

大阪大学工学部 正 員 福本 湧士
大阪大学工学部 正 員 松井 繁之
大阪大学大学院 学生員 金本 圭史

1. はじめに 土木構造物は、風雨、日光、塩化物などの環境要因を受け劣化が進行する。特に鋼構造物においては、鋼材の腐食が特徴である。腐食は、大気中の酸素と、降雨による水分が発生要因となるが、降雨を直接受けない部位でも、昼夜の温度差に伴う結露により水分の供給が可能となる。このような過酷な腐食条件から鋼構造物を保護するために、鋼材表面には塗装が施される。よって、鋼構造物の環境劣化に対する耐久性は、施された塗膜の状態に大きく支配されるといえる。塗膜劣化に関する調査・研究は、従来から行われてきたが、いずれも平板試験片を用いた試験に基づくものである。そこで本研究では、実鋼構造物に含まれる溶接部に着目し、溶接部に施された塗膜の耐久性に関するデータの収集を行った。

2. 実験概要 溶接部の塗膜劣化を評価するために、溶接部を含む小型の供試体に塗装を施し、環境促進実験により劣化状況を調査した。供試体は、隅肉溶接で平板にリブを取付けたリブ供試体(図-1)を用いた。溶接方法は、手溶接・機械溶接の2種類とし、比較のため圧延により作製したものも用意した。溶接方向は縦方向・横方向の2種類とした。また、溶接時の残留応力が、塗膜劣化に及ぼす影響を調査するため、平板に2つの長孔を設け、中央残存部を切断後、溶接により再結合することにより残留応力を与えた残留応力供試体(図-2)を用意した。付与する残留応力の大きさは、溶接幅により3種類に変化させた。さらに比較のため、全く溶接を行わない平板の供試体(図-3)を用意した。各供試体には、通常橋梁塗装(鋼道路橋塗装便覧A1¹⁾:以後、塗装Ⅰ)を施した。残留応力供試体には、製品ブラストを行った後、通常橋梁塗装を施したものと、本州四国連絡橋公団仕様を施したもの(以後、塗装Ⅱ)も用意した。

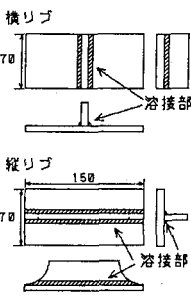


図-1 リブ供試体

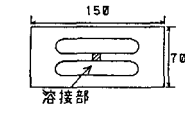


図-2 残留応力供試体

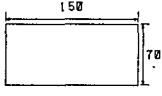


図-3 平板供試体

表-1 光環境促進実験設定条件

	ブライタ ²⁾ 温度	試験層温度	湿球温度	湿度	時間
照射時	63℃	50℃	31℃	50%	60分
暗黒時	*****	42℃	30℃	98%	30分

表-2 海洋環境促進実験設定条件

状態	温度	湿度	時間
塩水噴霧	35℃	98%	4時間
乾燥状態	60℃	***	2時間
湿潤状態	50℃	***	2時間
塩水濃度	5%		

表-3 通常環境促進実験設定条件

設定項目	設定値	所用時間
温度	5℃	1時間15分(5℃を保持)
	↓	45分(移行時間)
	60℃	1時間15分(60℃を保持)
	↓	45分(移行時間)
湿度	5℃	
	65℃	一定

実験を行う促進環境は、最も基礎的かつ重要な環境として、①太陽光による紫外線の照射を与える光環境(表-1)、②海洋からの塩化物の影響を受ける海洋環境(表-2)、③太陽熱による温度繰り返しや湿度の影響を受ける通常環境(表-3)の3種類とした。各環境は、それぞれ①デュサクルサンシャイン・ハーロウライフウェザー・メーター(スガ試験機製)、②塩・乾・湿複合サイクル試験機ISO-3-CY-R(スガ試験機製)、③恒温恒湿器PR-4FP(カハエスバック製)を用いて、人工的に再現した。さらに、複合的な促進環境として、光環境促進実験後、通常環境促進実験または海洋環境促進実験を行う条件も設定した。各供試体は、定期的にANSI/ASTMの塗装判定基準²⁾に基づく外観調査を行うとともに、塗膜インピーダンス、光沢、膜厚を測定し、塗膜の劣化状況を判断した。

また、促進実験における劣化と、自然環境における劣化を比較するために、和歌山県御坊市の関西ペイント海洋暴露試験場にて自然暴露実験も行った。

3. 実験結果および考察

本研究で確認された主な結果および考察を以下に示す。(1) リブ供試体の通常環境促進実験におけるインピーダンス測定結果の一例を図-4、海洋環境促進実験におけるインピーダンス測定結果の一例を図-5に示す。いずれの促進環境下でも、実験途中にインピーダンス値の劣化側への急変がみられた。外観的には、インピーダンス値の劣化側への変化がみられた時期に、溶接止端に沿った塗膜のワレ、フクレの発生が確認された。その後、ワレの発生した溶接止端から腐食が発生し、実験サイクルの経過とともに、腐食範囲は拡大した。一方、平板供試体に施した塗膜は、実験終了段階まで全く変化はみられず、健全な状態であった。したがって、平板を用いた試験結果に基づく現在の塗膜の耐久性評価法では、実鋼構造物の溶接部における塗膜劣化を十分に評価できない可能性が考えられる。(2) 残留応力供試体は、中央の溶接部付近より塗膜劣化の傾向がみられた。また、残留応力の大きいものほど早期に腐食を発生する傾向もみられた。よって、溶接による残留応力が塗膜の環境劣化に影響を及ぼしていることが考えられる。(3) 重防食塗装の塗装ハは、いずれの促進環境下でも、実験終了時まで健全な状態であった。図-6に塗装イと塗装ハのインピーダンス値の変化の一例を示すが、塗装ハの健全性が確認できる。(4) 現在2年間が経過した自然暴露実験では、リブ供試体の溶接止端の塗膜のワレおよび腐食の発生が確認された。その劣化形態は、通常および海洋環境促進実験のリブ供試体と全く同様である。光沢保持率も、暴露2年間で光環境促進実験の初期低下値とほぼ同レベルまで低下がみられた(図-7)。したがって、今回の環境促進実験が自然環境における劣化を再現していると考えられる。(5) 既往の自然暴露実験結果との比較により推定した各環境促進実験の自然環境相当年数を表-4に示す。

本研究は、文部省科学研究費補助金(一般研究A:代表福本湧士)を受け行ったものである。

なお、供試体の作製については銑栗本鉄工所、塗装については銑関西ペイントに御協力いただいたことを記し、ここに謝意を表します。

『参考文献』

- 1) 土井俊二: 鋼道路橋塗装便覧の解説、橋梁と基礎、80-10, pp. 17-22
- 2) ANSI/ASTM D610-68, D714-56: EVALUATING DEGREE OF RUSTING ON PAINTED STEEL SURFACES 1974

表-4 環境促進実験の自然環境相当年数

自然環境 (年)	促進実験(サイクル)		
	光環境	通常環境	海洋環境
2	200	150	40
3	500	200	90
4	800	250	140

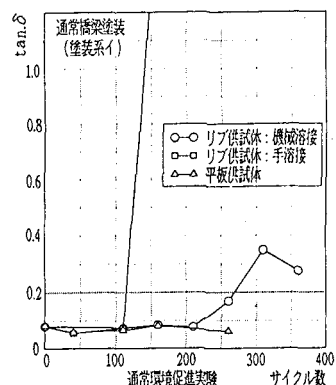


図-4 インピーダンス経時変化(通常環境)

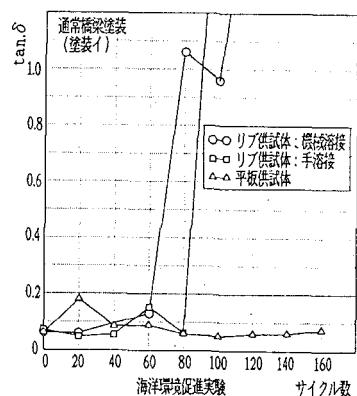


図-5 インピーダンス経時変化(海洋環境)

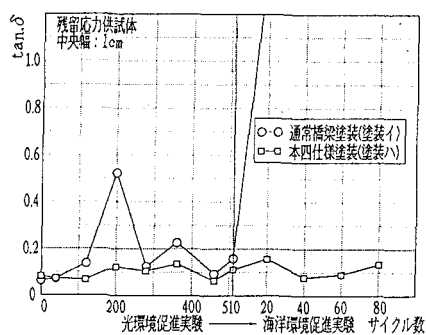


図-6 インピーダンス値の塗装別比較

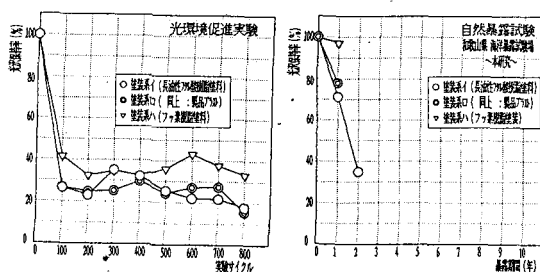


図-7 自然暴露と促進実験の光沢保持率の比較