

V-247

鉄筋の腐食生成物の物理的性質が腐食ひびわれ発生限界腐食量に及ぼす影響

鹿島建設技術研究所 正会員 須田 久美子

鹿島建設技術研究所 正会員 本橋 賢一

鹿島建設技術研究所 正会員 MISRA Sudhir

1. はじめに

かぶりコンクリートに鉄筋に沿ったひびわれ(腐食ひびわれ)が発生すると鉄筋の腐食速度は加速されることから、腐食ひびわれの発生はRC構造物の劣化に関する重要な限界状態の一つであり、限界腐食量(腐食ひびわれ発生時の腐食減量)の定量化に関する研究がなされている。限界腐食量は、コンクリートの引張強度、かぶり、鉄筋の種類や径とともに、腐食生成物の物理的性質によって変化すると考えられる。ここでは、腐食生成物の物理的性質として体積膨張率と弾性係数を取りあげ、両者が限界腐食量に及ぼす影響度を解析的に検討した。

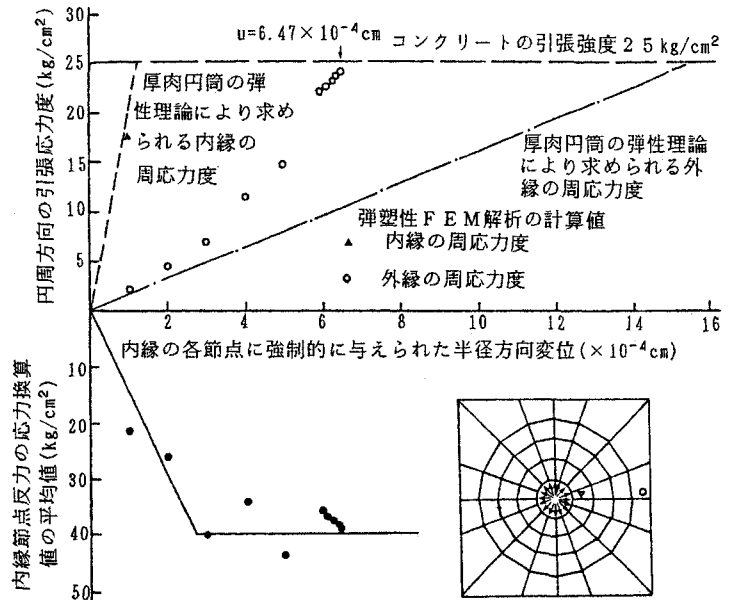


図-1 弾塑性FEMによる解析結果の一例

2. 解析方法

解析は次の2段階で実施した。

①まず、図-1中のモデル図に示すとおり、鉄筋表面に相当するコンクリート内縁に均等な膨張変位を与え、内部に発生したひびわれがコンクリート表面に達する時の膨張変位量と膨張圧を弾塑性FEM解析により求めた。

②鉄筋腐食によって生じる膨張変位量と膨張圧との関係は、厚肉円筒の弾性理論により(1)式を導いた。(1)~(4)式に①で得られた膨張変位量と膨張圧を代入し、腐食生成物の体積膨張率をパラメータとした場合の腐食生成物の弾性係数と限界腐食量との関係を求めた。

$$u = \frac{p}{E_2 (b^2 - a^2)} \left[\frac{4a^2 b^3}{\{ (1 - \mu_2) a^2 + (1 + \mu_2) b^2 + (1 - \mu_1) (a^2 - b^2) E_2 / E_1 \}} - b \{ a^2 + b^2 + (a^2 - b^2) \mu_2 \} \right] \quad (1)式$$

$$t = w / \rho \quad (2)式$$

$$a = D / 2 - t \quad (3)式$$

$$b = D / 2 + t (\alpha - 1) \quad (4)式$$

ここに、

D ; 腐食前の鉄筋径

t ; 腐食によって失われた鉄筋の厚さ

w ; 腐食減量
 ρ ; 鉄筋の比重
 (7.85)
 α ; 腐食生成物の体積膨張率
 E_1 ; 鉄筋の弾性係数
 ($2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)
 μ_1 ; 鉄筋のポアソン比
 (0.2)
 E_2 ; 腐食生成物の弾性係数
 μ_2 ; 腐食生成物のポアソン比 (0.2)
 u ; 膨張変位量
 p ; 膨張圧

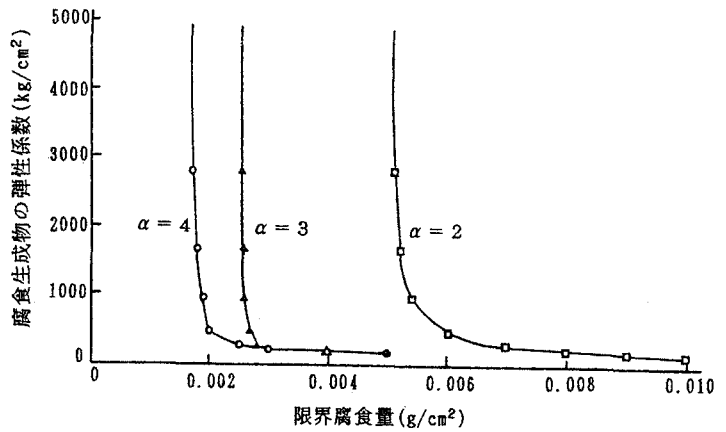


図-2 腐食生成物の弾性係数と限界腐食量との関係
 ($p = 40 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $u = 6.47 \times 10^{-4} \text{ cm}$ の場合)

3. 解析結果

解析結果の一例として、かぶりが鉄筋径の2倍の場合について記す。

コンクリートの弾塑性FEM解析の結果を図-1に示す。コンクリートの引張強度を 25 kgf/cm^2 と仮定して求めた腐食ひびわれ発生時の膨張変位量は $6.47 \times 10^{-4} \text{ cm}$ で、その時の膨張圧は約 40 kgf/cm^2 であった。

この膨張変位量と膨張圧を(1)~(4)式に代入し、腐食生成物の弾性係数 E_2 と限界腐食量 w との関係を腐食生成物の体積膨張率 α をパラメータとして求めた。 α は、鉄の腐食生成物の性状に関する文献¹⁾を参考にし、コンクリート中の鉄筋の腐食生成物の値として妥当と考えられる2, 3, 4の3水準を設定した。

結果は図-2に示すとおりで、この図から以下のことが分かる。

①腐食生成物の弾性係数 $E_2 \geq 1000 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、限界腐食量 w は E_2 にほとんど影響されず、腐食生成物の体積膨張率 α によって決まる。

$E_2 < 1000 \text{ kgf/cm}^2$ の場合、 E_2 が小さくなるにしたがって w は急激に増大する。

②文献²⁾によれば、体積膨張率 α が4程度の腐食生成物の弾性係数 E_2 は $2000 \sim 4000 \text{ kgf/cm}^2$ であったと報告されている。 α が $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ と小さくなるにしたがって腐食生成物が密になり、 E_2 が大きくなると考えられる。すなわち、 α が2~4の範囲では、 $E_2 \geq 1000 \text{ kgf/cm}^2$ と見なし得るので、限界腐食量 w は腐食生成物の体積膨張率 α によって決まると考えられる。

4. おわりに

いくつかの仮定を設けての解析であるが、限界腐食量には腐食生成物の物理的性質の中でも特に体積膨張率が大きく影響することが明らかとなった。今後、腐食生成物の体積膨張率に着目して実験的に求めた限界腐食量と比較検討し、RC構造物が置かれる環境条件によって腐食生成物の種類や物理的性質がどのように変化するかの調査を進める予定である。

〔参考文献〕

- 1) 三沢；さびの腐食科学、防食技術37, 1988年
- 2) 吉岡・米沢；鉄筋の腐食生成物の力学的特性に関する基礎的な検討、第37回土木学会年次学術講演会、1982年10月