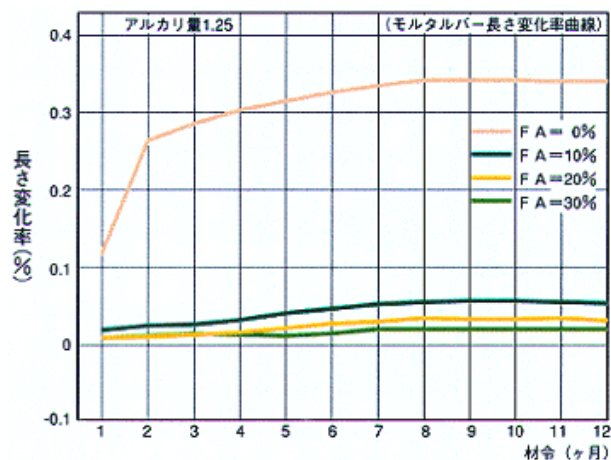
フライアッシュを使用したコンクリートは単位水量の低減やポゾラン反応による組織の緻密化により、硬化後の収縮率が小さくなり、ひび割れの発生を抑制します。



フライアッシュによる乾燥収縮抑制効果  
(日本フライアッシュ協会パンフレット「石炭灰」より)

### ・アルカリシリカ反応の抑制

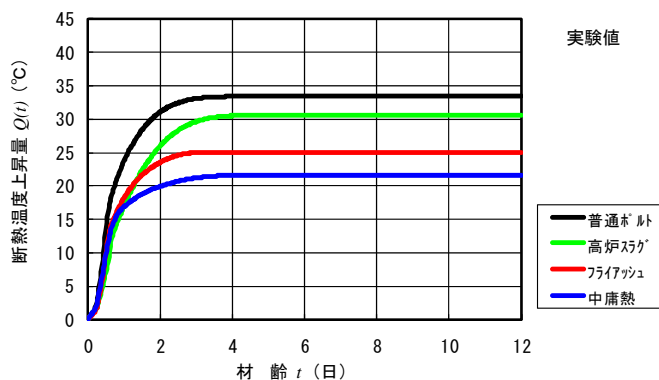
フライアッシュを一定量以上混和したコンクリートはアルカリシリカ反応に対して強い抑制効果をもっています。アルカリシリカ反応とは、骨材中のある種の反応性シリカ鉱物が、セメント中のアルカリ成分と反応して骨材表面にけい酸ソーダを生成し、周囲から水分を吸収して膨張し、骨材周辺のセメントペーストに浸透圧による水圧を与えて、ひび割れが発生する現象です。フライアッシュには、このけい酸ソーダの生成反応を抑制し、アルカリシリカ反応を抑制する性質があります。



フライアッシュによるアルカリシリカ反応 抑制効果  
(日本フライアッシュ協会パンフレット「石炭灰」より)

## ・水和熱の減少

セメントの一部をフライアッシュで置換することで、コンクリートの水和熱が減少します。このため、フライアッシュはマスコンクリート工事における温度応力の低減に効果的です。また、ひび割れ抑制を考慮する構造物に有効な材料です。



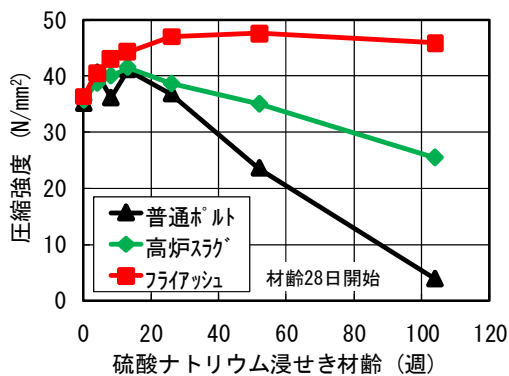
特にダム工事では、中庸熱ポルトランドセメントにフライアッシュを混合することで高い温度抑制効果を発揮します。

## ・化学抵抗性の向上

セメントにフライアッシュを混合することで、ポゾラン反応の際に生成されるけい酸カルシウム水和物が組織を緻密にし、反応によって遊離した不安定な水酸化カルシウムがフライアッシュの成分と結合するので、硫酸塩、海水、薬液等に対して強い効果を発揮します。

(日本フライアッシュ協会パンフレット「石炭灰」より)

呼び強度を同一とした配合では、普通ポルトランドセメントと比較し高い化学抵抗性が確認できます。





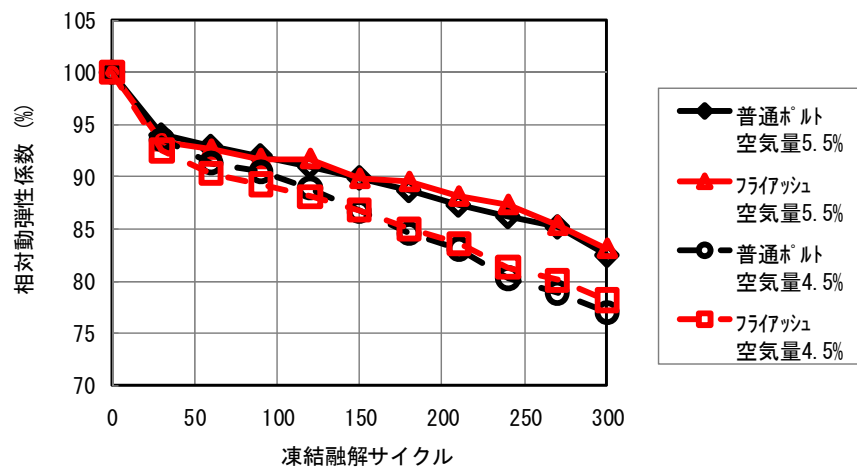
普通ポルトランド

高炉スラグ

フライアッシュ

### ・凍結融解抵抗性

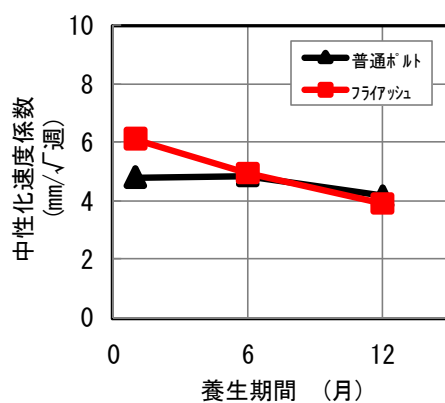
呼び強度を同一とした配合で、普通ポルトランドセメントとフライアッシュを使用したコンクリートの凍結融解抵抗性の比較試験では、同程度の性能を有する結果を得ています。



### ・中性化抵抗性

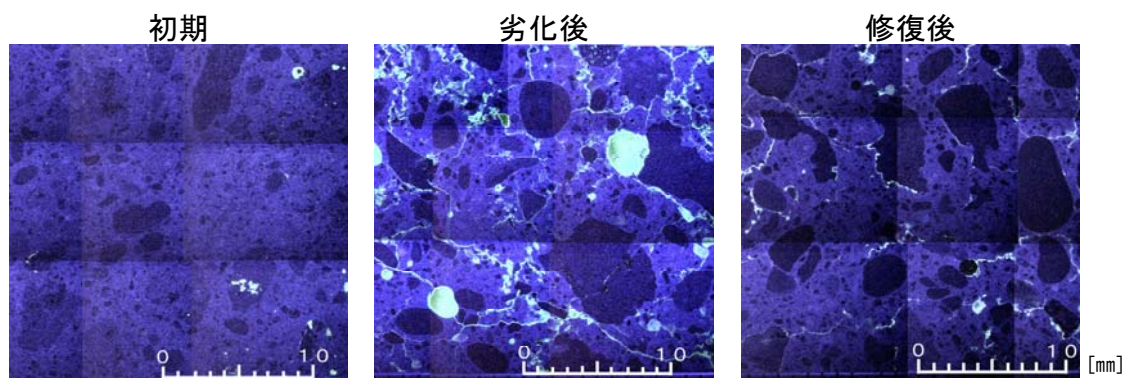
フライアッシュを使用したコンクリートは、中性化の進行が早いと一般的には言われていますが、当社が実施したフライアッシュを使用したコンクリート構造物の中性化深さの調査では、各指標での推定値に比べ実測値は、はるかに小さい値でありほとんど進行していない結果を得ています。

また、呼び強度を同一とした配合により、中性化促進試験の試験開始材齢を28日、6ヶ月、12ヶ月と養生期間を長期とした試験では、養生期間が長期になれば、フライアッシュはポズラン反応の進行に伴い普通ポルトランドセメントと同等の性能となることが確認できます。



### ・自己修復性

フライアッシュのポズラン反応は長期的に持続することから、凍結融解や乾燥収縮によって生じた微細なひび割れをポズラン反応生成物で充填してコンクリート自ら修復する高いポテンシャルを有しています。





### 3. 主な利用実績

従来、フライアッシュを使用したコンクリートは、その水和熱抑制によるひび割れ低減効果から、主にダム等の土木工事で利用されています。しかし、「中性化の進行が早い」、「初期強度の発現性が低い」と言った認識から、建築工事での利用は進んでいませんでした。

近年では、建築構造物の耐圧版や基礎コンクリート等でマスコンクリート対策としての利用が増加してきています。さらに、中性化や初期強度発現性については普通ポルトランドセメントと遜色ない性能を確保できるとの認識も広がりつつあることから、コンクリート構造物の耐久性確保目的で躯体での利用についても若干ではありますが、増加してきています。

#### フライアッシュコンクリート使用実績(建築工事)

| 用途      | 部位     | 件数 | コンクリート数量(m <sup>3</sup> ) |
|---------|--------|----|---------------------------|
| 商業ビル    | 耐圧版・基礎 | 25 | 62,700                    |
|         | 躯体     | 18 | 31,900                    |
| マンション   | 耐圧版・基礎 | 24 | 28,200                    |
|         | 躯体     | 7  | 5,000                     |
| 工場      | 耐圧版・基礎 | 16 | 25,900                    |
|         | 躯体     | 5  | 4,700                     |
| 病院・ホテル他 | 耐圧版・基礎 | 23 | 45,500                    |
|         | 躯体     | 6  | 20,300                    |

※2004～2014 年度集計



左:スーパー銭湯(花ゆづき)

右:マンション(エナコート山鼻)

公共土木工事におけるフライアッシュコンクリートの主な使用実績

| 用途     | 名称  | セメントの種類又は配合の特徴            |
|--------|---|---------------------------|
| ダム     | 重力式ダム<br>徳富、シューパロ、平取<br>CSGダム<br>当別、厚幌、サンル    | 中庸熱フライアッシュ 20～30%         |
| トンネル覆工 | 北海道横断自動車道トンネル<br>久留喜、天神、第二天神、天狗山、<br>新光、蘭島、忍路 | 中流動コンクリート                 |
| 水力発電所  | 北海道企業局<br>シューパロ発電所                            | フライアッシュ B 種と<br>高流動コンクリート |
| 地下通路   | 札幌駅から大通駅の地下通路(躯体)                             | フライアッシュ B 種と<br>B 種相当の混和材 |
| 浄水場    | 苫小牧市高丘浄水場(ろ過池)                                | フライアッシュ B 種               |

※自社工事および吹付けコンクリートのぞく

※2004～2014 年度集計



左:ダム・発電所(シューパロダム)

右:トンネル覆工(久留喜トンネル)



#### 4. 主な配合例

| 用途                     | 呼び強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 保証<br>材齢<br>(日) | コンクリート<br>種類 | W/C<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |      |         |     |      |
|------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|------------|-------------------------|------|---------|-----|------|
|                        |                              |                 |              |            | 水                       | セメント | フライアッシュ | 細骨材 | 粗骨材  |
| 収縮ひび割れの低減<br>(単位水量の減少) | 30                           | 28              | 普通           | 47.0       | 167                     | 355  | —       | 735 | 1052 |
|                        |                              |                 | フライアッシュ      | 50.5       | 162                     | 321  | 57      | 725 | 1036 |
| 水和熱の抑制<br>(セメント量の低減)   | 30                           | 56              | 普通           | 48.7       | 167                     | 343  | —       | 740 | 1058 |
|                        |                              |                 | フライアッシュ      | 55.1       | 162                     | 294  | 52      | 737 | 1052 |
| ワーカビリティの向上<br>(粉量の増加)  | 18                           | 28              | 普通           | 60.9       | 162                     | 266  | —       | 892 | 954  |
|                        |                              |                 | フライアッシュ      | 63.1       | 159                     | 252  | 40      | 850 | 970  |

※ スランプ 15cm

※ 朱記は配合の特徴を示す