

サブ谷砂防えん堤(常願寺川)の被災箇所等の対策について

国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所 酒谷幸彦
日本工営(株) ○村松広久, 大西幹夫, 馬場貴志, 森島成昭

1. はじめに

サブ谷砂防えん堤は竣工後 48 年を経過した高さ 23m, 計画流量 1,960^m³/s の重力式粗石コンクリートえん堤であり, 砂礫層を支持地盤としている。平成 17 年 6 月出水等により第 1 副堤や側壁等が被災し, 現在までに災害復旧工事が成されたものの, 再度災害防止のために抜本的な補強対策が必要となっている。本報では被災メカニズムを解明し, 被災原因の特定結果に基づく当面の補強対策方針を策定したので報告する。また, 今後の補強対策の考え方に関し, 当時のサブ谷砂防えん堤の設計手法と現行設計基準との相違点を抽出し, その課題を報告する。

2. 被災等履歴と被災メカニズム

被災箇所を把握し, 被災メカニズムを解明することによって被災原因を特定するため, ①既往資料による被災・補修履歴調査, ②現地調査, ③被災写真判読, ④災害復旧工事業者へのヒアリング調査を実施した。

2.1 被災及び補修の履歴

表-1 にサブ谷砂防えん堤の被災及び補修の履歴を示す。第 1 副堤の基礎洗掘に伴い第 2 副堤を設置するが, その後, 第 2 副堤の基礎洗掘が発生し, 根継工や根固めブロックの設置を行っている。このような被災と補修の経過は一般的であるが, 本えん堤の場合, 第 2 副堤を設置しても再び第 1 副堤の基礎洗掘が発生している点が注目される。これは本堤の落水が十分減勢されず, 第 1 副堤に悪影響が伝播されていることを示唆している。

一方で本堤落水による本堤基礎の直接的な洗掘被害の記録はない。また現地調査及び被災写真判読では, 落水の後方流による本堤下流面の洗出しが認められたものの, 落水に起因する深掘れなどの異常洗掘は認められなかった。

表-1 サブ谷砂防えん堤の被災及び補修の履歴

年 月	被災内容	補修内容
昭和 31 年以降 昭和 35 年竣工	1 副堤基礎洗掘進行	—
昭和 40~41 年	—	1 副堤根継工, 2 副堤新設, 本堤・1 副堤の堤冠部補修
昭和 59 年	2 副堤基礎洗掘	—
昭和 60 年	—	2 副堤腹付根継工, 根固めブロック設置, 本堤・2 副堤の堤冠部補修
昭和 63 年 6 月 ~平成元年	1 副堤基礎決壊 —	— 1 副堤腹付, 根固めブロック設置
平成 17 年 6 月	1 副堤底抜け・根固めブロック流出, 本堤基礎洗掘, 側壁基礎洗掘・背面土砂流出, 2 副堤根固めブロック流出	—

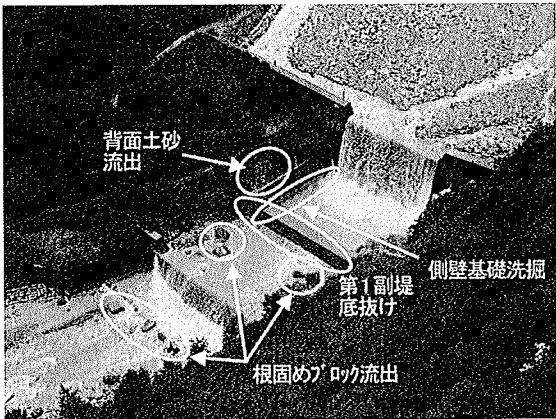


写真-1 平成 17 年 6 月出水による主な被災状況

2.2 被災メカニズムの解明

一般に落差工を設置した場合, 上流側では, 越流時に低下背水が発生し, 流速及び掃流力の増大で河床低下が生じ, 本体との間でさらに局所的な洗掘を生じる。下流側では跳水区間も含めて著しい洗掘が生じるとともに, 落差工上下流の水位差によって揚圧力やパイピング作用が発生する。¹⁾

現地調査, 被災写真判読及び現地測量成果より, 今回の第 1 副堤底抜けは, 本堤落水による河床材の攪乱とともに, 上述落差工の水理現象と同様, 上流側の局所洗掘が異常進行し, 下流側の洗掘に通じた結果と推察される。図-1 に被災過程模式図を示す。本堤及び側壁の基礎洗掘は, 本副堤間の河床低下による勾配形成状況より, 第 1 副堤底抜けによって河床材が流出した結果生じたものと考えられる。

2.3 被災原因の特定

被災履歴, 第 1 副堤周辺部の水理現象及び被災メカニズムの検討結果を踏まえると, 被災の主要な原因は表-2 のように整理される。

表-2 サブ谷砂防えん堤の被災原因

	被災現象	被災要因
1	本堤落水が完全に減勢されず掃流力が助長され, 第 1 副堤上流の河床洗掘が促進された。	本堤の落差が大きく, 本副堤間の距離が短い。 【本副堤間距離 L の経験式係数 1.62】
2		本副堤間に水褥池や水叩きがない。
3	第 1 副堤の基礎洗掘進行, パイピング発生により底抜けた。	第 1 副堤の根入れ (重複高) が不足している。 【重複高 H ₂ の経験式係数 1/4.7】
4		第 1 第 2 副堤間に水褥池や水叩きがない。

注) 本副堤間距離 L の経験式係数の基準値=1.5~2.0
重複高 H₂ の経験式係数の基準値=1/3~1/4

3. 補強対策方針の検討

これまで補修補強は各現場の各種条件に相応して行われてきており、一律的に確立された基準はみられない。本検討では補強対策を行う上で、当時の設計の考え方と現行の基準が異なるため、先ず現行設計基準に照合した補強対策を検討した。特定された被災原因に対処するための対策方針を表-3に示す。本堤は今回、基礎洗掘されたが現状では沈下や滑動等の変状は認められないため、洗掘防止対策を施し、被災施設である副堤の対策を優先するものとした。

表-3 サブ谷砂防えん堤の補強対策方針

対策方針	補強事項
I 本堤の落水の減勢を図る。	・本副堤間距離を長くとり。＜対応①＞ ・本堤からの落差高を低減する。＜対応②＞ ・対応①が地形的に困難であるなら、可能な範囲で長くとりつつ対応②で対処する。→第1副堤の改修
II 第1副堤の底抜けを防止する。	・第2副堤を改修し重複高を十分とる。 ・根入れを十分とる。→第1副堤の改修 ・本堤の落水の減勢工として、水褥池+水叩き工を設置する。 ・下流の洗掘防止のため、水褥池+水叩き工を設置する。
III 本堤の安定を確保する。	・基礎洗掘は、第1副堤の底抜けに起因するものであるため上記対策を優先するが、応急対策として本副堤間の地盤強化を行い洗掘を抑制する。 ・現行設計基準に基づいて滑動抵抗、ミドルサード、支持力を合理的に満足する工法を適用し補強する。

表-4 サブ谷砂防えん堤設計施工当時の設計思想等

設計思想	①砂防工學	砂防堰堤は貯水堰堤と異り、堤底より漏水するも差支なく、又下流溪床の低下に因り底抜けとなる如きは極く稀な例である。〔①砂防工學〕
	②砂防特論	砂防堰堤は貯水堰堤に比し一般に高さ低く、その破壊に因る被害も軽微であるから、堰堤内に多少の應張力を生じしむるも差支へなく、一般に理論上算出したものより小なる断面を用ふ。〔①砂防工學〕
	③建河砂防基準	砂防堰堤は砂礫地盤上に設けられる場合が度々あるが、この際にも揚壓力を考へないのを普通とする。〔①砂防工學〕
	④断面計算資料	出水の際でも、堆積土石の凝集する場合には、土石間に充分に水が浸潤するに至らず、従って理論上の水壓を受けないから、時として土壓のみを受くるものとして設計されることがある。〔①砂防工學〕
安定計算条件	荷重条件	①砂防工學 自重、土圧、水圧、揚壓力 ②砂防特論 自重、土圧、水圧、揚壓力（作用条件・範囲を考慮） ③建河砂防基準 自重、水圧（砂礫含有考慮） ④断面計算資料 自重、土圧（溢流水による過載荷重含む）
	安全率	①砂防工學 ②砂防特論 ③建河砂防基準 ④断面計算資料
		記載なし（1.0となる）

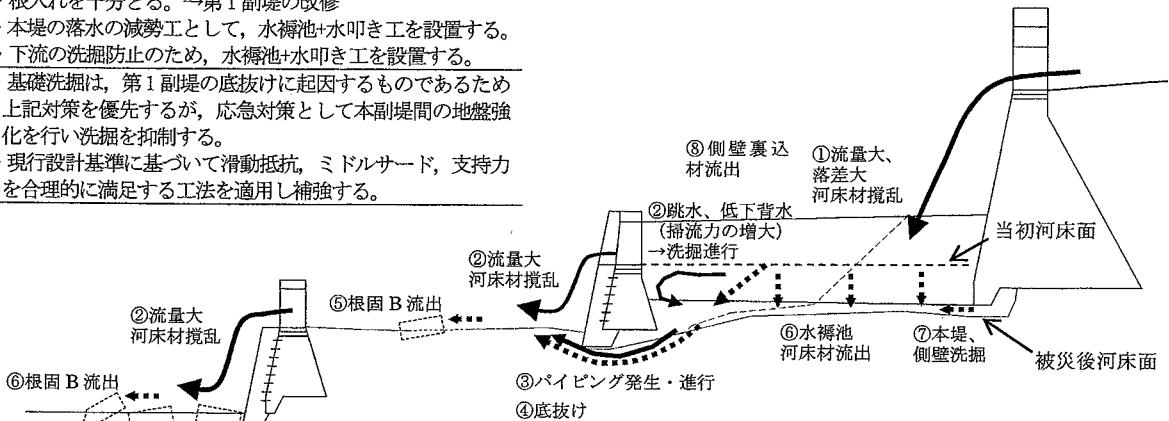


図-1 平成17年6月出水によるサブ谷砂防えん堤の被災過程模式図

4. 当時の設計手法と現行設計基準との相違点

本堤の安定確保に関し、現行設計基準の充足を条件とした場合、大規模改修が必要となる。ここでは、サブ谷砂防えん堤の施工当時どのような設計思想がとられていたのか、また現行設計基準との相違点を以下の文献より抽出した。

■ 昭和27年着工前後の設計思想や技術基準

- ①「砂防工學」蒲 孚, S12.3 初版・S22.10 改訂
- ②「砂防特論」伊吹正紀, S30.11
- ③「建設省河川砂防技術基準」S33.11

■ サブ谷砂防えん堤の断面計算の考察資料

- ④「中部地建における最近の砂防堰堤」廣住富夫, S29.10

表-4に当時の設計思想や安定計算条件を示す。サブ谷えん堤の断面計算考察資料④で水圧を考慮していないのは、常願寺川の年間の流出土砂量の多さと数m程度の築立高（予算工期的制約など）による速やかな堆砂形成及び20箇所近い排水暗渠の設置等を理由としている。⁵⁾

一方、考察資料④を現行のハイダム基準に照らすと、揚壓力、地震時慣性力及び地震時動水圧をはじめとして、水圧も考慮されていないことになる。また安全率も規定されていない。

5. 今後の課題

本堤の安定性を現行設計基準から評価する場合、現状の満砂状態での水圧や砂礫地盤上の揚壓力の作用実態を把握し、それらを加味して計画流量時の荷重状態を想定し、評価する必要がある。

サブ谷砂防えん堤は、土砂流出抑制の緊要性を背景として、先人達の貴重な経験を踏まえた設計思想のもと、所要の荷重条件を設定し設計施工を行っていた。費用を十分かけられない中で効果を早期に発現し、場の安全を確保するためのいわば合理的な思想で施行されていたとも考えられる。近年、計画規模超過現象への対応やライフサイクルコストが議論される中、補強対策においては、満砂していることなど当時と異なる場の条件を適切に把握し、実態に即した荷重条件を調査によって確認する必要がある。さらに現行設計基準と対比しながら維持管理による品質確保や監視観測による異常発生の早期把握・対策実施で場の安全を確保する等、幅広く対応策を検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 床止めの構造設計手引き, (財)国土技術研究センター, 平成10年10月
- 2) 砂防工學, 蒲 孚 著, 昭和22年10月
- 3) 砂防特論, 伊吹正紀 著, 昭和30年11月
- 4) 建設省河川砂防技術基準, (社)日本河川協会, 昭和33年11月
- 5) 中部地建における最近の砂防堰堤, 廣住富夫, 新砂防, 通巻15号, 昭和29年10月