

鋼製砂防堰堤の中詰土が起因する腐食に関して

国土交通省 北陸地方整備局 飯豊山系砂防事務所 山本悟、高橋博之、加藤靖
一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構 研究第二部 ○中居 暁、星野和彦

1. はじめに

砂防設備における鋼製構造物は、昭和 40 年代から民間を中心に研究開発が進められ、屈撓性に優れたタイプや、透過型のように、平常時の流下土砂をスルーさせることにより、大規模土砂流出時に最大の機能を発揮するという機能面、並びに上下流の連続性など環境面の有利性があることから、現在までに 4 千 5 百基を超える施設が建設されてきている。

また、「砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)」(平成 26 年 6 月)、「砂防関係施設点検要領(案)」(平成 26 年 9 月)が相次いで発出され、砂防関係施設の点検が統一した視点で実施されるとともに、点検結果に基づく長寿命化計画が策定されつつある。

今般、砂防関係施設の長寿命化について考える上で、新たな課題として「鋼矢板セル堰堤において中詰土砂が起因したと推測される腐食」が見出されたので、その現象を報告するとともに、今後の調査や検討方針について報告するものである。

2. 発見された腐食現象

胎内川水系右支沢ノ入沢の沢ノ入沢砂防堰堤は、平成 17 年に完成した鋼矢板セル構造の堰堤である。写真-1 に示すように未満砂で、変形等は生じていない構造物である。しかし、写真-2 に示すように、ある水平高さから変色が連続して確認できるとともに、一部の部材において直線鋼矢板の表面で剥離状の錆(写真-3)が確認できた。未満砂で流水の影響を受ける高さではないことから、採水や流出しているコロイド状の物質(写真-4)を採取し原因について調査を試みた。



写真-1 腐食の位置



写真-2 鋼矢板の変色



写真-3 剥離状の錆



写真-4 コロイド状の物質

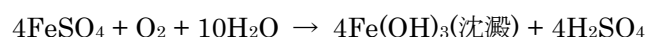
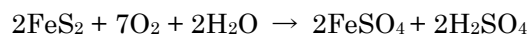
鋼製砂防構造物設計便覧³⁾によれば、腐食の対策としては、設計において酸性河川を調査することが義務づけられている。河川水の水素イオン濃度(pH)を測定した結果、6.2 の弱酸性で影響は小さい。そこで、中詰土砂にその原因があるという仮説を立ててこれを検証した。

一般に酸性土壌という土砂が存在する。温泉余土などがその代表例であるが、そのような土質ではなく酸性土壌に該当するものではなかった。

調査を進めていくと「黄鉄鉱を含有している土壌の化学変化による硫酸流出」⁴⁾⁵⁾⁶⁾という事象が存在することが解り、それがこの腐食という原因であるとの仮説とした。

3. 黄鉄鉱に起因する硫酸流出

文献調査によれば、雨水や地下水が土壌に浸透し、黄鉄鉱は酸化して消失し、硫酸が生成されるという土木構造物としては珍しい現象が生じている可能性がある。これを化学式で表せば、



となる。しかしながら、当該地点は新第三紀鮮新世の西山層が基盤を成しており、西山層は、塊状・均質なシルト岩から成り、沢ノ入沢流域内には崖錐堆積物が広く分布しており、礫混じり粘性土から成ることから、黄鉄鉱が残存している可能性は低い。ただし、堰堤構築のための中詰土は現地掘削土砂と外部からの土砂により施工されているが、この土砂がどこから搬入されたかは記録が確認できなかった。このため、採取したコロイド状物質のろ過後の回収物について蛍光 X 線分析を実施した。

水質調査(表-1)と土壌調査(表-2)の結果を示す。

表-1 pH, イオン濃度分析結果

項目	単位	堰堤上流水	セルの滲出し水
pH	-	6.2	6.6
硝酸イオン	mg/L	1.4	<0.1
塩化物イオン	mg/L	12.0	3.4
硫酸イオン	mg/L	3.2	109

表-2 蛍光 X 線分析結果

試料	成分分析(%)	試料	成分分析(%)
Fe (Fe ₂ O ₃)	62.4 (89.21)	Ca (CaO)	0.28 (0.40)
Cu (CuO)	<0.02 ()	Ti (TiO ₂)	<0.02 ()
Ni (NiO)	<0.02 ()	V (V ₂ O ₅)	<0.02 ()
Zn (ZnO)	<0.02 ()	S (SO ₃)	0.07 (0.18)
Al (Al ₂ O ₃)	<0.02 ()	K (K ₂ O)	<0.02 ()
Si (SiO ₂)	2.4 (5.14)	P (P ₂ O ₅)	<0.02 ()
Mg (MgO)	0.03 (0.04)	Sn (SnO ₂)	<0.02 ()
Pb (PbO)	<0.02 ()	W (WO ₃)	<0.02 ()
Mn (MnO ₂)	0.13 (0.20)	Nb (Nb ₂ O ₅)	<0.02 ()
Mo (MoO ₃)	<0.02 ()	As (As ₂ O ₃)	<0.02 ()
Cr (Cr ₂ O ₃)	<0.02 ()	Cl (Cl)	<0.02 ()
Na (Na ₂ O)	<0.1 ()	Total	(95.17)

()内は標準酸化物換算値

堰堤上流水の溶存成分は比較的低いものの、腐食に関与する塩化物イオン、硫酸イオンが含まれており、pHは6.2の弱酸性であった。鋼矢板セルからの滲出し水では、硫酸イオンが高濃度で確認されたため、鋼矢板の腐食状況に大きく影響しているものと考えられる。また、蛍光 X 線分析の結果から、主成分は酸化鉄(Fe₂O₃)であり、腐食した鋼矢板に由来すると考えられる。腐食に関与する成分として、硫黄分(S)が微量ながら存在し、硫酸成分(H₂SO₄)が見出されたため、現時点では黄鉄鉱を含有する土砂による腐食が原因の可能性が高いと考えられる。

3. 腐食の進行状況

鋼矢板セル構造は、外周の直線鋼矢板(FL)のフープテンションにより中詰土砂を拘束する構造であるため、この直線鋼矢板が構造物の性能を維持する要の材料である。経過年数と厚さの推移について、図-1に示す。減厚は暫時進行していると考えられる。

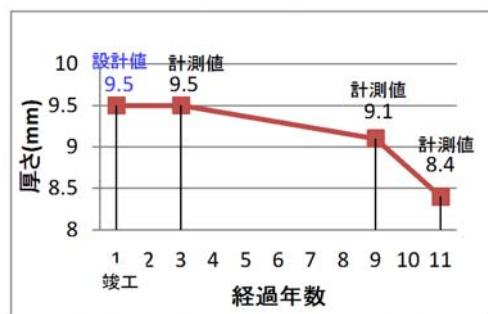


図-1 経過年数と鋼矢板の厚さの推移

当該地点の環境は、比較的腐食の小さい環境であり、一般には鋼材の腐食速度は0.02mm/年程度とされているが、ここでは腐食速度が0.11mm/年と腐食の大きい臨海工業地帯や海岸地帯での腐食状況に匹敵するものである。したがって、健全性把握のためより詳細な調査が求められる。

4. 今後の調査方針

発見された腐食要因は、今後の設計施工に際して注意を喚起するうえで、十分な調査が必要となる。また、このような腐食に対してどのような対策方法が必要となるか、補修対策についても検討を行う必要がある。今後飯豊山系砂防事務所の協力のもと調査研究を実施したい。

(1) 中詰土砂の材料特定

腐食がある高さで境界を形成しているため、中詰土の高さ方向の土壌の成分分析が必要となる。そのためにボーリングによる試料の採取を行う必要がある。また、腐食が進行している箇所での水平ボーリングにより壁面際の調査も計画する。

(2) 成分分析試験

セル内土砂の分析試験並びに周辺表流水を含む詳細な分析試験として、土質試験(密度分析、粒度分析、含水比、電気伝導度など)および水質分析(鉄、硫酸イオン、PH、電気伝導度など)を実施する必要がある。

(3) 維持管理方針、補修方法の検討

調査および試験結果等から、腐食の原因と進行性を考慮して、維持管理方針を検討する。また、腐食の進行の可能性が高い場合は、補修方法について検討する。なお、アルカリ成分を多く含む砂防ソイルセメントによる土砂置換やセメントあるいは消石灰注入などにより酸性水の中和を行う対策も視野に入れ対策工法の検討・試験等を実施する。

参考文献

- 1) 砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)、平成26年6月12日、砂防部保全課
- 2) 砂防関係施設点検要領(案)、平成26年9月24日、砂防部保全課
- 3) 鋼製砂防構造物設計便覧、(一財)砂防・地すべり技術センター、2009
- 4) 災害地質学入門 千木良雅弘 著
- 5) 黄鉄鉱起源の酸性浸出水による水質汚染の影響・対策事例、日本応用地質学会
- 6) 石灰石粉末懸濁水を利用した黄鉄鉱含有掘削ずりに起因する硫酸酸性水の発生抑制方法、大成建設、2008