

既設砂防堰堤の補強・改良方法に関する一試案

国土交通省 北陸地方整備局 飯豊山系砂防事務所 酒井優
 アジア航測株式会社 ○堀口礼顕, 山口一彦, 酒井仁, 澤陽之, 中島達也, 安住槇夫

1. はじめに

飯豊山系砂防事務所では、昭和42年8月の羽越災害を契機に昭和44年から直轄砂防事業に着手しており、約40年が経過した現在では約200基の砂防施設が整備されている。今後も、地域の安全安心および活性化のためには今後も砂防事業が必要であるが、一方では堰堤適地の減少が大きな課題となっている。

ここでは、このような問題を解決するための1方策として、飯豊砂防事務所管内に位置する既設砂防堰堤の補強と機能向上を同時に検討することにより砂防施設整備の促進を図る取り組みについて紹介する。

2. 報告対象施設の概況

対象とした既設砂防堰堤3基は、表1に示すようにいずれも施工から40~50年ほど経過している。また、A砂防堰堤とB砂防堰堤の間には別の既設砂防堰堤が位置しており、C砂防堰堤の上流には既設透過型砂防堰堤が位置している。

表1 対象既設砂防堰堤の概要

施設名称 (竣工年月)	流域名	形式	堤高 (m)	堤長 (m)	構造
A砂防堰堤 (S45.10.築41年)	D	不透過型	10.5	168.0	重力式 コンクリート
B砂防堰堤 (S41.11.築45年)	D	不透過型	9.0	130.0	重力式 コンクリート
C砂防堰堤 (S33.12.築53年)	E	不透過型	7.0	49.0	重力式 コンクリート

3. 補強方策

3.1. 施設健全度の把握

現地による堤体の表面と水中の目視調査、コア採取・分析とシミュートハンマーによる堤体表面調査および弾性波探査と鉛直ボーリングによる堤体内部調査を行い、適切な補強検討に必要な施設の健全度を総合的に把握した。

なお、ここでは3基の砂防堰堤のうち、特徴的な2基についての砂防堰堤の施設健全度結果を示した。



図1 堰堤破損状況 (C砂防堰堤)



図2 堰堤基礎洗掘状況 (C砂防堰堤, 水中)

表2 物理調査結果一覧表

項目	箇所		A砂防堰堤		C砂防堰堤	
	ボーリング	弾性波探査	コアの状態 (空洞化有無)	コア採取率=100% 亀裂は打継目によるもの。	コア採取率=100% モルタル流出し、砂礫化。	コア採取率=100% モルタル流出し、砂礫化。
堤体 コンクリートの状態	ボーリング	弾性波探査	亀裂(開口)の有無ならびに中性化	シーム状。分離面は褐色を呈す。	モルタル流出し、砂礫化。	×
			骨材	花崗岩、頁岩、安山岩、砂岩など雑多。丸太材混入。	砂岩、安山岩の扁平円礫(川砂利)。丸太材混入。	△
			弾性波伝搬速度 (m/s)	2,800~4,400	空洞化が明らかたため、未実施	×
			堤体・基盤密着度	良好	モルタル流出	×
			反応度試験 (ジャットハンマー)	推定圧縮強度 (N/mm ²) 23.1~47.4 (36.4) 表層強度は概ね良好	24.0~33.6 (29.3) 表層強度は概ね良好	○
コア試験			中性化深さ (mm)	0~0.6 (0.2)	0.5~29.4 (16.2)	○
			圧縮強度 (N/mm ²)	16.4~29.3 (23.5)	7.1~25.8 (15.5)	×
			静弾性係数 (kN/mm ²)	23.1~47.4 (26.5)	7.6~25.2 (16.5)	×
			密度 (kN/m ³)	23.3~24.8 (24.1)	22.3~24.0 (23.0) 表層範囲のみ	○
基盤の状態	ボーリング		砂礫(〜礫混じり砂) N値=20~30相当 概ね良好	砂岩・シルト岩互層 C L級		
総合評価			表層劣化に留まっている	○:良, △:可, ×:不可 内部空洞化が顕著である		

表3 対象既設砂防堰堤の健全度一覧表

施設名称	表面状態(目視)	内部状態	基礎状態
A砂防堰堤	水通し部の摩耗による断面欠損。凍害による表層剥離。打継ぎ目からの遊離石灰滲出。	コンクリートは比較的緻密であり強度特性としても築造当時の基準値を満足している。	ボーリング位置では基礎地盤は砂礫(N値20~30相当)が確認されたが、基礎岩は未確認
C砂防堰堤	右岸袖部は表層のモルタルが流出し粗骨材がむき出し状態となっている。(図1参照)	充填コンクリートの欠落によって玉石間が空洞化。圧縮強度も基準強度を満足していない。	基礎には砂岩・シルト岩互層が確認されたが、堤体の基礎部分は洗掘を受けている。(図2参照)

○:良, △:可, ×:不可

3.2. 補強工法の検討

表3に示したAおよびC砂防堰堤について、健全度を踏まえて補強工法を検討した。

○A砂防堰堤

骨材内に丸太材が混入していたことや、静弾性係数で初期接線ヤング係数の30kN/mm²を下回っていたものの、全体的には概ね健全である結果となった。

このため、内部材については補強工法を行わず、腹付工を行う際の堤体表面処理(チップング; 下地処理)で表面劣化部を除去し、機能回復を図ることとした。また、堰堤の安定性は機能改良工法とあわせて現行基準を満足するような堤体断面を確保するものとした。

○C砂防堰堤

AおよびB砂防堰堤とは別流域に位置する当施設は、コア試験の結果でも圧縮強度で18kN/m²を下回り、静弾性係数でも接線ヤング係数の14kN/mm²を下回っていた。また、堤体ボーリング調査の結果、内部ではコンクリートのモルタル部分が流出している箇所が見られ、堤体としての強度を確保できない状況となっている(図3)。



図.3 堤体ボーリング調査結果(C砂防堰堤)

一方、袖部は図.1 に示したようにモルタルが完全に流出し、粗骨材が外部に露出している状況であった。

このため、コンクリートが堆砂面より上方に露出している袖部については、機能改良と併せて新規堤体構築が可能であると判断し、撤去した上でコンクリート打ち換えとした。

一方、上流に地すべり地形があるため、堆積土砂撤去した上での新設が困難である本堤水通下面部の補強については、堤体の前面から背面に貫通工を縦横 1m ピッチに配置し、前面から堤体の強度回復および背面土砂と堤体間の止水を行うための注入材を注入し、堤体の強度回復を図ることとした。

また、堰堤基礎部は図.2 に示したように洗掘しており、水叩きコンクリートを堰堤基礎まで充填させることで堤体基礎の安定を確保するものとした。

4. 機能改良方策

4.1. 制約条件の把握

既設砂防堰堤の機能改良方策を検討するにあたり、制約条件となる既設砂防堰堤周辺の施設や地形などについて整理を行った。

表.4 対象既設砂防堰堤周辺の地形等の制約条件

施設名称	隣接する施設等	地すべり地形
A砂防堰堤	左岸に林道 上流に既設堰堤あり	堆砂域に地すべり 地形は見られない
B砂防堰堤	左岸に林道 上流に既設堰堤あり	堆砂域に地すべり 地形は見られない
C砂防堰堤	右岸沿いに町道 直下に橋梁 上流に既設堰堤あり	堆砂域左岸に地すべり ブロックあり

全ての堰堤において、上流に既存の堰堤が位置しているため、制約条件となる。また、C砂防堰堤では堆砂域左岸に地すべりブロックが見られることから工法選定の制約条件となる。

4.2. 改良工法の検討

各既設砂防堰堤の施設効果量を増加させるための機能改良工法としては、嵩上げ(不透過)、既設スリット化、嵩上げ(スリット)、既設スリット化+嵩上げ(スリット)などが考えられる。それぞれの特徴を表.5 に示す。

表.5 機能改良工法の特徴

機能改良工法	工法の特徴等
①嵩上げ(不透過)	堤体全体の高さを上げる 不透過型となるため、施設効果量の増加は少ない……………△ 既往堆積土砂の土砂量出はない……………○ 洪水末期の土砂は下流へ流出しない……………○
②既設スリット化	堤体の水通し部に数 m 幅かつ 1~複数本の切り込みを設ける スリット部で空き容量を確保でき、施設効果量が增加する……………○ 現在堆砂している土砂が下流へ流出する……………× 洪水末期の土砂が下流へ流出する恐れがある……………△
③嵩上げ(スリット)	堤体全体の高さを上げ、嵩上げ部分のみに切り込みを設ける 空き容量を確保でき、施設効果量が增加する……………○ 既往堆積土砂の土砂量出はない……………○ 洪水末期の土砂が下流へ流出する恐れがある……………△
④既設スリット化+嵩上げ(スリット)	②と③を組み合わせ、嵩上げ部分および既設部分に切り込みを設ける 組み合わせることで施設効果量が大幅に増加する……………◎ 現在堆砂している土砂が下流へ流出する……………× 洪水末期の土砂が下流へ流出する恐れがある……………△

表.4 に示した制約条件や表.5 の特徴に加え、下記に示す検討時の留意点をふまえて、機能向上工法の検討対象工法を選定した。

各堰堤における選定工種を表.6 に示す。

<検討時の主な留意点>

- ・堆砂影響が既設堰堤高を超えるような規模とはしない。
- ・透過型砂防堰堤を連続して配置しない。
- ・地すべりが存在している場合には、山脚固定の機能を保持させるためにスリット化は行わない。
- ・下流に不透過型砂防堰堤がある場合や、下流に土砂のバッファゾーンがある場合にスリット化の検討を行う。

表.6 対象施設検討工法一覧表(○数字は図.4とリンクする)

施設名称	工法	①嵩上げ(不透過)	②既設スリット化	③嵩上げ(スリット)	④既設スリット化+嵩上げ(スリット)
A砂防堰堤		○検討対象	○検討対象	○検討対象	○検討対象
B砂防堰堤		○検討対象	○検討対象	○検討対象	○検討対象
C砂防堰堤		○検討対象	—対象外	—対象外	—対象外

4.3. 検討結果

スリット堰堤は、土砂調節効果の増加等が見込まれる一方で、溪岸侵食の増大、洪水後のスリット部からの土砂流出等も懸念されるところであり、改良にあたっては、施設位置、規模、環境、土砂流出等の現場状況を踏まえ、慎重に検討を進める必要がある。本試案では、これらの視点に施設効果量と概算工事費から求めた調節効率(図.4)も含めて、総合的に改良工法を検討した。その結果、D流域に位置する2基は③嵩上げ(スリット)を、C砂防堰堤は①嵩上げ(不透過)とした。

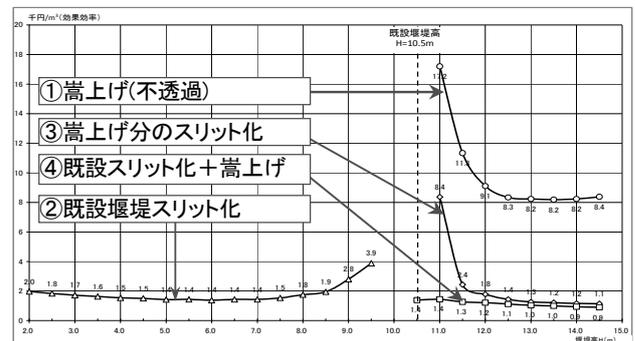


図.4 工法別効果効率算定グラフ(○数字は表.6とリンクする)

また、機能向上工法の方法としては、「堤体下流側腹付」「堤体上流側腹付」「堤体アンカー補強」の比較を行い、3基ともに「堤体下流側腹付」を採用した。

5. おわりに

砂防法が制定されてから 100 年以上が経過し、国内でも数多くの砂防施設が整備されてきた。しかし、急峻な地形や脆弱な地質に加えて昨今の異常気象や大地震などにより土砂災害が発生する状況下をみても、施設整備を今後も継続して進めていく必要がある。

一方で、今後は施設の老朽化や堰堤適地の減少といった施設整備を困難にさせる要因が増加していくものと考えられる。本報告が、より効率的かつ効果的な砂防施設整備の一助となることを期待する。

【参考文献】

- 1) 土木材料学 (改訂版), コロナ社, 2000. 5,
- 2) ダムの地質調査, 土木学会, 1961. 10