

1. はじめに

鉄筋腐食は、鉄筋コンクリート構造物の早期劣化現象として問題となっている。既存構造物の維持管理が重要視されてきている現在では、鉄筋腐食が生じた RC 部材の適切な残存性能評価が必要となる。本研究では、特に定着部のみが腐食されている RC はりに着目する。その理由は以下の3つである。つまり、定着部のみの鉄筋腐食に関する既往の研究が極めて少ないこと、定着性能は残存耐力や破壊性状に影響を与えること、および定着部のずれせん断破壊が生じる可能性があることである。この定着部のずれせん断破壊に関する仮説は、斜め引張破壊先行型の RC はりにおいて、斜めひび割れと腐食ひび割れが繋がり、定着部の軸方向に沿った腐食ひび割れ面がずれると同時に開口するといった破壊の可能性についてである。本研究は、定着部のずれせん断破壊が生じる可能性について、実験的に調べていく。さらに、このような定着部が局所的に腐食鉄筋した RC はりの残存性能評価を目指し、定着部の腐食ひび割れが RC はりの破壊性状に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

鉄筋の腐食促進のため、電食試験を実施した。主鉄筋、3%NaCl 溶液を浸したスポンジ、ステンレス板、導線というような回路を成立させ、目標腐食量に達するまで通電した。腐食率は、鉄筋の減少質量により評価した。

電食試験後、2000kN 荷重制御型試験機を用い、4 点曲げ試験を実施した。実験パラメータはせん断スパン有効高さ比 a/d 、および定着部長さである。図-1、表-1 に供試体概要図、供試体シリーズをそれぞれ示す。コンクリートの変形挙動を調査するため、载荷中は画像解析により供試体表面のひずみ分布を算出した。また、支点部直上の腐食ひび割れ開口変位をクリップゲージにより測定した。鉄筋の引き込み挙動を調査するため、RC はり端部の鉄筋変位を測定した。

3. 実験結果と考察

腐食率測定結果より、定着部の腐食率が、A-2 では 16~20%、B-1 と B-2 では 12~16%であった。図-2(a), (b)に A シリーズ、B シリーズの荷重-中央変位関係をそれぞれ示す。図-2(a)より、A-2 は、健全な供試体である A-1 とほぼ等しい挙動を示すことがわかる。また、図-2(b)より、B-1 は斜めひび割れ発生後、耐力の向上が見られる。また、B-2 は a/d の等しい A シリーズと比較すると、ポストピークの挙動が靱性に富む挙動を示していることがわかる。B-1、B-2 いずれのはりでも载荷により腐食ひび割れが開口した。よって、この 2 つ供試体では、腐食ひび割れが破壊性状に影響を与えたと考えられるため、以下で詳細に検討する。

B-1 ($a/d = 2.7$, 定着部長さ 75mm) について、図-3 に画像解析結果として最大主ひずみ分布を示す。なお、図中のひずみ値は引張を

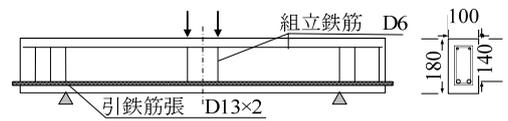
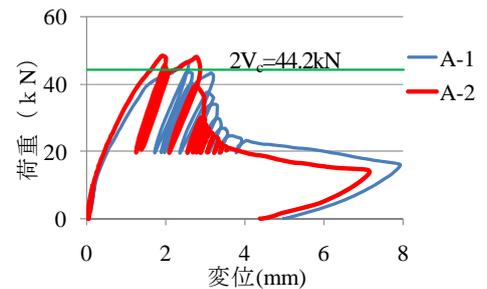


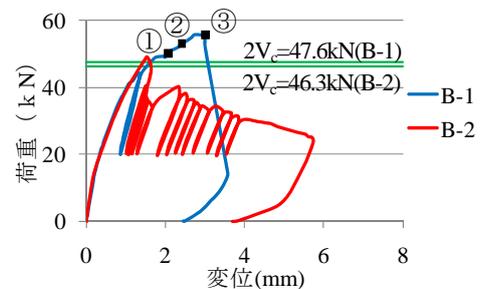
図-1 供試体概要図

表-1 供試体シリーズ

	腐食	全長(mm)	定着長(mm)	a/d
A-1	無し	1200	150	2.9
A-2	有り	1200	150	2.9
B-1	有り	1000	75	2.7
B-2	有り	1000	75	2.9



(a)A シリーズ



(b)B シリーズ

図-2 荷重-中央変位関係

正の値として示す。図-3 に示す主ひずみ分布は、それぞれ図-2(b)に示す①～③の荷重時における測定結果である。図-3 より、①の荷重レベルでは、腐食ひび割れ領域と載荷ひび割れ領域をつなぐひび割れ（赤丸で図示）が生じ、その部分にひずみの局所化が確認できる。②の荷重レベルでは、そのひび割れが進展し、腐食ひび割れ部にも引張ひずみが局所化し、腐食ひび割れが開口している。③のピーク時では、腐食ひび割れの開口が進展していることがわかる。以上より、①によるひび割れが、RC はりの剛性変化に影響を与え、腐食ひび割れの開口が①～③での耐力向上に影響を与えたことがわかった。また、このように腐食ひび割れが開口したことにより、斜めひび割れ位置と角度が制御され、その結果、耐力が向上したものと考えられる。

B-2 ($a/d = 2.9$, 定着部長さ 75mm) は、鉄筋変位の測定結果より、軸方向鉄筋の引き込みが生じていた。そこで、B-2 と定着部長さのみが異なる A-2 ($a/d = 2.9$, 定着部長さ 150mm) を比較する。図-4 に A-2 と B-2 の荷重—鉄筋の引き込み変位関係を示す。図-2(a), (b)を見ると、ポストピークにおいて、A-2 は急激に荷重が低下している一方、B-2 はある程度の荷重を保持したまま変位量が増加しており、靱性に富む挙動を示していた。そのポストピークにおいて、B-2 は鉄筋の引き込みが生じていることが図-4 よりわかる。よって、荷重—中央変位関係におけるポストピークの挙動は、A-2 ではコンクリートの斜めひび割れ発生、および進展によるぜい性的な軟化挙動であったが、B-2 では鉄筋の引き込みによって若干じん性に富む挙動を示したものと考えられる。

図-5 に B-1, B-2 の破壊側支点部直上、腐食ひび割れ開口変位の測定結果を示す。どちらも、載荷前からピーク荷重時まで腐食ひび割れが閉じている。つまり、図-6 に示すように、支点部付近で鉛直圧縮応力を受け、腐食ひび割れ面のずれせん断に対する抵抗力（図中 V_{slide} ）が増加していることが考えられる。今後の課題として、このずれせん断に対する抵抗力をより精度良く評価するためには、この支点部付近における腐食ひび割れ面に作用する鉛直圧縮応力の評価が必要である。

4. 結論

定着部長さ 75mm の定着部において腐食率 12～16% で軸方向鉄筋が腐食している RC はりの実験から、以下のことが明らかになった。

- 1) $a/d = 2.7$ の RC はりでは、腐食ひび割れが載荷ひび割れと繋がったことが、はりの剛性、耐力の向上に影響を与える。
- 2) $a/d = 2.9$ の RC はりでは、軸方向鉄筋の引き込みがポストピークの挙動に影響を与える。

今後の課題として、ずれせん断破壊を仮定する場合、腐食ひび割れ面のずれに対する抵抗力を算出するためには、支点部における鉛直圧縮応力の算定が必要である。

参考文献

- 1) 池田尚治, 宇治公隆: 鉄筋コンクリートはりのせん断耐荷挙動に及ぼす鉄筋の付着に関する研究, 土木学会論文報告集, 第 293 号, 1980 年 1 月.
- 2) 村上祐貴, 木下英吉, 鈴木修一, 堤 知明: 鉄筋腐食した RC 部材の残存耐力性状に及ぼすせん断補強筋ならびに定着性能の影響に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.64, pp. 631-649, 2008. 12.

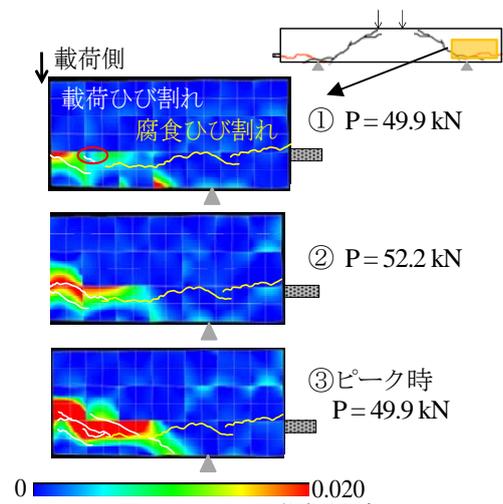


図-3 B-1 の画像解析結果

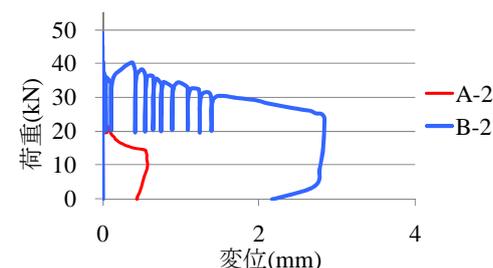


図-4 荷重—鉄筋の引き込み変位関係

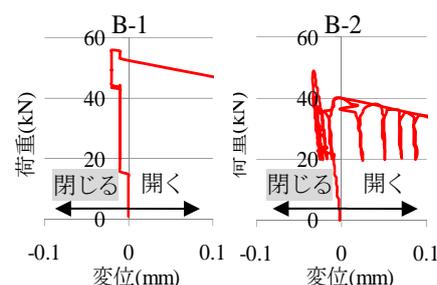


図-5 支点部直上、腐食ひび割れ開口変位

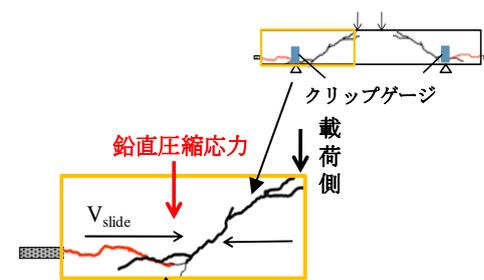


図-6 支点部における作用応力の概要