

大阪大学工学部 正 員 松井 繁之 大阪大学大学院 学生員○大西 弘志
大阪大学大学院 学生員 正岡 孝 大阪大学工学部 正 員 福本 湧士

1. はじめに 鋼構造物の劣化の主たるものは腐食であり、大気中の酸素と、降雨によって供給される水分が主な発生要因である。これ以外にも工業地帯における亜硫酸ガスや海洋からもたらされる塩化物などの要因もある。これらの環境要因から鋼構造物を保護する手段として、多くの鋼構造物の部材表面には塗装が施されている。従って、鋼構造物の環境要因に対する耐久性は、その表面に施された塗装の耐久性に大きく左右されると考えられる。しかし、さらに鋼構造をよく観察すると塗装劣化は一様でなく、溶接部、部材エッジ、添接部において早期に劣化する傾向がある。そこで、本研究室では、今回、劣化が起こりやすいと考えられる部分に改良を加えたボルト・ナットを製作し、添接部塗装の劣化特性について環境促進実験を行った。同時に、実際に使用されているボルトについても同様の実験を行い、比較対象とした。

2. 実験概要 今回、ボルト添接部における塗装劣化特性を評価するために、ボルト添接部をモデル化した試験体(図-1b)に塗装を施し、環境促進実験により、劣化に関するデータの収集を行った。使用したボルトは、通常の高張力ボルト(HTボルト)、高張力ボルトに防錆処理を施したボルト(防錆ボルト)、トルシア型高張力ボルト(TCボルト)であり、HTボルト、TCボルトの中にはボルトの製造会社マーク・種類等の刻印をなくしたものを一部用意した。また、使用したナットは、通常の高張力ボルト用のナット、通常のナットに防錆処理を施したもの、ナットのエッジにR処理を施したもの、R処理に加えてボルト孔の外側にある「面取り」と呼ばれる部分を除いたものやナットの母材側にある「座」と呼ばれる部分を取り除いたものを用意した。さらに、劣化が多くみられる部分の一つであるボルトの余長部をなくすようにボルトの長さを調整した試験体を用意した。

試験体には阪神高速道路公団の塗装仕様F-2¹⁾に当たる塗装を施した。この塗装系はほかの部位におけるA-2塗装系に相当するもので、A-2塗装系に比べて錆止め塗料が一層多く塗ったものである。これらの塗装系自体の耐久性を調査するために、鋼の平板に塗装を施した試験体も用意した。

以上に述べた試験体の環境促進実験を行う環境として、今まで本研究室で構造物に与える影響が大きいと見てきた、①太陽

光からの紫外線の影響を受ける環境(光環境)、②太陽からの熱による温度変化の繰り返しや大気中の湿度の影響を受ける環境(通常環境)、③海洋からもたらされる塩化物の影響を受ける環境(海洋環境)の三つについて環境促進実験を行った。これらの実験環

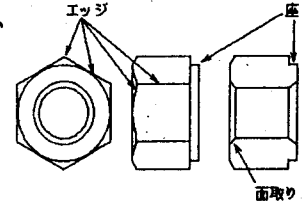


図-1a ナット形状

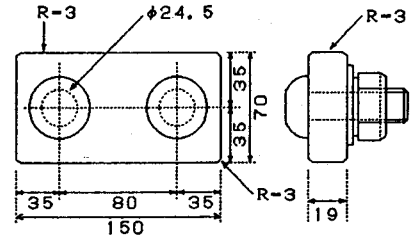


図-1b 試験体(TCボルト使用)

表-1 サンシャインウェザーメーターの設定条件

	ブラックパネル温度	試験槽温度	湿球温度	露点	時間
照射時	63℃	50℃	31℃	50%	60分
暗黒時	***	42℃	30℃	98%	30分

表-2 恒温恒湿度の設定条件

温度	湿度	時間
5℃	85%	1時間45分
5℃→60℃		45分
60℃		1時間45分
60℃→5℃		45分

表-3 塩・乾・湿複合サイクル試験機の設定

状態	温度	湿度	塩水濃度	時間
塩水噴霧	35℃	98%		4時間
乾燥	80℃	***	5%	2時間
湿潤	50℃	***		2時間

境は①デュラシクルンシャインス・パ・ロングライフウェザー・メーター（スガ試験機製）、②恒温恒湿機PR-4FP（タ・エス・ツク製）、③塩・乾・湿複合サイクル試験機（スガ試験機製）によって人工的に再現した。これらの環境の設定条件は表-1～3示す通りである。また、環境促進実験においてデータを収集するために、交流インピーダンス測定²⁾や膜厚測定、目視による外観調査を行った。

また、促進実験における劣化と自然環境における劣化との比較を行うため、本研究室で以前から3年間にわたって行われてきたボルト添接部試験体の暴露実験状況（1994年1月現在）を調査した。

3. 実験結果及び考察

目視調査による

結果を表-4に示し、以下に本研究におい

て確認された主な結果及びそれに対する考

察を述べる。①全体的に見て、劣化が多く

確認されるのはボルトの余長部、ナットや

ワッシャーなどのエッジといった幾何学的

な形状の変化が大きいくところである。②改

良を加えていないボルトの中では、防錆ボ

ルトが最も良好な状態を保っている。これ

は、防錆ボルトに施された処理（プライマ

ーの塗布等）が有効であることを示してい

ると考えられる。③改良を加えた試験体

の多くは良好な結果を示したが、ナットのエ

ッジにR処理を施した試験体ではあまり改

良の効果は認められなかった。これはR処

理時における精度が原因であると考えられ

る。④インピーダンス測定の結果からは劣

化の傾向を認めることができなかった。こ

のものと①の結果をあわせて考えると、塗

膜劣化の初期段階においては、塗膜の化学

的劣化以外の要因が大きな影響を与えて

いる可能性を示していると考えられる。⑤こ

の促進実験の結果と暴露実験の結果を比較

すると、劣化の発生位置等に明らかな共通

性が認められる。従って、今回の促進実験

では自然環境における劣化を再現できたと

考えられる。

4. あとがき

本実験は長期間を要し、現

在も実験を続行中であり、最終結論はまだ

得られていないが、全体を通じて、ボルト

等の形状に改良を加えた効果が認められた

と言える。

『参考文献』 1) 関西ペイント株式会社

編：KHDシステムガイドブック 橋梁塗

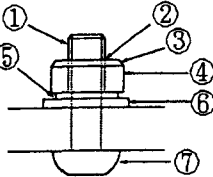
装, 1991 2) 関西電力株式会社編：水門鉄

管塗替指針管理基準, 1984

表-4 環境促進実験目視調査結果

		劣化部位						
サイクル	試験体	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
200	HT1	○		○	○			○
	CP1	○			○			○
	TC1	○			○		○	○
	TC2	○			○			
300	HT1	○		○	○		○	
	CP1	○		○				○
	TC1	○		○				
	TC2	○		○				
400	HT1	○		○	○		○	
	CP1	○		○			○	○
	TC1	○		○			○	○
	TC2	○		○			○	○
		劣化部位						
サイクル	試験体	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
100	HT1	○	○		○		○	○
	CP1	○			○		○	
	TC1	○		○		○	○	○
	TC2	○		○				○
150	HT1	○			○	○	○	○
	CP1	○			○	○	○	○
	TC1	○		○		○	○	○
	TC2	○	○	○				○
200	HT1	○		○	○		○	○
	CP1	○		○		○	○	○
	TC1	○		○		○	○	○
	TC2	○		○		○	○	○
		劣化部位						
サイクル	試験体	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
20	HT1							
	CP1							
	TC1							
	TC2							
40	HT1	○		○				
	CP1	○	○	○				
	TC1	○		○				
	TC2	○		○	○			

・表中の○印の部位において塗膜の劣化が確認された。
・表中の試験体の記号は（ボルトの種類）（ナットの種類）の順で表記した。
ボルトの種類 HT：HTボルト CP：防錆ボルト
TC：TCボルト
ナットの種類 1：通常ナット 2：座なし
3：面取りなし 4：余長なし
但し、TCボルト試験体のナットには全てR処理
・また、試験体の劣化部位の表記は左図の通り。



試験体の部位