

鉄筋腐食による鉄筋方向ひびわれの発生について

京都大学 正員 岡田 清
 京都大学 正員 宮川 豊章
 福岡県庁 正員 鴨打 章

京都大学 正員 小林和夫
 京都大学 正員 津田 章

1. まえがき 鉄筋腐食が進行した場合、一般にその腐食生成物の膨張圧によってかぶりコンクリートに鉄筋軸方向ひびわれが発生する。鉄筋軸方向ひびわれ発生後の鉄筋腐食は発生前に比べて著しく速度が大きくなり、そのまま放置しておくことで設計時に必要とされた耐荷性能が失われるばかりか、コンクリートと鉄筋との付着が損なわれるために鉄筋コンクリート部材の破壊メカニズムが変化する可能性がある。本研究では、このようなコンクリート構造物に対して多大なる影響を及ぼす鉄筋軸方向ひびわれに関して、電食試験を代用することによって、その発生機構および腐食生成物が付着特性に与える影響を推定したものである。

表-1 鉄筋軸方向ひびわれ発生試験の要因と水準

要因	水準
かぶり(mm)	20, 45, 70
水セメント比	0.40, 0.50, 0.60
電流量(mA)	0.1, 1.0, 10.0

2. 実験の概要 実験は、鉄筋軸方向ひびわれ発生試験、両引き試験および片引き試験の3種に分けることができる。まず、鉄筋軸方向ひびわれ発生試験の要因と水準を表-1に示す。供試体は高さ15cmの角柱とし、コンクリート中央部に鉄筋(SD35-D10)を縦方向に埋設した。コンクリート配合は、各水セメント比に対してスランプが75±1cmとなるように定めた。また、鉄筋の電食促進のために、コンクリート中の塩分量が単位水量の3.13%(海水相当濃度)となるように食塩を混入した。電食は図-1の装置によって行なった。鉄筋を陽極、銅板を陰極として通電を行ない鉄筋軸方向ひびわれ発生時に通電をやめ、鉄筋を取り出し酸洗い法により鉄筋の軸方向ひびわれ発生時の電食量を測定した。鉄筋軸方向ひびわれ発生の確認手段は目視観察とし、補助手段として電圧変化を測定した。

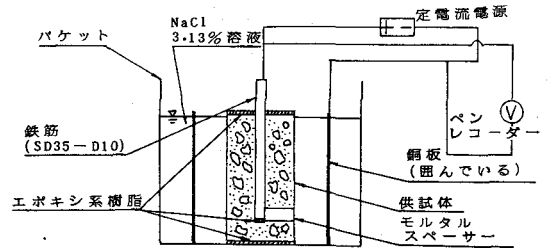


図-1 電食実験装置

表-2 両引き試験の要因と水準

要因	水準
水セメント比	0.40, 0.60
クレーンレベル	0.0, 1.0, 1.5

クレーンレベル0.0: 電食全方向ひびわれ発生時に通電停止
 1.0: 通電停止
 1.5: 軸方向ひびわれ発生時の1.5倍通電

表-3 片引き試験の要因と水準

要因	水準
水セメント比	0.40, 0.60
クレーンレベル	0.0, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5

次に、両引き試験の要因を表-2に示す。供試体は、かぶり20mm、長さ60cmで、電流量を10 mA/cm^2 とし、その他の条件は鉄筋軸方向ひびわれ発生試験と同一である。図-1と同様な方法で所定のクレーンレベルまで電食を行なった後、供試体を両引き載荷し、ひびわれ性状と載荷時ひびわれを調べた。

最後に、片引き試験の要因と水準を表-3に示す。供試体は、かぶり70mm、電流量を10 mA/cm^2 とし、その他の条件は鉄筋軸方向ひびわれ発生試験と同一である。図-1と同様な方法で所定のクレーンレベルまで電食を行なった後、ASTM(C234-71)に従って載荷した。

Kiyoshi OKADA Kazuo KOBAYASHI Toyooki MIYAGAWA Akira TSUDA Akira KAMOUCHI

3. 実験結果および考察 図-2は、通電量が 10 mA/cm^2 におけるかぶりと電食量の関係およびそれに及ぼす水セメント比の影響を示したものである。明らかにかぶりの増大とともに水セメント比に関係なく電食量は増加しており、かぶりの増大が鉄筋軸方向ひびわれ発生に対する抵抗力を増大させることを示している。また、図からもわかるようにかぶり 20 mm 程度の供試体では、 $2 \sim 10 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$ の電食量で鉄筋軸方向ひびわれが発生しており、電食と腐食とを全く同一の現象とみなすことはできないものの、自然腐食の場合でもわずかの腐食量で鉄筋軸方向ひびわれが発生するものと考えられる。図-3は、通電量が 10 mA/cm^2 における電食速度とかぶりの関係およびそれに及ぼす水セメント比の影響を示したものである。水セメント比に関係なくかぶりが 70 mm 程度になると電食速度は一定の値に収束しようとしており、かぶりの増大が水セメント比の影響を打ち消すような作用をしているものと考えられる。図-4は、水セメント比 0.40 における電食量と電流量の関係を示したものである。今回の実験は、通電量を 10 mA/cm^2 という大電流を主体としたために、それによる熱膨張の影響が懸念されたが、かぶり 20 mm では若干の減少を示しているもののほとんど差はなく、熱による影響はほぼないものと考えられる。

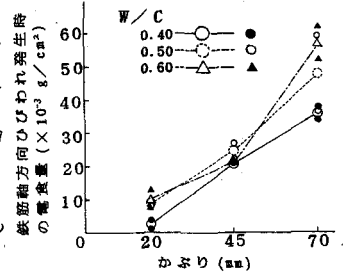


図-2 電食量～かぶり

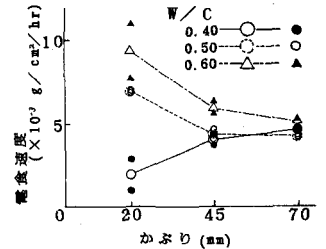


図-3 電食速度～かぶり

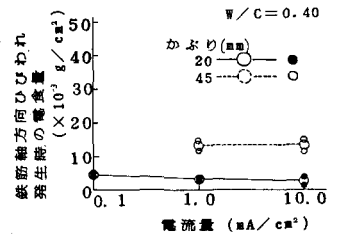


図-4 電食量～電流量

両引き載荷によって発生したひびわれ本数は、電食を受けた供試体の方が概して少なくひびわれ分散性が低下しており付着性能の低下が確認できた。また、図-5のように見かけの剛性(E_1, E_2)を求め、見かけの剛性より鉄筋の弾性係数×断面積を減じた値を付着効果を表す指標として、図-6に示す。見かけの付着効果はクローンレベルの上昇とともに減少する傾向を示しており特に軸方向ひびわれ発生以後その低下は顕著に現われている。

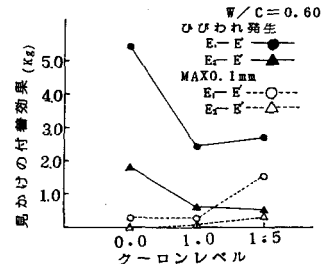
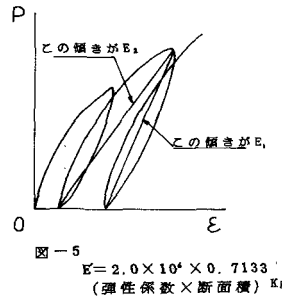


図-6 見かけの付着効果～クローンレベル

片引き試験によって得られた結果の一例を図-7に示す。わずかの電食量では付着応力の増大が認められるが、その後は電食量が増大するにつれて次第に付着応力は低下する傾向にある。自然腐食の場合は部分腐食であり、電食の場合は全面腐食に近いものであった。よって、一般に自然腐食では、鉄筋軸方向ひびわれ発生部において部分的な付着力の低下が生じているものと考えられる。

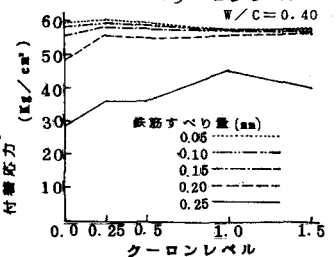


図-7 付着応力～クローンレベル