

日守大橋における耐候性鋼材の暴露試験報告

梶山 昭克¹⁾

日守大橋（静岡県道路公社）は有料道路の採算性を考慮して、耐候性鋼材をさび安定化处理（ウエザーコート）を行って使用した橋梁である。本橋の架設を機会に、実橋のさびの進行状況を把握し、耐候性鋼材の経年データを得るために、暴露試験片による追跡調査を行うことにした。現在まで1年目と3年目の2回の調査を終えたが、ほぼ順調に経過していることがわかった。本報告はそれらの調査結果の概要の報告である。

はじめに

日守大橋は、伊豆半島の西海岸を走る国道136号線の函南・大仁バイパスが、狩野川を渡る橋であり、昭和59年10月に完成し、翌60年4月に供用が開始された。

本橋は有料道路の一部として計画、施行されたが、採算性を考慮し、経済性の観点から耐候性鋼材にさび安定化处理（ウエザーコート）を施して使用した橋梁である。

近年、鋼橋では塗装の塗り替えなどのメンテナンス費用を軽減するために、耐候性鋼材を使用することが多くなっている。周知のように耐候性鋼材はその表面に緻密なさび層（安定さび）を形成することによって、さびの進行を防止し、構造物の耐久性や安全性を確保するものである。

また、安定さびは周辺の環境条件や部材の形状、方向、あるいは水仕舞いなどの構造詳細によって影響を受けるものである。

したがって、耐候性鋼材を使用する場合は、安定さびをできるかぎり早く形成し、その被覆作用が損なわれないように配慮しなければならない。そのためには、耐候性鋼材の経年変化、実橋の追跡調査などのデータの蓄積が必要である。

日守大橋の施工にあたって、実橋のさびの進行状態を把握し、本橋の環境条件における耐候性鋼材の経年データを得るために、暴露試験片を設置して、約10年間にわたって追跡調査をすることにした。

現在、2回の調査を終えたが、本報告はその調査結果をまとめたものである。

1. 日守大橋の概要

本橋の概要は次のとおりである。

規 格	3種2級
橋 格	1等橋（TL - 20）
橋 長	347.7m
幅 員	車道 8.0m 歩道 2.5m
形 式	3径間連続鋼床版曲線箱桁 1連 単純合成箱桁 1連



図 -1 位置図

1) 技術士 東京橋梁技術部部長

支間長	連続桁	87.9 + 119.2 + 87.9m
	単純桁	50.1m
鋼重	連続桁	1184t
	単純桁	162t
	計	1346t

架橋場所 静岡県田方郡函南町肥田～日守
田園地域



写真-1 日守大橋の外観

図-1、2に本橋の位置図と一般図を、写真-1に本橋の外観を示す。

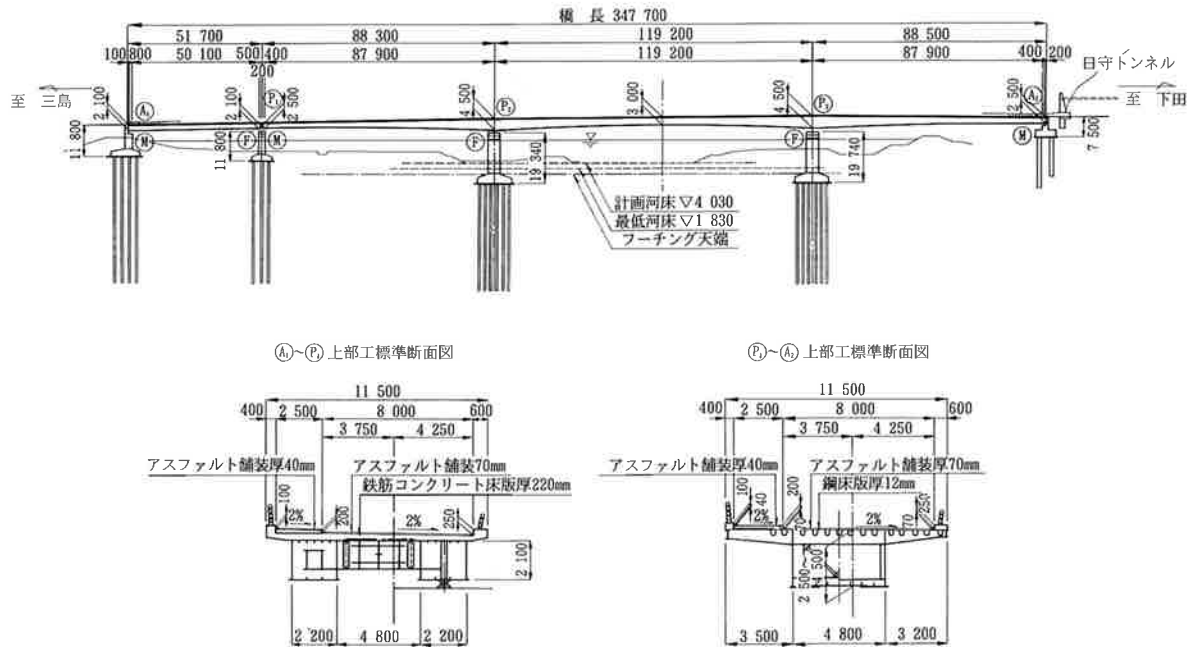


図-2 一般図

2. 調査および試験の概要

写真-2は日照部の暴露状況である。

2.1 試験片

試験片は次の要因に着目し、その組み合わせによって表-1のように設定した。

- ① 材質 耐候性鋼材 (SMA50W)
普通鋼材 (SM50Y)
- ② 表面状態 裸 ショットプラスト処理
化成処理 ウエザーコート処理
塗装 塗装便覧による塗装
- ③ 設置場所 日照部 (P1 橋脚上流側)
日陰部 (単純桁の箱桁間)
- ④ 設置方向 鉛直方向
水平方向
- ⑤ 調査回数 設置後1、3、5、7、10年
予備1回 計6回

表-1 試験片の種類と枚数

材質	表面状態	設置場所	方向	試験回数	枚数				
耐候性鋼材 (SMA50W)	裸	日照部	鉛直方向	6回	1回当り 16枚				
	化成処理								
普通鋼材 (SM50Y)	裸					日陰部	水平方向	6回	計96枚
	塗装								

試験片は図-3に示すような形状とした。図-4に設置場所を示す。

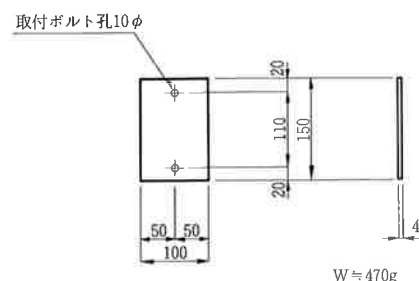


図-3 試験片の形状

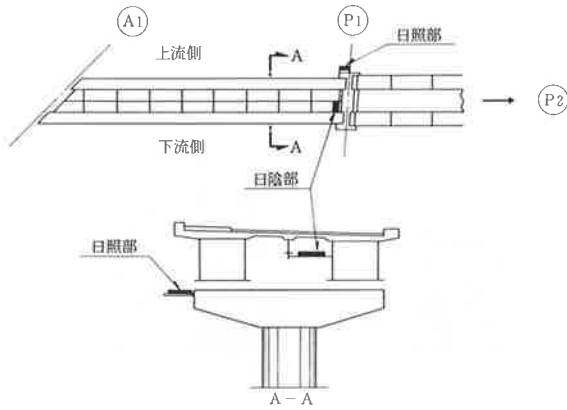


図-4 設置場所



写真-2 日照部の暴露状況

2. 2 調査項目

(1) 裸試験片

裸試験片は、外観調査、フェロキシル試験、および重量測定を行う。

1) 外観調査

外観調査は写真撮影および目視調査とする。目視調査は次の5項目について行う。評価内容および評価点は文献⁹⁾ による。評価点はさびが安定するほど高くなるように設定している。

- ① さびの色調
- ② さびの粗密
- ③ さびの色むら
- ④ セロテープによるはく離試験
- ⑤ さびの安定度

2) フェロキシル試験

さび層の安定化の程度はさびの緻密さに関係している。それをある程度客観的に把握するためにフェロキシル試験を行う。試験要領、評価内容などは文献¹⁰⁾ による。

3) 重量測定

さび層を完全に除去した後、重量測定を行い、初期重量との差から腐食量を求める。

(2) 化成処理試験片

化成処理試験片の調査項目は、裸試験片と同一とする。

1) 外観調査

外観調査は写真撮影および目視調査とする。写真撮影は処理被膜表面と被膜を除去した下層表面について行う。

目視調査は裸試験片の項目に、次の2項目を追加する。

- ① 化成処理剤の残存
- ② 化成処理剤のつや

2) フェロキシル試験

化成処理剤を除去した下層面でフェロキシル試験を行う。試験要領および評価方法は裸試験片と同じである。

3) 重量測定

裸試験片と同じ要領で行う。

(3) 塗装試験片

塗装試験片は外観調査と付着試験を行う。

1) 外観調査

外観調査は写真撮影および目視調査とする。

目視調査は次の項目について評価点法にて行う。

- ① 全体評価
- ② さびの発生
- ③ 塗膜のふくれ
- ④ 塗膜のわれ

2) 付着試験

クロスカット法にてセロテープの付着試験を行い、評価点にて評価する。

なお、図-5に各調査および試験の流れ図を示す。

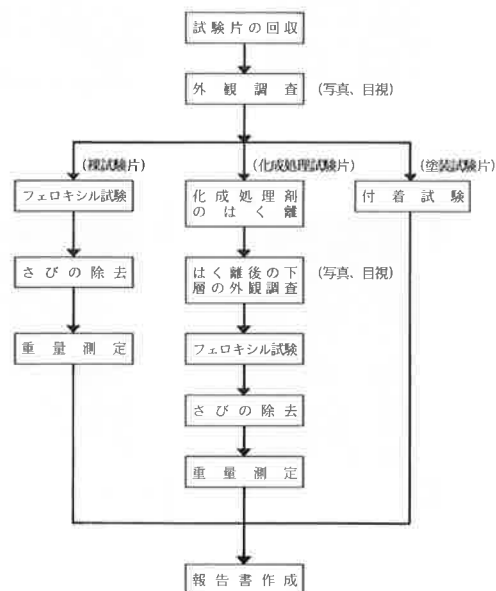


図-5 調査および試験の流れ図













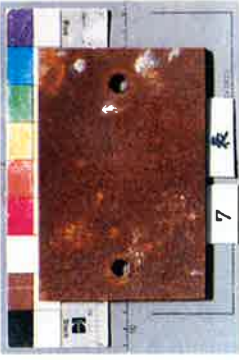



経年 試験片	1年経過	3年経過	経年 試験片	1年経過	3年経過
SM50Y 裸部直 日照鉛			SM50Y 裸部直 日照鉛		
SMA50W 裸部直 日照鉛			SMA50W 裸部直 日照鉛		
SM50Y 裸部平 日照水			SM50Y 裸部平 日照水		
SMA50W 裸部平 日照水			SMA50W 裸部平 日照水		

写真-3 日照部の裸試験片

写真-4 日陰部の裸試験片








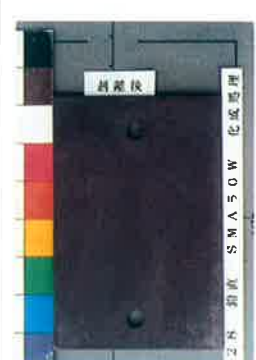








経過年	1年経過	3年経過	経過年	1年経過	3年経過
試験片 SMA50W 化成処理部 日照部直 鉛			試験片 SMA50W 化成処理部 日陰部直 鉛		
処理被膜 はく離後			処理被膜 はく離後		
SMA50W 化成処理部 日照部平 水			SMA50W 化成処理部 日陰部平 水		
処理被膜 はく離後			処理被膜 はく離後		

写真-5 日照部の化成処理試験片

写真-6 日陰部の化成処理試験片

3. 調査結果および考察

3. 1 試験片の設置と回収

試験片の設置と回収の状況は次のとおりである。

設置 昭和59年 9月21日
 回収 第1回 昭和60年10月28日
 第2回 昭和62年10月24日

3. 2 外観調査

(1) 裸試験片

裸試験片の目視調査の評価点を表-2に示す。
 また写真-3、4は各試験片の状況である。

表-2から次のことが言える。

- ① 当然のことであるが、3年経過のほうがさびが進行している。
- ② 表面側と裏面側とを比較すると、表面側の方が進んでいる。
- ③ 評価点の合計を見ると、
 日照部 12~19点
 日陰部 15~17点
 で、日陰部の方がばらつきが少なく、均一にさびが発生している(図-6参照)。
- ④ 設置場所、方向、暴露面が同一であれば、材質による差異はないようである。

⑤ 最もさびが進行しているのは、日照部、鉛直方向の表面(南面)である。

⑥ 最も遅れているのは、日照部、水平方向の裏面(下面)側である。

目視調査の評価には絶対的な基準がなく、評価者の主観に左右されるが、本調査ではほぼ一般的な傾向を示していると言える。

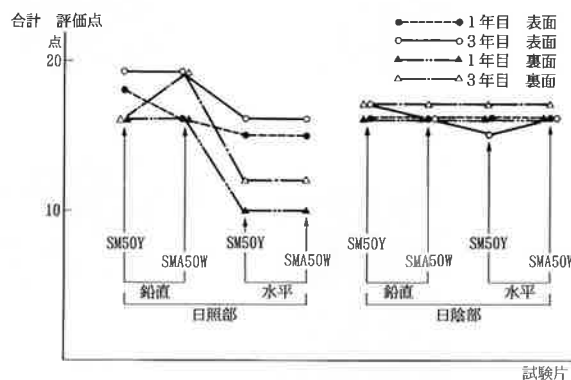


図-6 合計評価点の状況(裸試験片)

(2) 化成処理試験片

化成処理試験片は写真-5、6に見るように、各試験片とも被膜が残存している。被膜のつやの程度は3年経過の試験片が1ランク下がっているが、評価点は経年数が同一であれば場所や方向には今のところは関係ないようである。

表-2 外観検査の評価点の比較

材質	設置方向	設置場所	表面状態	測定面	さびの色調		さびの粗密		さびの色むら		セロテープによる離試験		さびの安定度		合計	
					1年	3年	1年	3年	1年	3年	1年	3年	1年	3年	1年	3年
					表	裏	表	裏	表	裏	表	裏	表	裏	表	裏
SM50Y	鉛直	日照部	裸	表	5	5	5	5	2	3	3	3	3	3	18	19
				裏	3	4	5	4	2	2	3	3	3	3	16	16
SMA50W	"	"	"	表	3	5	5	5	2	3	3	3	3	3	16	19
				裏	3	5	5	5	2	3	3	3	3	3	16	19
SM50Y	水平	"	"	表	3	3	4	4	2	2	3	3	3	3	15	16
				裏	3	5	2	2	1	1	2	2	2	2	10	12
SMA50W	"	"	"	表	3	4	4	5	2	2	3	3	3	3	15	17
				裏	3	5	2	2	1	1	2	2	3	2	10	12
SM50Y	鉛直	日陰部	"	表	2	3	5	5	3	3	3	3	3	3	16	17
				裏	2	3	5	5	3	3	3	3	3	3	16	17
SMA50W	"	"	"	表	2	3	5	5	3	3	3	2	3	3	16	16
				裏	2	3	5	5	3	3	3	3	3	3	16	17
SM50Y	水平	"	"	表	2	2	5	5	3	3	3	2	3	3	16	15
				裏	2	3	5	5	3	3	3	3	3	3	16	17
SMA50W	"	"	"	表	2	3	5	5	3	3	3	2	3	3	16	16
				裏	2	3	5	5	3	3	3	3	3	3	16	17

注) 1. 表面: ① 鉛直方向は、南面を表面とする
 ② 水平方向は、上面(対空面)を表面とする
 2. 満点は20点である

実橋の化成処理被膜も十分残っていて、わずかにフランジのこば面やボルト部分が欠落しかけている程度であった。

(3) 塗装試験片

塗装試験片はすべて塗膜が健全で、評価も経年数や設置場所、方向、暴露面などによる差異はなかった。

取付位置	鋼種	SM50Y	鋼種	SMA50W
	記号		記号	
日照部	1 鉛直		3 鉛直	
	5 水平		7 水平	
日陰部	9 鉛直		11 鉛直	
	13 水平		15 水平	

(a) 1年経過の試験片

取付位置	鋼種	SM50Y	鋼種	SMA50W
	記号		記号	
日照部	17 鉛直		19 鉛直	
	21 水平		23 水平	
日陰部	25 鉛直		27 鉛直	
	29 水平		31 水平	

(b) 3年経過の試験片

図-7 裸試験片のフェロキシル試験結果

3.3 フェロキシル試験

フェロキシル試験は、試薬の反応によってできた斑点の大きさや分布状態から、さびの安定化の状況を知るもので、ある程度定量的に判断できる試験としてよく用いられている。一般には、さびが進んでいるほど斑点が細かく、均一に分布すると言われている。

本試験では、裸試験片と化成処理試験片の被膜除去後の下層面について行った。

裸試験片の結果を図-7に、化成処理試験片の結果を図-8に示す。

試験の結果から概ね次のことが言える。

1) 裸試験片

- ① 経年とともに斑点が細かく、均一になっている。
- ② 設置場所で見ると、日照部の方が進行している。
- ③ 同じ条件では材質による差異は今のところほとんどない。

これらは目視調査の結果とほぼ一致している。

2) 化成処理試験片

図-8から化成処理試験片の試験結果は、経年数や場所、設置方向などの要因にほとんど関係し

取付位置	鋼種	SMA50W	鋼種	SMA50W
	記号		記号	
日照部	4 鉛直		8 水平	
日陰部	12 鉛直		16 水平	

(a) 1年経過の試験片

取付位置	鋼種	SMA50W	鋼種	SMA50W
	記号		記号	
日照部	20 鉛直		24 水平	
日陰部	28 鉛直		32 水平	

(b) 3年経過の試験片

図-8 化成処理試験片のフェロキシル試験結果

ていない。斑点が非常に細かくなっているが、これは下層被膜（ウエザーコート被膜）が健全で、鋼材表面にさびがほとんど発生していないためと思われる。後述するように重量の減少が少ないことから推察できる。また、このことは化成処理を行った場合のごく初期の傾向とされている。

一般に、化成処理剤を用いるのは、初期の段階でさびを均一に発生させ、色むらやさび汁による周辺の汚染を防止するのが目的の一つと言われている。実橋においてもさび汁などによる汚れはなく、化成処理の効果は認められるが、鋼材表面のさびの発生や進行は遅れているようである。

3. 4 重量測定

裸試験片と化成処理試験片について、さびを完全に除去して重量測定を行い、初期重量との差から腐食による減量を求めた。

各試験片の減量、腐食減量（単位面積あたりの減量）、および腐食厚を表-3に示す。図-9は裸試験片の腐食減量の経年変化を図示にしたものである。

データが初期値を含む3回分であるので、確定的なことは言えないが、各試験片とも腐食量は経年とともに増加しているのに対して、増加率（年間の腐食減量）は減少している。これは既往の暴露試験の結果とほぼ同じ傾向である。

表-3 腐食量の比較

材 質	設置方向	設置場所	表面状態	減 量 (g)		腐食減量 (mg/cm ²)		腐食厚 (mm)	
				1 年	3 年	1 年	3 年	1 年	3 年
SM50Y	鉛 直	日照部	裸	4.213	6.235	17.6	26.3	0.023	0.033
SMA50W	"	"	"	4.350	6.581	18.2	27.7	0.023	0.035
SM50Y	水 平	"	"	5.101	7.294	21.4	30.7	0.027	0.039
SMA50W	"	"	"	4.524	7.362	19.0	31.0	0.024	0.039
SM50Y	鉛 直	日陰部	"	2.757	4.681	11.6	19.7	0.015	0.025
SMA50W	"	"	"	2.733	4.462	11.5	18.8	0.015	0.024
SM50Y	水 平	"	"	3.105	5.310	13.0	22.4	0.016	0.028
SMA50W	"	"	"	2.940	4.941	12.3	20.8	0.016	0.026
SMA50W	鉛 直	日照部	化成処理	0.666	1.282	2.8	5.4	0.004	0.007
"	水 平	"	"	0.552	1.231	2.3	5.2	0.003	0.007
"	鉛 直	日陰部	"	0.584	1.436	2.4	6.0	0.003	0.008
"	水 平	"	"	0.625	1.476	2.6	6.2	0.003	0.008

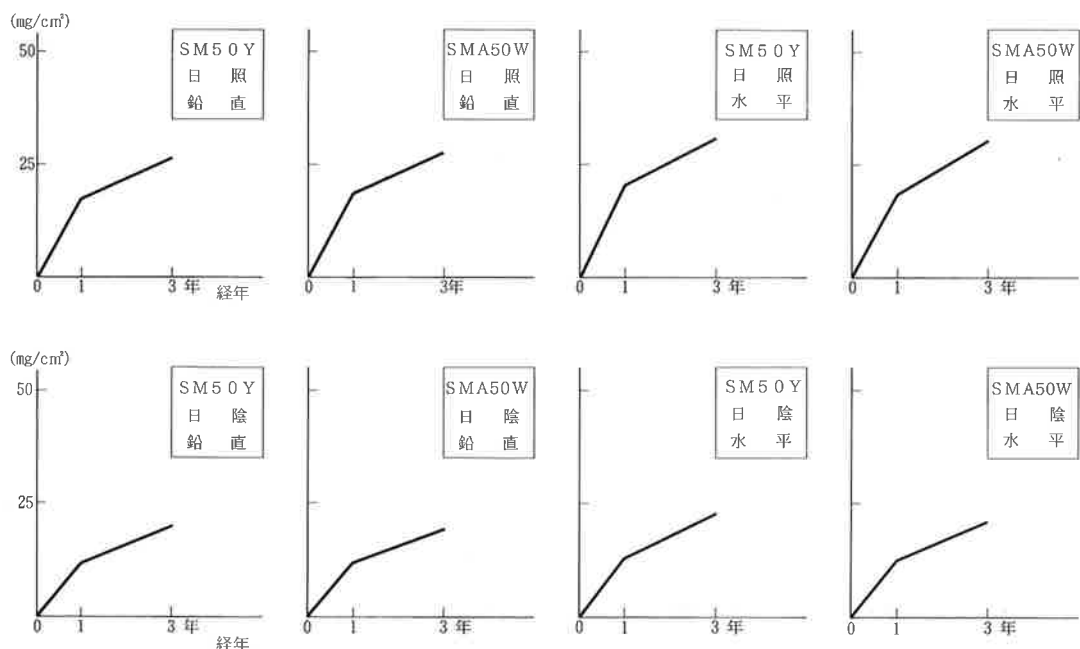


図-9 腐食減量 (mg/cm²) の経年変化

日照部と日陰部を比較すると、明らかに日照部の方が減量が多い。日照部は乾燥状態と湿潤状態が適度に繰り返されるので、さびの発生、進行が日陰部より促進される。この結果は外観調査やフェロキシル試験でも同様である。

一方、化成処理試験片の減量は極端に少ない。むしろさびが発生していない状態と思われる。

裸試験片の腐食厚（板厚減少量）は約0.04mmである。本橋はとくに腐食代を考慮しなかったが、応力度で約50kg/cm²程度の余裕を見込んだ。これは板厚にしておよそ0.2mmに相当した。本橋は化成処理を行っているが、裸使用としても単純計算で板厚が0.2mm減少するのに約30年かかることになる。したがって、腐食代を考慮しなかったことは妥当であると思われる。

建設省土木研究所の調査⁹⁾によると、3年経過後の片面の腐食厚が0.02mmの場合は山間ないし田園地域である。本橋もほぼ同じ状況であり、周辺の状態は良好と言えよう。

おわりに

日守大橋に設置した暴露試験片の調査結果について2回の結果を比較しながらその概要を報告した。

裸試験片ではさびはほぼ順調に推移しているようであるが、化成処理試験片はさびの発生および進行が遅れている様子である。これでもって直ちに実橋の状況を推測することはできないが、ほぼ同じ状態であると思われる。

調査はあと3回ほど残っているが、今後の経過については別の機会に報告したい。

本文が耐候性鋼材を使用するうえで何らかの参考になれば幸いである。

最後に、本調査には日本パーカライジング株式会社のご協力を受けていることを付記します。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所他：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究報告書（II）、昭和59年3月
- 2) 建設省土木研究所他：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究報告書（VI）、昭和61年3月