

促進試験を用いたモルタル中の鉄筋腐食要因の評価

広島大学工学部 正会員 田澤 栄一
 呉高専 正会員 竹村 和夫
 広島市 正会員 大森研一郎
 広島大学工学部 学生員 ○宮本 久士

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物は、半永久的な耐久性能を期待されていたが、近年になって塩化物イオンの存在下で鉄筋腐食による早期劣化が相次ぐようになってきた。この状況を受けて昭和61年6月2日付で塩化物総量規制に関する建設省通達が出された。そこで本研究では、塩化物総量規制をふまえ、内部鉄筋の腐食による体積膨張によって鉄筋に沿って発生する縦ひびわれを、鉄筋コンクリート構造物の劣化の限界状態とみなし、縦ひびわれ発生までの腐食状況を促進試験によって再現し、各種条件におけるひびわれ発生までの腐食量、ひびわれ発生条件などについて検討した。

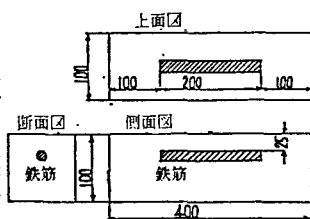


図1 供試体

2. 使用材料および供試体

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は風化花崗岩系山砂、鉄筋は普通異形鉄筋D19 (SD30)を用いた。なお鉄筋は打設前に、10% HCl溶液に30分浸漬し、その後NaOH溶液で1分間中和までワイヤブラシで表面の黒皮を除去し各供試体の条件が同じになるように注意した。また、打設に先立ち腐食量測定のために鉄筋重量および鉄筋長を測定した。供試体寸法を図1に、各種要因の組み合わせを表1に示す。また、供試体は、2週間20℃の水中で養生した後24時間乾燥させて実験を行った。

表1 実験条件の組み合わせ

Series	W/C (%)	かぶり厚 (cm)	打設方向	塩化物イオン当量 (g/m ³)	混和材料
I	40	2.5	正逆	0	シリカフェウム置換率 10% 20% 40% 防錆剤 typeA typeB
	50			600	
	60			3000 6000	
II	50	2.5	正逆	0	シリカフェウム置換率 10% 20% 40% 防錆剤 typeA typeB
				600	
				3000 6000	

Type A: オキシカルボン酸塩系

Type B: 多価アルコールニトロエステル系

3. 実験方法

実験方法としては鉄筋腐食の機構が電気化学的な反応であることに着目し、電食の手法を用いた。図2に示す装置で通電を行い、ひびわれ発生を目視で確認後、通電を停止する。そして供試体内から鉄筋を取り出し、クエン酸二アンモニウム10%溶液に24時間浸漬し、錆を除去した後、重量減を測定した。

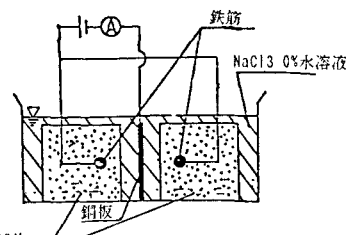


図2 電食装置

さらに、読み取った電流値より電食開始時からひびわれ確認時までの積算電流量を算出し、さらに(1)式より腐食効率kを算出した。これは、ひびわれ発生までの積算電流量のうち腐食に使われた電流量の割合を示し、腐食のおこりやすさの目安の1つと考えた。

$$k = W / 2.89 \times 10^{-4} \times I t \quad (\%) \quad \text{..... (1)}$$

W: 測定腐食減量 (g) I: 電流量 (A) t: 通電時間 (s)
 モルタル強度に対する影響も検討するため各配合において $\phi 10 \times 20$ cmの圧縮用円柱供試体を2本ずつ作成した。

4. 実験結果および考察

図3にプレーンモルタルにかぶり厚2.5 cmで塩化物イオン量・水

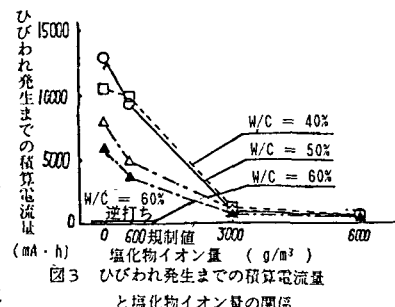


図3 ひびわれ発生までの積算電流量と塩化物イオン量の関係

セメント比および打設方向を変化させたものの、ひびわれ発生までの積算電流量を示した。普通打ちよりも逆打ちの方がひびわれ発生までの積算電流量は少ない。つまり腐食がおこりやすく縦ひびわれも発生しやすいと考えられる。これは、鉄筋周辺部へブリージングによって集まる塩化物イオンの量が逆打ちの方が多いことと、ブリージング水の上昇によって、かぶり側のモルタルの実質水セメント比が逆打ちの方が大きくなり、その結果として強度が下がるためと考えられる。

図4に水セメント比と単位面積当りの腐食減量の関係を示した。単位面積当りの腐食減量は塩化物イオン量に左右されず、かぶり側モルタルの強度によって決まり、これによりかぶり側モルタルの強度が小さければ縦ひびわれを発生させるのに必要な膨張圧が小さくてすむために腐食量も少なくなることがわかる。

図5に、防錆剤を混入させた場合の実験結果を示す。防錆剤混入によって、塩化物イオン量が規制値 (600g/m^3) 以下の範囲ではひびわれ発生までの積算電流量は増加し、腐食効率 k も減少して腐食はおこりにくくなっており、縦ひびわれも発生しにくくなっている。これは、防錆剤のもつ防食効果である不動態皮膜の保護、補修的作用によるものと考えられる。それに加えて防錆剤の混入により圧縮強度の増加もみられたが、塩化物イオン量が規制値以上の高濃度の場合には、防錆剤の防食効果は見られなかった。これは、塩化物イオンによる不動態皮膜の破壊に防錆剤による補修が追いつかなくなる部分ができただけと考えられる。以上のように規制値以下では防食効果が見られたが、規制値以上では、検討の余地があるように思われる。

図6、7に、シリカフュームを混入させた場合の結果を示す。本研究では、置換率10%、20%、40%の3種類を用いた。 $\text{Cl}^- = 0\text{g}$ の場合を除いては、シリカフュームの混入によりひびわれ発生までの積算電流量は少なくなり、腐食効率 k は、大きくなった。置換率40%では、その傾向が顕著である。これは、シリカフュームの混入によりモルタル中の pH の低下と可溶性塩化物イオンの増加によるものと思われる。一方で、置換率10%、20%ではモルタルの圧縮強度が増しており、このことから、ひびわれ発生を抑制する可能性があると考えられる。以上のようにシリカフュームの混入は、置換率の選択、および塩化物イオン量の制御を慎重に行なうことにより防食効果が期待できるといえる。

本研究の結果より各種要因における鉄筋腐食によるコンクリートの劣化を実験的に早期に把握することが可能であることが認められた。また、混和材料を用いる場合にも、塩化物イオン量や混入率等の十分な制御を行なうことが必要である。今後、要因を増やすとともに、シリカフューム、防錆剤については、さらに検討の余地があると思われる。それに加えて他の試験方法との比較において広範囲な評価を行うべきであろう。

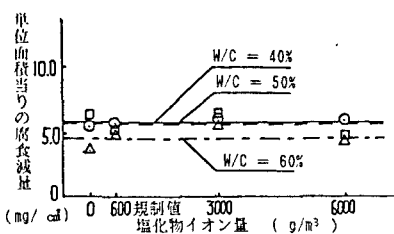


図4 単位面積当りの腐食減量と塩化物イオン量の関係

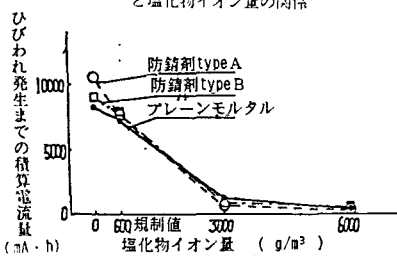


図5 ひびわれ発生までの積算電流量と塩化物イオン量の関係(防錆剤)

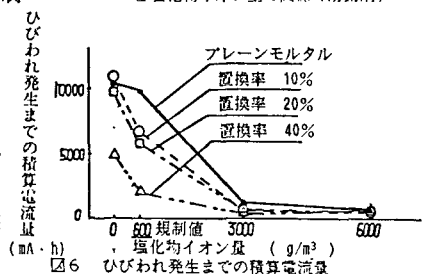


図6 ひびわれ発生までの積算電流量と塩化物イオン量の関係(シリカフューム)

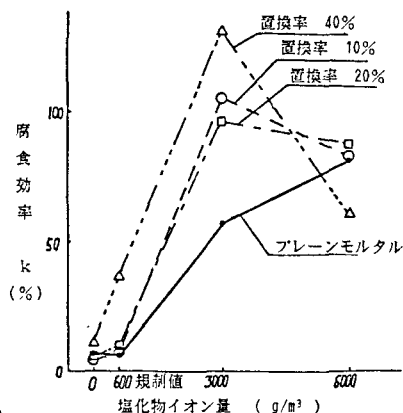


図7 腐食効率 k と塩化物イオン量の関係(シリカフューム)