

V-121

鉄筋の腐食量とコンクリートのひびわれ幅の関係のモデル化

長岡技術科学大学 学会員 〇高岡 祐二
 長岡技術科学大学 正会員 丸山 久一
 長岡技術科学大学 清水 敬二
 東電設計株式会社 正会員 小田川昌史

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物において、コンクリート中の塩化物や、海水、潮風などの外部からの塩化物の侵入によってコンクリート中の鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートにひびわれを発生させたり、剥離を引き起こす現象が問題になっている。これらに対して、鉄筋腐食が構造物に及ぼす力学的影響¹⁾や、各種の塩害防止策、補修補強対策²⁾に関する研究が進められてきている。とはいえ、いまだ未解明点が多く、塩害を受けた構造物に対して補修、補強あるいは維持管理をするための統一的評価基準は確立されていない。そこで、本研究では内部の腐食量を知るための手段としてひびわれ幅に注目し、腐食量とひびわれ幅の関係をモデル化することを試みた。

2. 実験概要

実験に使用した供試体は図-1に示す3種類で、かぶり、鉄筋径、鉄筋間隔をパラメータとして電食試験を行った。腐食を促進させるために、練りませ水に食塩を混ぜて、既往の研究³⁾より鉄筋の腐食量 $w(g)$ は積算電流量 $IT(A \cdot h)$ と線形関係にあることから、次式で求めることとした。

$$w = 0.766 \times IT$$

3. モデル化

実験結果より側面のひびわれパターンは図-2に示す2通りに分類される。このひびわれ状況を次の仮定に基づいてモデル的に表せば図-3のようになる。

[仮定]

- ①全てのひびわれは、かぶり面にひびわれが発生すると同時に形成され、閉じたひびわれは未貫通状態である。
- ②鉄筋腐食状態は均一である。
- ③コンクリートはひびわれ先端を中心として剛体回転変形をするものとし、ひびわれ面は直線で近似できる。
- ④腐食膨張はきわめて緩慢であるため、完全な変位制御問題として扱う。

4. ひびわれ幅の算定

いま、微小な腐食膨張変位が u だけ生じた場合について考える。図-3(b)において、かぶり側に比べて反対側部分(Cコンクリートブロック)の剛性はきわめて大きく、そのため変位 u にともなう変形は主にかぶりコンクリートで起こると考えられる。つまり、鉄筋中心があたかもかぶり面側に移動した状態と言える図-4(a)。図-4のように、ひびわれ間中央を作用点とする方向と鉄筋移動による鉛直方向に変位 u を与えて、ひびわれ長さを h 、ひびわれと水平軸との角度を α とし、左右対象とすればひびわれ幅の増分 δ は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \delta &= 2(a \cdot \Delta\theta + u \cdot \cos\beta) \\ &= 2u \left\{ \cos\beta + \frac{a \cdot (\cos\alpha + \cos\beta)}{h + u \cdot (\sin\alpha - \sin\beta)} \right\} \end{aligned}$$

ここで、 $\beta = 45 - \alpha/2$

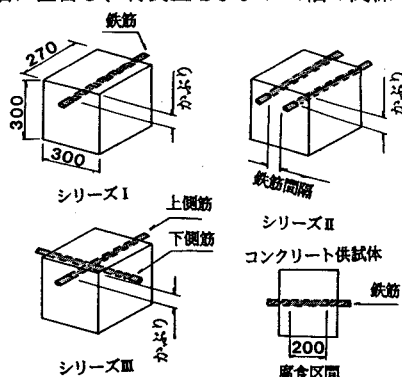


図-1 供試体形状

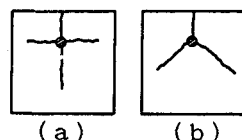


図-2 ひびわれパターン

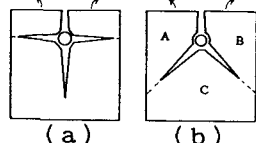


図-3 ひびわれモデル図

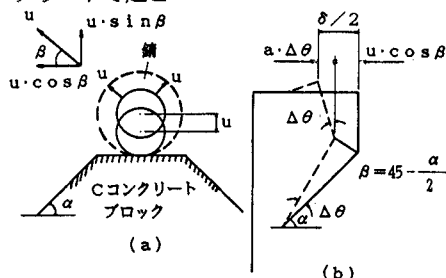


図-4 腐食量と変形の関係

また、鉄筋腐食状態は均一であるので u と鉄筋腐食量の関係は次式で示される。

$$u = \frac{-\phi + \sqrt{\phi^2 + 4 \cdot W_{Ca} \cdot \phi / \rho}}{2}$$

ここで、 u ：腐食膨張変位

W_{Ca} ：単位表面積当りの腐食量

ϕ ：鉄筋径

ρ ：錆の密度 3.14 (g/cm³)

これらよりひびわれ幅 C_w は次式で与えられる。

$$C_w = C_{w1} + \delta$$

ここで、 C_{w1} ：初期発生ひびわれ幅

なお、 δ の算定には $u = (u - u_1)$ を使用

する。 u_1 は、ひびわれ発生時の腐食変位

5. モデルの適用性

図-5に実験値と計算値との比較の図を示す。なお計算に使用した h 、 α 、 C_{w1} 、 u_1 は実験最終状態の測定値を各シリーズ毎に平均したものである。図より、計算値が多少小さくなっているが比較的良く一致している。計算値が小さくなる原因として、 h が経時変化で与えられず実験終了値であることや腐食の不均一性、錆の密度の相違等が考えられる。

図-6にパラレル配筋の場合の腐食量とひびわれ幅及びその平均値を単鉄筋と同様にして計算した結果を示す。これよりひび割れ幅の平均値を考へるならパラレル配筋も単鉄筋と同様に扱うことができる。これは図-7に示すように、ひびわれの拡大は両端のコンクリートブロックの変形に寄与し、ひびわれにはさまれたコンクリートの移動によって2本のひびわれ幅の大小が変化するためである。但しひびわれ幅が拡大しかぶりコンクリートが完全に浮き上がった、鉄筋が3本以上の場合には検討が必要である。

図-8にクロスの場合を示す。図-9のように考えて、ひびわれ幅は単鉄筋と同様に計算すると下側のみ腐食した場合は上部鉄筋の拘束を考へていないので大きく、両方腐食させた場合は下部鉄筋による効果を考へていないので小さい値となった。従ってクロスの場合はより検討が必要である。

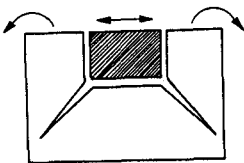


図-7 ひびわれ拡大モデル図 (パラレル)

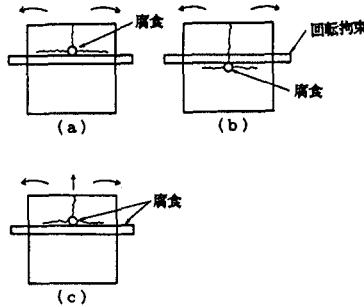


図-9 ひびわれ拡大モデル図 (クロス)

- 〔参考文献〕
- 1) 武若・松本：コンクリート中の鉄筋腐食がRC部材の力学的性状に及ぼす影響、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、pp177～180、1984
 - 2) 石橋忠良・北後征雄：鉄筋コンクリート床版下面に施工した各種補修工法の効果、コンクリート工学年次論文報告集第9巻第1号、pp429～434、1987
 - 3) 田森清美：鉄筋の発錆によるコンクリートのひびわれ性状に関する基礎研究、長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文、1988

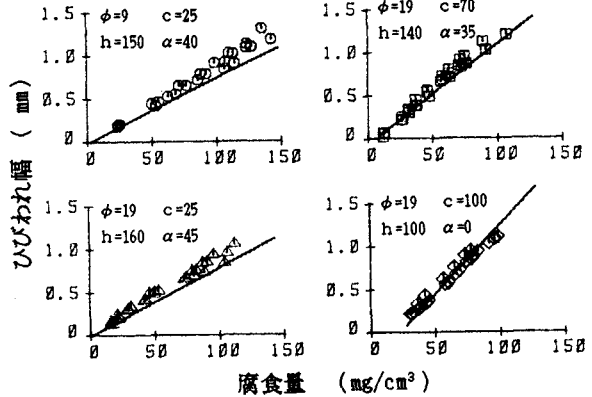


図-5 計算値と実験値の比較（単鉄筋）

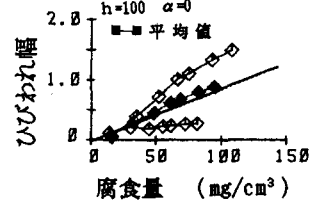


図-6 計算値と実験値の比較（パラレル）

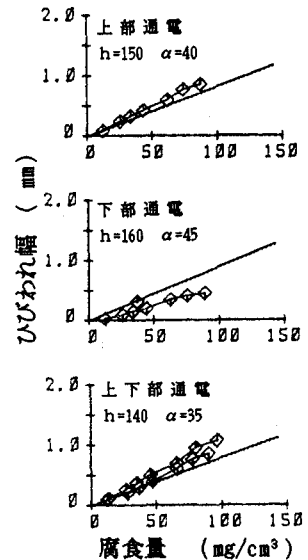


図-8 計算値と実験値の比較（クロス）