高品質フライアッシュを混入したトンネル覆工コンクリートの施工について

鹿児島県北薩地域振興局　日髙　正明
鹿児島県北薩地域振興局　古屋　秀史
株式会社熊谷組　正会員　○福田　博光
株式会社熊谷組　正会員　青木　宏一

１．はじめに

フライアッシュは，火力発電所から年間 1000 万トン排出され，「再資源利用促進に関する法律」により指定副産物として有効利用を行う方法が模索されてきた．

コンクリート材料としてフライアッシュを使用した場合，水和熱の減少，長期強度の増進，水密性の向上等，その利点は多いが，コンクリート材料としての普及が進んでいないのが現状である．この原因としては，フライアッシュに含まれる未燃カーボンが AE 剤を吸着することで，空気量が安定せず，スランプロスが大きくなる等，コンクリートの品質が安定しないためである．

高品質フライアッシュはこの課題を克服したコンクリート混和材料である．今後，高品質フライアッシュによって，フライアッシュの有効利用の促進が期待できると考える．

本稿では，高品質フライアッシュをトンネル覆工コンクリートに適用した事例について報告する．

２．高品質フライアッシュについて

高品質フライアッシュは加熱改質装置と風力分級装置により，フライアッシュ中の未燃カーボンを除去し，さらに粒径ごとに分級したコンクリート混和材料である．

未燃カーボンは強熱減量と比例関係にあり，強熱減量は JIS A　6201「フライアッシュの品質規定」に規定されている．**表 2-1** に示すとおり，一般的にコンクリートに用いられるフライアッシュⅡ種の強熱減量は 5.0%以下と規定されているが，高品質フライアッシュの強熱減量は 1.0%以下の仕様で、今回のロットでは 0.5%であり，フレッシュ時のコンクリートの品質も安定すると考えられる．

表 2-1　フライアッシュの品質規定と高品質フライアッシュの品質

		フライアッシュの品質規定				高品質フライアッシュⅡ種
		Ⅰ種	Ⅱ種	Ⅲ種	Ⅳ種	
二酸化ケイ素（%）		45.0以上				66
湿分（%）		1.0以下				0.1
強熱減量（%）		3.0以下	5.0以下	8.0以下	5.0以下	0.5
密度（g/cm^3）		1.95以上				2.29
粉末度	45μmふるい残分（%）	10以下	40以下		70以下	13
	比表面積（cm^2/g）	5000以上	2500以上		1500以上	4400
フロー値比（%）		105以上	95以上	85以上	75以上	105
活性度指数（%）	材齢28日	90以上	80以上		60以上	82
	材齢91日	100以上	90以上		70以上	92

３．適用工事の概要

今回，高品質フライアッシュを覆工コンクリートに適用した北薩トンネルは延長 4,850m の道路トンネルで，国道 504 号地域高規格道路「北薩横断道路」の一部区間である（**図 3-1** 参照）．

図 3-1　北薩トンネル位置図

このうち，北薩トンネル出水側（延長 2,610m）の高濃度砒素湧水の減水（周辺地山にグラウト等を実施）を行ったトンネル延長 273m 区間において，高品質フライアッシュをコンクリート混和材として使用した．高品質フライアッシュの使用により，当該区間における鉄筋コンクリートの施工性の向上と水圧が作用する可能性のある区間の長期強度や耐久性の高い覆工コンクリートの構築を目的とした．

キーワード：高品質フライアッシュ　CfFA　石炭灰　トンネル　覆工コンクリート　北薩トンネル
連絡先　：〒162-0821 東京都新宿区津久戸町 2-1　（株）熊谷組　土木事業本部トンネル技術部　TEL03-3235-8649

4．高品質フライアッシュを混入した覆工コンクリートの施工

(1)配合

配合は高品質フライアッシュの混入率を約 13%のセメント外割りとし、試験練りにより決定した．標準の覆工コンクリートの配合と高品質フライアッシュの配合を**表 4-1** に示す．

表 4-1　覆工コンクリートの配合

	sl (cm)	air (%)	s/a (%)	W/B (%)	単位量 (kg/m3) W	C	CfFA	S	G	混和剤 (B×%)
標準配合	15	4.5	43.5	59.7	181	303	0	784	1093	0.9
CfFA配合	18	4.5	43.5	54.7	187	303	39	757	1056	0.9

C：高炉セメントB種　　CfFA：高品質フライアッシュ
S：細骨材（陸砂・砕砂・海砂）　　G：粗骨材（砕石20-5mm）
混和剤：AE減水剤標準型Ⅰ種
※標準配合　JIS　21-15-20BB

鉄筋コンクリート区間で充填性を向上させるため，高品質フライアッシュの配合はスランプが 18cm となるようにした．

写真 4-1　天端打設状況

(2)施工状況

フライアッシュ混入コンクリートであることから，フレッシュ時の空気量の不安定化が懸念されたが，高品質フライアッシュであったため，実施工では安定した空気量のコンクリートを供給できた．一般的に生コン工場から出荷される通常のレディミクストコンクリートは,気候や運搬時間により AE 調整剤の添加を行っている．この対応は高品質フライアッシュの配合でも同様の傾向であり，今回の施工においても，AE 調整剤の添加量が異なるようなことは無かった．

また，フライアッシュ混入コンクリートによる打設では流動性が高いことから，セントルでのコンクリート流動勾配が標準配合と比べ緩やかとなり，施工性も向上した．

(3)圧縮強度試験・細孔径分布試験結果

標準配合と高品質フライアッシュの配合の圧縮強度試験，細孔径分布試験（水銀圧入法）を行った．試験結果を**図 4-1** に示す．圧縮強度は材齢 28 日で双方とも 30N/mm^2 程度，材齢 182 日で明確な差異が見られ，高品質フライアッシュの配合が 10%程度高い 47.4 N/mm^2 であった．一方，細孔径分布試験では総細孔容積量で双方とも材齢 91 日までは明確に減少傾向を示したが，高品質フライアッシュの配合は材齢 182 日で減少傾向が鈍化し，標準配合の総細孔容積量が少なくなる結果となった．さらに長期養生後の試験を行い，結果を精査する予定である．

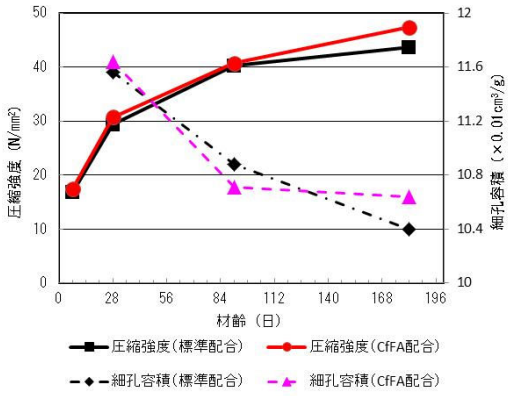

図 4-1　材齢と圧縮強度・細孔径分布の関係

(4)コンクリートの美観

高品質フライアッシュを混入した覆工コンクリートの施工完了後を**写真 4-2** に示す．標準配合に比べトンネル特有の縞模様が減少し，コンクリートの美観は向上した．

写真 4-2　覆工コンクリート施工完了後

5．おわりに

高品質フライアッシュを混入した覆工コンクリートは施工性に優れ，標準配合に比べ長期強度が高くなることおよび覆工コンクリートの美観が向上することを確認できた．

今後は，高品質フライアッシュの混入率を変更した配合や一般的な JIS フライアッシュⅡ種品を配合したコンクリートとの比較試験（具体的には、圧縮強度試験・促進中性化試験・凍結融解試験や透水試験等）を長期間にわたって実施し，高品質フライアッシュの優位性を確認していく予定である．