

始



森林土木

2



實業教育振興中央會

503
16

特 215
182

昭和 21 年 2 月 23 日
文 部 省 檢 定 済
實 業 學 校 實 業 科 用

Approved by the Ministry of Education
(19 February 1946)

森 林 土 木

2

實業教育振興中央會



目次

第3. 砂防	1
1. 概説	1
2. 砂礫の生産	1
3. 砂礫の移動	2
4. 森林の土砂扞止作用	4
5. 砂防工事の施工地	5
6. 荒廢林地の測量	7
7. 山腹工事	8
8. 溪間工事	14
9. 堰堤放水路横断面の計算	18
10. 擁壁と堰堤の安定検査	23
11. 山地砂防造林	27
12. 海岸砂防	31
結言	35

第3. 砂防

1. 概説

砂防には、山地砂防と海岸砂防とがある。

山地砂防は、治山・治水のため荒廢した溪流及び山腹の土砂・石礫の生産を豫防し、且つその移動を防止・輕減するために行なはれる造林及び土木工事で、海岸砂防は飛砂及び砂丘移動防止のために、荒廢した海岸地帯に行なはれる造林及び土木工事である。

被害の原因は、山地の場合は主として水であり、海岸の場合は風である。

山地砂防は、山腹工事と溪間工事とに大別され、前者は荒廢山腹の土砂・石礫の生産、或は移動防止のための土木施設と砂防造林とであり、後者は流れの浸蝕を防止する土木工事である。

わが國の砂防には、内務省所管のものと農林省所管のものがある。兩者共に治水といふ目的は同一であるが、内務省所管の砂防工事は土砂流出防止の目的で、河川の下流に於いて主に溪間工事を行なひ、農林省所管の砂防工事は森林法によつて山腹の土砂を扞止し、洪水の被害を減少しようとするもので、主に山腹工事を行なふ。ここでは、主に山腹工事に就いて學び、溪間工事に就いては概要にとどめる。

2. 砂礫の生産

荒廢溪流から流れ出る砂礫は、風化・浸蝕によつて生産さ

れる。

1. 風 化

岩石は化学的・物理的變化によつて風化してゆくが、その遅速は岩石地の位置・方位・化学的成分や氣象の状態及び森林・雜草の有無などによつて違ふ。

風化の結果、山腹は幾多の凸凹を生じた荒廢山腹になる。

2. 浸 蝕

流水・^{なだれ}雪崩・墜石などの物理的・化学的作用のため、溪床や溪岸は浸蝕される。溪床の浸蝕を縦浸蝕、溪岸の浸蝕を横浸蝕といふ。この二つの作用は、一般に同時に行なはれて砂礫の生産を促す。雨量の多いわが國では、流水による浸蝕の害が最も著しい。

浸蝕の強弱は、山地の傾斜・岩石の硬軟・水量や水速の大小及び氣象・地被物の状態などに關係する。殊に森林は流出量を調節し、土地の物理的抵抗力を高めて浸蝕を防止する。

3. 砂礫の移動

風化・浸蝕による砂礫は山崩れ・土石流となり、或は雪崩・流水などによつて移動し、各種の害をひき起す。

1. 山 崩 れ

山腹にある土砂・岩石の重力・摩擦力・凝集力及び樹根の緊縛力などが釣合を失ふと山崩れになる。その原因は風化・浸蝕のほか豪雨・霖雨・融雪・火山の爆發・地震・急斜面の山腹開墾・土木工事・森林の濫伐などである。

2. 土 石 流

霖雨又は豪雨により山崩れとなり、水路に落ち込んで水流を堰とめる。堰とめられた水が壓力を増大するに及んで、土石塊が溪谷を流下するのを土石流又は山津浪^{やまつなみ}といふ。

土石流は水量より土石の量が遙かに多く、押送力は水流だけの場合の10數倍となり、浸蝕を甚だしく促し、又短時間のうちに多數の家屋・交通機關は流失或は埋没され、人畜は失はれ、樹木は倒されるなどその被害は甚大である。

○山津浪の實例を考察せよ。

3. 雪 崩

積雪が多量になると、重力により傾斜の急な山腹に沿つて移動する。これを雪崩といふ。寒中に新雪が舊雪面上をすべり落ちる場合は上層雪崩といひ、冬の終り又は春先の融雪期に、山腹地盤に沿つて積雪の全層が崩れ落ちる場合は全層雪崩といふ。砂礫は雪崩に伴ひ崩れ落ち、積雪の多い地方に於いてはこれによる被害も少くない。

○雪崩の原因は何か。

○雪崩の被害を考察せよ。

4. 墜 石

風化によつて生じた山腹の石塊が、釣合を失ひ墜落するのを墜石又は石崩れといふ。

○墜石の被害を考察せよ。

5. 流 水

流水は、浸蝕によつて砂礫を生産すると共にこれを流送する。砂礫の移動は流水による量が最も多い。

○砂礫流送の多少は何によるか。

4. 森林の土砂扞止作用

○山地に森林がないとどんなことになるか。

○森林が災害を防止するのはなぜか。

森林の土砂扞止の作用は次のやうである。

(ア)樹冠は落下する雨滴の速さを減殺し、或る程度までこれを枝葉に保留して地表を保護する。

(イ)根株は林内の流水方向を亂し、その速さを減じて地表の浸蝕されるのを防止する。

(ウ)樹根は林地内に網状に擴張して軟弱・粗鬆な土砂の凝集力を補ひ、雨水浸蝕に對する抵抗力を高める。殊に松のやうな深根性の樹木は、風化土層と母岩とを連結結合して風化土層の崩壊を防ぐ。

森林の土砂扞止作用の効果は、森林及び林木の種類・性質によつて異なる。

(ア)混雑林こんさつりんは單純林より、濶葉樹は針葉樹よりも効果が大きい。

(イ)老齡林は幼齡林より、深根性のものは淺根性のものよりも効果が大きい。

森林の効果は土砂扞止作用のほか、氣象の激變を緩和し水源の涵養をはかるなど、治水上の効果をも見逃してはならな

5. 砂防工事の施工地

山地の砂礫生産と移動の最も顯著な野溪・崩壊地・^{とくしやち}禿禿地・^{ちすべりち}地之池・雪崩發生地などに施工されるのが砂防工事である。

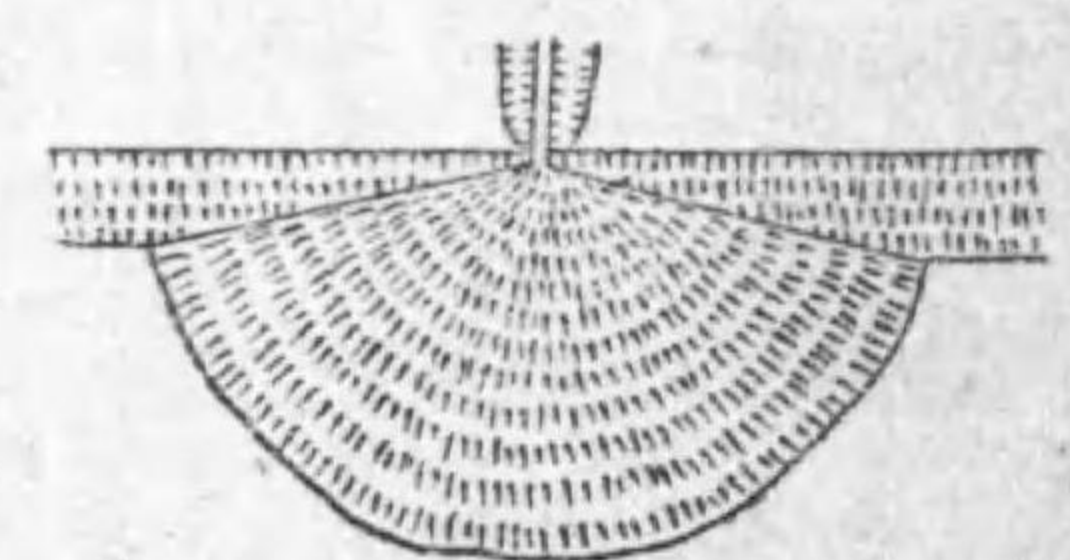
1. 野 溪

溪床勾配が急で短かい荒廢溪流を野溪といひ、雨や融雪により水量が急激に増加するときは、溪床・溪岸を浸蝕して砂礫を流送し、これを下流に堆積して大害を及す。

相當流量のある河川では、野溪の性質を帯びてゐるものを野溪的河川といふ。

野溪の原因は、氣象上の急激な變化や森林の荒廢・濫伐放牧・土地の急斜・土質の軟弱なことなどである。

野溪の流域は、これを砂礫生産區域・砂礫通過區域及び砂礫堆積區域などに區分することができる。砂礫が急に平地に流出する砂礫堆積區域では、いはゆる砂礫圓錐が形成される。



第3・1圖 砂礫圓錐

○野溪の害を除くにはどうするか。

2. 崩 壊 地

山崩れなどのやうに、山腹の一部が崩落して生ずる箇所を崩壊地といふ。崩壊地は溪流に砂礫を供給し或は土石流をひき起す。

○崩壊地はどうして復舊するか。

森林と崩壊との関係を示す調査の一例をあげると次のやうである。

林 相	崩 壊 箇 所 (%)
無 立 木 地	57
幼 齡 林	28
壯 齡 林	7
老 齡 林	8

3. 禿 瘠 地

地表に雑草・樹木が殆ど繁茂せず常に山肌を露出し、風化土層を堆積した山岳原野を禿瘠地といひ、崩壊地のやうに急激に土砂・石礫を移動させないが、その区域が廣く、しかも降雨毎に土砂を下流に流送して大害をひき起す。

○禿瘠地に於ける災害を防ぐにはどうするか。

4. 地 亡 地

地亡りは山崩れの一種で、地下に不透水層がある場合、上部の風化土層が地表水及び地下水を滲透し、不透水層上を崩落するために起る場合が多い。この現象は急斜面に発生する場合もあるが、一般には緩斜面の山地や耕地・宅地に起り、土地の移動は匍行性であるが、道路は破壊され家屋は倒潰し、耕地は埋没し山地は荒廢し、公安を害して生産力を低下させる。

わが國には、地亡りをひき起しやすい地質の土地が多い。

即ち、地亡りしやすい山腹に水田をつくり貯水池を設けるなどの結果、滲透水のため岩盤の分解を早め、地亡りの発生を誘致する。又山脚を浸蝕されることも有力な原因となる。

地亡り防止工事の方法としては、無謀な山腹の開墾を戒め、暗渠により地下水を排除し、明渠により降水・融雪水の地下滲透を防ぎ、山脚を洗ふ主溪に對しては護岸工や堰堤工などを施し、最後に植林を実施する。

5. 雪 崩 地

雪崩のうちで最も恐いのは全層雪崩である。雪崩は一度発生すれば毎年これを繰り返す、且つ雪崩地は相當な廣範圍にわたり山腹の荒廢を來たすほか、発生地附近の家屋は倒潰され、道路・鐵道は破壊されるなどその被害は甚大である。それ故植林のため山腹に階段工・杭打工などが施される。

○森林は雪崩にどんな關係があるか。

6. 荒廢林地の測量

荒廢林地復舊の設計をするには、先づ現地の施業箇所・森林所有者・設計範圍などに就いて調べ、實地に測量を行ない最後に設計書を作成する。測量は施行地の周圍測量 地形測量並びに溪床・山腹の縦斷測量と横斷測量などを行なふ。

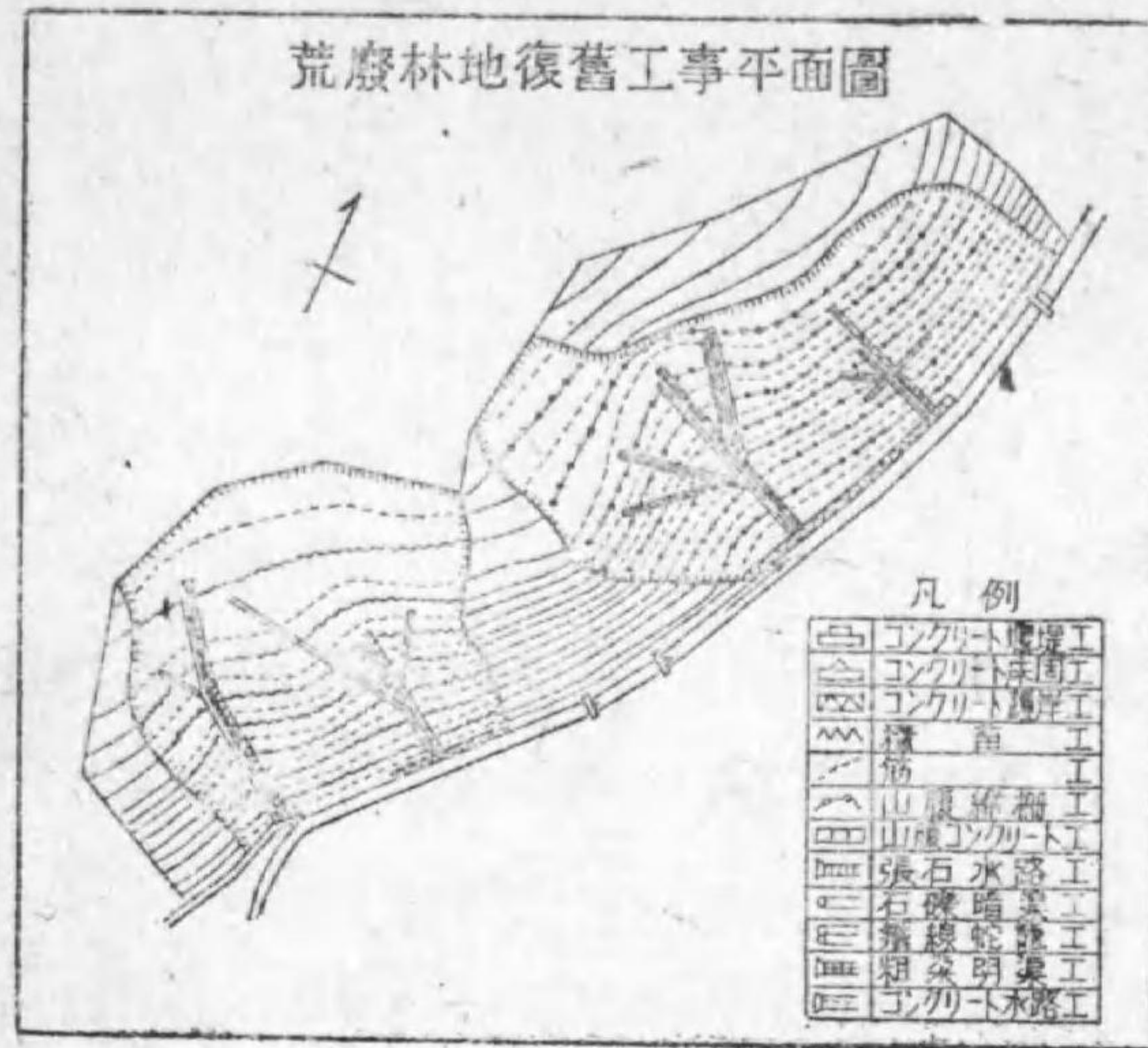
測量後は設計書に必要な圖面を作製するが、その主なものは次の4種である。

(1)位置圖 1/5,000 の陸地測量部の地形圖が便利である。

(2)平面圖 工種の配置及び地形・地物を圖示し、その縮尺

を 1/500~1/1000 とする。

(3)構造圖 堰堤その他の構造を表した正面圖・平面圖・断面圖を各工種別に作製する。縮尺を 1/100~1/50 とする。



第 3・2 圖

縦 1/100~1/200, 横 1/500~1/2000 とする。

7. 山腹工事

山腹工事を施すことによつて、溪間工事の必要が少くなり、経費も節約できる。深雪地方は雪崩防止工事をも合はせて考慮することが必要である。山腹工事には法切工・積苗工・筋工・山腹編柵工などがある。

1. 法切工

崩壊・浸蝕などにより、荒廢した山腹面の形状を整へるため、山地を切りならず工事を法切工といふ。

(4)縦断面圖

溪川の設計

線・地形線・

各工種排列の

関係のほか、

水平距離・垂

直距離・勾配・

切取高・盛土

高・床掘の深

さなどを記入

する。縮尺は

切取土砂は、下方勾配の緩やかな山腹面か山腹の凹部に堆積させ、勾配を緩やかにする。堆積土砂の深さ 3m 以上のときは、編柵工・石積工などの埋設工事を施して堆積土砂を安定させる。多くの土砂を法切しなければならない箇所又は急斜面の山腹では、編柵工・石積工などを山腹に行なつて法切斜面を調節する。

2. 積苗工

完全に法切した山腹に直高 1~2m の間隔に水平階段を設け、階段の前方に敷芝・堅芝・控へ芝を行なひつつ背部に盛土をし、苗木を植栽するのを積苗工といふ。場所によつては、苗木 1 本につき 0.3 kg 内外の藁を埋設することもある。

○法切斜面に水平階段をつくるのはなぜか。

本工は地質がやや堅硬な緩斜地で、しかも附近から芝が容易に得られる場所に利用される。工には次のものがある。

(ア)堅芝だけを用いたもの

(イ)堅芝と敷芝とを用いたもの

(ウ)堅芝と耳芝を用ひ、敷芝をはぶ

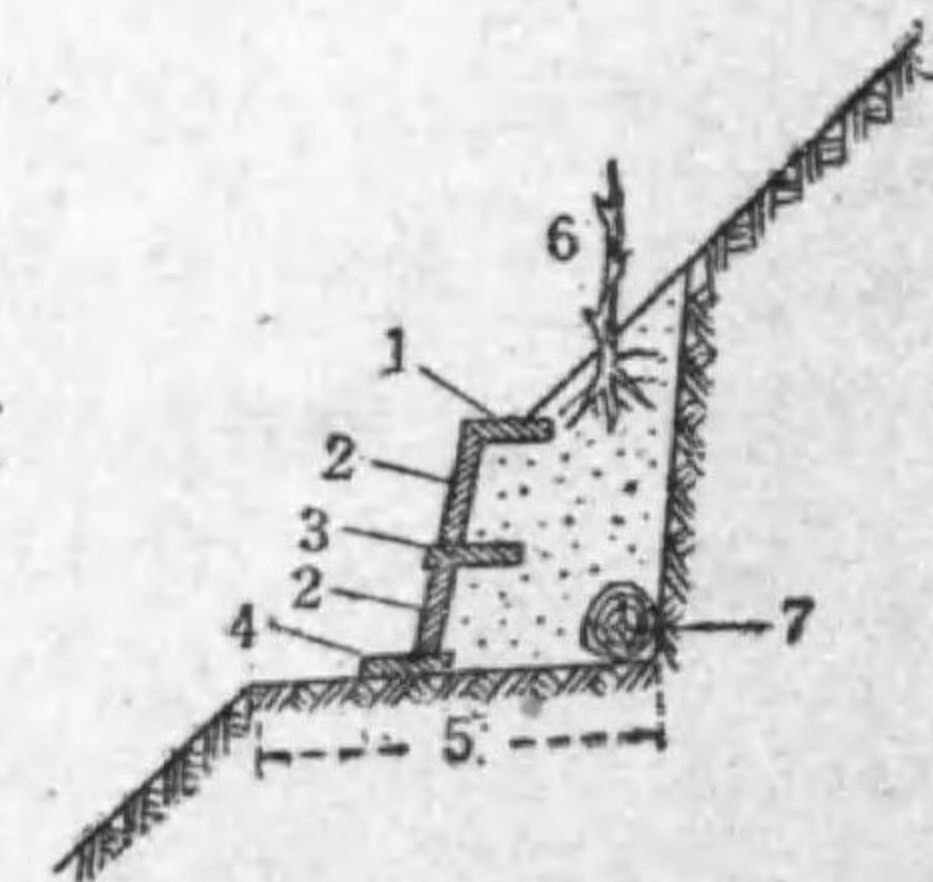
いたもの

(エ)堅芝・敷芝・耳芝を用いたもの

(オ)堅芝・敷芝・耳芝及び控へ芝を

用いたもの。

芝を多く用いたものほど荒廢山腹の復舊は早いが費用を多く要する。積苗工の法は 2~3 分とする。



第 3・3 圖 積苗工

3. 筋 工

目的は積苗工と同じであつて、積苗工よりも簡単で芝の節約もできるが、地味のよい緩斜地でなければならない。筋工には種々な工法があるが、萱株を材料とした萱株筋工が広く採用される。

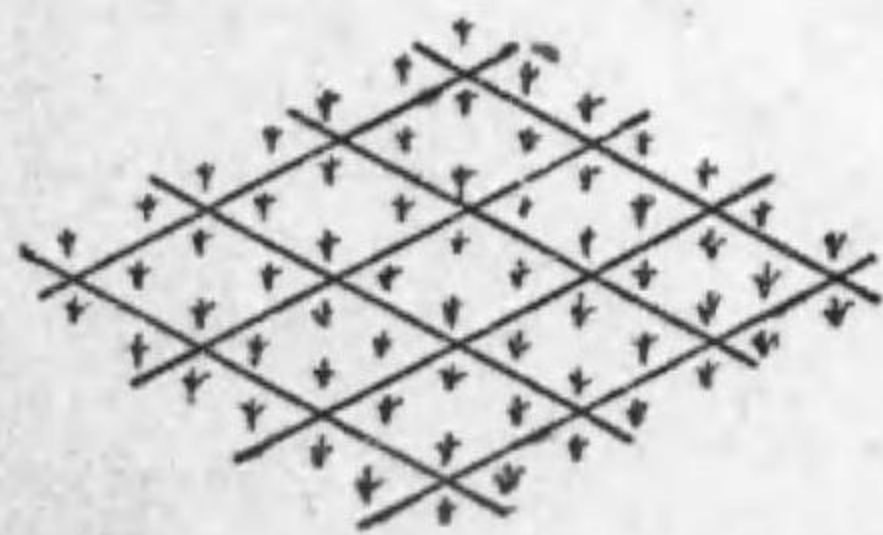


第3・4圖 萱株筋工

萱株筋工は、先づ法切した山腹に水平階段を設け、階段の前方には萱株を筋状に植ゑ付け、後方には全然盛土を行なはないか或は僅かに盛土をして苗木を植ゑる。地味の瘠悪な箇所には、苗木の根本に埋糞を施すこともある。傾斜が急で石礫に富む崩壊山腹には、階段の前方に低い積石をした石筋工を施す。筋工と積苗工を交互に行なひ、経費の節約をはかることもある。

4. 網工と粗朶伏工

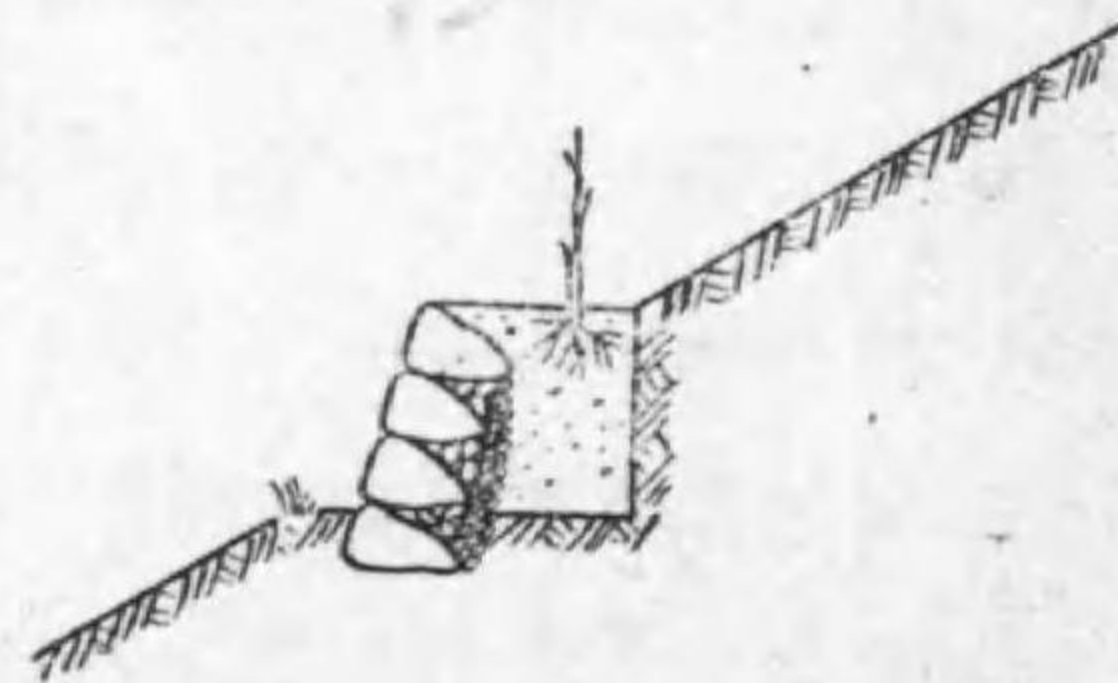
(1)網工 山腹が緩傾斜で、且つ地質が軟弱な箇所には網



第3・6圖 網工

工を行なふ。藁・粗朶・萱などを連束して崩壊又は禿禿箇所を網状に覆ひ、その中に数本の苗木を植栽する。

(2)粗朶伏工 小面積の禿禿地や法面の軟弱な積苗工などの階段間には、粗朶伏工を行なふ。その方法は粗朶を縦横に並べてその上を



第3・5圖 石筋工

工を行なふ。藁・粗朶・萱などを連束して崩壊又は禿禿箇所を網状に覆ひ、その中に数本の苗木を植栽する。

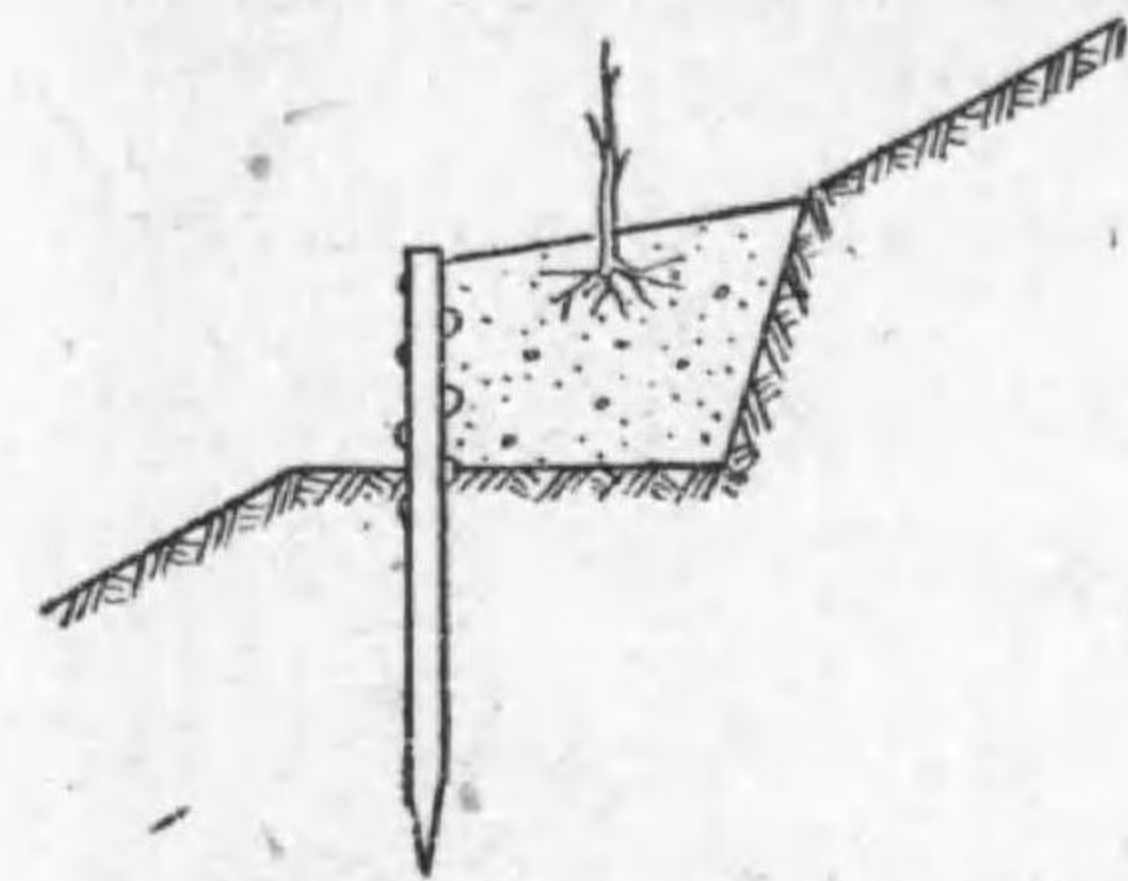
(2)粗朶伏工 小面積の禿禿地や法

面の軟弱な積苗工などの階段間には、粗朶伏工を行なふ。その方法は粗朶を縦横に並べてその上を

横木でおさへ、雑草・ヤシヤブシ・ハンノキ類の種子を撒播し、山腹の緑化をはかる。

5. 山腹編柵工

積苗工や筋工だけでは土砂の崩落を防げない荒廢山腹に



第3・8圖 山腹編柵工

は山腹編柵工を行なふ。法切面に水平階段を切りつけて木杭を打ち込み、それに編柵を施してその後部に土砂を盛り、編枝の萌芽を促す。木杭は切口10cm、長さ1.5m内外のものを80cm以上打ち込み、地上部分を20~30cmとし、杭と杭との間隔は0.5~1mとする。この杭の地上部分に粗朶を編みつける。粗朶は柳などのやうに萌芽力の強いものがよい。萌芽力が弱いか又は全くない樹種を使ふ場合は、萌芽力のある枝條を編柵の間に挿入する必要がある。

編柵工と編柵工との間には筋工を施し、盛土上には苗木を植ゑ付けることもある。

6. 山腹石積工

山腹の形態が他の工作物では効果が少ない場合に行なはれる。たとへば山腹の凹凸が甚だしく、且つ地質が堅固で適当な法切を行なへない場合や、水氣の多い山腹或は法切土砂を山腹



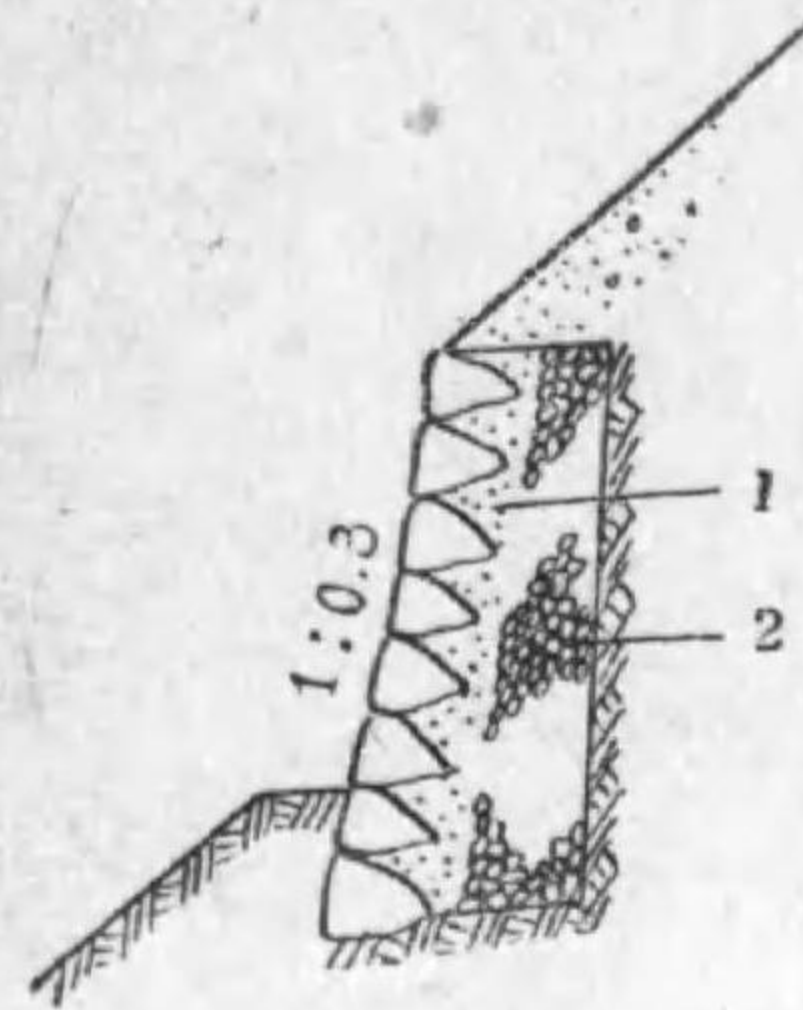
第3・7圖 粗朶伏工

は山腹編柵工を行なふ。

法切面に水平階段を切りつけて木杭を打ち込み、それに編柵を施してその後部に土砂を盛り、編枝の萌芽を促す。

木杭は切口10cm、長さ1.5m

に留止し、合はせて上部に施設する各種の砂防工作物の基礎



第3・9圖
山腹練石積工
①コンクリート
②裏込礫

工事として築設する場合である。

築石は硬質の野面石又は割石を用ひ、十分に合端胴附をして積み立てる。

石積の高さ2mまでは空積とし、それ以上の場合は練積とする。法は3~5分とし、石積の基礎は岩盤まで床掘するのが理想であるが、これがない場合は胴木工を施して堅固に積み上げる。

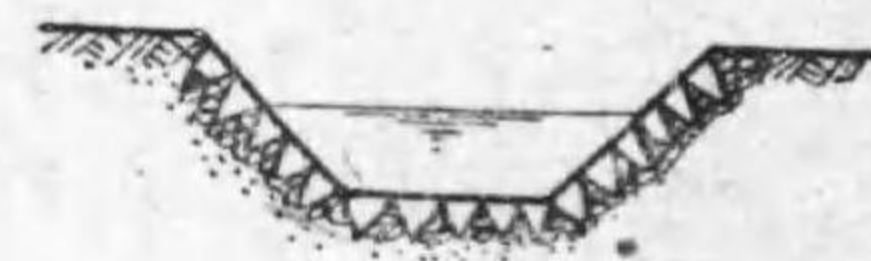
7. 山腹水路工

山腹面の雨水又は湧水などを集水して山腹面の浸蝕を防ぐために設けられるもので、その断面は最大流量を流すだけの寸法を必要とする。

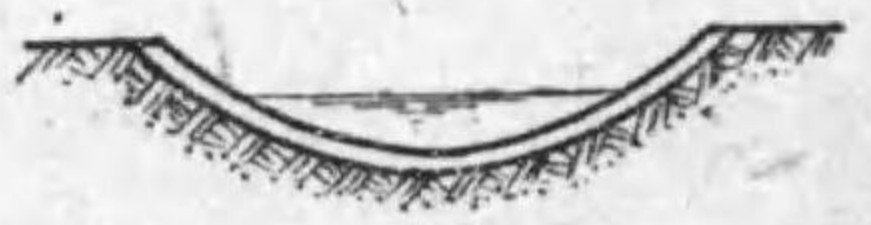
水路工の崩壊を防ぐため、下端は石積工やコンクリート工に取り付け、上部はロウト状とし、中間には30m内外の間隔で、山腹石積工又は山腹コンクリート工の帯を入れる。

8. 暗渠排水工

湿潤な荒廢山腹中の水を排除し山腹水路工と相待つて山腹の崩壊及び地這りを防ぐため、暗渠排水工を行なふ。暗渠排水工には次の種類が



張石水路工



張芝水路工

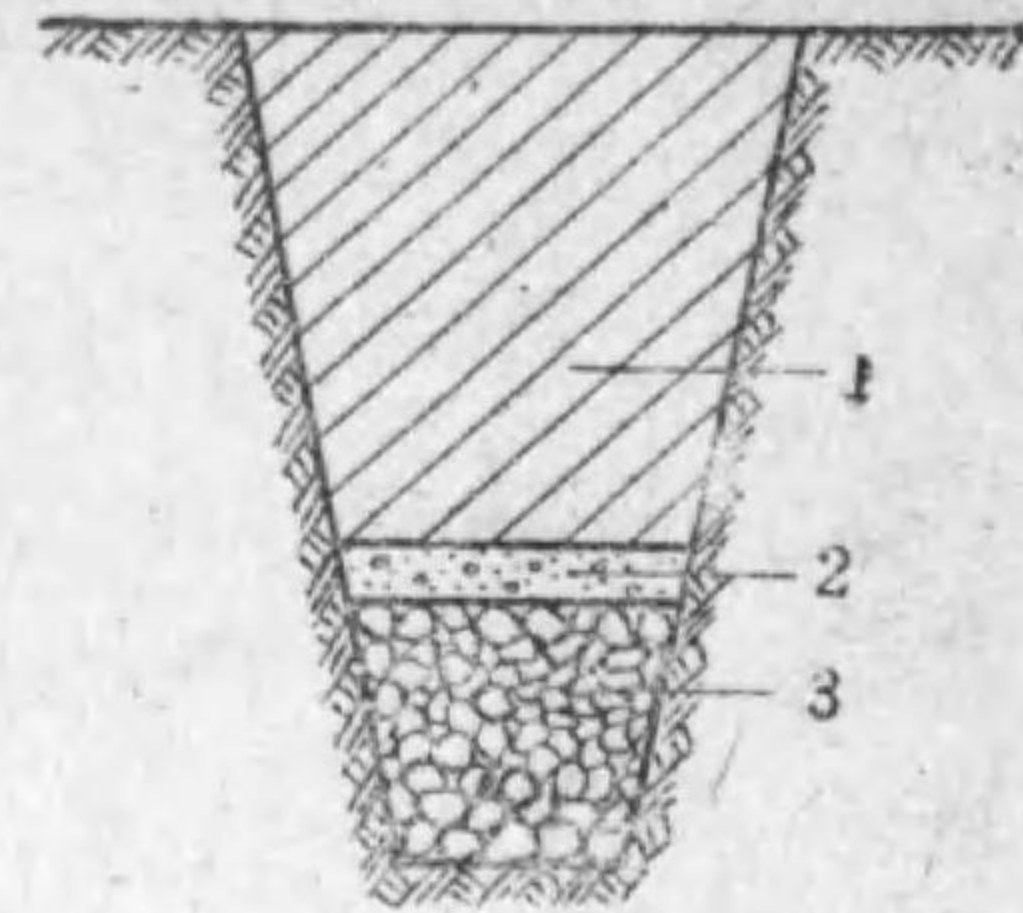


張石水路工

第3・10圖
山腹水路工

ある。

(1)石礫暗渠 施工箇所を深さ1~1.5m、上幅0.8m、下幅0.3m内外に床掘をなし、床の底に石礫を深さ約0.3m詰め込み、その上に大石又は小砂利を入れ、更



第3・11圖 石礫暗渠

の上を芝・藁・苔などで覆ひ土砂を埋め返す。排水距離の長い場合は、水路附石礫暗渠とする。

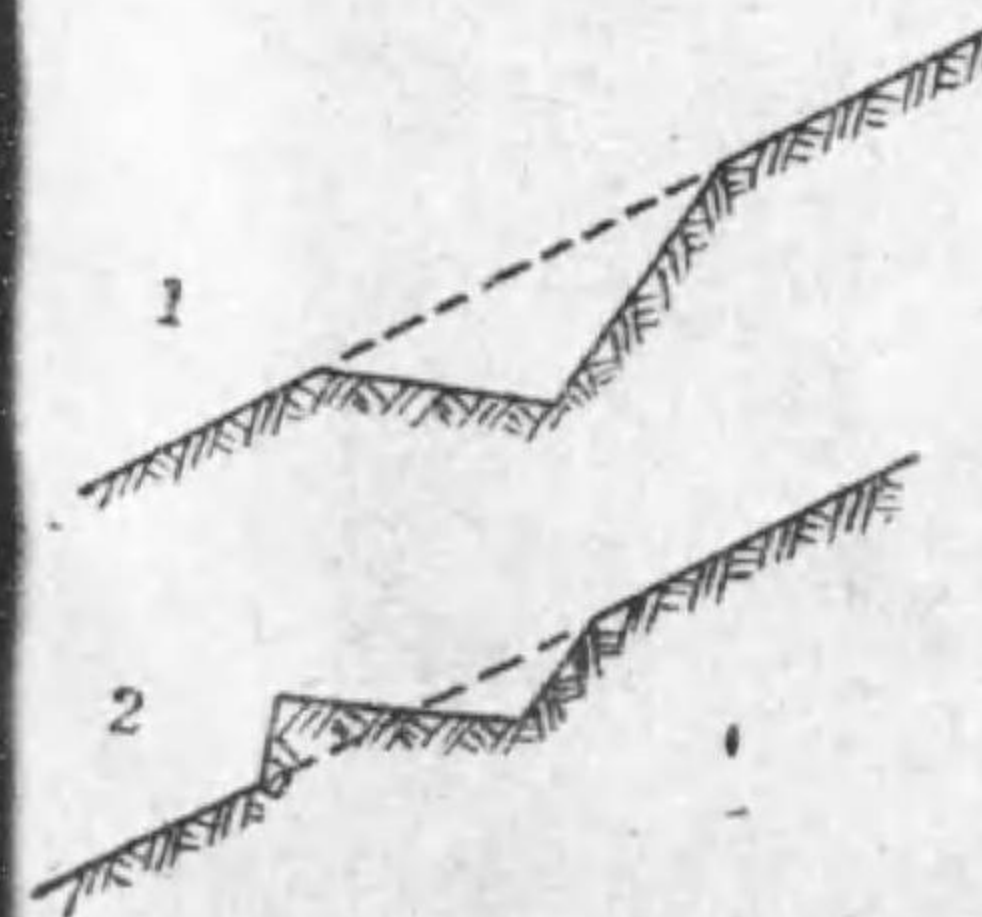
(2)蛇籠暗渠 石礫暗渠の場合と同様に床掘をして基礎をつくり、その上に蛇籠を並べ、更

にその中に石礫を填充し、生松又は栗の丸太杭を所々に打ち込んで籠の移動を防止する。籠の上は粗朶で覆ひ、最後に埋土をしたもので、比較的水量の多い場所に利用される。

(3)粗朶暗渠 蛇籠の代りに直径70cm内外の粗朶束を用ひたもので、粗朶と粗朶との間隙から排水する。粗朶束の内部に石礫を詰め込んだものを利用することもある。

9. 山腹階段工と杭打工

山腹階段工は山腹を幅1.5~3mぐらゐの階段に切り取り或は切盛したもので、盛土面は石積又は芝附土羽打によつて保護し、階段と階段との間隔は直高10mぐらゐとする。



第3・12圖 山腹階段工 山腹杭打工は山腹に徑10~20cm

の杭木を 2m 間隔の網状に打ち込んだものである。

○山腹階段工や杭打工はどんな所に行なはれるか。

これらの工作物は、雪崩防止林の保護工事であつて、これに栗・樺・檜・杉などの樹種を植栽し、将来林木の力によつて完全に雪崩防止の効果をあげるにある。

8. 溪間工事

荒廢溪流内に施設される土木的工作物を溪間工事といひ、山腹工事の維持上必要な基礎工事である。その主なものは堰堤工・谷止工・床固工・護岸工などである。

1. 堰堤工

溪間を横切つて設ける地表に突き出した工作物を堰堤といひ、これにより野溪の縦浸蝕と横浸蝕とを防ぐ。本工は溪間工事中最も重要な工作物で、砂防工事の基礎となる。随つてこの築造位置の選定には、十分注意を拂はなければならない。

砂防堰堤は専ら治山・治水の目的を以つて施設されるが、これを他の工業及び生産方面に利用できるやう工夫・設計するのが得策である。

○堰堤は工業や生産方面にどんなに利用されるか。

(1)堰堤の構造 堰堤の構造は堅牢でなければならない。

(ア)放水路 水通り部ともいひ、流水を中央に集中して落水させ、堰堤の兩岸を保護するために設ける。

(イ)水抜口 コンクリート堰堤・練積堰堤などに設ける排水暗渠で、砂防堰堤にだけ設ける。

(ウ)水叩き 落水のため堰堤基礎の浸掘されるのを防ぐために設ける。

(エ)水表面 水裏面 堰堤の上流側の法面を水表面、下流側の法面を水裏面といふ。

(オ)堤冠堤 堰堤の上部を堤冠といひ、その厚さは少くとも 1~2m を必要とする。

(カ)側壁 翼壁ともいひ、堰堤の兩翼保護のために設ける護岸工である。

(キ)堤底 堰堤の下部を堤底又は敷ともいふ。

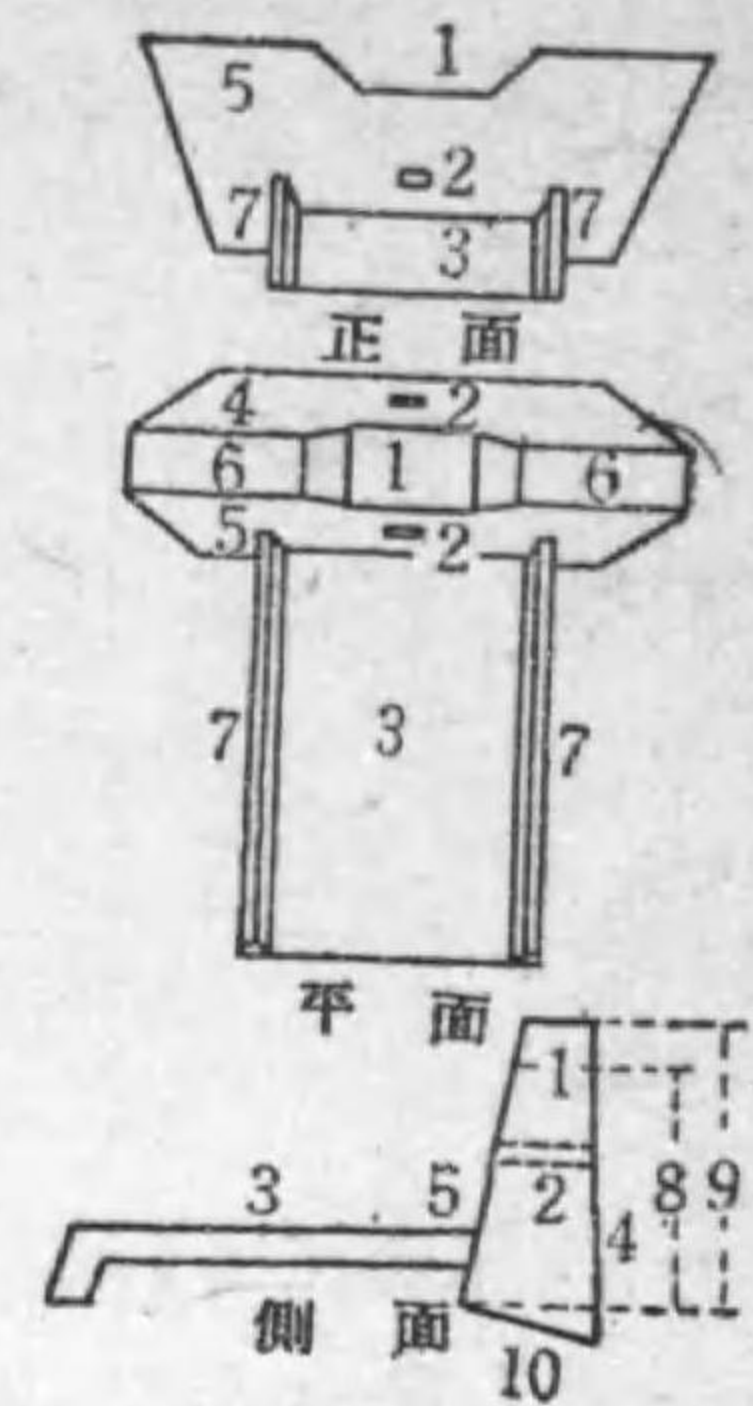
(2)堰堤の種類 堰堤は築設材料により、石堰堤・コンクリート堰堤・木堰堤・土堰堤などに分けられる。

石堰堤には、空積石堰堤・練積石堰堤・混合積石堰堤の三つがある。このうちで練積堰堤が最も廣く築造される。

練積石堰堤は、水表面・水裏面・堤冠及び放水路などを硬質の割石又は野面石を用ひて練積とし、その内部をも玉石コンクリートで填充する。練積の内部に石礫を填充したものを混合積石堰堤といひ、石材だけで築造したものを空積石堰堤といふ。

コンクリート堰堤は、先づ床掘をして基礎をつくり、型枠を組みコンクリートを填充して仕上げる。

木堰堤は溪流に築造され、その材料としては松・ヒノキ・

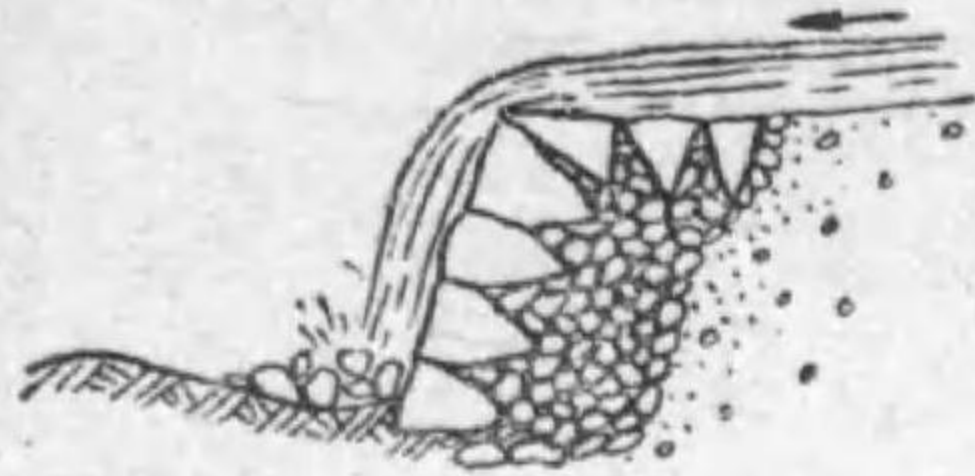


第 3・13 圖
堰堤各部の名稱

ヒバ・栗などが適する。

2. 谷止工

小溪谷に築設される小堰堤の総稱で、溪床の浸蝕を防ぎ、山脚部の崩壊を豫防するために築造される。



第3・14圖 石積谷止工

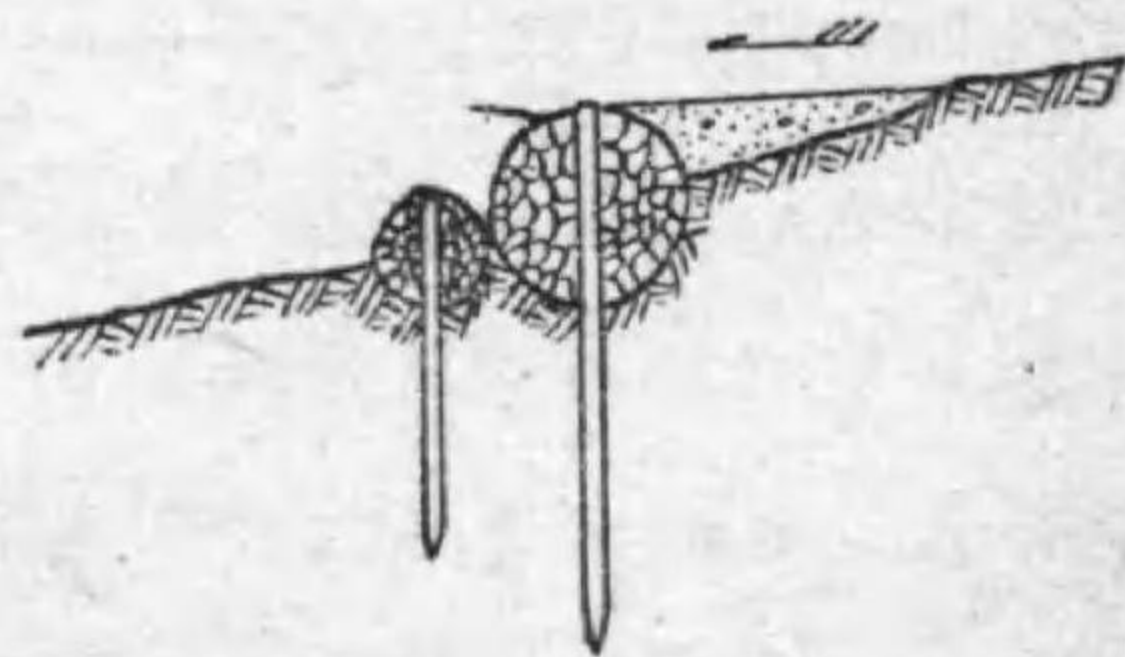
(1)石積谷止工 その構造は石堰堤とほぼ同様であるが、背後は築設と同時に土砂で埋め、放水路は設けることもありはぶく

こともある。これに練積谷止工・空積谷止工などがある。

(2)蛇籠谷止工 竹・柳・鐵線などをつくつた蛇籠を、1本或は數本重ねて木杭で打ちとめ、小堰堤の作用をさせたものである。

蛇籠に入れる石は、籠目をもらない程度のものがよい。

木工は材料が得やすく取扱ひが簡単で、且つ經費を節約



第3・15圖 蛇籠谷止工

できる。蛇籠を大きな石礫の流出する溪に使用するときには、籠が切斷・破損しやすいから特に注意を要する。

石積谷止工の代りに、玉石コンクリート谷止工を築造し、又石礫の流出の少い溪流或は常水のない溪流には、編柵谷止工を用ひる。

3. 床固工

溪床を浸蝕する野溪工事に多く用ひられ、溪床の勾配を保

持し溪床の低下・浸蝕を防ぎ、又その上流にある護岸工事・張石・水路・堰堤などの支へとする。

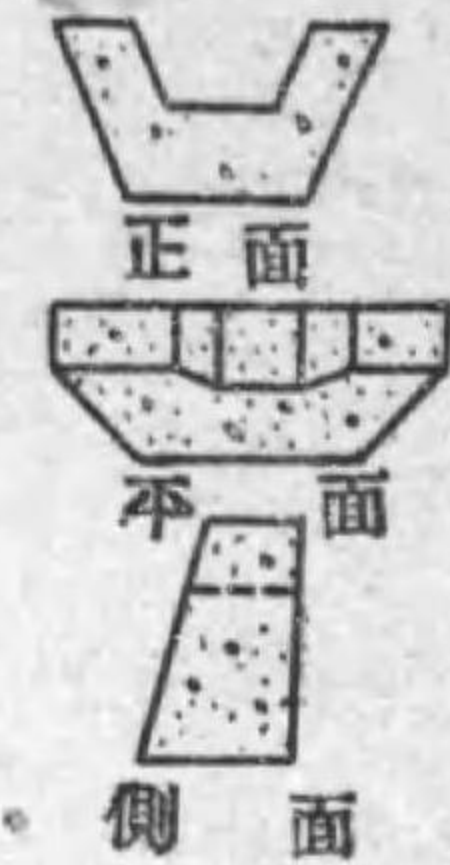
その堤冠は溪床からあまり突出せず、又その構造は堰堤と殆ど同様である。

床固工には使用材料によつて、石積床固工・コンクリート床固工・蛇籠床固工・編柵床固工などがある。

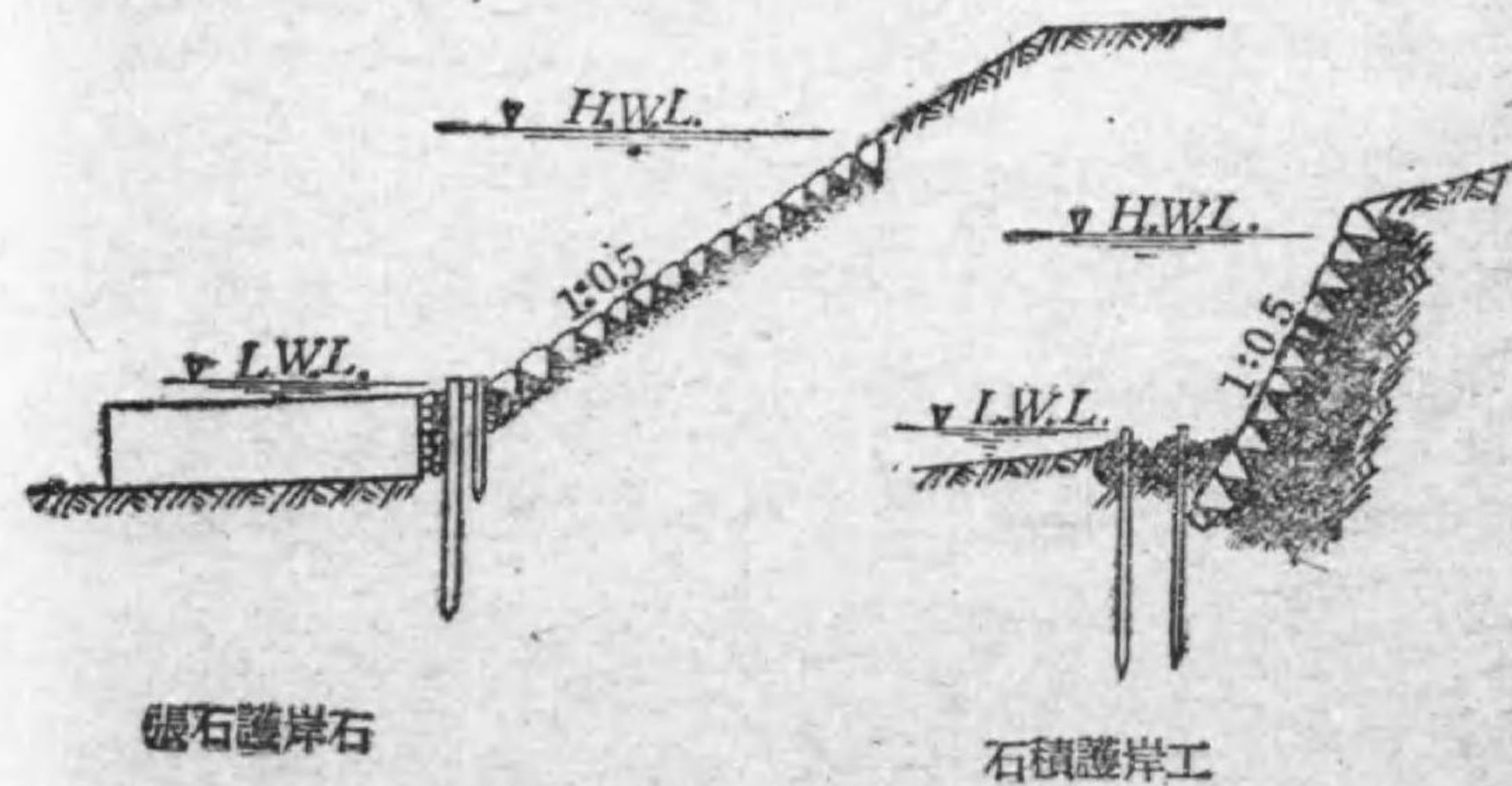
4. 護岸工

流水の激突する溪岸を保護し、同時に溪岸の山腹を維持するため築設される。随つて護岸工は、土壓と流水の激突に抵抗できるやうに設計上の工夫を要する。

(1)石積護岸工 基礎地盤が岩石でない場合は、胴木工などの基礎を施してその上に石積をする。高さ2m以内のものは空積とし、それ以上のものは練積護岸工とし、張石護岸工

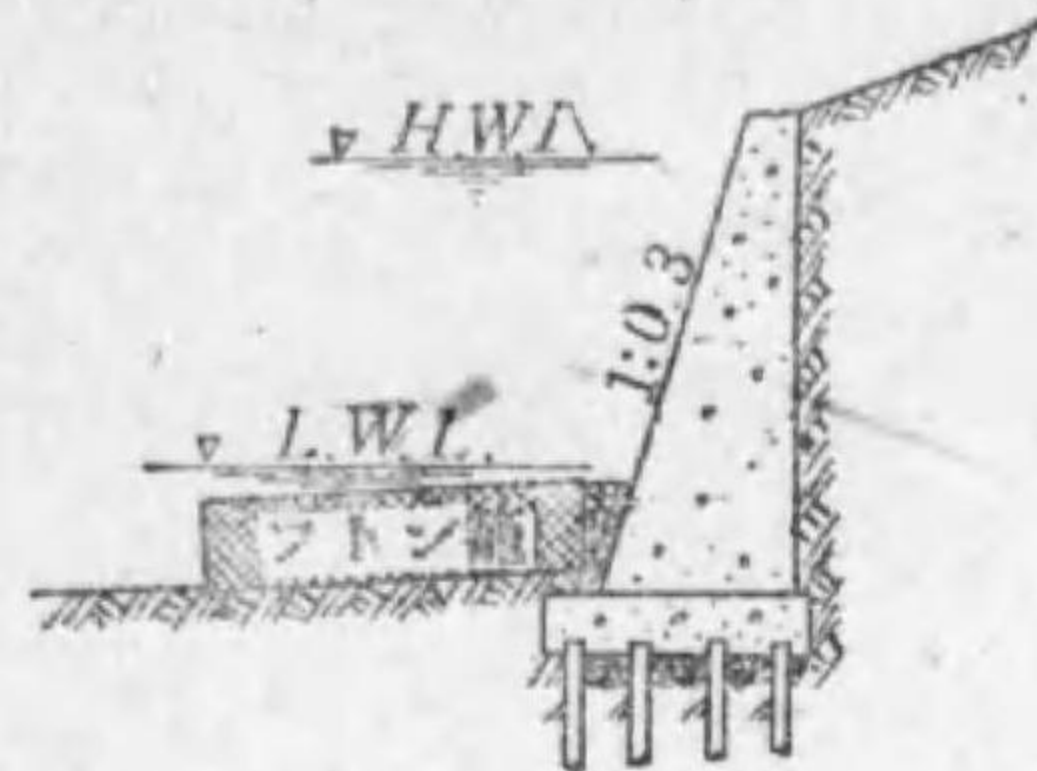


第3・16圖
コンクリート
床固工



第3・17圖

浸は緩勾配の溪岸につくられる。



第3・18圖
コンクリート護岸工

(2)コンクリート護岸工 玉石コンクリート護岸工が一般に行なはれる。護岸は天端に於いて 30 cm 以上、敷に於いて 60 cm 以上とし、法は 2~3 分とする。長さ 10~20

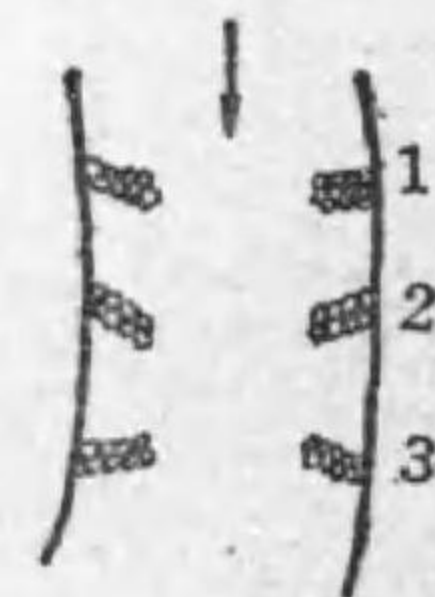
m 毎に伸縮目地を、2m² に 1 箇の水抜孔を設ける。

(3)蛇籠護岸工 強固な上に可動的で、たとへ護岸の根本が侵蝕されるやうなことがあつても破損せず、自然に沈下する特色をもつてゐる。

蛇籠は溪岸に平行に並べる場合と、これに直角方向に並べる場合とがある。

5. 水制工

溪岸から溪流に向かつて突出し、對岸に達しないものをいふ。流水の方向を正して流勢を緩和し、土砂を堆積させ溪岸の浸蝕を防ぐにあり、これに上向水制・下向水制・直角水制などがある。水制工は木工沈床・石柵・張石・コンクリートなどで築造する。



第3・19圖
水制工

9. 堰堤放水路横断面の計算

○流速と流量とに就いて考察せよ。

1. 用語

(1)平均流速 (V) 1 秒間に流れる水の速さを流速といひ、流速の大きさは河川横断面中の各位置によつて異なる。横断面中すべての流速を平均したものを平均流速といふ。

(2)濕潤周界 (P) 横断面に於いて、流水に觸れてゐる部分の長さをいふ。

(3)断面積 (F) 水面と濕潤周界とによつて包まれた部分の面積をいふ。



第3・20圖

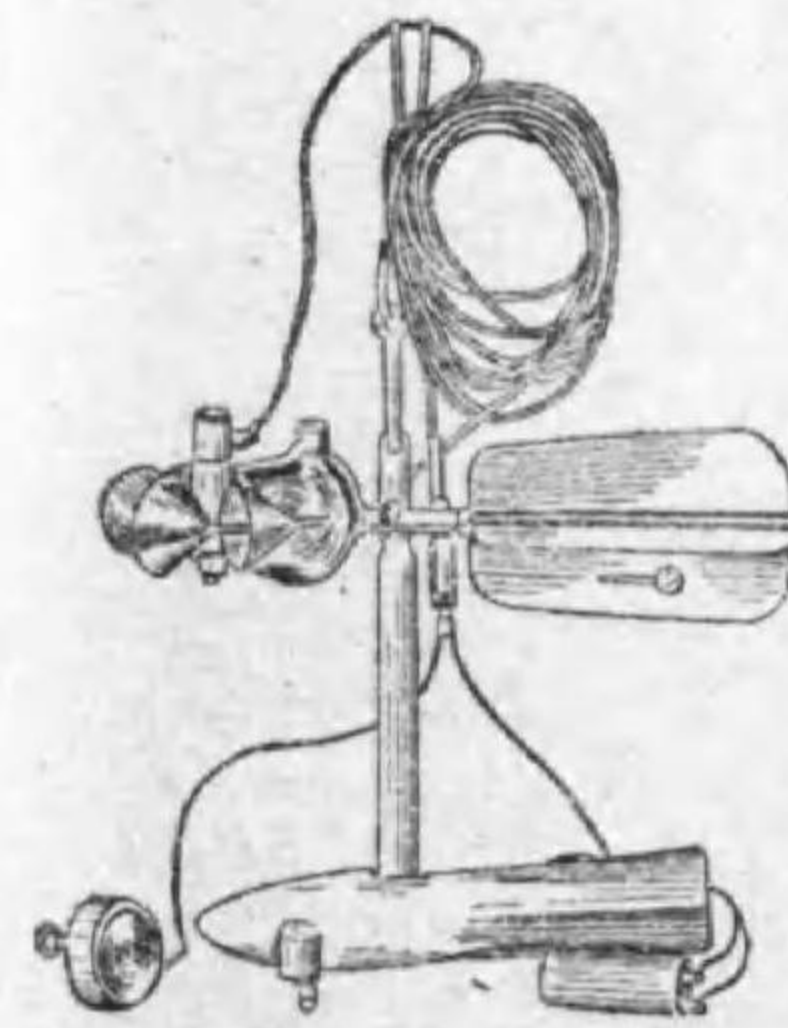
水路の横断面

(4)動水半径 (R) 濕潤周界で断面積を割つた値 $R = \frac{F}{P}$ である。

(5)流量 (Q) 1 秒間に一定の断面積を流れる水量のことで、平均流速を V 、断面積を F とすれば、 $Q = F \cdot V$ となる。

2. 平均流速の測定

平均流速は流量の調査などのために必要なもので、浮子や流速計を用ひて簡単に測定することができるが、砂防工事に於いては平均流速公式から算出するが多い。



第3・21圖 流速

水面勾配 J 、動水半径 R を知り、溪流の平均流速を求める基本公式は次のとおりである。

$$V = \sqrt{\frac{1}{0.0004 + \frac{0.0007}{R}} \sqrt{R \cdot J}}$$

R 及び J を知り平均流速 V を求めるには、第 3・1 表の平均流速表を利用すれば便利である。

第 3・1 表 平均流速表。

$R \backslash J$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.01	0.37	0.71	1.05	1.36	1.67	1.96	2.24	2.50	2.77	3.01
0.02	0.52	1.01	1.48	1.93	2.36	2.78	3.16	3.54	3.91	4.26
0.03	0.64	1.24	1.82	2.36	2.89	3.39	3.87	4.34	4.70	5.22
0.04	0.73	1.43	2.09	2.71	3.33	3.89	4.47	5.01	5.53	6.03
0.05	0.82	1.60	2.34	3.05	3.73	4.37	4.86	5.60	6.25	6.75
0.06	0.91	1.75	2.57	3.34	4.08	4.79	5.48	6.14	6.77	7.38
0.07	0.97	1.89	2.76	3.61	4.41	5.18	5.92	6.62	7.27	7.94
0.08	1.04	2.02	2.96	3.86	4.71	5.53	6.32	7.08	7.82	8.53
0.09	1.10	2.15	3.13	4.04	5.00	5.86	6.67	7.51	8.29	9.04
0.10	1.16	2.26	3.31	4.31	5.27	6.19	7.07	7.92	8.74	9.53
C	11.62	16.01	19.13	21.56	23.57	25.26	26.72	28.00	29.14	30.15

3. 流量の測定

水路又は堰堤放水路の横断面の寸法を確定する場合、或は橋梁の設計などには流量を知る必要がある。流量を求めるには次のやうな方法による。

(1) 平均流速を知り流量を求める法、平均流速を V 、横断面を F とすれば、流量 Q は

$$Q = F \cdot V$$

である。

(2) 流域面積と 1 時間の最大降雨量を知り流量を求める法、流域面積を F 、1 時間の最大降雨量を h 、流去係数を K と

すれば、1 秒間の流量 Q は

$$Q = \frac{F \times h \times K}{60 \times 60}$$

である。

流去係数は降つた雨の全部が流去するものと考え $K=1$ とし、1 時間の最大降雨量 h が不明なときは、 $h=100\text{mm}$ とし計算する場合が多い。

○堰堤放水路横断面の算定方法を調べてみる。

放水路横断面の寸法は、その地点に達する最大流量 Q を完全に流去できる大きさでなければならない。横断面の寸法算定の順序は次のとおりである。

(1) 公式 $Q = \frac{F \times h \times K}{60 \times 60}$ により、1 秒間の洪水流量 Q を計算する。

(2) 溪が浸蝕作用を起さない程度の平均流速を V とすれば、假定横断面積 F は

$$F = \frac{Q}{V}$$

である。

(3) 假定横断面積 F にほぼ等しい放水路横断面の寸法を設計する。

(4) 横断面の寸法が明らかならば、假定放水路横断面の濡潤周界 P 及び動水半径 R を算出することができる。即ち

$$R = \frac{F}{P}$$

である。

(5) 水面勾配 J が與へられれば、次の公式から平均流速を算出する

$$V = \sqrt{\frac{1}{0.0004 + \frac{0.0007}{R}}} \sqrt{R \cdot J}$$

このやうにして計算上求めた平均流速が、假定の平均流速とほぼ一致すれば設計横断面の寸法をそのまま採用する。さうでない場合は、設計横断面の寸法即ち動水半径 R 又は勾配 J 、或は兩者を同時に變更する。

例題 1. 流域面積 2.5 ヘクタール (ha), 1 時間の最大降雨量 100 mm とし、堰堤放水路の横断面を設計せよ。但し流去係数 $K=1$ とする。
(解) 堰堤横断面の寸法を設計するには、野溪は豫想外の土石・木材などを流送するから、安全率をみて流域面積を 10 倍して計算すると、 Q の値は次式の通りである。

$$\begin{aligned} \text{流域面積 } F &= 2.5 \text{ ha} \times 10 = 25 \text{ ha} \\ &= 250,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{1 時間の降雨量 } h = 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{流去係数 } K = 1$$

$$\begin{aligned} \therefore Q &= \frac{F \times h \times K}{60 \times 60} \\ &= \frac{250,000 \times 0.1 \times 1}{60 \times 60} \\ &= 6.94 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

平均流速 $V=2.0 \text{ m/s}$ と假定すれば、流量 $6.94 \text{ m}^3/\text{s}$ を安全に流す横断面積 F は、

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{6.94}{2.0} = 3.47 \text{ m}^2$$

假定横断面積 F_1 が、 3.47 m^2 に相當する放水路横断面を設計する。今、放水路の横断面を底幅 11 m, 上幅 12 m, 深さ 0.5 m, 法勾配 1 割の梯形横断面と假定するときの F_1 は、

$$F_1 = \frac{11+12}{2} \times 0.5 = 5.75 \text{ m}^2$$

又、濕潤周界 P 及び動水半径 R は、

$$P = 2 \times 2.236 + 11.0 = 15.472 \text{ m}$$

$$\therefore R = \frac{F_1}{P} = \frac{5.75}{15.472} = 0.371 \text{ m}$$

水面勾配 $J=0.025$ とすれば、野溪地の平均流速 V_1 は次式の通り計算できる。

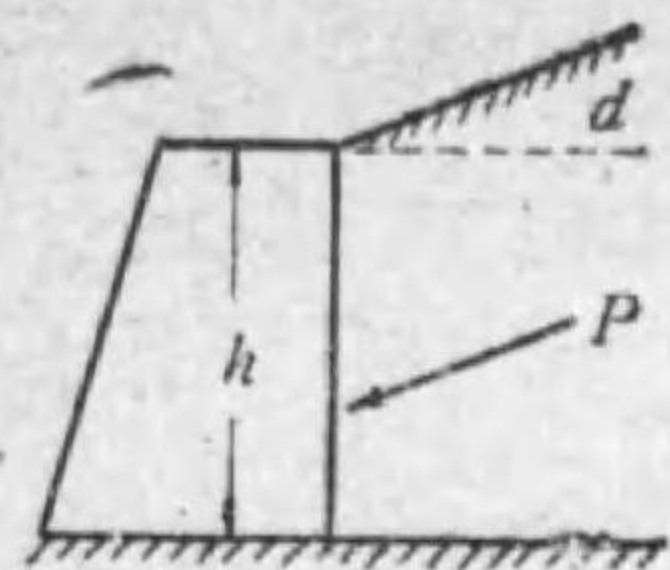
$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{\frac{1}{0.0004 + \frac{0.0007}{R}}} \sqrt{R \cdot J} \\ &= \sqrt{\frac{1}{0.0004 + \frac{0.0007}{0.371}}} \sqrt{0.371 \times 0.025} \\ &= 2.01 \text{ m/s} \end{aligned}$$

算出平均流速 $V_1=2.01 \text{ m/s}$ であるから、假定平均流速 $V=2.00 \text{ m/s}$ とほぼ一致する。故に設計横断面 F_1 で十分であり、これを採用する。

10. 擁壁と堰堤の安定検査

土砂を息角よりも急に盛り上げるには、土砂の崩壊を防ぐために支へを要する。この目的で設ける構造物を擁壁といひこの擁壁を壓する土の力を土壓といふ。

土壓 P の値を求める一般式は次の通りである。



第 3・22 圖 土 壓

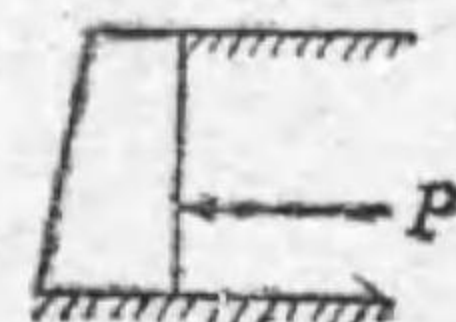
$$P = C \frac{wh^2}{2}$$

C: 土壓係數
 w: 土砂の重量(kg/m³)
 h: 擁壁の高さ(m)

擁壁の壁背が垂直ならば、土壓作用線の方向は地表面に平行で、その作用点は擁壁の下端から 1/3 の高さの所にある。土壓係數 C の値は、土の息角 φ の大少や壁背及び地表面の角度 α によつて異なる。

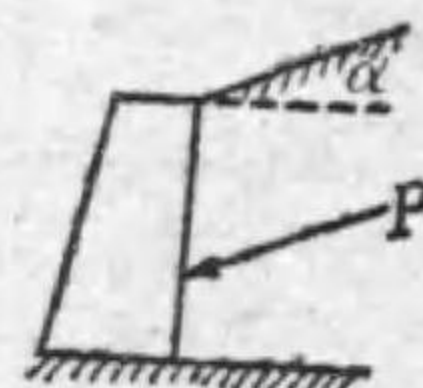
(ア) 壁背が垂直で且つ地表面が水平な場合

$$C = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$



(イ) 壁背が垂直で且つ地表面の傾斜角が α である場合

$$C = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}$$



擁壁や堰堤などを押し倒さうとする外力が、水の壓力のときはこれを水壓といふ。

水壓は土壓よりも大きい。随つて砂防堰堤の設計には水壓を調べる。

水壓 H を求める公式は次のとおりである。

$$P = C \frac{wh}{2}$$

C: 水壓係數

w: 水の重量(kg/m³)

h: 堰堤の高さ(m)

水壓の作用線の方向は水面に平行で、その作用点は擁壁と同様に下端から高さの 1/3 の位置である。水壓係數 C は、壁背の傾斜角 α の値によつて異なる。

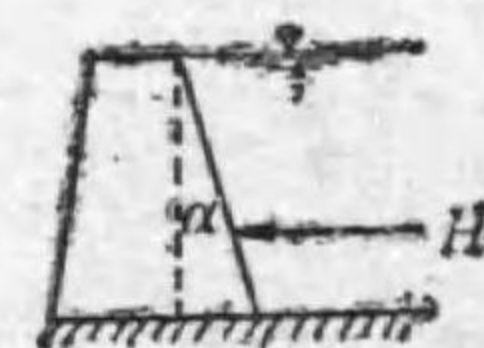
(ア) 壁背が垂直である場合

$$C = 1$$



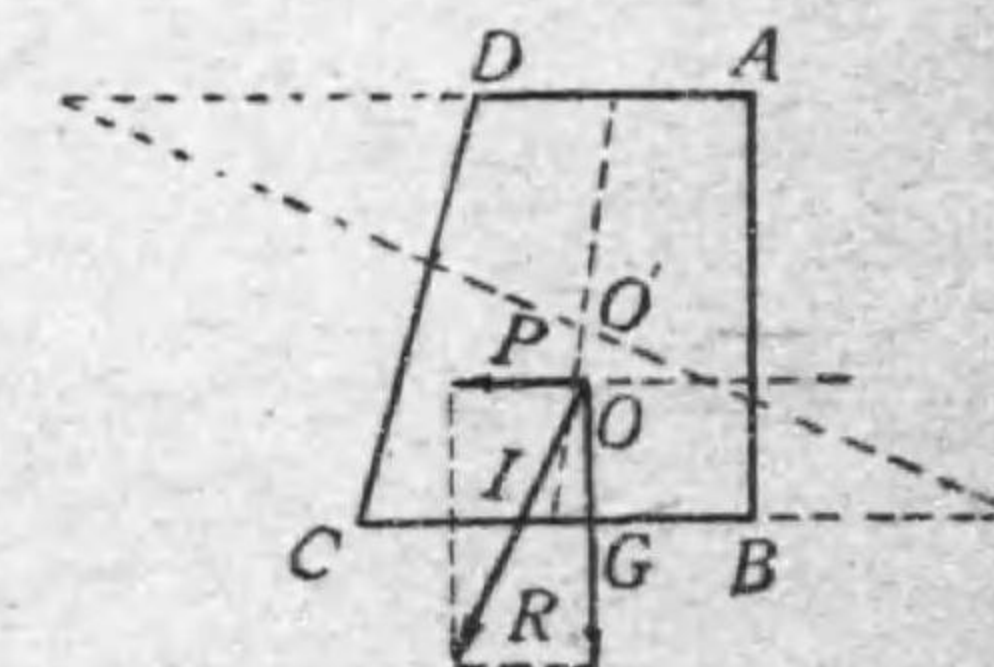
(イ) 壁背の傾斜角が α である場合

$$C = \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$$



堰堤や擁壁の安定検査は次のやうにして行なふ。

力學的檢定 安全検査の外力として堰堤には水壓、擁壁には土壓を用ひる。安定検査の方法は、堰堤も擁壁も全く同じ理である。今断面 ABCD の長さが 1m で重量が G なる堰堤に水壓 P が加つた場合、堰堤が安全かどうかを力學的に檢定するには次の方法がある。



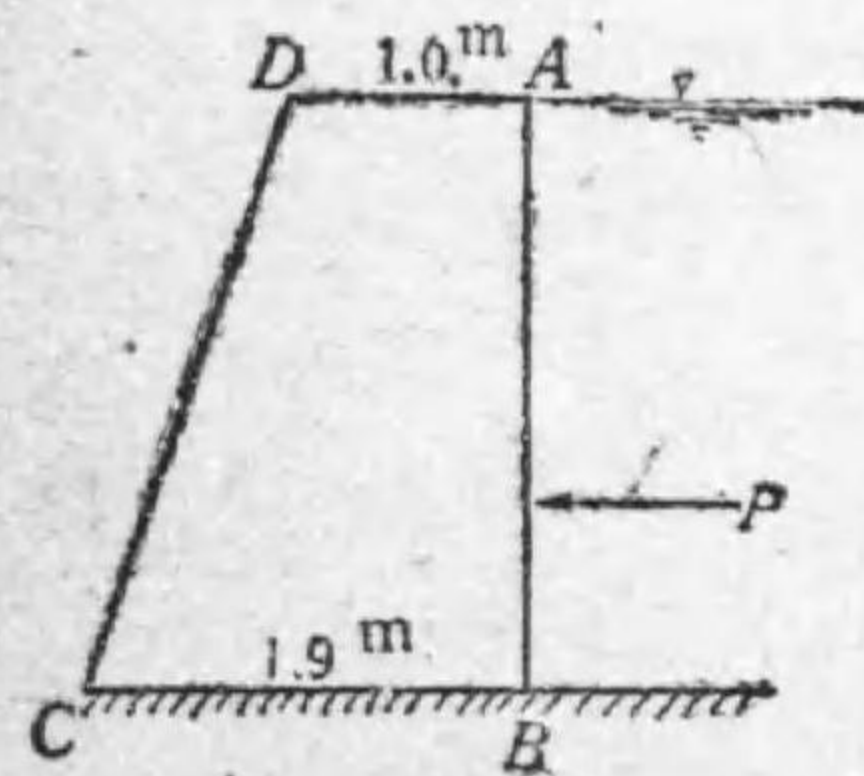
第 3・23 圖 力學的檢定

(ア) 顛覆に對する安全性の檢定 O 點を基準とし、水壓 P と

堰堤の自重 G との合力 R を圖示し、これが堰堤の底面 BC を通過すれば堰堤は顛覆することがない。但し O' 點は斷面 $ABCD$ の重心、 O 點は O' 點からの鉛直線と水壓作用方向との交點、 P の方向は水壓の作用方向と同じで、 G の方向は鉛直である。

(イ)滑動に対する安全性の檢定 堰堤の自重を G 、堰堤と基礎との摩擦係数を f 、水壓を P とすれば、 $P < f \cdot G$ 、即ち $\frac{P}{G} < f$ である場合滑動に対して安全である。但し f は $0.57 \sim 1.0$ である。

(ウ)破壊に対する安定の檢定 合力 R と堰堤の底邊 BC との交點を I とし、 IC の長さが $\frac{1}{3}BC$ よりも大きければ、破壊の心配がない。



第 3.24 圖
練積堰堤の斷面

例題 2. 練積堰堤で、高さ $h=2.5\text{m}$ 、堤冠幅 $AD=1.0\text{m}$ 、堤底幅 $BC=1.9\text{m}$ の斷面の堰堤が、水壓 P に対して安全かどうか調べよ。

(解) 土砂含有の溪水 1m^3 の重量 $r=1200\text{kg}$ 、練積石堰堤 1m^3 の重量 $w=2400\text{kg}$ とする。堰堤 1m 幅の水壓 $=P\text{kg}$ 、

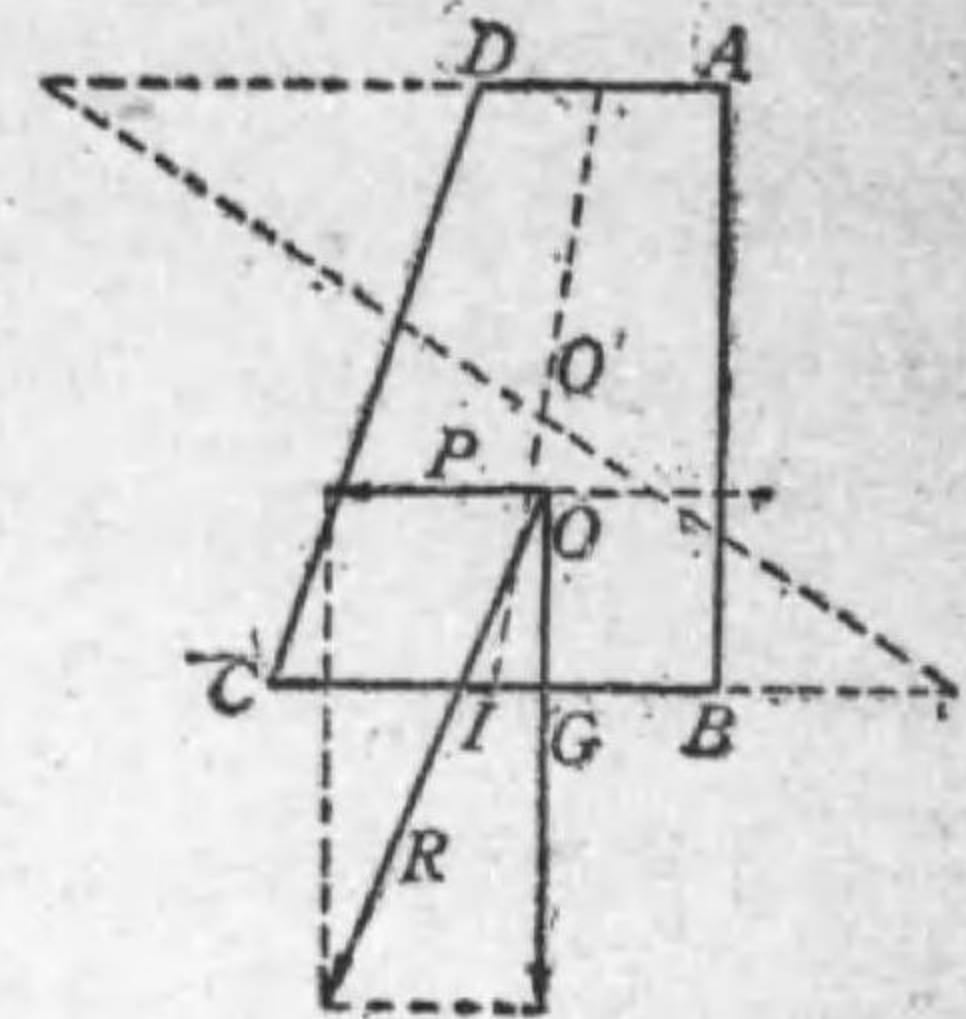
自重 $=G\text{kg}$ とすれば次式のとおりになる。

$$P = \frac{1}{2} r h^2 = \frac{1}{2} \times 1200 \times 2.5^2 = 3750\text{kg}$$

$$G = \frac{1}{2} (AD + BC) \times h \times w$$

$$= \frac{1}{2} (1.0 + 1.9) \times 2.5 \times 2400 = 8700\text{kg}$$

(1)顛覆に対する檢査 作圖法により堰堤 $ABCD$ の重心 O' を求め、 O' から垂線を下して水壓作用點からの水平線との交點 O を求め、この點から $P=3750\text{kg}$ 、 $G=8700\text{kg}$ を $1000\text{kg}=1\text{cm}$ の割にとり、この二つの力の合力 R を求めると、第 3.25 圖のやうに合力 R は底面 BC 内を過ぎる。よつてこの堰堤は顛覆しない。



第 3.25 圖 力學的檢定

(2)滑動に対する檢査 計算の結果から $P=3750\text{kg}$ 、 $G=8700\text{kg}$ 、又堰堤と基礎との摩擦係数 $f=0.57 \sim 1.0$ とすれば、

$$\frac{P}{G} = \frac{3750}{8750} = 0.43 < f = 0.57 \sim 1.0$$

故にこの堰堤は滑動しない。

(3)破壊に対する檢査 (1)の場合に於いて、 G と P との合力 R が底面 BC と I に於いて交り、 $IC=0.8\text{m}$ となつて $\frac{1}{3}BC = \frac{1}{3} \times 1.9 = 0.63\text{m}$ よりも大きい。よつてこの堰堤は破壊に対してもまた安全である。

11. 山地砂防造林

荒廢山腹の復舊をはかるには、山腹工事や溪間工事などの造林保護工事を施すと共に、草類・樹木を植栽しなければ永久に復舊の目的を達し得ない場合が多い。随つて荒廢地復舊工事には砂防造林をする。植林は山腹工事と同時に行なひ、その工作物が破壊・腐朽までに樹木は相當に成育繁茂するこ

とが必要である。

○荒廢地に適する植栽樹種をあげてみよ。

山腹工事終了後の植林に就いては、先づ植栽地並びにその附近の地況や林況を十分調査し、植栽樹種を選定する。

樹種の選擇條件としては次のやうな性質があげられる。

(ア)立地に對する要求の少ないもの

(イ)諸種の危害、殊に早害に對して抵抗力の大きなもの

(ウ)萌芽力が大きく無立木地を速かに固定するもの

(エ)根系及び枝條の發達の速かなもの

(オ)成長後にもその動搖により山腹に亀裂の生ずる危険の少ないもの

(カ)將來林業上の使用價值の大きなもの。

山地砂防造林に適する樹種は次のやうなものである。

(1)松類 赤松・黒松が用ひられる。いづれも側根は乏しいが深根性であるため、土砂扞止力が大きい。しかも立地に對する要求が少く、砂防の目的を達しながらその一方収入をあげ得るものである。松の成育不良な箇所には、肥料木としてヒメヤシヤブシを下木として植栽する。

(2)ハンノキ類 立地に對する要求が少く、又地方の維持・改良にも効果がある。砂防用樹種としてはヤマハンノキ・ヒメヤシヤブシ ヤシヤブシが適當である。

(3)柳類 立地に對する要求も少く 濕地・乾燥地を問はず成育し、萌芽が強く挿木でもよく繁殖する。山腹や護岸の編

柵用に適する。

(4)荳科植物 砂防造林に適するものは萩・ニセアカシヤなどで、瘠地にもよく成育する。

山地の砂防造林法は一般に植樹造林を実施してゐるが、場所によつては播種造林や挿木造林が行なはれる。

(1)植樹造林 荒廢地は一般に地味が不良でしかも水分に乏しいから、植林には特別な工夫研究を必要とする。

現在造林上注意されてゐる事項は次のとおりである。

(ア)樹種の選擇

(イ)植樹の季節

(ウ)苗木の刈込 植付には苗木の幹をその 1/3 ぐらゐ切り込む。

(エ)植穴の深さ

(オ)苗木の間隔 密植して速かに林地を覆ふやうにする。

(カ)喬木と灌木、針葉樹と濶葉樹、深根性のものと浅根性のものなど性質の異つたものの混植

(キ)極めて瘠惡な山腹又は復舊を急ぐ場合には、適當な施肥によつて苗木の成育を促進させる。

(2)播種造林 山腹工事の施行が困難な箇所や表土が浅く、植樹造林の不適當な場所などに稀に行なはれてゐたが、最近研究の結果斜面混播造林法が行なはれるやうになつた。これは次のやうに、従來の砂防造林の缺點を補ふために案出されたものである。

(7)風化浸蝕を受けた裸地或は崩壊地を速かに緑化することができる。

(1)芝を節減することができる。

(2)山腹工事の経費を引き下げることができる。

造林の方法は、法切後斜面に約 80~100 cm の水平階段を設け、この斜面に樹木並びに宿根性草木の種子を混淆播種する。

(3)挿木造林 柳類は挿木造林に最も適し、挿穂には二年生の萌芽を用ひる。萩類も挿木造林に用ひることがある。

○成年後の維持・手入の方法を調べてみよ。

一度荒廢した山地は再び荒廢する危険があるので、これを防ぐには保護・手入が必要である。その注意すべき點は、

(7)林木を強健に成長させるため、間伐は多少行なつても枝打はなるべく制限すること

(1)枯損並びに損傷木は速かに補植又は植直しを行なふこと

(2)林内の放牧並びに落葉・下草の採取などを禁止すること

(3)更新法は擇伐を實施し、ハンノキ類は萌芽によつて更新させること

(4)荒廢流域の開墾を制限すること

(5)運材の際、地面を損傷させないやうにすること

(6)豪雨・出水の際はもちろん、ときどき施業地を巡視すること。

○郷土に於ける山地砂防造林に就いて考察せよ。

12. 海岸砂防

1. 目的

わが國は四面海に圍まれてゐるので至る所に砂濱があり、砂の移動による被害も少くない。そのために施行されるのが海岸砂防工事である。

(7)砂丘を永久に固定する。

(1)飛砂・潮風・津波に對し、住宅や耕地などを保護する。

(2)土地を改良して不生産地を生産地にする。

海岸砂防には、^{すたてこう}簀立工や^{せいしゃこう}静砂工などの土木工事と造林とが行なはれる。もし波浪の浸蝕による被害を防ぐ必要がある所では、更に護岸工や水制工などの工事を施す。

2. 砂の生産と移動

海岸の砂は、山地が浸蝕されこれが流水によつて海に運搬されたものか、又は海岸や海底の岩石が破壊され、これが波浪によつて陸上に打ち上げられたものである。これらの砂は風によつて内方に移動運搬される。

同一地方でその回數が多く、しかも速度が他の風にまさるものを主風といひ、主風向は機械觀測や樹木の傾斜方法及び舌狀丘の長軸方向などによつて判定する。海岸砂防工事には天然の風向・風力を利用して、この對策を考へることが大切である。

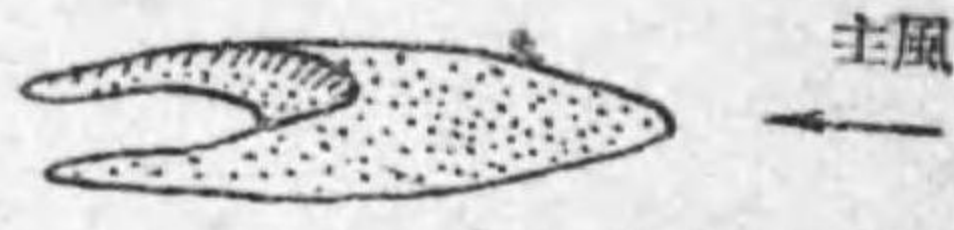
○郷土に於ける主風を調べてみよ。

3. 砂丘

海濱の砂が主風によつて吹き寄せられたものを砂丘といふ。太平洋方面では青森・宮城・茨城・千葉・神奈川・静岡・宮崎・鹿児島^{宮崎}の諸縣に、日本海方面に於いては青森・秋田・山形・新潟・石川・鳥取・島根などの諸縣にある。

砂丘は砂の移動により形成され、樹木の障碍物その他があるとき種々な形の砂丘が形成される。これらの砂丘はその形状・大小・成因などによつて次のやうに呼ばれる。

(1)舌状丘 孤立した小砂丘で、砂草又は灌木叢などのため風下に堆積したもので、形が舌状を呈する。

(2)偃月形砂丘 孤立した大砂丘で、灌木類のため風下面に三日月形に形成されたものである。  第3・23圖 偃月形砂丘

(3)天然砂丘 連続した脈状の砂丘で、一般にこれを砂丘といふ。

(4)人工砂丘 簀立工などにより、人工的に形成された脈状の砂丘である。汀線に最も近く築設されたものを特に前砂丘といふ。

自然に放任された砂丘は、風によつて内陸方面に移動しやすい。このやうな砂丘を移動砂丘といふ。この現象により、風下の農耕地・村落などは埋没し海岸は浸蝕され、次第に内陸が飛砂の浸入を受ける。

森林はこのやうな害を除くに最も適したもので、先人の努力によつて造成された多くの海岸砂防林が、今日よく飛砂・

防風の効果を表し、内陸の耕地・宅地などを保護してゐるのをみるとき、われわれは先人の恩恵に感謝すると共に、荒廢砂地に砂防工事を施工して森林を仕立て、このやうな土地を安住の地としなければならない。

○先人の砂防工事例を調べてみよ。

4. 砂防の築設法

砂防の築設は後方砂地を植栽可能の状態に導くにある。前砂丘は、海風により直接内方へ移動する砂を制止するため築設する。随つてどんな荒廢地に於いても、必ず海岸線近く一大障壁として前砂丘を人工的に築設する。

内方砂丘は、内部の飛砂及び砂丘の移動防止と造林保護のために築設する。

砂丘築設の順序は、一般に最後方の天然大砂丘の整理と同時に、後方から順次に汀線に向かひ、第2、第3の砂丘を築設し、海岸近く最前線に前砂丘を築設する。砂地が狭長な場合は、前砂丘だけを築造することもある。

砂丘築設には次の點に留意する。

(ア)砂丘の方向は海岸線に對して平行し、直線的にすること
(イ)砂丘の形状は兩側の法勾配を緩やかにした安全な形状に誘導すること

(ウ)砂丘の頂は水平にすること

(エ)砂丘の高さは内部のものほど高くすること。

砂丘を築設するには簀立工を利用する。簀立工は砂丘築設

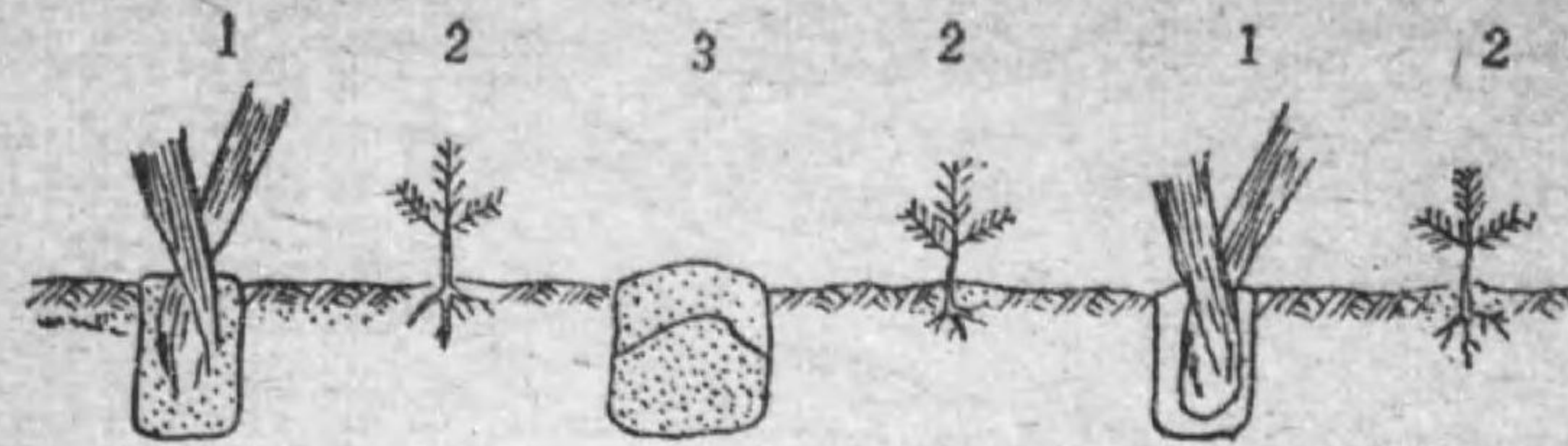
線上に長さ 2 m ぐらゐの杭を適当な間隔に打ち込み、これに横竹を緊縛し、風上側から葎簀又は萱簀を取り付け、下端は砂中に埋め、更に外部から横竹でおさへ、鐵線又は繩で緊縛する。この簀立が埋没すれば、風上前方 1.5 m ぐらゐの箇所第 2 の簀立を施し、後方に對する砂防効果が表れるのを待つて豫定の高さとし、これを固定する。固定後は形状保持のため、兩側法面に砂草を植栽する。

その他主垣や翼垣による方法もある。主垣の築設は砂丘の築設方法と同様であるが、翼垣は主垣に對して主風と直角になるやう翼狀に取り付け、その堆砂効果を利用するものである。

5. 砂丘地造林

砂丘地造林は砂丘を植物によつて永久に保護するためである。この目的に適する植物は立地に對する要求が少く、潮風・寒風・風折に抵抗する力が強いものがよい。即ち黒松・ハイビヤクシン・ニセアカシヤ・アキダミ・ハマナス・ネムノキ・フランス海岸松などが多く用ひられる。

砂丘地の造林は、砂丘が安定した後内方から行なひ、黒松の植栽は埋藁をした後に植ゑ付け、前砂丘の内部で終らなければならぬ。埋藁の代りに、植穴に肥培力のある客土を施して植栽する方法もある。植栽木を保護するために、萱又は藁などを主風の方向に立てたり、或は立藁・敷藁といつて植栽地を或る區域に藁で區劃したり、更に敷藁をして地表を藁



第 8・27 圖 立藁・埋藁などによる砂防造林

で保護したりする方法もある。黒松は多く二年生 1 回床替のものを用ひ、早春に植栽を実施する。1 ha 當りの植栽本数は、普通 1,000 本ぐらゐである。

○砂丘造林に多く黒松が植ゑられるのはなぜか。

結 言

以上學んだ技術を實地に應用して森林土木設備が完成すれば、どんな場合に於いてもあらゆる資材を迅速且つ廉價に供給できることはもちろん、荒廢又は荒廢に瀕した山腹並びに海岸飛砂地も、造林事業と相待つて復舊し、かつての荒廢地は緑化して禽鳥相歌ふ樂園と化し、地元は日に榮え、下流一帯は水害・旱魃の害をまぬかれ、産業は大いに振ひ永遠に産業振興の基礎が確立するであらう。

森林土木事業の成功・不成功は、實に森林を對象とした設計の巧拙並びに監督者の責任感による。たとへば經濟的理論を無視した運搬設備や森林と結びつかない砂防も設計の失敗による。更に、監督者の一舉手一投足が、工事の進捗・巧拙や工費の多寡に影響することを忘れてはならない。随つて監

督の任に當る者は責任の重大なことを自覺し、周到な注意と
不斷の努力とを惜しまないやうにしなければならない。



昭和 21 年 2 月 19 日 印刷
昭和 21 年 2 月 23 日 發行

森林土木 2

不許複製 (定價 1 冊 40 錢)

著作権者 財團法人 實業教育振興中央會

實業教科書株式會社

發行者 代表者 取締役社長 倉橋藤治郎

東京都麴町區五番町五番地

大日本印刷株式會社(東京一)

印刷者 代表者 佐久間長吉郎

東京都牛込區市谷加賀町一丁目十二番地

發行所 實業教科書株式會社

東京都麴町區五番町五番地

(假事務所) 東京都日本橋區通三丁目八番地

振替東京 183260 番

特215

182

終