

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8

土木研究所資料 第3692号

マイクロフィルム用資料

土木研究所資料

伝統的砂防工法の適用にあたっての考察

平成12年3月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室
砂防部地すべり研究室

Copyright © (2000) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

伝統的砂防工法の適用にあたっての考察

砂防研究室 室 長 南 哲行
地すべり研究室 主任研究員 富田 陽子

要旨

江戸時代から昭和初期にかけて、砂防工事には施工現場周辺で得られる石材、木材、芝等の自然材料を主材料とした工法が多く用いられてきた。このような工法は、コンクリートや鉄材を主材料とする近代的な砂防工法に比べて、材料製造や施工時にかかるエネルギーが少なく、自然環境へ与える負荷を軽減でき、景観の向上にも寄与する。また、砂防工事の実施によって発生する伐採木や掘削土砂を砂防施設の築造に利用する上でも有効な工法であり、現在において過去の工法を活用することは自然環境保全上有効と考えられる。しかし一方で、材料や施工技術の良否による均一性や耐久性のバラツキが大きく、木材や粗朶を使用した場合には時間の経過とともに耐久性は低下し、性能の評価・管理が困難である。そのため、このような工法の採用にあたっては、工種の選定、その設置場所に熟慮を要する。

そこで、過去の砂防工法について、施設の防災効果を文献等から検証し、各工法を採用するのに適切な場所の検討を行った。

キーワード：資源リサイクル、自然材料、環境への負荷軽減、伝統的砂防工法

まえがき

江戸時代から昭和初期にかけて、砂防工事には施工現場周辺で得られる石材、木材、芝等の自然材料を主材料とした工法が多く用いられてきた。このような工法は、コンクリートや鉄材を主材料とする近代的な砂防工法に比べて、材料製造や施工時にかかるエネルギーが少なく、自然環境へ与える負荷を軽減でき、景観の向上にも寄与する。また、砂防工事の実施によって発生する伐採木や掘削土砂を砂防施設に利用するうえでも有効な工法であり、現在において過去の工法を活用することは自然環境保全上有効と考えられる。しかし一方で、材料や施工技術の良否による均一性や耐久性のバラツキが大きく、木材や粗朶を使用した場合には時間の経過とともに耐久性は低下し、性能の評価・管理が困難である。そのため、このような工法の採用にあたっては、工種の選定、その設置場所に熟慮を要する。

過去の砂防工法については、それに関する文献や書籍（たとえば（社）全国治水砂防協会、「日本砂防史」など）がすでに多数存在しており、それらから知識を得ることができる。しかしながら、それら個々の文献・書籍は、砂防工法の変遷の歴史を述べるか特定の工法について個々に言及はしているものの、性能を体系的に比較し整理したのとは必ずしもなっていない。このため、現場担当者が過去の砂防工法の持つ特性を認識し今後現場で活用していく上では、相当数の文献・書籍を整理、検討し体系的にまとめることが必要である。

本書は、江戸時代から昭和初期にかけて多く用いられてきた自然材料を主材料とした砂防工法（以降「伝統的砂防工法」と称する）の防災効果について文献・書籍の記載内容を基に評価し、各工法に適した設置場所の条件について整理したものである。

目 次

1. 砂防工事の変遷	1.
1. 1 変遷にみられる特徴	1.
1. 2 社会情勢にみる変遷	2.
1.2.1.江戸時代	2.
1.2.2.明治時代	3.
1.2.3.大正時代	4.
1.2.4.昭和時代	4.
1. 3 工法・材料の変遷	6.
1.3.1.山腹工	6.
1.3.2.溪流工	8.
1.3.3.工法・材料の変遷の背景背景	9.
2. 伝統的砂防工法の防災効果の検証及び適地の選定	19.
2. 1 防災効果の検証	19.
2. 2 評価のまとめ	20.
3. まとめ	20.
3. 1 山腹基礎工	20.
3.1.1.谷止工	20.
3.1.2.土留工	21.
3.1.3.水路工及び暗渠工	21.
3. 2 山腹緑化工	21.
3.2.1 階段工	21.
3.2.2.斜面被覆工	21.
3.2.3 植栽工	21.
3.2.4 保育工	21.
3. 3 溪流工	22.
3.3.1.堰堤工	22.
3.3.2 護岸工	22.
3.3.3.水制工	22.
4. 伝統的工法の適用例	26.
4. 1 土砂の異常堆積地	26.
4. 2 山火事跡地	26.
4. 3 火山灰堆積地	27.

- 4. 4 縦侵食が懸念される溪流 27.
- 4. 5 砂礫堆の形成による横侵食が懸念される溪流 . . . 28.
- 5. おわりに 29.

巻末資料

伝統的砂防工法資料集

1. 砂防工事の変遷

1. 1 変遷にみられる特徴

砂防工法の変遷については、たとえば（社）全国治水砂防協会による「日本砂防史」¹⁾などでも解説されているが、ここではそれらの図書などを基に体系的にとりまとめた（図-1.1）。また、主な工法について、その変遷過程を図-1.2～1.8に整理した。これらの過程をみると、江戸時代から明治時代にかけては人為による山林の荒廃を対象とした植林を、明治時代後半から現在にかけては自然的荒廃を対象とした堰堤による土砂かん止をそれぞれ主体とする工事が行われてきたことがわかる。また、工事目的も間接的な災害防止からより直接的な災害防止へ、使用材料は現地周辺で採取できるものから工場での大量生産が可能なものへと変遷していることがわかる。これらを表-1.1に整理して示す。

表-1.1 伝統的工法の特徴

	伝統的工法	近代的工法
材料	・現地発生材料（石・土砂）の使用 ・自然素材（藁・粗朶）の使用	・コンクリート・鉄鋼など、人工的にコントロール可能な材料の使用
手法	・発生源対策 ・現地地形に合わせた手法選定 ・小規模（人力施工）	・工種、工法の画一化 ・大規模化（機械化） ・地形の改変
利点	・リサイクル ・環境への負担軽減 ・低コスト	・大量生産可 ・施工が簡単 ・耐久性・強度増大
欠点	・強度が劣る ・人力施工、材料調達から施工規模に限度があった	・大規模な土地の改変 ・環境への負荷大

ただ、ここで対比により優劣を論ずるのは意味がない。どちらもその時代の要請を背景としているのであり、現在の社会的要請からみればどちらにもメリット、デメリットが存在している。これからはメリットはさらなる向上を、デメリットは改良を加えていけばよい。ところで、メリット・デメリットは実際の現場環境によってもその判断は異なる。仮に「建設資材としては自然素材が環境上優位」という一般的な判断があったとしても、そのために新たな掘削や伐採を行うことには十分な検討が必要である。

1. 2 社会情勢にみる変遷

ここでは、砂防工事の変遷（考え方、工法・材料）をそれぞれの時代背景を追いながら整理した。

1.2.1.江戸時代

この時代は商品経済が村落に浸透し、徐々に自給的経済が崩壊し始めた。農民は夜業（農業労働以外の内職）が日常的なものとなり、灯火用燃料（木の根）の需要が増大した²⁾。入会地では山林管理責任者や管理方法が明確でなかったため、木材の乱伐、伐根、緑肥の採取により荒廃が特に進行した³⁾といわれる。

荒廃山地の下流域では恒常的な土砂流出に伴い河床が上昇し、当時の重要な流通手段であった舟運に支障をきたした。洪水被害もさることながら、荒廃山地は当時の人々の日常的生活に影響をもたらしていた。

幕府はこのような状況の改善に向けて次のような施策を行っている。実際の施策は地域ごとに異なっているが、ここでは施策内容を一括した。

行為の禁止	伐根の採取の禁止
	焼畑及び川辺の開墾の禁止
行為の命令	はげ山への苗木の植え付け
工事	表- 1.2 参照

表- 1.2 江戸時代の砂防工法

機能	工法名称
溪流工（堰堤）	石堰堤（「砂留」等）
山腹基礎工	
谷止工	石垣留 築留 石籠留 鎧留
土留工	搔上堤 杭柵留 逆松留 筋粗朶工
山腹緑化工	
伏工（斜面被覆工）	蒔藁工
植栽工	雑木苗植込 筋芝植込 飛芝植込 飛松留 実蒔留

資料：日本砂防史(1981)
各工法の詳細は、巻末資料「伝統的砂防工法資料集」を参照のこと

当初は根の堀取り跡への苗木植栽程度であったが、貞保の頃になると筋芝植込、飛松留、鎧留、石垣留等が用いられるようになり、文化・文政の頃になると谷筋への一時的な設備として逆松留、築留が、次いで耐久性の高い石籠留等が用いられるようになった。

1.2.2 明治時代

明治維新以降、近代文化の輸入と各種産業の発展、これに伴う土木事業の進歩の結果、木材の値上がりによる山林の乱伐がさらに増大し、山野は荒廃の一途をたどった。これに対する政府の対応は次である。

海外（オランダ）からの技術者の招聘
目的：舟運確保を主目的とする改修計画

招聘技術者の一人であったデ・レーケは河川改修における砂防の重要性を説き、彼の意見等により、明治8年京都府下山城国相楽郡において表-1.3に示す工法が採用、施工された。明治10年には木曽川上流において内務省土木局直轄で砂防工事が施工された¹⁾。

表-1.3 デ・レーケが開発したとされる16工種

機能	工法名称
溪流工（護岸工）	芝工護岸
山腹基礎工	芝工堰堤、柵留堰堤
谷止工	土堰堤、土俵留工、割石堰堤
	野面石堰堤、
	土俵留根固工
	筋芝工土堰堤、筋石工土堰堤
土留工	根石垣工
山腹緑化工	柵留連束わら工
階段工	柵留連束柴工、積苗木工
伏工（斜面被覆工）	連束わら網工
植栽工	苗木植付

資料：日本砂防史(1981)

明治14年、15年、18年及び25年、26年に相次いで発生した大水害によって、低水工事を中心とした河川工事に対し批判が生じ、治水事業は徐々に低水工事から洪水防御を主目的とした高水工事へ移行し、明治33年にホフマンを招くなどしてオーストリアの技術が導入され始めた¹⁾。

海外（オーストリア）からの技術者の招聘
目的：洪水防御を目的とする高水工事

明治29年に関東地方を襲った大洪水は土砂によるところが大きかった。このため政府は、明治29年制定の河川法だけでは治水を全うすることができないとして、翌明治30年に森林法とともに砂防法を制定した²⁾。

この頃までに行われていた工事（江戸時代に近畿地方を中心として各藩で行われた工事やオランダ式低水工事）は、主要河川下流域における舟運確保のための河川改修を主目的としたもので、水源域からの恒常的な土砂流出を直接かん止するために、土砂生産源であるとくしゃ地（特に伐採、根の堀取り、焼畑などが繰り返されて人為的に形成されたところ）への植栽が中心のものであった。

1.2.3.大正時代

大正時代に入る頃には、先の高水工事技術の導入とセメントの利用により、規模が大きく強固な設備が築造可能になった。練石積及び粗石コンクリート堰堤による土砂かん止を主体とする工法、今日でいう渓流工事が主体となった。

明治末期から大正時代にかけて、治水のための砂防を全うするために次第に荒廃溪流の修治といった自然荒廃に対する対策に重点がおかれるようになった。さらに、堰堤の築造技術が進歩し、空積堰堤を経てセメントを導入した練石積堰堤が築造されるようになったため、砂防設備の大型化が可能になった³⁾。これらを背景に、堰堤による土砂のかん止を主体とする砂防工事、すなわち貯砂堰堤の築造が大きく進展していった。

貯砂堰堤とは、土砂の流出を一時的に抑制し満砂までの期間に上流側荒廃地の直接復旧を行うために荒廃溪流の出口付近に築造する規模の比較的大きな堰堤である。本来ならば貯砂堰堤はこのような上流崩壊地の直接復旧計画を伴うものであったが、次第に山腹工事は実施されなくなり、堰堤の築造のみが砂防工事の役目となっていった⁴⁾。

1.2.4.昭和時代

（第二次世界大戦以前）

昭和初期には、山腹工は淀川水系や土岐川水系など限られたとくしゃ地で継続されるだけとなり、ほとんどの地域が渓流工事を主体とするようになった⁵⁾。

昭和4年の不況、昭和6～7年の東北地方を中心とする冷害の影響が甚大であったため、昭和7年に「農村救済土木事業」が創設された。これによって砂防事業予算が大幅に増額され、一方で流路工工事が全国で一斉に実施され始めた⁶⁾。

昭和13年、阪神地方に大水害（六甲大水害）が発生し、当時満州事変の最中で軍事上重要であった山陽線の鉄道が切断されたため、復旧が緊急に実施され⁷⁾たが、第二次世界大戦の勃発により、砂防事業は下降線をたどった。

（第二次世界大戦以降）

第二次世界大戦後の山々は、燃料材としての伐採や松根油の採取等によって荒廃を極めていた。来襲した台風により各地では災害が発生し、これに対して大型砂防ダムが次々に建設された。特に河川砂防技術基準が作成された昭和30年代初頭までの期間には、堤体

材料を少なく抑えられるアーチ式、三次元式の砂防ダムが多く築造されている⁹⁾。

昭和41年に山梨県西湖畔（足和田村）で発生した土石流災害を契機として土石流対応の砂防事業が実施されることとなった³⁾。また、昭和40年代以降、高度経済成長に伴って市街地の拡張が進み、地先砂防の重要性が増した。

土木事業関係予算は、戦前は継続予算制度がとられていたが、昭和22年からは単年度予算制度となった。国土保全事業も投資効果によって事業の緊急度等が論じられるようになり、定量的に事業効果を表現することが必要となった。昭和26年、最初の定量的な砂防計画論である「砂防計画樹立に対する構想」が当時の建設省河川局砂防課長名で発表され、昭和32年には「河川砂防技術基準」が制定され、現在の砂防計画に通ずる土砂量及び整備率の考え方が砂防工事に導入された⁴⁾。同基準で砂防ダムの実質的な整備土砂量である調節量が貯砂量の10～20%とされたことは、砂防ダムの大型化の傾向が強まる一因となった。

昭和50年代に入ると、砂防設備に親水機能等の付加価値が求められるようになり、現在までに砂防環境整備事業、水と緑の砂防事業、緑の砂防ゾーン創出事業などが展開されるようになった。

さらに平成7年以降は、「都市山麓グリーンベルト」など、面的・空間的に整備を行い、森林生態系の保全という観点も加味した事業展開が進められている。

1. 3 工法・材料の変遷

砂防工事で用いられてきた工法・材料の変遷を、山腹工、溪流工の2つに大別して整理した。

1.3.1 山腹工

山腹工の工種は、その目的から山腹基礎工と山腹緑化工に大別される⁹⁾。それぞれの代表的な工種は図- 1.9 のとおりである。山腹工がこのような現在のかたちとなった過程を併せて整理した。

山腹基礎工：のり切工等を行った後の堆積土の安定を図るとともに、山腹排水路を設け、雨水による侵食を防止することにより施工対象地を将来林地とするための基礎作りを行う工法

山腹緑化工：施工対象地に直接植生を導入して緑化を図る工法

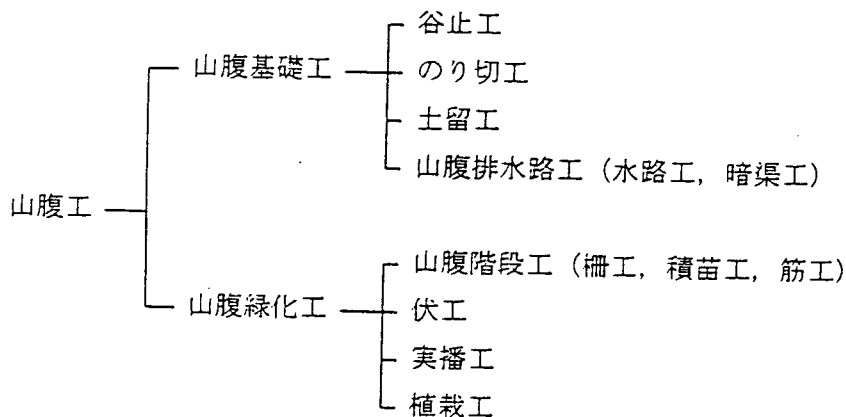


図- 1.9 山腹工の種類

(1) 初期の山腹工（植栽工）

先に述べたように、砂防工事が溪流区間での高水工事を主体とするようになるまでは土砂流出防止工事の主体はとくしゃ地への植栽であった。植栽は江戸時代初期から主に近畿地方の各藩によって実施され、当初根の堀取り跡への苗木や芝の植栽を主体としていたが、その後次第に各種土留工（杭柵留、逆松留等）や、谷止工としての使用に耐える構造物（石籠留等）が開発された。

しかし、当時は基礎工の施工にあたって階段切付け作業が行われておらず、また植生の生育条件の改良（排水路工の設置など）もほとんど行われなかったため、使用材料の腐朽や凍上の影響を受けて基礎工が崩落、苗木が枯死するなどにより芳しい成果は得られなかった。

植栽工の材料には、粗朶、山芝、わら、石など、近隣の山林や農地から容易に入手できる材料が使用され、人力で施工された。この傾向は植生袋、植生マット、コンクリート製品等が導入される昭和30年代頃まで続いた。

(2) 緑化基礎工としての階段工の発達

明治時代に入ると、従来の植栽工とオランダの低水工事技術が融合し、積苗工をはじめとする多種の階段工（緑化基礎工）及び排水路工、及び耐久性の高い石材を利用した谷止工等が開発された。これにより、山腹基礎工によって堆積土砂を安定させ植栽の基礎を作り山腹緑化工によって植生を導入する、といった今日における山腹工のスタイルができあがった。現在も使用されている谷止工、排水路工、階段工の工法の多くはこの時代に考案されたものである。

(3) 伏工（斜面被覆工）の発達と、階段工との融合

昭和20年代以降、それまでの芝張の欠点（ある場所を緑化するために別の場所の緑を剥ぐ、運搬中に芝が崩れる、など）を補い、積極的に種子による緑化を行う植生盤工、植生袋工、積苗工と積苗工の間の斜面を対象としたわら伏工等、多様な斜面被覆工が開発された。その結果、階段工と伏工とを組み合わせることにより植栽と播種の両方の長所が生かせるようになり、とくしゃ地を対象とした山腹工はその形態を整えた。

(4) 二次製品の出現と施工の省力化

昭和30年代以降になると、施工の省力化、経済性や施工速度の追求のため、ブロック盤等のコンクリート二次製品、植生マット、合成樹脂の暗渠等の工業製品が出現した。さらに工法においても、積苗工や従来の筋工のような天然素材や石材を使った構造が徐々に少なくなり、代わってエキスパンドメタルを利用した柵工や機械の使用を前提とした種子吹付工などの工法が開発された。

1.3.2 溪流工

溪流工は、図- 1.10 のように、目的ごとに堰堤工（砂防ダム工、床固工）、護岸工、水制工に大別される。溪流工がこのような現在のかたちとなった過程を併せて整理する。

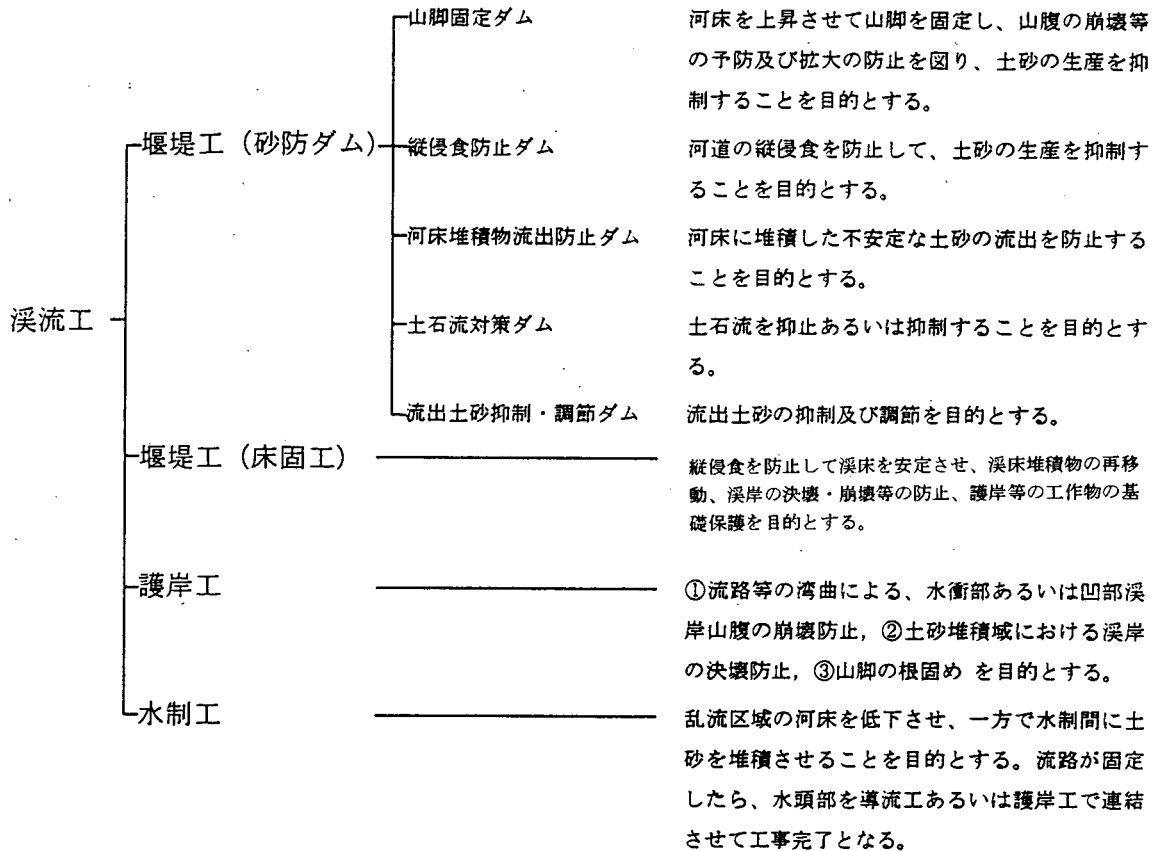


図- 1.10 溪流工の種類と設置目的
(引用文献7)の内容を要約した)

(1) 初期の溪流工

江戸時代、近畿地方を中心にとくしゃ地への植栽が始まった頃は溪流工事はほとんど行われていない。山腹の凹部に設置する谷止工も水通し部が保護されておらず、耐久性の低い施設（築留等）がほとんどであった。上流からの流入土砂による流路変動が著しい河川では、聖牛などの水制工の築造によって流路の固定が図られていた。

福山藩などの一部の地域では、築城技術を利用した砂留（貯砂ダム）が築造された。

(2) 低水工事技術の導入

明治時代に入ると、オランダの低水工事技術が導入され、山脚保護のための護岸工や水制工が登場するとともに、山腹工における谷止工の技術が改良され、空石積堰堤、土

堰堤、木堰堤、柵留堰堤等が開発された。当時の空石積堰堤や土堰堤は、縦侵食防止や土砂礫の貯留という目的のほかに、とくしゃ地に貯水池を造成して水分の蒸発を図り樹木の育成を助成することを目的としていた。そのため堤体には粘土が使用されていた。

溪流工は、時代とともにより高い強度・耐久性が常に求められたため、この時代に開発された工法のほとんどは昭和20年代までに姿を消し、現在では鉄線蛇籠を使用した構造物がわずかに使用されるだけとなっている。

(3) 高水工事技術の導入と強度、耐久性の追求

明治時代末期になると、洪水防御を主目的としたオーストリアの高水技術が導入され、大正時代に入って間もなく使用され始めたコンクリート（粗石コンクリート）により、規模が大きく大規模出水時の外力にも耐えられる施設が築造され始めた。大正5年には最初のコンクリートダムである芦安堰堤が竣工し、ほぼ同時期に練石積の護岸工及び水制工が現れた。

なお、施工技術の進歩とセメント価格の低下とともに空石積堰堤は昭和初期に姿を消したが、空石積護岸工は昭和30年代まで、杵水制は昭和40年代まで建設されていた。

昭和30年代に入ると、非越流部をフィルタイプとした砂防ダムが築造されるなど、建設機械を積極的に導入した省力化施工に重点が置かれる時代となった。昭和32年に制定された河川砂防技術基準（案）によって砂防設備の構造及び設計方法の規格化が図られ、また、コンクリートの配合が従来の容積配合から重量配合へと変わり、所要の強度と耐久性をもった均質なコンクリートが使用できるようになった。

(4) 施工の省力化、経済性、施工性の追求

昭和40年代後半からはコンクリートはほぼ全面的に純コンクリートへと移行した。また、施工の省力化や経済性・施工性を勘案したコンクリート方格杵ダム、コンクリートブロックダム、鋼製ダム、CSG工法などが開発され、現在に至っている。

1.3.3.工法・材料の変遷の背景

(1) 産業構造の変化

戦後の産業別就業者割合の推移をみると（図-1.11）⁹⁾、戦後間もない頃は就業者の約半数は第1次産業に就いていたが、高度経済成長期に入り第1次産業就業者の割合は急速に減少し、昭和40年に入ると半減し、現在は約6%となっている。

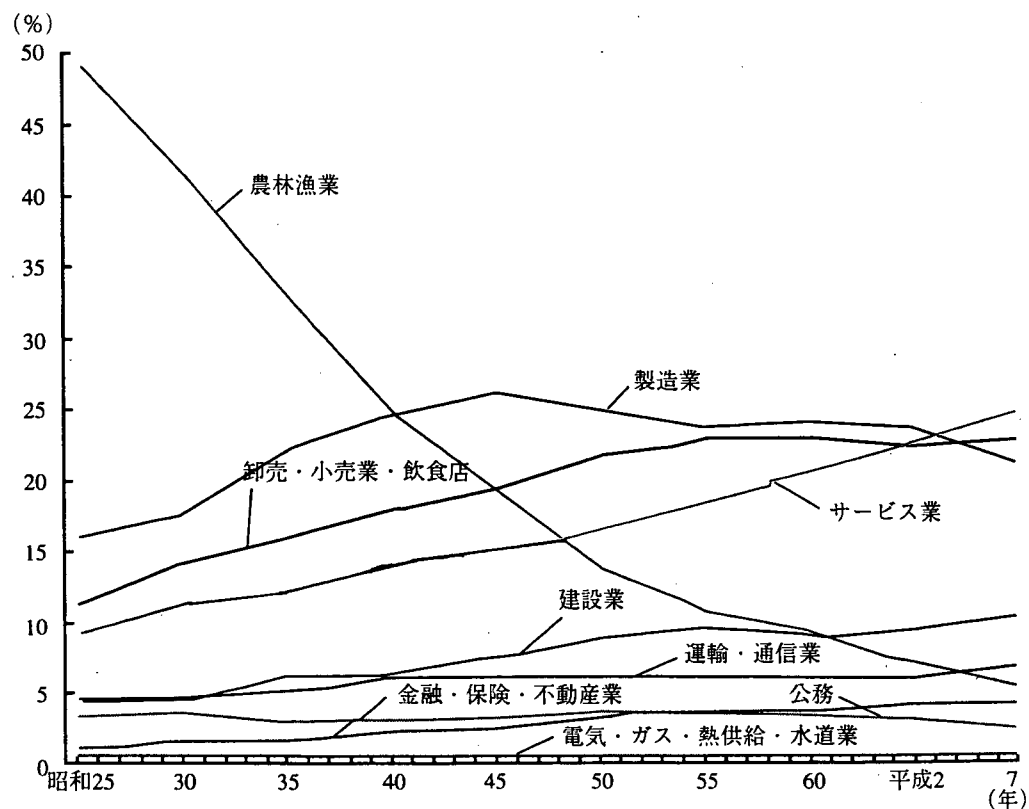
高度経済成長期にはセメントが増産され、砂防工事に使用するコンクリート二次製品や合成樹脂製品等が生産されるようになるとともに、施工にあたっては経済性や省力化が求められるようになった。この時期に第1次産業である農林業従事者が減少し、わら、粗朶、山芝などの自然素材を調達しにくい状況や、石材の需要が減って熟練工が減少す

るなどの現象が発生している。工法・材料の変遷についてみると、強度・耐久性の追求ばかりが影響しているのではなく産業構造の変化がもたらした影響も大きいと考えられる。

(2) 砂防計画の変化

「河川砂防技術基準」が昭和32年に制定される以前は、土砂生産域の砂防工事が概成しない期間について下流河道の横方向の変動を抑えるための予備的工事が実施されることがあった。これは水制工を設置することで横方向の河床変動を抑制し垂直方向の変動を許容する仮設的な砂防設備で、河床変動に追従できるように木枠護岸や杭柵護岸、枠水制などのいわゆる伝統的工法が使用されていた。

「河川砂防技術基準」の制定によって、現在の砂防計画に通ずる土砂量及び整備率の考え方が砂防工事に導入され、「溪流に仮設的な砂防設備を築造する」という考え方が受け入れられなくなっていったことも一つの要因と考えられる。



資料：総務庁「国勢調査」

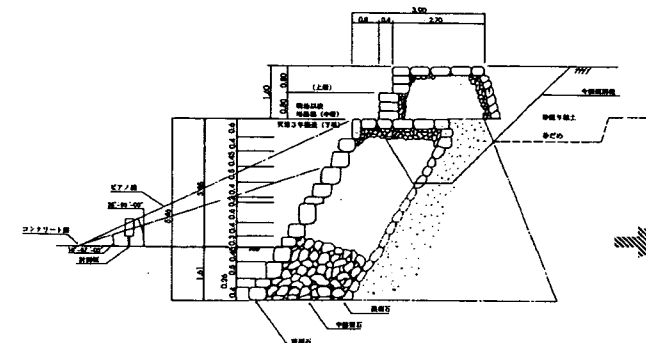
「平成10年版環境白書（総説）」より転載

図-1.11 戦後の我が国の産業別就業者割合の推移^{*)}

年代	社会情勢・主要な災害及び砂防事業	対象とする 場・現象	基準類・主要な技術書	山 腹 工							河 流 工		
				山 腹 基 礎 工			山 腹 緑 化 工				堰 堤 (砂防ダム・床固工等)	護 岸 工	水 制 工
				谷 止 工	土 留 工	排 水 路 工	階 段 工	伏 工(斜面被覆工)	植 栽 工	保 育 工			
江戸時代以前	大同元(806)年 山城国葛野郡大井山の河津伐採禁止。 治水に砂防の目的で森林保護に規制がかけられた最も古い記録。												河川の中下流域(水田が発達するような地域)では、奈良時代から堤出し、杭出し、等の水制工が施工されていた。
江戸時代	天文11(1542)年 武田信玄による釜無川の治水が開始される。												
明治時代	明暦元(1655)年 備前藩の熊沢善山が、岡山周辺の荒山に得費で石巻工等を施工 寛文6(1666)年 幕府による「陸国山川浚之令」(水原山地の草木の掘り取り、焼き畑等の禁止、とくしや地への苗木の植栽) 天和3(1683)年 幕府が畿内河川流域の調査を実施、その後河川堀削の設計による荒廃山地復旧が行われる。 貞享元(1684)年 再び「陸国山川浚之令」発布。 元禄13(1700)年 福山藩(広島県福山市 堂々川)での砂留工事	命運運送を目的とする山腹工中心の治水工事											
大正時代	M.4(1871)年 砂防法6箇条を近畿各府県に通告 M.5~6(1873)年 オランダからデレーケらの技術者が来日 M.6(1873)年 「淀川水原砂防法」制定(砂防法の基礎) M.11(1878)年 淀川、木曾川上流山地で直轄砂防工事を初めて実施 M.14(1881)年 農商務省新設 M.18(1885)年 牛伏川フランス式階段工着工 M.29(1896)年 河川法制定 M.29(1896)年 関東地方を大水害が襲う M.30(1897)年 森林法、砂防法の制定(前年の災害が契機。治水目的、河川法を補完するものとして) M.43(1910)年 台風が関東地方を襲い、荒川、利根川が氾濫 M.44(1911)年 第1次治水計画の決定(前年の災害が契機。)	洪水の防衛を目的とする河川工中心の治水工事	T.8(1919)年 神戸北部 治水及砂防工学 T.15(1926)年 井上清太郎 砂防大要										
昭和時代・現在	S.7(1932) 「農村救済土木事業」の創設(道路工事が全国で実施されはじめる。) S.11(1936)年 釜ヶ淵上流堰堤(最初のアーチ型砂防ダム)竣工 S.13(1938)年 六甲大災害(都市対策砂防の契機) S.16(1941)年 第二次世界大戦勃発(砂防事業は下降線をたどる。) S.21(1946)年 終戦 S.22(1947)年 カスリーン台風(関東、東北、北海道の水害原因) S.23(1948)年 アイオン台風(関東、甲信、東北地方の水害原因) S.23(1948)年 砂防学会発足 S.26(1951)年 ルース台風(鹿児島県の災害原因) S.34(1959)年 伊勢湾台風、8号台風(富士川の災害原因) S.36(1961)年 伊勢谷38年災害 S.40(1965)年 第2次治水五箇年計画(土石流対策事業計画が初めて明確に打ち出される。) S.41(1966)年 山梨県西沢(足和田村)の土石流災害(土石流行政開始。土石流危険渓流全国調査の契機となる。) S.43(1968)年 飛騨川レバ松落事故 S.44(1969)年 急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律 S.49(1974)年 小豆島災害 S.51(1976)年 小豆島災害 S.52(1977)年 砂防設備修繕事業の創設 S.57(1982)年 長崎土石流災害 S.58(1983)年 鳥栖土石流災害 S.59(1984)年 長野県西部地震 御嶽山の山体崩壊 S.63(1988)年 十勝岳の噴火 H.元(1989)年 「火山砂防事業」の創設 H.6(1994)年 雲仙普賢岳噴火に伴う土石流、火砕流災害	洪水の防衛を目的とする河川工中心の治水工事 土石流対策砂防 火山砂防	S.10(1935)年頃 赤木正雄 明治大正日本砂防工事々々續々復元工法論 S.14(1939)年 赤木正雄 渓流及砂防工学 S.32(1957)年 河川砂防技術基準(案) (計画対象土砂量・年平均流送土砂量) S.52(1977)年 河川砂防技術基準(案)改訂 S.60(1985)年 河川砂防技術基準(案)改訂 H.元(1989)年 土石流対策技術指針(案) H.2(1990)年 流水対策指針(案) H.5(1993)年 鋼製砂防構造物設計便覧 H.9(1997)年 河川砂防技術基準改訂										

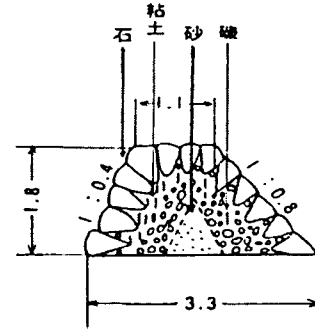
図-1.1 砂防工事と砂防工法の変遷図

石積及びコンクリート堰堤の工法・材料の変遷



① 砂留 (「福山藩の砂留」 p.237 より転載)
(江戸時代の石堰堤 堂々川3番砂留)

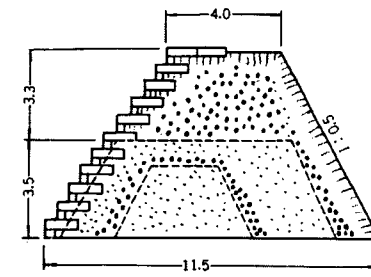
地上3.85mまでが江戸時代に築造された部分であり、その後明治時代に嵩上げされている。下流面に露出する前面石の背後には、栗石が密に中詰めされている。



② 空石積堰堤 (「日本砂防史」 p.768 より転載)
(明治11年度 瀬田川水系)

- 形状
高さ1.8m (1間) 天端幅1.1m (0.6間)
下流のり勾配 1:0.4 上流のり勾配 1:0.8
- 主要材料
野面石: 26% 礫: 62%
粘土: 5% 砂: 7%

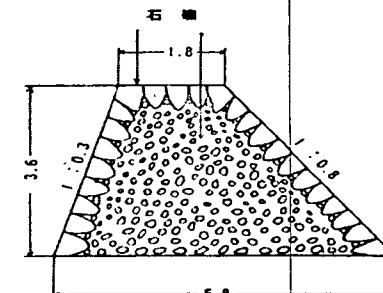
積石には比較的大きな野面石を使用した。当時の石堰堤は、溪床勾配を緩和し縦侵食を防止すること、山脚を固定し兩岸の崩壊を防止し流出土砂を貯留調節すること他に、貯水池を造成して水気の蒸発を図ることで、とくしゃ地に潤沢を与え樹木の生育を助成できると考えられていたため、貯水が可能なように堤体に粘土を使用していた。



③ 鎧堰堤 (「砂防ダム大鑑」 p.303 より転載)
(明治22年度 瀬田川水系)

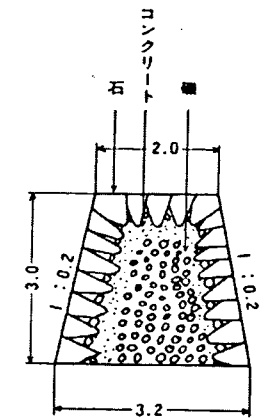
- 形状
高さ6.8m 天端幅4m
上流のり勾配5分
- 主要材料
割石: 10% 礫: 11%
粘土: 56% 砂: 23%

割石は控長約1.2mの布積石で、内部は粘土や礫を詰め込み、突き固めてある。下流のりは階段状で、堤冠からの落水の流速を減じて水叩部の洗掘を防止したと考えられる。粘土を多量に使用した理由は、②の堰堤と同様と考えられる。



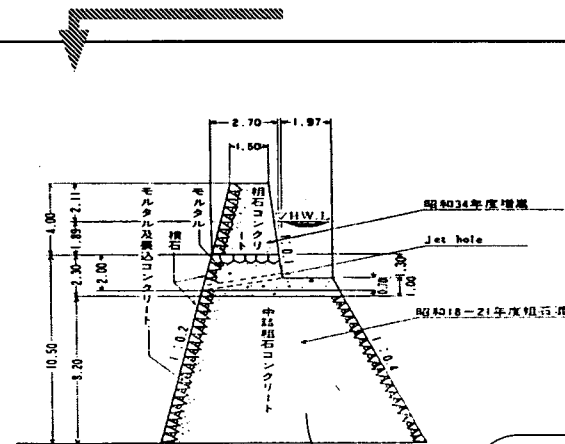
④ 空石積堰堤 (明治43年度 瀬田川水系)

上図のように、上下流面は空石積で、内部は石礫で満たされた構造となっている。



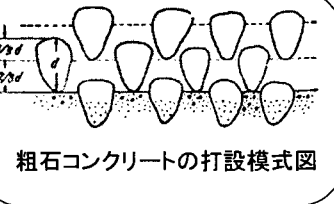
⑤ 混合積堰堤 (「日本砂防史」 p.768 より転載)
(昭和7年度 二本木石堰堤: 瀬田川水系)

上下流のりを2分として、積石の裏込にのみコンクリートを使用した混合積堰堤である。昭和初期までは、石材を利用して強固な砂防設備を築造する工夫が各地でなされていた。兵庫県武庫川等における逆石積堰堤も、この頃築造されたものである。



(「日本砂防史」 p.769 より転載)
⑥ 練石+粗石コンクリート堰堤 (昭和18~34年度 天神川1号堰堤: 瀬田川水系)

中詰めに粗石コンクリートが使用された堰堤である。当ダムの粗石とコンクリートの比率は2:8であった。コンクリート砂防ダムが初めて登場した大正時代から1950年代までは、ダム・床固工をはじめ大部分のコンクリート構造物は玉石コンクリート(粗石コンクリート)で築設されていた。



粗石コンクリートの打設模式図

○ 1950年代

- アーチダム、三次元解法を用いて設計したダムなどの、材料費の経済性を追求したダムが最も多く建設された時期である。
- 練石積から型枠施工へと徐々に移り変わっていった。

○ 1960年代

- 河川砂防技術基準が制定され、標準的な砂防堰堤の設計方法及び構造が示された。
- 施工の機械化、セメントの増産などの要因を受けて、玉石(粗石)コンクリートの有利さが次第に低下した。
- コンクリートは重量配合となり、所要の強度と耐久性をもった均質なコンクリートができるようになった。

○ 1970年代

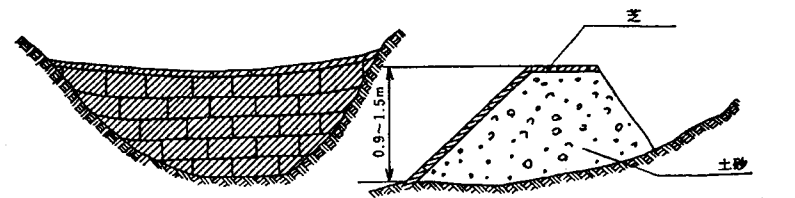
- コンクリートは、ほぼ全面的に純コンクリートへと移行した。

—参考文献—

- ・(社)全国治水砂防協会(1981): 日本砂防史, (株)石崎書店,
- ・(社)全国治水砂防協会(1973): 砂防ダム大鑑, (株)山海堂,
- ・広島県土木部砂防課(1997): 福山藩の砂留—その歴史的背景と構造—,
- ・矢野義男・谷口敏雄・谷 勲(1965): 砂防施工法, 最新土木施工法講座9, (株)山海堂,

図-1.2 石積及びコンクリート堰堤の工法・材料の変遷

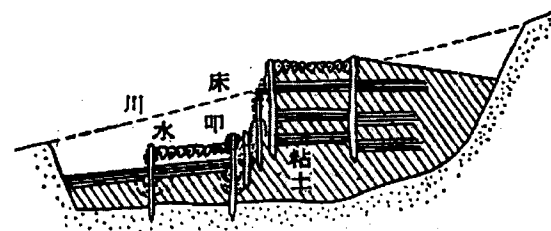
土堰堤の工法・材料の変遷



(「日本砂防史」 p.408 より転載)

① 築留 (江戸時代の土堰堤)

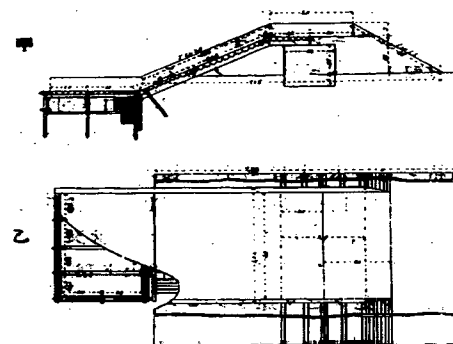
高さ約0.9～1.5mの規模の小さな土堤で、主に斜面凹部の谷止めとして使用された。
土堤の天端及び下流のり部分は張芝で保護されていた。そのため、耐久性は低かった。



(「日本砂防史」 p.445 より転載)

② 柴工堰堤 (明治時代の土堰堤の一種)

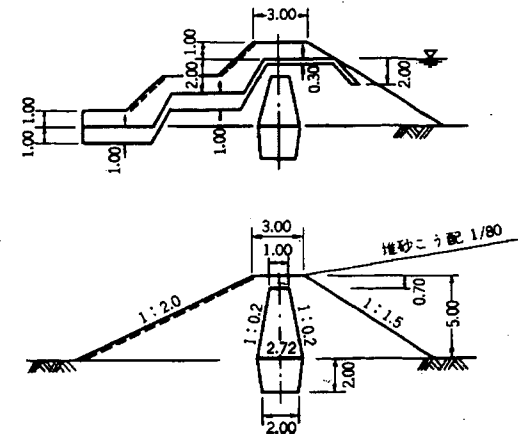
河床勾配が緩やかで石礫に乏しい溪流に、主に床固工として施工された工法である。
粘土と連束柴とを交互に積み重ね水通しだけ石積あるいは粗礫で補強したものである。
材料である連束柴が腐朽する問題点があり、柴工堰堤は明治15年頃までに廃止になった。



(「理水及砂防工学 工事編」 p.201 より転載)

③ フィルタイプ土堰堤 (明治時代? : 愛知県)

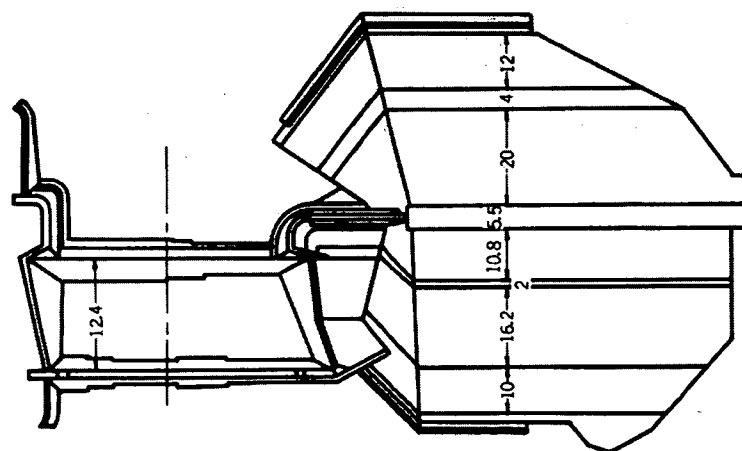
心壁(コア)に粘土を使用し、水通し部を石張りで保護することにより、溪流工としての使用に耐えられるようになったフィルタイプダムである。
水通し部や前庭部が次第に改良され、④に示すフィルダムへと移り変わっていった。



④ フィルタイプ土堰堤 (昭和7～8年度 田口洞堰堤: 愛知県)

主要材料 (「砂防ダム大鑑」 p.481 より転載)

心壁: 良質の粘土と砂・砂利の混合物
上流側: 粘土質土壌
下流側: 粗質土壌
放水路: ラタルコンクリート
※ 救農土木事業の一環として、人力を主体として施工されていた。



(「砂防ダム大鑑」 p.133 より転載)

⑤ 非越流部フィルタイプ堰堤 (昭和27～30年度 鹿角堰堤: 利根川水系)

非越流部のみロックフィルタイプとした砂防ダムである。
従来の人力中心の施工ではなく、機械化による省人化施工によって築造された点に特徴がある。しかし川幅が広く骨材に恵まれているダムサイトは限られているため、その後の袖部をフィルタイプとする砂防ダムの事例は少ない。

⑥ 現地発生土砂とセメントの混合物を使用した堰堤

平成7年以降になると、砂防ダムの築造に、現地発生土砂(粒径調整する場合あり)にセメントを添加し混合した材料を、ブルドーザ等で敷き均し、振動ローラで締め固めて施工するソイルセメント、CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法、INSEM (IN-situ Stabilized Excavated Materials) 工法等が採用されるケースが出てきた。これらの違いを材料面から明確に区分することは難しいが、強度的には、混合する単位セメント量の違いから、INSEM≧CSG≧ソイルセメントの順と位置づけられる。共通する特徴は以下のとおりである。

- ① 現地発生材料を有効に利用できる。
- ② フィル材料に比べ材料の強度強化が図られる。
- ③ 盛土型枠の使用等による省人化施工が可能。

INSEM工法は、現場発生土の搬出をなくするという発想から生まれた工法であるが、セメント、土砂、水を現地で攪拌したものを、3t級の振動ローラーで転圧して施工できるため、狭隘な地形の施工現場にも適している。

なお、床堀りの省力化工法としては、型枠を使わずに現地盤の砂礫層を直接セメントミルクと攪拌混合し、基礎構造物を築造するISM (In Situ Mixing) 工法がある。

【現地発生土砂を利用した工法の施工事例】

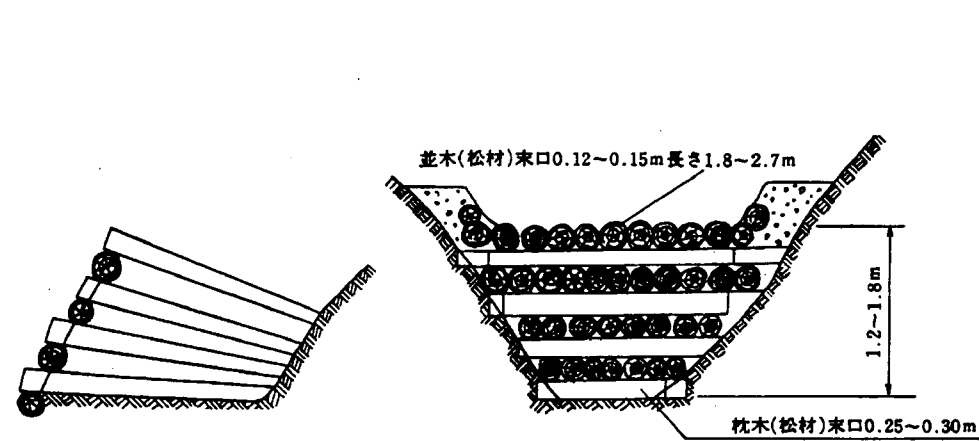
- ・住吉川西滝ヶ谷床固工群 (六甲砂防工事事務所)
(現場発生土の現場への定置を主目的としたINSEM工法を採用)
- ・水無川1号砂防ダム (雲仙復興工事事務所)
(袖部に、省人化施工、施工期間の短縮、堆積土砂の有効利用を目的としたCSG工法を採用)
- ・餌掛谷上流第3号、第4号砂防ダム (神通川水系砂防工事事務所)
(床堀りと基礎構造物築造の省力化を主目的としたISM工法を採用)

一参考文献一

- ・(社)全国治水砂防協会 (1981): 日本砂防史, (株)石崎書店,
- ・(社)全国治水砂防協会 (1973): 砂防ダム大鑑, (株)山海堂,
- ・諸戸北郎 (1917): 理水及砂防工学 工事編, 三浦書店,
- ・友松靖夫・大野宏之・田畑茂清・牧田一男・山下勝・富田陽子・坂場義男 (1998): 現場発生土をその場に固化、定着させるINSEM工法の考案とその力学的特性, 新砂防, V01.50, No.6, pp.17-24
- ・雲仙復興工事事務所: 水無川1号砂防ダム RCC工法とCSG工法の概要 (パンフレット)
- ・砂防広報センター (1997): 月刊メディア砂防, No.162, pp.4-9

図-1.3 土堰堤の工法・材料の変遷

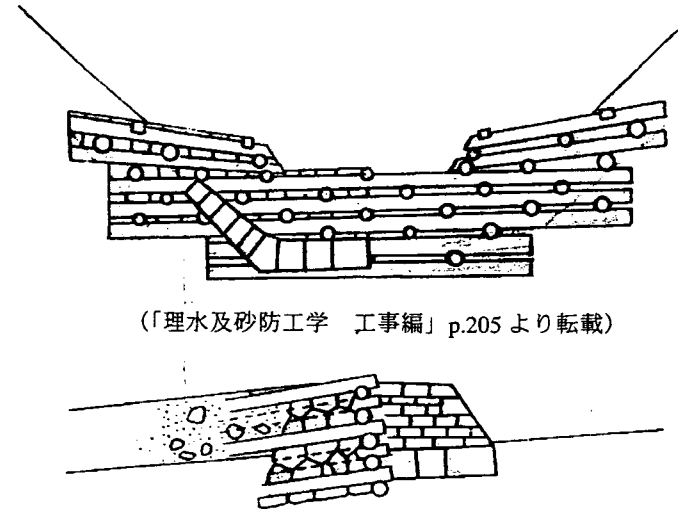
杵堰堤の工法・材料の変遷



(「日本砂防史」p.408より転載)

① 籠留(江戸時代の木堰堤)

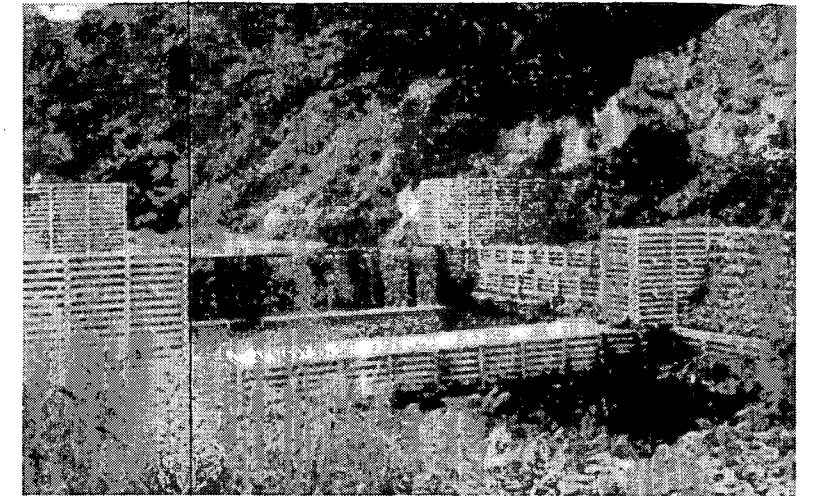
本工法は、土砂による中詰めを行わない初期の木製杵堰堤で、谷止工として使用されたものである。
材料は、マツの丸太で、耐久性は8~9年程度であったとされている。



(出典不明)

② 木堰堤(明治時代~昭和20年代頃)

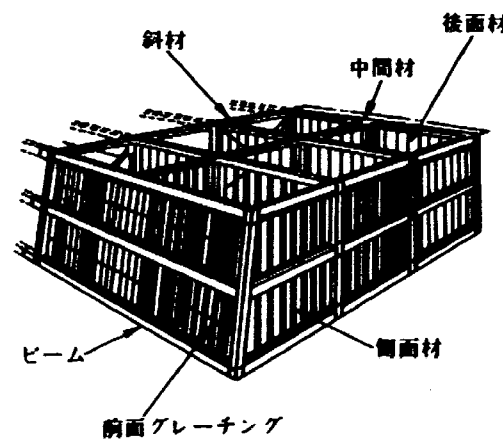
丸太材を井桁状に積み重ね、井桁内部に石礫を詰めた堰堤で、主に谷止工として使用された。施工はほぼ全て人力で行われたと推察される。
耐久性の問題があり、明治末期にはほとんど施工されなくなったが、昭和20年代頃までは、災害後の応急復旧時の溪床堆積土砂の拌止を目的とした一時的な構造物として、築造されることがあった。



(「日本砂防史」p.469より転載)

③ コンクリート方格杵堰堤(昭和45(1970)年 沼の台第1堰堤:最上川)

耐久性が低いという木材の欠点を克服するため、昭和10年代頃から外国における鉄筋コンクリート杵堰堤が紹介されていたが、実際には昭和40年代以降になってから築造されはじめた。杵構造の堰堤は透水性が良く、側圧への耐性が高いので、主に地すべり地に施工された。
施工は、方格杵を重ね合わせ、その中に詰石を詰め、方格杵同志を鉄筋で連結して行われる。



(「砂防学講座第5巻-2」p.77より転載)

④ 鋼製杵ダム(昭和50年代~)

形鋼や鋼管で形成されたフレーム(杵)の各面を、L形鋼、平鋼、棒鋼などでスクリーン状にカバーして、中に割石を充填する工法で、従来の杵工を鋼製化したものである。

○鋼製杵構造の特徴

- ・木材やコンクリート製品に比べて大型化しやすい
- ・強度が高く、柔軟性に富んだ継手とすることができる
- ・透水性が高く、側圧や沈下に追従する
- ・人力中心でも施工できる

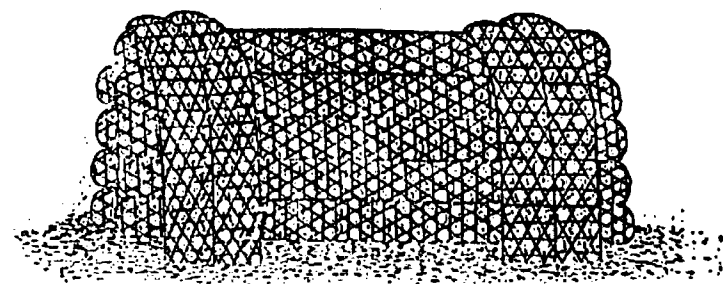
上記特徴を受け、主に地すべり地や大型機械が進入できない箇所施工されている。

—参考文献—

- ・(社)全国治水砂防協会(1981):日本砂防史,(株)石崎書店,
- ・諸戸北郎(1917):理水及砂防工学 工事編,三浦書店,
- ・遠藤隆一(1958):砂防工学,共立出版(株),
- ・赤木正雄(1939):溪流及砂防工学,アルス土木工学大講座・12,アルス,
- ・(社)全国治水砂防協会(1973):砂防ダム大鑑,(株)山海堂,
- ・鋼製砂防構造物委員会編(1993):鋼製砂防構造物設計便覧,(財)砂防・地すべり技術センター,
- ・(社)砂防学会(1993):砂防学講座 第5巻-2 土砂災害対策-水系砂防(2)-,(株)山海堂,

図-1.4 杵堰堤の工法・材料の変遷

蛇籠堰堤の工法・材料の変遷

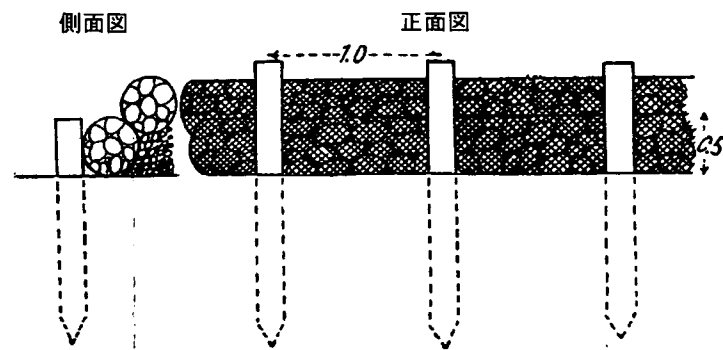


(「日本砂防史」 p.409 より転載)

① 石籠留(江戸時代)

蛇籠の材料として竹を使用した初期の蛇籠堰堤である。時間の経過とともに竹が腐朽するため、耐用年数は数年程度であった。

図に示すように蛇籠を数段積んで杭で打ち止め、さらに両端を蛇籠で巻きおさえる構造になっている。



(「諸戸砂防工学」 p.272 より転載)

② 鉄線蛇籠堰堤(明治時代～昭和30年代頃まで)

蛇籠及び堰堤の構造は江戸時代に用いられていたものとほぼ同じであり、蛇籠の材料として鉄線が使用されたものである。鉄線の使用によって耐久性が飛躍的に向上した。

本工法は、比較的堤高の低い谷止工や床固工としての利用が多かったが、山腹工の減少とともに小規模な堰堤や床固工が施工されなくなったため、昭和30年代頃を境に徐々に施工されなくなった。

蛇籠自体は、護岸工等に現在でも使用されている。



(「諸戸砂防工学」 p.273 より転載)

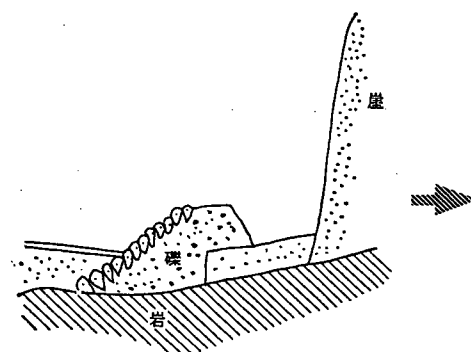
—参考文献—

- ・ (社)全国治水砂防協会 (1981) : 日本砂防史, (株)石崎書店,
- ・ 諸戸北郎 (1938) : 諸戸砂防工学, 成美堂書店,

図-1.5 蛇籠堰堤の工法・材料の変遷

護岸工の工法・材料の変遷

【石積(石張)護岸工の変遷】

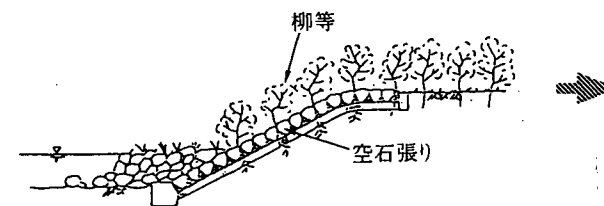


(「日本砂防史」p.444より転載)

①石工護岸～空石積護岸工
(明治8年～石工護岸は明治25年頃まで。)

デレーケが明治8年に不動川にて試験施工した護岸工である。

当初は主に山脚保護を目的として、山脚から若干距離を空け、洪水時に埋没しない高さまで石礫で堤防を築き、表面に石積みして施工された。しかしその後適用範囲が広がり、築堤を伴わない石積護岸工へと発展した。

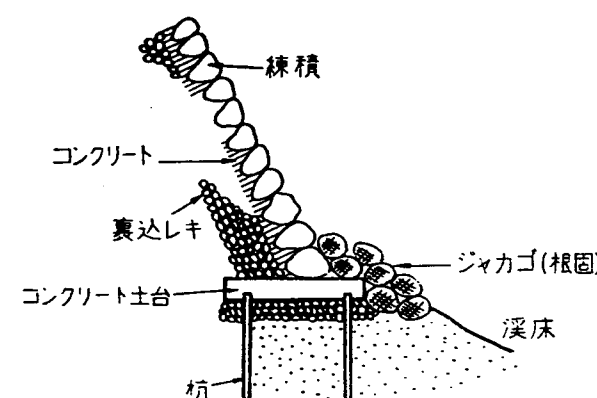


(「河川砂防技術基準(案)設計編Ⅰ」p.34より転載)

②空石積(空石張)護岸工(図:空石張護岸工)
(明治時代～昭和初期)

上記の時代には、比較的急な溪岸を整形し、胴込めにコンクリートを用いずに雑割石を積む「空石積」、緩勾配な溪岸を整形し、雑割石を張る「空石張」護岸工が主に施工された。空石積護岸工の基礎部には、木材による梯子土台等が用いられた。

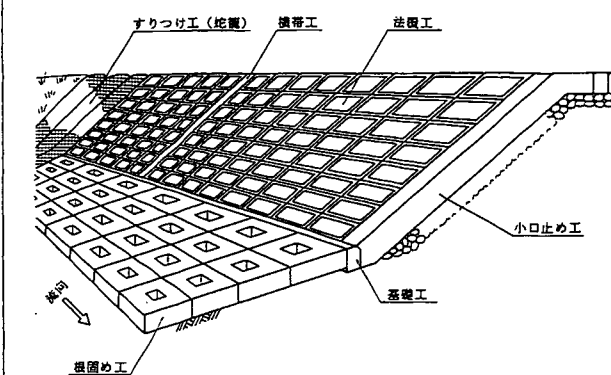
空石積護岸工は、石積み技術の改良に伴い、昭和20年代頃まで施工された。



(「森林防災科学」p.138より転載)

③練石積(練石張)護岸工(図:練石積護岸工)
(大正6年頃～)

耐久性を向上させるため、従来空石積(空石張)で施工されてきた工法の胴込めに、コンクリートが使用されるようになった。さらに、基礎部も次第にコンクリート土台が使用されるようになった。



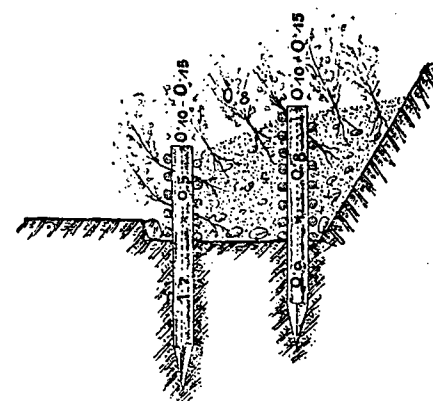
(「護岸の力学設計法」p.1-11より転載)

④コンクリートブロック護岸工
(昭和30年～)

昭和30年代に入ると、コンクリートの普及、石工の不足といった社会背景と、経済性が追求されるようになったことにより、省力化施工が可能なコンクリートブロック護岸工が主流となり、石材はあまり使用されなくなった。

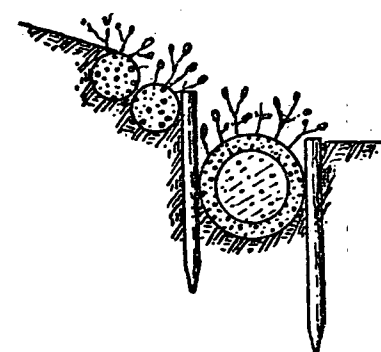
【植生の復旧による土砂扞止効果を目的とした護岸工の変遷】

明治時代から昭和20年代頃までの間、柳の粗朶等を使用し、これらの萌芽・定着により溪岸の土砂扞止を期待する工法が砂防工事に使用された。



○編柵護岸工
(明治中期～昭和20年代頃)

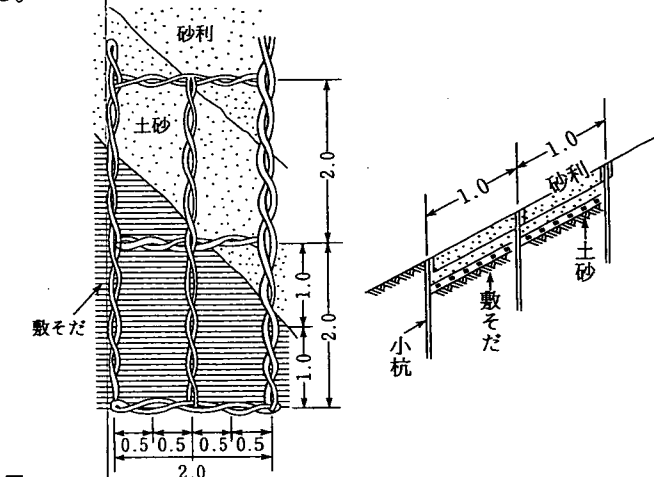
丸太杭を60cm程度の間隔で打ち込み、これに柳等の粗朶を用いて柵を掻いたものである。



○粗朶束護岸工
(明治中期～昭和20年代頃)

河床を床掘りし、柳等の粗朶を束ねた粗朶束を設置し、その一部が露出する程度まで埋め戻した後、両岸或いは中央に杭を打ち込み固定したものである。

昭和30年代に入ると、護岸工に永続的な効果が期待されるようになり、砂防工事では植生の定着により溪岸の土砂扞止を期待する工法は使用されなくなった。ただし河川工事では、柳枝護岸工等が護岸のり面の被覆を目的として現在でも使用されている。



○柳枝護岸工
(明治中期～昭和20年代頃)

護岸のり面に粗朶で1m×2m程度の柵をつくり、その中に土砂・砂利を敷き詰め、粗朶からの萌芽によって植生を定着させることで、護岸のり面の保護効果を期待する工法である。

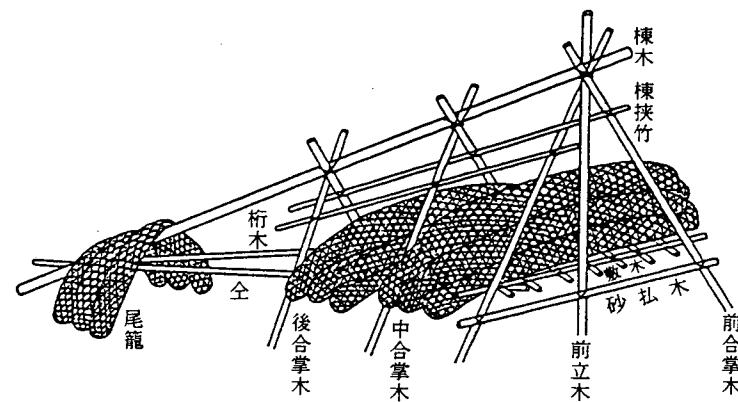
—参考文献—

・(社)全国治水砂防協会(1981):日本砂防史,(株)石崎書店,
・飯塚肇(1958):森林防災工学,森北出版(株),
・諸戸北郎(1938):諸戸砂防工学,成美堂書店,

・(財)経済調査会;標準工事歩掛要覧,1996
・(財)国土開発技術研究センター;護岸の力学設計法,1997
・建設省河川局監修(1997);河川砂防技術基準(案)設計編Ⅰ,(株)山海堂,
・柿徳市(1941);治水砂防工学,土木技術社,

図-1.6 護岸工の工法・材料の変遷

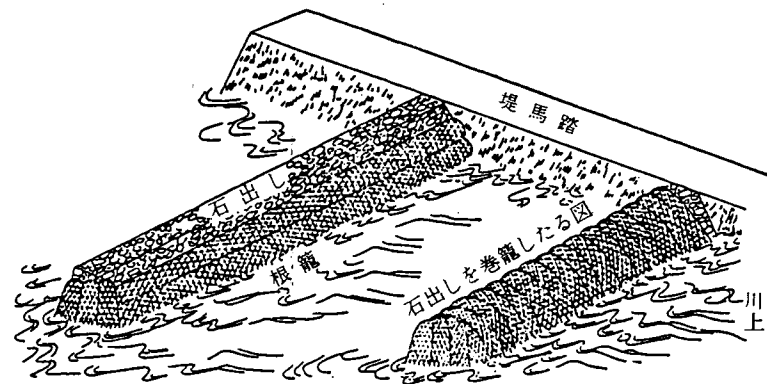
水制工の工法・材料の変遷



(「日本の水制」 p.33 より転載)

① 大聖牛(だいせいぎゅう)
(戦国時代～江戸時代 富士川、天竜川など)

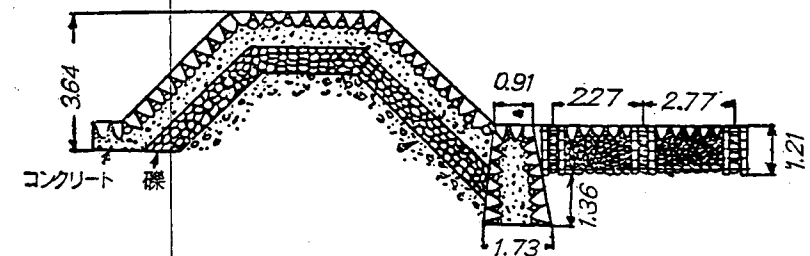
戦国時代～江戸時代にかけては水制工として牛工、籠出し(竹蛇籠による水制工)、石出し(右図参照)等が施工された。
上図の大聖牛は牛工の一種であり、武田信玄の発明とされる。牛工はこのほか棚牛(たなうし)、菱牛(ひしうし)、笈牛(おうし)等が施工された。



(「日本の水制」 p.29 より転載)

② 石出し
(江戸～明治時代)

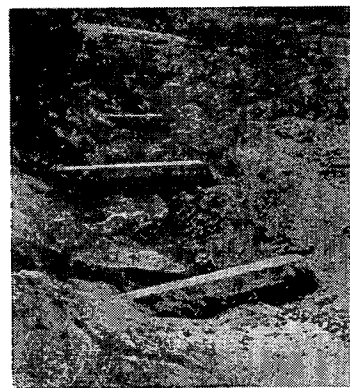
石積(空石積)水制工の一種である。上図のように蛇籠を上部に巻き付けて補強して効果の向上が図られた。



(「渓流及砂防工学」 p.288 より転載)

③ 混合積水制工
(山梨県笛吹川支川日川水制工事 大正3年～昭和4年)

内部は空石積みであるが、特に強度が求められる水制工頭部については一定の厚さで粗石コンクリートで覆うものである。
上図に示す日川水制工は当初根固め部に木工沈床を設置していたが、洪水時に破壊したため、粗石コンクリート根固工を新たに設置し、その前面は方格枠で補強したものである。



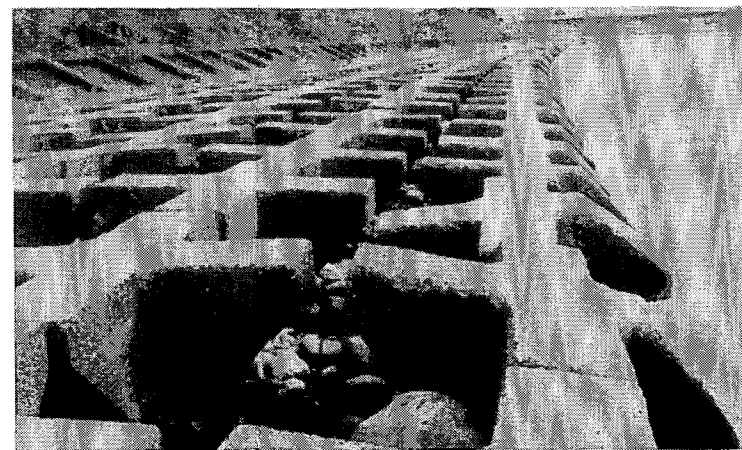
(「治水砂防工学」 p.251 より転載)

④ コンクリート水制工
(昭和20～30年頃 宮城県江合川支鳴子川)

コンクリートの普及・品質の向上に伴い、コンクリート水制工が主流となった。

※床固工への改築
(昭和初期～30年頃?)

当時は、上流域で土砂生産源対策を実施している間、下流域にて河道安定化のために水制工を施工することがあった。上流部での砂防工事の進捗に伴い上昇していた河床が低下し水制工の安定が損なわれる恐れが生じた場合は、両岸の水制工を連結して床固工へ改築することが行われた。(資料:柿,伊吹)



⑤ 異形コンクリートブロックによる根固工(写真は十字ブロック)
(写真は昭和50年 利根川の事例) (「日本の水制」 p.353 より転載)

昭和30年代に入り、河岸の局所洗掘対策を容易かつ安価に行うことが求められるようになり、コンクリート水制工に変わって異形コンクリートブロックを使用した護岸根固め工が施工されるようになった。

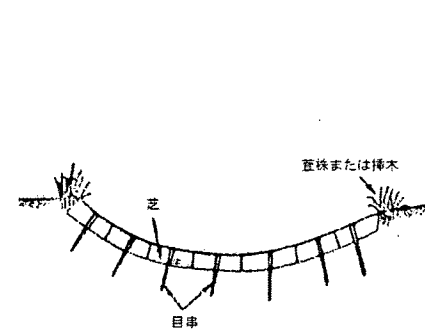
護岸工(根固)への移行

—参考文献—

- ・山本晃一 (1996): 日本の水制, (株)山海堂,
- ・柿徳市 (1941): 治水砂防工学, 土木技術社,
- ・諸戸北郎 (1917): 理水及砂防工学 工事編, 三浦書店,
- ・野口陽一ら (1969): 砂防工学, 朝倉書店,

図-1.7 水制工の工法・材料の変遷

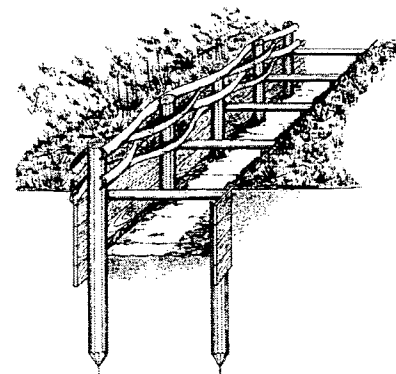
水路工(開渠工)の工法・材料の変遷



(「渓流及砂防工学」p.339より転載)

① 張芝水路工(明治30年頃～)

山腹凹部に芝を張り。山腹斜面を表面水を安全に流下させて斜面の縦侵食を防止する工法である。張芝のみのため耐久性は低い。



(「宅地造成仮設防災工法実例集」p.166より転載)

② 編簾水路工、板簾水路工(明治30年～)

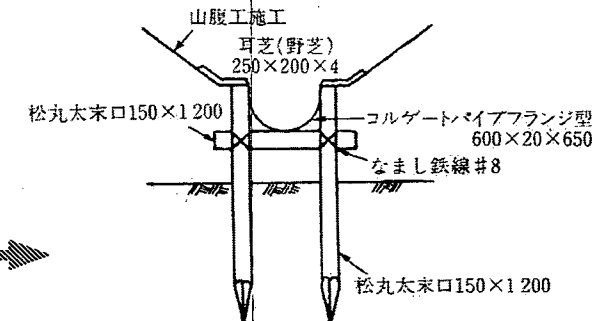
適当な石材を欠く場所で施工された。粗朶や木板を利用し、腐朽するため耐久性は低い。地すべり地域で多く施工されたほか、宅地造成の際の仮設防災工法として施工された。



(「渓流及砂防工学」p.339より転載)

③ 張石水路工(明治30年～)

耐久性が高く、流量の多い地域でも施工された。大正末期頃から、裏込めにコンクリートを用いて練張とし、耐久性の向上が図られた。

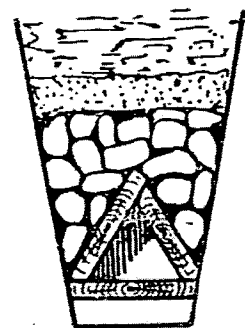


(「河川砂防技術基準(案)設計編Ⅱ」p.34より転載)

④ コンクリート水路、コルゲート水路(昭和20年頃～)

コンクリートや合成樹脂の実用化に伴い、安価で施工の容易なコンクリート水路工等が普及した。

水路工(暗渠工)の工法・材料の変遷

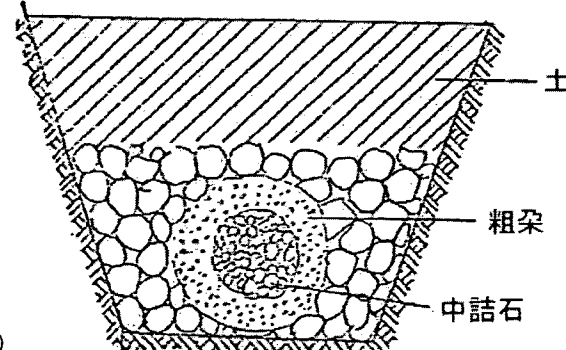


(「渓流及砂防工学」p.324より転載)

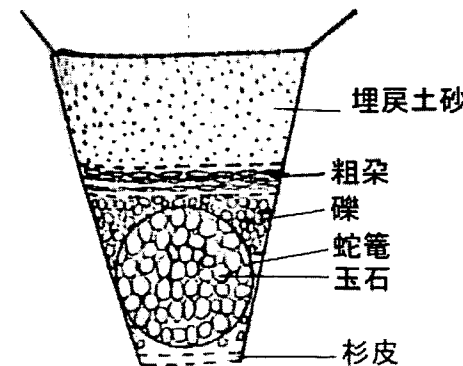
① 石礫暗渠、粗朶暗渠、蛇籠暗渠(左より)(明治30年頃～)

(石礫暗渠) (上図は水路を設けたもの)
床掘した後、底部に杉皮などを敷いて水の浸透を防ぎその上に石礫を中詰めするものである。
(粗朶暗渠) (上図は包柴を用いたもの)
水路内に石礫の他、粗朶束や包柴を中詰めしたもののが粗朶暗渠である。粗朶は石礫と比較して透水性が悪いので目詰まりしやすく、小規模な排水暗渠工として施工された。
(蛇籠暗渠)
中詰めする石礫を蛇籠で固定する以外は、基本構造は石礫暗渠とほぼ同様である。明治時代には竹・柳製の蛇籠が用いられ、明治末期頃から鉄線蛇籠が主流となった。蛇籠は屈撓性に富むため、地すべり地など地盤が不安定で変動するような地域では現在でも施工される場合がある。

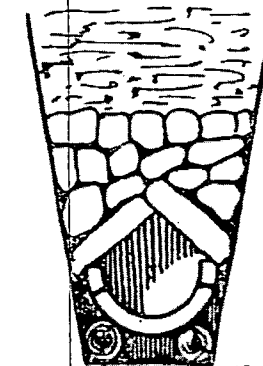
いずれも現在の河川砂防技術基準に掲載されているが、省力化施工には適さず、右に示すコンクリート管等を用いた暗渠が主流となっていった。なお、杉皮に代わり、昭和後期からは防水シートを敷いて水の浸透を防ぐようになった。



(「日本砂防史」p.427より転載)



(「砂防施工法」p.350より転載)



(「渓流及砂防工学」p.324より転載)

② コンクリート管、コルゲート管、ヒューム管暗渠(昭和30年頃～)

集水路工として多量の水を流下させる必要のある暗渠では、水路部分にコンクリート管やコルゲート管を用いるようになった。

—参考文献—

- ・(社)全国治水砂防協会(1981):日本砂防史,(株)石崎書店,
- ・日本住宅公団監修(1980):宅地造成工事仮設防災工法実例集,(財)住宅共済会,
- ・赤木正雄(1939):渓流及砂防工学,(株)アルス,
- ・(社)日本河川協会編(1997):建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編(Ⅱ),(株)山海堂,
- ・矢野義男他(1965):砂防施工法,(株)山海堂,

図-1.8 水路工の工法・材料の変遷

2. 伝統的砂防工法の防災効果の検証及び適地の選定

ここでは、伝統的砂防工法の防災効果について検証する。前章までで、伝統的工法のすべてがその効果を否定されて変遷してきたわけではないことがわかった。

2.1 防災効果の検証

(1) 工法の区分

伝統的砂防工法はその機能によって、

①山腹基礎工や溪流工（ダム工、床固工、護岸工、等）として分類され、近代的な砂防工法と同様に構造物の強度や自重によって外力に抵抗するもの

②山腹緑化工として分類され、植生の復旧を促進させ、植生の持つ土砂かん止効果に期待するもの

とに大別された。求められる機能がそれぞれ異なることから、防災効果についてもそれぞれ別の視点で評価した。

(2) 山腹基礎工・溪流工

伝統的砂防工法の特徴は自然材料の多用にあるが、山腹基礎工及び溪流工として使用される砂防設備が効果を発揮し続けるには、構造物そのものの存在が維持される必要がある。そこで、このような伝統的砂防工法の防災効果を、耐久性すなわち「耐用年数」という観点で評価し、その評価項目を次のように設定した。

A:数十年程度

B:数十年程度（ただし、施工技術の良否や場の条件によって耐久性にバラツキが生じることが避けられない）

C:数年度（仮設的構造物として扱える）

D:植生により安定化（構造物自体の耐久性は低いですが、萌芽性の素材を使用するため、施工後の植生の生育による土砂かん止効果を期待するもの）

E:成果不良（期待する成果は得られていない）

主に石材を使用した工法の場合、構造物自体が破壊されなければ機能を発揮し続けることができると考え、B以上の評価とした。さらに、施工管理・品質管理が比較的容易なもの（管理基準があるもの）をA評価とした（この意味において、伝統的砂防工法はA評価とはならなかった）。また、材料そのものが時間の経過とともに朽ち果てていくことが明確なものはC以下の評価とし、そのうち耐用年数がさらに短く、しかし構造物に萌芽性の材料が使用され施工後の植生の生育による土砂かん止効果を期待するものはD評価とした。

(3) 山腹緑化工

山腹緑化工に使用される伝統的砂防工法は、主な施工目的が植生の復旧にあったことから、防災効果を「植生復旧の成果」という視点で評価した。山腹緑化工は、初期の段階では地山の整形（段切りなど）を行わずに植生を導入する手法がとられておりその成果は芳しくなく¹⁾、改良を重ねながら植生復旧効果を高めてきた経緯があることから、評価項目は改良の段階を参考に次のように設定した。

a:技術的熟度が高く良好な成績が得られる（改良後の工法）

b:改良段階にあるもの

c:改良の初期の段階の工法で、植生復旧までに時間を要すると侵食されるなどの心配がある

d:成果不良（期待した成果は得られていない）

2.2 評価のまとめ

上記 2.1 による評価の結果と、地形・土壌条件や土砂の流出形態の面から適用が可能と考えられる場所の条件とを表- 2.1 に整理した。なお、上記 2.1 において E または d 評価としたものは省いた。また参考として、近代的な砂防工法についても同様の評価を行い記載した。

山腹基礎工・溪流工に分類される伝統的砂防工法は工法ごとに使用できる条件が限定され土砂生産抑制対策以外への使用が難しいのに対し、多くの近代的な工法は土石流のような高い運動エネルギーを持った土砂移動にも対応するなど高い汎用性を備えていることがわかる。一方、山腹緑化工では、近代的な砂防工法や伝統的砂防工法を問わず、場の条件によって選択できる工法が限定されることがわかる。

3. まとめ

各工種ごとに伝統的砂防工法の現在への適用について考察した。

3. 1 山腹基礎工

3.1.1 谷止工

コンクリートや鋼製枠を使用した谷止工（近代的工法）は、様々な条件の箇所に施工できる汎用性を持っており、耐久性も高い。伝統的工法のうち空石積谷止工や（鉄線）蛇籠谷止工は、施工する場所が適切であれば近代工法に近い耐久性が得られる考えられる。

鎧留や築留（張芝土堰堤）は、流水による強度低下が懸念されるが、粗朶束堰堤、編

柵堰堤及び木堰堤は、土留工に近い谷止工として位置づけ、周辺に植生を積極的に導入することで、たとえば山火事跡など土壌条件が良い箇所での植生回復までの一定期間のみ効果を発揮すればよい砂防設備として適用できる可能性がある。

3.1.2.土留工

コンクリートブロックやブロック板等を使用した土留工（近代的工法）は、伝統的工法の一つに分類される土留石積工と同等の効果を、省力化施工できるように改良したものである。伝統的工法に分類される土留積苗工も表面侵食を受けにくい箇所では十分効果を発揮する。土留工における伝統的工法と近代的工法との機能的な差は少ないと考えられる。

3.1.3.水路工及び暗渠工

近代的工法に分類される水路工及び暗渠工は、伝統的工法に分類されるそれと同等の効果を、耐久性を高めながら省力化（主に資材運搬）施工できるように改良したものである。従って、設置場所が適切であれば、伝統的工法は十分機能を発揮すると考えられる。

3. 2 山腹緑化工

3.2.1.階段工

近代的工法に分類される階段工（例えばコンクリート板柵工）は、主に柵工の耐久性を向上させるために木杭や粗朶の代わりにコンクリート板や鉄材を使用したもので、緑化に関する基本的な構造は伝統的工法の柵工と代わらない。また、積苗工は現在でも実施されている。

3.2.2.斜面被覆工

近代的工法に分類される斜面被覆工（例えば厚層基材吹付工）は、伝統的工法に分類されるそれと同等の効果を、省力化（主に施工性）施工できるように改良したもので、種子・肥料・生育基盤を地山に固定する点では伝統的工法と同じである。しかしながら、伝統的工法は土砂流出の激しいハゲ山で施工されてきた実績があり、より条件の厳しいところ（特赦地など）でその機能を十分に発揮すると考えられる。

3.2.3.植栽工

伝統的工法の一つである苗木植付については、現在まで従来どおりの工法が用いられているが、実播工については、現在種子や肥料の流亡防止のためアスファルト乳剤等を添加したり、広範囲に施工するためにヘリコプターを使用するといった改良が加えられている。

階段工や斜面被覆工が施工されている範囲では、伝統的工法にみられる苗木植付によっても十分な緑化成果が得られると考えられる。

3.2.4.保育工

保育工に関しては近代的工法に位置付けられる工法は存在していない。既存の工法が現在も用いられている。

3. 3 溪流工

3.3.1.堰堤工

コンクリートや鋼製枠を使用した堰堤工（近代的工法）は、様々な条件の箇所に施工できる汎用性を持っており、耐久性も高い。伝統的工法のうち石堰堤工（空石積）や蛇籠堰堤工は、適切な場所に設置されれば近代的工法に近い耐久性が得られるものと考えられる。

木堰堤工は、耐用年数経過後、植生の土砂かん止効果のみでその効果を引き継ぐのは困難であるため改築が必要になる。

3.3.2.護岸工

編柵護岸工や杭柵護岸工等の植生の生育を前提とした護岸工（伝統的工法）は、出水初期における侵食抑制等の効果が期待できるが、永続的な効果は期待できない。蛇籠護岸工は、適切な場所に施工されれば近代的工法に近い耐久性が得られるものと考えられる。

3.3.3.水制工

土地利用が高度化し、氾濫原が少なくなった現在の砂防河川では水制工自体の施工が減少し、代わって護岸工基礎部に根固工が施工されるようになっている。

伝統的工法のうち、耐用年数が数年程度である枠水制工や牛工は、広範囲で激甚災害が発生し、短期間での河道復旧が困難な場合の時など、特殊な状況化での適用が考えられる。

表-2.1(1/3)伝統的工法の防災効果と適地の選定

山腹基礎工／谷止工	主な機能	耐用年数の評価	平常時に流水がない斜面凹部に適用できる	平常時にも流水がある斜面凹部に適用できる	軟弱地盤の箇所に適用できる	樹木が繁殖しにくい箇所に適用できる	出水時に石礫が流下する斜面凹部に適用できる	土石流の流下の恐れがある箇所に適用できる
鍮留	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	C	○					
築留(張芝土堰堤)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	C	○					
編柵堰堤(編柵谷止工)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	D	○					
粗朶束堰堤(粗朶束谷止工)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	D	○					
木堰堤(木製谷止工)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	C	○	○	○			
石籠留(竹製蛇籠谷止工)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	C	○	○	○	○		
蛇籠堰堤(蛇籠谷止工)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	B	○	○	○	○		
鋼製枠谷止工	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	A	○	○	○	○	○	
石垣留(空石積谷止工)	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	B	○	○		○	○	
コンクリート谷止工	斜面凹部における侵食防止、土砂流出防止等	A	○	○		○	○	○
山腹基礎工／土留工	主な機能	耐用年数の評価	降雨による侵食を受けやすい箇所に適用できる	地盤が堅固で、土圧が小さな箇所に適用できる	地盤が堅固で、土圧が大きな箇所に適用できる	軟弱地盤等の、土圧が小さな箇所に適用できる	軟弱地盤等の、土圧が大きな箇所に適用できる	
土留積石工(空石積)	山腹における表面侵食防止、土砂流出防止、水分貯留等	B	○	○				
ブロック板(PNC板)積工	山腹における表面侵食防止、土砂流出防止等	A	○	○				
コンクリートブロック積工	山腹における表面侵食防止、土砂流出防止、水分貯留等	A	○	○	○			
コンクリート擁壁工	山腹における表面侵食防止、土砂流出防止、水分貯留等	A	○	○	○			
ぶとん籠工	山腹における表面侵食防止、土砂流出防止等	A	○	○	○	○		
コンクリート枠工	山腹における表面侵食防止、土砂流出防止等	A	○	○	○	○	○	
山腹基礎工／水路工	主な機能	耐用年数の評価	緩勾配で流量が少なく、細かな土砂が流下する箇所に適用できる	樹木が繁殖しにくい箇所に適用できる	急勾配で流量が多く、粗大な砂礫が流下する箇所に適用できる	地すべり地等の地盤条件の悪い所に適用できる	地形に複雑な凹凸がある箇所に適用できる	
張芝水路工	斜面における水みちの侵食防止等	D	○					
張石水路工	斜面における水みちの侵食防止等	B	○	○	○			
コンクリート水路工	斜面における水みちの侵食防止等	A	○	○	○			
ヒューム管水路工	斜面における水みちの侵食防止等	A	○	○	○			
コルゲート水路工	斜面における水みちの侵食防止等	A	○	○		○	○	
板(編)柵水路工	斜面における水みちの侵食防止等	C	○			○		
山腹基礎工／暗渠工	主な機能	耐用年数の評価	湧水がなく、集水の少ない箇所に適用できる	樹木が繁殖しにくい箇所に適用できる	地すべり等の地盤が軟弱な箇所に適用できる	湧水や表層からの中間水が多いところに適用できる		
粗朶暗渠工	地下水に起因する侵食・崩壊防止等	C	○					
蛇籠暗渠工	地下水に起因する侵食・崩壊防止等	B	○	○	○			
多孔管・化学製品暗渠工	地下水に起因する侵食・崩壊防止等	A	○	○	○	○		
石礫暗渠工	地下水に起因する侵食・崩壊防止等	B	○	○		○		

注1) 工法名称に網掛けしてあるものは、近代的な砂防工法として位置づけられる工法である。

注2) 山腹基礎工の効果は、「耐用年数の評価」という項目で以下のように評価した。

A: 数十年程度

B: 数十年程度(ただし、施工技術の良否や場の条件によって耐久性にバラツキが生じることが避けられない)

C: 数年程度(仮設的構造物として扱える)

D: 植生により安定化(耐久性は低い、萌芽性の素材を使用するため、施工後の植生の生育による土砂かん止効果を期待する)

表-2.1(2/3) 伝統的工法の防災効果と適地の選定

山腹緑化工／階段工	主な機能	植生復旧の成果	緩斜面で、土壌が厚く地味が比較的良好な箇所に適用できる	緩斜面全般に適用できる	土壌が貧弱で乾燥しやすい比較急峻な所に適用できる	土壌が貧弱で乾燥しやすい、降雨で侵食されやすい箇所に適用できる	多湿地に適用できる	凍上・凍結の激しい地域に適用できる	降雨の極めて少ない地域に適用できる
筋工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	a	○						
柵工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	a	○						
わら工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	c	○	○					
積苗工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	a	○	○	○				
柵留連束わら(柴)工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	b	○	○	○				
積石工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	a	○	○	○	○	○		
コンクリート板柵工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	a	○				○		
粗朶積工	植栽基礎造成、水分貯留、施肥、侵食防止等	a	○					○	
等高線壕工	植栽基礎造成、水分貯留、侵食防止等	a							○
山腹緑化工／斜面被覆工、伏工	主な機能	植生復旧の成果	土壌が貧弱で比較的斜面が緩く、地盤が軟らかい箇所に適用できる	土壌が貧弱で、比較的斜面が緩い箇所に適用できる	土壌が貧弱で、比較的斜面が急な箇所に適用できる	土壌が貧弱で比較的斜面が緩く凍上の恐れがある箇所に適用する	積苗工或いは筋工の間の斜面に適用する		
連束わら網工(網伏工)	表面侵食防止、植生定着促進等	c	○	○					
植生マット工	表面侵食防止、植生定着促進等	a	○	○	○				
種子吹付工	表面侵食防止、植生定着促進等	a	○	○	○				
厚層基材吹付工	表面侵食防止、植生定着促進等	a	○	○	○				
植生盤工	表面侵食防止、植生定着促進等	b	○	○			○		
粗朶伏工	表面侵食防止、植生定着促進等	a	○			○	○		
わら伏工	表面侵食防止、植生定着促進等	a	○			○	○		
山腹緑化工／植栽工	主な機能	植生復旧の成果	山腹基礎工及び階段工が施工されている箇所に適用できる	山腹斜面が緩やかで、土壌分がある所に適用できる	省力化施工が求められる場合に適用できる				
苗木植付	植生定着促進等	a	○						
種実蒔付(実播工)	植生定着促進等	b(*)	○	○	○				
ヘリコプター実播工	植生定着促進等	a	○	○	○				

注1) 工法名称に網掛けしてあるものは、近代的な砂防工法として位置づけられる工法である。

注2) 山腹緑化工の効果は、「植生復旧の成果」という項目で以下のように評価した。

a: 技術的熟度が高く良好な成績が得られる(改良後の工法)

b: 改良段階にあるもの

c: 改良の初期の段階の工法で、植生復旧までに時間を要すると侵食されるなどの心配がある

注3) 「種実蒔付(実播工)」の効果は、アスファルト乳剤等を併用した場合にのみ「a」となる。

表-2.1(3/3)伝統的工法の防災効果と適地の選定

渓流工／堰堤工	主な機能	耐用年数の評価	土砂流下の少ない 掃流区域の土砂 貯止対策に適用 できる	植生が回復しにく い箇所に適用で きる	出水時に石礫が 流下する掃流区 域での貯砂、調節 対策に適用できる	川幅が広く、粘土 や石礫が大量に 確保できる箇所に 適用できる	地すべり地の側 圧に対応できる	土石流対策ダム に適用できる		
木堰堤工	流出土砂抑制・調節等	C	○							
蛇籠堰堤工	流出土砂抑制・調節等	B	○	○			○			
鋼製枠ダム工	流出土砂抑制・調節等	A	○	○	○	○	○			
コンクリートダム工	流出土砂抑制・調節等	A	○	○	○	○		○		
土堰堤工	流出土砂抑制・調節等	B	○	○	○	○				
石堰堤工(空石積)	流出土砂抑制・調節等	B	○	○	○					
渓流工／護岸工	主な機能	耐用年数の評価	河床勾配が緩く、 平常流水があり、 土砂の流出が少 ない渓流に適用 できる	地すべり地の側 圧に対応できる	護岸脚部が沈下 する恐れがある 箇所に適用でき る	樹木が繁殖しにく い箇所に適用で きる	渓岸斜面の勾配 が緩く、川幅が広 く流量が多い区間 に適用できる	渓岸斜面の勾配 が急で、流量が多 い区間に適用で きる	河床勾配が緩く、 土砂流出が少な く、渓岸斜面が緩 い護岸のり面に 適用できる	河床勾配が緩く、 土砂流出が少な く、渓岸斜面が緩 い護岸のり面に 適用できる
石芝積立護岸工	渓岸の保護、山脚の侵食防止等	D	○							
編柵護岸工	渓岸の保護等	D	○	○						
杭柵護岸工	渓岸の保護等	D	○	○						
木枠護岸工	渓岸・堤防の保護、山脚の侵食防止等	C	○	○	○					
粗朶束護岸工	渓岸の保護、山脚の侵食防止等	D	○	○	○					
蛇籠護岸工	渓岸・堤防の保護、山脚の侵食防止等	B	○	○	○	○	○			
コンクリート方格柵護岸工	渓岸・堤防の保護、山脚の侵食防止等	A	○	○	○	○	○	○		
コンクリートブロック護岸工	渓岸・堤防の保護、山脚の侵食防止等	A	○			○	○	○	○	○
石積護岸工	渓岸・堤防の保護、山脚の侵食防止等	B	○			○		○	○	
張石護岸工	渓岸・堤防の保護、山脚の侵食防止等	B	○			○	○			○
栗石粗朶護岸工	堤防のり面の保護等	D							○	○
柳枝護岸工	堤防のり面の保護等	D								○

注1) 工法名称に網掛けしてあるものは、近代的な砂防工法として位置づけられる工法である。

注2) 渓流工の効果は、「耐用年数の評価」という項目で以下のように評価した。

A: 数十年程度

B: 数十年程度(ただし、施工技術の良否や場の条件によって耐久性にバラツキが生じることが避けられない)

C: 数年度(仮設的構造物として扱える)

D: 植生により安定化(耐久性は低い、萌芽性の素材を使用するため、施工後の植生の生育による土砂かん止効果を期待するもの)

4. 伝統的工法の適用例

前章で整理した伝統的砂防工法の防災効果を踏まえ、現在でも伝統的砂防工法が適用できるような施工対象地を検討し、以下のように抽出した。

- ・とくしゃ地
- ・崩壊地
- ・土砂の異常堆積地
- ・山火事跡地
- ・火山灰堆積地
- ・縦侵食が懸念される溪流
- ・砂礫堆の形成による横侵食が懸念される溪流

上記のうち、とくしゃ地と崩壊地については、現行の河川砂防技術基準（案）を参照することとし、以下には他の5つの施工対象地をモデルにその適用について考察した。

4. 1 土砂の異常堆積地

山体崩壊等の大規模崩壊によって土砂が著しく堆積した場所では、堆積土砂が再侵食され、下流へ土砂を二次流出させる恐れがあるため、たとえば安部川の大谷崩れ直下の床固工群に見られるように、階段状に床固工を設置するなどの土砂生産抑制対策が一般にとられる。このような場所の溪流部では垂直方向への侵食営力が大きく、また上流に分布する不安定土塊から砂礫が供給されるため、少なくとも基幹となる砂防ダム、床固工については、コンクリートブロック等の強度の高い資材（近代的工法）を使用し緊急に施工する必要がある。ただし、基幹ダムによって土砂の侵食が抑制され、かつ上流からの流量及び土砂供給量が僅かであると考えられる溪流区間では、フトン箆床固工や木製床固工等の伝統的砂防工法が適用できる場合があると考えられる。

また、溪流部以外の土砂堆積面では、表面侵食やリル・ガリー侵食の発達による土砂流出を抑制するため緑化工が必要となる場合がある。その基礎工としては、谷止工、土留工、水路工、暗渠工等が挙げられるが、土砂堆積面の勾配が緩い場合には比較的耐久性の低い杭柵や編柵を用いた簡易な土留工、水路工や木製の床固工等でも十分な性能が得られるのではないかと考えられる。

木製の防災施設が土砂の異常堆積地で広範囲に使用された事例としては、昭和59年長野県西部地震によって山体崩壊が生じた御嶽山での治山事業が挙げられる⁹⁾。

4. 2 山火事跡地

山火事に見舞われた斜面では、地植生や落葉落枝が燃え、表面の被覆が除去されるとともに、浸透能が低下し表面流が増大する^{10), 11)}ことが知られている。

また、同時に強熱の影響で表層から数十 cm の深さまで固結度が低いものに変化し、この層に流水が作用するとリルやガリーが形成されたり崩壊が生ずることが指摘されている¹²⁾。このような土砂移動は山火事後の豪雨によってもたらされることが多く、昭和 53 年 6 月に広島県安芸郡江田島町で発生した山火事の例では、3 年後の昭和 56 年豪雨により土石流が発生している¹³⁾。そのため、山火事発生後は、緊急に土砂かん止対策を実施することが重要となる。

山火事跡地に土壌分が残っている場合には、植生が定着するまでの期間だけ補助的な構造物で侵食を抑制すれば、その後は植生の持つ土砂かん止効果が増大し山林は復旧へと向かうものと考えられる。そのため、山腹斜面の土砂かん止対策としては、表面流の分散（リル形成の防止）と表面侵食の防止を目的とする杭柵工、編柵工等の適用が考えられ、また、降雨時に流水が生ずる斜面凹部においては板柵や編柵等を使用した水路工や木製の谷止工等が有効と考えられる。

なお、肥料木として植栽に用いられるオオバヤシャブシは、山火事の被災後に萌芽しなかったという調査事例¹⁴⁾があることから、山火事が発生しやすい地域での植栽樹種選定にあたっては山火事後に萌芽しやすい樹種の導入も考慮すべきと考えられる。

4. 3 火山灰堆積地

火砕物降下によって山体が多量の火山砕屑物で覆われた後の降雨による二次泥流の発生に対しては、防災上重要な箇所の斜面凹部を中心に緊急的な土砂かん止対策、流出抑制対策が必要となる。

斜面凹部のうち、斜面勾配が急で火砕物の堆積が厚い場合には洗掘が激しく進行する恐れがあるため、コンクリート谷止工等の近代的工法を計画する必要があると考えられる。

火砕物が堆積した山腹のうち、厚く堆積した火砕物をかん止する必要がある所ではコンクリート枠工（近代工法）やフトン籠工の適用が、また、表面流の分散（リル形成の防止）と表面侵食の防止対策が必要な箇所では柵工の適用が考えられる。柵工に土留工的な効果を期待する場合には、柵のみの施工でも効果があるものと考えられる。

施工事例として、有珠山噴火直後に函館営林局が施工したフトン籠による床固工とブロック板及び木柵による土留工がある¹⁴⁾。

4. 4 縦侵食が懸念される溪流

縦侵食が懸念される溪流のうち、下流に土石流による害を直接受ける保全対象がない場合は、石積を使用した谷止工と護岸工を侵食基準となる箇所まで連続的に施工することが考えられる。施工事例として、土砂堆積地における縦侵食の防止を主目的とした長野県牛伏川のフランス式階段工がある¹⁵⁾。

4. 5 砂礫堆の形成による横侵食が懸念される溪流

上流域での土砂生産が盛んであり、砂礫堆の形成による乱流と横侵食が懸念される溪流のうち、出水時に土砂が掃流状態で流下し、河床礫が人頭大以下であり¹⁶⁾かつ溪岸脚部が著しい洗掘を受けないと考えられる箇所については、蛇籠護岸工の適用が考えられる。

5. おわりに

今回、文献・書籍と現存が確認されている伝統的砂防工法による施設の個別の情報（施設管理者が公表しているパンフレット、書籍などの情報）を主体として、伝統的砂防工法と近代的砂防工法を列記して耐用年数、植生復旧の成果を評価し、適用について検討した。前述の適用例は、施工場所が「土石流の流下の恐れがない場合」という視点にたったものであり、また、周囲の居住状況やその上流の他の状況については考慮していない。さらに、施工後の経年変化については、施設の存在の有無は把握できていても、材料の変質状況などは把握できていないものもあるため、実際、現場での適用にあたって検討すべき課題は多いと思われる。

現在、東京大学愛知演習林（愛知県瀬戸市）内に現存する伝統的砂防工法による施設について、その現状等を調査中である。この調査結果については、追って報告する予定である。

引用文献

- 1) (社) 全国治水砂防協会：「日本砂防史」、石崎書店、1981
- 2) 千葉徳：「はげ山の研究」、そして（1991 年増補改訂）、1956
- 3) (社) 砂防学会：「砂防学講座第 1 巻- 1 砂防総論(1)」、山海堂、1991
- 4) 友松靖夫・田畑茂清・藤森敏夫・川出勝：「現代砂防の軌跡 木村正昭その人と時代」、
(財) 砂防フロンティア整備推進機構、1996
- 5) (社) 全国治水砂防協会：「砂防ダム大鑑」、山海堂、1973
- 6) 建設省河川局：「改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）設計編Ⅱ」、(社) 日本河川協会、1997
- 7) 建設省河川局（1997）：「改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）計画編」、(社) 日本河川協会、1997
- 8) 環境庁：平成 10 年版環境白書（総説）、1998
- 9) 田中豊・斉藤昇・原文夫：長野県西部地震に伴う被害及び復旧工事の施工状況、治山研究発表会論文集, vol.25, p.26-31、1986
- 10) 石田哲也・南哲行・山田孝：山腹斜面表層土壌の燃焼による浸透能変化に関する実験、平成 11 年度砂防学会研究発表会概要集、p.120-121, 1999
- 11) 建設省河川局砂防部砂防課ほか：砂防植生工実施のための基本的考え方、土木技術資料 VOL.41 NO4 APRIL, 1999, (財) 土木研究センター
- 12) 秦 耕二：山火事と砂防、砂防と治水、vol.16 No2, p.18-20, 1983
- 13) 西山嘉寛・吉岡正見：山火事跡地の復旧に関する調査一被災 1 年目の玉野試験地の状況一、岡山県林業試験場報告書、No13, p.54-92, 1996
- 14) 北海道開発局室蘭開発建設部：1977 年有珠山噴火に関する資料、p.190-191, 1978
- 15) たとえば、松下忠洋：「自然の復元」、p.19, 山海堂、1998、など
- 16) (社) 全国防災協会：河川災害復旧護岸工法技術指針（案）

傳統的工法資料集

一 目 次

山腹基礎工/谷止工

・ 鎧留	2
・ 木堰堤（木製谷止工）	4
・ 築留（張芝土堰堤）	6
・ 石垣留（石積谷止工）	8
・ 石籠留	10
・ 蛇籠堰堤（蛇籠谷止工）	12
・ 粗朶束堰堤（粗朶束谷止工）	14
・ 編柵堰堤（編柵谷止工）	16
・ 土俵留	18

山腹基礎工/土留工

・ 逆松留	21
・ 筋粗朶工	23
・ 杭柵留	25
・ 搔上堤	27
・ 土留積石工	54

山腹基礎工/排水路工

・ 張石水路工	30
・ 板（編）柵水路工	32
・ 張芝水路工	34
・ 粗朶暗渠工	36
・ 蛇籠暗渠工	38
・ 石礫暗渠工	40

山腹緑化工/階段工

・ 積苗工	43
・ 積石工	54
・ わら工	56
・ 柵留連束わら（柴）工	58
・ 筋工	60
・ 柵工	62
・ 粗朶積工	64
・ 等高線壕工	66

山腹緑化工/斜面被覆工

・ 蒔わら工	69
・ 植生盤工	71
・ 植生マット工	73
・ 斜面混播工	75
・ 種子吹付工	77
・ 連束わら網工	79
・ 粗朶伏工	81
・ わら伏工	83

山腹緑化工/植栽工

・ 飛松留	86
・ 筋芝植込	88
・ 飛芝植込	90
・ 実蒔留	92
・ 種実蒔付	94
・ 苗木植付	96

山腹緑化工/保育工

・ 保育 A 工	99
・ 保育 B 工	101

溪流工/堰堤工

・ 土堰堤工	104
・ 石堰堤工	106
・ 木堰堤工	4
・ 蛇籠堰堤	12

溪流工/護岸工

・ 木杵護岸工	109
・ 張石護岸工	111
・ 石積護岸工	113
・ 杭柵護岸工	116
・ 蛇籠護岸工	119
・ 粗朶束護岸工	121
・ 編柵護岸工	123
・ 柴工護岸工	125

・石芝積立護岸工	127
・柳枝護岸工	129
・栗石粗朶護岸工	131

溪流工/水制工

・石積水制工	134
・杵水制工	136
・牛工	139
・籠水制工	142

山腹基礎工／谷止工

- ・ 鎧留
- ・ 木堰堤（木製谷止工）
- ・ 築留（張芝土堰堤）
- ・ 石垣留（石積谷止工）
- ・ 石籠留
- ・ 蛇籠堰堤（蛇籠谷止工）
- ・ 粗朶束堰堤（粗朶束谷止工）
- ・ 編柵堰堤（編柵谷止工）
- ・ 土俵留

1. 名 称 「 鎧 留 」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	M10 年				
→		(後に「木堰堤」へ改良)			
3. 工法の目的					
本工法は、谷部にマツ材を組み合わせることによって堤を形成し、土砂扞止を目的として設置された。					
4. 適用範囲					
山腹部の平常時流水のない谷地形箇所に設置された。					
5. 施工方法					
まず末口直径 25～30 cm の枕木（マツ材）を、溪間を横断して設置して設置し、その上に末口直径 12～15 cm の並木（マツ材）を梢を上流側に向けて並べる。並木の左右端の各 1 本は少し長いものを用いて枕木の動きを押さえる。これを交互に層状に高さ 1.2～1.8m まで積んで施工するものである。後に開発される木製堰堤と異なり、中詰め土砂を併用しない点が特徴である。 施工は丸太の加工・組立が中心なので、普通作業員で対応できる。					
6. 使用材料					
本工法が施工されていた当時は、樹脂を多く含み耐朽性に優れているマツ材が用いられていた。現在施工する場合には、針葉樹の間伐材の利用が考えられる。また、部材の接合には鉄線やボルト及びナットを使用する。					
7. 材料および施設の耐久性					
施工材料が丸太であるため、年数経過とともに腐朽する。土砂扞止効果が得られる耐用年数は 8～9 年程度であったとされている。					

8. 維持管理の必要性

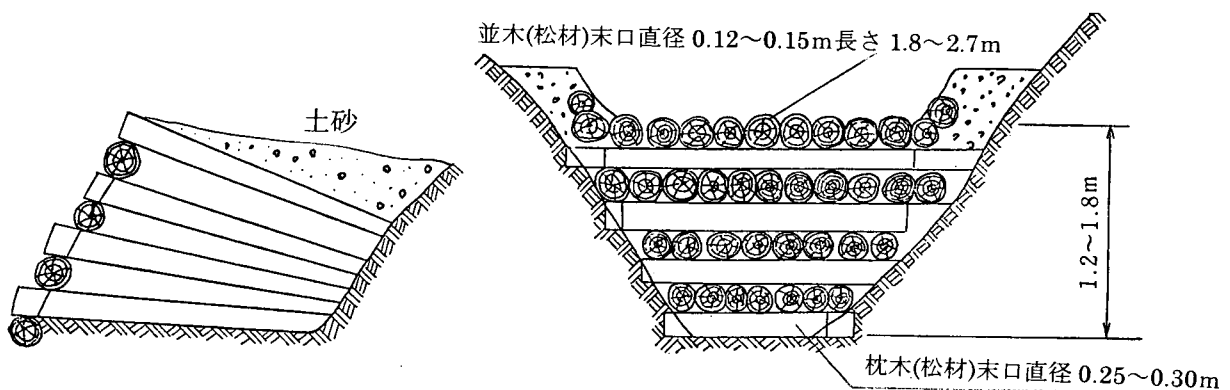
本工法では永続的な土砂扞止効果が得られないため、効果を発揮しているうちに植生の導入によって堤体周辺の土砂を固定する必要がある。

出水等により堤体が破壊した場合には補修が必要となる。しかし、鎧留の天端にあたる丸太が破損した場合には部材の交換が可能であるがそれ以外の部分は堆積土砂を除去しないと補修できないため、事実上堤体の補修は困難である。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は土砂等による中詰めを行わず、丸太で作った壁体のみで土砂を扞止する点に問題があったと考えられる。本工法は後に、木製枠と中詰め土砂とで堤体を安定化させる「木堰堤」へと改良されていった。

10. 概要図



（「日本砂防史」p.408 に一部加筆）

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）

京都府・木津川支川不動川流域

岐阜県・養老山地山麓（羽根谷・般若谷付近）

12. 当工法と関連のある他の工法

○井堰留（いぜきとめ）…（類似工法）

○木製堰堤…（改良後の工法）

1. 名 称 「木堰堤」 (木製谷止工, 木工堰堤)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
		(谷止工として施工)			
			(床固工として施工)		
3. 工法の目的					
小溪流における土砂扞止					
4. 適用範囲					
災害復旧のために早急な対策が必要な溪流。 中小出水時の流下土砂や転石が少なく、かつ土石流の流下のおそれのない箇所。					
5. 施工方法					
木材は、保存期間の長いヒノキ、マツ、アスナロ等の丸太を使用する。 構造上、木堰堤は単壁木堰堤と複壁木堰堤に大別される。 単壁木堰堤は立杭を地盤に打ち堰堤を支持するか、横木（控え木という）を裏埋め土砂に埋設して堰堤を支持する。控え木の重量を増すため、枝葉の付いた樹木をそのまま用いる場合があり、これは粗木堰堤とよばれる。 複壁木堰堤は丸太により枠を造り、石礫で中詰めしたものであり、木枠堰堤ともよばれる。中詰め材として粗石コンクリートを用いる場合がある。 単壁木堰堤、複壁木堰堤とも、摩耗対策のため水通し部、水叩き部には張石、モルタル張を施す場合がある。					
6. 使用材料					
木杭，丸太，鉄線・ボルト（丸太結束用），石礫					
7. 材料および施設の耐久性					
・ 数年で木材が腐朽するため、あくまでも応急的な土砂扞止設備という位置づけで築造する。					

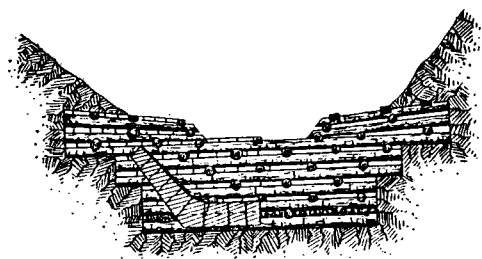
8. 維持管理の必要性

木材が腐朽し堤体の強度が維持できなくなった場合には補修が必要である。過去には、堤体の外郭をコンクリートで覆い、コンクリート堰堤として改築する方法が実施されている。

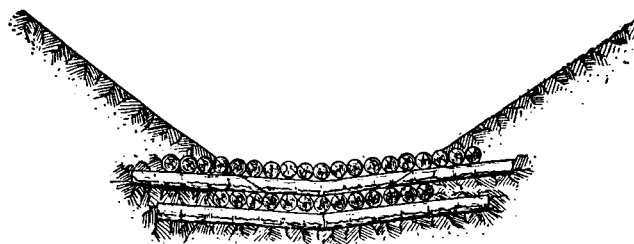
9. 施工されなくなった場合その理由

①耐久性に劣ること、②堤高の高いダムが築造できない、③耐久性に優れたコンクリート堰堤の普及 など。

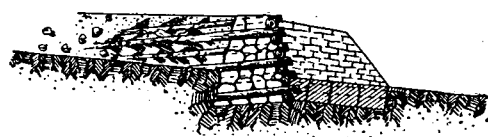
10. 概要図



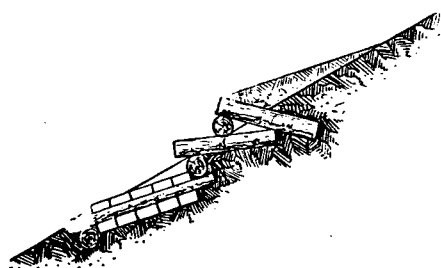
正面図



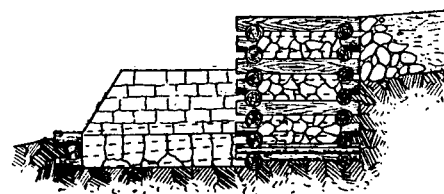
1～1.5m程度の谷止工として
施工する場合



粗木堰堤（断面図）



上図の縦断面図



木枠堰堤（断面図）

（「高等土木工学 16 巻・溪流及砂防工学」 p.135,138 より転載）

11. 既往の施工例

信濃川支流 羽根川

青森県 岩木川支流（治山堰堤）

12. 当工法と関連のある他の工法

○鎧留 … 江戸時代に溪間部で松丸太を積んで施工した谷止工である。（同材料を用いる工法）

1. 名 称 「築 留」 (張芝土堰堤)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半					
3. 工法の目的					
山腹凹部及び小溪流の土砂扞止					
4. 適用範囲					
下記条件に当てはまる箇所。 ①山腹の凹部及び小溪流, ②平常時に水がない, ③溪床勾配が緩やか, ④石礫が少ない					
5. 施工方法					
高さ約 0.9m～1.5mの土堤を、谷を横断して築き、その表面（越流部及び下流面）を芝で保護する。（表面の保護には、柴や石材を使用する場合もある。） 施工は比較的簡易であり、普通作業員で対応できる。					
6. 使用材料					
粘土 芝、柴、石礫（堤体表面の保護材）					
7. 材料および施設の耐久性					
出水量が少ない場所および施工位置が良好なものには比較的長く存在するケースもあったが、一般には土砂及び流水の流下によって破壊され、耐用年数は数年程度であったと考えられる。					

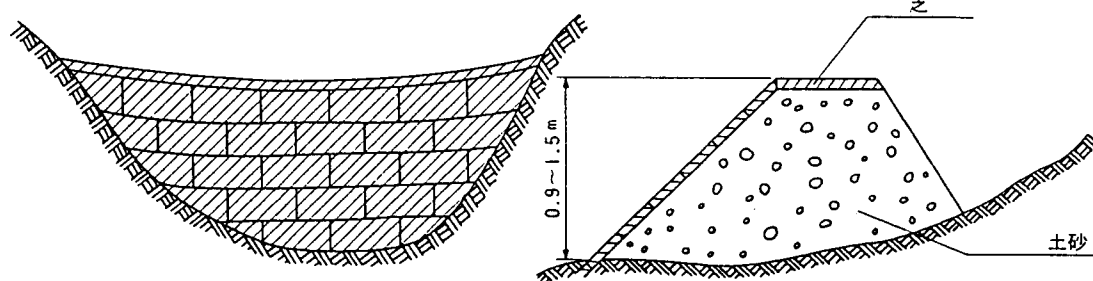
8. 維持管理の必要性

出水等によって堤体が破壊した場合には、補修が必要である。

9. 施工されなくなった場合その理由

土堤を溪間に築造し表面を被覆しただけであり、耐久性が低かったため。

10. 概要図



(「日本砂防史」 p.408 より転載)



(「実践砂防講義」 p.70 より転載)

11. 既往の施工例

滋賀県瀬田川流域（田上山付近）

12. 当工法と関連のある他の工法

○土堰堤 … 堤体中央に遮水層（コア）を設けたフィルタイプ砂防ダム（改良後の工法）

1. 名 称 「石 垣 留」 (石積谷止工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	明治 10 年頃を境に石積方法等が改良され、石積谷止工へと変わった。				
3. 工法の目的					
【目的】 山腹の凹部及び小溪流の土砂扞止					
4. 適用範囲					
山腹の凹部及び小溪流での土砂扞止には、当時「築留」という土堰堤が用いられていたが、「築留」では土砂扞止が難しい平常時に流水があるような箇所には本工は適用された。					
5. 施工方法					
○石垣留： 溪流の水底に直径 30cm 以上のマツ丸太を横に敷き、その上に溪流に散在する石塊を用いて高さ 2.0m 程度の石垣を積む。石垣の裏込めには礫石を厚さ 0.9m 程度詰め込む。堤体の中心部は粘土を混ぜ突き固める。 ○石積谷止工： 堤体の外面を、野面石または雑割石で積み立て、内部に石礫を詰め込む。基礎は、基盤が岩盤の場合はこれを削り、砂礫の場合は梯子土台等を用いる。					
6. 使用材料					
現地で確保できる石塊、雑割石 マツの丸太（枕木として） 粘土					
7. 材料および施設の耐久性					
現存する石垣留もあり、土、木材、粗朶等の材料を使用した谷止工と比べ耐久性が高い。ただし空石積であるため、施工の出来や設置条件によっては、流水によって前庭部が洗掘されたり、積石の移動によって堤体の破壊が生ずることがあった。					

8. 維持管理の必要性

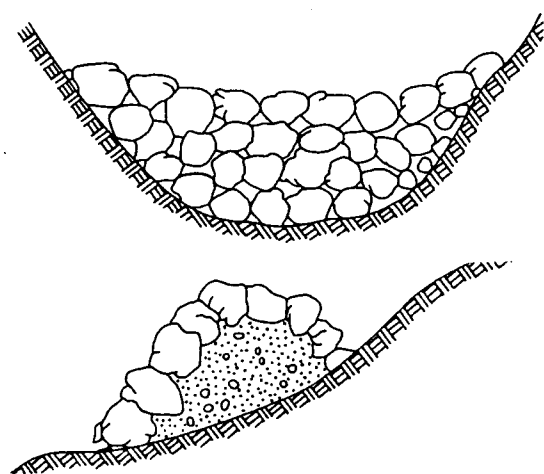
出水等により堤体が破壊された場合は補修が必要である。

9. 施工されなくなった場合その理由

石垣留は江戸時代に施工された谷止工としては最も堅固であり、施工の良好な石垣留は滋賀県田上山の各所で現存している。ただし一般に石材の形状、石質とも一様でなく石積の方法も一定していなかったため、明治 10 年以降は石積み及び裏込め等の施工技術がより発達した石積谷止工として施工された。

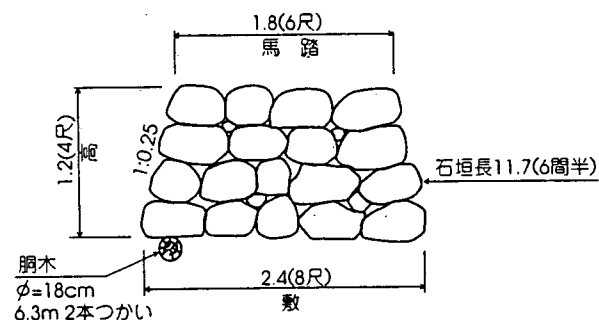
石積谷止工は、昭和 30 年代まで施工されたが、コンクリート普及によって経済性においても優位性がなくなり、施工されなくなった。

10. 概要図



(「日本砂防史」 p.409 より転載)

図-1 石垣留の模式図



(「福山藩の砂留」 p.134 より転載)

図-2 瀬田川流域関津村の資料に基づく再現断面図

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）

京都府・木津川支川不動川流域

岐阜県養老山地山麓（羽根谷・般若谷付近）

12. 当工法と関連のある他の工法

- 砂 留 …広島県福山市堂々川において土砂貯留を目的に、江戸時代に施工されたものである。下記の点の他は、石垣留とほぼ同一である。（類似工法）
- ①水底に松丸太等を用いず、石を支持地盤上に直接据える
 - ②裏面の土砂と表面の石列の間を栗石、砂礫等で中詰めし、前面石を積み上げていく。

1. 名 称 「石 籠 留」 ^{いしかごどめ} (別名：蛇籠留)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	(蛇籠谷止工へと改良)				
3. 工法の目的					
本工法は竹で編んだ蛇籠で堰堤を作るもので、土砂の多い溪流での土砂扞止を目的としていた。転流工等の仮設物、応急的構造物としても使用された。					
4. 適用範囲					
地すべり地，基礎が沈下する箇所等（フレキシブルな構造であるため）。詰石となる石礫が多く、流送砂礫が小さく、流水の少ない小溪流。					
5. 施工方法					
大竹を割って、直径 0.6m，長さ 3.2mの蛇籠を現地付近において手で編み、内部に石を詰め入れ、これを、溪流を横断する形でピラミッド状に数層に積み上げ、杭（蛇籠敷設前に設置）に止める。さらにその両端に蛇籠を巻き押さえ（鞍掛け）て堰堤を形成させる。 蛇籠の施工は、普通作業員で対応できる。					
6. 使用材料					
割竹（蛇籠を編む材料） 木杭（松丸太） 石礫（蛇籠内部の材料。現地産の礫を使用）。					
7. 材料および施設の耐久性					
竹が流下土砂や腐食により切断されない場合、耐久性は竹が腐るまでの 3～4 年間程度であった。					

8. 維持管理の必要性

竹籠が破壊された場合は、補修が必要。現実的には積み上げられた蛇籠の補修は困難であり、破壊部分に新しい籠を敷設する。

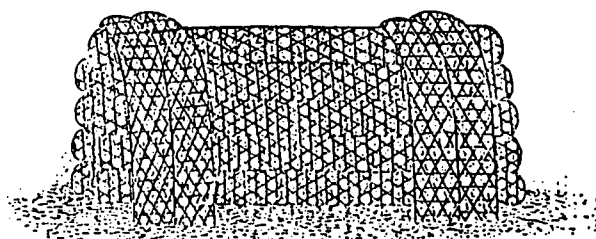
9. 施工されなくなった場合その理由

竹籠は、竹が腐食して内部の石礫が流出し、施設全体が流亡・破壊するため。

竹籠を編む技能者が少なくなったため。

※ 内部の石礫の流出を防止するため、明治時代になってから鉄線蛇籠が用いられるようになった。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.409 より転載)

11. 既往の施工例

施工記録不詳

12. 当工法と関連のある他の工法

○蛇籠堰堤…鉄線を使用して蛇籠をつくるため、当工法より耐久性に優れる。鉄線蛇籠は谷止工の他に、護岸工、水路工、水制工等、幅広く用いられるようになった。(改良後の工法)

1. 名 称 「蛇籠堰堤」(別称：蛇籠谷止工，蛇籠床固工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
明治 10 年代～				昭和 40 年頃まで	
3. 工法の目的					
①山腹斜面の土砂扞止（縦侵食防止） ②張芝、張石水路工などの補強のため設置する帯工 ③転流工等の仮設や、応急処置					
4. 適用範囲					
地すべり地，基礎が沈下する場所等（フレキシブルな構造が要求される場所）。水中の根固め工。 詰石となる石礫が多く、流送砂礫が小さく、流水の少ない小溪流。 仮設護岸・仮設ダム等、詰石が現地採取可能な場所。					
5. 施工方法					
明治時代後期までは、蛇籠材料に竹等を用いた「石籠留」であったが、明治末期以後は蛇籠の材料に鉄線が使用されるようになった。 鉄線によって編まれた蛇籠は、直径が 0.3m～1 m 程度で、設置する場所に運んで 1m 程度の間隔で杭を打ち、空籠を並べて礫を充填する。蛇籠は通常横断方向に一段あるいは数段、高さ 2m 程度以下に積み、積み上がった蛇籠の両端に蛇籠を巻き押さえ（鞍掛け）て堰堤を形成させる。 一般に仮設用は 10 番（ $\phi 3.2$ mm）の亜鉛引き鉄線を用い、永久構造物用には 8 番（ $\phi 4$ mm）以上の太い亜鉛引き鉄線を用いる。					
6. 使用材料					
石礫（詰石） 鉄線（蛇籠の材料および結線） 木杭（蛇籠固定のため）					
7. 材料および施設の耐久性					
- 一般に鉄線蛇籠（亜鉛引き）の耐久年数は施工地にもよるが 20～30 年とされる。 - 洪水時の転石等により鉄線が切れ、蛇籠が破壊する場合がある。転石の多い溪流ではあまり用いられない。 - 鉄線蛇籠堰堤は、酸性河川では鉄線が腐蝕して破壊するため用いない。 - 屈撓性に富むため、下方侵食があった場合も破壊せず、自重により沈下して溪床保護作用を持続する。（この場合、堤体は変形する。）					

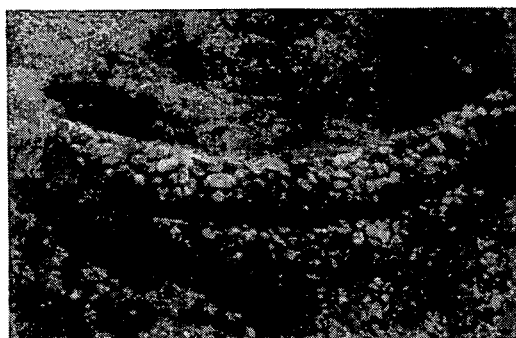
8. 維持管理の必要性

蛇籠が破壊された場合は、補修が必要。現実的には積み上げられた蛇籠の補修は困難であり、破壊部分に新しい蛇籠を敷設する。

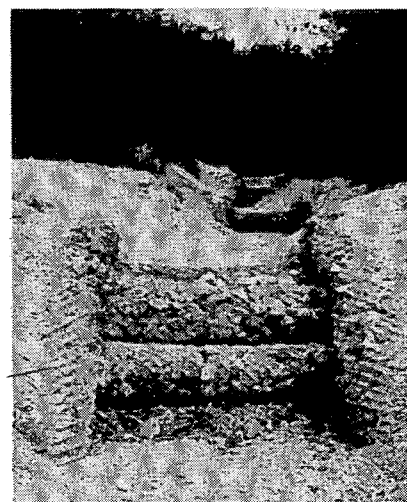
9. 施工されなくなった場合その理由

- ・石積堰堤や、後のコンクリート堰堤，コンクリートブロック堰堤に比べ耐久性に劣るため。
- ・施工適地が限定されているため。　・機械施工が困難なため。

10. 概要図



(「砂防工事及林道（治山・砂防・林道・運林）p.50 より転載」)



鞍掛

(「自然の復元」p.42 より転載)



蛇籠を縦断方向に設置した例
(「実践砂防講義」p.81 より転載)

11. 既往の施工例

愛知県・瀬田市（ホフマン工事）など

12. 当工法と関連のある他の工法

- 蛇籠護岸工 … 転石が玉石程度の溪流で石張護岸等の予備工事として、あるいは根固めとして施工する。(同材料を用いる工法)
- 石　籠　留 … 江戸時代に施工された蛇籠を用いた谷止工である。竹籠を積んで施工した。(ほぼ同一の工法)

1. 名 称 「粗朶束堰堤」(別名：粗朶束谷止工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
					
3. 工法の目的					
山腹凹部及び小溪流の土砂扞止，小規模なガリー等の縦侵食防止					
4. 適用範囲					
土石流流下のおそれのない，常時流水のない山腹凹部及び小溪流。樹木の繁茂しやすい溪流。					
5. 施工方法					
構造は簡単で、粗朶束を溪床に1段或いは数段設置して、上部から杭を打ち固定するものである。 粗朶束の結束には葡萄蔓、ヤナギ、カバ等が用いられた。なお鉄線で結束した場合は耐久性がよい。また粗朶束の中央部に石礫を詰め包柴工とした場合は重くなるため、溪床洗掘時に自重で洗掘部まで沈下する。					
6. 使用材料					
粗朶束（萌芽力の強いヤナギ枝を使用。クヌギ、ハンノキ等を用いた粗朶束にヤナギ枝を混入させる場合もある。束ねる際は鉄線のほか葡萄蔓、藤蔓などを用いた。また中に砂利や繰り石を詰めて包柴として用いる場合もあった。） 木杭，縄或いは鉄線，石礫（包柴とする場合）					
7. 材料および施設の耐久性					
・粗朶及び木杭は数年経過後腐朽すると考えられるが、それまでにヤナギの萌芽，定着を期待するものである。 ・簡易な構造であり、転石等で破壊する可能性がある。					

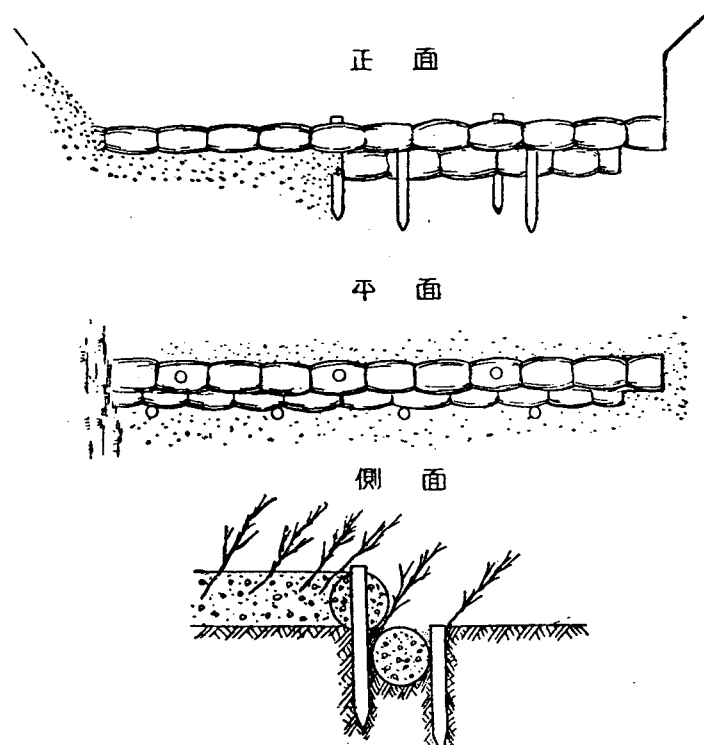
8. 維持管理の必要性

柳が活着しなかった場合には、粗朶束が腐朽した後は土砂扞止効果が失われるので作り直す必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

①材料（粗朶束、木杭）が腐朽する ②地味の悪い禿禿地で施工された例が多く、粗朶（柳など）が活着しない場合が多かった ③粗朶が入手困難になった など。

10. 概要図



（「溪流及砂防工学」p.276 より転載）

11. 既往の施工例

（施工地不詳）

12. 当工法と関連のある他の工法

○柵留連束わら（柴）工 … 粗朶束を山腹斜面に施工し、斜面土砂の扞止および植生の定着を図るものである。（粗朶束を用いた階段工）

○連 柴 工 … 山腹斜面に施工する筋工の一種で、粗朶束を設置して土砂の崩落を防止し植生の回復を図るものである。（粗朶束を用いた筋工）

1. 名 称 「編柵堰堤」(別名：編柵谷止工、編柵低堰堤)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
山腹凹部及び小溪流の土砂扞止，小規模なガリー等の縦侵食防止					
4. 適用範囲					
流送砂礫が小さく、土石流流下のおそれのない、常時流水のない山腹凹部及び小溪流。樹木の繁茂しやすい溪流。					
5. 施工方法					
柵の材料は萌芽力のあるヤナギなどを用いる。杭は普通マツ、ヒノキ等の針葉樹を用いるが、適当な針葉樹がない場合は、ナラ、クリ、ニセアカシヤ等を用いる。杭の太さは地上に出る杭の高さによって異なり、その半分以上を地中に打ち込む。 下流側には蛇簾や粗朶束を設置して水叩きとする。					
6. 使用材料					
木杭 粗朶（萌芽力の強いヤナギが最適である）					
7. 材料および施設の耐久性					
・粗朶及び木杭は数年経過後腐朽すると考えられるが、それまでにヤナギの萌芽，定着を期待するものである。 ・簡易な構造であり、転石等で破壊する可能性がある。					

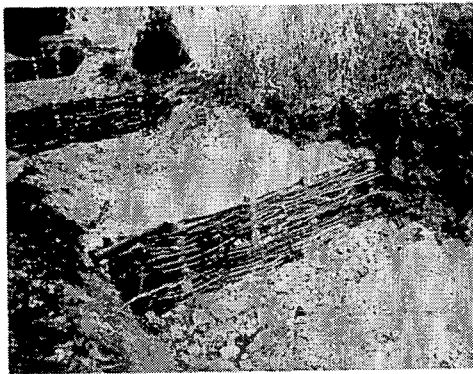
8. 維持管理の必要性

ヤナギが萌芽しなかった場合には、柵が腐朽した後は土砂扞止効果が失われるので作り直す必要がある。

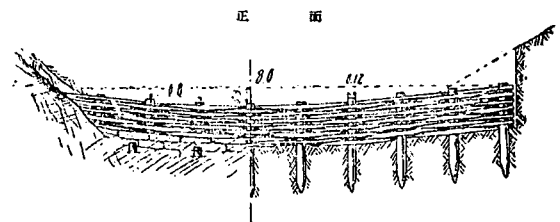
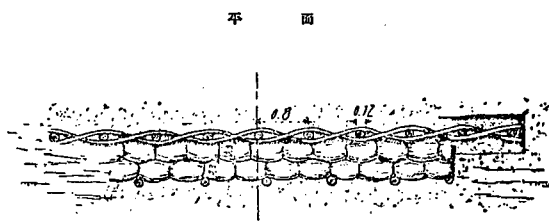
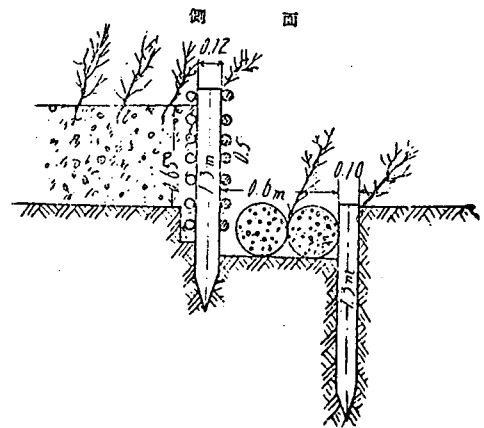
9. 施工されなくなった場合その理由

①材料（粗朶、木杭）が腐朽する ②地味の悪い禿緒地で施工された例が多く、粗朶（柳など）が活着しない場合が多かった ③粗朶が入手困難になった など。

10. 概要図



（「自然の復元」 p.42 より転載）



（「渓流及砂防工学」 p.273 より転載）

11. 既往の施工例

・愛知県・瀬戸市（ホフマン工事）

12. 当工法と関連のある他の工法

○山腹編柵工 … 編柵工を土留工あるいは階段工として施工するものである。（編柵工を用いた他工法）

○編柵護岸工 … 編柵工を護岸工として施工するものである。（編柵工を用いた他工法）

1. 名 称 「土 俵 留」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	M13 年				
3. 工法の目的					
山腹凹部及び小溪流の土砂扞止，小規模なガリー等の縦侵食防止。					
4. 適用範囲					
平常時は流水のないとくしゃ地の山腹凹部					
5. 施工方法					
山脚凹部に空俵に土を詰めたものを 2～3 俵階段状に設置するものである。俵のわらが腐朽した後は、肥料分となる。 洗掘防止のために下流側に簡易な柵工を施工し、苗木を植え込む場合もある。（土俵留根固工） 施工自体は普通作業員で対応可能である。					
6. 使用材料					
俵（2～3 俵） わら縄 土砂（俵内部への充填材）					
7. 材料および施設の耐久性					
耐用年数（土砂扞止効果が持続する期間）は俵が腐朽するまでの 2～3 年であったと考えられる。周囲に植生が回復するまで一時的に効果を発揮する谷止工として施工されたが、そのほとんどが植生が成育する前に腐朽した。					

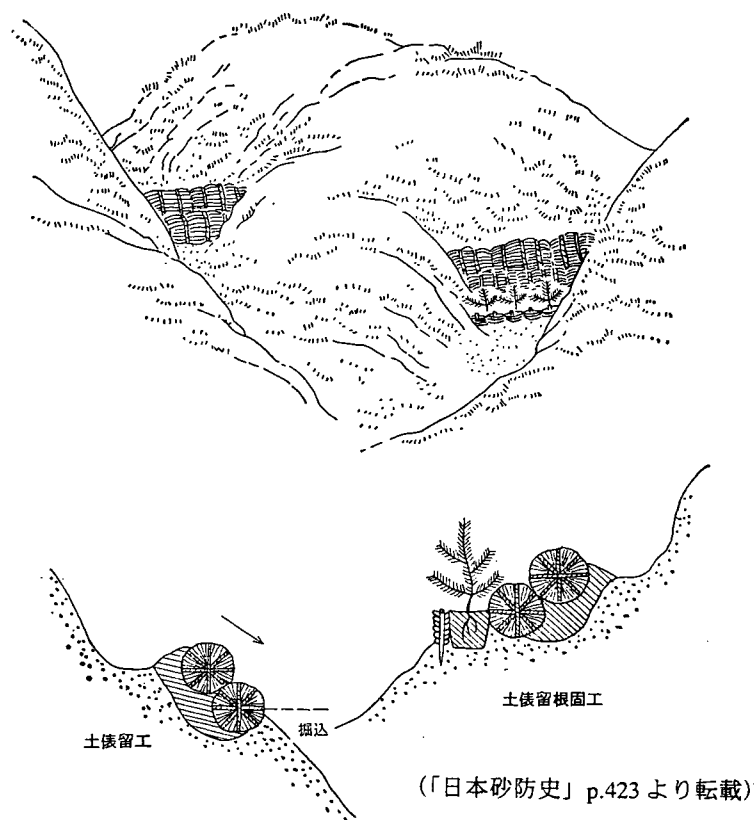
8. 維持管理の必要性

腐朽した俵は補強が不可能である。施設を維持する必要があるれば、新しい土俵を設置する。

9. 施工されなくなった場合その理由

俵が腐朽しやすいので耐用期間内に植生が成育しなかったから。
現在では現地周辺での俵の入手及び加工は困難である。

10. 概要図



11. 既往の施工例

- ・ 京都府・木津川支川不動川
- ・ 三重県・養老山地下流域（羽根谷、般若谷付近）

12. 当工法と関連のある他の工法

(特になし)

山腹基礎工／土留工

- ・ 逆松留
- ・ 筋粗朶工
- ・ 杭柵留
- ・ 搔上堤
- ・ 土留積石工

(山腹緑化工／階段工－積石工の項参照)

1. 名 称 「 ^{さかまつどめ} 逆松留」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	M10 年				
3. 工法の目的					
山腹凹部及び山腹，山脚部における、植生回復までの一定期間の土砂扞止					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の山腹凹部及び山腹，山脚部					
5. 施工方法					
マツ粗朶や土砂によって階段や堤を築いて施工する。 マツ粗朶あるいは長さ1 m程度のマツの稚木をマツ木末口 12～15 cm の土居木の上に梢を山側にして厚さ 20 cm 程度に配列する。この上に 25 cm 程度ずらして土砂を盛る。(概要図－1 参照) これを数層にわたり重ねて 0.9～1.2m程度の高さとする。また、山腹に沿って長く連続させる場合もある。(概要図－2 参照)					
6. 使用材料					
マツ粗朶 マツ幼木 現場発生土砂					
7. 材料および施設の耐久性					
マツ粗朶等が施工後数年程度で腐朽し、施設が破壊する（材料・構造面の耐久性）。 この時代の山腹土留工はいずれも地山の階段切付けを行わずに傾斜した斜面に施工されたため、耐用年数が短かったと考えられる（施工面での耐久性）。					

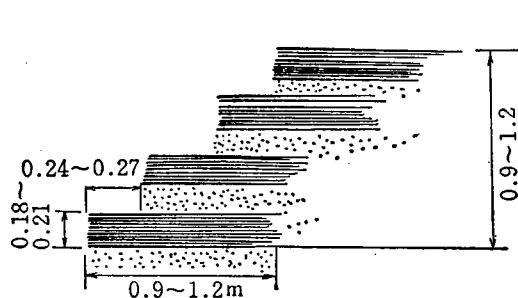
8. 維持管理の必要性

逆松留が耐用年数を迎えるまでに、植生によって周辺の土砂が固定される必要がある。マツ粗朶は土中に埋設されており、流水により流失した場合には修繕を要する。

9. 施工されなくなった場合その理由

とくしや地は一般に表土が薄いため地山に階段切付けを行わずに施工したことから降雨等で破壊されやすかったこと、マツ粗朶等の腐朽によって施工後数年で施設が破壊されたため。

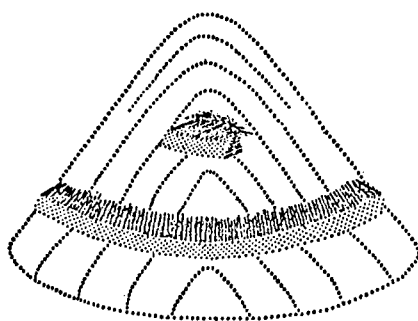
10. 概要図



(「日本砂防史」 p.410 より転載)

△ 図-1 凹部に施工する場合

◁ 図-2 山腹に施工する場合



(「日本砂防史」 p.410 より転載)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域 (田上山付近)

京都府・木津川支川不動川流域

12. 当工法と関連のある他の工法

○粗朶積工： 山腹斜面の階段切付け、木杭による粗朶の固定等の改良を加えた工法 (改良後の工法)

1. 名 称 「筋粗朶工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	M10 年				
3. 工法の目的					
とくしゃ地の山腹における、植生が定着するまでの一定期間の表面侵食防止，及び植生のための水分確保					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の山腹					
5. 施工方法					
本工法は、山腹の等高線沿いに 0.9～1.2 m 間隔で溝をつくり粗朶を筋状に埋め込み、降雨時に流水を分散させ、リル・ガリーの形成を抑制するとともに水分を貯留するものである。粗朶は、山腹に等高線方向に幅約 30 cm の溝を掘り、この溝に厚さ 6～9 cm 程度に敷設する。敷設後は粗朶を土砂で埋め戻す。					
6. 使用材料					
使用材料は雑木の枝条（粗朶）である。					
7. 材料および施設の耐久性					
粗朶の腐朽が早く、土留工としての効果は植生が成育するまで保てなかった。					

8. 維持管理の必要性
不明
9. 施工されなくなった場合その理由
粗朶が腐朽し、土砂扞止が十分に行われなかったようである。明治10年以降は施工されていない。
10. 概要図
長さ0.35~0.40m の稚木 0.3m 0.06~0.09m (「日本砂防史」p.410より転載)
11. 既往の施工例
滋賀県・瀬田川流域等
12. 当工法と関連のある他の工法
○粗朶筋工 …筋工の一種で粗朶を用いるものである。現在でも採用されている。筋粗朶工が埋設型の土留工であるのに対し、粗朶筋工は階段工の一種として施工されている。表面に粗朶を張り、その内側にわらを埋め込む等の工夫がなされている。(改良後の工法) ○等高線壕工…斜面における水分確保という観点では、昭和20年代にアメリカから導入される等高線壕工が類似している。

1. 名 称 「杭 柵 留」 ^{くいさくどめ} （「くいしがらどめ」 とも呼ぶ）					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	M10 年頃				
	(柵留連束わら(柴)工, 編柵堰堤に改良)				
3. 工法の目的					
とくしゃ地山腹において、植生回復までの一定期間の土砂扞止及び表面侵食防止を目的とする。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地山腹の緩傾斜部分					
5. 施工方法					
山腹荒廃箇所¹の緩傾斜部分に階段切付けを行わずに設置する柵工である。 斜面の等高線に沿って、0.9m程度の長さの小杭を約 0.45mの間隔で突き立てていく（杭はその長さの半分程度まで地面に埋め込む）。そして杭の間に割竹、粗朶を用いて柵を編む（概要図参照）。					
6. 使用材料					
使用材料は、木杭、割竹・粗朶を用いて編まれた柵及び現地発生土砂である。					
7. 材料および施設の耐久性					
耐久性は杭の規模（太さ、打ち込み長さ）等により左右される。当時のものは粗朶、木杭は数年で腐朽し、保持されていた土砂が崩落した。					

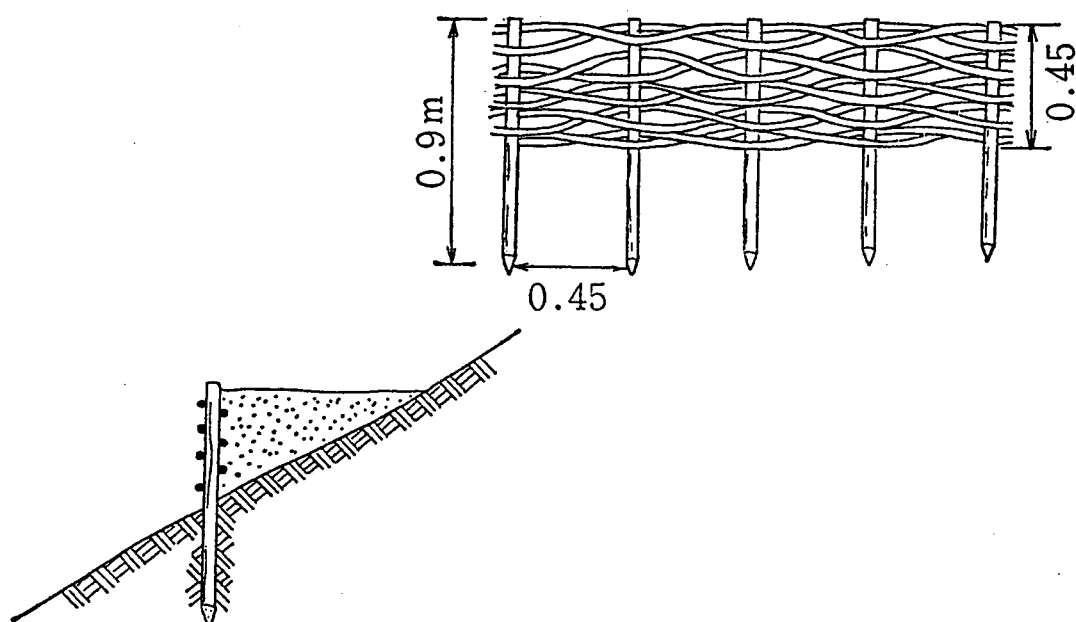
8. 維持管理の必要性

植生が成育して斜面の土砂を固定する前に杭柵が破損した場合には、これを補修する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

- ・ 杭の打ち込みに相当の労力を要するため、山腹等では施工困難な場所があること。
- ・ 木杭、粗朶の耐久性が小さい
- ・ 寒冷地は凍上により破壊されやすい

10. 概要図



(「日本砂防史」p.410より転載)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域 (田上山)

兵庫県・逆瀬川流域

12. 当工法と関連のある他の工法

- 柵留連束わら (柴) 工 …わらを埋め込んで植生の生長を助成させる。(改良後の工法)
- 山腹編柵工 …植生が生長するまでの一時的な土留工として施工され、多くの場合階段切付けを施している。(類似工法)
- 編柵堰堤 …編柵を斜面凹部に設置したもの (類似工法)

1. 名 称 「 ^{かきあげてい} 搔 上 堤」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	明治初期				
(「土堰堤」へ統合)					
3. 工法の目的					
とくしゃ地の山脚部における崩土の捕捉及び土砂扞止					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の山脚部					
5. 施工方法					
山脚部周辺に堆積している土砂を、山脚へ 0.9 m 程度、土堰堤状に掻き上げておき、崩土の捕捉や土砂扞止効果を期待する工法であり、施工は極めて容易である。表面保護も行わず、自然の草木の発生にまかせる。					
6. 使用材料					
山脚部に崩落して堆積している土砂のみである。					
7. 材料および施設の耐久性					
掻き上げた土砂の上に自然に植生が進入することを期待したが、多くの搔上堤は、植生に覆われる前に破壊していった。土砂が不安定な状態で山脚部に残されていることには変わりなかったため、施設の効果は極めて低かったものと考えられる。					

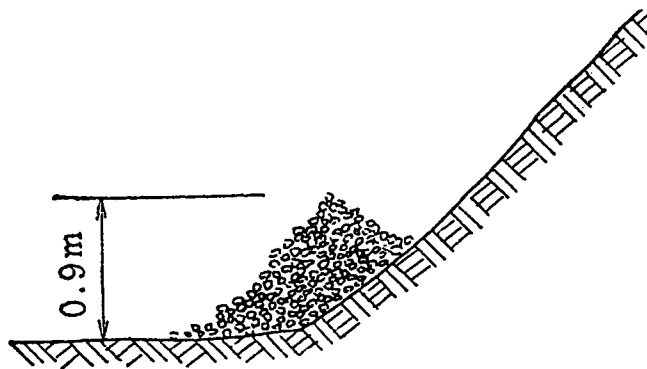
8. 維持管理の必要性

盛土が破壊された場合には補修する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

表面を草木が被覆する前に、破壊していく掻上堤が多かったため。

10. 概要図



(「日本砂防史」 p.410 より転載)

11. 既往の施工例

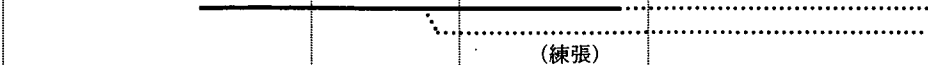
滋賀県・瀬田川流域

12. 当工法と関連のある他の工法

○張芝土堰堤 … (改良後の工法)

山腹基礎工／排水路工

- 張石水路工
- 板（編）柵水路工
- 張芝水路工
- 粗朶暗渠工
- 蛇籠暗渠工
- 石礫暗渠工

1. 名 称	「張石水路工」 別称：水路石積工、山腹水通工、敷石水路工、谷間張石工など				
2. 施工年代	~明治大正昭和第2次世界大戦~現在  (練張)				
3. 工法の目的	①山腹からの湧水、降雨を安全に流下させ、これらの流下に伴って生じる山腹表面の侵食を防止する。 ②山地上流の急勾配な小溪流での流水による縦侵食を防止する。				
4. 適用範囲	・勾配が急で流下する水量が多く、また粗大な砂礫の流下もある山腹。 ・付近の石材の質が悪く、張石水路の築設は可能であるが石堰堤の築設には適さない場合。				
5. 施工方法	地拵えする時、石が斜面から浮き上がることがないように十分床掘をする。また、張石するまえに裏込めとして礫を充分搗（つ）き固め、流水が側面にまわったり、張石が抜けたりすることのないように注意する。 通常は下流側から上流側へむかって施工するが、水路勾配が緩やかで下流部の洗掘のおそれがない場合は上流から下流へむかって施工してよい。 水路の形状は一般には弧形水路とするが、特に流量の多いところでは梯形（逆台形）水路とする。 石は通常は堅張であるが、緩傾斜の場合は平張としてよい（概要図参照）。補強として杭を挿入する場合もある。また、特に水量が多い場合は裏込めにコンクリートを用いて練張とする。 水路が長くなる場合、適当な間隔を置いて帯工を設けて水路を補強する。これにより水路の一部が破壊された場合にも全体に破壊が及ぶことを防止する。帯工は石積谷止工の他、鉄線蛇籠谷止工が用いられる。				
6. 使用材料	張石…玉石、野面石、礫等 （練張とする場合はコンクリートも用いる）				
7. 材料および施設の耐久性	石を用いるため張芝水路、粗朶張水路と比較し耐久性に優れる。また、張石水路工の耐久性は主に張石が抜け出ないよう工夫することにあった。この為、一定の大きさの石を用いること、張り方を工夫すること、裏込めに礫、コンクリートを使用することにより耐久性を高めた。 又連続して破壊されないよう、谷止工、帯工を設けることにより耐久性を増した。				

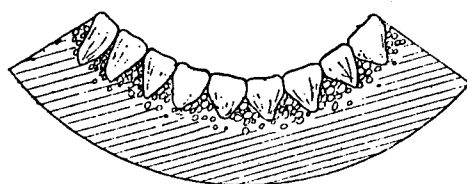
8. 維持管理の必要性

流水が多い地域では張石裏の土砂が流失し破壊につながるため補修を行う必要がある。また、崩落土砂、流下土砂等で水路が閉塞した場合は直ちに除去する必要がある。

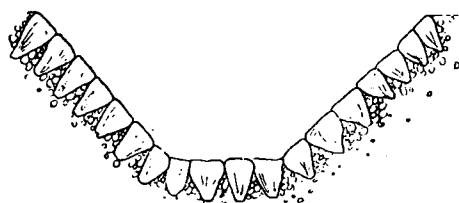
9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在でも用いられているが、省力化及び石工の不足のため、コンクリート水路工、コルゲート水路工等に代わってきている。」

10. 概要図



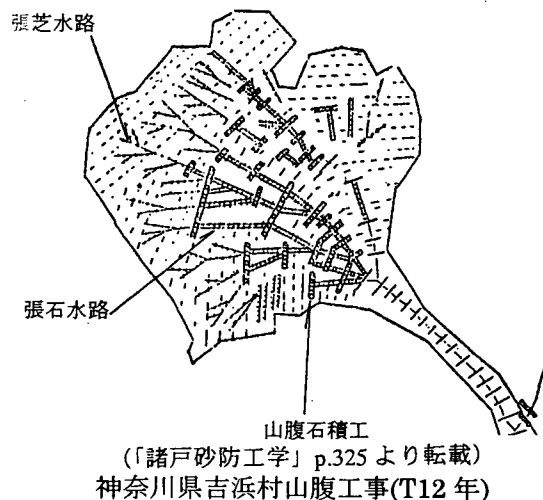
弧形水路（縦張）
（「溪流及砂防工学」p.339より転載）



櫛形水路
（「溪流及砂防工学」p.339より転載）



弧形水路（平張）
（中村、「砂防工学」より転載）



山腹石積工
（「諸戸砂防工学」p.325より転載）
神奈川県吉浜村山腹工事(T12年)

11. 既往の施工例

手取川（石川県・白山付近）	／	朝明川（三重県・鈴鹿山系）	
逆瀬川（兵庫県・六甲山系）	／	牛伏川（長野県松本市）	など多数。

12. 当工法と関連のある他の工法

- 張芝水路工 … 流水が多くなく、砂礫の流下も少ない地域での水路工である。（類似工法）
- 石積谷止工、蛇簞谷止工 … 水路を補強する帯工として施工された。（当工法に付帯して施工される工法）

1. 名 称 「板（編）柵水路工」						別称：杭柵水路工、板張水路工、粗朶柵水路工	
2. 施工年代							
～明治		大正		昭和		第2次世界大戦	
						～現在	
.....							
3. 工法の目的							
湧水、降雨水を安全に流下させ、これらの流下に伴って生じる山腹表面の侵食を防止する。							
4. 適用範囲							
地すべり地等の地盤条件の悪い箇所で、山腹滑落のおそれがなく、かつ土砂の流下の少ない緩勾配の山腹。石材を欠く場所。狭小な場所で比較的多い流水を処理する必要がある場所。							
5. 施工方法							
①水路の両側に杭木として末口 9cm、長さ 1.5m の杉（あるいは松）丸太を 0.8～1.0m 間隔に打ち込む。 ②丸太の2つに分割したものを水路に対して縦断方向（水平貫という）と横断方向（連結木という）に設置してかすがい等で杭木に固定する。 ③杉（あるいは松）板を杭木の外側に設置して釘で杭木に固定する。板と編柵を併設する場合と、編柵のみの場合、板のみの場合（板柵水路工）がある。 ④水路底は素堀のまま何も設置しない場合もあるが、通常は水路敷に張石したり、粗朶（粗朶束、包柴を含む）や蛇籠を設置する。							
6. 使用材料							
杉、松（杭や側面の板として利用） その他粗朶、粗朶束、包柴、蛇籠など							
7. 材料および施設の耐久性							
杭および側板として用いる木材（杉、松）の耐久性が水路の耐久性である。従って、耐久性のある木材の使用により施設の寿命を長くできる。							

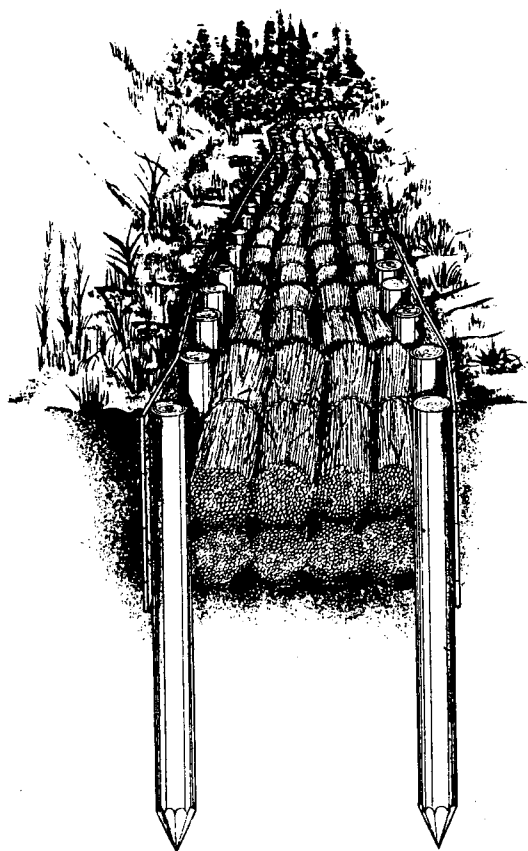
8. 維持管理の必要性

植生が回復する前に杭や側板が腐朽し、機能を果たさなくなった場合には、補修する必要がある。

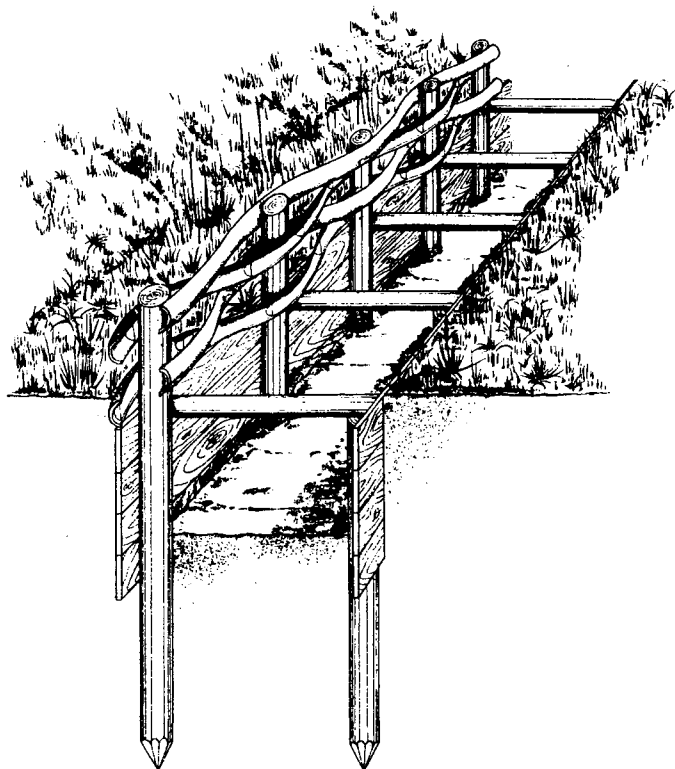
9. 施工されなくなった場合その理由

現在でも地すべり地域、水田水路、宅地造成地等で施工される。また、早急に水路を復旧させたいときなど、仮設的な防災工法として施工されている。

10. 概要図



(粗朶束を詰めたもの)



編柵水路イメージ図
(「宅地造成工事仮設防災工法」p.164,166 より転載)

11. 既往の施工例

新潟県旭村（儀明地すべり）（地すべり対策工（1952年））など

12. 当工法と関連のある他の工法

○蛇籠暗渠、粗朶束暗渠…本工法を埋め戻して暗渠とした工法である。（類似工法）

1. 名 称 「張芝水路工」 別称：山筋芝張工、張芝工					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
山腹からの湧水、降雨水を安全に流下させ、これらの流下に伴って生じる山腹表面の侵食を防止する。					
4. 適用範囲					
緩勾配で流下する水量が少なく、細小な土砂が流下する山腹。 降雨時のみ流下する小溪。					
5. 施工方法					
切り芝の大きさは縦 20cm、横 30cm 程度の新鮮なものを用いる。地味がよくない場合は土つきの多いものを用いる。					
切芝を固定するため、目串をたてる。目串は萌芽性の強いヤナギ類、ウツギ、タニウツギ等を活用する。水路は弧形とし、幅 1～1.2m、深さ 30cm 程度を標準とする。					
水路補強のため、下端部には石積谷止工のような横工を設ける。					
張石水路工が施工されている地域で、張石水路の施工が困難な谷の最上流部に設ける場合も多い。					
6. 使用材料					
山芝 ヤナギ、ウツギ類（芝を固定する目串として使用）					
7. 材料および施設の耐久性					
流水や石礫等の外力に対して極めて弱い。 芝等の活着の度合いにより耐久性が異なる。					

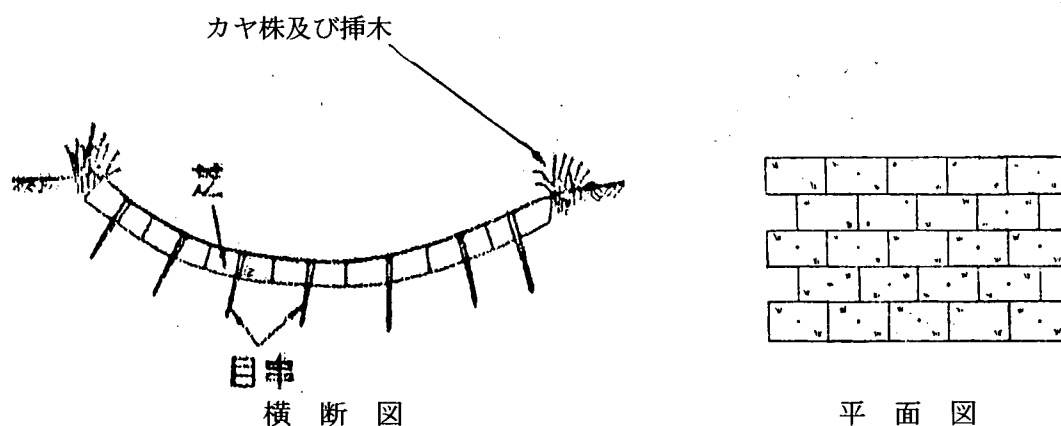
8. 維持管理の必要性

活着の悪い芝は、新たに張り直す必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

現在でも施工されている工法であるが、流水に対する耐久性に劣るため、山腹の凹部など施工箇所が限定される。

10. 概要図



(「溪流及砂防工学」 p.339 より転載)

11. 既往の施工例

- ・ 堂々川 (広島県福山市)
- ・ 夜間瀬川 (長野県戸狩)
- ・ 瀬戸市周辺 (愛知県) 等

12. 当工法と関連のある他の工法

- 張石水路工…張芝水路工の下流に施工される場合も多い。(類似工法)
- 石積谷止工、蛇竈谷止工、積苗工、筋工…(「張石水路工」の欄参照)

1. 名 称 「粗朶暗渠工」 別称：湿抜工、水抜粗朶工、水路敷粗朶工、包柴暗渠工など					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
					
3. 工法の目的					
山腹斜面の湧水の除去、地下水の排除により、小崩壊の防止及び地すべり等斜面の安定を図る。					
4. 適用範囲					
湧水のある山腹、地下水位の高い地すべり地、急傾斜地に適用。					
5. 施工方法					
暗渠下部に粗朶束（径 0.7m 程度）を配置し、これに約 1m ごとに杭（径 10cm、長さ 1.5m 程度）を打ち込んで固定する。粗朶束は雑木粗朶、竹粗朶、柳粗朶等が用いられる。礫と比較して粗朶は間隙が小さく、目詰まりをおこしやすいので、粗朶束の中心部に礫を入れて排水しやすくする場合もある。（包柴（ほうさい）暗渠工）					
6. 使用材料					
粗朶 木杭 石礫 他					
7. 材料および施設の耐久性					
粗朶は通常フィルター代わりに使うが、腐朽しやすいため、粗朶の交換が必要となる。極力耐久性のある粗朶を用いるほうがよい。					

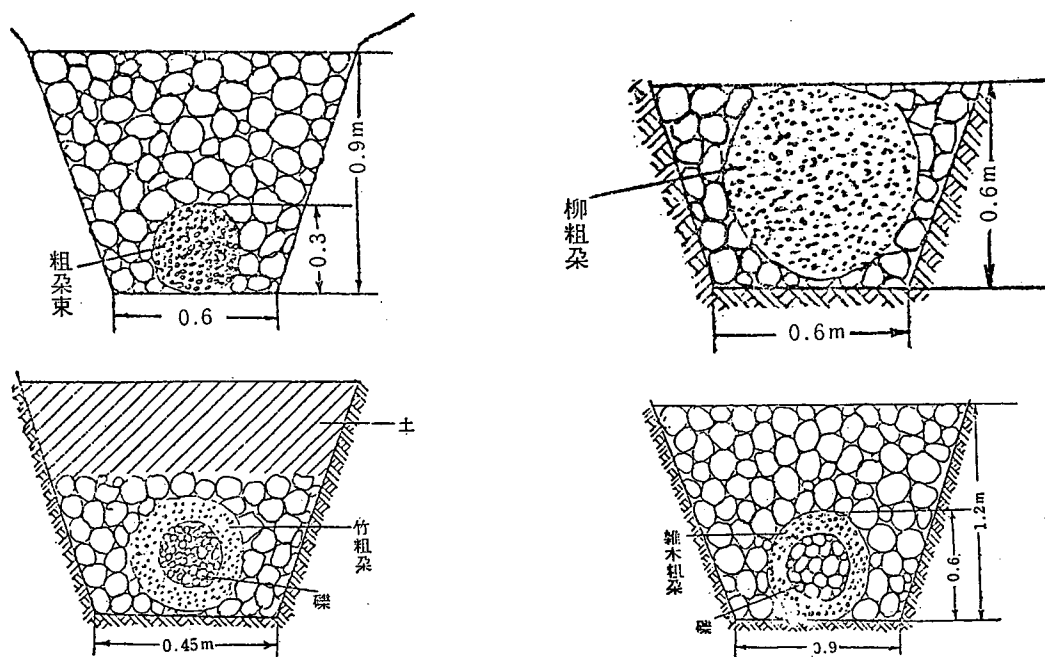
8. 維持管理の必要性

粗朶束は腐朽し、また粘土等で目詰まりがおきやすいため、排水効果が薄れた場合交換する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

①粗朶束の調達が困難になったこと②耐久性に優れる多孔質暗渠、合成樹脂を用いた暗渠工等の普及等

10. 概要図



施工例（下2例は包柴暗渠工）

（「日本砂防史」p.427より転載）

11. 既往の施工例

（施工地不詳）

12. 当工法と関連のある他の工法

○排水管に有孔ヒューム管、コンクリート管、塩ビ管を使用した暗渠工

1. 名 称 「蛇籠暗渠工」 別称：水抜蛇籠工					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
山腹斜面の湧水、地下水を排除し、土砂侵食の防止及び斜面の安定を図ることを目的とする。					
4. 適用範囲					
地すべり地，地盤が軟弱な地域，急峻な山腹排水工で適用（30°以上）。					
5. 施工方法					
蛇籠を用いて礫を固定する以外は、構造は石礫暗渠とほぼ同様である。明治時代は主に竹蛇籠、柳蛇籠が用いられ、明治末期頃から鉄線蛇籠が主流となった。 なお、排水条件により蛇籠を複数本用いる場合もある。 ・地すべり地など、地盤が移動しやすい場所では蛇籠を結束する。 ・蛇籠に集まった水を集める集水柵床固工が必要である。					
6. 使用材料					
石礫 蛇籠（鉄線蛇籠、竹蛇籠、柳蛇籠など） 粗朶、芝等（目詰まり防止） ビニールシート（地すべり地の排水を促進させるため） スギ皮					
7. 材料および施設の耐久性					
石礫が蛇籠により固定されるため石礫暗渠工より安定性に富む。また蛇籠は屈撓性に富み、地すべり地域など地盤が不安定で変動するような場合でも蛇籠が自重により沈下して対応可能である。					

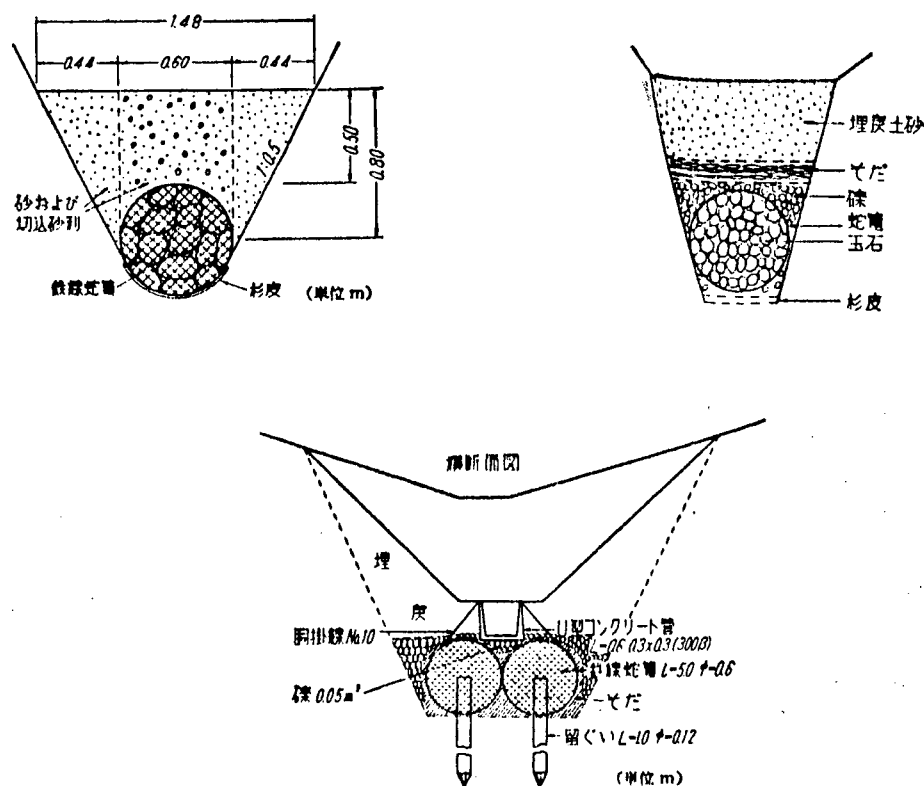
8. 維持管理の必要性

細粒な土砂で埋塞され排水効果を失った場合は施工し直す。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在でも施工されている。

10. 概要図



(「砂防施工法」 p.350 より転載)

11. 既往の施工例

新潟県、長野県の地すべり地区で施工例がある。

12. 当工法と関連のある他の工法

- 石礫暗渠 … 蛇籠による石礫の固定を行わない暗渠工である。下部に空隙を設け集水路工とする場合もある。(類似工法)
- 張石水路工 … 蛇籠暗渠工の上部に張石水路工を設け、表面排水工と表層地下水排水工を兼ねる明暗渠工として施工する場合がある。(上層部に併用する工法)

1. 名 称 「石礫暗渠工」 別称：栗石暗渠工、礫暗渠工					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
通常地山の不透水層の上に設け、山腹斜面の湧水、地下水等を排水し、土砂侵食の防止及び斜面の安定を図る。					
4. 適用範囲					
湧水や表層からの中間水が多く、地下水の低下および排除を必要とする場所。礫が入手できる場所。					
5. 施工方法					
暗渠の深さは一般に 0.5～1.5m、底幅 0.3～1.0m 程度とする。礫の大きさは 15～30cm のものを用い、下方に大径のものを、上方に小径のものを詰める。形状は間隙を大きくするため角の多い礫のほうが望ましい。その上部を土砂で埋め戻す。なお、礫と土砂の間に芝、粗朶、わら等の層をはさみ、土砂が礫間に入らないようにする場合が多い。 暗渠の底は縦断方向に関して階段状に礫を設置する。 適当な間隔で石積谷止工などの帯工を設置し、詰石の保護・補強とする。また、帯工と交差する地点では一旦明渠としてその上部に水を流下させる。 排水路工は斜面に網状に配置する。斜面上部の排水路は集水路としての役割を持つが、斜面下部の排水路は上部からの排水路としての役割が大きいため、特に暗渠下部に水路となるような大きな四角形（もしくは三角形）の空隙を設け、石礫や煉瓦等で囲む。（水路付き石礫暗渠）					
6. 使用材料					
石礫 粗朶、芝、わら等…礫の目詰まり防止策として用いる場合がある					
7. 材料および施設の耐久性					
石礫を用いるため腐朽の可能性はなく、耐久性は優れている。ただし、暗渠底が透水性をもっていた場合や、地すべり地域で本工法を施工した場合、底部の侵食や地すべり土塊の移動により破壊が生ずる。					

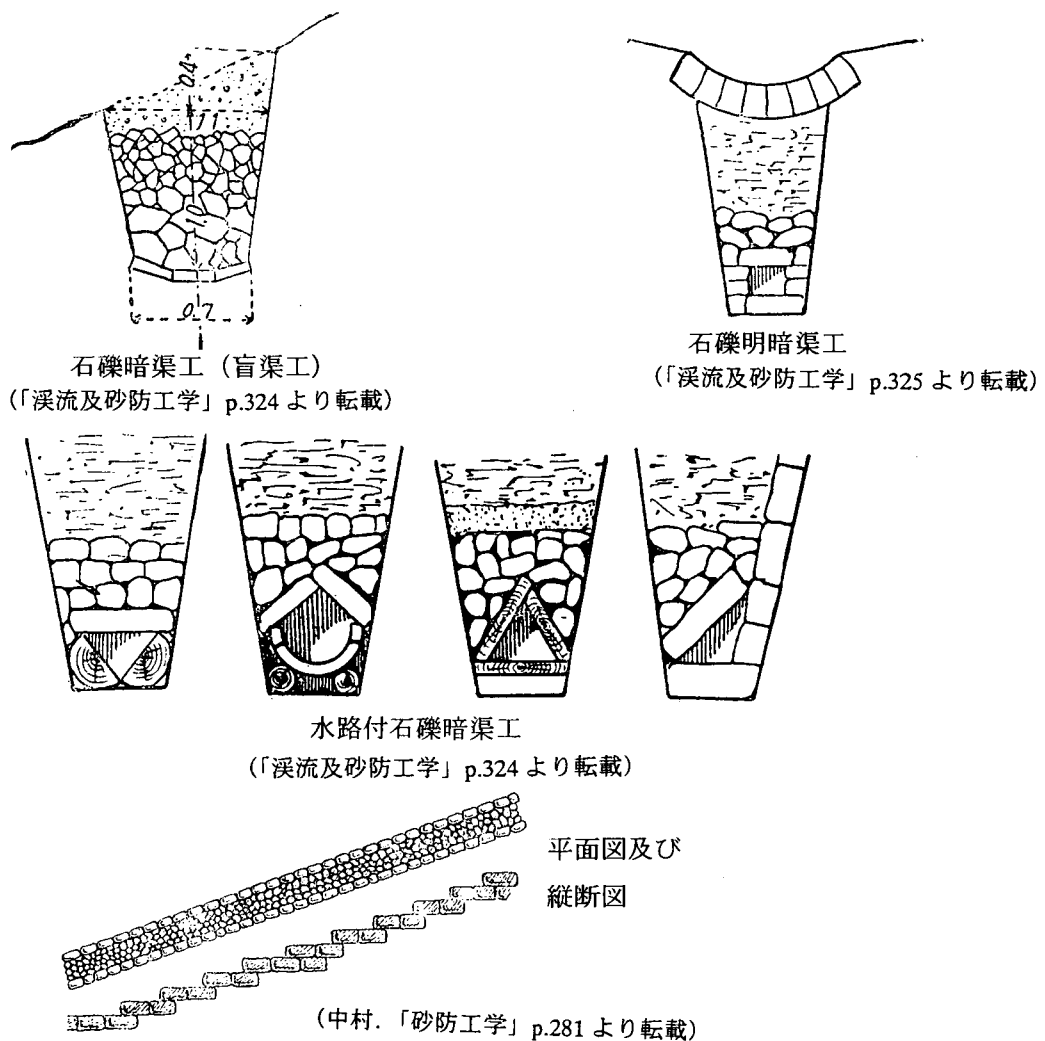
8. 維持管理の必要性

排水効果が悪化した場合は暗渠部が破壊されたか粘土等が詰まった場合で、その部分を修復する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在でも施工されているが、狭い深い掘削底での作業は労働基準法との関連から避けられている。また、水路付き石礫暗渠工は、コルゲートパイプやコンクリート管の普及に伴いあまり用いられなくなった。

10. 概要図



11. 既往の施工例

施工例多数

12. 当工法と関連のある他の工法

○蛇籠暗渠工 … 石礫を蛇籠により固定するため、本工法より耐久性、安定性に優れる。(改良工法)

山腹緑化工／階段工

- ・ 積苗工
- ・ 積石工
- ・ わら工
- ・ 柵留連束わら（柴）工
- ・ 筋工
- ・ 柵工
- ・ 粗朶積工
- ・ 等高線壕工

1. 名 称 「積 苗 工」(土留工として使用の場合、土留積苗工、段積苗工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	M7 年				
			(昭和3年よりわら積苗工が施工)		
3. 工法の目的					
山腹斜面へ植栽する苗木植付工の基礎工として築造する(①植栽の基礎の造成, ②地盤の保水能力の向上, ③苗木への肥料供給)。斜面の表面侵食及びリル, ガリーの形成防止にも寄与する。					
4. 適用範囲					
主に土壌が貧弱で乾燥しやすいとくしゃ地 芝が比較的豊富な所(芝が不足する場所では、他の工法が採択された) 斜面下端部に数段にわたり設置し、土留工(段積苗工、土留積苗工)として使用する場合もある。					
5. 施工方法					
積苗工は改良が繰り返し行われている工法であり、数種に細別することが可能であるが、ここでは芝積苗工について述べる。 ①山腹斜面に、水平に幅1m程度の段を切る。 ②犬走りを20cm程度控えて、芝(縦30cm横20cm厚さ3cm程度)を敷き(敷芝)、その上に芝を立てて設置していく(面芝)。なお、芝の設置前に雑柴を設置する場合もある。 ③その内側に細土を入れるとともに、植生の生長を助成するための肥料としてわらを埋め込む。 ④わらを埋め込んだ後細土を締め固め、再度面芝を設置するとともに、天端に水平に芝を並べ(天芝)、上部から締め固める。 土留工として使用する段積苗工は、斜面下端部に上記の積苗工を数段にわたり重ねて設置するものである。					
6. 使用材料					
山芝, わら					
7. 材料および施設の耐久性					
耐久性に優れており、苗木が生長するまで土壌を保持し、併せて地山の土砂扞止効果を発揮する。ただし雨水によって土砂の流出や侵食が考えられる山腹凹部では、より耐久性の優れた積石工を用いる場合がある。					

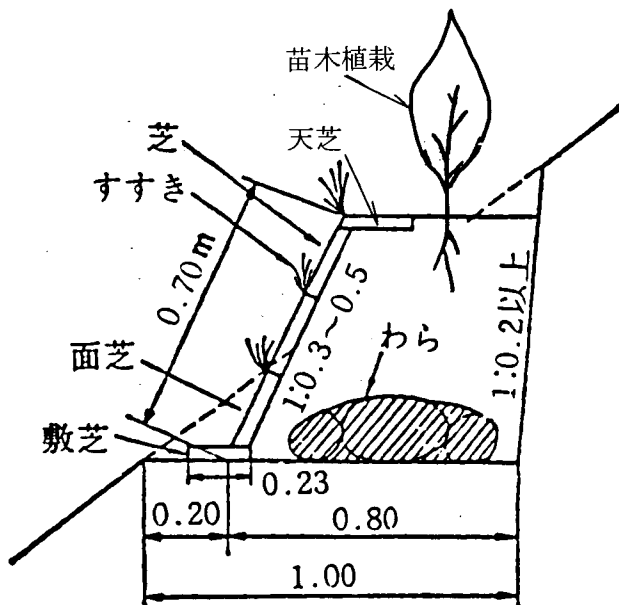
8. 維持管理の必要性

苗木が活着するまでの間に降雨等により破壊が生じた場合には、補修が必要である。ただし積苗工では強度が足りず破壊を繰り返す箇所には、代わりに積石工を施工する。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在でも広範囲に用いられている。また本工法は明治7年に施工されてから改良が繰り返され、芝の積み方や使用材料の違いによって数種類の積苗工に細分化されている。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.429 に一部加筆)

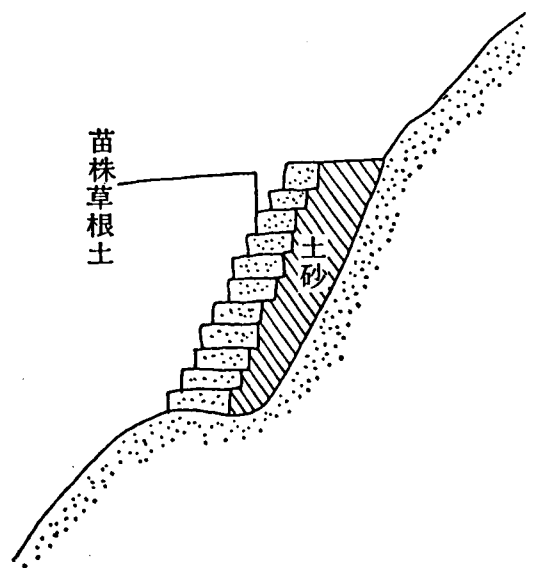
11. 既往の施工例

京都府・不動川流域、滋賀県瀬田川流域をはじめ、多数の地域で施工されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

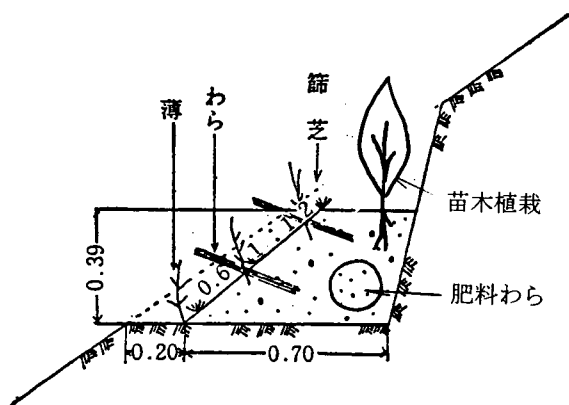
○積石工…常時水分が多く、雨水が集中してのり切面の土砂が流出しやすい場所で積苗工の代わりに施工された。(積苗工より強度の強い同種工法。ただし周辺に転石が豊富にある場合に限られた。)

○苗木植栽…積苗工で形成された小段に苗木を植栽する植栽工である。(併用する工法)

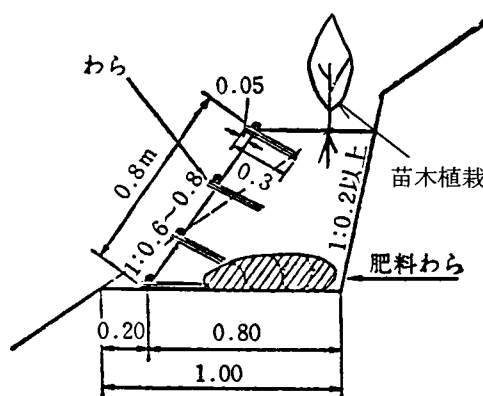


積苗木工

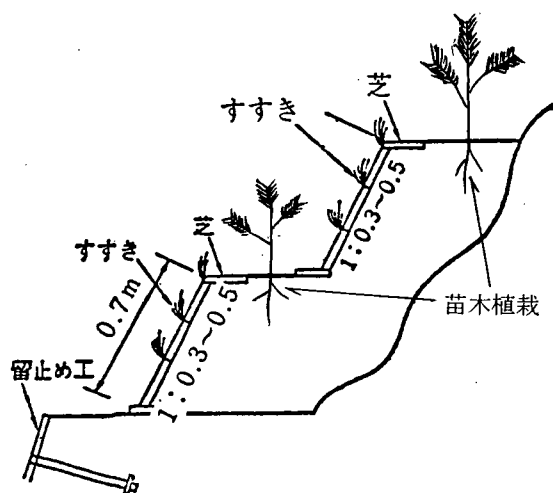
(積苗木工施工当初の形態。草根土が深く採取され、跡地が容易に復旧しなかったため廃止となった。)



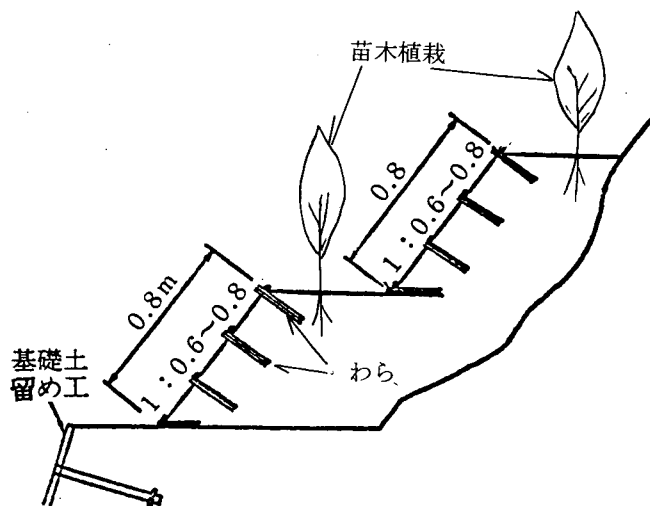
わら積苗木工



改良わら積苗木工



芝段積苗木工



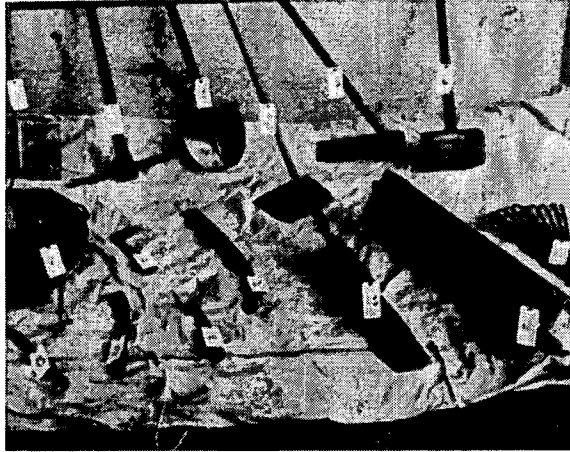
わら段積苗木工

(「日本砂防史」p.429 に一部加筆)

○ 資料「積苗工の人力による施工」

人力による積苗工及びわら積苗工の施工順序を、「木津川砂防百年のあゆみ^{*}」から引用する。

積 苗 工



山腹砂防工事土工器具



山腹ノリ切工



土砂は鋤簾でかき下す



斜面に水平筋付

※芝採取時の留意事項

使用する芝としては根の発達が良好であり張りも強いものを選ぶ。芝の採取法は普通鋭利な鎌を用い、芝地面上に縦横に筋を付けた後鎌を入れて剥ぎ取る。芝の採取に当たり最も注意すべき点は採取地の選定と採取量である。傾斜地において多量の採取を行いその跡地に崩壊が起きるようなことはあってはならない。原則として1割5分以上の勾配では採取は行わない。これより緩斜面でも切り取りは帯状に行うものとする。

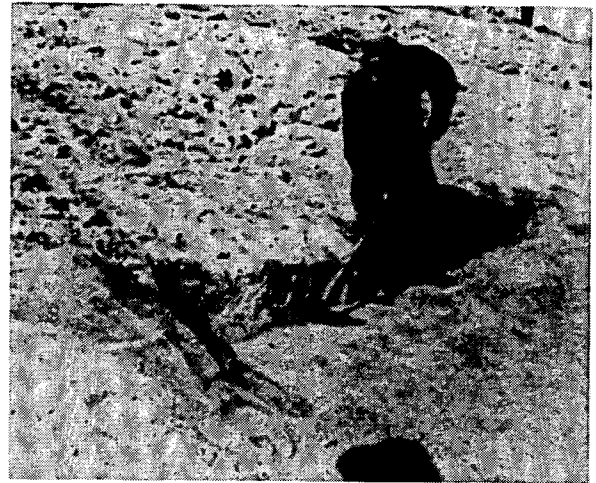
※施工時期

張芝の時期としては春および秋が最もよく、真夏に行う場合は根の活着しないうちに暑さで枯れることが多い。春期に行う場合はなるべく速く工事を終了すべきで、6月まで長引く場合は、十分根の拡張しない内に雨期に入るため破壊する危険性がある。寒さの厳しい地方で冬季に差し迫って芝張りを行くと、翌年の融雪期に肌落するものが多く生じるため注意が必要。

^{*} 建設省近畿地方建設局木津川上流工事事務所 (1981) : 木津川砂防百年のあゆみ, pp.660



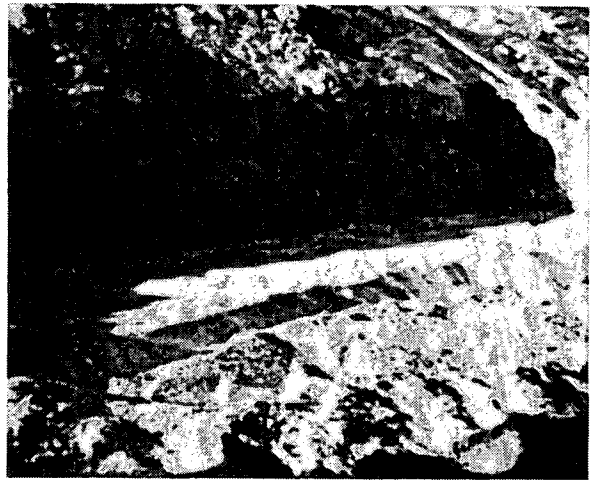
水平に幅20cm切込む



床掘中



床掘中



床掘完成



芝採取前の山地



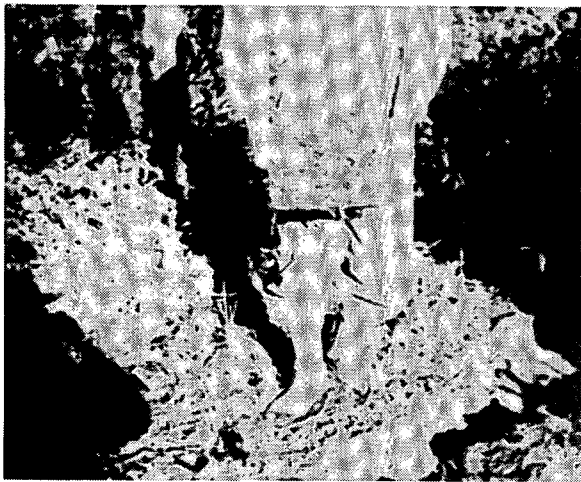
山地の雑柴を鎌で刈取る



雑柴刈取後竹熊手で塵埃を除去する



塵埃を除去したのち平鍬で芝を切取る



採取芝は32cm×22cm×3cmで1枚の重量は2.0kg程度



採取芝を小運搬



手釣にて張芝を一段並べる(段積苗工) 仕上施工



細土を芝裏に入れる



細土を踏締めながら土羽板で3～4分位の
こう配にたきつける



1 mの雑柴を敷く



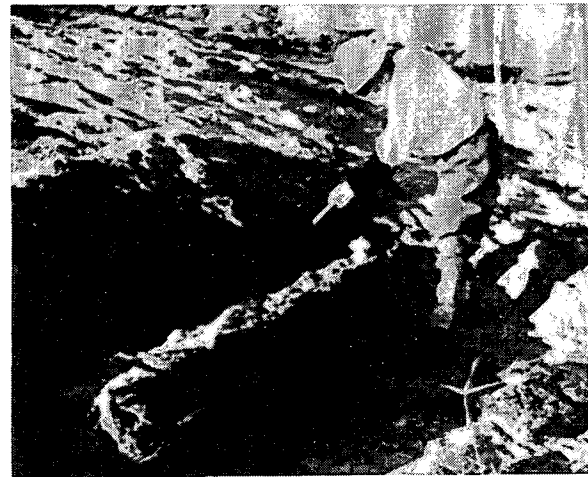
雑柴が敷き終ると二段目張芝を付けるため
細土を鋤簾でよせる



二段目の芝を張る



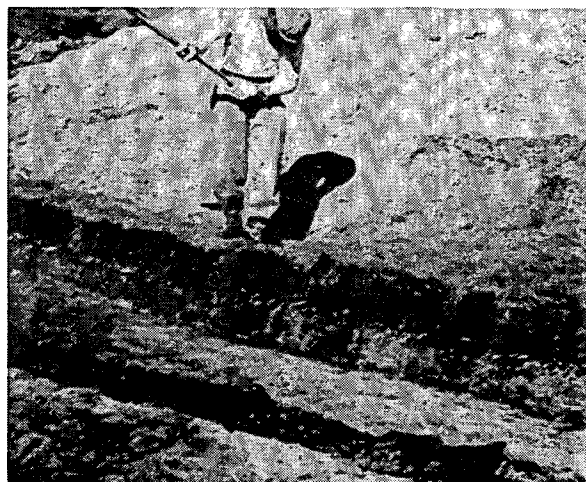
二段目芝を張り終ると鋤簾で細土を入れる



二段目張り終ると肥料糞を入れる準備をする



肥料糞は1m 当り2.0kg使用



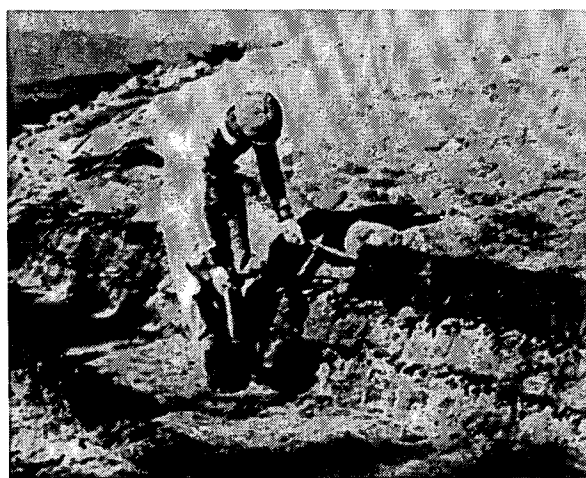
細土を踏締めながら土羽板で3〜4分位の
こう配にたきつける



蒔根1m 縄メを10m 使用する



二段目雑柴を並べる



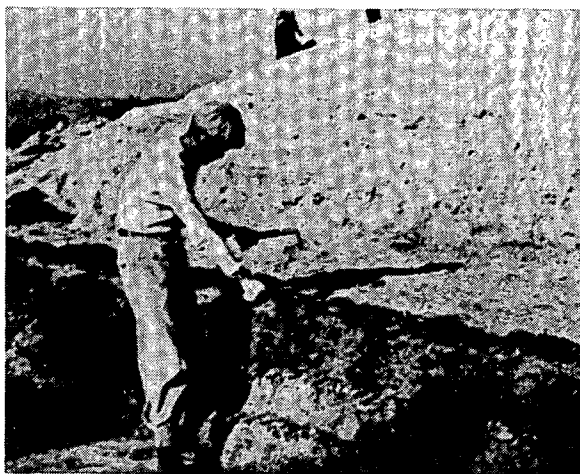
三段目の芝を張る



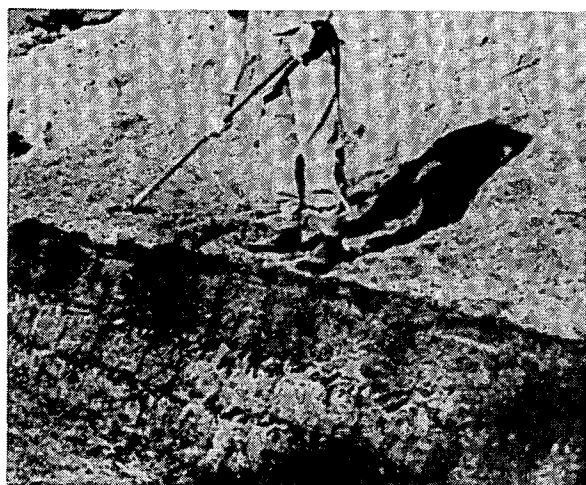
三段目を土羽板で締める



平鍬で天芝を並べる



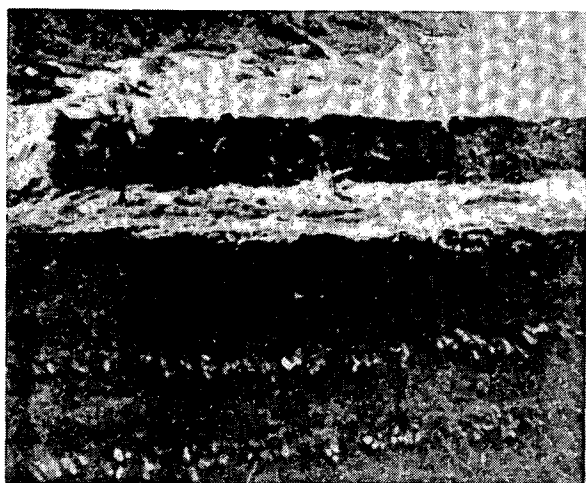
手釣で天芝を並べる



鋤簾で細土を入れ水平にする



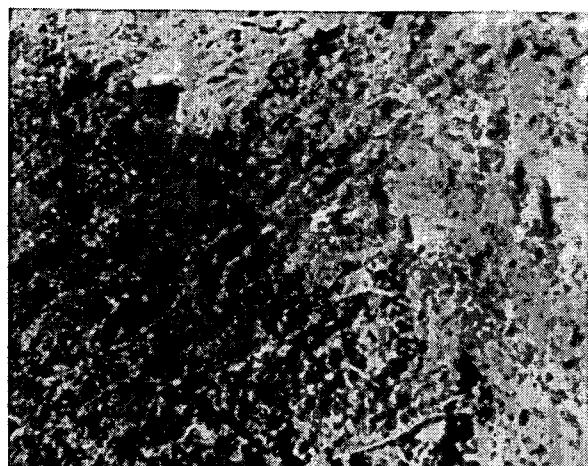
土羽板で天芝を締める



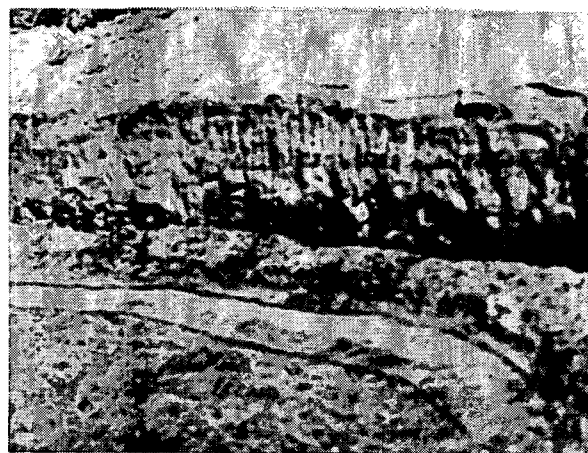
積苗工完成

(「木津川砂防百年のあゆみ」 p.230-235 より転載)

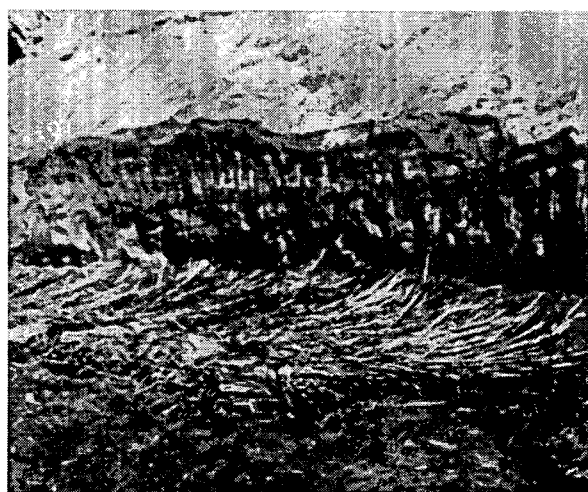
工 苗 積 藁



施 工 前



床掘仕上げ



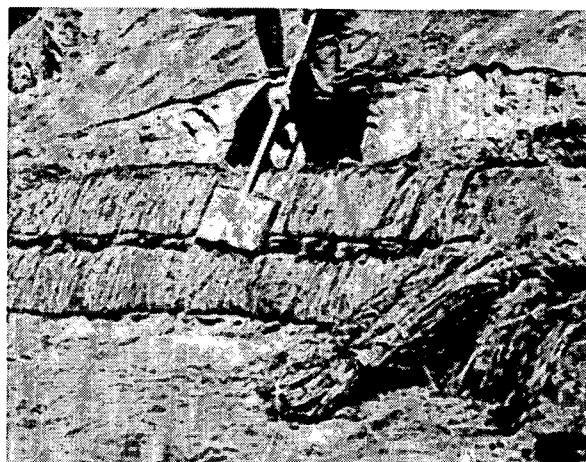
敷芝、並に藁敷並べ



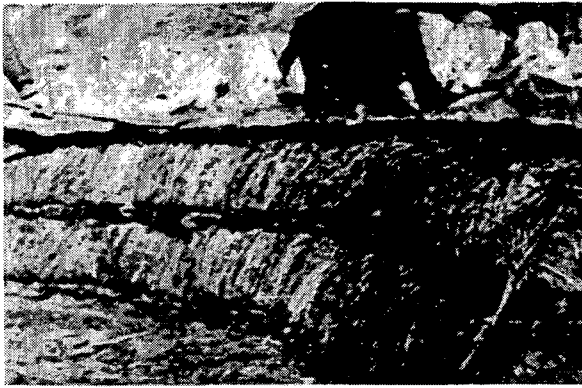
當板仕方



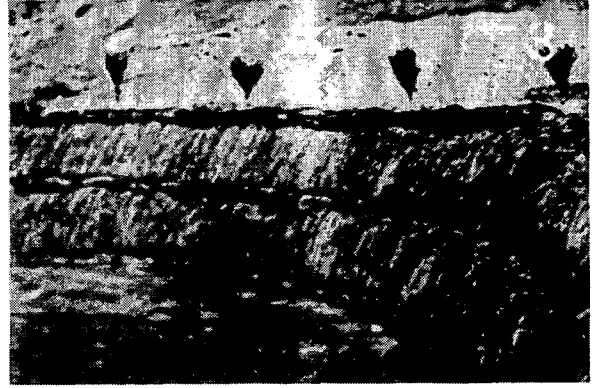
藁折曲げ仕方



表法面整え方



天芝整え方



仕 上 り

(「木津川砂防百年のあゆみ」 p.240-241 より転載)

1. 名 称 「積石工」 （ 名称：階段工としては、山腹石垣工，山腹石積工，石筋工 ） 土留工としては、土留石積工，土留石垣				
2. 施工年代				
～明治 大正 昭和 第2次世界大戦 ～現在				
	M27 年	(空石積)	昭和 2,3 年頃	
			(練石積)	
3. 工法の目的				
1) (階段工の場合) 山腹斜面へ植栽する苗木（苗木植付工）の基礎工として（①植栽の基礎土壌の提供 ②地盤の保水能力の向上 ③苗木への肥料供給 等）。斜面の表面侵食及びリル，ガリーの形成防止にも寄与する。 2) (土留工の場合) 法切り土砂あるいは段切の土砂の扞止、あるいは小谷筋に堆積する土石の扞止				
4. 適用範囲				
主に土壌が貧弱で乾燥しやすいとくしゃ地においての施工。ただし、①石材が近辺で豊富に得られる箇所②降雨等で侵食されやすく積苗工では強度が不十分な箇所 に限定される。				
5. 施工方法				
①山腹斜面に、水平に幅 70 cm 程度の段を切る。 ②犬走りを 20 cm 程度控えて石を積む。基礎が岩盤である箇所に施工することが望ましいが、そうでない場合は適当な基礎土台（梯子土台など）を設置する。積石は主に雑割石が用いられ、積石面が 30 cm 程度、控えが 36 cm 程度の硬質なものを用いる。積み石の高さは階段工の場合は 0.7～1.0 m 程度とするが、土留工の場合は 2m 程度まで積んでよい。それより高くする必要のあるときは複数段として施工する。積石法勾配は 2～4 分程度とし、裏込に礫を詰め補強する。 ③階段工として苗木植栽を行う場合は、積み石の内側を土砂で埋め戻す際、天端から 30 cm 程度下に、植生の生長を助成するための肥料としてわらを埋め込む。 ④天端が落石等で破壊する可能性のある場合は天端にも石を設置するものとする。（巻天端） なお、とくに強度を必要とする場合は裏込めにコンクリートを用いて練積とする。				
6. 使用材料				
石礫 現場土砂 わら コンクリート（練積とする場合） 木材（基礎土台として用いる場合。松丸太など）				
7. 材料および施設の耐久性				
耐久性に優れており、雨水によって土砂の流出や侵食が考えられる山腹凹部など、積苗工では強度の不十分な箇所で施工された。				

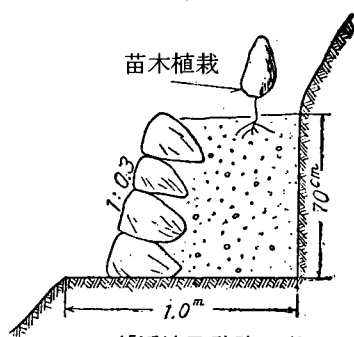
8. 維持管理の必要性

斜面崩壊等によって被災した場合には、補修を必要とする。

9. 施工されなくなった場合その理由

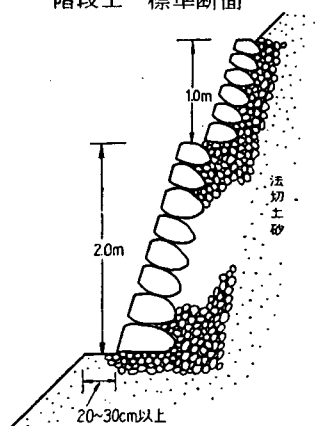
- ①昭和 40 年代から経済性、施工性等に優れたブロック板（PNC 板）積工が普及した。
- ②石工、石積技術者の不足
- ③施工材料となる石材の不足 等

10. 概要図



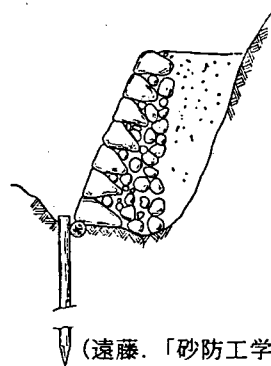
（「溪流及砂防工学」 p.337 より転載）

階段工 標準断面



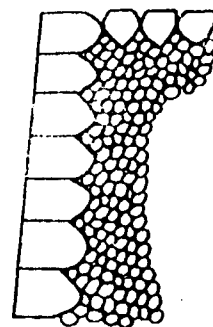
複数段としたもの

（「森林防災科学」 p.148 より転載）



（遠藤、「砂防工学」 p.224 より転載）

止杭を用いて基礎としたもの



落石対策として巻天端としたもの

（「森林防災科学」 p.148 より転載）

11. 既往の施工例

京都府・不動川流域 / 長野県・牛伏川流域、夜間瀬川流域 / 兵庫県・逆瀬川流域をはじめ、多数の地域で施工されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

- 苗木植栽 … 積苗工で形成された小段に苗木を植栽する植栽工である。（併用する工法）
- 積苗工 … 本工法より耐久性は劣るが、階段工として広く施工された。積苗工では耐久性が十分でない地域では積石工が用いられた。（類似工法）

1. 名 称 「わ ら 工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
		M30 年			
3. 工法の目的					
とくしゃ地の山腹斜面における、①土壌水分の保持、②植栽苗木の生育基盤の安定化、③苗木への肥料の供給。					
4. 適用範囲					
山腹斜面の緩やかな場所および山頂のやや平坦なとくしゃ地					
5. 施工方法					
当工法は斜面被覆工（伏工）である「連束わら網工」が改良されたもので、わらを埋め込むことで施工が容易になり、同様の効果が得られ、かつ工費を約3分の1に縮減できた工法である。 山腹斜面に等高線状に幅 30cm、深さ 20cm の水平溝を掘り、延長 1m 当たりわらを約 2kg 伏せ込み、細土をもって埋め戻す。水平溝は直高 90cm 程度の間隔で設ける。					
6. 使用材料					
わら					
7. 材料および施設の耐久性					
筋工の原型とも考えられ、山腹の緩斜面での施工に適する。効果に関する詳細は不明であるが、「連束わら網工」の改良工種として採用されていることから、植生が定着するまでの期間における耐久性はあったものと考えられる。					

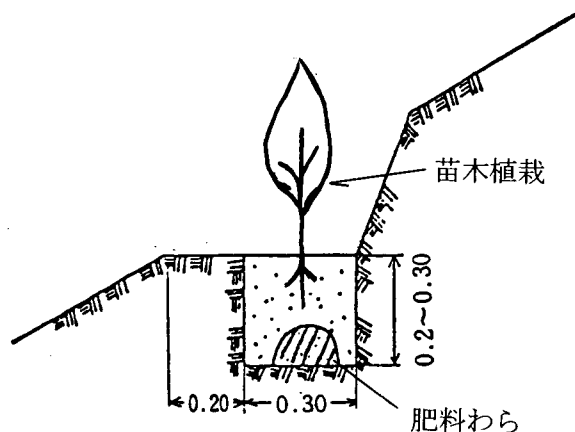
8. 維持管理の必要性

本工を維持管理するためには斜面を再び掘削しなくてはならず実質的に困難である。苗木の育成に関する維持管理が中心となる。

9. 施工されなくなった場合その理由

萱筋工、芝筋工等のように、小段（水平部分）を萱や芝を植栽して覆った筋工へと変遷していったためと考えられる。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.432 に一部加筆)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）

12. 当工法と関連のある他の工法

○連束わら網工…わらを連束して山腹斜面の表面に設置する工法が連束わら網工であり、これを改良し斜面にわらを埋め込んだ工法がわら工である。(改良前の工法)

○筋工…わら工の段切り部に萱や芝を植栽したものが筋工である。

1. 名 称 「柵留連束わら(柴)工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
M11 年 (柵留連束わら工は M34 年まで。後に柵工へと改良)					
3. 工法の目的					
①地盤の保水能力を向上させ、②苗木へ肥料を供給し、③山腹斜面の土砂崩落を防止しながら、植栽基礎を造成する。					
4. 適用範囲					
比較的急峻なとくしゃ地の山腹斜面 柵留連束柴工は、柵留連束わら工よりも堅牢さを要求される箇所					
5. 施工方法					
本工法は山腹斜面の等高線に沿って、木杭と連束わら（柴）とで作った柵で階段状の苗木植栽の基礎をつくるものである。 ①山腹斜面を幅 60cm 程度水平に掘り、等高線状に段を設ける（山脚から山頂まで直高 90 cm ごとに階段状に施工する）。 ②連束したわら 2 本を杭木（長さ 1 m 程度）で打ち立てて地盤に固定する。 ③杭木の上部に粗朶で柵を編む。柵の高さは 18 cm 程度、杭の間隔はその倍程度とする。 ※1 連束わらは、径 1.2 cm、長さ 3.0～4.5 m で、45cm おきに堅くわら縄で締め、さらに水分の保水性を考えてその間を 15 cm おきに緩くわら縄で締め付ける。 ※2 連束柴は、径 12 cm、長さ 3.6～4.2 m で、45cm おきに堅くフジ弦で締め、さらにその間を 15 cm おきに緩くわら縄で締め付ける。					
6. 使用材料					
わら、粗朶 わら縄・フジ弦（連束するのに使用） 木杭					
7. 材料および施設の耐久性					
連束わら（連束柴）は漸次腐朽するので、構造物としての強度は数年程度しかもたない。植栽の基礎としての機能も積苗工より劣っていた。					

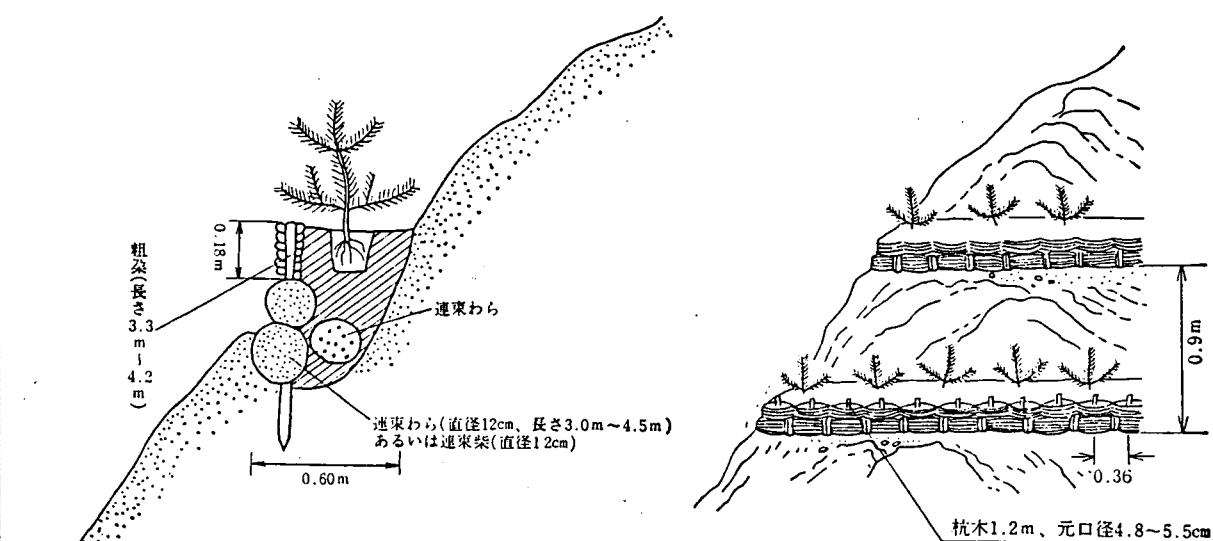
8. 維持管理の必要性

粗朶柵等が破壊された場合には補修する必要がある。苗木の育成に重点をおいた維持管理が必要である。

9. 施工されなくなった場合その理由

積苗工と比較して工費が高く、また効果に劣ったため。

10. 概要図



(「日本砂防史」 p.431,432 より転載)

11. 既往の施工例

- ・京都府・木津川支川不動川流域
- ・兵庫県・逆瀬川流域
- ・三重県・養老山地下流域（羽根谷、般若谷付近）
- ・岐阜県・養老山系（羽根谷、般若谷近辺）
- ・山梨県・市ノ瀬川流域（現名称：坪川）

12. 当工法と関連のある他の工法

○連束工 …粗朶による杭柵を設けない工法。やや耐久性が落ちる。(類似工法)

○編柵堰堤 …柵留連束わら(柴)工を谷止工として施工したものが編柵堰堤（柵留堰堤）である。(類似工法)

1. 名 称 「筋工」(使用材料により、かや筋工、芝筋工、粗朶筋工、等)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	M30 年頃				
3. 工法の目的					
苗木植付の基礎工として (①植栽の基礎土壌の提供, ②苗木への肥料の供給, 等)。 表面侵食およびリル、ガリーの形成防止					
4. 適用範囲					
①斜面勾配が緩やか (1.5 割程度) な箇所。②表土も深く、地味も比較的よい箇所。③積苗工と積苗工との間の斜面。					
5. 施工方法					
筋工はその使用材料によって、かや筋工、芝筋工、粗朶筋工、すすき筋工等に細分できる。かや筋工は地味が良く比較的緩傾斜の箇所に、芝筋工は地味が良く雨水による侵食が少ない箇所に、粗朶筋工は比較的水分が多い所にそれぞれ適する。 斜面に階段を切る場合の施工方法は、いずれも下記の通りである。 ①斜面を 60 cm 程度の幅で水平に段切りする。 ②犬走りを 20 cm 程度控え、幅 40cm, 深さ 30cm 程度の溝を掘る。 ③溝の底部に 1 m 当たり 0.5～2.5 kg の割合で肥料わらを伏せ込み、細土で埋め戻す。 ④犬走りに沿って、萱株、芝、すすき、粗朶などを植え付ける。 ⑤苗木を埋め戻し土砂の上部へ植栽する。 階段を設けなかや筋工は、かや株を一定間隔ごとにそのまま植え付ける 使用する材料にかやを使用し、かつ地山の地味がよく緩傾斜で、かやの生長が期待できる場合には、階段の切付けを行わず、一定間隔ごとにかや株を直接斜面へ筋状に植え込む場合がある (この場合、特に土羽工と呼ぶことがある)。					
6. 使用材料					
萱株、芝、粗朶、すすき わら (肥料)					
7. 材料および施設の耐久性					
積苗工と比較しより簡易な構造であり、耐久性も劣る。					

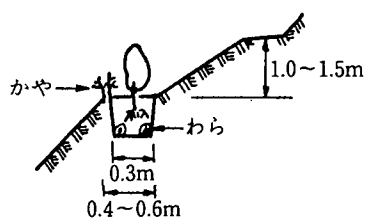
8. 維持管理の必要性

苗木が活着するまでの間に出水等により破壊が生じた場合には、補修が必要である。

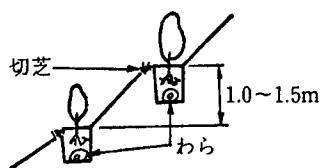
9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在でも施工されている。

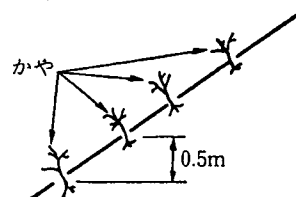
10. 概要図



(a) 階段を切る場合

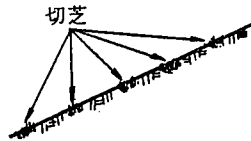


(a) 階段を切る場合



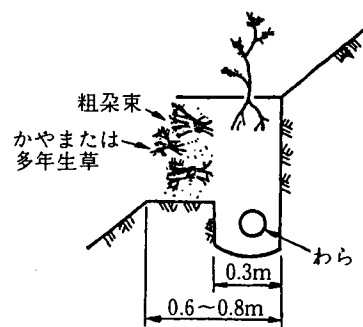
(b) 階段を切らない場合

かや筋工



(b) 階段を切らない場合

芝筋工



粗朶筋工

(「改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)設計編Ⅱ」p.36より転載)

11. 既往の施工例

京都府・不動川流域 / 滋賀県・瀬田川流域 / 愛知県・瀬戸市周辺（薄筋工が多い）等、多くの地域で施工されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

○苗木植栽…筋工の段切り部に苗木を植栽する植栽工である。（併用する工法）

1. 名 称 「柵工」(使用材料により、編柵工、丸太柵工、板柵工、等)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
1. 階段工 : 苗木植付の基礎工として (①植栽の基礎土壌の提供, ②地盤の保水能力の向上, ③苗木への肥料供給, 等)。 斜面の表面侵食及びリル, ガリーの形成防止。 2. 土留工 : 苗木植付の基礎工として。山腹斜面における崩落土砂の扞止。					
4. 適用範囲					
施工地付近に山芝や石材が乏しく、山腹斜面の土層が比較的厚く植生の導入が容易な箇所に適用する。多湿地では木材の腐朽の進行が速く、耐用年数も短くなるため用いられなかった。					
5. 施工方法					
編柵工、丸太柵工、板柵工は柵の種類が異なる程度で、施工方法は以下のようにほぼ同一である。 ①山腹斜面に幅約 80 cm 程度水平に段切りする。 ②犬走りを 30cm 程度控えて杭を打つ。杭木は長さ 1.5m 末口径 10cm 程度までのものを用いるものとし、杭長の 50%以上を地中へ打ち込む。杭と杭の間隔は 40cm 程度とする。なお、鉛直方向に杭を打つ場合と、杭の安定を考慮して、鉛直線と山腹斜面への垂線との挟む角の2等分線の方に打つ場合がある。 ③露頭部は粗朶 (萌芽力の強い柳粗朶が望ましい)、丸太、木板 (主に松を用いる。間隙部に柳粗朶を挿入して活着を期待する場合が多い) 等を用いて柵をつくる。 ④柵の内側を土砂で埋め戻し、十分に締め固める。なお、苗木の肥料としてわらを伏せ込むものとする。					
6. 使用材料					
木杭 粗朶 (柳粗朶など)、丸太、木板 (松を用いたものが一般的) わら (肥料)					
7. 材料および施設の耐久性					
杭及び柵は腐朽するため、強度が期待できるのは数年と考えられるが、それまでに粗朶や苗木の活着による斜面の安定向上を期待するものである。					

8. 維持管理の必要性

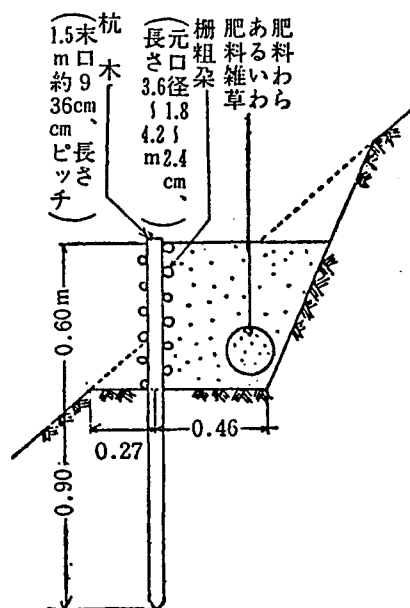
土砂の流下や脚部の洗掘により柵が倒れた場合は補修する。

9. 施工されなくなった場合その理由

粗朶等の入手が困難となったこと、永続的に効果を発揮するコンクリート板柵工等が使用されるようになったこと等。

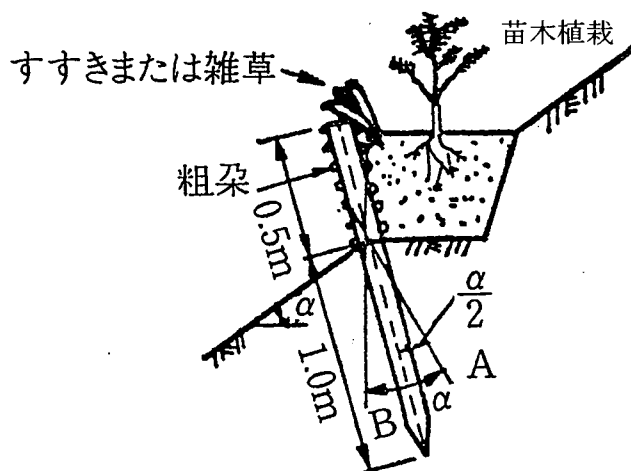
現在、小規模な柵工は道路のり面、宅地造成地で施工されている。

10. 概要図



断面図 (編柵工)

(「日本砂防史」 p.432 より転載)



断面図（山腹斜面への垂線と鉛直線との挟む角の2等分線の方に杭を打った場合）

(「河川砂防技術基準(案)設計編Ⅱ」 p.35 より転載)

1.1. 既往の施工例

施工地多数

12. 当工法と関連のある他の工法

- 苗木植栽 … 編柵工の内側の埋め戻し土砂の部分に苗木を植栽する植栽工である。(併用する工法)
- 柵留連束わら(柴)工 … 連束わら(柴)に杭を打ち固定し、杭の上部を編柵して土砂扞止を図る工法である。(類似工法)
- 編柵堰堤(編柵谷止工)、編柵護岸工 … 編柵工を用いた谷止工、護岸工である。(編柵工を用いた他工法)

1. 名 称 「粗朶積工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
		-----			(多用された期間は不明)
3. 工法の目的					
凍上，凍結の激しい地帯で山腹斜面の水分保有量を大きくすること。					
4. 適用範囲					
比較的緩傾斜（1割より緩）の、凍上，凍結の激しい山腹。					
5. 施工方法					
①幅 60 cm 以上の階段を切り付ける。のりは3分内外とし、のり高 1.0mより高いものを必要とするときは、犬走りを十分広く確保する。 ②階段長 1.0mにつき長さ 40 cm，径 10 cm の粗朶束を6束ならべ、その間に芝，かや株，雑草，雑木株，柳枝条等を植え付け、土砂 10 cm を覆い突き固め、その上に前同様の作業を繰り返して6段積みとし、のり高 1.0mとなるように仕上げる。 ※粗朶積工5，6段につき、強度の高い土留石積工を1段配置し、粗朶積工の基礎とする。					
6. 使用材料					
粗朶束 芝，かや株，雑草，雑木株，柳枝条等 土砂 木杭					
7. 材料および施設の耐久性					
凍上，凍結の激しい箇所において、山腹斜面の水分保有量を大きくし植生の成育を補助する効果はあった。					

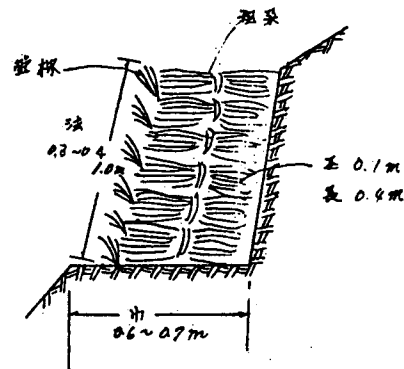
8. 維持管理の必要性

粗朶積工が降雨等で破壊された場合には、補修を要する。

9. 施工されなくなった場合その理由

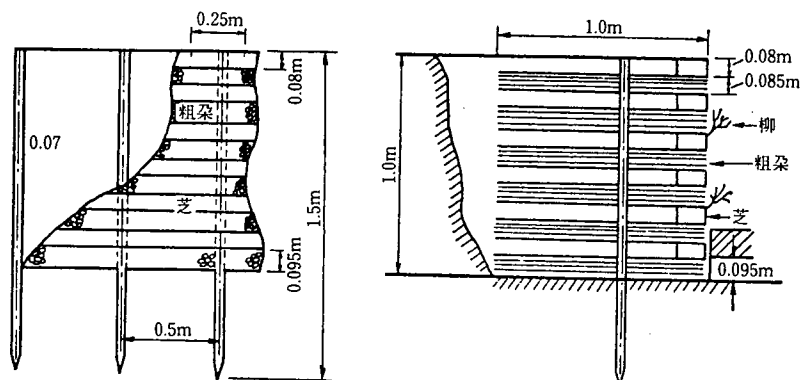
粗朶積工の施工対象自体が減少したことが理由と考えられる。

10. 概要図



粗朶積工の例

(「改訂 治山工種写真図譜」より転載)



粗朶積工の例 (木杭によって粗朶束を固定した例)

(「建設省河川砂防技術基準(案)設計編Ⅱ」より転載)

11. 既往の施工例

12. 当工法と関連のある他の工法

○土留石積工 … 強度の高い土留石積工を基礎とする必要があり、粗朶積工5, 6段につき、強度の高い石積工を1段配置する。

1. 名 称 「等高線壕工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				昭和 26～28 年 —	
3. 工法の目的					
雨水や降雪等を水平に掘った壕により貯留・吸収し、草木の生長を促進させると共に、表面侵食による土砂流出を防止する。					
4. 適用範囲					
雨量が少なく通常の階段式山腹工では雨水の貯留が困難な山腹。 雨水の貯留によって地すべりや崩壊が生ずる恐れのある箇所には用いない。 ※本工法は、アメリカのユタ州で開発された工法で、雨水が少なく通常の階段工では雨水（水分）を貯留できない場所に適用された。					
5. 施工方法					
①山腹斜面に一定の間隔を置いて、等高線沿いに壕を掘削する。壕の間隔は約 10m を標準とする。壕は規模は上幅約 1.3m、底幅約 0.3m、深さ約 0.4m の台形の溝とする。 ②溝の中に 6～12m 間隔で壕より 10cm 程度低い仕切り堤を設ける。この仕切り堤は、壕間に降った雨水を幾つかの貯水単位に区分し、壕の堤が破壊した場合の被害を最小限に食い止める役目をする。なお、壕内に適宜植栽を行う。 ③地形に応じ適当な間隔で、壕を貫く縦水路（張石水路）を設ける。仕切り堤の高さ以上に貯まった水は、オーバーフローして縦水路に導かれ排水される。					
6. 使用材料					
等高線壕：特になし 排水用縦水路：張石水路のため石礫使用。（練張とする場合はコンクリートも使用）					
7. 材料および施設の耐久性					
植生の活着するまでの間の耐久性は十分ある。					

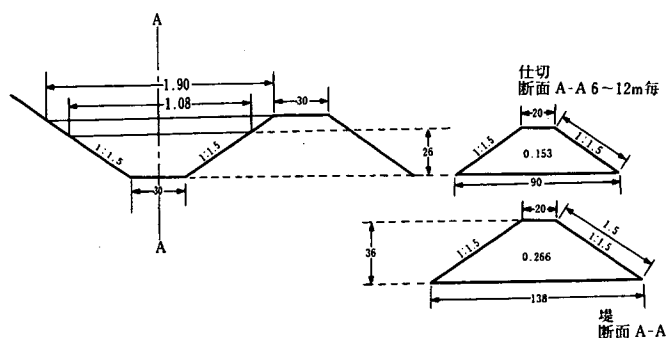
8. 維持管理の必要性

壕の堤が雨水により越流するなどして破壊した場合や、排水路が流水により破壊した場合には修復する必要がある。

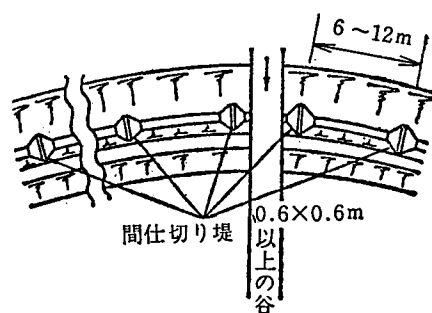
9. 施工されなくなった場合その理由

山腹を大規模に掘削し、排水工を築造する必要があり、工事費がかかるため施工されていない。

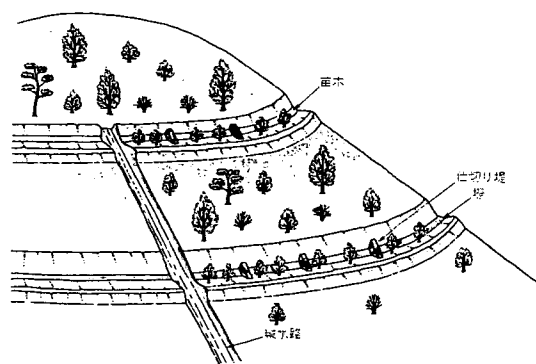
10. 概要図



断面図
(「砂防・地すべり防止施設事例集」 p.251 より転載)



平面図
(「日本砂防史」 p.462 より転載)



模式図
(「自然の復元」 p.22 より転載)

11. 既往の施工例

岐阜県・多治見市（団子山、虎溪山）

岐阜県・笠原郡（森下）

12. 当工法と関連のある他の工法

○張石水路工 … 縦排水路工として張石水路工を用いる。

○従来の他の山腹階段工…階段工も保水能力を有していたことを考慮すれば、これらとも類似していると考えられる。

山腹緑化工／斜面被覆工

- ・ 蒔わら工
- ・ 植生盤工
- ・ 植生マット工
- ・ 斜面混播工
- ・ 種子吹付工
- ・ 連束わら網工
- ・ 粗朶伏工
- ・ わら伏工

1. 名 称 「蒔わら工」(別名：葺わら留)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
1680 年代	M28 年				
..... (明治 10 年、連束わら網工へと改良)					
3. 工法の目的					
大雨及び降雪等からの山腹の表面侵食防止，凍上防止，植生定着促進を目的とする。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の山腹					
5. 施工方法					
とくしゃ地の斜面或いはのり面に、わらの穂先を結んだものを、結び目を上にして扇子のように広げて山腹を覆うように竹串で固定し、被覆する。					
6. 使用材料					
わら，わら縄，竹串					
7. 材料および施設の耐久性					
施工後2年程度でわらが腐朽し、失敗に終わる例が多かった。 階段切付けをせずに施工されたため、わらも施工地にとどまらずに飛散した。					

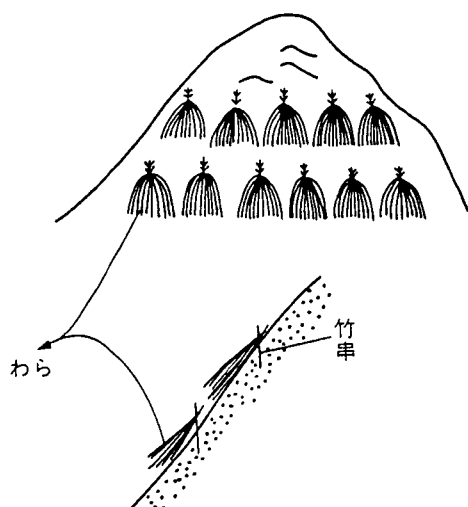
8. 維持管理の必要性

わらが2年程度で腐朽、飛散してしまうため、補修は事実上困難であり、再施工となる。

9. 施工されなくなった場合その理由

耐久性が低かったため。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.441より転載)

11. 既往の施工例

京都府・木津川支川不動川流域
滋賀県・瀬田川流域（田上山近辺）

12. 当工法と関連のある他の工法

○連束わら網工（網伏工）…わらが飛散して効果が消失するという欠点を解消するため、わらを束にして、この束を網状に山腹斜面に設置し侵食を抑制しようとする工法である。

1. 名 称 「植生盤工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				S. 26 年	
3. 工法の目的					
とくしゃ地の山腹に、肥料分及び種子を含んだ生育基盤（植生盤）を設置し、山腹の面的緑化を図るもの。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地，崩壊地。 植生盤の施工に適した時期は、春から梅雨の終わるまでとされている。					
5. 施工方法					
①荒廃地の土に適量の肥料，窒素，磷酸，カリ肥料を加え、つなぎとしてわらや乾草繊維等をよく土と混ぜてから一定量の水を加え、プレスして長さ 25cm，幅 20cm，厚さ 3 cm の原盤をつくる。この原盤には直径 2 cm の穴 5 個と深さ 5 mm の穴 120 個があけられている。 ②メドハギ，エニシダ，ケンタッキー31 フェスク，ウィーピングラブグラス等の種子を 120 個の穴に 1～2 粒ずつ入れる。 ③粘土に水を加え、良く溶かした濃いりのり状のもの（マッド；被土）を原盤上 1 mm の厚さになるようにはけで塗って仕上げる。 ④上記の工程で製作された植生盤を、山腹に等高線上に深さ 3 cm，幅 21cm ほどの溝をつくり配列する。なお、地山との接着は竹串か釘を利用する。					
6. 使用材料					
原盤	：荒廃地の土，肥料（硫酸アンモニア，過磷酸石灰，塩化カリ，堆肥），つなぎ（わら筋，切わら乾草繊維等）				
種子	：メドハギ，エニシダ，ケンタッキー31 フェスク，ウィーピングラブグラス等				
マッド（被土）	：粘土もしくは古新聞				
植生盤の固定材	：竹串				
7. 材料および施設の耐久性					
荒廃地に植生を生育させる効果については良好な成績をおさめた工法である。					

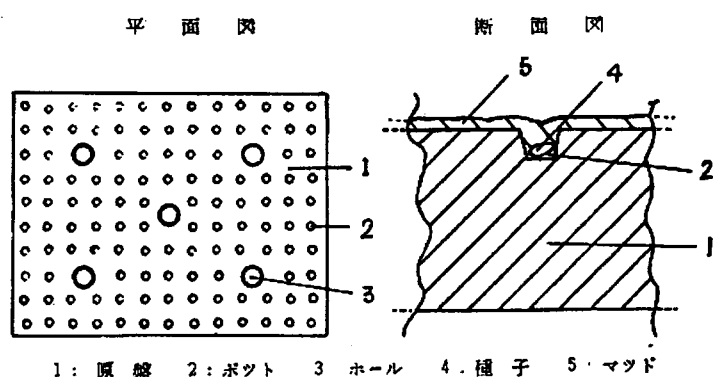
8. 維持管理の必要性

小崩壊等によって植生盤自体が流失した場合には補修（再施工）が必要である。

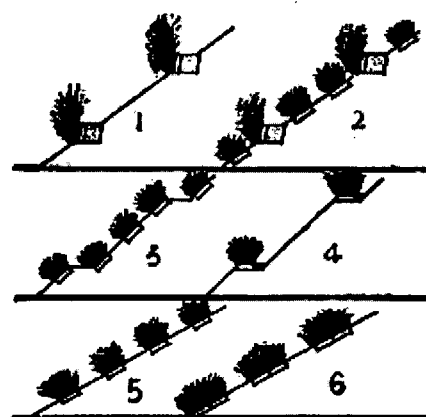
9. 施工されなくなった場合その理由

現在でも工法の選択肢の一つとして挙げられているが、その後さらに肥料分等の流出が少なく地盤に密着しやすい植生袋工や植生マット工といった工法が開発されたため、植生盤工はあまり多用されなくなった。

10. 概要図



植生盤の使用例



(「前橋営林局(1958): 植生盤について」(パンフレット)から転載)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域

栃木県・足尾川流域 (治山)

12. 当工法と関連のある他の工法

- 植生袋工 …植生盤と同様な土壌分、肥料分、種子を網袋に詰め、のり面に掘った溝に張り付けるものである。(改良後の工法)
- 植生マット工 …肥料分、種子などを装着したマットでのり面を被覆するものである。マットの材料としては、不織布、粗目織物、紙、わらすだれ、むしろ、切わら、フェルトなどがある。(改良後の工法)
- わら伏工 …わら伏工の材料として植生盤を使用する。(応用工法)

1. 名 称 「植生マット工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				昭和 30 年代～	
3. 工法の目的					
種子、肥料などを装着したマットでのり面を被覆し、面的緑化することを目的とする。					
4. 適用範囲					
植生の育成基盤が欠如するとくしゃ地，崩壊地。					
5. 施工方法					
のり面を凹凸のないように平滑に整形し、マットを目串，押え縄等でのり面にしっかりと固定する。（マットが浮き上がると発芽しにくく、かつマットの下が洗掘される。）					
6. 使用材料					
植生マット（種子，肥料つき），目串（竹串），わら マットの材料としては、不織布，粗目織物，紙，わらすだれ，むしろ，切りわら，フェルトなどがある。					
7. 材料および施設の耐久性					
荒廃地に植生を育成させる効果については良好な成績をおさめており、現在でも一般的な工法として使用されている。					

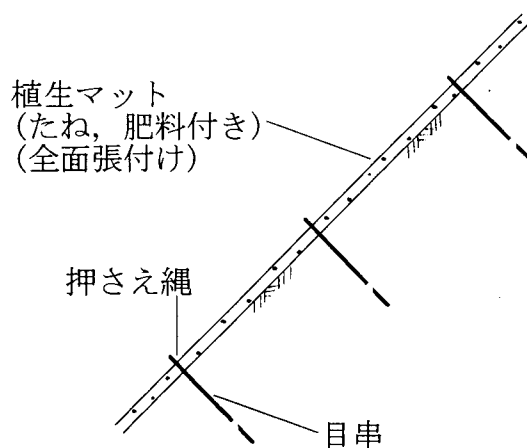
8. 維持管理の必要性

表層崩壊等によって植生マットが剥離した場合は、張り替えが必要となる。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は、現在でも斜面被覆工の主要な工法として施工されている。

10. 概要図



11. 既往の施工例

全国各地、特にのり面処理に適用。

12. 当工法と関連のある他の工法

施工地の地盤状況等に応じて、むしろ伏工，斜面混播工，粗朶伏工，わら伏工，種子吹付工等の斜面被覆工を植生マット工と併用して施工する場合がある。

1. 名 称 「斜面混播工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
			S14～16? ——		
3. 工法の目的					
草本及び木本の種子を、肥料を混ぜた土と混合して斜面に散布し、これをわらや粗朶で被覆して、とくしゃ地を面的緑化する。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地及び崩壊地					
5. 施工方法					
イネ科，マメ科の草本と木本の種子を、尿素化成肥料を混ぜた土と混合して、10 cm 厚で面的に、もしくは 20 cm 厚で筋状に散布し、わらや粗朶等で被覆して発芽させる。					
6. 使用材料					
種子（イネ科，マメ科の草本と木本），尿素化成肥料，土，わら，粗朶					
7. 材料および施設の耐久性					
降雨によって流亡してしまい、耐久性は低く、期待した効果は得られなかった。					

8. 維持管理の必要性
種子，肥料の混合土砂が流亡した場合は張り替えが必要となる。
9. 施工されなくなった場合その理由
降雨によって種子，肥料の混合土砂が流亡し全面的な緑化は困難であったため、施工されなくなった。
10. 概要図
(特記すべき概要図はないため省略)
11. 既往の施工例
岡山県・児島半島のとくしゃ地
12. 当工法と関連のある他の工法
植生の生育基盤となる土壌に種子と肥料を混ぜた基材をつくる発想は、後の「植生盤」へとつながるアイディアである。

1. 名 称 「種子吹付工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				S. 33 年	
3. 工法の目的					
本工法は、道路や宅地造成によって生じたのり面の急速緑化を図る目的で開発されたものである。 本工法は、最初から水と混合した泥土を用いるので、種子の発芽及び初期生長が良好である。また、品質が良い外国産の牧草種子が大量に入手できるようになったことが成功の重要な要因であった。					
4. 適用範囲					
道路や宅地造成によって生じたのり面，荒廃地					
5. 施工方法					
セメントガンあるいはモルタルガンによって細砂以下の泥土（場合によってはベントナイトなどを加える）に雑草の種子（1万粒/m ² 程度）と尿素化成肥料とを混ぜ、水で十分混合したものを斜面全面に厚さ 10 mm 程度に吹き付け、アスファルト乳剤やポリビニールアルコールで表面養生を行う。					
6. 使用材料					
細砂以下の泥土（場合によってはベントナイト），雑草の種子，尿素化成肥料，アスファルト乳剤，ポリビニールアルコール					
7. 材料および施設の耐久性					
良好な斜面被覆効果が得られる。					

8. 維持管理の必要性
特に必要ない。
9. 施工されなくなった場合その理由
本工法は現在でも斜面被覆工の主要な工法として施工されている。
10. 概要図
(特記すべき概要図はないため省略)
11. 既往の施工例
全国各地、特にのり面処理に適用
12. 当工法と関連のある他の工法
○客土吹付工・厚層基材吹付工： 種子吹付工の改良工法で、より傾斜が急な箇所にも施工できるようにした工法である。

1. 名 称 「連束わら網工」(網伏工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	M11 年 —————	M28 年			
3. 工法の目的					
土質が貧弱で乾燥して草木が生育しにくいとくしゃ地の緩斜面における、土砂扞止（表面侵食防止）を主目的とする。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の緩斜面な山腹。地盤が硬く急峻な箇所には適さない。					
5. 施工方法					
本工法は、概要図に示すように連束わらで菱形のネットを構築し、山腹に敷設して降雨等による表面侵食とリル・ガリーの形成を抑制し、網内に植栽された苗木の基礎土壌を保護するものである。また、わら網の腐朽後は苗木の肥料となって生長を助成する。 ①山腹に連束わらを敷設する溝（幅 18 cm、深さ 9 cm）を斜めに縦 1.8 m 横 3.6 m の菱形状に掘り、これに連束わらを 6 分ほど埋め込む。 ②連束わらを竹串で 60 cm ごとに打ち立て固定する。 ③山腹凹部の水筋部では、侵食防止のためにわらの敷設量を多くする（床わら）。さらに、長さ 1.5 ～ 3.0 m、幅 2.1 ～ 2.4 cm の割竹で柵を編み、床わらおよび連束わらを押さえ、長めの竹串を約 40 cm ごとに打ち立てる。 ④連束わらの菱形の中には苗木を植え付ける（苗木植付）。(5 ～ 10 本) ※菱形の大きさは山腹斜面の緩急によって変えるが、連束わらの斜度は地表の水分がわらに適度にふくまれるように 25 度とする。					
6. 使用材料					
わら（連束わら、床わら）、わら縄、竹串					
7. 材料および施設の耐久性					
わらを用いた斜面被覆工としては比較的良好な成績をおさめた工法であるが、一方で、連束わらの交差部分直下で地表が洗掘されるという欠点があった。 わらが腐朽するため施工後数年で施設自体の土砂扞止および侵食防止の効果は消失する。					

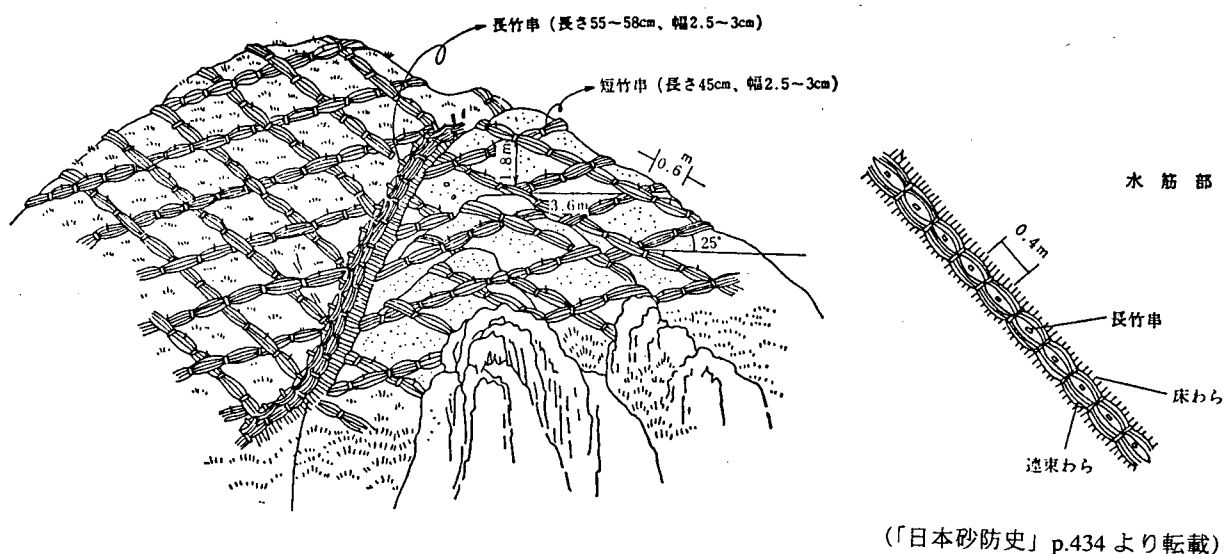
8. 維持管理の必要性

降雨によりわら網の一部が破壊した場合は元通りに修繕する必要がある。また、連束わらの上部に表流水によって水路が形成された場合には、そこに水路工を設置するか、杭柵工で留める等の処置をする。

9. 施工されなくなった場合その理由

土砂扞止、侵食防止および苗木成長助成の効果があつたが、連束わらの交差部分直下で地表が洗掘されるといった欠点や、工費が積苗工に比べ高かったことがあり、その後本工はわらを地中へ埋設する「わら工」へと引き継がれていった。

10. 概要図



11. 既往の施工例

京都府・木津川支川不動川流域

12. 当工法と関連のある他の工法

○わら工

…連束わら網工のようにわらを表面に設置せず、表面に水平に溝を掘りわらを埋め込むことでコスト縮減をはかったものであり、明治30年頃からこの工法が用いられるようになった。

1. 名 称 「粗朶伏工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				S. 26 年	
3. 工法の目的					
積苗工や筋工の間にはさまれた斜面の侵食防止					
4. 適用範囲					
比較的斜面が緩やかで、凍上の恐れがある斜面、地すべり地等土質の軟弱な斜面 積苗工・筋工の間にはさまれた斜面					
5. 施工方法					
①床掘りを水平に幅 50cm 程度行う。 ②犬走りを 20cm 程度残し、斜面に引き寄せた土砂を十分締め固める。 ③その上部に肥料わらを敷き、その上を粗朶で被覆する。粗朶は柳、ハンノキ等萌芽性の高いものを用いる。 ④粗朶は横向にして設置し、押え木で約 1.4m おきに押さえ、長さ 5.5cm、末口径 4.5cm の杭を打ち込む。杭と押え木は針金または縄で緊結する。 ⑤杭間には萱を植え込むか、ヤシャブシ、ハンノキ、ハギ等の種子を撒布する。					
6. 使用材料					
わら 木杭 粗朶					
7. 材料および施設の耐久性					
粗朶は数年後腐朽するため粗朶による表面侵食防止の効果は失われるが、それまでに①粗朶の萌芽 ②萱もしくは播種した植物の生長 等により、山腹斜面に植生が定着することを期待するものである。					

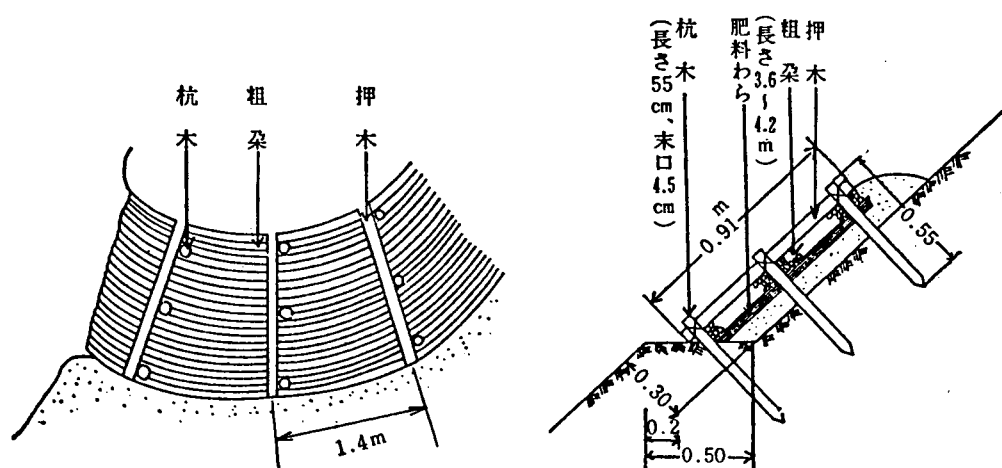
8. 維持管理の必要性

崩落が生じ被災した場合は補修する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在でも施工されているが、①粗朶が入手困難となったこと ②肥料分等の流出が少なくより地盤に密着しやすい植生袋工や植生マット工が普及したこと 等により、多用されなくなった。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.436より転載)

11. 既往の施工例

三重県・朝明川流域

京都府・不動川流域 など

12. 当工法と関連のある他の工法

○わら伏工 … 粗朶の代わりにわらを用いて施工するものである。昭和26年度以降は植生盤を用いて種子の発芽を期待するよう改良された。(類似工法)

1. 名 称 「わら伏工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				(植生盤を併用)	
3. 工法の目的					
積苗工や筋工の間にはさまれた斜面の侵食防止					
4. 適用範囲					
比較的斜面が緩やかで、凍上の恐れがある斜面、地すべり地等土質の軟弱な斜面 積苗工・筋工の間にはさまれた斜面					
5. 施工方法					
①等高線上に3本の筋を付ける。 ②植生盤を目串あるいは釘で固定する。 ③その上からわらを穂先が中央で交差するように上部及び株から敷き並べる。 ④さらにその上から縄を掛け、縄のより目に目串をさしてわらを固定する。 ※植生盤が用いられる以前(昭和26年以前)は、筋掘り箇所に萱や萩を植え込み、その上部にわらを敷き並べた。					
6. 使用材料					
わら 竹串(目串) 植生盤(材料は植生盤の項目を参照) 縄、釘					
7. 材料および施設の耐久性					
わらは数年後腐朽するためわらによる表面侵食防止の効果は失われるが、それまでに植生盤からの発芽により山腹斜面に植生が定着するため、本工の効果は高い。 積苗工とわら伏工との組合せで、とくしや地における山腹緑化工が安定した成果を上げられるようになった。					

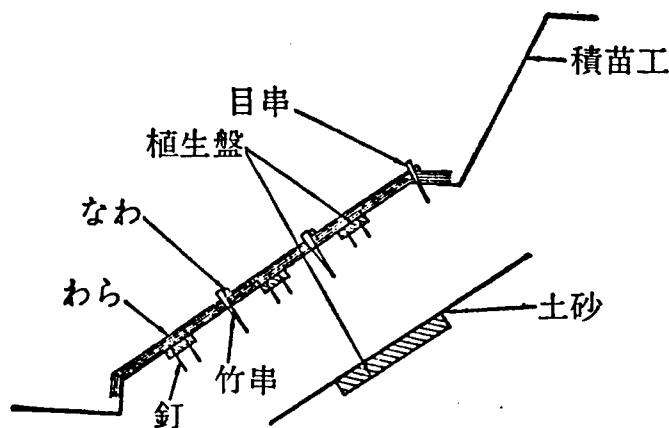
8. 維持管理の必要性

わらが飛散した場合は再施工する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

現在でも施工されている。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.464 より転載)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）など

12. 当工法と関連のある他の工法

- 植生盤工 … 肥料、わら、種子、水等を攪拌、固結させて板状にしたもの（植生盤）を用いて斜面の緑化を図る工法であり、わら伏工の内部に設置された。（わら伏工に使用する工法）
- 保育B工 … 生長不良な植栽樹木へ追肥する工法であり、肥料わらを埋め込むと共に表面侵食防止のためわら伏工を施工する。（わら伏工を併用する工法）

山腹緑化工／植栽工

- ・ 飛松留
- ・ 筋芝植込
- ・ 飛芝植込
- ・ 実蒔留
- ・ 種実蒔付
- ・ 苗木植付

1. 名 称 「飛 松 留」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	(詳細な施工期間は不明)				
3. 工法の目的					
マツ幼木の直接植栽によるとくしゃ地山腹の緑化を目的とする。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地山腹					
5. 施工方法					
とくしゃ地の斜面に約 70～80 cm の間隔をおいて、幅 15 cm、深さ 9 cm の穴を掘る。そして自生している樹高 40 cm 程度のマツを 15 cm 四方、厚さ 6 cm の根土とともに掘りとり、その穴に埋め込む。 施工は、一般の土木建設業及び造園業で対応できる。					
6. 使用材料					
施工箇所付近に自生するマツ（45cm 程度。根土とともに用いる）を使用した。近年では均質な性能が得られる人工栽培の苗木が適当と考えられる。					
7. 材料および施設の耐久性					
マツが活着すれば土砂扞止効果が得られるが、当時は施工後数年でマツが滑落、枯死することが多かったようである。					

8. 維持管理の必要性
植栽木の保育（補植，施肥）が必要である。
9. 施工されなくなった場合その理由
とくしや地へ土壤改良や施肥もせずに直接植栽する方式であったため、①マツ生長のための養分不足，②山腹表面の凍結・融解による植栽部位の滑落 等の理由でマツが活着しない場合が多く、本工法は採用されなくなった。しかし苗木植栽技術の進展とともに、今日では植栽工として施工されている。
10. 概要図
（「日本砂防史」p.411 より転載）
11. 既往の施工例
滋賀県・瀬田川流域
11. 当工法と関連のある他の工法
○苗木植付：（改良後の工法）

1. 名 称 「筋芝植込」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	M10 年				
3. 工法の目的					
山腹に芝を等高線状に带状に植栽し、緑化することによって表面侵食を抑制させるものである。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の山腹全般					
5. 施工方法					
主に以下の2工法が存在する。 ① 76 cm 間隔をおいて掘り掻き、長さ 45 cm、幅 15 cm、厚さ 6 cm の芝を並べ、砂で充填する工法（次ページ 図－1 参照）。 ② 0.9～1.2mの間隔で草芝を植え込む工法（次ページ 図－2 参照）。 施工は、一般の土木建設業で対応できる。					
6. 使用材料					
使用材料は芝及び充填材（砂など）である。 近年、施工地周辺での芝の調達は困難な場合がある。					
7. 材料および施設の耐久性					
地味の悪いとくしゃ地においては芝の活着が悪く、当工法は効果を発揮しなかった。ただし現在は道路のり面や築堤等の緑化に用いられており、土壌条件のよい箇所では良い結果が得られる。					

8. 維持管理の必要性

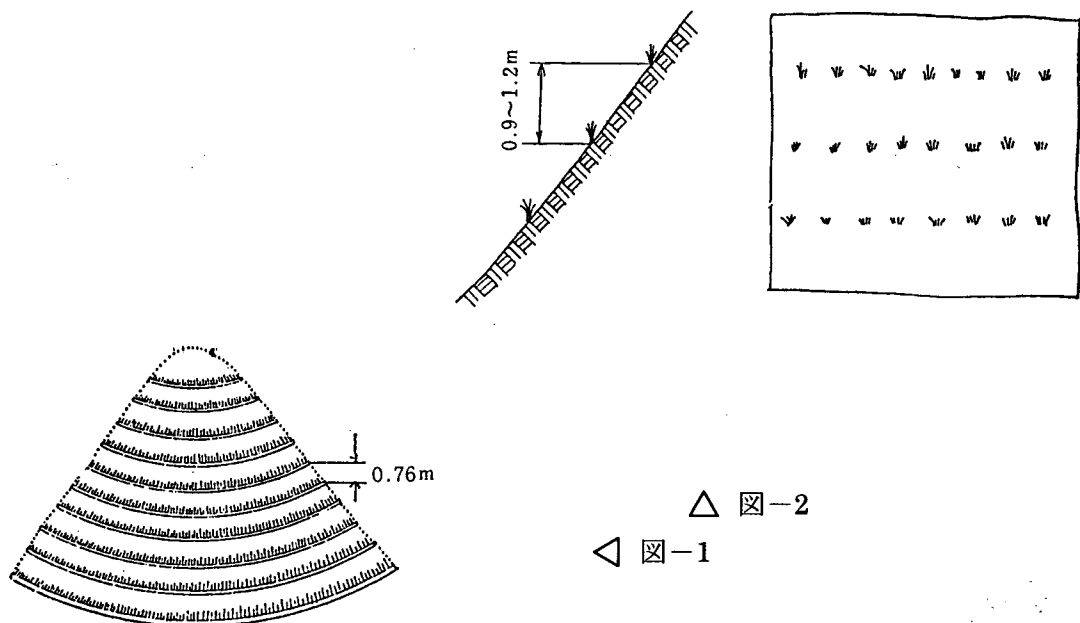
活着の悪い芝の植え替えが必要となる。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法が実際に施工された田上山等のとくしゃ地では、施工後数年で凍結融解及び枯死等により芝が潰落し効果が消失したため、採用されなくなった。本工法の役割はその後積苗工によって補われた。

積苗工と比較した場合の欠点として、①斜面に直接芝を張付けたため、表流水による侵食や肥料分の流出を受けやすかった、②土壌の保水性が確保されなかった 等が考えられる。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.411より転載))

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）

※ 現在では芝筋の間隔等が改良され、高さの低い道路土工用、あるいは造成地の法面保護工用として使用されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

○芝筋工…緩傾斜で地味がよい場合に、階段を設けずに切り芝を筋状に設置する場合がある。（類似工法）

1. 名 称 「飛芝植込」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半	M10 年				
3. 工法の目的					
とくしゃ地の傾斜が緩い山腹に芝を植栽し、緑化することによって表面侵食を抑制させるものであるが、芝の植え込み量を少なくし、芝の自然繁茂をねらったものである。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の傾斜が緩い山腹					
5. 施工方法					
1 坪に 25cm 四方の芝株を 6 株ずつ互い違いに散植するもので、筋芝植込をより簡略化したものである。					
6. 使用材料					
使用材料は芝及び充填材（砂など）である。					
7. 材料および施設の耐久性					
地味の悪いとくしゃ地においては芝の活着が悪く、当工法は効果を発揮しなかった（施工後約 3 年で芝が枯死、崩落した）。ただし現在道路のり面の緑化等に芝は使用されていることから、土壌条件のよい箇所では良い結果が得られることが考えられる。					

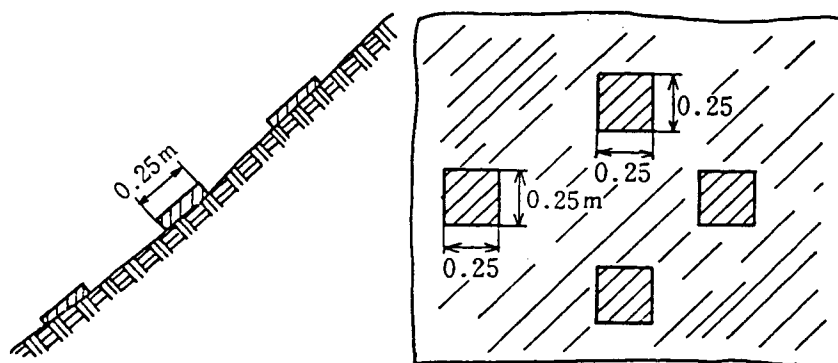
8. 維持管理の必要性

活着の悪い芝の張り替えが必要となる。

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法が実際に施工されたとくしゃ地では、施工後数年で凍結融解及び枯死等により芝が潰落し効果が消失したため、採用されなくなった。本工法の役割はその後積苗工によって補われた。

10. 概要図



(「日本砂防史」p.411より転載)

11. 既往の施工例

京都府木津川・不動川流域

※ 現在では芝筋の間隔等が改良され、高さの低い道路土工用、あるいは造成地の法面保護工用として使用されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

○筋芝植込…芝を斜面に等高線状に帯状に直接植付けた工法（当時の類似工法）。

1. 名 称 「実 蒔 留」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
江戸時代前半 	M10 年頃 (この後、種実時付へと改良)				
3. 工法の目的					
樹木の種子を直接播き、山腹の緑化を図るもの。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地の山腹					
5. 施工方法					
①山頂から溪岸までの山腹に、等高線上に 60cm の間隔をおいて鍬で筋をつける。 ②筋に木本の種子を播き、土をかぶせ、その上を踏み固めてわら束を一握りずつその上に置く。 ※播種する木本の種子には、コノテガシワ、カシワ、マツ、ネズミサシ、フジ、カシ、カヤが用いられた。					
6. 使用材料					
木本の種子（上記）、わら束					
7. 材料および施設の耐久性					
土壌の貧弱なとくしゃ地の山腹に直接施工したため、凍上等の被害にあって流失することが多かった。					

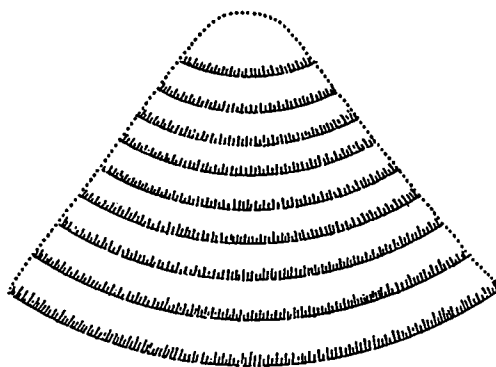
8. 維持管理の必要性

小崩壊等によって播種地が流失した場合には、再施工する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

後に、山腹基礎工が完了してから肥料とともに種子を蒔付ける「種実蒔付」へと改良された。

10. 概要図



実蒔留（樹木の芽が出た状態の様子）

（「福山藩の砂留」 p.125 より転載）

11. 既往の施工例

12. 当工法と関連のある他の工法

○種実蒔付 …山腹基礎工の完了後に、肥料とともに種子を直接蒔付ける工法（改良後の工法）。

1. 名 称 「種実蒔付」(別名：実播工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	(種子の実播のみ)				
				(流出防止用の被覆剤散布)	
3. 工法の目的					
肥料と共に樹木の種子を直接播き、山腹の緑化を図るもの。					
4. 適用範囲					
山腹斜面の緩やかな箇所、及び山腹階段工の施工地					
5. 施工方法					
①山腹斜面の緩やかな箇所、あるいは柵留連束わら(柴)工、積苗工、積石工等の段上を、幅約 25 cm、深さ 13 cm 程度掘削する。 ②掘削した筋に肥料としてわら灰を約 1 升施し、灰と土砂をよく混合し引きならす。 ③ここにマツ、クヌギ、ハギ、クズ、ススキ、カワラニンジン、ノイバラ、ウマコヤシ等の種子を蒔き付ける。このとき種子 1 合に細砂 1 升をよく混ぜ、長さ 1.8m に対し 1 合分を蒔くと、均等に発芽させることができる。 ※播種時期は春期がよい。 ※昭和 30 年代後半になって、実播工施工後に流出防止のための被覆剤散布を機械力で行うようになった。また、広範囲な荒廃地に対しては、昭和 38 年以降「ヘリコプター実播工」が実施されるようになった。					
6. 使用材料					
木本の種子(上記)、わら灰、細砂 被覆剤(アスファルト乳剤等)					
7. 材料および施設の耐久性					
播種した後の鳥獣による被害や夏期の乾燥により、効果は十分にはあがらなかった。さらに、①草本から木本への自然な遷移が確実ではなく、斜面の表面侵食が防止される程度に草本植生が密生すると木本植生の自然侵入が困難になる、②人工的な草本植生は、種々の原因で一斉に衰退し、もとの裸地にもどる といった欠点もあった。 昭和 30 年代後半になり、実播工施工後に流出防止のための被覆剤散布を機械力で行うようになってからは成果が得られるようになった。					

8. 維持管理の必要性
小崩壊等によって施工地が流失した場合には、再施工する必要がある。
9. 施工されなくなった場合その理由
6. の①, ②に示した理由で、山腹に木本植物を最初に植栽し、その間を草本で被覆するという工法（積苗工+わら伏工の組合せ）が主流となり定着してきたこと、また山腹階段工を大規模に施工する箇所が徐々になくなったことや、機械化された種子吹付工（客土吹付工，厚層基材吹付工を含む）や植生マット工にが主流となっていたことなどが理由として考えられる。 種子流出防止のための被覆剤散布を伴う工法は、現在も行われている。
10. 概要図
（播種法の一つであり、特記すべき概要図はないため省略）
11. 既往の施工例
ヘリコプター実播工：比良山系 南山城地方
12. 当工法と関連のある他の工法
○<u>実蒔留</u> …とくしゃ地の斜面に直接わらと種子を蒔き付ける工法（改良前の工法）。

1. 名 称 「苗木植付」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	M11 年				
3. 工法の目的					
階段工等への植生導入のため、樹木の苗を植栽するもの。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地及び崩壊地の、植生のない範囲					
5. 施工方法					
①植栽の前日に苗を入手し、仮苗圃に仮植えをする（植穴は深さ、直径とも 20cm 程度）。 ②植栽当日は、乾燥を防ぐため植栽直前に苗木を掘り取る。 ③植栽時は苗木を垂直に保持して細根を四方に配置し、土を周囲からしっかりと埋め戻す。 ④植栽間隔は、一般的に疎植すると土地が乾燥しやすく枯死率が高くなるので、多少密植する方がよい。 ⑤植栽時期は、樹液の流動の始まる前の 2 月中旬から 4 月上旬までが最も適している。					
6. 使用材料					
瀬田川砂防における植付け樹種の変遷を以下に示す。 現在一般に使用されている樹種は河川砂防技術基準による。					
混植比率(%)		実施期間	主な植栽木		
針葉樹	広葉樹				
100	0	明治 11～22 年度	マツ（ヤマハンノキ苗、フジ苗試植）		
63.6	36.4	明治 23～37 年度	マツ，ヤマハンノキ，カヤ，カラマツ，アカマツ		
0	100	明治 38～大正 8 年度	ヤマハンノキ，ヤシャブシ （明治 41 年度は針・広葉樹を 1:13 に混植）		
18.6	81.4	大正 9～昭和 6 年度	マツ，ヤマハンノキ，ヤシャブシ，アカシア アカマツ		
42.8	57.2	昭和 7～20 年度	マツ，ヤマハンノキ，アカマツ，ヤシャブシ		
100	0	昭和 21～22 年度	マツ		
33.3	66.7	昭和 23～54 年度	マツ，ヤマハンノキ		

7. 材料および施設の耐久性 苗木植栽の成功率は、地形・地質・気象条件に適合した樹種の選定と、基礎となる階段工の成否による。
8. 維持管理の必要性 苗木の生育状態によって、追肥や補植を行う。 瀬田川砂防においては大正4年から補植を実施している。
9. 施工されなくなった場合その理由 現在も施工されている。
10. 概要図 (特記すべき概要図はないため省略)
11. 既往の施工例 滋賀県・瀬田川流域等
12. 当工法と関連のある他の工法 ○補植・保育B工 …前者は、苗木植栽施工地のうち生育不良の箇所に苗木を補植する工法。後者は、施工不良地への施肥を主体とした工法。

山腹緑化工／保育工

- ・ 保育A工
- ・ 保育B工

1. 名 称 「保育A工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				昭和 40 年頃	
3. 工法の目的					
間伐、追肥による植栽樹木の生長促進。					
4. 適用範囲					
植栽後主木が肥料木により被圧されている場合や、肥料切れを起こしている場合。					
5. 施工方法					
①肥料木（ヒメヤシャブシ）を植栽後 4, 7, 10 年目の 8 月～11 月に根元から 50～70cm の高さで切り、主木（クロマツなど）への被圧を取り除く。 ②間伐したヒメヤシャブシはそのままマツの根元へ置き腐朽させ肥料とする。 ③施肥は主にヘリコプターによる空中からの撒布による。、時期は 12～2 月が適当で、1 ha 当たり 1t 程度の散布量とする。					
6. 使用材料					
追肥用の肥料（一般に窒素：リン酸：カリウム＝13：17：12）					
7. 材料および施設の耐久性					
（積苗工等による植栽木の成長を促進させる補助的工法であり、積苗工の耐久性向上に寄与する）					

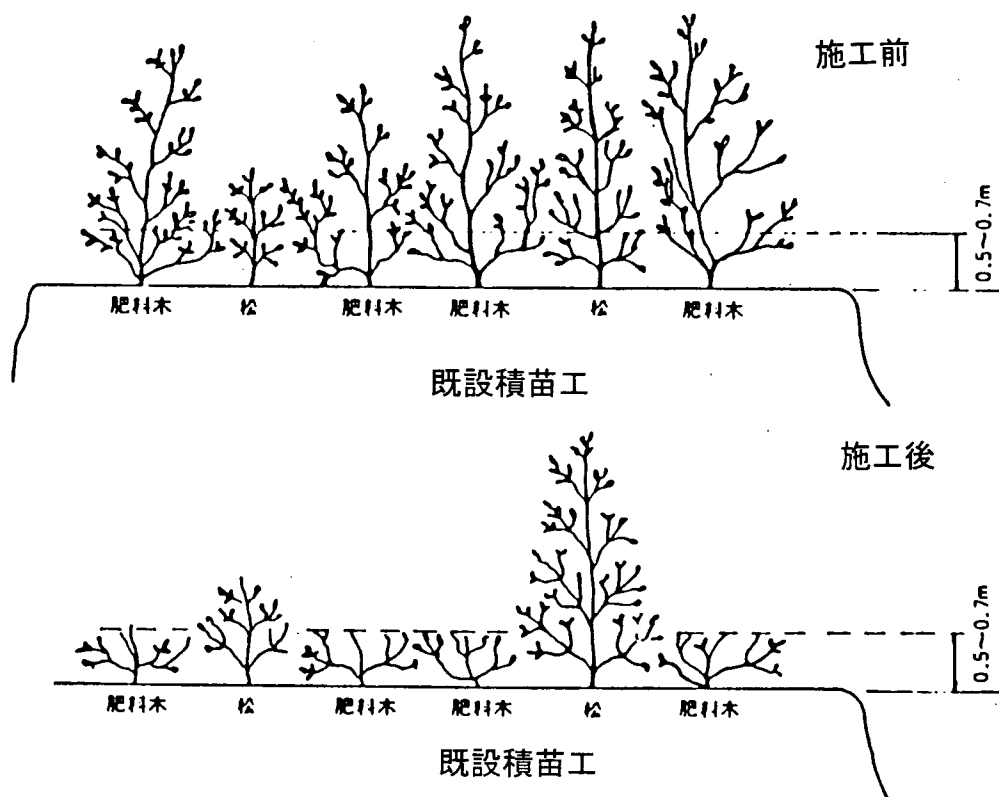
8. 維持管理の必要性

(本工法自体が、施肥による山腹植栽工の維持管理手法の一つとして考えられるため省略)

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在施工されている。

10. 概要図



(「砂防・地すべり防止施設事例集」p.254 より転載)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）など

12. 当工法と関連のある他の工法

○積苗工 … 瀬田川流域では、保育A工の施工対象となっている。

1. 名 称 「保育B工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
				昭和 42 年	
3. 工法の目的					
土壌分や肥料の補充と被覆による、植栽樹木の成長促進及び再侵食防止。					
4. 適用範囲					
とくしゃ地等に植栽された樹木が、土壌や肥料分の流亡により生長不良となっている箇所。					
5. 施工方法					
①生長不良の樹木付近で掘削、床掘りする。 ②底部にわらを伏せ込んでから土砂で埋め戻す。(化学肥料をわらと混用する場合もある。) 法面には芝およびすすきを植え付ける。 ③わら伏工により、斜面を被覆する。					
6. 使用材料					
わら, 化学肥料 芝, すすき					
7. 材料および施設の耐久性					
(積苗工等による植栽木の成長を促進させる補助的工法であり、積苗工の耐久性向上に寄与する)					

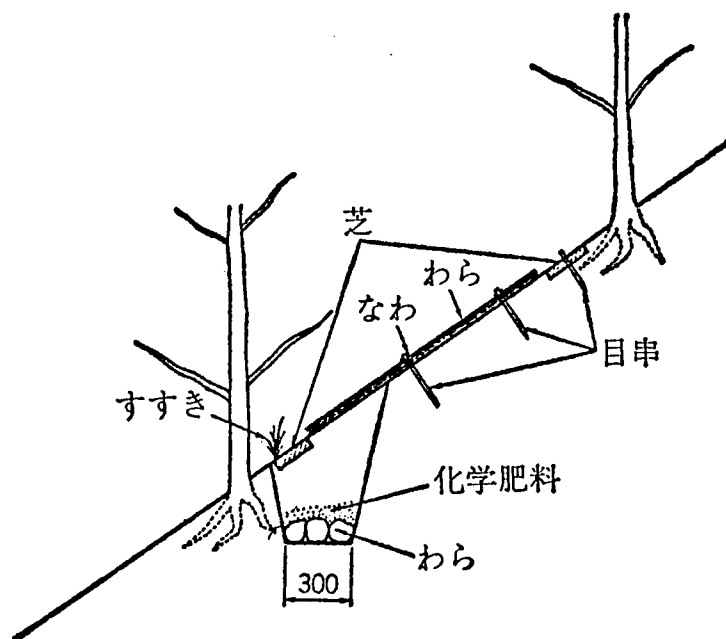
8. 維持管理の必要性

(本法自体が、施肥による山腹植栽工の維持管理手法の一つとして考えられるため省略)

9. 施工されなくなった場合その理由

本工法は現在施工されている。

10. 概要図



(「日本砂防史」 p.464 より転載)

11. 既往の施工例

滋賀県・瀬田川流域（田上山付近）など

12. 当工法と関連のある他の工法

○積苗工 … 瀬田川流域では、保育B工の施工対象となっている。

○わら伏工 … 生長不良な樹木周辺の表面侵食防止のため施工される。

溪流工／堰堤工

- ・ 土堰堤工
- ・ 石堰堤工
- ・ 木堰堤工
（山腹基礎工／谷止工－木堰堤の項参照）
- ・ 蛇籠堰堤
（山腹基礎工／谷止工－蛇籠堰堤の項参照）

1. 名 称 「土堰堤工」(別名：土畳築立工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
溪流部における土砂の貯留，扞止					
4. 適用範囲					
掃流区域で河幅がきわめて広く，多くの人力が確保でき，コア材として使用できる粘土が確保できる箇所。 (小溪流に谷止工として設置する土堰堤は、「築留」として谷止工の項目で整理。)					
5. 施工方法					
堤体のほぼ中央に、粘土と砂・砂利の混合物からなる心材を設置し、これを上下流側の土砂で保持して水の浸透を防ぐ構造である。放水路の幅は越流による破壊を防ぐため広くとられ、その表面は張石や張コンクリートで補強する。 本工法による砂防ダムは、人力を主体として施工された。					
6. 使用材料					
粘土，砂，砂利，石材もしくはコンクリート（放水路補強）					
7. 材料および施設の耐久性					
土石流の衝撃力に対する耐久性はないが、通常砂防対応の機能を得ることができる。					

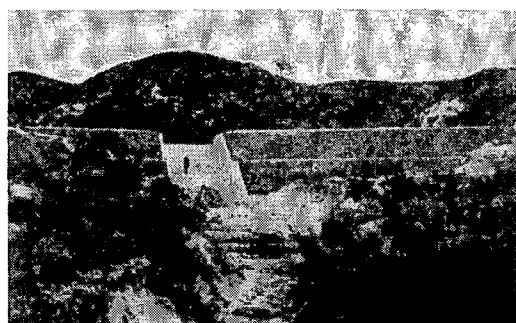
8. 維持管理の必要性

堤体に亀裂や漏水が、また水通し保護部に剥離等の兆候が見られた場合には補修が必要である。

9. 施工されなくなった場合その理由

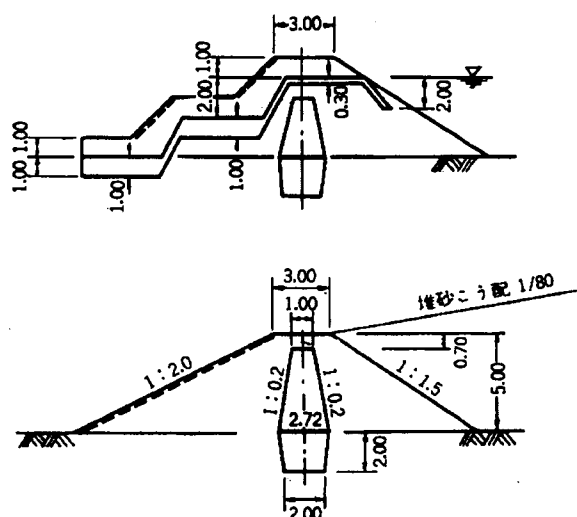
大規模なものは工事費が高くなること、ダム設計基準により設計、施工が厳しくなったこと。

10. 概要図



土堰堤（越流部及び水路をコンクリートで被覆）

（「治水砂防工学」 p.213 より転載）



断面図（上：越流部，下：非越流部）

（「砂防ダム大鑑」 p.481 より転載）

11. 既往の施工例

愛知県・田口洞堰堤（昭和8年竣工）、大谷川堰堤（昭和10年竣工）

12. 当工法と関連のある他の工法

○築留，張芝土堰堤 … 土砂を用いた谷止工の一種。（類似工法）

1. 名 称 「石堰堤工」(別名：石工堰堤)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	(空石積)		(混合積, 練積)		
3. 工法の目的					
流出土砂の貯留, 調節					
4. 適用範囲					
溪流部, 山脚部					
5. 施工方法					
空石積堰堤…堰堤の外を野面石または雑割石で築立て、内部に石礫を詰め込んだものである。基礎が岩盤の場合はこれを削取り、砂礫の場合は梯子土台等を用いる。なお、明治時代に瀬田川において施工された空石積堰堤は、縦侵食の防止、山脚を固定し兩岸の崩壊を防止し流出土砂礫を貯留調節するという通常の砂防堰堤の機能に加え、貯水池を造成し水気を蒸発を図り、禿禿地に潤沢を与え樹木の生育を助成するという二次的効果も期待していたため、内部に粘土を多用した。 練石積堰堤…空石積の裏込めにコンクリートを用いたものである。 混合積堰堤…側面および下流法、上流法のみを練積とした堰堤である。練積の厚さは通例 80cm 程度とする。基礎が砂礫の場合は下流河床が深掘した場合中詰石が抜け出す可能性があるため、堤底部も練積とする必要がある。					
6. 使用材料					
石礫 コンクリート (練積、混合積の場合)					
7. 材料および施設の耐久性					
木材・粗朶等、他材料を利用した堰堤と比較して最も耐久性がある。なお、空石積堰堤→混合積堰堤→練石積堰堤の順で耐久性が増す。 ただし空石積堰堤は、巨礫や土石流が流下する溪流には不適である。					

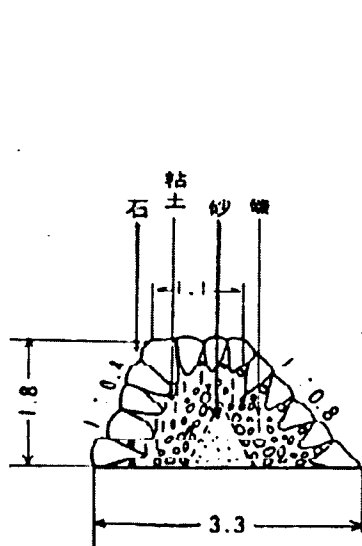
8. 維持管理の必要性

特になし。なお、混合積とした場合は堤体内部に水が進入するおそれがあるため、水抜き孔が必要となる。

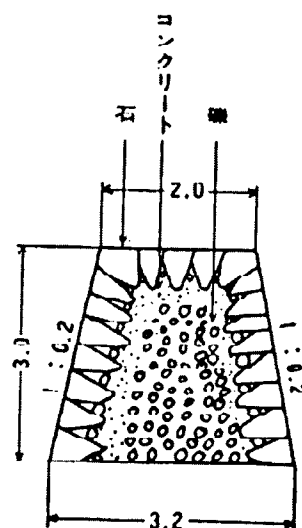
9. 採用されなくなった場合その理由

より強度の高いコンクリートの普及、及び省力化施工のため、コンクリートを使用するようになったため。

10. 概要図



貯水のために粘土を使用した空石積堰堤の例



混合積堰堤の例

(「日本砂防史」 p.768 より転載)

11. 既往の施工例

施工地多数 (瀬田川水系など)

12. 当工法と関連のある他の工法

○石垣留 (石積谷止工) : 山腹凹部等で山腹基礎工として施工される同様の石積堤である (類似工法)

溪流工／護岸工

- ・ 木杵護岸工
- ・ 張石護岸工
- ・ 石積護岸工
- ・ 杭柵護岸工
- ・ 蛇籠護岸工
- ・ 粗朶束護岸工
- ・ 編柵護岸工
- ・ 柴工護岸工
- ・ 石芝積立護岸工
- ・ 柳枝護岸工
- ・ 栗石粗朶護岸工

1. 名 称 「木枠護岸工」(別名：石箱護岸工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
					
3. 工法の目的					
溪流・堤防の保護、山脚の侵食防止。					
4. 適用範囲					
地すべり地の小渓流、中詰め石が採取できる箇所、河床変動期間における予備工事等に適用される。木堰堤に付属して施工される場合が多い。					
5. 施工方法					
施工方法は木堰堤とほぼ同様である。 ① 床堀：木枠を組み立てつつ、中詰め石を詰める。 ② 中詰め石の大きさにより木枠の間隔等をそろえる。 ③ 木材の連結は、鉄線やボルト・ナットを使用する。 ④ 基礎部の洗掘による破壊が多いため、根入れ、根固めが重要である。					
6. 使用材料					
石礫 木材（主に松丸太） 鉄線，ボルト・ナット					
7. 材料および施設の耐久性					
水没・露出を繰り返す箇所では、木材は数年で腐朽し破壊する。そのため耐用期間内に効果を発揮すればよい砂防設備に利用される。					

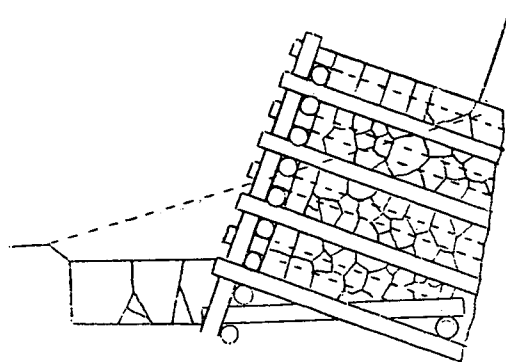
8. 維持管理の必要性

杵が腐朽・破壊するまでに、より耐久性の高い護岸工（石積護岸工等）を施工する必要がある。
基礎が洗掘された場合は、根固め石を投入する。

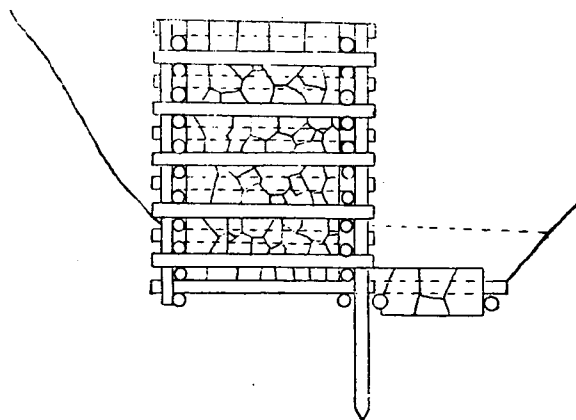
9. 施工されなくなった場合その理由

耐久性に劣る木杵が、コンクリートの普及に伴い方格杵や鉄材等へと移り変わったため。

10. 概要図



単壁護岸
(控木により支持)



複壁護岸
(立杭により支持)

(「理水及砂防工学 工事編」p.239 より転載)

11. 既往の施工例

(施工地不詳)

12. 当工法と関連のある他の工法

○木堰堤 … 木堰堤の施工の際、袖部等の護岸工として木杵護岸工が用いられた。(併用した工法)

1. 名 称 「張石護岸工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
		(空石張)		(練張)	
3. 工法の目的					
①溪岸・堤防の法面保護、洗掘防止。②山腹の崩落土砂の保持、山脚の侵食防止。					
4. 適用範囲					
石材が豊富で比較的河幅の広い緩勾配河川で用いる。多量の土砂、大転石のある河川は張石が破壊されるため不適。					
5. 施工方法					
石を用いた護岸工のうち、勾配が 1:1.0 より緩い勾配を張石護岸工という。石の種類，組合せかたにより呼び方がついている。 石の種類 { 玉石 雑石 野面石 間知石 雑割石 積み方 { 谷積 布積 雑積 [裏込コンクリートなし：空積 裏込コンクリートあり：練積] 基礎部は杭を一行に打ち、これに横木を捨土台として設置する。この上に勾配 1 割～2 割程度で石を積む。整形して凹凸の少ない切石を用いたものが切石護岸で、割石をもちいたものが割石護岸である。いずれも裏込め礫を用いる。昭和以降、特に強度が必要な場合は、裏込コンクリートを用いて練張としている。					
6. 使用材料					
石礫 コンクリート(練積とする場合) 木杭 (基礎工として)					
7. 材料および施設の耐久性					
石礫を用いており腐朽することがなく耐久性に優れる。なお、通常は基礎部に洗掘防止のため捨石や石枠工などの根固工を併設して耐久性を向上させる。					

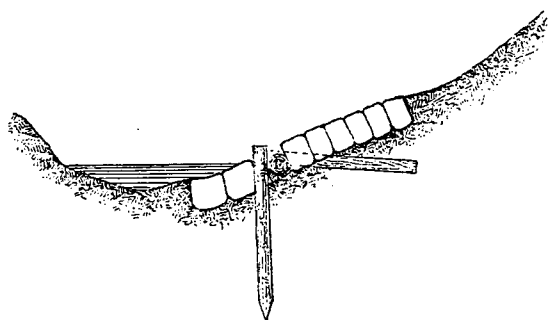
8. 維持管理の必要性

基礎が洗掘される場合、裏込礫及び裏土が吸い出され、陥没し破壊され易い。破壊された部分は修復する。

9. 施工されなくなった場合その理由

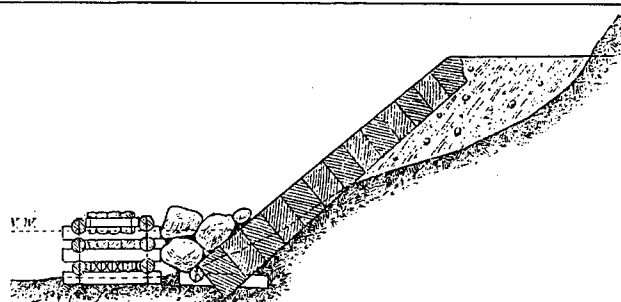
張石が不足したため、コンクリートブロックが開発され主流となったが、最近近自然工法の一環として張石が行われている。

10. 概要図



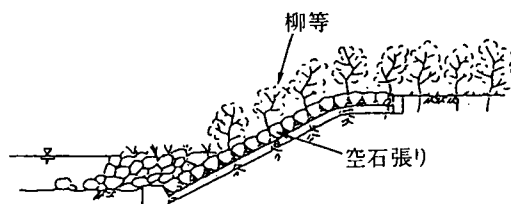
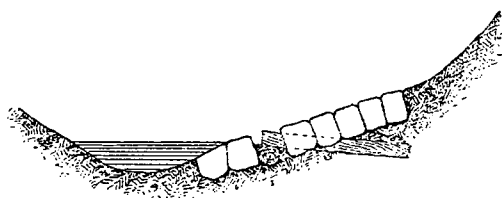
割石張

(「諸戸砂防工学」 p.296 より転載)



切石張 (根固めに石枠を用いたもの)

(「諸戸砂防工学」 p.297 より転載)



現在使用されている例

(「建設省河川砂防技術基準(案)設計編Ⅱ」 p.34 より転載)

11. 既往の施工例

施工地多数

12. 当工法と関連のある他の工法

○粗石コンクリート張護岸 … 大正時代以降は、良質の石材が得られない場合粗石コンクリート張護岸が頻繁に施工されるようになった。(類似工法)

1. 名 称 「石積護岸工」(別名：石工護岸，護岸石垣工，石護岸工，導水石垣工など)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
(空石積護岸)					
			(練石積護岸)		
3. 工法の目的					
①溪岸・堤防の保護，流水による洗掘防止。②山腹の崩落土砂の保持，山脚の侵食防止。					
4. 適用範囲					
石材が豊富で、流量の多い溪流において施工される。					
5. 施工方法					
石を用いた護岸工のうち、勾配が 1:1.0 より急なものを「石積」という。 ①地盤が岩盤である場合は深さ 0.3m 以上に切り均して根石を据え付ける。地盤が土砂の場合は基礎に梯子土台，止杭梯子土台を用いる。 ②積石の方法としては主に以下のようなものがある。 1) 谷積(乱層積) …各層の目地が連続しないように積む方法。積石間の接際谷間に上部の積石の稜線を積み立てる。 2) 追掛(矢羽根返し) …最も普通に使用される積み方で、積み方が簡便かつ強度も大きい。積石を 45° に倒して順次接触させ、その谷間に上部の積石を逆の方向に倒して積んでゆく。 3) 布積…水平目地が同じ高さで直線をなす積み方で、外観は美しいが石の大きさが均一でなければならず高価となりあまり用いられない。 ・法勾配は 5 分～1 割とし、空石積は 2m 程度までとする。 ・空石積の場合は、流水による背後の土砂の吸い出しに備え、裏込めを厚くする。練積みとする場合は胴込コンクリートを充填させる。 ・空石積に際しては、以下のような積み方は避ける。 一文字石，重石，四目石，縁切石，詰石，四巻石，八巻石，浮石，追掛石，鏡石，芋串石，拝石，三付石 ・練積護岸を施工する場合、山腹土砂からの浸透水を排除するため 3 m²程度に 1 つの割合で水抜き孔を設ける。(特に地すべり地域での施工では必須)					
6. 使用材料					
積石(間知石，割石，雑割石，野面石。間知石は、控えの長さを面の長さの 1.5 倍とする。)， 裏込礫，コンクリート(練積とする場合) 杭木(土台に用いる場合)					
7. 材料および施設の耐久性					
石礫を用いており、同時代に施工された他の護岸工法中、最も耐久性に優れる。また練石積護岸は空石積護岸よりも耐久性に優れ、流量の多い急勾配溪流でも広く用いられた。転石の多い溪流は特に練石積とし、裏込めにコンクリートを用いた。					

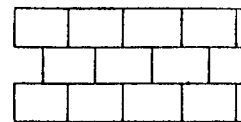
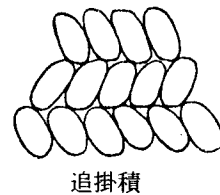
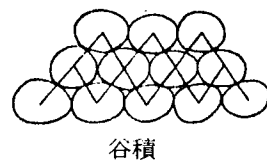
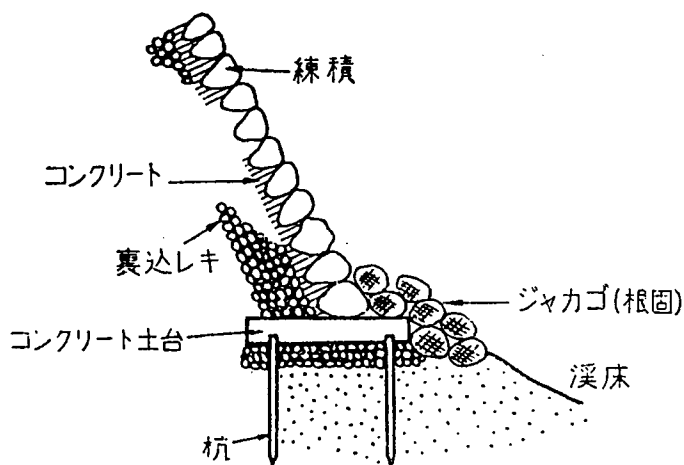
8. 維持管理の必要性

基礎部が洗掘された場合は根固めの補修が必要である。

9. 施工されなくなった場合その理由

石材の不足によりコンクリートブロックが開発され、主流となった。このことは省力化にもつながり、これに伴い石工が減少し、現在は施工困難な場所（地域）もある。近年では近自然工法として用いられている。

10. 概要図



(「砂防施工法」 p.176,177 より転載)

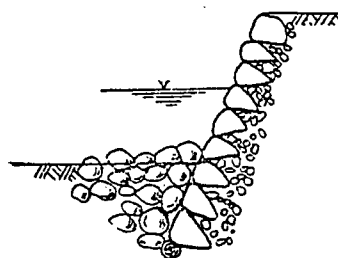
11. 既往の施工例

京都府・不動川流域
山梨県・釜無川流域
長野県・牛伏川 など多数

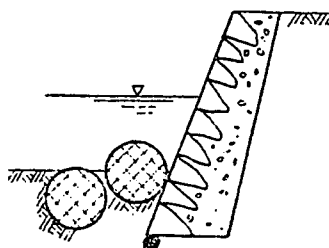
12. 当工法と関連のある他の工法

○石積水制工 … 護岸工前面の洗掘防止のため併用された。(併用する工法)
※本工法はデレーケが大正8年不動川で試験施工したとされる新工法の一つである。(当時は石工護岸と称した。空石積護岸の原型と考えられる。)

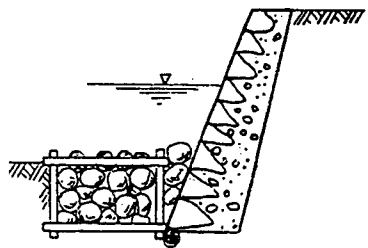
【根固めの例】 (遠藤,「砂防工学」 p.92 より転載)



捨石による根固

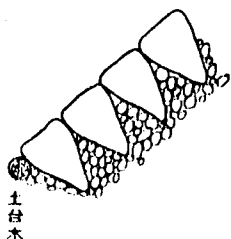


蛇籠による根固

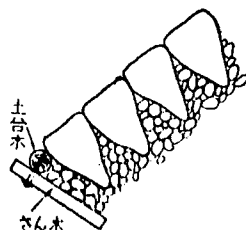


枠工による根固

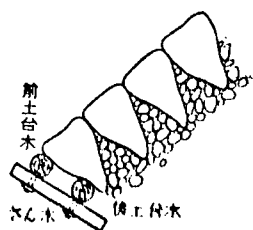
【基礎工】 (「砂防施工法」 p.178,179 より転載)



一本土台



片梯子土台



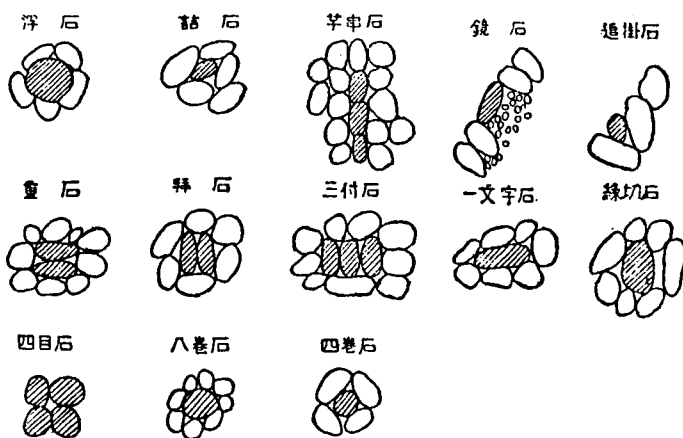
梯子土台

強度 小



大

【空石積の際に避けるべき積み方】 (「溪流及砂防工学」 p.298 より転載)



1. 名 称 「杭柵護岸工」(別名：打詰杭工，並杭工，成木柵工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
流水による溪岸の洗掘防止					
4. 適用範囲					
緩傾斜で土砂の流出が少ない小溪流の河岸，地すべり地域					
5. 施工方法					
①松丸太の杭木を溪岸に密に打ち並べる（立成木という）。 ②杉皮や粗朶束を用いて杭木の内側の間隙をふさぎ、内部の土砂が漏出する事を防ぐ。 ③杭木の両側に横方向に木を当て（貫木という）杭木に固定するか、杭木の前面に 2 m 間隔で親杭を打ちこの間に横木を当て（腹起という）固定する。 ④杭木の内側は底面に粗朶を敷いた後その上に栗石等で中詰めする。また上部表面に張石する場合もある。 ⑤基部の洗掘防止のため適宜捨石を設置する。 ※護岸の高さを 1m 以上にする場合、親杭の後方 1.5 m 程度に杭を打ち（控杭という）、これを横木により（控木という）親杭と連結させて強度を増す。この工法は「杭打片枠工」とよばれる。					
6. 使用材料					
木杭 粗朶（萌芽力の強いヤナギが最適である） 栗石					
7. 材料および施設の耐久性					
・編柵工，板柵工などよりも耐久性が高い。 ・水没、露出を繰り返す箇所では粗朶及び木杭が数年後に腐朽すると考えられる。ただしそれまでにヤナギが萌芽し、根が定着することを期待するものである。					

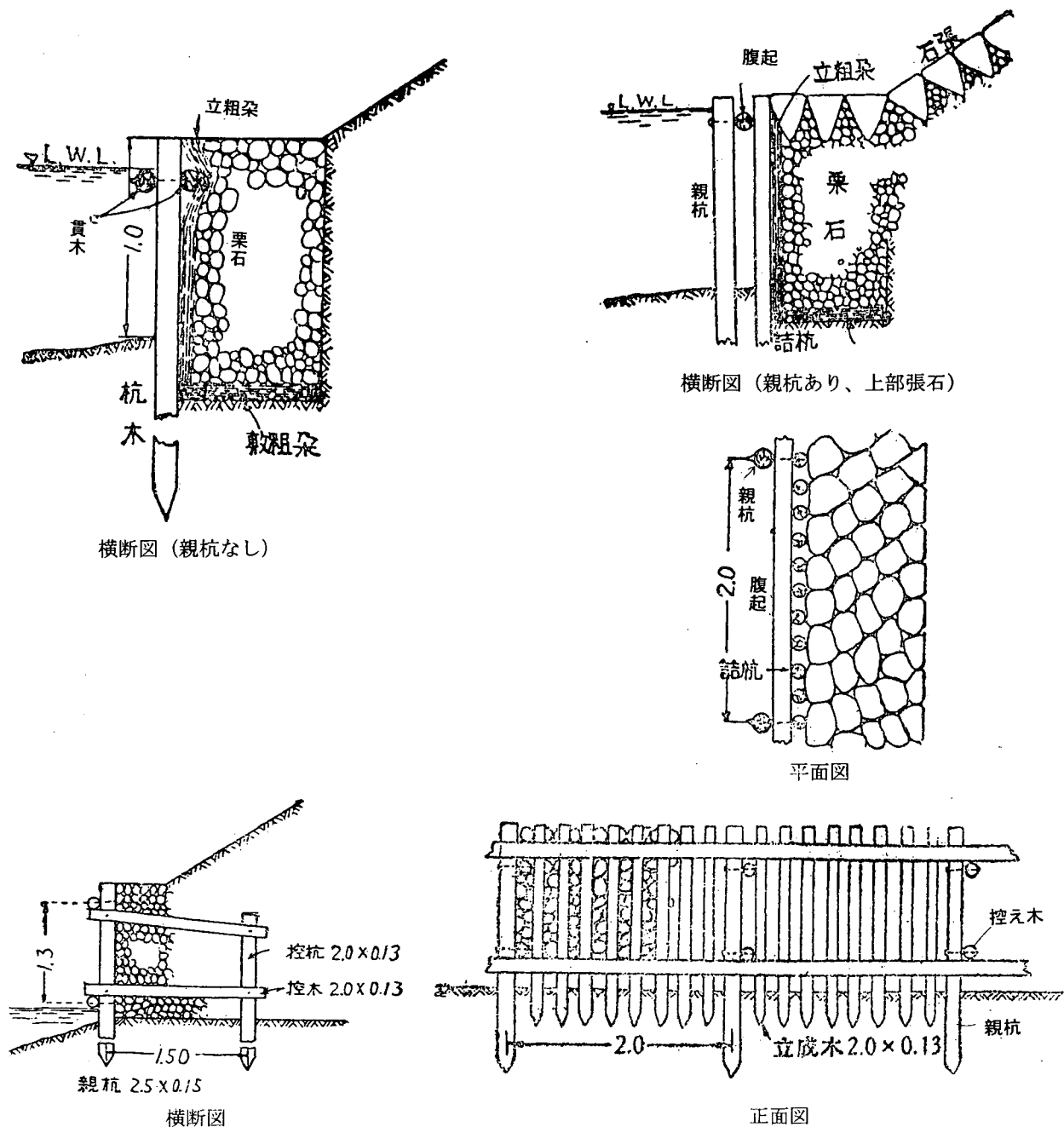
8. 維持管理の必要性

護岸が破壊された場合は、補修が必要。

9. 施工されなくなった場合その理由

より耐久性に優れるコンクリート杭柵護岸工の普及、省力化に優れたコンクリート護岸工の普及による。

10. 概要図



杭打片砕工の概要図

(「溪流及砂防工学」p.299,300 より転載)

1 1. 既往の施工例
(施工地不詳)
1 2. 当工法と関連のある他の工法
○板柵護岸工 … 粗朶を用いて柵を搔くかわりに松板を柵として用い、木杭に固定するものである。(類似工法) ○柵工 … 柵工を土留工あるいは階段工として施工するものである。 ○編柵谷止工 … 柵工を谷止工として施工するものである。

1. 名 称 「蛇籠護岸工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
流水による溪岸・堤防の洗掘山脚の侵食防止（崩土の山脚固定等）。					
4. 適用範囲					
山脚固定部及び水中部の、柔軟な構造を必要とする箇所に適用される。					
5. 施工方法					
丸い断面をもつ籠を蛇籠という。 蛇籠には、通常は長さ 10m 以下、直径 50cm 程度の鉄線蛇籠を用いる。また、蛇籠を縦断方向に並べた場合（腹籠という）は滑落しやすいため、通常は横断方向に並べる（立籠という）。 ①法面を切り均した後に蛇籠を並べ、これに中詰石を充填する。 ②立籠はその末端部の 2m～4m を「垂れ」と称して河床上に垂らし掛け、護岸脚部の洗掘に備える。腹籠とする場合は、下端部の蛇籠に杭を打ち、滑落を防ぐ。 ③土質に水分を含むような箇所では、柳枝を用いて蛇籠を編む場合もある。これは柳が萌芽しその根が法面に定着して耐久性に富む護岸となることを期待するものである。 ④ヤナギ粗朶が入手できる場合は、蛇籠の下へ敷く。 昭和 20 年代まで、仮設等には竹籠が用いられてきたが、現在竹籠技術者がいない。					
6. 使用材料					
石礫 蛇籠（鉄線蛇籠のほか、柳蛇籠、竹蛇籠等が用いられた時期がある） 木杭、（粗朶）					
7. 材料および施設の耐久性					
洪水時の転石等により鉄線が切れ、蛇籠が破壊する場合が考えられる。よって転石の多い溪流ではあまり用いられず、石積護岸工などの予備工事として施工される。ただし屈撓性に富むため、下方侵食があった場合も破壊せず、自重により沈下して溪床保護作用を持続する。 永久物としては、＃8～＃6（φ4～6mm）を、仮設物としては＃10以下を用いる。					

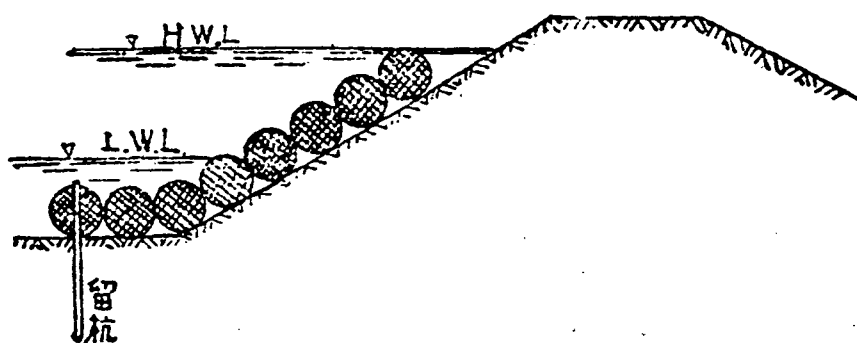
8. 維持管理の必要性

蛇籠が破壊された場合は、補修が必要である。蛇籠が沈下した場合には、沈下部分に新しい蛇籠を敷設する。

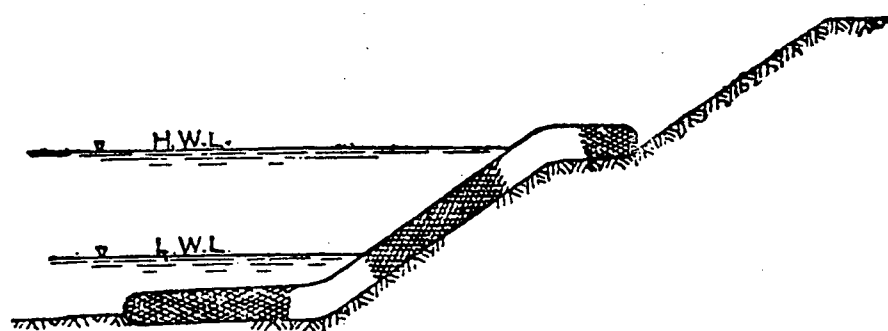
9. 施工されなくなった場合その理由

現在でも応急箇所、仮設巻止めや、地すべり地の山止め等に用いられている。なお円筒形の蛇籠の他、方形のふとん籠が多用されている。

10. 概要図



腹 籠



立 籠

(「溪流及砂防工学」p.305,306 より転載)

11. 既往の施工例

施工地多数

12. 当工法と関連のある他の工法

○フトン籠工 … 蛇籠工と同様の目的に用いるが、方形、異形（三角形等）であるため、詰石工に機械が使用でき、コスト安になる。

○カゴマット工 … フトン籠状の護岸マット。主に多孔質を求められる場合に施工される。

1. 名 称 「粗朶束護岸工」(別名：杭柵護岸工，粗朶束護岸，沈粗朶束護岸工)					
2. 施工年代					
～明治	大正	昭和	第2次世界大戦	～現在	
3. 工法の目的					
流水による溪岸洗掘・山脚侵食の防止。					
4. 適用範囲					
丘陵部等の平常流水のある緩勾配の小溪流で、転石も 10cm 程度の地域。					
5. 施工方法					
①粗朶を長さ 3～10 m、直径 10～40 cm の円筒状に束ね粗朶束とする。なお中心部を砂利等で中詰めしたもの（^{ほうき}包柴）を用いる場合もある。 ②河岸を床掘りする。深さは粗朶束を設置後埋め戻した時に粗朶が一部露出する程度とする。 ③粗朶束を床掘りした所に設置し、掘り起こした土で埋め戻す。 ④粗朶束に木杭を打ち込んで固定する。粗朶束の両側に木杭を打ち込んで固定する場合もある。 ⑤必要に応じて同様の方法で粗朶束を 2 列、3 列設置する。 ⑥岸の湾曲部など洗掘が考えられる箇所では前面に捨石を設置する。					
6. 使用材料					
粗朶束（萌芽力の強いヤナギ枝が望ましい。クヌギ、ハンノキ等を用いた粗朶束にヤナギ枝を混入させる場合もある。束ねる際は鉄線のほか葡萄蔓、藤蔓などを用いた。また中に砂利や栗石を詰めて包柴として用いる場合もあった） 木杭 石礫（捨石）					
7. 材料および施設の耐久性					
・粗朶及び木杭は数年経過後腐朽すると考えられる。ただしそれまでにヤナギが萌芽し、根が定着することを期待するものである。 ・流水が大量に流下した場合に裏土が洗掘される可能性がある。 ・下部が洗掘された場合でも粗朶束が自重により沈下する利点がある。					

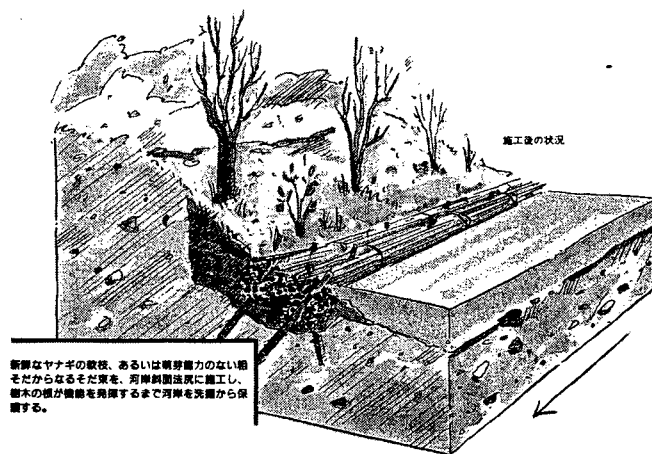
8. 維持管理の必要性

護岸が破壊された場合は、補修が必要。

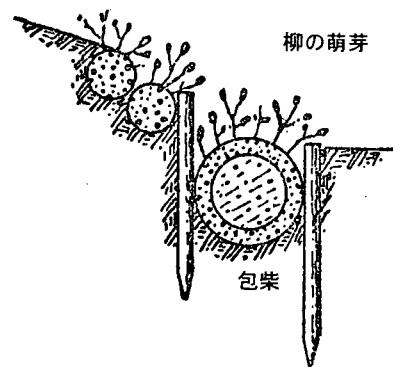
9. 施工されなくなった場合その理由

コンクリート護岸工の普及、護岸工の恒久化思想により用いられなくなった。

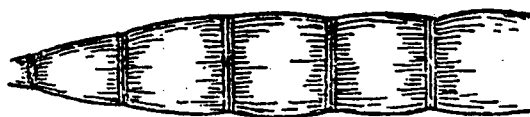
10. 概要図



(「自然に適合した工法」 p.64 より転載)



(「治水砂防工学」 p.250 より転載)



包 柴



(「改稿 砂防工事及林道」 p.48 より転載)

11. 既往の施工例

(施工地不詳)

12. 当工法と関連のある他の工法

- 柵留連束柴工 … 粗朶束を山腹斜面に施工し、斜面土砂の扞止および植生の定着を図るものである。(粗朶束を用いた階段工)
- 連 柴 工 … 山腹斜面に施工する筋工の一種で、粗朶束を設置して土砂の崩落を防止し植生の回復を図るものである。(粗朶束を用いた筋工)
- 植生ロール工 … 沼芝など水性生物に適したものをロール状として杭で固定するものである。(類似工法)

1. 名 称 「編柵護岸工」(別名：護岸柵工，柵導水工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
流水による溪岸の洗掘防止					
4. 適用範囲					
緩勾配で土砂の流出が少ない小溪流の河岸					
5. 施工方法					
末口直径 10 cm～15 cm、長さ約 1.5 m の丸太杭を 60 cm 位の間隔で杭の半分程を地中に打ち込み、これに粗朶（萌芽力の高いヤナギが通常用いられる）で編柵を形成させる。編柵は 2 列にわたり設置する場合もある。 編柵の斜面上方には土を盛り、表面は張芝を行うかヤナギの挿し木をして高水や降雨の際に土が洗い流されることを防ぐ。編柵の前面脚部には捨石等を設置して洗掘防止とすることが望ましい。					
6. 使用材料					
木杭，粗朶（萌芽力の強いヤナギが最適である） 芝，あるいは柳枝（植栽用）					
7. 材料および施設の耐久性					
・粗朶及び木杭は数年経過後腐朽すると考えられる。ただしそれまでにヤナギが萌芽し、根が定着することを期待するものである。 ・流水が大量に流下した場合に裏土が洗掘される可能性がある。					

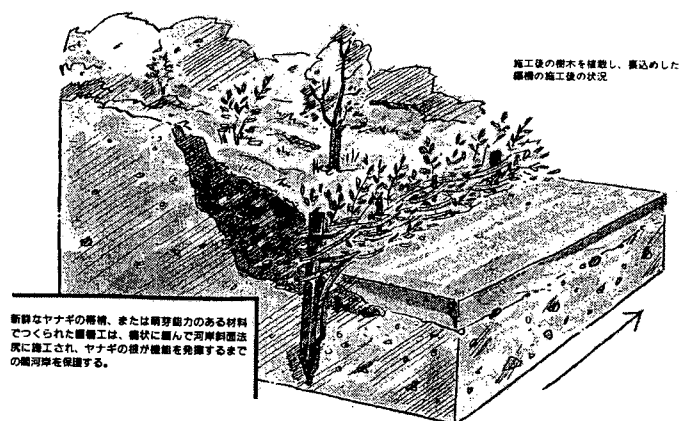
8. 維持管理の必要性

必要な場合には流下能力を確保するためヤナギの剪定を行う。
護岸が破壊された場合は、補修が必要。

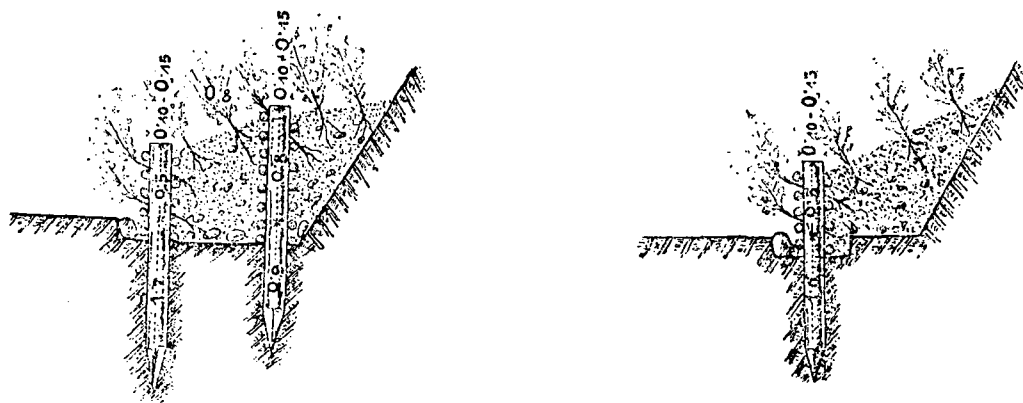
9. 施工されなくなった場合その理由

強度の高いコンクリート護岸工の普及により、その周辺から粗朶等を入手することが困難になったから。

10. 概要図



(「自然に適した工法」 p.60 より転載)



(「諸戸砂防工学」 p.301 より転載)

11. 既往の施工例

(施工地不詳)

12. 当工法と関連のある他の工法

- 板柵護岸 … 粗朶を用いて柵を搔くかわりに松板等を用い、木杭に固定するものである。(類似工法)
- 編柵工 … 編柵を土留工あるいは階段工として施工するものである。(編柵を用いた他工法)
- 編柵谷止工 … 編柵を谷止工として施工するものである。(編柵を用いた他工法)

1. 名 称 「柴工護岸」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
	M8 M15				
3. 工法の目的					
流水による溪岸の洗掘・山脚の侵食の防止。					
4. 適用範囲					
溪床勾配が緩い溪流の溪岸					
5. 施工方法					
①施工する箇所において 90～120cm、幅 1.8m 程度床掘りし、厚さ 15cm 程度に石を敷く。 ②この上に縦に連束柴 2 条を 80cm 程度の間隔で並列させ、その上に粗朶の梢を流心へ向け厚さ 1.4m 程度並べる。 ③連束柴に 1.2m 程度の木杭を打ち立て固定し、上部を粗朶により柵搔きする。 ④柵と柵の間には小石で張り石する。 ⑤これを基礎とし、土砂で堤防を築き斜面に石を張り完成する。					
6. 使用材料					
粗朶 木杭 周辺土砂（粘土、礫）					
7. 材料および施設の耐久性					
粗朶を多用した工法であり、数年で腐朽し施設全体が破壊した。					

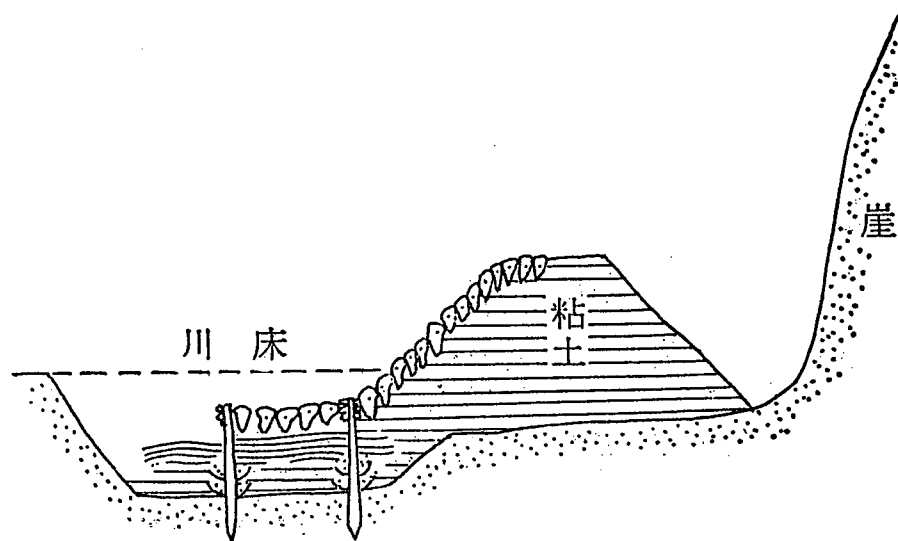
8. 維持管理の必要性

数年後に粗朶の腐朽により破壊するため、新たに護岸工を施工する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

施工当時は、同時代に施工された石工護岸（石積護岸工の一種）と比較して少ない費用で同様の効果があるとされたが、数年後に粗朶が腐朽して施設が破壊したため明治 15 年（1882 年）以降は施工されなくなった。

10. 概要図



（「日本砂防史」 p.445 より転載）

11. 既往の施工例

京都府・木津川支川不動川流域

12. 当工法と関連のある他の工法

1. 名 称 「石芝積立護岸工」(別名：石粗朶互層工、連柴羽口護岸工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
流水による溪岸の洗掘・山脚の侵食の防止					
4. 適用範囲					
石材が豊富な地域での仮設的護岸工として使用されることが多い。法勾配が1割より緩い場合に用いられる。					
5. 施工方法					
積石間に土、枝、柳枝をはさんで順次積み立てていくものである。石の間に次第に泥土が停滞し、かつ萌芽性の強い柳が根を張って堅固な護岸工となる。					
6. 使用材料					
石礫 粗朶（柳枝など、萌芽性の高いものを使用する）					
7. 材料および施設の耐久性					
仮設的護岸工であり、通常 of 石積護岸工と比較して耐久性は劣るが、弾力性に富むため、河床変動にもある程度対応できたと考えられる。					

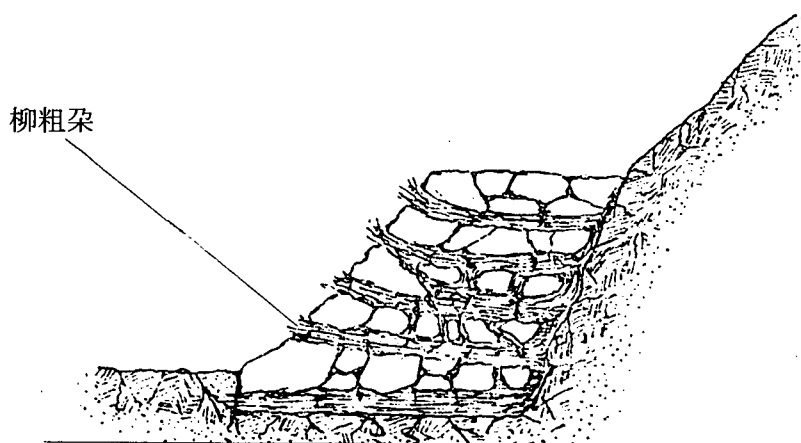
8. 維持管理の必要性

施工1年目に萌芽した柳枝を一部残して伐採し、石積の外側に頭をつくり洪水の場合に石の落下および抜け出しを予防する。

9. 施工されなくなった場合その理由

- ①コンクリート護岸工の普及 ②ヤナギ粗朶の入手困難

10. 概要図



(「諸戸砂防工学」p.302より転載)

11. 既往の施工例

(施工地不詳)

12. 当工法と関連のある他の工法

- 粗朶束護岸工 … 柳枝など萌芽力の強い粗朶が主に用いられ、本工法と同様に粗朶の定着による強度の上昇を期待するものである。(同様の材料を用いた工法)
- 柴工護岸 … 水底部に連柴(粗朶束)を設置し杭を打って固定し上部に石を置き固定する工法である。(同様の材料を用いた工法)
- 粗朶沈床 … 粗朶を用いた枠に石を詰め、沈床として護岸の洗掘防止および溪床の安定を図るものである。(同様の材料を用いた工法)

1. 名 称 「柳枝 ^{りゅうし} 護岸工」					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
3. 工法の目的					
流水による堤防のり面の洗掘、侵食防止。					
4. 適用範囲					
緩勾配溪流の護岸のり面の覆工として施工する。のり勾配が2割以下の箇所に適する。					
5. 施工方法					
①のり面を均し、長さ1.8 m程度の柳粗朶をのり方向に梢が下、切口が上になるように敷き並べる。 ②50 cm程度の間隔で小杭（柳の小杭がのぞましい）を打ち、その上部に粗朶で柵を搔き（高さ12～15 cm）、のり方向には2 m間隔に、流水方向には1 m間隔の柵形を造る。 ③柵の高さ一杯まで、土砂（6 cm程度の厚さ）と砂利（6～9 cm）を敷き詰める。 ④粗朶および小杭からの発芽を期待する工法であるため、施工時期は10月から4月までの間を選ぶ。 ※水際部及び根固め部への対策は、他の工法を用いて別途実施する。					
6. 使用材料					
柳粗朶 木杭（木杭も柳を用いる場合が多い） 土砂，砂利					
7. 材料および施設の耐久性					
・流勢の急な場所、のり勾配のやや急な箇所ではより耐久性の高い栗石粗朶護岸工が用いられる。 ・水没、露出が繰り返される箇所では小杭、粗朶の腐朽が考えられるが、腐朽するまでに柳の萌芽を期待するものである。					

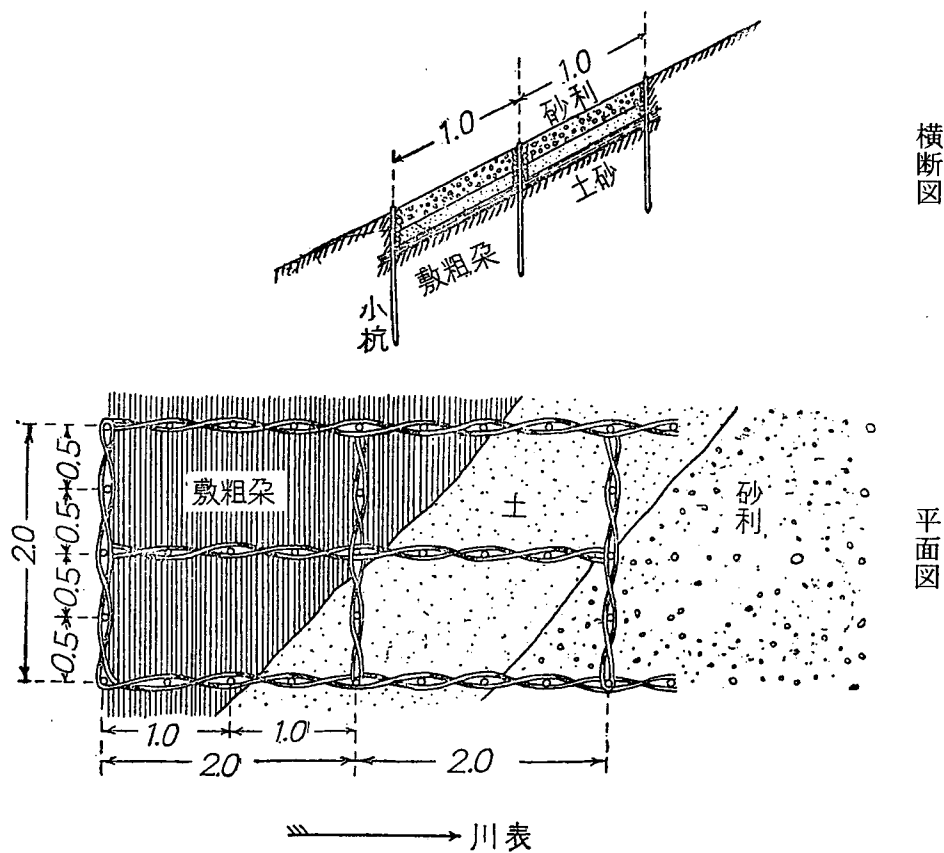
8. 維持管理の必要性

護岸が破壊された場合は、補修が必要である。

9. 施工されなくなった場合その理由

①強度の高いコンクリート護岸工の施工が容易になったこと ①粗朶の入手困難 などが考えられる。

10. 概要図



(「溪流及砂防工学」 p.304 より転載)

11. 既往の施工例

河川工事の近自然工法の1つとして施工されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

○栗石粗朶護岸 … 流勢が急で柳枝護岸では不十分な箇所、またはのり勾配のやや急な箇所で施工される。土砂、砂利のかわりに玉石、割石等を詰める。(類似工法)

1. 名 称 「栗石粗朶護岸工」(別名：玉石粗朶工)					
2. 施工年代					
～明治	大正	昭和	第2次世界大戦	～現在	
3. 工法の目的					
流水による堤防法面の洗掘、侵食防止					
4. 適用範囲					
流勢が急で柳枝護岸工では不十分な箇所、またはのり勾配のやや急な箇所。					
5. 施工方法					
①のり面を均し、長さ 1.8 m 程度の柳粗朶を、のり方向に梢が下、切口が上になるように敷き並べる。 ②50 cm 程度の間隔で小杭（柳の小杭がよい）を打ち、その上部に粗朶で柵を搔き（高さ 12～15 cm）、のり方向及び流水方向とも 2 m 間隔の柵形を造る。 ③柵の高さ一杯まで、控え 15 cm 以上の栗石、玉石または野面石を詰める。 ④施工時期は、粗朶および小杭からの発芽を期待する工法であるため、10 月から 4 月までの間を選ぶ。 ・より簡易な工法である段柵工（投掛工、礫掛工とも称する）の施工はほぼ同様であるが、杭を 40～50 cm 間隔で打ち、柵はのり方向には設けず、流水方向にのみ 1 m 間隔で設ける点が栗石粗朶護岸より簡易である。					
6. 使用材料					
柳粗朶 木杭（木杭も柳を用いる場合が多い） 栗石（控え 15 cm 以上）					
7. 材料および施設の耐久性					
・柳枝護岸工より耐久性が高い。 ・水没、露出が繰り返される箇所では小杭、粗朶の腐朽が考えられるが、腐朽するまでに柳の萌芽を期待するものである。					

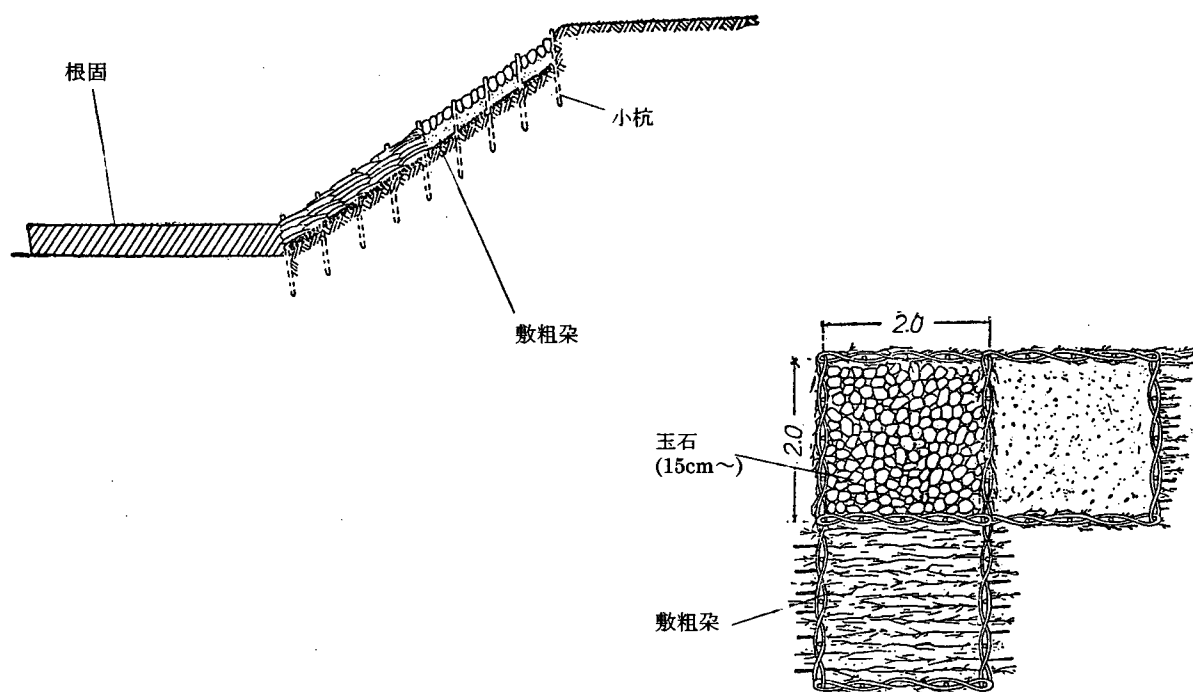
8. 維持管理の必要性

護岸が破壊された場合は、補修が必要。

9. 施工されなくなった場合その理由

強度の高いコンクリート護岸工の普及などにより施工されなくなった。

10. 概要図



(「治水工学」 p.179 より転載)

11. 既往の施工例

河川工事の近自然工法の1つとして施工されている。

12. 当工法と関連のある他の工法

○柳枝護岸工 … 流勢が緩やかでのり勾配の緩い箇所で施工される。玉石、割石ではなく土砂、砂利で中詰めする。

溪流工／水制工

- ・石積水制工
- ・粹水制工
- ・牛工
- ・籠水制工

1. 名 称 「石積水制工」(別名：石出し、空積水制工、練積水制工)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
(空石積み)		(混合積み)			
3. 工法の目的					
①偏流を防止し、流心を河道中央寄りに固定することにより横侵食を防止する。 ②溪岸付近の流勢を緩和して土砂を堆積させ、護岸工を保護する。					
4. 適用範囲					
扇状地や砂礫堆積地などの、比較的川幅が広い流路のうち、下記の範囲に適用する。 ①崩壊地の山脚部が水衝部となっている箇所。 ②洗掘の恐れがある護岸工の前面部等					
5. 施工方法					
石の積み方は石堰堤とほぼ同様である。なお、洗掘による破壊を防ぐため、施工時の掘削および根固めを十分行うものとする。 表面を練石積みとし、内部を石礫で埋め込んだものは混合積水制工とよばれ、空積水制工よりも耐久性に優れる。 一方の岸が岩盤であるがもう一方の岸が軟弱で侵食の可能性がある場合は、石堰堤を斜めに設置したような水制工を軟弱岸の方に設置して水路を岩盤上へ移す場合がある。この水制工はデモンセー式水制工と呼ばれる。					
6. 使用材料					
石礫 コンクリート（練積、混合積とする場合） 丸太（基礎に設置）					
7. 材料および施設の耐久性					
急勾配の溪流では、空石積水制工、混合積水制工は強度が十分でなく破壊される場合があったが、比較的緩勾配の砂礫堆積地では、空石積水制工でも十分に効果が発揮された。					

8. 維持管理の必要性

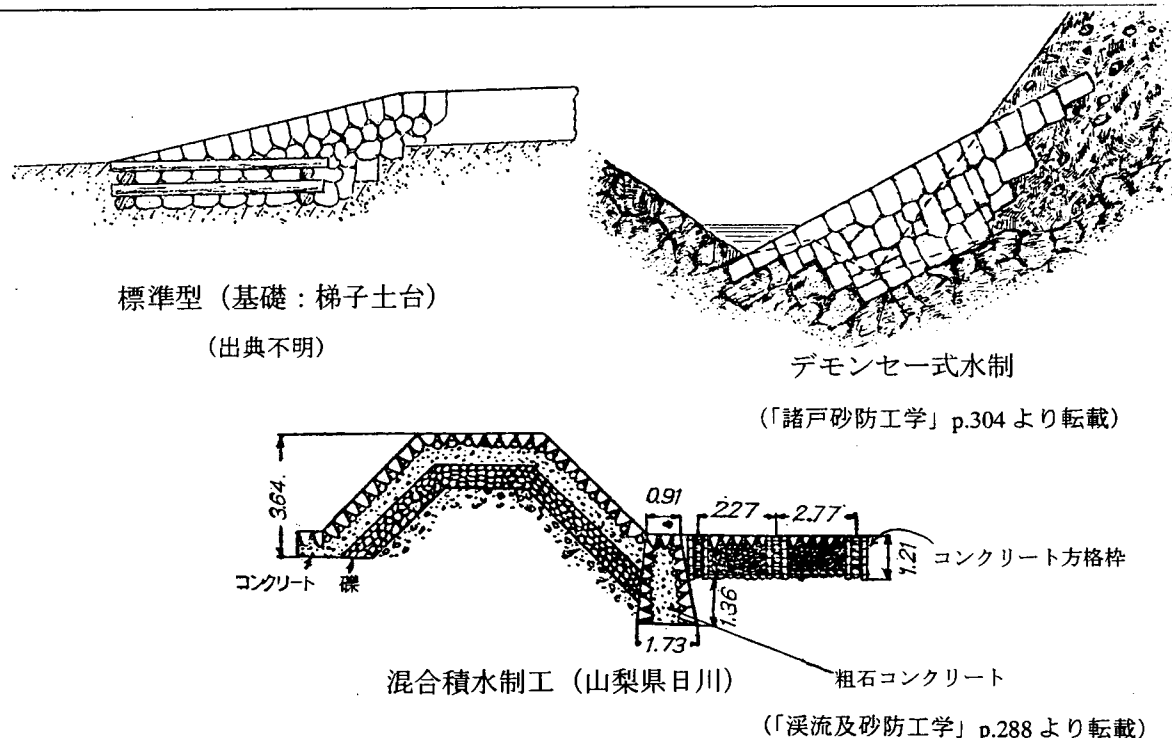
洪水時に大きな洗掘が起きた場合は石枠工等で補強する必要がある。また、巨礫等の流下等により破損した場合も補修が必要。

9. 施工されなくなった場合その理由

現在でも施工されているが、以下の理由により施工例はあまり多くない。

- ①護岸工が練石積となり強固になったことや、護岸工の前面に異形コンクリートブロックなどを設置する、いわゆる根固水制工が多用されるようになったため、水制工の施工件数自体が昭和30年代から少なくなった。
- ②急勾配渓流では、より強度の高い粗石コンクリート水制工、コンクリート水制工、鉄筋コンクリート水制工が用いられるようになった。
- ③石積技術者の不足。

10. 概要図



11. 既往の施工例

山梨県日川 (混合積水制工)、山梨県大武川 (空石積水制工)、神奈川県早川 (練石積水制工) など

12. 当工法と関連のある他の工法

- 沈枠工 … 根固および洗掘が起きた場合の補強として用いられた。(補強・併用された工法)
- 木工沈床、粗朶沈床 … 根固として併用された。(併用された工法)

1. 名 称 「杵水制工」(別名：杵出し)					
2. 施工年代					
～明治		大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
1500年代頃～					
3. 工法の目的					
渓岸付近の流速を減少させて土砂を堆積させ、護岸工を保護する。					
4. 適用範囲					
護岸工前庭部，水衝部					
5. 施工方法					
主な杵水制工について記す。 ・片杵…約 2m 間隔に前後 2 列に柱木を立てて、これに水平方向に設置した貫木を固定する。さらにその内側に敷成木を設置し、内部は詰石する。 ・沈杵…柱木 4 本を 4 隅に配し上下 2 段の貫木を通し、方形または矩形に組み立て、根太木を据えたうえ敷成木を並べ、立成木を貫木に結束して詰石する。完成後水中に沈設する。 ・続杵…沈杵を連続したもので、一般には高さ 1.3m、柱間隔が 2m 程度で各柱毎に中仕切りを設ける。 ・法杵…続杵の変形で、杵の片側もしくは両側に勾配を付けたものである。 ・合掌杵…1～1.5m間隔で合掌木と下梁木で三角を組み、これを上貫木と下貫木で連結し、下梁木の上に敷成木を並べ、合掌間に立成木を立て鉄線等で結束して詰石を行うものである。					
6. 使用材料					
木材 石礫 鉄線（杵の固定及び籠用）					
7. 材料および施設の耐久性					
石積水制工と比較した場合耐久性に劣るため、流速減少を主目的とする。 また、杵に木材を用いているため、常時水中に没している場合は耐久性があるが、水没・露出を繰り返す場合は数年で腐朽する。					

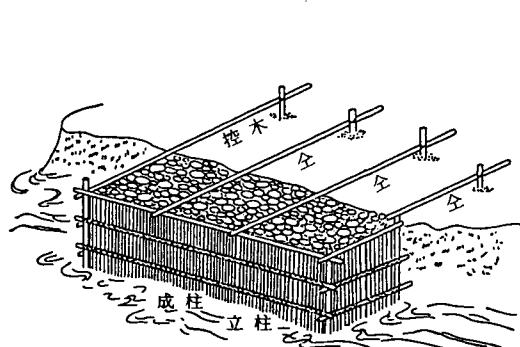
8. 維持管理の必要性

木枠の腐朽、基礎部の深掘れ、転石の衝突による破壊が生じた場合、新しい枠工で補修する必要がある。

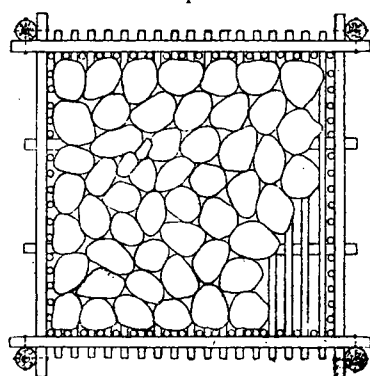
9. 採用されなくなった場合その理由

コンクリートブロック（現場打ちブロック、プレキャストブロック）の普及により、省力化の方向へ向かったため。

10. 概要図

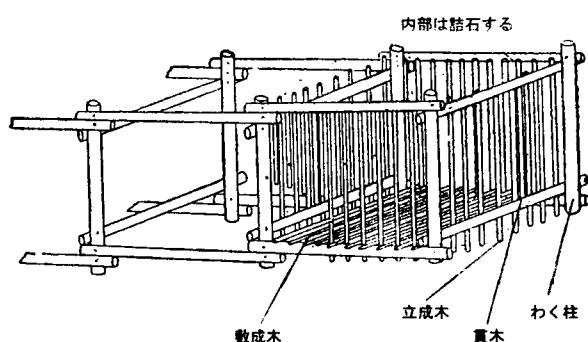


片 枠
(「日本の水制」p.34 より転載)



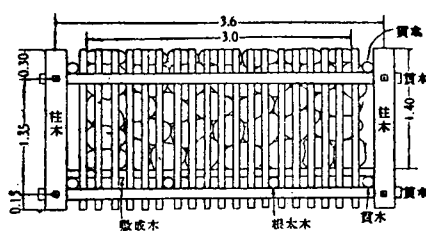
沈 枠

(「治水工学」p.212 より転載)



続 枠

(「治水工学」p.212 より転載)



(法枠、合掌枠は次ページに記載)

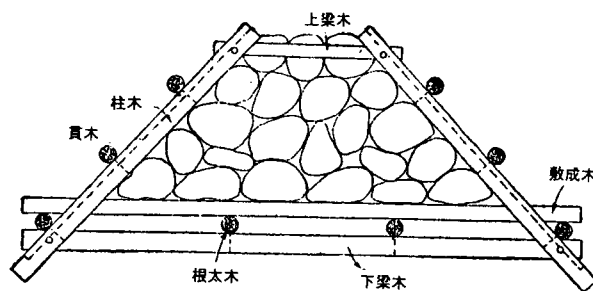
11. 既往の施工例

施工地不詳

12. 当工法と関連のある他の工法

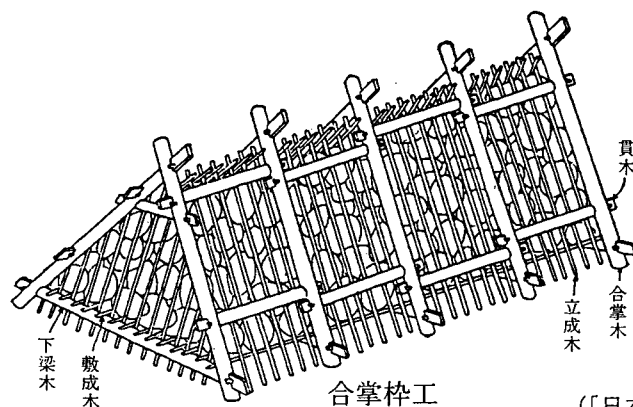
○木工沈床、粗朶沈床 … 木枠あるいは粗朶束、連柴により枠を組み、内部に石を詰めて沈め、根固めとするものである。(類似工法)

【9. 概要図（続き）】



法粋工（両法粋工）

（「治水工学」 p.215 より転載）



合掌粋工

（「日本の水制」 p.46 より転載）

1. 名 称 「牛工」					
2. 施工年代					
～明治	大正	昭和	第2次世界大戦	～現在	
500～600年代					
一般の緩勾配河川で使用					
3. 工法の目的					
流速を減少させ、或いは転流させて、護岸工を保護することを目的とする。					
4. 適用範囲					
護岸工前庭部、水衝部、及び災害時の応急水制工					
5. 施工方法					
主な牛柵工について記す。 ・牛柵・猪子…牛工で最も初期的なもの。棟木、合掌木、梁木、桁木を組み合わせ高さ 1.2m 程度の三角錐を組み立てる。牛柵には柵の内部と脚部に蛇籠を設置する。猪子は底面及び側面に竹や鉄線で柵を搔き内部を石礫で詰める。 ・笈牛…牛柵の前面部に前立木を加えたもの。 ・川倉…聖牛と牛柵の中間の構造。合掌木を 2 対用いる。 ・聖牛…牛工中最も堅牢な構造である。合掌木を 3 対用いる。棟木の長さにより中聖牛、大聖牛と区別する。 ・鳥脚…棟木補強のため肋木を用いたもの。 ・菱牛…合掌木、桁木、梁木を用いて四角錐状に組み立てたもの。 ・棚牛…合掌木、桁木、梁木を用いて三角柱状に組み立てたもの。					
6. 使用材料					
木材 石礫 鉄線（柵の固定及び籠用）					
7. 材料および施設の耐久性					
石積水制工と比較した場合耐久性に劣るため、流速減少を主目的とする。 また、木材を用いているため、常時水中に没している場合は耐久性があるが、水没・露出を繰り返す場合は数年で腐朽する。					

8. 維持管理の必要性

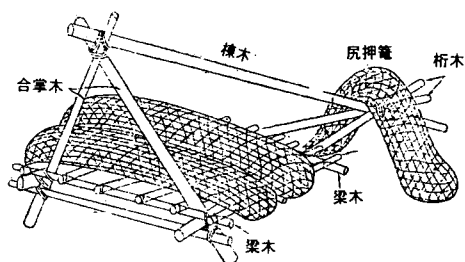
木枠の腐朽，基礎部の深掘れ，転石の衝突による破壊が生じた場合、新しい枠工で補修する必要がある。

9. 採用されなくなった場合その理由

石積水制工の場合と同様に以下の理由により施工例は少ない。

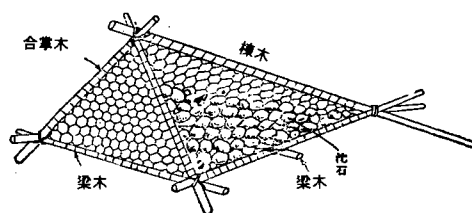
①耐久性の優れるコンクリート製水制工、鋼製水制工、根固め水制工（異形コンクリートブロック工など）の普及②大聖牛など、施工に高度の技術を有するものがありこれらの施工に熟達した技術者の減少③水制工自体の施工数の減少

10. 概要図



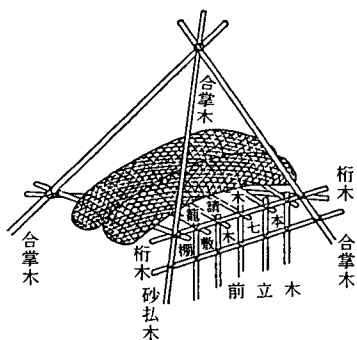
牛枠

(「治水工学」 p.205 より転載)



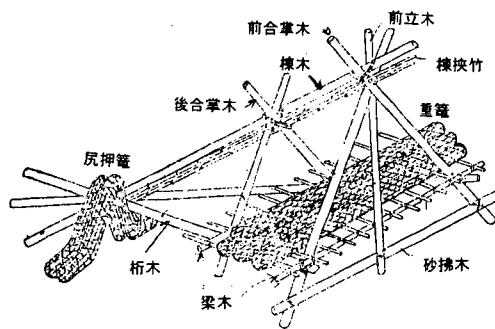
猪子

(「治水工学」 p.206 より転載)



笩牛

(「日本の水制」 p.30 より転載)



川倉

(「治水工学」 p.206 より転載)

※次ページにその他の牛工を掲載。

11. 既往の施工例

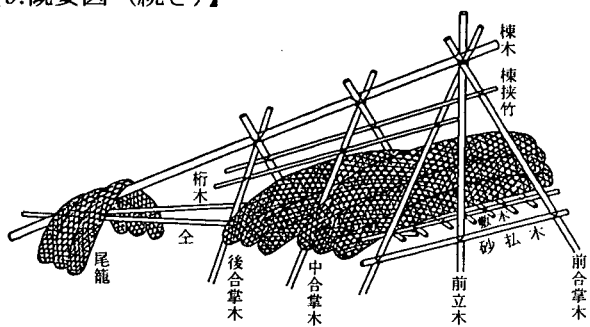
山梨県釜無川（1500 年代。大聖牛など）

長野県・白馬（昭和30年代。大聖牛など）

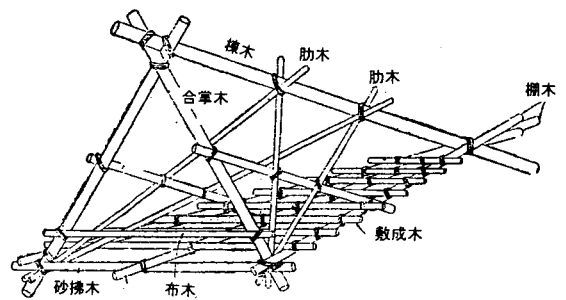
12. 当工法と関連のある他の工法

○木工沈床、粗朶沈床 … 木枠あるいは粗朶束、連柴により枠を組み、内部に石を詰めて沈め、根固めとするものである。(類似工法)

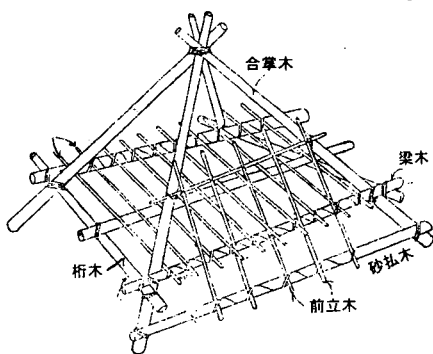
【9.概要図（続き）】



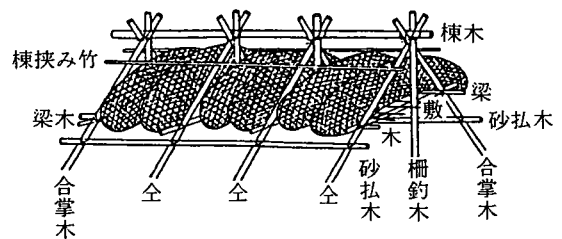
聖牛
（「日本の水制」 p.33 より転載）



鳥脚
（「治水工学」 p.208 より転載）



菱牛
（「治水工学」 p.209 より転載）



棚牛
（「日本の水制」 p.31 より転載）

1. 名 称 「籠水制工」(別名：籠出し(江戸時代まで))					
2. 施工年代					
	～明治	大正	昭和	第2次世界大戦	～現在
500～600 年代					
一般の緩勾配河川 で使用					
3. 工法の目的					
①偏流を防止し、流心を河道中央寄りに変換させる。 ②溪岸付近の流勢を緩和して土砂を堆積させ、護岸工を保護する。					
4. 適用範囲					
緩勾配で比較的川幅が広く、玉石程度の砂礫が流下する溪流区間のうち、下記の範囲に適用する。 ①崩壊地の山脚部が水衝部となっている箇所。 ②洗掘の恐れがある護岸工の前面部等					
5. 施工方法					
溪流に対して横断方向に蛇籠を 3～5 本並べ、その上に同じよう蛇籠に数段積み重ねる。これに直交して流水の方向に蛇籠(鞍掛籠という)を 3～4 本適当な間隔に設置して下段の蛇籠を押さえる。鞍掛籠の垂(たれ。溪床に接する部分)は上流部より下流部が長くなるように置く(越流した場合に下流側の洗掘防止に対して水叩きの役割をもつ)。水制の根部には蛇籠等を用いて間詰めを行うなどして元付け工とする。					
6. 使用材料					
蛇籠(竹籠, 鉄線蛇籠) 木杭 石礫					
7. 材料および施設の耐久性					
石積水制工に比べ耐久性は劣るが、蛇籠の材料に腐食しにくい鉄線を使用した場合、上記適用範囲内では十分効果を発揮した。					

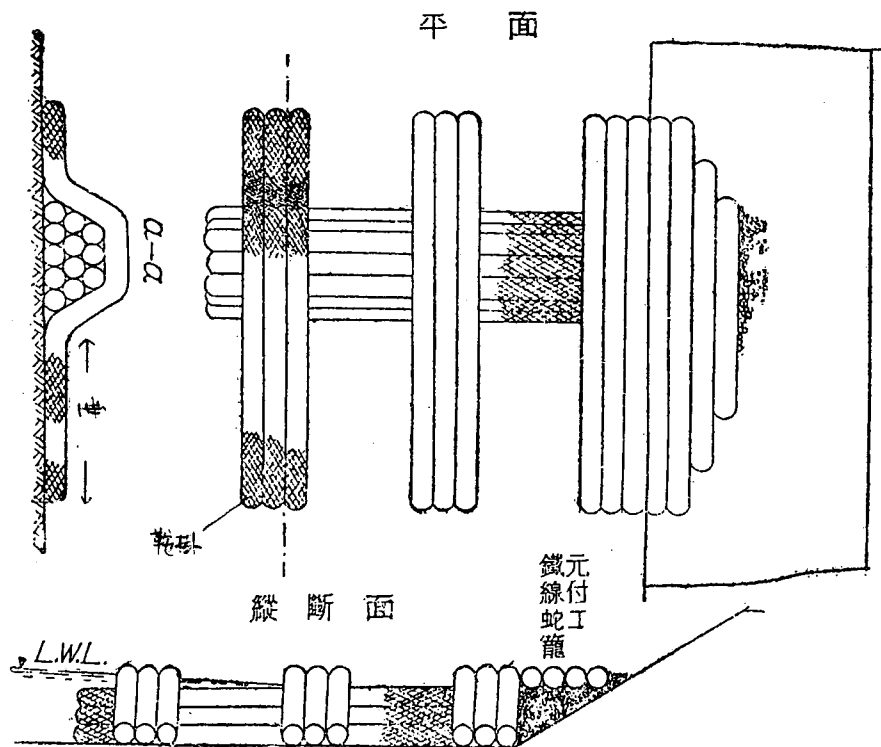
8. 維持管理の必要性

- ・ 籠がめくれた場合は、新たに補修する必要がある。
- ・ 巨礫の衝突により蛇籠が破損した場合には、新たに蛇籠を補充する必要がある。

9. 施工されなくなった場合その理由

- ①護岸工が練石積となり強固になったことや、護岸工の前面に異形コンクリートブロックなどを設置する、いわゆる根固水制工が多用されるようになったため、水制工の施工件数自体が昭和30年代から少なくなった。
- ②より強度の高い粗石コンクリート水制工、コンクリート水制工、鉄筋コンクリート水制工が普及したため。

10. 概要図



(「治水工学」 p.198 より転載)

11. 既往の施工例

(河川工事での施工例多数)

12. 当工法と関連のある他の工法

- 聖牛、棚牛など … 一般に牛工に定義され、木杵等に蛇籠を設置した工法。(関連工法)
- 籠出し … 江戸時代の緩勾配河川の減勢のため、竹籠を用いて施工された工法。石積水制の上部に蛇籠を巻き、耐久性を向上させたもの(大籠出し)も施工された。(類似工法)

引用文献

- 1) 柿 徳市：「治水砂防工学」、土木技術社、1941
- 2) 諸戸北郎：「諸戸砂防工学」、成美堂書店 1938
- 3) 諸戸北郎：「理水及砂防工学 工事編」、三浦書店、1917
- 4) 赤木正雄：「溪流及砂防工学」、アルス 1939
- 5) 赤木正雄：「高等土木工学第 16 巻溪流及砂防工学」、アルス、1931
- 6) 蒲 孚：「砂防工学」、工業図書、1947
- 7) 遠藤隆一：「砂防工学」、共立出版、1968
- 8) 中村猪市：「砂防工学」、成美堂出版、1928
- 9) 田村義男：「実践砂防講義」、京畿道林友会、1933
- 10) 鈴木恭介：「実用砂防工学」、丸善、1938
- 11) 山本晃一：「日本の水制」、山海堂、1996
- 12) 宮本武之輔：「治水工学」、修教社書院、1936
- 13) 荻原貞夫・福田次郎：「改稿砂防工学及林道(治山・砂防・林道・運林)」、明文堂、1956
- 14) 飯塚 肇：「森林防災工学」、森北出版、1968
- 15) 松下忠洋：「自然の復元」、山海堂、1998
- 16) 矢野義男・谷口敏雄・谷 勲：「最新土木施工法講座 9 砂防施工法」、山海堂、1965
- 17) 日本住宅公団：「住宅造成工事仮設防災工法実例図集」、(財)住宅共済会、1980
- 18) (社)全国治水砂防協会：「日本砂防史」、石崎書店、1981
- 19) (社)全国治水砂防協会：「砂防ダム大鑑」、山海堂、1973
- 20) (社)全国治水砂防協会：「砂防・地すべり防止施設事例集」、1988
- 21) 広島県砂防課：「福山藩の砂留」、1997
- 22) 建設省近畿地方建設局木津川上流工事事務所：「木津川砂防百年のあゆみ」、1981
- 23) 建設省河川局：「改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編Ⅱ」、(社)日本河川協会、1997
- 24) 建設省河川局：河川砂防技術基準(案)、1967
- 25) リバーフロント整備センター：「自然に適合した工法 河岸及び河岸斜面の保護」、1997
- 26) (財)国土開発技術研究センター：「護岸の力学設計法」、1997
- 27) 工事歩掛研究会：「改訂 10 版 標準工事歩掛要覧」、(財)経済調査会、1996
- 28) (社)砂防学会：「砂防学講座第 5 巻-2 土砂災害対策-水系砂防(2)-」、山海堂、1993

本刊行物に転載した下記書籍につきましては、転載の許可をいただくために著作権者と連絡をとるべく努力いたしましたが、著作権者を特定できませんでした。

- 1) 諸戸北郎：「諸戸砂防工学」、成美堂書店、1938
- 2) 諸戸北郎：「理水及砂防工学 工事編」、三浦書店、1917
- 3) 赤木正雄：「溪流及砂防工学」、アルス、1939
- 4) 赤木正雄：「高等土木工学第 16 巻溪流及砂防工学」、アルス、1931
- 5) 中村猪市：「砂防工学」、成美堂書店、1928
- 6) 田村義男：「実践砂防講義」、京畿道林友会、1933
- 7) 宮本武之輔：「治水工学」、修教社書院、1936
- 8) 荻原貞夫・福田次郎：「改稿砂防工事及林道（治山・砂防・林道・運林）」、明文堂、1956