

ニッケル系高耐候性鋼材を用いた橋梁の 腐食状況に関する研究

建設構造研究室 浅野幸士

指導教員 岩崎英治

1. はじめに

近年、ライフサイクルコスト低減が橋梁についても重要な課題となっている。そこで、注目されてきたのが耐候性鋼材である。耐候性鋼材は、適切な計画、設計、施工を行えば無塗装のまま長期間に渡り優れた防食性を有する鋼材である。既往の研究から飛来塩分が $0.05\text{mdd}(\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day})$ 以下の環境下であれば保護性のあるさびが成長することが知られている。このことから耐候性鋼材を無塗装で橋梁に用いる場合、全国の海岸を5つに区分けをし、地域内で飛来塩分量調査を省略してよい離岸距離が設定された。

しかしながら、ニッケル系高耐候性鋼材を橋梁に用いる際の実環境での明確な基準は示されていない。そこで本研究は、飛来塩分量が 0.1mdd から 0.3mdd の環境に建設されたニッケル系高耐候性鋼材を用いた橋梁3橋の曝露試験片および実橋梁のモニター調査を行い 0.05mdd を超える飛来塩分環境での腐食状況の分析、評価することで基準の策定のための知見を得る。

ニッケル系高耐候性鋼材は従来の耐候性鋼材に対してニッケルを多く添加し、耐塩分特性を高めた鋼材である。平成9年から実橋梁への適用が開始されたニッケル系高耐候性鋼材は、耐候性鋼材の適用限界とされる飛来塩分量が 0.05mdd を超えていても適用が可能とされている。この鋼材は各メーカーによって合金の含有量が異なるという面を持っている。その為、ニッケル系高耐候性鋼材の耐候性性能を定量的に評価するために、耐候性合金指標 V が提案されている。この指標は、各鋼材に含まれる合金元素の耐候性に及ぼす影響をそれぞれの元素ごとに検討し定められたもので、この耐候性合金指標 V が大きいほど高い耐候性を有する鋼材となる。しかしながら、ニッケル系高耐候性と謂えどもいえども耐塩性には限界があるため、長期間無塗装で使用可能であるか判定を行う必要がある。暴露後 X 年後のニッケル系を含めた耐候性鋼材の腐食減耗量 Y は腐食パラメータ A_S 、 B_S よって以下の経験式から得られる。

$$Y = A_S \times X^{B_S}$$

2. 耐候性鋼材とニッケル系高耐候性鋼材

耐候性鋼材とは Cu (銅)、 Cr (クロム)、 Ni (ニッケル)、 P (リン) 等の合金元素を含有し、無塗装のまま年月の経過とともに鋼材表面に緻密で密着性の高いさび(保護性さび)を形成する鋼材である。この保護性さびが外来からの腐食因子の浸入を妨げるため、板厚の減少を緩やかにする為、腐食減耗量を一定内に抑制することで耐久性を發揮する。

3. 調査の概要

表 1 調査項目

	試験片暴露調査	モニター点追跡調査
調査 計測 項目	外観目視観察	近接写真撮影
	外観写真撮影	錆厚測定
	重量測定(腐食減量測定)	板厚測定
	板厚測定(腐食減量測定)	ゼロテープ試験
	ゼロテープ試験	
	外観目視観察 写真撮影	

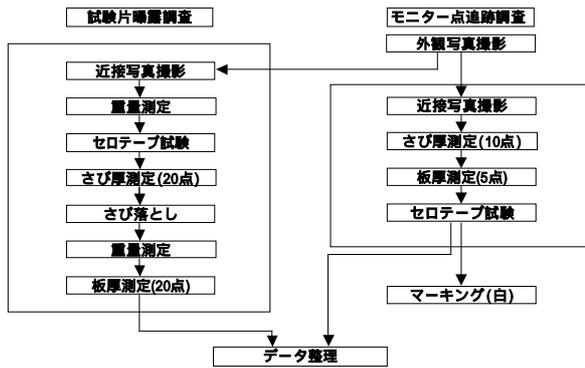


図 1 調査フロー

本研究では、橋梁に取り付けた暴露試験片及び橋梁のモニター点（観測点）調査を行った。今回行った調査の項目を表 1 に、暴露試験片の調査フローと橋梁のモニター点追跡調査のフローを図 1 に示す。また、対象とした 3 橋の位置と離岸距離を図 2 に示し、暴露試験片設置場所とモニター点追跡調査の位置のイメージ図を図 3 に示す。

各橋梁の離岸距離と飛来塩分量は K 橋で約 10km, 0.291mdd。B 橋で約 3km, 0.236mdd。H 橋で約 0.2km, 0.114mdd という環境であった。尚、試験片の暴露期間は K 橋で 1 年 8 ヶ月、B 橋で 1 年 8 ヶ月、H 橋で 2 年 9 ヶ月となっている。

4. 腐食パラメータ A_s , B_s の決定法

腐食パラメータ A_s , B_s は、暴露年数の異なる複数の試験片の腐食量から決定できる。今回調査対象としている 3 橋には、複数の暴露試験片が設置されているので、腐食パラメータを決定できる。しかし、本研究での調査は、1 回目であるので、パラメータを決定できない。

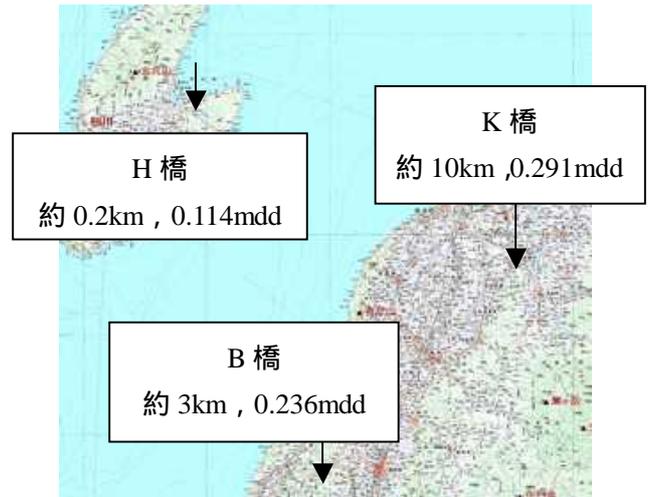


図 2 調査対象の位置

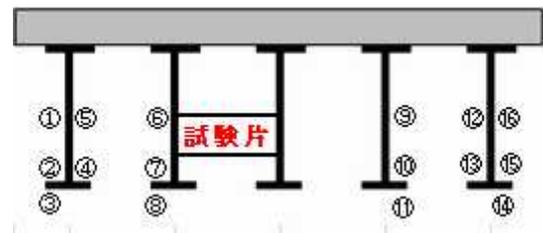


図 3 K 橋の観測点イメージ図

普通耐候性鋼材の腐食パラメータ A_{SMA} , B_{SMA} は、既往の研究から図 4 のような関係になることが知られている。また、耐候性合金指標 V を用いると、普通耐候性鋼材とニッケル系高耐候性鋼材の A 値, B 値には、以下の関係が存在する。

$$\begin{cases} A_s / A_{SMA} = -0.144 + 4.95V^{-1} - 13.37V^{-2} \\ \quad \quad \quad + 15.03V^{-3} - 5.45V^{-4} \\ B_s / B_{SMA} = 0.5545 + 0.45V^{-1} \end{cases}$$

上式と図 4 を用いると、腐食パラメータ A_s と B_s は関係付けられることになり、1 個の暴露試験片の腐食減耗量から A_s と B_s を決定できる。

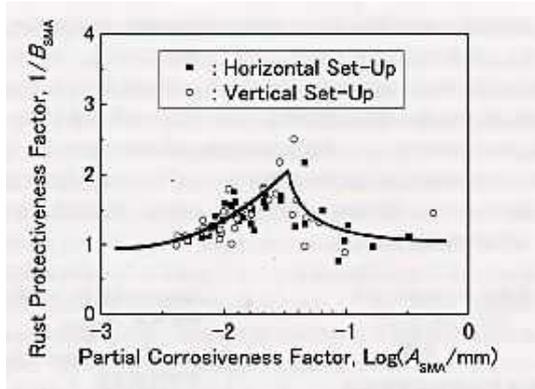


図4 1/B_{SMA} と Log(A_S)の関係¹⁾

5. 調査結果と考察

さび厚増減量のばらつきが一番顕著であったK橋のモニター点のさび厚測定結果を図5に示す。図中の上側の数値が今回の調査で得られた結果であり、括弧無いの数値が前回調査からの増減量である。桁の部位によってさびの増減に差があることがわかる。3橋の中でさびの増加量が多いのはB橋という傾向がみられた。逆に、H橋では曝露期間が一番長いのに関わらず、大きなさび厚の増加は見られなかった。

また、3橋とも曝露試験片と実橋モニター点ともに腐食量が少なく、板厚計測からは腐食による板厚減量は確認できなかった。曝露期間が短かった為であると考えられる。外観評点とセロテープ試験の評点では、ウェブとフランジではウェブの方が全体的に細かいさびが多く、下フランジ上面にはばらつきがみられる。これは、外桁にあたる部材が降雨によって飛来塩分が流され腐食があまり進行しなかったためであると考えられる。さらに、フランジの上面と下面をみると外桁の部材に限って、フランジの上面より下面側が腐食進行の早いこともわかった。また外観評点とセロテープ試験の結果が似ている傾向を示していたが、大きくずれているところもあった。

曝露試験片の腐食減量(重量減)の結果を表2に示し、この腐食減量から将来予測される腐食減耗量を表3と図6に示す。腐食減量が一番大きい

51.1 (-5.4)	108.9 (41.9)	67.6 (16)			140.9 (55)	84.9 (35.4)	82.4 (39.4)
59.8 (16)	150.6 (80.4)	115.1 (65.3)			158.1 (99.1)	119.8 (58)	100.2 (32.6)
162.7 (91.9)		159.1 (101.1)			137.5 (72.3)		182.5 (66.5)

単位(μm)

図5 K橋のさび厚測定結果

のがB橋でK橋とH橋は似たような値になっている。また、将来予測よりK橋、B橋、H橋の100年後に予測される腐食減耗量はK橋で0.126mm、B橋で0.416mm、H橋で0.122mmと推測され0.5mmより小さい値となるので問題なく使用可能であると予想できる。しかし、調査期間が短いために今後調査を継続し、動向を見ていくべきである。

表2 腐食減耗量

	腐食減量		平均板厚	年平均
	(g)	(g/mm)	減少量 (mm)	腐食減量 (年/mm)
K橋	5.482	698.34	0.0226	0.01354
	5.625	716.56	0.0232	0.01390
B橋	8.69	1107.01	0.0358	0.02147
H橋	5.403	688.28	0.0222	0.01335
	5.369	683.95	0.0221	0.01326

表3 予測腐食減耗量

	V	As	Bs	腐食減耗量 (mm) 100年後
K橋	1.54	0.0180	0.423	0.1263
B橋	1.29	0.0260	0.602	0.4159
H橋	1.54	0.0140	0.470	0.1219

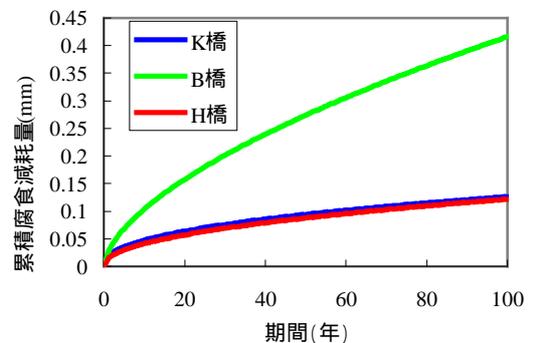


図6 予測腐食減耗量

今回いずれの橋梁も通常の耐候性鋼材であれば適用できない地域である。しかし、いずれの橋梁も現段階では長期間使用しても問題ないと推測された。また、離岸距離別(図2)に見ると一番海に近い橋がH橋であるにもかかわらず、一番腐食状況がよくないと考えられるのはB橋である。図2より離岸距離と飛来塩分量と比例しておらず、図6より腐食状況は飛来塩分量と鋼材の特性によって違いがでてきたと考えられる。

6. まとめ

今回の調査における腐食の分析の知見を述べる。

1. 実橋のモニター点調査においてさび厚の増加は観測できたが、板厚減少量は観測することはできなかった。
2. さび厚計測、外観評点、セロテープ試験の評点は部材や部分においてばらつきが見られた。特に飛来塩分が多く飛来する下流外桁側の下フランジの腐食が大きい。
3. 計測結果から、3橋ともに100年後の腐食減耗量が0.5mm以下と推定され、今のところ良好に使用できる傾向であるといえる。
4. 橋梁建設後、1年半から2年半での調査の為、今後継続的に調査を行い、本研究の結果の妥当性を確認する必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本鋼構造協会：耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術，2006.
- 2) 三木千尋，市川篤司：現代の橋梁工学，数理工学社，2004.12.