

RC 曲げ部材の曲げ耐荷力算定における引張主筋腐食分布の考慮方法

京都大学 学生会員 ○中元 佑一 正会員 山本 貴士
正会員 高谷 哲 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

本研究では、引張主筋に、電食および塩水散布によるはり軸方向の腐食量の分布を与えた RC はりに対して曲げ載荷試験を行い、実験で得られた部材中の腐食量の分布を用いて、耐荷力算定に適用するための分布の考慮方法について検討した。

2. 実験概要

2. 1 供試体

供試体の形状・寸法を図 1 に示す。幅×高さ(有効高さ)×全長(スパン長)=110×165(140)×1800(1600) mm の引張側 3-D10(SD345)の鉄筋 RC はり¹⁾で、コンクリートの目標配合強度は $f_{cr}=24\text{ N/mm}^2$ とした。

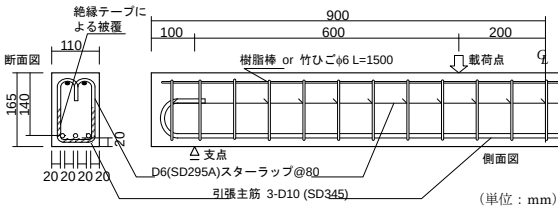


図 1 供試体の寸法・形状

2. 2 実験要因

引張主筋全長を腐食区間とし、電食供試体については目標質量減少率を 0%(健全)、3%、10%、20%とした。塩水散布供試体は 1 日 1 回、5%塩水を散水する乾湿繰り返しの腐食促進環境に、424 日間置いた。

2. 3 載荷方法および測定項目

載荷は、スパン長 1600mm に対し曲げスパン 400mm の対称 2 点 1 方向単調載荷曲げ試験とし、荷重、スパン中央および載荷点変位、両支点変位を測定した。載荷終了後に供

表 1 鉄筋の質量減少率、鉄筋径、残存断面積

腐食方法	目標質量減少率	質量減少率				平均鉄筋径				平均断面減少量				残存断面積の標準偏差				降伏荷重(kN)	最大荷重(kN)	
		L	M	R	Ave.	L	M	R	Ave.	L	M	R	Ave.	L	M	R	Ave.			
なし																		37.4	41.7	
																		37.8	41.5	
電食	3	4.80	5.99	5.40	5.40	8.59	8.53	8.55	8.56	3.58	4.32	4.06	3.99	0.94	1.50	0.96	1.13	33.1	10.0	
		5.22	6.57	4.86	5.55	8.56	8.56	8.54	8.55	3.91	3.90	4.25	4.02	0.81	1.02	0.97	0.93	34.2	43.0	
	10	9.98	17.47	8.45	11.97	8.37	8.03	8.48	8.29	6.53	10.85	4.99	7.46	2.98	5.01	1.41	3.13	31.5	37.3	
		9.79	16.20	9.11	11.70	8.47	8.06	8.41	8.32	5.10	10.44	5.95	7.16	1.10	4.90	2.91	2.97	30.2	37.6	
	20	6.65	13.13	8.29	9.36	8.32	7.96	8.31	8.20	7.07	11.71	7.24	8.67	1.38	5.51	1.82	2.90	34.1	44.6	
		11.31	20.07	10.04	13.81	8.23	7.78	8.25	8.09	8.35	13.90	7.99	10.08	2.94	6.68	1.67	3.76	29.2	39.8	
		15.57	11.58	18.31	15.15	8.04	8.33	7.89	8.09	10.68	7.05	12.58	10.10	6.85	3.21	7.91	5.99	22.1	32.6	
		3.87	4.26	3.92	4.02	8.52	8.53	8.49	8.51	4.52	4.40	4.90	4.61	1.32	1.74	1.16	1.41	35.2	40.3	
	塩水散布	-	3.13	3.28	3.39	3.27	8.43	8.41	8.40	8.41	5.73	5.97	6.03	5.91	0.78	1.25	0.88	0.97	37.1	41.3
		-	2.99	2.78	3.05	2.94	8.42	8.47	8.45	8.45	5.78	5.20	5.48	5.48	1.04	0.60	0.88	0.84	37.1	43.4
-		2.42	2.40	2.73	2.52	8.43	8.48	8.45	8.45	5.71	5.03	5.44	5.39	1.54	0.50	0.66	0.90	37.1	41.8	

着色部は破断した鉄筋

試体から鉄筋をはつり出し、JCI-SC1 法に基づき除錆した後、鉄筋の質量を測定するとともに、鉄筋径を軸方向の 50mm 間隔で測定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 腐食量測定結果

腐食鉄筋の質量減少率、鉄筋径および曲げ載荷試験結果を表 1 に示す。

3. 2 破壊形式

平均断面減少量とその標準偏差の関係を、破壊形式ごとに区別して図 2 に示す。破壊形式には、曲げ引張破壊(曲げ破壊)と鉄筋破断が見られた。平均断面減少量が大きいくほど、標準偏差も大きくなる傾向が伺える。既往研究²⁾と同様の傾向が得られ、曲げ

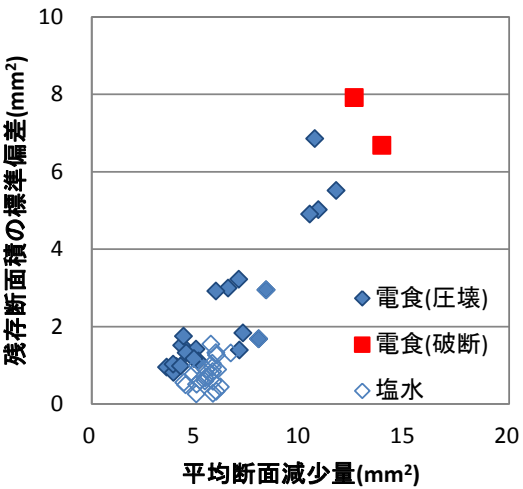


図 2 断面減少量と標準偏差

キーワード 引張主筋、鉄筋腐食、腐食分布、電食、塩水散布、曲げ耐荷力

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL:075-383-3173 FAX:075-383-3177

引張破壊を生じる RC はりの破壊形式が鉄筋破断に変化するかどうかは、腐食量の軸方向分布のばらつきの特徴から推測できる可能性がある。

4. 腐食分布を考慮した曲げ耐力評価

実点検におけるかぶりののはつり位置数点において鉄筋径を直接計測することを念頭に置き、得られた測定値から部材中の鉄筋径の特性値を推定し、それから得られる鉄筋断面積を RC 断面解析に用いて降伏荷重および最大荷重を算定した。供試体 1 体につき、鉄筋径を得る断面を抽出する試行を 20 回行った。

4. 1 試算要因

供試体軸方向から任意の 3 断面を抽出し、はつり出した鉄筋で測定した軸方向 50mm 間隔の鉄筋径のプロファイルから、抽出された断面位置に相当する鉄筋径を同定する。各断面の鉄筋径の代表値は、幅方向に 3 本ある引張主筋の平均値とした。軸方向の鉄筋径の分布形として正規分布、対数正規分布を仮定した。また、腐食鉄筋径の特性値は、最頻値、腐食鉄筋径がその特性値を下回らない確率が 95%および 99.7%となる値とした。

4. 2 試算結果および考察

降伏荷重および最大荷重の実験値を、得られた計算値で除した値と質量減少率の関係を図 3 に示す。図中には、20 回行った試算値の平均値を示している。

最頻値を特性値とした場合、分布ごとの計算結果に差は見られなかった。今回の平均値および標準偏差では、最頻値が対数正規、正規分布の順に大きくなるが、その差はきわめて小さい。そのため、計算結果に大きな差が表れなかったと考えられる。一方、腐食鉄筋径が特性値を下回らない確率を 99.7%とした場合、10%を超える質量減少率の大きな領域においては、いずれの分布でも実験値と計算値の差が大きくなったが、対数正規分布より正規分布を仮定した方が、実験値と計算値の差が大きい傾向にあった。すなわち、同じ平均値、標準偏差を用いる場合、対数正規分布よりも正規分布を仮定して最頻値から確率に基づいた一定の値を差し引いた特性値を適用することで、より安全な算定ができると考えられる。さらに、鉄筋破断により終局に至った供試体の降伏荷重は、最頻値を用いると危険側の算定結果になったが、鉄筋径が特性値を下回らない確率を 95%や 99.7%に設定することによって、安全に算定することができた。

5. 結論

かぶりののはつり位置数点において鉄筋径を直接計測し、測定値から部材中の引張主筋の腐食分布特性を推定して曲げ耐力を算定する手法において、正規分布を仮定して、最頻値から確率に基づいた一定の値を差し引いた特性値を断面計算に適用することで、安全な算定ができる可能性を示した。

参考文献

- 1) 土木学会：続・材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能，コンクリート技術シリーズ 85，土木学会，pp.10-16，2009.5
- 2) 半田伸太郎，山本貴士，高谷哲，宮川豊章：引張主鉄筋の腐食した RC はりの曲げ耐力算定における腐食分布の考慮に関する研究，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 CD-ROM，2010.5

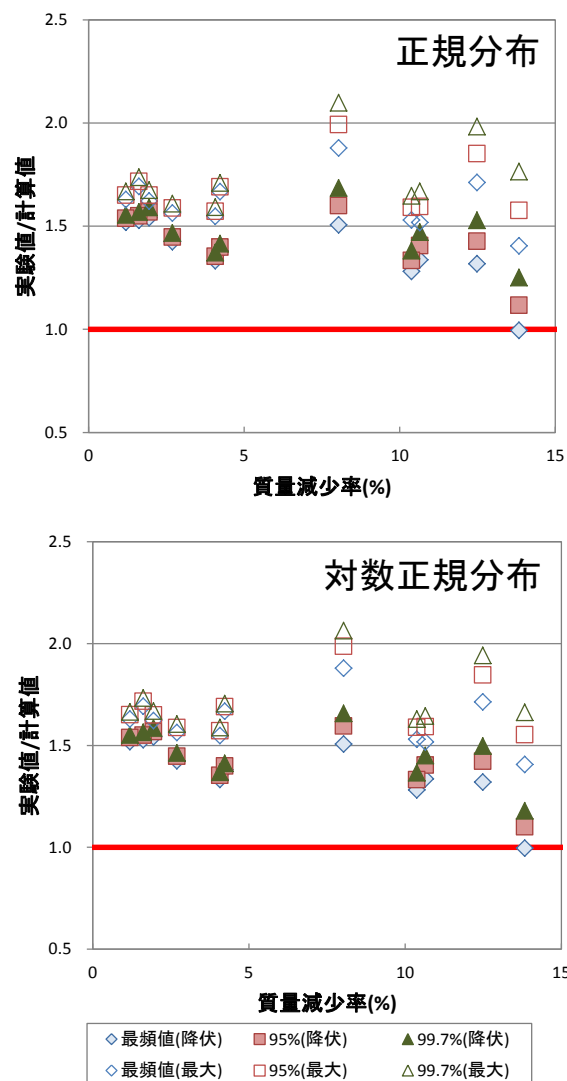


図 3 実験値と計算値の比較