

I-A 422

塗膜物性の環境劣化特性と塗装劣化に及ぼす影響

運輸省 正員 正岡 孝 大阪大学工学部 正員 松井繁之
大阪大学工学部 正員 大西弘志 関西ペイント 黒川雅哲

1. はじめに 建設後、あるいは建設当初から鋼構造物は、温度、湿度、太陽光、塩分などといった様々な環境要因にさらされ耐久性が低下している。一般に、鋼構造物上には、環境劣化を防ぐ目的で塗装が施されており、鋼構造物の耐久性は塗装の耐久性に大きく依存している。そこで、鋼構造物塗装の環境劣化機構と耐久性評価の確立を目的として、実橋梁で塗装劣化が顕著に見られるボルト添接部に着目して、添接部をモデル化した小型供試体で環境促進実験を行うことによりその劣化特性を評価してきた。本研究では、それらの結果をもとに、塗膜を材料的な側面からみた場合の塗膜の物性（破断強度、伸び性能など）の環境劣化による変化に着目することにより、物性が塗装劣化に及ぼす影響を評価したものである。

2. 添接部環境促進実験 まず、ボルト添接部をモデル化した小型供試体に塗装を施し、環境促進実験を行った。紫外線照射（光環境）、温度サイクル（通常環境）、塩水噴霧（海洋環境）、光－通常相互（複合環境）の4環境における塗装の劣化状況の概要を表－1に示す。これらより、塗装劣化の形態が、一般に形状の急変する部位に集中し、それが促進環境や塗装系によって大幅に変化することが確認された。塗膜の破断強度、伸び性能といった塗膜の物性が各環境によって変化すると考えられることや各塗装系の

構成層の物性の違いが塗装系全体として見た場合の塗装劣化に影響しているといったことなどが考えられる。

以上のことを実証するため、本研究において塗膜物性実験を考案して、塗膜物性の環境劣化評価を行うことにした。

3. 塗膜物性実験 塗膜物性実験とは塗膜が素地鋼材上に付着した状態で破断強度、伸び性能等を評価できるように考案した実験である。2枚の鋼板の境界に塗膜を渡し、一方を支持し、他方を回転させることにより、塗膜に引張を与える。その実験概要を図－1に示す。塗装は、添接部供試体同様、阪神高速道路公団塗装系F-1（フタル酸上塗）、F-2（塩ゴム上塗）、F-3（ウレタン上塗）を施した。また、環境促進実験を前述の光環境、通常環境、複合環境について行った。光、通常環境の設定条件を表－2、3に示す。

無促進時の荷重－変位関係を図－2に示す。載荷直後は、比例関係を示さないが、その後は破断直前までほぼ比例関係を示すことがわかる。また、破断時に、無促進のものは塑性化を示す現象が見られるが、環境促進後はその傾向を示さず、脆性的な破断に至ることが確認されている。

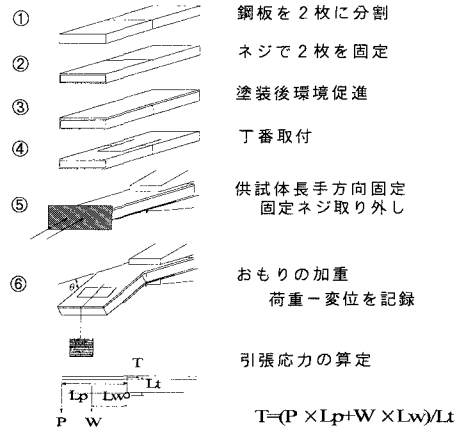
表－2 光環境促進実験の設定条件

	ブラックパネル温度	試験槽温度	湿球温度	湿度	時間
照射時	63°C	50°C	31°C	50%	60min.
暗黒時	***	42°C	30°C	98%	30min.

90min./cycle

表－1 添接部環境促進実験の劣化状況

	劣化の特徴	劣化発生部位
光環境	クラック群	ネジ山部等（凸部）
通常環境	開口状のクラック	座金付近コーナー部（凹部）
海洋環境	ハクリ、ハガレに進展	ナットエッジ、ボルト軸（凸部）
複合環境	F-3で早期劣化	ネジ山部、面取り部



図－1 塗膜物性実験概要

表－3 通常環境促進実験の設定条件

温度	湿度	所要時間
5°C	60%	75min.
↓		45min.
60°C		75min.
↓		45min.
5°C		***

4hr./cycle

次に、破断応力、破断時変位量の変化を図-3～6に示す。

F-2に関しては、破断応力は無促進（環境促進させていないもの）と比べても低下の傾向はほとんど示していない。しかし、破断時の変位は大きく低下しており、F-2は環境劣化により伸び性能が低下しやすい塗装系といえる。添接部塗装に複合環境の後半にクラックが多く発生したことの要因とも考えられる。一方F-3に関しては、破断応力、伸び性能とも低下の傾向はほとんど認められない。これは、F-3が物性が環境により変化しにくい塗装系であるとともに、未だ、塗装の硬化乾燥（重合）過程であり、強度的に増加している

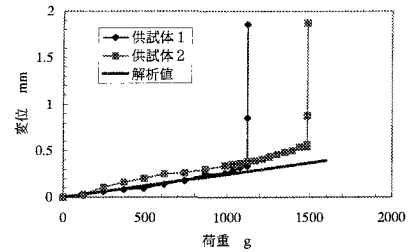


図-2 荷重-変位曲線（F-3 塗装系）

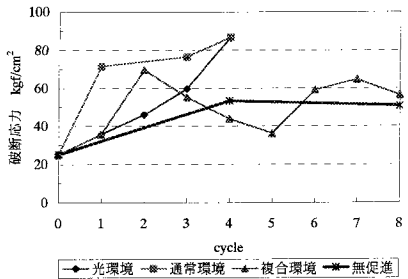


図-3 破断応力の変化（F-2 塗装系）

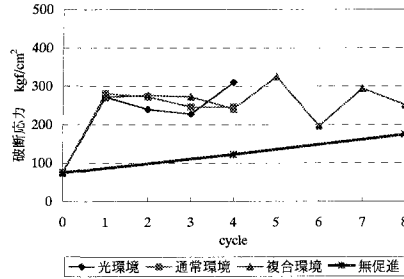


図-4 破断応力の変化（F-3 塗装系）

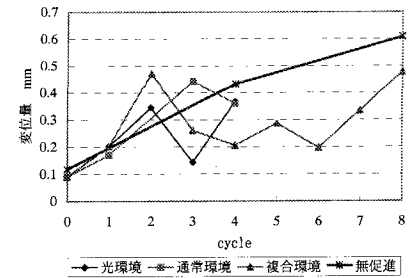


図-5 破断時変位量の変化（F-2 塗装系）

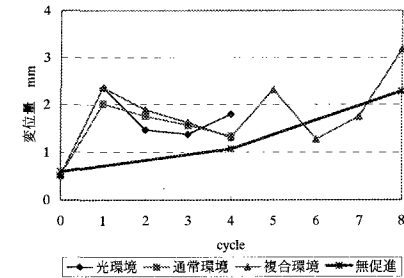


図-6 破断時変位量の変化（F-3 塗装系）

表-4

実験サイクル

cycle	光環境H
0	0cyc.
1	100cyc.
2	200cyc.
3	300cyc.
4	400cyc.
-	通常環境T
0	0cyc.
1	50cyc.
2	100cyc.
3	150cyc.
4	200cyc.
-	複合環境
0	H0,T0
1	H100,T0
2	H100,T50
3	H200,T50
4	H200,T100
5	H300,T100
6	H300,T150
7	H400,T150
8	H400,T200

4. 塗装系構成層の物性 塗装系を構成する各層の物性の違いが、塗装系の違いによる劣化の違いに現れているものと考え、各下塗、中塗、上塗について、塗膜を素地鋼材からはがした状態の単膜について物性特数値を引張試験により求めた（表-5）。これらよりF-3は、F-1,2の構成層に比べ、上塗で堅くねばり強い傾向を示すが、中塗、下塗では、堅くもろい傾向を示し、この事が複合環境下におけるF-3塗装の早期劣化の原因であるとも考えられる。

5. まとめ 環境促進実験において、各環境下で特徴的な劣化が確認された。これらの原因は、塗膜の物性が環境作用により変化する、また塗装系構成層の物性の違いによるものと思われる。また、形状変化部においては、塗装の塗布後、硬化乾燥時に局部応力が発生しており、それが塗装劣化の大きな影響を及ぼすとも考えられる。従って、局部応力作用時の物性評価についても今後行っていく予定である。最後に、本実験の供試体製作等に御協力頂いた関西ペイント（株）の諸氏に謝意を表します。

【参考文献】

1) 正岡，松井，福本：ボルト添接部に於ける塗膜の劣化特性とその評価について、平成7年度関西支部年次学術講演会

表-5 物性特数値（単膜引張試験，無促進）

塗装系	構成層	ヤング率 kg/cm ²	伸び率 %	最大応力 kg/cm ²	破断応力 kg/cm ²
F-1,F-2	下塗	2.00E+03	8.92	6.16E+01	6.15E+01
F-3	下塗	2.16E+04	0.92	1.55E+02	1.45E+02
F-1,F-2	中塗	9.94E+03	1.27	6.83E+01	6.83E+01
F-3	中塗	1.86E+04	0.62	7.24E+01	6.29E+01
F-1	上塗	2.04E+02	59.97	5.61E+01	5.58E+01
F-2	上塗	6.33E+02	43.18	2.94E+01	2.28E+01
F-3	上塗	7.16E+03	46.35	2.09E+02	2.08E+02