

三元系ダイアグラムを用いて耐候性鋼橋梁のさび組成と関係づけた電位による防食性の評価

原 修一*・鹿島 和幸*²・岸川 浩史*²・幸 英昭*²・三澤 俊平*³

Evaluation on the Protective Ability by the Potential of Steel with Rust Layer
Related to the Composition of the Rusts Formed on the Weathering Steel
Bridges Using Ternary Diagram

Shuichi HARA, Kazuyuki KASHIMA, Hirofumi KISHIKAWA, Hideaki MIYUKI and Toshihei MISAWA

Synopsis : The rust layers formed on the weathering steel bridges exposed for 2.5 to 18 years in both of mountain and seashore atmospheric environments in Japan have been characterized by the composition analyzed by X-ray diffraction (XRD) and evaluated on the protective ability by the potential ($E_{RL/S}$) of steels with rust layers corresponding to the corrosion rates. The fraction of rust constituents is newly described in the ternary rust diagram which consists of γ^* ; γ -FeOOH(L)+ β -FeOOH(B)+ Fe_3O_4 , X-ray amorphous substance (Am) and goethite(α -FeOOH)-type oxyhydroxide (G). Exposure term dependence of the rust composition leads to the schematic progress of long-term growth of the protective rust layer in mountain atmosphere, rust layer is mainly composed of Am and the remainder; G rich (Stage III, $2 \leq \alpha/\gamma^*$) via L rich (Stage I, $\alpha/\gamma^* < 1$) and G, L less (Stage II, $1 \leq \alpha/\gamma^* < 2$). $E_{RL/S}$ has been related to the change of rust composition and increased with decreasing atmosphere corrosion rate of the weathering steel. The presence of deicing salt increases B and reduces the ratio of α/γ^* and $E_{RL/S}$. Therefore, α/γ^* is a good parameter for evaluating the protective ability of the rust layer in mountain area. However, evaluation by α/γ^* is restricted to the application to the rust layer in seashore area. In conclusion, both of α/γ^* and $E_{RL/S}$ are necessary to evaluate the protective ability of the rust layer against atmospheric corrosion in various environments.

Key words : weathering steel bridge; atmospheric corrosion; potential of steel with rust layer; rust composition; goethite(α -FeOOH)type oxyhydroxide; ternary rust diagram.

1. 緒言

近年、橋梁分野において工費縮減およびミニマムメンテナンス化¹⁾が推進され、大気中で保護性のあるさび層を形成することでそれ以降の腐食を抑制する、いわばさびをもってさびを制するという特徴を有する耐候性鋼が鋼橋の基本材料として再評価されている。このため、橋梁用耐候性鋼の適用限界拡大やさび層の保護性(いわゆる安定化)に関するいっそうの信頼性が求められている。

しかし、約20年以上にも及ぶ耐候性鋼の豊富な適用実績があるにもかかわらず、実橋梁さび層の性状および保護性に関する知見は十分とはいえない。第一に、従来の実橋梁本体の調査は現場的制約により目視観察を基本とせざるを得ず定量性に欠け、これを補う目的でフェロキシル試験²⁾や交流インピーダンス法によるさび層のイオン透過抵抗の測定^{3,4)}などが一部併用されてきた。第二に、限られた部位に設置された小型試験片による調査では、必ずしも構造物全体としての防食性を総合的に評価することにはならない。現在、実橋梁耐候性鋼さび層の保護性を適正に評

価しうる新たな定量的評価法が求められている。

近年、三澤ら^{5,6)}、山下ら⁷⁻¹⁰⁾は、さび層をX線回折法により定量したレピドクロサイト(γ -FeOOH)、非晶質さび、ゲーサイト(α -FeOOH)型オキシ水酸化鉄(以下ゲーサイトと略称する)の三成分系ダイアグラムで表現することによって、工業地帯における大気暴露試験材のさび組成の四半世紀にわたる長期経年変化を明らかにした。しかしながら、このようなさび組成の経年変化を実橋梁について定量的に調査した報告はこれまでにない。

Pourbaixら¹¹⁾は加速大気曝露試験の評価法として、 10^{-4} kmol/m³ NaHSO₃水溶液を用いた乾湿繰り返し試験後の電位による耐候性鋼の評価を試み、対数腐食速度と電位との直線関係が存在し、電位が貴なほどさび層の保護性が向上することを報告している。最近鹿島ら^{12,13)}は0.1 kmol/m³ Na₂SO₄水溶液中のさび層付き鋼材の電位、すなわちさび層を介した鋼の電極電位により耐候性鋼さび層の保護性評価が可能であり、さび層の組成ともよい対応がみられることを報告している。これらから、さび層の組成と電位による総合的評価が可能と考えられる。そこで、著者等はそ

平成11年7月23日受付 平成12年10月27日受理 (Received on July 23, 1999; Accepted on Oct. 27, 2000)

* 住友金属工業(株) 厚板技術部 (Steel Plate Technology Department, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 4-5-33 Kitahama Chuo-ku Osaka 541-0041)

*² 住友金属工業(株) 総合技術研究所 (Corporate Research & Development Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

*³ 室蘭工業大学 (Muroran Institute of Technology)

これらの方法の実橋梁への適用を試み、耐候性鋼のさび組成と電位による保護性評価とを関係づけて明らかにすることとした。経過年数の異なる山間部および海岸部を含む実橋梁に生成した耐候性鋼さびを採取してX線回折法により定量分析し、凍結防止剤および海塩粒子の影響を受けたさび成分としてアカガネアイト(β -FeOOH)およびマグネタイト(Fe_3O_4)を考慮に入れた新しい三元系ダイヤグラム(以下単に三元図と表記する)を提案し、さび組成の経年変化を検討した。さらに、さび層付き鋼の電位をさび採取位置の隣接位置においてその場測定し、その電位を三元図に重ね合わせることによって、実橋梁のさび組成と関係づけた電位にもとづく耐候性鋼の新しい防食性評価を行った。

2. 実験方法

2.1 調査橋梁とさび試料の採取

調査対象橋梁としてはJIS G3114, 主成分0.3~0.4mass% Cu-0.5~0.6mass%Cr-0.1~0.2mass%Ni系耐候性鋼を無塗装(裸)使用し、経過年数が2.5から18年の国内の山間部8橋、海岸部3橋計11橋梁を対象とした。対象橋梁、凍結防止剤の散布の有無および海岸部橋梁での平均飛来塩分量をTable 1に示す。部位によりさび性状が異なるので、各橋梁それぞれに桁横断面の主要3箇所すなわちウェブ(垂直板)、下フランジ(水平板)の上面(対空面)、下面(接地面)を基本調査位置とし、かつ内桁、外桁を含む複数桁からさび試料を採取した。採取に当たっては、毛ブラシにて軽く表面の付着物を除去後、鋼表面約100cm²の範囲のさびを鋭利なカッターナイフにて地鉄面が現れるまで削り取り、表層および内層密着さびを含むさび層全体を70~100mg採取した。

2.2 X線回折法によるさび成分の定量分析

採取したさび粉末試料についてX線回折(内部標準法)によるさび層平均組成の定量分析を岩田ら¹⁴⁾の方法に従って行った。すなわち、あらかじめ人工合成さびを用いて積分ピーク強度比から検量線を作成し、これを用いて結晶成分であるゲーサイト、アカガネアイト、レピドクロサイト、マグネタイトを定量し、残りをX線の非晶質さび(以下単に非晶質さびと呼ぶ)とした。内部標準物質として一定重量比20mass%のZnO(試薬特級、粒度5 μm 以下)を試料と合わせ、めのう製乳鉢にて約30min混合した後、測定に供した。X線回折装置のターゲットにはCoを用い、電圧-電流は30kV-100mAである。

2.3 アカガネアイトおよびマグネタイトを考慮した改良三元図

山下ら^{7,8,10)}は、主として工業地帯における長期大気暴露試験片に生成したさびの主成分がレピドクロサイト、非晶質さび、ゲーサイトであったことから、それらを極とする三元図を用いてさび組成の経年変化を明らかにした。とこ

Table 1. Condition of the weathering steel bridges investigated rust layers.

Atmospheric environment	Mark	Bridge	Location	Exposure term(yrs.)	Environment of salt deposition
Mountain area	○	a	Tochigi	2.5	No
	⊖	b	Hyogo	3	No
	⊕	c	Gifu	5	No
	⊙	d	Kochi	7, 8.5	much spray of deicing salt
	⊗	e	Gifu	8	a little spray of deicing salt
	△	f	Hyogo	10	No
	▲	g	Hokkaido	11	much spray of deicing salt
	⊠	h	Kyoto	16	a little spray of deicing salt
Seashore area		i	Miyazaki	10	0.3~0.4 mgNaCl/dm ² /day
		j	Osaka	17	0.1~0.2 mgNaCl/dm ² /day
		k	Osaka	18	0.1~0.2 mgNaCl/dm ² /day

ろが実橋梁採取さびでは、凍結防止剤および海塩粒子の影響により、アカガネアイトやマグネタイトが検出されることが多く¹⁵⁻¹⁷⁾、これら2成分を考慮した改良三元図を用いて評価することとした。すなわち、保護性さびの主要成分であるゲーサイト⁵⁻¹⁰⁾および非晶質さび¹⁸⁾をそれぞれ2極とし、それ以外の成分のレピドクロサイト、アカガネアイトおよびマグネタイトを加えたものを第3の極 γ^* ($\gamma^* = \gamma\text{-FeOOH} + \beta\text{-FeOOH} + \text{Fe}_3\text{O}_4$)として三元図化した。これにより飛来塩分の影響を受けた実橋梁ではアカガネアイトやマグネタイトが多く検出され、その量の多少がさび層の組成変化に大きく関与することを三元図上で示すことが可能となった。本研究ではこの改良三元図を用いてさび組成の経年変化および塩分の影響を詳細に検討した。

2.4 電位と腐食速度の相関性調査

腐食速度が既知の試験片を用いて実橋梁と同様に電位測定を行った。用いた試験片はそれぞれ工業地帯として尼崎、海浜地帯として直江津、沖縄(糸満、宮古島)、小倉、和歌山、鹿島、銚子、山間部として北海道(北広島)からなる各種環境下に1~15年(尼崎においては32年)間大気暴露された耐候性鋼小型試験片(JIS G3114相当、主成分0.3mass%Cu-0.5mass%Cr-0.1mass%Ni、寸法3×60×100(mm)、設置姿勢南面30°)である。腐食速度は暴露時間vs.腐食減量曲線における腐食速度の近似値として暴露期間終了直近1年間の平均腐食速度($\mu\text{m}/\text{y}$)として求めた。

2.5 さび層付き実橋梁鋼の電位測定

先に述べたさびの採取位置の隣接箇所において、鹿島ら^{12,13)}の方法に基づき、Fig. 1に示す方法で実橋梁鋼の電位をその場測定した。この電位はさび層を介して鋼の電極電位を測定するものであるから $E_{\text{RustLayer/Steel}}$ と表現し、以下 E_{RLS} または単に電位と略称する。電位はAg/AgCl(KCl飽和)参照電極を用い、0.1kmol/m³Na₂SO₄水溶液(pH 5.5)を満たしたアクリル製円筒先端部を測定面に固定し、内部抵抗10¹¹ Ω のポータブル型電位差計を用いて測定した。電位はほぼ定常値に達する30min後の値を採用した¹²⁾。測定は

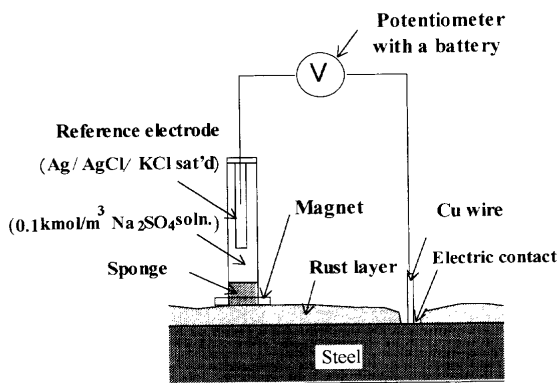


Fig. 1. Apparatus for the measurement of Potentials ($E_{RL/S}$) of steel with rust layer formed on the weathering steel bridges.

基本測定位置ごとに2ないし3箇所で行い、その平均値を求め標準水素電極電位(SHE)基準値に換算した。なお、表層のほこりや浮きさびは、電解質溶液のさび層への浸透を妨害する場合があるので、あらかじめこれを毛ブラシで払い落してから測定した。

3. 結果および考察

3.1 実橋梁さびの経年変化

飛来塩分(凍結防止剤を含む)の影響を無視しうる山間部橋梁のさび組成の経年変化を三元図化し Fig. 2 に示す。ここで各橋梁の識別記号は Table 1 による。さび組成範囲を経過年数で区分し、経過年数5年未満をI、経過年数5年以上10年未満をII、経過年数10年以上をIIIとした。さび層の平均組成は非晶質さび30~70mass%の範囲に位置し、非晶質さびが主要構成成分といえる。さらにその残り成分の変化に着目すると、Iではレピドクロサイトが多く、IIはレピドクロサイトが減少し、IIIではゲーサイトの増加が見られる。山下ら^{6-8,10)}は主として工業地帯で暴露した試験片に生成したさび組成の長期経年変化過程として、初期のレピドクロサイトの多い領域から数年~10年で非晶質物質の多い領域を経て10~20年以上でゲーサイトが多い領域への移行を報告している。本研究で対象とした実橋梁さび層の組成は非晶質物質の多い領域に相当し、その中での変化を示すものと考えられる。この経年変化は三元図中、非晶質さびの極を原点とする直線の傾きとしてさび組成比(α/γ^*)で表すことができる。 α/γ^* を用いてさび組成領域の変化を表現するとIは $\alpha/\gamma^* < 1$ に、IIは $1 \leq \alpha/\gamma^* < 2$ に、IIIは $2 \leq \alpha/\gamma^*$ にそれぞれ位置し、IからIIへの変化は γ^* の減少、IIからIIIへの変化はゲーサイトの増加と対応している。

3.2 さび層付き実橋梁鋼の電位による防食性評価

3.2.1 電位と腐食速度との対応

工業地帯、海浜地帯、および山間部で1~32年間大気暴露した試験片を用いて測定した電位($E_{RL/S}$)と腐食速度との対応を Fig. 3 に示す。同一電位で比較すると海浜地帯は工

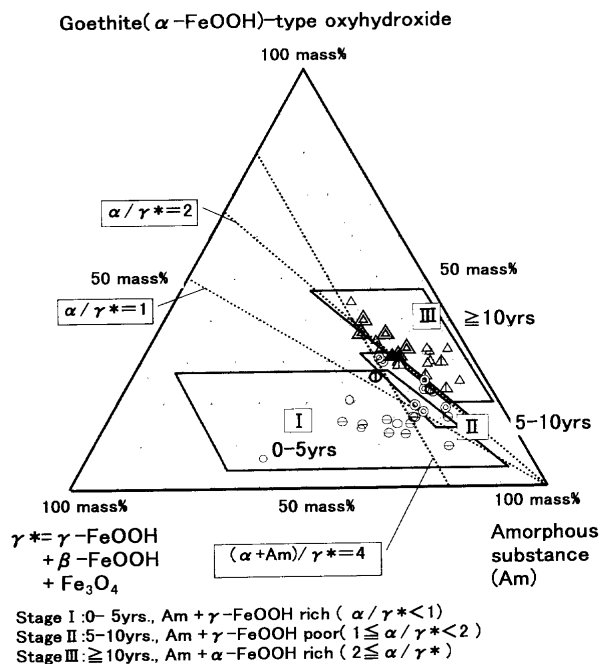


Fig. 2. Relationship between exposure term and the rust composition formed on the weathering steel bridges in mountain atmosphere.

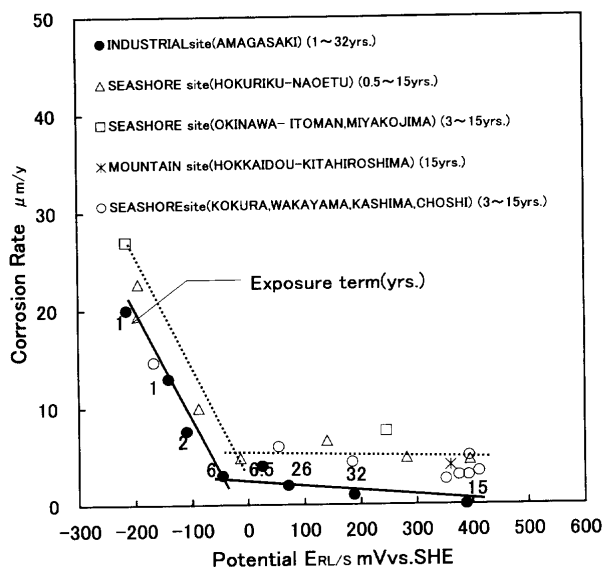


Fig. 3. Relationship between the potential ($E_{RL/S}$) and corrosion rate for the weathering steel exposed for 1 to 32 years at industrial, mountain and seashore areas.

業地帯より腐食速度が大きいが、いずれの環境においても腐食速度の低下とともに $E_{RL/S}$ の貴化がみられ、かつ暴露時間の経過により腐食速度が著しく低下する傾向を示す。その時にさび層の示す電位 $E_{RL/S}$ は $-50 \sim 0$ mV vs. SHEである。このことはさび層の保護性が高まるほど電位が貴な値を示すことを示唆している。実際、本試験範囲では、工業地帯では $3 \mu\text{m/y}$ 以下の腐食速度、海浜地帯では $4 \sim 8 \mu\text{m/y}$ 以下の腐食速度では $E_{RL/S} \geq -50$ mVを示している。さび層付き鋼の電位に関して、 $E_{RL/S} \geq -50$ mVでは鋼表面を非晶質さびおよびゲーサイトからなるさび層が覆うことで鉄の

Table 2. Potentials ($E_{RL/S}$) of steel with rust layer formed on the weathering bridges.

Atmospheric environment	Bridge	Exposure term (yrs.)	Appearance of the rust layer	Potentials of steels with rust layer $E_{RL/S}$ (mVvs.SHE)					
				Outer Web	Flg. /face	Flg. /back	Inner Web	Flg. /face	Flg. /back
Mountain area	a	2.5	-	-250	-190	-274			
	b	3	-	-212, -108		-214	-107	-51	
	c	5	-				-262		
	d	7, 8.5	- micaceous	-10, +82, +24, -2, +26	-101 -136, -229, -132, -141	-184, -3	-40, +11, -125, -132	-76, -54 -164	+74, -71
	e	8	-	-217					
	f	10	-	+61, +82, +132, +119		-26, +2	+134, +64		+164
	g	11	- micaceous	-40, -49, -78	-19 -241, -165	-140		-79	
	h	16	-	+14, +3	+19	-11	-26, -97, -43	-75	-68, -87
Seashore area	i	10	- micaceous	-52, -11	-14, -147	-48	-106 -141	-160, -208	-121
	j	17	-	-90, -61	-34, -51	-24			
	k	18	-	-70, -46	-58, -69	-53, -80	-83	-54	-88

アノード溶解を著しく抑制し、かつ電気化学的にも還元されがたい¹⁸⁾さび層付き鋼の状態を示し、他方、 $E_{RL/S} < -50$ mVでは還元されやすいレピドクロサイトが存在し、その還元生成物のFe(II)化合物とオキシ水酸化鉄からなるRedox系と鉄のアノード溶解との混成電位を表している」と推測される。なお、本結果と試験方法は異なるがPourbaixら¹¹⁾の加速大気暴露試験において、電位が貴なほど腐食速度は低下するとの報告と一致する。以上の知見に基づいて実橋梁耐候性鋼のさび層の保護性を評価することとした。本論文では測定した電位($E_{RL/S}$)をさび層の保護性評価の相対指標として取り扱うこととし、 -50 mVを中心に100 mV間隔で電位の貴な順に、A ($E_{RL/S} \geq +50$ mV), B ($+50$ mV $> E_{RL/S} \geq -50$ mV), C (-50 mV $> E_{RL/S} \geq -150$ mV), D ($E_{RL/S} < -150$ mV)の4ランクに区分することとした。

3.2.2 三元図におけるさび組成と電位評価との対応

本調査対象橋梁における電位測定結果をTable2に示す。以下、電位によるさび層の保護性評価とさび組成とを対応させ、環境別に三元図上で検討する。

(1) 山間部橋梁

山間部橋梁の場合の三元図を非晶質さび極付近を拡大し、各さび組成に対応する電位ランクの範囲を実線で、経年区分範囲I, II, IIIを破線で表示してFig. 4に示す。対象橋梁は飛来塩分の極めて少ない環境下でかつ、経年区分I~IIIまでの広範囲にある。0 $< \alpha/\gamma^* < 2$ のさび組成(I, II)では電位はC, Dランクを示し、 $\alpha/\gamma^* \geq 2$ のさび組成(III)では電位はA, Bランクを示し、さび組成比と電位がよい対応を示す。 $\alpha/\gamma^* \geq 2$ で貴な電位を示すことは非晶質さび主体でかつゲーサイトが増加した組成を有するさび層がより高い保護性を示すことに対応していると考えられる。

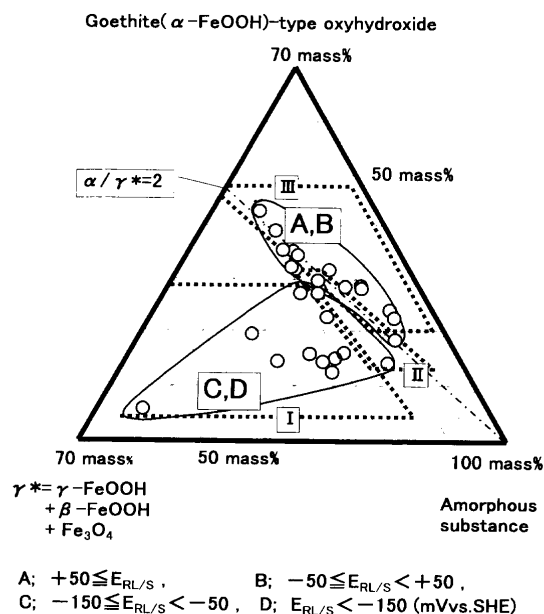


Fig. 4. Relationship between the rust composition and the potential ($E_{RL/S}$) for weathering steel bridges exposed in mountain area where particles of deicing salt were sprinkled little in winter.

(2) 凍結防止剤の散布された山間部橋梁

Fig. 5に対象橋梁におけるさび組成と電位との対応を示す。経年的にはII~IIIに区分されるが、さび組成としては(1)の山間部に比して α/γ^* が低く、電位ランクはBからDランクまで混在する。そこで、概ね5 mass%以上のアカガネアイトが含有される場合にさび層の保護性の低下が見られた事例¹⁷⁾を基に、アカガネアイト5 mass%未満、アカガネアイト5 mass%以上の2水準に分け、さらに目視観察で認められた鱗さび(アカガネアイト量7~13 mass%)を追加して3水準に層別した。その結果、アカガネアイト量の

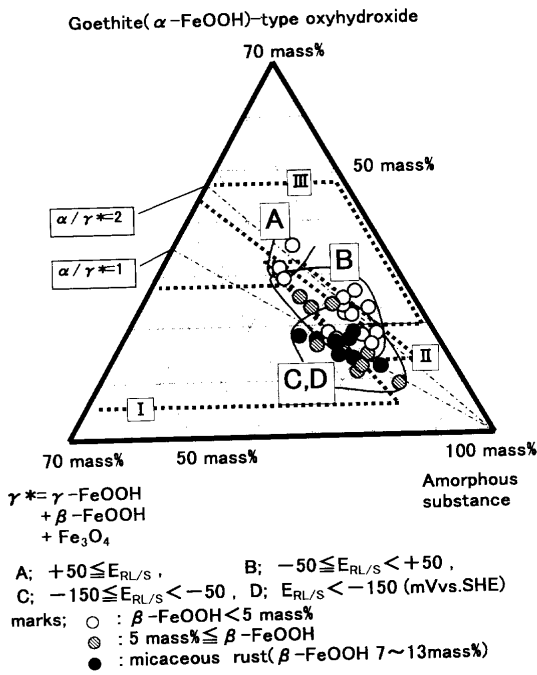


Fig. 5. Relationship between the rust composition and the potential ($E_{RL/S}$) for weathering steel bridges exposed in mountain area where particles of deicing salt were sprinkled in winter.

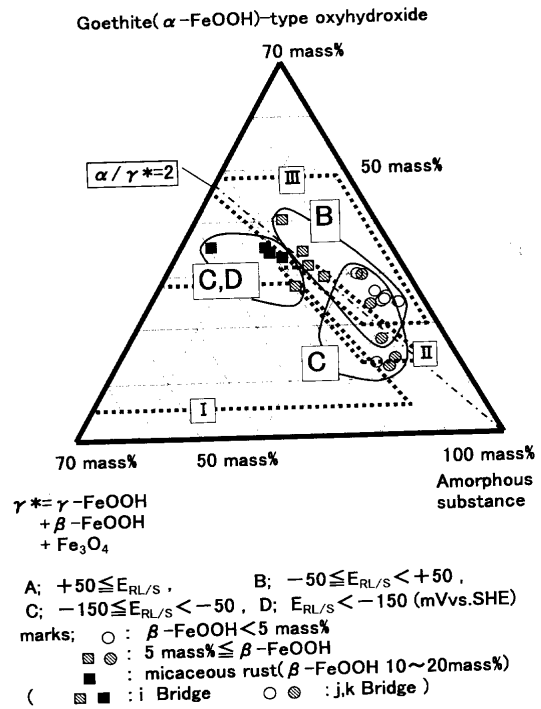


Fig. 6. Relationship between the rust composition and the potential ($E_{RL/S}$) for weathering steel bridges exposed in seashore areas.

増大とともに α/γ^* が低下し、かつ、電位ランクも単化する傾向が見られた。

(3) 海岸部橋梁

Fig. 6で対象橋梁は経年的にはⅢに属するが、アカガネアイト10mass%以上を含む鱗さびの場合にのみ $\alpha/\gamma^* < 2$ への低下と、かつ電位のC, Dランクへの単化を示した。それ以外のさびについては、 α/γ^* と電位との相関は見られなかった。このことは冬期にのみ凍結防止剤が散布される山間部橋梁の場合と挙動を異にしている。

3.3 さび組成比と電位によるさび層の防食性評価

これまで環境別に三元図を用いて α/γ^* と電位との対応を検討してきた。それらを経年区分毎の $\alpha/\gamma^*-E_{RL/S}$ 相関図Fig. 7および総括表Table 3に整理して示し、さび層の保護性との関係を考察する。

3.3.1 塩分の影響の少ない場合

塩分の影響が小さい場合、すなわち、アカガネアイト5mass%未満のさびにおける各経年領域毎の $\alpha/\gamma^*-E_{RL/S}$ 関係の一定範囲を示す領域X, Y, ZをFig. 7図中斜線で示す。領域X, Y, Zは経年変化I, II, IIIと対応し、経年的なさび組成比(α/γ^*)の上昇とともに電位($E_{RL/S}$)の貴化が見られる。一方、先に述べたように電位の貴化は腐食速度の低下すなわちさび層の保護性の向上を示すものと考えられる。よって経年的にさび層の保護性が向上しているといえる。

3.3.2 塩分の影響のある場合

経年区分II, IIIの山間部における凍結防止剤散布の影響を受けたさび層はアカガネアイト量の増大にもなって α/γ^* が減少し、かつ電位が単化する。特に、鱗さびでは

その変化が大きい。また、アカガネアイト量が増加しても電位の単化にともなう α/γ^* の減少が見られ両者の相関性はほぼ維持されている。

他方、海岸部では山間部で見られた経年的なさび組成と電位との相関が見られず、特にさび組成比の変動幅が大きい。アカガネアイト5mass%未満のような塩分の影響が少ない場合においても電位と α/γ^* との相関はなく、山間部の傾向と大きく異なっている。これは、冬期にのみ凍結防止剤を散布する場合と異なり、年間を通して飛来塩分の影響を受けたためと考えられる。さらに電位的にはほぼBランクを示し保護性が比較的高いと考えられるさび層においても、 $\alpha/\gamma^* < 2$ を示す場合が見られる。このことはアカガネアイトのさび層中の分布と関連し、外層に存在する場合には保護性を阻害させないが、内層に存在する場合には保護性を阻害するものと推測される。以上考察したように、得られた α/γ^* はあくまで平均組成比であり、さび層中におけるさび成分の分布を考慮していないことが要因と考えられる。さらに、 α/γ^* はさび層断面の偏光顕微鏡で観察される、保護性を発現させると考えられている消光層¹⁹⁾の不連続性やクラック等の欠陥も同様に考慮していない。以上から、広範囲の塩分の影響を考慮に入れた耐候性鋼実橋梁さび層の保護性は、さび組成比(α/γ^*)と電位($E_{RL/S}$)の2つの指標をあわせて総合的に評価する必要があると考えられる。

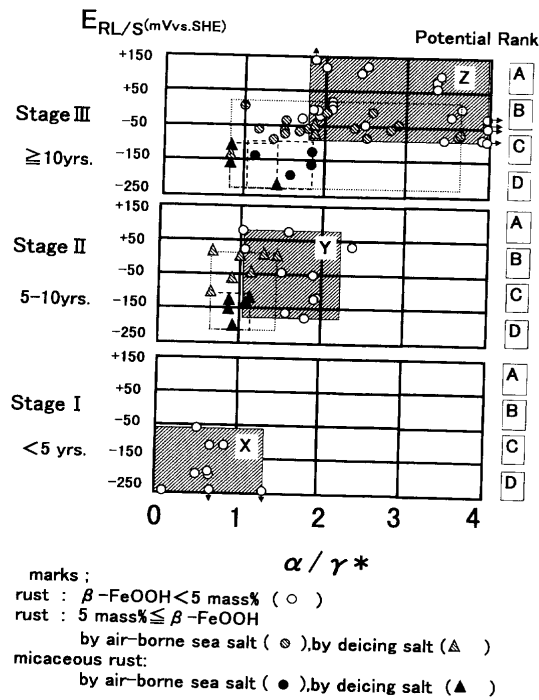


Fig. 7. Relationship between the α/γ^* ratios and the potentials ($E_{RL/S}$) in stage I, II and III.

4. 結言

耐候性鋼実橋梁鋼のさび組成の定量とさび層付き鋼の電位をその場測定し、両者を関係づけたさび層の保護性について評価し、以下の結論を得た。

(1) 耐候性鋼実橋梁のさび組成は、レピドクロサイト(γ -FeOOH)、アカガネアイト(β -FeOOH)、マグネタイト(Fe_3O_4)を合算した γ^* と、X線的非晶質さびおよびゲーサイト(α -FeOOH)型オキシ水酸化鉄を3極とする三元系ダイヤグラムにより表現できる。

(2) 山間部耐候性鋼実橋梁のさび層組成は、X線的非晶質さびを主体とし、残りがレピドクロサイトの多い領域(I, 0~5年)、レピドクロサイトの減少域(II, 5~10年)を経由してゲーサイトの増加域(III, 10年~)へ経年変化する。この過程はさび組成比 α/γ^* で表すことができ、Iは $\alpha/\gamma^* < 1$ に、IIは $1 \leq \alpha/\gamma^* < 2$ に、IIIは $2 \leq \alpha/\gamma^*$ に位置し、経年的なさび層の保護性向上を表す指標となる。

(3) 大気腐食速度の低いさび層は、そのさび層付き電位($E_{RL/S}$)が貴となる傾向があり、この実測電位はさび層の保護性の相対的指標となり得る。

(4) 凍結防止剤の散布される山間部橋梁では、散布されない橋梁に比してアカガネアイトの量に応じ α/γ^* の減少および電位の卑化が生ずる。

(5) 海岸部では山間部におけるような α/γ^* と電位との相関が見られず、 α/γ^* のみによるさび層の保護性評価は限定されるので電位評価が有効である。

Table 3. Summary of the correlation between the rust composition and the potential ($E_{RL/S}$).

	β -FeOOH (mass%)	Air-borne salt*	Appearance of the rust layer	Stage	I	II	III
				Exposure term (yrs.)	0~5	5~10	10~
Mountain area	<5	little	-	α/γ^*	0~1.3	1.1~2.5	1.7~3.5
				$E_{RL/S}$	C/D	B/C	A/B
	5~7	a little	-	α/γ^*	-	0.5~1.5	0.8~1.8
				$E_{RL/S}$	-	B/C	B/C
	7~13	much	micaceous	α/γ^*	-	0.8~1.2	0.8~1.5
				$E_{RL/S}$	-	C/D	C/D
Seashore area	<5	little	-	α/γ^*	-	-	3.4~12.8
				$E_{RL/S}$	-	-	B/C
	5~10	a little	-	α/γ^*	-	-	1.0~3.5
				$E_{RL/S}$	-	-	B/C
	10~20	much	micaceous	α/γ^*	-	-	1.0~1.8
				$E_{RL/S}$	-	-	C/D

A: $E_{RL/S} \geq 50$ B: $50 > E_{RL/S} \geq -50$ C: $-50 > E_{RL/S} \geq -150$ D: $E_{RL/S} < -150$ mVvs.SHE
* : Deicing salt or air-borne sea salt

(6) 山間部から海浜地帯までの広範囲の環境を考慮した耐候性鋼さび層の保護性評価には、さび組成比 α/γ^* と電位 $E_{RL/S}$ の2つの指標をあわせて用いる必要がある。

文 献

- 1) K.Nishikawa: *J. Struct. Mech. Earthquake Eng.*, **1-29** (1994) 501, 1.
- 2) JIS H 8617: ニッケル及びニッケル-クロムめっき 付属書3, 日本規格協会, 東京, (1999).
- 3) H.Kihira, S.Ito and T.Murata: *Corrosion*, **45** (1989), 347.
- 4) H.Kihira: *J. Jpn. Weld. Soc.*, **63** (1994), 435.
- 5) T.Misawa, M.Yamashita, K.Matsuda, H.Miyuki and H.Nagano: *Tetsu-to-Hagané*, **79** (1993), 69.
- 6) T.Misawa, M.Yamashita and H.Nagano: *Materia Jpn.*, **35** (1996), 783.
- 7) M.Yamashita, H.Miyuki, H.Nagano and T.Misawa: *Zairyo-to-Kankyo*, **43** (1994), 26.
- 8) M.Yamashita, H.Miyuki, Y.Matsuda, H.Nagano and T.Misawa: *Corros. Sci.*, **36** (1994), 283.
- 9) M.Yamashita, H.Miyuki, H.Nagano and T.Misawa: *Tetsu-to-Hagané*, **83** (1998), 36.
- 10) M.Yamashita, H.Nagano, T.Misawa and H.Townsend: *ISIJ Int.*, **38** (1998), 285.
- 11) M.Pourbaix, J.Van Muylder, A.Pourbaix and J.Kissl: *Atmospheric Corrosion*, ed. by W.H.Ailor, John & Wiley Sons, Inc., New York, (1982), 167.
- 12) K.Kashima, H.Kishikawa, H.Miyuki, S.Hara and M.Kamiya: *CAMP-ISIJ*, **12** (1999), 427.
- 13) H.Miyuki: *Insp. Eng. (Jpn.)*, **4** (1999) 2, 45.
- 14) T.Iwata, T.Nakayama, H.Tomari, S.Takeuchi, T.Yokoi and K.Mori: *Proc. of JSCE Materials and Environments 1995*, **C-306** (1995), 341.
- 15) T.Misawa: *Corros. Eng. (Jpn.)*, **32** (1983), 657.
- 16) 耐候性実橋梁鋼の橋梁への適用に関する調査研究報告書, 阪神高速道路公団, (財) 阪神高速道路管理技術センター, 大阪, (1996), 81.
- 17) 縦山好幸, 巖峨正信, 藤田 尚: 平成11年度土木学会四国支部第5回技術研究発表会講演概要集, 土木学会, 東京, (1999), 24.
- 18) I.Suzuki, N.Masuko and Y.Hisamatsu: *Corros. Eng. (Jpn.)*, **23** (1974), 141.
- 19) H.Okada, Y.Hosoi, K.Yukawa and H.Naito: *Tetsu-to-Hagané*, **55** (1969), 355.