

フライアッシュの色調がコンクリートに与える影響評価

フライアッシュのコンクリートへの有効活用の拡大に向けて

Evaluation of the Effect of Fly Ash Color Tone on Concrete

To Expand the Effective Use of Fly Ash on Concrete

(電力技術研究所 土木G)

石炭火力発電所から発生するフライアッシュの有効活用拡大を目的として、これまで独自の色調判断基準によりコンクリート材料としての活用を見合わせていた茶褐色系フライアッシュが、コンクリートの性状に与える影響を評価した。その結果、コンクリートの色調および圧縮強度に与える影響は軽微であり、実用上問題とならないことを確認した。

(Civil Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

With the goal to expand effective use of the fly ash generated from coal burning thermal power plants, we evaluated the effect of brown fly ash on concrete characteristics. Its usage had been put on hold based on the color tone evaluation criteria. As a result, we confirmed that the effect of brown fly ash on color tone and compressive strength of concrete is minor and does not pose a problem in practical use.

1 背景・目的

石炭火力発電所の運転に伴って発生するフライアッシュ（以下「FA」）は、コンクリート材料等への有効活用が図られている。FAは燃料となる石炭の種類や発電時の燃焼条件等によって成分や色調が異なることが知られている。一般的なFAはセメントと同様な灰白色であるが、未燃炭素が多いと黒色を、鉄分が多いと茶褐色を帯びる。これまでJERA碧南火力発電所では、コンクリート材料として活用する場合には、JISに規定された品質規定値を満たしていても、コンクリートの色調に影響を与えることを懸念して、独自の色調基準を設けて活用可否を判定してきた。

今回、これまで活用しなかった茶褐色系のFAを対象に、硬化前の変形状等（フレッシュ特性）および硬化後のコンクリートの色調や圧縮強度を評価した。

2 概要

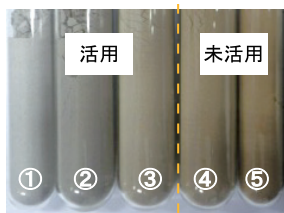
(1) FAの色調と成分

FAの色調判断の例を第1図に示す。コンクリート材料としては、色調が①～③のFAを活用し、④～⑤のFAの活用は見合わせてきた。

今回の検討では③を基準として、④～⑤の活用について検討する。使用した③～⑤のFAの成分分析結果を第1表に示す。どれもJIS規定値を満たすものである。

(2) コンクリート配合

今回の検討では、FA混和量が比較的多いトンネル二次覆工コンクリートとダムコンクリートを対象としており、各コンクリートの配合はFA3を基準として設定した（FA4、FA5の配合はFA3で設定した配合においてFAのみを置換）。コンクリート配合を第2表に示す。なお粗骨材最大寸法（Gmax）は、トンネル二次覆工コン



第1図 FA色調判定例

第1表 FA分析結果

No.	FA3	FA4	FA5	JIS規定 (Ⅱ種灰)
色調	③	④	⑤	
密度 (g/cm ³)	2.34	2.27	2.41	1.95以上
強熱減量 (%)	1.6	1.0	1.0	5.0以下
比表面積 (cm ² /g)	2887	3520	3400	2500以上
45 μm篩残分 (%)	24.4	25.5	22.0	40以下
湿分 (%)	0.06	0.04	0.06	1.0以下
SiO ₂ (%)	56.49	58.37	51.38	45.0以上
Al ₂ O ₃ (%)	24.14	21.87	26.12	—
Fe ₂ O ₃ (%)	7.59	6.58	9.45	—
CaO (%)	4.03	4.09	4.48	—
MgO (%)	1.65	2.60	1.61	—

第2表 (a) トンネル二次覆工コンクリート配合

W/P (%)	単位量 (kg/m ³)							
	水 W	粉体P セメントC (普通)	細骨材S FA (内割) FA (外割)		砂	粗骨材G 5-20mm	高性能 減水剤	AE剤
51.4	180	275	75	91	753	873	1.985	0.044

目標スランプ: 21.5 ± 2cm, 設定空気量: 4.5 ± 1.5%

第2表 (b) ダムコンクリート配合

W/P (%)	単位量 (kg/m ³)						
	水 W	粉体P セメントC (中庸熱)		細骨材S FA (内割)	粗骨材G 5-20mm 20-40mm		AE剤
44.8	142	221	96	724	570	585	0.253

目標スランプ: 3 ± 1cm, 設定空気量: 4.1 ± 1.5%

クリートが20mmであるのに対し、ダムコンクリートが40mmである（ただし圧縮強度試験用は、供試体寸法との関係から20mmを上限とした換算配合を使用）。

(3) コンクリートのフレッシュ特性

コンクリートのフレッシュ特性を第3表に示す。トンネル二次覆工コンクリートでは、基準としたFA3に比べFA4とFA5の空気量が増加したもののその差は比較的小さいことから、空気量等の影響をうけるスランプ（流動性を示す指標）の値はほぼ同じであった。ダムコンクリートでは、FA3に比べFA4とFA5の空気量は基準値を大きく上回っている。このためスランプの値にも違いが見られたと考える。

空気量には、強熱減量（未燃炭素量の指標）が影響し、この量がFA3よりも少ないFA4、FA5の方がAE

第3表 (a) トンネル二次覆工コンクリートフレッシュ特性

No.	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	Cl含有量 (kg/m ³)
FA3	22.5	4.1	20.5	0.04
FA4	21.6	6.0	20.0	0.03
FA5	22.4	7.1	21.0	0.03

第3表 (b) ダムコンクリートフレッシュ特性

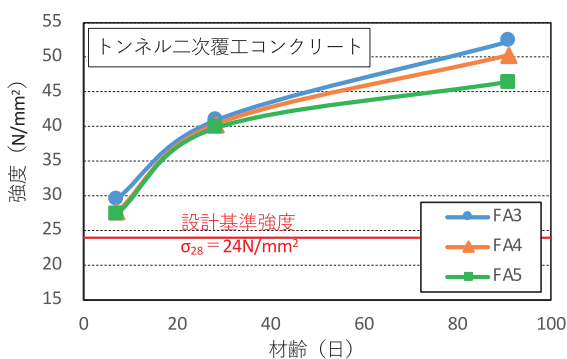
No.	Gmax	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	Cl含有量 (kg/m ³)
FA3	40mm	4.0	5.3	21.0	0.03
FA4		5.4	9.8	20.0	0.02
FA5		7.0	10以上	21.0	0.02
FA3	20mm	8.2	9.0	20.0	—
FA4		10.2	10以上	20.0	—
FA5		10.9	10以上	21.0	—

剤の効きが良かったと考えられる。今回の結果からも設定空気量を満たすための薬剤量をFA3よりも低減可能であることがわかる。

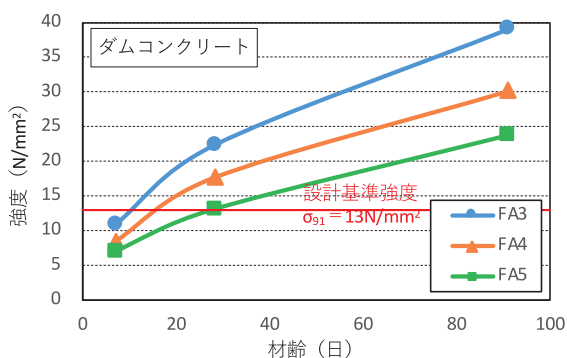
(4) コンクリートの圧縮強度特性

前述の配合で作製した供試体 (φ10×H20cm) を用いて、圧縮強度試験を実施した。試験結果を第2図に示す。

基準としたFA3と比較すると、トンネル二次覆工コンクリートでは、材齢28日までは同等の強度であったが、材齢91日ではFA4とFA5の強度が小さくなった。ダムコンクリートでは、材齢7日でFA4とFA5の強度は小さくなっており、材齢が進むにつれて強度の開きが大きくなっている。ただし、いずれの配合においても、設計基準強度 (トンネル二次覆工コンクリートでは材齢28日で24N/mm²、ダムコンクリートでは材齢91日で13N/mm²) の値は満足している。



第2図 (a) トンネル二次覆工コンクリート圧縮強度

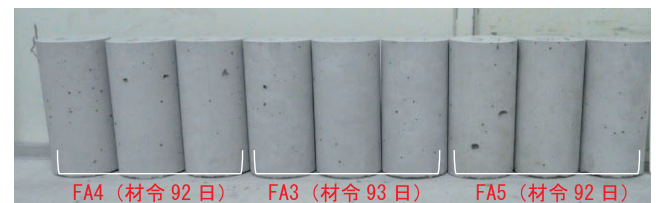


第2図 (b) ダムコンクリート圧縮強度

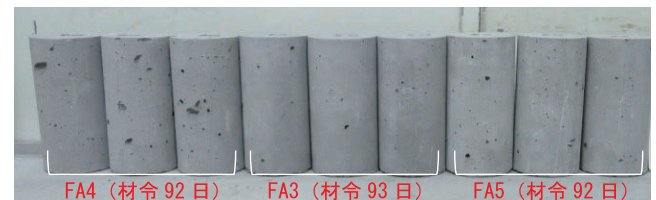
FA3に比べてFA4とFA5の強度が小さいのは、前述の空気量が増加していた影響と考えられる。したがって、FAごとにコンクリートの配合設定を適切に行って、空気量が同等となるようにすれば、圧縮強度も同等になると思われる。

(5) コンクリートの色調比較

上記配合で作製した供試体の3ヶ月経過後の色調を第3図に示す。



第3図 (a) トンネル二次覆工コンクリートの色調



第3図 (b) ダムコンクリートの色調

トンネル二次覆工コンクリートでは、FA5の色調が目視で若干黄色っぽく感じられたが、写真では判別不能なほどの軽微な違いである。一方、ダムコンクリートでは、色調の違いは目視でもほとんどわからない程度である。

トンネル二次覆工コンクリートで感じられた色調の違いがダムコンクリートで感じられなかった理由としては、コンクリートに混和するFA量の違い (トンネル二次覆工コンクリートでは166kg/m³、ダムコンクリートでは96kg/m³) および使用するセメント種の違い (トンネル二次覆工コンクリートで使用している普通セメントに比べて、ダムコンクリートで使用している中庸熱セメントの方が濃色) が考えられる。

3 まとめ

今回、コンクリート材料としてのFAのさらなる有効活用の拡大を目的として、FAの色調がコンクリートに与える影響を評価した。

第1表に示したように、色調④と⑤のFAはJIS II種灰としての品質を満足しており、場合によっては強熱減量等の品質が色調③よりも優れていたとしても、色調評価のみからコンクリート材料としての活用を見合わせてきた。

今回の検討でFAの色調がコンクリートの色調に与える影響は軽微であることが確認でき、適切にコンクリートの配合設定を行えば、色調以外のコンクリート特性に与える影響はほとんど無いと考えられることから、FAの有効活用拡大の可能性が見出された。



執筆／加藤誠司