

ワッペン式暴露試験によるニッケル系高耐候性鋼の適用性評価

安波博道* 金井浩一** 中島和俊***

1. はじめに

1.1 概要

海水流路上に建設される瀬戸中央橋を対象として、建設地点近傍において本橋梁の腐食環境を模擬した百葉箱内のワッペン式暴露試験を実施し、ニッケル系高耐候性鋼の適用性を評価した。

1.2 橋梁の概要

対象橋梁は、大村湾から外海へ通じる早岐瀬戸を跨いで架設されるが(図-1)、維持管理費用削減の目的から耐候性鋼材の適用が計画された。本橋梁は外海からは離れており、静穏時には波浪による飛沫などはほとんど観測されない。しかしながら、桁下空間が低い箇所(満潮時には鋼桁と海水面の離隔が2m程度)もあり、台風などの暴風時には海水飛沫が直接降りかかることも想定される。



図-1 橋梁建設位置ならびに暴露試験位置

現在、道路橋においてJIS耐候性鋼材を用いる場合は、道路橋示方書に示されるみなし規定(飛来塩分量、あるいは離岸距離規定)が存在する。この規定により、一般的には本橋梁のような海上橋梁では耐候性鋼材の適用は避けられる傾向にあるが、たとえば静穏な内海上橋梁や、対象橋梁への飛来塩分を遮蔽する地形的、構造的な障害物が

あれば、みなし規定によらず耐候性鋼材の適用は充分可能な場合もある。

一方、新しい耐候性鋼材であるニッケル系高耐候性鋼については、近年使用実績が増えつつあるものの、適用性に関する判断材料は必ずしも明らかになっていない。そこで、本橋梁へのニッケル系高耐候性鋼材の適用性を評価するため、詳細な調査および評価を行うこととなった。

1.3 ワッペン式暴露試験の概要

耐候性鋼材の腐食減耗は、一般的に式-1に示される。

$$Y=A \cdot X^B \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、Xは経過年数を示し、YはX年経過後の腐食減耗量を示す。AおよびBは腐食速度パラメータである。本式からわかる通り、経過年数1年時においてYはすなわちAとなる。一方、標準的な環境における経過年数1年時の許容腐食量は、経過年数100年時の片面許容腐食量 0.5mm^2 から式-1の関係によって推定すると 0.03mm となる。以上の関係より、橋梁を新設する場合の耐候性鋼材適用性は、初年腐食量(A値)を正確に把握することで判断が可能であると考えられる。

ワッペン式暴露試験は、写真-1に示す試験片を橋梁本体、または橋梁の腐食環境を模擬した百葉箱内に設置・暴露し、経年による腐食減耗量を試験片の質量変化から算定するものである。

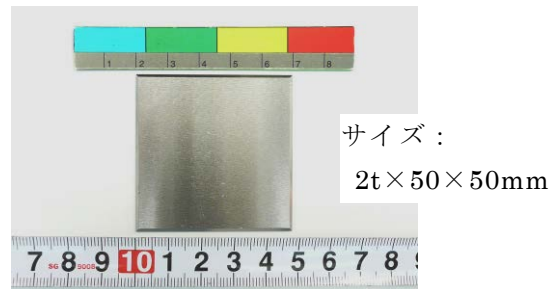


写真-1 ワッペン試験片

本試験では、実橋の腐食環境に極力近似させるため、百葉箱を写真-2(1)のように水路上の所定の高さ(主桁下フランジとほぼ同じ高さ)に設置

した。百葉箱の内部にはニッケル系高耐候性鋼、およびJIS耐候性鋼によるワッペン試験片を設置した(写真-2(2))。ここでJIS耐候性鋼は、ワッペン式暴露試験において多くの実績があるため、本試験の妥当性確認のため設置したものである。

試験片は装着板の上下面に取付け、所定の暴露期間(1年間)が経過した時点で回収し、質量計測により板厚減耗量を検出する。



写真-2(1) 百葉箱設置状況



写真-2(2) 百葉箱内状況 [設置時]

2. 試験結果および評価

2.1 調査結果

1年経過後の暴露試験現地で百葉箱から装着板を取り外して撮影した試験片の外観を写真-3に示す。

1年経過時点においては、やや色むらがあるものの、各試験片共に粒径1mm程度の一様なさびが形成されており、異常さびは確認されなかった。

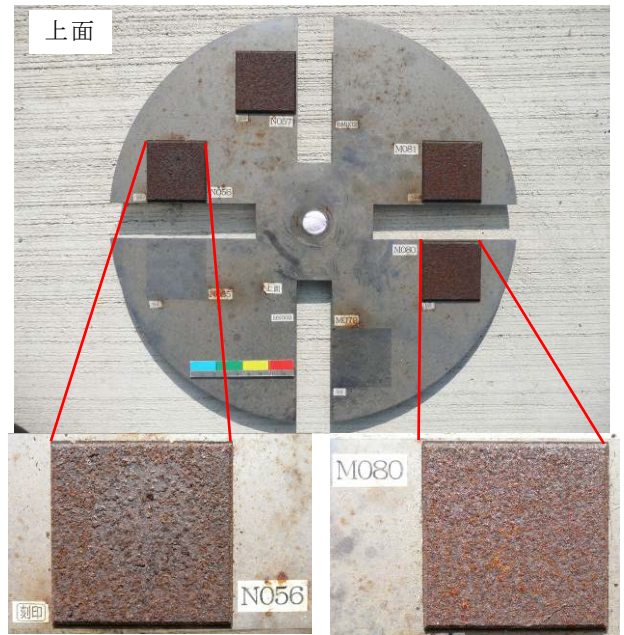


写真-3 試験片の外観写真 [1年経過時点]

暴露開始から1年経過時点の平均板厚減耗量を表-3に示す。

表-3 腐食による平均板厚減耗量 [1年経過時点]

	設置面	質量(g)		平均板厚減耗量(mm)
		初期	1年	
ニッケル系高耐候性鋼	上面	38.91	38.44	0.021
	下面	38.91	38.24	
	平均			
JIS耐候性鋼	上面	38.26	37.70	0.031
	下面	38.45	37.75	
	平均			

2.2 適用性評価に関する分析と考察

1年経過時点における平均板厚減耗量の上下面平均値と、そのしきい値を表-4にまとめる。なお、適用性評価に当たっては、百葉箱と実橋との腐食環境の相違を考慮し、平均板厚減耗量は表-3の測定結果に補正係数1.5を乗じる²⁾ものとする。

表-4 平均板厚減耗量としきい値 [1年経過時点]

	補正係数	平均板厚減耗量(mm)		しきい値(mm)
		補正前	補正後	
ニッケル系高耐候性鋼	1.5	0.018	0.026	0.030
JIS耐候性鋼		0.030	0.045	

土研センター

表-4のとおり、1年経過時点においてニッケル系高耐候性鋼はしきい値を満足する結果となり、ニッケル系高耐候性鋼の裸仕様による適用は可能であると判断できる。

次に、1年の暴露試験結果をもとにした100年後の長期の腐食減耗量を予測する。

鋼材の腐食減耗量推定式は式-1によるが、1年間の暴露試験結果をもとにする長期腐食減耗量の予測に当たっては、腐食速度パラメータA、Bを以下のように取り扱う。

A値：1年の暴露試験結果による平均板厚減耗量（補正係数1.5を乗じたもの）

B値：日本鋼構造協会による全国41橋暴露試験からの回帰式（式-2）によって算出

$$B = -4611.3A^3 + 769.19A^2 - 32.421A + 1.0109 \dots \text{式-2}$$

以上の要領により、暴露期間50年経過時及び100年経過時の腐食減耗量を算出する（図-2）。

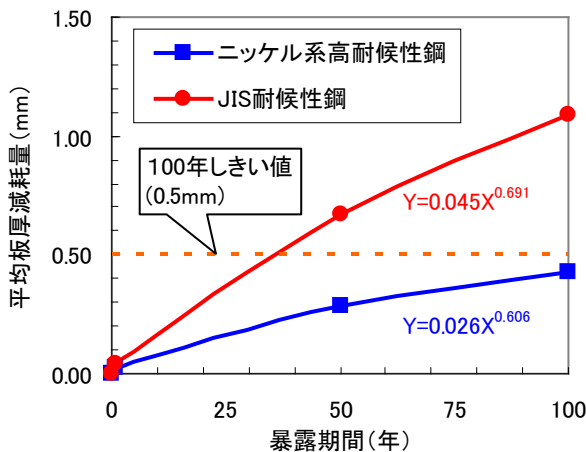


図-2 腐食減耗量の長期予測

これらの結果から、裸仕様によるニッケル系高耐候性鋼の適用は十分可能であると考えられるが、裸仕様によるJIS耐候性鋼の適用は慎重に判断する必要があると考えられる。

仮に裸仕様によるJIS耐候性鋼を適用した場合には、建設後あるタイミング（本予測によると、建設後30年強経過時）において、腐食減耗量のしきい値を超過するため、いずれ補修塗装を実施するなどの対策が必要になると考えられる。

2.3 他橋梁のワッペン式暴露試験結果との比較

本橋梁の適用性評価の傍証として、表-5に示す橋梁において実施したワッペン式暴露試験との比較による評価を行った。これらの試験では、ワッペンを主桁に直接貼付し、1年後に計測を

行った。各橋梁の架橋位置は図-1を参照のこと。耐候性鋼橋梁である小水橋および鰐淵橋の腐食状況を写真-4に示す。

表-5 暴露試験データの比較対象とした既設橋梁

橋梁名	腐食環境、状況
小水橋 (Ni系高耐候性鋼)	北向きの海岸から至近距離に建設されており、建設から4年を経過した時点で層状さびが発生している。ニッケル系高耐候性鋼の裸仕様が適当でないと判断される。
鰐淵橋 (Ni系高耐候性鋼)	内海の汽水域の河川橋であるが、静穏な気候である。建設から4年を経過した時点で未だ非成長さびの状態であり、ニッケル系高耐候性鋼の適用が適当であると判断される。
観潮橋 (塗装橋)	瀬戸中央橋と同じ早岐瀬戸上に架かるトラス橋（ただし、本橋梁に比べ水路上の空間は大きい）。マクロ環境が本橋梁と同程度とみなすことができる。



写真-4(1) 小水橋腐食状況（下フランジ下面）



写真-4(2) 鰐淵橋腐食状況（床版橋、床版下面）

比較対象橋梁における平均板厚減耗量の経時変化、および本橋梁の暴露試験結果を図-3に示す。また、1年の暴露試験結果を基にした長期腐食減耗量の予測を図-4に示す。

表-6 平均板厚減耗量としきい値 [1年経過時点]

	平均板厚減耗量(mm)	しきい値(mm)
早岐百葉箱	0.026	0.030
小水橋	0.066	
鰐淵橋	0.011	
観潮橋	0.013	

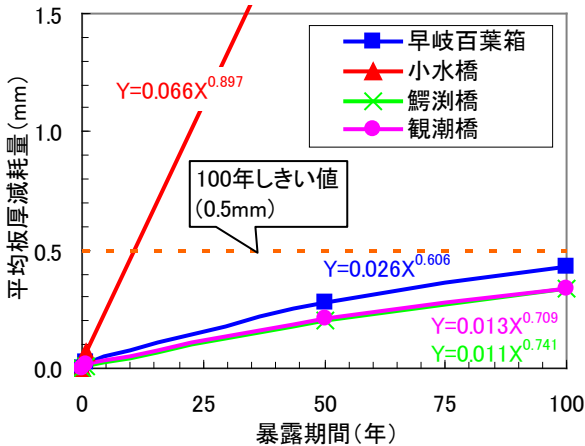


図-4 腐食減耗量の長期予測 (ニッケル系高耐候性鋼)

早岐百葉箱による暴露試験結果と既設橋梁での暴露試験結果を比較すると、次の事がわかる。

早岐百葉箱による暴露試験結果は、鰐淵橋、観潮橋に比べ1年経過時点では若干上回っているものの、大きく外れた結果ではなく、環境の類似性が確認できる。したがって、裸仕様によるニッケル系高耐候性鋼の適用が適当であった既設の鰐淵橋と同程度の腐食予測結果であることから、瀬戸中央橋において裸仕様によるニッケル系高耐候性鋼の適用は可能であると考えられる。

3. 腐食モニタリング試験計画

瀬戸中央橋における各部位の精確な腐食速度を把握し、以後の維持管理計画策定に供するデータ

を収集することを目的として、腐食モニタリング試験の実施を予定している。

腐食モニタリング試験は、完成した瀬戸中央橋の本体にワッペン試験片を直接貼付 (図-5) し、1年、3年、5年、10年間の4水準に渡る暴露試験、および調査分析を行い、各部位における腐食減耗量の変化を高精度で計測するものである。

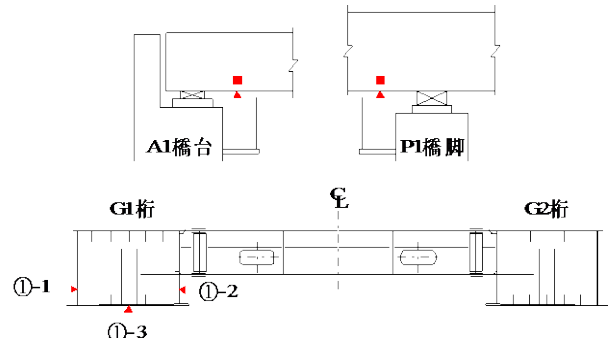


図-5 ワッペン試験片設置位置

4. まとめ

海水流路上のような高腐食環境下において、ワッペン式暴露試験による腐食減耗量の予測を行うことにより、ニッケル系高耐候性鋼の裸仕様による適用が可能であるとの判断材料を提供することが出来た。

備考

本稿は、平成18、19年度において長崎県土木部より受託した業務を纏めたものである。

参考文献

- (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II鋼橋編、H14.3
- (社)日本鋼構造協会：耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術、H18.10

安波博道*



財団法人土木研究センター
材料・構造研究部長、工博
Dr.Hiromichi YASUNAMI

金井浩一**



財団法人土木研究センター
技術研究所材料・構造研究部
主任研究員
Koichi KANAI

中島和俊***



財団法人土木研究センター
材料・構造研究部研究員
Kazutoshi NAKASHIMA