ISSN 0386－5878
土木研究所資料　第3729号

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(2)

―伝統的砂防工法の活用―

平成12年12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、土木研究所長の本書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3729号2000年12月

伝統的砂防工法の適用にあたっての考察(2)

—伝統的砂防工法の活用—

砂防研究室　室長　南　哲行*
地すべり研究室　主任研究員　冨田　陽子**

要　旨

砂防構造物の築造時には、堀削・床堀による残土や、堀削に先立つ伐採樹木などが副産物として生じる。また、山腹工などの保育作業時には間伐材などが生じる。

これらは、これまで場外搬出や野焼きなどの場内焼却により処理してきていたところであるが、現在は自然環境への配慮から野焼きは原則として禁止されており、また処分地の確保の困難さや処分コストの上昇等から場外搬出も困難な状況となってきており、砂防工事に伴って発生する堀削残土や木材を何らかの形で有効に利用することが求められる。

そこで、堀削残土や木材を有効に利用する手段の一つとして、伝統的砂防工法に着目し、現在の砂防工事に適用するための手法を整理した。

キーワード：建設副産物、リサイクル、伝統的砂防工法

* 現：建設省河川局砂防部砂防課砂防事業調整官
**現：急傾斜地崩壊研究室主任研究員

－ 目 次 －

1．本工法集の目的	1
2．本工法集の内容	2
伝統的砂防工法 工法集	5
・木製堰堤	7
・鉄線蛇籠堰堤	11
・鉄線蛇籠護岸工	25
・編柵護岸工・粗朶束護岸工	33
・丸太護岸工	42
・鉄線蛇籠土留工	48
・丸太積土留工	52
・積苗工	57
・編柵工	66
・丸太柵工	73
・筋工	79
・粗朶積工	87
・粗朶伏工	90
・わら伏工	95
・ムシロ伏工	99
・張芝水路工	103
・植生土のう水路工	108
・空張水路工	113
・鉄線蛇籠水路工	117
・編柵水路工	122
・丸太柵水路工	127
・粗朶暗渠工	133
・石礫暗渠工	137
・蛇籠暗渠工	142
木材を使用する際の留意事項	147
粗朶を使用する際の留意事項	151
鉄線蛇籠を使用する際の留意事項	153

・ブロック板積工 156
・粗石コンクリート工法 160
・INSEM 工法 166

参考資料

参考資料－１　山腹工に関する基礎資料
・山腹工の選定及び組合せ検討のための資料
・法切工

参考資料－２　都市山麓グリーンベルトの整備に適した施工方法の整理
・資材運搬／桟橋型軌道による資材輸送方法
・掘削範囲の削減／親子ショベルによる施工
・伐採木等の有効利用

１．本工法集の目的

平成６年１月に建設省が策定した環境政策大綱によって、「環境」は建設行政において内部目的化された。これを受け、建設に関連する各分野では、建設作業に伴う騒音、振動、塵芥、濁水の低減対策とともに、建設副産物のリサイクルへの取り組みを行っている。砂防事業においても、このような取り組みが今まで以上に求められている。

砂防構造物の築造時には、掘削・床堀による残土や、掘削に先立つ伐採樹木（幹、枝葉、根）、コンクリート打設時に使用した木製型枠などが建設副産物として生じる。また、砂防樹林帯などの保育作業時にも、間伐材や枝葉などが生じる。これらのうち掘削残土は、現場から離れた処分地まで運搬し、さらに投棄料を支払って処分するのが一般的だが、処分地の確保は土地利用が高度な地域ほど難しくなりつつあり、処分に要する費用も上昇する傾向にある。一方、伐採樹木や使用済み型枠などは、従来は野焼きなどの場内焼却や場外搬出により処理されてきたが、現在では自然環境への配慮により野焼きは原則として禁止されている。また、場外搬出についても、掘削残土の場合と同様に、近隣に受け入れ施設がないことにより処分費用が高くなる問題を抱えている。以上のような問題に対処するためには、砂防工事に伴って発生する掘削残土や木材を、何らかの形で有効に利用することが必要になる。

明治時代から昭和初期の頃にかけての砂防工事には、当時はコンクリートや鋼製品が高価であったため、材料に施工地周辺の石材、土砂、木材などを使用したいわゆる伝統的砂防工法が多用された。本書は、現地発生土砂及び木材を有効に利用する手段の一つとして、伝統的砂防工法に着目し、これを現在の砂防に適用するための手法を示すことを目的として作成したものである。

2．本工法集の内容

この工法集は、次の内容を含む。

① 砂防工事に付随して発生することが予想される土砂や木材等を主材料とし、かつ現在の砂防に適用可能と考えられる伝統的砂防工法を選定し、それぞれの適用方法，構造，施工方法等について、現行の基準類を補う参考書となるように整理した。

② 伝統的砂防工法で多用されている材料である木材，粗朶，鉄線蛇篭について、それぞれを使用する際の留意事項を概説した。

③ セメントを使用するため伝統的砂防工法とは呼び難いが、施工地で発生する土砂や礫を有効利用できる工法について、その適用方法等を参考として整理した。

①で述べた伝統的砂防工法の選定方針と、選定された工法とを以下及び表－2.1 に示す。

・基本的に、砂防工事に付随して発生する土砂・木材を主材料とする伝統的砂防工法を扱うものとした。

・砂防工事に付随して発生する土砂・木材を主材料としないが、施工地周辺確保できる自然材料（わら等）を使用でき、かつ現在でも使用実績がある伝統的砂防工法は扱うものとした。

・空石積工法のように、現在では施工地周辺での石材や石積み技能者の確保が困難であり、材料及び技術的な面からかつてのような施工が難しいと考えられる工法は、選定の対象としなかった。

表－2.1　本工法集で扱う伝統的砂防工法

名　　称	用　　途	有効利用できる現地発生材料
木製堰堤	谷止工	木材（丸太）
鉄線蛇籠(フトン籠)堰堤	〃　，仮設的な床固工	石礫
鉄線蛇籠(フトン籠)護岸工	護岸工	石礫
編柵護岸工	〃	木材（粗朶）
粗朶束護岸工	〃	石礫，木材（粗朶）
丸太護岸工	〃	木材（丸太）
鉄線蛇籠(フトン籠)土留工	土留工	石礫
丸太積土留工	〃	木材（丸太）
積苗工(段積苗工)	階段工，簡易な土留工	芝，わら
編柵工	〃	木材（粗朶）
丸太柵工	〃	木材（丸太）
筋工	階段工	石材，木材(粗朶,丸太)，萱，わら等
粗朶積工	〃	木材（粗朶）
粗朶伏工	伏工	木材（粗朶）
わら伏工	〃	わら
ムシロ伏工	〃	わら
張芝水路工	排水路工（開渠）	芝
植生土のう水路工	〃	土砂
空張水路工	〃	石礫
鉄線蛇籠(フトン籠)水路工	〃	石礫
編柵水路工	〃	木材（粗朶）
丸太柵水路工	〃	木材（丸太）
粗朶暗渠工	排水路工（暗渠）	木材（粗朶）
石礫暗渠工	〃	石礫
鉄線蛇籠暗渠工	〃	石礫

③で述べた、セメントを使用するが施工地で発生する土砂や礫を有効利用できる工法を、表－2.2 に示す。このうちブロック板積工の資料は、ブロック板とソイルセメント等からなる構造物について解説したもので、粗石コンクリート及び INSEM 工法の資料は、材料の適用方法等について解説したものである。

表－2.2　現地発生土砂等を有効利用できるセメントを併用した工法

名　　称	用　　途	有効利用できる現地発生材料	摘　要
ブロック板積工	土留工	土砂	構造物
粗石コンクリート	粗石（転石）を包括するような幅をもつコンクリート構造物	転石	材料
INSEM 工法	構造物のうち、土砂では強度が不足するが、コンクリートでは無駄が生ずるような部位	小礫を含む土砂	材料

伝統的砂防工法　工法集

－現地発生土砂・木材の有効利用－

木製堰堤

1．工法の概要と特徴

木製堰堤は、現場周辺で得られる丸太で枠を形成し、その中に石材を詰めて築造する堰堤である。木製堰堤には、木材の腐朽とともに堤体の強度が低下するため仮設的構造物としてしか使用できないという欠点があるが、一方で、①現場周辺で得られる間伐材や石材等の天然資材を使用することにより、工事で発生する CO_2 の総排出量を削減できる，②丸太及び中詰め材相互間の空隙にはビオトープ的な効果が期待できる，等のメリットも考えられる。

木製堰堤の歴史は古く、江戸時代には小規模な谷止工に相当する「鎧留」，「井堰留」[1]が施工された記録がある。大正時代になるとコンクリート砂防ダムが築造されるようになったが、1950年代半ば頃まではセメントが高価であったため、工事を急ぐ場合，斜面からの側圧を受ける場合，石材等の築堤材料の確保が難しい場合[2]などには、材料の入手が容易な木製堰堤が採用されることがあった。その後木製堰堤は、①コンクリートが増産され安価となったこと，②木材では恒久的な構造物を築造できないこと，③昭和 32 年に河川砂防技術基準(案)が作成され木製堰堤が工法の選択肢に含まれなくなったこと，等の理由で次第に採用されなくなったが、1980 年代の後半以降、景観・自然環境の保全や、価格が低迷する間伐材の利用促進等に関する社会的要請の高まりを受け、主に治山事業の分野で再び採用されるようになっている。

2．適用用途

コンクリートや鋼材は、材料としての性能が均質で耐久性も高く長期間の使用に耐えるのに対し、木材には、①樹種ごとに耐久性等の性質が異なる，②樹種が同じであっても年輪の密度や節の分布状況が異なり、また湿度の変化によって割れや狂いが生ずるため、均質な性能が確保しにくい，③腐朽等の進行とともに強度が低下する，といった特徴がある。木製堰堤にも強度のバラツキ・低下によって想定外の破壊が生ずる不安があるので、保全対象の直上流に位置するような防災上重要度の高い箇所には適さず、むしろ腐朽することを前提とした、植生回復の補助手段としての使用が望ましいものと考えられる。そこで、木製堰堤は、①直下流に保全対象が存在せず、下流河道で土砂を安全に調節できる箇所，あるいは②直下流に、木製堰堤の破損によって土砂流出が生じてもそれを一時的に捕捉できるコンクリート及び鋼製の砂防ダムがある箇所 の、谷止工として使用することを基本とする。

近隣の施工地や、砂防樹林帯の保育作業等で伐採木が確保できる場合には、これを材料として本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

木製堰堤の使用材料は、木材（丸太），中詰め石，木材結束用のボルトあるいは鉄線等である。このうち、主材料である木材は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

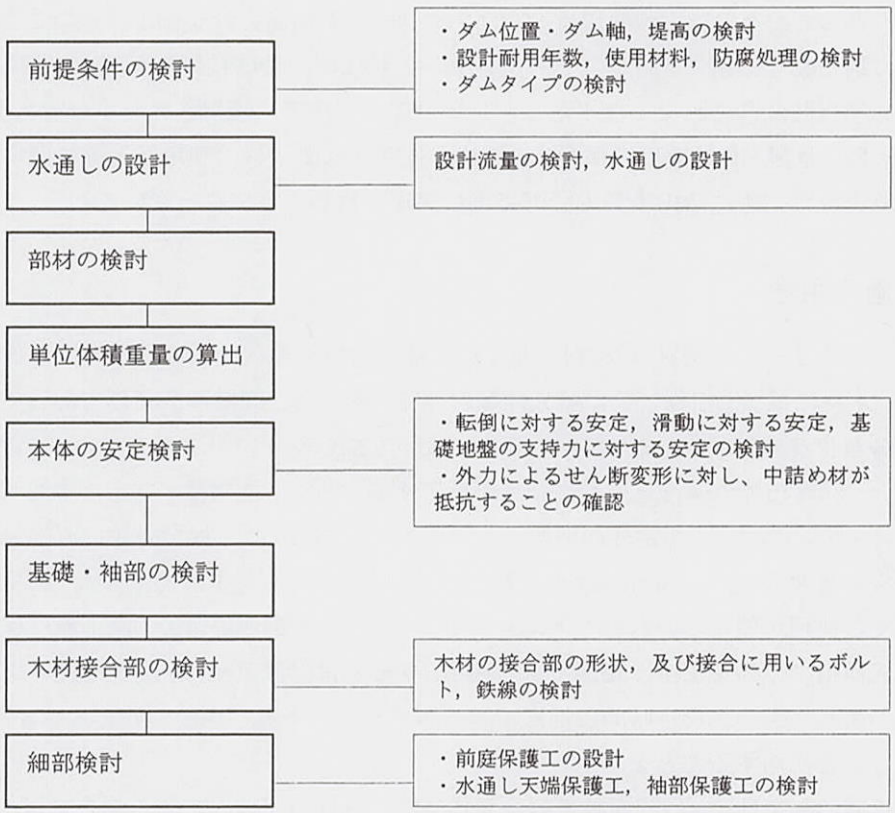
木製堰堤は、下記のような腐朽・破損による強度低下が急速に進行すると考えられる箇所への適用は避けるよう留意する。

① 中小出水時の石礫の流下量が多く、摩耗や衝撃による水通し天端及び袖部の破壊が懸念される箇所。

② 接合部に使用するボルトや鉄線が腐食しやすい条件の箇所。(参考：鋼製構造物は、pH５未満の酸性河川や、土の比抵抗値が 20Ω・m未満の場所での適用は十分な検討が必要[3]とされている。)

4．構造

木製堰堤の構造を検討する際の一連の流れを、図－１のフローチャートに示した。



図－１　　木製堰堤の構造検討フローチャート

(1) 前提条件の検討

ダム位置・ダム軸及び堤高，ダムタイプを検討するとともに、設計耐用年数，使用材料，防腐処理等の検討を行う。

a) ダム位置･ダム軸

基本的なダム位置・ダム軸の設定方法は通常の谷止工と同様であるが、設置位置については前章までに示した条件に当てはまる箇所とする。

b) 堤高

木製堰堤の堤高は、以下の事項を勘案すると３m程度以下とするのが適当と考えられる。

① 堤高を高くすると太い木材が必要となり、間伐材が使用できなくなる等のデメリットが生ずる。

② 堤高の高い木製堰堤の耐用年数が経過し堤体が破損した場合、下流へ多量の土砂が流下し、渓床・渓岸が再び不安定化することも懸念される。

③ 木製堰堤が施工されていた時代の文献には堤高を２～３mとする記述[4]がある。

④ 木製治山ダムのケースでは、北海道では堤高を 2.5m以下[5]，和歌山県では同じく３m以下[6]としている。

c) 耐用年数，使用材料，防腐処理の検討

木製堰堤に求められる耐用年数は、近傍の荒廃地における植生復旧実績等をもとに、荒廃地に植生が密生し表面侵食が抑制されるまでの期間を想定して設定する。

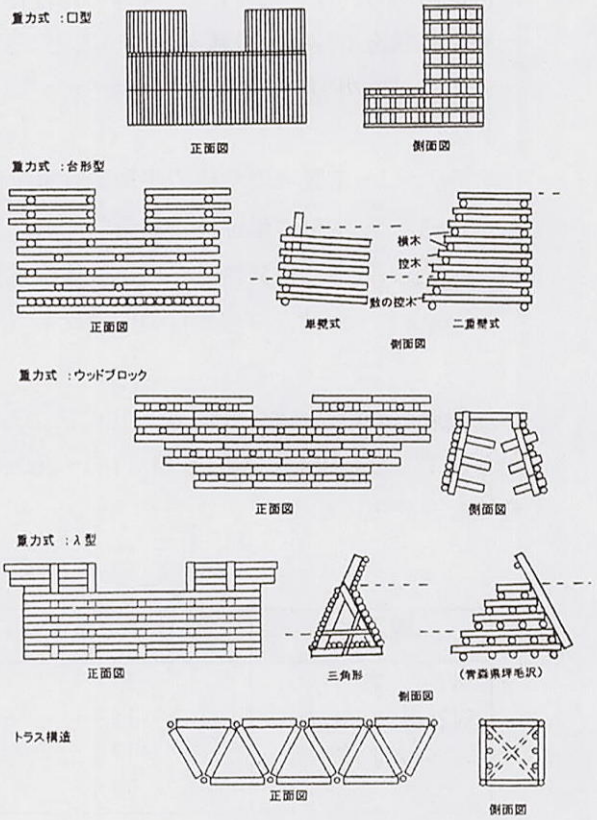
耐用年数の検討に当たっては、耐用年数を満足するのに必要な木材とその規格（直径）を検討するだけでなく、現場周辺から入手する標準的な間伐材等にどの程度の耐用年数が期待できるかについても併せて検討する。入手できる木材が必要な耐用年数を満たさない場合や、荒廃地が寒冷地域・積雪地域で植生回復に時間がかかる場合には、使用木材に防腐処理をして耐用年数を高めることも検討する（→木材の耐朽性及び防腐処理については「木材を使用する際の留意事項」を参照）。以上を総合的に判断し、木製堰堤の耐用年数と使用木材及びその規格を決定する。

d) ダムタイプの検討

図－２は、石川(1999)[7] による木製堰堤の構造別分類である。現在は特に治山分野において様々なタイプの木製堰堤が試験的に施工され ている段階である。木製堰堤の構造を選定する際には、このような各種構造の長所，短所を比較し、ダムタイプを決定する。比較検討を行う上で重要な事項を以下に列挙する。

・水通し部や下流のりなど外力を受けやすい箇所が破損した場合にも、破損箇所の拡大や堤体の崩壊危険性が少ないこと。
・袖部が衝撃に対して強い構造であること。
・補修が必要となった際に、部分的補修が容易であること。
・使用木材が限定される場合、その規格に適した構造であること。

上記以外にも、中詰め材を詰める際の施工性，等が比較検討項目として考えられる。



図－２　木製堰堤の構造別分類説明図

資料：石川芳治（1999）：木製砂防設備の計画・設計法，砂防地すべり技術研究発表会資料，（財）砂防・地すべり技術センター，p.44[7]

(2) 水通しの設計

木製堰堤の水通しの設計は、一般的な谷止工と同様に、砂防ダムの水通しの設計[8]に準じて行う。

(3) 部材の検討

木製堰堤は、変形性が大きく異なる木枠と中詰め材という材料を使用した複合的な構造物である。このような、異なる材料それぞれが一体となることにより重力式構造物として機能する構造の場合、中詰め材が変形する状態であっても、木枠と中詰め材の変形が一体化するように枠自体にも十分な剛性を付与する必要がある。しかし、骨組み（木枠）と中詰めのような変形性が相当に違う複合構造系の抵抗をどのように見積るのがよいかは、現在のところ不明確である[3]。石川(1998)[9]は、井桁構造の木製堰堤を対象として、上流の水圧（土圧）が中詰め材に作用することにより中詰め材から木製枠構造の下流側部材（木材）に作用する力を想定し、この力に耐え得る下流側部材（丸太の長さと直径）を設計する方法を提案している。

(4) 単位体積重量の算出

木製堰堤の堤体の単位体積重量は、堤体の構造及び木材の配置密度等によって変化するため、(1)式によって個別に算出する必要がある。ただし、木材の配置密度が高く中詰め材を木材の間に密に詰められない場合には、実際の単位体積重量が計算値よりも小さくなることが予想されるため、試験施工等により確認を行うことが望ましい。

$$\gamma_D = m \cdot \gamma_L + n \cdot \gamma_S \qquad (1)$$

ここに、

γ_D ：木製堰堤全体の平均的な単位体積重量（kN/m^3）

γ_L ：木材の単位体積重量（一般に 2.9 ～ 7.8 kN/m^3 [10]）

γ_S ：中詰め材の見かけ単位体積重量（kN/m^3，表－１参照）

m, n ：木材，中詰め材の体積比率（$m+n=1.0$）

木製堰堤の中詰め材には、吸い出しによる堤体の破壊が生じないよう、粒径が大きく丸太の間から落下しない玉石，割ぐり石（150～200㎜ 程度）の使用を前提とする。これらの単位体積重量等を表－１に示す。

表－１　中詰め材料

種　別	単位体積重量(kN/m^3)	内部摩擦角(度)	備　考
割石(一般のもの)	17.7	40	「港湾の施設の技術上の基準・同解説」[11]より抜粋
割石(もろいもの)	15.7	35	
切込砂利	17.7	30	
玉石	17.7	35	

資料：鋼製砂防構造物委員会 編 (1997)：鋼製砂防構造物設計便覧，(財) 砂防・地すべり技術センター，山海堂，p.50

(5) 本体の安定検討

木製堰堤の断面は、一般的な谷止工と同様に、砂防ダム本体の設計[8]に準じて行う。ただし、木製堰堤が、中詰め材によって外力に抵抗する構造である場合には、併せて中詰め材が外力によるせん断変形に対して抵抗することを確認する必要がある。

現在、中詰めせん断変形に対する抵抗の計算方法には、一般にセル及び中詰め材の形状を直方体に見立てた鋼矢板セル式係船岸の設計計算法が使用されている。その詳細は「鋼製砂防構造物設計便覧」[3]を参照されたい。

(6) 基礎・袖の設計

堤体からの鉛直力に対して、基礎地盤が十分な支持力を有しているかの判定は、先の安定検討によって確認する。

基礎の根入れ深は、一般に砂礫盤の場合２m以上[8]となっているが、木製堰堤は鉄線蛇籠堰堤と同様に、堤体がコンクリート堰堤に比べ軽量で透水性に富むため、基礎地盤の支持力が比較的小さくても堤体の安定は保てる。そこで、木製堰堤の標準的な根入れ深は、鉄線蛇籠堰堤の考え方（「鉄線蛇籠堰堤」を参照）に準じ、0.5～1.0m程度とする。　なお、これには水叩き工等の前庭保護工の設置が前提となり、また根入れ深は堤高や流水の量等に応じて適宜調整する必要がある。袖部の突込み深さも根入れに準ずる。

堤体の渓岸との接合部は土砂で埋め戻し、木柵等を使用した簡易な間詰め工を施すものとする。

(7) 木材接合部の検討

木材の接合は、亜鉛引き鉄線やボルトを使用するものとする。これらの接合用材料は、中詰め材の土圧等により最も大きな外力が生ずる箇所においても安全となるよう検討する。

(8) 細部検討

a) 前庭保護工

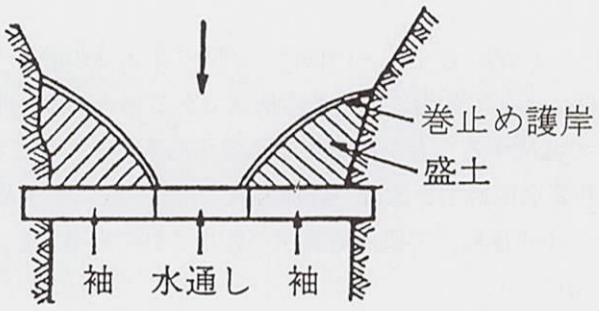
木製堰堤は、前庭部が洗掘され中詰め材が流出すると堤体の安定が保てなくなるため、フトン籠等を用いて必ず保護工を施工する。さらに、前庭部が洗掘されても堤体の中詰め材が流出しないように、堤体底面に敷木を配置する[12]。

b) 水通し天端の保護

水通し部の木材は、水や砂礫によって破損しやすいので、下流のりに突出するように木を張ったり、石材や鉄板で覆い保護する[13]。

c) 袖部の保護

木製堰堤の袖部が石礫の衝突により破壊するのを防ぐため、堤体上流側に巻止め護岸工（図－３参照）を配置するなどして、袖部に直接土砂が衝突しないようにする。巻止め護岸工の工法としては、鉄線蛇籠護岸工，編柵護岸工等が適用できる。



図－３　　巻止め護岸工の模式図（平面図）

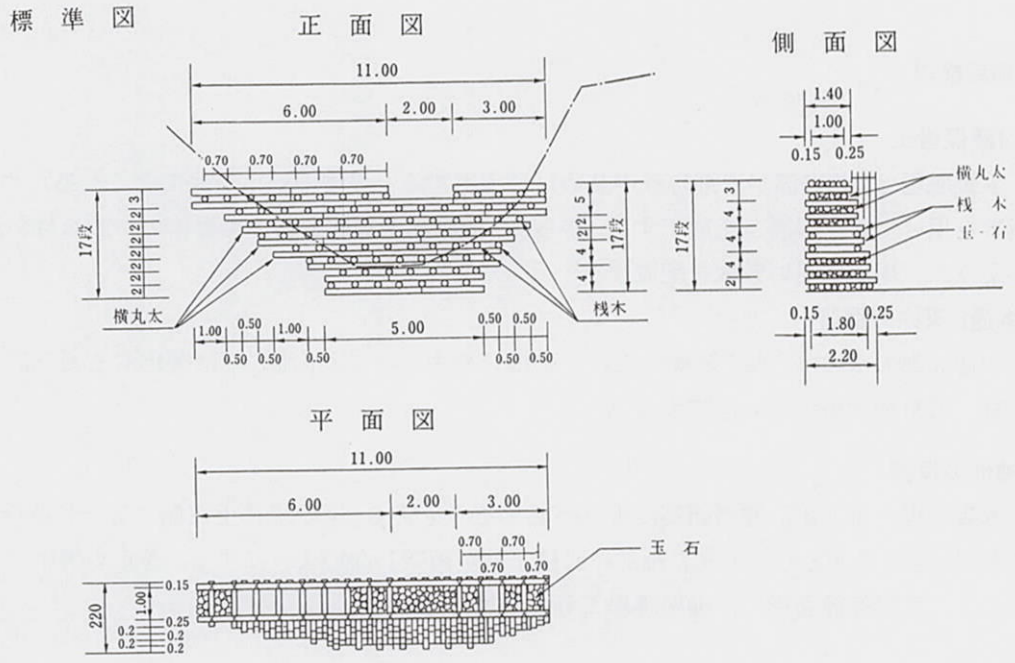
資料：建設省河川局砂防部：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），p.124[14]

５．施工法の概要

木製堰堤は、様々なタイプのものが試行錯誤されている段階であり、まだ代表例と呼べる構造がないため、まだ一般的な施工法を述べる段階には至っていない。

６．施工事例・数量表

木製堰堤は、間伐材の利用促進のため、近年では治山分野での実績が多い。堰堤のタイプには様々なものがあるため、使用材料及び数量もまちまちである。ここでは、木製堰堤の施工事例とそれに対応する数量表を数例紹介する。使用材料の数量は、以下に示す数量表からもわかるように、単位面積や体積当たりの数量として出しにくく、１基あるいは１ブロック当たりとなっているのがわかる。



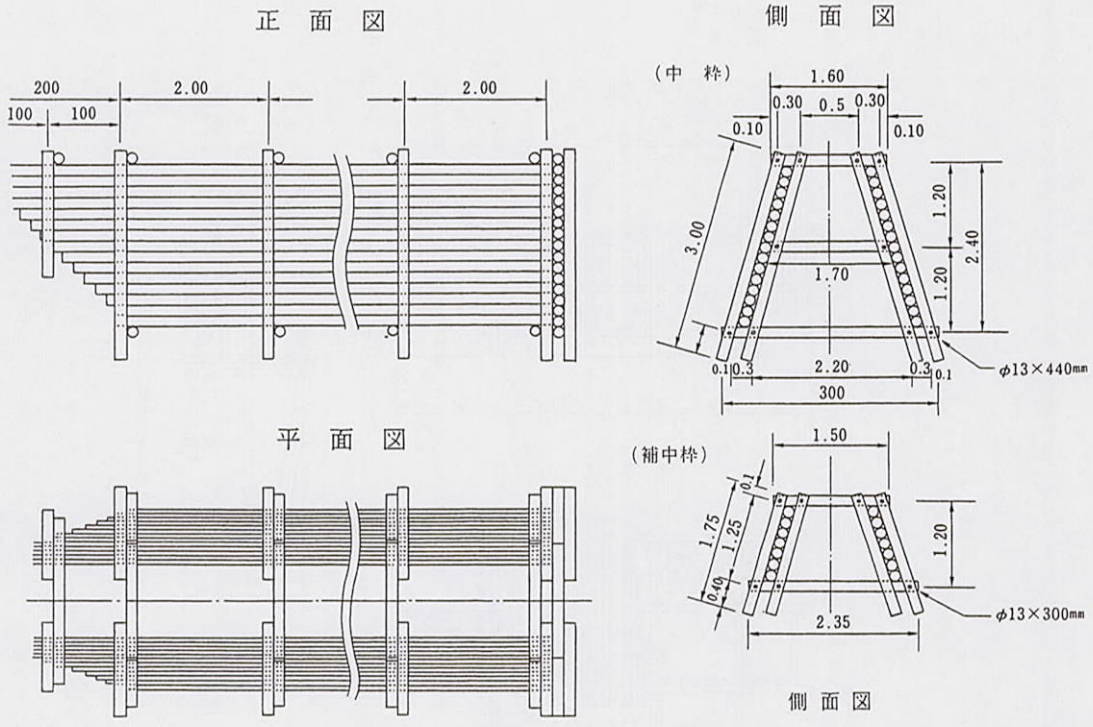
図－４　　木製堰堤の構造（例１：治山ダム）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.25[15]

表－2 木製堰堤(例1:治山ダム)に対応する数量表 (1基当り)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
横丸太	長さ 2.00m 末口径 18cm 以上	(m^3)本	(1.040) 16	
〃	長さ 3.00m 末口径 18cm 以上	〃	(3.494) 36	
桟 木	長さ 1.40m 末口径 18cm 以上	〃	(0.630) 14	
〃	長さ 1.60m 末口径 18cm 以上	〃	(1.404) 27	
〃	長さ 1.80m 末口径 18cm 以上	〃	(1.276) 22	
〃	長さ 2.00m 末口径 18cm 以上	〃	(1.404) 16	
〃	長さ 2.20m 末口径 18cm 以上	〃	(0.497) 7	
	計		(9.379) 138	
結束 鉄線	ナマシ 10#	kg	60.99	
中詰め石	玉石	m^3	25	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.25[15]



図－5 木製堰堤の構造（例２：治山ダム）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.31[15]

表－3.1　木製堰堤(例2:治山ダム)の中枠に対応する数量表　　(1組当り)

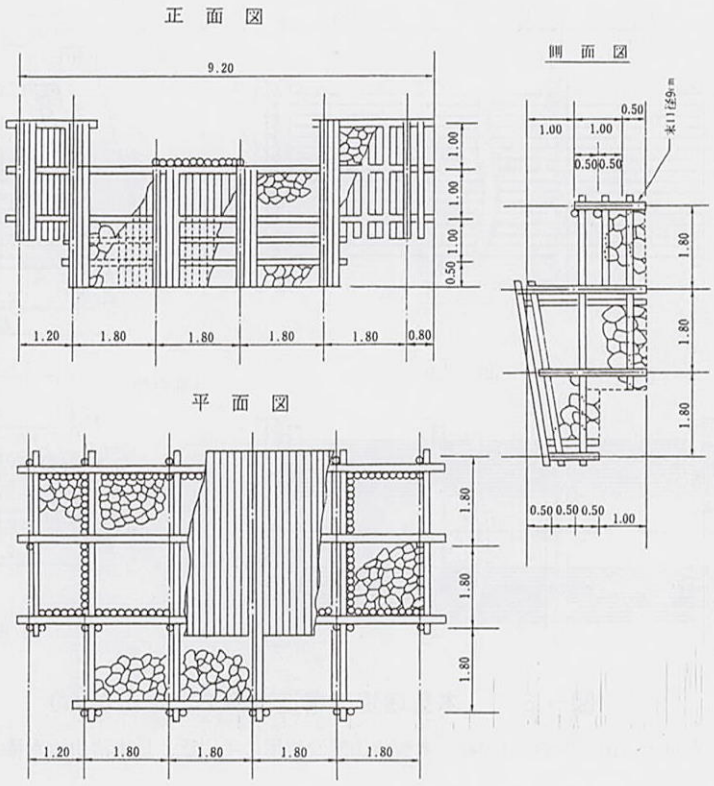
名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
枠柱	長 3.00m 末口径 12～16cm	(m^3)本	(0.24)　4	カラマツ
枠横木	〃	〃	(0.06)　1	〃
〃	長 1.77m 末口径 12～16cm	〃	(0.03)　1	〃
〃	長 1.60m 末口径 12～16cm	〃	(0.03)　1	〃
法横木	長 2.00m 末口径 12～16cm	〃	(1.18)　30	〃
ボルト	長 300mm 径 13mm	本	10	
ボルト	長 450mm 径 13mm	〃	2	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.31[15)]

表－3.2　木製堰堤(例2:治山ダム)の袖中枠に対応する数量表　　(1組当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
枠柱	長 1.75m 末口径 12～16cm	(m^3)本	(0.14)　4	カラマツ
枠横木	長 2.35m 末口径 12～16cm	〃	(0.03)　1	〃
〃	長 1.60m 末口径 12～16cm	〃	(0.03)　1	〃
法横木	長 1.50m 末口径 12～16cm	〃	(0.59)　1	〃
ボルト	長 300mm 径 13mm	本	8	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.31[15)]



図－6　　木製堰堤の構造（例３：治山ダム）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.23[15)]

表－4　木製堰堤(例3:治山ダム)に対応する数量表　　(1基当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
柱木	φ9cm　l=1.8, 3.0m	m^3	0.25	
	φ12cm　l=3.0, 4.0m	〃	0.88	
貫木(縦)	φ12cm　l=1.8～4.0m	〃	1.43	
貫木(横)	φ12cm　l=1.8～4.0m	〃	1.64	
立成木	φ9cm　l=1.8, 3.0m	〃	5.12	
天端木	φ9cm　l=4.0m	〃	1.79	
ボルト	φ13mm　l=40cm 角座金付	本	24	
〃	φ13mm　l=30cm 角座金付	〃	12	
〃	φ13mm　l=25cm 角座金付	〃	951	
〃	φ13mm　l=15cm 角座金付	〃	34	
詰石		m^3	66.8	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p. 23[15]

上記３例の木製堰堤の諸元を構造図，数量表及び完成状況写真から把握し、表－５のように整理した。ここからは、堤高は３m程度，根入れ深は0.5～1.0mであり、常水がある場合には水通し天端に丸太張りなどの保護対策がなされていることがわかる。

表－５　木製堰堤（例１～例３）の諸元

事例	堤高(m)	根入れ深(m)	主要木材の末口径	丸太連結方法	常水の有無	水通し天端の保護
例１	3.0	0.7	18cm 以上	なまし鉄線(#10)	無し	無し
例２	2.4	0.5	12～16cm	ボルト(φ13mm)	有り	有り(丸太張り)
例３	2.5	1.0	9～12cm	ボルト(φ13mm)	有り	有り(丸太張り)

1）（社）全国治水砂防協会：日本砂防史，1981
2）赤木正雄：渓流及砂防工学，アルス土木工学大講座，1939
3）鋼製砂防構造物委員会 編：鋼製砂防構造物設計便覧，（財）砂防・地すべり技術センター，山海堂，1997
4）中村猪市：砂防工学，成美堂，1928
5）真田康弘・安田伸生：北海道における木製治山施設について，治山研究発表会論文集，Vol.29，pp.306-311，1991
6）和歌山県：木製治山ダム設置基準調査委託事業報告書，和歌山県農林水産部，1998
7）石川芳治：木製砂防設備の計画・設置法，砂防地すべり技術研究発表会資料，（財）砂防・地すべり技術センター，pp.42-90，1999
8）建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編［Ⅱ］，1997
9）石川芳治：木製床固工の特徴と設計，新砂防，Vol.50，No.6(215)，pp.33-39，1998，
10）東京農工大学農学部林学科（1987）：林業実務必携，朝倉書店，1987
11）（社）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（改訂版），1989
12）蒲　孚：砂防工学，工業図書株式会社，1937
13）諸戸北郎：理水及砂防工学 工事編，三浦書店，1917
14）建設省河川局砂防部監修：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），(社)全国治水砂防協会，1984
15）治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994

鉄線蛇籠堰堤

1．工法の概要と特徴

鉄線蛇籠堰堤は、角形蛇籠，異形蛇籠及び円筒形蛇籠を１段あるいは数段重ねて、これを地盤に固定することによって堤体を形成するものである。かつての鉄線蛇籠堰堤には、手編みで作成できる円筒形蛇籠が多く使用されたが（写真－１参照）、この蛇籠は積み上げた時の安定が悪く、出来形も管理しにくいため、現在では主に角形蛇籠や異形蛇籠が用いられている。

鉄線蛇籠堰堤の特徴には、下記のようなものが挙げられる。

・構造が簡単である[1]ため、短期間で施工できる。
・石積ダム工には使用できないような、比較的小さい玉石も使用できる[1]。
・石積みダム工に比べ工事費が安い[1]。
・工事材料の運搬が容易である[1]（施工地周辺で栗石や木杭を調達する場合）。
・簡易な工法であるが、鉄線が破損しにくい条件の箇所に適用した場合、恒久的に機能を発揮する。
・屈撓性があるため、たとえ前庭部が洗掘されても鉄線蛇籠が沈下することにより安定が保てる。沈下した鉄線蛇籠の上に新しい鉄線蛇籠を置けば、再び所定の高さにすることができる。
・破損した蛇籠を補修する際には、中詰め石を再利用できる。
・中詰め石間の空隙には、生物の生息環境を向上させる効果が期待できる。



写真－１　鉄線蛇籠谷止工の例（昭和58年度工事）

資料：愛知県森林保全課（愛知県尾張事務所：パンフレット「ホフマン工事」[2]）

2．適用用途

鉄線蛇籠の耐用年数は、一般に 10～15 年[3]といわれてきた。これは、かつて蛇籠は手作業で製作されたため、８番（ϕ4.2mm）あるいは十番（ϕ3.4mm）[1]の比較的細い亜鉛めっき鉄線が使用されたことも理由の一つと考えられる。現在では、鉄線が亜鉛めっき鉄線から亜鉛－アルミ合金鉄線，アルミニウムめっき鉄線へと改良され、またϕ5mm あるいはϕ8mm の大径の鉄線を使用した籠製品が製作されるようになったことで、鉄線蛇籠の耐用年数は大幅に向上しており、製品によっては、従来の３倍以上[4]，あるいは 40～60 年[5]の耐用年数があるともいわれている。

砂防構造物としての鉄線蛇籠堰堤の耐久性は、アルミニウムめっき鉄線や大径の鉄線等の使用によってある程度向上するが、想定外の土砂流出等によって蛇籠が破壊される可能性は否定できない。そのため鉄線蛇籠堰堤は、災害復旧を目的とした仮設的床固工に使用するか、または①直

下流に保全対象が存在せず、下流河道で土砂を安全に調節できる箇所，あるいは②直下流に、万一蛇籠が破損して土砂流出が生じた場合にそれを一時的に捕捉できるコンクリート及び鋼製の砂防ダムがある箇所 への谷止工として使用することを基本とする。

近隣の床堀作業による残土や渓床不安定土砂から、多量の石礫が確保できる場合には、谷止工を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

鉄線蛇籠堰堤の使用材料は、鉄線蛇籠，中詰め石，止杭等である。このうち中詰め石は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。中詰石が施工地周辺で容易に採取できる場合には、コスト縮減の観点からも有利となる。

(2) 適用条件

① 腐食を考慮した適用条件

鉄線蛇籠は、河川構造物としての鉄線蛇籠護岸工の設計基準に準じ、下記の条件に適合する区間を適用除外とする[6)]。

・pH５以下の河川水が流れている区間
・塩素イオン濃度が年平均 450mg/l 以上の河川水が流れる区間
・黒色有機物混じり土，泥炭層などの土壌で電気抵抗率が 2,300 Ω・cm以下の区間

② 鉄線の破断を考慮した適用条件

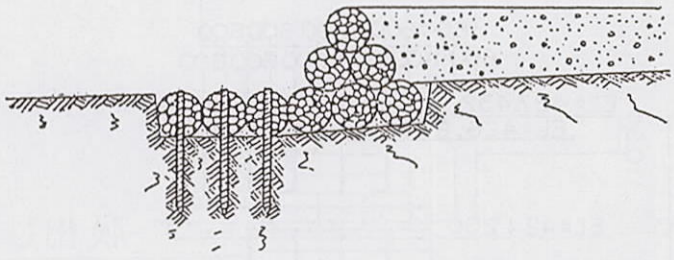
河床材料が大規模（人頭大程度以上）な転石や玉石で構成される区間では、出水時に鉄線が摩耗して表面のメッキ層が減少したり破断する恐れがある[6)]。このような場合は、大径の鉄線を用いた蛇籠を選定したり、蛇籠の使用をとりやめるなど、総合的に流況を判断して構造物のタイプ及び材料を検討する。

4．構造

(1) 構造の概要

a) 円筒形蛇籠を使用した堰堤の構造

図－１，図－２及び写真－１に、円筒形蛇籠を使用した堰堤工の例を示す。図－１は、円筒形の鉄線蛇籠を横断方向に積み上げ築堤するとともに、前庭部も同種の蛇籠を用いて保護したものである。

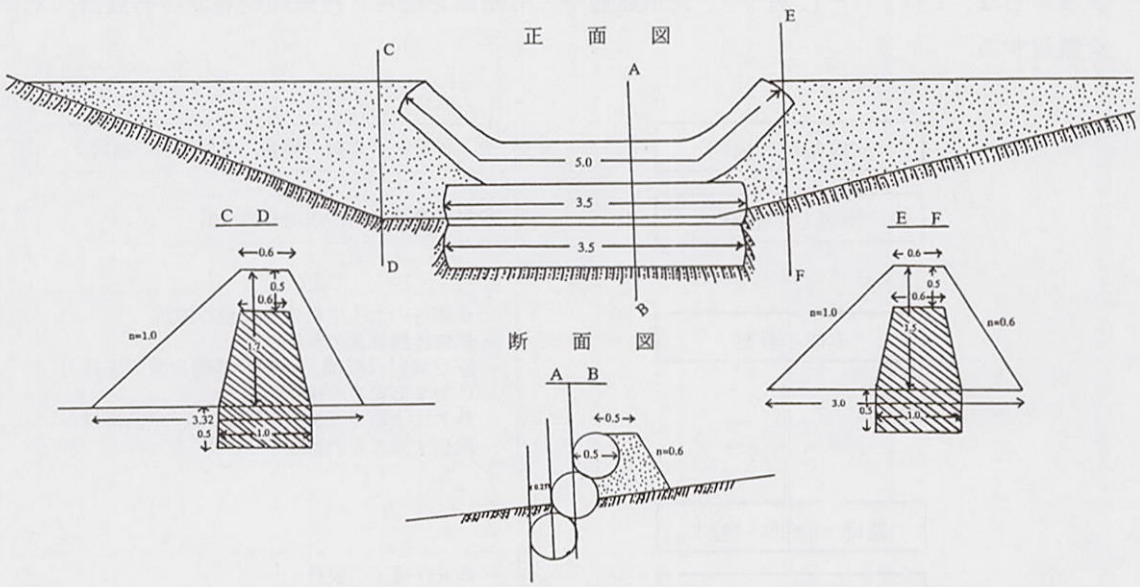


図－１　円筒形蛇籠を積み上げて使用した堰堤の図

資料：鈴木恭介（1928）：実用砂防工学，丸善，p. 125[7)]

図－１の積みかたでは、堤体上下流の法勾配は構造上 1:0. 58 にほぼ限定され、堤高が高くなるほど堤底幅も広くなり堤体積がかさむため、蛇籠を縦断方向に縦遣いとして積み上げたり[8)]、図－２に示すように土留工的構造とした例もある。

円筒形蛇籠を使用した堰堤の水通しは、図－２の正面図のように中央を窪ませて設けるが、渓岸を保護し、蛇籠を固定する目的で、水通しの両岸に押さえ蛇籠（巻き籠ともいう）[9)]を使用する場合もある。写真－１は、押さえ蛇籠を施した鉄線蛇籠堰堤の例である。



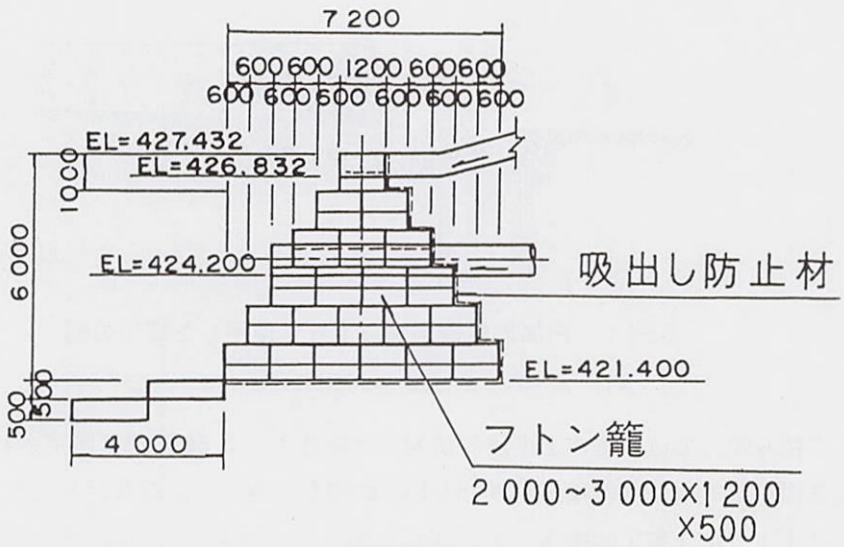
図－２　円筒形蛇籠を土留工的に使用した堰堤（袖部土堰堤）の例

資料：東京大学愛知演習林所蔵資料：設計書 第VI流域 鉄線蛇篭 昭和９年３月[10)]

円筒形蛇籠は、角形蛇籠に比べて積み上げた時の安定が悪く、２ｍ程度以下[11)]の小規模な堰堤にしか使用できず、出来形も管理しにくいため、現在では堰堤の築造には使用されていない。

b）角形蛇籠・異形蛇籠を使用した堰堤の構造

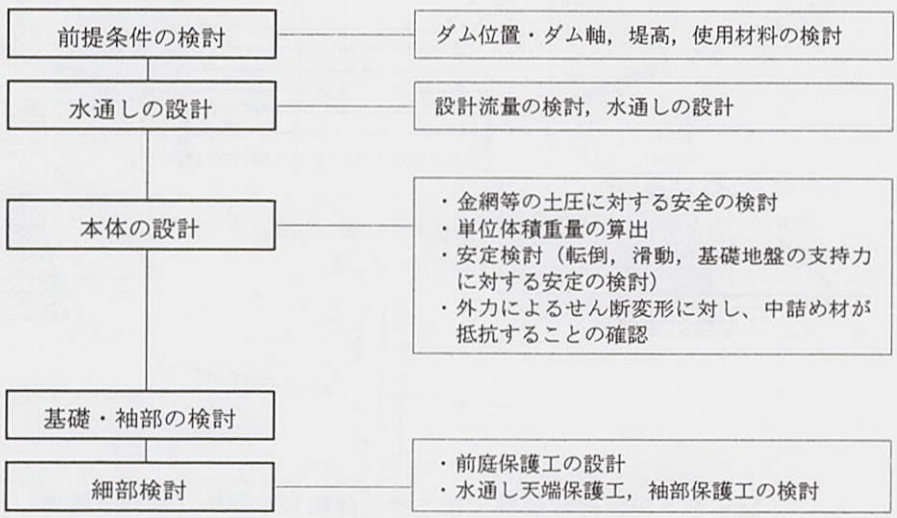
角形蛇籠や異形蛇籠を使用した堰堤は、谷止工として現在でも使用されている。角形蛇籠を使用した堰堤の例を、図－３に示す。下流のりを平滑とするために、下流面に異形蛇籠を使用する場合もある。



図－３　角形蛇籠を積み上げて使用した堰堤の例

資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p. 182[12)]

鉄線蛇籠堰堤の計画・設計を行う際の一連の流れは、図－４のフローチャートのようになる。次項からは、このフローに基づき、角形蛇籠や異形蛇籠を使用した鉄線蛇籠堰堤の設計の考え方を概説する。



図－４　　鉄線蛇籠堰堤の設計フローチャート

(2) 前提条件の検討

ダム位置・ダム軸，堤高及び、使用材料の検討を行う。

a) ダム位置･ダム軸

ダム位置・ダム軸の設定方法は基本的に通常の谷止工と同様であるが、堰堤の適用箇所については前章までに示した条件に当てはまる箇所とする。

b) 堤高

鉄線蛇籠堰堤は、谷止工や仮設的な床固工として用いるので、その高さは通常の場合５ｍ程度以下となる[13]。一方、角形蛇籠及び異形蛇籠には、鉄筋の枠を併用したものなど様々な製品が開発されており、技術的には図－３に示したような堤高６ｍの堰堤も築造可能となっている。従って、鉄線蛇籠堰堤の堤高は、谷止工や床固工として計画上必要な高さをそのまま設定してよいと考えられる。

c) 使用材料の検討

鉄線蛇籠の中詰め石として、施工地周辺の他の工事現場，ダム計画直上流の渓床堆積土砂，近隣の砂防ダムの堆砂地等に存在する石礫を有効に活用できるかどうかを検討し、入手できる材料に適した蛇籠を選定する。

蛇籠の中詰めに適した石礫が確保しにくい場合でも、緑化を前提とした小規模な谷止工であれば、吸出し防止材を蛇籠の内側に敷設して現地発生土砂が使用できる製品がある[14]。

(3) 水通しの設計

鉄線蛇籠堰堤の水通しの設計は、一般的な谷止工と同様に、砂防ダムの水通しの設計[15]に準じて行う。

(4) 本体の設計

a) 金網等の土圧に対する安全の検討

蛇籠を、メーカーが想定している使用状況の範囲内で使用する場合は問題ないと考えられるが、メーカーの想定以上に急勾配に高く積み上げる場合には、土圧によって下層の蛇籠の金網に生ずる引張応力が許容値以下であるかどうかの検討が必要となる場合があることに留意する。

b) 単位体積重量の算出・安定検討

表－１に示した中詰め材料の単位体積重量を参考に、鉄線蛇籠の単位体積重量を算出し、安定検討を行う。

表－１　中詰め材料

種　別	単位体積重量(kN/m^3)	内部摩擦角(度)	備　考
割石(一般のもの)	17.7	40	「港湾の施設の技術上の基準・同解説」[16]より抜粋
割石(もろいもの)	15.7	35	
切込砂利	17.7	30	
玉石	17.7	35	

資料：鋼製砂防構造物委員会 編 (1997)：鋼製砂防構造物設計便覧，(財) 砂防・地すべり技術センター，山海堂，p.50[17]

鉄線蛇籠堰堤の安定検討は、一般的な谷止工と同様に、転倒，滑動，基礎地盤の支持力に対する安定の検討を行い、さらに、外力に対して中詰のせん断抵抗力（商品によっては網の摩擦を考慮）で抵抗できるかどうかチェックする。

c) 基礎・袖部の検討

堤体からの鉛直力に対して、基礎地盤が十分な支持力を有しているかの判定は、先の安定検討によって確認する。

一般的な砂防ダムの場合、基礎の根入れ深は砂礫盤の場合２ｍ以上[8]となっているが、鉄線蛇籠堰堤は、堤体がコンクリート堰堤に比べ軽量で透水性に富むため、基礎地盤の支持力が比較的小さくても堤体の安定は保てる。現在でも施工実績の多い角形蛇籠を用いた谷止工の場合、渓床の緩い堆積物を除去すれば基礎に適した地盤が得られるという考えに基づき、標準的な根入れ深を 0.5～1.0m程度として施工されている。なお、これには前庭保護工の設置が前提となり、また、根入れ深は堤高や流水の量等に応じて適宜調整する必要がある。

袖部の突込み深さも根入れ深に準ずる。

堤体の渓岸との接合部は土砂で埋め戻し、木柵等を使用した簡易な間詰め工を施すものとする。

d) 細部検討

① 前庭保護工

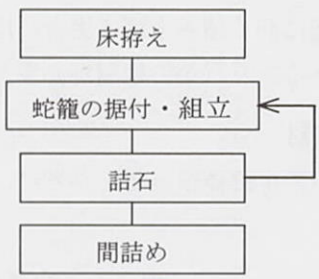
鉄線蛇籠堰堤は、屈撓性に富むため局所洗掘による沈下には比較的柔軟に対応できるが、法勾配が急であったり堤高が高いものでは転倒が生ずる恐れもあるため、前庭部には角形蛇籠等を用いて必ず水叩きなどの保護工を施工する。

② 水通し天端の保護

水通し部が転石によって破損する恐れのある箇所では、水通し天端をコンクリートや練積みで被覆して保護する場合もある。[18]

５．施工法の概要

鉄線蛇籠堰堤の施工手順は、おおむね図－５に示すとおりである。



図－５　　鉄線蛇籠堰堤の施工手順

① 床掘え

床堀を行い、蛇籠設置部分を十分に敷き固める。

② 蛇籠の据付け・組立

蛇籠を据付け、組立を行う。中詰め材に土砂を使用する場合には、蛇籠に吸出し防止材を敷設する。

③ 詰石

中詰め石を投入する。蛇籠の種類によっては、バックホウ等で詰石を投入できるものもある。

以後、堤体が積み上がるまで②，③の工程を繰り返す。

④ 間詰め

袖部の間隙を土砂で埋め戻し、土砂の侵食防止及び早期緑化のために柵工等を施す。

6．施工事例

鉄線蛇籠堰堤は、昭和20年代頃までは、とくしゃ地における谷止工や貯砂堰堤として使用された実績があるが、近年では治山施設としての谷止工の実績が多い。

(1) 円筒形蛇籠を使用した堰堤の実績

写真－2は、東大愛知演習林の犬山研究林内に現存する、昭和4年度竣工の円筒形蛇籠堰堤（堤高H=1.3m）である。構造は、図－2に押さえ蛇籠を施したもの（写真－1参照）と考えられる。この蛇籠縁堤は、竣工から70年が経過しており、鉄線は随所で破損しているが、中詰め石間の空隙に細粒の土砂が入り込み、固着することによって円筒形の蛇籠の形状は保たれている。この堰堤が現在でもその形状を保っている理由としては、常水がない渓流に設置されたこと，出水時に流下する土砂が細粒であること，土石流や崩壊土砂等の直撃を受けなかったことなどが考えられる。堤体には、随所に樹木が侵入している。



写真－2　東大愛知演習林犬山研究林内の円筒形蛇籠堰堤の現存状況

(2) 角形蛇籠を使用した堰堤の実績

近年の砂防分野での実績としては、福島県会津若松建設事務所管内の小屋の沢山腹工で、床固工として施工されたものがある。水通し部の標準断面図は図－3に示したとおりである。水通し天端は、コンクリートで巻き立てされている。

7. 数量表

鉄線蛇籠堰堤に使用する蛇籠及び中詰め石の数量は、個別に算出する必要がある。蛇籠に詰める詰石材料の使用量は、次式によって算出する[19)]。

（詰石材料の使用数量：m^3）＝（籠容積：m^3）×（1＋K）

ここに、K：補正係数（-0.05）

1）諸戸北郎：緒戸砂防工学，成美堂書店，1938
2）愛知県尾張事務所：パンフレット「ホフマン工事」
3）（社）全国防災協会・（社）日本河川協会：蛇籠の知識，1963
4）興国鋼線索株式会社：パンフレット「カルマット」
5）松井金鋼工業株式会社：零番線大型フトン篭工 ジャンボマット技術マニュアル
6）（社）全国防災協会：河川災害復旧護岸工法技術指針（案）、2000

7）鈴木恭介：実用砂防工学，丸善，1928
8）田村義男：実践砂防工講義，京畿道林友会，1933
9）中村猪市：砂防工学，成美堂書店，1928
10）東京大学愛知演習林所蔵資料：設計書 第Ⅵ流域 鉄線蛇篭 昭和９年３月
11）蒲　孚：砂防工学，工業図書株式会社，1937
12）砂防山腹工工法集編集委員会：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，1994
13）建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説・計画編，1997
14）川鉄建材株式会社：パンフレット「ＫＳパッケージ 川建鋼製フトン篭」
15）建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説・設計編［Ⅱ］，1997
16）　（社）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（改訂版），1989
17）鋼製砂防構造物委員会 編：鋼製砂防構造物設計便覧，（財）砂防・地すべり技術センター，山海堂，1997
18）柿　徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
19）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

鉄線蛇籠護岸工

1．工法の概要と特徴

蛇籠護岸工は、整正した法面に蛇籠を並べた護岸工で[1]、角形蛇籠（フトン籠）を用いる場合と、円筒形蛇籠を用いる場合とがある。鉄線蛇籠は屈撓性に富むため河床変動に対応でき、また維持補修がしやすいため、かつては上流の砂防工事の進捗によって河道が安定化するまでの期間の暫定的な予備的護岸工として使用された[2)3)]。

また本工は、環境へ与える負荷が下記の点で比較的小さいものと考えられる。

- 施工地で発生した礫を材料として有効に利用でき、また蛇籠を補修する際にも中詰め石を再利用できる。
- 人力で施工できる。
- 中詰め石間の空隙が生物の生息場所となることが期待できる。

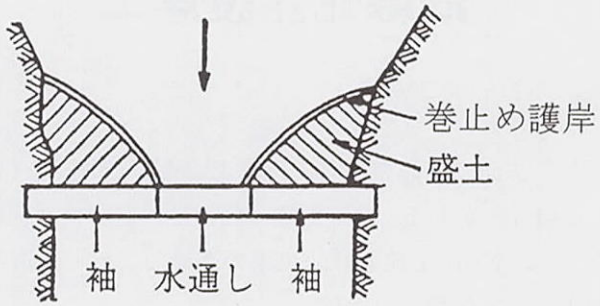
鉄線蛇籠護岸工の設計・施工に関する基準類には、河川構造物としての護岸工を対象とした、「鉄線蛇籠護岸の設計施工技術基準(案)」,「鉄線籠型多段積護岸工法 設計・施工技術基準(案)(第３次未定稿)」がある。本書では、砂防構造物として鉄線蛇籠護岸工を設計する際に、これらの基準類を補う必要のある部分を中心に整理した。

2．適用用途

砂防で対象とする渓流では、出水時の流速が大きく基礎が容易に洗掘され、また水流が土砂及び転石を含むことが多く護岸の受ける衝撃も大きいので、簡単な工作物ではすぐに破損する恐れがある。これを防ぐため、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・計画編」の第 13 章第４節では、「護岸工は、コンクリート，コンクリートブロックまたは、石積みによらなければならない。空石積みは、破損の恐れのない場合を除いて用いてはならない[4)]。」としている。鉄線蛇籠護岸工は、空石積護岸工と同様に、破損の恐れのない箇所、または破損しても保全対象に被害を与えない箇所に対する護岸工として適用すべきと考えられる。このような箇所としては、下記のようなものが考えられる。

① 砂防ダム袖部保護を目的とした巻止め護岸工

土石流の発生が予想される箇所では、砂防ダムの袖が土石流の衝撃によってせん断されないように、袖の上流部に巻止め護岸（図－１参照）を設ける場合がある[1)]。この巻止め護岸には、堆砂地内の石材を使用でき、屈撓性があり、補修が容易な鉄線蛇籠護岸工が適用できるものと考えられる。



図－1　巻止め護岸工の模式図(平面図)

資料：建設省河川局砂防部：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），p.124

② 砂防ダム堆砂地内における渓岸侵食抑制を目的とした護岸工

砂防ダム上流の堆砂地内で渓岸侵食が生じ、これによって山腹崩壊が誘発される恐れがある場合には、堆砂地内の石材を使用でき、堆砂地で生ずる砂礫堆の変動にも追従する鉄線蛇籠護岸工を、仮設的な護岸工として適用できるものと考えられる。

③ 渓岸で生じた山腹崩壊の脚部保護を目的とした護岸工

山腹崩壊が渓流まで達し、崩壊の脚部の固定が必要となる場合、土留工を兼ねた護岸工を設置する場合がある。このような箇所のうち、荒廃が軽度で、直下流に保全対象がなく、出水時に転石が流下する頻度が少なく、荒廃地に植生が回復するまでの期間崩壊土砂を固定すればよいと判断される箇所では、仮設的護岸工として鉄線蛇籠護岸工が適用できるものと考えられる。

④ 鉄線蛇籠が破損する恐れがない箇所への護岸工

袖部が長い床固工あるいは帯工に挟まれた護岸工など、出水時に礫が直接衝突せず、掃流力も低いと考えられ、鉄線蛇籠が破損する恐れがないと判断できる箇所では、鉄線蛇籠を使用した法覆工などの適用が考えられる。

⑤ 修景を目的とした護岸工の表面被覆

上記以外の箇所でも、景観の保全が強く求められる箇所では、コンクリートやコンクリートブロック造の堅固な護岸工の表面を蛇籠で覆う場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

鉄線蛇籠土留工の使用材料は、鉄線蛇籠，中詰め材として使用する玉石等の礫，蛇籠固定用の木杭，吸出し防止材等である。礫は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。施工地周辺の砂防ダム堆砂地等で詰石を容易に採取できる場合には、コスト縮減の観点からも有利となる。

(2) 適用条件

① 腐食を考慮した適用条件

河川分野では、護岸工に使用する鉄線蛇籠は、強い酸性水のある区間，塩分濃度の高い区間，河岸や河床が腐植土で構成されている区間を避けるものとし、当面下記の条件に適合する区間は適用除外としている[6]。砂防分野においてもこの考え方を準用する。

・pH５以下の河川水が流れている区間
・塩素イオン濃度が年平均 450mg/1 以上の河川水が流れる区間
・黒色有機物混じり土，泥炭層などの土壌で電気抵抗率が 2,300Ω・cm以下の区間

② 鉄線の破断を考慮した適用条件

一般に、河床材料が大規模（人頭大程度以上）な転石や玉石で構成される区間では、出水時に鉄線が摩耗して表面のメッキ層が減少したり破断するため、鉄線蛇籠の使用は適さない[6)7)]とされている。ただし、仮設的構造物として鉄線蛇籠を用いる場合，あるいは巻止め護岸や法覆工のように、発生頻度の高い中小出水時に灌水しない構造物に用いる場合には、現地の流況を勘案して適用するかどうかを判断する。

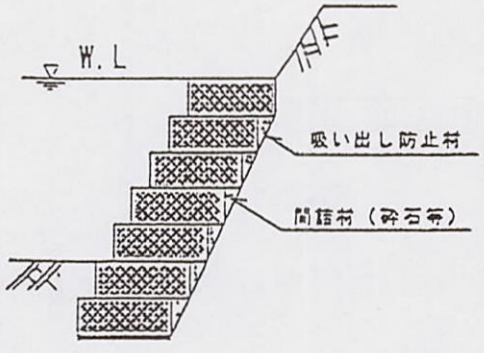
4．構造

鉄線蛇籠護岸工の構造は、目的や施工箇所の法面形状に応じて、多段積護岸工と法覆工とに大別される。

(1) 多段積護岸工

① 構造の概要

複数の鉄線蛇籠を積み上げて施工する多段積護岸工は、図－２に示すように角形蛇籠（フトン籠）を積んだものである。この工法は、基本的には渓岸の侵食防止を目的としたものであるが、背面の土砂が不安定な箇所で、土留工のように土圧に対して自重で抵抗する必要のある箇所にも使用できる。



図－２　標準的な多段積護岸工の例

資料：(社) 全国防災協会：河川災害復旧護岸工法技術指針（案）、2000

多段積護岸工の法勾配及び高さは、以下のように設定する。

・法勾配　：河川護岸に準じ、多段積護岸工は、法勾配が 1:1.0 以上の急な勾配の区間に適用する[6]ものとする。

・高さ　　：河川護岸に準じ、多段積鉄線籠構造の高さは当面５m以下とする[6]。

② 中詰め材の粒径

蛇籠に使用する中詰め材は、鉄線蛇籠土留工の場合と同様に、粒径 15～30cm のものを使用し、また網目以上のものを大小混ぜ合わせて空隙を小さくし、滑動に対する抵抗力を大きくするようにする[1]。

※ 河川構造物としての蛇籠の場合、中詰め材には、移動限界掃流力に耐える粒径を用いるものとされている[6]。しかし、砂防構造物としての蛇籠にこの方法を用いると、土石流の密度や河床勾配等の条件によっては、中詰め材の径が蛇籠に詰められないような大きな値となる。また、砂防で対象とする渓流では、蛇籠は主に石礫の摩擦や衝突による鉄線の破損と、それに続く中詰め材の流出によって破壊するものと考えられ、河川構造物の場合に用いられる方法自体が適切でないとも考えられる。そこで、中詰め材の粒径は、経験的な値である粒径 15～30cm とした。

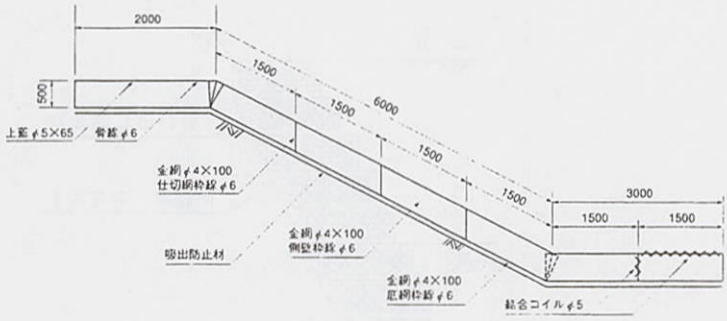
③ 安定検討

多段積護岸工の安定検討は、一般的には地山部への根入れや止杭による抵抗は考慮せず、背面からの土圧に対して護岸工の自重で抵抗するものとし、転倒，滑動，地耐力に対して安定となるよう検討する。さらに、外力に対して中詰のせん断抵抗力（商品によっては網の摩擦を考慮）で抵抗できるかどうかチェックする。

(2) 法覆工

① 構造の概要

鉄線蛇籠を使用した法覆工は、土留工的な機能を必要としない安定した法面の侵食防止対策として適用する。法覆工には角形蛇籠（フトン籠）や円筒形蛇籠が使用できる。図－３に角形蛇籠による法覆工の例を、また図－４には円筒形蛇籠による例を示す。

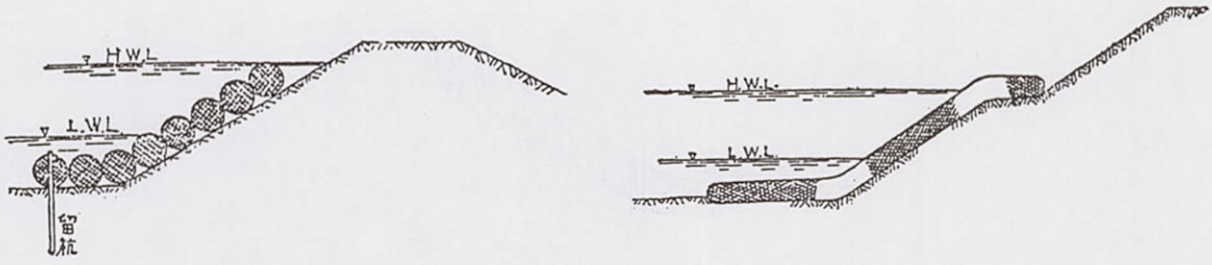


図－３　角形蛇籠による標準的な法覆工の例

資料：共和ハーモテック株式会社：カタログ「かごマット」[8]

円筒形蛇籠の積み方には、蛇籠を横に積み上げた「腹籠」と、竪に敷き並べた「立籠」とがあ

るが、腹籠は滑落しやすいため立籠とする[3]。

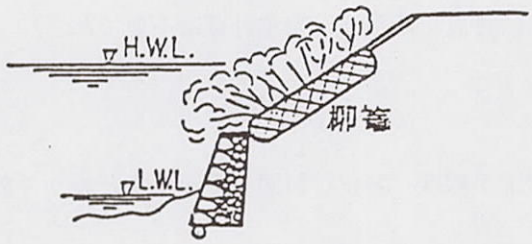


（腹籠）　　（立籠）

図－4　円筒形蛇籠による法覆工の例

資料：赤木正雄（1939）：渓流及砂防工学，アルス土木工学大講座，pp. 305-306[3]

蛇籠の低水位部分が、石礫の衝突や摩耗によって破損する恐れがある場合は、図－５のように低水位部分をコンクリートあるいはコンクリートブロック造の堅固な護岸工とし、中水位から上の護岸の法勾配を緩くして、そこへ蛇籠及び柳枝を配置することも考えられる[2]。



図－5　中水位から上に蛇籠による法覆工を施した護岸工の例

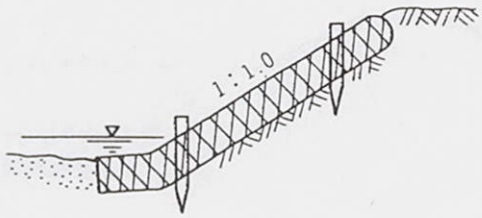
資料：伊吹正紀（1955）：砂防特論，森北出版，p.163[2]

護岸の法面を蛇籠張りとする場合の法勾配については、「河川管理施設等構造令」で表－１のように定められているので、砂防工事として行う法覆工もこれに準ずるものとする。なお、法勾配が 1:1.0～1:2.0 の区間の扱いについては、基準類で適用したものがないが、「鉄線籠型多段積護岸工法 設計・施工技術基準(案)（第３次未定稿）[6]」では参考として張タイプ（法覆工）が示されている。治山分野では、円筒形蛇籠を用いた法覆工の勾配を 1:1.0 までとしているようである（図－６参照）。

表－1　護岸の法勾配

のり覆工の構造		のり覆工の直高（単位：m）	のり勾配（単位 割）
石積み，コンクリートブロック積み	練積み	3以上5未満	0.5
		3未満	0.3
	空積み	3未満	1
石張り，コンクリートブロック張り	練張り		1.5
	空張り	3未満	2
コンクリートのり枠張り			1.5
蛇籠張り，連結コンクリートブロック張り		3以上 3未満	2 1.5

資料：河川管理施設等構造令



図－6　治山分野における円筒形蛇籠による法覆工の例

資料：林野庁（1993）：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，p. 249[9]

② 中詰め材の粒径

砂防構造物としての法覆工に使用する中詰め材の粒径は、先に述べた多段積護岸工の場合と同様の考え方で設定する。

③ 安定検討

蛇籠は安定した法面に設置するため、安定計算は不要である。

5．施工法の概要

鉄線蛇籠護岸工の施工手順は、おおむね図－7に示すとおりである。



図－7　　鉄線蛇籠護岸工の施工手順

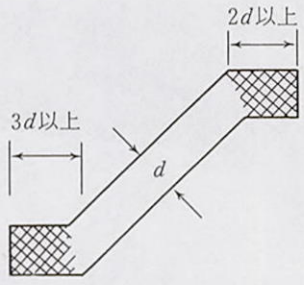
① 床拵え

床堀を行い、蛇籠設置部分を十分に敷き固める。

② 蛇籠の据付け・組立

蛇籠を据付け、角形蛇籠など組立を必要とする蛇籠については組立を行う。多段積護岸工の場合、根入れ深は「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編[Ⅱ]」の第３章第４節に準ずる。法覆工とする場合は、図－８に示すように、渓床上に蛇籠末端を直径の３倍程度突出させる。

蛇籠は透水性があるので、護岸工背面の土砂の吸出しを防止するため、吸出し防止材を設置することを標準とする。詳細は、「河川災害復旧護岸工法技術指針（案）[6]」等を参考とする。



図－8　蛇籠を用いた法覆工の形状

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 434[10)]

③ 止杭の打込み

蛇籠（特に円筒形蛇籠）に移動が生ずる恐れがある場合には、必要に応じて止杭を設置する。止杭には腐朽しにくい樹種（「木材を使用する際の留意事項」の表－２を参照）を使用する。止杭の諸元を定めたものは特にないが、暗渠工としての鉄線蛇籠を固定する際には使用されている止杭（「鉄線蛇籠暗渠工」の表－１を参照，径８cm，長さ 1.2m）の例などを参考とする。

④ 詰石

設定した径の石材を用いて詰め石を行う。詰め石は人力で行うが、角形蛇籠の場合は、その種類によっては詰め石に建設機械（バックホウ：油圧式クローラ型 0.6m^3 を想定[10)]）が使用できる。また、蛇籠の種類によっては、詰石を行った後にクレーンで移設できるものもある。

６．施工事例

写真－１は、新潟県新井砂防事務所管内の地すべり地で施工された、多段積護岸工の事例である。また、写真－２は、松本砂防工事事務所管内の梓川における事例で、コンクリートブロックで護岸工を築造した上に、円筒形蛇籠を法覆工としたものである。



写真－１　鉄線蛇籠による多段積護岸工の事例

資料：共和ハーモテック株式会社：カタログ「鋼製組立網ガートン」[11)]



写真－2　鉄線蛇籠による法覆工の事例

資料：松本砂防工事事務所：上高地の景観モデル事業（パンフレット）[12)]

7．数量

鉄線蛇篭には様々な形状のものがあるため、数量は個別に算出する必要がある。蛇籠に詰める詰石材料の使用量は、次式によって算出する。

（詰石材料の使用数量：m^3）＝（籠容積：m^3）×（1＋K）

ここに、K：補正係数（-0.05）

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 435

1）（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，p.61, p.108, p.215，1993
2）伊吹正紀：砂防特論，森北出版，1955
3）赤木正雄：渓流及砂防工学，アルス土木工学大講座，1939
4）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
5）建設省河川局砂防部監修：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル),(社)全国治水砂防協会，1984
6）（社）全国防災協会：河川災害復旧護岸工法技術指針（案)、2000
7）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
8）協和ハーモッテク株式会社：カタログ「かごマット」
9）林野庁：治水技術基準解説 総則・山地治山編，日本地山治水協会，1993
10）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
11）協和ハーモッテク株式会社：カタログ「鋼製組立網ガートン」
12）松本砂防工事事務所：上高地の景観モデル事業（パンフレット）

編柵護岸工・粗朶束護岸工

1．工法の概要と特徴

編柵護岸工，及び粗朶束護岸工は、いずれも萌芽性の帯梢や柳枝等を使用した編柵や粗朶束で護岸を作り、植物の根と帯梢による渓岸の固定を期待したものである。これらの工法は、砂防工事が荒廃した山腹からの土砂生産抑制対策を中心に実施されていた時代に、比較的勾配が緩い常水のある小渓流に対して用いられた[1)]。

また本工は、環境へ与える負荷が下記の点で比較的小さいものと考えられる。

・施工地やその周辺で粗朶や木材が得られる場合には、これを材料として有効に利用できる。
・人力で施工できる。
・渓岸は植物の根と帯梢で固定されるため、生物の生息環境の保全効果が期待できる。

2．適用用途

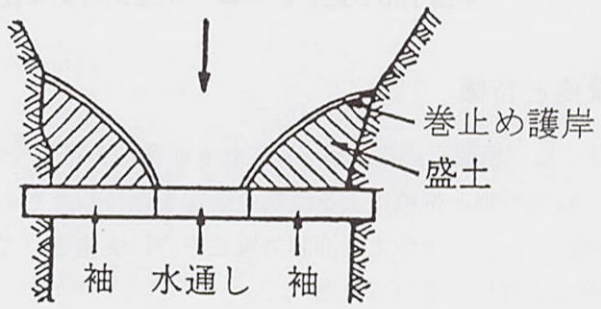
編柵護岸工や粗朶束護岸工は、いずれも比較的勾配が緩い小渓流に対して用いられたものであり、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説」での「護岸工は、コンクリート，コンクリートブロックまたは、石積みによらなければならない[2)]。」という解説に照らし合わせても、水流が土砂及び転石を多く含むような箇所に対して単独では使用できないものと考えられる。適用できる箇所としては、下記のような箇所が考えられる。

① 山腹工施工区間の護岸工

山腹工施工区間で護岸工が必要な箇所のうち、谷止工に挟まれた区間など、渓床の垂直方向の侵食が生じないと考えられ、流量及び石礫の流出が少なく、勾配が比較的緩やかで、植生を回復させることにより護岸工の機能を植生に代替させることが可能と考えられる箇所には、編柵護岸工や粗朶束護岸工が適用できるものと考えられる。編柵や粗朶束の材料には、谷止工施工時等に発生した粗朶や木杭が使用できる。

② 木製谷止工の巻止め護岸工

木製谷止工の袖部は、転石等の衝突によって破壊される場合があるため、袖の上流部に巻止め護岸（図－１参照）を設けることが望ましい（「木製谷止工」を参照）。この巻止め護岸には、谷止工施工時等に発生した粗朶や木杭が使用でき、植生の早期回復が期待できる編柵護岸工や粗朶束護岸工が適用できるものと考えられる。

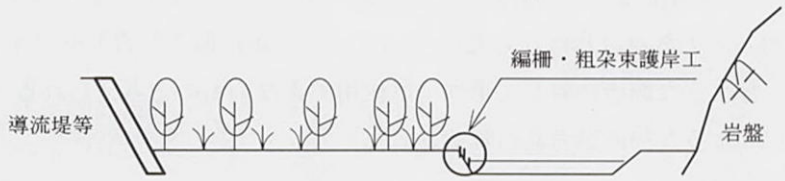


図－1　巻止め護岸工の模式図(平面図)

資料：建設省河川局砂防部：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），p.124[3)]

③ 緑の砂防ゾーンにおける常水路の確保等を目的とした護岸工

例えば緑の砂防ゾーンにおける堆砂空間と常水路とを確保する場合のように、仮設的な護岸工が必要となる場合には、編柵護岸工や粗朶束護岸工が適用できるものと考えられる。概念図を図－2に示す。



図－2　緑の砂防ゾーンにおける常水路の確保等を目的とした護岸工の概念図

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

編柵護岸工や粗朶束護岸工の使用材料は次のとおりである。

編柵護岸工　：帯梢（粗朶），木杭，結束用の鉄線，植栽用の立粗朶あるいは柳枝等
粗朶束護岸工：粗朶，石礫，木杭，結束用の鉄線，植栽用の柳枝等

以上のうち、帯梢（粗朶）は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。近隣の施工地での伐採によって粗朶が確保できる場合には、その有効利用を考える。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

編柵護岸工や粗朶束護岸工は、編柵水路工に準じ、勾配が比較的緩やかな山腹下部の堆積部（土砂堆積区間）に適用する。傾斜が急な箇所，背面の土圧が大きな箇所，流水により侵食されやすい土質の箇所では破壊されやすく不適当である。また、帯梢及び柳枝の生育には、土壌に保水能力があり湿潤を保てる箇所が適する。

② 流量

編柵護岸工及び粗朶束護岸工は、最終的には植生で渓岸侵食を抑制しようとするものであるため、降雨時の流量が少ない箇所に適する。具体的な流量の値を示した既往文献はないが、編柵護岸工等は基礎部の洗掘によって破壊するものと考えられることから、少なくとも出水時に護岸工前面の捨石（４章(1)参照）が移動しないような箇所である必要がある。この出水の規模は、超過確率日雨量で評価し、1/1～1/2 程度とする。

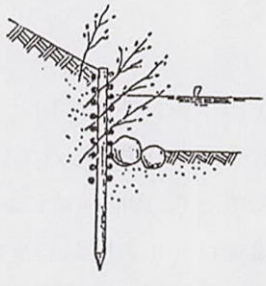
(3) 植生の導入

編柵護岸工及び粗朶束護岸工事の草木が速やかに繁茂するように編柵工前面からの挿穂や帯梢に萌芽力の強い生柳を使用したり、立粗朶、柳枝を使用するなどして、植物の根によって渓岸を早期に固定するように努める。施工時期は、帯梢や柳枝の萌芽・活着に適した時期を考慮する必要がある。

4．構造

(1) 編柵護岸工

編柵護岸工に用いる編柵の構造は、編柵水路工に準ずる（「編柵水路工」を参照）。編柵の前面が洗掘される恐れがある場合には、洗掘防止のために粒径の比較的大きな礫で図－３のように捨石を行う。



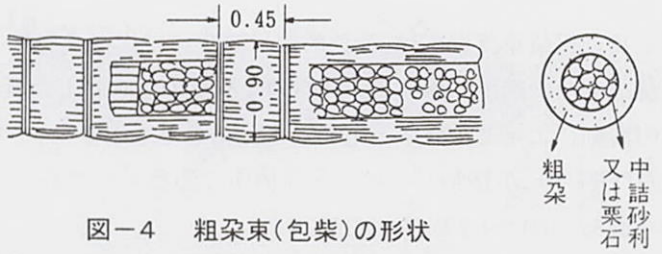
図－３　編柵護岸工の模式図

資料：遠藤隆一（1958）：砂防工学，共立出版，p. 92[4]

(2) 粗朶束護岸工

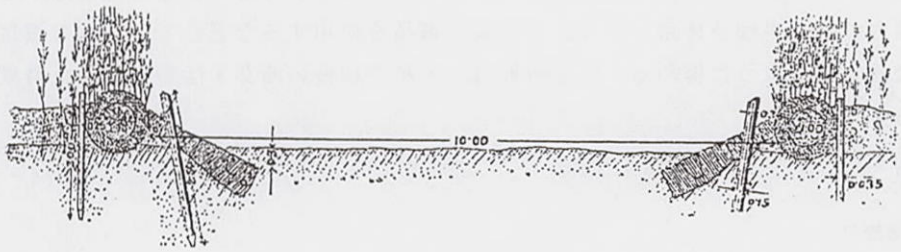
粗朶束護岸工は、粗朶束（包柴）を川に平行に２層または３層に並べて木杭で固定し、柳枝等を挿木する工法である。粗朶束は、厚さ 8～13cm 内外の粗朶の内に切込砂利，栗石等を包み、約 30cm 間隔に二子縄や亜鉛引き鉄線等で結束した、蛇籠状の形態のもので、径は 45～90cm，長さは 6m位が普通である。両端は粗朶を末細りに結束したり、あるいは長さ 50～60cm の小口粗朶を中詰め石と同様に巻き込むものである。昭和初期の砂防工事には、１m程度の大きな粗朶束が用いられたようである[1]。

粗朶束の形状を図－４に、粗朶束護岸工の模式図を図－５に示す。



図－4　粗朶束(包柴)の形状

資料：防災研究会（1999）：災害復旧工事の設計要領（平成 11 年版），(社) 全国防災協会，p. 562[5]



図－5　粗朶束護岸工の模式図

資料：諸戸北郎（1938）：諸戸砂防工学，成美堂書店，p. 302[6]

(3) 粗朶束護岸工の類似工法

近年、河川分野の水辺緑化工法（多自然工法）として、直径 0.3～0.5mのヤシ繊維ロールを杭で固定し、植生護岸を形成する工法が用いられている。この工法は、粗朶束護岸工の粗朶束をヤシ繊維ロールで代用したものであり、砂防渓流においても粗朶束護岸工と同じような効果が期待できると考えられる。ヤシ繊維ロールの製品名及びメーカーの例を以下に示す。

- ベストマンシステム　（日本ベストマンシステム研究会）
- パームロール　（環境工学株式会社）
- ヤシロール　（前田工繊株式会社）

5．施工法の概要

編柵護岸工の施工手順は、編柵水路工とほぼ同様である（「編柵水路工」を参照）。
粗朶束護岸工の施工手順は、おおむね図－6に示すとおりである。



図－6　粗朶束護岸工の施工手順

① 床拵え

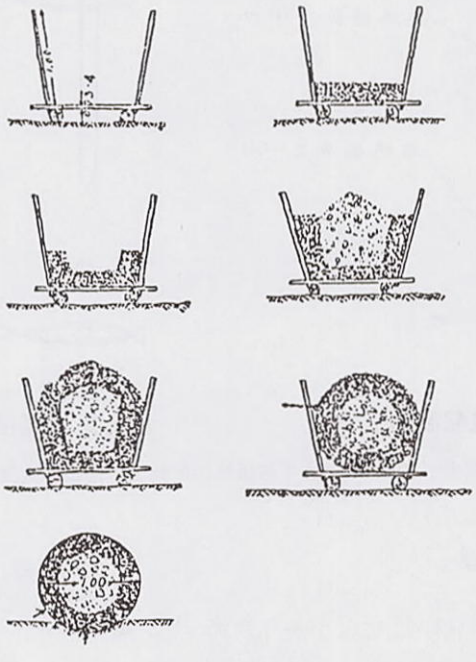
床堀を行い、粗朶束設置部分を整正する。

② 止杭の打込み

粗朶束の設置に先立ち、長さ1.5m程度（編柵護岸工に準ずる）の杭を渓岸に打ち込んで、粗朶が水中に深く転げ込まないようにする[1]。止杭には腐朽しにくい樹種（「木材を使用する際の留意事項」の表－２を参照）を使用する。

③ 粗朶束の作成・据付け

粗朶束（包柴）の作成には、結束用の架台を作成し、その上で作業をする。直径１mの粗朶束を作る場合、架台の上に粗朶を厚さ20cmに並べ、その上に砂利を直径60cm程度に包容させ、鉄線で結束する（図－７参照）[1]。完成した粗朶束は、設置箇所に据付け、鉄線で止杭に固定する。粗朶束の前面が洗掘される恐れがある場合には、粒径の比較的大きな礫で護岸基礎部へ捨石を行う。



図－7　粗朶束の製作工程

資料：赤木正雄（1939）：渓流及砂防工学，アルス土木工学大講座，p.302[1]

④ 挿木

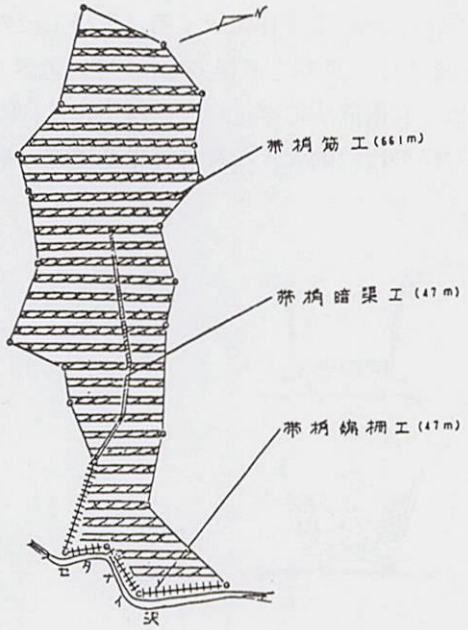
帯梢や粗朶が萌芽力のない材料である場合は、編柵や粗朶束の間に萌芽力の強いヤナギやウツギの枝を挿し、渓岸の早期緑化に努める。

６．施工事例

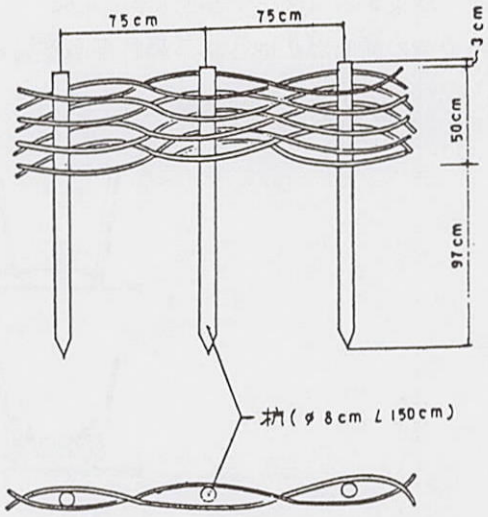
(1) 編柵護岸工

編柵護岸工は、主に治山分野で施工実績がある。ここでは、昭和53年に北海道営林局振内営林署管内のセタナイ川流域で施工された山腹工の事例[7]をとりあげる。

図－８は、山腹工の工種配置を示した図である。編柵護岸工は、崩壊地の末端部にあたる渓流左岸に、渓流に押し出した土砂の固定及び流水の横侵食防止を目的として施工された。編柵の材料には、萌芽性の新鮮なカワヤナギ，ネコヤナギ，オノエヤナギの帯梢（末口径 1.5～4.0cm，長 2.0m）が使用され、図－９のような編柵が作成された。追跡調査の結果、編柵からは萌芽が確認された[7]。



図－８　工種配置図



図－９　編柵護岸工の構造図

資料：松本弘志・段坂繁美（1981）：ヤナギ帯梢筋工の施工，治山研究発表会論文集，vol.20，pp.250-251[7]

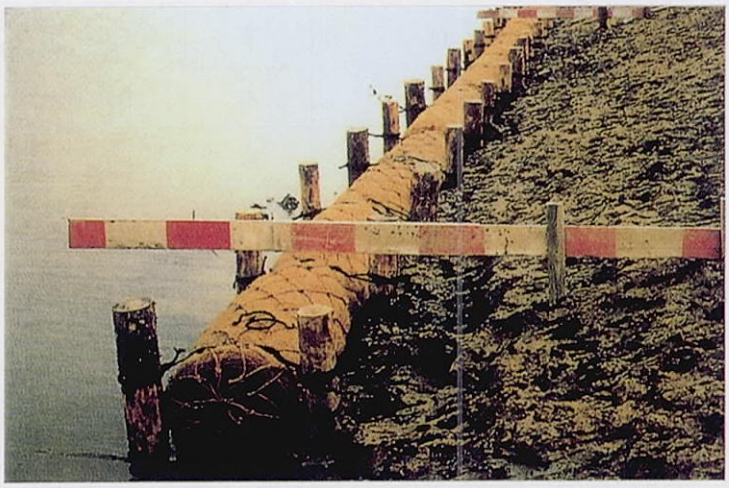
(2) 粗朶束護岸工の類似工法

粗朶束護岸工の事例が見いだせなかったため、ヤシ繊維ロールを使用した植生護岸の形成事例を示す。写真－１は岡山県の葱別川に、写真－２は新潟県の猿橋川に採用された事例である。設計流速はともに３m/s である。



写真－１　ヤシ繊維ロールを使用した植生護岸工の事例(1)

資料：植栽工資材パンフレット[8)]



写真－２　ヤシ繊維ロールを使用した植生護岸工の事例(2)

資料：植栽工資材パンフレット

７．数量

(1) 編柵護岸工

編柵護岸工に使用する材料の数量は、構造が同じである編柵工の数量を参考に、表－１のとおりとした。

表－1 編柵護岸工の数量表 (10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭	長 1.5m　末口径 9 cm	本	13.0	杭間隔 0.75m
帯梢		束	5.0	編高 50cm の場合
挿木	長 0.4m　径 0.7～3cm	本	50.0	ヤナギ，ウツギ等
萱株	茎長 30cm 打違い 1m縄〆	束	4.0	ヤナギ，ウツギ等

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 549[9]

(2) 粗朶束護岸工

粗朶束護岸工に使用する材料の数量は、杭の間隔，諸元を編柵護岸工を参考にして、表－２のように設定した。粗朶束に使用する材料の数量は、粗朶束の直径によって異なるため、表－３に別途示した。

表－2 粗朶束護岸工の数量表 (10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
粗朶束	長 10m	本	1.0	
杭	長 1.5m　末口径 9 cm	本	26.0	杭間隔 0.75m，粗朶束の両側を固定
挿木	長 0.4m　径 0.7～3cm	本	50.0	ヤナギ，ウツギ等
萱株	茎長 30cm 打違い 1m縄〆	束	4.0	ヤナギ，ウツギ等

※ 粗朶束を杭に結束するための鉄線あるいは二子縄は、別途算出する。

表－3 粗朶束(包柴)の数量表 (10m当り)

径	粗　朶	栗　石	二子縄	鉄線 #12
45(cm)	12(束)	0.75(m^3)	5.0(房)	4.0(kg)
60	16	1.32	6.5	5.5
75	21	2.40	8.0	7.0
90	34	3.00	10.0	8.0

資料：防災研究会(1999)：災害復旧工事の設計要領（平成 11 年版），（社）全国防災協会，p.562[5]

※ 粗朶束の形状は、図－４のとおりである。
使用する粗朶は、長 3.0m，周 0.7mとする。栗石は、径 6cm～10cm とする。

1）赤木正雄：渓流砂防工学，アルス土木工学大講座，1939
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）建設省河川局砂防部監修：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），(社）全国治水砂防協会，1984
4）遠藤隆一：砂防工学，共立出版，1958
5）防災研究会：災害復旧工事の設計要領（平成 11 年版），（社）全国防災協会，1999
6）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938
7）炭本弘志：段坂繁美：ヤナギ帯梢筋工の施工，治山研究発表会論文集，Vol.20，pp.248-252，1981
8）前田工繊株式会社：植栽工資材パンフレット
9）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

丸太護岸工

1．工法の概要と特徴

丸太護岸工は、丸太の積工あるいは柵工によって渓岸を保護するとともに、萌芽性の柳枝等を併用することにより、植物の根による渓岸の固定を期待したものである。

また本工は、環境へ与える負荷が下記の点で比較的小さいものと考えられる。

・施工地やその周辺で木材が得られる場合には、これを材料として有効に利用できる。
・人力で施工できる。
・渓岸は植物の根で固定され、丸太の間には空隙ができるため、生物の生育・生息環境の保全効果が期待できる。

2．適用用途

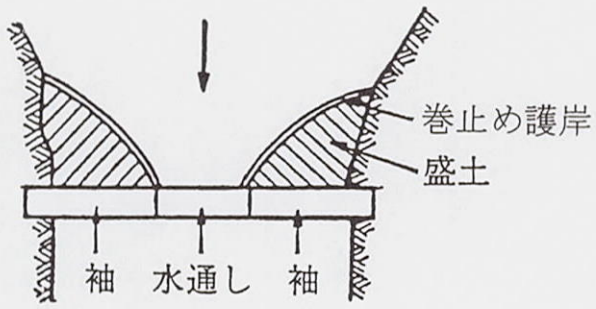
丸太護岸工は、編柵護岸工や粗朶束護岸工と同様に、最終的には植物の根によって渓岸を固定するものであるため、水流が土砂及び転石を多く含むような箇所に対して単独では使用できないものと考えられる。適用できる箇所としては、下記のような箇所が考えられる。

① 山腹工施工区間の護岸工

山腹工施工区間で護岸工が必要な箇所のうち、谷止工に挟まれた区間など、渓床の垂直方向の侵食が生じないと考えられ、流量及び石礫の流出が少なく、勾配が比較的緩やかで、植生を回復させることにより護岸工の機能を植生に代替させることが可能と考えられる箇所には、丸太護岸工が適用できるものと考えられる。材料には、谷止工施工時等に発生した伐採木が使用できる。

② 木製谷止工の巻止め護岸工

木製谷止工の袖部は、転石等の衝突によって破壊される場合があるため、袖の上流部に巻止め護岸（図－１参照）を設けることが望ましい（「木製谷止工」を参照）。この巻止め護岸には、谷止工施工時等に発生した伐採木が使用でき、植生の早期回復が期待できる丸太護岸工が適用できるものと考えられる。

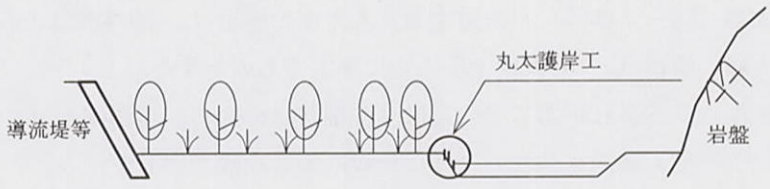


図－１　巻止め護岸工の模式図（平面図）

資料：建設省河川局砂防部：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），p.124[1)]

③ 緑の砂防ゾーンにおける常水路の確保等を目的とした護岸工

例えば緑の砂防ゾーンにおける堆砂空間と常水路とを確保する場合のように、仮設的な護岸工が必要となる場合には、丸太護岸工が適用できるものと考えられる。概念図を図－２に示す。



図－２　緑の砂防ゾーンにおける常水路の確保等を目的とした護岸工の概念図

３．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

丸太護岸工の使用材料は、丸太（木杭，横木，控木等として），結束用の鉄線，植栽用の立粗朶あるいは柳枝等である。これらのうち、主材料である丸太は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。近隣の施工地における伐採木が確保できる場合には、その有効利用を考える。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

丸太護岸工は、編柵護岸工や粗朶束護岸工と同様に、勾配が比較的緩やかな山腹下部の堆積部（土砂堆積区間）に適用できるものと考えられる。傾斜が急な箇所，背面の土圧が大きな箇所，流水により侵食されやすい土質の箇所では破壊されやすく不適当である。また、柳枝の生育には、土壌に保水能力があり湿潤を保てる箇所が適する。

② 流量

丸太護岸工は、最終的には植生で渓岸侵食を抑制しようとするものであるため、降雨時の流量が少ない箇所に適する。具体的な流量の値を示した既往文献はないが、丸太護岸工等は基礎部の洗掘によって破壊するものと考えられることから、少なくとも出水時に護岸工前面の捨石（４章参照）が移動しないような箇所である必要がある。この出水の規模は、超過確率日雨量で評価し、1/1～1/2 程度とする。

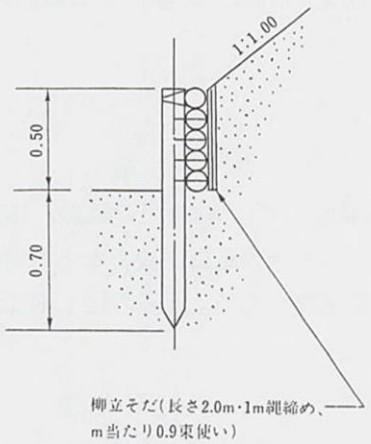
(3) 植生の導入

丸太護岸工に草木が速やかに繁茂するように、護岸に丸太柵を使用する場合は柵の背後に立粗朶を配置したり、丸太積の場合は丸太の間隙に萌芽性の強いヤナギやウツギ等を挿木する。植生の導入時期は、萌芽・活着に適した時期とするよう考慮する。

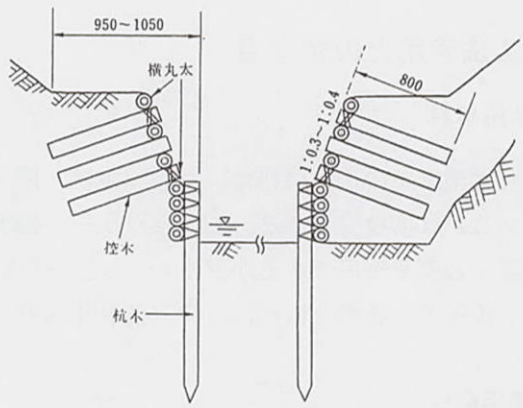
4．構造

丸太護岸工の構造は、流水が当たる部分については、護岸背後の土砂の吸出し防止を考慮して丸太柵（図－３参照）を使用するものとする。一方、柵の上部の法面のように、灌水する確率が低く、灌水する前に挿木が萌芽することにより護岸を保護できると考えられる箇所については、必要に応じて丸太積（図－４参照）を使用する。丸太柵の構造は、「丸太柵工」に準ずるものとする。また、丸太積の構造は、「丸太積土留工」に準ずるものとする。

護岸の前面が洗掘される恐れがある場合には、洗掘防止のため、超過確率 1/1～1/2 程度の日雨量による流出によっても掃流されないような比較的大きな礫で捨石を行う。



図－３　丸太柵を用いた護岸工の例

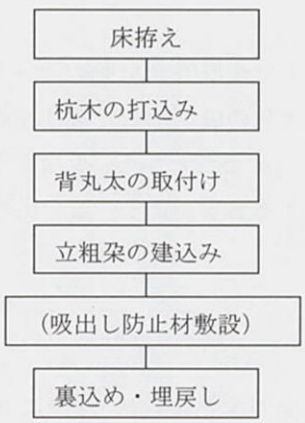


図－４　柵上部の法面を丸太積とした例

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，pp. 41-43[2)]

5．施工法の概要

丸太護岸工として、水際部に配置する丸太柵の施工手順を、図－５に示す。



図－５　丸太護岸工（丸太柵）の施工手順

① 床拵え～杭木打ち込み

床拵え後、木杭を地上に 50cm 程度露出するように打ち込む。打込み間隔は、「丸太柵工」に

準じ、0.5～1.0ｍを基本として現地の地形や土質条件に最も適した間隔を採用する。また、木杭の長さも、「丸太柵工」に準じ、杭の打込み深さができるだけ杭長の 2/3 以上となるようにする。

② 背丸太取り付け

背丸太を、#12(2.6mm)～#18(1.2mm)の亜鉛メッキ鉄線を使用して取り付ける。この際、丸太と地山の間に隙間ができないように留意する。

③ 立粗朶建て込み

柵の背面に新鮮な柳枝を縦に並べて立粗朶としたり、萱株等を柵の根元や背後に植付ける。

④ 吸出し防止材敷設

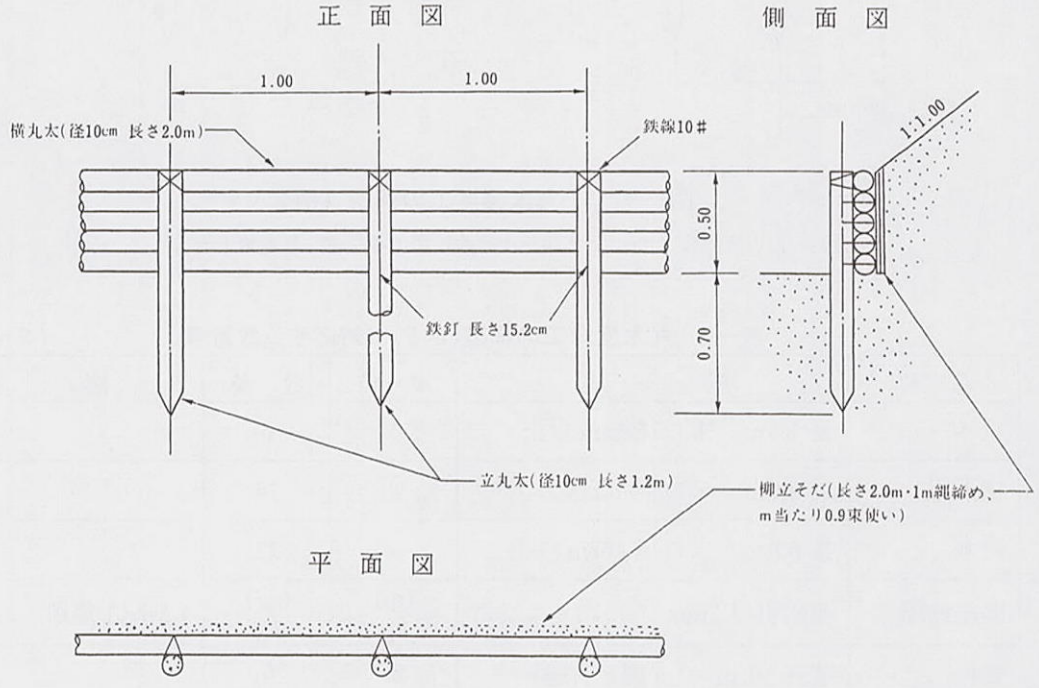
上流からの流水が集中し、柳枝が成長するまでの間に背面の埋戻し土が流失する恐れのある箇所では、必要に応じて吸出し防止材を柵の背面に設置する。

⑤ 裏込め・埋戻し

柵の背面を、土砂で水平に埋め戻す。この際、背丸太と立粗朶との間に空気がはいらないように埋め戻しを十分行う[3)]。

6．施工事例・数量表

丸太護岸工は、間伐材の利用促進のため、近年では治山分野での実績が多い。丸太柵の高さ，杭間隔等の諸元は様々であるため、材料の使用数量もまちまちである。ここでは、丸太護岸工の施工事例とそれに対応する数量表を数例紹介するにとどめる。



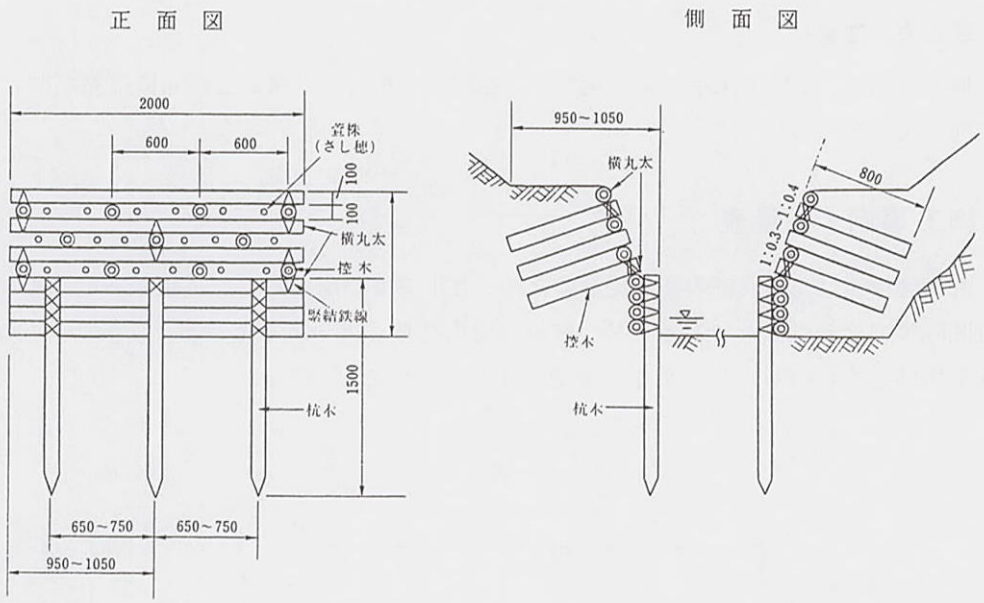
図－６　　丸太護岸工の構造（例１）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.43[2)]

表－1　丸太護岸工の構造(例1)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
立丸太	長さ 1.2m　末口径 10cm	本	10.00	
横丸太	長さ 2.0m　末口径 10cm	〃	25.00	
立粗朶	長さ 2.0m　1m 縄〆	束	0.90	
鉄釘	長さ 15.2cm	kg	0.95	
鉄線	亜鉛引き 3.2mm	〃	0.76	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.43[2)]



図－7　　丸太護岸工の構造（例２）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.41[2)]

表－2　丸太護岸工の構造(例2)に対応する数量表　　(２m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長 1.5m　末口径 9cm 以上	本	6	
横丸太	長 2.0m　末口径 10cm 以上	〃	14	
控木	長 0.8m　末口径 10cm 以上	〃	22	
緊結鉄線	亜鉛引 3.2mm	(m) kg	(57) 3.6	1.5m/1 箇所
萱株	茎長 30cm　1m 縄〆打違い	本	36	
さし穂	ヤナギ茎 0.7～3cm　長 40cm	束	0.24	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.41[2)]

1）建設省河川局砂防部監修：改訂版 砂防設計公式集（マニュアル），(社)全国治水砂防協会，1984
2）治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994
3）花野秀昭：治山工事における木材利用について，治山，Vol.42，No.4，p.84-88，1997

鉄線蛇籠土留工

1．工法の概要と特徴

土留工は、法切工において堆積地の傾斜が急な場合、堆積土砂の安定を図り、上部に施工する山腹工の支えとするものである。また、とくしゃ地および崩壊地の斜面が急勾配である場合や、上部の林地が急傾斜である場合は、土留工を計画することにより、のり切面積を最小限にとどめ、のり勾配を緩和させることができる[1)]。鉄線蛇籠土留工は、鉄線蛇籠で土留工を形成するもので、土圧の大きさや地況によって、角形蛇籠または円筒形蛇籠が用いられる[2)]。特徴としては、屈撓性・透水性が高い，部材の搬入や組立が容易，地盤になじみやすい等の点が挙げられる。

本工は、施工地で発生した礫を材料として有効に利用でき、比較的短期間で施工できる工法であり、災害等の緊急的応急工事として使用される場合もある。

2．適用用途

鉄線蛇籠土留工は、永久工作物でなくともよい土留工として使用する[1)]のが基本であるが、近年では蛇籠本体の大型化に伴い、比較的規模の大きな土留工に対しても使用が可能となっている。

また本工は、鉄線蛇籠の特長から、下記のような箇所へ適用できる場合がある。

- 近隣の床堀作業による残土や渓床不安定土砂から、多量の石礫が確保できる箇所
- 地盤条件の悪い箇所
- 壁背面からの排水が必要な箇所
- 大型建設機械の搬入が困難な箇所（人力による資材搬入・施工が可能）
- 緊急施工が求められる箇所

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

鉄線蛇籠土留工の使用材料は、鉄線蛇籠，中詰め材として使用する玉石等の礫，蛇籠固定用の木杭，吸出し防止材等である。礫は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。施工地周辺で詰石を容易に採取できたり、山腹斜面に存在する礫を整理する必要がある場合には、他の土留工に比較して経済的に有利となる。

(2) 適用条件

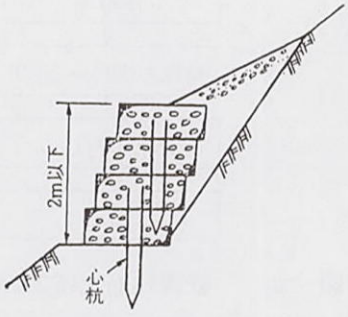
鉄線蛇籠土留工は、鉄線が腐食し破損しても、保全対象に直接被害をもたらさない箇所に適用する。また、地盤が軟弱であり、不等沈下等が生ずる恐れのある箇所でも適用できる[1)2)]。

4．構造

(1) 構造の概要

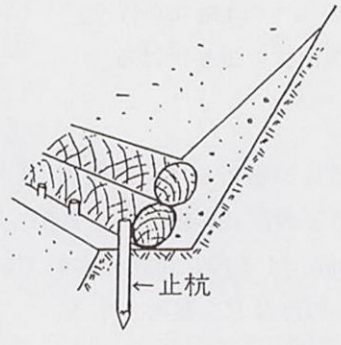
鉄線蛇籠土留工の構造は、蛇籠を階段上に積み上げ、脚部を止杭で固定したものである。図－

1～図－3に、鉄線蛇籠土留工の模式図を示す。図－1は、現在一般的となっている角形蛇籠（フトン籠）を使用したものである。図－2及び図－3は、円筒形蛇籠を使用したものである。

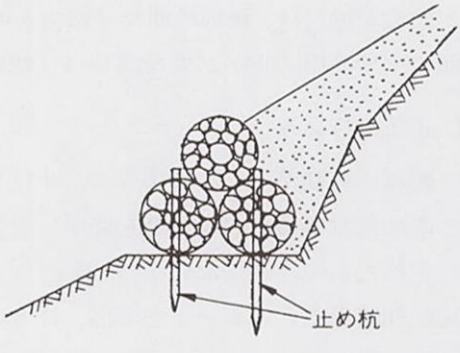


図－1　角形蛇籠を使用した土留工の例

資料：建設省河川局（1997）：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，p.33[1)]



図－2 円筒形蛇籠を使用した土留工の例(1)



図－3 円筒形蛇籠を使用した土留工の例(2)

資料：図－2（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)－，山海堂，p.215[2)]
図－3林野庁（1993）：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，p.293[3)]

鉄線蛇籠土留工に使用される蛇籠は、手編みで作成できる円筒形蛇籠が用いられた時代もあったが、今日では円筒形蛇籠に比べ安定性が高く、高い構造物が築造できる角形蛇籠（フトン籠）が一般的となっている。

「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編[Ⅱ]」の第3章第7節には、鉄線蛇籠土留工の高さを原則として2m以下とする旨が示されているが[1)]、類似した構造物である河川の護岸工の分野では、多段積鉄線籠構造の高さを施工実績等を考慮して当面5m以下[4)]と定めている。鉄線蛇籠土留工の高さは、これらや地盤条件を総合的に判断して設定する。

(2) 安定検討

鉄線蛇籠土留工の安定検討は、一般的には地山部への根入れや止杭による抵抗は考慮せず、背面からの土圧に対して土留工の自重で抵抗するものとし、転倒，滑動，地耐力に対して安定となるよう検討する。さらに、外力に対して中詰のせん断抵抗力（商品によっては網の摩擦を考慮）で抵抗できるかどうかチェックする。

5．施工法の概要

鉄線蛇籠土留工の施工手順は、おおむね図－４に示すとおりである。



図－４　　鉄線蛇籠土留工の施工手順

① 床拵え

土留工の奥行きに、土留工前面の犬走りを加えた幅で床拵えを行う。蛇籠設置部分は十分に敷き固める。

② 蛇籠の据付け・組立

蛇籠を据付け、角形蛇籠など組立を必要とする蛇籠については組立を行う。さらに、土留工背面の土砂流出防止が必要な場合は、蛇籠背面に吸出し防止材を張り付ける。

③ 止杭の打込み

蛇籠に移動が生じないように、止杭を設置する。止杭には腐朽しにくい樹種（「木材を使用する際の留意事項」の表－２を参照）を使用し、杭間隔は一般に2mを標準とする[1)]。止杭の諸元を定めたものは特にないが、暗渠工としての鉄線蛇籠を固定する際には使用されている止杭(「鉄線蛇籠暗渠工」の表－１を参照，径８cm，長さ1.2m）の例などを参考とする。

④ 詰石

中詰め石は一般に径が15～30cmのものが使用されるが、網目以上のものを大小混ぜ合わせて、空隙を小さくし滑動に対する抵抗力を大きくするようにする。玉石の代わりに岩屑等を活用する際には、風化しにくく亀裂の少ないものを用いるようにする[2)]。

蛇籠の種類によっては、詰石を行った後にクレーンで移設できるものもある。

6．施工事例

鉄線蛇籠土留工は、砂防・治山・道路等の分野で広く採用されているので、特に施工事例は示さない。

7．数量

鉄線蛇籠土留工に使用できる鉄線蛇籠には様々なものがあるため、使用する蛇籠のタイプによって、材料及び数量を個別に算出する必要がある。蛇籠に詰める詰石材料の使用量は、次式によって算出する[5)]。

（詰石材料の使用数量：m^3）＝（籠容積：m^3）×（1＋K）

ここに、K：補正係数（-0.05）

1）建設省河川局：改訂新版 建設省河川局砂防技術基準(案)同解説・設計編［Ⅱ］,（社）日本河川協会，1997
2）（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,
3）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
4）（社）全国防災協会：河川災害復旧護岸工法技術指針（案）、2000
5）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

丸太積土留工

1．工法の概要と特徴

土留工は、法切工において堆積地の傾斜が急な場合、堆積土砂の安定を図り、上部に施工する山腹工の支えとするものである。また、とくしゃ地および崩壊地の斜面が急勾配である場合や、上部の林地が急傾斜である場合は、土留工を計画することにより、のり切面積を最小限にとどめ、のり勾配を緩和させることができる[1]。丸太積土留工は、丸太を使用した簡易な土留工で、比較的重量が軽く耐久性も低いので、これに適した箇所に使用する。

本工法は、主に自然材料を使用して施工するので自然環境へ与える負荷が小さく、また間伐材等の有効利用にも寄与する工法である。

2．適用用途

丸太積土留工は、施工地周辺で丸太が得られ、コンクリート土留工や石積土留工などのような強度を要しない用途[2]、すなわち、小規模な崩壊地、又はのり切斜面の維持をはかる箇所等で、背面土圧が小さく、構造物としての耐久性を必要としない用途[3]に用いる。

近隣の施工地における伐採作業や、砂防樹林帯の保育作業等において、径 10cm 程度の丸太が大量に確保できる場合には、土留工を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

丸太積土留工の使用材料は、木材（丸太），鉄線あるいはかすがい（丸太結束用），挿木用の樹梢等である。このうち主材料の丸太は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

丸太積土留工は、軽量で土圧に対する抵抗力が比較的小さく、また木材自体の強度にもバラツキや腐朽による低下が考えられる。そのため丸太積土留工は、背面土圧が小さく[3]、雨水が集水しにくいところに適用する[2]。背面土圧が小さい箇所の例としては、小規模な崩壊地または法切り斜面の維持を図る箇所等が挙げられる[3]。

② 土壌条件

丸太は施工後数年程度で腐朽するため（「木材を使用する際の留意事項」を参照）、土壌条件が比較的良好であり、丸太が腐朽するまでに植生の繁茂によって丸太積土留工の機能の代替が見込まれる箇所に適用する[4]。

③ 他の構造物との併用

丸太積土留工は、土圧に対する抵抗力が比較的小さいため、長大斜面や傾斜が急な斜面へ適用

する際には、コンクリートや鋼製の構造物（土留工等）に組み合わせて使用するよう検討する[4]。

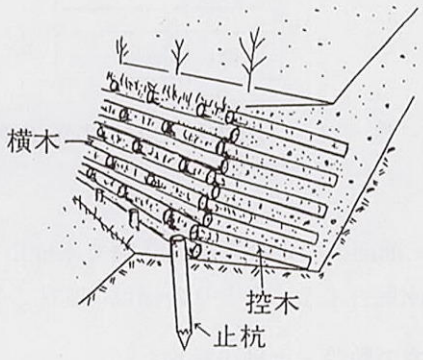
(3) 植生の導入

丸太が腐朽するまでに植生の繁茂によって丸太積土留工の機能の代替がなされるよう、萱株や柳枝等の植栽により、土砂の早期安定を図る必要がある。

4．構造

(1) 構造の概要

丸太積土留工の構造は、図－１のイラストに示すように、地盤に打込んだ止杭に横木を固定し、その上に控木を直角に後下りに並べ、これを積み上げたものである。



図－１　丸太積土留工の構造

資料：(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)－，山海堂，p.216[2]

丸太積土留工に使用する部材及びその配置間隔については、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説」では触れられていないが、他の主要な文献では表－１のような見解が示されている。従って、丸太積土留工の構造は、表－１及び(2)に示す安定検討を行って決定するものとする。

表－１　主要文献における丸太積土留工部材の諸元・設置間隔

文　献　名	土留工の高さ	法勾配	止　杭	横　木	控　木
砂防学講座第５巻-2	原則として1.5m 以下	3 分以上	1m 間隔以内	－	長 0.8m 以上 1m 間隔以内
木製構造物暫定設計指針及び暫定施工歩掛	１ｍ程度を原則とする	－	－	－	－
治山技術基準解説総則・山地治山編	原則として1m 以下	－	長 0.7m,径 10cm 程度 0.9～1.0m 間隔	長 2.0m 以上,径 10cm 程度	長 0.6～0.8m,径 10cm 程度,0.5～0.6m 間隔

資料：(社) 砂防学会（19993）：砂防学講座 第５巻-2 土砂災害対策－水系砂防(2)－，山海堂，pp.215-216[2]
林野庁（1999）森林土木 木製構造物暫定設計指針及び暫定施工歩掛，森林科学研究所，p.18[4]
林野庁（1993）治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，pp.294-295[3]

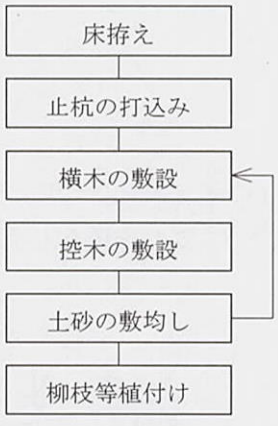
(2) 安定検討

丸太積土留工の安定検討は、一般的には地山部への根入れや止杭による抵抗は考慮せず、背面からの土圧に対して控木の長さを奥行きとする土留工の自重で抵抗するものとして、転倒，滑動，

地耐力の各条件で安定となるよう検討する。

5．施工法の概要

丸太積土留工の施工手順は、おおむね図－２に示すとおりである。



図－２　　丸太積土留工の施工手順

① 床拵え

土留工の奥行きに、土留工前面の犬走りを加えた幅で床拵えを行う。この際、法勾配と控木の条件によっては山側下りの床堀とする。犬走りの幅は、既往の事例の 0.3～0.5m[5]を参考とする。

② 止杭の打込み・横木，控木の敷設・土砂の敷均し

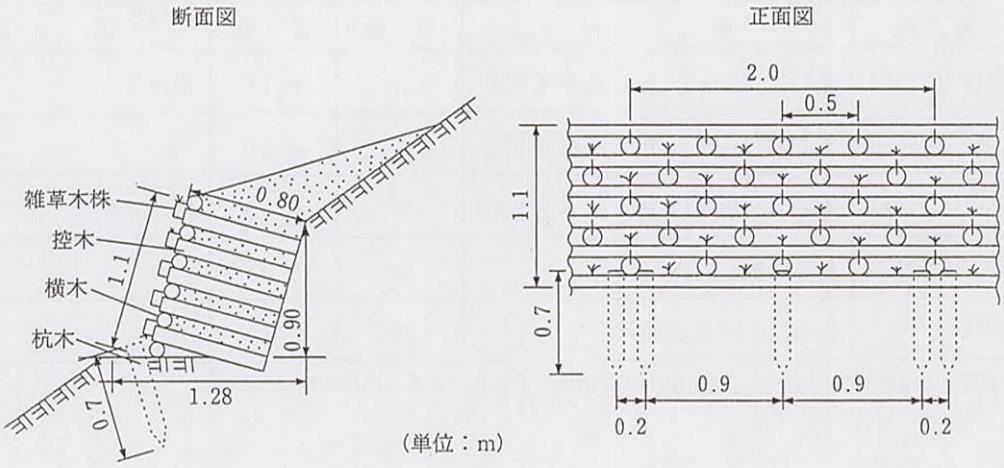
止杭を、設定された間隔で打込み、その内側に横木を並べ、鉄線やボルト等で止杭に固定する。横木の上には、控木を所定の間隔で横木に直角になるように山側下りに並べ、同様に固定する。この上に、土砂を所定の厚さになるように敷均し、突き固める。以上の作業を、土留工が所定の高さとなるまで繰り返す。

③ 柳枝等植付け

丸太と丸太の間に、ヤナギやウツギの挿木や、雑草，萱株等の植え付けを行い、土砂で覆う。

6．施工事例・数量表

丸太積土留工は、間伐材の利用促進のため、近年では治山分野での実績が多い。その中から、使用材料や丸太の接合方法が異なるいくつかの事例とそれぞれの数量表を以下に紹介する。



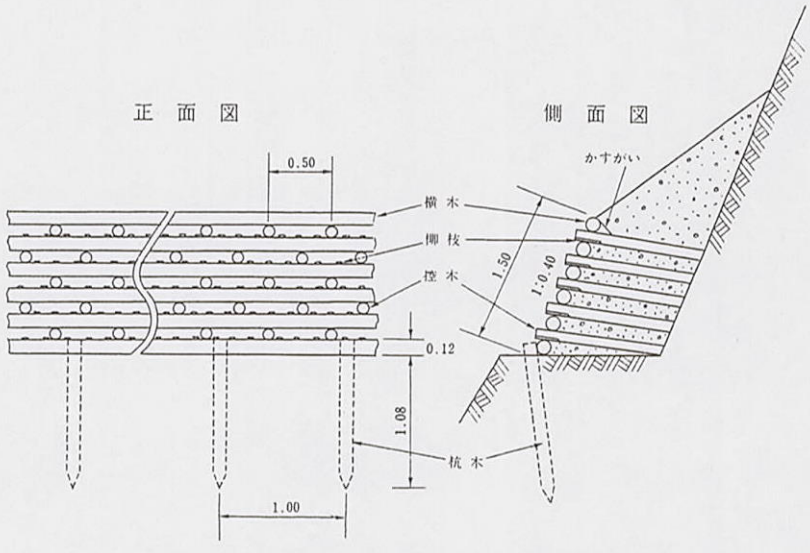
図－3　丸太積土留工の構造(例1)

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，(財) 経済調査会，p. 534[6)]

表－2 丸太積土留工の構造(例1)に対応する数量表　　(10m² 当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長 0.7m　径 8cm 以上	本	13.6	
横木	長 2.0m　径 10cm 以上	〃	27.3	
控木	長 0.8m　径 10cm 以上	〃	90.9	
鉄線	なまし #10	Kg	16.1	結束用
雑草木株	茎長 30cm 打違い 1 m縄〆	束	5.0	

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，(財) 経済調査会，p.534[6)]



図－4　丸太積土留工の構造(例2)

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.65[5)]

表－3 丸太積土留工の構造(例2)に対応する数量表 (10m当り)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
素材 (ｶﾗﾏﾂ)	末口径 12cm 以上 長さ 4.00m	m^3	0.11	横木
〃 (〃)	末口径 10cm 以上 長さ 0.90m	〃	0.11	〃
〃 (ヒノキ)	末口径 10cm 以上 長さ 1.20m	〃	0.02	杭木
かすがい	長さ 18cm 内外	本	8.00	
柳枝	長さ 20～30cm 縄〆	束	0.80	

資料：治山研究会 (1994)：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.65[5)]

1) 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
2) (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
3) 林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
4) 林野庁：森林土木 木製構造物暫定設計指針及び暫定施工歩掛，森林科学研究所，1999
5) 治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994
6) 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

積苗工

1．工法の概要と特徴

積苗工は、明治４～５年頃に京都府属官の市川義方によって開発され、その後改良された[1]階段工の一種で、荒廃地の地山に直高 1.5m 程度，幅１m程度の階段状の段切りを行った後、芝，またはわらを積み、土砂で埋め戻して植栽床を形成し[2]、植生が復旧するまでの間、山腹表土の移動を抑制するとともに水分を分散，貯留し、肥料供給を行って苗木の生育を促進させるものである。「積苗工」という名称は、一般には切芝を張り付ける「芝積苗工」を指すが、切芝の供給が十分でないところでは、わらを使った「わら積苗工」が用いられる場合もある[3]。また、積苗工を階段状に連続して設けた「段積苗工」は、斜面下端部の堆積土砂に対する簡易な土留工として用いられる。

2．適用用途

積苗工は、地山の露出した土壌条件の悪い箇所に植栽床を形成する[2]ことを目的とした階段工として、現在でも適用できる。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

積苗工を施工するには、主材料である芝やわらが大量に必要となるため、施工現場周辺でこれらの材料を必要量確保できるかどうかあらかじめ検討する必要がある。芝が不足する場合には、わらで代用したわら積苗工を採用する。なお、近年わらの入手は困難となってきているので、入手方法を検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

積苗工の適用箇所は、現行の建設省河川砂防技術基準(案)では寡雨，乾燥地帯の荒廃地[2]とされているが、積苗工の施工が現在よりも盛んであった昭和初期の文献には、さらに詳しい次のような記載がある。

- 地質が堅硬で 30°以下の緩傾斜地[4]
- 傾斜が比較的に急で地質がやや堅硬な所[5]
- 地質が堅硬な傾斜地[6]
- 施工後、芝の活着が良好な所（芝は一般に土質が多少湿気を帯びている所には活着しやすいが、地下水の湧出しているような多湿の所では成績不良）[4]

積苗工は地質が堅硬な箇所に適用できるという点は、全ての文献で共通している。ただし地下水が湧出するなど多湿で芝の成育が阻害される所には、積苗工を採用しないよう留意する。

積苗工を適用できる斜面勾配の考え方は文献ごとにまちまちであるが、法切後の斜面に施工することを前提としているので、勾配 1:1.5 程度までの斜面が対象となる。

② 気象条件

既往文献には気候的観点での適用条件に関する記述が極めて少なく、建設省河川砂防技術基準(案)の「寡雨，乾燥地帯[2]」に適するという記述の他には、「寒さの厳しい地方で冬期に張芝を行うと、翌年の融雪期に脱落するものが多く生ずる[4]」というものがあるのみである。積雪地帯や寒冷地帯における積苗工の施工事例に関する文献がなく不明な点は多いが、参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」から判断すると、積苗工は、積雪地帯や凍上地帯には適さないものと考えられる。ただし積雪や凍上の影響が小さく、なだれが発生する恐れもない箇所では、積雪期までに芝の根が活着するよう施工することで適用できると考えられる。

(3) 施工時期

積苗工は、芝が活着することにより効果を発揮するものであるため、張芝を実施する時期は以下の文献を参考に適した時期を選定する。

・張芝の時期は、春及び秋が最もよく、真夏に行うときは根が活着しないうちに枯れることが多い。春期に行う場合でも、６月頃まで長引くと、根が伸びないうちに梅雨に入り、破壊する危険がある[4]。
・寒さの厳しい地方で冬期に張芝を行うと、翌年の融雪期に脱落するものが多く生ずる[4]。

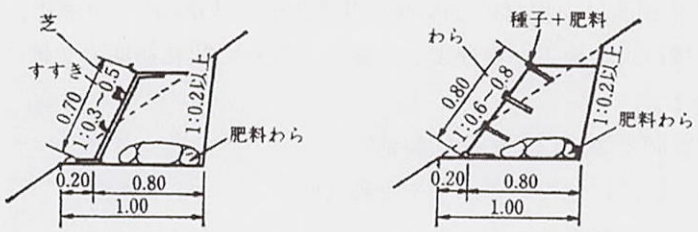
(4) 維持管理

施工後、降雨時に流水が集中して積苗工が破壊した場合は、その箇所により堅固な石積工，杭柵工等を施工して復旧させる。また、降雨時に水みちができて積苗工が破壊された場合には、水みちに沿って水路工を施工して保護する[4]。

４．構造

(1) 構造の概要

芝積苗工及びわら積苗工の標準的な構造を、図－１に示す。



(a) 芝積苗工　　(b) わら積苗工

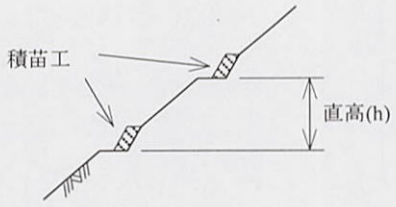
図－１　積苗工の例（単位：m）

資料：建設省河川局（1997）：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，p. 35

(2) 配置間隔

積苗工は、直高 1.5m 程度の間隔で，地山に幅１m程度の階段状の段切りを行った上に施工するのが基本である[2]が、山腹の傾斜の緩急に応じ、積苗工間の水平方向の間隔が一定となるよう

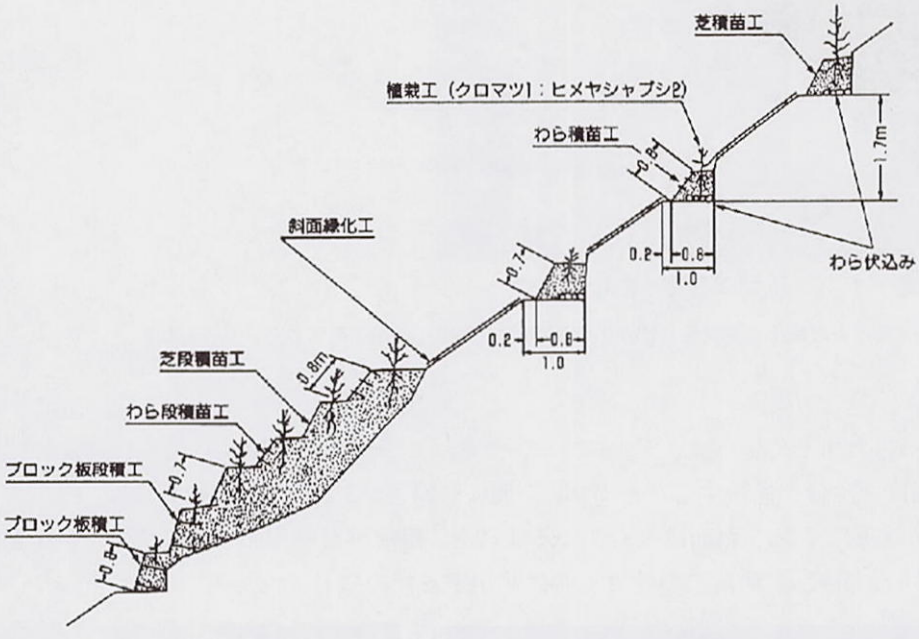
に直高を適宜調整する。調整の際には、勾配 20 °までは直高 1.2m，21～30 °は 1.5m，31 °以上は 2.0mとした事例[7]等を参考とする。



図－2　積苗工の直高

(3) 伏工の併用

積苗工相互間の斜面には、侵食を防止し早期緑化をはかるために、一般にわら伏工等の伏工が施工される。積苗工相互間の斜面に伏工（図中では斜面緑化工と表記）が施工されている事例を図－３に示す。この事例では、芝の不足を補うために、芝積苗工とわら積苗工とが交互に配置されている。

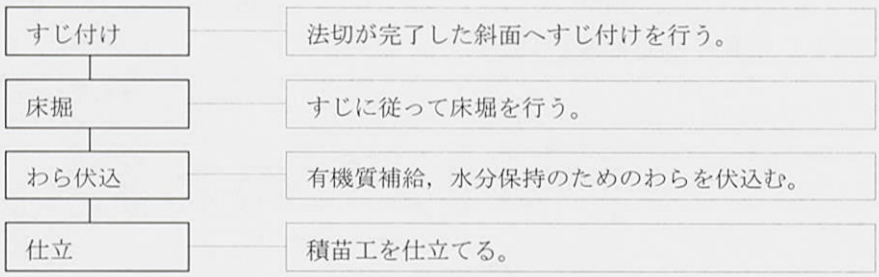


図－３　とくしゃ地における積苗工施工例（断面図）

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.122[3]

５．施工法の概要

芝積苗工，わら積苗工，段積苗工の施工法を、建設省近畿地建琵琶湖工事事務所管内で行われている方法を中心に整理した。各種積苗工の施工手順を以下に示す。



図－４　　積苗工の施工手順

(1) 芝積苗工

① すじ付け

法切工の完了した箇所に、水平器とポール２本を使用しながら、等高線状に幅 20cm 程度のすじ付けを行う。すじ付けの作業は、土木工事における丁張に相当するものである[3]。



写真－１　　法切工完了 すじ付け中

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 125

② 床堀

①でつけたすじに沿って、ブレーカー，つるはしを使用し下段から上段に向かって床堀を行う[3]。床堀は、水分を保持するため[4]少し山側に傾斜させ、幅１m[3]で行う。

床堀が完成したら、斜面に残っている土砂を、鋤簾等を使用し下方に降ろす。床堀間の斜面に残っている土砂は、積苗工の仕立て時に使用するため残しておく[3]。



写真－２　床堀状況



写真－３　ブレーカーによる床堀状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 126



写真－４　床堀完了状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 126

③ わら伏込

有機質の補給及び水分保持のために、１ｍ当たり 4kg に束ねたわら（稲わら）を床堀完了後すぐに伏込む[3]。



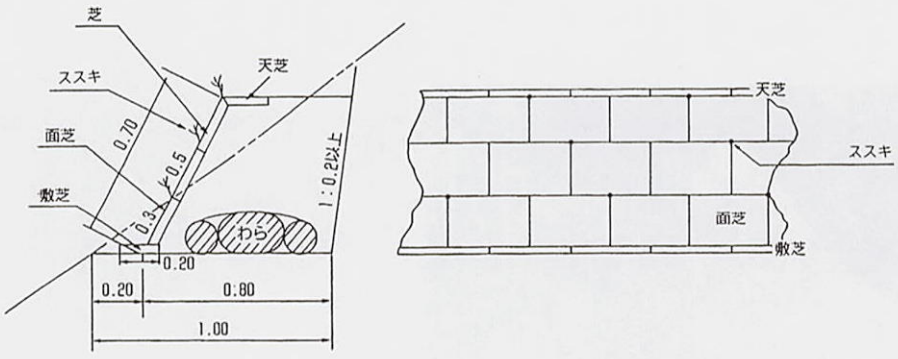
写真－５　わら伏込状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 126

④ 仕立

積苗工の施工は上段から下段へ向かって行う。仕立ては図－５に示す断面図のように敷芝を置く（写真－６）。次に、面芝を敷芝の上に長辺を横にして立て、床堀残土をその裏に埋戻し、足で踏み固めながら土羽板でたたいて締固める（写真－７）。２，３段目の面芝は、図－５のように継ぎ目が四ツ目にならないように同様の方法で施工する（写真－８）。その際裏土が不足する場合には、上方の斜面等から補充する[3]。

仕上げの際、10m当たり１束（約 90 株）のススキを図－５のようにはさみ込む[3]。



図－５　　芝積苗工の標準断面図，正面図

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 125



写真－６　敷芝施工状況

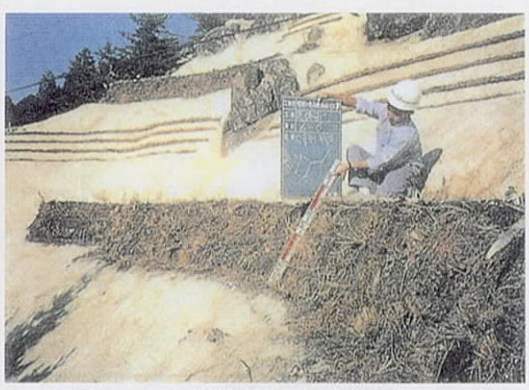


写真－７　面芝（１段目）施工状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 127



写真－８　面芝（３段目）施工状況



写真－９　芝積苗工完成状況

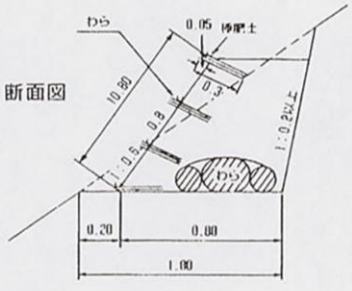
資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 127

(2) わら積苗工

すじ付けからわら伏込までの工程は芝積苗工と同じである。わら積苗工は、芝積苗工と同様上段から下段に向けて仕立てる。

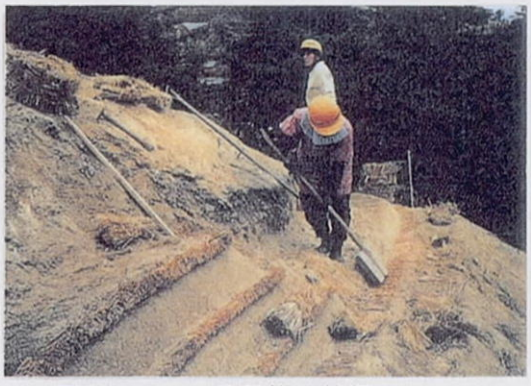
約 30cm に切断したわらの根元部を前面に向けて５cm 程度全面に出し敷並べ、土羽板と足踏

みで締固める。その時わらの方向が仕上げ面に直角になるように３段に仕立てる（図－６，写真－10，11）。わら積苗工は、一般に施工後６ヶ月くらい経過すると強度が落ちるので、わらの上部に種肥土（牧草の種子と化成肥料の混合物）を置き、ここから草本を成立させて斜面の安定強化を図る（写真－12）[3]。



図－６　　わら積苗工の標準断面図

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 128



写真－10　１段目施工状況



写真－11　２段目施工状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 128



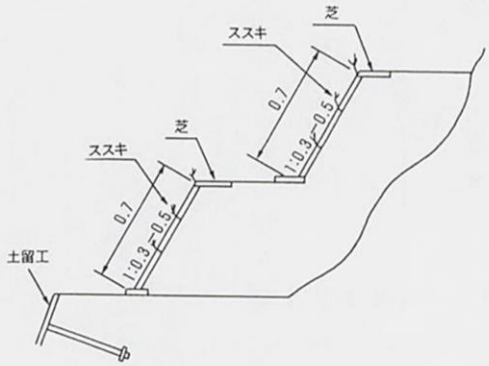
写真－12　わら積苗工完成状況（種肥土配置状況）

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 128

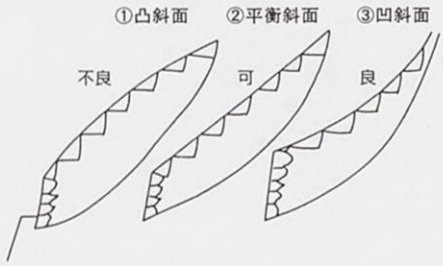
(3) 段積苗工

段積苗工は、法切工及び床堀の残土等を処理するため、土留工を基礎として芝積苗工やわら積苗工を連続的に幾段にも積み重ねて施工するものである（図－７参照)。工法は芝積苗工，わら積苗工と同様であるが、床堀は行わず、また法面の陥没を防ぐためわらの伏込みは行わない。

段積苗工で処理する残土の形状は、図－８に示すように凹斜面に仕上げる[3]。



図－７　段積苗工の標準断面図



図－８　段積苗工の仕上り勾配の良否

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998)：瀬田川砂防のあゆみ，p. 129

６．適用事例

現在は、積苗工が使用されている事例は少なく、建設省近畿地建琵琶湖工事事務所管内瀬田川流域の山腹工事に用いられている事例が確認できるだけである。構造や施工方法の概要については前章までに紹介したとおりである。

7. 数量表

(1) 芝積苗工

表－１　芝積苗工数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
芝	１辺 20cm 以上	m^2	10	雑芝草
ススキ	長さ 30cm，１m縄締	束	1	
わら	稲わら	kg	40	

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998)：瀬田川砂防のあゆみ，p. 125

(2) わら積苗工

表－2　わら積苗工数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
わら	稲わら	kg	60	
内訳 }	仕立て	kg	20	
	肥料	kg	40	

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 128

表－3　種肥土数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
種子	ウィーピングラブグラス ケンタッキー31 フェスク	g	26	配合１：１
化成肥料	N:P:K　15:10:7	kg	0.66	

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 128

1）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
2）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
3）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
4）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
5）荻原貞夫・福田次郎：改稿砂防工事及林道（沿道・砂防・林道・運林），明文堂，1956
6）鈴木恭介：実用砂防工学，丸善，1928
7）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938

編柵工

1．工法の概要と特徴

柵工は、表土の流出防止と、植栽木の生育基盤の改善・造成を目的として、または簡易な土留工として、山腹斜面に柵で階段を形成する工法である。柵工は、かつては山腹上の土砂の流出防止を図るための土留工としても使用された[1]が、現行の建設省河川砂防技術基準(案)では、原則として切取部で使用し、盛土部での使用は避けるものとされている[2]。一方、治山分野では、柵工は堆積土砂の表層の固定を目的とした簡易な土留工としても使用される[3]。

編柵工は、杭木に萌芽性の帯梢（粗朶の一種，「粗朶を使用する際の留意事項」参照）を使用して柵を掻き、背面に柳枝を縦に並べ、その背後に土砂を詰めて完了する工法で、柳が活着し成長することによる法面の保護を期待するものである[4]。編柵工は、木柵工に比べ資材運搬が容易であるが、材料の入手が木材ほど容易ではなく、また施工単価も高いという特徴がある[5]。

2．適用用途

編柵工は、現行の建設省河川砂防技術基準(案)によると、法面の切取部における階段工として適用する工法となっている[2]。一方、治山分野では、柵工は堆積土砂の表層の固定を目的とした簡易な土留工としても適用される[3]。いずれにしても、編柵工は表土の流出を防止する機能はあるが、堆積土砂や斜面表層土が土塊として移動する現象には対応できないので、これを考慮して用途を判断する必要がある。

近隣の施工地での伐採作業によって、大量の帯梢が発生する場合には、これを材料として有効利用を図ることが出来る。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

使用材料は、帯梢，木杭，ヤナギ・ウツギ等の樹梢（挿木用）等である。このうち、主材料である帯梢は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

柵工は、施工地付近に山芝や石材が乏しく、また杭木が打ち込めるように土層が比較的厚く、植生の導入が容易な箇所に適用できる。編柵に使用する帯梢は、湿潤な土壌条件で根がよく成長する[6]。帯梢が萌芽・活着しなければ２～３年で腐朽するので、土壌に保水能力があり湿潤を保てることが条件となる。

編柵工は法切後の斜面に施工することを前提としているので、勾配 1:1.5 程度の斜面が対象となる。

② 気象条件

参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」から判断すると、編柵工は先に示した地形・地盤条件さえ満たせばほぼ全ての地帯で適用できるものと考えられる。ただし積雪地帯のうち、なだれの常襲箇所への適用は難しいものと推測できる。また、積雪地帯では、同種の工法である丸太柵工が、積雪の匍行によって倒壊した事例が報告されている[7]ため、柵高を低くしたり、堅固な山腹基礎工を併用するなどの対策を必要とする。

③ 山腹基礎工との併用

編柵工は、堆積土砂や斜面表層土が土塊として移動する現象には対応できない。そのため、山脚部には堆積土砂の固定を目的とした強固な土留工を併用する。さらに、山腹の土砂が再移動する恐れのある箇所や積雪地では、山腹にも土留工を等間隔で施工し、それに挟まれた範囲に編柵工を施工するように計画する。

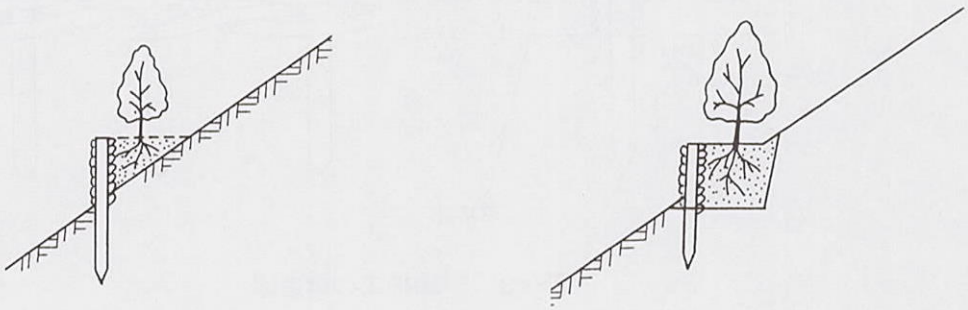
(3) 施工時期

挿木の適期には、樹木の休眠枝を採取して成長開始前に実施する方法と、晩秋に実施して翌春に萌芽を期待する２通りの方法がある[6]。編柵工は帯梢の萌芽・活着によって安定化するため、このような施工に適した時期を考慮して帯梢の採取，施工を迅速に行う必要がある。

４．構造

① 床堀

柵工は、堆積土砂や軟弱な地山に対し、簡易な土留工として計画する場合と、法切り後の堅い地山に階段を切り、苗木植栽の場を作るために計画する場合とがある[3]。前者の場合、床堀は必要ないが、後者の場合、階段を設けるための床堀が必要となる（図－１参照）。



（堆積土砂等の上に簡易な土留工として設ける場合）　（斜面に苗木植栽の場を作る場合）

図－１　床堀の考え方

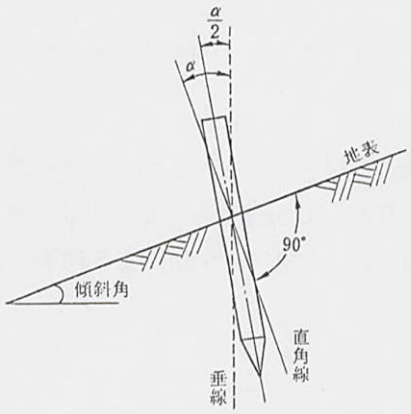
資料：林野庁（1993）：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，p.323 に一部加筆[3]

② 編柵工の高さ

編柵工の高さは 50cm 程度を標準とする[3]。

③ 木杭の打込み角度・間隔・長さ

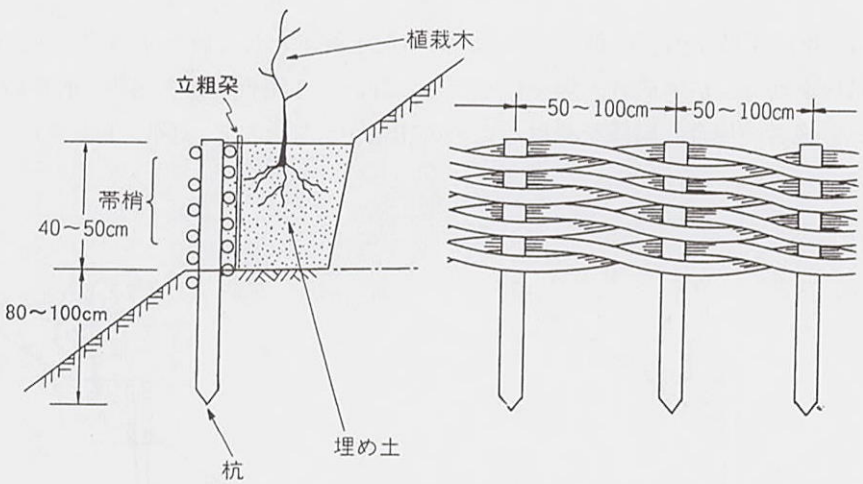
木杭の打込み角度は、一般に鉛直方向とするが、傾斜が急な斜面で杭の下方の土の厚さが十分に杭を支持するだけ取れない場合は、図－２に示すように鉛直方向と斜面に直角方向との二等分線方向に打ち込む[8]。



図－２　　木杭の打込み角度模式図

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p. 117[9]

木杭の打込み間隔は、0.5～1.0ｍを基本として現地の地形や土質条件に最も適した間隔を決定する[3]。また、使用する木杭の長さは、打ち込み深さができるだけ杭長の 2/3 以上となるように決定する[3]。図－３に、編柵工の標準的な構造図を示す。



図－３　　編柵工の構造図

資料：林野庁（1993）：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，p. 324 に一部加筆

④ 帯梢

柵の材料となる帯梢には、萌芽性の強いヤナギ等を施工地近傍で採取し使用するのが最もよいが、これが困難な場合は柳枝を編柵の間に挿入したり立粗朶として使用するなどの対策を講ずる。

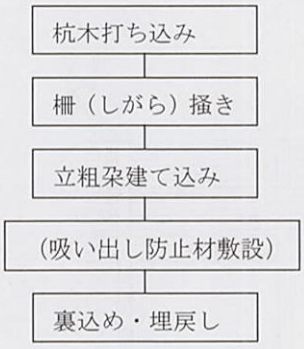
⑤ 編柵工の配置間隔

編柵工の垂直方向の配置間隔には特に規定はないが、積苗工の配置間隔（直高 1.5ｍ程度：「積苗工」の章を参照）を参考として、斜面に等高線状に施工する。編柵工相互間の斜面は、別途伏

工等による被覆・緑化を計画する。

5．施工法の概要

法切工及び床堀が事前に完了していることを前提に、編柵工の施工手順を整理する。施工手順は図－４に示すとおりである。



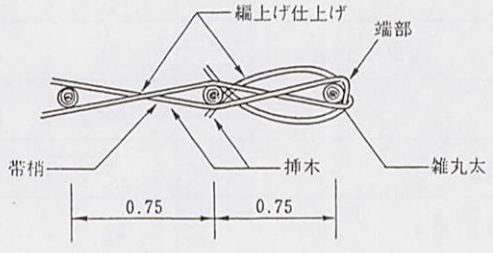
図－４　　編柵工の施工手順

① 杭木打ち込み

設定した間隔で、杭を等間隔に地上に 50cm 程度露出するように打ち込む。

② 柵掻き

帯梢を、図－３に示したように杭木に絡ませ、柵を形成させる。編柵の末端では、帯梢を図－５のように木杭に巻き付けて固定する。



図－５　　編柵末端部の処理

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.117[9)]

③ 立粗朶建て込み

柵の背面に新鮮な柳枝を縦に並べ、立粗朶とする。

④ 吸い出し防止材敷設

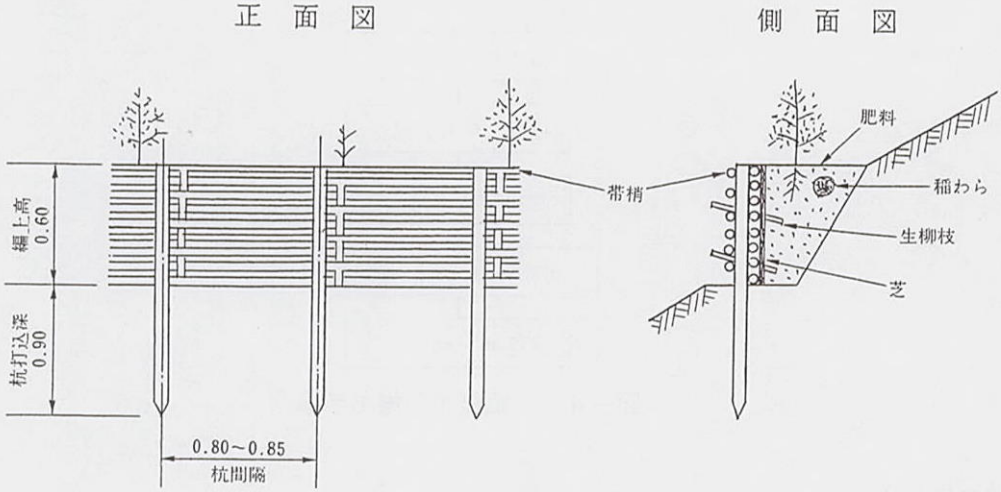
上流からの流水が集中し、柳枝が成長するまでの間に背面の埋戻し土が流失する恐れのある箇所では、必要に応じて吸い出し防止材を柵の背面に設置する。

⑤ 裏込め・埋戻し

柵の背面を、土砂で水平に埋め戻す。

6．施工事例・数量表

編柵工は、近年では砂防工事よりもむしろ治山工事での実績が多い。編柵工の高さ，杭間隔等の諸元は様々であるため、材料の使用数量もまちまちである。ここでは、編柵工の施工事例とそれに対応する数量表を数例紹介するにとどめる。



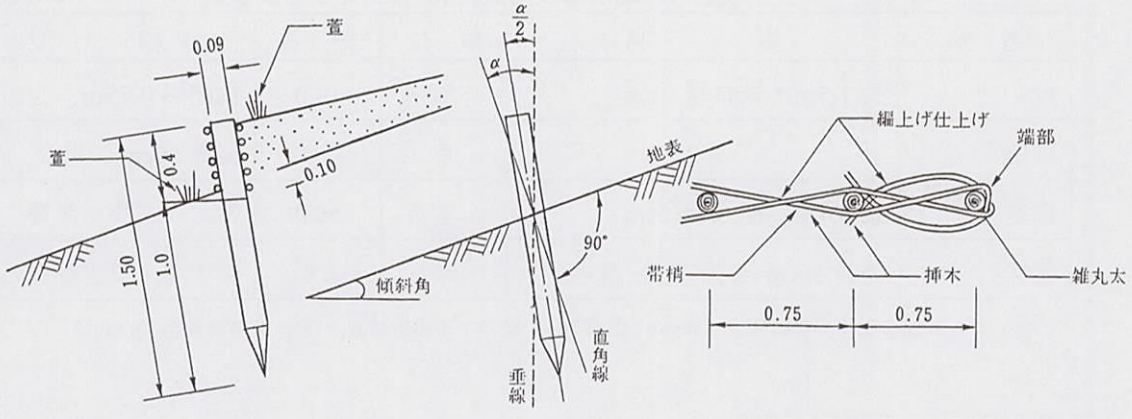
図－６　　編柵工の構造（例１）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.111[9)]

表－１　編柵工の構造(例1)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭	長 1.5m　末口径 9 cm	(m^3) 本	(0.16) 13.0	生松丸太，皮はぎ
帯梢	長 3.5m　径 2～3cm	束	4.0	22 本結束
芝		m^2	6.0	
生柳枝	長 30cm	本	50.0	
肥料	N 3: P 6: K 4	kg	1.0	肥料木用 1 本当り 200g
肥料	N 6: P 4: K 3	〃	1.0	主木用 1 本当り 200g
稲わら		〃	7.5	
ヤシャブシ	1 年生 根元径 3mm 以上	本	5.0	
ヒノキ	3 年生 根元径 7mm 以上	〃	5.0	長 45cm 以上

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.111[9)]



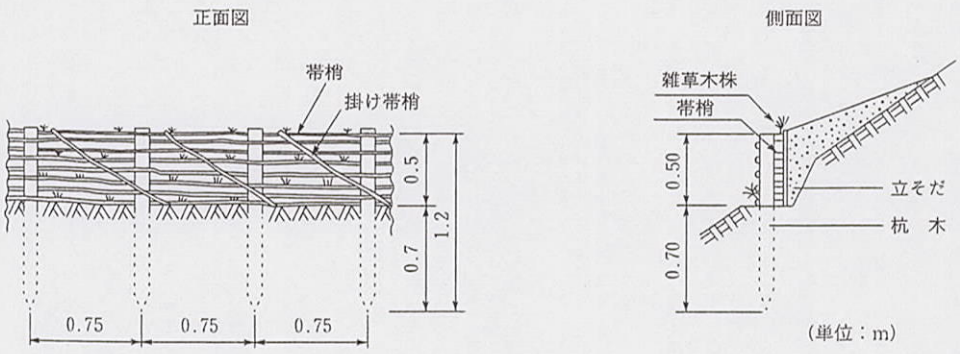
図－７　　編柵工の構造（例２）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.117[9)]

表－２ 編柵工の構造(例2)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭用丸太両切	長 1.5m　径 8～16cm	本	13.0	
材料採取	帯梢	束	5.0	
材料採取	さし木（ヤナギ，ウツギ等）	〃	0.5	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.117[9)]



図－８　　編柵工の構造（例３）

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，(財) 経済調査会，p. 549[10)]

表－3 編柵工の構造(例3)に対応する数量表 (10m当り)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
杭	長 1.5m 末口径 9 cm	本	13.0	杭間隔 0.75m
帯梢		束	5.0	編高 50cm の場合
挿木	長 0.4m 径 0.7～3cm	本	50.0	ヤナギ，ウツギ等
萱株	茎長 30cm 打違い 1m縄〆	束	4.0	ヤナギ，ウツギ等

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.549[10]

1）（社）全国治水砂防協会：日本砂防史，石崎書店，1981
2）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
3）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
4）（社）北陸建設弘済会：粗朶工法の施工について（その３），多自然研究，No.50，p.10，1999
5）宇佐美正好・高山康博：治山事業における間伐材の利用と今後の見通し，治山研究発表会論文集，Vol.21，pp.117-121，1982
6）炭本弘志・段坂繁美：ヤナギ帯梢筋工の施工，治山研究発表会論文集，Vol.21，pp.248-252，1981
7）春日 智：木材・木製品の使用拡大に係る考察，治山，1999
8）村井 宏・堀江保夫：新編 治山・砂防緑化技術－荒廃環境の復元と緑の再生－，ソフトサイエンス社，1997
9）治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994
10）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

丸太柵工

1．工法の概要と特徴

柵工は、表土の流出防止と、植栽木の生育基盤の改善・造成を目的として、または簡易な土留工として、山腹斜面に柵で階段を形成する工法である。柵工は、かつては山腹上の土砂の流出防止を図るための土留工としても使用された[1]が、現行の建設省河川砂防技術基準(案)では、原則として切取部で使用し、盛土部での使用は避けるものとされている[2]。一方、治山分野では、柵工は堆積土砂の固定を目的とした簡易な土留工としても使用される[3]。

丸太柵工は、杭木に丸太を横使いに結束し、柵を形成するものである。丸太柵工は、編柵工に比べ資材運搬が困難であるが、材料が入手しやすく施工単価も安いという特徴がある[4]。丸太柵工はいずれ腐朽するため、植生によってなるべく早く背面の埋め戻し土を固定する必要がある。

2．適用用途

丸太柵工は、現行の建設省河川砂防技術基準(案)によると、法面の切取部における階段工として適用する工法となっている[2]。一方、治山分野では、柵工は堆積土砂の表層の固定を目的とした簡易な土留工としても適用される[3]。いずれにしても、丸太柵工は表土の流出を防止する機能はあるが、堆積土砂や斜面表層土が土塊として移動する現象には対応できないので、これを考慮して用途を判断する必要がある。

近隣の施工地での伐採作業や砂防樹林帯の保育作業によって、大量の丸太が発生する場合には、これを材料として本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

使用材料は、丸太，萱株やヤナギ・ウツギ等の樹梢（挿木用），亜鉛メッキ鉄線等である。このうち、主材料である丸太は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

柵工は、施工地付近に山芝や石材が乏しく、また杭木が打ち込めるように土層が比較的厚く、植生の導入が容易な箇所に適用できる。

丸太は施工後数年で腐朽するため、最終的には植生による埋戻し土の固定を期待する。そのためには、保水能力があり湿潤を保てる土壌が適している。

丸太柵工は法切後の斜面に施工することを前提としているので、勾配 1:1.5 程度の斜面が対象となる。

② 気象条件

参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」から判断すると、丸太柵工は先

に示した地形・地盤条件さえ満たせばほぼ全ての地帯で適用できるものと考えられる。ただし、積雪地帯のうち、なだれ常襲箇所への適用は難しいものと考えられる。また、積雪地帯では、丸太柵工が雪のほ行によって倒壊した事例が報告されている[5]ため、柵高を低くしたり、堅固な山腹基礎工を併用するなどの対策を必要とする。

③ 山腹基礎工との併用

丸太柵工は、堆積土砂や斜面表層土が土塊として移動する現象には対応できない。そのため、山脚部には堆積土砂の固定を目的とした強固な土留工を併用する。さらに、山腹の土砂が再移動する恐れのある箇所や積雪地では、山腹にも土留工を等間隔で施工し、それに挟まれた範囲に丸太柵工を施工するように計画する。

(3) 植生の導入

植生によってなるべく早く背面の埋め戻し土を固定するため、階段上や壁材の間には、必ずカヤや雑草株を植え付けるか、雑草種子の実播等を計画する[3]。

4．構造

① 床堀

柵工は、堆積土砂や軟弱な地山に対し、簡易な土留工として計画する場合と、法切り後の堅い地山に階段を切り、苗木植栽の場を作るために計画する場合とがある[3]。前者の場合、床堀は必要ないが、後者の場合、階段を設けるための床堀が必要となる（図－１参照）。



（堆積土砂等の上に簡易な土留工として設ける場合）　　（斜面に苗木植栽の場を作る場合）

図－１　床堀の考え方

資料：林野庁（1993）：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，p323

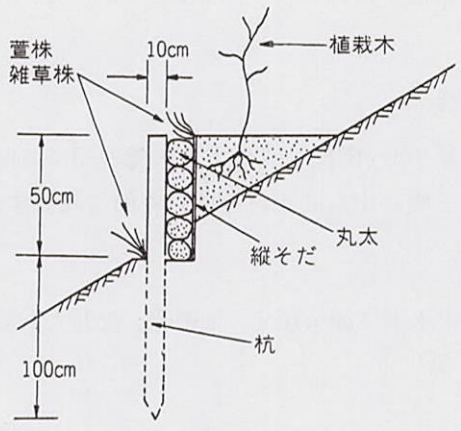
② 丸太柵工の高さ

丸太柵工の高さは、同種工法である編柵工に準じ、50cm 程度[3]を標準とする。

③ 木杭の打込み角度・間隔・長さ

木杭の打込み角度は、一般に鉛直方向とするが、傾斜が急な斜面で杭の下方の土の厚さが十分に杭を支持するだけ取れない場合は、鉛直方向と斜面に直角方向との二等分線方向に打ち込む[6]。木杭の間隔は、同種工法である編柵工に準じ、0.5～1.0ｍを基本として現地の地形や土質条件に

最も適した間隔を決定する[3)]。また、木杭の長さも、同様に杭の打ち込み深さができるだけ杭長の 2/3 以上となるように決定する[3)]。図－２に、丸太柵工の構造例を示す。



図－２　　丸太柵工の構造図

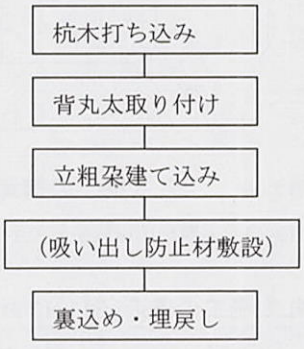
資料：林野庁（1993）：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，p325

④ 丸太柵工の配置間隔

丸太柵工の垂直方向の配置間隔には特に規定はないが、積苗工の配置間隔（直高 1.5ｍ程度：「積苗工」の章を参照）を参考として、斜面に等高線状に施工する。丸太柵工相互間の斜面には、別途伏工による被覆・緑化を計画する。

５．施工法の概要

法切工及び床堀が事前に完了していることを前提に、丸太柵工の施工手順を整理する。施工手順は図－３に示すとおりである。



図－３　　丸太柵工の施工手順

① 杭木打ち込み

設定した間隔で、杭を等間隔に地上に 50cm 程度露出するように打ち込む。

② 背丸太取り付け

背丸太を、#12～#18 の亜鉛メッキ鉄線を使用して取り付ける。この際、丸太と地山の間に隙

間ができないように留意する。

③ 立粗朶建て込み

柵の背面に新鮮な柳枝を縦に並べ、立粗朶とする。または、萱株等を柵の根元や背後に植付ける。

④ 吸い出し防止材敷設

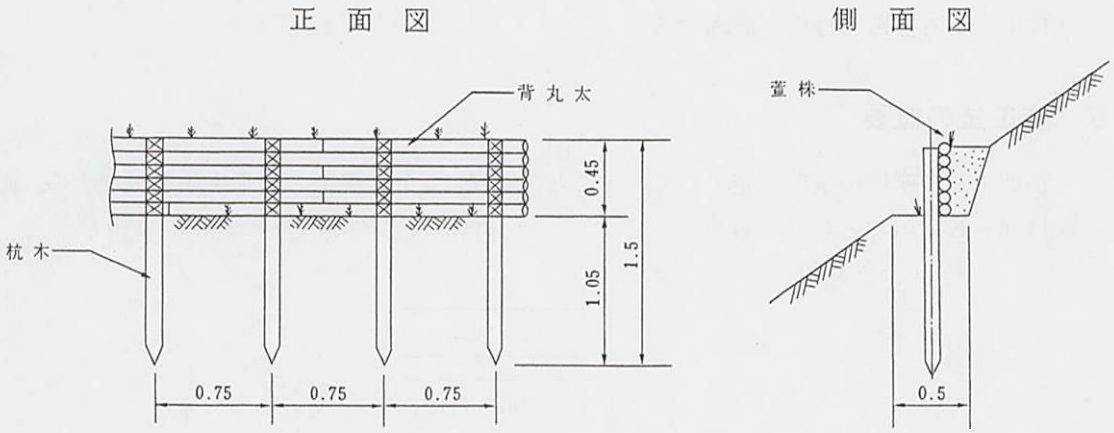
上流からの流水が集中し、柳枝が成長するまでの間に背面の埋戻し土が流失する恐れのある箇所では、必要に応じて吸い出し防止材を柵の背面に設置する。

⑤ 裏込め・埋戻し

柵の背面を、土砂で水平に埋め戻す。この際、背丸太と立粗朶との間に空気がはいらないように埋め戻しを十分行う[7]。

6．施工事例・数量表

丸太柵工は、近年では砂防工事よりもむしろ治山工事での実績が多い。柵の高さ，杭間隔等の諸元は様々であるため、材料の使用数量もまちまちである。ここでは、丸太柵工の施工事例とそれに対応する数量表を数例紹介するにとどめる。



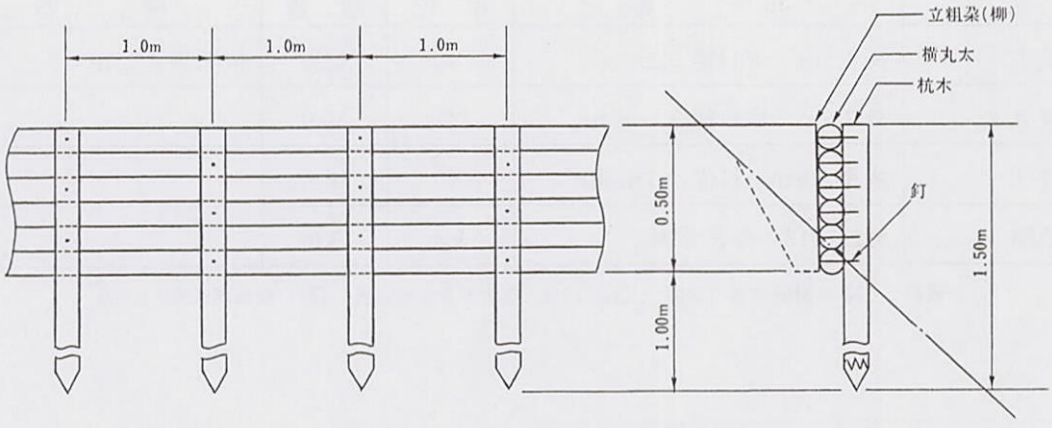
図－４　　丸太柵工の構造（例１）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.109[8]

表－１ 丸太柵工の構造(例1)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長さ 1.5m　末口径 9 cm	本	13.0	
背丸太	長さ 2.0m　末口径 3～8cm	〃	30.0	
萱株	茎長 30cm　打違い 1m縄〆	束	1.5	
鉄線	なまし #12	kg	3.0	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.109[8]



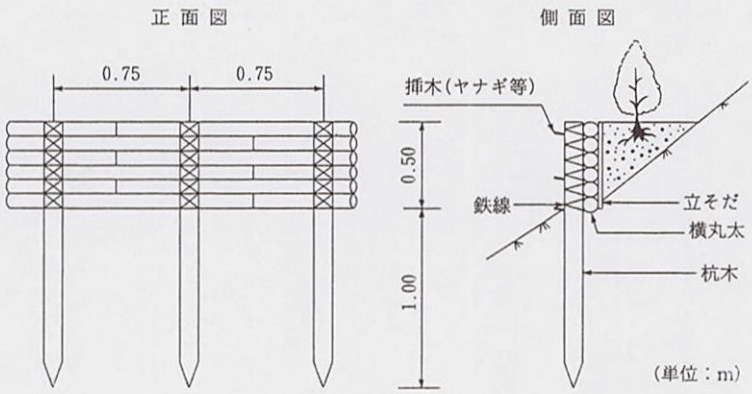
図－５　　丸太柵工の構造（例２）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.107[8]

表－２ 丸太柵工の構造(例2)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長さ 1.5m　末口径 9 cm	本	10.00	スギ
横丸太	長さ 2.0m　末口径 8 cm	m^3	0.39	スギ素材
立粗朶	長さ 1.2m　1.0m縄〆	束	3.00	ヤナギ
釘	長さ 15cm	kg	0.47	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.107[8]



図－６　　丸太柵工の構造（例３）

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.550[9]

表－３　丸太柵工の構造(例2)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長 1.5m　末口径 9 cm	本	13.0	杭間隔 0.75m
背丸太	長 3.6m　末口径 3～8 cm	本	30.0	
萱株	茎長 30cm　打違い 1m縄〆	束	1.5	
鉄線	#12～#18　なまし線	kg	3.0	

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.549[9]

1）（社）全国治水砂防協会：日本砂防史，石崎書店，1981
2）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
3）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
4）宇佐美正好・高山康博：治山事業における間伐材の利用と今後の見通し，治山研究発表会論文集，Vol.21，pp.117-121，1982
5）春日　智：木材・木製品の使用拡大に係る考察，治山，1999
6）村井　宏・堀江保夫：新編 治山・砂防緑化技術－荒廃環境の復元と緑の再生－，ソフトサイエンス社，1997
7）花野秀昭：治山工事における木材利用について，治山，1997
8）治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994
9）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

筋 工

1．工法の概要と特徴

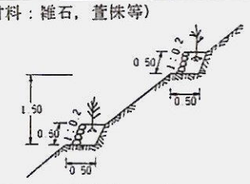
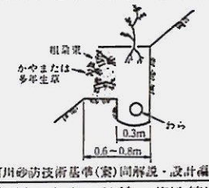
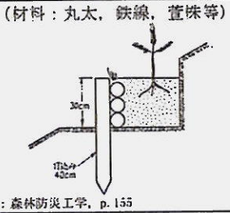
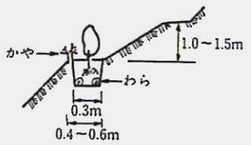
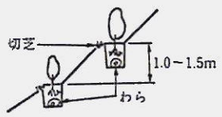
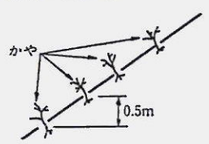
筋工は、比較的表土の深い地味良好な箇所または崩壊地の地山部に、雨水の分散と山腹斜面侵食防止及び植生の早期導入を図ることを目的として計画する[1]。

筋工は、①階段状に粗朶束や石材等を積み、その背後に埋土をして鉢を形成するもの，②階段を切付けて雑草株等を筋状に植付けるもの，③緑化用の資材を斜面に直接筋状に植付けるものの３種類に大別でき、またさらに客土効果が期待できるものと期待できないものとに細分されるため[2]、工種の選定に当たっては、現地の地形，土壌，気象条件を検討し、その現場に最も適するものを選択する必要がある。

2．適用用途・工法適用上の留意点・構造・施工法の概要

筋工には、石材，粗朶，丸太，萱，わら など様々な素材を使用したものがあるが、それぞれ機能や施工方法が異なるため、工種選択の際の判断基準となるよう、各工種ごとの用途，工法適用上の留意点，標準構造等を、既往文献に基づき表－１のように整理した。

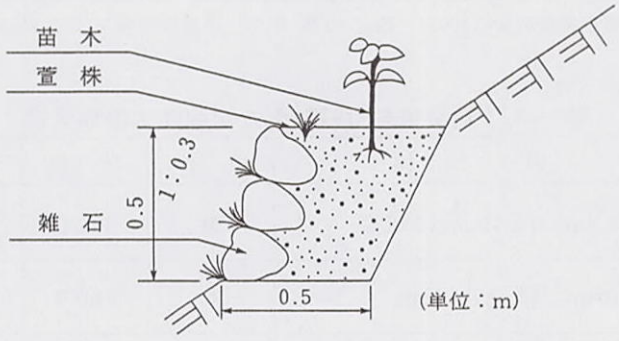
表－1　各種筋工の適用条件，施工方法等総括表

形態・目的	工種・材料	概要・特徴	適用条件・留意事項	施工方法
形態①：階段状に粗朶束や石材等を積み、その背後に埋土をして鉢を形成する 目的：植栽木の生育基盤の改善・造成を主目的とする。雨水の分散及び山腹斜面の侵食防止効果も期待する。	**石筋工**（材料：雑石，萱株等）  治山技術基準解説 総則・山地治山編，p. 131	石筋工は、斜面に石礫が堆積しており、他の筋工を計画しても植生の生育が期待できない箇所に対して、石礫の整理を目的として施工される[2]。	石筋工は、湧水等があり、他の筋工では破損する恐れがある場合に適用できるが[2]、夏期の高温時には、日射で積石が熱を吸収して土壌が乾き[3]、犬走りが崩れることが多い[4]。そのため、斜面の石礫を処理する必要がない場合には、この工法の適用は避けるべきである[5]。	石筋工は、石積のように規則正しい石組みをするものではないため、その高さは 50cm 以下とし、のりは３分，階段幅は 50cm 程度を標準とする[2]。階段の肩は、凍上，霜柱等によって崩落しやすいので、その保護も兼ねて、石積基礎の前面には雑草の根株等を筋状に植付ける[2]。 最近では、積石の代わりに鉄線蛇籠が活用される場合もある[3]。
	粗朶筋工（材料：粗朶，挿穂・萱株等）  改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]，p. 36	粗朶筋工は、積苗工の代わりに使用される工法である[5]。	粗朶筋工は、粗朶の採取が容易であり、粗朶筋背面の埋土や挟み土に良質な土壌が使用でき、萱，雑草等が生育できる箇所に適用する[2]。粗朶筋工は、粗朶積工と同じ構造であり、凍上・凍結の激しい地帯でも適用できる[6]。	粗朶筋工は、一般に直高 1.0～1.5m 程度，階段幅 0.6～0.8m 程度，粗朶の積高 0.4m 程度，粗朶の長さ 0.4m 程度，粗朶束の径 0.1m 程度とし、粗朶束の間に萱株あるいは多年生草を埋込み、粗朶の腐朽に備えるものとする[6]。
	丸太筋工（材料：丸太，鉄線，萱株等）  飯塚 肇(1958)：森林防災工学，p. 155	丸太筋工は、関東大震災におけるスギ，ヒノキ林の被害木を利用するために案出された筋工である[7]。本工は、山地の間伐材を利用できる所では経費が安く済む[5]。	丸太筋工は、丸太の入手が容易であり、地質が軟弱な箇所または法切土砂の安定化が必要な箇所に用いられる[8]。 丸太は腐朽しやすいので、丸太の間に萱株，雑草，萌芽力の強い柳やウツギ等を挿して[5]早期緑化を図ることが必要である。	丸太筋工は、一般に階段幅を 40～60cm にとり、径 10cm 内外の杭を 70cm 間隔に打込み、その内側に長さ 2m 以上，径 10cm 内外の丸太を 30cm 高内外に積み重ね、裏を土砂で埋め、わら株，雑草木，雑木株等を植え付け、柳等の枝条を挿して仕上げる[8]。
形態②：階段を切付けて雑草株等を筋状に植付けるもの 目的：雨水の分散，山腹斜面の侵食防止，植栽木の生育基盤の改善・造成を目的とする。	**萱筋工**（材料：萱株等）  改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]，p. 36	萱筋工は、積苗工に使用する芝の不足を補うために案出された工法で[7]、萱株を筋状に植えて表面水の分散を図るものである[2]。	萱筋工は、堆積土砂が膨軟で階段を設ける必要がな箇所や、傾斜が急で広い階段の切付けが困難な箇所で、かつ土質条件が萱の生育に適する箇所に適用できる[2]。 萱筋工を単独で用いる場合など、筋工間の直高が大きくなり、斜面の被覆が進みにくいと考えられる場合には、実播工や伏工等を併用する[2]。また、積雪地帯では、萱の成長によってなだれが誘発されやすいので、なだれの防止工と併用する[2]。	萱筋工は、一般には直高 1.0～1.5m，階段幅 0.4～0.6m，萱は 1m 当たり 0.2～0.3 束で施工する[6]。
	芝筋工（材料：切芝，目串等）  改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]，p. 36	芝筋工は、萱筋工の代わりとして使用される工法である[6]。 芝筋工は、被覆範囲が萱筋や粗朶筋に比べて面的であることから、初期におけるガリー発生防止効果が期待できる[2]。また、一定厚以上の土の付いた切芝を使用することにより、客土効果も期待できる[2]。	芝筋工は、芝の入手が容易であり、崩壊地周辺部からの降雨水が流入しやすく、他の筋工ではガリーの発生を防止できない箇所に適用する[2]。	芝筋工の構造は、萱筋工とおおむね同様である。切芝には腐植土が一定厚（5cm 程度）付着している必要がある。切芝を押さえる目串は、原則として萌芽性の強いヤナギ，ハギ，ウツギ等の挿穂を使用する[2]。
形態③：緑化用の資材を斜面に直接筋状に植付けるもの 目的：雨水の分散，山腹斜面の侵食防止を目的とする。	**萱筋工**（材料：萱株等）  改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]，p. 36	萱筋工は、積苗工に使用する芝の不足を補うために案出された工法で[7]、萱株を筋状に植えて表面水の分散を図るものである[2]。	階段を設けない萱筋工は、地味のよい比較的傾斜の緩やかな堆積土の地帯で、萱の生長が期待できる箇所に適用できる[6]。	階段を設けない場合の萱筋工の直高は、0.5m 程度を標準とする[2]。
	芝筋工（材料：切芝，目串等）  改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]，p. 36	芝筋工は、萱筋工の代わりとして使用される工法である[6]。 芝筋工は、被覆範囲が萱筋や粗朶筋に比べて面的であることから、初期におけるガリー発生防止効果が期待できる[2]。また、一定厚以上の土の付いた切芝を使用することにより、客土効果も期待できる[2]。	階段を設けない芝筋工は、萱筋工の場合と同様に、地味のよい比較的傾斜の緩やかな堆積土の地帯に適用できるものと考えられる。	芝筋工の構造は、萱筋工とおおむね同様である。切芝には腐植土が一定厚（5cm 程度）付着している必要がある。切芝を押さえる目串は、原則として萌芽性の強いヤナギ，ハギ，ウツギ等の挿穂を使用する[2]。

3．施工事例・数量表

筋工には様々な種類のものがあり、さらに同じ種類の筋工であっても地方や現場ごとに異なった構造のものが使用される場合があるため、ここでは各種筋工ごとの構造とそれに対応する数量表の例を数例紹介する。

(1) 石筋工



図－1　　石筋工の構造（例）

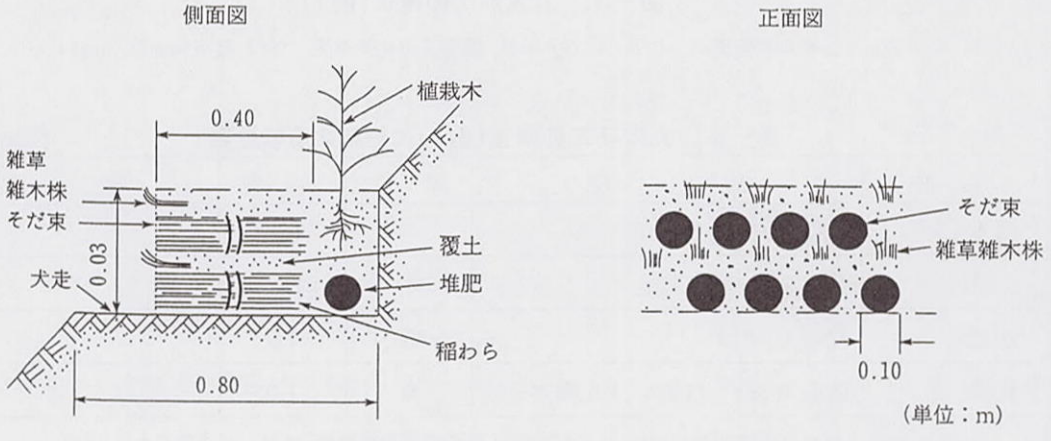
資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 551[9)]

表－2　石筋工の構造(例)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
雑石	控 0.4m 以上（法高 0.5m）	m^2	1.0	
萱株		束	4.0	打違い 1m 縄〆(萱株は基礎 2 束,天端 2 束使い)

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.551[9)]

(2) 粗朶筋工



図－2　粗朶筋工(2段積)の構造(例)

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.553[9)]

表－3　粗朶筋工（2段積）の構造（例）に対応する数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
粗朶	長 0.4m　径 10cm に結束	束	120.0	1m 当たり 6 束使用， 2 段積，高 0.3m に仕上
挿穂	長 0.4m　径 0.7～3cm	本	120.0	ヤナギ，ウツギ等
萱株	茎長 30cm　打違い 1m 縄〆	束	3.0	

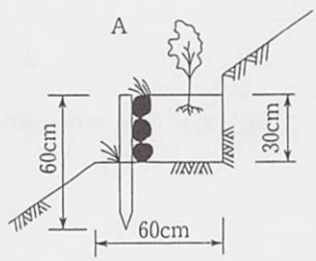
資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.553[9)]

表－4　粗朶束を3段積とした粗朶筋工の数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
粗朶	長 0.4m　径 10cm に結束	束	180.0	1m 当たり 6 束使用， 3 段積，高 0.5m に仕上
挿穂	長 0.4m　径 0.7～3cm	本	180.0	ヤナギ，ウツギ等
萱株	茎長 30cm　打違い 1m 縄〆	束	4.0	

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.553[9)]

(3) 丸太筋工



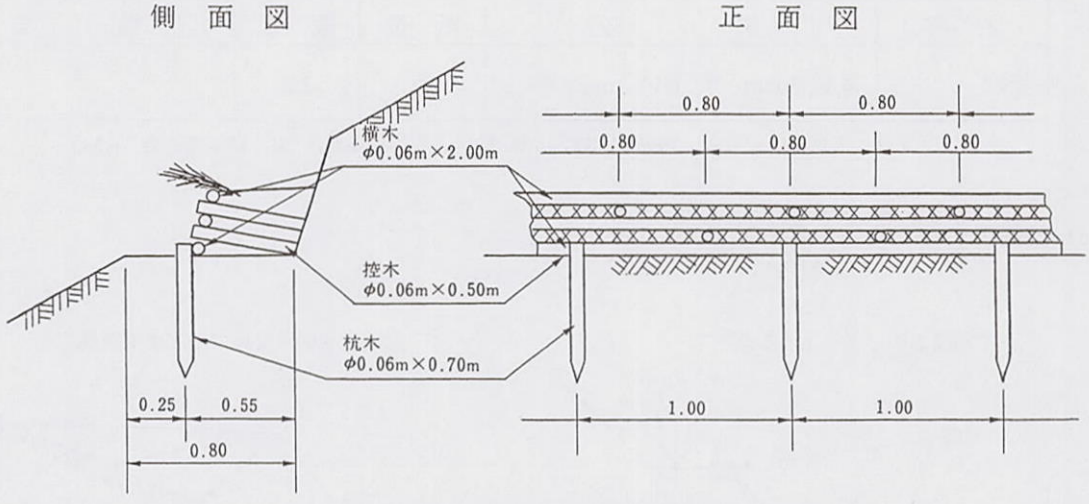
図－3　丸太筋工の構造（例1）

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.554[9)]

表－5　丸太筋工の構造（例1）に対応する数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
横木	長 2.0m　径 0.1m	本	15.0	
止杭	長 0.6m　径 0.1m	本	15.0	
鉄線	なまし #14	kg	1.0	
萱株	茎長 0.3m　打違い 1m 縄〆	束	1.0	

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.553[9)]



図－4　丸太筋工の構造（例2）

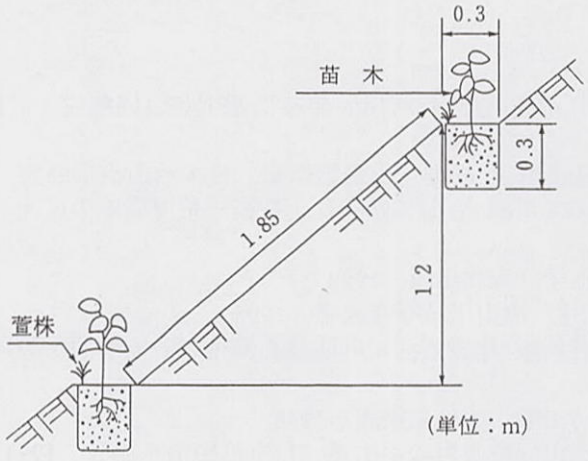
資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.129[8]

表－6　丸太筋工の構造（例2）に対応する数量表　（10m当り）

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	径 0.06 以上　L 0.70	本	10.0	
横木	〃 0.06 〃　〃 2.00	〃	15.0	
控木	〃 0.06 〃　〃 0.50	〃	25.0	
萱株	長さ 0.3m　1m 縄〆	束	2.0	現地採取
なまし鉄線	10 番	kg	2.17	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.129[8]

(4) 萱筋工



図－5　萱筋工の構造（例）

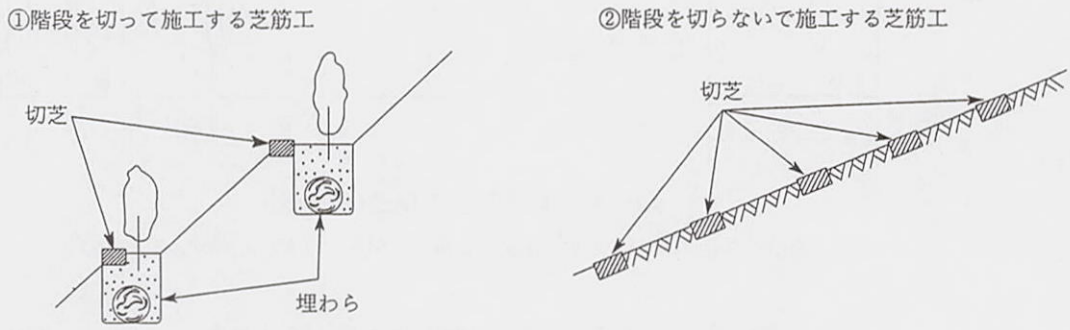
資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.552[9]

表－7　萱筋工の構造(例)に対応する数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
萱株	茎長 30cm　打違い 1m 縄〆	束	2.0	

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.552[9]

(5) 芝筋工



図－6　芝筋工の構造(例)

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.552[9]

表－8　芝筋工の構造(例)に対応する数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
切芝	長さ 33cm 厚さ 6cm 幅 20cm	枚	30.0	1m 当たり 3 枚
目串		本	60.0	斜面に溝切りし、直接芝付する場合のみ

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 552

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
3）村井　宏・堀江保夫：新編 治山・砂防緑化技術－荒廃環境の復元と緑の再生－，ソフトサイエンス社，1997
4）飯塚肇：森林防災工学，森北出版，1958
5）林野庁治山課編：改訂 治山工種写真図譜，1995
6）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
7）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938
8）治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994
9）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

粗朶積工

1．工法の概要と特徴

粗朶積工は、表土の流出防止と、植栽木の生育基盤の改善・造成を目的として、山腹斜面に粗朶を用いて階段を形成する工法である。粗朶は水分を保持するとともに、腐朽した後には植栽木の成長を促す肥料分となる。本工は原則として、堅固な土留工を基礎として設けた山腹斜面で使用される[1]が、背面土圧が小さい箇所への簡易な土留工としても使用されることがある[2]。

本工法は、資材を人力でも運搬することができ、また自然材料のみを使用するため、自然環境へ与える負荷は極めて小さい。

2．適用用途

粗朶積工の基本的な用途は、他の階段工と同じく、表土の流出防止と植栽木の生育基盤の改善・造成であるが、粗朶積工は、特に凍上・凍結が激しい箇所に施工する階段工として適している[3]。

砂防ダム等の施工に際し、伐採によって大量の粗朶（広葉樹の樹梢）が生ずる場合には、施工地周辺の撹乱された斜面の安定化対策に本工法を用いることができる。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

使用材料は、粗朶束（L＝0.4m，φ＝0.1m），土砂，植栽用材料（芝，カヤ株，雑草，雑木株，柳枝等），木杭である。このうち、主材料である粗朶は大量に必要となるため、施工現場周辺でこれらの材料を必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

粗朶積工は、土壌条件が比較的よく[3]、背面土圧が小さく、また雨水の集中しない箇所に適用できる[2]。また、粗朶積工は法切後の斜面に施工することが前提であるので、適用する斜面勾配は1:1.5程度[3]となる。

気象条件を考慮した場合、参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」や、凍上の激しい箇所にも適用できるということから総合的に判断すると、粗朶積工は、なだれの恐れがある積雪地帯を除いたほとんど全ての地帯に適用できるものと考えられる。

粗朶積工は、自重が軽く、また最終的には植生の持つ土砂扞止効果を期待する工法であるため、背面土圧が大きな箇所には適用できない。そこで粗朶積工は、土留工などの基礎工の間に挟まれた斜面や、あるいは背面土圧が小さな箇所の土留工に適用する。

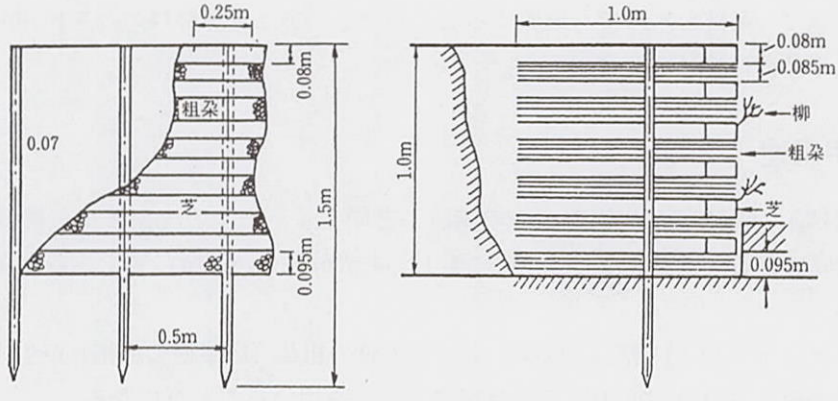
(3) 植生を考慮した施工時期の選定

粗朶積工は、柳枝や芝等の活着が工事の成否を左右する工法であるため、これらの生育に適した時期に施工する。

4．構造

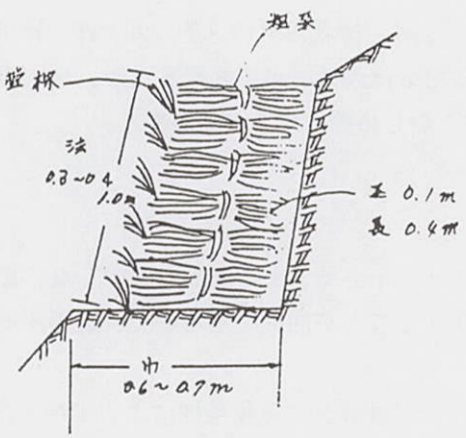
粗朶積工は、法切り及び階段切付けを行った斜面に、径 10cm 程度の粗朶束と土砂とを交互に高さ１ｍに積み重ね、表面に芝や柳枝などを植え付けて等高線状に築造するものであるが、その構造は標準化されていない。図－１～図－３に、粗朶の固定方法，階段幅，法勾配などが異なる粗朶積工の構造を３例示す。

階段状に複数列を計画する場合の設置間隔は、積苗工の設置間隔（直高 1.5ｍ程度，積苗工の章を参照）を参考に決定する

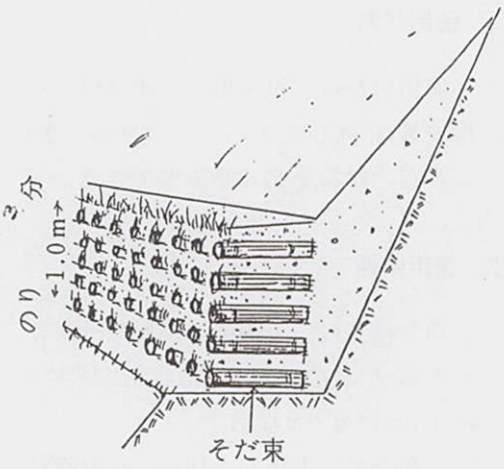


図－１　　粗朶積工の構造(1)

資料：建設省河川局（1997）：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，p.39[9]



図－２　　粗朶積工の構造(2)

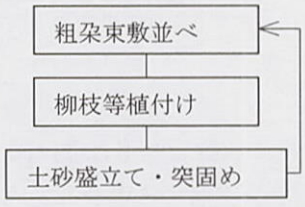


図－３　　粗朶積工の構造(3)

資料：図－２：林野庁治山課編（1995）：改訂 治山工種写真図譜[1]
図－３：(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)－，山海堂，p.216[2]

5．施工法の概要

法切工及び階段切付けが事前に完了していることを前提に、粗朶積工の施工手順を整理する。施工手順は図－４に示すとおりである。



図－４　　粗朶積工の施工手順

幅 60cm 以上に切付けた階段の上に、階段長（延長方向）1.0ｍにつき長さ 40cm，径 10cm の粗朶束を６束並べ、その間にカヤ株，雑草，雑木株，柳枝等を植付け、その上に土砂を 10cm 覆い突き固める。これらの作業を繰り返して計６段積みとし、法高 1.0ｍとなるように仕上げる[1]。粗朶は腐朽しやすいので、高さは最大でも 1.2m以下[2]とする。粗朶積工の法勾配は、３分[1)2)]を原則とする。高さ 1.0ｍより高いものを必要とするときは、犬走りを十分とり積み上げる[1]。

６．施工事例

建設省河川砂防技術基準(案)同解説[3]にも記載されている工法であり、多くの施工実績があるものと考えられるが、その具体例の抽出には及ばなかった。

７．数量表

植栽用材料として挿穂及びカヤ株を使用し，杭木による固定を行わない場合の数量表を、表－１に示す。

表－１　粗朶積工数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
粗朶	長 0.4m，径 10cm に結束	束	360	１ｍ当たり６束使用，６段積，高 1.0m仕上
挿穂	長 0.4m，径 0.7～３cm	本	360	ヤナギ，ウツギ等
カヤ株	茎長 30cm，打違い１ｍ縄〆	束	8	

※ 同様の構造で、粗朶の積上げ段数が異なる「粗朶筋工」の数量を参考とした。
資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 553[4]

1）林野庁治山課編：改訂 治山工種写真図譜，1955
2）（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
3）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
4）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

粗朶伏工

1．工法の概要と特徴

伏工は、土質が脆弱で、そのまま放置した場合には雨，凍上，霜柱及び風等によって侵食される恐れのある場合や、斜面に種子を実播する場合[1]に、斜面を粗朶，わら，ムシロ等で被覆することにより水路の形成を防ぎ、夏期の乾燥及び冬期の凍上による破壊を防ぎ、湿気を保つ目的で計画される[2]。粗朶伏工は伏工の一種で、材料に粗朶を用いたものである。

本工を、周辺の伐採地等で発生した粗朶を使用して施工する場合には、建設副産物のリサイクルに貢献できる。また、粗朶は腐朽し肥料となるため、化学製品のマット等を使用した被覆工に比べて自然環境へ与える負荷が小さい。

2．適用用途

粗朶伏工は、階段工に挟まれた法面の表面侵食防止を目的とした伏工として適用できる。粗朶は、わらやムシロに比べ腐朽しにくいため、わら伏工やムシロ伏工ではこれらが腐朽するまでに法面を安定させることができないような、比較的立地条件の悪い箇所にも適用できる。

周辺の伐採地等から粗朶が大量に確保できる場合には、伏工を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

粗朶伏工の材料は、粗朶，木杭，押木となる木の棒等である。このうち主材料である粗朶は大量に必要となるため、施工現場周辺でこれらの材料を必要量確保できるかどうかあらかじめ検討する必要がある。最近では、粗朶を全国へ供給する団体[3]もある。粗朶が不足する場合には、施工地の立地条件が比較的よい箇所ではわら伏工やムシロ伏工が代用できる場合がある[4]。ただし、近年ではわらの入手が困難となっているので、入手方法を検討しておく必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

粗朶伏工は、止杭が確実に打ち込めるように土層が比較的厚い箇所に適用できる[4]。

粗朶伏工は、粗朶が腐朽するまでの間に植生によって法面を安定化することを最終目標としている。施工地の土壌が植生の生育に適さないような強い酸性あるいは塩基性を示す場合には、多くの場合生育基盤材や客土を施すなどの改良を行うことで対応が可能である。昭和十年代の既往文献[5]には、「基盤が堆積岩で、その表土が砂質土壌の所に適する」，「酸性の強い花崗岩の地質では、その風化土が化学的分解をしないうちにこの工事を行っても樹木の生育がよくない」といった記述があるが、風化花崗岩地帯へ用いられるわら伏工の事例では、植生盤や種肥土などが併用され[6]、良好な結果が得られている。基盤岩が超塩基性の荒廃地でも、客土を併用したムシロ伏工によって緑化に成功した事例[7]がある。そのため、粗朶伏工においても同様の手法が適用できるものと考えられる。

粗朶伏工は、法切後の斜面に施工するのことを前提としているので、地形的には勾配 1:1.5 程度の斜面が対象となる。

② 気象条件

参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」から判断すると、粗朶伏工はほぼ全ての地帯で適用できるものと考えられるが、積雪地帯のうち、なだれの常襲箇所への適用は難しいものと考えられる。寒冷地での伏工の成功例としては、岩手県の標高 1,000m前後の荒廃地におけるムシロ伏工の事例[8]，長野県下伊那郡大鹿村の鳶ヶ巣崩壊地におけるムシロ伏工の事例[7]がある。

③ 山腹基礎工・階段工との併用

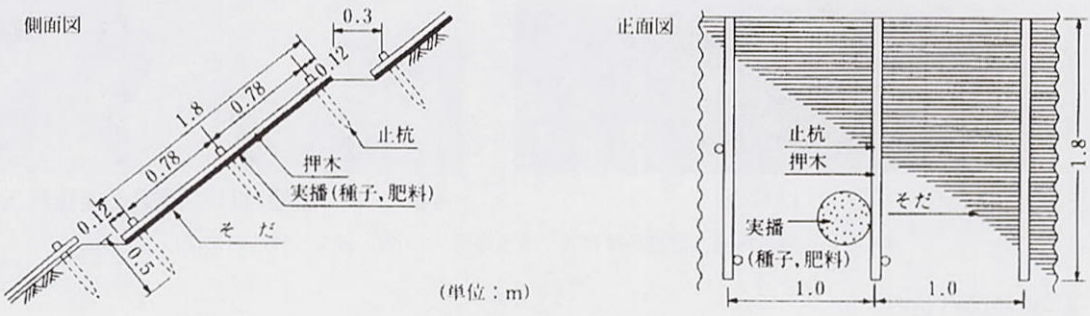
伏工は、あくまでも斜面の表面を保護する工法であるため[9]、必ず山腹基礎工（土留工）や階段工（積苗工等）を併用して、これらの間に挟まれた斜面に適用する。

(3) 植生を考慮した場合の施工時期

粗朶伏工に種肥土（種子，肥料，堆肥の混合物）等を併用する場合には、使用する種子の生育に適した施工時期を調整する。また、伏工施工箇所に木本を導入する場合、導入時期は草本によって施工箇所が覆われる２，３年後が適するという報告[7),8)]があるのでこれを参考にする。

４．構造

粗朶伏工は、山腹基礎工（土留工）や階段工（柵工，積苗工，筋工，等）に挟まれた斜面に施工する。そのため施工面積及び数量は、階段工等の配置間隔によって変化するが、一般的には図－１に示す構造となる。

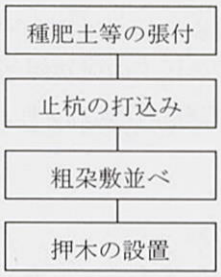


図－１　　粗朶伏工の構造

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 561[10)]

5．施工法の概要

法切工及び階段工が事前に完了していることを前提に、粗朶伏工の施工手順を整理する。施工手順は図－２に示すとおりである。



図－２　　粗朶伏工の施工手順

① 種肥土等の張付け

植生の導入と生育基盤の改善を必要とする場合は、粗朶を敷き並べる前に、種肥土（種子，肥料，土の混合物）を張り付けたり実播工を施す。

瀬田川流域の山腹工事ではわら伏工が行われているが、ここでは写真－１，２のように整形した法面に幅 10cm，深さ 5cm のすじを３本平行に付け、このすじに芝を植付けるとともに種肥土を播種する方法がとられている。実播工を行う場合は直接斜面に吹き付けを行う。



写真－１　すじ付け状況



写真－２　芝植付け，種肥土播種状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.130[6]

② 止杭の打込み

粗朶を固定するための止杭を、図－１に示したように斜面の上下方向に３本[4]の割合で地上に 0.10～0.15m残して[11]打ち込む。また、水平方向も押木を設置する間隔（１m以内[4]）で同様に打ち込む。

使用する杭の長さ及び太さは、土質条件や必要な耐用年数等を考慮して設定する。

③ 粗朶敷並べ

粗朶を止杭の間に水平方向に薄く敷き並べる。



写真－３　粗朶敷並べ状況

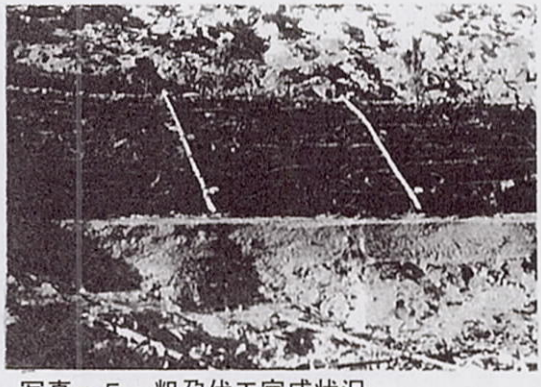
資料：建設省近畿地方建設局木津川上流工事事務所（1981）：木津川砂防百年のあゆみ，p. 239[12)]

④ 押木の設置

水平方向に敷きならべた粗朶をおさえるため、押木を止杭部分に縦に設置し、釘や鉄線等によって固定する。押木設置状況及び粗朶伏工完成状況を写真－４，５に示す。



写真－４　押木設置状況



写真－５　粗朶伏工完成状況

資料：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，p.239[12)]

６．施工事例

粗朶伏工は、かつては木津川上流域の山腹工事等で多用されたが、近年では材料の採取が不要で施工が簡易なムシロ伏工が主流となったため、適用事例は確認できなかった。

7. 数量表

表－1　粗朶伏工数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
粗朶	長 2.0m以上，１m縄〆	束	4.5	粗朶は横使いとする
止杭	長 0.5m，末口径 5cm 以上	本	30	長さは土質により決定する。押木１本に付３本
押木	長 1.8m，末口径 5cm 以上	本	10	押木間隔 1.0m以内

(注) 1. 結束鉄線（#18･0.06kg）を別途計上する。
2. 材料採取，運搬及び斜面整地は必要に応じて別途計上する。
3. 本数量は斜面長 1.8mの場合である。
4. 種肥土の数量は別途計上する。

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.561[10]

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）例えば、中村猪市：砂防工学，成美堂，1928
3）北陸粗朶業振興組合パンフレット
4）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
5）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
6）例えば、建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
7）五関一博・御堂島識・三浦秀夫：中央構造線沿い蚊紋岩地帯の大崩壊地における山腹緑化の進展，治山研究発表会論文集，Vol.27，pp.65-70，1989
8）伊藤勝規：外山地区の荒廃地復旧，治山研究発表会論文集，Vol.29，pp.60-63，1991
9）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938
10）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
11）伊藤武夫：砂防，不明
12）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

わら伏工

1．工法の概要と特徴

伏工は、土質が脆弱で、そのまま放置した場合には雨，凍上，霜柱及び風等によって侵食される恐れのある場合や、斜面に種子を実播する場合[1]に、斜面を粗朶，わら，ムシロ等で被覆することにより水路の形成を防ぎ、夏期の乾燥及び冬期の凍上による破壊を防ぎ、湿気を保つ目的で計画される[2]。わら伏工は伏工の一種で、主な材料にわらを用いたものである。

施工地周辺で生産されたわらを使用して施工する場合には、資源のリサイクルに貢献できる。また、わらは腐朽し肥料となるため、化学製品のマット等を使用した被覆工に比べて自然環境へ与える負荷が小さい。

2．適用用途

わらは、粗朶に比べて早く腐朽するため、わら伏工は植生の生育条件等の立地条件が比較的よい箇所における伏工として適用する[3]。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

わら伏工に使用する材料は、わら，縄，竹串等である。主材料であるわらの入手は、近年では困難となっているので、入手方法を検討しておく必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

わら伏工は、わらが腐朽するまでの間に植生を生育させ、法面を安定化することを最終目標としている。施工地の土壌が強い酸性あるいは塩基性で植生が生育しにくい場合には、多くの場合生育基盤材や客土等を併用することで対応が可能である。酸性の強い花崗岩地帯へ用いられるわら伏工の事例では、植生盤や種肥土などが併用され[4]、良好な結果が得られている。基盤岩が超塩基性の荒廃地でも、客土を併用したムシロ伏工によって緑化が成功した事例[5]がある。そのため、わら伏工においても、同様の手法の適用ができるものと考えられる。

わら伏工は、法切後の斜面に施工するのことを前提としているので、地形的には勾配 1:1.5 程度の斜面が対象となる。

② 気象条件

参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」から判断すると、わら伏工はほぼ全ての地帯で適用できるものと考えられるが、積雪地帯のうち、なだれの常襲箇所への適用は難しいものと考えられる。寒冷地での伏工の成功例としては、岩手県の標高 1,000m前後の荒廃地に適用されたムシロ伏工の事例[6]，長野県下伊那郡大鹿村の鳶ヶ巣崩壊地におけるムシロ伏工の事例[5]がある。

③ 山腹基礎工・階段工との併用

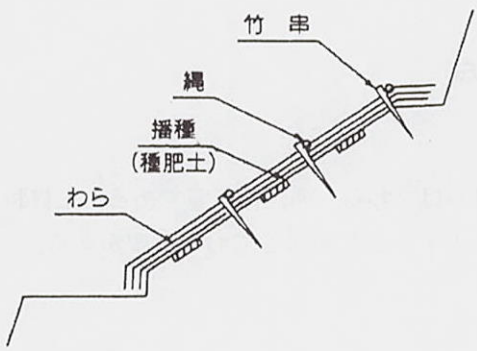
伏工はあくまでも斜面の表面を保護する工法であるため[7]、必ず山腹基礎工（土留工）や階段工（積苗工等）を併用し、伏工はこれらの間に挟まれた斜面に施工するように計画する。

(3) 植生を考慮した場合の施工時期

わら伏工に種肥土（種子，肥料，堆肥の混合物）を併用する場合には、使用する種子の生育に適した施工時期を調整する。また、伏工施工箇所に木本を導入する場合、導入時期は草本によって施工箇所が覆われる２，３年後が適するという報告[5),6)]があるのでこれを参考にする。

4．構造

わら伏工は、山腹基礎工（土留工）や階段工（柵工，積苗工，筋工，等）に挟まれた斜面に施工する。そのため施工面積及び数量は、階段工等の配置間隔によって変化する。わら伏工の構造の一般的な例を図－１に示す。

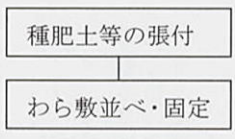


図－１　　わら伏工の構造

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.130[4)]

5．施工法の概要

法切工及び階段工が事前に完了していることを前提に、わら伏工の施工手順を整理する。施工手順は図－２に示すとおりである。



図－２　　わら伏工の施工手順

① 種肥土等の張付け

植生の導入と生育基盤の改善を必要とする場合は、わらを敷き並べる前に、種肥土（種子，肥料，土の混合物）を張り付けたり実播工を施す。

瀬田川流域で行われているわら伏工では、整形した法面に幅 10cm，深さ 5cm のすじを３本平行に付け、このすじに芝や種肥土を施す方法[4]がとられている。施工状況の写真は、「粗朶伏工」の５章を参照されたい。

② わら敷並べ・固定

わらを、穂先が中央になるように（わら伏工の上端，下端にわらの根元が位置するように）上部及び下部から敷並べ、それを固定するように縄を上部，中央部，下部に水平方向に渡し、縄のより目に目串（竹串）を挿してわらを固定する（写真－１参照）[4]。



写真－１　わら伏実施状況



写真－２　わら伏工完成状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.131[4]

６．施工事例

現在でもわら伏工が使用されている事例は少なく、建設省近畿地建琵琶湖工事事務所管内瀬田川流域の山腹工事に用いられている事例が確認できるだけである。構造や施工方法の概要については前章までに紹介したとおりである。

7. 数量表

表－１　わら伏工数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
わら	稲わら	kg	20	
縄	わら縄　φ0.8cm	式	1	
竹串		式	1	

※ 芝及び種肥土の数量は別途計上する

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 130

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）例えば、中村猪市：砂防工学，成美堂，1928
3）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
4）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
5）五関一博・御堂島識・三浦秀夫：中央構造線沿い蚊紋岩地帯の大崩壊地における山腹緑化の進展，治山研究発表会論文集，Vol.27，pp.65-70，1989
6）伊藤勝規：外山地区の荒廃地復旧，治山研究発表会論文集，Vol.29，pp.60-63，1991
7）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938

ムシロ伏工

1．工法の概要と特徴

伏工は、土質が脆弱で、そのまま放置した場合には雨，凍上，霜柱及び風等によって侵食される恐れのある場合や、斜面に種子を実播する場合[1]に、斜面を粗朶，わら，ムシロ等で被覆することにより水路の形成を防ぎ、夏期の乾燥及び冬期の凍上による破壊を防ぎ、湿気を保つ目的で計画される[2]。ムシロ伏工は伏工の一種で、主な材料にムシロを用いたものである。

ムシロ伏工は、粗朶伏工やわら伏工に比べ施工が容易であるため、伏工の代表的な工種となっている。また近年では、現場周辺で調達したわらやススキからムシロを製作することはなく、製品としてのムシロを使用するケースがほとんどであるため、いわゆる伝統的砂防工法とは呼べなくなっているが、参考として本工法集に加えた。

2．適用用途

ムシロの材料であるわらは、粗朶に比べ早く腐朽するため、ムシロ伏工は植生の生育条件等の立地条件が比較的よい箇所への伏工として適用する[3]。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

ムシロ伏工の材料は、ムシロ，竹串等である。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

ムシロ伏工は、わらが腐朽するまでの間に植生を生育させ、法面を安定化することを最終目標としている。施工地の土壌が強い酸性あるいは塩基性で植生が生育しにくい場合には、多くの場合生育基盤材や客土等を併用することで対応が可能である。事例としては、超塩基性の基盤岩をもつ荒廃地での緑化成功事例[4]がある。

ムシロ伏工は、法切後の斜面に施工するのことを前提としているので、地形的には勾配 1:1.5 程度の斜面が対象となる。

② 気象条件

参考資料－１に示した「地質及び気象条件による工種選定表」から判断すると、ムシロ伏工はほぼ全ての地帯で適用できるものと考えられるが、積雪地帯のうち、なだれの常襲箇所への適用は難しいものと考えられる。寒冷地へ適用されたムシロ伏工の成功事例には、岩手県の標高1,000m前後の風衝荒廃地における事例[5]，長野県下伊那郡大鹿村の鳶ヶ巣崩壊地の事例[4]がある。前者の事例では間伐材を利用した防風工が併用されている。

③ 山腹基礎工・階段工との併用

伏工はあくまでも斜面の表面を保護する工法であるため[6]、必ず山腹基礎工（土留工）や階段

工（積苗工等）を併用し、伏工はこれらの間に挟まれた斜面に施工するように計画する。

(3) 植生を考慮した場合の施工時期

① ムシロ伏工の施工時期

ムシロ伏工を計画する際には、種肥土（種子，肥料，堆肥の混合物）に混合する種子の発芽，生育に適した施工時期を選定する。

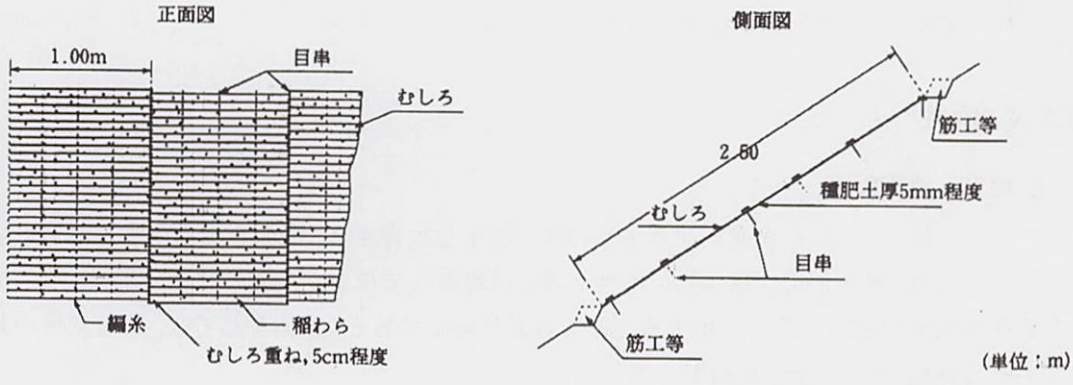
② 木本類の導入時期

木本類の導入時期は、以下に引用する文献を参考に設定する。

「ムシロは、施工後２年目まではほぼ原状のままで、３～４年目で風化が激しくなるが表面侵食の防止，保温，保湿効果は依然として保ち続ける。この間、草本類の現存量は施工後２～３年でピークに達し、生育旺盛で過密な“ムレ”現象をおこし、その後急減傾向となる。木本の導入時期は、草本の根系網が発達し、かつ草本に被圧されることもないこの時期が適期となる[5]。

4．構造

ムシロ伏工は、山腹基礎工（土留工）や階段工（柵工，積苗工，筋工，等）に挟まれた斜面に施工する。そのため施工面積及び数量は、階段工等の配置間隔によって変化する。ムシロ伏工の構造の一般的な例を図－１に示す。

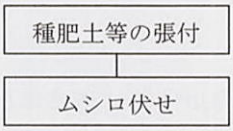


図－１　　ムシロ伏工の構造

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 562[7]

5．施工法の概要

法切工及び階段工が事前に完了していることを前提に、ムシロ伏工の施工手順を整理する。施工手順は図－２に示すとおりである。



図－２　　ムシロ伏工の施工手順

① 種肥土等の張付け

植生の導入と生育基盤の改善を必要とする場合は、ムシロを敷き並べる前に、種肥土（種子，肥料，土の混合物）を張り付けたり実播工を施す。ムシロに種子を吹き付けた製品もある。

種肥土の張り付けや実播工は、ムシロを敷き並べる前に行う。種肥土の播種方法には、わら伏工の場合と同様に法面につけたすじへ施す方法[8]や、法面に一様に散布する方法がある。

② ムシロ伏せ

「普通ムシロ」より粗めに編んだムシロ[9]を横使いとなるよう上下方向に敷き並べ、左右の両端が隣接するムシロと５cm 程度重なるように設置する。次にムシロの中央及び両端の縫い目付近を図－１のように目串で固定する。ただし風の強い箇所では、縄や止杭等を併用するなど、ムシロが飛ばないよう十分留意する。

６．施工事例

ムシロ伏工の事例は多数あるが、現場周辺で調達したわらやススキからムシロを製作した事例は見いだせなかった。

7. 数量表

表－１　ムシロ伏工数量表　　(10^2m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
ムシロ	１ｍ×５ｍ	枚	2	
目串	長 25cm 以上　竹上部節付	本	40	

※ 1.種肥土の数量は別途計上する

2.ススキムシロは、隣接部分を重合わせて張付けるものとし、数量を５％増とする。

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.562[7]

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）例えば、中村猪市：砂防工学，成美堂，1928
3）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
4）五関一博・御堂島識・三浦秀夫：中央構造線沿い蚊紋岩地帯の大崩壊地における山腹緑化の進展，治山研究発表会論文集，Vol.27，pp.65-70，1989
5）伊藤勝規：外山地区の荒廃地復旧，治山研究発表会論文集，Vol.29，pp.60-63，1991
6）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938
7）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
8）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
9）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993

張芝水路工

1．工法の概要と特徴

水路工は、雨水や湧水による山腹斜面の侵食を防止したり、流下水による他の砂防施設の破損を防いだり[1]、暗渠工によって集水された水を表面水とする必要のある場合[2]に、一定の位置に表面水を導き、安全に流下させるために築設されるものである。張芝水路工は、切芝を張ることにより水路表面を保護した水路工である。

本工法は、自然材料を使用して施工するものであり、コンクリート二次製品等を使用して水路を施工する場合に比べ、自然環境へ与える負荷が小さい工法といえる。

2．適用用途

張芝水路工は、施工地周辺で芝を容易に入手できる箇所で、かつ、６章の適用事例に示すように、水路網の枝部の勾配が緩く降雨時の流量が少ない箇所[3]へ適用される工法である。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

張芝水路工の使用材料は、芝，目串等である。このうち、主材料の芝として山芝を考える場合には、近隣の造成工事現場などからの入手が可能かどうか検討する。保全すべき山林からの山芝の採取は、新たな荒廃を引き起こす可能性があるため避ける。

(2) 適用条件

① 地形

勾配が緩やかな箇所に適用する[3]。

② 流量

降雨時の水量が少ない箇所に適用する[3]。さらに「治山技術基準解説[4]」では、常水がなく土砂の流送のない箇所という条件が加えられている。

③ 地盤条件

芝の生育に適する土質の箇所に適用する[4]。地盤が粗大な砂礫粒である場合には、芝が安定しないので不適当である[5]。

(3) 施工時期

張芝水路工は、施工後に切芝が速やかに生育するような季節を選んで施工する必要がある[1]。張芝を実施する時期に関しては、次のような文献を参考とする。

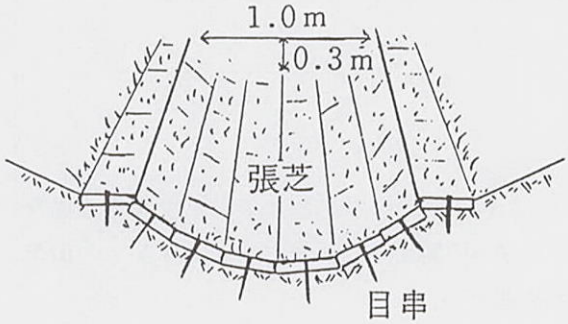
・張り芝の時期は、春及び秋が最もよく、真夏に行うときは根が活着しないうちに枯れることが多い。春期に行う場合でも、６月頃まで長引くと、根が伸びないうちに梅雨に入り、破壊する危険がある[6]。

・寒さの厳しい地方で冬期に張芝を行うと、翌年の融雪期に脱落するものが多く生ずる[6]。

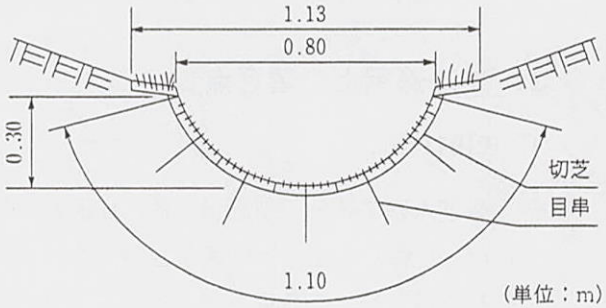
4．構造

(1) 通水断面

山腹水路工の通水断面は、対象流量を安全に流しうるよう十分に余裕を持たせる必要がある[3]。張芝水路工の通水断面は、水路内への土砂の堆積を防ぐため、弧形断面とするのが一般的であるが、その大きさは、同工が降雨時の流量が少ない箇所に適用されることもあり、一般に経験的判断により決定されている。田村 (1933)は、張芝水路工の断面を、「潤周 0.6～1.0m の弧形」とし、その理由を、「これ以下の断面では、降水時に流出する土砂によって水路が埋没しやすく、またこれより大きな水路が必要な場合には張石（水路工）を採用すべきであるから」としている[7]。張芝水路工の断面形状の例を、図－１及び図－２に示す。



図－１　張芝水路工の例(1)[1]



図－２　張芝水路工の例(2)[8]

資料：図－１：(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)－，山海堂，p.221[1]
図－２：工事歩掛研究会 (1996)：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，(財) 経済調査会，p.538[8]

(2) 線形

水路の勾配を極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水等が生じて水路の破壊の原因となりやすいので、水路工の縦断形状は、極端な屈曲を避けるように計画する。また、水路の勾配や方向を変換するときには、土留工，帯工部で変換する[4]。

(3) 水路工の１スパンの長さ

水路の自重によって不等沈下や滑動が生じないよう[4]、水路工には原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、また、水路の末端部には、土留工，帯工あるいは谷止工等を設けて安定を図る[3]。

土留工等により水路の落差が大きくなる場合には、流水を十分に受けられる形の受け口を設ける。張芝水路工の受け口の事例を写真－１に示す。



写真－１　張芝水路工の受け口の事例[9)]

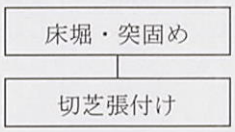
資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.450[9)]

(4) 合流点の処理

張芝水路工は、緩勾配で降雨時の流量が少ない箇所に適用されるため、水路の合流点において水路を破壊するような跳水等が生ずる可能性は少ないものと考えられるが、必要に応じて集水ます等を設ける。集水ますの設計は、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章」を参考とする。

５．施工法の概要

張芝水路工の施工手順は、図－３のようになる。



図－３　　張芝水路工の施工手順

(1) 床堀・突固め

水路を施工する箇所を、弧形に床堀し、底を十分に突き固める[10)]。

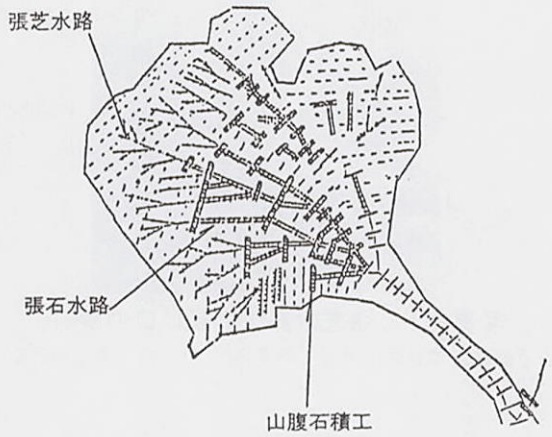
(2) 切芝張付け

床堀の後、切芝を張付け、これを打ち固めて地面によく密着させる[10)]。切芝の大きさは縦 20cm、横 33cm のものが普通で、新鮮なものを用いるが、瘠悪な基盤では土つきの多いものを用いるようにする[1)]。

切芝は、目串で固定する場合もあるが、この際、目串には萌芽性の強いヤナギ類、ウツギ、タニウツギなどを使用する[1)]。

6．施工事例

張芝水路工は、写真－１に示した瀬田川流域の山腹工の他、東京大学愛知演習林，静岡県，神奈川県，香川県など[10]、各地で採用された実績がある。図－４は、神奈川県足柄下郡吉浜村（当時）で実施された、張芝水路工を含む山腹工事の事例である。



図－４　神奈川県足柄下郡吉浜村（当時）における張芝水路工の施工事例

資料：諸戸北郎（1938）：諸戸砂防工学，成美堂書店，p. 325 に一部加筆

7. 数量表

図－１に示した張芝水路工の、10m当たりの数量を表－１に示す。

表－１　張芝水路工（水路幅 1.0m弧形）数量表(例)　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
切芝	長 0.33m，幅 0.2m，厚 0.03m	枚	210	切芝 15 枚/m^2
目串	長 0.2m	本	420	切芝１枚当たり２本使用

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.538[8]

1）（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
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）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
4）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
5）赤城正雄：渓流及砂防工学，アルス土木工学大講座，1939
6）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
7）田村義男：実践砂防講義，京畿道林友会，1933
8）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
9）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
10）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938

植生土のう水路工

1．工法の概要と特徴

水路工は、雨水や湧水による山腹斜面の侵食を防止したり、流下水による他の砂防施設の破損を防いだり[1]、暗渠工によって集水された水を表面水とする必要のある場合[2]に、一定の位置に表面水を導き、安全に流下させるために築設されるものである。植生土のう水路工は、張芝水路工に代わるものであり、土のうの内側半面に種子，肥料，保水剤等をつけた植生土のうにより、人工の芝水路が形成されるように図られた工法である[1]。芝の確保が困難であったり、芝の活着が期待しにくい箇所にも使用できる。

2．適用用途

植生土のう水路工は、張芝水路工と同様、降雨時の流量が少ない箇所[3]への水路工として適用される工法である。近隣の施工地から芝の生育に適した土砂を確保できる場合には、水路として本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

植生土のう水路工の使用材料は、内側半面に種子，肥料，保水剤等をつけた紙またはポリエチレン製の植生土のうと、現地発生土砂，土のう固定用の止釘あるいは木杭である。芝の生育に適した土砂を施工地付近で確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形

勾配 1:1.0 より緩い斜面へ適用することを基本とする[4]。水路勾配 1:1.0 の箇所に適用された実績がある[4]。

② 流量

張芝水路工の場合と同様、降雨時の水量が少なく[3]、常水がなく土砂の流送のない箇所[5]」に適用できると考えられる。

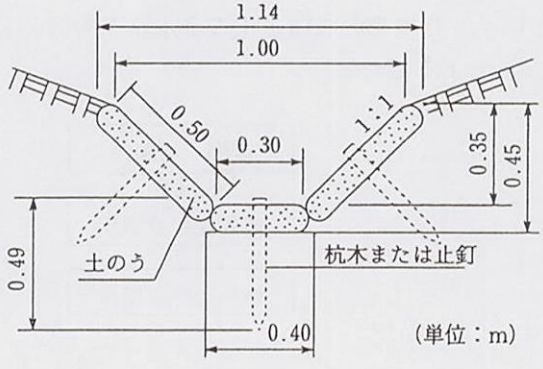
③ 地盤条件

芝の生育に適した土砂を植生土のうの中に詰めることにより生育基盤が確保されるため、水路を流れる水の条件（pH など）に問題がなく、止釘あるいは木杭で土のうを固定できる箇所には基本的に適用可能と考えられる。

4．構造

(1) 通水断面

山腹水路工の通水断面は、対象流量を安全に流しうるよう十分に余裕を持たせる必要がある[3]。植生土のう水路工の標準的な通水断面を、図－１に示す。これより大きな断面が必要な場合には、張芝水路工の場合と同様に、コルゲート，ヒューム管，コンクリート等の強度の高い材料を採用すべきと考えられる。



図－１　植生土のう水路工の例

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 537[6]

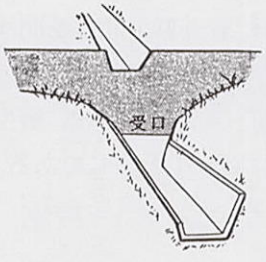
(2) 線形

水路の勾配を極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水等が生じて水路の破壊の原因となりやすいので、水路工の縦断形状は、極端な屈曲を避けるように計画する。また、水路の勾配や方向を変換するときには、土留工，帯工部で変換する[5]。

(3) 水路工の１スパンの長さ

水路の自重によって不等沈下や滑動が生じないよう[5]、水路工には原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、また、水路の末端部には、土留工，帯工あるいは谷止工等を設けて安定を図る[3]。

土留工等により水路の落差が大きくなる場合には、流水を十分に受けられる形の受け口（図－２の模式図参照）を設ける。



図－２　受け口の模式図

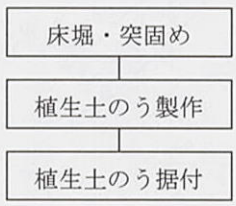
資料：(社) 砂防学会（1993）：砂防学講座 第５巻-2 土砂災害対策－水系砂防(2)－，山海堂，p.218[1]

(4) 合流点の処理

植生土のう水路工は、降雨時の流量が少ない箇所に適用されるため、水路の合流点において水路を破壊するような跳水等が生ずる可能性は少ないものと考えられるが、必要に応じて集水ます等を設ける。集水ますの設計は、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章」を参考とする。

５．施工法の概要

ここでは、図－１に示した標準的な植生土のう水路工を例として、その施工法の概要を整理した。施工手順は図－３のようになる。



図－３　植生土のう水路工の施工手順

(1) 床堀・突固め

水路を施工する箇所を床堀し、底を十分に突き固める。

(2) 植生土のう製作

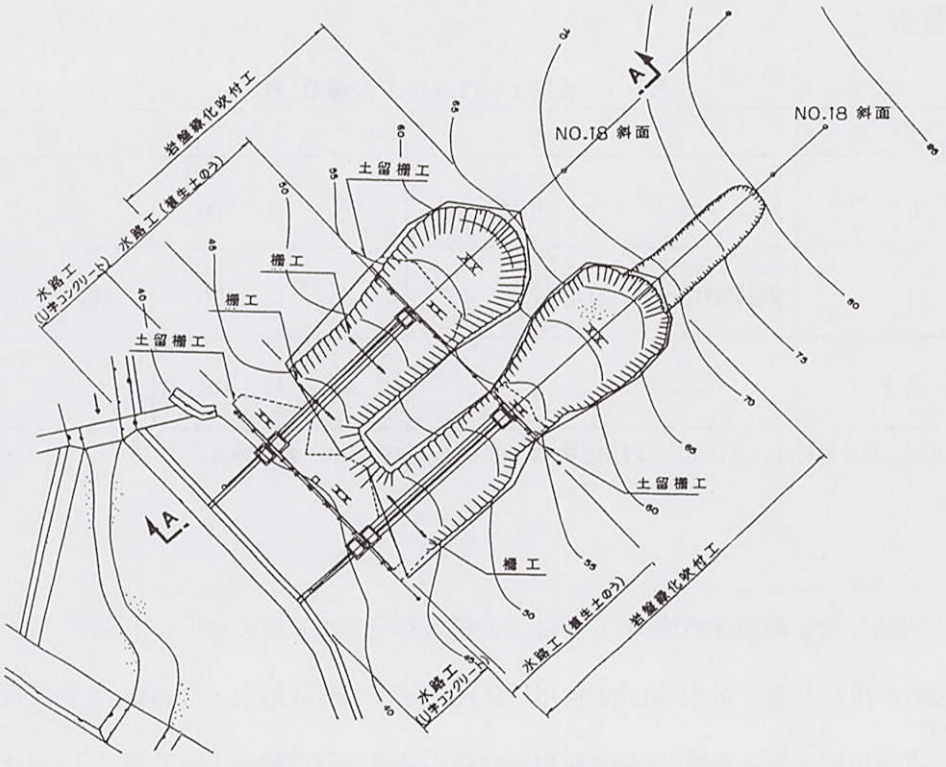
植生土のう（40cm×60cm）に芝の生育に適した現地発生土砂を 0.018m^3 詰め、30cm×50cm×10cm の体積とする[6)7)]。

(3) 植生土のう据付

製作した植生土のうを床堀した水路に据付け、止釘または杭木で固定し、台形の水路形状（上幅 1.0m、底幅 0.3m、深さ 0.35m）に仕上げる。

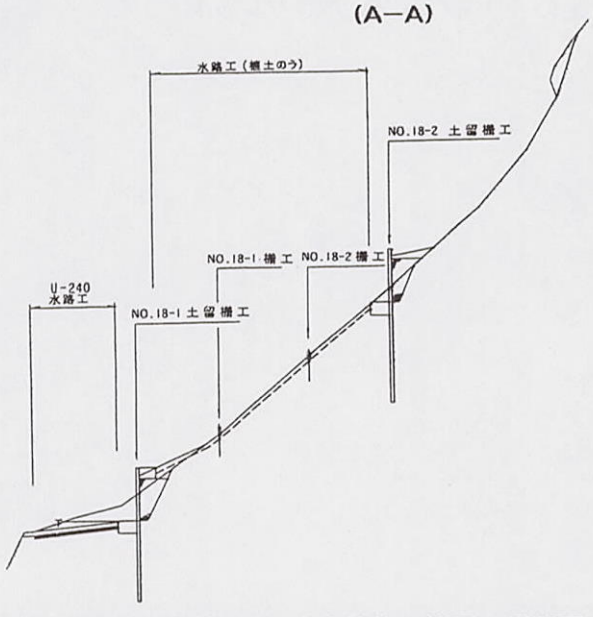
６．施工事例

植生土のう水路工の適用事例には、青森県下北郡風間浦村の新湯川荒廃砂防工で勾配 45° の斜面に施工された事例[4)]がある。水路の床堀及び植生土のうの製作，据付けは全て人力で行われた。平面図，水路施工箇所の縦断図を図－４，図－５に、植生土のう設置状況の写真を写真－１に示す。植生土のう水路の標準断面は、図－１と同じである。

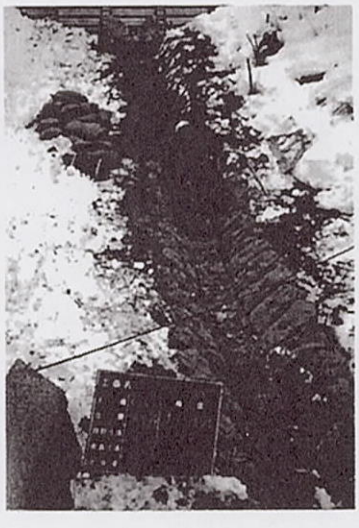


図－4　青森県における植生土のう水路施工箇所の平面図

資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.109[4)]



図－5　青森県における植生土のう水路施工箇所の縦断図



写真－1　水路工施工状況写真

資料：図－5：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.109[4)]
写真－1：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.113[4)]

7. 数量表

表－1 植生土のう水路工数量表(例) (10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
植生土のう	仕上寸法 0.5×0.3×0.1m	袋	100	
止釘	鋼棒 *D*10mm, *l*0.45m	本	400	1袋当たり4本使用
中詰土		m^3	1.8	

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂10版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p.537[6]

1）（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
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）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
4）砂防山腹工工法集編集委員会：わかりやすい砂防山腹工工法集，(社) 北陸建設弘済会，1994
5）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
6）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
7）リス興業株式会社：緑化資材（植生土のうリスバック）パンフレット

空張水路工

1．工法の概要と特徴

水路工は、雨水や湧水による山腹斜面の侵食を防止したり、流下水による他の工作物の破損を防いだり[1]、暗渠工によって集水された水を表面水とする必要のある場合[2]に、一定の位置に表面水を導き、安全に流下させるために築設されるものである。張石水路工は、石材で水路表面を保護した水路工であり、モルタル等で石材間の間隙を埋めて水密性を確保した「練張水路工」と、モルタル等を使用しない「空張水路工」とに大別できる。前者は、ヒューム管水路工やコンクリート水路工と同じ条件の箇所に適用でき[3]、敢えて適用条件等を整理する必要がないため、ここでは後者の空張水路工について整理する。

空張水路工は、自然材料を使用して施工するものであり、コンクリート二次製品等を使用して水路を施工する場合に比べ、自然環境へ与える負荷が小さい工法といえる。

2．適用用途

空張水路工は、施工地周辺で石材を容易に入手できる場合に、降雨時の流量が少ない水路[4]に対して適用される工法である。

近隣の床堀作業による残土や渓床不安定土砂から、多量の石礫が確保できる場合には、水路を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

空張水路工の使用材料は、石材及び裏込用の礫である。このうち、主材料である石礫は大量に必要となるのため、施工現場周辺でこれらの材料を必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

空張水路工は、勾配が急で、地盤が堅い箇所[4]に適用できる。諸戸(1938)は、適用できる勾配の目安として、水路勾配 50/100～80/100 という適用範囲を示している[5]。

② 流量

空張水路工は、常水がなく、かつ降雨時の流量が少ない箇所[4]に適用する。

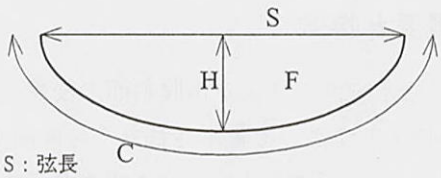
4．構造

(1) 通水断面

山腹水路工の通水断面は、対象流量を安全に流しうるよう十分に余裕を持たせる必要がある[3]。空張水路工のような、降雨時の流量が少ない箇所に適用される水路工の通水断面は、水路内への

土砂の堆積を防ぐため、弧形断面とするのが一般的である。弧形水路の弦長と深さの関係を図－１に示す。

弦長 (m)	深さ (m)
0.8	0.25
1.0	0.30
1.2	0.40
1.5	0.50



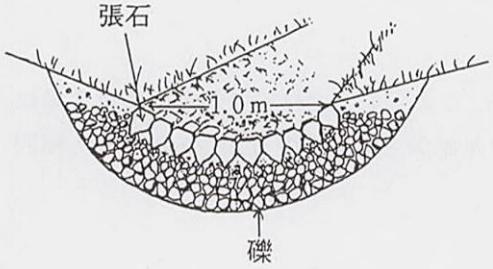
S：弦長
H：深さ
F：断面積（流量の算定に用いる）
C：弧長（張石面積の計算に用いる）

図－１　弧形水路の断面形

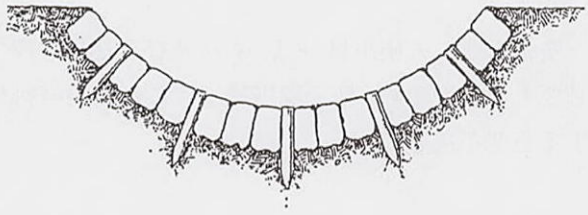
資料：飯塚肇（1958）：森林防災工学，森北出版，p.145[6]

水路の断面は、流量計算を行って対象流量を求め、決定するものとする。これに用いる計画対象降雨量は、地すべり防止施設としての水路工の場合、原則として超過確率 1/50 の規模となっている[3]。なお、水路断面は、土砂等の堆積や変形による断面の減少等を考慮して、上記の方法で求めた断面積の 20%以上の余裕をみるものとする[3]。水路はできるだけ凹凸及び湾曲少なくするべきであるが、やむを得ない場合は湾曲部を少し深くする[6]。

空張水路工の水路断面の例を、図－２及び図－３に示す。図－３は、滑動に対する抵抗力を高めるために、木杭を併用した例である。



図－２　空張水路工の例



図－３　木杭を併用した空張水路工の例

資料：図－２：（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)－，山海堂，p.219[1]
図－３：諸戸北郎（1938）：諸戸砂防工学，成美堂書店，p195[5]

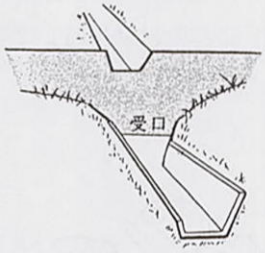
(2) 線形

水路の勾配を極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水等が生じて水路の破壊の原因となりやすいので、水路工の縦断形状は、極端な屈曲を避けるように計画する。また、水路の勾配や方向を変換するときには、土留工，帯工部で変換する[4]。

(3) 水路工の１スパンの長さ

水路の自重によって不等沈下や滑動が生じないよう[4]、水路工には原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、また、水路の末端部には、土留工，帯工あるいは谷止工等を設けて安定を図る[3]。

土留工等により水路の落差が大きくなる場合には、流水を十分に受けられる形の受け口（図－４の模式図参照）を設ける。



図－４　受け口の模式図 [1)]

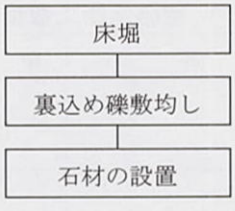
資料：(社) 砂防学会 (1993)：砂防学講座 第５巻-2 土砂災害対策－水系砂防(2)－，山海堂，p.218[1)]

(4) 合流点の処理

空張水路工は、降雨時の流量が少ない箇所に適用されるため、水路の合流点において水路を破壊するような跳水等が生ずる可能性は少ないものと考えられるが、必要に応じて集水ます等を設ける。集水ますの設計は、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章」を参考とする。

５．施工法の概要

ここでは、標準的と考えられる図－２に示した標準的な空張水路工を例として、その施工法の概要を整理した。施工手順は図－５のようになる。



図－５　　空張水路工の施工手順

(1) 床堀～裏込め礫敷均し

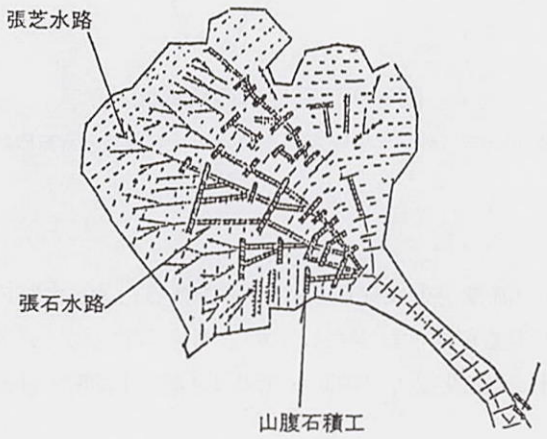
水路を施工する箇所を、弧形に床堀して底を整形した後、路床の不等沈下や浸透水による路床の侵食を防止するため、径５～15cm のものが適度に混じり合った裏込め礫を、厚さ 20cm 程度充填し突き固める [1)]。

(2) 石材の設置

石材の控えは 25cm 以上のものを用い [1)]、長い方を縦に置き、中央及び両端には大石を使用して、水路中央に継ぎ目ができないように施工する [5)]。

6．施工事例

空張水路工は、東京大学愛知演習林，東京府（当時），神奈川県など [5]、各地で採用された実績がある。図－6は、神奈川県足柄下郡吉浜村（当時）で実施された、空張水路工を含む山腹工事の事例である。



図－6 神奈川県足柄下郡吉浜村(当時)における空張水路工の施工事例

資料：諸戸北郎（1938）：諸戸砂防工学，成美堂書店，p. 325 に一部加筆

7．数量表

表－1 空張水路工数量表(例)　　(1m²当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
野面石	控 0.25m以上	m^2	1.0	張石用
礫	径 0.05m以上	m^3	0.4	裏込用

資料：諸戸北郎（1938）：諸戸砂防工学，成美堂書店，p. 198 を一部修正

1）（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
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）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
4）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
5）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938
6）飯塚肇：森林防災工学，森北出版，1958

鉄線蛇籠水路工

1．工法の概要と特徴

水路工は、雨水や湧水による山腹斜面の侵食を防止したり、流下水による他の工作物の破損を防いだり[1]、暗渠工によって集水された水を表面水とする必要のある場合[2]に、一定の位置に表面水を導き、安全に流下させるために築設されるものである。鉄線蛇籠水路工（鉄線フトン籠水路工を含む）は、鉄線蛇籠で一体化させた石礫によって水路表面を保護する水路工である。屈撓性に富むため、地盤が軟弱で不規則な沈下や移動が生ずる恐れのある箇所[1]にも適する。

鉄線蛇籠水路工は、施工地で発生した礫を、材料として有効に利用でき、かつ比較的短期間で施工できる工法である。

2．適用用途

鉄線蛇籠水路工は、空張水路工と同様に路床への浸透水が多く、底部が侵食される恐れがあるため[1]、降雨時の流量が少ない水路に適した工法である。

近隣の床堀作業による残土や渓床不安定土砂から、多量の石礫が確保できる場合には、水路を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

鉄線蛇籠水路工の使用材料は、鉄線蛇籠，中詰め材として使用する玉石等の礫，蛇籠固定用の木杭等である。礫は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

鉄線蛇籠水路工は、空張水路工と同様に勾配が急な箇所にも適用可能と考えられる。適用できる勾配の目安としては、諸戸(1938)による 50/100～80/100 という値を参考とする[3]。また、鉄線蛇籠水路工は、地盤が軟弱で不規則な沈下や移動が生ずる恐れのある箇所[1]にも適用が可能であるが、空張水路工と同様に路床から地中へ水が浸透するため、地中への水の浸透が許容されない地すべり地に対しては適さない。

② 流量

鉄線蛇籠水路工は、空張水路工と同様に路床への浸透水が多く、底部が侵食される恐れがあるため[1]、常水がなく、降雨時の流量が少ない箇所に適した工法と考えられる。

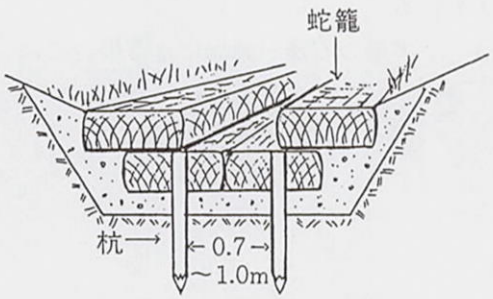
4．構造

(1) 断面形状

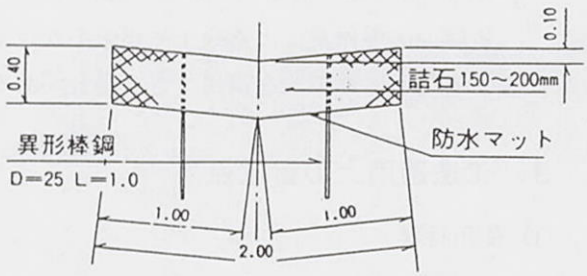
山腹水路工の通水断面は、対象流量を安全に流しうるよう十分に余裕を持たせる必要がある[4]。水路の断面は、流量計算を行って対象流量を求め、決定するものとする。これに用いる計画対象降雨量は、地すべり防止施設としての水路工の場合、原則として超過確率 1/50 の規模[4]となっているのでこれを参考とする。なお、水路断面は、土砂等の堆積や変形による断面の減少等を考慮して、上記の方法で求めた断面積の 20%以上の余裕をみるものとする[4]。水路はできるだけ凹凸及び湾曲少なくするべきであるが、やむを得ない場合は湾曲部を少し深くする[5]。

鉄線蛇籠水路工の断面は、使用する蛇籠のタイプやその用い方によって、様々な形状とすることが可能である。角形蛇籠（フトン籠）を使用した場合は長方形，円筒形蛇籠を用いた場合は弧形にするが、異形蛇籠を使用し台形にする場合もある[1]。また、角形蛇籠を歪ませて、V字形の水路断面とした例[6]もある。

鉄線蛇籠水路工の水路断面の例を、図－１及び図－２に示す。



図－１　角形蛇籠を積上げた水路工の例



図－２　角形蛇籠を変形させた水路工の例

資料：図－１：(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)－，山海堂，p.220[1]
図－２：砂防山腹工工法集編集委員会 (1994)：わかりやすい砂防山腹工工法集，(社) 北陸建設弘済会[6]，p. 194

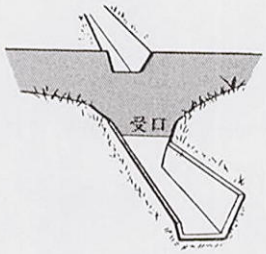
(2) 線形

水路の勾配を極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水等が生じて水路の破壊の原因となりやすいので、水路工の縦断形状は、極端な屈曲を避けるように計画する。また、水路の勾配や方向を変換するときには、土留工，帯工部で変換する[7]。

(3) 水路工の１スパンの長さ

水路の自重によって不等沈下や滑動が生じないよう[7]、水路工には原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、また、水路の末端部には、土留工，帯工あるいは谷止工等を設けて安定を図る[4]。

土留工等により水路の落差が大きくなる場合には、流水を十分に受けられる形の受け口（図－３の模式図参照）を設ける。



図－３　受け口の模式図[1)]

資料：(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)－，山海堂，p.218[1)]

(4) 合流点の処理

鉄線蛇籠水路工は、降雨時の流量が少ない箇所に適用されるため、水路の合流点において水路を破壊するような跳水等が生ずる可能性は少ないものと考えられるが、必要に応じて集水ます等を設ける。集水ますの設計は、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章」を参考とする。

５．施工法の概要

鉄線蛇籠水路の施工手順は、図－４のようになる。



図－４　　鉄線蛇籠水路工の施工手順

(1) 床拵え～防水シート設置

水路を施工する箇所の床堀を行い、蛇籠設置部分を十分に敷き固める。
必要に応じて、防水シートを設置する。

(2) 蛇籠の据付・組立

蛇籠を据付け、角形蛇籠など組立を必要とする蛇籠については組立を行う。

(3) 止杭の打込み

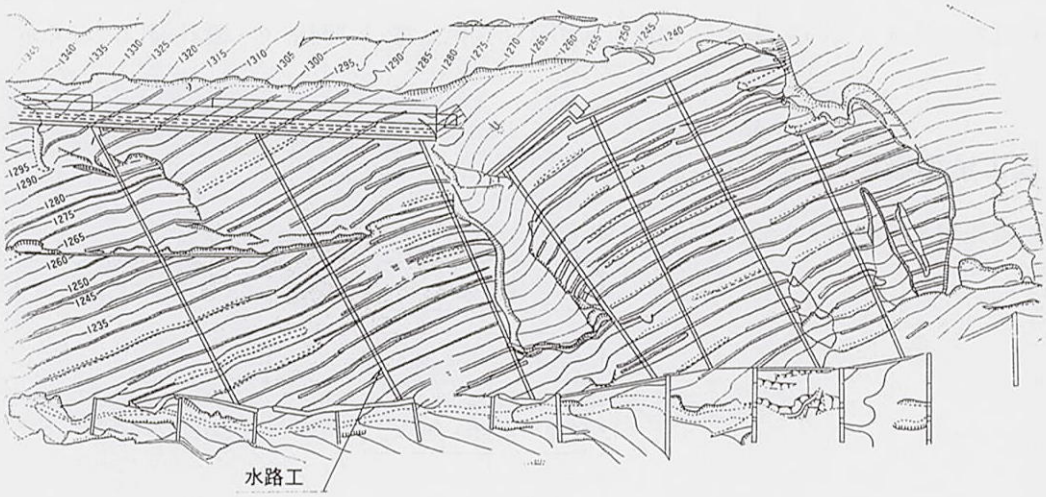
蛇籠を傾斜の急な所や堆積土の上に設置する場合には、移動を生じないように、腐朽しにくい樹種（「木材を使用する際の留意事項」の表－２を参照）の止杭を設置する。止杭の諸元を定めたものは特にないが、暗渠工としての鉄線蛇籠を固定する際には使用されている止杭（「鉄線蛇籠暗渠工」の表－１を参照，径８cm，長さ1.2m）の例などを参考とする。

(4) 詰石

中詰め石は、一般に径が 15～30cm のものが使用されるが、網目以上のものを大小混ぜ合わせ、空隙を小さくするよう配置する [1]。

6．施工事例

鉄線蛇籠水路工の適用事例としては、建設省関東地建日光砂防工事事務所管内の大薙山腹工における、角形蛇籠（フトン籠）水路工の事例がある（標準断面は図－２参照）。平面図を図－５に、水路工完成状況の写真を写真－１に示す。なお、水路工を設置した斜面の平均勾配は 35° である。



図－５ 大薙山腹工における鉄線蛇籠水路工施工箇所の平面図

資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p. 29 に一部加筆



写真－１ 水路工完成状況写真

7. 数量表

鉄線蛇籠水路工には一般的となっているものがないため、必要となる水路断面や使用する蛇籠のタイプによって、材料及び数量を個別に算出する必要がある。蛇籠に詰める詰石材料の使用量は、次式によって算出する[8)]。

（詰石材料の使用数量：m^3）＝（籠容積：m^3）×（1＋K）

ここに、K：補正係数（-0.05）

1）（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
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）諸戸北郎：諸戸砂防工学，成美堂書店，1938
4）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
5）飯塚肇：森林砂防工学，森北出版，1958
6）砂防山腹工工法集編集委員会：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，1994
7）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
8）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

編柵水路工

1．工法の概要と特徴

水路工は、雨水や湧水による山腹斜面の侵食を防止したり、流下水による他の工作物の破損を防いだり[1]、暗渠工によって集水された水を表面水とする必要のある場合[2]に、一定の位置に表面水を導き、安全に流下させるために築設されるものである。編柵水路工は、柳等の萌芽性の帯梢（粗朶）を使用して水路を形成し、柳等が活着し成長することによる水路の固定を期待するものである。

本工法は、自然材料を使用して施工するものであり、コンクリート二次製品等を使用して水路を施工する場合に比べ、自然環境へ与える負荷が小さい工法といえる。

2．適用用途

編柵水路工は、張芝水路工や空張水路工と異なり水路側面の保護を主目的としたものであるため、流量が少なく勾配が比較的緩やかな堆積部（土砂堆積区間）[1]に対する水路工として適用される工法である。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

編柵水路工の使用材料は、粗朶（帯梢），木杭，結束用の鉄線等である。このうち主材料は粗朶であるが、近隣の砂防ダム等の施工に際しての伐採によって大量の粗朶が生ずる場合には、水路を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

勾配が比較的緩やかな山腹下部の堆積部（土砂堆積区間）に適用する[1]。傾斜が急な箇所や、流水により侵食されやすい土質の箇所では破壊されやすく不適当である[3]。

編柵に使用する帯梢は、湿潤な土壌条件で根がよく成長する[4]。帯梢が萌芽・活着しなければ２～３年で腐朽するので、土壌に保水能力があり湿潤を保てる箇所に適する。

② 流量

常水がなく、降雨時の流量も少ない箇所に適用する[1]。

(3) 施工時期

挿木の適期には、樹木の休眠枝を採取して成長開始前に実施する方法と、晩秋に実施して翌春に萌芽を期待する２通りの方法がある[4]。編柵水路工は帯梢の萌芽・活着によって安定化するため、このような施工に適した時期を考慮して施工計画を立てる必要がある。

4．構造

(1) 構造

① 編柵

編柵水路工に用いる編柵の諸元に関する文献は少ないが、「砂防学講座 第５巻-２」には、編柵の高さは 50cm，杭間隔は１ｍを原則とし、杭の打ち込みは杭長の 2/3 以上で、少なくとも 1/2 を下回らないようにする[1]という記述がある。これらの値は、山腹階段工として使用される編柵工と基本的に同様であり、編柵水路工に用いる編柵は、編柵工に準じて設計できるものと考えられる。編柵の諸元を、以下に列挙する。

編柵の高さ　：50cm 程度を標準とする[2]

杭の間隔　：0.5～1.0ｍを基本として現地の地形や土質条件に最も適した間隔を決定する[3]。

杭の長さ　：杭の打ち込み深さができるだけ杭長の 2/3 以上となるように決定する[3]。

帯梢(粗朶)　：柵の材料となる帯梢には、萌芽性の強いヤナギ等を施工地近傍で採取して使用し、また編柵の間にはヤナギ類，ウツギ，タニウツギなどを挿木して、杭が腐朽しても編柵の効果が保たれるようにする[1]。

② 水路幅

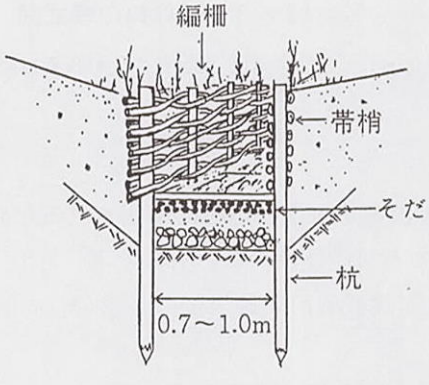
山腹水路工の通水断面は、対象流量を安全に流しうるよう十分に余裕を持たせる必要がある[5]。水路の断面は、流量計算を行って対象流量を求め、決定するものとする。これに用いる計画対象降雨量は、地すべり防止施設としての水路工の場合、原則として超過確率 1/50 の規模[5]となっているのでこれを参考とする。既往の編柵水路工の水路幅は、最大でも１ｍ程度であり、水路幅をこれ以上とした場合の安全性は確認できないため、１ｍ以上の水路幅が必要な水路には、より強度の高い他の水路工を採用するものとする。

水路の断面で計画流量を流せるかどうかについては、マニングの式でチェックする。この際、粗度係数(n)は、0.030，水深は 90%水深とする[6]。

③ 水路床の保護

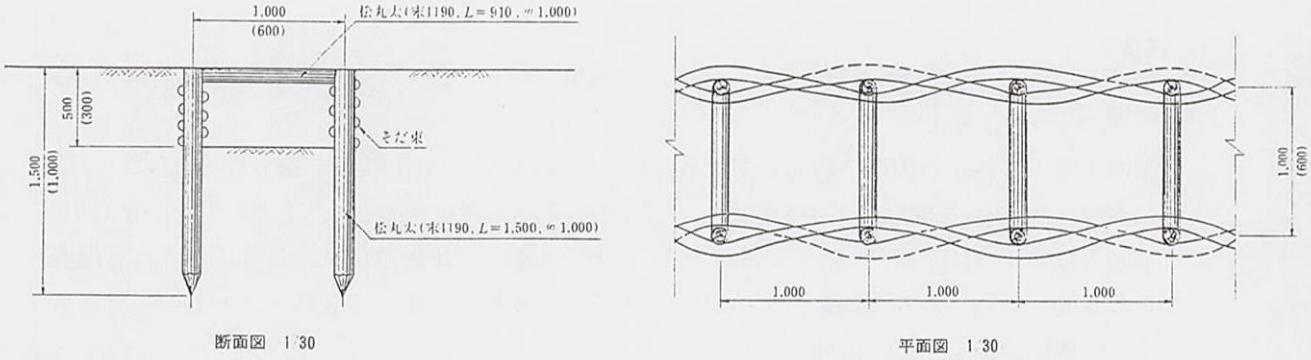
水路の底敷には、粗朶あるいは玉石を敷き、流水による侵食の防止を図る[1]。

編柵水路工の例を、図－１及び図－２に示す。図－２は、側圧に対応するため梁を入れた例である。



図－１　編柵水路工の例(1)

資料：(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)－，山海堂，p.221[1]



断面図　1/30　　平面図　1/30

図－２　編柵水路工の例(2)（カッコ内は小断面タイプの寸法）

資料：日本住宅公団（1980）：住宅造成工事仮設防災工法実例図集，（財）住宅共済会，p.168[6]

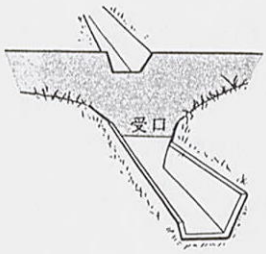
(2) 線形

水路の勾配を極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水等が生じて水路の破壊の原因となりやすいので、水路工の縦断形状は、極端な屈曲を避けるように計画する。また、水路の勾配や方向を変換するときには、土留工，帯工部で変換する[3]。

(3) 水路工の１スパンの長さ

水路工には原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、また、水路の末端部には、土留工，帯工あるいは谷止工等を設けて安定を図る[5]。

土留工等により水路の落差が大きくなる場合には、流水を十分に受けられる形の受け口（図－３の模式図参照）を設ける。



図－３　受け口の模式図

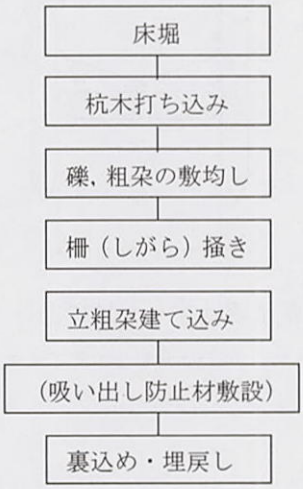
資料：（社）砂防学会（1993）：砂防学講座 第５巻-2 土砂災害対策－水系砂防(2)－，山海堂，p.218[1]

(4) 合流点の処理

編柵水路工は、降雨時の流量が少ない箇所に適用されるため、水路の合流点において水路を破壊するような跳水等が生ずる可能性は少ないものと考えられるが、必要に応じて集水ます等を設ける。集水ますの設計は、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章」を参考とする。

5．施工法の概要

ここでは、標準的と考えられる図－１に示した標準的な編柵水路工を例として、その施工法の概要を整理した。施工手順は図－４のようになる。



図－４　　編柵水路工の施工手順

① 床堀～杭木打ち込み

床堀を行って必要な断面を確保した後、杭を、設定した間隔で、地上に 50cm 程度露出するように打ち込む。

② 礫，粗朶の敷均し

路床の侵食を防止するため、路床に玉石あるいは粗朶を敷並べる。路床が侵食されやすい場合には、ヒューム管や蛇籠を敷設する場合もある[7]。

③ 柵掻き

帯梢を、図－１，図－２に示したように杭木に絡ませ、柵を形成させる。

④ 立粗朶建て込み

柵の背面に新鮮な柳枝を縦に並べ、立粗朶とする。また、編柵の隙間に柳枝等を挿木する。

⑤ 吸い出し防止材敷設

背面からの流水が集中し、柳枝が成長するまでの間に背面の埋戻し土が流失する恐れのある箇所では、必要に応じて吸い出し防止材を柵の背面に設置する。

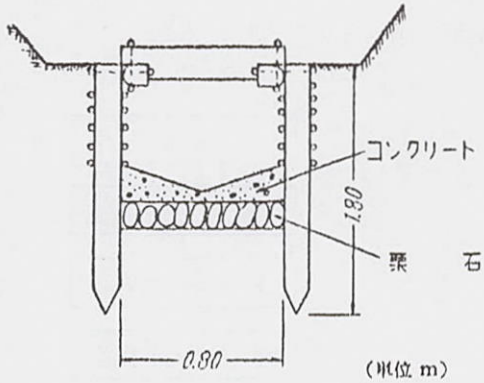
⑥ 裏込め・埋戻し

編柵の背面を、土砂で埋め戻す。

6．施工事例

編柵水路工の施工事例を示す文献は少ない。図－５に示す編柵水路工は、1952 年に新潟県中頸城郡旭村の儀明地すべり地で施工されたものである[7]。流水の再浸透を防止するため、水路床

がコンクリート張となっている。



図－５　新潟県儀明地すべり地における編柵水路工の断面

資料：矢野義男・谷口敏雄・谷勲（1965）：最新土木施工法講座９ 砂防施工法，山海堂，p.330[7]

7. 数量表

表－１　編柵水路工数量表（高さ 0.5m）　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭	長 1.5m　末口径 9 cm	本	26	杭間隔 0.75m
帯梢		束	10	編高 50cm の場合
立粗朶	長 0.4m　径 0.7～3cm	本	100	ヤナギ，ウツギ等

資料：工事歩掛研究会（1996）：改訂 10 版 標準工事歩掛要覧，（財）経済調査会，p. 549[8] をもとに作成。吸い出し防止材及び水路床の侵食防止用の礫，粗朶は別途計上する。

1）（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
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
4）松本弘志・段坂繁美：ヤナギ帯梢筋工の施工，治山研究発表会論文集，Vol.20，pp.248-252，1981
5）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
6）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
7）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
8）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

丸太柵水路工

1．工法の概要と特徴

水路工は、雨水や湧水による山腹斜面の侵食を防止したり、流下水による他の工作物の破損を防いだり[1]、暗渠工によって集水された水を表面水とする必要のある場合[2]に、一定の位置に表面水を導き、安全に流下させるために築設されるものである。丸太柵水路工は、間伐材等の丸太で柵を作り水路を形成するため、柔軟性に富み、施工地への順応性が高いという特徴がある[3]。

本工法は、主に自然材料を使用して施工するので自然環境へ与える負荷が小さく、また間伐材等の有効利用にも寄与する工法である。

2．適用用途

丸太柵水路工は、編柵水路工と同様に水路側面の保護を主目的としたものであるため、一般に常水のない緩斜面[3]に対する水路工として適用される工法である。近隣の施工地における伐採作業や、砂防樹林帯の保育作業等において、径 10cm 程度の丸太が大量に確保できる場合には、水路を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

丸太柵水路工の使用材料は、木材（丸太），鉄線（丸太結束用），挿木用の樹梢，底張用の土のう等である。このうち主材料の丸太は大量に必要となるため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

① 地形・地盤条件

丸太柵水路工は、緩斜面[3]で、杭木が打ち込めるように土層が比較的厚い箇所に適用する。構造上の類似性から、編柵水路工と同様に、傾斜が急な箇所や、流水により侵食されやすい土質の箇所では破壊されやすく不適当[4]と考えられる。また、路床から地中へ水が浸透するため、地中への水の浸透が許容されない地すべり地に対しては適さない。

② 流量

丸太柵水路工は、常水がない箇所に適用する[3]。構造上の類似性から、編柵水路工と同様に、降雨時の流量も少ないことが条件となる。

(3) 植生の導入

水路は流水の影響を受け、また丸太は施工後数年で腐朽するので（「木材を使用する際の留意事項」参照)、丸太柵には萱株の植付けやヤナギ等の挿木を行うことが必須条件となる[3]。従って施工時期は、挿木の適期を考慮して設定する。

4．構造

(1) 構造

① 丸太柵

丸太柵の高さ，杭間隔等の諸元は、これを規定した文献がないため、同種の工法である丸太柵工に準じて下記の範囲で設定する（「丸太柵工」を参照）。

柵の高さ　：50cm 程度を標準とする
杭の間隔　：0.5～1.0mを基本として現地の地形や土質条件に最も適した間隔を決定する。
杭の長さ　：杭の打ち込み深さができるだけ杭長の 2/3 以上となるように決定する。

② 水路幅

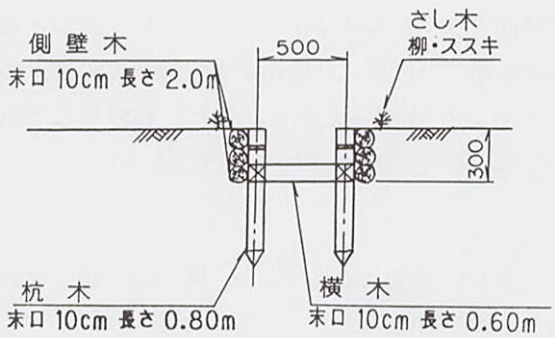
山腹水路工の通水断面は、対象流量を安全に流しうるよう十分に余裕を持たせる必要がある[5]。水路の断面は、流量計算を行って対象流量を求め、決定するものとする。これに用いる計画対象降雨量は、地すべり防止施設としての水路工の場合、原則として超過確率 1/50 の規模[5]となっているのでこれを参考とする。既往の丸太柵水路工の水路幅は、最大でも 1 m程度[3]であり、水路幅をこれ以上とした場合の安全性は確認できないため、1 m以上の水路幅が必要な水路には、より強度の高い他の水路工を採用するものとする。

水路の断面で計画流量を流せるかどうかについては、マニングの式でチェックする。この際、粗度係数(n)は、板柵工や編柵工の検討で使用する粗度係数を参考に 0.020～0.030[6]，水深は 90%水深とする[6]。

③ 水路床の保護

水路の底には、流水による侵食の防止を図るため、粗朶，玉石，コンクリート等を敷いたり、丸太柵で階段を作るなどして保護する。

丸太柵水路工の例を、図－1 に示す。



図－1　丸太柵水路工の構造例

資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p. 195[7]

(2) 線形

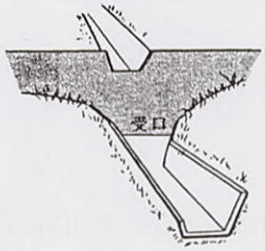
水路の勾配を極端に変化させると、その部分において土砂が堆積したり、跳水等が生じて水路

の破壊の原因となりやすいので、水路工の縦断形状は、極端な屈曲を避けるように計画する。また、水路の勾配や方向を変換するときには、土留工，帯工部で変換する[4]。

(3) 水路工の１スパンの長さ

水路工には原則として 20～30m 間隔に帯工を設け、また、水路の末端部には、土留工，帯工あるいは谷止工等を設けて安定を図る[5]。

土留工等により水路の落差が大きくなる場合には、流水を十分に受けられる形の受け口（図－２の模式図参照）を設ける。



図－２　受け口の模式図

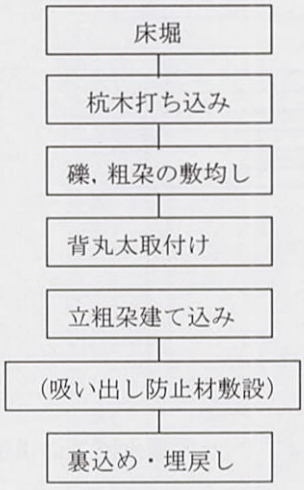
資料：(社) 砂防学会 (1993)：砂防学講座 第５巻-2 土砂災害対策－水系砂防(2)－，山海堂，p. 218

(4) 合流点の処理

丸太柵水路工は、降雨時の流量が少ない箇所に適用されるため、水路の合流点において水路を破壊するような跳水等が生ずる可能性は少ないものと考えられるが、必要に応じて集水ます等を設ける。集水ますの設計は、「建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章」を参考とする。

５．施工法の概要

丸太柵水路工の施工手順は図－３のようになる。



図－３　　丸太柵水路工の施工手順

① 床堀～杭木打ち込み

床堀を行って必要な断面を確保した後、杭を、設定した間隔で、地上に 50cm 程度露出するように打ち込む。

② 礫，粗朶の敷均し

路床の侵食を防止するため、路床に玉石あるいは粗朶を敷並べる。路床が侵食されやすい場合には、ヒューム管や蛇籠を敷設したり、[8]。木柵によって階段を作る場合もある[3]。

③ 背丸太取付け

杭木に、亜鉛メッキ鉄線や釘を使用して背丸太を取付ける。

④ 立粗朶建て込み

柵の背面に新鮮な柳枝を縦に並べ、立粗朶とする。また、丸太柵の隙間に柳枝等を挿木する。

⑤ 吸い出し防止材敷設

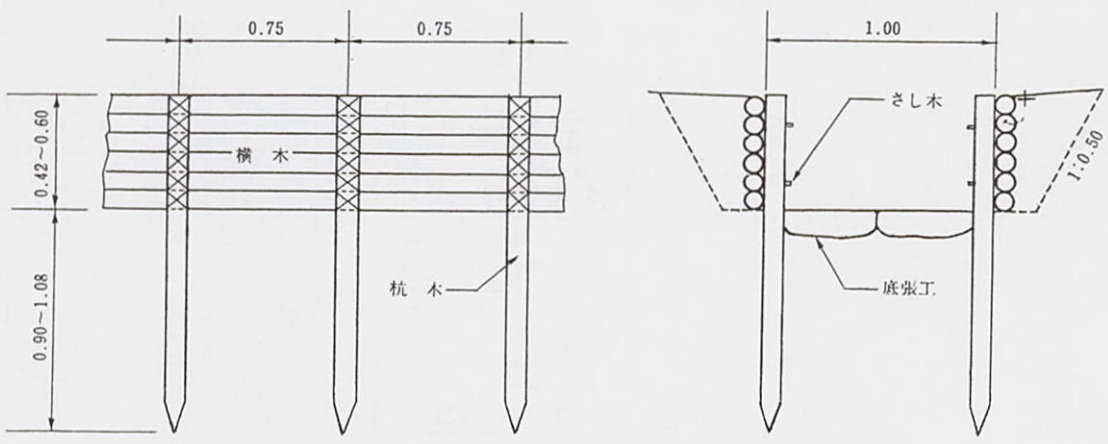
背面からの流水が集中し、柳枝等が成長するまでの間に背面の埋戻し土が流失する恐れのある箇所では、必要に応じて吸い出し防止用マットを柵の背面に設置する。

⑥ 裏込め・埋戻し

丸太柵の背面を、土砂で埋め戻す。

6．施工事例・数量表

丸太柵水路工は、間伐材の利用促進のため、近年では治山分野での実績が多い。柵の高さ，杭間隔等の諸元は様々であるため、材料の使用数量もまちまちである。ここでは、丸太柵水路工の施工事例とそれに対応する数量表を数例紹介するにとどめる。



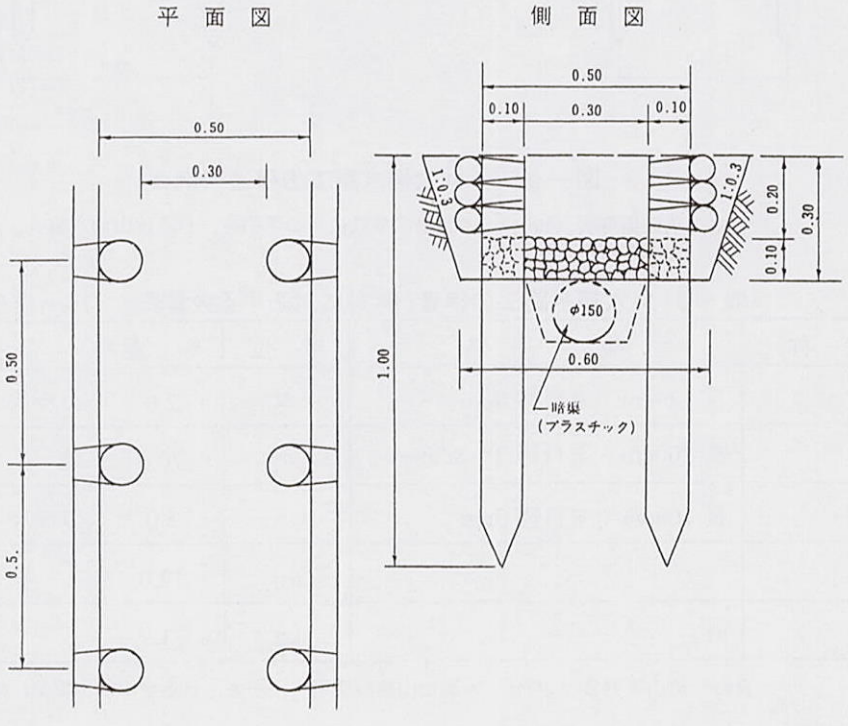
図－４　　丸太柵水路工の構造（例１）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.83[3]

表－1　丸太柵水路工の構造(例1)に対応する数量表　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長さ 1.5m　末口径 9cm	本	26	スギ
横丸太	長さ 2.0m　末口径 7cm 白木（クレオソート処理）	〃	60	スギ
挿木	長さ 20cm 内外	〃	10	ヤナギ又はウツギ
鉄線	亜鉛引き #12	kg	6.0	結束用
底張工	60×40cm	袋	67	植生土のう

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.83[3)]



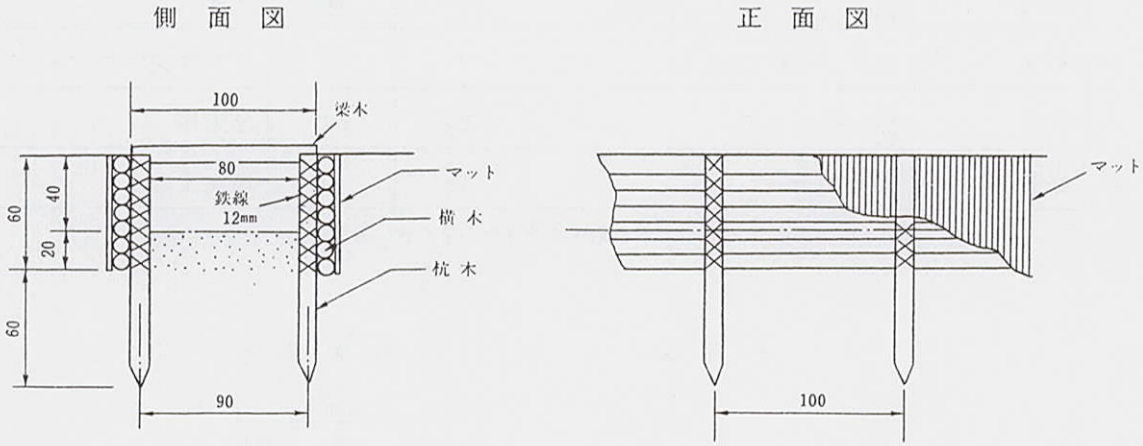
図－５　　丸太柵水路工の構造（例２）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.89[3)]

表－2　丸太柵水路工の構造(例2)に対応する数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長さ 1.0m　末口 10cm	本	40.00	
横木	長さ 2.0m　末口 6cm	〃	30.00	
敷栗石	砕石径 40mm	m^3	0.50	
鉄線	結束 #8　10.1m/kg　1.0m/箇所	kg	11.88	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.89[3)]



図－６　　丸太柵水路工の構造（例３）

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.87[3)]

表－３ 丸太柵水路工の構造(例3)に対応する数量表　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
杭木	長 120cm　末口径 9cm	本	2.0	カラマツ
横木	長 200cm　末口径 3～8cm	〃	70.0	雑
梁木	長 100cm　末口径 9cm	〃	5.0	カラマツ
マット		m^2	12.0	
鉄線	#12	kg	31.9	

資料：治山研究会（1994）：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，p.87[3)]

1）（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
2）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
3）治山研究会：木製治山施設使用の手引き，日本治山治水協会，1994
4）林野庁：治山技術基準解説 総則・山地治山編，日本治山治水協会，1993
5）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
6）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
7）砂防山腹工工法集編集委員会：わかりやすい砂防山腹工工法集，(社) 北陸建設弘済会，1994
8）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

粗朶暗渠工

1．工法の概要と特徴

暗渠工は、地下水が多く、再崩壊の恐れの多い箇所及び法切り土砂を大量に堆積せざるを得ない箇所に対して[1]、斜面の安定に対して悪影響を及ぼす恐れのある地下水を排除するために設けるものである[2]。粗朶暗渠工は、地中に埋設した粗朶束の空隙によって地下水を排水するものである。

本工法は、自然材料を使用して施工するものであり、化学製品などの暗渠に比べ、自然環境へ与える負荷が小さい工法といえる。

2．適用用途

粗朶暗渠工は屈撓性に富むため、継続的な土砂移動がある箇所に対して、比較的延長が短い小規模な暗渠として使用する[2]。

砂防ダム等の施工に際し、伐採によって大量の粗朶が生ずる場合には、暗渠排水を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

使用材料は、粗朶束（粗朶及び結束用鉄線），木杭，礫である。このうち、主材料である粗朶は大量に必要となるのため、施工現場周辺でこれらの材料を必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。粗朶に葉がついたままだと閉塞の原因となるので、粗朶は葉を除去して使用する[3]。

(2) 適用条件

粗朶暗渠工は、粗朶が入手しやすく、石材の得にくい箇所に、比較的延長が短い小規模な暗渠として適用する[2]。樹枝状の暗渠工の先端部がこの条件に相当する。また、粗朶暗渠工は、継続的な土砂移動がある箇所にも適する[2]。

粗朶暗渠工は、腐朽や目詰まりによる機能低下の恐れがあるため、地下水の水量が豊富で恒久性が必要とされる場合には、多孔管や化学製品を使用した暗渠を採用する。

4．構造

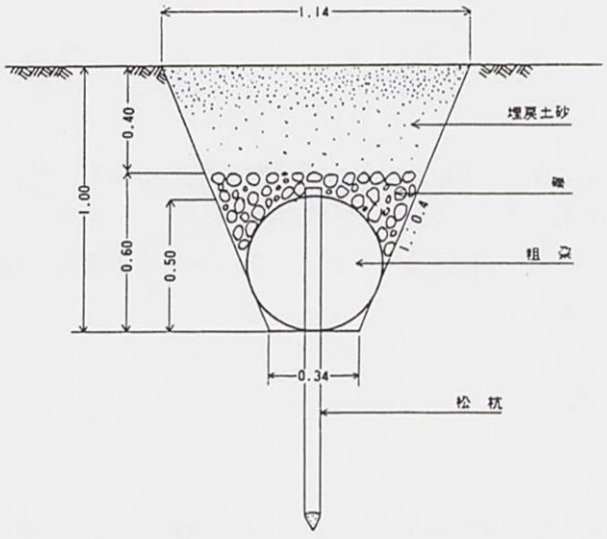
(1) 設置位置

暗渠工は、地下水を最も容易に集水し、排水できるように、浸透水の集まる水筋に計画する。荒廃地における具体例としては、法切工施工時に法切り土砂で埋め立てられるガリーのうち、ガリー内の浸透水を処理する必要があるものについて、ガリー床の上に設置されるケースが挙げられる[4]。地すべり地では、暗渠工は比較的浅い層の地下水を排除するために計画される。暗渠の深さは２m程度を標準とする[2]。

(2) 構造

粗朶暗渠工は、粗朶束と、その上に埋設するフィルター層からなる。また、粗朶暗渠工は、原則として不透水層の上に設ける[2]ものとされているが、暗渠をやむなく透水層の中に設置しなければならない場合には、粗朶の下に人工の不透水層を作る必要がある[5]。

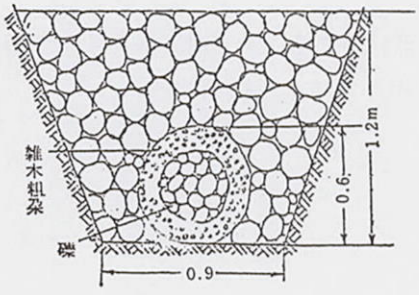
粗朶暗渠工には、粗朶束の埋設本数，フィルター層の種類，粗朶束の補強方法などを工夫した様々なものがあるため、その構造は標準化されていない。図－１～図－５に、様々なタイプの粗朶暗渠工を示す。図－１は、瀬田川流域において昭和 34 年度に施工された粗朶暗渠工である[6]。



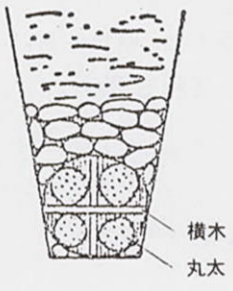
図－１　粗朶暗渠工の例(1)　（単位：m）

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.292[6]

図－２は、目詰まりによる機能低下を抑制するため、中心部に礫を入れて巻いた粗朶束を使用したものである。図－３は、横木によって区分された４本の丸太を粗朶で包み、空隙を確保したものである。この暗渠工は「丸太詰暗渠」とも呼ばれ、屈撓性に富み、耐久性も高い[7]ものである。



図－２　粗朶暗渠工の例(2)　（単位：m）

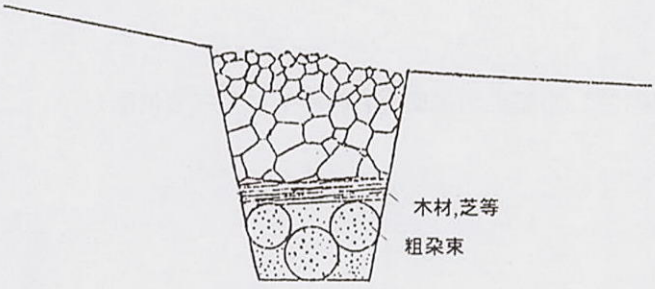


図－３　粗朶暗渠工の例(3)

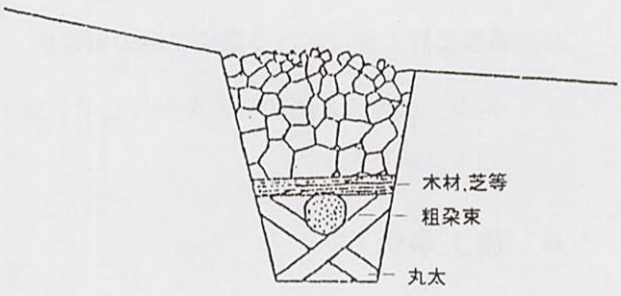
資料：(社) 全国治水砂防協会（1981）：日本砂防史，石崎書店，p. 427[8]

図－４は、３本の粗朶束を据付けた後、その上に木材あるいは芝をフィルターとして使用したものである。図－５は、暗渠の内側に丸太を十文字に入れ、その上に粗朶を入れて暗渠の閉塞を

予防したものである。



図－４　粗朶暗渠工の例(4)



図－５　粗朶暗渠工の例(5)

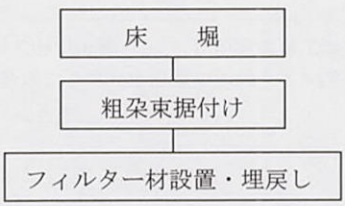
資料：諸戸北郎（1923）：理水及砂防工学 工事編，三浦書店，p. 269[9]

(3) 流末処理

暗渠を流下した地下水は、集水マス，あるいは明暗渠工と落差工を利用して集水し、地表の水路に導いて排水する。集水，排水方法の詳細は、建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章[2]を参照されたい。

５．施工法の概要

ここでは、標準的と考えられる図－１に示した粗朶暗渠工を例として、その施工法の概要を整理した。施工手順は図－６のようになる。法切工を行う場合、暗渠工はその前に施工する。



図－６　　粗朶暗渠工の施工手順

(1) 床堀～粗朶束据付け

床堀を行って底幅 0.34m，上幅 1.14m，高さ１mの断面を形成する[6]。また、これと平行して粗朶を所定の直径に束ね、20cm 間隔[10]に鉄線で結束し、粗朶束を作成する。暗渠の内側に粗朶束を設置し、１m間隔に止杭木を打ち立てる[6]。なお、透水層中に粗朶束を設置する場合には、粗朶束を設置する前に防水マット等を敷設する。

(2) フィルター材設置・埋戻し

暗渠工の埋め戻しは、透水性のよい土から漸次密度の高い土へと行うのが基本である[4]。図－１の事例の場合、粗朶の上に礫を 10cm 厚に敷き均し、さらにその上 40cm 厚に土砂を埋戻してい

る[6]。なお、必要に応じて、礫と埋戻土との間に粗朶や吸出防止材を設置する。

床堀時に矢板を用いた場合は、埋戻しが進捗するごとに順次引き抜く。

(3) 暗渠工施工後における法切工時の留意点

暗渠工の埋設と法切工とを平行して実施する際には、暗渠工が法切土石の落下によって損傷しないよう注意する[11]。

6．施工事例

図－1に示した粗朶暗渠工は、瀬田川流域において、昭和34年度に災害復旧事業費による鍋谷砂防施工地No.2区の湿潤箇所に施工された事例[6]である。

7. 数量表

表－1 粗朶暗渠工数量表(例)[6]　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
粗朶	長2.0m　1.6m縄〆	束	5	径50cm間隔に結束
亜鉛メッキ鉄線	14#	kg	4.2	粗朶結束用，結束間隔20cm，二重巻き
礫		m^3	1.4	
止杭	長1.2m　末口径6cm	本	10	マツ杭

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 292
（上記資料に、結束用の亜鉛メッキ鉄線の数量を概算して数量に加えた。）

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）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
3）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
4）中村漸：愛知のはげ山復旧，治山研究発表会論文集，Vol.19，pp.26-32，1980
5）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
6）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防の歩み，1998
7）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
8）（社）全国治水砂防協会：日本砂防史，石崎書店，1981
9）諸戸北郎：理水砂防工学 工事編，三浦書店，1923
10）(社)北陸建設弘済会：粗朶工法の施工について(その2)，多自然研究，No.49，pp.17-22，1999
11）建設省：河川砂防技術基準(案) 3編3章，1957

石礫暗渠工

1．工法の概要と特徴

暗渠工は、地下水が多く、再崩壊の恐れの多い箇所及び法切り土砂を大量に堆積せざるを得ない箇所に対して[1]、斜面の安定に対して悪影響を及ぼす恐れのある地下水を排除するために設けるものである[2]。石礫暗渠工は、地中に埋設した石礫の空隙や、石組で作った水路によって、地下水を排水するものである。

本工法の使用材料は、主に石材であるので、化学製品を使用した暗渠に比べ、資材の運搬に労力を伴うが、自然環境へ与える負荷は小さい工法といえる。

2．適用用途

石礫暗渠工は、石礫の空隙を通して水を浸透させるものと、石を組み合わせて作った水路によって水を流下させるものに細分できる。前者を「石礫暗渠工（或いは石礫盲渠）」，後者を「水路付き石礫暗渠工（或いは石礫暗渠）」と称する[3)4)]。現行の河川砂防技術基準(案)の設計編[2]に示されている栗石暗渠工は、水路を伴わない石礫暗渠工と考えられる。石礫暗渠工は流量の少ない箇所に適する。一方、水路付き石礫暗渠工は流量が多い箇所に適する[4]。

近隣の床堀作業による残土や渓床不安定土砂から、多量の石礫が確保できる場合には、暗渠排水を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

石礫暗渠工に使用する材料は、そのタイプによっても異なるが、石礫（栗石，割栗石），目詰まり防止材料（粗朶，芝等），浸透防止材料（防水シート等）である。このうち、主材料である石礫は大量に必要となるのため、施工現場周辺でこれらの材料を必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

石礫暗渠工は、石材が入手しやすく、粗朶暗渠工では対応できない条件の箇所に適用する。また、継続的な土砂移動がある箇所にも適する[2]。

地下水の水量が豊富で、恒久性が必要とされる場合には、水路付き石礫暗渠工が適する。ただしこの工法の場合、高い精度の石組みが求められ、また地すべり地に適用する際には、水路の水密性を保つため、地盤の移動に抵抗できるような対策が必要となる[4]など、多大な労力が求められるので、多孔管や化学製品の暗渠工の使用も検討する。

4．構造

(1) 設置位置

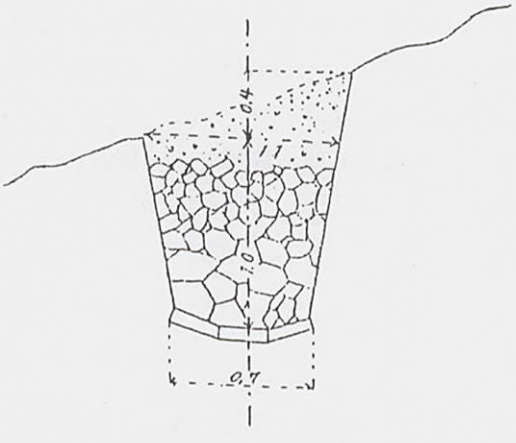
暗渠工は、地下水を最も容易に集水し、排水できるように、浸透水の集まる水筋に計画する。

暗渠工は、原則として不透水層の上に設ける[2]ものであるが、暗渠をやむなく透水層の中に設置しなければならない場合には、石礫の下に防水シート等を使用し不透水層を作る必要がある[5]。荒廃地における具体例としては、法切工施工時に法切り土砂で埋め立てられるガリーのうち、ガリー内の浸透水を処理する必要があるものについて、ガリー床の上に設置されるケースが挙げられる[6]。地すべり地では、暗渠工は比較的浅い層の地下水を排除するために計画される。暗渠の深さは２m程度を標準とする[2]。

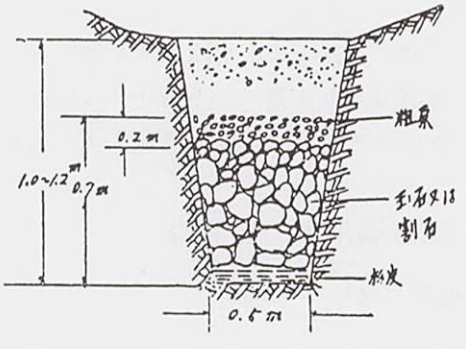
(2) 構造

石礫暗渠工は、近年における使用実績がほとんどなく、その構造は標準化されていない。ここでは、「石礫暗渠工」,「水路付き石礫暗渠工」それぞれについて、その構造の例を図－１及び図－２に示す。

図－１(1)は、浸透と侵食を防止するための木材を水路床に敷設したものである。図－１(2)は、目詰まりによる機能低下を抑制するため、礫の上に粗朶を敷並べたものである。



図－1(1) 石礫暗渠工の例(1)(単位:m)

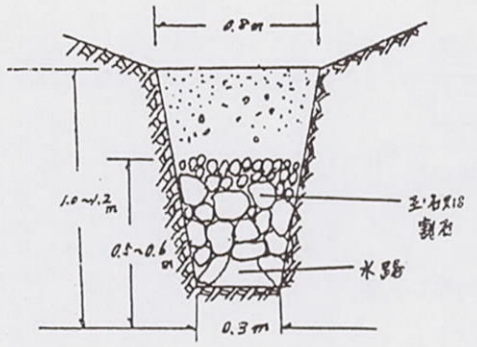


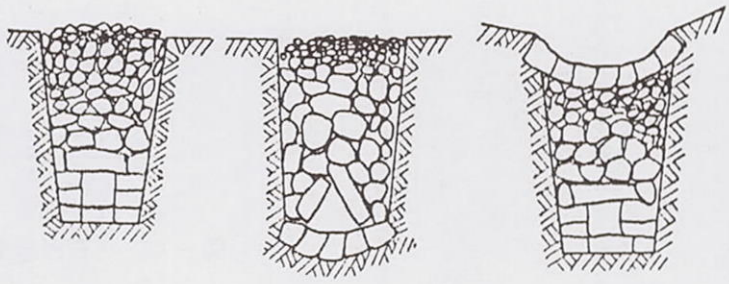
図－1(2) 石礫暗渠工の例(2)(単位:m)

資料：図－１(1)：諸戸北郎（1923）：理水及砂防工学 工事編，三浦書店，p.267[3]
図－２(2)：林野庁治山課編（1955）：改訂 治山工種写真図譜[7]

図－２は、各種の水路付き石礫暗渠工を示したものである。図－２(2)の右側の図は、石張水路工を併用した明暗渠工である。

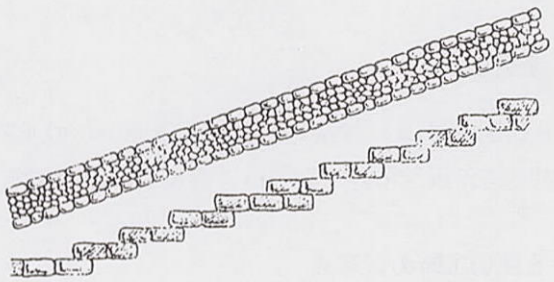
水路付き石礫暗渠工の底は、木樋などを設けない場合には、図－３に示すように階段をつけて石の滑動を防ぐとともに、流速を減じて洗掘を防止する[4]。





図－2(1) 水路付き石礫暗渠工の例(1)（単位：m）　　図－2(2) 水路付き石礫暗渠工の例(2)

資料：図－2(1)：林野庁治山課編（1955）：改訂 治山工種写真図譜
図－2(2)：矢野義男・谷口敏雄・谷勲（1965）：最新土木施工法講座9 砂防施工法，山海堂，p. 258[8)]



図－3 水路付き石礫暗渠工の底につけた階段の例

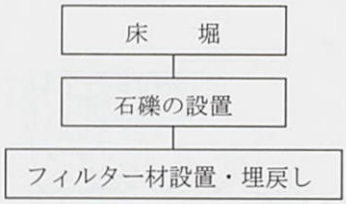
資料：中村猪市（1928）：砂防工学，成美堂，p. 281[9)]

(3) 流末処理

暗渠を流下した地下水は、集水マス，あるいは明暗渠工と落差工を利用して集水し、地表の水路に導いて排水する。集水，排水方法の詳細は、建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第4章[2)]を参照されたい。

5．施工法の概要

水路付き石礫暗渠工は、高い精度の石組みが必要となり、軟弱地盤には適さず、築造には多くの労力がかかるため、屈撓性があり施工も簡単な多孔管や化学製品等の暗渠工を採用する方が効率がよい。そこで、ここでは水路を伴わない、図－1(2)に示したような石礫暗渠工について、その一般的と考えられる施工手順を整理した。施工手順は図－4のようになる。なお、一連の砂防工事で法切工を行う場合には、暗渠工は法切り土砂を斜面凹部に埋戻す前に施工する。



図－４　　石礫暗渠工の施工手順

(1) 床堀～石礫の設置

床堀を行い、暗渠工に必要な断面を確保する。暗渠の内側に石礫を設置する。使用する石礫の大きさは、径が 0.05～0.15m[2]程度のもので、形状は、角が多く間隙が多くなる割石が適する[3]。礫は下方に大径のものを、上方に小径のものを詰めるようにする[10]。また、石に付着した土は事前に洗い流しておく[3]。なお、透水層中に暗渠工を設置する場合には、水の浸透と水路床の侵食を防止するため、石礫の下に防水シート等を敷設する。

(2) フィルター材設置・埋戻し

石礫の上部は、図－１(2)のように粗朶等で覆い、周囲からの土砂の流入で目詰まりが生じないようにする[10]。床堀時に矢板を用いた場合は、埋戻しが進捗するごとに順次引き抜く。

(3) 暗渠工施工後における法切工時の留意点

暗渠工の埋設と法切工とを平行して実施する際には、暗渠工が法切土石の落下によって損傷しないよう注意する[11]。

６．施工事例

建設省河川砂防技術基準(案)同解説[2]にも記載されている工法であり、多くの施工実績があるものと考えられるが、その具体例の抽出には及ばなかった。

7. 数量表

数量は、暗渠の必要断面及び使用材料ごとに個別に算出する。

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）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
3）諸戸北郎：理水及砂防工学 工事編，三浦書店，1923
4）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
5）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
6）中村漸：愛知のはげ山復旧，治山研究発表会論文集，Vol.19，pp.26-32，1980
7）林野庁治山課編：改訂 治山工種写真図譜，1955
8）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
9）中村猪市：砂防工学，成美堂，1928
10）(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
11）建設省：河川砂防技術基準(案)，1957

蛇籠暗渠工

1．工法の概要と特徴

暗渠工は、地下水が多く、再崩壊の恐れの多い箇所及び法切り土砂を大量に堆積せざるを得ない箇所に対して[1]、斜面の安定に対して悪影響を及ぼす恐れのある地下水を排除するために設けるものである[2]。蛇籠暗渠工は、鉄線蛇籠を使用し地盤が変動しても有効に働くようにしたもので、一般に円筒形蛇籠を用いる[2]。

蛇籠暗渠工は、施工地で発生した礫を、材料として有効に利用でき、かつ比較的短期間で施工できる工法である。

2．適用用途

蛇籠暗渠工は、屈撓性に富むので、地すべり地のような継続的な土砂移動がある箇所での暗渠として使用される[2]。

近隣の床堀作業による残土や渓床不安定土砂から、多量の石礫が確保できる場合には、暗渠排水を要する箇所に本工法を適用できる場合がある。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

蛇籠暗渠工の使用材料は、鉄線蛇籠，中詰め材として使用する玉石等の礫，蛇籠固定用の木杭等である。礫は大量に必要となるのため、施工現場周辺で必要量確保できるかどうか、あらかじめ検討する必要がある。

(2) 適用条件

蛇籠暗渠工は、石礫暗渠工と同様に、石礫の空隙を通して水を浸透させるものであるため、流量の少ない箇所に適する。地下水の水量が豊富で恒久性が必要とされる場合には、多孔管や化学製品を使用した暗渠工の採用を検討する。また、蛇籠暗渠は屈撓性に富むので、地すべり地のような継続的な土砂移動がある箇所にも適用できる[2]。

4．構造

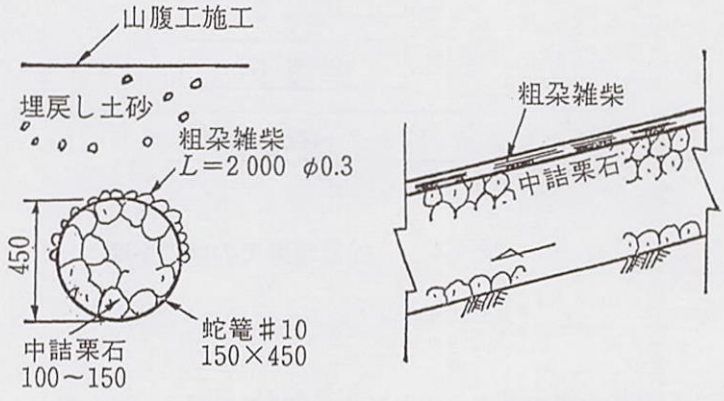
(1) 設置位置

暗渠工は、地下水を最も容易に集水し、排水できるように、浸透水の集まる水筋に計画する。荒廃地における具体例としては、法切工施工時に法切り土砂で埋め立てられるガリーのうち、ガリー内の浸透水を処理する必要があるものについて、ガリー床の上に設置されるケースが挙げられる[3]。地すべり地では、暗渠工は比較的浅い層の地下水を排除するために計画される。この場合、暗渠の深さは２ｍ程度を標準とする[2]。

(2) 構造

蛇籠暗渠工は、蛇籠本体と、その上に埋設するフィルター層からなる。また、蛇籠暗渠工は、原則として不透水層の上に設ける[2]ものとされているが、暗渠をやむなく透水層の中に設置しなければならない場合には、蛇籠の下にコンクリート板等を設置し、人工の不透水層を作る必要がある[4]。

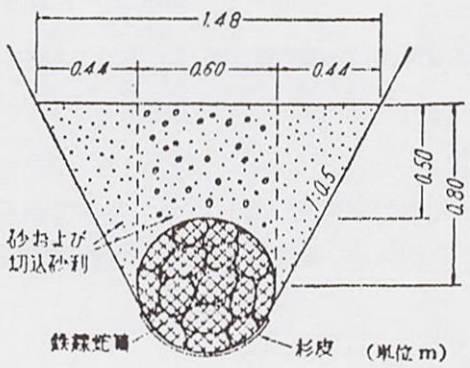
蛇籠暗渠工の構造は、フィルター層や人工不透水層の形成に使用する材料によって様々なものがあるので、ここでは数例を示す。図－１は、不透水層の上に蛇籠を設置した例で、蛇籠の上に粗朶を敷いてフィルター層とし、土砂で埋め戻したものである。



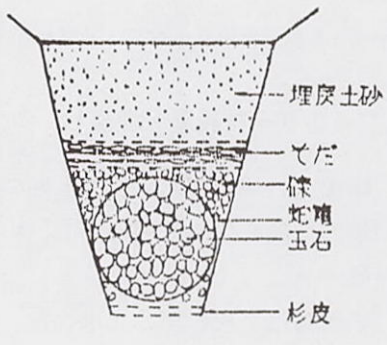
図－１ 蛇籠暗渠工の例(１)（単位:mm）

資料：建設省河川局（1997）；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, p.34[2]

図－２は、蛇籠の下に杉皮を敷き並べ、砂及び切込砂利をフィルター層としたものである。また、図－３は、礫と粗朶を組み合わせてフィルター層を作ったものである。現在では、不透水層形成のためには防水シートが、フィルター層としては吸出防止マットが使用されることが多い。



図－２ 蛇籠暗渠工の例(２)（単位:m）[4]



図－３ 蛇籠暗渠工の例(３)[4]

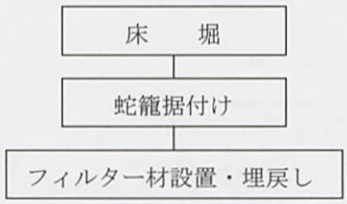
資料：矢野義男・谷口敏雄・谷勲（1965）：最新土木施工法講座９ 砂防施工法, 山海堂, p. 350

(3) 流末処理

暗渠を流下した地下水は、集水マス，あるいは明暗渠工と落差工を利用して集水し、地表の水路に導いて排水する。集水，排水方法の詳細は、建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]第４章[2)]を参照されたい。

５．施工法の概要

暗渠工の施工は、法切工の前に行う。蛇篭暗渠工の施工手順は図－４のようになる。



図－４　　蛇籠暗渠工の施工手順

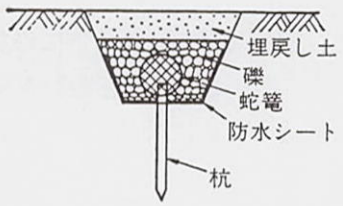
(1) 床堀

使用する蛇籠の直径を底辺とする床堀形状で、床堀を行う。施工地の土質や床堀深に応じて、矢板を使用する。

(2) 蛇籠据付け

蛇籠を透水層中に設置する場合は、事前に防水対策として図－５のようにコンクリート，防水マット等を施す。

蛇籠は暗渠内あるいはその近傍で組み上げ、設置する。蛇籠を固定する必要がある場合は、木杭を使用して固定する。



図－５　防水シートの設置範囲

資料：建設省河川局（1997）；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，p.45[2)]

(3) フィルター材設置・埋戻し

暗渠工の埋め戻しは、透水性のよい土から漸次密度の高い土へと行うのが基本である[4)]。蛇籠の周囲は礫や砕石で埋め戻し、さらに必要に応じてその上の埋戻土との間に粗朶や吸出防止材を設置する。

床堀時に矢板を用いた場合は、埋戻しが進捗するごとに順次引き抜く。

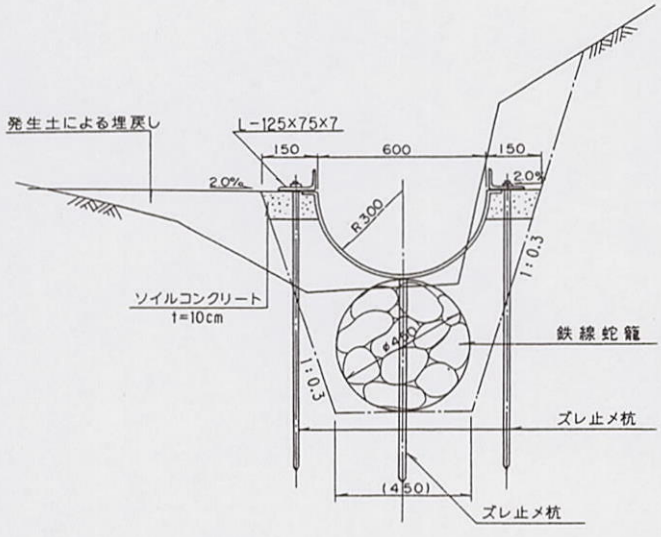
(4) 暗渠工施工後における法切工時の留意点

暗渠工の埋設と法切工とを平行して実施する際には、暗渠工が法切土石の落下によって損傷しないよう注意する[5)]。

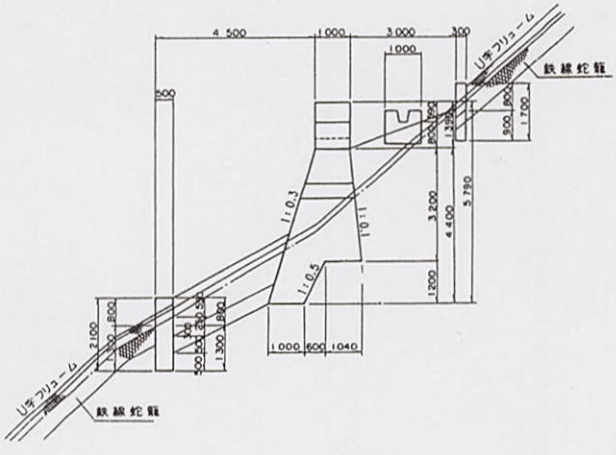
6．施工事例

蛇籠暗渠工は、長野県や新潟県の地すべり地で施工実績が確認できる[4]。砂防工事の山腹工として近年使用された事例には、石川県鶴来土木事務所管内の平等寺川山腹工で採用された蛇籠明暗渠工がある。

この明暗渠工は、図－６に示すように、暗渠部に鉄線蛇籠を、明渠部にU字フリュームを使用したもので、図－７の縦断図に示すように配置されている。暗渠を流れる流水は、帯工部分で地表に導かれている。



図－６ 平等寺川山腹工における明暗渠工の例



図－７ 明暗渠工部分の縦断図

資料：図－６：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.197[6]
図－７：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.157[6]

7．数量表

蛇籠を止杭で固定し、粗朶をフィルターとして使用した蛇籠暗渠工の数量表の例を、表－１に示す。

表－１ 蛇籠暗渠工数量表(例)　　(10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
鉄線蛇籠	亜鉛メッキ　#10 長 5.0m　径 0.6m	本	2	
止杭	長 1.2m　末口径 8 cm	m^3	0.028	カラマツ
間詰粗朶	長 2.0m　1m 縄〆	束	20	
二子なわ		kg	0.66	

資料：矢野義男・谷口敏雄・谷勲（1965）：最新土木施工法講座９ 砂防施工法，山海堂，p350[4]

1）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・計画編，（社）日本河川協会，1997
2）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
3）中村漸：愛知のはげ山復旧，治山研究発表会論文集，Vol.19，pp.26-32，1980
4）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
5）建設省：河川砂防技術基準(案)　　，1957
6）砂防山腹工工法集編集委員会：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，1957

木材を使用する際の留意事項

◆ 木材の特性と用途の考え方

コンクリートや鋼材は、材料としての性能が均質で耐久性も高く長期間の使用に耐えるのに対し、木材には、①樹種ごとに耐久性等の性質が異なる，②樹種が同じであっても年輪の密度や節の分布状況が異なり、また湿度の変化によって割れや狂いが生ずるため、均質な性能が確保しにくい，③腐朽等の進行とともに強度が低下する，といった特徴がある。

したがって、木製の構造物は、構造物が腐朽してもその機能が植生によって代替されるような、植生回復の補助手段として、あるいは短期間使用する仮設的構造物として適用すべきであると考えられる。

◆ 木材を使用した砂防構造物の計画・設計の考え方

砂防構造物への木材の使用は、砂防工事や他の公共事業に付随して発生する伐採木を、廃棄物とせずに有効に利用するための手段の一つである。そのため、砂防構造物の計画・設計に当たっては、構造物の材料を単に木材に置きかえて設計するのではなく、発生する伐採木の材料としての性質（形状，強度，耐朽性，萌芽性，等）を考慮し、それに適した用途に活用していくことが望ましい。

◆木材の強度

柵工や筋工などの簡易な木製構造物は、受ける外力が小さく、植生が回復するまでの数年間だけ機能が保てればよく、多少の変形が生じてもその機能に支障はないため、経験的に適当とされる構造を採用する限りでは安定計算や部材の安全性についての検討は必要ない。一方、比較的大きな外力がかかり、土砂の扞止が主目的であり、破損によってその機能が損なわれることが考えられる木製土留工や木製堰堤等の設計に際しては、構造物の安定検討や部材の安全性の検討が必要となる。この際に用いる木材の許容応力度は、表－１に示す建築基準法施行令に定められている値等を参考とする。

表－1　木材の許容応力度（建築基準法施行令 第89条）

木材の種類 ＼ 許容応力度		長期応力に対する許容応力度 (kg/cm²)				短期応力に対する許容応力度 (kg/cm²)			
		圧縮	引張り	曲げ	剪断	圧縮	引張り	曲げ	剪断
針葉樹	アカマツ，クロマツ及びベイマツ	75	60	95	8	長期応力に対する圧縮，引張り，曲げ又は剪断の許容応力度のそれぞれ数値の２倍とする。			
	カラマツ，ヒバ，ヒノキ及びベイヒ	70	55	90	7				
	ツガ及びベイツガ	65	50	85	7				
	モミ，エゾマツ，トドマツ，ベニマツ，スギ，ベイスギ及びスプルース	60	45	75	6				
広葉樹	カシ	90	80	130	14				
	クリ，ナラ，ブナ及びケヤキ	70	60	100	10				

◆ 木材の腐朽

木材の腐朽は、主に担子菌（木材腐朽菌）によって引き起こされる。木材腐朽菌は好気性であり、生育するためには酸素を必要とするため、酸素が欠乏している水中や地中深くでは、木材は腐朽しにくい[1)]。木材腐朽菌による腐朽量は、木材の比重によって異なるが、一般に含水率が50～100%のときが最大となり、150%を越えると酸素不足のため微弱となる[1)]。

◆ 木材の耐朽性

樹木の中心部にある、死んだ細胞からなる古い木部を心材，周辺の生きている部分を辺材と呼ぶ。木材の腐朽菌に対する抵抗性（耐朽性）は樹種によってさまざまであるが、一般に、心材は辺材に比較して耐朽性が高い。そのため、木材の耐朽性の区分は心材について行われている[1)]。

各樹種の心材についての耐朽性の区分を、表－２に示す。

表－2　心材の耐朽性の区分

耐朽性の区分	日　本　材
極大	
大	ヒノキ，サワラ，ヒバ，ネズコ，イチイ，カヤ，コウヤマキ，ケヤキ，クリ，ホオノキ，ヤマグワ，ニセアカシア
中	スギ，カラマツ，アスナロ，クサマキ，シラベ，カツラ，クヌギ，ミズナラ，アラカシ，シラカシ，スダジイ，タブノキ
小	アカマツ，クロマツ，モミ，トガサワラ，ブナ，コナラ，アベマキ，コジイ，イヌエンジュ，イチイガシ，キハダ，ヤチダモ，アカガシ，ヒメシャラ
極小	トドマツ，エゾマツ，ハリモミ，アオモリトドマツ，イイギリ，イタヤカエデ，ヤマハンノキ，クスノキ，サワグルミ，ヤマナラシ，ドロノキ，ミズメ，シラカンバ，マカンバ，アカシデ，シナノキ，イスノキ，トチノキ，オオバボダイジュ，セン，ミズキ，シオジ，オオバヤナギ

資料：木材工業ハンドブック編集委員会（1982）：改訂３版 木材工業ハンドブック，農林水産省林業試験場監修，丸善株式会社，p. 749 から抜粋

木材の耐朽性を調査する方法には、３×３×60cm の杭を野外に設置して、最も腐朽しやすい地際部分について、使用に耐えないと判断された時点を耐用年数とする方法がある。表－３は、主要な樹種で作った杭を土壌に設置した場合の心材の耐用年数を示したものである。実際に丸太を編柵工や丸太柵工等の材料として使用した場合には、丸太の耐用年数は、設置箇所の水分条件や木材の直径によっても左右されるものと考えられる。

表－３　土壌に主要な樹種で作った杭を設置した場合の心材の耐用年数

樹　種	耐用年数
アカマツ	5.5
カラマツ	6.0
エゾマツ	2.5
ス　ギ	6.0
ヒ　バ	7.0
ヒノキ	7.0
クヌギ	5.0
ク　リ	7.5
ケヤキ	7.5
シラカシ	6.5
ブ　ナ	4.0
ミズナラ	6.5

資料：木材工業ハンドブック編集委員会（1982）：改訂３版 木材工業ハンドブック，農林水産省林業試験場監修，丸善株式会社，p.749 から抜粋

◆ 木材の防腐処理

木材の腐朽による強度低下を遅延させるためには、木材防腐剤の塗布・注入処理を行う方法がある。しかし、施工地周辺で発生した伐採木は、その性質に適した用途に活用するのが、自然環境へ与える負荷の観点からも望ましいものと考えられる。そのため、木材防腐剤の使用は、気象条件等により植生回復までの期間が長くかかるなど、使用する木材の耐朽性を高めざるを得ない場合にのみ検討する。

木材防腐剤は、クレオソート油に代表される、塗布による表面処理が可能な油状・油溶性防腐剤と、木材に加圧注入する水溶性・乳化性防腐剤とに大別できる。前者は施工現場での防腐処理が可能だが、処理した木材を水際に設置した場合に油膜が流出する恐れがあり、後者は、工場で薬剤を加圧注入するため、現地での木材防腐処理ができないといった特徴がある。木材防腐剤を使用した場合の木材の耐用年数は、使用する薬剤の種類等によっても異なるが、未処理材に比べ３倍程度延びるとされている。

木材防腐剤の使用においては、防腐処理時における薬剤の大気中への放出や、処理済み木材からの薬剤成分の溶脱等、環境へ与える悪影響が懸念される。近年では DDAC（ジデシルジメチルアンモニウムクロライド）を主剤とする安全性の高い水溶性防腐剤[2)]が開発され、屋外に設置される木製施設に使用されるようになってきたが、特に簡易水道等の取水施設等の上流に設置する木材に対しては、木材防腐剤の使用は慎重に検討することが望ましい。

◆ 樹皮の処理

樹皮のついたまま林内に放置された生丸太には、カミキリムシ，ゾウムシ，ナガキクイムシ，キクイムシ等が産卵・穿入する[1]。これらの害虫は木材に穿孔（ピンホール）をあけ、木材の商品的価値を低下させる。穿孔によって木材の強度は直接低下しないが、穿孔部から木材の腐朽が拡大し結果的に木材の強度が低下したり、木材が害虫繁殖の温床となるなどの二次的被害が懸念される。カミキリムシ，ゾウムシ類に対しては、産卵場所である樹皮をあらかじめ剥がすことが有効である。

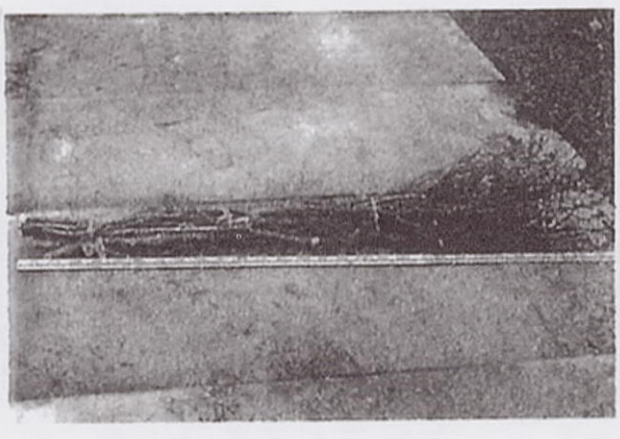
1）林業試験場監修：改訂 3 版 木材工業ハンドブック，丸善，1982
2）例えば、上田 洋・白石徹治・園部宝積：新規木材防腐剤，木材保存，1989

粗朶を使用する際の留意事項

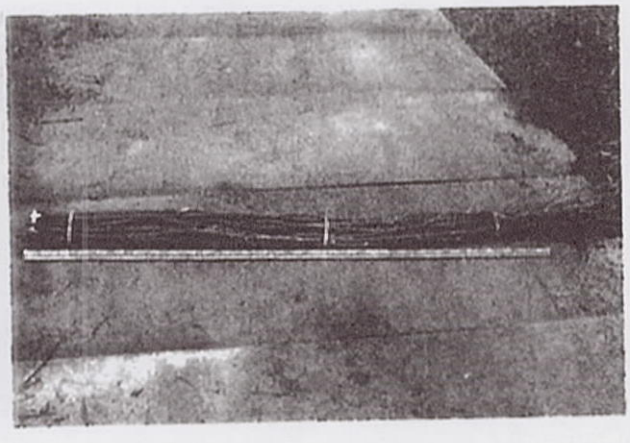
◆ 粗朶の種類と用途

粗朶は、広葉樹から採取した木の枝（樹梢）であり、強靭で柔軟性に富むため、古くから河川工事や砂防工事の材料として採用されてきた。砂防工事では、編柵工の柵（しがら）を掻いたり、暗渠工に空隙を確保するためなどに用いられる。

粗朶は、樹種や形状により柔軟性等の性能が異なる。粗朶暗渠工や粗朶伏工等には、樹齢７～10 年位のナラ，クリ，カシなどの堅くて強靭な粗朶が使用される。また、編柵工等の柵（しがら）掻きには、特に柔軟性と強い粘性に富むマルバマンサク，リョウブ，カエデ，サクラなどの樹梢を加工した帯梢（別名：柵粗朶，長さ 2.7m，元口径２～３cm 程度）が使用される[1]。編柵からの萌芽を期待する場合は、施工地周辺で採取したヤナギの帯梢を使用する[2]。



写真－１　粗朶



写真－２　帯梢（柵粗朶）

資料：(社) 北陸建設弘済会 (1999)：粗朶工法の施工について（その１），多自然研究，No. 48，p. 16[3]

◆ 粗朶の機能

・屈撓性がよく、施工箇所の地形になじむ。
・粗朶を編んだ編柵は透水性がよく、雨水や湧水などの背面の排水が容易にできるので、法面保護や小川の河岸保護に適する。
・粗朶を束ねたもの（連束柴，連柴）は空隙に富むため、暗渠排水の用途にも使用される[4]。

◆ 粗朶を使用した工法の耐久性

粗朶は施工後数年で腐朽するため仮設的構造物として使用するが、現場周辺で採取したヤナギの粗朶を使用したり、柳枝を粗朶の間に挿入してヤナギを萌芽・活着させることによって、粗朶や木杭が腐朽した後も、構造物の機能を植生に代替させることが期待できる。

◆ 粗朶を使用することによる副次的な効果

① 自然環境へ与える負荷軽減効果

・再生産可能な自然材料であるため、環境に与える負荷が極めて小さい。

・多孔性に富むため、水生生物等の生息環境を創出できる。

② 中山間地域の活性化効果

・中山間地域に粗朶山を設定し、伐採作業や粗朶の製造作業を地元で行うことにより、中高齢者に就労の場を提供できる。

◆ 粗朶の調達

粗朶は、施工地周辺で採取するのが最もよいが、必要量の確保が難しい場合には他の地域からの購入も考慮する。全国への粗朶の供給は、現在「北陸粗朶業振興組合」によって行われている。

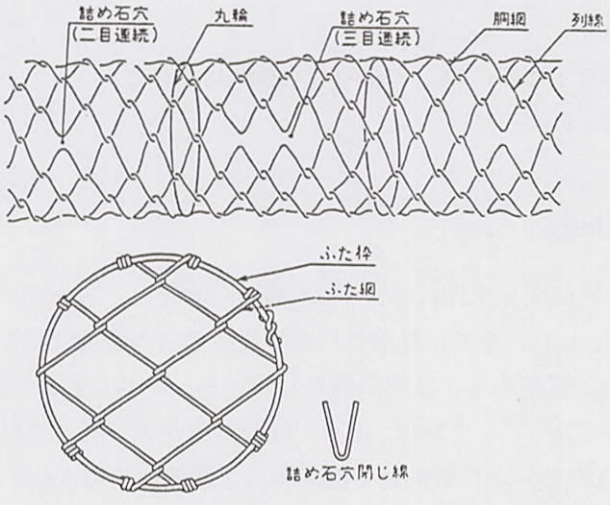
萌芽を期待するために使用するヤナギの枝は、新鮮なものを確保するため、施工地周辺に成育している比較的若い木や枝を伐採して使用する。

1）北陸粗朶業振興組合パンフレット「粗朶 自然からの贈りもの」
2）松本弘志・段坂繁美：ヤナギ帯梢筋工の施工，治山研究発表会論文集，Vol，20，pp.248-252，1981
3）（社）北陸建設弘済会：粗朶工法の施工について（その１），多自然研究，1999
4）（社）北陸建設弘済会：粗朶工法の施工について（その２），多自然研究，1999

鉄線蛇籠を使用する際の留意事項

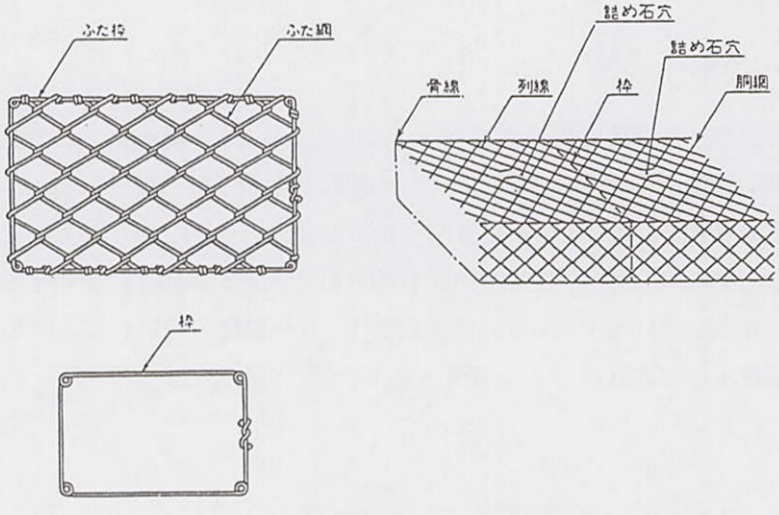
◆ 鉄線蛇籠の形状

鉄線蛇籠は、内部に栗石または割栗石を充填して使用する工作物であり、形状により、円筒形蛇籠，角形蛇籠（フトン籠），異形蛇籠等に分けられる。円筒形蛇籠及び角形蛇籠の形状及び各部の名称を、図－１，図－２に示す。異形蛇籠には、前のりや水通し断面の袖小口勾配が表現できるものなどがある。



図－１　円筒形蛇籠の形状及び各部の名称

資料：JIS A 5513 亜鉛めっき鉄線製じゃかご[1)]



図－２　角形蛇籠の形状及び各部の名称

資料：JIS A 5513 亜鉛めっき鉄線製じゃかご[1)]

◆ 鉄線蛇籠の特徴

① 機能的特徴

・屈撓性に富み、地盤の変形に追随する。
・鉄線に破損や腐食が生じるが、どこかが少し壊れても、それがまわりに広がりにくい[2]。
・透過性が優れており、地下水位が高く水抜きが必要な箇所では有効である。
・中詰め石間の空隙には、生物の生息環境を向上させる効果が期待できる。

② 施工性・経済性

・施工が容易で、施工が短期間で済み、経済的である。
・撤去が容易である。
・破損した蛇籠を補修する際には、中詰め石を再利用できる。
・出来形の管理が難しい[2]。

◆ 鉄線蛇籠の耐用年数

蛇籠の耐用年数を支配する条件には、石礫の衝突や摩耗による物理的条件と、腐食等の化学的な条件とがあるが、これらの条件は蛇籠の用途や設置箇所の環境等によって異なるため、耐用年数は定量化しにくい。亜鉛めっき鉄線が施されている一般的な蛇籠の耐用年数は、経験的には10年～15年といわれている[3]。これは、かつて蛇籠は手作業で製作されたため、8番（φ4.2mm）あるいは10番（φ3.4mm）の比較的細い亜鉛めっき鉄線が使用されたことも理由の一つと考えられる。現在では、耐食性が向上した亜鉛－アルミ合金鉄線やアルミニウムめっき鉄線や、あるいはφ5mmやφ8mmといった大径の鉄線が使用されるようになったことで、鉄線蛇籠の耐用年数は大幅に向上しており、耐用年数が従来の3倍以上[4]，あるいは40～60年[5]とされる製品も現れている。

◆ 砂防工事への用途

鉄線蛇籠は屈撓性及び透水性に富むため、谷止工，床固工，護岸工，暗渠工などの用途として、特に地盤が軟弱な箇所に使用できる。また、比較的短期間で施工できるので、応急的な仮設的施設としても使用される。ただし、土留工や谷止工など、想定外の外力によって蛇籠が破壊される可能性のある用途に対しては、災害復旧を目的とした仮設的床固工に使用するか、または①直下に保全対象が存在しない箇所，あるいは②直下に、万一蛇籠が破損して土砂流出が生じてもそれを一時的に捕捉する別の施設がある箇所へ適用するものとする。

◆ 適用条件

① 腐食を考慮した適用条件

河川分野では、護岸工に使用する鉄線蛇籠は、強い酸性水のある区間，塩分濃度の高い区間，河岸や河床が腐植土で構成されている区間を避けるものとし、下記の条件に適合する区間は適用除外としている[6]。砂防分野においてもこの考え方を準用する。

・pH５以下の河川水が流れている区間
・塩素イオン濃度が年平均 450mg/l 以上の河川水が流れる区間
・黒色有機物混じり土，泥炭層などの土壌で電気抵抗率が 2,300 オーム・cm 以下の区間

② 鉄線の破断を考慮した適用条件

渓流部に蛇籠を用いる場合、河床材料が大規模（人頭大程度以上）な転石や玉石で構成される区間では、出水時に鉄線が摩耗して表面のメッキ層が減少したり破断する恐れがある。このような区間においては、大径の鉄線を用いた蛇籠を選定したり、蛇籠の使用をとりやめるなど、総合的に流況を判断して構造物のタイプ及び材料を検討する。

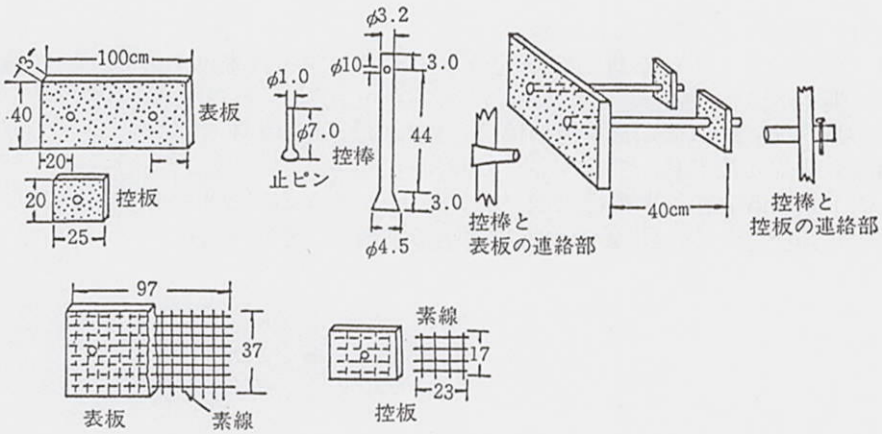
1）JIS A 5513 亜鉛めっき鉄線製じゃかご
2）北川明・島谷幸宏・小栗幸雄：伝統的治水工法に関する調査（その１）－蛇籠編－，土木研究所資料 第 2622 号，1988
3）（社）全国防災協会・（社）日本河川協会：蛇籠の知識，1963
4）興国鋼線索株式会社：パンフレット「カルマット」
5）松井金網工業株式会社：零番線大型フトン篭工 ジャンボマット技術マニュアル
6）（社）全国防災協会：河川災害復旧護岸工法技術指針（案）、2000

ブロック板積工

1．工法の概要と特徴

ブロック板積工は、昭和 36(1961)年に開発された工法で[1]、法切工や山腹階段工の施工によって切り落とされた土砂及び残土を安定化させるための基礎工として、施工されるものである[2]。PNC 板積工とも呼ばれる。

本工法に使用するブロック板は、図－１に示すように、表板，控板，控棒の３つの部材からなる。コンクリート製の表板及び控板には、あらかじめ引張り力が加えられた素線をネット状に溶接したものが封入されている[1]。これらの部材は別々に運搬され、現地で組み立てた後[2]、土砂，石礫，ソイルコンクリートなどを充填[3]して施工されるため、運搬，施工が容易であり、広く使用されている。



図－１　ブロック板の部材と形状

資料：（社）全国治水砂防協会（1981）：日本砂防史，p.462[1]

本工法の長所としては、運搬が容易[1]，経済的[1]，可動性に富む[1]，法切り土砂等の現地発生土が使用可能 といった点が挙げられるが、一方欠点としては、衝撃力に弱い[1]，あまり高く積み上げられない[1]，PNC 板の間詰め材が緩いと崩壊しやすい[1] などの点が挙げられる。

2．適用用途

ブロック板積工は、法切工や山腹階段工の施工によって切り落とされた土砂及び残土を安定化させるための基礎工（土留工）として適用される。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

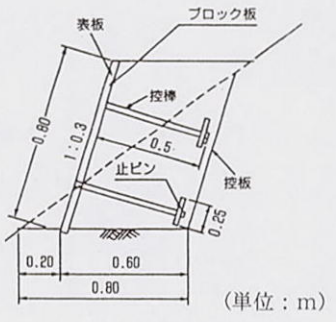
ブロック板積工の使用材料は、図－１で説明したブロック板，現地で発生した土砂，石礫，セメント（ソイルコンクリートを使用する場合）である。

(2) 適用条件

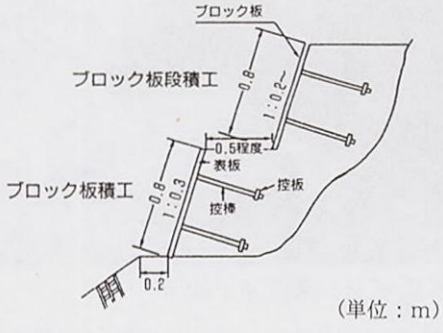
ブロック板積工は、練石積や蛇籠を用いた土留工に比べて土圧に対する抵抗力が低いので[4]、基盤が安定しており、かつ土圧の小さな箇所に適用する[5]。

4．構造

ブロック板積工は、一般には図－２に示すように、ブロック板を２段積として築造する。法切土等を処理するために段積とする場合は、50cm 程度控えをとって図－３のように２段ずつ積み上げる。また、大きい土圧が予想されるときは、図－４のように、裏側に礫を充填したり、ソイルコンクリート等を用いて補強する[4]。ブロック板を積み上げる高さは、４段（1.6m）が限度とされている[3]。

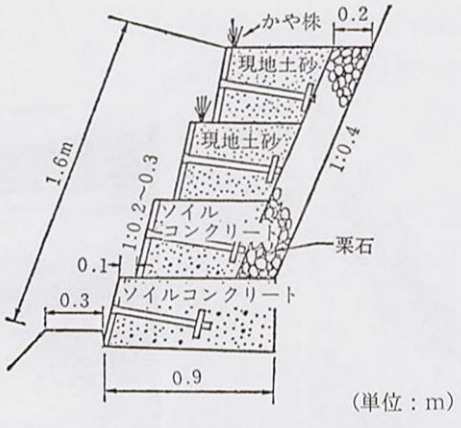


図－２　ブロック板積工の構造(1)



図－３　ブロック板積工の構造(2)

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.124[2]

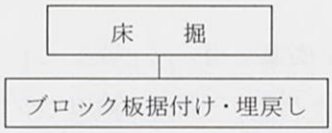


図－４　ブロック板積工の構造(3)

資料：（社）全国治水砂防協会（1981）：日本砂防史，p.462[1]

5．施工法の概要

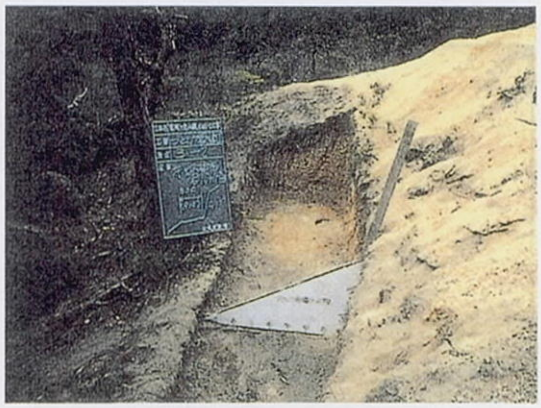
ブロック板積工の施工手順は、おおむね図－５に示すとおりである。



図－５　　ブロック板積工の施工手順

① 床堀

人力あるいはブレーカーによって、階段幅 0.8ｍの床堀を行う。床堀完了状況を写真－１に示す。



写真－１　床堀完了状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.124[2)]

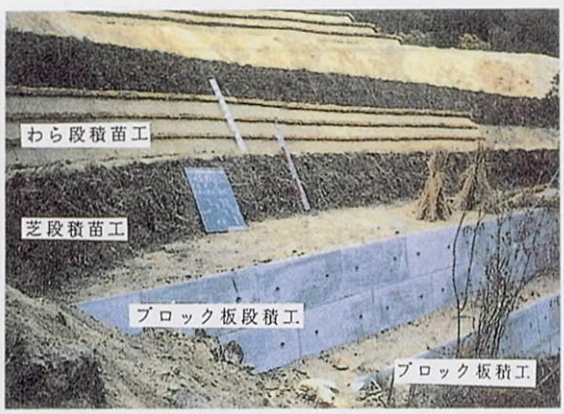
② ブロック板据付け，埋戻し

写真－２に示すように、ブロック板を据付け、土砂（あるいは石礫，ソイルコンクリート）で埋戻す。２段目以降もブロック板は同様の方法で積み上げる。なお、図－３のように段積とする場合には、段積部分の床堀は不要となる。

完成状況を写真－３に示す。



写真－２　１段目ブロック板据付け状況



写真－３　ブロック板積工完成状況

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.124[2)]

6．適用事例・数量表

ブロック板積工は、前章で紹介したように、近畿地建琵琶湖工事事務所管内の瀬田川流域の山腹工事で使用された事例がある。ここで用いられている数量表を以下に示す。

表－1 ブロック板積工の数量表 (10m当り)

名　称	規　　格	単　位	数　量	摘　　要
ブロック板	表板 1.0×0.4m　厚 3cm	(m^2) 組	(8) 20	控板，控棒，ピン一式

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p.124[2)]

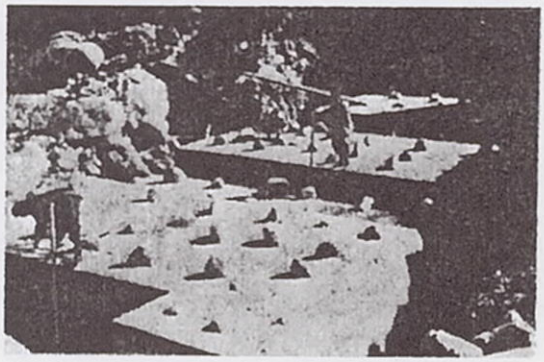
1）（社）全国治水砂防協会：日本砂防史，1981
2）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
3）武居有恒：砂防工学，文永堂出版，1993
4）（社）砂防学会：砂防学講座 第5巻-2 土砂災害対策－水系砂防(2)－，山海堂，1993
5）建設省河川局：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編［Ⅱ］，（社）日本河川協会，1997

粗石コンクリート工法

1．工法の概要と特徴

粗石コンクリートは、砂防ダムの堤体のような比較的大きな空間にコンクリートを打設する際に、現場周辺の河床に分布する強硬な中埋石をコンクリートに混入することにより、堤体の強度を維持しながら使用コンクリート量を削減させる工法である。

粗石コンクリートは、材料費をいかに削減するかが課題であった大正時代から1960年代の間に、砂防ダムや護岸の材料として多用された（例えば、（社）全国治水砂防協会（1973）[1]，蒲(1937)[2]など）。後に工事の省力化が求められ機械力による施工が中心となると、工程の多い粗石コンクリートは次第に使用されなくなったが、現場周辺に中埋石が多く存在しその利活用が強く求められる場合には、現在でも採用可能な工法と考えられる。



写真－1　粗石コンクリートの水平打継目

資料：矢野義男・谷口敏雄・谷勲（1960）：最新土木施工法講座9　砂防施工法，山海堂，p.126[3]

2．適用用途

粗石コンクリートは、コンクリートの中に中埋石を設置しコンクリートの一部とするものであるため、礫の径＋コンクリートのかぶり厚が確保できる、ある程度の幅をもったコンクリート構造物に適する。砂防設備では砂防ダム（床固工）の堤体及び間詰工・水叩き工，護岸工，谷止工等が考えられる。

3．工法適用上の留意点

(1) 使用材料

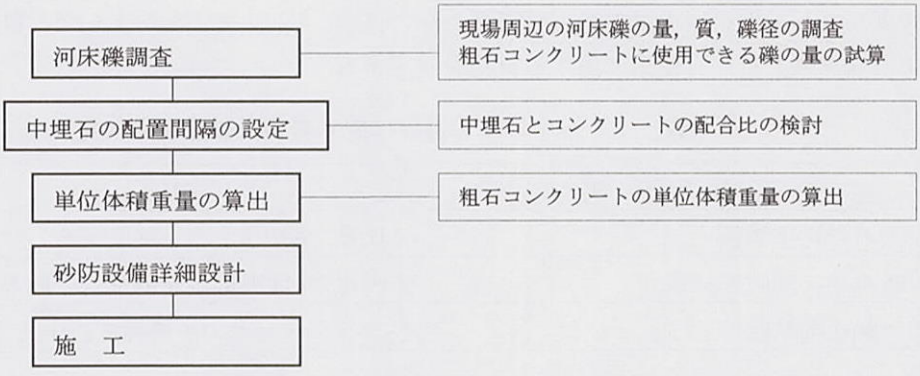
粗石コンクリートを採用する場合には、現場周辺の渓床で必要量の礫が確保できることが前提となる。そのため、事前に砂防設備計画地点付近現場周辺の渓床に堆積している礫の粒径及び岩質を調査し、粗石コンクリートに使用可能な大きさの礫が多量に確保できるかどうか、また確保できる量について把握しておく必要がある。

(2) 単位体積重量の測定

砂防設備の設計時に使用する粗石コンクリートの単位体積重量の値は、中埋石とコンクリートの比率によって変化するため、設計作業と平行して単位体積重量を試算する必要がある。測定方法には、水槽等を用い、コンクリート中に中埋石を適正な間隔で配置した場合の容積率を測定する方法がある。

4．設計

粗石コンクリートを使用した場合の調査から施工にかけての一連の流れを、図－１のフローチャートに示した。



図－１　　粗石コンクリートの調査計画段階の検討項目

(1) 河床礫調査

粗石コンクリートに使用可能な中埋石が現場周辺の河床からどの程度確保できるかについて、以下の手順で把握する。

a) 中埋石採取地の設定

粗石コンクリートの材料である中埋石の採取地を設定する。採取地は、採取によって有害な河床低下が生じないよう砂防ダム下流部の河道維持上必要な区間を避けるとともに、自然環境へ与える悪影響を抑制するため、砂防工事の掘削・床堀範囲，計画砂防ダム上流側の計画堆砂地内，近傍の既設砂防ダム堆砂地などに設定する。

b) 粒径調査

粗石コンクリートを採用するには、中埋石として採用する均質な大径の礫が多量に必要となるため、まず中埋石の採取地で試験的に土砂礫を採取し、粗石コンクリートに使用できる中埋石を選別し、使用可能な中埋石の量（個数）とそれが土砂礫全体に占める割合とを概算する。粗石コンクリートに使用できる中埋石の規格は、以下を考慮して決定する。

① 礫径

中埋石は、最小径 15cm 以上とし、大小径のものを適当に混ぜて使用する[4)]。水平打継ぎ目が弱線とならないよう、図－２のように、最も大きな中埋石の頭部が水平方向の打設面から長径の 1/3 程度露出するように配置する必要がある[3)]。



図－２　垂直方向の中埋石の配置模式図

資料：矢野義男・谷口敏雄・谷勲（1960）：最新土木施工法講座９ 砂防施工法，山海堂，p.126[3)]

② 礫質

粗石コンクリートに使用する中埋石は、コンクリートと一体となって堤体の安定を保つものであるため、風化によって強度が低下した礫や剥離・割れが生じやすい礫など、コンクリートに比べ強度が著しく低いものは材料として適さない。そこで、サンプリングした試料について表－1のような試験を行い、使用に適する材料を選定する。

表－1　　中埋石の選定に際して行う試験項目一覧

試 験 項 目	選 定 条 件
岩石の比重試験	比重 2.6 以上を有すること[4]
吸水率・間隙率試験	吸水率, 間隙率が新鮮な岩と同等であること
一軸圧縮試験	コンクリートの所要強度以上であること[4]

(2) 中埋石の配置間隔の設定

現場周辺から得られる中埋石の個数を参照し、それを堤体内部に等間隔に配置できるよう配置間隔を検討する。かつて、経済的な理由から、中埋石どうしをできるだけ密に配置するよう努められていた時代には、中埋石相互の配置間隔は、コンクリートがまんべんなく充填されることを考慮し、一般にコンクリートと中埋石の容積率を 7:3 以下[4]，かつ中埋石の配置間隔を最低でも 15cm 以上[3]確保するものとされていた。しかし現在では、中埋石を密に据え付けたり中埋石の間隙にバイブレーターをかけたりすることによって施工性が損なわれ、コストが著しく増加する恐れがあるため、中埋石の配置間隔は、上記の目安の範囲内で、適切な間隔で設定するものとする。

(3) 単位体積重量の算出

中埋石の大きさと配置間隔が決定された後、水槽等を使用して単位容積当たりの中埋石の容積率（粗石コンクリート全体に占める中埋石の割合）を計測する。さらに、下記の式で粗石コンクリートの単位体積重量を算出する。

$$W_{sc} = W_c(1-\lambda) + \sigma \cdot \lambda$$

ここに、

W_{sc} ：粗石コンクリートの単位体積重量 (t/m^3)

W_c ：コンクリートの単位体積重量 (2.3 t/m^3)

σ ：中埋石の単位体積重量 (t/m^3：実測値)

λ ：中埋石の容積率 (実測値)

5．施工法の概要

粗石コンクリートを使用した場合の砂防設備の施工工程は、おおむね表－2のようになると考えられる。このうち中埋石の選別～設置についての留意事項を以下に整理する。

表－2　施工工程

工　程	主な使用重機
準備工 ・仮置きヤードの整地	バックホウ，ブルドーザ等
↓	
掘削・中埋石の採取 ・掘削，床掘り ・中埋石の採取 ・整地	バックホウ等
↓	
仮置きヤードへ運搬	ダンプトラック等
↓	
中埋石の選別 ・中埋石の選別 ・洗浄 ・仮置き	バックホウ，グリズリー
↓	
型枠の組立	トラッククレーン等
↓	
コンクリートの打設と中埋石の設置	トラッククレーン，バイブレーター等
↓	
養　生	
↓	
グリーンカット	

① 中埋石の選別

あらかじめ設置したグリズリーで土砂をふるい分け、使用する中埋石を選別する。選別された中埋石は、コンクリートが付着するようによく洗浄し、泥，ごみ，有機物等を取り除いて仮置きする。

② コンクリートの打設と中埋石の設置

コンクリートは堅練りのものを使用し、コンクリート打設中に表面を水で濡らした中埋石を設定された設置間隔で千鳥状に順次配置する。

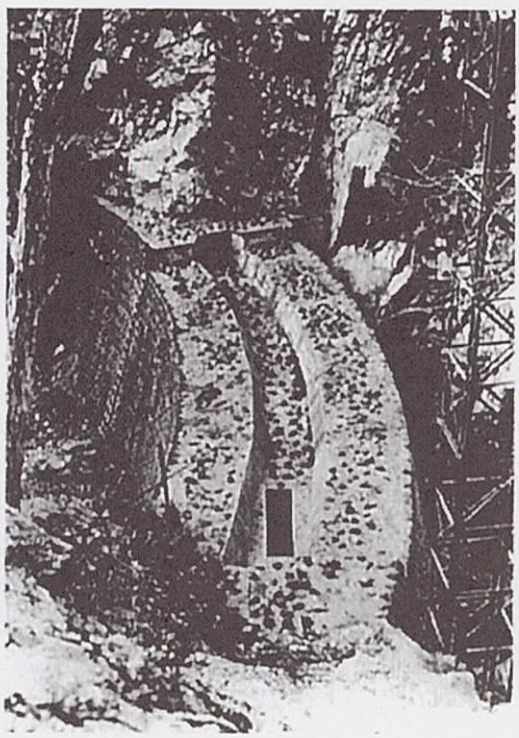
コンクリートの上に中埋石を設置する際、中埋石の平らな面がコンクリートに接するように設置すると、石の下部までコンクリートがよくまわらず、強度上の弱点や漏水の原因となる恐れがあるので、中埋石は立てて配置する。

中埋石の周囲にコンクリートが隙間なく行き届くように、十分にバイブレーターをかける。1回の打設が終わった状態では、中埋石の 1/3 がコンクリート表面から露出した状態となる。

6．適用事例

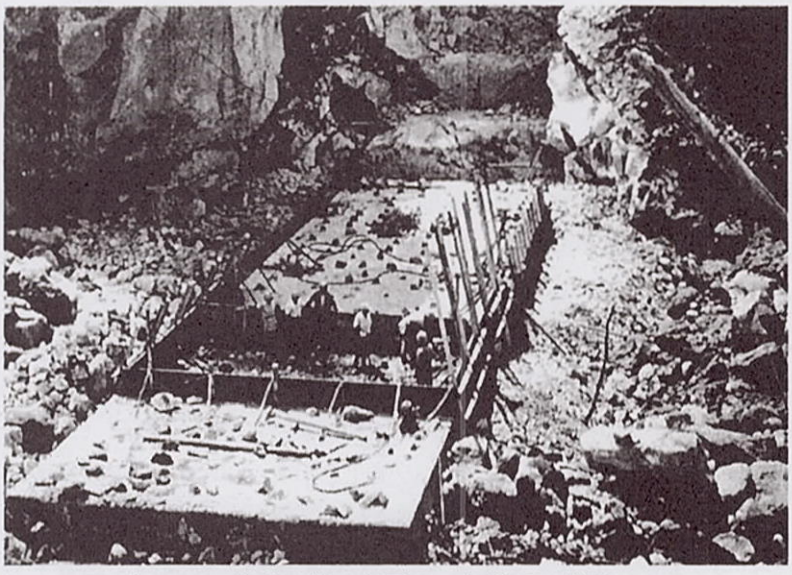
昭和 30 年代頃までに築造された砂防ダムには、まだ高価であったセメントを削減するために、粗石コンクリートあるいは玉石コンクリートが使用された事例が多い。（「粗石コンクリート」とは、１個の重量が 45kg 未満で板ふるい 150mm にとどまる割石または玉石をコンクリートに埋め込んだものを指し、「玉石コンクリート」は、１個の重量が 45kg 以上の割石等を使用したものを指す[3]。）昭和 32 年に発行された「河川砂防技術基準（案）」の堰堤工の項目[4]も、中埋石を使用することが前提となって書かれている。

粗石コンクリートあるいは玉石コンクリートによって施工された砂防ダムの、水平打継目の例を、写真－２，写真－３に示す。写真－２は、粗石コンクリートによって施工された釜ヶ渕上流砂防ダム（内務省，現松本砂防工事事務所管内，昭和 19 年竣工）である。また写真－３は、東鴉川第２床固工（福島工事事務所管内，昭和 40 年竣工） である。それぞれ、水平打継目の表面に、粗石及び玉石が突出している状況がわかる。



写真－２　釜ヶ渕上流砂防ダムの打継目の状況

資料：建設省河川局砂防部 (1996)：黎明期の砂防（パンフレット），砂防広報センター，p.29[5]



写真－3　東鴉川第2床固工の打継目の状況

資料：建設省東北地方建設局福島工事事務所：砂防 50 年 阿武隈川水系直轄砂防のあゆみ（パンフレット），p.35[6]

コンクリートと粗石（玉石）の配合比が確認できた砂防ダムの例としては、吉野川砂防ダム（山形県，昭和 33 年竣工）の事例[7]が挙げられる。玉石コンクリートの配合は下記のとおりである。

玉石コンクリート 1 m³配合

コンクリート 0.75m³（セメント：砂：砂利＝１：３：６，容積配合）

玉石 0.5m³（見かけの容積），20cm 内外

文献には、「玉石コンクリート 1 m³当たり、玉石 0.5m³を混入するには、空隙が生じないように施工するためにかなり注意を要した[7]」という記述が見られる。

1）（社）全国治水砂防協会：砂防ダム大鑑，（株）山海堂，1973
2）蒲　孚：砂防工学，工業図書株式会社，1937
3）矢野義男・谷口敏雄・谷勲：最新土木施工講座９ 砂防施工法，山海堂，1960
4）建設省：河川砂防技術基準(案)，３編３章，1957
5）建設省河川局砂防部：黎明期の砂防（パンフレット），砂防広報センター，1996
6）建設省東北地方建設局福島工事事務所：砂防 50 年 阿武隈川水系直轄砂防のあゆみ（パンフレット）
7）砂防・地すべり防止施設事例研究会：砂防・地すべり防止施設事例集，（社）全国治水砂防協会，1989

INSEM工法

1. 工法の概要と特徴

砂防ダム等の施工の際に発生する掘削残土は、一般に現場から離れた処分地まで運搬し、さらに投棄料を支払って処分するのが一般的だが、処分地の確保は土地利用が高度な地域ほど難しくなりつつあり、処分に要するコストも上昇する傾向にある。INSEM (In-situ Stabilized Excavated Materials)工法[1]は、砂防工事現場での発生土砂全量をその場で有効利用し、搬出土砂を無くすための手段として考案されたものである。

INSEM とは、少々の洪水流に対しても流出しないよう、固化剤（セメント）の混入によって強化された掘削発生土のことである。この強化された土砂は、単に渓岸や河床に定置させておくだけではなく、砂防設備の一部として、例えばダム基礎，ダム中詰，緩衝材などに有効利用できると考えられる。土砂にセメントを混合し、それを薄層に締固めて定置するまでの一連の施工過程は、小型の土工機械だけで行うことができる。

土砂にセメントを混入し材料とする工法としては、他にソイルセメント (Soil-Cement)，CSG (Cemented Sand and Gravel)工法などがある。材料としての面から評価すれば、INSEM の粒度構成は CSG やソイルセメントのそれと同じようなものになることも十分考えられるが、INSEM はあくまでも現場発生土の定置を目的とした工法として、残土処理面から位置づけられる[2]。そのため、掘削残土以外の土砂は使用しない。

ここでは、建設省近畿地建六甲砂防工事事務所管内の住吉川流域西滝ヶ谷において試験施工された、INSEM 工法を用いた床固工（西滝ヶ谷第５号堰堤）の事例を中心に、INSEM 工法の適用方法及び施工について概説する。

2. 適用用途

INSEM は、材料として評価した場合、土砂とコンクリートの中間に位置づけられる。圧縮強度 (kg/cm^2)で比較すると、土砂は１桁以下，コンクリートは３桁， INSEM はその中間の２桁オーダーの数字となる[3]。したがって INSEM は、掘削土砂が発生する砂防工事現場全般において、砂防構造物を築造するにあたり土砂では強度が不足だが、コンクリートでは無駄となるような部位への適用が期待できる。また、INSEM の粒度構成は CSG のそれと似ているため、凍結融解や流水等による劣化・摩耗に対して考慮することが必要である。

このような INSEM の材料特性を考慮して、砂防施設への適用箇所を以下に整理した。

① 砂防ダム工（床固工）

建設省近畿地建六甲砂防工事事務所管内の住吉川流域西滝ヶ谷において試験施工された、INSEM を用いたダム工（堤高 H=5.0m，以下 INSEM ダムと呼称）は、西滝ヶ谷に配置された一連の低ダム群の１つで、設置場所の上・下流の低ダムの施工によって生じた掘削土砂，及び INSEM ダム設置に伴う掘削土砂を利用し築造したものである。この INSEM ダムは、堤体本体と間詰工を一体として施工しており、摩耗を受けやすい水通し部や水叩き部にも、適性を長期的に確認するために INSEM を露出させたものとなっている[4]（摩耗や凍結融解に対するセメント配合の検討は行われている）。

砂防ダム工に対するINSEMの適用箇所としては、上記のような本体及び間詰工以外にも、基礎置換え部が考えられる。INSEMを堤体本体や間詰工に使用する場合、INSEMが凍結融解や摩耗による劣化を受けないようにするため、必要に応じて表面をコンクリート，鋼材，石材等で被覆することも考えられる。

鋼製セルダムやダブルウォールダムなどには中詰め材として土砂が使用されているが、巨礫の衝突や基礎部の洗掘によって鋼矢板等が破損し、中詰め材が流出する恐れがある場合には、中詰め材の全体または一部をINSEMとして安全性を高めることも考えられる。

② 護岸工

護岸工には、流水に対する侵食と凍結融解に対する抵抗性が求められる。INSEMを用いる場合には、必要に応じて表面をコンクリートブロックや鋼材の捨型枠で保護することも考えられる。

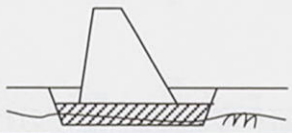
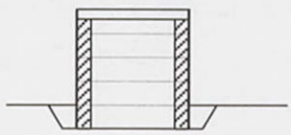
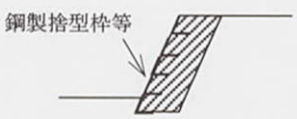
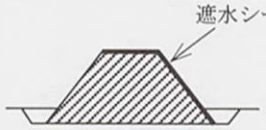
③ 山腹工

山腹工のうちINSEMを適用できるものとしては、土留工，谷止工等が考えられる。これらを荒廃地に植生が復旧するまでの仮設的構造物として計画する場合には、水通し部さえ石材等で保護されていれば、全体をコンクリート等で覆う必要はないものと考えられる。

④ 仮設構造物

仮設構造物のうちINSEMを適用できるものとしては、擁壁工，工事用道路，仮締切工等が考えられる。擁壁工は、形状は護岸工と似ているがあくまでも仮設構造物であるため、流水による侵食や凍結融解による劣化を考慮せずに使用できる。仮締切工として使用する場合には、遮水性を確保するために遮水シートの併用が必要となる。

以上に述べたINSEMの適用箇所を、図－1のように整理した。

適用工種	適用箇所	模式図（斜線部はINSEM適用箇所）	備　考
砂防ダム工（床固工）	堤体本体		必要に応じて、捨型枠，石張り，コンクリート等によりINSEMの外側を保護する。
	間詰め工		堤体本体と併せて、間詰工をINSEMで同時施工することも可能である。
	基礎置き換え		
	鋼製ダブルウォールダムの中詰め材		中詰め土砂のうち、外壁の破損によってこぼれ出す恐れのある部分をINSEMで強化する。
護岸工	護岸工本体		摩耗を考慮し、必要に応じてコンクリート捨型枠等で護岸工表面を被覆する。
山腹工	谷止工，等		必要に応じて、石材，コンクリート等で水通し部を保護する。
仮設構造物	土留工		表面の摩耗は考慮する必要はない。
	工事用道路		
	仮締切工		上流側に遮水シートを張り、遮水性を確保する。

図－1　INSEMの適用箇所

資料：大野宏之（1999):砂防事業における現場発生土の有効利用，砂防と治水，No.130，pp.59-60をもとに作成

3. 工法適用上の留意点

(1) 現場発生土砂の質・量の検討

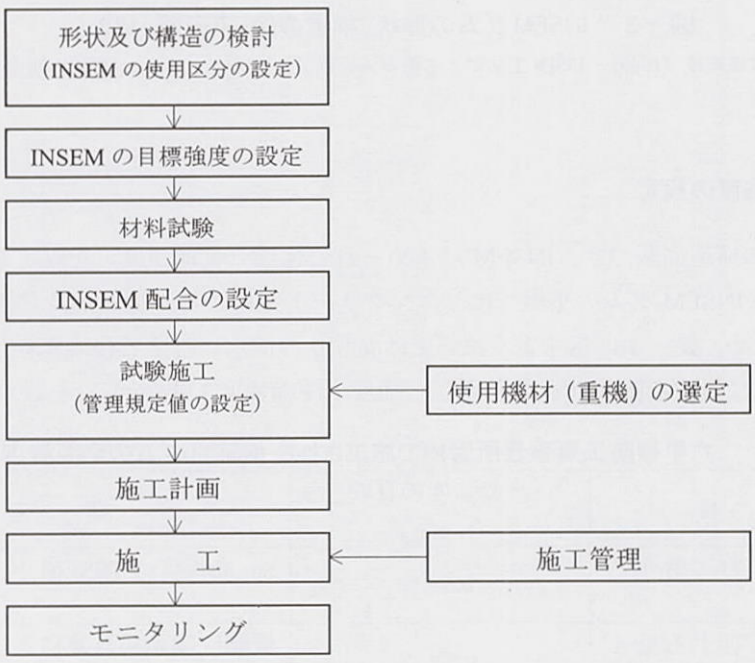
INSEM 工法は、本来計画した構造物を築造するのに伴う掘削土砂を有効利用しようとするものである。そのため事前に、掘削で発生する土砂の粒度分布及び全体量，そのうち INSEM として利用できる土砂量とを把握する必要がある。INSEM として利用できる土砂についての規定はないが、建設省近畿地建六甲砂防工事事務所管内での INSEM ダムの施工に当たっては、粒径 80mm 以下の礫質土が使用された。類似工法の CSG 工法では、これより大径の礫も使用されるが、固結してセメントと均一に混ざりにくい粘性土や、転圧に支障をきたす大径礫（150mm 程度以上）は利用に適さないものと考えられる。

(2) 現場発生土の多様性を考慮した配合設計の必要性

砂防工事によって発生する土砂は多種多様であるため、INSEM を製造する際のセメントの配合は一義的に決定することができない。このため室内配合試験等によって現場ごとに INSEM の工学的特性を把握して配合設計を行う必要がある。

4. 設計

砂防ダムの堤体に INSEM を用いる場合の、INSEM の設計・施工の流れを、建設省近畿地建六甲砂防工事事務所管内での INSEM ダムの事例に基づき、図－２のフローチャートに示した。



図－２　INSEM 工法の設計・施工の流れ

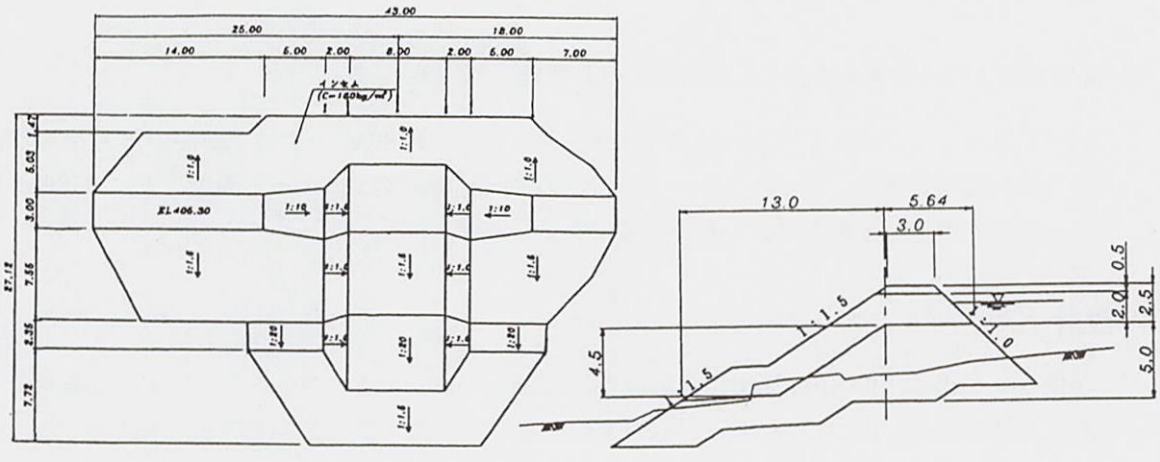
資料：大島逸夫・坂場義雄（1999）：INSEM 工法による低ダムの施工について，平成 11 年度砂防学会研究発表会概要集，p. 212 から抜粋

(1) 形状及び構造の検討

INSEMダムの形状の検討と、掘削・床掘土砂量の算出とを行い、INSEMダムの構造を決定する。以下及び図－３に、六甲砂防工事事務所管内のINSEMダムの事例[4]における堤体の形状及び構造を示す。

① 形状　：堤高H＝5.0m，天端幅 b_1＝3.0m
　　上流法勾配 1:1.0，下流法勾配 1:1.5

② 構造　：重力式INSEMダム，均一型（全て同じセメント配合としたもの），
　　コンクリート等による水通し部及び水叩き部の保護は実施せず。



図－３　INSEMダムの形状，構造の例（平面図，縦断図）

資料：大島逸夫・坂場義雄（1999）：INSEM工法による低ダムの施工について，平成11年度砂防学会研究発表会概要集，p. 213

(2) INSEMの目標強度の設定

INSEMダムの構造に基づき、INSEMに求められる性能（目標強度）を設定する。六甲砂防工事事務所管内のINSEMダムの事例では、コンクリート等による水通し部及び水叩き部の保護は行わなかったため、表－１に示すように、土砂混じりの流水に対する侵食抵抗性，凍結・融解及び乾湿繰り返しに対する耐久性をも考慮した強度（圧縮強度3.9N/mm^2）を設定している。

表－１　六甲砂防工事事務所管内で施工されたINSEMダムの必要強度の目安

項　目	必要強度の目安 (N/mm^2)	備　考
堤体内部応力に対する抵抗性	0.5*	5m高程度のINSEMダムに対して。
巨礫衝突に対するせん断抵抗性	0.5*	概略巨礫衝突計算による。
土砂混じりの流水に対する侵食抵抗性	3.9	室内衝撃摩耗試験結果による。
凍結・融解及び乾湿繰り返しに対する耐久性	3.9 ～ 5.9	ACI（アメリカコンクリート協会）の耐久性基準を参考とする。

*)通常のコンクリートダムの基準に基づく必要強度　　（資料：建設省近畿地建六甲砂防工事事務所）

(3) 材料試験

INSEM 材料の強度，変形性，透水性，耐久性等の工学的性質は、下記の５つの要因により決定される。

INSEM 材料の工学的性質(強度，変形性，透水性，耐久性)

材料	：セメント種類，母材（粒度のバラツキ），練混ぜ水
混合	：配合（セメント量，含水量），計量，練り混ぜ性能
締固め	：締固めエネルギー，撒き出し厚，転圧回数，施工機種
養生	：養生期間，養生状態（温度，湿度）
品質管理	：管理項目，管理方法，管理基準

砂防ダム本体に INSEM を使用する場合には、上記を考慮して、母材粒度，含水比，単位セメント量，突固めエネルギー，養生日数等の各項目を数ケース設定し、それぞれのケースについて試験を行い INSEM 材料の工学的性質を把握する。試験項目には下記のようなものがある。

① 物理特性の把握
比重・吸水量試験，含水比試験，粒度試験
② 母材及び INSEM 材料の締固め特性の把握
締固め試験　：最大乾燥密度，最適含水比
③ 強度特性の把握
三軸圧縮試験　：粘着力Ｃ，内部摩擦角φ，変形係数
一軸圧縮試験　：圧縮強度σ，変形係数
④ 透水性の把握
透水試験　：透水係数
⑤ 耐久性の把握
凍結融解試験　：耐凍結融解性能

(4) INSEM 配合と管理規格値の設定

(3)の材料試験結果を受けて、砂防ダムに求められる INSEM 材料の示方配合を設定する。併せて、INSEM 材料の撒き出し，転圧方法，品質管理方法について検討する。

六甲砂防工事事務所管内の INSEM ダムに使用された INSEM の配合と施工時の管理規格値を、表－２に示す。

表－2　六甲砂防工事事務所管内の INSEM ダムに使用された INSEM の配合（管理規格値）

種　別	管理項目	規　格　値
土砂のストック	粒度*1)	80mm 未満 (径 1mm 以下 50%以内，径 0.074mm 以下 15%以内)
	含水比*2)	8～13%
混　合	材料投入量	土砂 7.3m³ 以下，セメント 1.0t
	混合時間	15 分以上
	混合度合*2)	目視による一様変色
	セメント量*1)	160 kg/m³ 以上
敷均し	厚さ	20cm 以下（仕上り厚 15cm）
	時間	混合後～敷均し後まで 30 分以内
締固め	回数	8 回以上
	時間	混合前～締固め後まで 2 時間以内
	乾燥密度*1)	1.95 t/m³ 以上
養　生	露出面	湿潤養生を 7 日間以上または次層打設まで
その他	法面整形	余盛り　30cm 以上 削取り　30cm（水通し部） 10cm（それ以外）
	打継目処理	セメント 0.5kg/m² 程度散布

*1) 原則として施工の初期，中期及び後期の 3 回実施する。ただし、土砂状態が変化すると予想される場合には必要に応じて実施する。

*2) 原則として毎日 1 回実施する。

資料：建設省近畿地建六甲砂防工事事務所：パンフレット「インセム工法（現場発生材料の有効利用）」[5)]

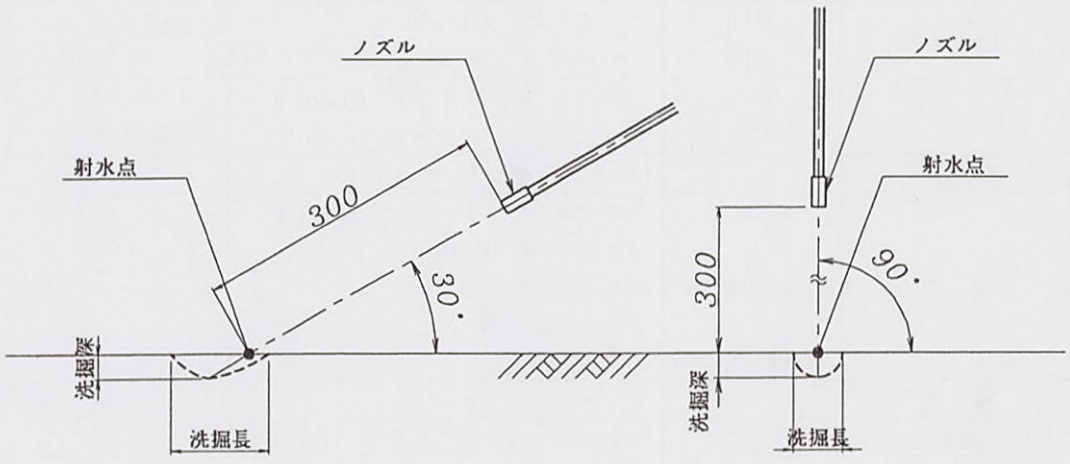
(5) 施工後の材料試験

前項の表－2 で整理した施工管理時の試験以外に、養生後に表－3 に示すような試験を行い、必要強度を満たしているかどうかのチェックを行う。なお、六甲砂防工事事務所管内の INSEM ダムの事例では、水通し部及び水叩き部に INSEM が露出する構造となっているため、これらの箇所で射水侵食試験（図－4 参照：射水圧力 490kN/m²，射水角度 30°，射水時間 60 分）が行われた。

表－3　INSEM 養生後における試験項目

区　分	試 験 内 容	試 験 項 目
養生後	標準供試体強度	一軸圧縮試験
	コアサンプリング及びコア強度	コア外観観察
		コア一軸圧縮試験
	現場透水試験	変水位法

射水圧力 (kgf／cm²)	射水角度 (°)
5	30
	90
3	30

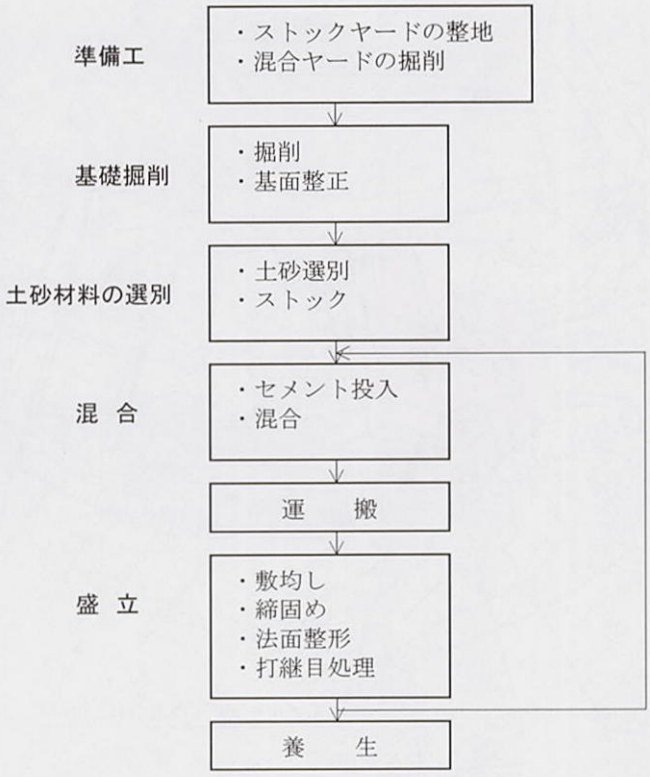


図－4　射水侵食試験

資料：近畿地方建設局六甲砂防工事事務所

5．施工法の概要

六甲砂防工事事務所管内の INSEM ダムの事例に基づき、施工法の概要を整理した。図－5に、施工フローを示す。



図－5　施工フロー

資料：建設省近畿地建六甲砂防工事事務所：パンフレット「インセム工法（現場発生材料の有効利用）」[5]

上記事例で使用された施工段階別の使用機械及び設備について、表－４に示した。また、施工機械の配置を図－６に示した。

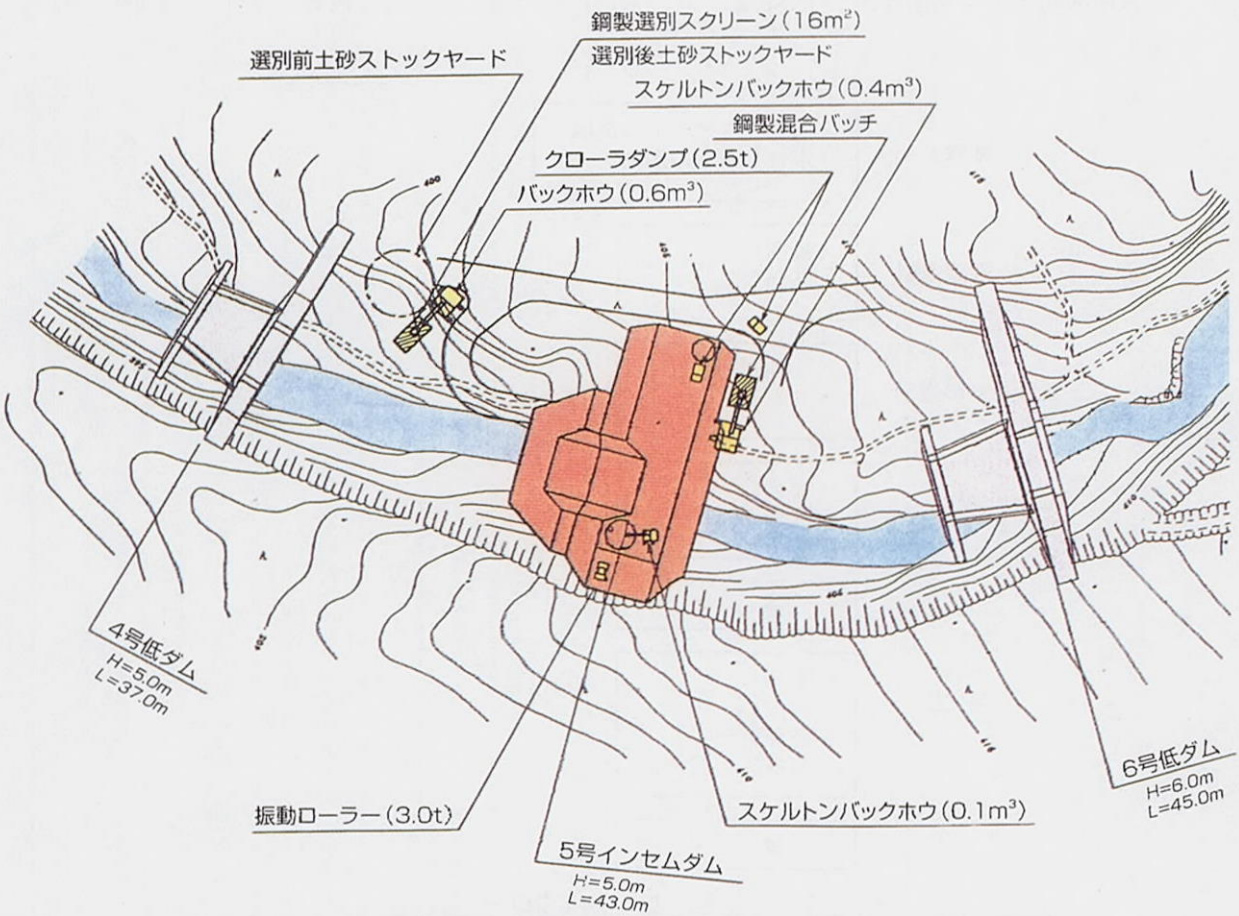
表－4　六甲砂防工事事務所管内の INSEM ダムの施工に使用された施工機械及び設備

種　別	項　目	機　械	設　備
土砂選別	選別	バックホウ（0.6m³）	鋼製スクリーン
	運搬	クローラダンプ（2.5t）	－
混　合*1)	投入	スケルトンバックホウ（0.4m³）	－
	混合	スケルトンバックホウ（0.4m³）	[鋼製コンテナ]
運　搬*2)	－	[クローラダンプ（2.5t）]	－
盛　立	敷均し	スケルトンバックホウ（0.4m³）	－
		ブルドーザ（D20）	－
	締固め	振動ローラ（3t）	－
		タンパ（80kg）	－
	打継目処理	－	－
養　生	－	－	シート，土砂
法面整形	－	ブレーカー付バックホウ（0.1m³）	－

*1) 水通し天端の盛立まで盛立ヤードで混合し、袖部の盛立には上流右岸側渓床上に鋼製混合コンテナを移動して、その中で混合した。

*2) 左岸袖部の施工においてのみ、クローラダンプを使用した。その他の箇所では、混合ヤードがそのまま盛立ヤードになるので INSEM の運搬は必要ない。

資料：建設省近畿地建六甲砂防工事事務所：パンフレット「インセム工法（現場発生材料の有効利用）」[5]



図－６　施工機械の配置（六甲砂防工事事務所管内の INSEM ダムの事例）

資料：建設省近畿地建六甲砂防工事事務所：パンフレット「インセム工法（現場発生材料の有効利用）」[5]

六甲砂防工事事務所管内のINSEMダムの事例では、以下のような施工上の問題点及び改善点が挙げられた[4]。今後INSEM工法を採用する際には、これらの事項を考慮して施工方法をさらに検討する必要がある。

- INSEMの強度のバラツキがあった。構造上重要な水叩きなどの箇所では、目標強度を高く設定する必要もあること等の検討課題が残った。
- 土砂含水比が管理規定値の上限付近の場合、十分な締固めが期待できないため、施工中止等の処置を行った。施工性に検討の余地がある。
- 完成後のコア抜きの際に、リフト面で剥離することがあった。
- 法面整形においては、ブレーカーによる整形を行ったが、一部計画断面を若干欠損したところが見られたため、法面整形方法についても課題が残った。

1）友松靖夫・大野宏之・田畑茂清・牧田一男・山下勝・冨田陽子・坂場義雄：現場発生土をその場に固定し、定着させるINSEM工法の考案と力学的特性，新砂防，Vol.50，No.6，pp.17-24，1998
2）大野宏之：砂防事業における現場発生土の有効利用，砂防と治水，1999
3）大野宏之：現場発生を定置するINSEM工法の活用，土木施工，1999
4）大島逸夫・坂場義雄：INSEM 工法による低ダムの施工について，平成 11 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.212-213，1999
5）建設省近畿地建六甲砂防工事事務所：パンフレット「インセム工法（現場発生材料の有効利用）」

― 巻末資料 ―

参考資料－１　　山腹工に関する基礎資料

◆ 山腹工の選定及び組合せ検討のための資料

◆ 法切工

山腹工の選定・組合せ検討のための資料

建設省河川局（1997）：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，p. 28，及び建設省河川局（1997）：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・計画編，(社) 日本河川協会，p. 189 にそれぞれ記載されている、山腹工の工種選定の考え方を地帯区分別に示した資料を統合し、表－１に示した。

表－１　　地質及び気象による工種の選定

地質区分 / 気象	中・古生層地帯	第三，第四紀層地帯	花崗岩地帯	火山堆積物地帯	その他留意点
一般地帯	渓流工事に重点をおき、山腹工事では土留工を最小限度とする。	崩壊面の土壌は比較的良好であり、積極的に植生の導入を図る。	客土的要素をもつ山腹緑化工を十分に行う。斜面は侵食されやすいため、被覆を完全に行う。	地形が急峻であるため、基礎工事によって地形を修正する。全面被覆工を必要とする所もある。	
多雨地帯（年間降水量 2000mm 以上）	山腹工事に重点を置くが、山腹基礎工を少なくし、山腹緑化工に主力を注ぐ。	渓流工事は少なくし、低い谷止め，護岸等を行うこと。山腹工は、排水工を主とする基礎工を十分に行い、伏工等はなるべく簡易化する。	一般地帯に準ずる。	シラス地帯（南九州）がこれに相当する。地表水処理の水路工に重点を置く。客土的効果のある緑化工を行う。被覆工は、軽いものおよび全面被覆工法とする。	破砕帯地帯では、渓流工事に重点を置き、山腹工は排水工を十分に行う。
寡雨地帯（年間降水量 1500mm 以下）	一般に荒廃は軽微であり、簡単な筋工等でよい。	山腹緑化工とし、一気に実施する。山腹基礎工は、比較的簡易とすることができる。	山腹工事に重点を置くが、山腹基礎工は最小限とし、山腹面の緑化に重点をおき、全面被覆を図る。（特に客土的緑化工）		
多雪地帯	なだれを考慮した山腹工事を必要とする。	多雨三・四紀層地帯に準じて行うが、山腹排水路工の施工密度を高くし、完全排水に努めるとともに、なだれ防止の工法も併用する。	なだれを考慮した山腹緑化工を必要とする。		なだれのため山腹工が困難な場合は主として渓間工事を行う。山腹工を行う場合には、階段幅を広くし、なだれ予防柵工等を併用する。
凍上地帯	渓流工事を十分に行うとともに、各種の伏工・柵工及び植生導入によって地表を被覆し、温度低下を防止する。階段工は破壊されやすいため、できる限り施工を避ける。				

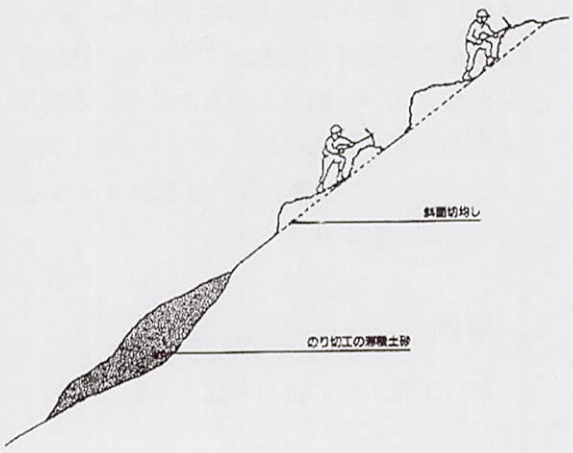
資料：建設省河川局（1997）：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・設計編[Ⅱ]，(社) 日本河川協会，p. 28
建設省河川局（1997）：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・計画編，(社) 日本河川協会，p. 189

法切工

1．工法の概要と特徴

法切工は、山腹斜面の不規則な起伏や急峻な部分のうち、そのまま放置すれば豪雨，凍上，霜柱，地震等によって再侵食や崩壊の拡大が生ずる恐れがある箇所を対象として、起伏を整正し緩傾斜とすることによって安定した斜面を作る工事である。また、山腹斜面に不規則な起伏があったり傾斜が急峻であると山腹階段工の施工ができないので、このような起伏をなくすことによって、階段工や筋工の基礎をつくるのも目的の一つである[1]。

（明治30年以前の山腹工事では、法切工を行わずに急峻なとくしゃ地に直接各種の工事が施工されていたが、その結果十分な成果が得られずに再び荒廃した箇所が少なくなかった[2]。）



図－1　法切工概念図

資料：建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所（1998）：瀬田川砂防のあゆみ，p. 123

2．工法適用上の留意点

斜面が著しく急峻で、たとえ苗木を植栽してもその保守管理ができないと考えられる箇所では、緑化を行う必要があるかどうかを検討した上で、厚層基材吹付工などの別の対策を検討する。

3．法切り勾配

法切工の法切勾配は１割５分を標準とし、法切面の直高が高い場合には原則として斜面上部を急傾斜に、下部を緩傾斜にする[3]。ただし、法切勾配を理想的なものにすることにより切土量が著しく増大する場合には、土留工を設置して高さを調節するなどの対策を講ずる。ちなみに、昭和初期の文献では、多くの場合、法切工の勾配を「最大１割以下」としている[4]。

法切りは、地形の改変面積が大きくならないよう留意すべきであるが、法切りがやむを得ず大規模になり、掘削土砂が大量に発生する場合には、斜面の安定を図るために掘削土砂を山脚部に積み上げ、押さえ盛土とする場合もある。

4．施工法の概要

(1) 施工順序

法切りは、山頂から開始し、斜面内の凸部やその他の不整形な部分を切りならしてガリーなどの凹部に埋めながら、谷部に向かって進める。切り取り土砂は十分に締め固める[5]。斜面の凹部内に浸透水が見られ、これを処理する必要がある場合は、法切工を実施する前に暗渠工を設置し、

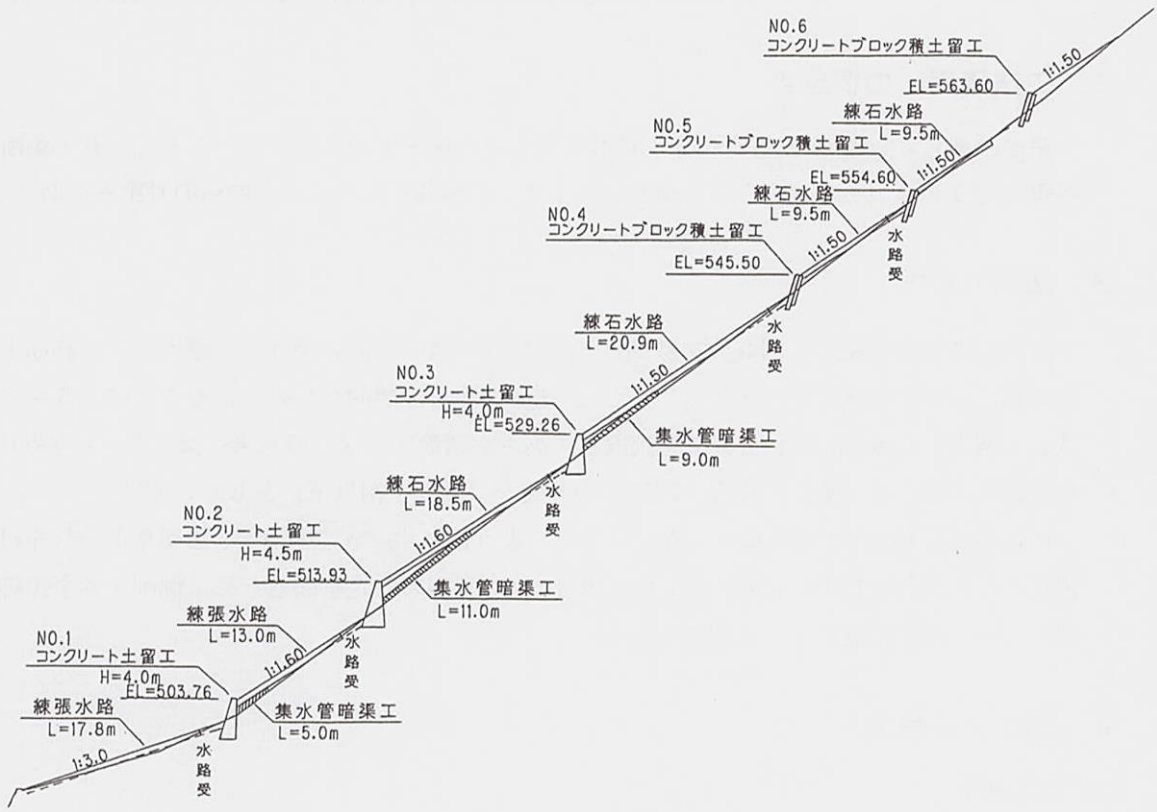
埋め戻す。

(2) 施工上の留意点

・山腹に表土が残っている箇所では、なるべくこれを植物の生育基盤とするべく山腹に残すようにする。
・法切工施工中に盛土箇所が雨水によって侵食され、リルが形成された場合には、その部分に粗朶やわら等を充填して速やかに修理する[6]。
・法切り面から地下水が滲出している箇所には、水路工を施工する[6]。
・斜面凹部に投入された法切り土砂の堆積層が厚いときは、降雨や融雪時に流出する危険が多い。従って、堆積土砂の厚さが３ｍ以上に達する場合は、あらかじめ土留工の埋設工事を施工し、再移動を防止する[2]。

５．事例

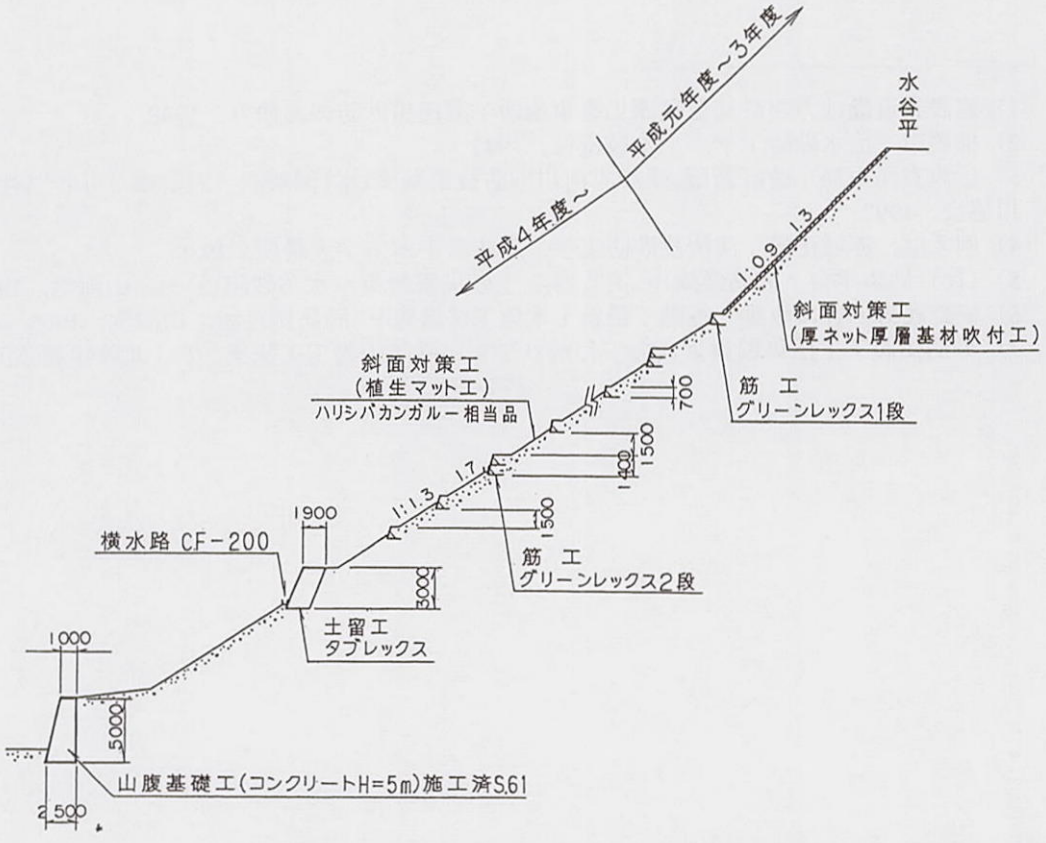
① 階段工施工部の法切勾配を１割５分以下とした標準的な事例



図－２　法切工の事例(岐阜県恵那土木事務所 舟房谷山腹工(崩壊地・花崗岩地帯))

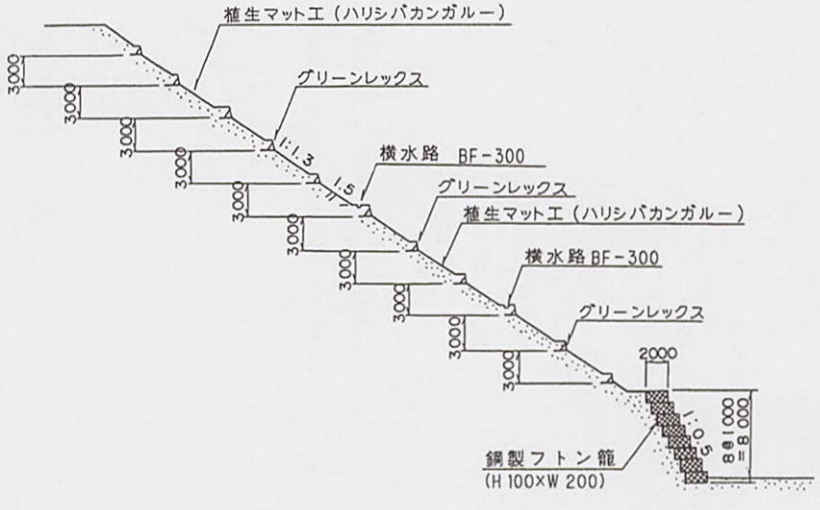
資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，(社) 北陸建設弘済会，p. 186[7]

② 階段工施工部の法切勾配を１割５分より急（１割３分）としている事例



図－３　法切工の事例(建設省立山砂防工事事務所 水谷山腹工(崩壊地・火山堆積物地帯))

資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.184[7]



図－４　法切工の事例(建設省立山砂防工事事務所 六九谷山腹工(崩壊地・火山堆積物地帯))

資料：砂防山腹工工法集編集委員会（1994）：わかりやすい砂防山腹工工法集，（社）北陸建設弘済会，p.184[7]

1）建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：瀬田川砂防のあゆみ，1998
2）柿徳市：治水砂防工学，土木技術社，1941
3）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
4）例えば、赤城正雄：渓流及砂防工学，アルス土木工学大講座，1939
5）(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
6）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
7）砂防山腹工工法集編集委員会：わかりやすい砂防山腹工工法集，(社) 北陸建設弘済会，1994

参考資料－２　　都市山麓グリーンベルトの整備に適した施工方法の整理

自然環境へ与える負荷の軽減が特に求められるような、都市山麓グリーンベルトなどの地域における砂防工事に適した施工方法，建設機械等を、資料として整理した。内容を以下に示す。

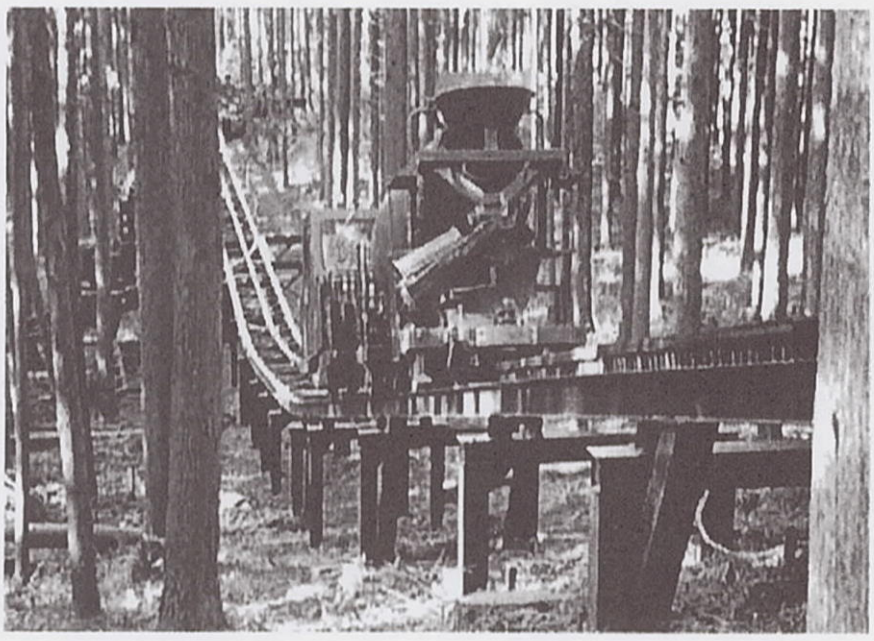
- ◆ 資材運搬／桟橋型軌道による資材輸送方法
- ◆ 地表の撹乱範囲の縮減／親子ショベルによる施工
- ◆ 伐採木等の有効利用

資材運搬 ／ 桟橋型軌道による資材輸送方法

１．工法の概要と用途

一般的な工事用道路のように盛土や切土が不要であり、設置による地形の改変が小さい建設資材輸送方法に、建設省中部地建富士砂防工事事務所によって開発された「富士 HEART システム」がある。同事務所作成のパンフレット[1)]をもとに、その特長を以下に列挙する。

・地上より 1.5m程度の位置に軌条を敷設するので、動物の移動を妨げず、また下草への影響も少なくできる。
・切土，盛土等が不要なので、地形の改変が少なく、占有空間も小さい。
・軌条は支柱で支え、また基礎部も小さいため、地盤の改変範囲が狭い。
・最小平面曲線半径がＲ＝15m，最小縦断曲線半径がＲ＝20mと小さく、自在に軌条を設置できる。
・軌条の建設は、クレーン台車により自ら行える（図－４参照）。
・ラックピニオン方式で駆動するため、急勾配（30 度）を安全に登坂できる。
・機関車１台当たり 2.65ｔの資材を運搬できる（資材台車使用時）。
・耐久性があり、長時間の使用に耐えることができる。
・レール，門型支柱，基礎等が比較的軽く、また小さいため、設置撤去が容易である。



写真－１　　富士 HEART システム稼働状況

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」（パンフレット）

2．適用条件

本方法は、杭基礎が設置でき、軌条の勾配が 30 度を越えない範囲であれば適用できる。ただし、積載物の重量は、資材台車の積載重量である 2.65 t が上限となる。

3．仕様・構造

表－1　富士 HEART システムの基本構造

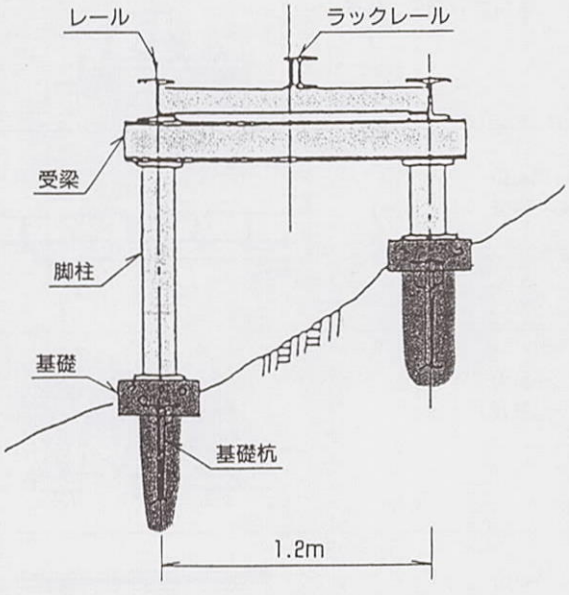
基　　礎	基礎杭：鋼製矢羽アンカー，又はH鋼杭 基礎：コンクリート基礎
門型支柱	脚柱：H形鋼 受梁：H形鋼
軌　　条	レール：H形鋼 ラックレール：H形鋼＋ピン（94.3mm ピッチ）

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」（パンフレット）

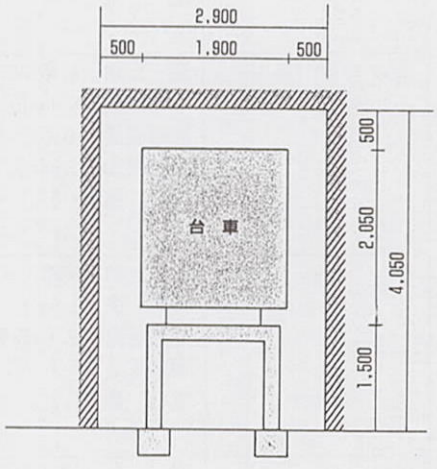
表－2　軌条の仕様

軌条の仕様	最小平面曲線半径：15m 最小縦断曲線半径：20m レール幅：1.2m スパン：5m 最大勾配：30 度 レール高（地上より）：1.5m

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」（パンフレット）

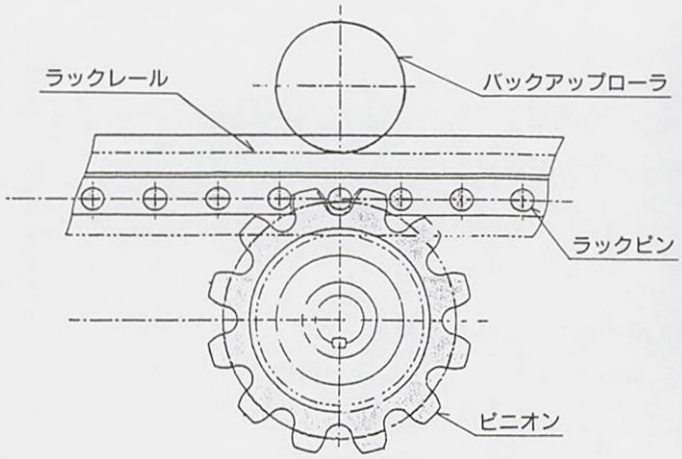


図－1　軌条構造図



図－2　運航時標準占有空間

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」（パンフレット）



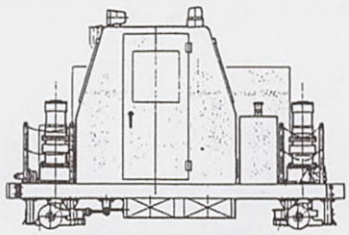
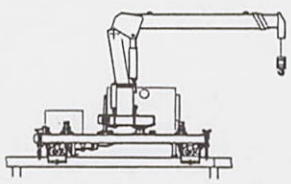
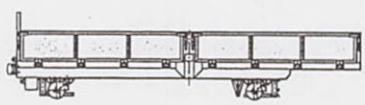
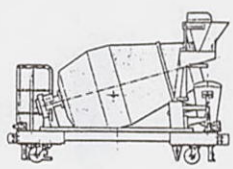
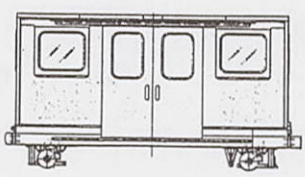
図－3　駆動部詳細図(平面図)



写真－2　駆動部の詳細

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」(パンフレット)

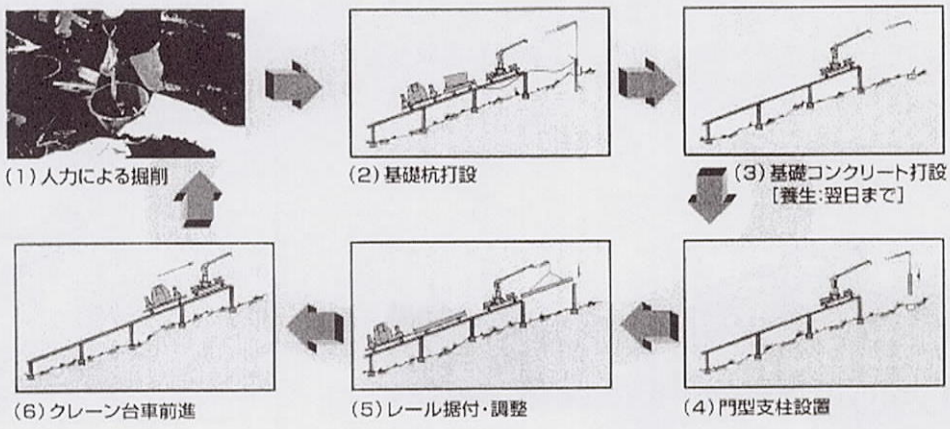
表－3　台車の主な仕様

台車の主な仕様		概 略 図
駆動台車	駆　　動：ラック・ピニオン方式 走行速度：60m/min エンジン：149馬力，7545cc(ディーゼル) 寸　　法：3.6m(L)×1.9m(W)×2.4m(H) 牽 引 力：4.4t 制動装置：3系統(非常ブレーキ，常用ブレーキ，駐車ブレーキ) 重　　量：4.0t(乗員，1名)	 (排ガス対策型)
クレーン台車	駆　　動：被牽引式 寸　　法：3.7m(L)×1.9m(W)×3.1m(H) 吊り荷重：作業半径 2.7m×2.93t～5.0m×0.6t 制動装置：3系統(非常ブレーキ，常用ブレーキ，駐車ストッパー) 重　　量：4.0t	
資材台車（長尺）	駆　　動：被牽引式 寸　　法：5.4m(L)×1.9m(W)×1.6m(H) 制動装置：2系統(駐車ブレーキ，駐車ストッパー) 積載重量：2.65t 重　　量：1.35t	
コンクリート台車	駆　　動：被牽引式 寸　　法：3.8m(L)×1.7m(W)×2.6m(H) 制動装置：2系統(駐車ブレーキ，駐車ストッパー) 積載重量：2.3t 重　　量：1.7t	
乗員台車	駆　　動：被牽引式 寸　　法：4.2m(L)×1.9m(W)×2.2m(H) 制動装置：3系統(非常ブレーキ，常用ブレーキ，駐車ブレーキ) 定　　員：12名 重　　量：1.94t	

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」(パンフレット)

4．軌条架設工程

軌条は、軌条上のクレーン台車等を使用して延進施工する。延進長は１日１スパン（５ｍ）である。



図－４　軌条架設工程概念図

資料：建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」（パンフレット）

5．適用事例

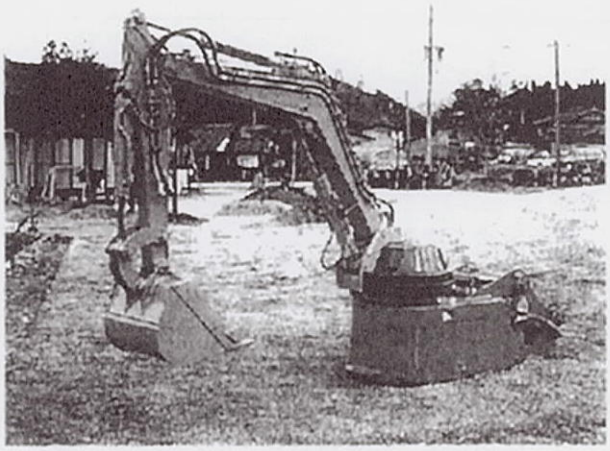
本システムは、静岡県富士宮市山宮地先の弓沢第３ダムの資材輸送手段として、試験施工されている。

1）建設省富士砂防工事事務所：「富士 HEART システム」（パンフレット）

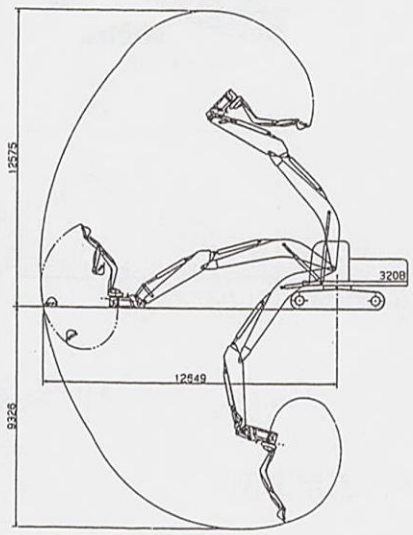
地表の撹乱範囲の縮減／親子ショベルによる施工

1．親子ショベルの概要と用途

親子ショベル（商品名：タートルフィンガー）は、親機となる油圧ショベルのアームの先に、小型のアーム（フィンガー，写真－１参照）を取り付けたものである。親子ショベルの作業可能範囲を図－１に示す。



写真－１　フィンガー部



図－１　親子ショベルの作業可能範囲

資料：田口 正（1999）：親子ショベルによる道路法面整形工および人力軽減施工，建設の機械化，No. 594，p. 28[1)]

親子ショベルは、従来のようにバックホウを単体で使用した場合に比べ、リーチが長く、フィンガーに各種のアタッチメントが取り付けられるため、従来人力で行われていた作業を、親機を作業箇所まで乗り入れることなく省力化することができる。そのため、地表の撹乱範囲も最小限とすることができ、自然環境へ与える負荷の軽減にも貢献できるものと考えられる。砂防工事においては、斜面での水路や階段の掘削や、護岸工等の渓流工事に活用できるものと考えられる。

2．機械の仕様

表－１　親子ショベル（商品名：タートルフィンガー）の仕様

親機（ベースマシン）	新キャタピラー三菱（株）製 320B 型油圧ショベル
子機（フィンガー）	長野工業（株）製 NS-15 型油圧ショベル
親機と子機（フィンガー）の接続部	油圧式連結具 ロックヒッチシステム
操作形態	親機：搭乗，子機：非搭乗の遠隔操作（ラジコン）

資料：田口 正（1999）：親子ショベルによる道路法面整形工および人力軽減施工，建設の機械化，No. 594，p. 28

表－2　子機(フィンガー)のバケット装着時の仕様

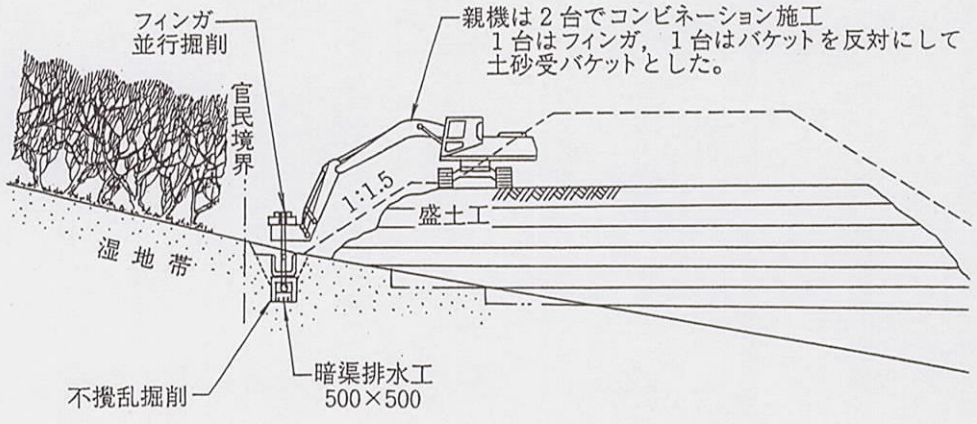
最大掘削深さ	1.789 m
最大掘削半径	3.232 m
重量	750 kg
モーター出力	7.5 kW
バケット容量	0.04 m^3
バケット最大掘削力	1150 kgf
油圧系流量	50 *l*/分（親機からの油圧）
メーンリリーフ弁セット圧	190 kgf/cm^3
定価	600 万円

資料：日経コンストラクション，2000 年 1 月 28 日号，日経 BP 社，pp. 49-51[2)]

3．適用事例

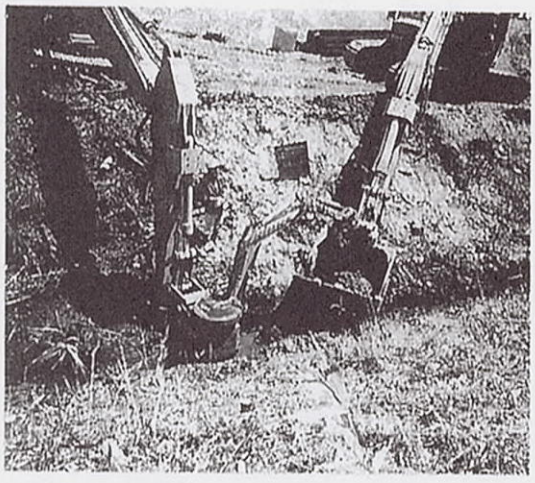
暗渠排水工への適用例

地山部と法尻部の湿潤地帯に暗渠排水を施工するために、親子ショベルを使用した事例である(図－２参照)。従来の施工法は、親機の法面バケットを利用し、暗渠設置部を横方向に掘削し、ドレン材を投入するか、ミニバックホウにて周囲を撹乱しながら施工するというものであった。写真－２のように親子ショベルを使用することにより、省力施工ができ、掘削箇所に重機を乗り入れないので暗渠周辺を撹乱せず、また配水管の設置以外は人力による施工も不要となった。課題としては、暗渠排水工という小規模構造物の標準歩掛と比較して、特殊機であるフィンガーの損料が比較的高いことが挙げられた[1)]。



図－２　親子ショベルを使用した暗渠排水工の掘削

資料：田口 正（1999）：親子ショベルによる道路法面整形工および人力軽減施工，建設の機械化，No. 594，p. 31



写真－2　親子ショベルを使用した暗渠排水工の掘削状況

資料：田口 正（1999）：親子ショベルによる道路法面整形工および人力軽減施工，建設の機械化，No. 594，p. 31

1）田口　正：親子ショベルによる道路法面整形工および人力軽減施工，建設の機械化，1999
2）日経コンストラクション，2000 年 1 月 28 日号，日経 BP 社

伐採木等の有効利用

1．伐採木等の利用方法

砂防設備の築造に際して発生した伐採木を砂防設備以外に使用して現場内処理した事例と、施工地に存在する幼木、表土の植生工への利用方法の例を図-１および写真　に示す。

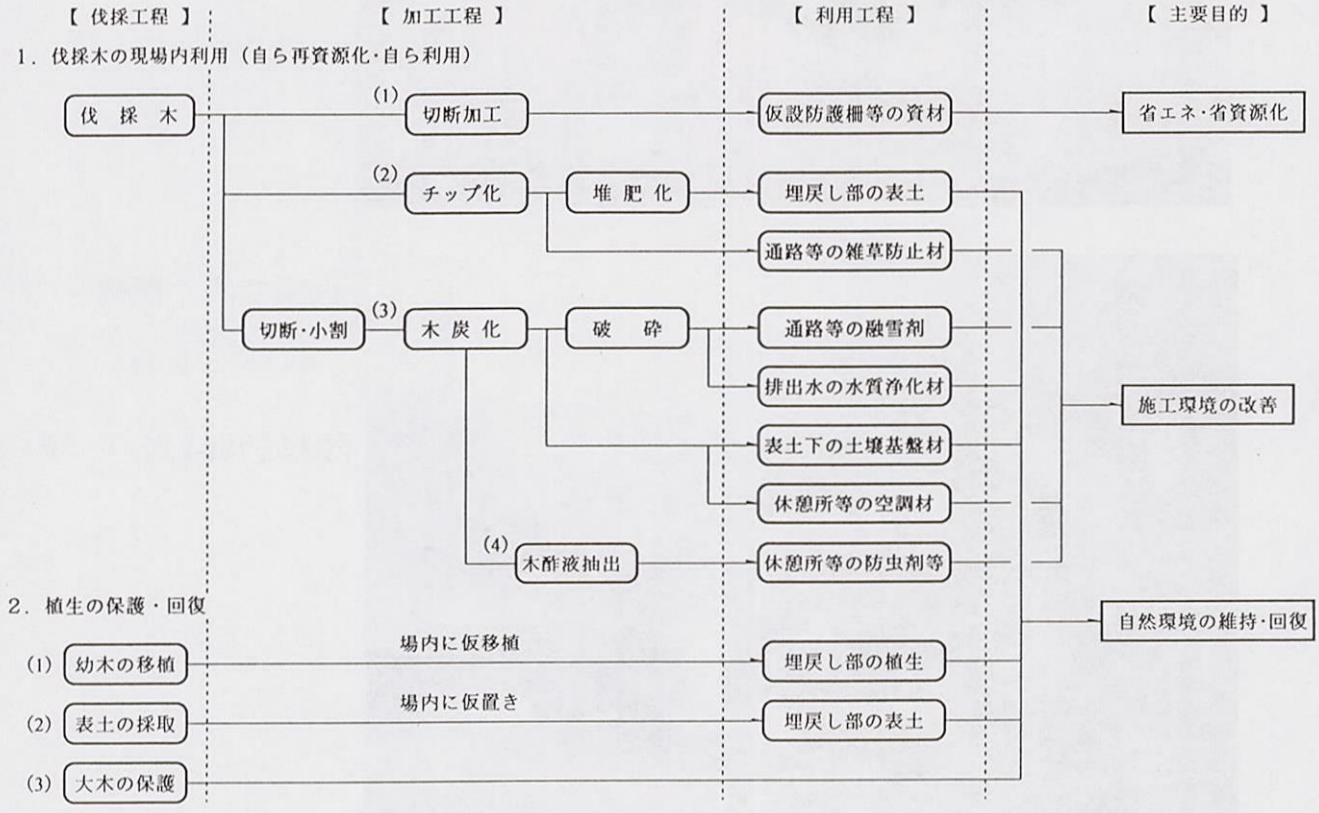


図-１　砂防工事に伴う伐採木等の利用方法（例）

（資料：建設省利根川水系砂防工事事務所）



現場に作られた
伐採木加工場



現場で働く機械

グラスパー
バックホー0.45用使用

伐採木の仕分け作業とチッパへの投入



現場で働く機械

ウッドカッターT.M.200
バックホー0.7㎥用で使用

伐根及び太い物は、薪割り機にかける
前に加工

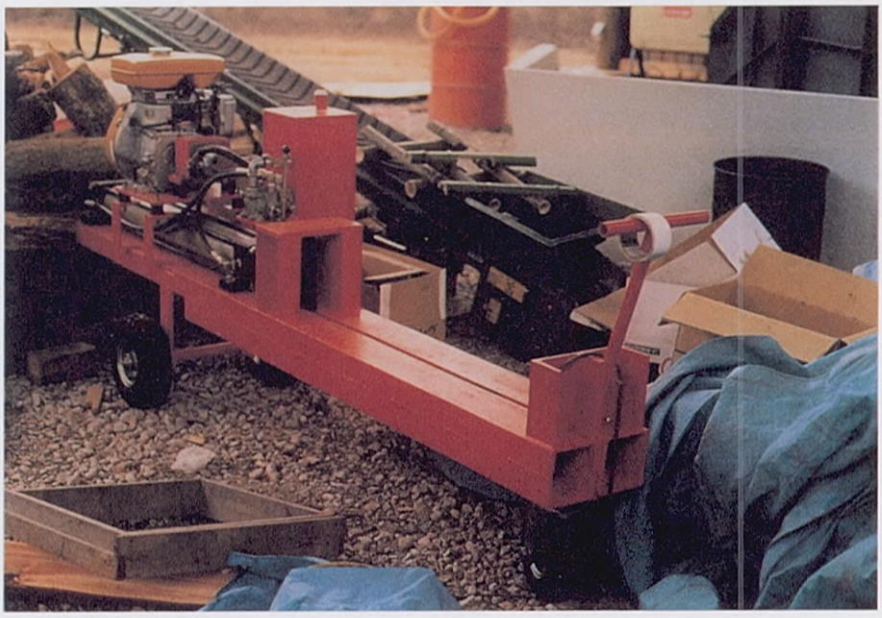


現場で働く機械

チップ加工機

ブラシチッパー250型

110馬力直径30㎝までチップ化可能



薪割り機

油圧式WS750SL

エンジン7馬力

炭焼きに適度な太さに割る



炭焼き窯

OPS式製炭炉

CF－500型内容積5㎥



伐採木仕分け作業

作業用機械グラスパーを使い
伐採木を太さごとに使い分けをする



切断作業

作業効率を考え直径50㎝以上の
樹木は45㎝サイズに切断して
グラスパーへ



切断作業

直径50㎝以下の樹木は90㎝
サイズに切断して薪割り機へ



まき割り作業

薪割り機(WS 750 SL)により
細分化される



直径50㎝以上の物は、作業効率から
長さ45㎝に切断された物



直径50㎝以上の物は、長さ90㎝で
薪材となる



根株加工

根株は、ウッドカッター「TM－200」
により細分化され炭及びチップ材に



直径1mもある根株も油厚式の
ハサミにより5～6回の作業で
炭材、チップ材に加工される



根株だけでなく薪割り機では不可能な
太さの樹木もウッドカッターで加工され
炭焼き窯へ



チップ加工

直径20㎝以下の枝葉は、
「ブラシチッパー250型」により
チップ化され有機肥料となる



小枝は「グラスパー」を使用して
まとめて投入口



粉細化されたチップはダンプカーに
積まれた有機堆肥加工置場へ

炭焼作業



薪入れ



炭 化



炭出し



加工されたチップ材



出来あがった木炭





万座第三ダム工事
現場内に作られた

幼木仮植場



表土置場

完成後の植栽土として使用する



有機堆肥熟成場

時間をかけてチップ材を堆肥化して
完成後の植栽土に混入して使う



切断加工による現場内利用
（直径10～20cmの素性の良い枝、幹）

自ら再資源化

杭、丸太材加工状況



自ら利用

落石防護柵



自ら利用

土砂流出防止柵