

## 第V部門 腐食した鉄筋とコンクリート間の繰返し荷重下における付着挙動に関する実験的研究

神戸大学大学院 学生会員 ○塩見 拓也  
 神戸大学大学院 正会員 三木 朋広  
 神戸大学 近藤 克大

## 1. はじめに

鉄筋コンクリートにおける鉄筋腐食は、付着力の低下やひび割れ形成に大きく影響し、コンクリート構造物の力学性能に密接に関係している。また、地震時などに発生する繰返し荷重は鉄筋とコンクリート間の付着特性に大きく影響を与える<sup>1,2)</sup>。本研究では、繰返し荷重を受ける、腐食が生じた鉄筋とコンクリート間の付着特性を実験的に把握することを目的とする。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体概要

供試体の概要図を図-1 に示す。寸法  $150 \times 150 \times 150$  mm の立方体で、断面中心に D16 鉄筋を 1 本配置した。供試体は計 16 体用いた。コンクリート端面における付着応力状態の乱れを避けるため、コンクリート端面から 55mm 部分の鉄筋にビニールテープを巻き付着を除去した。測定区間は中央の 40mm の範囲

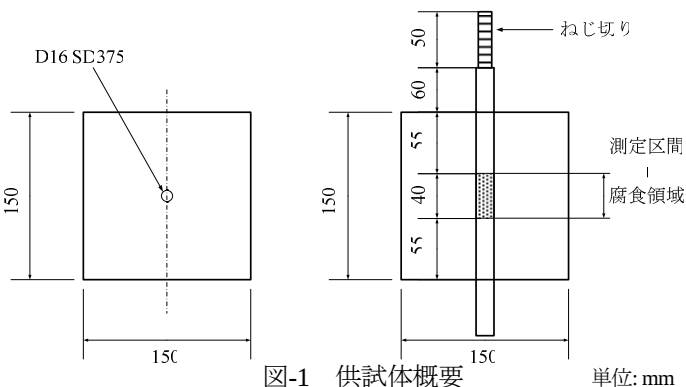


図-1 供試体概要 単位: mm

とした。腐食供試体ではこの区間のみ腐食させた。コンクリートの目標圧縮強度は  $30\text{N/mm}^2$  とした。骨材の最大寸法は 20mm とした。セメントは早強ポルトランドセメントを用い、混和剤として AE 減水剤を使用した。実験パラメータは腐食程度、繰返し回数である。腐食程度は、質量減少率が 0.4%~9.7%、および 0%（腐食なし）であり、繰返し回数は 1 回、3 回、10 回の 3 タイプ設定した。

## 2.2 電食試験

電食試験では、コンクリート中の鉄筋は、中央の測定区間 40mm 以外はビニールテープで保護し、鉄筋の下部の先端は、エポキシ樹脂を塗布することで、測定区間だけを腐食させるようにした。供試体を 5%NaCl 水溶液に浸し、鉄筋を陽極、ステンレス板を陰極として通電した。腐食量は、腐食鉄筋と健全な鉄筋の質量差と比較することで算出した。腐食程度は、通電時間により制御した。

## 2.3 荷重試験

荷重側露出鉄筋の端部にネジを切り、荷重試験機のカロスヘッドに連結し、片引き試験体の正負繰返し荷重を行った。荷重試験の概要を図-2 に示す。荷重の方向はいずれの場合も鉄筋が引張力を受ける場合を正、圧縮力を受ける場合を負とした。荷重スピードは試験機カロスヘッドの速度で制御し、 $1.5\text{mm/min}$  とした。

## 3. 実験結果・考察

## 3.1 電食試験結果

表-1 に各供試体の質量減少率を表している。この表のように様々な腐食量を実現できた。

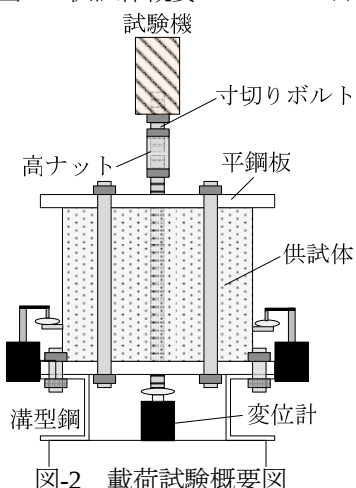


図-2 荷重試験概要図

表-1 質量減少率

| 供試体名  | 質量減少率 (%) | 繰返し回数 |
|-------|-----------|-------|
| No.9  | 0.4       | 3 回   |
| No.10 | 0.5       |       |
| No.11 | 1.8       |       |
| No.12 | 3.8       |       |
| No.13 | 0.2       | 10 回  |
| No.14 | 0.4       |       |
| No.15 | 1.5       |       |
| No.16 | 9.7       |       |

### 3.2 荷重試験結果

#### (1) 付着応力—すべり関係

図-3 は実験結果の一例として、腐食量 0%, 繰返し回数 10 回の供試体の付着応力—鉄筋すべり関係を表す。図中の①, ②は試験機変位 0.2mm, 0.5mm における付着応力の点を表している。

(1), (2)・・・(10)は、各試験機変位のときの荷重サイクルを示している。①は試験機変位 0.2mm の時を示しているが、

実際には鉄筋のすべり変位は 0.2mm に達していないのがわかる。これは供試体中央部では荷重初期では付着劣化は見られず、鉄筋下端部は入力変位と同じだけのすべりが生じていないためである。以後は鉄筋に作用させた制御変位、つまり試験機変位を用いて実験結果を整理、考察していく。

#### (2) 腐食量の違いによる影響

図-4 は腐食量と最大付着応力の関係を示している。腐食量が約 2%のときに最も値が高くなり、健全な供試体よりも腐食供試体の最大付着応力が大きくなっていることがわかる。これは腐食生成物の膨張圧に起因していると考えられる。一方、腐食量が約 10%の供試体の付着応力が最も低くなっているのがわかる。これは、コンクリートに生じた腐食ひび割れの影響である。

#### (3) 腐食量と繰返し回数の違いによる付着応力への影響

図-5 は、試験機変位 1.0mm 時の付着応力減少率と繰返し回数の関係を表している。なお、付着応力減少率を、式(1)に示す付着応力増減率 $\alpha_{1.0}$ と定義した。

$$\alpha_{1.0-N} = \tau_N / \tau_1 \quad (1)$$

ただし、 $\tau_N$  : N サイクル目の付着応力、 $\tau_1$  : 1 サイクル目の付着応力

図-5 から、腐食量 9.7%の供試体では、同一の強制変位を入力した際、繰返し回数の増大に伴い付着応力が大きく減少していくことがわかる。この供試体は腐食ひび割れが生じていた。一方、腐食ひび割れを起こしていない腐食量 0%, 0.4%, 1.5%の供試体では繰返し荷重中、同様の挙動を示していた。つまり、腐食ひび割れを生じていない場合、腐食量の違いによる繰返し荷重の影響が見られないことがわかった。

### 4. 結論

質量減少率が 0.4%～9.7%, および 0%の片引き試験体の繰返し荷重実験を行い、以下の結論を得た。

- (1) 健全供試体より質量減少量が約 2%以下の腐食供試体では最大付着応力が大きくなる。しかし、腐食ひび割れが生じた腐食量の多い供試体は、付着著しく劣化し、付着強度が低下する。
- (2) 試験機変位 1.0mm 時、腐食ひび割れが生じている供試体は、繰返し回数が増加すると、付着応力は急激に低下する。一方、腐食ひび割れが生じていない供試体では、繰返し回数が増加しても、腐食による影響は見られない。

### 5. 参考文献

- (1) 森田司郎, 角徹三: 繰返し荷重下における鉄筋とコンクリート間の付着特性に関する研究, 日本建築学会論文報告集, Vol.229, pp.15-24, 1975.3 (2) Fang, C. et al.: Effect of Corrosion on Bond in Reinforced Concrete under Cyclic Loading, Cement and Concrete Research, Vol.36, No.3, pp.548-555, 2006.3

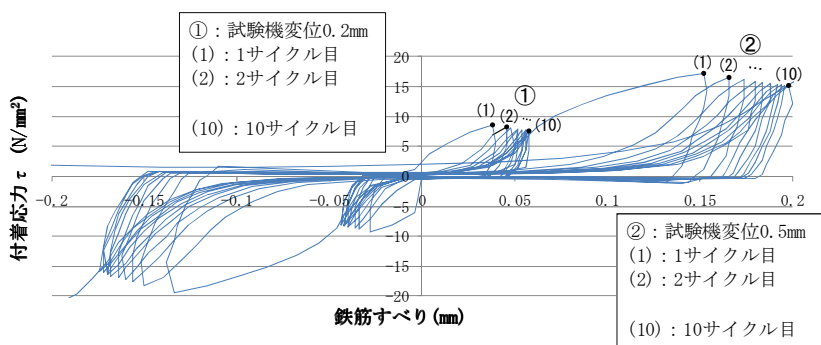


図-3 鉄筋すべり—付着応力関係

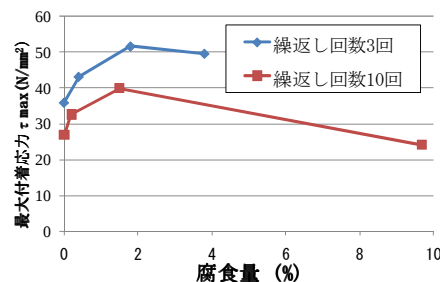


図-4 腐食量—最大付着応力関係

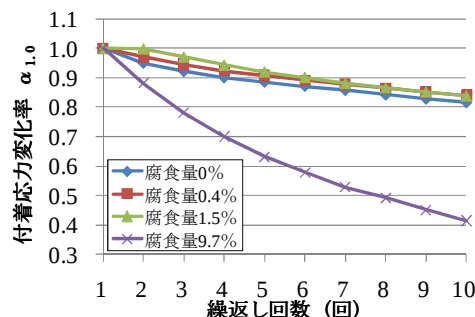


図-5 繰返し回数—付着応力変化率関係