

I-7 耐候性鋼材裸使用橋梁のさび安定評価と今後の対応

日本道路公団四国支社高松技術事務所 正会員 ○樫山 好幸
日本道路公団四国支社高松技術事務所 嵯峨 正信
日本道路公団四国支社高松技術事務所 藤田 尚

1. はじめに

耐候性鋼材裸使用橋梁を路線として全面的に採用した、高知自動車道(川之江～大豊間、約 11,000t 1992 年供用)は、現在、供用後約8年が経過しているが、耐候性鋼材の特性である“鋼材表面に安定さびを形成し、その保護被膜がさらなる腐食進行を抑制する”と言われている「安定さび」の形成には至っておらず、桁端部等部分的な補修がなされている橋梁もある。現在迄に行っている実橋及び小型暴露試験片における各種調査試験結果を基に、既設橋梁及び新規に建設される耐候性鋼材の、環境因子の影響検証及び安定さび形成手法について提言する。

2. 高知自動車道の現状及び調査内容

高知自動車道川之江 JCT～大豊 IC 間の橋梁は、48橋架設されており、そのうち耐候性鋼材を使用している橋梁は29橋である。JH高松(技)ではこれらの橋梁に対し、調査を行ってきているが、本文ではこのうち詳細調査を実施している3橋を対象に、重点的に検証を行うこととする。調査対象橋梁は表-1 に示す。調査方法は「無塗装耐候性鋼材使用橋梁追跡調査要領(案)」(平成3年12月 日本道路公団試験所)により表-2

表-1 調査対象橋梁一覧

橋梁名	区間等	区分	経過年数	海岸迄の距離
野竹橋	川之江 JCT～新宮 IC	2車	8年	北 13km 南 43km
刈屋橋	新宮 IC～大豊 IC	2車	8年	北 20km 南 36km
川口第一橋	新宮 IC～大豊 IC	4車	9年	北 28km 南 28km

に示す項目について、実橋及び小型試験片の調査を行っている。なお、3橋の供用開始前の飛来塩分濃度は表-3 のとおりであり、基準値(年平均飛来海塩粒子量 $0.05\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ 以下)を満足しているものの、野竹橋(新宮村)は瀬戸内海と千メートル級の山脈を挟んでいるにもかかわらず、やや高い値を示している。野竹橋では、製紙工場特有の臭いがすることがあり、川之江側の大気の影響を受けているものと考えられる。

3. 追跡調査結果

表-2 調査項目の概要

項 目	内 容
外観調査	耐候性鋼の外観は暴露期間とともに著しく変化する。初期は黄みや赤みを帯びた色むらの多いさび層で覆われ、また、浮きさびの発生量が多い。暴露期間の経過とともに、浮きさびの発生がなくなり、むらの少ない黒褐色の「安定さび」が形成される。目視によって、色調、粗密、色むら、安定化の4つの項目について評点化する。
セロテープ剥離試験	セロテープ試験は、浮きさびをセロハンテープに付着させ、その付着状況からさびの安定化を評価するものである。安定さび層が形成された状態では、付着するさびの粒子が小さく、かつ量が少なくなる。
フェロキシル試験	フェロキシル試験は試験液がさび層のピンホールを通して地鉄と反応し、青色の斑点を呈することを利用したものである。青色の斑点は、錆層の緻密さの大小に比例するため、安定化した錆層ほど青色の斑点は小さく数も少なくなる。なお、実橋調査の場合は試験箇所を決めておかなければならない。
イオン透過抵抗値	さびのイオン透過抵抗と腐食速度の間には高い相関性がみられ、イオン透過抵抗が大きいほど、さび皮膜の防食保護機能は高い。すなわち、緻密な安定さびの形成にともない、イオン透過抵抗値は増加してくる。
さび組成分析	表面に形成されているさびを採取し、X線回折により形態別に定量分析を行う。安定化の進行に伴い $\alpha\text{-FeOOH}$ が増加するとされている。
腐食減量測定	除さび処理を行なった小型試験片の重量を測定し、暴露試験前の小型試験片重量との差を求めることにより、腐食重量減少量、腐食板厚減少量および腐食速度を求め、安定さび形成の判定をおこなう。

実橋及び小型試験片について、各種非破壊試験等行った結果の内、イオン透過抵抗値及びさび組成分析の測定結果を図-1、図-2 及び図-3 に示す[図-1 は外桁、内桁ウェブ及び下フランジ]上下面の平均値、図-2 は野竹橋(P1 上、内桁)、刈屋橋(A1 付近、内桁)及び川口第一橋

表-3 供用開始前の飛来塩分濃度

橋梁名	Cl(mdd)
野竹橋	0.045
刈屋橋	0.029
川口第一橋	0.014

(上り線)(A1 付近、内桁)に設置した小型試験片の平均値]。

(1)実橋調査と小型試験片調査の結果を比較すると、外観調査、フェロキシル試験、セロテープ剥離試験については定性的な判定による試験数値である為、試験値の変動が大きい、唯一数値データの得られるイオン透過抵抗値からも、3橋は設置環境(飛来海塩粒子量)と傾向が一致しており、腐食進行に起因する一要因であることは確かと言える。

(2)分離断面である川口第一橋(上り線)のみ、下り線側橋梁からの凍結防止剤飛散による影響からか、他2橋と比べて悪い結果となっている。しかし、腐食減量による結果から、表-4 の100年後の板厚減少量は、予測で0.3mm程度であり、3橋梁の内桁の環境は良好と言える。

(3)一方、部分的な悪性さびの発生も実橋調査より見うけられる。主に外桁下フランジ上面にうろこ錆が発生しており、全橋梁の全区間で発生しているわけではないが、橋梁側面に斜面(山等)が迫っているような箇所、複線区間の並行又は高低差がある箇所に見られ、日射や風通し等の環境要因も安定さび形成に影響を及ぼすと思われる。

(4)さび組成分析の結果(図-3)、塩分環境下で生成されると言われている、 β -FeOOH がほとんどの部位で発生していることがわかった。供用開始前の飛来海塩粒子量は低いこと、同じ地理的環境にある一般道橋梁では、 β -FeOOH は検出されていないことから凍結防止剤散布の影響と判断される。

(5)実橋調査を行った結果、各橋梁に悪性さびが発生し、その箇所は共通している。具体的には、橋梁端部や橋脚付近に発生している。これらの箇所は、伸縮継ぎ手部、床版ひびわれ箇所及び壁高欄隙間等からの漏水が原因と思われる。

4. まとめ

調査結果より高知自動車道の耐候性鋼材無塗装橋梁は、安定さびの形成には至っていないと言える。高知自動車道の環境は非常にマイルドで腐食速度が遅いため、安定化も遅れているものであり、ゆっくりと安定化の方向へ向かっているものと思われる。ただし、部分的に良好でない錆(うろこ錆、剥離錆)が発生し、橋梁全体として考えると、そのような箇所が見られる橋梁は健全でないというべきである。

これの対策としては、凍結防止剤飛散に対して耐塩性及び新成分耐候性鋼材の採用や、桁の水洗いの実施、また漏水に対し、床版防水工や止水対策等を行うことにより、高知自動車道の耐候性鋼材裸使用橋梁は、次第に安定さびが形成されと思われる。

今後は、各鋼材メーカーで研究開発中の新成分耐候性鋼材を積極的に部分的に(外桁、端部のみ)又は全面的に採用する事が、橋梁の長寿命化及びミニマムメンテナンスが図れる一方策になるのではないかと期待している。

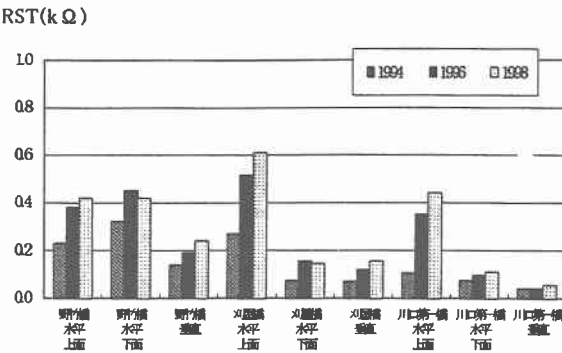


図-1 イオン透過抵抗値の経年変化

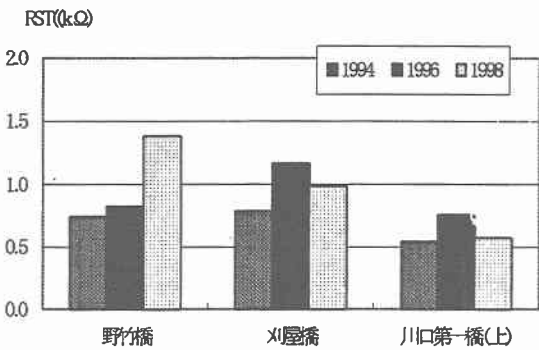


図-2 イオン透過抵抗

表-4 板厚減少量と暴露年数の回帰式係数と予想板厚減少量
 $\log(\text{板厚減少量}(\mu\text{m})) = A \cdot \log(\text{暴露年数(年)}) + B$

暴露箇所	暴露方向	傾き[A]	切片[B]	100年経過後の板厚減少量(μm)
野竹橋	水平	0.645	1.21	321
	垂直	0.731	1.09	358
刈屋橋	水平	0.613	1.15	240
	垂直	0.616	1.09	209
川口第一橋	水平	0.701	1.07	299
	垂直	0.526	0.99	110

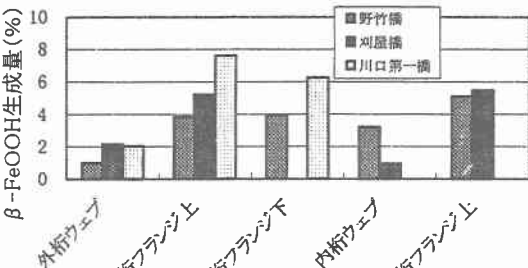


図-3 さび中の β -FeOOH生成量