

V-6 干満帯で長期曝露したフライアッシュ使用コンクリートの特性

㈱四国総合研究所 正会員 ○中川裕之

㈱四国総合研究所 正会員 加地 貴

四国電力㈱ 入会手続き中 佐々木勝教

四国電力㈱ 正会員 石井光裕

コンクリート構造物の耐久性は、最も重要な要求機能である。今回、長期耐久性に対するフライアッシュの特性を確認するために、海岸部干満帯に15年間曝露した供試体の物性試験結果を報告する。

1. 試験概要

供試体は平成1年8月に、表1に示す設定条件別に製作した。供試体形状は、90cm立方体（大型供試体）とφ10cm円柱（小型供試体）の2種類、配合種別としては、普通ポルトランドセメント単体とセメントの30%をフライアッシュ（I種JIS A 6201-1999）相当）に置換した場合の2種類、また水セメント比はW/C=50, 60%の場合をそれぞれ設定した。曝露ヤードは、四国電力㈱阿南発電所構内の、材料荷揚げ栈橋下（干満帯部）と構内海岸付近（陸上部）の2ヶ所とした（写真1）。

まず平成2年2月（材齢6ヶ月程度）に、大型供試体から採取したコアと小型供試体を用いて各種物性試験を行った。そして曝露開始後15年経過した平成16年9月に、再度同様な各種物性試験を行った。

表1 供試体概要

供試体寸法	W/C(%)	曝露位置	FA使用	供試体名称
90×90×90cm	60	干満帯部	0%	大型供試体 C60-A
"	"	"	30%	" F60-A
"	"	陸上部	0%	" C60-B
"	"	"	30%	" C60-B
"	50	干満帯部	0%	" C50-A
"	"	"	30%	" F50-A
"	"	陸上部	0%	" C50-B
"	"	"	30%	" F50-B
φ10×20cm	60	干満帯部	0%	小型供試体 C60-A
"	"	"	30%	" F60-A
"	"	陸上部	0%	" C60-B
"	"	"	30%	" F60-B
"	50	干満帯部	0%	" C50-A
"	"	"	30%	" F50-A
"	"	陸上部	0%	" C50-B
"	"	"	30%	" F50-B

フライアッシュ (FA) = セメント重量×30%使用

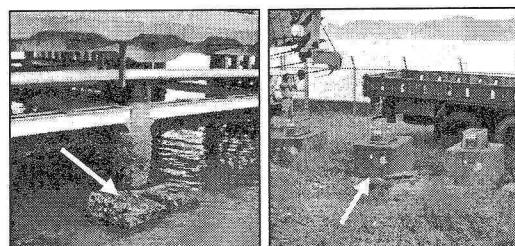


写真1 曝露状況（左：干満帯部、右：陸上部）

2. 試験結果

①圧縮強度：図1に大型供試体から採取したコア（φ10cm）の圧縮強度（W/C=60%）の強度変化を示す。干満帯曝露大型供試体（C60-A・F60-A）において、圧縮強度は、セメント単体配合のC60-Aが少し低下しているのに対して、フライアッシュを添加したF60-Aは増加している。この傾向は、陸上部曝露大型供試体（C60-B・F60-B）よりも顕著となっている。

また、図2および図3に小型供試体における材齢ごとの圧縮強度変化を示す。（なお、小型供試体に関しては、標準水中養生での7日、28日強度も併記した。）先の大型供試体の傾向と同様、大型供試体（C60-A・F60-A）と同位置の干満

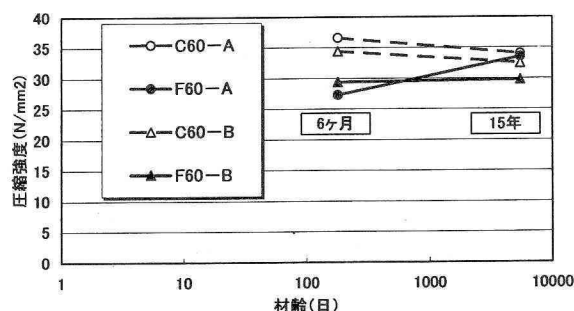


図1 材齢-圧縮強度（大型、W/C=60%）

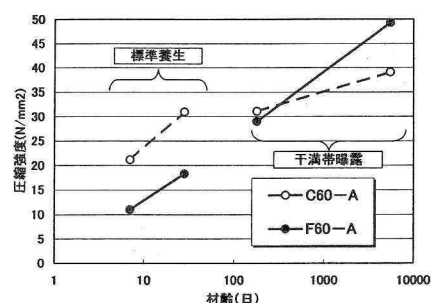


図2 材齢-圧縮強度（小型、W/C=60%）

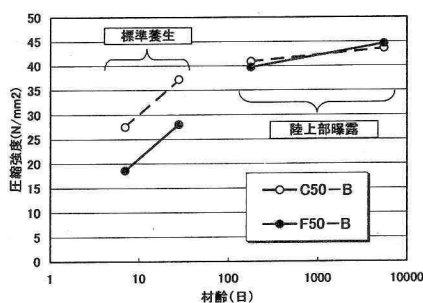


図3 材齢-圧縮強度（小型、W/C=50%）

帯に曝露した小型供試体（C60-A・F60-A）も、その材齢が1年以上経過した後からは、フライアッシュを添加したF60-Aの強度増加がセメント単体配合のC60-Aを上回っている。

②超音波伝播速度：コンクリートの長期的な物性変化に関して超音波法による測定を行った。測定は、パンジット (C.N.S. Electronics 社製) を用いて透過法により行った。大型供試体内の超音波伝播速度を測定した結果を図 5 に示す。圧縮強度 (図 4) と比較すると概ね同様な傾向が得られている。ただし、一部圧縮強度試験結果と異なるが、測定の際の透過距離が 90cm (大型供試体の寸法) と比較的長いことを考慮すると、測定精度や超音波伝播経路の影響等を受けていると思われる。

干満帯曝露大型供試体 (C60-A・F60-A) において、超音波伝播速度測定値の有意差は見られない。一方、陸上部に曝露した場合には、フライアッシュを添加した供試体 (F50-B, F60-B) の方が、セメント単体配合よりも、長期的な強度増加が得られている測定結果となっている。

③塩化物イオン含有量：干満帯曝露大型供試体 (C60-A・F60-A) 表面部付近での塩化物イオン含有量の分布状況を図 6 に示す。また図 7 には、各供試体の塩化物イオン含有量分布より回帰して求めた見掛けの拡散係数を示す。フライアッシュを添加した供試体は、塩化物イオンの浸透量や拡散速度が抑制されている。仮に、鉄筋構造物における腐食発生限界塩化物イオン濃度を 1.2kg/m^3 ($0.05\text{wt}\%$ 程度) ¹⁾ とした場合、フライアッシュを添加した供試体 (F60-A) の見掛けの拡散係数 ($D=1.035 \times 10^{-8}\text{cm}^2/\text{s}$) 及びコンクリート表面塩化物イオン濃度 ($3.157 \times 10^{-1}\text{wt}\%$) 等より推定した鉄筋かぶり 10cm 位置付近での予想腐食発生時期は 70 年程度と試算された。

④細孔径分布：水銀圧入法により、供試体表面から 3cm 深さ付近の細孔径分布を測定した。干満帯曝露大型供試体 (C60-A・F60-A) の測定結果を図 8 に示す。フライアッシュを添加した供試体 (F60-A) の方がピークの細孔径が小さく、また、累積細孔量の 50% にあたる細孔径は、 $270\text{\AA}$ (C60-A), $110\text{\AA}$ (F60-A) 程度であり、コンクリートが緻密化していることが分かる。

3. まとめ

以上 15 年間に渡る海岸部干満帯への曝露試験により、フライアッシュを添加することによって、

- ①長期的な強度増加 (圧縮強度や超音波伝播速度より)
- ②コンクリートの緻密化 (塩化物イオン含有量や細孔径分布より)

が得られていることが分かった。このような非常に厳しい環境下においても、フライアッシュを添加することにより、コンクリートの耐久性向上が図られると考えられる。

4. 参考文献

- 1) コンクリート標準示方書 [維持管理編] (2001 年制定：土木学会)

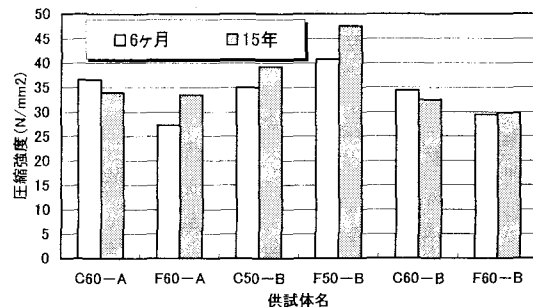


図 4 圧縮強度 (大型供試体)

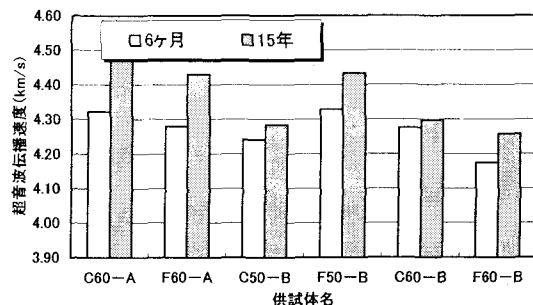


図 5 超音波伝播速度 (大型供試体)

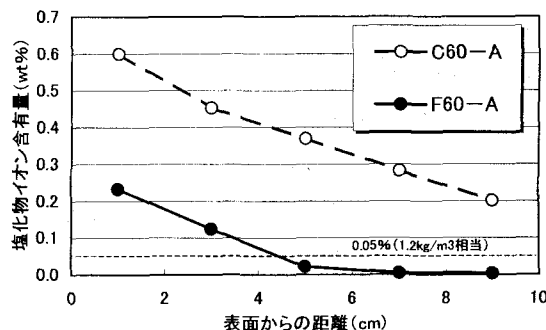


図 6 塩化物イオン含有量分布

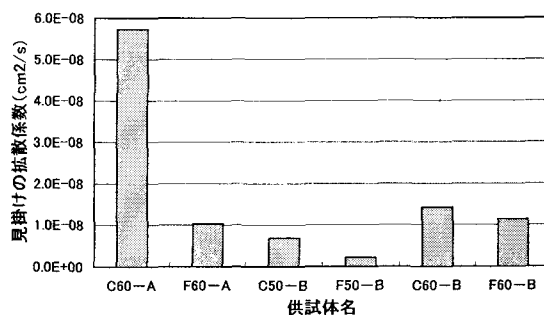


図 7 塩化物イオンの見掛けの拡散係数

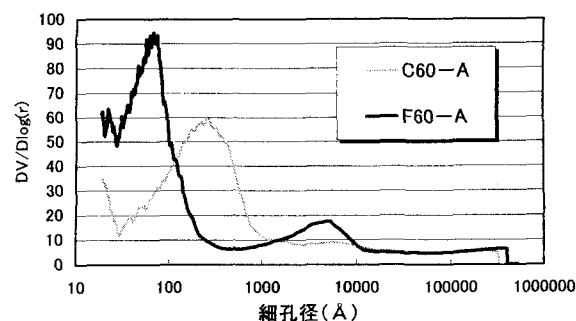


図 8 細孔径分布