

PSV-9 鉄筋およびプレストレストコンクリート 構造物における鋼材腐食モニタリング

京都大学 正 小林和夫 京都大学 正〇宮川豊章
京都大学 正 井上 晋 戸田建設㈱ 正 堀之内和広

はじめに 近年、鉄筋およびプレストレストコンクリート構造物の耐久性のうえから、塩化物イオンによるコンクリート中の鋼材の腐食が大きな問題となっている。しかし、コンクリートは不透明な固体であり、内部に含まれる鋼材の腐食については、軸方向ひびわれの発生あるいは錆汁の流出等によって知られる場合が多いのが現状である。しかし、軸方向ひびわれの発生は、耐久性上の限界状態であると考えられており、その発生の前に非破壊的な経時測定、モニタリングが可能であることが望ましい。しかも、塩害が生じた構造物の補修範囲を決定するうえでも、モニタリング手法の確立が強く望まれている。本研究は、現在種々提案されているモニタリング手法の中から、比較の実用性が高いと考えられる自然電位法と分極抵抗法を取りあげ、それらの有用性を確認したものである。

実験概要 実験にはRCおよびPC供試体（幅×高さ×長さ＝10×20×160 cm）を用い、自然電位、分極抵抗、コンクリート抵抗の測定および鋼材腐食状態の観察を行った。PCはりについては、シースへの埋設型電極をも用いた。RCはりについては、黒皮付き異形鉄筋（D16,SD35）をかぶり14mmで主筋とし、コンクリートの練りませ水（水道水、3%食塩水）、ひびわれ（有、無）、横方向鉄筋（有（φ6mm）、無）、散水（水道水、3%食塩水）の4要因の

表1-1 RCはり供試体一覧

	ひびわれ	横方向鉄筋	散水	供試体番号
水道水練り	有	有	食塩水	No. 1, No. 2
		無	食塩水	No. 3
	無	有	食塩水	No. 4, No. 5
		無	食塩水	No. 6, No. 7
食塩水練り	有	有	水道水	No. 8
	無	無	食塩水	No. 9, No. 10
			水道水	No. 11, No. 12
			食塩水	No. 13, No. 14
		有	食塩水	No. 15, No. 16

組合せにより、またPCはりについては、PC鋼棒（φ9mm,B種1号）を底面かぶり57mmで中心線上にシースとともに用い、グラウトの練りませ水（水道水、3%食塩水）を要因としてとりあげ、それ

表1-2 PCはり供試体一覧

水道水練りグラウト	No. 17, No. 18
食塩水練りグラウト	No. 19, No. 20

ぞれ16本および4本の供試体を作成した（表1）。コンクリート配合としては、単位セメント量330kg/m³、水セメント比0.53とした。供試体は材令1週まで湿布養生を行った後、ひびわれ導入供試体については最大残留ひびわれ幅0.1mm程度のひびわれを導入し、材令10日まで気中養生を行ったうえで、散水を開始した。照合電極として銀・塩化銀電極を、対極としてはエポキシ樹脂塗装鉄筋（D16）の端面を用いた。測定には腐食モニター（東方技研社製）を用い、コンクリート抵抗補償型の矩形波電流分極法によって、パルス周期10秒（コンクリート抵抗測定には1.7kHz）、印加電流100μAで行った。

結果および考察 表2に材令8週における各供試体の自然電位、分極抵抗およびコンクリート抵抗を示す。また、No.1, No.9, No.19はりの各測定値の分布、ひびわれおよび腐食状況を図1～4に示す。これらより、腐食が激しい場合自然電位が卑変するとともに電位勾配は急となり、分極抵抗が小となる事が認められる。鋼材腐食箇所での自然電位の最卑値は-200mV(vs Ag/AgCl)程度であり、腐食開始の指標になるものと考えられる。

図5に分極抵抗の逆数を時間で積分した値と腐食減量との関係を示す。両者には良好な相関関係が認められ、分極抵抗は腐食速度、腐食量を知るうえでの有力な指標である。しかし、鉄

表2-1 RCはりにおける測定値

供試体	自然電位 (mV)		分極抵抗 (Ω)		コンクリート抵抗 (Ω)	
	最貴値	最卑値	最小値	最大値	最小値	最大値
No. 1	-162	-477	53	351	100	507
No. 2	-157	-369	88	328	152	572
No. 3	-187	-462	46	302	134	572
No. 4	-118	-289	125	358	172	485
No. 5	-72	-134	98	238	147	470
No. 6	-207	-345	68	337	155	651
No. 7	-215	-300	80	251	159	581
No. 8	+32	-74	250	780	539	1801
No. 9	-435	-535	7	106	90	383
No. 10	-424	-581	12	89	86	335
No. 11	-359	-481	18	91	74	504
No. 12	-386	-494	11	141	53	886
No. 13	-421	-496	8	87	61	473
No. 14	-448	-536	9	48	50	314
No. 15	-421	-513	15	89	118	286
No. 16	-438	-540	11	105	78	360

筋が配置されていない箇所小さくなる等、配筋状態による影響を受けるため、鋼材位置と測定位置との関係を明確にした上で解釈する必要がある。また、電位勾配が急で腐食電流の起電力が大であっても、コンクリート抵抗が大であれば腐食電流は小となり、腐食速度は小さく分極抵抗は大きな値を示すなど、コンクリート抵抗も併せて判断する必要がある。

PCはりの測定についてはシースによる電場の乱れがあるため、PC鋼材については埋設型電極を用いるのがよく、シースについてはかぶりコンクリート表面からの測定との併用がよいと考えられる。

軸方向ひびわれはわずかな腐食生成物によって発生し、自然電位が -400mV (vs Ag/AgCl)、分極抵抗の逆数の積分値が $0.55(\text{day}/\Omega)$ 程度に達するとその可能性が高くなるが、発生の有無はかぶりコンクリートの施工状態等によっても左右されると考えられる。

最後に、種々のご配慮をいただいた、国際建設技術研究所および日本防食工業の各位に謝意を表します。

参考文献：1) 小林、宮川他：鉄筋の塩化物腐食の推定手法について、第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1980、2) 小林、宮川他：分極抵抗法を用いた鉄筋腐食モニタリングによる補修規準について、第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1983、3) 宮川：コンクリート中の鋼材の電位測定方法の一試案、海洋コンクリート構造物の防食指針(案)、1983、4) 岡田、小林、宮川他：最新コンクリート工学、国民科学社、1986

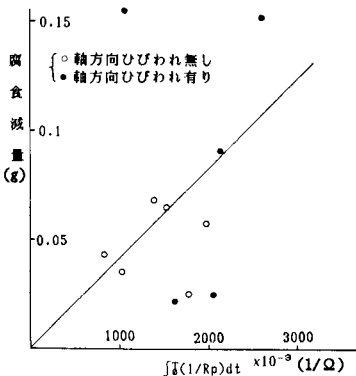


図4 腐食減量と分極抵抗の関係

表2-2 PCはりにおける測定値(表面測定)

供試体	測定位置	自然電位 (mV)		分極抵抗 (Ω)		コンクリート抵抗 (Ω)	
		最良値	最悪値	最小値	最大値	最小値	最大値
No. 17	PC鋼材	-140	-154	515	732	256	630
	水運水曜日	-400	-409	122	330	267	630
No. 18	シース	-145	-167	469	818	269	486
	グラウト	-409	-428	184	331	298	520
No. 19	PC鋼材	-180	-217	401	561	237	451
	水運水曜日	-405	-418	136	313	222	420
No. 20	シース	-247	-278	412	605	204	598
	グラウト	-394	-410	211	404	226	571

表2-3 PCはりにおける測定値(埋設法)

供試体	測定位置	自然電位 (mV)		分極抵抗 (Ω)		コンクリート抵抗 (Ω)	
		最良値	最悪値	最小値	最大値	最小値	最大値
No. 17	PC鋼材	+1	-67	830	1060	20	160
	水運水曜日	-221	-307	920	1220	20	160
No. 18	シース	+5	-45	900	9880	80	350
	グラウト	-264	-338	870	9920	80	350
No. 19	PC鋼材	-20	-99	1070	1470	100	200
	水運水曜日	-224	-328	1080	1370	100	200
No. 20	シース	-80	-117	570	1160	30	150
	グラウト	-225	-280	460	1170	30	150

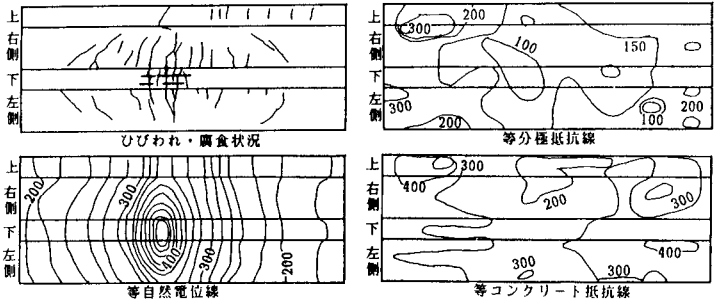


図1 No.1供試体における測定値分布

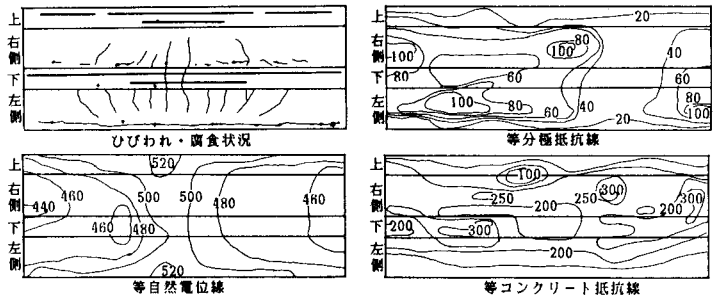


図2 No.9供試体における測定値分布

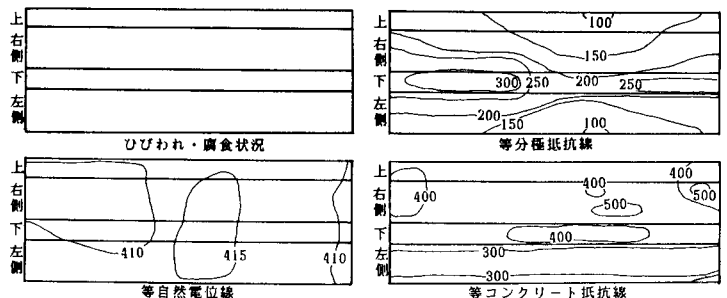


図3 No.19供試体における測定値分布—シース