

# 耐候性鋼材を使用した橋梁の経年調査(その2)

## Periodic Examination of a Bridge Made of Weathering Steel (Part 2)

高橋 秀幸\* 宮坂 淳一\*  
*Hideyuki TAKAHASHI Jun-ichi MIYASAKA*

### Summary

In recent years, an increasing number of bridges have been given corrosion-prevention treatments designed for economy and endurance to reduce their maintenance costs. One treatment is the use of unpainted, weathering steel for bridges so they never need painting. The use of such steel for corrosion prevention assumes stabilized rust will form on its surface. This is thought to generally take about 5 years to form.

This paper reports results of a follow-up examination of an unpainted weathering steel bridge, which was made to acquire knowledge about the formation of stabilized rust.

キーワード：耐候性，安定錆，無塗装，暴露試験，腐食，防食，防錆

### 1. まえがき

耐候性橋梁に関する調査研究は1955年頃より始まり、JISによる無塗装用鋼材の規格化(SMA材)は1968年であった。しかし構造物としては耐候性鋼材に塗装を施したSMA-P仕様(1983年JIS改訂による)が基本であり、無塗装のSMA-W仕様はほとんど施工されていないのが現状であった。これは耐候性鋼材に塗装を併用することによって塗膜が長持ちするという考えが先行し、また無塗装による防食問題やその環境に見合った安定錆生成過程の実証データが少なかったことなどに後押しされたものと思われる。

鋼橋はコンクリート橋に比べ維持管理費が高いことから不利であると判断されることが多いが維持管理費の主なものとして再塗装が上げられる。近年、塗装費・人件費等の高騰により維持管理費の軽減が必要とされ、それを目的とした耐候性鋼材の無塗装SMA-W仕様による適用が増加する傾向になった。

そこで耐候性鋼材の無塗装の腐食問題として、長期における調査結果が製造各社から報告され、当社においても1977年以降、約30橋の耐候性無塗装橋梁の施工実績をもとに、1986年に竣工した横尾1号橋(千葉県鴨川市)の追跡調査中間報告を行った。本報告は横尾1号橋の架設後10年を経過した耐候性調査および1988年に竣工した協雄大橋(秋田県雄和町)を追跡調査した結果について報告

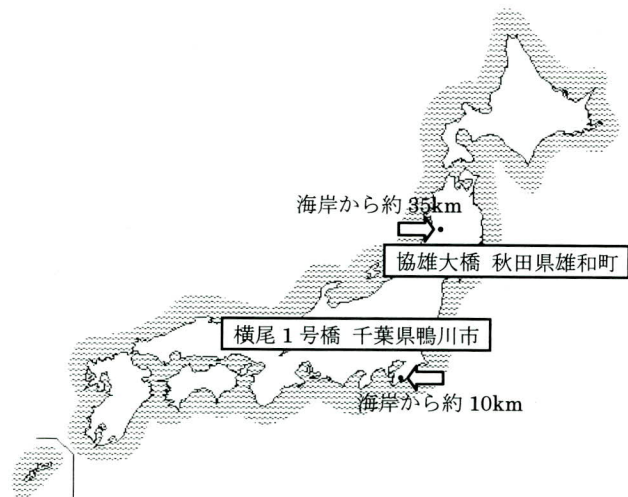


図-1 橋梁の位置

する。

### 2. 調査概要

横尾1号橋および協雄大橋の調査時期および調査の対象とした桁を以下に示す。また、錆の安定化に至るまでの経緯を定性的・定量的に観察することを目的に暴露試験片を取付け調査を行った。

\* 千葉工場製造部製造1課

### (1) 横尾1号橋の諸元

- ① 橋梁位置：千葉県鴨川市（海岸から約10km・山間部）
- ② 調査時期：1986年～1996年
- ③ 調査対象：3径間連続非合成板桁 <A1～P3>  
単純RC床版合成板桁 <P3～A2>
- ④ 暴露試験片調査：外観写真撮影  
腐食量測定（重量測定）  
減厚量測定（板厚測定）  
フェロキシル試験

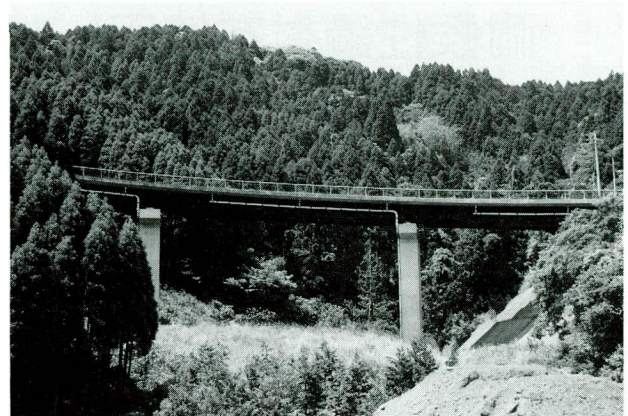


写真-1 横尾1号橋

### (2) 協雄大橋の諸元

- ① 橋梁位置：秋田県雄和町（海岸から約35km・山間部）
- ② 調査時期：1988年～1998年
- ③ 調査対象：単純合成板桁 <A1～P1>  
3径間連続非合成箱桁 <P1～P4>
- ④ 暴露試験片調査：外観写真撮影  
腐食量測定（重量測定）  
減厚量測定（板厚測定）

また暴露試験片調査の他に、実橋調査として調査時点における錆の状況調査を行った。



写真-2 協雄大橋

## 3. 実橋調査結果

実橋調査では主桁外面・内面の上下フランジ・ウェブおよび対傾構・横構・横桁・縦桁の、錆の色調・粗密・剥落について調査した。協雄大橋の調査結果を表-1に示す。また、錆の粗密・剥落の判定を行うための評価基準を作成し表-2に示す。

## 4. 暴露試験片調査結果

架設時、実橋に試験片を取付け調査時毎に取り外して、先に示した項目の調査を行う。横尾1号橋はP3支点上の各主桁にSMA490Wを取り付け、協雄大橋はA1支点上G4桁およびP1支点上G1桁に各種材質のものを取り付けた。横尾1号橋の暴露試験片取付位置を図-2に示し、協雄大橋の暴露試験片取付位置を図-3に示す。

### (1) 外観写真撮影

暴露試験片の発錆状況を写真撮影し経年毎にまとめ、

横尾1号橋を表-3に示す。また、協雄大橋を表-4に示す。

横尾1号橋は設置位置が中間支点上であり発錆が一樣である。暴露期間が増す毎に錆が黒褐色になり粒子も微細化していくことが分かる。協雄大橋はA1支点上に設置した試験片が暴露当初は斑な発錆であり表面が白く、徐々に変化している。これは端支点上で遊離石灰の垂れや伸縮継手からの漏水等の影響と考えられる。P1支点上は、暴露3年目までは目立った変化はみられず5年目以降で微細化しているようにみれる。

### (2) 腐食量測定（重量測定）

暴露試験片の初期重量と調査毎に取り外し発錆を除いた（除錆）重量の差を腐食量とする。除錆方法は錆分析用処理液クエン酸2アンモニウム精製水溶液;10Wt%に、インヒビター住友化学製イビット#560;3%を添加した、1リットル溶液中に試験片1枚、液温90℃±5℃で処理



を行う。

横尾1号橋の腐食量測定結果を図-4に、協雄大橋の腐食量測定結果を図-5に示す。

結果については腐食減少率(%)で表示した。横尾1号橋は暴露3年目まで直線的に増加しており、3年目以降ではほぼ横ばいになっている。暴露3年目以降で安定化していることがわかるが、桁の内外面・暴露方向(鉛直および水平)での有意差は見られなかった。暴露3年目から10年目にかけての腐食減少率は、3年目の平均値1.07%、10年目の平均値1.40%で、0.36%/年から0.14%/年とかなり減少している。

協雄大橋は耐候性鋼において暴露1年目から5年目にかけて勾配が徐々に変化しており、参考のために取り付けた非耐候性鋼(SM400A・SS400)は耐候性鋼に比べ未

だ増加していることがわかる。耐候性鋼の減少傾向は、A1支点上の暴露3年目平均値0.98%、10年目平均値1.45%で、0.33%/年から0.15%/年と減少しており、P1支点上は暴露3年目平均値1.53%、10年目平均値2.17%で、0.51%/年から0.22%/年と減少している。

表-1 実橋調査結果(協雄大橋)

調査位置	錆の色調	錆の粗密	錆の剥落	写真 No	
主桁外面	上フランジ 下面	黒褐色	◎	◎	—
	ウェブ	黒褐色	◎	◎	3
	下フランジ 上面	黄錆混在・黒褐色	○	◎	—
	下フランジ 下面	黒褐色	◎	○	—
主桁内面	上フランジ 下面	黄錆混在・黒褐色	○	◎	—
	ウェブ	黄錆混在・黒褐色	○	◎	4
	下フランジ 上面	黄錆混在・黒褐色	○	○	—
	下フランジ 下面	黄錆混在・黒褐色	○	◎	5
内面	端対傾構	黄錆(遊離石灰付着)	△	○	6
	対傾構	黒褐色	◎	◎	—
	横桁	黒褐色	○	○	7
	縦桁	黒褐色	○	○	—

錆の粗密: 緻密 ←◎○△×→粗大 錆の剥落: 剥落無し ←◎○△×→ 剥落大



写真-3

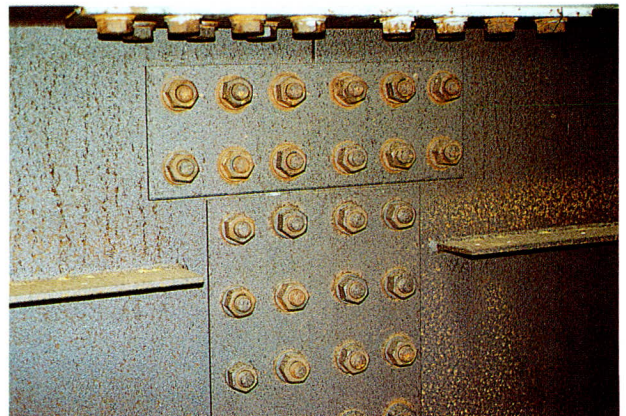


写真-4

表-2 錆の粗密, 剥落評価基準

判定	緻密(剥落無し) ←◎○△×→ 粗大(剥落大)			
錆の程度				





写真-5

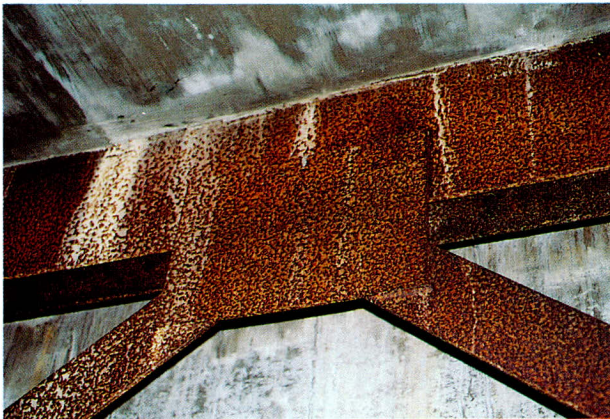


写真-6



写真-7

### (3) 減厚量測定 (板厚測定)

腐食量測定と同様に暴露試験片の初期板厚と調査毎に取り外し発錆を除いた板厚の差を減厚量とする。試験片

1枚につきマイクロメーターで6箇所を測定しその平均値を記録した結果を横尾1号橋について図-6に、協雄大橋を図-7に示す。

減厚量の結果は、腐食量測定結果とほぼ同様の傾向にある。横尾1号橋は暴露2年目以降で減厚量が横ばいになっており、協雄大橋は暴露1年目から3年目にかけて測定結果のばらつきが大きいものの5年目以降で安定化の傾向を示している。

### (4) フェロキシル試験

錆の安定化を定性的に判断する方法としてフェロキシル試験がある。試験方法は緻密な定性ろ紙 (5cm<sup>2</sup>) をフェロキシル液に浸透させ、湿ったまま発錆した試験面に約5分間貼りつける。フェロキシル液は以下のものを使用する。

- ・フェリシアン化カリウム (黄血塩) - 10g/リットル  
 $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$
- ・フェリシアン化カリウム (赤血塩) - 10g/リットル  
 $K_3Fe(CN)_6$
- ・塩化ナトリウム - 60g/リットル  
 $NaCl$

フェロキシル試験は錆層中のピンホールの大きさや量を調べる方法で、評価方法はピンホールが青斑点の形状・大きさと量により表示されるが、通常、錆が安定し緻密であるほど青斑点が細かく量は少なくなる傾向にあ

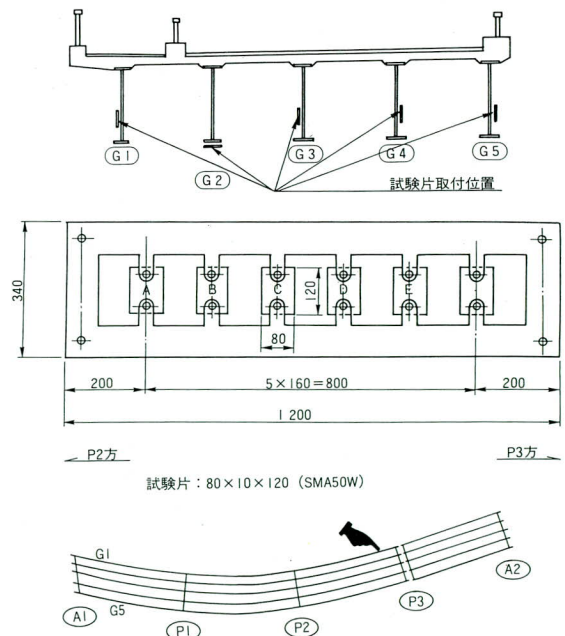


図-2 暴露試験片取付位置 (横尾1号橋)



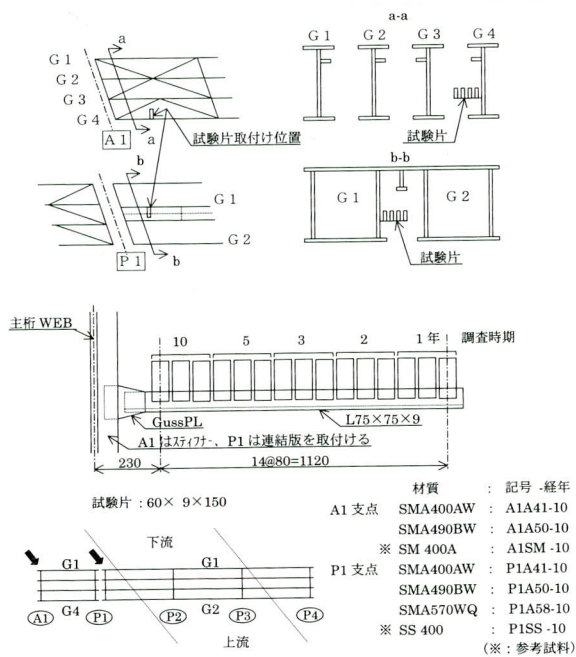


図-3 暴露試験片取付位置 (協雄大橋)

る。

試験結果として横尾1号橋のG1桁 (外桁、暴露方向-鉛直)、G2桁 (内桁、暴露方向-水平)、G3桁 (内桁、暴露

方向-鉛直) を経年毎に表-5 に示す。

G1~G3桁全てにおいて暴露5年目と暴露10年目ではっきりと有意差が認められる。定性的に暴露1年目においてかなりの発錆が進行し、以降2年目から5年目においては大きな変化はなく、10年目で青斑点の形状・大きさが減少していることがわかる。5年目以降で鉄の表面から鉄イオンの流出量が少なくなり安定化に移行したものと推定される。また、暴露方向では雨水の流れ方や剥離錆の剥落・推積などにより結果に差がみられると予想されるが、フェロキシル試験ではそれほど変化がない結果となった。

## 5. まとめ

横尾1号橋および協雄大橋の耐候性橋梁を10年にわたり追跡調査したまとめとして以下のことがいえる。

実橋調査から、主桁外面は通風性も良く雨水の流れが頻繁であることから架設後3年の時点で錆は黒色化し粒子も微細となり、外観上、安定錆に至っているようにみれる。主桁内面については端支点以外は架設後5年程度で主桁外面の表面状態に近づき、斑な錆は減少していく。端支点上は床版からの遊離石灰の垂れや伸縮継手からの

表-3 外観写真撮影 (横尾1号橋)

経年	1年	2年	3年	5年	10年
G1桁					
G2桁					
G3桁					



表-4 外観写真撮影 (協雄大橋)

経年	1年	2年	3年	5年	10年
A 1 A 4 1					
A 1 A 5 0					
A 1 S M					
P 1 A 4 1					
P 1 A 5 0					
P 1 A 5 8					
P 1 S S					



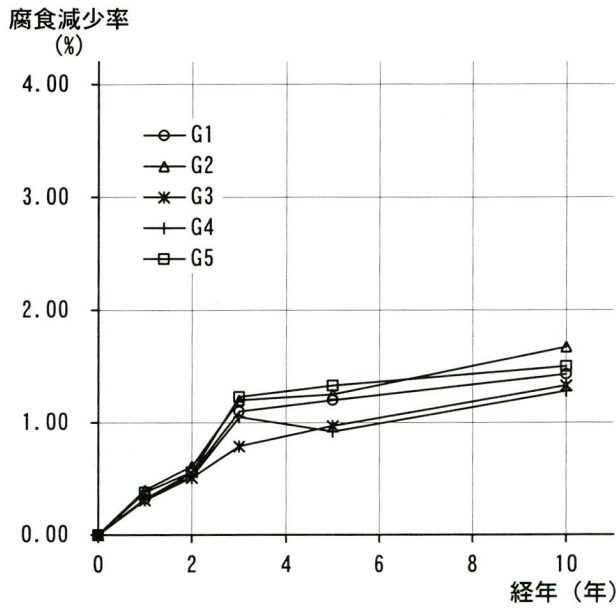


図-4 腐食量測定結果 (横尾1号橋)

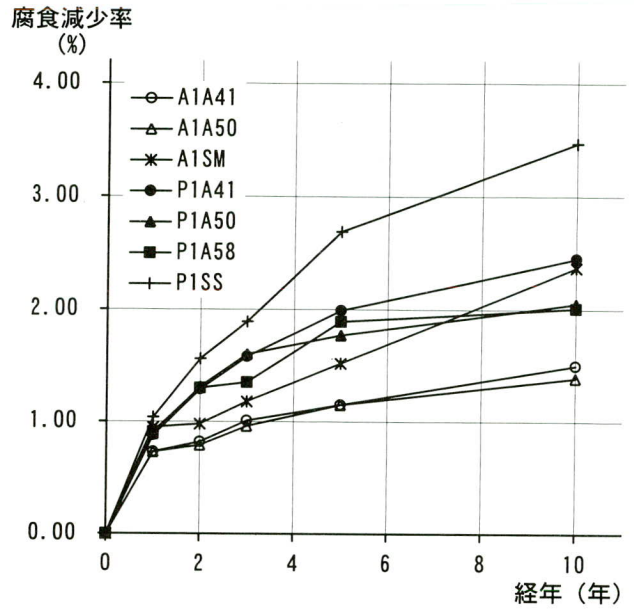


図-5 腐食量測定結果 (協雄大橋)

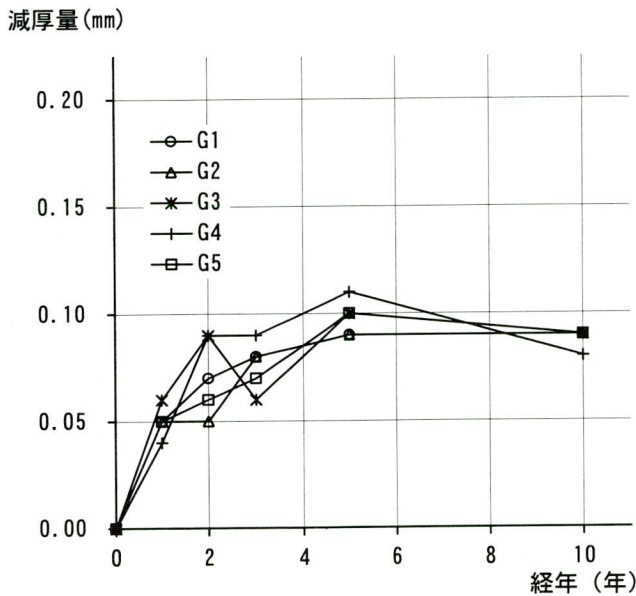


図-6 減厚量測定結果 (横尾1号橋)

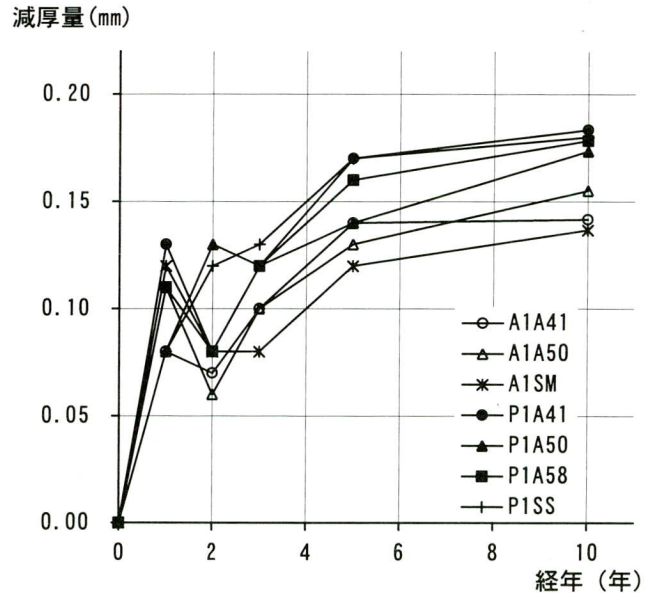


図-7 減厚量測定結果 (協雄大橋)

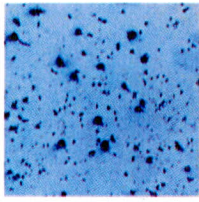
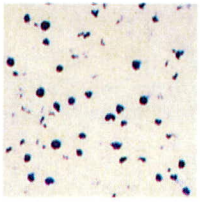
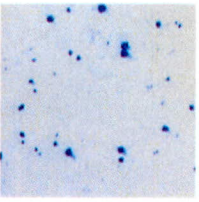
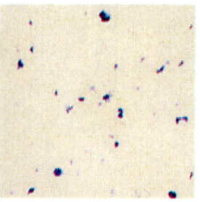

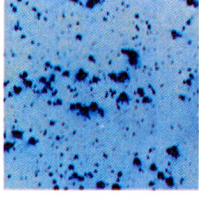
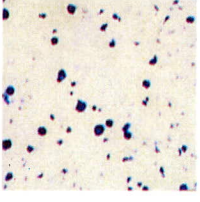
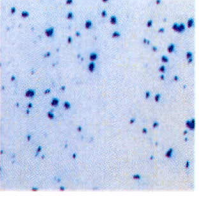
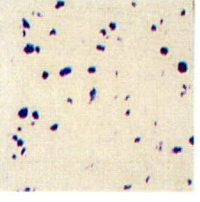

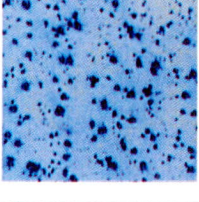
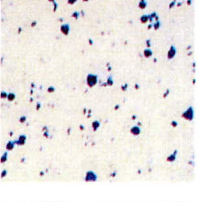
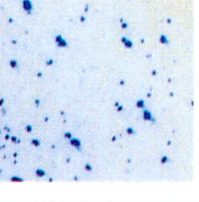
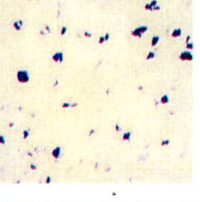

雨水の漏水があり、またコンクリートに囲まれ通風性が悪いため、架設後10年においても黄錆混在の斑な錆の状態の所が残る。特に端対傾構や横桁などの構造の複雑な部位は剥離錆もあり、このような個所は湿潤状態になることが予想され安定化が遅れる。しかし、それ以外の個所では横尾1号橋や協雄大橋の腐食量測定・板厚測定などの暴露試験片調査結果により、架設後13年の腐食量が微小な量であること、腐食量等の増加傾向が頭打ちとなっていることから、部位の複雑な個所においても微小な腐

食量で安定錆に移行していくものと考えられる。

架設後10年間、耐候性橋梁としての調査を行ってきたが、主要部材については架設後5年以降で安定錆に至ったものと判断した。しかし前途の通り端支点の付近の問題・構造の複雑な個所の問題などが残り、今後、耐候性橋梁を施工していく際、これらの施工時の検討が必要であることを追記し、本報告を終了する。

本調査により今後の耐候性橋梁施工に際し、何らかの参考になれば幸いである。最後に鴨川市横尾1号橋・耐

表-5 フェロキシル試験結果(横尾1号橋)

経年	1年	2年	3年	5年	10年
G1桁					
G2桁					
G3桁					

候性橋梁追跡調査において鴨川土木事務所の御協力を頂き、また秋田県協雄大橋・耐候性橋梁追跡調査においては秋田県土木事務所の多大なる御協力を頂いたことを付記し、関係各位に感謝の意を表する次第であります。

〈参考文献〉

- 1) 佐藤, 高橋, 横田; 耐候性鋼材を使用した橋梁の経年調査, 宮地技報 No.6 1990
- 2) 日本橋梁建設協会; 耐候性橋梁データブック, 1981
- 3) 建設省土木研究所, 鋼材倶楽部, 日本橋梁建設協会; 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究報告書 (I) 1983.11, (II) 1984.3, (III) 1984.3
- 4) 鋼材倶楽部; 耐候性鋼 (改訂版), 1977.3
- 5) 玉田ほか; 耐候性鋼材使用のメンテナンスフリー橋梁, 橋梁と基礎, 1978.2, 3
- 6) 土木学会鋼構造委員会鋼材規格小委員会; 耐候性鋼を用いた無塗装橋梁に関する調査研究, 土木学会誌, 1980.4
- 7) 河井, 石橋; 耐候性鋼材の橋梁への適用, 橋梁と基礎, 1981.9
- 8) 日本鋼構造協会技術委員会防錆防食小委員会; 鋼構造物と耐候性鋼, JSSC, Vol.17, No.178, 1981.1 1999.11.1 受付