

鋼製砂防構造物の腐食に関する健全度評価手法について

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○佐々木 司 嶋 丈示

1. はじめに

(一財) 砂防・地すべり技術センターでは、腐食環境が厳しい火山地帯および酸性河川において、鋼材の腐食進行状況を調査している。本稿では、これまでの調査結果をとりまとめ、鋼製砂防構造物の腐食に関する健全度評価手法について提案する。

2. 腐食進行状況の調査

2.1 腐食量の計測方法

JIS Z 2355 : 2005 (超音波パルス反射法による厚さ計測方法) に則って鋼材の腐食量を計測した。なお、腐食量の定義は次の通りとする。

$$\text{腐食量(mm)} = \text{健全部の板厚(mm)} - \text{腐食部の残存板厚(mm)}$$

2.2 腐食速度の算出

腐食速度と時間の関係を示すためには経時的なデータが必要となるため、一定期間における腐食量をその期間で除すことで算出できる平均腐食速度 (mm/year) から腐食状況を評価することが一般的である¹⁾。そこで、計測結果から年平均腐食速度および直近5年の平均腐食速度を算出した。

3. 腐食進行状況の検証

図1に対象施設の設置後経過期間と腐食量の関係を、表1に腐食量と腐食速度の算出値を示す。

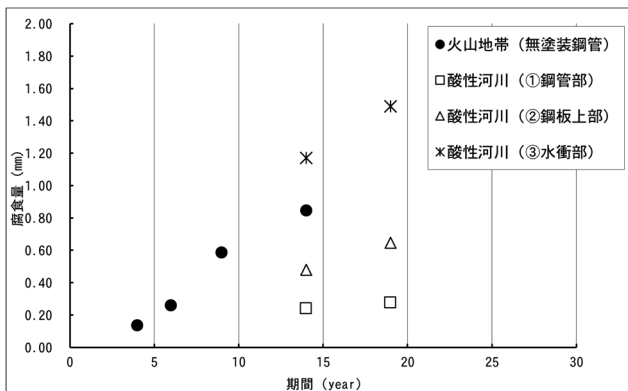


図1 経過期間と腐食量の関係

表1 腐食量と腐食速度

		腐食量(mm)	年平均腐食速度 (mm/year)	直近5年平均腐食 速度(mm/year)
火山 地帯	塗装鋼管	腐食せず健全な状態		
	無塗装鋼管	0.86	0.064	0.055
酸性 河川	①鋼管部	0.28	0.014	0.007
	②鋼板上部	0.65	0.034	0.033
	③水衡部	1.49	0.078	0.064

3.1 火山地帯 (桜島)

対象施設 (暴露供試体) は2005年に設置し、2009年以降腐食調査を実施している。写真1に腐食状況を示す。2019年においても活発な火山活動が続いているが、塗装鋼管は健全な状態であった。一方で、無塗装鋼管には層状剥離錆が生じており、腐食の進行が顕著であった。腐食速度は直近5年間でやや鈍化しているものの、現在も腐食が進行している。これは、火山性ガスによる化学反応の促進や、火山灰による保水効果によって腐食しやすい環境にあるためと考えられる。2019年4月に鋼管全面にみられた層状剥離錆は2018年4月には確認されておらず、この間に発現したものである。当該期間は桜島における火山性ガスの放出量が多く、火山活動も活発であった²⁾。このことから、火山性ガスが鋼材の腐食に影響を与えている可能性が示唆される。

生じており、腐食の進行が顕著であった。腐食速度は直近5年間でやや鈍化しているものの、現在も腐食が進行している。これは、火山性ガスによる化学反応の促進や、火山灰による保水効果によって腐食しやすい環境にあるためと考えられる。2019年4月に鋼管全面にみられた層状剥離錆は2018年4月には確認されておらず、この間に発現したものである。当該期間は桜島における火山性ガスの放出量が多く、火山活動も活発であった²⁾。このことから、火山性ガスが鋼材の腐食に影響を与えている可能性が示唆される。



写真1 火山地帯の腐食状況 (左: 塗装、右: 無塗装)

3.2 酸性河川 (恵山)

対象施設は2000年に竣工し、2014年以降腐食調査を実施している。図2に施設現況と計測箇所を示す。計測位置が最も高い鋼管部 (①) では腐食速度が半減していたものの、鋼板上部 (②) および水衡部 (③) は現在も腐食が進行している。当該河川は pH3~4 程度の酸性河川であり、腐食しやすい環境になっていると考えられる。なお、高さが約3m以上の鋼管部材については目視でも塗装が残存していることが確認でき、土砂流出の痕跡も見られなかった。

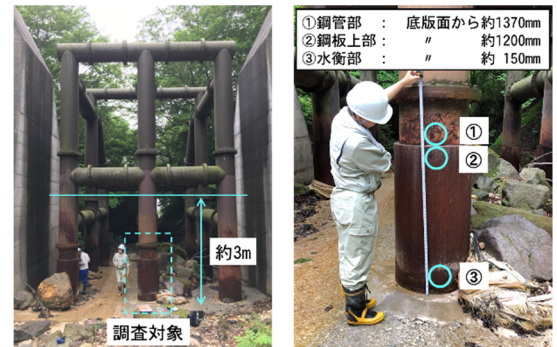


図2 施設現況と計測箇所

4. 塗装の有効性

4.1 耐荷性能の維持

前述のとおり、暴露供試体の無塗装鋼管は腐食が進行しており、設置当初と比べて耐荷性能が低下していることが予想される。図3に暴露供試体を例として鋼材の供用期間と耐荷性能の関係を示す³⁾。塗装された鋼材は、上塗りおよび下塗り塗装が完全に消失した後に無塗装の鋼材と同じ速度で劣化が進行する。暴露供試体の塗装鋼管は上塗り塗装

も残存していた。これまで塗装による耐荷性能の維持効果について明確に示された報告例はないものの、本調査では腐食進行度合いに明確な違いがみられたことから、厳しい環境下においても塗装による防錆効果は十分に働いており、耐荷性能の維持が期待できることが確認できた。

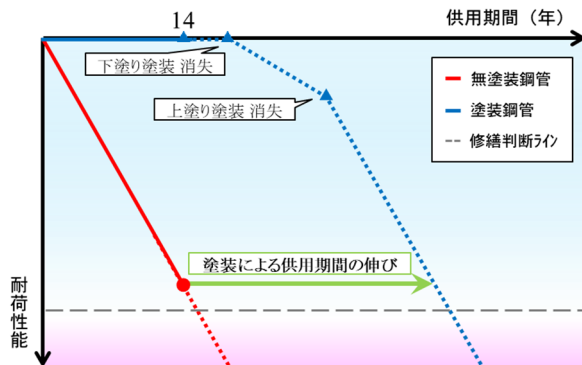


図3 供用期間と耐荷性能の関係

4.2 維持管理の簡略化

図4に防食工(防錆処理)の有無による維持管理フローの違いを示す⁴⁾。無塗装では「防食工が施されていない場合」となり、定期点検により腐食調査の必要性を判断することとなる。砂防施設の場合、腐食状況は目視で判断することが一般的だが、錆には種類も多く、腐食調査の必要性を判断するには一定の専門性を要する。一方で、塗装されている場合は、まず防食工としての機能の良否を判断することとなる。塗装が残っていれば目視でも減厚していないことを確認できるため、維持管理作業の大幅な簡略化が期待できる。

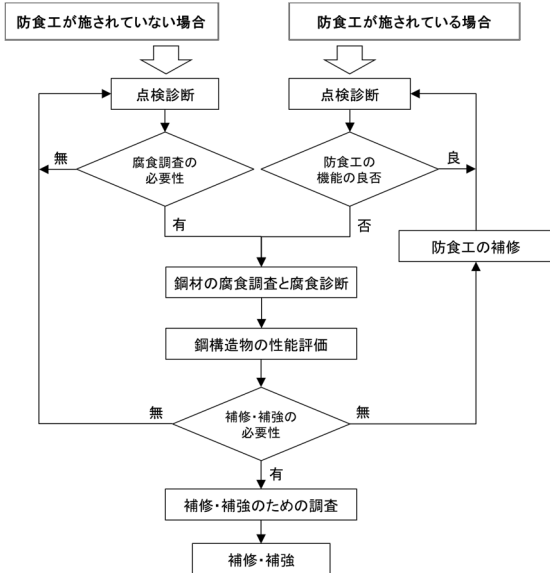


図4 防食工の有無による維持管理フローの違い

4.3 計測精度の向上

現行の維持管理マニュアル⁵⁾では、鋼製砂防構造物の腐食調査方法として「塗装が残存しているなど健全と考えられる部位を計測することで初期値を取得する」とされている。無塗装では設置直後から腐食が進行するため、設置時に初期値を計測しない限り正確な減厚量を判断することができない。塗装されていればより正確な初期値を計測できるため、計測精度の向上が期待できる。

5. 腐食に関する健全度評価手法の提案

以上から、腐食に関する健全度評価手法として、以下の2点を提案する。

①鋼製砂防構造物は鋼材に塗装を施すことを原則とする

厳しい環境下においても、塗装することにより最低でも15年以上の耐荷性能の維持が期待できることが確認できた。これまで、鋼製砂防構造物の塗装は美観と点検のために行うことが一般的であったが、長寿命化の観点からも、塗装によって得られるメリットは大きい。なお、施工条件により塗装を施すことが困難な場合は、耐候性鋼材を用いることによって維持管理の簡略化や施設の長寿命化が図れるため、有効な方法となると言えよう。

②減厚量ではなく、残存板厚により健全度を評価する

表2に本稿で提案する腐食に関する健全度評価手法を示す。現場では残存板厚のみを計測し、事前に定めた板厚の管理基準値(本稿では管理板厚とする)と比較して健全度を評価する。これにより現場で初期値を計測する必要がなくなり、調査に関わる時間や手間を省くことができる。また、管理板厚Xとは維持管理上の限界値であり、管理板厚Yとは要求性能上の限界値である。管理板厚を2種類設定することにより、健全度の判定区分が整理され、維持管理計画(事前対策・予防保全・事後保全)がさらに立案し易くなると考える。

表2 腐食に関する健全度の評価手法

判定区分	現行マニュアル	本稿の提案
健全度 A(対策不要)	減厚量<1.5mm	管理板厚 X<残存板厚
健全度 B(経過観察)	—	管理板厚 Y<残存板厚≤管理板厚 X
健全度 C(要対策)	減厚量≥1.5mm	残存板厚≤管理板厚 Y

6. おわりに

鋼製透過型砂防堰堤の場合、荷重条件や部材位置によって使用する鋼材の板厚が異なるため、管理板厚の設定が煩雑になる恐れがある。管理板厚の設定方法については、今後技術的な検討が必要である。また、今回は鋼材の腐食に着目したが、板厚減少の要因として摩耗も考えなければならない。設置環境に関わらず、日常的に流下物の影響を受ける箇所では塗装による防錆効果は僅かである。これまで摩耗に対しては、流下物の影響が少なくなるように底板コンクリートに濡筋を設けたり、流水に当たらないように脚部のないバットレス構造とするといった施設形状の工夫のほか、増厚・鋼板の根巻き・緩衝材の設置といった物理的な対策例が見受けられる。物理的な対策として鋼材以外を使用する場合は、全ての材料に劣化リスクがあることに加え、材料が違えば調査方法や道具も異なることに留意する必要がある。

参考文献

- 1) (公社) 土木学会：腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル，2009.3
- 2) 福岡管区気象台：火山監視・情報センター：桜島の火山活動解説資料，2009-2019
- 3) (一社) 日本鋼構造協会：土木鋼構造物の点検・診断・対策技術，2017.5
- 4) (一財) 沿岸技術研究センター：港湾鋼構造物防食・補修マニュアル，2009.11
- 5) (一財) 砂防フロンティア整備推進機構：主に鋼材を用いた砂防施設の維持管理マニュアル，2018.12