

新日本製鐵 正会員 ○岡 扶樹
 新日本製鐵 紀平 寛
 新日本製鐵 伊藤 勲

1. はじめに 海水環境下に建設された鋼構造物は、長期にわたる腐食劣化により部材断面の減少を生じ、構造保全上問題となることがある。一方、経済の安定成長期にあって、設備寿命の延長が求められており、こうした構造物が現在どの程度の腐食状態にあり、残存寿命がいくらかという腐食診断の確立が強く望まれている。これに用いる腐食速度値としては、従来、クーポン試験片の重量減測定値や実構造物の残肉厚の測定値から、過去の平均腐食速度を求める方法等が行われてきた。しかし、これには、(a)水質環境の変化、(b)供用途中の一時的防食の施工、(c)長期にわたって測定点を確定することの困難さ、等の誤差要因が含まれるため概略の値しか得られないのが現状である。これに対して筆者らは、新しい手法により、現場で腐食速度を直接測定する方法について検討してきた。¹⁾ そして、海洋実構造物への適用実験を行ったので報告する。

2. 測定原理 鋼表面の腐食反応は、図-1に示すとおり、腐食速度に反比例する反応抵抗 R_p と、吸着等による容量 C_p 、および、海水や付着物の抵抗 R_s から成る等価回路で表すことができる。そこで、 R_p を測定し定数 A を別途与えることによって、 $V=A/R_p$ なる関係から腐食速度 V を求めることができる。²⁾ 我々は、 R_p を C_p や R_s から分離して検知する方法として、実構造物への適用という点からACインピーダンス法が優れていることを見出した。従来、この手法は、室内実験には用いられてきたが、実構造物に直接微小電流を通电して測定した例は少なく、特に海洋鋼構造物では未だ報告が無い。

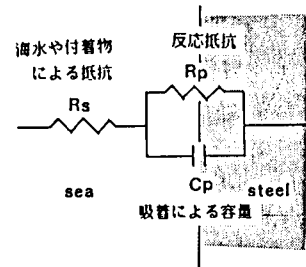


図-1 等価回路

3. 測定概要 図-2に現場測定の概要を示す。今回測定した栈橋は鋼管杭($\phi=711$.2, $t=16$)支持形式であり、建設後8年経過している。供用期間途中には電気防食等の防食措置がなされていないと共に、環境の変化は少ないと判断できるものである。測定はLWL+1.0mから-5.0mまで行い、LWLを中心として上下1mの間は50cmピッチで、-1.0m以深は2mピッチで、杭周方向に4点ずつ測定した。測定には、筆者らが開発した腐食速度

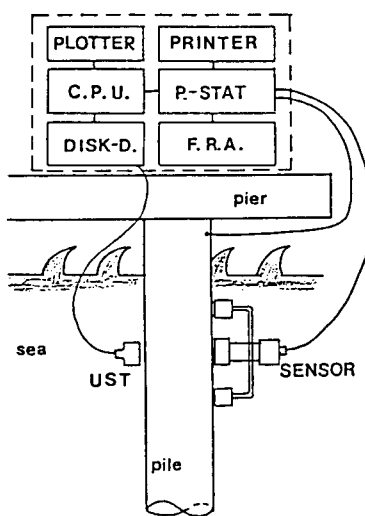


図-2 測定概要

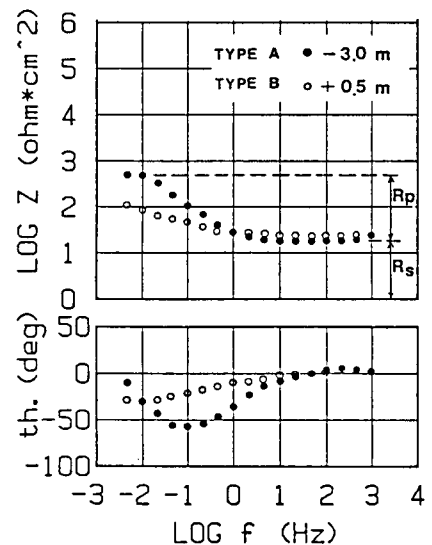


図-3 測定結果の代表例

センサーを用い、10kHzから5mHzまでの周波数帯で行った。測定にあたっては、膨大なデータの即時処理を行うため、各機器を、マイコンによって制御し、測定、演算処理、結果のアウトプットが自動的に行えるようにした。なお、腐食速度センサーによる測定と同時に、超音波厚み計(UST)による残肉厚測

定も行った。

表－1 測定結果の特徴

4. 測定結果と考察 各深さの測定結果のは図－3の例に示すとおり、LWL以深の水中部と、LWL以浅の干満部のTYPE-A、Bに大別できる。図の横軸は両図とも周波数の対数値をとっており、縦軸は上図ではインピーダンスの対数値、下図では電圧と電位の位相差をとっている。インピーダンスの軌跡において、勾配が0の領域は周波数依存性を示さない抵抗成分であり、TYPE-Aでは、10Hz以上の領域で海水や付着物の抵抗Rsが、5mHz付近では反応抵抗Rpが明確に求まっている。一方、TYPE-Bでは、周波数が低周波側になるに従ってインピーダンスと位相差が漸増しており、この測定領域では一定値となっていない。しかし、後述のようにこの場合でも5mHz付近のインピーダンスの値を用いてRpを求めても腐食速度との良い対応が得られ、実用上問題は特に見いだせない。両TYPEの差を生ぜしめる主要因は乾燥状態の有無である。干満部では、乾燥によって錆の種類が水中部とは異なっており、鋼材面への密着性にも差が生じる。これらの差は、RpとCpの大きさの差として腐食速度センサーにより検知できる。両TYPEの特徴をまとめたものが表－1である。

	付着物	出現部位	反応抵抗
TYPE-A	取れやすい Green Rust主体	主に水中	大(数百Ωcm ²) 一般に腐食速度 小
TYPE-B	取れにくい Fe ₃ O ₄ , α-, γ-FeOOH	干満部	小(100Ωcm ² 程度) 一般に腐食速度 大

図－4に、同一点について、超音波厚み計による厚み測定から求めた平均腐食速度(破線)と、腐食速度センサーによって求めた腐食速度(実線)の水深方向の分布を比較して示す。破線、実線とも測定値の平均を結んでいる。腐食速度 $V(t)$ と平均腐食速度 $V_m(t)$ は、次式で表され、

$$-V(t) = dT(t)/dt$$

$$V_m(t) = 1/t \cdot \int_0^t V(t)dt = (T(0) - T(t)) / t$$

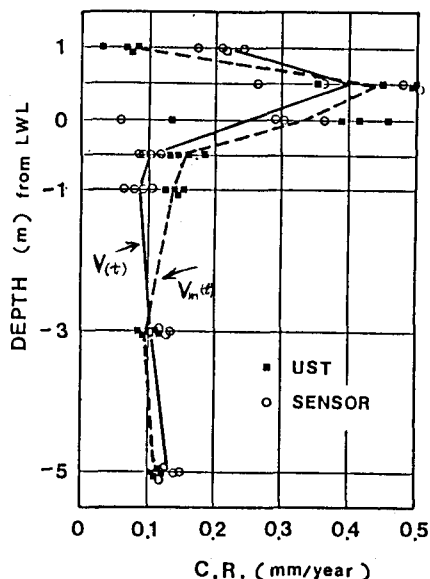
ここで、T：残肉厚、t：時間 である。各々は腐食による残肉厚の時間微分(その場、その時の腐食速度)と時間積分平均(長年にわたる平均腐食速度)との関係にあり、本来別の情報である。しかし、両者を比較すると分布形状は良く類似しており、過去の環境変化が少ない場合、海水環境での腐食速度は経年変化が少いと言われている³⁾ ことと一致している。すなわち、本腐食速度センサーによって、その場での腐食速度を検知できることを示しているものと考えられる。

しかしながら、干満部(LWL+1.0m)でありながらマクロセルの影響で腐食速度の小さい部位を、腐食速度センサーは大きめに測定しており、この差については今後の検討を要する。

5. まとめ ACインピーダンス法を用いた新しい腐食速度測定によって、実構造物の干満部と水中部の腐食速度が現場で直接測定できることがわかった。今後、測定精度の向上を図ることによって、環境の変化、電気防食の適用、および、初期肉厚の公差など平均腐食速度算定上誤差要因となる情報をいわずに、残存寿命推定などの腐食診断が可能となるものと考えている。

参考文献

- 1) 伊藤・村田：腐食防食協会講演予稿集，p.262,(1982)
- 2) M.Stern & A.L.Geary：J.Electrochem.Soc.,vol.104, p.56 (1957)
- 3) C.R.Southwell & A.L.Alexander：Materials Protection,vol.9, p.14 (1970)



図－4 腐食速度の分布