

2 歴史的砂防施設から見た低強度建設材料の適用性

砂防エンジニアリング株式会社 ○桜井一也 中濃耕司
紙永和歌子 鎌田美希

1. はじめに

近年、現地発生材料を有効活用して砂防施設を構築する工法が開発されている。これらの工法の多くでは、使用する材料の目標強度を $3\sim 6\text{N/mm}^2$ に設定している。この目標強度は現状の砂防施設の構築に主材料として用いられてきたコンクリートの設計基準強度($\sigma_{28}=18.0\text{N/mm}^2$)の $1/3\sim 1/6$ と非常に小さい値であり、低強度な建設材料と位置づけることができる。

本報告では、これら低強度建設材料の適用性を歴史的砂防施設の構造から検討するものである。なお、砂防施設には、山腹工、砂防ダム、流路工、地すべり対策工等があるが、本報告の対象は、砂防ダムおよび類似施設とする。また、現在の砂防ダムの原型が確立されたのは、セメントが砂防工事に用いられ始めた大正時代以降であることより、本報告に示す「歴史的施設」とは、明治時代までの砂防施設と位置づけている。

2. 歴史的砂防施設とその機能

江戸時代までの砂防施設は、山腹工の基礎や土砂流出を防止する土砂留が主流であり、木材、自然石や土砂等の天然資材を組合わせたものであった。また、福山藩の「砂留」を除けば、規模の小さく(約 2m程度)、耐用年数も短く大規模出水時に崩壊するものであった。

ここで、福山藩の「砂留」は、図-1~3 に示すように①アースダムタイプ、②ロックフィルダムタイプ、③石堰堤タイプの3種に大別されている。いずれのタイプも土砂の流出防止と貯留を目的としている。また、下流面に大割石を配置することで流水や土圧に対して安定性を図っていることが特徴であり、その効果で旧福山藩内では数多くの「砂留」が現存している。

明治時代に入り、常時流水のある溪流でも、不安定土砂の固定・貯留・調節・山脚固定を目的に図-4 に示すような堰堤工が採用されている。明治時代の堰堤工は、流水箇所を石材(割石、野面石)等で保護し、堰堤工の附属物として捨石工・水叩工が実施していることが特徴である。

以上のように歴史的砂防施設は、山脚固定や不安定土砂

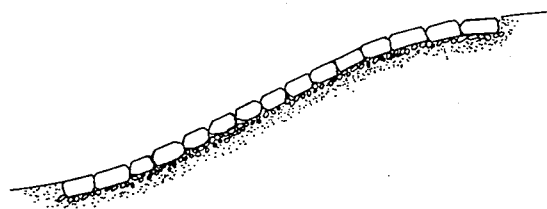


図-1 アースダムタイプの砂留

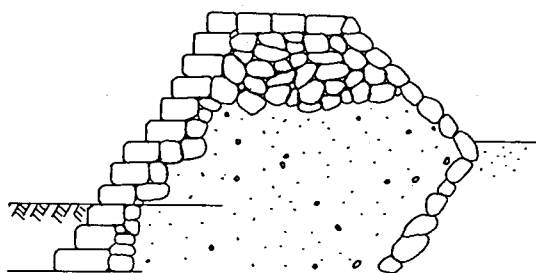


図-2 ロックフィルダムタイプの砂留

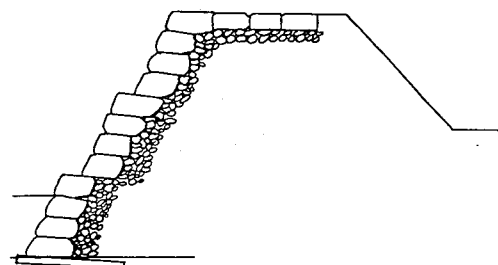


図-3 石堰堤タイプの砂留

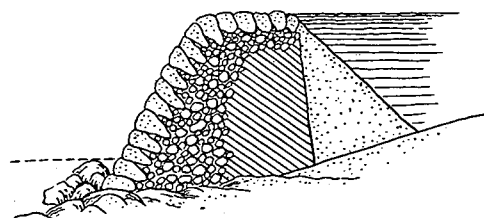
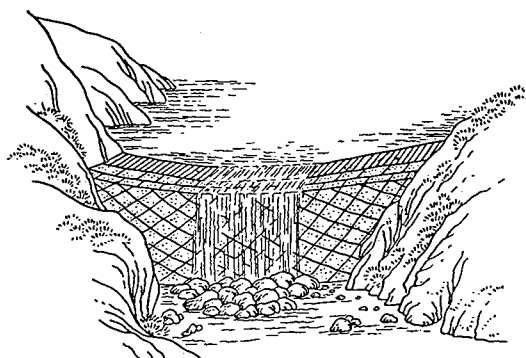


図-4 割石堰堤工

の流出防止を目的とした土砂留であり、現在の砂防ダムに期待する土石流の捕捉等は目的としていないことが大きな特徴と考えられる。また、現存する歴史的砂防施設の構造的特徴をまとめると表-1 のようになる。

表-1 より、現存する歴史的砂防施設は、構造物に作用する水圧や土圧等に対しては土砂材等をマスとして受け持ち、流水等に対しては摩耗・侵食に強い石材を配置して対処していることがわかる。すなわち、要求性能に応じて部位が区分され、これらの部位が一体となり構造物としての機能を発揮しているものと考えられる。

表-1 歴史的砂防施設の構造的特徴

部位区分	材 料	備 考
施設内部	土砂・粘土	粘土は河床砂礫はなく粘性の大きい周辺山地の土
天 端 下流のり面	石 材	摩耗・侵食に優れる材料のり面崩壊の防止

3.砂防ダムの要求性能別部位区分

歴史的砂防施設の構造的特徴、すなわち要求性能毎の部位区分を現在の砂防ダムにおいて行うと図-5 に示すとおりとなる。また、各部位の対象及び要求性能をとりまとめると表-2 のようになる。

土石流の直撃・摩耗を受ける部位、激しい気象作用にさらされる部位、流水により侵食・摩耗作用を受ける部位についてはそれぞれの要求性能に応じた品質が必要であるが、堤体内部についてはマスを維持するために必要な内部応力に対する抵抗性と外力に対するマスとしての重さが重要な品質となる。ここで、内部応力に対する抵抗性は、土砂材を主体とする砂防施設が現存する事実からも小さいものであることが容易に類推できる。従って、低強度建設材料は、適切に部位を選定することで、砂防施設に適用することが可能と考えられる。

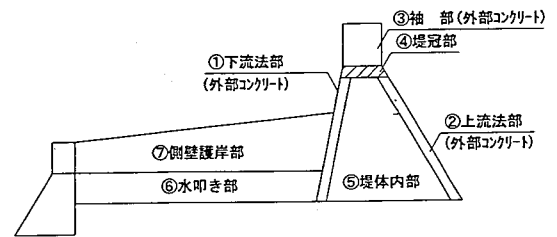


図-5 砂防ダムの要求性能別部位区分図

表-2 砂防ダムの要求性能別部位区分表

部位区分	主 な 要 求 性 能
①下流法部	気象作用に対する耐凍結融解性が必要。のり面勾配を緩くする場合には落下砂礫に対する耐摩耗性も必要。
②上流法部	気象作用に対する耐凍結融解性が必要。
③袖 部	ダム満砂後、土石流等の直撃を受ける部位のため、土石流の衝突や摩耗に対する抵抗性が必要。
④堤冠部	流出砂礫による激しい摩耗作用にさらされる部位のため、十分な耐摩耗性が必要。
⑤堤体内部	外力を直接的に受けないことから、内部応力に対する抵抗性と重量が必要。
⑥水叩き部	落下水及び礫の衝突による耐摩耗性が必要。
⑦水叩き部	主に流水に対する耐侵食性が必要。

4.おわりに

歴史的砂防施設はコンクリートに比べるとはるかに強度の小さい土砂・粘土を主材料として構築されているが、対象現象に対し適切な処理を施しているものは現状でも砂防施設としての機能を維持している。

一方、現地発生材料を有効活用する工法は、現地発生材料とセメントまたはセメントミルクとを混合したもので、歴史的砂防施設の内部材料と比較すると大きな強度を発現する。そのため、現地発生材料を活用した低強度建設材料の砂防施設への活用は可能であるとともに必要断面を小さくできるものと考えられる。ただし、低強度建設材料は耐凍結融解性や耐摩耗性が小さいため、激しい気象作用や摩耗作用にさらされる構造物への適用は十分な検討が必要と考えられる。

【参考文献】1)(社)全国治水砂防協会：「日本砂防史」；石崎書店、2)高梨和行・花房秀俊・松田和男：「福山藩砂留の構造(歴史的背景と構造種類)」，砂防学会誌，Vol.50，No.1，1997、3)富田陽子・溝口昌晴：「伝統的砂防工法の適用について」，砂防学会誌，Vol.52，No.6，2000