

## フライアッシュを多量使用したコンクリートの鉄筋腐食

広島大学 正会員 河合 研至  
 広島大学 学生会員 Paweena Jariyathitipong  
 愛媛県 正会員 ○内田 友  
 電源開発(株) 正会員 土田 茂

### 1. はじめに

資源有効利用の観点から、フライアッシュ等の産業副産物をコンクリート用材料として多量に活用することが望まれる。ただし、フライアッシュを多量使用した場合に、初期強度の低下や中性化の早期進行が懸念される。筆者らは、フライアッシュのポゾラン反応をアルカリ刺激剤によって促進し、ポゾラン反応により消費される硬化体中のカルシウム分をカルシウム化合物の添加によって補充することを試みている。これによって、ポゾラン反応を継続的に進行させ、上記の問題点を克服したフライアッシュ多量使用の可能性について検討を行っている。本研究では、アルカリ刺激剤として水酸化カリウムを使用し、カルシウムの補充用として石灰石微粉末を添加した場合における、フライアッシュ多量使用時の鉄筋腐食に関して実験的検討を行った。

### 2. 実験概要

セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm<sup>3</sup>，比表面積 3380cm<sup>2</sup>/g），フライアッシュにはブレアソール炭のフライアッシュ II 種相当品（密度 2.24g/cm<sup>3</sup>，比表面積 4140cm<sup>2</sup>/g）を使用した。また、細骨材として風化花崗岩系山砂，粗骨材として流紋岩質砕石，混和剤としてポリカルボン酸エーテル系高性能 AE 減水剤ならびにフライアッシュ用 AE 剤を使用した。アルカリ刺激剤として水酸化カリウムを使用し、0.5N 水酸化カリウム溶液を混練水として使用することにより投入した。また、カルシウム分の補充用として、石灰石微粉末（密度 2.71g/cm<sup>3</sup>，比表面積 8130cm<sup>2</sup>/g）をフライアッシュ添加量の 50%外割で添加した。

供試体は 100×100×400mm のコンクリート供試体とし、かぶり量が 20mm となるよう D10 異形棒鋼を埋設した。コンクリートの配合を図-1 に示す。なお、以降、供試体の種別には図-1 に示した記号を用いる。供試体は材齢 28 日まで水中養生を行った後、曲げ載荷によりかぶりコンクリートのスパン中央部分に約 0.2mm の表面ひび割れを導入した。その後、3% NaCl 溶液浸漬 3 日間，大気中暴露 4 日間を 1 サイクルとする乾湿繰返し試験を実施し、鉄筋の促進腐食を行った。

図-1 コンクリートの配合

記号	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
	W	C	F A	S	G	L P	S P	A E
PL	177	295	0	854	950	0	0.472	0
F30	177	207	89	854	950	0	0.354	0.0089
F60	177	118	177	854	950	0	0.325	0.0236
F60-K-LP	177	118	177	854	950	89	0.413	0.0245
F90-K-LP	177	30	266	854	950	133	0.472	0.118

鉄筋の腐食状況は、銀一塩化銀電極を用いた自然電位測定ならびに腐食電流密度測定により追跡するとともに、乾湿繰返し 11 週（材齢 15 週）

ならびに 34 週（材齢 38 週）に鉄筋をはつりだし目視観察を行った。

### 3. 実験結果および考察

乾湿繰返し 34 週において、はつりだした鉄筋の腐食状況を写真-1 に示す。PL と比較して F30 の方が腐食の程度は小さく、F60 で腐食が極端に著しくなる。その一方で、F60-K-LP では F60 と比較して腐食の進行が著しく遅く、F30 と同程度の腐食にとどまっている。なお、乾湿繰返し 11 週においては、鉄筋の腐食している範

キーワード フライアッシュの多量使用，コンクリート，鉄筋腐食，ひび割れ，アルカリ刺激剤

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻 TEL0824-24-7788

囲が、乾湿繰返し 34 週の結果と比較して PL および F30 ではおよそ 1/2, F60 ではおよそ 1/4 であるのに対し, F60-K-LP では全く腐食が発生していなかった. F60-K-LP では石灰石微粉末を外割で添加しているため, F60 と比較して硬化体が緻密化していることが腐食の進行を遅延させた理由として考えられるが, 乾湿繰返し 11 週の段階において F60-K-LP のみで腐食が認められなかったことは, アルカリ刺激剤の添加により細孔溶液中のアルカリ濃度が上昇し, それに伴って水酸化イオン濃度も上昇したことが要因として考えられる. すなわち, ひび割れ近傍において細孔溶液中で高アルカリ環境が形成されたために, たとえひび割れ部からの塩化物イオンの浸入があっても, 鉄筋の不動態被膜破壊が容易に生じなかったものと推察される. なお, F90-K-LP では, 硬化が著しく遅く, 乾湿繰返し初期から鉄筋腐食が認められた.

PL, F30, F60 ならびに F60-K-LP における自然電位と腐食電流密度の関係をそれぞれ図-1, 図-2, 図-3 ならびに図-4 に示す. 供試体は各配合 6 体ずつ作製しており, 1 体について 2 ヶ所で測定を行った. その全測定結果をプロットしている.

PL と F30 を比較したとき, いずれも自然電位が卑の側に移行するにつれて腐食電流密度は大きくなっていくが, PL の方が腐食電流密度の大きくなる割合が高い. 硬化体の緻密さの相違が反映されているものと考えられる. また, F60 と F60-K-LP を比較したとき, F60-K-LP では自然電位が卑に移行しても腐食電流密度がそれほど大きくなっていない. この結果は, 腐食が開始した場合においても腐食の進行速度は非常に遅いことを示しており, 前述した水酸化カリウムによるアルカリ強化の影響が表れているものと思われる.

#### 4. まとめ

ポズラン反応促進の観点から水酸化カリウムをアルカリ刺激剤として添加したとき, フライアッシュを多量に使用したコンクリートにおける鉄筋腐食の進行は, アルカリ刺激剤を添加しない場合と比較して著しく遅延することが明らかとなった.



写真-1 鉄筋の腐食状況 (乾湿繰返し 34 週).  
上から PL, F30, F60, F60-K-LP

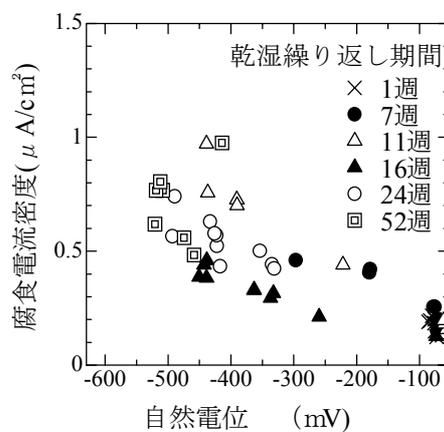


図-1 自然電位と腐食電流密度  
の関係 (PL)

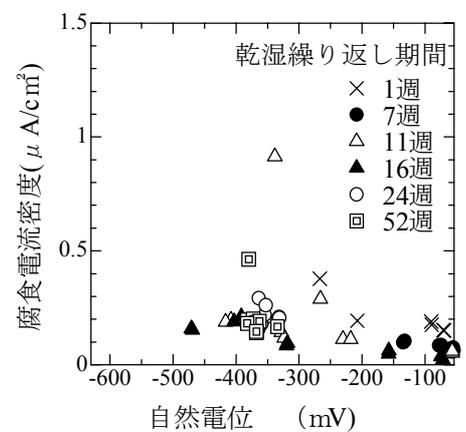


図-2 自然電位と腐食電流密度  
の関係 (F30)

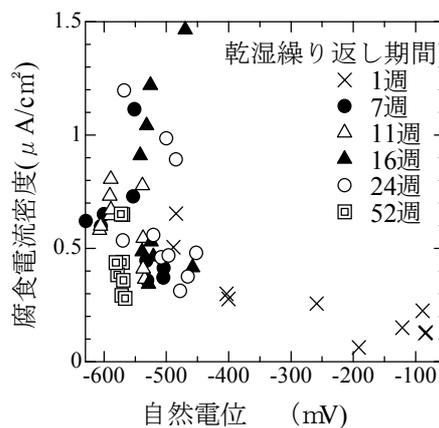


図-3 自然電位と腐食電流密度  
の関係 (F60)

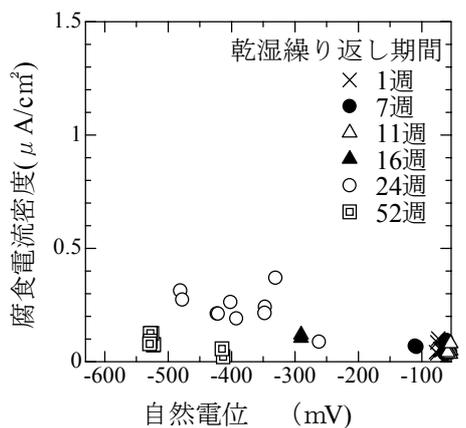


図-4 自然電位と腐食電流密度  
の関係 (F60-K-LP)