

V-334 塩分環境下におけるコンクリート構造物のひびわれによる診断について

東京電力㈱ 正会員○笠井靖浩 杉 正 木村應志

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害劣化の過程は、JCI防食研究委員会報告¹⁾で述べられているように、鉄筋の腐食の度合により、潜伏期→進展期→加速期→劣化期の4段階に分けられる。塩分環境下のコンクリート構造物の中で診断が必要な構造物には、この中の加速期、劣化期の段階のものが多くみられる。これらの過程では、鉄筋の腐食の進行段階であるとともにひびわれの発達段階であることから、非破壊で構造物の健全度を評価する方法としては、この段階のひびわれを定量的に評価することが有用と考えられる。

本報告では、第一段階としてひびわれを定量的に表した指標（ひびわれ定量化指標）と鉄筋の腐食度の関係を調べ、鉄筋の腐食度がどのような指標と最も良い相関にあるのかについて報告するものである。

2. ひびわれ定量化指標

一般にひびわれを定量化する場合には、表1に示すa～cの指標が使われている。しかし、同じひびわれ量であれば鉄筋かぶりが小さい程腐食度が高いと考えられることから、鉄筋かぶりを考慮したdに示す指標を今回新しく考案した。 $\alpha 1$ は、ひびわれが概ね腐食鉄筋に沿って発生することから、鉄筋の腐食部の長さをひびわれの長さに近似できると考えた腐食率を推定する指標である。 $\alpha 2$ は、図1に示すように同じひびわれ幅でも鉄筋かぶりにより腐食度が異なる

と考え、ひびわれ幅と実測かぶりの比により、各腐食部分の腐食の度合を推定する指標である。腐食度評価指標Aは、 $\alpha 1$ と $\alpha 2$ の積により、それぞれのパラメータを考慮した調査範囲全体の腐食度を評価する指標である。

表1 ひびわれ定量化指標の定義

ひびわれ定量化指標		定 義
a	平均ひびわれ幅	$\frac{\text{調査範囲内でのひびわれ総面積}}{\text{調査範囲内でのひびわれ総延長}}$
b	ひびわれ線密度	$\frac{\text{調査範囲内でのひびわれ総延長}}{\text{調査範囲の面積}}$
c	ひびわれ面積密度	$\frac{\text{調査範囲内でのひびわれ総面積}}{\text{調査範囲の面積}}$
d	腐食率推定指標 ($\alpha 1$)	$\frac{\text{調査範囲内でのひびわれ総延長}}{\text{調査範囲の鉄筋の総延長}}$
	腐食度合推定指標 ($\alpha 2$)	$\frac{\text{調査範囲内での平均ひびわれ幅}}{\text{実測かぶり平均値}}$ $w1=w2, c1<c2$ $MDD1>MDD2, \theta 1>\theta 2$ 図1 $\alpha 2$ の考え方
腐食度評価指標 (A)		$\alpha 1 \times \alpha 2$

3. ひびわれ定量化指標と腐食度の関係

(1) 調査・試験概要

ひびわれによる定量化指標と内部鉄筋の腐食度の関係を把握するために、当社のA火力発電所バス床版の改修工事に合わせて、図2のフローに従い調査・解析を行った。まずひびわれ量の異なる床版から25箇所の調査範囲（50×50cm/箇所）を選定し、非破壊でひびわれ量を測定し、その後かぶりコンクリートをはつり取り、鉄筋かぶり、鉄筋の腐食グレード（表2参照）の測定を行った。また、各調査箇所の鉄筋の腐食度は、全ての調査箇所の鉄筋の採取ができなかったため、打ち替えを実施した一部の床版から腐食グレード別に鉄筋を採取し、腐食度試験を行い、グレードと腐食度の関係式を求め、この結果から各調査箇所の平均腐食グレードに対応する腐食度を求めた。そして、腐食物除去後の鉄筋を用い引張試験を行い、鉄筋の破断荷重を求めた。

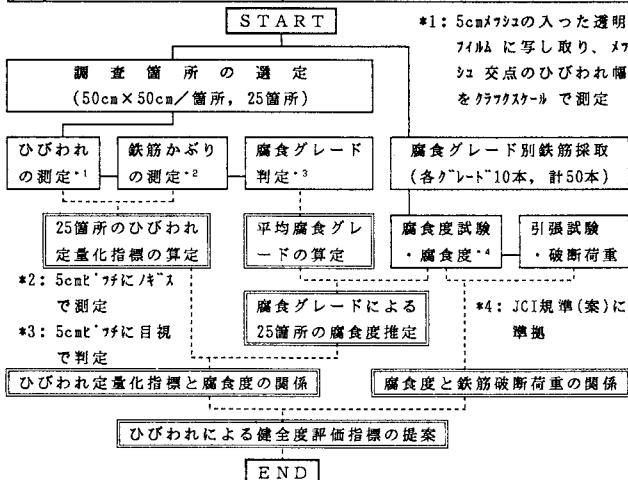


図2 調査・解析フロー

(2) ひびわれ定量化指標と腐食度の相関性

塩害の場合初期のひびわれは鉄筋に沿って進行すると考えられる。よってひびわれ線密度は、図3に示すようにある程度までは腐食の進行に伴って増加していくが、それ以後はひびわれ幅の増加に移行するとみられればつきが大きくなっている。また、ひびわれ幅だけでは腐食度を適切に表せないのがわかる。

ひびわれ面積密度と腐食度評価指標「A」

は、ひびわれの長さ方向の伸張と幅の拡がりを考慮していることから、比較的良い相関を示している。また腐食度評価指標「A」でかぶりの値を設計値を用いた場合と実測かぶりをを用いた場合を比較すると、実測かぶりをを用いた方がより回帰式に近づくことがわかる。

4. 健全度評価指標の提案

図3に示す各指標別の相関係数から明かなように、鉄筋の腐食度と良い相関にあるのはひびわれ面積密度と腐食度評価指標「A」である。ただし、鉄筋かぶりの影響が明かなことから指標「A」の方が実状に適しており、その結果が相関係数の差に表れていると思われる。また、鉄筋の腐食度と破断荷重の関係を示すと図4のとおりであり、腐食の進行に伴い鉄筋断面が減少し破断荷重が低下するものと予想される。このことは、塩害を受けたコンクリート構造物の耐力が、腐食度と密接な関係にあることを示唆している。以上の結果から腐食度と最も相関性の高い指標「A」を健全度評価指標として提案することにする。

5. あとがき

今回は、床版を例とした限られたケースでの検討であるため、この結果が各構造物へそのまま適用できるとはいえないが、ひびわれ量からある精度で腐食度が推定できることが明かになったことから、図5のフローに示すひびわれによる健全度評価が可能とみられる。

今後は、ひびわれ量と構造物の保有耐力との関係を実験等により把握し、また現在ひびわれ量を自動的に測定するシステムを開発中であることから、それらを用いて実構造物のデータを蓄積し、部材別ならびに劣化状態別のひびわれ量を把握することにより各評価規準値を設定し、ひびわれによる診断方法を確立していきたい。

＜参考文献＞ 1) JCI 防食研究委員会：鉄筋腐食による損傷を受けたコンクリート構造物の補修技術－技術の現状－，pp4～6，1989

表2 鉄筋腐食グレード

グレード	鉄筋の状態
1	発錆がない
2	部分的に腐食が認められる軽微な腐食
3	表面の大部分が腐食している
4	部分的に断面が欠損している
5	鉄筋の全周にわたり断面が欠損している
平均腐食グレード = $\frac{\sum (\text{腐々の腐食グレード} \times \text{その長さ})}{\text{鉄筋の総延長}}$	

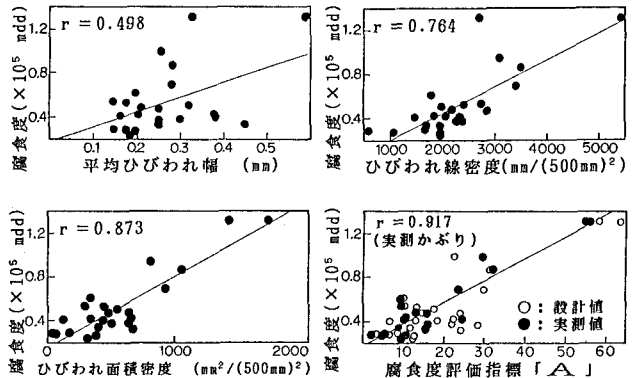


図3 ひびわれ定量化指標と腐食度の関係

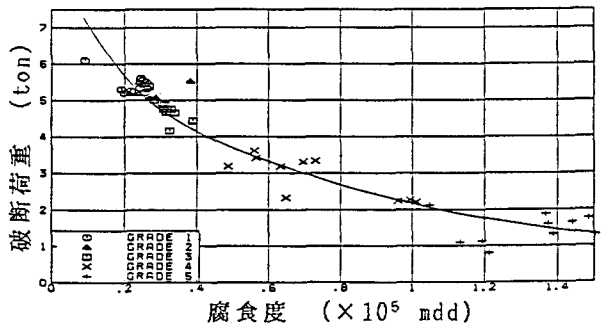


図4 鉄筋腐食度と破断荷重の関係

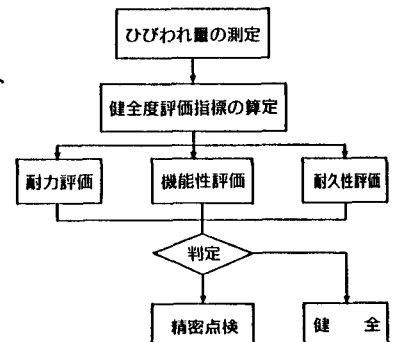


図5 健全度評価フロー