

いまさら聞けない規格のはなし／その20

JISA 6201 コンクリートフライアッシュ

1. フライアッシュの特徴

フライアッシュは微粉炭燃焼ボイラーの中で石炭が燃焼する際に、高温燃焼ガスによって融点の低い灰分が溶融し液体となり、排気煙道付近に達したときにガスの温度低下とともに液体の灰がその表面張力により球形のガラス状に凝固したものです。フライアッシュの色は灰白色ですが、未燃炭素を多く含む場合は黒味を帯びています。大きさは1～100 μ m程度です。

フライアッシュの化学成分は、SiO₂が最も多く50～64%、次いでAl₂O₃が20～30%であり、このほかCaO、Fe₂O₃など多くの酸化物があります¹⁾。未燃炭素を除けば結晶相とガラス相から成り、ガラス相以外の結晶相として石英、ムライト、磁鉄鋼などを含みます。フライアッシュ自体には水硬性はありませんが、これに含まれる可溶性のSiO₂-Al₂O₃系ガラスがセメントの水和で生成される水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)と常温で反応して難溶性の安定なカルシウムシリケート水和物(C-S-H)を生成します。このような性質はポズラン活性と呼ばれ、生成された水和物はセメントの水和物と類似した化合物となり、コンクリートの耐久性や水密性を高めます。また、ポズラン反応はセメントの反応と比較して緩やかに進行し、初期発熱の抑制や長期強度改善といった効果が期待できます。さらに、フライアッシュは形状が球状であることから、ボールベアリングのような摩擦を低減する作用により、コンクリートのワーカビリティを改善する効果も一般的に知られています。

2. フライアッシュの規格の概要

日本において、フライアッシュがコンクリート用混和材として積極的に利用され始めたのは、昭和に入ってからです。まず

フライアッシュが1950年にアメリカから日本に紹介されました。その後、1953年には国産フライアッシュがコンクリート用材料として用いられ、1958年にはJIS A 6201(フライアッシュ)が制定されました。その後、石炭火力発電所から排出される石炭灰の増加に伴い、さらなるコンクリートへの利用拡大を図るため1999年にJIS改正が行われ、名称も「コンクリート用フライアッシュ」となり、従来は1種類であったフライアッシュの品質が4種類に等級化されました²⁾。フライアッシュの品質は、強熱減量、粉末度、フロー値比、活性度などで規定され、現在、表-1に示す4種類の等級に分類されています。なお、JIS R 5213(フライアッシュセメント)においてフライアッシュセメントに用いる混合材として使用できることが規定されており、最大でセメントの30%まで置換することが認められています。

3. 2024年規格改正における変更点

今回の改正では、二酸化けい素含有量の測定方法である蛍光X線分析における試料調整方法と、活性度評価としてのポズラン活性評価指数およびその測定方法であるAPI法(Assessed Pozzolanic-activity Index)が追加され、強熱減量の測定温度が変更されました。以下、その変更内容を詳しく説明します。

(1) 活性度評価方法

近年、石炭火力発電所における使用石炭のほとんどは海外炭となり、産炭地および品質幅の拡大が一層進み、発電所での炭種の切り替えも頻繁になりました。さらに、太陽光、風力などの再生可能エネルギーの普及拡大によって石炭火力発電所の運用が変化しています。これら

の状況によりフライアッシュの品質変動も大きくなり、JISの規定を満たすフライアッシュの生産においては、よりきめ細かな管理が必要になってきました。今までは、モルタルの圧縮強さ試験によるフライアッシュの活性度指数で評価していましたが、結果を得るまで28日と91日の長い養生期間が必要であったため、ポズラン活性の程度を迅速に評価できる方法であるAPI法の導入を検討しました。

前述した通り、フライアッシュのポズラン反応ではガラス相がセメント水和物であるCa(OH)₂と反応してC-S-Hを形成します。API法は、フライアッシュと普通ポルトランドセメントを用いた懸濁液中でフライアッシュが消費するCa²⁺を測定してフライアッシュの活性度を評価する方法です。コンクリート用フライアッシュを調整・出荷している全発電所から入手したフライアッシュ(I種、II種、III種、IV種)を対象にし、従来の評価指標である活性度指数とAPI法によるポズラン活性評価指数との関係を整理しました(図-1)。その結果、いずれのフライアッシュに対してもAPIの評価値による区分が可能であることが分かりました。また、API法の繰り返し精度および再現性の確認については、全ての測定機関および全てのフライアッシュにおいて良好な結果が得られました。さらに、基準試料に用いるセメントの種類の相違はAPIにもたらす影響が少ないことも確認されました。

以上の結果から、API法で得られるポズラン活性評価指数の下限値を種類別に規定するとともに、APIの試験方法が規定されました。活性度は表-1に示す活性度指数またはポズラン活性評価指数のいずれか一方を満たせば良いことになりました。

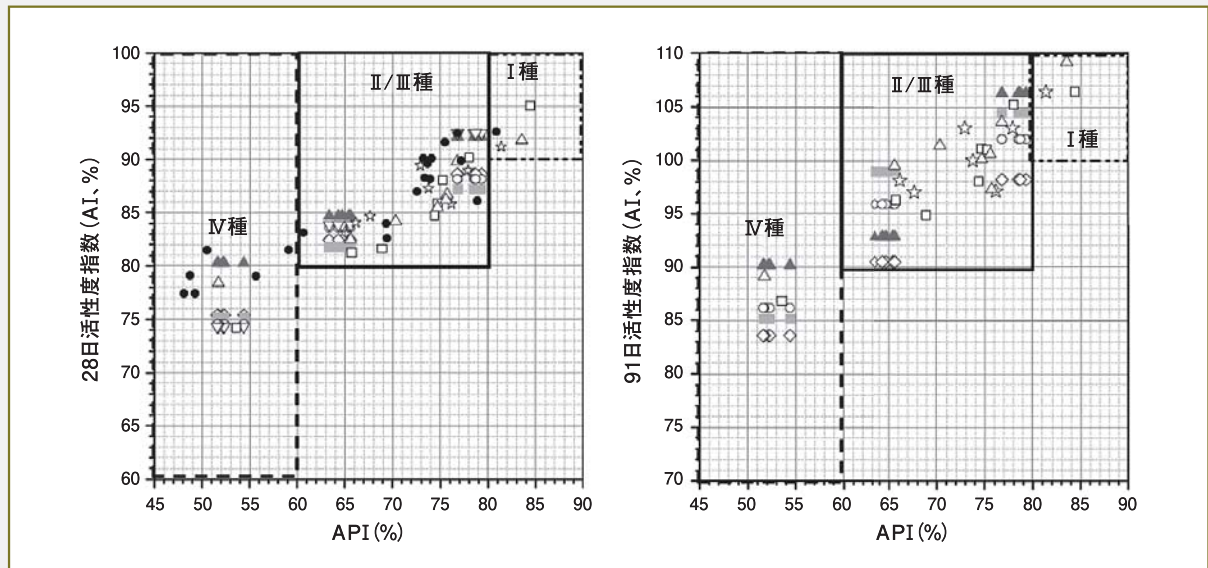


図-1 材齢28日と91日における活性度指数とAPI法のポズラン活性評価指数との関係

表-1 フライアッシュの品質

項目			フライアッシュ Ⅰ種	フライアッシュ Ⅱ種	フライアッシュ Ⅲ種	フライアッシュ Ⅳ種	
二酸化けい素			%	45.0 以上			
湿分			%	1.0 以下			
強熱減量			%	3.0 以下	5.0 以下	8.0 以下	5.0 以下
密度			g/cm ³	1.95 以下			
粉末度	網ふるい方法 (45 μm 篩残分)	%	10 以下	40 以下	40 以下	70 以下	
	ブレン方法 (比表面積)	cm ² /g	5000 以上	2500 以上	2500 以上	1500 以上	
フロー値比			%	105 以上	95 以上	85 以上	75 以上
活性度	活性度指数	材 齢28日	%	90 以上	80 以上	80 以上	60 以上
		材 齢91日	%	100 以上	90 以上	90 以上	70 以上
	ポズラン活性評価指数		%	80 以上	60 以上	60 以上	45 以上

(2) 蛍光X線分析における試料調整方法

2015年の前回改正時に導入した蛍光X線による化学分析方法に関して、粉末加圧成形体を用いるブリケット法において、分析の再現性を向上させるために

バインダ(粉末加圧成形体を調整する際に用いる成形助剤)の種類と試料の粉碎方法を追加しました。さらに、今後、本分析手法を二酸化けい素以外の成分へ適用範囲を広げることも視野に入れて、ブリケット法のほかに試料に融剤を混合して加熱溶融するガラスビード法を新たに規定しました。これに対応すべく蛍光X線強度のドリフト補正方法について新たに規定したほか、蛍光X線分析における各種補正を適用する場合の方法についても参考として追加されました。

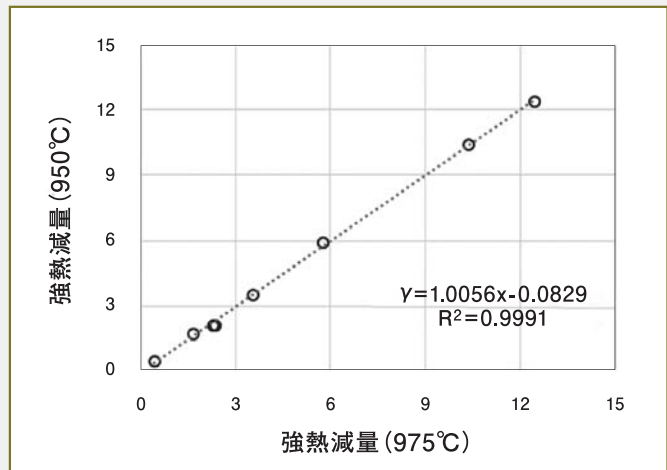


図-2 強熱減量測定値の改正前(975℃)と改正後(950℃)との関係

(3) 強熱減量の測定温度

最後に、強熱減量の測定方法について、旧規格では測定温度を975℃±25℃としていましたが、同様の測定を行う規格であるJIS R 5202(セメントの化学分析方法)およびISO 29581-1(Cement-Tet methods - Part 1: Analysis by wet chemistry)で用いる950±25℃と整合させることとしました。また、実際に行われている分析操作の実態から、強熱時間は最初に15分以上とし、その後恒量になるまで15分間の強熱を繰り返すこととしました。図-2により、測定方法の改正によって得られた測定結果に大きな差は認められませんでした。

太平洋セメント株式会社研究開発本部セメント・コンクリート研究所海外技術グループ LE THITHIENLY

【参考文献】

- 1) 日本フライアッシュ協会：石灰石ハンドブック、I-27、2015
- 2) 日本コンクリート工業協会：セメント材料・骨材研究委員会報告書、pp56、2005