

鋼製砂防構造物の経年的な腐食調査について

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター ○後藤 智和, 石垣 拓也, 井上 隆太

1. はじめに

昭和40年代から建設された鋼製砂防構造物は、現在までの約40年間で4600基以上の施設が建設されており、土砂災害防止に貢献している。一方で、近年、社会インフラの老朽化による機能・性能の劣化が問題となっており、鋼製砂防構造物においても老朽化対策が課題の一つとなっている。

鋼製砂防構造物における老朽化の原因のひとつとして、錆の発生（腐食）による劣化が挙げられる。新編・鋼製砂防構造物設計便覧（以下、「便覧」という）では、腐食による鋼材の有効断面厚の低減を考慮して腐食しるを設定している¹⁾。ただし、想定している腐食環境については、酸性河川や火山地帯といった、鋼材の腐食速度等に関する知見が少ない特殊な環境を除いた場所を条件としている。そこで、本研究では、そのような特殊な環境における腐食傾向などの知見を蓄積するため、平成17年頃から5年ごとに様々な腐食環境における鋼製砂防構造物の腐食調査を継続して行っており、本報告においては、火山地帯に設置した暴露供試体の腐食調査結果について示す。

2. 調査概要

2.1 供試体概要

本調査では、2005年に桜島の野尻川7号堰堤の右岸側護岸後方付近に設置した暴露供試体の板厚計測を行った。設置場所、設置状況、供試体概要をそれぞれ図1、図2、表1に示す。

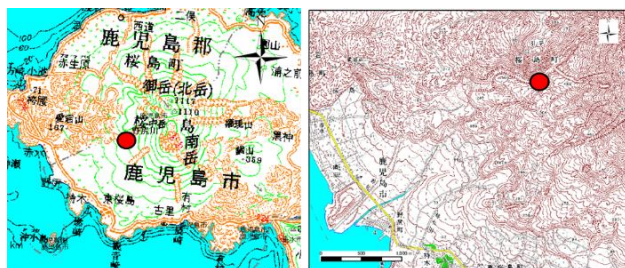


図1 暴露供試体設置場所



図2 暴露供試体設置状況

表1 供試体概要

部材	材質	サイズ (mm)	表面処理
鋼管	STK400	Φ267.4×6.0×1394	塗装2回塗り
	STK490	Φ267.4×6.0×1394	無塗装（黒皮）

2.2 腐食量の計測方法

鋼管の計測箇所は図2の手前側を川側、奥側を山側として計測した。腐食量は鋼材表面の錆を削って落とした後、測定計で板厚測定し、初期値と比較することで算出した。腐食量は下記の通り定義した。

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

測定面の前処理、板厚の測定は2019年12月に（一財）砂防フロンティア整備推進機構より発行されている「主に鋼材を用いた砂防施設の維持管理マニュアル」（以下、維持管理マニュアル）に準じ、超音波厚さ計を用いて鋼管の板厚を計測した。計測はJIS規格：JIS Z 2355：2005（超音波パルス反射法による厚さ測定方法）に則り行った。計測に用いた板厚測定使用機器の仕様を表2、計測状況を図3に示す。

表2 板厚測定機器の仕様

機器名	一般・腐食検査用 超音波厚さ計CMX (株式会社TMIダコタ製)
測定範囲	0.63~508mm
超音波精度	± 0.01mm



図3 計測状況

2.3 供試体設置環境

桜島に設置した暴露供試体は、流水の影響を受けないため、主な腐食要因は降雨や火山ガスによるものと考えられるが、ここでは火山ガスの影響を確認することとした。表3に、全国環境研協議会が公表している2020年度における全国の大気中ガス成分表³⁾を示す。なお、表3の鹿児島県での測定値は、鹿児島県鹿児島市城南町（図4）で測定された値である。表3より、鋼材を腐食させる可能性の高い成分の一つと思われるSO₂の濃度に注目すると、鹿児島県の値は全国中央値、平均値を大きく上回っており、腐食環境が厳しい地帯に該当する。

表 3 2020 年度の大気中のガス成分の年平均濃度³⁾

No.	都道府県市	地点名	SO ₂ (μg)	HNO ₃ (μg)	HCl(μg)	NH ₃ (μg)
1	北海道	札幌*	5.6	2.9	14.0	35.1
2	北海道	札幌北*	28.9	5.2	10.2	54.0
3	札幌市	札幌白石*	20.3	4.2	8.8	67.5
4	岩手県	盛岡*	11.1	7.8	13.7	89.9
5	新潟県	新潟市*	10.9	6.4	16.7	57.7
6	新潟県	長岡	13.0	7.1	11.5	63.4
7	群馬県	前橋	9.3	24.4	17.5	624.8
8	千葉県	旭	10.2	4.0	11.0	2599.2
9	千葉県	勝浦	12.3	5.4	27.5	64.0
10	千葉県	清澄	14.8	6.0	24.3	54.9
11	千葉県	市原	72.4	12.4	34.6	162.2
12	千葉県	佐倉	15.7	8.8	16.1	89.2
13	長野県	長野	7.2	11.1	10.5	74.5
14	富山県	射水*	8.0	7.5	11.4	71.7
15	石川県	金沢	10.0	6.4	13.8	35.9
16	福井県	福井	(11.1)	(9.0)	(22.6)	(67.7)
17	岐阜県	伊自良湖	6.0	4.7	5.0	33.9
18	愛知県	豊橋*	15.8	13.2	17.7	129.4
19	名古屋市	名古屋南*	25.6	22.0	35.0	114.2
20	兵庫県	神戸須磨*	28.6	23.3	32.6	81.5
21	福岡県	太宰府*	23.5	17.3	16.6	146.9
22	大分県	大分*	62.1	19.3	18.2	63.4
23	宮崎県	宮崎	26.7	10.1	29.5	111.7
24	鹿児島県	鹿児島*	72.9	9.7	28.0	92.6
25	沖縄県	うるま*	15.2	3.6	19.9	221.4
26	沖縄県	辺戸岬*	10.3	3.1	26.8	44.6
		全国最低値	5.0	2.9	5.5	15.1
		全国最高値	79.4	24.4	35.0	2599.2
		全国中央値	14.8	7.5	16.7	74.5
		全国平均値	22.2	9.8	18.8	206.4

注) 全国最低値は網掛け、全国最高値は白抜き、定値下限値未満は斜字、参考値は()で示した。
注) 定値下限値未満および参考値は最低値、最高値、中央値、平均値から除外した。
注) *はインバクタ付きフィルターバック法によりPM_{2.5}を採取した地点を示す。



図 4 鹿児島県の大気中ガス成分測定場所

3. 調査結果と考察

3.1 塗装による防食効果

暴露供試体の設置状況(図2)を観察すると、表面処理が無塗装の鋼管は層状剥離錆が生じていることが確認でき、塗装2回塗りの鋼管は塗装が残存していることが確認できた。本調査は暴露供試体の設置後19年目の腐食調査であり、塗装による防食は桜島のような厳しい腐食環境下においても、20年程度は十分に効果を発揮し、便覧で示した考えのように、腐食の発現を長期間抑制することにより、耐久性の向上に寄与することが期待される。この防食効果の最終的な有効期間は不明であるが、引き続き実施する本調査において、この期間を確認予定である。また、本調査の暴露供試体は流水が掛からない場所に設置されているため、常時流水や中小出水時による影響は考慮していない点に留意が必要である。

3.2 無塗装鋼管の腐食量

無塗装鋼管の腐食量および腐食量推定式を図5に示す。重工業地帯、大都市工業地帯、海岸地帯、田園地帯の腐食量推定式は陸上鉄骨構造物防食研究会による推定式であり⁴⁾、桜島暴露供試体の腐食推定式は本調査結果を基に導出した推定式である。図5より、暴露供試体の腐食量の推移傾向は重工業地帯における腐食量推定式と近い傾向を示し、腐食量は経過時間に比例して収束する傾向を示した。

桜島暴露供試体(川側)の調査結果により導出した腐食量推定式を用いて、腐食量および年平均腐食速度を推定した。併用期間を50～80年とした場合、腐食量は1.5mm～

2.0mm、年平均腐食速度は0.023～0.019mm/year程度となり、便覧で設定されている通常環境を想定した場合の腐食しろ0.5mmを超える恐れがあることが示唆された。推定結果に従った場合、厳しい腐食環境下においても腐食しろを2.0mm程度確保することで、適用できる可能性があるが、火山ガスの濃度や成分、降雨などの影響も含めて総合的に検証する必要があることから、今後も継続的に腐食調査を実施し知見の蓄積を行う予定である。

なお、今回の調査対象箇所と同様に火山地帯である三宅島では、火山ガスへの腐食対策として、新設の鋼製砂防堰堤に飽和ポリエステル樹脂の粉体塗装が採用されている事例がある。腐食環境が厳しい地帯でも鋼製砂防構造物を設置する必要がある場合、このような腐食対策を施すことで適用可能であることを参考事例として紹介する。

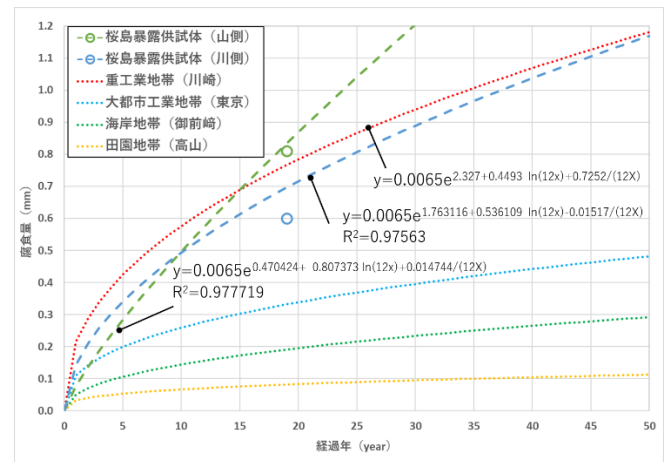


図 5 暴露供試体の腐食量および腐食量推定式

4. 結言

火山地帯(桜島)に設置した暴露供試体の腐食調査を行った結果、腐食量は経過時間に比例して収束傾向にあることを確認した。なお、腐食量の推移傾向としては、重工業地帯における腐食推移と近い傾向であることが分かった。今後も継続して調査を行い、知見を深めていく。

謝辞

本調査の実施にあたり、九州地方整備局大隅河川国道事務所に供試体の設置、調査実施のご協力を頂いた。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- (一財)砂防・地すべり技術センター：新編・鋼製砂防構造物設計便覧<令和3年版>，2021。
- (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，2019。
- 岩永ら：<特集>第6次酸性雨全国調査報告書2020(令和2)年度，全国環境研会誌 Vol.47 No.3，2022
- 堀川一男，瀧口周一郎，石津善雄，金指元計：各種金属材料および防錆被覆の大気腐食に関する研究(第5報)金属素材類暴露5ヵ年の結果，腐食防食討論会，1996。