鋼ケーソン電着防食の防食性能

本州四国連絡高速道路　正会員　○坂本　佳也
本州四国連絡高速道路　正会員　大川　宗男
本州四国連絡高速道路　宮口　典博

１．はじめに

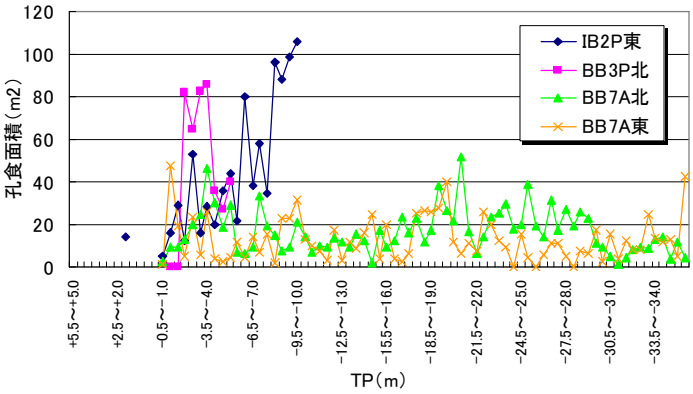
瀬戸中央自動車道の海峡部9.4kmに架かる瀬戸大橋の海中基礎は，鋼ケーソンにプレパックドコンクリートを充填する設置ケーソン工法で構築されている．設置後，１０年程度経過した鋼ケーソン外壁で腐食や孔食の発生等の劣化が確認された．

この鋼ケーソンの防食対策として，現在鋼ケーソンを電着物でライニングし，孔食を閉塞できる電着工法を順次施工している．この電着工法により析出した電着物の防食性能評価として，これまで遮水性（組成比率，細孔構造），不動態被膜（pH，電位）等で評価していたが，定量的な評価には至っていないのが現状である．そこで，本報告では腐食速度に着目し，電着物の定量的な防食評価を行うことを目的に実施した試験及びその結果について報告する．

２．鋼ケーソンの現状

鋼ケーソン表面において写真－1 に示すような深い孔状の局部腐食である孔食が確認され，その内の一部の孔食は鋼ケーソン内部のコンクリート面まで貫通していた．この鋼ケーソンの内部には，鋼殻形状保持や補強のためにストラット，ブレース，補剛材等が設置されている．そのため，孔食の進行で鋼ケーソン内部に海水が浸入し，内部に設置されている鋼材の腐食膨張によるコンクリートのひび割れや剥離が発生することで剛体基礎としての一体性が失われることが懸念された．

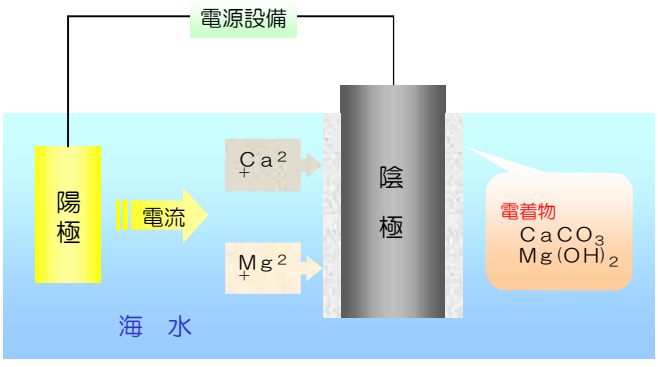
この鋼ケーソンの現状を把握するため，鋼ケーソン調査を実施した．調査は水深の浅い箇所（IB2P 東・BB3P 北）及び水深の深い箇所（BB7A 北・東）について実施した．その結果を図－1 に示す．



図－1　水深別の孔食面積（0.25 m² 当たり）

各面で代表させた 50×50cm 区画内での水深別の孔食面積を比較した結果，水深の浅い箇所（TP-10.0m 以上）では孔食面積が広く，さらに水深の深い箇所（TP-10.0m 以下）についても孔食が進行していることが分かる．そこで，現在，鋼ケーソンの防食工法として図－2 に示す電着工法による施工を順次実施しており，平成 20 年度の段階で 3 基の橋脚について施工を完了している．

写真－1　孔食状況（IB2P）



図－2　電着工法の概念図

キーワード：電着，鋼ケーソン，腐食
連絡先：〒762-0025　香川県坂出市川津町下川津 4388-1　本州四国連絡高速道路　坂出管理センター　TEL（0877）45-5511

3．分極抵抗法による評価

電着物の防食性能評価として，これまでコンクリートとの比較により，間接的に電着物の防食性能評価を実施したが，定量的な評価になっておらず，現実的な電着物の防食性能評価は困難であった．そこで，電着物による防食性能として，電着物による腐食因子の拡散が阻害されることにより，鋼材の腐食速度が抑制されていると推定し，腐食速度に着目した定量的な防食性能評価を行う試験として分極抵抗測定による評価を行った．

鋼材の電位を平衡状態である自然電位（腐食電位）からΔE（±10mV 以下程度との極微小）だけ変化させた時に，微小電流Δiが生じたとすると，電流－電位曲線は腐食電位近傍では直線になり，次式が成立する．

$$\Delta E = R_p \cdot \Delta i \qquad (1)$$

この直線の勾配$(\Delta E / \Delta i)$を分極抵抗R_p（電荷移動抵抗，腐食反応抵抗）といい，腐食速度i_{corr}との間に次式が成立する．

$$i_{corr.}\left(A/m^2\right) = K(V) / R_p\left(\Omega \cdot m^2\right) \qquad (2)$$

(2)式のうち，$K(V)$は材料・環境の組み合わせで決まる比例定数であり，一般的には腐食減量測定から求めた$i_{corr.}$値と分極抵抗R_pの測定値からあらかじめ決定する必要があるが，今回はコンクリート中の鋼材腐食で一般的に用いられる$K = 0.026V$ [1)]を採用している．よって，分極抵抗法は腐食電位でのR_pを求めることにより腐食速度を推定する方法である．

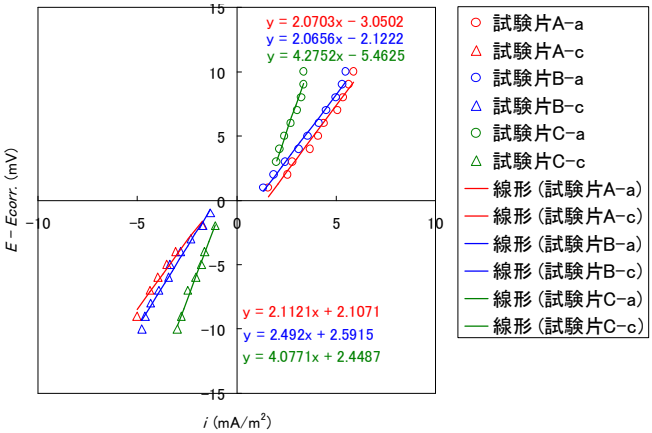
4．分極抵抗測定

分極抵抗測定に使用する試験片は，電着施工箇所（BB5P）及び電着未施工箇所（BB3P・IB2P）から採取した．なお，採取にあたっては，鋼ケーソンと電着物との付着力を維持し，熱変成を与えないように空気研削機を用いている．また，電着物との防食性を比較するために水中硬化型エポキシ塗料で鋼材を被覆した試験片も用いている．

分極抵抗測定は，試験片の自然電位から 1mV/min の割合で電気的な負荷を与え，自然電位からアノード（＋側）とカソード（－側）へ各々10mV 程度分極した際の電流値を計測し，単位面積当たりの電圧と電流の勾配から分極抵抗を算定している．

5．試験結果

分極抵抗測定結果を図－3，腐食速度の算出結果を表－1 に示す．



図－3　分極抵抗測定結果（BB5P）

表－1　分極抵抗及び腐食速度結果

サンプル名		分極抵抗R_p（Ω・m²）	腐食速度$i_{corr.}$	
		平均	mA/m²	mm/year
電着施工	BB5P（試験片A）	2.09	12.4	0.014
	BB5P（試験片B）	2.28	11.4	0.013
	BB5P（試験片C）	4.18	6.2	0.007
電着未施工	BB3P	0.30	87	0.10
	IB2P①	0.12	217	0.25
	IB2P②	0.25	104	0.12
水中硬化型エポキシ塗膜		213.06	0.12	0.00014

表－1 より，電着未施工箇所（BB3P・IB2P）の腐食速度は 0.1～0.3mm/年であり，既往の鋼材の海中部における腐食速度 [2)]とよく一致している．

一方，電着施工箇所（BB5P）の腐食速度は 0.01mm/年程度で電着未施工箇所に比べ1/10程度の腐食速度であることから，電着物の防食性能が確認された．

6．まとめ

電着物の防食性能を確認するため，分極抵抗測定により腐食速度の算定を行った結果，電着物の防食性能が確認された．

今後は電着工法の施工を順次行うとともに，大水深部での電着施工の合理的な検討や飛沫部での防食工法の施工を実施し，鋼ケーソンの防食を進めていく予定である．

参考文献

1）腐食防食協会：腐食防食ハンドブック，p551，2000.
2）(財) 沿岸開発技術研究センター：港湾鋼構造物防食・補修マニュアル，p14，1997.
3）本州四国連絡高速道路（株）：平成 19 年度電着工法に係る技術検討業務，pp2-385～396，2007.