フライアッシュ原粉を利用したコンクリートの実施配合検討試験

東京電力 HD(株) 正会員 安田 浩二
東京電力 HD(株) 寺内 哲也
五洋建設(株) 正会員 ○米谷 宏史
五洋建設(株) 今村 壮

１．はじめに

国内の石炭火力発電所等から発生するフライアッシュ（以下，FA と記す）の排出量は将来的に急激に増加することが予想されているが,従来の主たる処分用途としてのセメント製造原料や埋立材としての需要は減少傾向にあり，それ以外への有効利用方策の拡大が各所で検討されている．東京電力グループではその有効利用方策の拡大に向けて，FA 原粉の活用拡大に重点を置いて技術開発・実用化を進めており，昨年，福島県広野町にある広野火力発電所の FA 原粉と銅スラグを併用したコンクリートの配合を室内試験にて検討した結果[1)]を報告した．本研究では，浸食崖防護対策工事に使用する方塊ブロックおよび現場打ちの基礎用のコンクリートに FA 原粉を使用したコンクリートを利用するための配合検討試験を行った結果を報告する．

２．コンクリート配合と要求性能

広野火力発電所から発生する FA 原粉は，JIS Ⅱ種相当～規格外にいたるまで品質のバラツキが大きい．そこで今回の配合検討試験では，昨年の室内実験とほぼ同等の当発電所での標準的な品質を持った FA（以下，標準灰）を昨年と同じく 150kg/m^3 混入するケースで基本配合を確認するとともに，FA を増量した配合や，未燃分を多く含んでいると思われる FA（以下，低品質灰）を用いたり，AE 剤を無添加（以下，Non.AE）とした比較対照試験を行い，フレッシュ性状（スランプ，空気量，ブリーディング量）や圧縮強度を比較し，品質のバラつきの目安を得た．表-1 に標準灰と低品質灰の品質試験結果を示す．低品質灰は強熱減量，メチレンブルー吸着量が非常に大きく，空気（連行）量を確保するためには FA 用 AE 剤が大量に必要になると予想された．

表-1 FA 原粉の品質試験結果（抜粋）

項　　目	FA①：標準灰	FA②：低品質灰
強熱減量(%)	3.27	8.3
密度(g/cm3)	2.19	2.28
比表面積(cm2/g)	3,635	6,130
メチレンブルー吸着量(mg/g)	0.96	7.1
フロー値比(%)	102	95
σ28活性度指数(%)	79	80

製造するコンクリートの要求品質を表-2 に，試験配合の一覧表を表-3 に示した．

表-2 要求性能（目標）

項　　目	目標性能		備　　考
	基礎ｺﾝｸﾘｰﾄ用	方塊ﾌﾞﾛｯｸ用	
圧縮強度（呼び強度）	18N/mm^{2}以上	21N/mm^{2}以上	現場施工の管理値
〃　（室内配合強度）	23N/mm^{2}以上	26N/mm^{2}以上	室内試験の目標値
使用セメント	早　強	普　通	
粗骨材の最大寸法	40mm		
スランプ	8cm以上		
空気量	(4.5±1.5%)		空気量を管理するケースのみ
ブリーディング量	0.5cm^3/cm^{2}以下		
コンクリート単位容積質量	2.100t/m^{3}以上		

表-3 試験配合

Con. 種類	配合名	水ｾﾒﾝﾄ比 W/C	水粉体比 W/P = W/(C+F)	細骨材率 S/a	単位量(1m^{3}当り) 単位水量 W (kg)	ｾﾒﾝﾄ C(kg)	FA原粉 F(kg)	細骨材 S(kg)	粗骨材 G(kg)	AE減水剤 AD (×P)	FA用AE剤 AE (×P)
方塊ﾌﾞﾛｯｸ 21N-40	基本配合	72.5%	45.7%	35%	185	255	150	562	1089	0.7%	0.40%
	FA増量		42.5%				180	550	1064	1.0%	0.40%
	NonAE		45.7%				150	562	1089	0.7%	0.00%
	低品質灰(1)									0.7%	0.40%
	低品質灰(2)									1.5%	1.20%
基礎ｺﾝｸﾘｰﾄ 18H-40	基本配合	75.0%	46.6%	35%	185	247	150	564	1093	0.7%	0.40%
	FA増量		43.3%				180	552	1068	0.7%	0.40%
	NonAE		46.6%				150	564	1093	0.7%	0.00%
	低品質灰(1)									0.7%	0.40%
	低品質灰(2)									1.5%	1.20%

配合は方塊ブロック製作用の呼び強度 21N/mm^2 の普通セメントを使用するもの（以下，21N）と現場打ち用の呼び強度 18N/㎜^{2}の早強セメント使用(以下，18H)の 2 種類について検討した．それぞれの基本配合は昨年の室内試験[1)]での成果を参考にして設定し，比較対照として FA を 180kg/m^3 に増量したケース，Non.AE のケース，および低品質灰を使用したケースを実施した．

キーワード　フライアッシュ原粉，コンクリート，有効利用，方塊ブロック

連絡先　〒971-8162 福島県いわき市小名浜花畑町 14-4 五洋建設（株）東電福島工事事務所 TEL 0246-88-1852

3．配合試験結果

練上り時のスランプ・空気量を各配合で比較し図-1,2 に示す．スランプは全て 8cm 以上を満足しており，標準灰を使用した場合では概ねスランプ 15cm 以上となっており，高い充填性が認められた．本工事ではさらに AE 減水剤の添加量を落とすなどでスランプを小さくすることが可能である．空気量については標準灰を用いる場合には AE 減水剤 0.7%+AE 剤 0.4%以内で目標とする 4.5±1.5%に収められそうであるが，低品質灰では同じ配合では空気量が Non.AE の場合とほぼ同等となり，所定の空気量を満足するには AE 減水剤 1.5%＋AE 剤 1.2%（低品質灰(2)）と大量に添加剤が必要になるという結果であった．

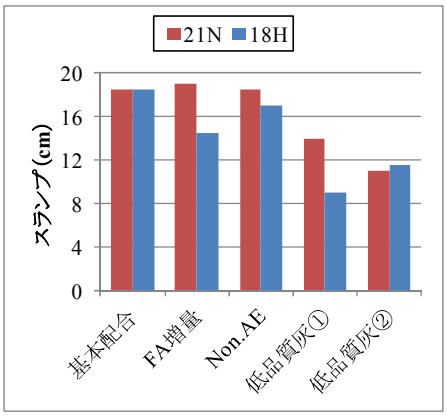

図-1　スランプの比較

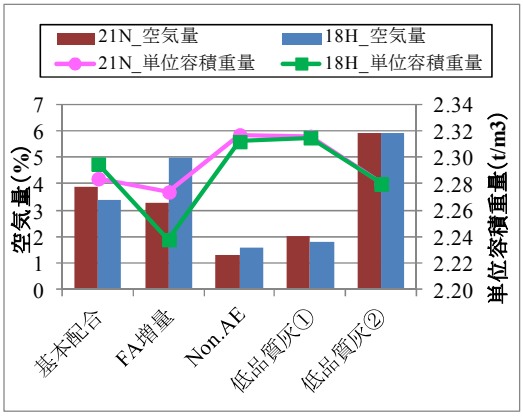

図-2　空気量の比較

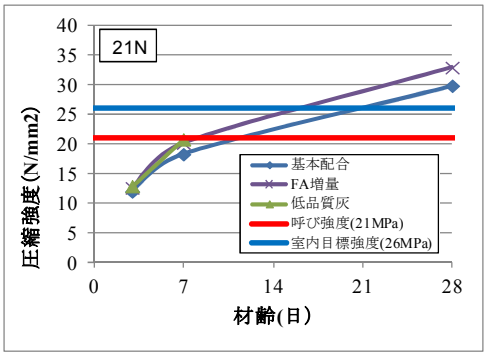

図-3　材齢～圧縮強度(21N)

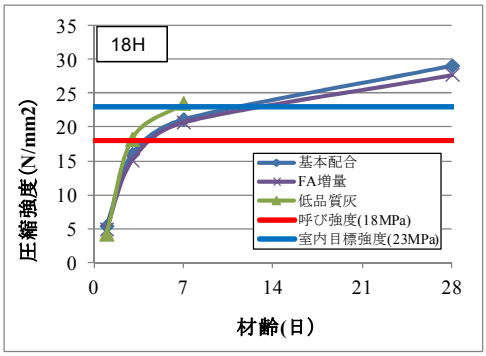

図-4　材齢～圧縮強度(18H)

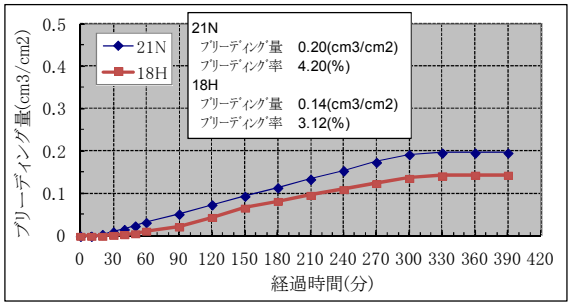

図-5　ブリーディング試験

続いて 21N, 18H の配合別に材齢～圧縮強度関係をまとめた(図-3,4)．21N 配合ではいずれのケースも 28 日強度で室内配合目標強度(呼び強度+5N/mm^2)を満足しており，所期の強度を安定して満足することが可能であると思われる．一方，18H 配合では管理材齢の 7 日強度では呼び強度は満足するものの室内目標強度は満足していないが，28 日強度では十分に目標強度を上回った．一般的に FA を混入したコンクリートは初期強度の発現が遅れる傾向があり，セメント量が少ないことと合わせ，この様な結果になったと思われた．コンクリートを使用する部位，目的によって 7 日で所定の強度が必要な場合には配合を見直す必要がある．なお，低品質灰のケースは材齢 7 日強度までの結果しかないが，標準灰と低品質灰の σ_{28} の活性度指数はほぼ同じであるので，標準灰と同様に低品質灰でも材齢 28 日で目標強度を満足すると考えられる．

最後に基本配合でブリーディング試験を実施した(図-5)が，スランプが大きくてもブリーディング量 0.5cm^3/cm^2 以下を満足しており，粉体（セメント+FA）量を下げなければ材料分離の恐れは少ないと思われた．

4．まとめ

本研究では，方塊ブロック製作用，および現場打ち基礎用のコンクリートとして，広野火力産 FA 原粉を混入する配合試験を実施した．その結果，標準的な品質の FA 原粉を 150～180kg/m^3 混入するコンクリートについて要求性能を満足できる基本配合が確認できた．ただし，FA 原粉は品質のバラつきが非常に大きいため，施工に用いる際に，特に空気量に関して，①メチレンブルー吸着量が非常に大きいような灰は簡易試験などで事前に確認して不使用とする，②凍害を受けにくい場所のコンクリートに利用して空気量の基準を緩やかにすることなどができれば，原粉のままの有効活用の幅がさらに広がると思われる．

参考文献：1)フライアッシュ原粉と銅スラグを併用した消波ブロック用コンクリートの適用性検討，土木学会第 71 回年次学術講演会（平成 28 年 9 月），V-252