

繰返し荷重下における腐食した鉄筋の付着挙動に関する実験的研究

市民工学専攻：塩見 拓也
指導教員：三木 朋広

1. 目的

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^{1,2)}。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。また本研究では、付着応力の最大値だけではなく、ポストピーク領域を含めた応力-すべり関係を実験的に調べることにする。

2. 実験概要

(1) 供試体および実験条件の概要

供試体の概要図を図-1に示す。供試体は150×150×150 mmのコンクリート立方体であり、その断面の中心にD16の鉄筋を1本配置した。かぶりは67 mmである。供試体を24体用いた。また、一部の供試体においては、電食試験、ならびに載荷試験における内部ひずみを測定するために、鉄筋から10 mmの位置に内部ひずみ測定用の埋め込みゲージを設置した。コンクリート端面付近における応力状態の乱れを避けるため、コンクリート端面から55 mm部分の鉄筋をエポキシ樹脂でコーティングをし、その上にビニールテープを巻くことによって付着を除去した。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。骨材の最大寸法は20 mmとした。実験ケースを表-2に示す。実験パラメータは腐食程度と繰返し回数である。腐食程度は鉄筋の質量減少率が0.9%~6.3%とし、基準として0%（腐食なし）を設定した。また荷重繰返し回数は、1回、3回、10回とした。なお、いずれの腐食程度においても鉄筋腐食によってコンクリートにひび割れは生じていなかった。

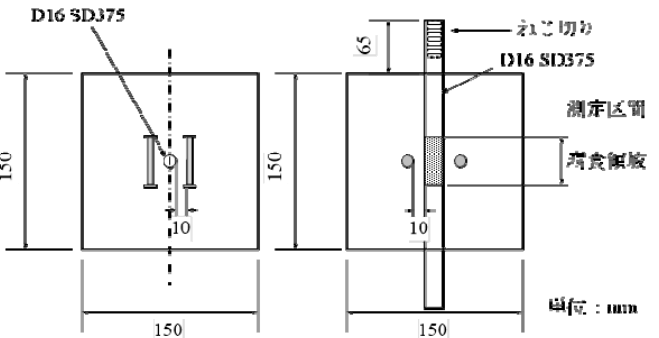


図-1 供試体概要と内部ひずみ測定用の埋め込みゲージ

表-1 実験ケース

供試体名	繰返し回数 (回)	腐食領域長さ (mm)	内部ひずみの有無	質量減少率 (%)
No.1	0	40	無	0
No.2		30		
No.3		20		
No.4		40		2.1
No.5		30		2.8
No.6		20		2.3
No.7		40		3.7
No.8	1			0
No.9				1.1
No.10				4.2
No.11	3			0
No.12				1.0
No.13				2.1
No.14				2.5
No.15				6.3
No.16				0
No.17	10			0.9
No.18				1.7
No.19				2.1
No.20				3.7
No.21		有		0
No.22			2.2	
No.23			2.9	
No.24			3.2	

キーワード 鉄筋腐食, 繰返し荷重, 付着応力, ポストピーク

スヘッドに連結し、変位制御によって片側押引き正負繰返し载荷を行った。载荷実験の概要を図-2に示す。荷重の载荷方向については、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。なお、载荷スピードは、試験機のクロスヘッド速度で制御した。载荷直後の速度は1 mm/minとし、変位の増加に伴い速度を増大させた。载荷試験では、実測した鉄筋とコンクリートの相対変位、つまり鉄筋すべり量を0.02 mm, 0.05 mm, 0.1 mm, 0.2 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 3.0 mmにおいて所定の繰返し回数、交番载荷した。

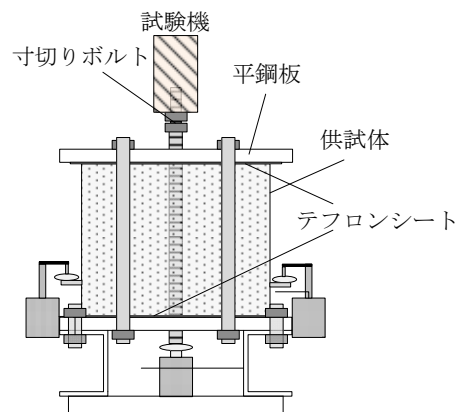


図-2 载荷試験概要図

3. 実験結果

(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。

(2) 付着応力-すべり関係

载荷試験の結果の一例として、図-3にNo.14の鉄筋すべり量±1mmにおける付着応力-鉄筋すべり関係を実線で示す。

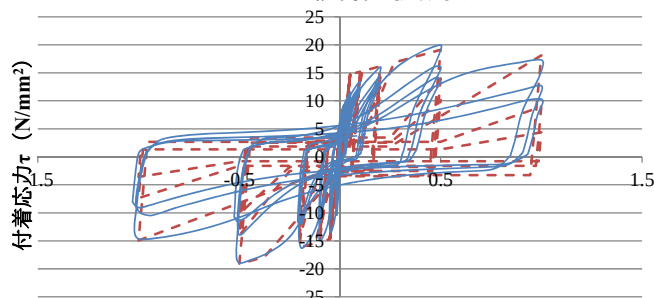


図-3 付着応力-鉄筋すべり関係

(3) 内部ひずみ-鉄筋すべり関係

結果の一例として、図-4にNo.23における内部ひずみ-鉄筋すべり関係を示す。

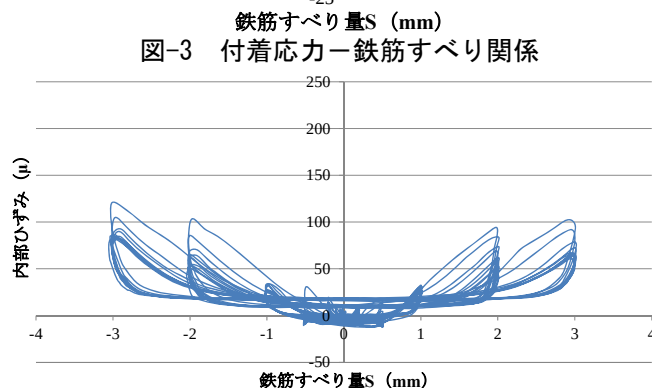


図-4 内部ひずみ-鉄筋すべり関係

(4) 腐食量の違いによる影響

繰返し回数が10回の場合の、付着応力-鉄筋すべり量関係の包絡線を図-5に示す。腐食供試体No.16, No.17, No.18, ならびにNo.19では変位が0.5 mmのときに付着力がピーク応力に達したが、健全供試体No.11は変位が1.0 mmのときにピーク応力を示しているのがわかる。また、腐食供試体の鉄筋すべり量0.5 mm以下において、健全な供試体よりも腐食供試体の付着応力が大きくなっていることがわかる。

4. 腐食した鉄筋の繰返し付着挙動の数値モデル化

森田¹⁾らが行った τ -S曲線モデルを参考にして、実験結果を用いて τ -S曲線を直線群によって近似し、腐食した鉄筋の繰返し付着挙動のモデル化を行った。基本即に基づいた τ -S関係を図-3に点線で示す。

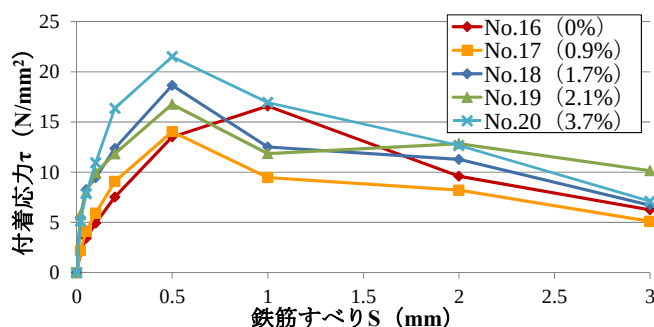


図-5 付着応力における腐食の影響 (l=40mmのみ)

5. 結論

繰返し回数が10回までの繰返し荷重下において、鉄筋すべり量が0.5 mm未満では付着応力は最大値に至っていない。このプレピーク挙動において、腐食供試体の方が健全供試体よりも、付着応力値も小さくなる。また、腐食供試体は健全供試体よりも、小さい鉄筋すべり量で付着応力が最大に到達する。

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