

ステンレス鋼矢板の試験施工：実環境での耐腐食性実態

Corrosion resistance of stainless steel sheet pile in service conditions

○大高 範寛* 藤本 雄充* 浅野 勇** 川邊 翔平**

Norihiro OTAKA, Yuji FUJIMOTO, Isamu ASANO and Shohei KAWABE

1. はじめに

令和元年 9 月に策定された農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【鋼矢板水路腐食対策（補修）編】（案）では、劣化状況に応じた計画的な補修工事による長寿命化の対処方針が示された。農業用排水路に用いられる鋼矢板護岸の中には、全面腐食によって部分的な補修工事では対応が困難な現場もあり、耐用年数が長くライフサイクルコスト（以下、LCC という）が小さい更新工法が求められている。一方、鋼矢板護岸の改修では、鋼矢板の撤去・仮設費用が工事費の大部分を占め、鋼矢板自体の材料費が全体コストに占める割合は小さい。耐食性の良いステンレス鋼を用いて鋼矢板を作成し、施設の耐用年数を伸長すれば、材料費のわずかな増加で鋼矢板護岸としての LCC を大幅に低減することができる。本報では、ステンレス鋼矢板による施設の長寿命化を目指した官民連携新技術研究開発事業における農業水利施設環境下でのステンレス鋼の耐腐食性について報告する。

2. ステンレス鋼の耐腐食特性

図-1 にステンレス鋼の腐食進行の特徴を普通鋼と比較して示す。普通鋼では、鋼材表面がほぼ均等に減肉する「全面腐食」が生じる。一方、ステンレス鋼では、直径 1mm 未満（環境による）の深い谷状の「孔食（局部腐食）」が発生する。孔食の最深部では酸素の供給が少なくなるため時間の経過に伴い孔食の進展は遅くなる。このため、ステンレス鋼は普通鋼に比べると腐食が進んでも大きな貫通が生じ難く、平均的な減肉量も極めて小さい。

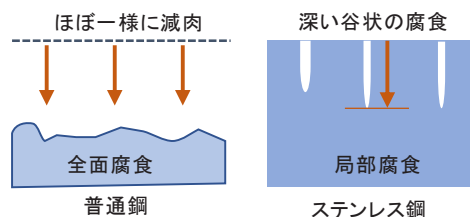


図-1 普通鋼とステンレス鋼の腐食進行の違い

表-1 暴露試験地の水質環境

名称	新潟県 亀田郷		
	山崎排水路	大石排水路	本所排水路
水質（区分） （実測ppmCl ⁻ ）	淡水（Ⅰ） （18～48）	汽水（Ⅱ） （150～410）	汽水（Ⅲ） （229～800）
pH	中性 （6～8）	中性 （6～8）	中性 （6～8）

3. 試験方法

農業用排水路の実環境におけるステンレス鋼矢板の耐腐食性を把握するために、塩化物（Cl⁻）濃度が異なる 3 箇所の農業用排水路（表-1）で、10 種類のステンレス鋼と普通鋼の暴露試験を実施した。試験体にはクーポン（短冊状試験片）と施工試験も兼ねたステンレス鋼矢板を用いた。

4. 結果および考察

4.1 外観調査

1 年後の暴露試験体の外観を図-2 に示す。普通鋼（図 a の右端）は全面腐食が生じているが、ステンレス鋼は目視では腐食を確認できない状況であった。図 a でステンレス鋼の最高水位より下の部分的が茶変しているのは外部からの鉄分付着である。また、ステンレス鋼矢板においてもクーポン試験片と同様に健全であることが確認された。

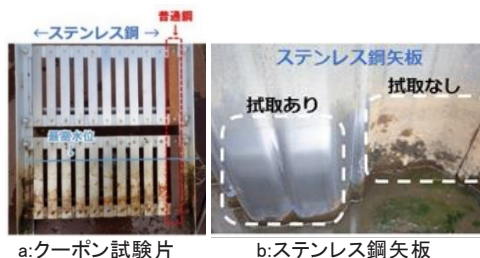


図-2 暴露試験体外観

*日鉄建材株式会社 NIPPON STEEL METAL PRODUCTS CO.,LTD.

**農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード ステンレス鋼矢板, 鋼矢板水路, 腐食, ライフサイクルコスト

4.2 平均板厚減（腐食減量）

1年間暴露した試験片の重量減少量から平均板厚減を算定した。結果を図-3に示す。普及型ステンレス(SUH409L, SUS430)の平均板厚減は $0.8\mu\text{m}$ 以下となり、水際における普通鋼の値 $40\sim 80\mu\text{m}$ に対して、 $1/50\sim 1/100$ 程度の腐食量となり、ステンレス鋼が極めて高い耐腐食性を示すことが明らかになった。

4.3 孔食の進展を想定した腐食量予測

暴露1年後の試験片に発生した孔食の最大深さから順番に10点の深さの平均値を、その鋼種における1年後の平均孔食深さ A とする。また、孔食の深さが暴露時間 t の累乗で進展すると仮定すると t 年後の平均孔食深さ D は式1で表される。ここで、孔食が図-4のように半径 D の半球形状で表面全体に発生する安全側の仮定を設ける。この状態での t 年後の腐食量を推定平均腐食深さとした。なお、板厚減は表裏を考慮して2倍となると考えた。

4.4 腐食しろの推定

前項で示した方法により推定した腐食量を表-2に示す。ステンレス特有の孔食の進展を想定した腐食予測値d)は、実測重量から換算推定した平均板厚減c)に対し、 $4\sim 50$ 倍の乖離がある。これは孔食が表面全体に生じるとした

厳しい仮定のためと考えられる。そこで、重量減少から比例換算した平均板厚減c)の $0.2\text{mm}/50$ 年に対し、ステンレス鋼矢板が最大限腐食しても発生応力が弾性域内に収まるように孔食の進展を考慮した推定平均腐食深さd)に一律の仮補正係数 $\alpha=0.5$ を乗じた値e)を従来設計で使用する「腐食しろ」とした。この腐食しろを用いることで、従来からの標準的な鋼矢板の設計法によるステンレス鋼矢板の設計が可能となった。

5. まとめ

新潟県で実施した暴露試験では、ステンレス鋼矢板は、実環境においても優れた耐腐食性を示した。淡水およびCl⁻濃度で500ppm以下の汽水の水質においては、SUS430で 0.4mm (片側 0.2mm)を50年の腐食しろとした従来設計により安全側の設計が可能であることが示唆された。今後、腐食の予測精度の向上により、さらに腐食しろを低減できると考えている。そのためにも、継続的な腐食量調査が重要でありモニタリングを継続する。以上から、ステンレス鋼矢板を用いた更新工法は、LCCに優れた工法であることが示された。

〔参考文献〕 1) 三浦健蔵(2007)：腐食メカニズムと余寿命予測，コロナ社，p128

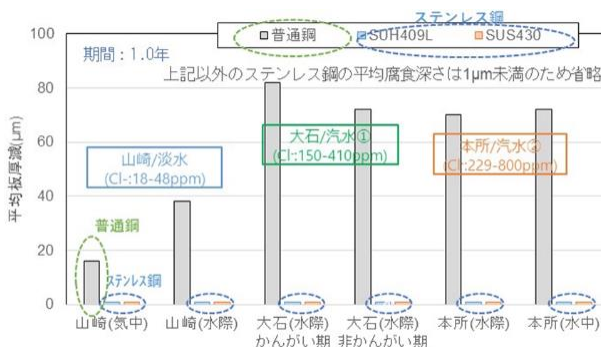


図-3 各暴露地区の腐食による平均板厚減

$$D=At^B \dots\dots\dots (式1)$$

- D: t年経過後の平均孔食深さ
- A: 係数(1年後の平均孔食深さ)
- t: 時間(年)
- B: 孔食深さ進展の時間依存性 (一般的な0.5を採用¹⁾)

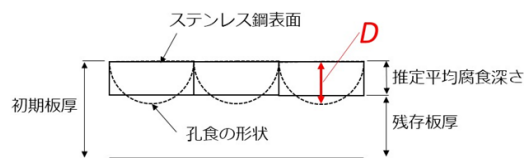


図-4 推定平均腐食深さの模式図

表-2 腐食量推定結果一覧

項目	鋼種/水質区分 ^{※1}			SUS410S ^{※2}			SUS430			普通鋼		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
a) 重量換算平均板厚減/年	0.8			0.8			40			80		
b) 範囲限定平均板厚減/年 ^{※3}	4			4			-			-		
c) 比例換算平均板厚減/50年	200			200			2,000			4,000		
d) 推定平均腐食深さ(両面)/50年	2,100	10,000	800	6,200	-							
e) 提案値(仮補正係数適用)/50年	1,050	5,000	400	3,100	-							

※1 水質区分(I~III) Cl⁻濃度(ppm) I:0~50, II:50~500, III:500~1000とした
 ※2 暴露試験片のSUH409Lと鋼矢板のSUS410Sの耐食性は同等の取り扱いとした
 ※3 腐食範囲が試験片の20%に集中していることを考慮した平均板厚減(参考:図-5)

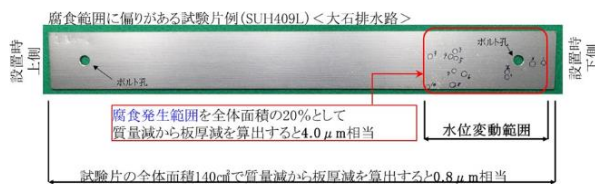


図-5 孔食の発生範囲