

V-159 ひびわれ存在下の鉄筋の腐食に及ぼす各種因子の実験的検討

東京工業大学 学生員 橋内宏至
 東京工業大学 正会員 大即信明
 東京工業大学 正会員 長滝重義
 東京ガス(株) 正会員 中下兼次

1. はじめに

近年、海洋環境下において塩害を始めとしたコンクリート構造物の劣化が社会問題化している。塩害の中でも特にコンクリート表面にひびわれなどの欠陥部があると、塩化物イオン、酸素といった腐食物質の内部への浸透が移流現象により促進され、またマクロセル腐食が生じることなどから、鉄筋の腐食発生時間が短く、劣化規模の大きなものとなる。したがって、ひびわれ存在下の腐食機構を研究することは非常に重要な問題であると考えられる。本研究は、ひびわれの存在する時に水セメント比の値を小さくする、混和材を加えるなどの品質を向上させることが腐食劣化に及ぼす影響を確かめるために、円柱供試体(Φ5×20cm)を両引き引張載荷することにより鉄筋に直角方向に生じるひびわれ(以下、周方向ひびわれと記す)を、また割裂載荷により鉄筋に沿った方向に生じるひびわれ(以下、軸方向ひびわれと記す)を発生させ、各種暴露を行った後に塩化物イオン浸透量、鉄筋の電気化学的性質、鉄筋の腐食重量などを測定し、ひびわれ存在下の鉄筋の腐食を基礎的な面から総合的に検討したものである。

2. 実験概要

モルタルの配合を表1に、供試体の概要を図1に示している。W/Cを40,50,60%、混和材を高炉スラグ、フライアッシュ、シリカフェームの3種選定した。打設後、1週間水中養生を行った後に周方向ひびわれ、軸方向ひびわれをそれぞれ供試体に発生させた。ここでひびわれ幅は、周方向で平均0.02mm、軸方向で平均0.2mm程度であった。その後、表2に示すように水道水浸漬、塩水浸漬、塩水噴霧によって3カ月間暴露を行った。測定項目は、硝酸銀噴霧法による塩化物イオン浸透深さ、電気化学的測定、および腐食重量の試験である。なお、電気化学的測定としては、ターフェル法による腐食電流密度および定電位法(-1000mV)による限界電流密度を用いている。

表1 モルタルの配合条件

水結合材比	混和材料	置換率	砂結合材比
0.4			1.71
0.5			2.25
0.6			3.00
0.5	高炉スラグ	0.5	2.25
0.5	フライアッシュ	0.3	2.25
0.5	シリカフェーム	0.1	2.25

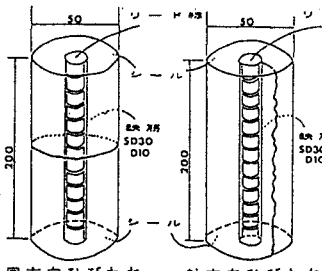


図1 供試体概要

表2 供試体の暴露条件

暴露環境	環境条件
水道水浸漬	水道水中, 温度20°C
塩水浸漬	C1-濃度20000ppmの塩水中 温度20°C
塩水噴霧	乾燥: 温度60°C, RH50%, 2days 噴霧: C1-濃度20000ppm 温度60°C, 1day 乾燥: 温度20°C, RH50% 12hours

3. ひびわれが塩化物イオンの浸透性状に及ぼす影響

図2、図3は、各種配合条件の周方向ひびわれ及び軸方向ひびわれ存在下における塩化物イオンの浸透深さの結果を示したものである。なお暴露条件は塩水浸漬(13週)である。これによると、周方向ひびわれが存在するときでも高炉スラグ、シリカフェームといった混和材を添加すると、塩化物イオンの浸透抑制に効果的であることが認められる。またW/Cが60%にもなると、塩化物イオンは全ての測定面で全通している。これは、ひびわれ部以外でもモルタルの密実性が低いために塩化物イオンの内部への浸透が容易であることを示すものである。一方、軸方向ひびわれが存在すると、完全に塩化物イオンが鉄筋表面に到達する

ことになり、W/Cや混和材の影響もほとんど見受けられなくなる。

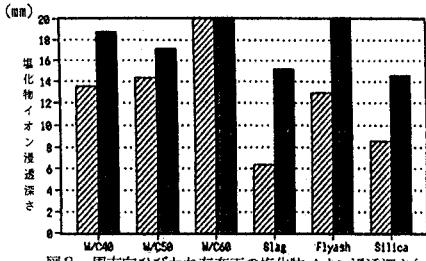


図2. 周方向ひびわれ存在下の塩化物イオン浸透深さ(mm)

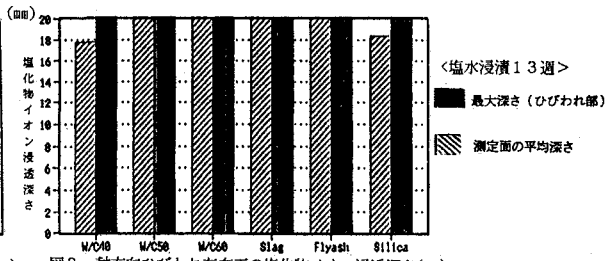


図3. 軸方向ひびわれ存在下の塩化物イオン浸透深さ(mm)

4. ひびわれが鉄筋の電気化学的性質に及ぼす影響

図4, 図5の腐食電流密度の経時変化をみると、周方向、軸方向のどちらの図にも混和材の影響が現れていることが確認できる。また周方向よりも軸方向のひびわれの方が腐食電流密度がかなり大きく、腐食が大きく進行していることがわかる。ひびわれの存在により塩化物イオンが容易に鉄筋に達して、不動態が破壊された後の腐食速度は、酸素の供給量に支配される。ここで、ひびわれによって酸素の供給量がどれだけ変わるかは表3の限界電流密度の値より概算できる¹⁾。また、図6より軸方向ひびわれの存在する供試体が極度に大きく腐食するという結果が得られた。

表3 供試体の電気化学的性質

暴露条件	暴露期間	ひびわれ	i_1 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	i_2 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	J ($\text{mol}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
塩水噴霧	13週	周方向	2.90	6	1.55×10^{-6}
		軸方向	10.1	10	2.59×10^{-6}
		No Crack	1.80	6	1.55×10^{-6}
塩水浸漬	1週	No Crack	1.20	0.4	1.04×10^{-6}

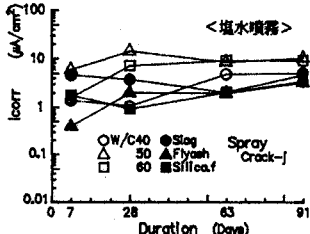


図4 周方向ひびわれ存在下の腐食電流密度の経時変化

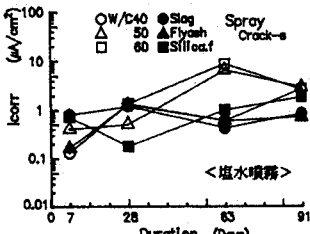


図5 軸方向ひびわれ存在下の腐食電流密度の経時変化

i_1 : 腐食電流密度 i_2 : 限界電流密度 J: 酸素拡散率
供試体は全てW/C50普通モルタルコンクリートである

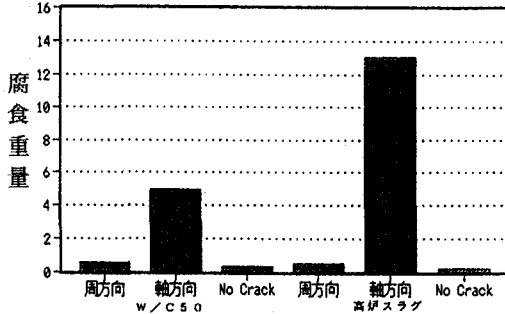


図6. ひびわれの種類-腐食重量(g)
暴露: 塩水噴霧13週

5. 本研究の結論

本研究の範囲で以下の結論が得られた。

- 1) 周方向ひびわれ存在下では、塩化物イオンの浸透抑制に高炉スラグ、シリカフェームといった混和材の効果がみられ、電気化学的性質にもW/C, 混和材による影響が確認できた。
- 2) 軸方向ひびわれは、塩化物イオンの浸透深さ、腐食量がとても大きく、W/C, 混和材の効果は認められなかった。

参考文献 1) 松村, 宮川, 小林: コンクリートの酸素透過性に関する基礎的研究, 土木学会第43回年次講演会講演集, V-105