

長期的な定荷重の負荷が鉄筋の初期亀裂進展に与える影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○眞野 裕子 九州工業大学
九州工業大学大学院 学生会員 荒木 茂 九州工業大学

正会員 幸左 賢二
正会員 合田 寛基

1. はじめに

現在 ASR による曲げ加工部での鉄筋破断が報告されているが、その損傷メカニズムは未解明な点が多く、維持管理の面からもメカニズム解明は重要な課題である。ASR による鉄筋破断は鉄筋の初期亀裂、コンクリートの膨張圧、材料の経年的な劣化など、複合的な要因により発生すると考えられる(図-1)。本実験では、鉄筋の初期亀裂の程度、長期的な定荷重の負荷および腐食環境下における初期亀裂の進展について検討した。

2. 初期亀裂の確認試験

本実験では D10 鉄筋を用い、初期亀裂の確認試験では曲げ加工半径 D16 以上の JIS 規格値 $2d$ を基準とし、危険側の $1.00d$, $1.25d$ と 3 ケースの検討を行った。初期亀裂の確認試験は曲げ加工した鉄筋を断面直角方向に $1/2$ に切断し、その切断面を観察した。結果を写真-1 および図-2 に示す。図-2 のプロットは亀裂深さが 0.01mm 以上のものを示している。亀裂は全て曲げ加工部内側の節付け根部に発生しており、最大値は曲げ加工部の中央部で確認された。亀裂深さは曲げ加工半径が小さい $1.00d$ において最大の 0.041mm が確認されており、曲げ加工半径が大きくなるほど小さくなっている。また、図-2 に亀裂開口幅を示しているが、微小で測定が不可能なものに関しては 0mm として示している。亀裂深さが大きいものほどの亀裂開口幅は大きい傾向を示しており、近似曲線が成り立つと仮定した場合、以下の式が得られる。

$$w = 0.1382d \quad (1)$$

ここに、 w ：亀裂開口幅(mm)， d ：亀裂深さ(mm)

なお、亀裂の発生本数は曲げ加工半径が小さいものほど多く発生していた。

3. 定荷重試験概要

定荷重試験においては 1 度 90° に曲げ加工した鉄筋に対し、曲げ戻しの加工を行い、図-3 に示す実験装置に設置した。実験ケースを表-1 に示す。曲げ加工半径は最も大きな初期亀裂が確認された $1.00d$ とした。

また、経年劣化を考慮するため、鉄筋に電気炉を用いて 150 ， 60 分の加熱処理を行うことによって、ひずみ時効を促進させている。パラメータは、引張応力、腐食環

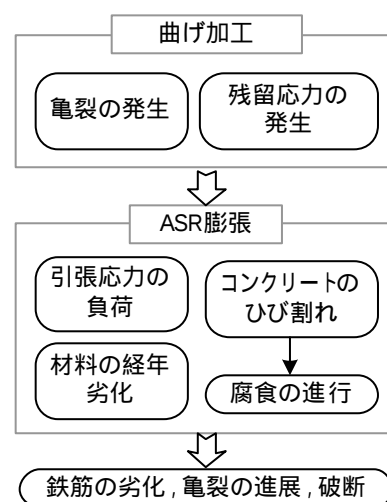


図-1 推定破断メカニズム

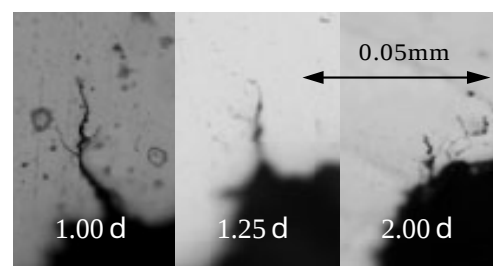


写真-1 各曲げ半径での最大の亀裂

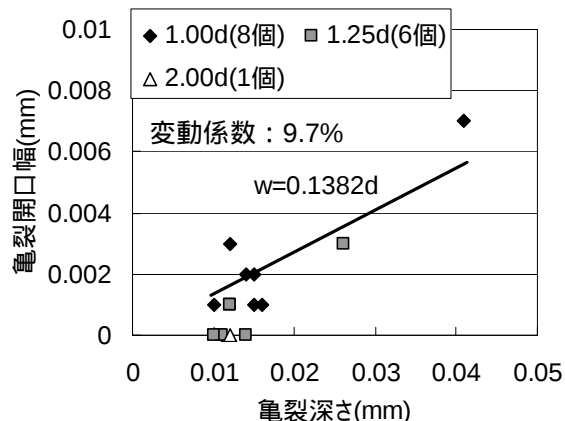


図-2 初期亀裂深さ - 亀裂開口幅

表-1 供試体諸元

	曲げ加工半径	引張応力	腐食環境	初期亀裂		
				本数	最大亀裂幅(mm)	亀裂長さ(mm)
case1	1.00d	16.8kN(0.6fy)	有	5	0.009	7.75
case2	1.00d	21.4kN(0.8fy)	有	4	0.009	7.75
case3	1.00d	21.4kN(0.8fy)	無	5	0.006	9.27

キーワード ASR, 曲げ加工, 鉄筋の亀裂, 定荷重, 腐食

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 建設社会工学棟 3F

Tel/Fax 093-884-3123

境の再現とし、引張応力は、引張試験において脆性破断となった鉄筋の破断強度の下限値（21kN）である $0.8f_y$ (f_y : 降伏応力 375N/mm^2) と $0.6f_y$ の 2 パターンを検討した。スパナを用いて鉄筋をボルトで締め上げることによって、鉄筋に引張力を与え、設定荷重の誤差 5% 以内に抑えるように調節した。腐食環境は 5.2% 程度の濃度の塩水を脱脂綿に湿らせ、曲げ加工部より下部に湿布することで再現した。また、鉄筋の初期亀裂はマイクروسコープ ($3.0 \times 4.5\text{mm}$ の範囲を 45 万画素で撮影) を用いて検討した。

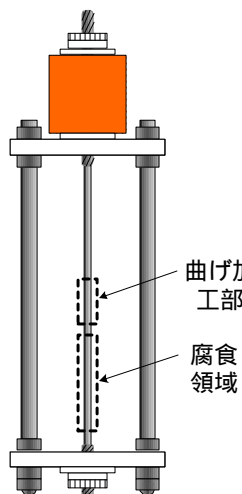


図-3 実験供試体および装置

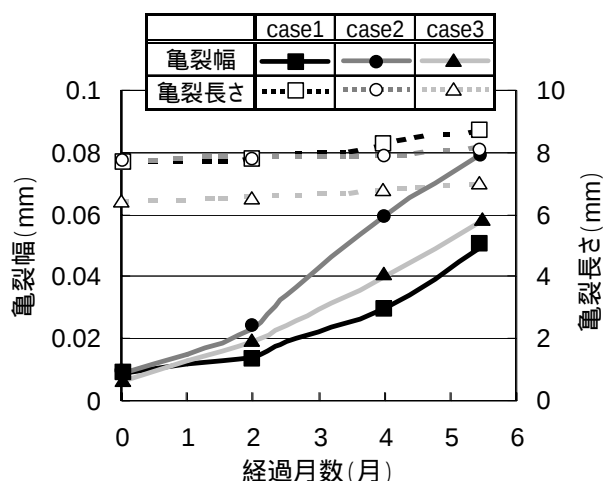


図-4 亀裂開口幅、亀裂長さの経過図

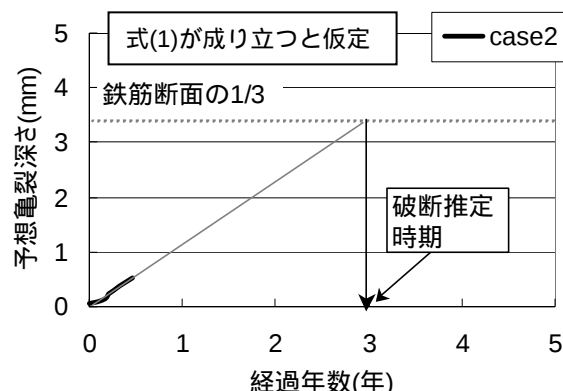


図-5 予想亀裂深さ経過図

4. 定荷重試験結果

曲げ戻し後の鉄筋の曲げ加工部内側をマイクروسコープで観察し、確認できた亀裂の本数、最大亀裂開口幅および最大亀裂箇所の亀裂長さを表-1に示す。最大亀裂開口幅はいずれの鉄筋においても曲げ加工部の中央位置であった。図-4に亀裂長さおよび亀裂開口幅の経過図を示す。亀裂開口幅はマイクروسコープで確認できた最大のものを示し、亀裂長さは亀裂開口幅が最大の箇所の亀裂長さを示している。図より、case1~3の全ての鉄筋において亀裂開口幅および亀裂長さの進展が確認できるが、亀裂開口幅は最大で10倍まで拡大しているのに対し、亀裂長さは最大で1.1倍であることから、引張応力による亀裂進展は亀裂開口幅に大きく影響すると考えられる。図-2より、亀裂開口幅と亀裂深さに関係式(1)があると仮定した場合の、定荷重試験の亀裂深さの進展を図-5に示す。case2の場合、半年経過時点で、予想亀裂深さは鉄筋径の1/20まで進展していると考えられる。ここで、図-6に示すように、非亀裂部分に引張強さ程度(440N/mm^2)の荷重が作用する際に破断に至ると仮定すると、今回の実験条件での破断時の亀裂深さは、鉄筋断面の1/3程度まで亀裂が進行したときであると予想される。以上の予測から、今回の実験条件では3年程度経過すれば破断に至る可能性が考えられる(図-5)。

4. まとめ

- (1) 初期亀裂の確認試験より、曲げ加工部内側の節付け根部に初期亀裂は発生し、曲げ加工半径が小さいほど大きな亀裂が数多く確認できた。
- (2) 長期的な引張応力の負荷により、鉄筋の初期亀裂が進展していくと考えられる。
- (3) 今回の実験条件では、亀裂深さが鉄筋断面の1/3まで進展した際に破断すると考えられ、3年程度で破断に至ると考えられる。

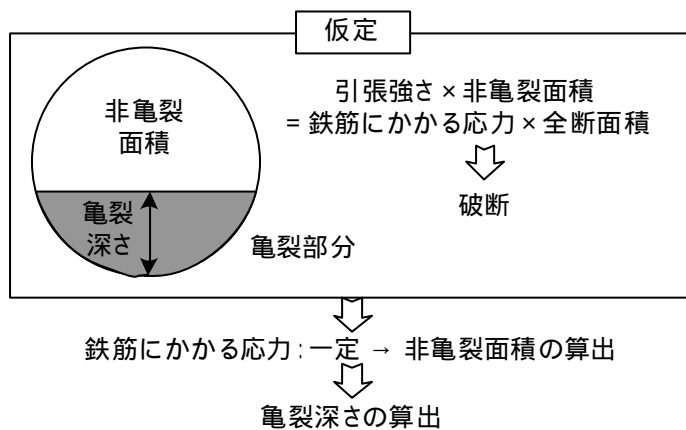


図-6 亀裂深さの算出方法