

フライアッシュを細骨材補充混和材として使用したコンクリートの 強度および耐久性について～5年暴露試験結果～

四国電力株式会社 正会員 ○竹中 佳
 ㈱四国総合研究所 正会員 石井 光裕
 ㈱四国総合研究所 正会員 高野 剛

1. はじめに

四国電力グループでは、石炭灰火力発電所から発生する石炭灰の有効利用拡大と天然骨材の延命策として、細骨材の一部をフライアッシュ (FA) で置換したコンクリート (以下、「FA を細骨材補充混和材として使用したコンクリート」という) の研究を実施した。FA を細骨材補充混和材として使用したコンクリートに関連する研究はこれまで数多く研究されてきたが、実際の施工規模で性能が評価された事例は少ない。

そこで、本研究では実際の施工法により大型ブロックを作製して、コンクリートの耐久性上厳しいと考えられる海岸部飛沫帯で5年間暴露し、コンクリートの性能に対する影響評価を行ったので、以下に報告する。

2. 試験概要

1) 使用材料

セメントは高炉セメントB種(BB)および普通ポルトランドセメント(N)を使用した。また、細骨材補充混和材としては JIS A 6201 に適合するIV種およびⅡ種を使用し、骨材は阿南市下大野町産の川砂利を破碎した細骨材および粗骨材を使用した。混和剤はAE減水剤ならびにAE剤を用いた。

2) 配合条件

コンクリートの配合は、FAの種類・容積置換率およびセメントの種類の異なる7種類を設定した。コンクリートの配合条件ならびに練上り時の性状を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合条件ならびに練上り時の性状

配合種別	C 種別	FA 種類	FA容積 置換率 (Vol. %)	W/C	細骨材率 (%)	単位数(kg/m ³)					AE 減水剤 (C×%)	AE剤 (cm ³ /m ³)		練混ぜ直後	
						W	C	FA	S	G		AE1	AE2	スランプ (cm)	空気量 (%)
P-B	BB	IV種	0	0.55	45	147	268	-	849	1041	0.25	8	-	12.5	6.5
IV10-B			10		42	147	268	66	713	1099		47	-	10.0	6.5
IV20-B			20		37	158	288	114	545	1162		-	86	10.0	6.5
IV30-B			30		32	169	308	145	401	1226		-	231	11.0	6.2
Ⅱ20-B		Ⅱ種	20		37	155	282	118	550	1170		-	85	11.5	6.5
P-N	N	Ⅱ種	0		45	147	268	-	852	1047		4	-	10.5	6.0
Ⅱ20-N			20		37	161	293	114	542	1162		-	70	11.0	6.3

3) 試験用ブロックの作製方法

試験に使用した大型ブロックの寸法はW1.5m×D0.5m×H1.0mであり、各配合1体ずつ作製した。コンクリートは水平二軸強制練りミキサ (容量 2m³) を使用して練混ぜを行い、製造したコンクリートは工場から現場までの運搬や現場内での運搬を想定してトラックアジテータ内で60分間攪拌し、約50mの配管をポンプ圧送して打設した。試験用ブロックは材齢1ヶ月まで陸地で屋外暴露した後、海岸部飛沫帯へ移設し、5年間の暴露を実施した。

4) 試験項目および方法

本研究における試験項目ならびに方法を表-2に示す。海岸部飛沫帯へ5年間暴露した試験用コンクリートブロックから直径10cmのコアを採取し、圧縮強度、中性化および塩化物イオンの浸透に関する試験を実施した。

表-2 試験項目ならびに方法

実施項目	試験および 調査項目	方 法 (準拠規格等)
硬化コンクリートの性状把握	圧縮強度試験	JIS A 1108
	中性化試験	フェノールフタレイン法 (JIS A 1152)
	塩化物イオン浸透 深さの測定	フルオロセインナトリウム変色法 (JIS A 1171)

3. 試験結果および考察

1) 圧縮強度発現への影響

圧縮試験結果を図-1に示す。材齢28日圧縮強度はいずれの配合もほぼ同等の圧縮強度であり、FAをセメント内割で使用した場合に現れるような初期強度発現の低下は認められなかった。材齢28日から5年の強度増進については、FAを用いない配合では1.1~1.2倍なのに対し、FAを容積置換率10%以上の配合については1.3~1.5倍と大きく増進している。これは、FAのポズラン反応に依るものと考えられる。

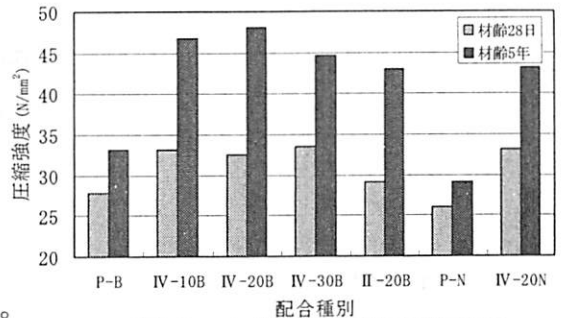


図-1 コンクリートの圧縮試験結果

2) コンクリートの中性化への影響

中性化試験結果を図-2に示す。セメントの種類の違いによる影響については、FAの有無に係らず高炉セメントB種よりも普通ポルトランドセメントのほうが中性化深さが小さくなっている。試験ブロックの上面・下面を比較すると、湿潤状態となり易い下面の中性化深さの進行は比較的小さかったのに対し、乾湿が繰返されるより厳しい条件であった上面の中性化深さは比較的大きい傾向となった。下面については一定の傾向が見られないが、上面の高炉セメントB種使用の配合に関しては、IV-30B配合を除いてP-B配合よりいずれも中性化深さが小さくなっている。これは、FAのポズラン反応等の影響によって組織が緻密化し、二酸化炭素の侵入が抑制されたことが原因と考えられ、IV-30B配合については、FAの置換率が高いため、水酸化カルシウムの消費が進んだことが中性化進行の一因とも考えられる。

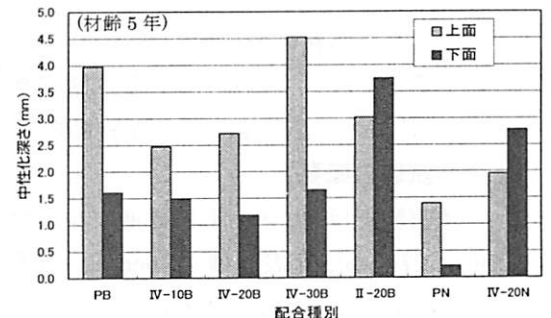


図-2 コンクリートの中性化試験結果

3) コンクリートの塩化物イオンの浸透への影響

塩化物イオンの浸透深さを図-3に示す。塩化物イオンの浸透深さは試験用ブロックの上面・下面ではほぼ同等であり、FAを使用することによって塩化物イオン浸透深さが小さくなった。高炉セメントB種使用の場合、FAの種類の違いや使用量による塩化物イオン浸透深さの抑制効果の差は顕著ではないが、普通ポルトランドセメントを使用した配合では、P-N配合と比較してFAIV種を容積置換率20%使用することによって塩化物イオン浸透深さが大幅に減少した。FA使用による塩化物イオン浸透深さの抑制効果は、セメント量を確保した上でFAを使用したことにより、コンクリート組織の緻密化やコンクリート表層部で固定化される塩化物イオン量が増加する等によって、コンクリート内部への塩化物イオンの移動が抑制されたことが要因と考えられる。

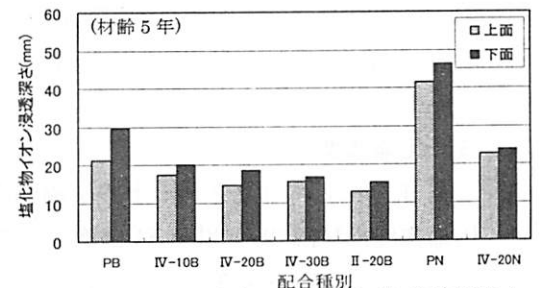


図-3 コンクリートの塩化物イオン浸透深さ

4. まとめ

海岸部飛沫帯で5年間曝露したFAを細骨材補充混和材として使用したコンクリートの強度および耐久性に関する試験の結果、FAを使用しないコンクリートと比較し、圧縮強度は初期強度が低下することなく長期強度が大きく増進すること、中性化の進行は概ね同程度か抑制される傾向にあること、塩化物イオンの浸透は抑制されることを確認した。これらの結果により、FAを細骨材補充混和材として使用したコンクリートは十分実用性を有していることが実施工規模で検証できた。

FAを細骨材補充混和材として使用すれば石炭灰火力発電所から副産される石炭灰の有効利用が可能であり、なおかつ砕砂などの天然骨材資源の延命化等にも貢献できるため、本技術の普及活動を行っていきたい。

最後に本研究は土木学会四国支部における調査研究委員会の活動の一環として実施した試験を、委員会終了後も継続して行ったものであることから、関係各位に深く感謝の意を表します。