

フライアッシュを使用した高流動コンクリート海岸ブロックの暴露試験

九州電力(株) 内田 直人 船本 憲治
西日本技術開発(株) 永松 武教 小谷 一臣

1. はじめに

石炭灰の発生量は、今後の石炭火力発電所の新・増設により2010年までに1000万tまで増加することが予想されており、石炭灰の更なる大量有効利用が急務となっている。このような背景の中、当社では平成8年度までに海外炭灰を利用した高流動コンクリートについて研究開発を行い、実構造物への適用を進めてきた。一方、海岸線や海岸構造物を保護するための海岸ブロックは、材齢1年強度が20~30N/mm²の普通コンクリートで製作されており、耐摩耗性が十分ではなく、ライフサイクルコストは高流動コンクリートに比べて増加するものと予想される。そこで、材齢1年強度が55~70N/mm²の高流動フライアッシュコンクリートの耐摩耗性を評価するために、海岸ブロックを製作し、磯浜にて暴露試験を行い、経年追跡調査を実施した。

2. 使用材料及びコンクリート配合

高流動コンクリートの目標強度（材齢1年）は55, 70N/mm²の2水準とした。また、比較用として、通常、海岸ブロックで使用されている設計基準強度21N/mm²（材齢28日）の普通コンクリートを用いた。

セメントは、高流動コンクリートの場合は普通ポルトランドセメントを、普通コンクリートの場合は高炉セメントB種を用いた。フライアッシュは、JIS種規格を満足する比表面積の異なるAおよびBを用い、表-1にその品質を示す。なお、両者とも、現在、大型石炭火力発電所でほぼ安定的に発生している強熱減量の小さいフライアッシュである。細骨材は海砂を、粗骨材は砕石を使用した。

高流動コンクリートの配合を表-2に示すが、まず、粉体容積180 l/m³および粗骨材容積320 l/m³を一定とし、フライアッシュのフロー値比を基に試し練りより単位水量を決定し、次に、各目標強度を満たす水セメント比を決定した。一方、普通コンクリートは、今回使用したレディーミクストコンクリート工場で通常海岸ブロックを製造している時の配合とした。なお、高流動コンクリートには高性能AE減水剤を、普通コンクリートにはAE減水剤を使用し、F-70、F-55、S21の材料コストは、ほぼ1.3:1:1である。

表-1 フライアッシュの品質

項目	A	B	JIS 種規格	
二酸化けい素(%)	64.5	71.1	45以上	
水分(%)	0.1	0.1	1以下	
強熱減量(%)	1.6	1.4	5以下	
密度(g/cm ³)	2.31	2.22	1.95以上	
粉末	45μmふるい残分(%)	33	12	40以下
度	比表面積(cm ² /g)	2690	4300	2500以上
フロー値比(%)	101	98	95以上	
28日活性度指数(%)	80	83	80以上	
91日活性度指数(%)	93	97	90以上	
メタボール吸着量(mg/g)	0.40	0.28	-	

3. 暴露試験結果

(1) 圧縮強度

暴露試験は、5トン海岸ブロックを一配合につき6個合計30個作製し、1ヶ月後に九州電力株主北発電所近郊の磯浜に暴露した。材齢と圧縮強度の関係を図-1に示す。なお、材齢1年までは標準水中養生の供試体、材齢5年は暴露試験終了後の海岸ブロックから採取したコア供試体の圧縮強度を示している。高流動コンクリートは、少ないセメントでもセメント外割のフライアッシュが強度発現に大きく寄与し、F-55は同等のコストでS21の1.3倍以上の長期強度を実現でき、各配合は材齢1年の目標強度を満足できた。また、フライアッシュの種類A、Bによる差は材齢1年の範囲では見受けられず、表-3の活性度指数の差の影響は見られなかった。

表-2 コンクリートの配合

配合番号	コンクリート種類	目標強度(1年) (N/mm ²)	設計基準強度(28日) (N/mm ²)	FA種別	水セメント比 (%)	粉体容積 (l/m ³)	粗骨材容積 (l/m ³)	単位量 (kg/m ³)					高性能AE減水剤 (P*%)	AE減水剤 (P*%)	AE剤 (P*%)
								水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材			
								W	C	FA	S	G			
F-70-A	高流動	70	-	種	50	180	320	170	340	166	749	848	1.4	-	0.011
F-55-A		55	-	A	85			170	200	269	749	848	0.8	-	0.011
F-70-B		70	-	種	50			180	360	146	723	848	1.4	-	0.011
F-55-B		55	-	B	85			180	212	250	723	848	0.9	-	0.011
S21	普通	-	21	-	56	94	451	160	286	-	645	1194	-	0.275	-

*) P=C+FA

キーワード フライアッシュ, 高流動コンクリート, 海岸ブロック, 暴露試験

連絡先 〒815-8520 福岡市南区塩原二丁目1番47号 九州電力株式会社 総合研究所 TEL:092-541-2910

材齢1年から5年の強度の伸びは、S21は養生条件の違いから0.94となったが、F-55-AとF-70-Aはそれぞれ1.10, 1.14となり、ポズラン反応による長期強度の増進が認められた。

(2) 寸法変化率

海岸ブロックの寸法測定箇所を図-2に示す。

測定箇所は、頭部円周、脚部半円周および斜辺とし、一配合毎に、頭部円周は1側線×6個、脚部半円周および斜辺はそれぞれ3側線×6個とし、その平均値を用いた。5年間設置後の頭部円周はほとんど磨耗が見られず、また、脚部斜辺には有意な差が見られなかった。一方、脚部半円周では有意な差が見られ、圧縮強度と脚部半円周寸法変化率の関係を図-3に示す。脚部半円周寸法変化率は、圧縮強度が大きくなるほど指数関数的に小さくなる傾向を示しており、良い相関式が得られている。また、今回の高流動コンクリートの寸法変化率は、普通コンクリートの約半分であり、今回の高流動コンクリートが耐磨耗性に優れていることが明らかになった。

(3) 既設海岸ブロックを含めた寸法変化率の検討

既設の5トン六脚ブロックは、今回試験した暴露場所の近くの磯浜に昭和60年に設置されたもので、設置年数は14年目の測定結果である。また、コンクリートの配合資料は入手できなかったが、レディーミクストコンクリート工場等からの聞取によると、今回試験したS21に近い配合と推察される。磨耗状況を目視により観察すると、頭部ではほとんど磨耗がなかったものの、ブロックの脚部では全体的に粗骨材がはっきりと浮出した状態が見られた。

そこで、今回のケース（設置期間5年）と既設六脚ブロック（設置期間14年）の寸法測定結果を含め、設置年数と脚部寸法変化率の関係を図-4に示す。なお、六脚ブロックの寸法測定箇所は、脚部の縦・横・奥行の合計77側線とし、その平均値を用いた。同一配合と推察される今回のS21（設置期間5年）と既設六脚ブロック（設置期間14年）は、ほぼ一直線となり、今回のS21の測定値はほぼ妥当なものと考えられる。また、高流動コンクリート（F-70, F-55）の寸法変化率は、普通コンクリート（S21）の約半分であり、今回の高流動コンクリートが耐磨耗性に優れていることが明らかになった。

4. まとめ

(1) フライアッシュを使用した高流動コンクリートの場合、少ないセメントでもセメント外割のフライアッシュが強度発現に大きく寄与し、同等のコストで、現在一般的に用いられている海岸ブロック配合の約1.3倍以上の長期強度を実現することができる。

(2) 磯浜における5年間の海岸ブロック暴露試験により、フライアッシュを使用した高流動コンクリート海岸ブロックは、従来の海岸ブロックと比較して、ほぼ同等のコストで脚部寸法変化率を約半分に低減でき、長期強度および耐磨耗性に優れていることが明らかになった。なお、本暴露試験は、現在継続中で引き続き追跡調査を行う予定である。

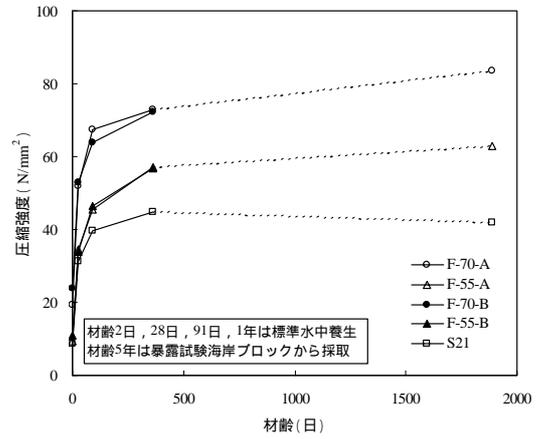


図-1 材齢と圧縮強度の関係

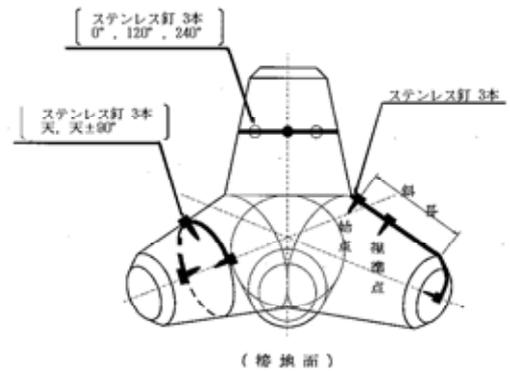


図-2 海岸ブロックの寸法測定箇所

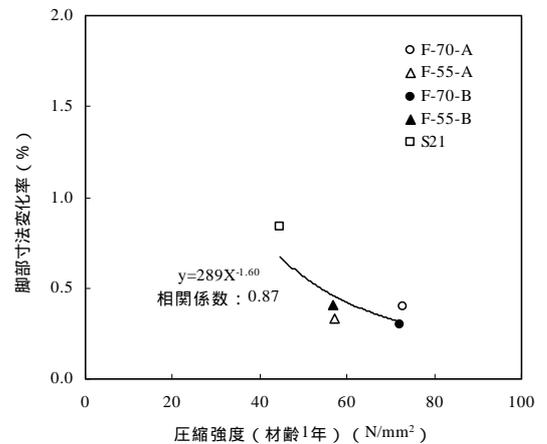


図-3 圧縮強度と脚部寸法変化率の関係

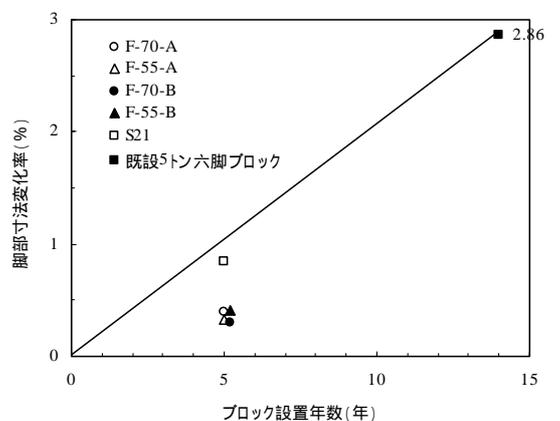


図-4 ブロック設置年数と脚部寸法変化率の関係