

酸性河川における砂防構造物設計に関する一考察

(株) エイト日本技術開発

○片山 哲雄

同上 (現神奈川県平塚土木事務所) 沖中 健起

1. はじめに

山形県の酢川は強酸性を示す河川であるが、土砂流出も顕著であり、土砂災害対策のためには砂防えん堤等の砂防設備の構築が不可欠である。現地の構造物を見ると酸で腐食された状態が確認され、通常のコンクリート構造物では早期に劣化することが明らかである。このため、えん堤構造物には、何らかの耐酸対策が必要となる。しかし、砂防堰堤の耐酸対策についてオーソライズされた基準等がないため、種々技術の進展を踏まえて、その時々での最善策を検討していく必要がある。そこで、今回の発表では、砂防堰堤構造物検討のために収集整理した耐酸対策の情報を整理し、今後の酸性河川における砂防構造物計画の考え方について示す。

2. 酸性河川の状況

山形県の酢川を例にとると下流区間での流水が酸性となる要因は蔵王温泉の流入に起因し、流入後の pH は約 2.0 程度と強酸性を示している。また、ボーリングコアからサンプルを採取すると、右表のような酸性を示す。深度に関わらず酸性土壌が分布する状況がわかる。その影響については写真-1 に示すように、水位の影響を多く受ける場所については腐食が顕著となっている。一方、写真-2 に示すように土砂流出も顕著であり、このコンクリート等に劣悪な環境である酸性環境において、何らかの土砂流出抑制対策を実施する必要がある状況となっている。

表 1 土の pH 試験結果

Br. NO	深さ	pH	区分
H21B-1	13.15~13.45m	6.95	中性
H21B-1	19.15~19.45m	4.53	強酸性
H21B-2	3.00~3.50m	5.71	弱酸性
H21B-2	5.15~5.45m	6.93	中性
H21B-2	6.15~6.45m	3.80	極強酸性
H21B-2	7.15~7.45m	1.54	極強酸性

表 2 pH 区分 (一般値)

pH	区分
8.0 以上	強アルカリ性
7.6~7.9	弱アルカリ性
7.3~7.5	微アルカリ性
6.6~7.2	中性
6.0~6.5	微酸性
5.5~5.9	弱酸性
5.0~5.4	明酸性
4.5~4.9	強酸性
4.4 以下	極強酸性



写真 1 酢川における護床ブロックの腐食状況



写真 2 酢川の土砂流出状況

3. 過去の研究及び対策

酸性河川における構造物の耐酸性対策として、過去の研究、対策等について調査した。その概要について表 3 に示す。

耐酸性の研究及び対策例を調べたところ、用途は概ね下水道管の腐食対策 (硫酸等からの防護)、温泉施設の建築物の腐食防止材及び薬品工場等の建築物の腐食防止に大別され、大規模な土木構造物に用いられた事例は希少であることが分かった。酸性河川を横過する土木構造物の事例については、東北新幹線 (青森区間) や九州自動車道 (別府温泉近辺) などの橋梁の事例がある。これらはチタンシートや防護材の塗布で対応しており、礫等の衝突がない位置での対応のため成立する工法となっている。しかし、橋梁等の構造物は、各地の事例より基本的には酸性河川の渓流内には構造物を入れない考え方が基本的と考えられる。さらに、強酸性や超強酸性 (pH2 程度) を示す各地の河川 (群馬県の湯川、秋田県の玉川など) では、石灰散布や石灰製水路に流水を通すなど中性化処理が実施されており、砂防えん堤のマスコンクリートに耐酸対策を施す事例などは、さらに希少となっている状況である。

また、研究や対策事例 (製品開発) などを総括すると、どの事例も素材の密実性を追求している状況が明確に窺える。その方法としては、チタン等の密実な金属の使用、セメントへのフライアッシュ、溶解スラグなど混和材混入によるコンクリートの密実性アップ及びセメント以外の固化剤を開発し、硬化

後の密実性アップを図った事例などである。鹿児島県でシラスを混入した保護剤を研究した事例があるが、供試体密度と耐酸性（酸による溶解状況：質量減少）の関係を見ると、密実性が高い方が耐酸性が高くなる傾向は明らかである。

さらに、今回検討対象とした酢川では、過去どのような対応が試みられてきたか調査したところ、そのほとんどが石材を用いた対応であった。これには、深成岩系の密実な石類が用いられており、やはり同様の考え方による対応であると考えられる。

表3 これまでの耐酸性の研究及び対策例

種別	概要及び研究題目	開発者または研究者	概要	課題など	関連事業
1 研究	セメントモルタルの耐酸性に関する実験的研究	松村・大手・広瀬	高炉スラグ、フライアッシュ等を混合したセメントモルタル供試体の酸溶液浸透実験を行ったもの	実験期間が12週と短く実験領域を出ていない状況	砂防事業
2 製品開発	チタンシート被覆工法	東亜建設工業など	シート状にしたチタンを対象の構造物に貼り付ける工法。新幹線の橋脚等に実績あり	比較的高価、土石流等衝撃に弱い	鉄道事業
3 製品開発	耐酸コンクリート(耐酸セラメントなど)	(株)デイ・シー、大林組など	普通セメントより二酸化けい素の比率を高くしたセメントを使用したコンクリート	下水道や温泉施設(建築)を中心に実績があるが、砂防ダムなどマスコンでの実績はない	下水道事業、建築物全般
4 製品開発	耐酸モルタル	日本下水道事業団、電気化学工業、熊谷組など	高炉スラグ微粉末などを混入した固化材を使用したモルタル	下水道管の補修など少量の範囲に用いられる	下水道事業他
5 製品開発	耐酸コーティング材	(株)フロロテクノロジーなど	フッ素コーティングにより酸性ガスや腐食性液体などに対して保護効果を有する	破損等、土石流の衝撃性に対し脆弱である可能性が考えられる	建築物全般
6 研究	下水汚泥溶融スラグ	(財)下水道新技術推進機構など	下水汚泥の焼却灰から得られる溶融スラグを混入したコンクリート	耐酸性の効果が確認された段階	上下水道他土木事業全般
7 研究	アルミナセメント系耐硫酸性モルタル	新潟市など	アルミナセメントをベースに高炉スラグ微粉末を配合したセメントを使用している。下水道施設の修復材として使用している	研究段階、さらに防食性の証明が必要	下水道、農業集落排水など下水処理事業
8 研究	酸性雨による劣化防止対策としてのフライアッシュの有効性に関する研究	ハザマ技術研究所など	セメントを部分的にフライアッシュで置換して酸性水内におけるCa ²⁺ の溶脱量の低減を確認している	研究段階であるが実用上問題ない性能であることは確認されている	酸性雨対策として研究に注目
9 製品開発	グリーンクリート	土地質(株)	セメントの代わりにヨーガスという固化材を用いたコンクリート	研究開発途上で実績が少ない	下水道事業、温泉施設など
10 製品開発	ポゾレジストコンクリート	柏木興産	特殊混和材(多機能特殊ボゾラン)を混入して緻密なコンクリートを生成する	研究開発途上で実績が少ない	下水道、塩害対策など
11 製品開発	レジンコンクリートパネル	前田製管	レジンコンクリートを使用したパネルで堤体表面を覆う工法	砂防事業における実績があるが、確実な目地処理等が必要となる	砂防事業に実績あり
12 製品開発	石材パネル	共和コンクリートなど	花崗岩系の石材パネルで堤体表面を覆う工法	同上	砂防事業に実績あり

4. 耐酸対策の課題と今後の砂防構造物設計の方向性

各対策について、砂防構造物に使用する場合の課題を整理した。

砂防溪流では砂礫混じりの流水による磨耗が懸念されることから塗布系、シート系は不適の場合が多い。研究段階の対策については、実績を重ね、強度及び効果発現を確実にすれば採用を検討できる状況である。中には、他事業で多くの実績があり、マスコンでの実績または試験施工による強度確認さえできれば、活用可能となる事例もある。現状で最も信頼できるのは、酸性河川で古くから多く用いられる石材である。比較的安価な石材パネル製品もおり、実用は容易である。

表4 耐酸性対策の課題

対応方法	対策事例	課題
塗布系	耐酸コーティング材など	砂防構造物等の河川横断構造物では、流砂による磨耗や礫衝突による剥離等で塗布面の劣化が早い。メンテナンスを頻繁に行う必要があると共に、メンテナンスとメンテナンスの間に腐食が進行する
シート系	チタンシートなど	塗布材同様であるが、破損した場合の補修が難しい
混和材添加	フライアッシュ、下水汚泥溶融スラグ、ポゾレジストコンクリート、耐酸コンクリートなど	全般的には、微粉末をセメントに混入する方法である。微粉末を加えることによりワーカビリティが低下する。研究事例が大半であるが、耐酸セラメントは事例が多い。しかし、マスコンの事例がないので、試験施工等を行う必要がある
新開発固化剤使用	グリーンクリート、レジンコンクリート、アルミナセメント系モルタル、耐酸モルタルなど	研究開発途上のもの、事例はあるが排水管補修など少量のものが多い。レジンコンクリートパネルは砂防えん堤施工の実績が1例ある
石材パネル	石材パネルなど	建築、下水等の事例が多い。砂防えん堤施工の実績が1例ある

5. まとめ

以上より、今後は研究段階、試行段階の製品等の実用性検証を確認しつつ、実績のある石材やレジンパネルなどの適用性を確認して対策を検討する必要があると考えられる。

なお、本発表に用いた資料、データは山形県村山総合支庁建設部河川砂防課で実施した業務成果を活用した。ここに、感謝の意を表します。