

繰り返し荷重を受ける鉄筋とコンクリートの付着性状に及ぼす鉄筋腐食の影響に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○鈴木 綾
 中央大学 学生会員 直 兼司
 中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

現在までに腐食を生じた鉄筋とコンクリートとの付着性状を評価した研究は散見されるが、既存の研究¹⁾は単調増加による評価に留まり、繰り返し載荷履歴下における付着性状を評価したものはない。一般に、実構造物では繰り返し荷重を受けたり単調荷重が載荷されたとしてもひび割れ発生や変形の局所化等により局所領域では繰り返し荷重下にある。

そこで本研究では、繰り返し荷重履歴を受ける鉄筋腐食した RC 梁部材の付着性状を評価することを目的として、鉄筋とコンクリートの引抜き実験を実施し、付着性状に及ぼす鉄筋の腐食および腐食ひび割れ性状の影響を評価した。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体の形状寸法および配筋を図-1に示す。試験体は、240×200×875mmであり、かぶり40mmの位置にD16(SD295A)異形鉄筋を60mm間隔で3本配筋した(L鉄筋, M鉄筋, R鉄筋と称する)。また、自由端からの鉄筋の抜き出しを抑制するため、自由端から150mmの領域に定着筋を2本配筋した。また、せん断補強筋はD6(SD295A)を80mm間隔で配筋した。

試験体は、打設後48時間で脱型した後に、28日間湿布養生を施した。荷重の載荷は、材齢36日の時点とした。コンクリートの配合は表-1に示す通りである。

2.2 電食試験法

試験体を5%のNaCl水溶液を満たした水槽内に浸漬させ、鉄筋を陽極側、銅版を陰極側に接続し直流定電流20Aを所定の積算電流量に到達するまで通電した。

2.3 引抜き試験方法

引抜き試験概要を図-1に示す。引抜く鉄筋は配筋された3本の鉄筋の内、試験体側面から60mmの位置にセンターホールロードセル

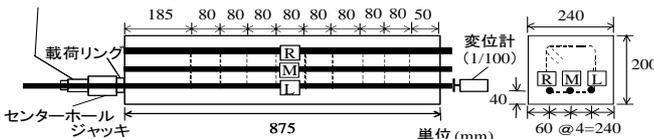


図-1 試験体概要

表-1 試験体配合

G _{max} (mm)	W/C (%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)					NaCl	
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材		
W	C	S	G	混和材	NaCl					
20	60	10	5.0	168	280	826	996	2.80	8.11	

配筋された外側の鉄筋である。なお、載荷速度は9.8kN/minとした。

また、20kN, 40kN および 60kN まで荷重を載荷させた後に除荷を行い、その後、鉄筋の降伏荷重である70.5kNを最大荷重とする載荷・除荷を10回繰り返し10回目で試験体が破壊に至るまで荷重を載荷し続けた。

2.4 実験パラメータおよび試験体名称

実験パラメータは、表-2に示すように主鉄筋の腐食率およびせん断補強筋の有無である。目標腐食率は0%および20%の2水準とした。

2.5 測定項目

測定項目は、鉄筋の軸方向ひずみ、自由端すべりおよびひび割れ幅である。

3. 電食試験結果

3.1 鉄筋の腐食性状

電食を行った試験体に配筋した鉄筋は、載荷試験終了後にはつり出し、10%濃度のクエン酸二アンモニウム溶液に24時間浸漬させ、腐食生成物を除去した。その後、腐食鉄筋の質量を計測し、電食以前の健全な鉄筋との質量差を健全な鉄筋の質量で除することにより算出した。腐食率の計算は配筋した3本の鉄筋全てに対して実施した。表-2に各試験体における3本の主鉄筋の腐食領域における腐食率を示す。ここに示す腐食率は各鉄筋を50mm間隔で切断し腐食率を算出し、それを平均した値とする。

3.2 腐食ひび割れ性状

図-2にコンクリートのかぶり面および端面に発生した腐食ひび割れ性状を示す。

4. 引抜き試験結果

4.2 付着応力とすべりの関係

図-4に各試験体における付着応力-すべり関係を示す。付着応力は、既往の研究と同様に圧縮強度の2/3

表-2 実験パラメータ

試験体名	せん断補強筋	引抜鉄筋	目標腐食率[%]	実測値[%]
BD-S80-0L	有り	L	-	-
BD-S80-20L			20	14.3



図-2 腐食ひび割れ性状

キーワード 付着応力, すべり, 付着劣化, せん断補強筋

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学 理工学部 都市環境学科

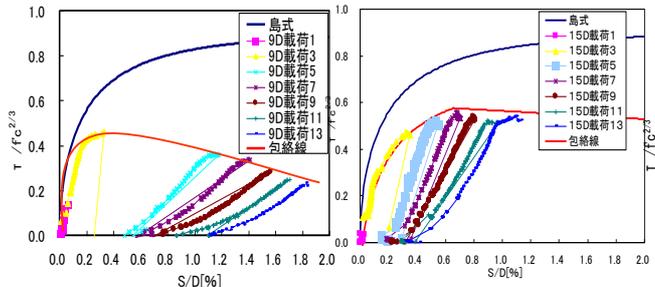


図-3 付着応力-すべり関係 (BD-S80-0L)

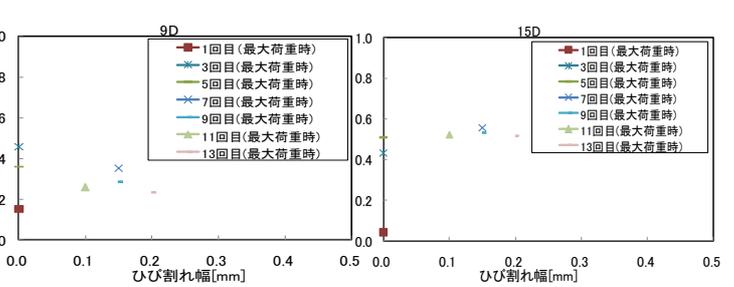


図-5 付着応力とひび割れ幅の関係 (BD-S80-0L)

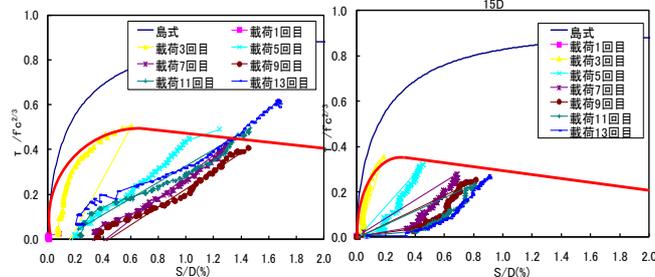


図-4 付着応力-すべり関係 (BD-S80-20L)

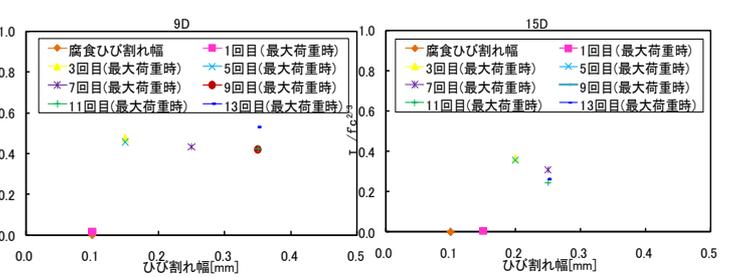


図-6 付着応力とひび割れ幅の関係 (BD-S80-20L)

乗、すべり量は鉄筋径で除することにより無次元化した。なお、鉄筋径は腐食に伴う断面欠損を考慮した値である。また、図中には式(1)を示す島ら²⁾による提案式も併せて示している。

$$\tau = 0.9f_c^{1/3} \left(1 - \exp\left(-40\left(\frac{S}{D}\right)^{0.6}\right) \right) \quad (1)$$

ここで、 f'_c :圧縮強度、 S :すべり量、 D :鉄筋径で表される。

図-3および図-4に付着とすべりの関係を示す。前者は9D、後者は15D位置のものであり、それぞれ試験体BD-S80-0L、BD-S80-20Lおよびに対応している。まず、非腐食試験体BD-S80-0Lは、いずれの位置においても鉄筋腐食を有する試験体BD-S80-20Lに比べ大きな付着応力を示している。これは、鉄筋腐食が生じることで腐食ひび割れが発生したことによるものである。

次に、荷重履歴に応じた付着応力性状であるが、いずれの試験体においても3サイクルまでは急激な増加を示した後に付着応力が最大値となり、それ以降のサイクルでは非常に緩やかに増加するとともにサイクル数に応じた増加率も小さくなっている。また、各荷重サイクル時に生じる付着応力の最大値も荷重回数とともに低下している。これは、ひび割れ進展状況である図-5、6に示すように3サイクル以降では腐食ひび割れ幅が荷重の荷重に伴って開口することにより、鉄筋とコンクリートの相対すべり量が大きくなるためである。

また、9Dおよび15Dにおける挙動の差異であるが、引抜き端に近い9Dではひび割れ幅の開口幅が大きいためにより、すべり量が大きくなり緩やかな付着応力の増加率を示している。除荷時において残留するすべり量であるがせん断補強筋の有無によらず、L鉄筋を引

抜いた試験体では、荷重回数に応じてひび割れ幅の開口によりコンクリートの応力伝達が低下し、鉄筋力が増加するため鉄筋の応力状態が降伏或いは硬化域となることにより残留ひずみが生じることになる。

4.3 付着応力とひび割れ幅の関係

図-5および図-6に付着とひび割れ幅の関係を示す。前者は9D、後者は15D位置のものであり、各図はそれぞれ試験体BD-S80-0L、BD-S80-20Lに対応している。このとき、図-5および図-6に示すように荷重回数が増加するに伴い、ひび割れ幅も増加した。しかしながら、図-5に示すように9Dでは7回目の荷重時に、0.15mmまでひび割れ幅が急激に増大している。そのため、9Dにおいては荷重時のひび割れ幅の増加に伴い、コンクリートと腐食鉄筋の付着応力が15Dよりも大幅に低下している。すなわち、荷重回数が増えることによってひび割れ幅が開口することにより、コンクリートと鉄筋の付着応力が進展したひび割れから解放されてしまう。そのため、荷重回数が増加することによって付着応力は減少する。

5. まとめ

以下に本研究で得られた知見を要約する。

- (1)残留ひずみは荷重増加と回数の増加に伴い増加した。
- (2)付着応力は荷重端からの距離によらず、ひび割れの進展に依存する傾向にある。

参考文献

- 1)村上祐貴, 木下哲秀, 鈴木修一, 福本幸成, 大下英吉: 鉄筋腐食を生じたRC梁部材の残存曲げ耐力性状に関する研究, コンクリート工学論文集, 第17巻, 第1号, 2005.1
- 2)島弘, 周礼良, 岡村甫: マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, No.378, V-6, pp.165-174, 1987.2