

歴史的練石積砂防施設の安定性検証手法事例について

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所 岡本 敦 石橋 雅子 吉川 敦師
財団法人 砂防フロンティア整備推進機構 吉川 知弘 大矢 幸司 松本 敏

はじめに

多治見砂防国道事務所管内には、施工後 50 年以上経過し、管内の砂防事業の歴史を物語る貴重な歴史的砂防施設が約 40 基現存しており、これらの内 3 基の石積砂防施設は登録有形文化財として登録されている。

これらの歴史的砂防施設は昭和 33 年の「河川砂防技術基準（案）」（以下、「技術基準」と呼称）策定以前のものであり、当時の工学書や技術者の経験や知識に基づいて設計・施工されている。このため、現行の技術基準に照し合せれば必ずしも全て安定条件を満足しているわけではないことから、施設の改良、補修等に合わせて補強等の対策が行われていることが多い。一方で、現行の技術基準における安定性の設計条件は、主として施設完成直後の堆砂が進んでいない状況で設定しているため、設置後 50 年以上が経過した歴史的砂防施設の多くでは、堆砂状況をはじめとする状況等が技術基準で想定している外力条件とは異なっているといった実態がある。

したがって、現存する歴史的砂防施設の効果的、効率的な維持管理・補修を行うために、実測により求められた荷重条件等を用いた適切な安定性検証手法を検討することが必要と考えられる。

本報告は多治見砂防国道事務所管内の一歴史的練石積砂防施設を対象とした、堤体及び堆砂敷の実測値に基づく外力条件と河道特性を踏まえた計算手法による安定性検証の事例について報告するものである。

1. 検証対象施設

検証対象は管内中津川の土石流危険渓流に現存する「正ヶ根第2砂防ダム」である（昭和16年竣工；写真-1）。ダムは堤高14.0m、堤長46m、天端幅2.0m、水通し幅16.0m、上流法勾配4分の施設諸元を有する練石積重力式であり、内部には粗石コンクリートが用いられている。



写真-1 正ヶ根第2砂防ダム

現状で確認される施設変状は、水通し天端部積石の欠落、基礎部積石の崩壊、合端モルタルの流出及び漏水等であるが、施設本体に傾動、沈下等の不安定化の兆候は認められない。このため局部的変状への対応とは別に洪水時、土石流時を対象とした安定性検証手法を検討し、補修・補強の要否判定を行うこととした。

2. 現行基準と歴史的砂防施設の外力条件の相違点（図-1参照）

検討対象施設のような歴史的砂防施設は、竣工後の時間経過により既に上流部が満砂状態となっており、現行技術基準で想定されている施設竣工時点（未堆砂時）とは荷重条件を異にしている。

現行技術基準で重力式コンクリートダムの設計に用いられる荷重条件（洪水時、土石流時）と、歴史的砂防施設の多くで想定される現行技術基準との相違点は以下の通りである。

表-1 想定される荷重条件の主な相違点

荷重条件	想定される相違点
堤体単位体積重量	堤体に粗石コンクリートが用いられているため、一般的なコンクリートよりも単位体積重量が大きくなる可能性がある。
堆砂圧	堆砂・圧密により堆砂圧が増加する一方で、土質強度（ C_u ）の増加が水平分力の減少に寄与する可能性がある。
静水圧	堆砂・圧密により空隙率が減少し、浸透水が少ない可能性がある（堤体へ作用する水圧が小さい）。一方で堆砂物中に連続性の良い不透水層が形成されている場合には局部的に大きな間隙水圧が作用する可能性もある。
揚圧力	粗石コンクリートの空隙の存在（や間隙水圧）等により、堤体を持ち上げる力としては作用しにくい（揚水圧がより小さい）可能性がある。
土石流流体力	上記のような河道特性を有する場合、袖部を除く堤体本体には土石流流体力が作用しないこととなる。袖部への直接的な流体力の作用を防ぐための対策を別途講じることができれば、堤体本体の安定性に関する検討条件とならない。

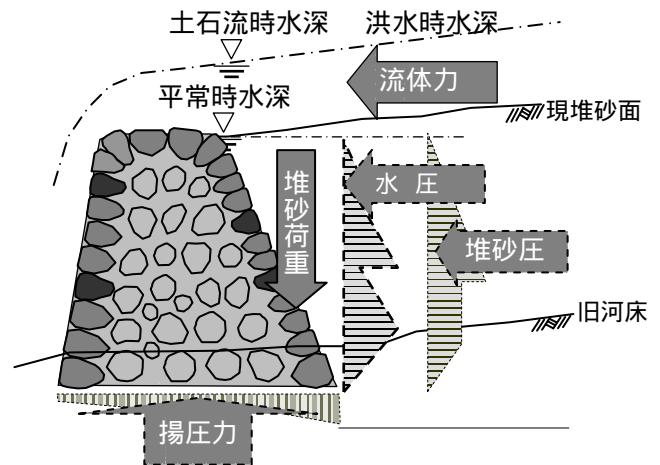


図-1 満砂時の荷重条件概念

また洪水時水深（ ）は現行基準では堰の越流水深を用いているが、天端まで堆砂が進み、水通し断面とほぼ同断面の滲筋が形成されているような条件下では開水路における等流水深として設定することが妥当と考えられる。

なお本検討の対象施設のような堤高15m未満の砂防ダムの設計においては、水の比重を1.2tf/m³として静水圧のみを評価することにより計算を簡略化しているが、ここでは実測値に基づく堆砂圧等に基づき検討を行うことから、堤高15m以上のダム同様の荷重条件の組み合わせを準用して検証を行った。

3. 堤体本体及び堆砂敷調査の結果と安定計算条件の設定

堤体本体及び堆砂敷においてボーリング調査を実施した。荷重条件及びこれに係る堤体、堆砂敷の主な物性値の特性として以下のような結果が得られ、これを反映した安定計算条件の設定を行った（図-2 参照）。

堤体単位体積重量

現行基準の一般値 2.3tf/m³; (22.56kN/m³) 以上の 2.4tf/m³(23.52kN/m³) が得られ、これを採用した。

堆砂圧

堆砂敷の土層は3層に区分され、各層の内部摩擦角は 39° ~ 41°、粘着力 C は 13.6 kN/m² ~ 45.2kN/m² が測定された。このため、堆砂圧は堆砂敷土層毎に粘着力を評価したランキン土圧で設定することとした。

静水圧

上流側堆砂地内の水位は水通し面より低いレベルであったが、堆積物中に不透水層は存在しないことから、洪水時、土石流時には静水圧分布となることが推察される。堆砂物内部に泥水混入を考慮する必要はないと考え、水の比重は 1.0tf/m³ とする。

揚圧力

堤体本体で実施したボーリング孔内に水位が形成されていないことから、堤体下面への揚圧力は作用していないと判断した。

越流水深

洪水時の越流水深は開水路の等流水深1.21mを採用した。土石流時の越流水深は、検証対象堰堤上流域の施設群による砂礫（特に粗礫分）補足効果を評価して算出し、1.97mを採用した。

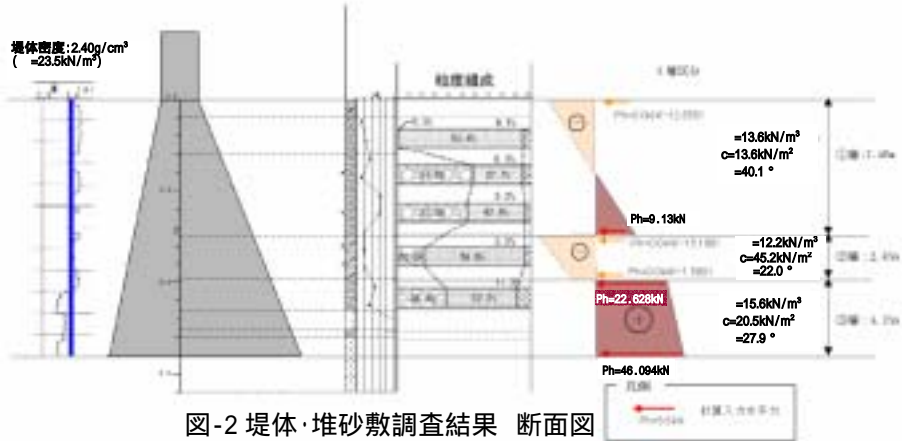


図-2 堤体・堆砂敷調査結果 断面図

4. 堰堤の安定計算の検証結果

堤体本体と堆砂敷土層、及び上流側の河道特性の実態を反映させた外力条件に基づく検証結果を、従来行われてきた現行の技術基準に準拠した検証結果と合わせて表-2 に示す。

現行の技術基準に準拠した検証では洪水時、土石流時共に堤体の安定性に問題がある結果となった。これに対し調査結果に基づいた検証では、洪水時には所定の安定性を満足しており、土石流時でも「転倒」「地盤反力」について若干安定性が不足するものの数値は大幅に改善されており、対象堰堤については局部的な補修以外に大規模な堤体補強を実施する必要性は小さいと判定した。

表-2 安定性検証結果

検証手法	検証条件	諸定数・条件							計算結果									
		水の単位体積重量	堤体の単位体積重量	計算水位 (m)	堆砂土砂			揚圧力	地盤条件	転倒			滑動		地盤反力			
					堆砂状況	空隙率	土層分布			偏心距離	B/6(m)	判定	滑動安全率	判定	最大 (kN/m2)	判定	最小 (kN/m2)	判定
現行基準	洪水時 土石流時	1.2tf/m ³ (11.8kN/m ³)	2.3tf/m ³ (22.5kN/m ³)	越流水深 2.79 土石流時水深 2.68	満砂	0.34	均質1層 (8.23kN/m ³)	考慮しない	岩盤基礎 f=0.7	2.625	1.733	×	3.92	×	722.50		-147.81	×
調査結果に準拠	洪水時 (等流) 土石流時 (通過)	1.0tf/m ³ (9.8kN/m ³)	2.4tf/m ³ (23.52kN/m ³)	等流水深 1.21 土石流時水深 1.97						0.3	3層堆積 ランキン土圧式	0	2.042	1.733	×	5.03		561.75
									1.291	1.733		5.71		511.21		74.76		
									1.890	1.733	×	5.43		568.73		-24.59	×	

5. おわりに

歴史的砂防施設においても通常は補強の要否判断を現行の技術基準に準拠した条件設定によって検証し、その結果、大規模な補強対策を実施する施設も多い。しかし特に歴史的、文化的重要性の高い施設については、施設外観を出来る限り損ねることのない最小限の補修・補強で留めることが望ましい。本件の様に個別の施設現況を反映させた手法による検証を行うことで、より適切な判定・補強対策が図れる可能性がある。このことは、維持補修に要するコスト削減効果の面からも有効な可能性があり、今後こうした手法を適用する施設の選定基準や、補強対策の規模に関する安定性の達成度的な評価の在り方について、検討を進めていく必要があると考えられる。

【参考文献】

- 「改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編[]」（平成9年10月、建設省河川局）
- 「土石流対策技術指針（案）」（平成12年7月、建設省河川局砂防部砂防課）