

砂防堰堤の経年劣化・損傷の傾向に関する考察

長野県建設部砂防課 田中秀基、細川容宏、小笠原和吉
一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 星野和彦、○廣瀬隆浩

1. 序論

長野県が管理する砂防設備は 20,000 施設を超え、その内、砂防堰堤は 3,454 基である。砂防堰堤は土砂災害における減災対策として重要な施設であることから、砂防設備の長寿命化の施策を推進するため、平成 25 年度に長野県が実施した全施設点検資料に基づき、砂防堰堤の経年劣化・損傷の傾向を分析したものである。

なお、平成 25 年度に長野県が実施した点検は、単に目視点検だけでなく、砂防堰堤については天端摩耗、基礎洗掘、ひび割れ、漏水について定量的に観測している。

2. 砂防堰堤の被災事例

砂防堰堤の劣化・損傷の要因分析を行うに際し、参考とした資料は砂防堰堤の損壊被災事例を調査した「土木研究所資料 砂防ダムの災害実態調査（昭和 54 年 6 月）」である。この資料は、砂防堰堤各部の名称と災害形態が取りまとめられており、その結果によると砂防堰堤の被災原因は、前庭保護工（水叩きや基礎洗掘等）が全体の 50%に達し、ひび割れ（1%）、漏水（1%）等は原因の下位に位置している。したがって、致命的な被災原因は「水叩き等の洗掘の進行による基礎洗掘」であるとされており、前庭保護工に劣化・損傷がなければ砂防堰堤の損壊被災の殆どが防止できるとしてよい。

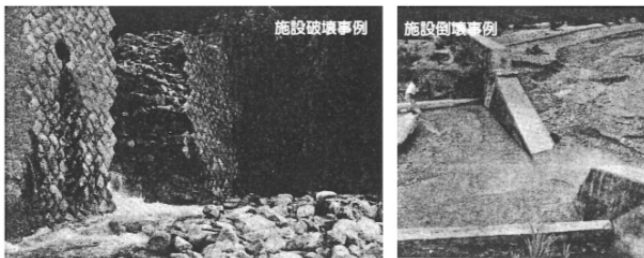


図 1 土木研究所 砂防ダムの災害実態調査（S54.6）

3. 設計基準の変遷と材料技術の変遷

分析と並行して設計基準や材料の変遷についても調査を行った。砂防堰堤は古くから構築されているが、その建設年代ごとに技術基準が存在しており、特に外力の算定に必要な水の単位体積重量はそれぞれの年代の解釈で $1.0 \sim 1.8 \text{ tf/m}^3$ というように変化・適用されている。したがって現行基準によって安定性を単純に比較することは適当ではないが、相対的な安全性について分析するため、同年代の 200 基の砂防堰堤について

現行基準に基づき安定計算を行い、昭和 33 年以前、昭和 51 年以前およびそれ以降の 3 時期で安定性は区分されることを見出した。また、堤体材料のセメントに着目すると、昭和 13 年に普通ポルトランドセメント規格が制定された以降、また昭和 15 年の草案に始まるコンクリート標準示方書、昭和 28 年に制定された生コンクリートの規格等の変遷が存在する。

なかんずく、コンクリートの配合は「容積配合」から「重量配合」へ、そして構造形式として「粗石コンクリート堰堤」から「純コンクリート堰堤」への移行期が存在し、①昭和 35 年に矢野・谷口・谷は、容積配合は 1:2:4（富配合：圧縮強 140 kgf/cm^2 ）、1:3:6（貧配合：大きな応力を受けないマッシブ構造物）、1:4:8（貧配合自重のみマッシブなコンクリート）であるとし、②昭和 44 年、土木研究所伊東は、砂防堰堤コンクリートの標準配合表（案）を提案。③昭和 50 年頃より「現場練コンクリート」から「JIS 規格強度 160 kgf/cm^2 の生コンクリート」が導入され始めた。④砂防堰堤のコンクリートは長い間、骨材寸法とスランプ、強度が仕様で指定されていた等のエポックが存在する。

このことから、建設年代が劣化・損傷に影響があるとの仮説を立て傾向分析を行った。

4. 経年劣化・損傷の分析結果

本篇を記述している時点は、研究を継続している状況なので、細部で修正や訂正が生じると思われるが、掲載した分析結果は執筆時点と理解されたい。

4.1 砂防設備全体の経年劣化損傷傾向

図 2 は、建設年代が確認できた砂防設備について、縦軸に「年別完成設備数」、横軸に「完成年」を示している。その内、黒色に着色した設備は点検による「劣化・損傷」が今回の点検で確認された施設である。特に昭和 55 年以前の砂防設備の劣化・損傷が卓越している傾向が確認できる。

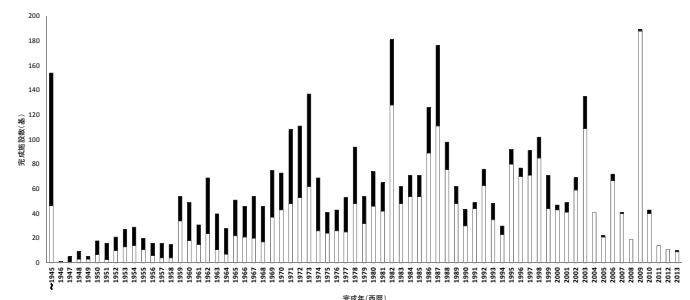


図 2 砂防設備の経年劣化・損傷傾向

4.2 砂防堰堤の経年劣化・損傷の発現傾向

施設点検において、劣化・損傷が発現している状況について「砂防堰堤」を対象として整理した。その結果、ひび割れが多く確認されているが、第2章で論じた砂防堰堤の被災における致命的な洗掘(前庭保護工の損傷や基礎洗掘)は、発現率が低いものの12%存在していることが判明した。

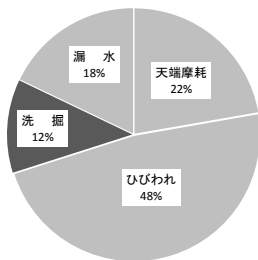


図3 砂防堰堤等の劣化・損傷の状況

4.3 具体的な劣化・損傷項目の発現傾向

(1) 天端摩耗

長期間の流水の摩耗作用や気象作用、堤体材料の劣化により、摩耗が進行している。昭和40年以前に構築した砂防堰堤の摩耗が顕著で、昭和50年以前の砂防堰堤も摩耗の傾向が強い。その原因は堤体材料変遷に影響されていると考えることが合理的である。

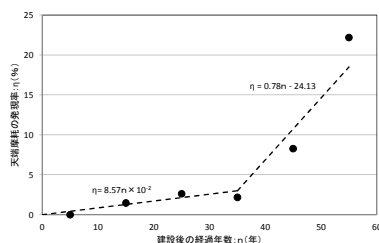


図4 天端摩耗発現の経年変化

(2) ひび割れ

建設後の経年数が長い程、気象作用や堤体材料の劣化により、ひび割れが発現している傾向がある。ひび割れは、安定性に直接影響する構造ひび割れと表面ひび割れのように致命的でないものと区分されるが、点検では、ひび割れの有無と亀裂幅等の観測に限られているので現時点では仕分けすることは困難である。しかしながら、被災事例からして、ひび割れは致命的な要因ではない。

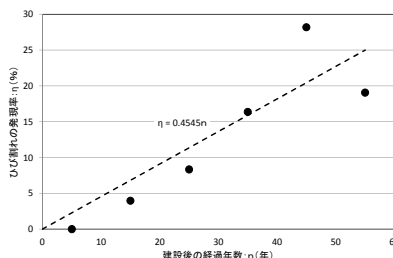


図5 ひび割れ発現の経年変化

また、砂防堰堤が設置されている地点の標高値を一つの指標として整理すると、標高が800mを超えるあたりからひび割れの発現率が高くなる傾向にある。

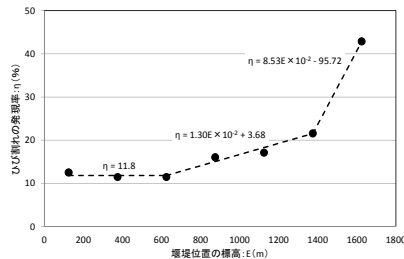


図6 ひび割れ発現と標高との関係

(3) 基礎洗掘

砂防堰堤の損壊に最も影響のある基礎洗掘は、水叩

きコンクリートの劣化や落水や落下砂礫の浸食作用により洗掘が生じやすくなる傾向がある。また、施設の高さが増大するほど洗掘の増大傾向が確認される。ただし、河床変動については今回の点検項目にないため、掃流域堰堤と土石流域堰堤と比較は行っているが、河床縦断等の情報が不足しているため河床変動による洗掘への影響について分析に至っていない。

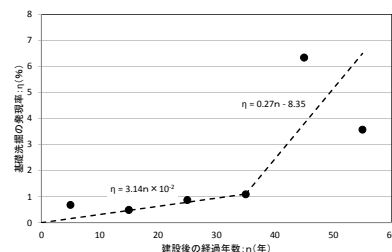


図7 基礎洗掘発現の経年変化

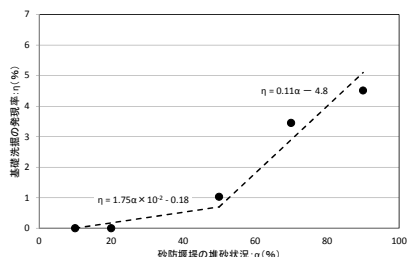


図8 基礎洗掘発現と堆砂率の関係

(4) 漏水

堤体水圧の影響により、漏水が生じやすくなるものと考えられたが、昭和50年以前を境にして漏水の発現率が上昇している。このことは、「粗石コンクリート堰堤」から「純コンクリート堰堤」への構造体の移行や堤体施工法や打継目処理等の影響が考えられる。

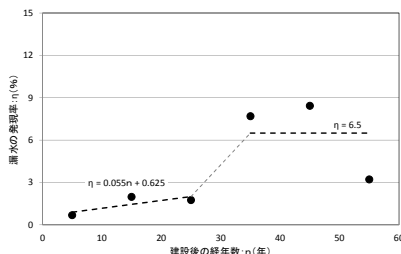


図9 漏水発現の経年変化

5. 結語

長野県は、膨大な砂防設備を抱え永続的で適正な管理を行う目的で、全施設の一斉点検を実施した。この点検情報は貴重な記録であり、本研究を踏まえて今後の巡視点検への改善はもとより、長寿命化を念頭に置いた効率的な改修計画等に取り組む予定である。今回の分析結果や技術や材料の変遷は紙面の関係上多くを割愛したが、このような研究が各方面で実施され、施設管理の着目点が見いだされ、より効率的な砂防設備の維持管理が実施されることを望むものである。

引用文献・参考資料

- ・「土木工学ポケットブック 砂防編」：赤木・蒲共著（昭和11年）
- ・「河川砂防技術基準」：建設省（昭和33年）
- ・「最新土木施工法講座 9 砂防施工法」：矢野・谷口・谷著（昭和35年）
- ・「砂防および地すべり講義集」：土木研究所伊東（昭和44年）
- ・「土木研究所資料 砂防ダムの災害実態調査」（昭和54年6月）
- ・「土木研究所資料 砂防ダムの災害実態調査(2)」（昭和62年4月）