

フライアッシュ、高炉スラグ微粉末およびシリカフェーム
を使用したコンクリートの鉄筋腐食特性

金沢大学工学部 正会員 川 村 満 紀
金沢大学工学部 正会員 鳥 居 和 之
金沢大学工学部 学生員○ 藤 井 剛

1. まえがき

海洋環境下におかれた鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋が腐食する原因としては、塩素イオンによる鉄筋の不動態被膜の破壊が挙げられる。塩素イオンのコンクリートへの浸透性は、かぶりコンクリートの透過性に密接に関係する混和材の種類、水・結合材比および養生などに影響されるので、コンクリートの配合および養生の条件を適切に選択することにより、塩素イオンが浸透しにくいような密実なかぶりコンクリートを作ることが鉄筋腐食の防止において基本となる。本研究では、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末およびシリカフェームを使用したコンクリートにおける鉄筋腐食特性を明らかにすることを目的とし、急速塩素イオン透過性試験によりコンクリートの塩素イオン透過性を評価するとともに、塩水への浸漬・乾燥の繰り返しを受けるコンクリート内部に埋め込まれた鉄筋の自然電位および分極抵抗を測定することによって、その腐食状況を調べたものである。

2. 実験概要

表-1に示すように、普通セメントコンクリートは単位セメント量 $300\text{kg}/\text{m}^3$ で、水・セメント比を45%、55%および65%の3種類とし、混和材料を使用したコンクリートは単位結合材量 $300\text{kg}/\text{m}^3$ で、水・結合材比を55%とし、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末およびシリカフェームの重量置換率をそれぞれ30%、50%および10%とした。養生条件は、20℃の水中養生28日(略号W)と、20℃の水中養生7日+20℃、相対湿度60%の気中養生21日(略号A)の2種類である。塩水への浸漬・乾燥繰り返し試験は、塩水(3.0%のNaCl溶液)への浸漬8時間および常温における気中乾燥16時間の1日1サイクルで実施した。塩素イオン透過量の測定は、直径10cm×高さ20cmの円柱供試体の中央部より切り出された直径10cm×高さ5cmの円盤状のものを用いて急速塩素イオン透過性試験(AASHTO T-277)により評価した。鉄筋腐食用供試体は、図-1に示すように10cm×10cm×40cmの角柱供試体であり、塩素イオンの侵入を一次元的に評価するために一面以外はアクリル系塗料(プライマーとしてエポキシ系樹脂を使用した)により塩素イオンの侵入を遮断した。また、鉄筋腐食のモニタリングは表面乾燥湿潤状態にて実施し、自然電位および分極抵抗(ステンレス板を対極として使用した)を測定した。

表-1 実験要因

水・結合材比(%)	45、55、65
混和材の種類	フライアッシュ30%、高炉スラグ50%、シリカフェーム10%
練り混ぜ水	水道水
養生条件	W28、W7+A21
かぶり厚さ(mm)	25
鋼 棒	みがき丸鋼 D10

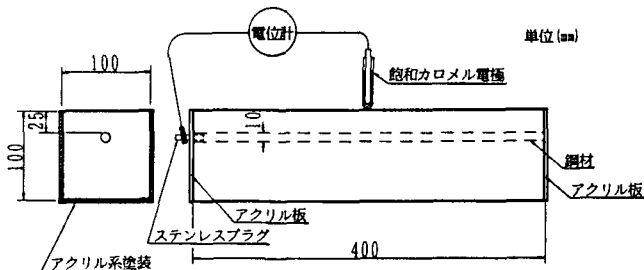


図-1 供試体の形状寸法および測定方法

クルで実施した。塩素イオン透過量の測定は、直径10cm×高さ20cmの円柱供試体の中央部より切り出された直径10cm×高さ5cmの円盤状のものを用いて急速塩素イオン透過性試験(AASHTO T-277)により評価した。鉄筋腐食用供試体は、図-1に示すように10cm×10cm×40cmの角柱供試体であり、塩素イオンの侵入を一次元的に評価するために一面以外はアクリル系塗料(プライマーとしてエポキシ系樹脂を使用した)により塩素イオンの侵入を遮断した。また、鉄筋腐食のモニタリングは表面乾燥湿潤状態にて実施し、自然電位および分極抵抗(ステンレス板を対極として使用した)を測定した。

3. 塩素イオン透過量

表-2に実験開始時点(材令28日)における各種コンクリートの塩素イオン透過量および圧縮強度を示す。普通セメントコンクリートでは、水・セメント比に比例して塩素イオン透過量が増加している。また、普通セメントコンクリートでは水中養生と気中養生の相違はあまり見られない。一方、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは同一水・セメント比の普通セメントコンクリートよりも塩素イオン透過量がいずれも小さいが、気中養生のものは水中養生のものよりも

塩素イオン透過量がかなり大きくなる。また、シリカフュームを使用したコンクリートは、比較的初期からポゾラン反応が進行し、密実な組織が形成されるために、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末のものよりもさらに塩素イオン透過量が低下する。

4. 鉄筋腐食特性

図-2および3に各種コンクリートの自然電位（供試体中央部での測定値）の経時変化を示す。普通セメントコンクリートの自然電位は-150mV~-250mVの範囲にあり、90サイクルまでの時点では養生方法および水・セメント比による相違はあまり見られない。一方、コンクリートの自然電位は混和材の添加による影響を受け、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは初期では普通セメントコンクリートよりもかなり卑側の値を示すが、14サイクル以後徐々に貴側に移行している。シリカフュームを使用したコンクリートの自然電位

は-200mV前後で変動している。図-4および5に各種コンクリートの1/分極抵抗（供試体中央部での測定値）の経時変化を示す。高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは浸漬・乾燥の繰り返し中も徐々に1/分極抵抗の値が減少している。それ以外のコンクリートでは1/分極抵抗の値にはほとんど変化が見られない。このように、鉄筋

腐食の電気化学的モニタリングの結果からは現時点においていずれのコンクリートも鉄筋腐食の傾向は認められず、実際に供試体の外観観察においてもクラックなどの微候も確認されていない。

5. 結論

内部に塩分を含み、外部からの塩分の浸透のみによる鉄筋の腐食ではさらに長期に渡る塩水の浸漬・乾燥の繰り返しが必要であり、さらに実験を継続することにより混和材の種類および養生条件の相違による鉄筋腐食に及ぼす影響が明確になるものと思われる。

表-2 実験開始時点（材令28日）におけるコンクリートの諸性質

	養生 (日)	Cl ⁻ 透過量 (Coulombs)	圧縮強度 (kg/cm ²)
Plain	W7+A21	2640	360
45 %	W 28	2990	367
Plain	W7+A21	5230	283
55 %	W 28	5270	247
Plain	W7+A21	7790	244
65 %	W 28	6210	213
Flyash	W7+A21	5560	208
30 %	W 28	3160	204
Slag	W7+A21	3850	216
50 %	W 28	2760	246
Silica fume	W7+A21	1340	319
10 %	W 28	920	285

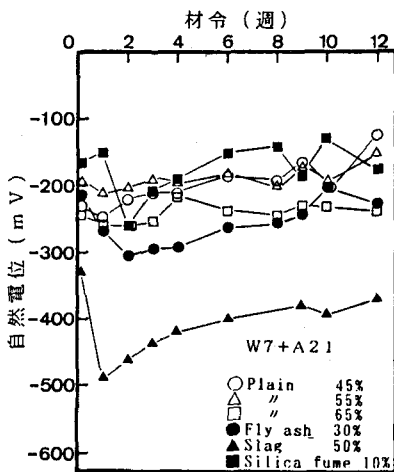


図-2 自然電位の経時変化

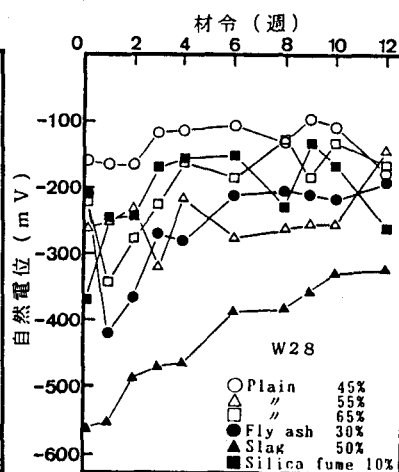


図-3 自然電位の経時変化

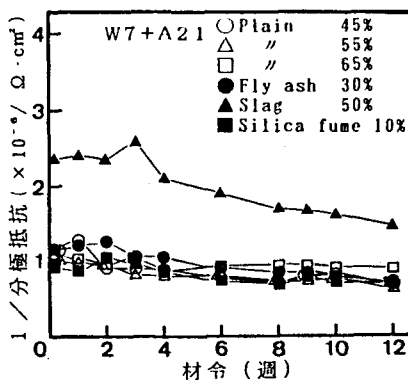


図-4 1/分極抵抗の経時変化

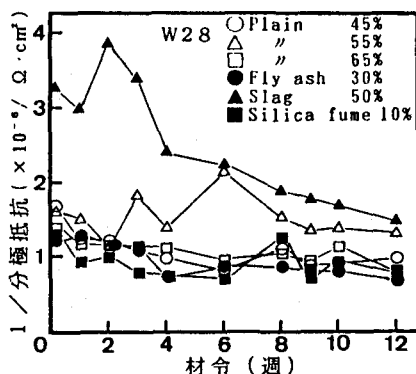


図-5 1/分極抵抗の経時変化