

長期経年した耐候性鋼の調査

新日本製鐵㈱ 厚板営業部 正会員 ○田中 睦人*
新日本製鐵㈱ 鉄鋼研究所 正会員 原田 佳幸**

1. はじめに

COR-TEN®鋼はUSS社により1933年に商品化され、日本国内で用いられるようになって53年を経過する。橋梁の初期コストや維持管理費低減のニーズが高まる中、各種共同研究や指針発行^{1) 2)}に伴い、最近では無塗装耐候性鋼橋梁が鋼橋の30%近くを占めている³⁾。建築分野では意匠性、環境負荷低減や長期住宅使用を支える素材としても注目され⁴⁾、また鉄道貨車や車両分野等では耐候性鋼+塗装仕様で当初から維持管理費低減効果を活用して多く用いられてきた。

今回、実環境において32~40年の長期経年した無塗装仕様COR-TEN 鋼を回収する機会を得、その基本性能を評価したので報告する。

2. 調査対象材の概要

2.1 設置箇所

Aビルは、東京都港区赤坂に1965年に国内で初めてCOR-TEN 鋼裸仕様で建設され(図1)、2005年(経年40年)の区画整備に伴う撤去に際しサンプル回収を行ったものである。B鋼管サンプルは、神奈川県相模原市に1978年に試験的に設置され、2010年(経年32年)にサンプル回収を行った。いずれも、比較的内陸に位置する都市・田園地区であることから腐食(塩分)環境はマイルドな場所に位置し、かつ雨洗効果の期待できる部位に適用されている。

2.2 使用鋼材と構造

使用鋼材の化学成分を表1に示す。Aビルは意匠性を考慮した壁面への採用であるため、含磷(P)耐候性鋼が用いられている。サンプルBは構造用耐候性鋼であり、その表面仕様は大別すると裸仕様とさび安定化補助処理仕様の2種類である(表2)。また、内面防食仕様は無処理としフランジ部を模擬して溶接密閉構造としている。

3. 調査結果と考察

3.1 外観観察

外観写真および外観評点を図2に示す。裸仕様はいずれも外観3~4で、さび安定化補助処理仕様では耐色を示す評点Bから部分的にさび外観評点5の面積が30%以下となる5-yを示し、いずれの部位でも良好な状態にあった。

3.2 さび厚およびイオン透過抵抗

サンプルB裸仕様の、さび厚とイオン透過抵抗測定結果を図3に示す。さび厚100~250 μ m、イオン透過抵抗10~70k Ω であり、領域I~4に位置することから保護性さびが形成されていると判断される⁴⁾。また、10年目のイオン透過抵抗が数k Ω であったことから、経年により安定化してきていることが判る。サンプルAは、さび厚70~160 μ mでイオン透過抵抗が68~85k Ω で、同様保護性さびが形成されていると判断される。

3.3 断面調査

サンプルBについて、断面調査を行った。裸仕様では金属界面に消光層を確認することができた。また、さび安定化補助処理仕様では、処理膜の残存が確認でき、またその下金属界面一部にさび層が存在し、非常にゆっくりとさびが形成される様子を確認することができた(図4)。



図1 Aビル(2005.10(経年40年))

表1 サンプル製品分析

サンプル	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
A	0.09	0.42	0.35	0.090	0.014	0.30	0.20	0.69
B	0.16	0.24	1.12	0.019	0.017	0.28	0.03	0.48

表2 B鋼管サンプル表面・フランジ仕様

サンプル	外面	内面	通気
a	ミルスケール	無処理	密閉
b	酸洗	〃	〃
c	さび安定化補助処理Ⅰ	〃	〃
d	さび安定化補助処理Ⅱ	〃	〃

	仕様	外観	外観 評点
A	裸		4
B	裸		4~3
	さび安定化補助処理Ⅱ		B~5-y

図2 外観写真および外観評点

COR-TEN®は、United States Steel Corp.の登録商標です。

キーワード：コルテン、耐候性鋼、さび安定化補助処理、耐久性、長期曝露、腐食

* 〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1

Tel 03-6867-6401 Fax 03-6867-4933

** 〒293-8511 千葉県富津市新富20-1

Tel 0439-80-2875 Fax 0439-80-2744

3.4 腐食減耗量

サンプルBについて、腐食減耗量の評価を行った結果を図5に示す。裸仕様については、これまでの調査の延長線にあることが分かる。この経年変化は腐食曲線式(1)で表され、50年後の腐食減耗量は0.18mm/片面、100年後は0.23mm/片面と予測することができる。長期腐食減耗量が非常に少ない要因は、紀平ら⁶⁾が3者共研による全国41橋曝露試験結果¹⁾のA値とB値の関係を整理したもの²⁾と比べ、A値に対してB値が小さいためである。これは今回の曝露条件が雨洗効果の得られる環境であったため、塩分や塵埃堆積が少なく、また乾燥も速い結果、濡れ時間が短く保たれていたためだと考えられる。

$$Y=0.042X^{0.368} \cdots (1)$$

一方、さび安定化補助処理仕様部分は32年経年後も大半の膜が残存しトップコート(T)機能²⁾持続期間が継続し、現時点での腐食減耗量はほぼゼロである。膜下には一部さびの生成も確認できており、今後さび化が徐々に進んでいくと考えられる。さび安定化補助処理の機能として

1)初期の流れさび発生を抑制し、周囲の着色を防いで景観性を調整する(基本機能)

2)耐候性鋼材の腐食の進行を抑制する(付加機能)
と整理されている²⁾が、今回はこの付加機能の効果で少なくとも32年間は腐食が抑制されることが確認された。すなわち構造物の長寿命化を図る目的からは、保護性さび発現が目的ではなく、長期腐食量を抑制するという本来目的からは十分な機能を有している。

3.5 密閉部分の腐食状況

サンプルBでは内面防食仕様は特に施さず溶接による完全密閉としており、今回32年目に初めて開放調査した。さび外観評価点は5、さび厚は10 μ m以下でさびとしては初期の状態であった。橋梁における完全密閉構造は全体としては難しいがトラス構造など、部分構造によっては採用可能であり、その際には無塗装で十分な防食耐久性が期待される。

3.6 外観状況

腐食減耗量と外観経年変化の例をこれまでのデータと合わせ図6に示す。初期は明るい色調であるが、経年と共に落ち着いた茶色になっていくのが判る。

4. まとめ

実環境において32~40年の長期経年したCOR-TEN鋼を調査した。その結果、裸仕様および、さび安定化補助処理仕様いずれも良好な外観を示していた。また、保護性さびが形成を評価できるイオン透過抵抗値が経年に従いより安定化してきていることも確認した。さび安定化補助処理はその腐食の進行を抑制する付加機能の効果で、今回の環境においては少なくとも32年間は腐食減耗量がほぼゼロに抑制されることが確認され、裸仕様に比較してさらに長期腐食量を抑制することが期待されることから、構造物の長期維持管理費低減への効果が大きいと考えられる。

参考文献

- 1) 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共同研究報告書(XX), (1993)
- 2) 日本鋼構造協会, 鋼橋性能向上研究委員会・耐候性鋼橋梁部会: 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術, JSSC TR73, (2006)
- 3) 日本鉄鋼連盟, 日本橋梁建設協会: 耐候性鋼の橋梁への適用, (2010)
- 4) 紀平寛, 塩谷和彦, 幸英昭, 中山武典, 竹村誠洋, 渡辺祐: 耐候性鋼さび安定化評価技術の体系化, 土木学会論文集 No. 745/1-65, 77-87, (2003)
- 5) 梅沢良三, 高橋和志: -鉄の表現を求めて! IRONHOUSE: 鉄構技術, 52-62, (2008.10)
- 6) 紀平寛, 田辺康児, 楠隆, 竹澤博, 安波博道, 田中睦人, 松岡和己, 原田佳幸: 耐候性鋼の腐食減耗予測モデルに関する研究, 土木学会論文集 No. 780/1-70, 71-86, (2005)

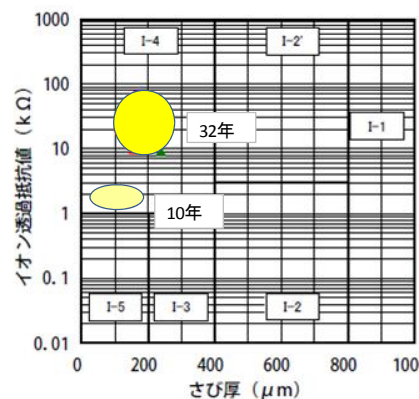


図3 さび厚とイオン透過抵抗(サンプルB)

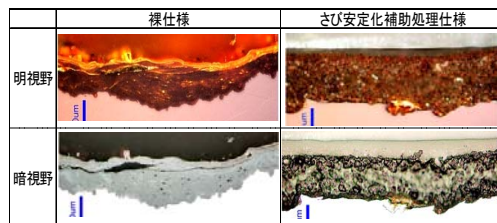


図4 断面顕微鏡写真(サンプルB)

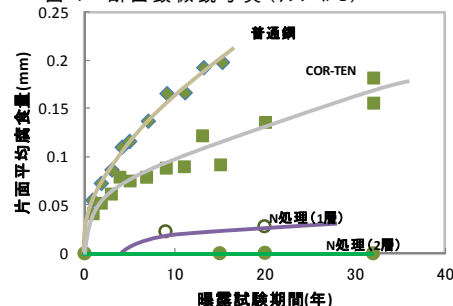


図5 腐食減耗量(サンプルB)

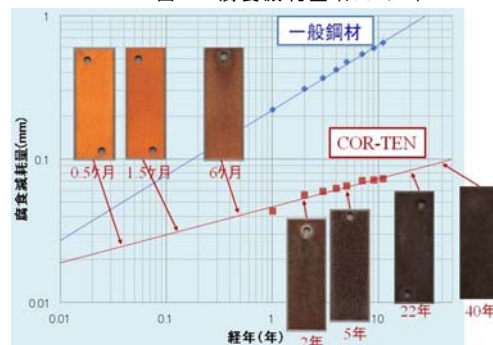


図6 腐食減耗量と外観経年変化の例