

焼却飛灰を用いたコンクリートの鉄筋腐食に関する基礎実験

福岡大学大学院 ○学生会員 藤本 竜太 福岡大学 正会員 添田 政司
福岡大学 正会員 大和 竹史 福岡大学 正会員 江本 幸雄

1. はじめに

一般廃棄物の焼却により発生する焼却飛灰中には高濃度の塩類や重金属類を含有しているためそのほとんどは中間処理を経た上で埋立処分されている。しかし、埋立用地の確保難、環境汚染等から今後埋立のみでは処理できなくなることが予想されるため、焼却飛灰の再資源化が推進されている。焼却飛灰に含有する重金属類のセメントによる安定化は多く報告されている¹⁾が、塩類を高含有している焼却飛灰をコンクリートへ利用した研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、焼却飛灰に内在する塩類による鋼材の腐食性状を明らかにするため、水中浸漬、中性化促進試験および塩水噴霧試験を実施し、焼却飛灰の鉄筋コンクリートへの有効利用の可能性を検討したものである。

2. 実験概要

使用材料および配合：焼却飛灰は乾式飛灰（比重2.75, Cl 12.8g/L, Pb 33.1mg/L, pH 12.6, 略号FA）を使用し、細骨材（比重2.60, 略号S）は十分除塩した海砂を使用し、粗骨材（比重2.79, 略号G）は砕石2005を使用した。結合材として普通ポルトランドセメント（比重3.16, 略号C）を用いた。混和剤には、ポリカルボン酸系の高性能AE減水剤（SP 8 N）を用いた。コンクリートの配合は、水結合材比35, 45, 55%の3種類とし、それぞれについて焼却飛灰をセメント量の外割で0, 10, 20%添加したもの9種類とした。練混ぜは2軸強制練りミキサーを用い、全材料投入後180秒練り混ぜた。なお焼却飛灰は重金属（Pb）の不溶化¹⁾を行うため、1:0.4の割合で水とあらかじめ練混ぜたものを使用した。

試験方法：圧縮試験はφ10×20cmの円柱供試体を用いJIS A 1108に従って材齢7日、28日および91日に行った。鉄筋の腐食試験には、10×10×40cmの角柱を用い、鉄筋を（磨き丸鋼：φ6mm）をかぶり10mmと20mmに配置した。試験条件は、連続して水中養生を行ったものと、28日間水中養生後に中性化促進（CO₂:5%, 温度:40℃, 湿度:65%）と塩水噴霧（3%NaCl水溶液）を行った3通りの条件下で行った。それぞれの供試体を所定の期間ごとに取出し、自然電位の測定（ASTM C 876）を行い試験終了後に鉄筋をはつり出して鉄筋の発錆面積を測定した。

3. 実験結果および考察

焼却飛灰を混入したコンクリートの圧縮強度の試験結果を図-1に示す。水結合材比45および55%の焼却飛灰混入率10%の圧縮強度は、無混和とほぼ同程度を示しているが、水結合材比が小さい35%では、混入率が多いほど強度の発現は小さくなる傾向にあった。これは焼却飛灰中に含有する高濃度の重金属（Pb）をあらかじめ水に接触させ重金属を不溶化させたため、その水量が低結合材比の強度発現に大きく影響を及ぼしたものと考えられる。

図-2は水中養生を継続して行った時の自然電位の結果を示したものである。焼却飛灰無混和の自然電位は試験開始時に-100mV前後であり、150日目においてもほとんど変化は認められなかった。一方、焼却飛灰を混和した場合は、開始時においてすでに-200~-300mVに位置し、試験期間の経過とともに徐々に増加する傾向にあった

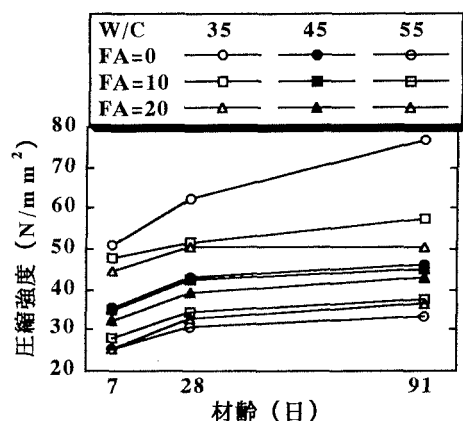


図-1 圧縮強度試験結果

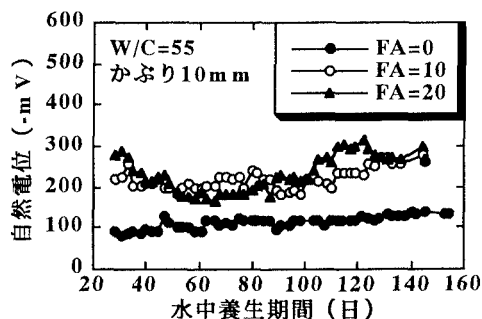


図-2 水中養生における自然電位結果

が、-350mVよりも貴であることから、鉄筋腐食の可能性が小さいものと考えられる。

図-3は塩水噴霧試験を行った時の自然電位の結果を示したものである。塩水噴霧期間においては、焼却飛灰を混和した場合の方が無混和に比べ電位は高くなっているが試験期間が短く外部からの塩化物の浸透が少ないため、鉄筋の腐食の可能性は小さいと思われる。

図-4は中性化促進試験を行った時の自然電位の結果を示したものである。焼却飛灰無混和の自然電位は、中性化期間が経過しても-100mV以下で推移したが、焼却飛灰を混和した場合は中性化期間の経過とともに自然電位は増加する傾向にあり、-350mVよりも卑となったことから、鉄筋腐食の可能性が高いと考えられる。次に中性化深さについて検討を行った。

図-5は水結合材比55%における中性化深さの結果を示したものである。中性化深さは、焼却飛灰を混入した場合でも中性化期間の平方根に比例し、中性化期間の経過とともに増加している。混入率の影響では混入率が多いほど中性化速度は大きくなる傾向にあった。これは焼却飛灰を混入した場合でも圧縮強度に差がないことから、焼却飛灰中に内在する塩化物イオンが中性化による塩化物の移動や濃縮現象により²⁾ 中性化速度が大きくなったものと考えられる。

図-6は中性化促進試験終了後に鉄筋を取り出し、その発錆面積率をかぶり別に示したものである。発錆面積率は水結合材比が小さくなる程低下する傾向にあるが、水結合材比が大きい場合は、焼却飛灰の混入率が多くなる程発錆面積率は大きくなる傾向にあった。特に水結合材比55%では、無混和の場合は中性化深さが約10mmであるにも関わらず10%程度であったが、焼却飛灰を混入した場合は、かぶりが10mmで60%以上と著しい腐食が認められた。このように腐食が促進された要因としては、焼却飛灰を混入した場合は自然電位が試験開始よりすでに高かったことや、中性化速度が早くなったことが大きく影響しているものと考えられる。

4. まとめ

焼却飛灰を混入した場合の圧縮強度は、水結合材比が大きい場合は無混和とほぼ同程度の強度を得ることができるが、焼却飛灰中に内在する塩化物イオンが多いため、一般の鉄筋コンクリート部材には鉄筋腐食の観点から問題があることが明らかとなった。そのため焼却飛灰の再資源化を図るためには、鉄筋腐食に関与しない、無筋コンクリートやポーラスコンクリートへの利用が有効と考えられる。

【参考文献】

- 1) 長谷川ら：セメント固化処理飛灰の膨張挙動特性について，土木学会西武支部研究発表会講演概要集，pp984-985，1997.3
- 2) 小林ら：炭酸塩化によって引き起こされるコンクリート中の塩化物，硫酸化合物およびアルカリ化合物の移動と濃縮，コンクリート工学論文集，Vol1，No.2，1990
- 3) 長谷川ら：焼却飛灰のポーラスコンクリートへの有効利用に関する実験的研究，コンクリートと資源の有効利用，コンクリート技術シリーズNo.29，pp II 43- II 48

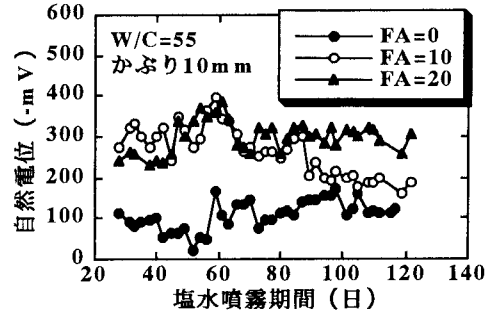


図-3 塩水噴霧における自然電位結果

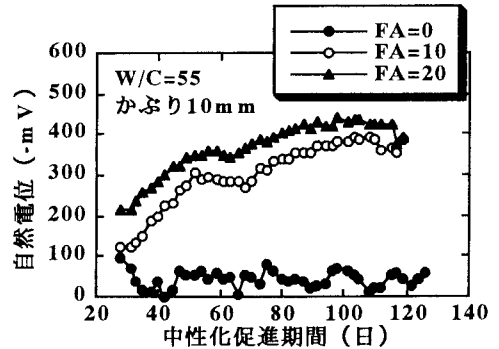


図-4 中性化促進における自然電位結果

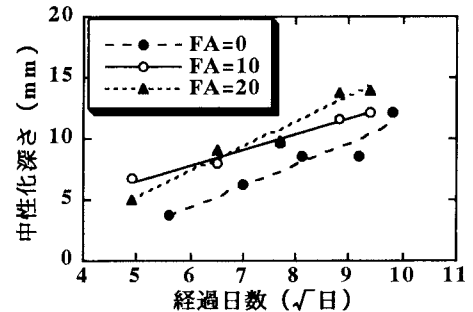


図-5 経過日数による中性化浸透深さ特性

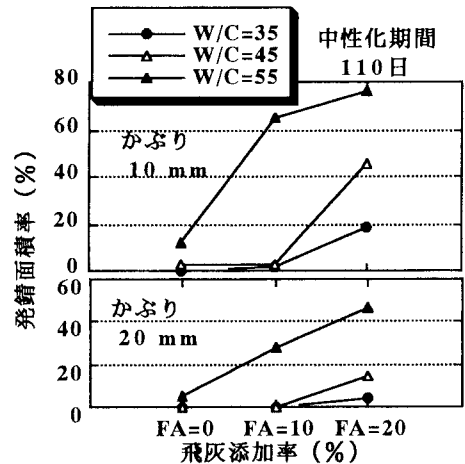


図-6 配合別発錆面積率結果