

有形文化財に登録された唐沢砂防堰堤の補強対策検討

国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所 清水孝男, 京極忠司, 石井隼樹
日本工営株式会社 ○三池力, 村松広久, 藤原鉄朗, 藤田昌彦

1. はじめに

荒廃流域における土砂整備向上と施設整備のコスト縮減が求められる中、古くから土砂流出調節機能を担い、流域の安全確保に寄与してきた現役砂防堰堤の機能維持は重要な課題である。一方で現地発生材を用い人力施工で構築された歴史的砂防堰堤が現役機能を有し健全であることは、国際貢献上、我が国の砂防技術をもって現地特性に応じた柔軟な施設整備を考えると非常に心強い。本稿では、築 60 年以上経過し有形文化財に登録された唐沢砂防堰堤を対象として、基本的な砂防堰堤設計手法を用いて安全性を評価し、施設の外観保持を考慮しつつ長寿命化に向けた補強対策を検討したので報告する。

2. 唐沢砂防堰堤の概要

唐沢砂防堰堤は、富士川水系の一級河川釜無川本川上流部の掃流区間に位置し、釜無川本川で最初に着手された砂防堰堤であり、1936 年 10 月 21 日着工、1950 年 8 月 31 日竣工の練石積み粗石コンクリート堰堤である。施工期間を通して、数回にわたって降雨に伴う増水が発生しており、下流域の堰堤などでは被害が生じたが、唐沢砂防堰堤では、施設破損など施工に大きく影響を伴うような被害は発生していない。その後、直上流の堆砂敷にコンクリート造りの唐沢二号砂防堰堤が設置（1961 年 1 月 28 日着工、1962 年 1 月 27 日竣工）されている。

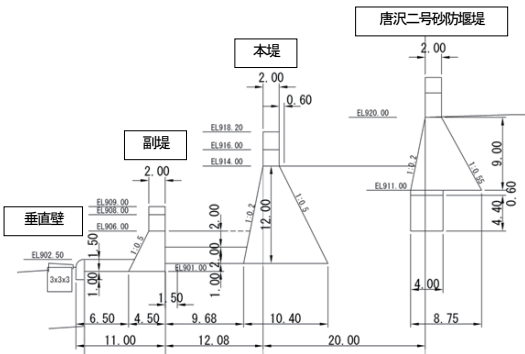


図-1 唐沢砂防堰堤現況側面図

表-1 唐沢砂防堰堤諸元

項目	副堤	本堤	二号砂防堰堤
流域面積(km ²)	60		
計画堆砂量(m ³)	300,000		
元河床勾配	—	1/54.7~1/30.2	1/54.1
計画河床勾配	—	1/50	1/100.2
天端標高(m)	906.0	914.0	920.0
天端幅(m)	2.0	2.0	2.0
高さ(m)	5.0	12.0	9.0
堤長(m)	54.0	110.0	133.0
堰堤構造	練石積み・粗石コンクリート		重力式コンクリート
基礎地盤	砂礫層	砂礫層	砂礫層

表-2 設計定数

項目	採用値	備考
流水の単位体積重量(kN/m ³)	11.77	H<15m
堆砂土の水中単位体積重量(kN/m ³)	8.24	
土圧係数Ce	0.33	
地盤 設計N値	42	砂礫
地盤の単位体積重量(kN/m ³)	20	砂礫
地盤の許容支持力(kN/m ²)	588	岩塊玉石相当
地盤のせん断強度(kN/m ²)	294	岩塊玉石相当
地盤の内部摩擦係数	0.7	岩塊玉石相当
コンクリート単位体積重量 本堤(kN/m ³)	23.4	BV-1より
コンクリート単位体積重量 副堤(kN/m ³)	22.4	BV-2より
コンクリート設計基準強度(N/mm ²)	f'ck 6.6	相関式内挿値
コンクリート設計圧縮強度(N/mm ²)	f'cd 5.07	換算値
コンクリートせん断強度(kN/m ²)	τ c 1,014	f'cd/5
コンクリート許容圧縮応力度(kN/m ²)	σ'ca 1,650	f'ck/4
コンクリート許容曲げ引張応力度(kN/m ²)	σ ca 83	f'ck/80

3. 堤体調査による健全性評価と設計定数

唐沢砂防堰堤の施設変状等を把握するため、現地調査、堤体ボーリング調査（本副堤各 1 孔）、弾性波探査及び堤体材料強度試験を実施し、健全性の評価を行うと共に、設計定数を検討した（表-2）。堤体外観調査の結果、各施設ともに構造的に顕著な変状は見られなかったが、副堤下流の水叩き破損や、垂直壁下流の顕著な洗掘が認められた。堤体は粗石コンクリート構造の不均質な材料で構成されており、単位体積重量はボーリングコアの重量計測により算出した結果、本堤は 23.4kN/m³、副堤は 22.4kN/m³が得られた。

粗石コンクリートは所々空隙が認められるため、粗石部以外のコンクリートコアを空隙割合から「A密実」「Bやや密実」「C密実でない」部分に 3 区分した。C部は本堤、副堤それぞれコア全長の 16%、30%存在した。A、Bのコンクリートコアを用いて一軸圧縮強度試験を実施し、単位体積重量と圧縮強度の相関式を求め、試験実施の困難なCの単位体積重量を内挿し、空隙の多いコンクリートC部の強度を推算した結果、6.6N/mm²が得られた（図-2）。C部は堤体底部にも存在しているため安全側に配慮し、これを設計基準強度として採用した。

弾性波探査を本堤、副堤全体に渡りそれぞれ 8 測線、4 測線実施した結果、平均弾性波速度は約 3,800m/sec で健全なコンクリートの伝播速度に相当し、各測線は速度層はほぼ均一的で低速度部分は認められなかった。堤体ボーリング位置での弾性波速度と他測線での弾性波速度は同様であり、堤体コア観察結果も踏まえ、現状では堤体全体の内部構成材料に大きな劣化はないものと判断した。

4. 施設の安定性評価

調査・試験結果より得られた堤体材料の物性値を用いて、現行設計基

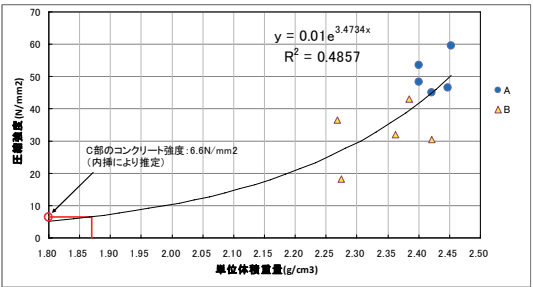


図-2 堤体コンクリートの単位体積重量と圧縮強度の関係

準に照らし、①水通し断面、②堤体安定度、③前庭保護工の安定性照査結果を表-3 に示す。堤体安定度は、現況の満砂時と、洪水時の深掘れを想定した未満砂時において安定計算を行った。また、前庭保護工の本副間距離はアンゲルホルツェル式、重複高は経験式を用い、充足か不足かの照査を行った。

5. 施設の安全性評価

施設の健全性及び安定性評価を踏まえて、唐沢砂防堰堤の安全性評価を行った。本堤及び副堤は登録有形文化財であることを考慮し、水通し断面が不足する本堤・副堤は嵩上げせず越流を許容する代わりに側岸保護対策を計画する等の対策案を検討した（表-4）。

表-3 安定性照査結果

項目		単位	副堤		本堤		二号堰堤	
水通し断面(高さ)		m	2.0 (2.5)	不足 (2.6)	2.0 (2.6)	不足 (2.6)	3.0 (2.6)	充足
堤体安定性	洪水時 (未満砂)	滑動	1.14 (1.20)	不安定	1.48 (1.20)	不安定	1.35 (1.20)	安定
		転倒	2.87 (1.50・3.00)	安定	7.16 (3.46・6.93)	安定	5.79 (2.91・5.83)	安定
		地盤反力 (下流端)	162.9 (588)	安定	477.5 (588)	安定	337.7 (392)	安定
		地盤反力 (上流端)	16.5 (0以上)	安定	-29.2 (0以上)	不安定	5.3 (0以上)	安定
	現況状況 (満砂時)	滑動	1.01 (1.20)	不安定	1.42 (1.20)	安定	1.30 (1.20)	安定
		転倒	3.01 (1.50・3.00)	不安定	6.88 (3.46・6.93)	安定	5.54 (2.91・5.83)	安定
保護工	本副間距離	地盤反力 (下流端)	179.8 (588)	安定	496.8 (588)	安定	345.3 (392)	安定
		地盤反力 (上流端)	-0.4 (0以上)	不安定	8.5 (0以上)	安定	39.6 (0以上)	安定
		重複高さ	8.5 (15.0)	不足	14.0 (18.8)	不足	20.0 (18.1)	充足
		重複高さ	4.0 (3.0・4.0)	不足	4.0 (3.0・4.0)	不足	3.0 (2.3・3.0)	充足

上段:現況値(堤体安定性は計算値)/下段:許容値

表-4 安全性評価結果と対策案

施設	安全性評価結果	補強対策上の課題	課題への対応案	対策工法案
二号堰堤	堤体全体の健全性及び安定性に関して、現状での問題はないものと判断			
本堤	本副間距離が不足	充足する位置に副堤を移設することは現実的に困難	垂直壁下流において堰堤全体としての本副間距離不足を解消	・既設の垂直壁下流に第2垂直壁を新設し、堰堤全体として本副間距離を確保
	水通し断面が不足	袖部嵩上げによる水通し断面の確保は、登録有形文化財上、施設の外観保持に影響が大きい	現況の水通し断面のまま越流を許容し側岸保護対策を図る	・二号堰堤で流向制御された流水に対し袖越流を許容し、側岸侵食の防止を図るため保護工を設置
	未満砂時において堤体が不安定	堤体下流側への腹付け補強は、施設の外観保持に影響が大きい	①堤体上流側へコンクリートを腹付けし、堤体断面を確保 ②現況の満砂状態を維持するため、水叩きコンクリートを打設	・左記2案について比較検討した結果、②水叩きコンクリート構造案を採用
副堤	副堤の水叩きに欠損・損壊が部分的に発生	特になし	特になし	・欠損箇所にに対してコンクリート補修
	副堰堤～垂直壁間距離が不足	本堤～副堤間も不足しており、充足する位置に垂直壁を移設することは現実的に困難	垂直壁下流に第二垂直壁を新設し、下流基礎部の洗掘を防止	・各施設間で必要な本副間距離の積算延長位置に第2垂直壁を新設
	水通し断面の不足	袖部嵩上げによる水通し断面の確保は、登録有形文化財上、施設の外観保持に影響が大きい	水叩き機能の確保 現況の水通し断面のまま越流を許容し側岸保護対策を図る	・護床ブロックを敷設して、水叩き機能を確保 ・上流施設からの流水に対し袖越流を許容し、下流の段丘堆積物の侵食防止として保護工を設置
	未満砂時及び現況堆砂時（満砂時）において堤体が不安定	堰堤下流側への腹付け補強は、施設の外観保持に影響が大きい	堤体上流側へコンクリートを腹付けし、堤体断面を確保	・保護工の構造は外観に馴染む巨石積工 ・既設護岸の基礎洗掘を張りコンクリートで補修補強 ・上流側に腹付けコンクリートを打設

6. 補強対策工法の立案

本堤と副堤は登録有形文化財であることから、施設外観の改変は望ましくないため、外観保持を考慮した補強対策工法について検討を行った（図-3, 4）。

① 堤体安定性不足の対策

本堤、副堤は水通し断面が不足しているものの、嵩上げによる断面確保は登録有形文化財としての外観保持に問題があるため、越流を許容し側岸保護対策を計画した。また、本堤は洪水時（未満砂）に不安定となることから、必要な堤体断面を確保するための堤体上流側への腹付け構造案と、水叩きコンクリートを打設し常時満砂状態とする水叩きコンクリート構造案を検討した。比較検討の結果、経済性、床掘施工安全性および本堤は二号堰堤の副堤の役割があることを考慮し、本堤と二号堰堤間への水叩きコンクリート構造案を採用した。副堤は、満砂状態でも不安定であることから堤体上流側への腹付け構造案を採用した。

② 下流洗掘の対策

現地調査及び本副間距離の照査の結果、減勢不足による垂直壁下流の既設根固めコンクリートブロックの傾動や周辺の洗掘状況を踏まえ、土砂水理現象面から二号堰堤から垂直壁までを一連の施設と見なし、二号堰堤、本堤、副堤それぞれに必要な本副間距離を積算した位置に、河床変動抑制のため第2垂直壁を新設する計画とした。また、既設垂直壁と第2垂直壁間に護床ブロックを敷設する計画とした。

7. おわりに

外観調査、内部構成材料調査及び砂防堰堤設計手法の基本的な観点から歴史的砂防堰堤の安全性を評価し、外観保持を考慮した補強対策を立案した。今後、限られた予算の中で現役砂防施設の確かな長寿命化が必要である。

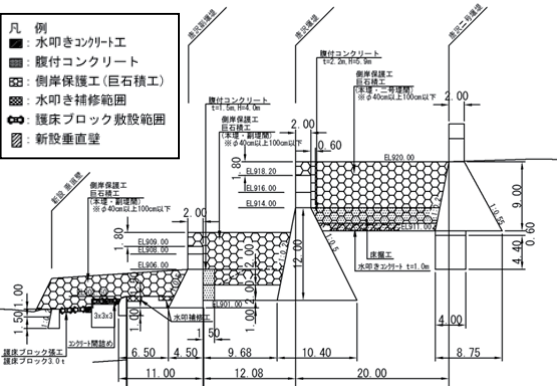


図-3 対策計画側面図(案)

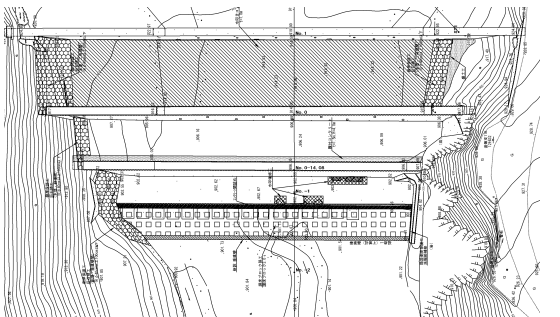


図-4 対策計画平面図(案)