

電食試験と実構造物の鉄筋腐食量とひび割れ幅の関係

安藤ハザマ 正会員 ○峰沢 ジョージヴウルペ
正会員 室山 拓生, 三反畑 勇

1. はじめに

近年社会資本ストックの維持管理が大きな社会問題となっている中で、特に RC 構造物の劣化診断、劣化予測技術の開発が本格化している。また、鉄筋の腐食度や腐食速度は、鉄筋径、コンクリートかぶり厚、コンクリート材料の強度や透磁率、RC 構造部材の暴露環境などの影響を受けることは知られているが、多くの劣化構造物が設計書等の詳細データを残しておらず、RC 構造が喪失されるような鉄筋を含めたサンプリングが困難であることから、実構造物の腐食鉄筋について、定量的な要因分析は進んでいない状況である。

本論では、現地でサンプリングできた海上栈橋の RC 床版のサンプルを用いたひび割れ・腐食量調査と室内での RC 部材の電食実験の結果を比較し、目視で確認できるひび割れ状況と、内部の鉄筋腐食量の関係の違いについて示す。

2. 電食実験概要

図-1 は室内での RC 部材電食試験に用いた供試体の概要図である。電食試験は、鉄筋径（呼径 D16・D25）とかぶり厚（30mm・40mm）を変えた実験を実施し、ひび割れ幅発生時刻、積算電流値、ひび割れが十分発達した時点でのひび割れ幅分布について計測し、計測後に 10cm ブロックに切断し、個々の鉄筋腐食量を確認した。

図-2 は電食試験でひび割れ幅を 1cm 毎に計測した結果

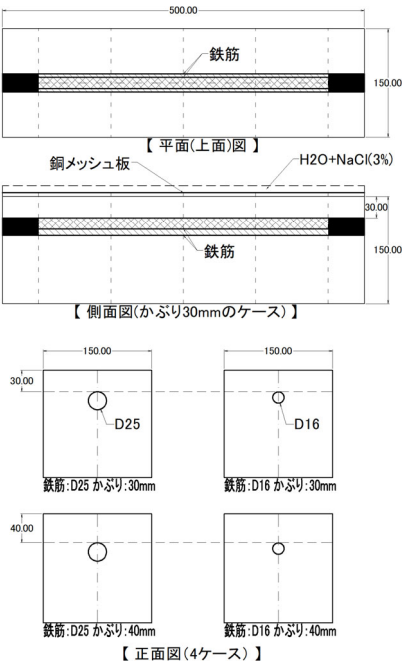


図-1 電食試験概要図

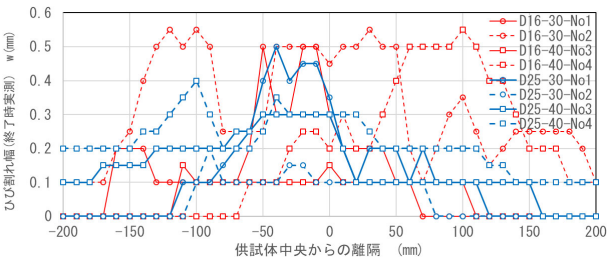


図-2 ひび割れ幅計測結果

表-1 電食試験供試体の鉄筋腐食調査結果

試験体No	鉄筋	被り厚さ (mm)	健全鉄筋				腐食鉄筋				
			質量(g)	長さ(mm)	直径(mm)	単位質量(g/mm)	質量(g)	長さ(mm)	単位質量(g/mm)	腐食量(mg/mm ²)	質量減少率(%)
D25-40-No4	D25	40	391.79	102.25	27.00	3.832	379.90	102.28	3.714	0.001	3.06
			390.56	101.74	27.00	3.839	373.41	101.72	3.671	0.002	4.37
			394.86	102.90	27.02	3.837	386.00	102.90	3.751	0.001	2.24
			389.62	101.57	26.98	3.836	381.51	101.58	3.756	0.001	2.09
389.62			101.57	27.02	3.836	385.76	103.19	3.738	0.000	2.54	
389.62			101.57	27.00	3.836	375.04	101.74	3.686	0.002	3.90	
389.62			101.57	27.01	3.836	380.78	102.49	3.715	0.001	3.15	
389.62			101.57	27.01	3.836	375.30	100.02	3.752	0.002	2.18	
152.43			101.29	16.54	1.505	149.68	101.26	1.478	0.001	1.78	
154.58			102.86	16.57	1.503	147.32	102.85	1.432	0.001	4.69	
153.05			101.69	16.57	1.505	142.27	101.71	1.399	0.002	7.06	
153.89			102.22	16.59	1.505	145.86	102.24	1.427	0.002	5.24	
153.89			102.22	16.67	1.505	151.87	103.51	1.467	0.000	2.51	
153.89			102.22	16.50	1.505	142.86	102.28	1.397	0.002	7.19	
153.89			102.22	16.52	1.505	144.20	102.23	1.411	0.002	6.27	
153.89			102.22	16.50	1.505	148.43	101.85	1.457	0.001	3.17	
D25-30-No1	D25	30	389.62	101.57	27.03	3.836	379.70	101.70	3.734	0.001	2.67
			389.62	101.57	27.02	3.836	379.94	103.13	3.684	0.001	3.96
			389.62	101.57	26.99	3.836	376.40	101.29	3.716	0.002	3.13
			389.62	101.57	27.01	3.836	382.33	101.89	3.752	0.001	2.18
389.62			101.57	27.01	3.836	381.18	101.42	3.758	0.001	2.02	
389.62			101.57	27.02	3.836	380.82	101.13	3.766	0.001	1.83	
389.62			101.57	27.01	3.836	381.52	102.24	3.732	0.001	2.72	
389.62			101.57	27.02	3.836	379.93	102.08	3.722	0.001	2.97	
153.89			102.22	16.51	1.505	148.94	102.69	1.450	0.001	3.63	
153.89			102.22	16.46	1.505	143.75	101.54	1.416	0.002	5.93	
153.89			102.22	16.50	1.505	152.53	103.39	1.475	0.000	1.97	
153.89			102.22	16.61	1.505	146.55	101.43	1.445	0.001	4.00	
154.31			102.55	16.59	1.505	150.53	102.53	1.468	0.001	2.43	
153.41			102.05	16.56	1.503	146.72	102.07	1.437	0.001	4.38	
155.57			103.29	16.55	1.506	146.30	103.29	1.416	0.002	5.96	
151.16			100.39	16.55	1.506	145.88	100.38	1.453	0.001	3.48	

キーワード 電食試験, RC 構造物, 劣化予測

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市苅間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 T E L 029-858-8813

で、ひび割れ分布状況を示したものである。最大ひび割れ幅は 0.50～0.55mm であり、D16 での実験結果の方が大きなひび割れ幅で分布するように見えるが、同一条件の供試体でも比較的不バラツキのある結果となった。

一方、腐食状況は、両端のブロックよりも中心側のブロックの方が大きな腐食量を示す結果となったが、ひび割れ幅と腐食量の関係はばらつきが大きな結果となった。

3. 実構造物の鉄筋腐食量調査

実構造物のサンプルは 図-3 に示すような海上栈橋の RC 床版で、床版下面は波蝕及び腐食によってほぼ崩れ落ちたような状況だったので調査は床版上面に対して実施した。

サンプルは栈橋の 2 か所（異なる床版）から採取した。ひび割れ調査の後、コンクリートの塩化物濃度分布の測定結果も踏まえて、鉄筋腐食によるひび割れである可能性が高い箇所を抽出し、ひび割れ直下の鉄筋を取り出して腐食量調査を実施した。

調査の結果、ひび割れ幅は最大で 0.08mm と、電食試験結果と比較して非常に小さな値であったが、概ね床版の上鉄筋に沿ったひび割れであることから、確認したひび割れのほとんどが鉄筋腐食の影響を受けたものと判断した。腐食量については下式より求めた。

$$\text{腐食量}(\text{mg}/\text{mm}^2) = (w - w') / s$$

w: 健全鉄筋質量

w': 腐食後に錆を除去した鉄筋の質量

s: 鉄筋の全表面積

表-2 に実構造物の鉄筋腐食量を計測した結果を示す。

サンプルの鉄筋かぶり厚は 50～60mm であり、腐食減量（腐食による健全部の質量減少量）は 0～0.54%，腐食量は 0～0.17mg/mm² と、非常に小さい結果となった。

4. おわりに

図-4 には、今回実施した電食試験及び実構造物の鉄筋腐食量調査により得られた、ひび割れ幅と鉄筋腐食量の結果を示す。黒色塗潰しされたプロットは、既往の研究^{1)～5)}において報告されたひび割れ幅と鉄筋腐食量の関係（デジタイザにより再プロット）であり、今回実施した試験結果のプロットは白抜きデータである。図-4 によると、実構造物サンプルによる結果は、ひび割れ幅が小さいレンジではあるが、既往の研究の下限側で概ね同様の傾向を示した。

参考文献 1) 木村・丸山・濱田：RC 部材における鉄筋腐食の定量的評価方法に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，vol. 18, No. 1, 1996 2) 武若・松本：コンクリート中の鉄筋腐食が RC 部材の力学的性状に及ぼす影響，第 6 回コンクリート工学年次講演会論文集，1984 3) 濱田・丸山・下村・青山：腐食性環境下における鉄筋コンクリート構造物の劣化予測モデル，コンクリート工学年次論文報告集，vol. 19, No. 1, 1997 4) 岡崎・下村・松尾：鉄筋軸方向の非一様性に着目したコンクリート中の鉄筋腐食と腐食ひび割れ幅に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25, No. 1, 2003 5) 田森・丸山・小田川・橋本：鉄筋の発錆によるコンクリートのひびわれ性状に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，10-2, 1988

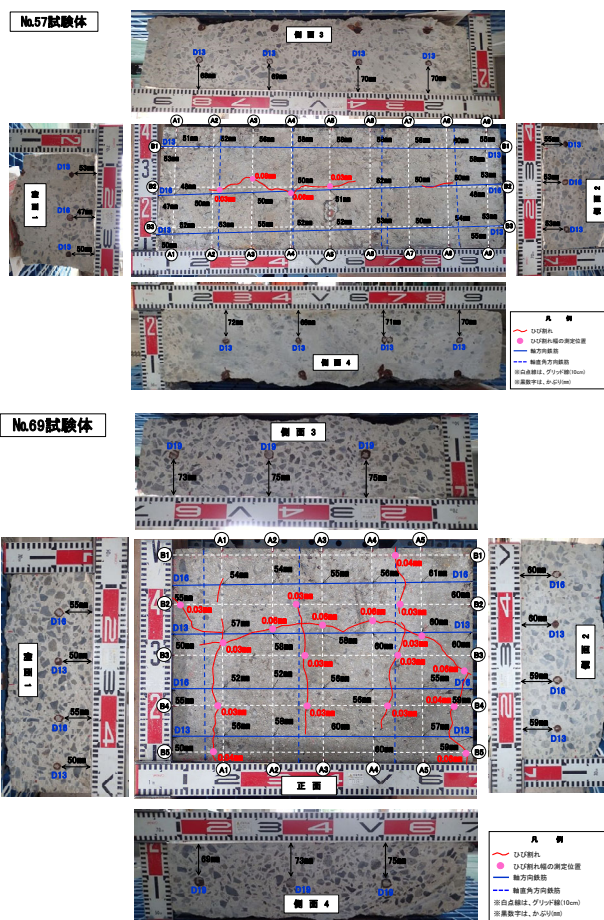


図-3 実構造物サンプルの亀裂調査結果

表-2 実構造物サンプルの鉄筋腐食調査結果

試験体	鉄筋 No.	鉄筋 径	試験体状況		健全部			腐食部		腐食減量 (%)	腐食量 (mg/mm ²)	備考	
			かぶり (mm)		実測鉄筋による 単位質量 (g)			長さ (mm)	質量 (g)	実測鉄筋 単位質量	実測鉄筋 質量		
			実測値	レダ値	ひび割 れ幅 (mm)	単位質量 (kg/m)	直径 (mm)						質量 (g)
No.57 試験体	No.2-2	D16	52.33	50	0.03	1.533	15.6	146.6	95.7	146.4	0.17	0.05	
	No.2-3	D16	52.56	50	0.08	1.533	15.6	146.4	95.5	146.0	0.23	0.07	
	No.2-4	D16	53.57	50	0.06	1.533	15.6	148.7	97.1	148.5	0.19	0.06	
	No.2-5	D16	53.21	51	0.03	1.533	15.6	144.5	94.3	143.7	0.54	0.17	
	No.2-8	D16	53.87	50	0.03	1.533	15.6	145.9	95.2	145.6	0.25	0.08	
No.69 試験体	No.2-1	D13	56.68	57	0.03	0.937	12.0	90.7	96.8	90.7	0.09	0.02	
	No.2-2	D13	57.87	58	0.06	0.937	12.0	89.9	96.0	89.9	0.00	0.00	
	No.2-3	D13	59.41	58	0.06	0.937	12.0	89.5	95.5	89.4	0.14	0.03	
	No.2-4	D13	59.54	60	0.06	0.937	12.0	90.3	96.3	90.3	0.00	0.00	
	No.2-5	D13	59.18	60	0.03	0.937	12.0	90.6	96.7	90.3	0.37	0.09	

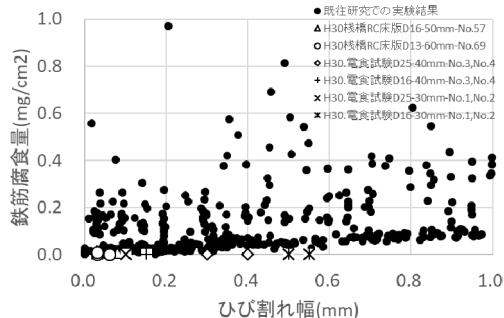


図-4 ひび割れ幅と腐食量の関係