

運輸省第五港湾建設局 正会員 馬場孝博  
 運輸省第五港湾建設局 船戸幸八  
 運輸省第五港湾建設局 溝口 誠

1. まえがき

電気化学的非破壊調査法については本調査で過去に実岸壁において自然電位法、分極抵抗法、コンクリート抵抗率法を用いて測定値と実際の鉄筋腐食状況との比較を行ったが、得られた測定値間にバラツキが大きかった。これについては測定時の様々な条件が測定値間のバラツキを大きくする要因になっているのではないかと考えられた。また既往の文献では各測定法による測定値から鉄筋の腐食の程度を推定するための腐食評価基準というものが無く、腐食の有無あるいは可能性といった指標が示されているのみであった。このため本調査では室内実験を行うことによって、現地においてコンクリート中の鉄筋腐食の電気化学的な測定を行う際に測定値のバラツキを抑えるために考慮すべき要件や、これらが測定値に及ぼす影響の度合い、さらに測定値から鉄筋腐食の程度を推定するための腐食評価基準を取得することを目的とした。

2. 試験体の製作および実験内容

室内実験は予め製作した各々腐食程度の異なる鉄筋を有するコンクリート供試体(図-1)の鉄筋腐食状態に関するデータを非破壊で得るため、7種類の測定条件を設定し、自然電位法、分極抵抗法およびコンクリート抵抗率法の3種類の測定法を用いて計測を行った。供試体形状は30cm×30cm×12.6cm、供試体数は鉄筋の腐食状態4種類(その内1種類は無腐食状態で、残り3種類はそれぞれ1, 2, 4週間暴露しながら塩水を散布したもの)、コンクリートの水セメント比3種類の計12種類を各々ごとに3個用意し、計12×3=36個の供試体を作製した。測定条件は以下の7種類を設定した。  
 ①コンクリート表面の水分; 乾燥、湿潤  
 ②鉄筋腐食状態4段階  
 ③水セメント比; 45, 55, 65%  
 ④測定面の位置; 上面(かぶり厚7cm) 下面(かぶり厚3cm)  
 ⑤鉄筋の導通; 有、無(リード線に接続または非接続とした。)  
 ⑥コンクリートの表面状態; 平滑、粗面、骨材露出  
 ⑦クラック; 有、無

3. 実験結果の考察

測定条件の①についてはコンクリート表面を湿潤状態として測定すべきであることは多くの文献で指摘されておりであるが、自然電位法、分極抵抗法とも乾燥状態では測定値が一定しなかった。さらにコンクリート抵抗率法については図-2に示すようにコンクリート表面の水分量の多少(表面が十分湿潤か否か)が測定値に影響を与えることがわかっ

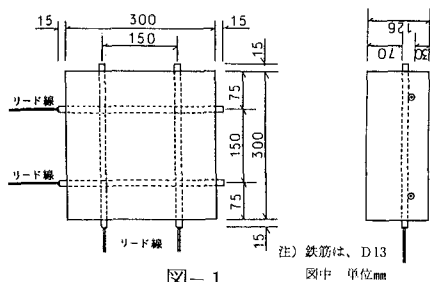


図-1 単位mm

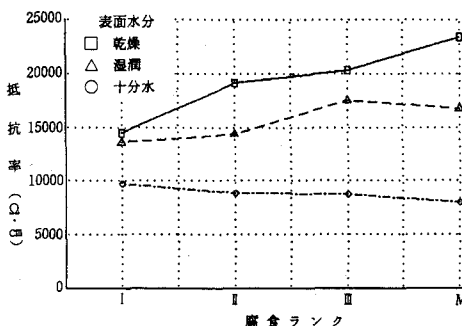


図-2

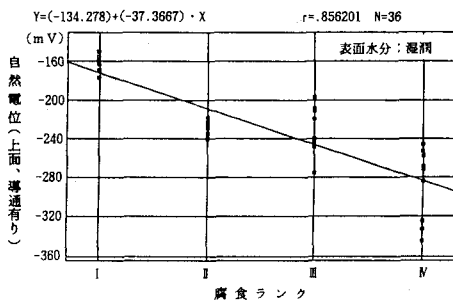


図-3

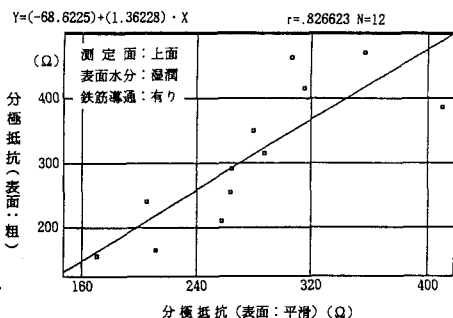


図-4

た。②の測定値と鉄筋腐食状態の関係については、腐食が激しくなるほど自然電位は卑になり(図-3)、分極抵抗とコンクリート抵抗値はともに小さくなった。⑥のコンクリートの表面状態の影響を調べるため供試体表面を粗面として平滑な状態における測定値との比較を行った。図-4より分極抵抗はコンクリート表面の凹凸の状態が大きくなればそれだけ測定値に影響を受けるが、自然電位法はコンクリート表面の影響を殆ど受けないことが分かった。⑦のクラックが測定値に与える影響については、供試体表面にクラックを発生させて、クラック上の測定値と平滑状態の測定値を比較した。自然電位はクラックの影響を殆ど受けないが、分極抵抗(図-5)とコンクリート抵抗率はかなりの影響を受けることが分かった。次に室内実験結果から鉄筋腐食状態と測定値には相関があることが確認されたので、各測定値を鉄筋腐食段階に応じて表-2~4の上段のように腐食評価基準値として分類した。ここで鉄筋腐食の段階表示は表-1のように室内実験と現地調査を統一してA、B、C、D、Eで表した。この結果と、過去の実岸壁における測定結果と測定箇所の暴露鉄筋の腐食状況を対比したものとを比較すると表-2~4のようになり、現地測定結果にはかなりの値の広がりが見られるものの最大値、最小値を見ると室内実験結果と比較的良好な一致が見られ、実験値による腐食程度の評価基準値の分類はほぼ妥当な値が得られていると思われる。表-3の現地における分極抵抗の測定結果のうち施設B、Cにおける値が1桁から2桁大きいのは前述の測定面の粗さの影響を受けたのではないと思われる。また現地で得られた分極抵抗値の最小値を用いて腐食速度を求め、実岸壁の経過年数に対する腐食量を算定すると表-5のようになる。この結果は現地での暴露鉄筋の観察結果とも良好な一致を示すものであった。

4. まとめ

非破壊調査法を現地において適用する場合、測定値が様々な条件により影響を受けることが実験結果からもわかった。室内実験から明らかになった各調査法の影響を受ける条件をまとめると、①自然電位法：コンクリート表面の水分、②分極抵抗法：コンクリート表面の水分、測定面の位置(かぶり厚)、鉄筋の導通の有無、コンクリート表面粗さ、クラック上での測定、③コンクリート抵抗率法：コンクリート表面の水分、クラック上での測定となる。現地調査ではこれらの条件を十分考慮した上で測定を行うことが大切である。また今回室内実験で得た腐食評価基準値(表-2~4)については、前述の室内実験での測定条件を十分満足すれば、初期の腐食程度の指標を与えるものとして使用できるのではないかと考えられる。

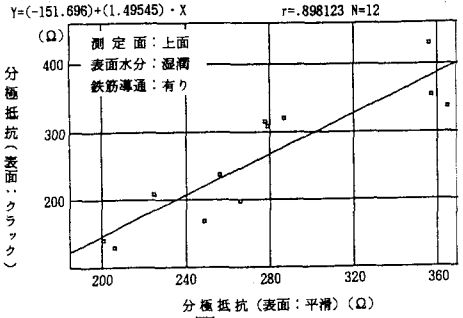


図-5

表-1

段階表示	腐食のランク	腐食の目視による観察状況
A	I	施工時の状況を保ち、以降の腐食が認められない。
B	II・III	部分的に腐食が認められる。(軽微な腐食)
C	IV	表面の大部分が腐食している。部分的に断面が欠損している。
D	-	鉄筋の全周にわたり断面の欠損がある。
E	-	鉄筋の断面が当初の2/3~1/2位欠損している。

表-2

自然電位 (mV vs CSE)		A	B	C	D
腐食程度	腐食評価基準値	>-200	-200~-300	-300~-400	-400>
施設	床版		-260~-310	-330~-390	-350~-390
施設	梁①支筋主筋				
	梁②主筋主筋	230~250			
施設	スタースラップ				
	①支筋				-400~-560
施設	Aスタースラップ				
	②主筋			-280~-450	
施設	B	-100~-230			
施設	C	-160~-330	-150~-420		

表-3

分極抵抗 (Ω)		A	B	C	D
腐食程度	腐食評価基準値	>400	400~250	250~150	150>
施設	床版		690~540	780~270	570~210
施設	梁①支筋主筋		790~300		
	梁②主筋主筋	500~120			
施設	スタースラップ				
	①支筋				290~60
施設	Aスタースラップ			260~90	
	②主筋				
施設	B	5000~5000			
施設	C	8000~600	29000~500		

表-4

コンクリート抵抗率 (kΩ·cm)		A	B	C	D
腐食程度	腐食評価基準値	>10	10~8.5	8.5~7.0	7.0>
施設	床版				4.7~2.5
施設	梁①支筋主筋		27.4~8.9		
	梁②主筋主筋	12.3~6.8			
施設	スタースラップ				
	①支筋				19.3~2.7
施設	Aスタースラップ				
	②主筋			11.9~5.4	
施設	B	57~16			
施設	C	15~10	24~8		

表-5

腐食程度	R <sub>po</sub> (Ω)	R <sub>po</sub> (kΩ)	d (cm)	鉄筋径 d (cm)	腐食速度 (cm/year)	経過年数	腐食量 (mm)		
								(v)	
施設	D	0.02	210	4.0	1.3	2.37E-03	20	4.74E-01	
施設	梁①支筋主筋	B	0.02	300	5.5	2.5	6.27E-04	20	1.25E-01
	梁②主筋主筋	A	0.02	500	6.0	2.5	3.45E-04	20	6.90E-02
施設	スタースラップ	D	0.02	60	5.0	1.3	6.64E-03	20	1.33E+00
	①支筋	A	0.02	280	4.7	1.3	1.63E-03	20	3.26E-01
施設	Aスタースラップ	C	0.02	260	4.7	1.3	1.63E-03	20	3.26E-01
	②主筋	A	0.02	5000	9.0	1.3	4.42E-05	20	8.85E-03
施設	B	0.02	500	7.0	1.3	5.69E-04	26	1.48E-01	