

耐候性鋼橋梁のはく落さびに関する考察

加納橋梁技術事務所 正会員 ○加納 勇 宮崎大学 正会員 森田千尋
 (一財) 土木研究センター 正会員 中島和俊 (一財) 土木研究センター 正会員 安波博道

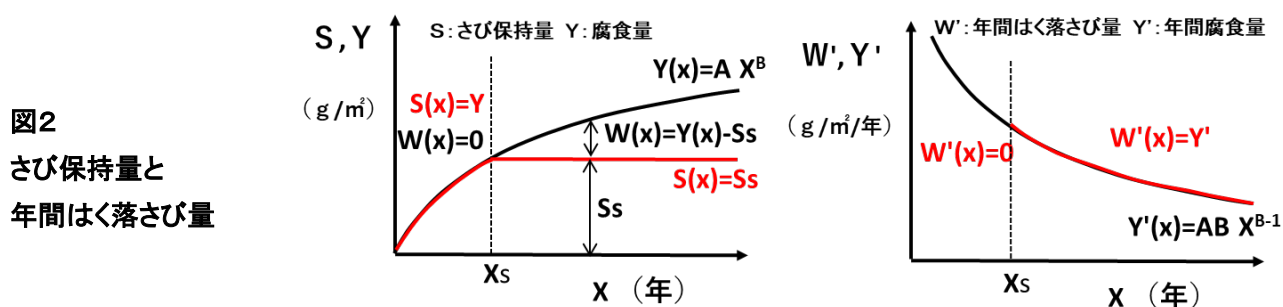
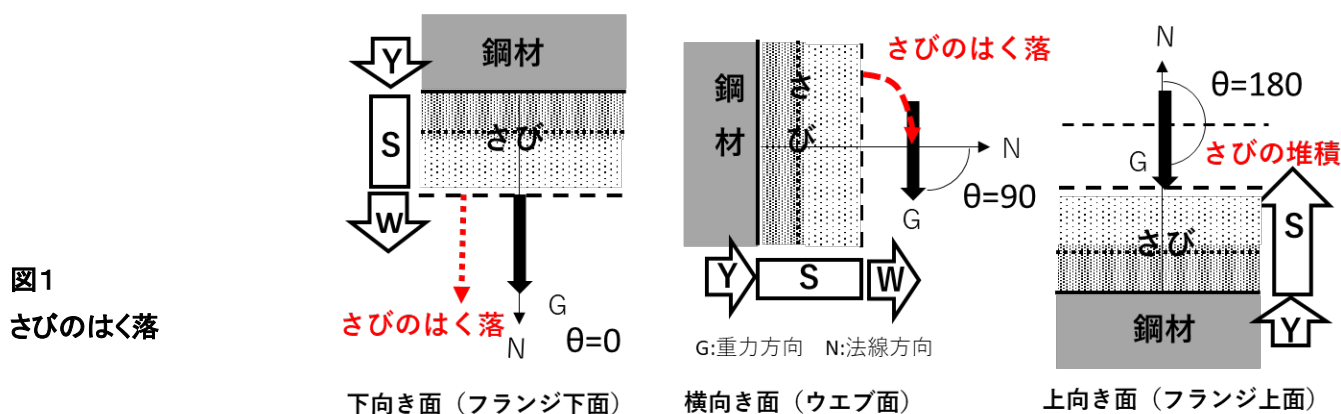
1. まえがき

耐候性鋼材が、橋梁に使われ始めて半世紀となる。自然の中で無塗装のまま長期に暴露されるのであるから当初考えていたものとは異なる変状を見せる場合がある。耐候性鋼橋梁の管理ではさびの外観がセンサー代わりとなるため、そのような変状の意味するところを把握しておくことはかなり重要である。本稿は、橋梁から自然にはく落するさびを回収し、その結果をもとに仮説、仮定を加えてうろこ状さびなどについて考察を行ったものである。

2. 腐食とはく落などの関係

耐候性鋼材の表面では、腐食減耗（さびの生成）、さびの保持（さび厚さ）およびさびのはく落が常に起こっている¹⁾。図1は、その変化を模式的に示したもので、雨洗いによる水酸化物の流出は表現していない。生成されたさび（腐食減耗量 Y ）は、表面に固着し（主にオキシ水酸化鉄 $FeOOH$ ）、保持される（ S ）²⁾。しかし次に生成されるさびに押し上げられ、湿度（水分）・塩分などの条件に支配され細分化し³⁾、いずれは重力などの外力作用によって離脱（はく落 W ）する。しかし、上向き面では堆積が続く。

図2は、さび保持量、年間はく落さび量などを腐食量 Y に関連させて経年変化を模式化したものである。さび保持量はその環境による限界値、あるいは飽和値（ S_s ）を持ち、そこに達するまでは増加する（仮説）^{3) 4)}。



$$Y(x) = S(x) + W(x)$$

ここに X : 暴露時間 (年) 以下での「 $'$ 」マークは X に関する微分を意味する。

$Y(x)$: X 年までの腐食減耗量 (g/m^2 Fe 換算) $Y = A X^B$ (mm) として一般には表現

$Y'(x)$: X 年時点での1年間に腐食した量 ($g/m^2/年$ Fe 換算) $Y' = A B X^{B-1}$

キーワード 耐候性鋼橋梁, はく落さび, 腐食減耗, さび厚さ, さび粒子径, うろこ状さび

連絡先 〒239-0835 横須賀市佐原三丁目 2-16-711 加納橋梁技術事務所 Email: kanoi-136@titan.ocn.ne.jp

$S_{(x)}$: X年間のさび保持量 (g/m^2 Fe 換算) 表面に留まるさび量で一般には厚さ (mm) 表現

$W_{(x)}$: X年間にはく落したさびの総量 (g/m^2 Fe 換算)

$W'_{(x)}$: X年時点での1年間にはく落したさび量 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{年}$ Fe 換算)

全ての量を Fe 量 (g) に換算して表すため, 次のような設定をした^{5) 6)}.

- Fe 換算腐食量 (g/m^2) = $7850 \times \text{板厚減少量 (mm)}$ • Fe 換算さび保持量 (g/m^2) = $4200 \times (1/1.589) \times (1-a) \times \text{さび厚さ (mm)}$ ここで, $4200 \text{ kg}/\text{m}^3$ は FeOOH の充実重量 (密度), 1.589 は Fe と FeOOH の重量比, a はさび層空隙比で 0.5 とした
- Fe 換算はく落さび量 (g/m^2) = $(1/1.589) \times \text{さび量 (g}/\text{m}^2)$ とした.

3. 実際の橋梁でははく落さびの測定と結果

対象とした橋梁は, 1986 年に建設された鉄桁橋で, ウェブ面では微細なさびが見られる一方, 下フランジの上面には最大 5mm 径ほどのさびが大量に堆積している. 2012 年からワッペン試験片を設置するなどして長期の腐食量予測を行う⁷⁾ と同時に, 自然にはく落したさびの回収 (W) を 4 年に渡り実施してきた.

図3は, 図2に相当する結果で, ワッペン試験から予測される腐食量 Y と実橋のさび厚さから換算されたさび保持量を比較した結果が左図である. また, 腐食量の微分 Y' (年間腐食量) と実橋の年間さびはく落量 (実測) の Fe 換算量 (W') を比較したものが右図である. さび厚から換算される保持量は, 初期の間は腐食量とよく一致して変化するが, ある時期 (X_s) からは腐食曲線から離れる. その後一定量 (S_s) で変化する (仮説). このことは今後の調査で判明する. はく落さび量は, ばらつきが大きいがほぼ年間腐食量に近い値を示した.

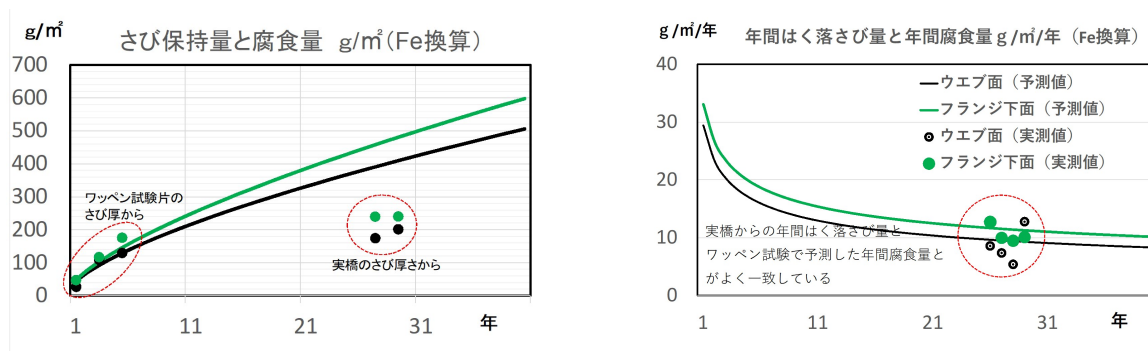


図3 実測したさび厚とはく落さび量と腐食量との関係

4. 考察

1) 下フランジ上面 ($\theta = 180^\circ$) に堆積するうろこ状さびは, 暴露年数分のさび生成量がすべて保持された結果であり, 堆積量の多さをもって問題とする必要はない. 細かな粒子で良好と判断されるウェブにおいても腐食量に匹敵するさびのはく落が起こっている.

2) $\theta = 0^\circ$ (フランジ下面), 90° (ウェブ面) では, さび量が保持限界を超えた後では年間腐食量と同じ量のさびのはく落していると考えられる. これらの面では, X_s 年以降, 表面のさびは常に入れ変わっている. 上向き面 ($\theta = 180^\circ$) では, さびのはく落はなく堆積を続けるため, 建設当時のさび面が在り続ける.

3) さび厚さ S (この場合は mm で表現) は, 腐食量 mm と比例して増加していく. しかし, ある時期 (X_s 年) からはさびが飽和し (保持できなくなり) はく落していく. その時期からさび厚さは腐食量には比例することなく, 一定で推移すると考えられる. これについては今後の追跡にゆだねる.

参考文献

- 1) 紀平, 塩谷, 幸, 中山, 竹村, 渡辺: 耐候性鋼さび安定化評価技術の体系化, 土木学会論文集 No745, I-65, 2003.10
- 2) 木村, 鈴木, 重里, 斎藤, 鈴木, 紀平, 田辺, 早稲田: 耐候性鋼に形成されるさび $\text{Fe}(\text{O}, \text{OH})_2$ ネットワーク構造, 日本金属学会誌, 第 66 巻, 第 3 号 (2002)
- 3) 原, 山下, 上村, 佐藤: 耐候性橋梁に生成した層状剥離さび層局所の放射光 XRD 解析, 日本金属学会誌, 第 71 巻, 第 3 号 (2007)
- 4) 三浦, 和田: 要観察を示すさび(うろこさび)の生成と経過, JSCE 第 160 回腐食防食シンポジウム, 2007.7.6
- 5) 貝沼, 山本, 伊藤, 林, 押川: 腐食生成層のさび厚さを用いた無塗装普通鋼の腐食深さとその経時性の評価法, 材料と環境, 61, 2012
- 6) 三澤: 鉄さび生成の現状と未解決点, 防食技術, 32, 1983
- 7) 中島, 加納, 安波, 森田: 長崎県における耐候性鋼橋梁の腐食性状に関する研究, 鋼構造論文集, 第 25 巻第 98 号 2018.6