

第五編 高水工事

第一章 總 說

87. 治水の原理

一般に治水と言ふ文字の表す意味を廣義に解釋すれば河川による公利を増進し、公害を除却する一切の方策を包含するから、河川に施される高水工事、低水工事、運河化工事は固より、その上流の溪流砂防工事及び水源山地の植林までも之を治水事業と總稱し得るが、狹義には治水と利水とを區別する。前者は主として高水工事を指し、後者は主として低水工事、運河化工事及び河川の流水を灌漑、發電等の用途に利用する爲に河川の區域内及びその區域外に亘つて施行せられる工事を指す。

但し工事の種類によつては治水と利水との兩目的を併有するものがあつて兩者の間に判然たる區別を設けることが困難である。例へば水源山地の植林、砂防工事、河口改良工事の如きは治水上の効果があると同時に河道維持の點からは利水上にも効果があり、又護岸水制等の工事は高水工事であると同時に低水工事の目的をも達成し得る場合が珍しくないのであつて、中小河川に於て特にその適例が多い。

狹義に於ける治水事業即ち高水工事は河川による公害を除却することが主目的であるから、その方策は専ら洪水防禦に限定せられる。而もその方策たるや個々の河川に於ける各種の條件に支配せられるから、一定の方式を以て總べての河川を律することは不可能であるが、大體に於て次の3原理を以て治水の根本方策と考へることが出来る。

1) 洪水量の調節 流域内の降雨が急激に河川に殺到し、或は下流に集注するのを防ぐ爲に水源地方に森林を造成し、或は貯水池や遊水地を設けるが如きがその對策である。即ち洪水の繼續時間を長くしてその最高水位乃至最大流量を低減することを目的とし、此の爲の森林の効果には餘りに多くを期待し得ないが、貯水池や遊水地は歐米は固より我が國にも屢々採用せられる工法である。

2) 障害物の除却 一旦河川内に集注せられた水を河道内に停滯せしめないで、成るべく速に海に流下せしめる爲に、流路を整理して流水に對する障害物を除却し、或は積極的に流路を改良するが如きがその對策である。

此の爲には流路の彎曲を匡正し、河道の掘鑿を行ふ外、流路延長を短縮して水面勾配を増す爲

の捷水路、洪水を急速に海に流下せしめる爲の分水路、2個以上の河川が合流して互に他の河川の洪水の悪影響を受ける場合に各個の河川を分離疏通せしめる爲の分流などの工法が一般に採用せられる。

3) 汎濫の防止 貯水池や遊水地のない場合は勿論、それらが設けられた場合と雖も而も一定量の洪水量は一時河道内に包容しなければならないのであるから、河川には必ずそれだけの河積を與へなければならない。即ち汎濫防止上必要なる河積を得る爲に、河幅を擴大し、河底を掘鑿し、兩岸には充分の高さの堅牢なる堤防を作るが如きがその對策であつて、一般の高水工事は之を以て主工法とし、前2者を以て補助工法とする。

88. 治水工法

普通に採用せられる治水工法を列挙すれば次の通りである。

1) 砂防工事 河川の上流水源地方及び溪流に施行せられる工事であつて、山腹を保護して土砂の崩壊を防止すること、崩壊土砂を掩留して下流に流出することを防止すると同時に溪流の河岸及び河床の浸蝕洗掘を防止すること、を目的とし、前者を山腹工事、後者を溪流工事と言ふ。

2) 貯水池 河川の上流部に於て之を横斷して堰堤を設けて洪水調節池を造り、洪水の一部を一時之に貯溜して下流の洪水位を低下する工法を言ふ。

3) 遊水地 貯水池と同一の目的で河川附近の低濕地を選んで天然又は人工的に遊水區域を造り、洪水の一部を一時之に貯溜する工法を言ふ。前述の荒川上流改修工事の如きはその廣大なる高水敷を遊水地に利用した特例である。

4) 溢流堤 河川の洪水位を低下する爲に特定の箇所にて堤防を特に低く造り、一定水位に達すると河水の一部を此の部分から堤内に溢流せしめる。之を溢流堤と言ふ。堤内に流入した水は本川の水位の下るのを待つて下流部適當な箇所から再び河川に流出せしめるか、或は直接海に流下せしめる。

5) 捷水路 流路の彎曲が甚だしく流路延長を増し、従つて水面勾配を減ずる結果、洪水の快疏を妨げる場合に新水路を開鑿して流路を短縮し、水面勾配を増大して洪水の快疏を圖る工法を言ふ。

6) 分水路 舊川に比して短距離で急速に洪水を海に導き得る場合、又は舊川による河川改修が工事に至難であるか、工費が至大である場合に別に新水路を開鑿して、主として之を洪水放流の用に供する工法を言ふ。

7) 水路附替 河川改修に於て幹川と支川とを改修する場合に、支川の合流點が治水上不適當であるか、その他特別の理由ある場合に合流點を上流或は下流に移して、支川の爲に新水路を開

鑿する。之を水路附替と言ふ。

8) 分流 二つ以上の河川が合流する場合に、互に他河川の爲に蒙る水害を軽減する目的でそれらの河川を分離せしめる工法を言ふ。各單獨に海に注がしめる場合と、瀬割堤によつて合流點を下流に下げる場合とがある。

9) 築堤 洪水の汎濫を防止する爲に河川の平地部に於て、その兩岸に堤防を築設する工法を言ひ、効果が最も確實であり、工費が最も低廉であるが爲に一般に廣く採用せられる。堤防は河岸に接近して造られることは稀で、普通河岸から後退した位置に之を設け、その間に所謂高水敷を残す。

10) 護岸 河岸又は堤防を保護する爲に石材、木材、鐵材、コンクリート等を用ひて之を被覆する工法を護岸と言ひ、河岸保護の爲にするものを低水護岸、堤防保護の爲にするものを高水護岸と呼ぶ。

11) 水制 護岸の保護、水勢の緩和、河身の整正等の目的を以て通例河岸から河身に向つて横斷の方向に設ける工作物を水制と言ふ。稀には之を流水の方向に設けることもあり、之を併行工と言ふ。

12) 床固 河床を維持して流水によるその洗掘を防止する爲に河川を横斷して設ける工作物を床固又は床留と言ふ。急勾配の河川上流部又は捷水路、分水路の如き新水路に於て屢々必要とせられる。

13) 掘鑿浚渫 捷水路、分水路を設ける場合、水路の附替や分流を行ふ場合は勿論、在來河川をその儘改修する場合と雖も、河川區域又は新に河川となるべき區域に互つて土砂を掘取る必要がある。その陸上に於けるものを掘鑿、水中に於けるものを浚渫と言ふ。

89. 工事材料

一般の河川工事に最も廣く使用せられる材料は次の通りである。

1) 石材 堰堤、閘門等の如き特種工事には花崗岩の切石などが使用せられる場合もあるが、普通の河川工事に用石材は間知石、割石、雜割石、野面石、玉石等に限られ、主として護岸その他の石積又は石張用に使用せられ、又割石以下は捨石、沈床の沈石、石枠や蛇籠の詰石用に使用せられる。此の外に割栗石、砂利は石積又は石張の裏込用に、砂利及び砂はコンクリートの骨材用に使用せられる。

何れも石質が堅硬緻密であつて比重が大きく、且容易に風化しないものを選びべきで、岩質は玄武岩、花崗岩、安山岩、硬質砂岩、石灰岩、石英斑岩、石英粗面岩、閃綠岩、珪岩等が優つてゐる。

2) 木材 護岸その他の杭用には松丸太、水制に使用せられる各種の杵類には松丸太又は杉丸太、木工沈床用には松丸太が主として使用せられる外に、特種工事としては矢板用に松角及び松板、コンクリート型杵用に杉板、松角、松板が使用せられる。

松丸太は總べて生材、その他は中位の乾材であることを必要とし、甚だしい曲り、乾割れ、死節、抜節、腐蝕などの缺點のない良材を擇ぶ。

3) 粗朶類 沈床、單床等の主要材料としては粗朶、帶梢、小杭などが使用せられる。粗朶は針葉樹を除いた檜、樺、桐、椿の如く堅固にして靱性に富んだ材質の樹梢數本を合せて束とし、藤蓆、藁繩の類で3箇所を固く結束したもので、長さは2.7~3.6 mを通例とし、束の大きさは地方によつて多少相違するが、元より60 cmの所で周60 cm以上、同じく2 mの所で周55 cm以上の如く指定する。

帶梢は又柵粗朶とも言ひ、楓、櫻、樺、ウシコロシ、クロモジ、エゴ等の如き靱性ある樹種を選んで小枝を切去り、長さ3.6 m以上、元口徑20~25 mm、元より2.7 mの所で徑10 mm内外のもの25本を合せて束としたものである。

小杭は樺、桐、檜、栗等の長さ1.2 m、元口徑40 mm内外、末口を三角に尖らしたものを10本を合せて束とする。

粗朶、帶梢、小杭ともに甚だしい曲りのあるものを避ける。春夏の交に伐採したものは葉付粗朶と稱して使用に適せず、一般に秋冬の交に伐採したものが優良とせられる。

4) セメント 護岸水制用のコンクリート又は鐵筋コンクリートにはポルトランドセメント又は高爐セメントが使用せられる。日本標準規格第28號及び第29號によつてその良否を検定する。特種工事及び寒中コンクリート工事などに對しては早強セメント、大堰堤などに對しては特殊の低熱セメント、混合セメントの使用せられることもあるが、普通の河川工事には殆どその必要がない。

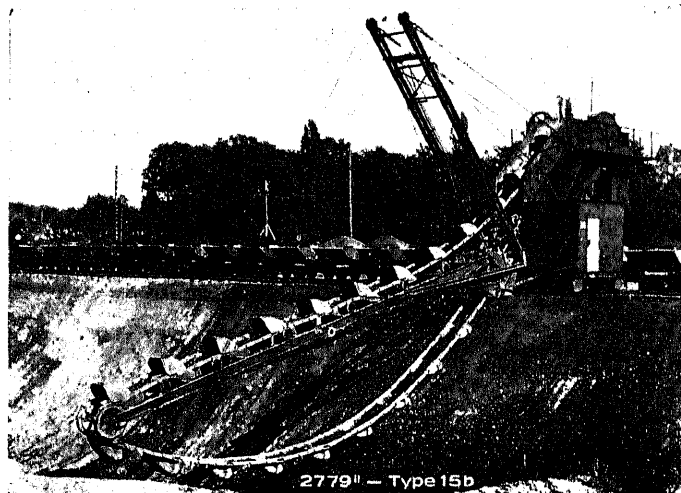
又河口工事及び感潮區域の工事に對しては海水によるセメントの分解を防止する目的で、塊コンクリートに限つてセメントに火山灰、珪藻土などを混用することもある。

5) 鋼及び鐵 丸鋼は從來、護岸水制の杵類その他の組立用ボルトとして廣く使用せられたが、近時は鐵筋コンクリート杵類部材の鐵筋用として使用せられる。材質は日本標準規格第20號に規定する構造用壓延鋼である。

亜鉛鍍鐵線は鐵線籠類の製作、連柴の結束、杵類の組立その他一般の河川工事に對して廣汎なる用途を有する。鐵線の腐蝕を防いでその耐久力を増す爲に近時0.2~0.3%程度の含銅鐵線の使用が提唱せられる。鐵線の徑は3.4~4.2 mm (B. W. G. 10~8番)が最も普通である。

90. 器具機械

河川工事の爲には各種の器具機械が使用せられるが、次にその内の主なるものを説明する。



第77圖 バケツ式掘鑿機(下向式)

に多くのバケツを取付け、機體に近い方の轉車に回轉を與へてバケツを運轉し、連続的に土砂を掘鑿する。掘鑿土砂は流樋を用ひて土運車その他に積込む装置である。又ラダーと機體との取付にはヒンヂを用ひ、その他端はワイヤ・ロープによつて上下せしめて掘鑿深を調節する(第77圖、第78圖)。



第78圖 バケツ式掘鑿機(上向式)

普通に使用せられるバケツ式掘鑿機の能力は 60~120 m³/hr である。

ショ ヴェル式掘鑿機は軌條上又はカタビラー式車輪によつて移動し得る掘鑿機であつて、機體から約 45° の仰角で腕木を出し、腕木の中程から別に柄を出してその先端に鋼製の重い底開式のショ ヴェルを取付け、柄の先端にはワイヤ・ロープを裝備してショ ヴェルを自由に上下し得る構造とし、間歇的に土砂を掘鑿する。腕木の下端はヒンヂを以て機體に取付け、その頂端にはワイヤ・ロープを附して腕木の角度を加減し得ることになつてゐるが、之を左右に廻轉するには機體の底部に裝備せられた轉車臺によつて機體と共に廻轉するのである(第79圖)。

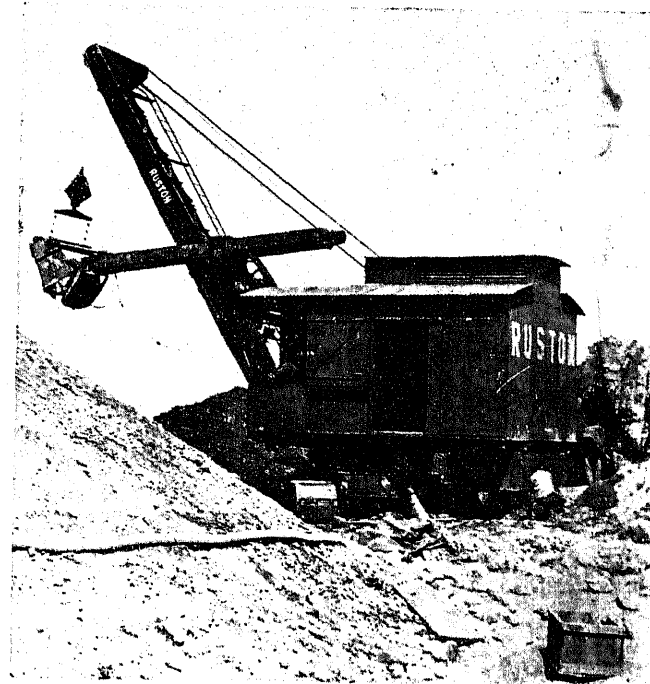
1) 掘鑿用機械 土砂を掘鑿する爲の機械を掘鑿機と言ひ、各種の様式のものを使用せられる。

バケツ式掘鑿機は軌條上を移動しつゝ機體より高い箇所、又は低い箇所を掘鑿する機械であつて、機體から斜に鋼製のラダーを出し、その上下兩端に轉車を具へ、兩轉車をベルト狀に連結するリンク・チェーン

ショ ヴェル式掘鑿機の能力は 30~60 m³/hr であつて、能率はバケツ式掘鑿機に劣るが、堅硬なる土質、大玉石等の場合の掘鑿に適する。

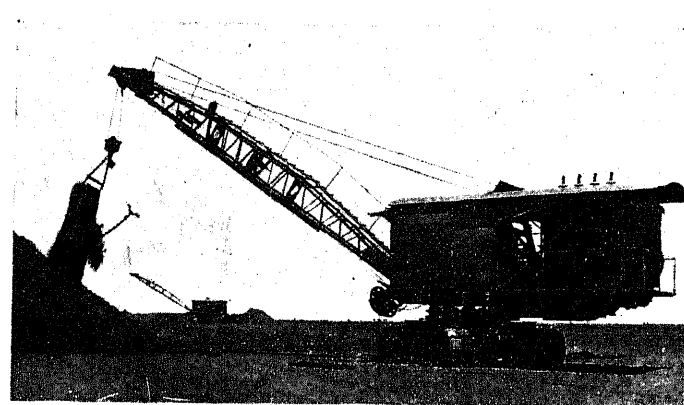
ドラッグライン掘鑿機は機體から長い腕木を出して之にワイヤ・ロープを取付け、その末端にグラブを裝備した掘鑿機であつて、機體の移動、腕木の回轉などはショ ヴェル式掘鑿機と全く同一である(第80圖)。

ドラッグライン掘鑿機の能力は 50~60 m³/hr が普通である。



第79圖 ショ ヴェル式掘鑿機

2) 浚渫用機械 土砂を浚渫



第80圖 ドラッグライン掘鑿機

する機械及び船體又は臺船を浚渫船と總稱する。

バケツ式浚渫船は陸上のバケツ式掘鑿機と同一の構造を有し、浚渫土砂は上部轉車の直下から流樋によつて土運船に流下せしめるのが普通であるが、場合によつては流樋を長くして直接兩岸に排泥する場合も

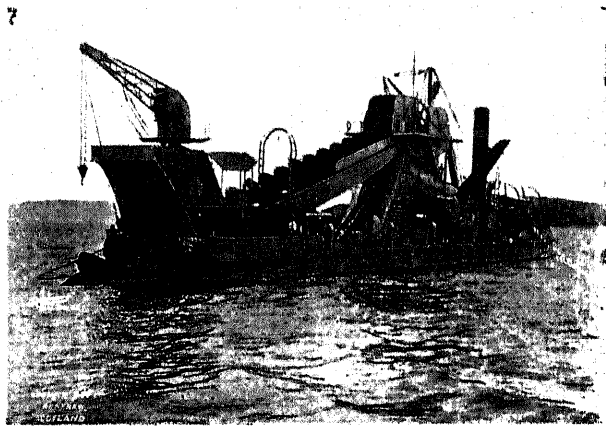
ある(第81圖)。

バケツ式浚渫船は浚渫能力の大きい浚渫機であるが、河底地盤が常に固い場合には不適當である。普通に使用せられるバケツ式浚渫船の能力は 60~120 m³/hr である。

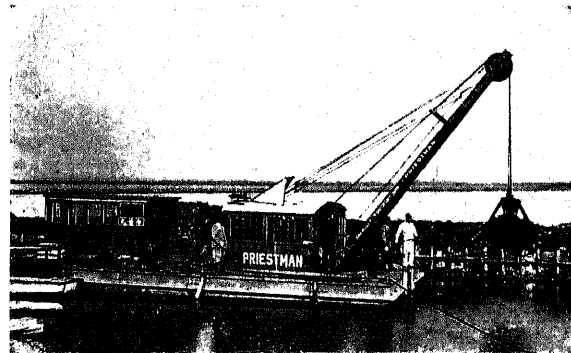
グラブ式浚渫船はドラッグライン掘鑿機に類似の構造を有し間歇的浚渫であるから浚渫工費が高いのが缺點であるが、浚渫面積が狭い場合、浚渫土量が少ない場合などに使用して便利である。

此の式の浚渫船の内でも普通に使用せられるのがプリストマン会社製のプリストマン式浚渫船であつて、能力は $10 \sim 60 \text{ m}^3/\text{hr}$ を普通とする(第82圖)。

唧筒式浚渫船は唧筒を備へ、水と一緒に土砂を吸揚げるもので、長い鐵管によつて直接之を埋立地に送り、水を流して土砂だけを沈澱させる様な場合には最も便利で



第81圖 バケット式浚渫船

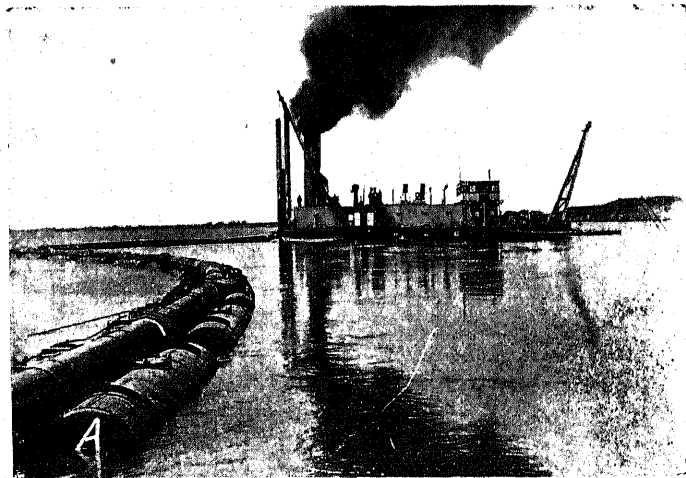


第82圖 プリストマン式浚渫船

1 hr のものが普通である。

ディッパー式浚渫船は陸上のショベル式掘鑿機と略々同一の構造を有し、腕木が轉車臺によつて左右に廻轉し得るだけが之と異なる。船體を固定する爲にはその前後に普通8本の柱礎を備へて之を河底に直立せしめる(第84圖)。

ディッパー式浚渫船は他の様式の浚渫船では浚渫不



第83圖 唧筒式浚渫船

ある。

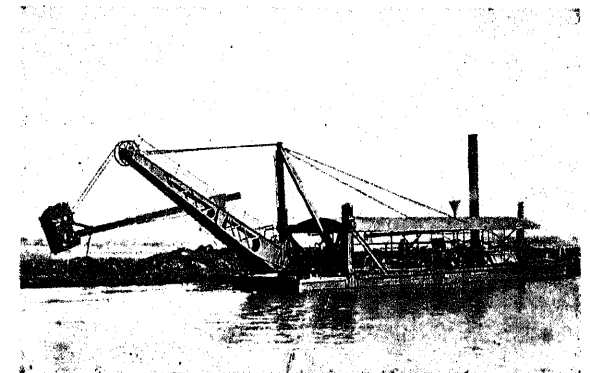
唧筒式浚渫船は粘土質地盤には適當しないが、砂質地盤の場合には最も効率がよく、従つて浚渫工費が最も低廉である。地質特に堅硬なる場合は吸水管の先端にカッターを備へ、之を廻轉して地盤を攪拌し、効率の増進に努める(第88圖)。

唧筒式浚渫船の能力は $60 \sim 180 \text{ m}^3$

可能な堅硬な地盤、軟岩等を浚渫するに適し、その能力は $80 \sim 150 \text{ m}^3/\text{hr}$ である。

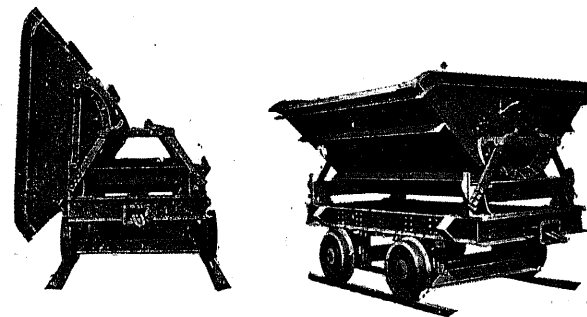
3) 運搬用機械 土砂その他を運搬する機械には陸上では土運車、機關車、貨物自動車等が使用せられ、水上では唧筒によるもの、外は土運船、曳船等が使用せられる。

土運車は木製、鋼製又は兩者を混用



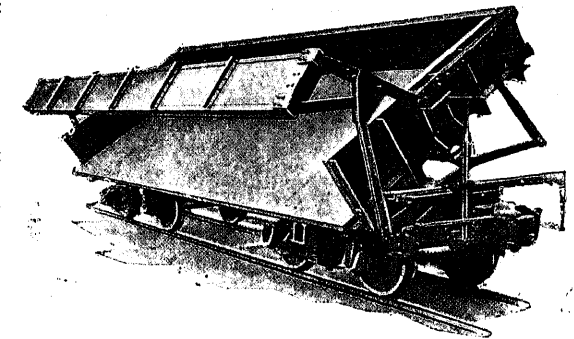
第84圖 ディッパー式浚渫船

し、用途によつて種々の様式のものを使用せられる。傾卸車は第85圖の如く、鋼製框構の上に鋼製の鍋底函を載せたもので俗に鍋トロと言ひ、左右何れにも傾倒せしめて土砂を卸す。臺車は通例木製の臺車上に木製の箱を載せて土砂を積み、之を卸す場合には先づ箱を取去つた上で臺車



第85圖 傾卸車

を左右何れかに傾けるのである。之を俗に箱トロと呼ぶ。以上2種は人力運搬、馬匹運搬の場合に最も廣く使用せられる。放下車は第86圖の如く木製又は鋼製の稍々大型の土運車であつて、側板を取外すと同時に箱を傾けて一時に土砂を放下する。左右何れの側にも傾け得るものと、何れか一方の側だけに傾け得るものとがある。



第86圖 放下車

土運車の容量は人力掘鑿、人力運搬によるものは小さく、機械掘鑿、機械運搬によるものは大きい。傾卸車や臺車は $0.3 \sim 0.6 \text{ m}^3$ 積のものが多く、放下車は $1 \sim 3 \text{ m}^3$ 積のものが多い。軌幅は 50 cm , 60 cm , 91 cm , 107 cm などが使用せられる。

機關車は土運車を牽引する爲に一般に使用せられ、従來は蒸汽機關車が最も廣く使用せられたが、最近にはガソリン機關車、ディーゼル機關車などが盛に使用せられる。能力は $5 \sim 20 \text{ t}$ が普

通である。

土運船は小規模には 6 m³ 積の甲板張木造土運船、大規模には 60 m³ 積の鋼製土運船が使用せられる。後者は底開式の土砂放下装置を有するのを通例とし、之を底開船と言ふ。

4) その他の器具機械 その外河川工事に最も廣く使用せられる器具機械類は杭打機、コンクリート混合機、捲揚機、軌條、手動及び電動唧筒、足場板、ショヅェル類であつて、軌條は掘鑿機用には 30 kg/m 以上のもの、土運車用には小型のものには 4.5~6 kg/m、大型のものには 15 kg/m のものが使用せられる。

第二章 砂防工事

91. 溪流

河川の上流部に於て雨水が急傾斜の山地を河川に向つて流下する場合に地盤の特に軟弱な部分があるか、或は地盤に溝狀の凹味があれば、雨水はその部分に集中して流れ、極めて急勾配の激流を作つて浸蝕作用を逞しくし、流水と共に多量の土石を押し流す。之を溪流又は野溪と言ふ。斯くの如き溪流を治めるのが即ち砂防工事であつて、砂防工事を無視しては治水事業の完備を期することは不可能であるから、溪流の研究は治水工學上最も重要な部分である。

溪流は之を次の3部に分つ。

1) 集水部 溪流の水源であつて、濫伐、開墾、放牧、土木工事等の人為的原因、軟弱地盤、暴風雨、地震、雪崩等の自然的原因によつて山地に崩壊を起せば、その一部に水路を形成し降雨毎に縦横の浸蝕を惹にして砂礫を生産し、所謂土石流を溪谷に流送する。

2) 溪谷部 溪流の中流部であつて此處でも縦横の浸蝕は盛であるが、上流から流下し來る砂礫と此處で生産せられる砂礫との間に平衡が保たれて、此の部分では殆ど溪床の上昇も低下も認められない。

3) 沖積部 溪流の流末であつて勾配最も緩に川幅廣く、上流から流下し來る砂礫の大部分は此の部分に圓錐狀又は扇狀に堆積して溪床の上昇を起す。

斯くの如くにして河川に流出した土砂は漸次河床を上昇せしめ、汎濫防止の爲に堤防の嵩上を行ふ結果は、河床が堤内耕地又は市街地よりも遙かに高い所謂天床川を形成するに至るのであつて、滋賀、京都、大阪、兵庫の各府縣には此の種の天床川が頗る多く、その甚だしいものは道路、鐵道が隧道によつて河床下を通過するものがある。

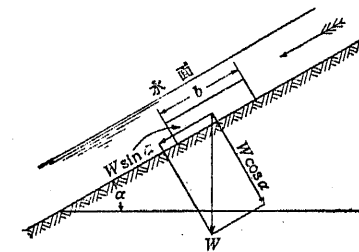
天床川は堤内の排水に困難であると同時に、一度破堤すればその兩岸に及す災害激甚にして人命の危険を伴ふことすら珍しくないから、之を改修するに當つては適當にその河床を低下せしめ

る方策を講じなければならない。

即ち溪流の發生及びその發達は降雨が直接の原因であるが、その遠因は岩石の風化、地這及び山崩、雪崩、地震並びに水流又は土石流による縦横の浸蝕であつて、砂防工事は土木的又は林業的に山地保護の對策を講ずるを以て目的とする。

92. 石礫の移動

第47節に於て説明した洗掘と沈澱との關係を再説する。轉流石礫を球と考へないで第87圖の如き6面體と考へ、流水に直角なる方向の斷面積を A 、之に平行なる寸法を b 、石礫の重量を W 、石礫の表面係數を K とすれば、第47節と同一の符號を用ひて



第87圖 石礫の移動

$$F = KA \rho_0 \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (105)$$

抵抗力を摩擦だけと假定すれば $W \sin \alpha$ の影響を無視して

$$R = \mu W \cos \alpha = \mu (\rho - \rho_0) A b \cos \alpha \dots \dots \dots (106)$$

v を洗掘と沈澱とが平衡を保つ限界流速とすれば $F = R$ であつて

$$v = C \sqrt{b}, \quad C = \sqrt{\frac{2g(\rho - \rho_0) \mu \cos \alpha}{K \rho_0}} \dots \dots \dots (107)$$

是即ち(18)式に對應する公式である。

表面係數の平均値を取つて $K=1.5$ とし、 $g=9.8 \text{ m/sec}^2$ と置けば

$$C = \sqrt{\frac{(\rho - \rho_0) \mu \cos \alpha}{0.076 \rho_0}} \dots \dots \dots (108)$$

(107) 式を見れば限界流速は石礫の流水の方向の寸法 b が增大すると共に増大しなければならないから、 b の値の大きい石礫ほど動かされ悪いことになり、従つて一旦移動した石が沈澱する場合にはその長軸を流水の方向に向ける。又限界流速は $\cos \alpha$ が增大するに従つて増大するから河床勾配 α が減少するに従つて増大する。次に流水の比重 ρ_0 が増大すれば $\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0}$ 、従つて C の値が激減するから限界流速も亦激減し、石礫は動かされ易くなる。溪流の土石流が巨大なる轉石を運搬するのはその比重が1.8にも達する結果であつて、アルプスの溪流では往々にして、50~60 m³ の巨岩の移動を見ると言ふ。

限界流速に於ける流水は石礫を以て飽和したものであつて、勾配の變化などの爲に流速が増せば移動石礫量を増して流速を減じ、茲に再び飽和の状態に達するのである。

今土石流の流速を考ふるに、 Q を流量、 nQ を石礫量とすれば石礫を含んだが爲の重量の増加は $nQ(\rho-\rho_0)$ であるから、 v を清水の流速、 v_1 を土石流の流速として

$$\rho_0 Q v = [\rho_0 Q + nQ(\rho - \rho_0)] v_1$$

$$\therefore v_1 = v \frac{\rho_0}{\rho_0 + n(\rho - \rho_0)} \dots\dots\dots (109)$$

故に v_1 は常に v より小さく、 n の増すに従つて v_1 は減少するのである。

93. 安定勾配

流水は上流から運んで来た大礫を沈澱してその代りに小礫を下流に運び、斯くの如くにして河床材料の再配列が行はれるのであるが、石礫の交代は起つても洗掘と沈澱とが平衡を保つて縦断形状に變化を起さない溪床勾配を安定勾配と言ふ。

溪流を治めて溪床の浸蝕を防止する爲には當該溪床の安定勾配を定めることが必要である。流水の平均流速は(24)式を用ひ

$$v = c\sqrt{RS} + c\sqrt{R \sin \alpha}$$

之を(107)式の限界流速に等しいと置けば

$$c^2 R \sin \alpha = \frac{2g(\rho - \rho_0) \mu b \cos \alpha}{K \rho_0}$$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{2g(\rho - \rho_0) \mu b}{K \rho_0 c^2 R} \dots\dots\dots (110)$$

水深を H 、形状係数を m として $R = mH$ と置き且(108)式を用ふれば

$$\tan \alpha = \frac{(\rho - \rho_0) \mu b}{0.076 \rho_0 c^2 m H} \dots\dots\dots (111)$$

假に $\mu = 0.76$ 、 $\rho_0 = 1$ と置けば(111)式は

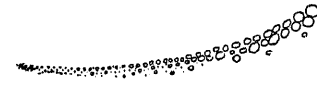
$$\tan \alpha = 10(\rho - 1) \frac{b}{c^2 m H} \dots\dots\dots (112)$$

(110)~(112)式は安定勾配を與へる公式である。即ち安定勾配は石礫の寸法 b に正比例し、水深 H に逆比例するから、大礫の河床では安定勾配が大きく、水深の小さい河床では安定勾配が大きいのである。従つて石礫の寸法が大きく且水深小なる河川上流部では安定勾配が急であり、石礫の寸法が小さく且水深の大なる河川下流部では安定勾配が緩であつて、河床縦断面は第88圖の如く凹面をなすのが原則である。

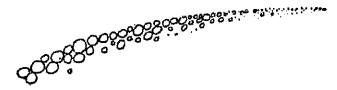
以上は石礫が流水の爲に個々に運搬せられる場合であつて之を各個運搬と言ふ。之に反して山崩や地之の爲に溪床上に堆積した大量の砂礫が水の滲透によつて地盤軟弱となり、その上流に湛

へた水の爲に運動を開始すると所謂土石流を現出して石礫は集合状態で運搬せられる。之を集合運搬と言ふ。土石流の運動は徐々ではあるが、その途に横はる總べてのものを突破しなければ已まない恐るべき勢力を

備へ、その運動の途中に於て大礫は運動量が大きいから移動が速く



第88圖 石礫の各個運搬



第89圖 石礫の集合運搬

小礫は運動量が小さいから移動が後れ、砂礫の分類が行はれて大礫は前方に進み小礫は後方に残つて、前述の各個運搬とは反對に河床縦断面は第89圖の如き凸面となる。

次に(109)式によつて清水の場合は $n=0$ であつて $v_1=v$ は最大となり流水の搬送力が最大であるから安定勾配は最小でなければならない。之を平衡勾配と言ふ。又 n が最大である場合は流水が石礫で飽和せられる場合であつて、 v_1 従つて流水の搬送力最小となり、安定勾配は最大となる。之を偏流勾配と言ふ。砂防工事は實に偏流勾配を改良して平衡勾配を誘致するを以て目的とする。

94. 山腹工事

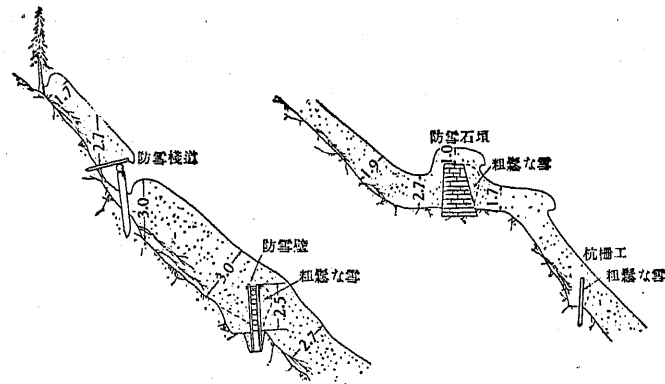
主として溪流の集水部に施行せられる工事を山腹工事と言ひ、その目的によつて之を次の如く2大別する。

1) 山腹の崩壊を豫防する工事 山腹の崩壊は地震の外、地之、山崩、雪崩、豪雨等に基因して發生するが故に、地之以下の原因に對しては是が豫防の對策が講ぜられる。

a) 地之及び山崩 地之及び山崩は地震によるもの外は地表からの滲透水が粘土の如く不滲透性地質の上に溜つて滑劑となり、その地層から上部の地塊を移動せしめることが最も有力な原因であるから、地盤の凹味や割れ目を切均して地表に適當なる勾配を與へると同時に、地表及び地中に開渠又は暗渠を設けて排水を良好ならしめることが最も必要である。地表開渠は束粗朶、鐵線籠、玉石の類を充填する場合が多い。

猶地之及び山崩は山腹法先が洗掘又は崩壊する場合にも誘致せられるから必要に應じて石積の如き法留工を設ける。

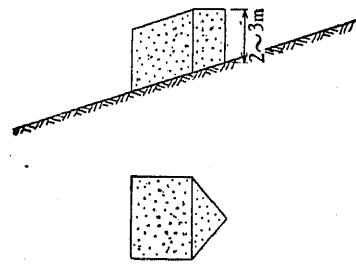
b) 雪崩 雪崩は多量の積雪が山腹に沿つて崩壊する現象であつて山腹地盤を荒廢し立木を折損し、融雪期の雪崩に於て特にその被害が大きい。雪崩の被害を軽減する爲には雪崩の發生を防止する方法と、雪崩の方向を變じて工作物に被害なからしめる方法とがある。前者には植林、斜面の段切、杭柵、防雪棧道、防雪壁、防雪石垣等の諸工法があり、後者には雪崩導工、雪割突角などの工法がある。



第90圖 防雪工作物

杭柵工は杭を40~50cmの間隔に打込み横木を用ひてボルト締とする場合と、樹枝を以て柵を組む場合とあるが、杭は径15cm、長さ1.6~2.0mのものを用ひ、根入を70~80cmとする。防雪壁は杭柵工よりも堅牢な工作物であつて森林地帯では木造が普通であるが、鐵道地帯では古軌條を2列に打込んだ間に古枕木を水平に挿入したものが實用的である。防雪石垣は石積構造の防雪壁である。第90圖は杭柵工、防雪棧道、防雪壁及び防雪石垣を示す。

雪崩を轉向せしめる爲の雪崩導工は石材、木材、鋼材等で作られ、轉向角度は平均30°、最大45°とせられる。轉向角度が大きい

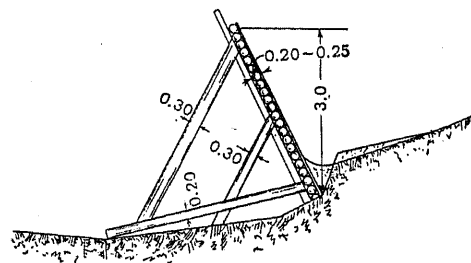


第92圖 雪割突角

程導工に加はる雪崩の衝突力が大きいから之を堅牢にする必要があり、轉向を徐々に行はしめんとすれば導工の延長を増す。導工の雪崩側の傾斜は雪崩の乗越すことを避ける爲に成るべく急にして1/5~1/2の勾配にする。第91圖は木造導工を示す。

雪割突角は雪崩を分截して防護すべき工作物の兩側に逸走せしめるもので石材、木材、コンクリート等で作られる。第92圖は石造突角である。

c) 豪雨 豪雨又は長雨が山腹地盤を緩め之を崩壊せしめる事例は我が國の如く地勢が急峻であつて豪雨が多い國土に於ては極めて多く、その被害は無立木地に於て特に甚だしいから、無立木地には植林を行ふことが最も有效なる對策であるが、之には地質、勾配及び樹種に就いて慎重



第91圖 雪崩導工

植林は相當の幅員に互つて、幹の眞直な喬木の密林に仕立てる必要があり、樹種は松、銀松、落葉松、蝦夷松等が之に適する。雪を山腹に硬着してその崩壊を防止する爲の山腹斜面の段切は岩盤の場合に適し、軟弱地盤の場合は之に適しない。

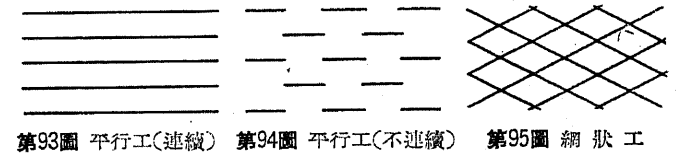
なる考慮を拂ふ必要がある。裸地は被害最も甚だしく芝地は山腹地盤を保護し、雨水の流下速度を軽減する外5~15mm程度の雨水を吸収掩留する効果があるが、地盤軟弱なる場合、急傾斜の山腹に喬木の植林を行ふことは却つて有害である場合が多い。即ち喬木は強風の爲に動搖するが故に地盤を緩め、且連続300mmの如き豪雨では斯くの如き急傾斜の山腹は崩壊を免れないから、立木は土砂と共に下流に押流されて水害を激成するのである。昭和9年7月の手取川上流の水害、同10年6月の鴨川上流の水害の如きはその顯著なる實例である。

従つて斯くの如き場合には山腹には芝を植ゑ、且植林には喬木を避けて灌木を選ぶのが得策である。

2) 崩壊せる山腹を治める工事 崩壊を起した山腹に對しては次の如き各種工法が施される。

a) 粗朶伏工 傾斜が比較的緩であつて、地盤に甚だしい凸凹がない場合には山腹一面に、元口を水上に、末梢を水下に向けて粗朶を並列し、適當の間隔毎に柵工で之を固定する。粗朶は水勢を弱めて地盤の洗掘を防止すると同時に上流からの土砂を掩留沈澱せしめる。然る時は更に此の上に粗朶を並列して前法を繰返すのであつて之を粗朶伏工と言ひ、同時に植林を行ふ。

b) 束粗朶工 緩傾斜地に用ひる。粗朶を長さ4m、径12~18cmの束に作つて15cm間隔に二子繩で結束し、繼手の重なりを1mとして二子繩で充分に結束する。之を3~4mの間隔を以て山腹



に徑の半まで地中に埋め小杭又は竹串で固定する。之を束粗朶工と言ひ、之に第93~95圖の如き工法がある。

第93圖、第94圖は平行工、第95圖は網狀工であつて、束粗朶と束粗朶との間には地質に適する苗木を植ゑ、以て山腹を安定せしめるのである。

傾斜稍々急なる時は山腹に小溝を掘り、その中に束粗朶3本以上を入れて埋め、長さ1.2mの杭を約30~40cm間隔に打込んだ上に帶梢を以て高さ約30cmの柵を組み、土砂を掩留して苗木を植ゑる。之を柵止束粗朶工と言ふ。

c) 連束藁工 古來我が國に行はれる方法であつて、束粗朶工の束粗朶の代りに連束藁と稱する藁束を用ひる。連束藁は土砂を掩留する外、雨水を吸収して苗木に水分を補給し、一定の期間を経過すれば腐つて苗木の肥料となる。

d) 杭柵工 勾配稍々急なる場合に用ひる。發芽力のある樹枝を以て太さ10cm内外、長さ1m内外の杭を作り、之を0.5~1.0m間隔に、地表に15~20cmを残す程度に打込み、柳枝等を以て柵を組んだもので、杭列の間隔は1~2mとする。土砂の掩留能力が最も確實であるが、

同時に極めて多額の工費を要する。

e) 板柵工 杭柵工の柳枝の代りに杭木に背板の如き廢材を打付けたもので、相當に多額の工費を要し、假保護工事として急速に草木の繁茂する見込のある山腹に用ひられる。

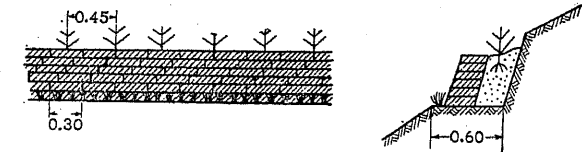
f) 張芝工 緩傾斜であつて芝の成育がよく、且附近に芝の豊富な山腹に適し、張芝の外筋芝及び市松芝なども用ひられる。芝を固定する爲には目串を用ひ、或は太さ 6 cm 位の杭を 1.0~1.5 m 間隔に打込む。芝の間には苗木を植ゑ或はその種子を蒔く。

g) 積芝工 地質比較的堅硬であつて傾斜稍々急なる場合に用ひる。山腹に直高約 4 m 毎に水平の階段を切り、之に 30~45 cm 角、厚さ 15~18 cm の切芝又は草根、雜木株等の密着した土

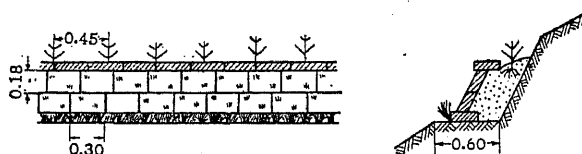
を數枚積重ね、背面に土砂を填充した上で苗木を植ゑる。

芝の積方には第 96 圖の如く之を積重ねる場合、第 97 圖の如く敷芝、堅芝、天芝を用ひる場合、その他の工法がある。

h) 苗木植付 最後に山腹工事に使用せられる樹種は地質その他によつて相違するが、大要次の如きものが用ひられる。



第 96 圖 積 芝 工



第 97 圖 堅 芝 工

植樹には赤松、黒松、山櫻、楓、榆、榛、ポプラ、アカシヤ、ニセアカシヤ、ハゲシバリ、山榛樹、深山榛樹、秦皮、グミ、萩など。

草類には萱、笹、スサメノカタビラ、ヌカボ、虎杖、蓬、オバコ、蕨、ゼンマイ、木苺、山獨活、クローゼアーなど。

95. 溪 流 工 事

溪流の溪谷部及び沖積部に施行せられる工事を溪流工事と言ひ、次の如き各種の工法が採用せられる。

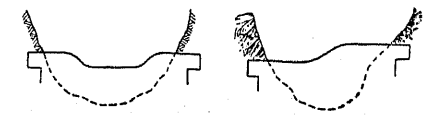
1) 堰堤 溪流工事に於ける堰堤の目的は流下砂礫を掩留すると同時に、溪床勾配を緩和して縦浸蝕を防止し、流路を一定ならしめて横浸蝕を防止し、且溪床を高めて兩岸の崩壊を防ぐにあり、その工法には練石積、空石積、石柵、鐵線蛇籠等が採用せられる。練石積は上下流法面及び天端を總べて練積とした上にその内部を粗石コンクリートで構築するものであつて、重要な堰堤は總べて此の構造によるが、比較的穏な溪流では練石積の内部に石礫を填充することもある。

砂防堰堤は土砂を掩留することが目的で貯水が目的でないから昔は空石積の内部に石礫を填充した堰堤が多く施工せられたが、我が國の如き急勾配の溪流では流下土石の激突に對して充分の耐力を有せしめなければならないから、特殊の場合の低堰堤の外は絶対に空積工法を排斥すべきである。石柵は木の柵の中に石を詰めたものであるから緩傾斜の部分の低堰堤にのみ使用せられる。鐵線蛇籠も亦同様である。

堰堤に就いては後編に詳説するから茲には砂防堰堤に特有の事項だけを摘記するに止める。

堰堤の天端は兩岸及び河底に堅固なる岩盤がある場合にはその全長に亘つて水平にしてもよいが、然らざる限り堰堤中央部の天端を特に低くして流水を此の部分に集中せしめる。此の部分

を水通と呼ぶ。水通は第 98 圖の如く堰堤中央部に設けるのが普通であるが、溪流の一方の岸が岩盤であつて他方の岸が地盤軟弱なる場合には第 99 圖の如く之を前者の側に偏せしめることも



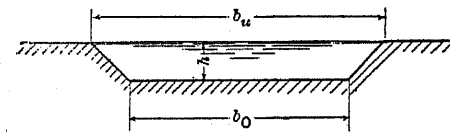
第 98 圖 中央水通



第 99 圖 堤端水通

ある。水通は普通溪流の全流量を流し得る様にその寸法を定める。

第 100 圖 に於て b_u を水通の上幅、 b_0 をその下幅、 h を深さとし、 f を縮流係數 $= 0.6$ 、 Q を流量とすれば流水の近接速度を無視して

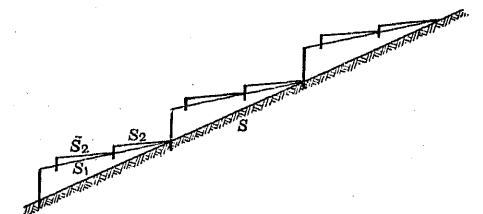


第 100 圖 水 通 流 量

$$Q = \frac{2}{15} f h \sqrt{2gh} (2b_0 + 3b_u) \dots \dots \dots (118)$$

砂防堰堤の高さは水通底面から河床最低部までの高さを言ひ、空石積及び石柵堰堤にあつては高さは 3~4 m 以下に止めるが、練石積粗石コンクリート堰堤にあつては高さに制限がなく、溪流の状態に應じて適當に之を定める。

甚だしく荒廢せる溪流に於ては 1 個の堰堤によつて溪床を平衡勾配に達せしめることは不可能であつて、必ず 1 系列の堰堤の築造を必要とし、先づ地盤の良好なる箇所を選んで順次下流から上流に向つて比較的高い堰堤を造り、その上流に土砂を掩留して溪床の安定勾配を緩にした後、更にその中間に同じく順次下流から上流に向つて比較的低い堰堤を造り、更に安定勾配を緩にして遂に平衡勾配に達せしめるのが砂防堰堤の原則的工法である。即ち第 101 圖 の示す通りである。



第 101 圖 砂 防 堰 堤 の 配 置

之を實例に徴するに内務省直轄工事として山梨縣御勅使川、栃木縣稻荷川、神奈川縣早川、酒

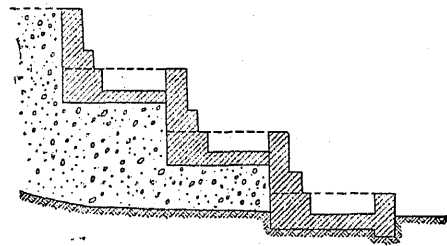
匂川、花水川等に施工した総計58個の堰堤に就いては高さ最高22.0 m、最低3.6 m、平均10.2 mである。

砂防堰堤は出水時に水圧と同時に上流堆砂の爲の土圧を受けるから、その双方に對し安全である様にその横断面を決定しなければならないが、堆砂が石礫に富む場合は土壓力は著しく軽減せられ、且堆砂が固結すれば出水の場合と雖も水が堆砂の間に完全に滲透するに至らずして全水壓力を及さないから、設計に當つては現場の状態に應じて適當に外力を判断しなければならない。

水壓を軽減する爲には第102圖の如く堰堤を貫いて土管などを埋込み水だけを排出し得る構造とする場合もある。

砂防堰堤の下流法は流下する石礫による損傷を軽減する爲に貯水堰堤の場合よりも急ならしめるのが通例であつて、1:0.3~1:0.2、時としては直立に造る場合さへある。

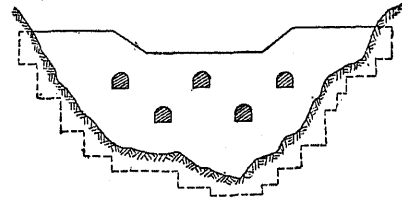
基礎は溪床下2~3 mの深さ以内に岩盤又は大轉石層がある場合にはそれまで掘鑿してその上に堰堤を築く。地盤軟弱なる場合には上流からの潜流の爲に堰堤の破壊するが如きことのない様に之を地盤中に充分に埋込むと同時に水叩工、副堰堤等によつて下流の洗掘を防止する。堰堤の破壊が水叩の破壊に基因する事例は極めて多く、地盤が岩盤である場合の外は堅牢なる水叩工が絶対に必要であつて、その構造は通例粗石コンクリートを以て造り、その表面には石張を施す。水叩の厚さは0.75~1.5 mが普通で、幅は堰堤の高さの1~3倍に造られるが、多くの場合2倍以上が望ましい。



第103圖 連続式堰堤

堰堤兩端溪岸との取付部の構造が薄くであつたが爲に堰堤の災害を招く場合も亦頗る多く、兩岸岩盤の場合と雖も50 cm以上、兩岸砂礫層の場合は少くとも2~3 mを地山に切込んだ上練石積護岸によつて溪岸を保護することが必要である。

2) 谷留 小溪谷に設けられる高さ2 m未満の小堰堤であつて、堰堤と同様の目的の爲に施工せられる。構造は粗石コンクリート、石積、石枠、杭柵、粗梁、鐵線蛇籠等が用ひられ、下流か



第102圖 堰堤水抜孔

水叩工を堰堤水通の部分だけに設ける場合にはその兩側には側壁を造つて下流溪床の浸蝕を防止する。又溪床下流部だけに岩盤がある場合には、此の部分に造つた堰堤を副堰堤として順次上流に向つて砂礫層上に堰堤を築いてゆく場合もある(第103圖)。

堰堤兩端溪岸との取付部の構造が薄くであつ

ら順次上流に向つて第1期の施工をして土砂を溜めた上で、更に又下流から順次上流に向つて第2期の施工を行ひ、斯くして漸次溪床を平衡勾配に達せしめる。

此の工法は又緩傾斜の集水部にも應用せられる。

3) 護岸 堰堤兩岸に設ける取付護岸は堰堤上流では10 m内外、下流では水叩末端まで之を延長する。堰堤を設けない場合でも溪流の横浸蝕を防止する爲には護岸工事を必要とし、構造は石積、石張、石枠、杭柵、粗梁工、鐵線籠類が使用せられる。

4) 水制 下流部に使用せられる。流路を一定にして横浸蝕を防ぎ、水制と水制との間に土砂を沈澱せしめて溪岸を保護することを目的とし、構造は木工沈床、石枠、石張等が之に適する。

5) 除石工 溪流末端の沖積部は出水毎に土砂石礫の沈澱する部分であつて河床常に上昇し、且亂流常なきが故に、直ちに堤防護岸等の工法を施して之を治めることは極めて困難である。且此の部分は上流部と反對に土砂を掩留する代りに之を排濁するを以て得策とするから、妄に床留工の如きを設けてはならない。即ち一定の流路を定めてその部分の轉石、玉石の如きものを取除き、之を兩岸に堆積して捨石護岸とするが如き工法を取れば除石後の土砂は容易に流水の爲に押流されて河床は漸次低下するに至る。斯くして上流から石礫の流下漸減し、溪流全く安定するを俟つて始めて堤防及び護岸の如き工法を施行するのである。

第三章 洪水調節

96. 貯水池

貯水池又は洪水調節池は河川上流部の適當な地點を選んで堰堤を設け、之に洪水の一部を貯留してその下流の洪水流量を軽減することを目的とする。此の種の貯水池が治水工法として始めて採用せられたのは佛蘭西のロアル河であつて、1711年ピネーに造られたものは1846年の大洪水に際して134,000,000 m³の貯水能力を發揮し、最高水位に於て2.92 mを低下せしめたと稱せられる。貯水池工法に就いては次の諸點を考慮しなければならない。

1) 堰堤の位置 洪水調節用であつても、その他の貯水用であつても堰堤位置は兩岸が迫り、岩盤が露出して居つて、且その上流に緩傾斜の開けた河谷が存在し、低廉な工費で堰堤を築造し得ると同時に上流に容量の大きい貯水池を造り得る様な地點が最適とせられる。我が國の河川の上流部には斯くの如き條件を満足する堰堤位置が比較的少い。

2) 貯水池の兼用 貯水池は堰堤の築造、浸水区域内の道路、橋梁等の工作物その他物件の移轉に多大なる工費を要するものであるから、之を洪水調節用だけに利用せず、發電、灌漑、水道用等に兼用すれば最も經濟的である。獨逸のレヒ河の實例を見ても貯水池の水深下部15 m(容量

125 000 000 m³) は發電水力用, 上部 3 m (容量 48 000 000 m³) は洪水調節用に利用する計畫である。

3) 貯水池の操作 洪水調節と用水とを兼用する場合には前者の爲には貯水池を空虚にして洪水を待つのが原則であり, 後者の爲には貯水池を常に満水させて置く必要がある爲に, 兩者の利害相反して操作上の困難を醸す。假令洪水調節専用の場合であつても中洪水によつて満水せしめたが爲にその後に来る大洪水に對して何等貯水池の效用を發揮せしめることを得ないばかりか, 却つて洪水を助長する場合が起る。是貯水池工法反對論の有力なる論據の一つである。

4) 貯水池の配置 貯水池は特に洪水位を低下せしめんとする地點の上流著しく距離の遠くない位置に築造すべきであつて, 此の距離が増すに従つて貯水池の影響が漸減する。佛蘭西のローヌ河でサン・テチエンヌに造られた貯水池は町から 8 km の上流であり, ミシシッピ河上流に於ても貯水池からの距離が小さい間だけその効果が明白であると言ふ。

又幹川と支川とに堰堤を造る場合には貯水池は總べて洪水時間を延長するものであるから, 堰堤築造前には幹支川の洪水が一致しなかつたに拘らず, 支川に堰堤を造つたが爲に兩者の洪水を一致せしめることがある。

即ち支川の貯水池はその下流で洪水位を低下せしめる地點と, 反對に洪水位を上昇せしめる地點とを生ずるから, 貯水池の配置に關しては慎重なる考慮を要する。例へば佛蘭西のローヌ河では支川エヌ河に堰堤を築いた結果, リオンでは洪水位が却つて上昇し, その下流ヴァランスでは洪水位が低下してゐる。

洪水調節の目的で造つた貯水池の實例は佛蘭西のロアル河, ローヌ河, セイヌ河, 獨逸のエルベ河, ドナウ河, ウェーゼル河, 米國のミシシッピ河の幹支川その他にその數が頗る多い。第 58 表はその内の一部に就いてその概要を示す。

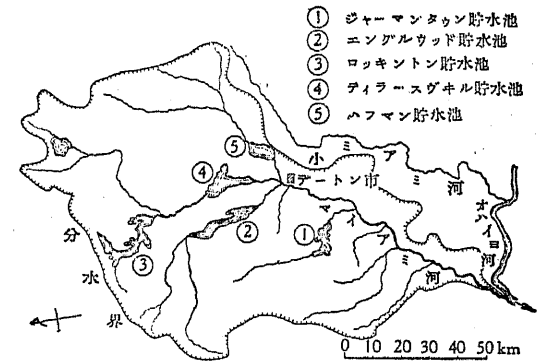
第 58 表 洪水調節池概要

河川	地點	流域面積 (km ²)	貯水池容量 (m ³)		堰堤寸法 (m)		堰堤構造
			全容量	洪水調節容量	堰頂長	堰高	
エルベ河	クーニヒライヒワルド	518	8 985 000	7 168 000			石工堰堤
	シュペンデルミュール	58	3 346 000	2 968 000			同
	リンスコ	56	2 273 000	1 680 000			土堰堤
ライヘンメルグ河	クライピッツバハ	6	988 000	395 000			同
	ホルカ	30	1 380 000	1 046 000			同
ライヘンメルグ河	ハルツドルフ	16	623 000	227 000			石工堰堤
	フリードリヒスワルド	4	1 978 000	988 000			同
シュツベル河	ゴルスバハ	12	494 000	247 000			同
	ベフェス	22	3 262 000	504 000			同

河川	地點	流域面積 (km ²)	貯水池容量 (m ³)		堰堤寸法 (m)		堰堤構造
			全容量	洪水調節容量	堰頂長	堰高	
リンゲーゼ		9	2 370 000	98 000			石工堰堤
レヒ河	ロスハツプテン	1 585	180 000 000	48 000 000	150	41.5	コンクリート堰堤
ゼーゼ河		46	25 000 000	4 500 000	500	57.3	土堰堤
マイアミ河	ジャーマンタウン	699	131 000 000	131 000 000	369	32.7	同
	エンゲルウッド	1 686	385 000 000	385 000 000	1 421	38.0	同
	ロッキントン	660	86 000 000	86 000 000	1 952	23.8	同
	ティラースヴェル	2 934	229 000 000	229 000 000	909	23.3	同
	ハフマン	1 738	206 000 000	206 000 000	1 019	22.3	同

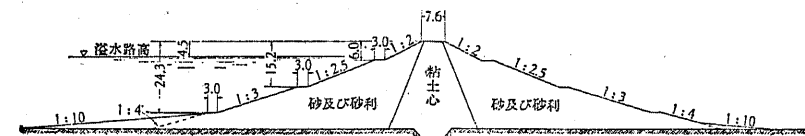
是等の堰堤は殆ど全部が今世紀の築造に係る。レヒ河はドナウ河の支川, ゼーゼ河はウェーゼ

ル河の支川であつて, 兩貯水池とも洪水調節の外に給水及び發電水力の用に供せられる。マイアミ河はミシシッピ河の支川オハイヨ河の小支川であつて, 上表に掲げた 5 箇所の貯水池は 1913 年 8 月 25 日の稀有の大洪水に於けるマイアミ河の洪水量 7 000 m³/sec を 2 500 m³/sec 程度に調節して在來河道外に汎溢せしめない目的の爲にマイアミ河及び小々支川ト

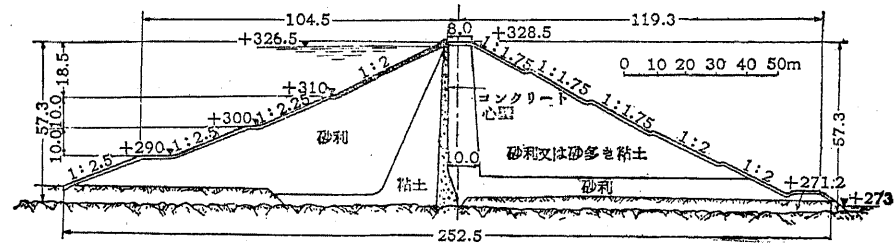


第 104 圖 マイアミ河洪水調節池

ウキン・クリーク, ロマリー・クリーク, スティルウォーター河, マッド河等に築造せられたものである (第 104 圖)。



第 105 圖 マイアミ調節池土堰堤断面



第 106 圖 ゼーゼ調節池土堰堤断面

ぎない。

第109圖は(114)式を圖示したものであつて ABCF は Q_1 曲線、ACDE は Q_2 曲線を表し、C 點に於ては $Q_1=Q_2$ であつて $\frac{dH}{dt}=0$ となり、 $H=f(t)$ の曲線に於て H が最大となる。

又(114)式から $Q_1 dt = Q_2 dt + A dH \dots\dots\dots(115)$

$\therefore \int_{t_1}^{t_2} Q_1 dt = \int_{t_1}^{t_2} Q_2 dt + A(H_2 - H_1)$

及び

$\int_{t_2}^{t_3} Q_1 dt = \int_{t_2}^{t_3} Q_2 dt - A(H_2 - H_1)$

t_1-t_2 の間は貯水池の貯水期であつて第109圖に於ける ABCA の面積は全貯水量を表し、 t_2-t_3 の間はその排水期であつて CDEC の面積は全排水量を表す。面積 ABCA と CDEC とは相等しい。

$A \frac{dH}{dt}$ は單位時間に於ける貯水池の貯水量を表し、 dt 時の水位の上昇を dH とすれば $A dH$ は dt 時の全貯水量である。例へば琵琶湖に於て $dH=30$ cm とすれば之に相當する貯水量は $215\ 100\ 000\ m^3$ に達するのである。

99. 貯水池の埋没

天然の湖沼が流下土砂の爲に年々埋没して水深を減ずることは琵琶湖、諏訪湖等に於ても之を認めることが出来るが、米國ニユウ・メキシコのマクミリオン湖は15年間に60%の泥土埋没を見たと言われ、又南米のリオ・グランデのサン・マーシャル湖の泥土埋没量は年平均 1.66% に達すると報告せられてゐる。洪水調節用たると用水用たるとを問はず、總べて人工的貯水池に於ても流下土砂によるその埋没が當然考慮せられなければならない。河川の浮流土砂量に就いては第26表にその實例を示したが、此の外に轉流土砂があり、特に急流河川に於てはその量が多いから、河川上流部に作られた貯水池が急激に埋没し終つた實例は世界に乏しくないのである。

例へば佛蘭西のデュランス河の支川ヴェルドン河に高さ 18 m の堰堤によつて作られた長さ 4.7 km、容量 $1\ 500\ 000\ m^3$ の洪水調節池は竣功後 5 年にして埋没し、米國ニユウ・メキシコのデュニエ堰堤は毎年貯水量の 4.86% づゝ埋没して 19.5 年間に餘水吐の高さにまで達し、又オースティン堰堤は竣功後 11 年間に當初の貯水量の 86% を埋没した。

即ち貯水池は埋没によつてその洪水調節の機能を失ふのであるから、土砂を掩留することを目的とする砂防堰堤と異なり、土砂の流入の少い河川を選んで之を築造すると同時に、流域内山地には植林及び砂防工事を施行して土砂扞止の方法を講じなければならない。

今流量の容積比で示した河川の浮流土砂量を $s\%$ 、轉流土砂量を $r\%$ とし、1 年間の流下水量を ΣQ で表せば、1 年間の總浮流土砂量 S 、總轉流土砂量 R は

$S=0.01\ s\ \Sigma Q, R=0.01\ r\ \Sigma Q$

となり、浮流土砂が全部沈澱するものと假定すれば 1 年間の貯水池の沈澱物の總量は

$M=S+R=0.01\ (s+r)\ \Sigma Q$

となる。貯水池の容量を C とすれば沈澱物によつて貯水池が埋没し終るに要する年數 T は

$T=\frac{C}{M}=\frac{100}{s+r}\ \frac{C}{\Sigma Q} \dots\dots\dots(116)$

此の $C/\Sigma Q$ を名づけて貯水池の指數と呼ぶ。例へば $C=178\ 000\ 000\ m^3, \Sigma Q=788\ 000\ 000\ m^3$ ($Q=25\ m^3/sec$) とすれば指數 $C/\Sigma Q=0.226$ であつて、沈澱土砂量を $s+r=0.15\%$ とすれば

$T=\frac{100}{0.15} \times 0.226=150$ 年

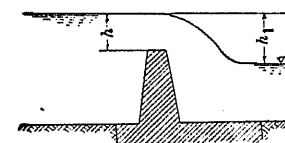
100. 溢流堤

洪水調節の爲に設けられる溢流堤は堤防の一部を特に低く造り、一定の水位に達すれば高水の一部を此の部分から堤内に溢流せしめて遊水せしめるのであるが、溢流水は流速が緩であるから浸水地域の構造物や農作物に大なる損害を與へない。溢流水を本川の減水するに従ひ下流から再び本川に排水還元せしめる場合にはその部分を復流堤と呼ぶ。

溢流堤が治水工法として始めて採用せられたのは佛蘭西のロアル河であつて最初の溢流堤は 1866 年に築造せられ、その後 1898 年には 7 箇所の溢流堤が造られたが、此の工法は古來我が國にも各地に採用せられて、水越堤、洗手などと呼ばれてゐる。

溢流堤はその前後法面及び天端を石張とする外、堤内側 20~30 m の區間は石張、石杵、木工沈床等を以て水叩工を設ける。溢流堤の天端は水平に造るのが普通であるが、特にその延長が長い場合には高水時水面勾配に倣つて上流から下流に向つて下り勾配とする。

溢流堤は溢流の機會を少くする爲には成るべく高いのがよく、高水位低下の機能を充分に發揮せしめる爲にはその延長を増す。溢流堤の長さは次式から算出せられる。



第 110 圖 溢流堤の流量

第110圖に於て h を溢流水深、 h_1 を上下流の水位差、 l を溢流堤の長さとし、 Q を溢流水の流量、 $f=0.8$ を係數とすれば、溢流後の水位は最初は溢流堤頂より低く、 $h_1 > h$ が普通であつて此の場合には

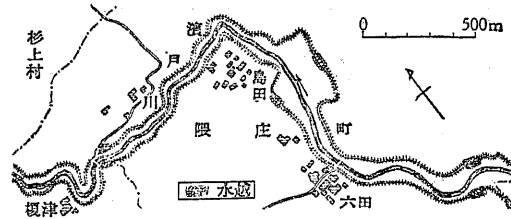
$Q=\frac{2}{3} fl\sqrt{2g}\ h^{\frac{3}{2}}=1.77\ lh^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(117)$

汎濫水深を増し堤内の水位が上昇して $h_1 < h$ となつた場合には

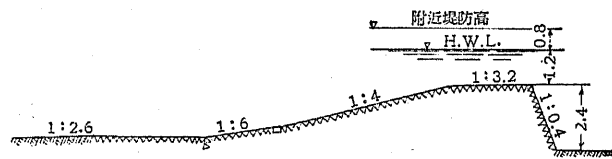
$$Q = fl\sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} h_1^{\frac{3}{2}} + (h-h_1) h_1^{\frac{3}{2}} \right] = 0.89 l h_1^{\frac{3}{2}} (3h-h_1) \dots \dots (118)$$

(117), (118) 式から溢流堤の長さ l が決定せられる。ロアル河に設けられた溢流堤の延長は 500~600 m に達する。

我が國古來の溢流堤の中代表的なものは熊本縣綠川の支川濱戸川であつて、河狀屈曲多く且河積狭小にして破堤の危険あるが爲に第111圖に示すが如く左右兩岸に3箇所宛の溢流堤を設け、一定の水位に達すれば河水を此の部分から堤内に汎濫せしめて洪水位の上昇を緩和したものである。溢流堤の長さは約 50 m で、その天端は附近の堤防より約 2m 低く、高水位より約 1.2 m 低くして最大溢流水深を 1.2 m としてある(第112圖)。



第111圖 濱戸川溢流堤



第112圖 溢流堤断面

溢流堤から汎濫した水を一定の流路に導いて直接之を海に放流する様式のものには岡山縣の旭川、大分縣の大野川などにその例がある。即ち旭川に於ては派川百間川に分派口に溢流堤があり、同川改修計畫に於ては之に補修を加へて洪水時には同川計畫高水量 6 000 m³/sec の内 2 000 m³/sec を百間川に流すことになつてゐる。又大野川大津留溢流堤は延長約 114 m、天端は附近堤防より約 3 m 低く、之を溢流した水は派川乙津川に流入するのであるが、同川改修計畫に於ては幹川に充分の河積を與へて乙津川を締切る。

更に又洪水調節の爲に遊水地を設ける場合には比較的水位の低い時期に遊水地に冠水して最高水位附近の調節能力が減殺せられるのを防ぐ爲に之と河川との境界に溢流堤を築造することが多い。

第四章 新川開鑿

101 捷水路

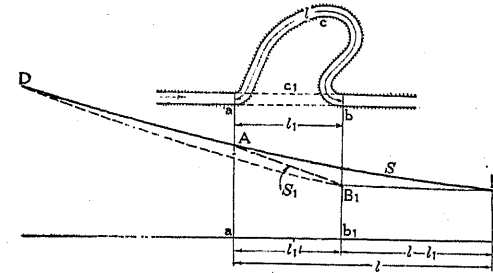
治水工事に於て新川を開鑿するのは前章の洪水調節とは反對に洪水の快疏を計ることを目的とする。流路の屈曲が甚だしく流水の疏通が阻害せられる箇所を選んで直線水路を開鑿し、流路延長を短縮して勾配を増加し、洪水の疏通を容易ならしめる工事を捷水路又は直流路と呼び、新水

路開鑿の爲不用に歸した舊水路は之を廢川と呼ぶ。

第113圖に於て舊水路 acb の延長を l 、その勾配を S 、捷水路 ac_1b の延長を l_1 、その勾配を S_1 とすれば

$$Sl = S_1 l_1$$

$$\therefore S_1 = S \frac{l}{l_1}$$

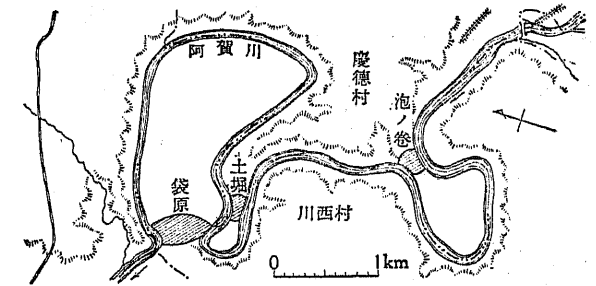


第113圖 捷水路

l に比して l_1 が短縮せられる程 S_1 が増大する。斯く勾配が急になる結果として、流速は増加し新水路及びその上流は河床の

洗掘が行はれて $B_1 D$ の如き安定勾配が形成せられる。従つて捷水路開鑿の爲 $B_1 D$ の部分では水位が低下し、堤内の排水が良好となり土地の改良が行はれる利益があるが、 B_1 より下流の部分では土砂の堆積が起つて却つて水位が上昇することがある。例へば伊太利のポー河で行つた捷水路の實例では上流の水位は 24 cm 低下したが下流の水位は却つて 12 cm 上昇した。

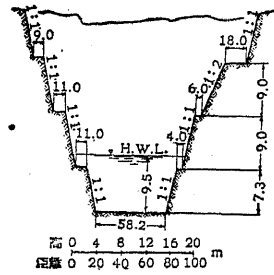
但し河川の流路は地質状態その他に適應して自ら定まり、之によつて平衡勾配が保たれてゐる場合が多い



第114圖 阿賀川捷水路

から、捷水路によつて屈曲を匡正し延長を短縮することが必ずしも洪水快疏の目的に副はないことがある。例へばミシシッピ河に於てオハイヨ河の合流點からニュー・オルレアンスの間に於て 1825~1882 年の間に14箇所捷水路を作つて流路の短縮を行つたに拘らず、此の區間の流路總延長は却つて 159 km から 161 km に増大したのである。即ち捷水路の流速増大の結果、流水の河床及び河岸に對する洗掘力旺盛となり、假令その部分は護岸及び床固を設けて浸蝕洗掘を防止するとしても、その下流に於ける軟弱地盤に洗掘が營まれて、流路はその原延長に回復せんとする傾向があるから、斯くの如き河川に於ては捷水路はその効果が少い。

捷水路の最も廣く採用せられた實例はドナウ河改修工事であつて、幹川に18箇所、支川タイス河に112箇所、同ラーブ河に88箇所、小支川キェロエス河に248箇所、同テメス河に92箇所、その他を合せて計 717 箇所の捷水路が設けられて計 1 726 km の流路短縮が行はれたのであるが、捷水路は一般に洪水波の傳播を促進する傾向があるから幹支川に捷水路を施工する場合には兩者の洪水を合致せしめる結果とならない様に慎重なる考慮を要する。

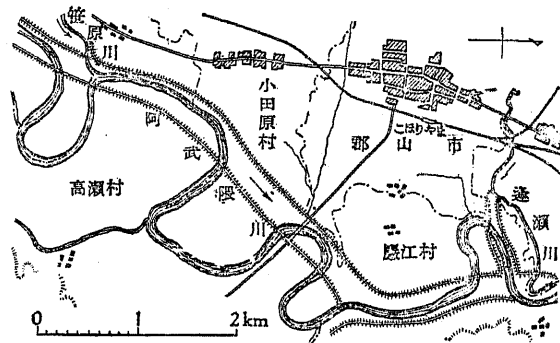


第115圖 泡ノ巻捷水路横断面

第114圖は阿賀川改修に於ける泡ノ巻、土掘及び袋原の捷水路を示し、此の區間の舊水路延長12.1kmに對して新水路延長は3.0kmであつて前者の25%に過ぎない。捷水路の敷幅は53~58m、山間狹窄部であるが爲に切割の深さは相當に大きく、袋原に於て最大40mに達する。第115圖は泡ノ巻

捷水路は上下流の流路に倣つてその方向を定め、流水が何れかの河岸に激突するが如きことを避ける。従つて捷水路は必ずしも直水路とは限らず適當なる曲率の曲水路とする場合も亦頗る多いのである。

捷水路は我が國の河川改修工事に於ても屢々採用せられる工法であつて、その小規模のものは隨所に散見するが、その稍々大規模なもの阿賀川、阿武隈川上流、石狩川下流、利根川支川小貝川下流、千代川下流などにその例がある。

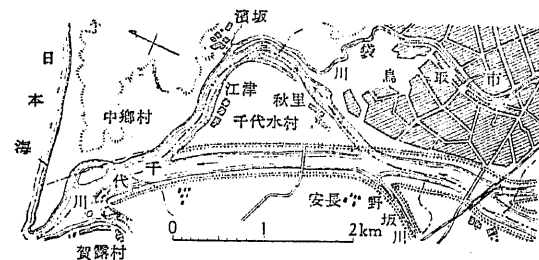


第116圖 阿武隈川捷水路

捷水路の横断面を示す。

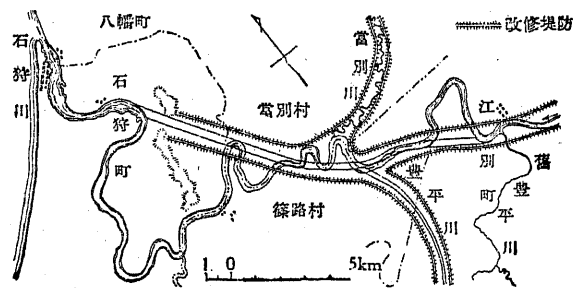
第116圖は阿武隈川上流改修の郡山市附近であつて、此の部分は流路の屈曲甚だしい爲に4箇所の捷水路を設けて流路延長を12.4kmから6.4km、即ち前者の52%に短縮したのである。

第117圖は千代川改修の捷水路を示す。

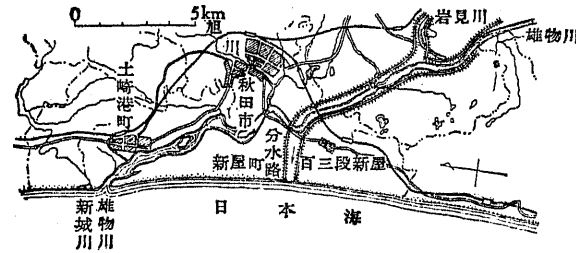


第117圖 千代川捷水路

す。即ち千代川は鳥取市附近で流路が著しく彎曲してゐると、沿岸に秋里、江津の2部落があつて現状のまま改修せんとすれば兩部落を移轉せしめる必要があるのと、同時に鳥取市を貫流する袋川の排水を考慮して河幅約310mの捷水路を開鑿し、流路延長を3.7kmから2.6km、即



第118圖 石狩川當別捷水路



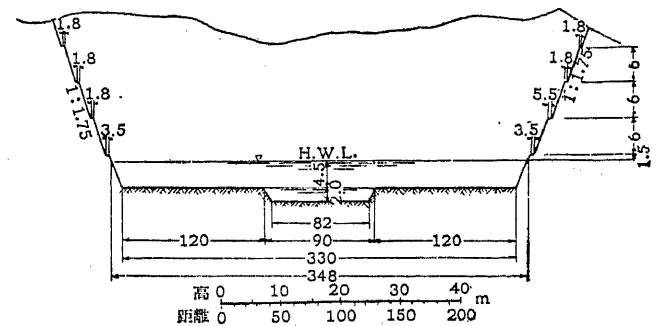
第119圖 雄物川新屋捷水路

ち前者の71%に短縮したのである。

第118圖は石狩川下流改修の當別捷水路と支川豊平川の水路附替とを示したもので、前者に於ては流路延長は36.5kmから13.9km、即ち前者の38%に短縮せられてゐる。

又第119圖の雄物川下流改修の新

屋分水は一般には分水路と呼ばれてゐるが、海に向つて捷水路を造つた特例であつて、舊水路は秋田市外新屋町地先で締切られ、流水は平水、高水の何れも新水路を経て海に流下する。新水路延長約2.0km、低水路幅90m、丘陵の切割深最大31m、高



第120圖 新屋捷水路横断面

水路水面幅348m、水面勾配1:1100であつて、その横断面は第120圖の通りである。

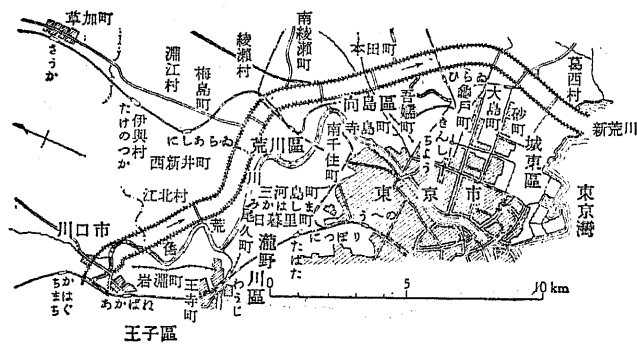
102. 分水路

洪水量を包容するに足るだけの河積を與へる代りに別に水路を開鑿して洪水量の全部又は一部を放流するものを分水路又は放水路と言ふ。分水路は河川の1地點から洪水を直接海に放流するのが普通であつて新荒川、新淀川、新信濃川の如きは何れもその適例であるが、稀には之を湖に放流する場合があります、或は適當なる河川を選んで改修を加へ之に放流する場合もある。新北上川の如きは後者の例である。

分水路は捷水路の一種である。その之と異なる所は捷水路では舊水路は之を廢川とするのが普通であるが、分水路では舊水路はそのまゝとして之に平水を流し、一定の水量以上を分水路に流すのである。従つて分水路の起點には必要に應じて本川、分水路或はその双方を横斷して水門、閘門、可動堰等を設けて水量の調節及び舟楫の便に備へる。

分水路を有利とする場合が三つある。1) 河川が市街地を貫流して居つて改修工事が困難であり、且その工費が巨額に上る場合、2) 河口に港灣があつて之に洪水を流す時は沈澱土砂の爲に港内埋没の虞ある場合、3) 地形が洪水疏通を迅速ならしめる捷水路を設けるに適する場合が之であつて、新荒川、新淀川は1)の場合、新北上川、新信濃川は2)及び3)の場合である。又佛

蘭西のセイヌ河の治水計畫で巴里を貫流する在來流路の外に洪水放流の爲に別に分水路を設ける

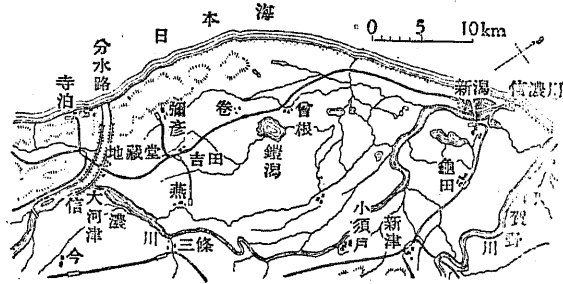


第121圖 荒川放水路

が如きも 1) の場合である。第121圖の荒川下流改修に於ては岩淵町地先から大東京市の外廓を廻つて砂町地先で東京灣に注ぐ延長22 kmの放水路を開鑿した。之を新荒川と言ひ計畫高水流量 4 170 m³/secの内 840 m³/sec を在來河川に流し、殘餘の 3 330 m³/sec は放水路に流す。放水路河幅は起點で 450 m、河口で 580 m、低水路幅は起點で 110 m、河口で 255 m、高水勾配 1:5 000、分流口岩淵町地先で舊川を横斷して幅 9 m の水門 5 聯を設け平時は開放して平水量を通じ、洪水時には之を部分的に閉鎖して流入量を制限する。

淀川改修工事に於ても毛馬以下は中津川の一部を利用して延長約 9.4 km の新水路を開鑿して洪水を大阪市から遮斷した。是即ち新淀川であつて河幅は起點に於て 654 m、河口に於て 832 m、低水路幅は全區間を通じて 145 m とする。毛馬には洗堰及び閘門を設け、且新淀川を横斷して可動堰を設け、平時は洗堰を通じて平水を舊川に流すが、洪水時には之を閉鎖し可動堰を開放して全高水量 5 570 m³/sec を分水路に流す。

第122圖は信濃川下流改修に於ける大河津分水を示す。信濃川の下流蒲原平野一帯は土地低濕である爲に古來信濃川の水害に苦しめられること甚だしく、大河津村から寺泊町に於て直接日本海に注ぐ捷水路を造つて下流の水害を除かんとする計畫は遠く享保年間に始り、明治初年漸く政府の許可を得て關係町村負擔金45萬兩、地方費15萬兩、下附金40萬兩、計 100 萬兩の豫算を以て工事に着手するに至つたが、此の分水路たるや流末寺泊町地先の海岸には海拔約 100 m の山脈があり、且地盤は粘板岩及び砂岩の互成層であつて地之崩落を起し易く、起工後 4 年にして明治 8 年遂に挫折するに至つた。現在の分水路は明治40年度の起工に係り、工費約 20 000 000 圓を費し、途中前後 3 回に互る大地之に遭つて一旦開鑿した水路を地之崩土で埋没し盡される様な

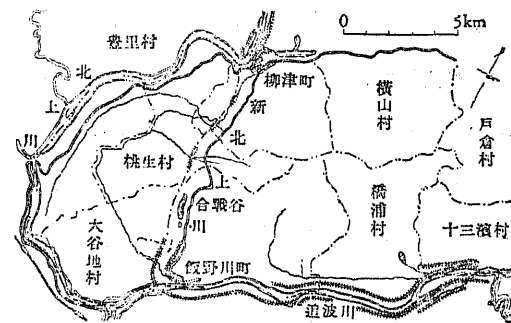


第122圖 大河津分水路

める。又飯野川町地先には水量調節の爲分水路を横斷して延長 410 m の堰堤を設け、之を水通幅 17.1 m のもの 21 聯に區劃して内 16 聯を可動堰、5 聯を固定堰とする。猶追波川は之を幅員 455~727 m に改修して柳津町から海に至る區間を新北上川と呼ぶ。

困難と戦ひつゝ、大正11年8月始めて新水路に通水するに至つたもので、名づけて新信濃川と言ふ。延長約 10 km、之を大河津から河口新潟に至る在來水路延長 55 km に比すれば 18% に過ぎない。分水路幅員は下流部山地の開鑿土量を軽減する爲に上流では 545 m (内低水路 182 m)、河口では 218 m (内低水路 91 m) に縮少し、之に對應して計畫高水勾配を上流で 1:2 000、中流で 1:800、下流で 1:500 と定めた。山地部の切割深最大 97 m に達し、我が國の治水工事中新川開鑿としては空前の大土工である。

分水路起點大河津には舊川を横斷して延長 145.5 m の洗堰と之に隣接して閘門を造り、又分水路を横斷して延長約 700 m の堰堤 (内 180 m は可動堰、520 m は固定堰) を造り、平水は洗堰を通じて舊川に流し、洪水時は 5 570 m³/sec の全高水量を分水路に放流するのである。

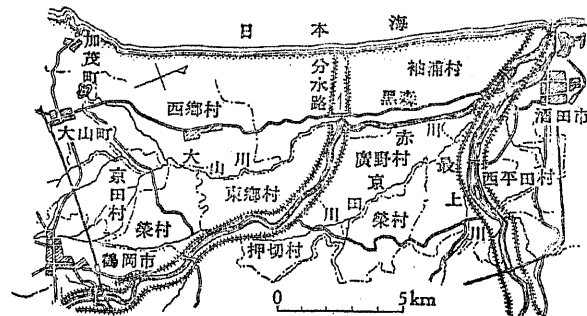


第123圖 北上川分水路

第123圖は北上川下流改修の北上川分水路であつて、柳津町地先から合戦谷を経て飯野川町地先で派川追波川に合流する。分水路幅員は 290~455 m であつて 4 730 m³/sec の流量を通し得る河積を有せしめ、柳津町地先には洗堰、水門及び閘門を設けて平水量 180 m³/sec 及び計畫高水量 5 570 m³/sec の内 840 m³/sec を舊川に流入せし

める。又飯野川町地先には水量調節の爲分水路を横斷して延長 410 m の堰堤を設け、之を水通幅 17.1 m のもの 21 聯に區劃して内 16 聯を可動堰、5 聯を固定堰とする。

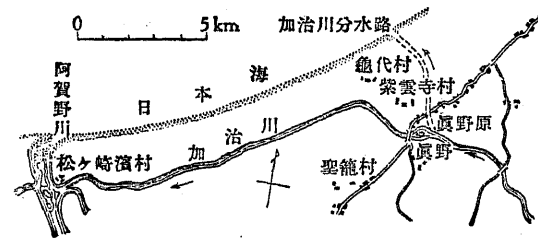
猶追波川は之を幅員 455~727 m に改修して柳津町から海に至る區間を新北上川と呼ぶ。



第124圖 赤川分水路

第124圖の赤川分水路は分水路たると同時に幹川最上川と支川赤川との分流である。即ち赤川下流袖浦村字黒森地先の屈曲箇所から海岸砂丘を貫いて延長 2.8 km の新水路を開鑿し、全高水流量 1 670 m³/sec を直接日本海に放流するものであつて、敷幅 100 m、水面勾配 1:900、切割深は最大 45 m に達する。

第125圖の加治川分水路も亦分水路たると同時に幹川阿賀野川と支川加治川との分流であつて、眞野原地先から海に至る分水路の延長 5 km、敷幅 110~180 m、水路勾配 1:720~1:1440、

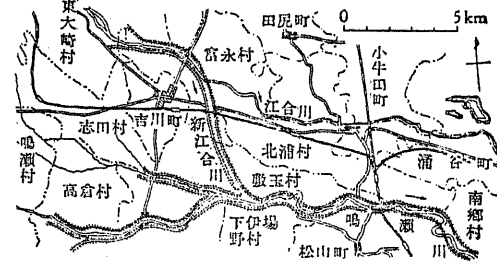


第125圖 加治川分水路

切割深は最大 24 m である。分流口には洗堰を設けて水量の調節を計り、眞野原から松ヶ崎村に至る舊水路は之を幅 18 m に改修して運河とし、以て舟運に利用せしめる。

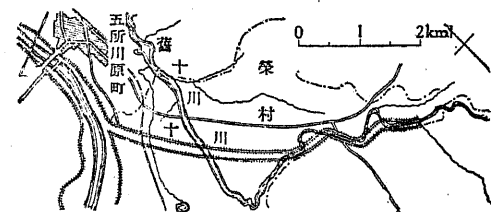
103. 水路附替

北上川改修に於て新北上川を追波川に合流せしめ、或は江合・鳴瀬兩川改修に於て北上川の支川江合川を新江合川によつて鳴瀬川に合流せしめるが如きは水路附替の特例であるが、一般の河川改修工事に於て幹川と支川との合流點を上流又は下流に移動せしめる爲の水路附替は極めて屢々行はれる。岩木川改修に於ける支川十川の附替、千代川改修に於ける支川袋川の附替又は阿賀川改修に於ける支川湯川及び宮川の附替等は合流點を上流に移したものであり、信濃川上流改修に於ける支川黒川及び猿橋川の附替、荒川上流改修に於ける新河岸川の附替等は之を下流に移したものである。



第126圖 江合川の附替

第126圖の新江合川は北上川に合流する迄の舊川を改修する代りに延長 8 km, 河幅 120 m, 水面勾配 1:1770 の新水路によつて江合川を鳴瀬川に附替へ、計畫高水流量 1030 m³/se. を後者に流入せしめる。

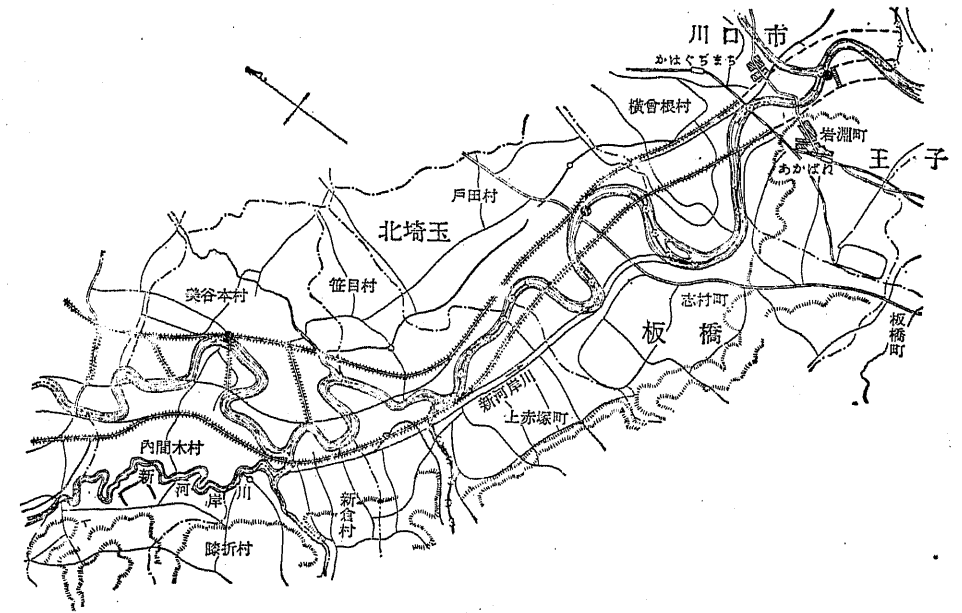


第127圖 十川の附替

16 km の上流で幹川岩木川に合流せしめる。

第128圖の新河岸川は幹川荒川との合流點を締切り、改修せられた荒川に平行して新水路を開鑿し、一部は荒川の舊水路を利用し下流約 10 km の地點で岩淵水門下流の舊荒川に合流せしめたもので、之によつて幹川からの逆流による水害を免れ、堤内の排水状態を著しく改善し得たの

である。

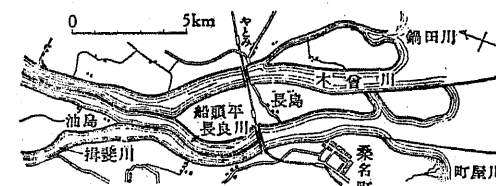


第128圖 新河岸川の附替

104. 分流

性質の異なる二つ以上の河川が合流するが爲に醸される水害を除却する目的を以て各々の河川を分離せしめて合流點を下流に移すか或は各別に海に注がしめるのを分流と言ひ、和蘭のマース河とワール河との分流の如きはその最も顯著なるものであるが、我が國に於ても木曾、長良、揖斐 3 川分流、庄川及び小矢部川の分流、信濃川、阿賀野川、加治川の 3 川分流、その他分流工事の實例は決して少くない。

第129圖は木曾、長良、揖斐 3 川分流を示す。長良、揖斐兩川は木曾川の大支川であるが、高



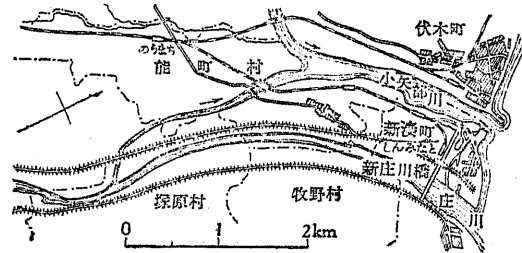
第129圖 木曾、長良、揖斐 3 川分流

水時長良川は木曾川の逆流を受け、揖斐川は更に此の兩川の爲にその減水を妨げられるのみならず、低水時に於ても水位の常に高い木曾川と聯絡するが爲に揖斐、長良兩川筋は悪水排除を阻害せられる状態にあつた。又木曾、長良兩川と揖斐川との河床には著しい高低差があつて、洪水時には前者から後者への逆流の水勢猛烈にして破堤汎濫の被害甚

は著しい高低差があつて、洪水時には前者から後者への逆流の水勢猛烈にして破堤汎濫の被害甚

六であつたが故に、木曾川下流改修工事に於ては是等 3 川を分流して各別に海に注がしめることとし、木曾、長良兩川の間には成原、船頭平間 12.4 km、長良、揖斐兩川の間には油島、桑名町間 6.6 km の瀬割堤を設けて夫々 3 川を分離せしめたのである。

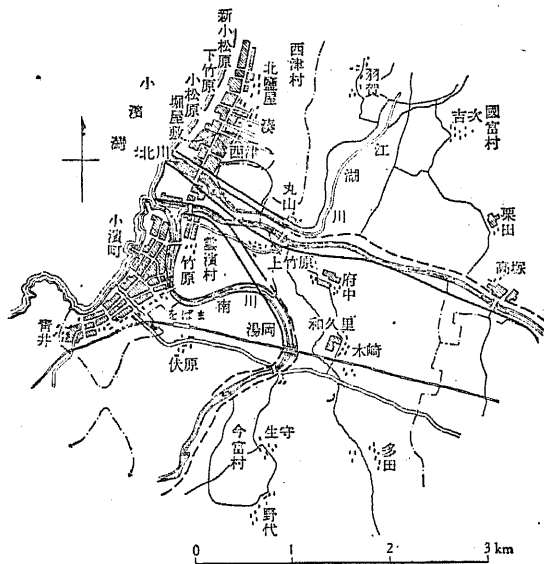
第 130 圖の小矢部川は従前庄川に合流した爲に常に庄川の高水の爲に水害を被り、而も河口伏木港は庄川の出水毎に土砂の堆積に悩まされた結果、庄川改修工事に於ては庄川を小矢部川から分離して單獨に海に注がしめることとした。



第 130 圖 庄川及び小矢部川の分流

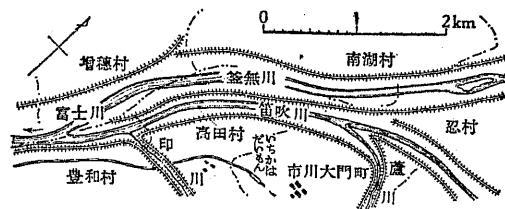
又新潟縣の阿賀野川は昔は信濃川流末に於て之に合流したものであつたが、今より約 220 年前

新發田藩幕府に乞ひて支川加治川の遊水地紫雲寺湖の干拓を行つた結果、加治川及び阿賀野川の水害甚だしく遂に松ヶ崎に延長約 700 m、幅員 136 m、水深 2.7 m の分水路を開鑿した。その後享保 18 年の洪水に當つて松ヶ崎分水路は幅員 328 m、水深 7.2 m に達して遂に阿賀野川は信濃川から分離するに至つた。而も加治川の水害は殆ど停止する所がなかつたので明治 41 年度以降大正 2 年度までに新潟縣に於て工費約 820 000 圓を以て前述の加治川分水路を作り、茲に信濃、阿賀野、加治 3 川は全く分流するに至つたのである。



第 131 圖 北川及び南川の分流

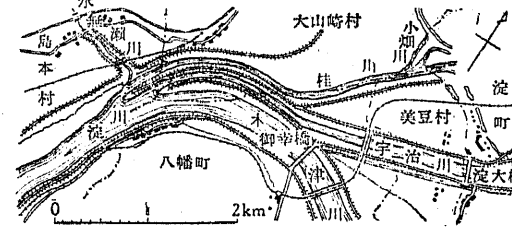
次に第 131 圖の北川改修に於ては従前北川と南川とが河口附近に於て合流する結果洪水激化せられて小濱町及び雲濱村の被害甚だしいものがあるに鑑み、兩川を分流することとして南川は舊北川の水路を利用し、北川は江湖川の水路を利用



第 132 圖 釜無川及び笛吹川の分流

して之に改修を加へ、兩川各別に海に注がしめる。

分流は又河川の中流部に於て合流する支川に就いても屢々行はれる。例へば第 132 圖の富士川上流改修に於ては従前笛吹川及び蘆川の兩支川が共に忍村に於て釜無川に合流した爲に緩流笛吹川は急流釜無川及び蘆川の挾撃を受けてその合流點附近を閉塞せられ、洪水の疏通極めて困難なりしに鑑み釜無、笛吹兩川の間に延長 3 km の瀬割堤を設けてその合流點を高田村地先まで下げたのである。



第 133 圖 宇治、木津、桂 3 川分流

第 133 圖の淀川改修に於ける宇治、木津、桂 3 川も亦此の種の分流工事であつて、宇治川に對する木津川の逆水を緩和する爲に宇治、木津兩川並びに宇治、桂兩川の間に夫々瀬割堤を設けて 3 川を分離する。

105. 新川の維持

上記各工法により開鑿せられた新川に就いては地質軟弱なる場合、特に新水路が舊水路に比して急勾配なる場合には護岸を設けて河岸の浸蝕を防止するは勿論、必要に應じて床固を設けて河床の洗掘を防止しなければならない。特に分水路に就いては新荒川、新淀川の如く勾配が極めて緩であつて、且感潮河川である爲に常に相當の水深が保たれてゐる河川を除いては平時は殆ど流水がなく、出水時に當つて急激に多量の水を流すのが普通であるから河床の洗掘を防止して當初勾配を維持する爲に適當の間隔に床固を設けることが絶対に必要である。

例へば新北上川の柳津町、飯野川町間には 4 箇所の床固が設けられ、新信濃川には 6 箇所の床固又は床留が設けられて河床の安定を圖る。新信濃川に就いては當初床固が施されなかつた爲に當初計畫による 1:2 000~1:500 の如き勾配は維持せられず、河床は最大 10 m に達する異常なる洗掘を蒙り、殊にその洗掘は地盤堅硬ならざる上流部に於て甚だしく、堰堤その他構造物に危険を醸すに到つたので、洗掘後の河床に倣つて次表の如く床固又は床留を配置したのである。

第 59 表 新信濃川床固及び床留

床固又は床留	堤頂標高(m)	遞加距離(m)	間隔(m)
可動堰	+ 12.25	0	
第 1 床固	+ 10.00	100	100
五千石床留	+ 6.90	700	600
大河津床留	+ 6.30	1 050	350
新長床留	+ 6.00	2 800	1 750
石港床留	+ 5.50	5 700	2 900
第 2 床固	+ 5.00	7 850	2 150

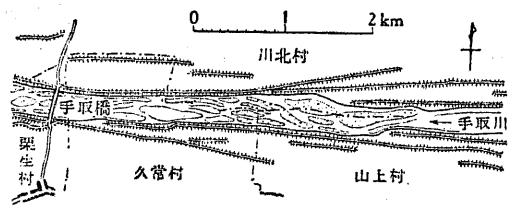
此の内第1及び第2床固はコンクリート造であるが、中間4箇所の床留は粗朶沈床、コンクリート方塊、木工沈床等を用ひた輕易構造である。

第五章 堤防

106. 堤防の種類

流水を一定の流路内に局限してその區域外に汎濫せしめない目的の爲に土砂を以て築造せられた工作物を堤防と呼び、河川法に所謂河川の附屬物中最も重要なる工作物である。堤防の主目的は上記の通りであるが、多少變更せられた目的の爲に築造せられる堤防もあり、又特殊の目的の爲には土堤、砂利堤等の外、石堤その他特殊の構造による堤防もある。主なる堤防の種類は次の通りである。

- a) **本堤** 汎濫防止の主目的の爲に設けられたものを本堤と言ふ。
- b) **副堤** 本堤から或距離を距て、堤内に造られ、前者よりは通例高さも断面も小さく萬一本堤が破堤した場合に汎濫を防止する爲の豫備の堤防を副堤又は控堤と言ふ。



第134圖 手取川の堤防

急流河川に於ては萬一の破堤に備へる爲控堤の背後に更に小型の控堤を設けることがあり、本堤を一番堤と稱して是等の控堤を順次二番堤、三番堤等と呼ぶ。第134圖

の石川縣手取川の如きはその例である。

c) **霞堤** 堤防が水流に沿つて連続的に造られる場合には之を連続堤と言ひ、之に反して堤防の下流端を開放し、次の堤防の上流端を堤内に延長して之と重複せしめる様に造つた不連続堤を霞堤と言ふ。急流河川に採用せられ、洪水の一部は霞堤末端を迂回して堤内に逆流侵入するが、湛水時間が短いから農作物等の被害が少く却つて肥土を沈澱せしめる利益がある。霞堤は遊水地を設けて河積の増大を緩和する目的の爲に採用せられ、兼ねて悪水路等を茲に導いて樋門等の設備を省略し得る利便がある。手取川、富士川、鬼怒川等には斯の種の霞堤が多い。

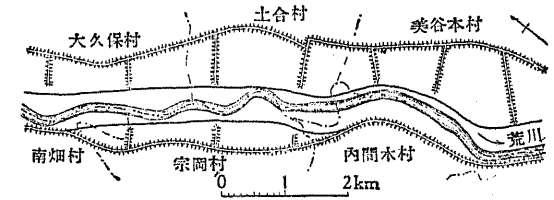
霞堤末端は一定の法線以外に突出せしめず、且その方向に留意することを要し、然らざれば之が水刃の作用をなして對岸の破堤の原因となることがある。

d) **輪中堤** 一定の地域の洪水防禦の爲にその周囲を繞つて造られた堤防を輪中堤と言ひ、一定計畫に基づく河川改修の行はれなかつた時代には各自がその土地を汎濫から防禦する爲に斯の種の堤防を造つたもので、各地にその例があるが、岐阜縣の木曾川沿岸には特にその例が多い。

e) **瀬割堤** 合流する2河川を分流して兩川の境界に設け、之を兩者に兼用せしめる堤防を瀬割堤と言ふ。前述の木曾川、長良川、揖斐川の瀬割堤、木津川、宇治川、桂川の瀬割堤、笛吹川、釜無川の瀬割堤の外、荒川改修の新河岸川、新綾瀬川、新中川は何れも荒川と瀬割堤によつて境せられる。

f) **横堤** 河幅が廣く高水法線以外の耕地が遊水地として利用せられる場合に、流速を殺いで此の耕地を防護すると同時に洪水の流下を遅延せしめる爲に河身に向つて直角又は或る角度をなして築かれる堤防を横堤と言ふ。

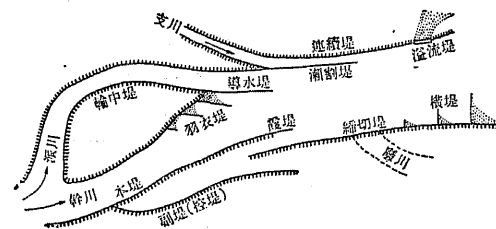
第135圖は荒川上流改修の横堤であつて、長さは最短83m、最長964mに達する。



第135圖 荒川上流の横堤

g) **羽衣堤** 横堤の一種であつて、その方向が相當の角度を以て下流に傾くものを附流堤又は羽衣堤と言ふ。總べて横堤はその間隔を短縮する場合には本堤の構造を低下し、或は全く之を省略する目的に用ひられ、その效用全く水制と同一である。

- h) **溢流堤** 第100節参照。
- i) **導水堤** 河川が他の河川、湖又は海に注ぐ場合等に流路を一定ならしめる目的を以て適當に水流を制導する爲に造られた堤防を導水堤、導流堤又は突堤と言ふ。
- j) **締切堤** 河川の支派川を締切る場合、前章の新川開鑿に伴つて舊川を締切る場合等に舊水路を横斷して造られる堤防を締切堤と言ふ。河川改修工事に伴つて各地にその例があるが、大河津分水工事に伴つて信濃川本川を斜斷して締切つた締切堤は最も有名であつて延長2200mに達する。



第136圖 堤防の種類

第136圖は是等各種の堤防を圖示したものである。

107. 堤防法線

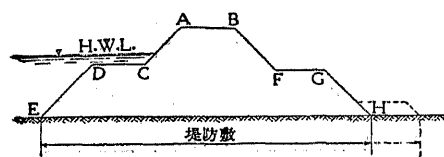
堤防の表法肩線、時としては堤防の天端中心線を堤防法線と言ひ、堤防の位置は之によつて決定せられる。堤防表面と計畫高水面との交線を高水法線と呼び、法勾配を1:n、天端餘裕高をh₀とすれば左右兩岸の高水法線距離即ち河幅は堤防法線距離より2nh₀だけ狭いのである。

堤防法線を定めるに當つて考慮すべき諸點は次の通りである。

- 1) 法線間隔は計畫高水量を流下せしめるに必要な河積の計算から定るが、事情の許す限り間隔を増大して遊水作用を助長する。
- 2) 法線の方向は成るべく流水の方向に倣ふのがよいが、急角度の彎曲を避け、低水路が甚だしい曲流であつても洪水は直流する傾向があるから、堤防法線は洪水時流水の方向に倣つて曲率の小さい曲線を採用する。
- 3) 緩流河川に在つては或程度の曲流は却つて安定であつて、強ひて之を直流に改修することはその平衡を破り維持を困難ならしめる。但し急流河川に在つては曲流は凹岸の浸蝕を激成する不利を伴ふから成るべく直流とする。
- 4) 兩岸の法線は成るべく平行にし、河幅の急激なる變化を避ける。河幅激變する箇所に於ては河床の洗掘又は土砂の堆積が起り河狀を悪化せしめる虞がある。
- 5) 法線は成るべく低水路から等距離にある様に之を選定して兩岸とも堤防法先に充分の堤外地を存せしめ、以て流水の浸蝕による堤防の危険を防止する。
- 6) 地形上已むを得ず急彎曲をなす箇所では多少河幅を擴大して流勢の緩和を圖る。
- 7) 適當な位置に舊堤がある場合には多少法線の位置及び方向を修正しても之を利用して必要な擴築を施すのが經濟的である。
- 8) 軟弱地盤上又は沼澤地の築堤は沈下を起し築造費、維持費ともに増大する。甚だしきは工事中の堤防が一夜にして跡方もなく沈下し去る場合さへある。堤防は斯かる箇所を避けて堅固な不滲透性地盤上に設ける。
- 9) 經濟上から言へば堤防の背面に浸水限界たる高地、臺地があつて狭小なる堤内耕地の保護に止る様な堤防は之を省略して適當に法線方向を修正する。
- 10) 河川上流部の勾配急なる箇所では堤防を連續堤とせず、適當の延長毎に霞堤とすれば多少は洪水量を調節し、河積の増大を緩和し得るのみならず、水壓が内外相殺せられる結果、堤防の安全度を増す。
- 11) 河幅廣大にして亂流を恣にする河川にして治水上却つて河幅を縮小する必要がある場合には適當に横堤を配置して、その間に土砂を堆積せしめると同時に流水によつて河道を洗掘せしめるのがよい。ライン河、ローヌ河、デュランス河等はその例である。
- 12) 支川が幹川に合流する地點では後者の背水の及ぶ範圍に於て前者に堤防を設ける。之を捲込堤又は逆流堤と言ふ。
- 13) 支川と幹川とは成るべく鋭角で合流せしめ、且洪水の流下を圓滑ならしめる爲に合流點以下適當の長さに低い導水堤を設けるのがよい。ローヌ河と支川デュランス河とは殆ど平行に合流せしめてある。

108. 堤防断面

堤防は通例第 137 圖の如き断面形狀を有する。各部の名稱は次の通りである。



第 137 圖 堤防断面

- AB 天端又は馬踏
- AC, DE 表法又は外法
- BF, GH 裏法又は内法
- CD 表小段
- FG 裏小段
- A, B 法肩
- E, H 法尻

河川によつては表小段を省き、或は裏小段を 2 段に造る。又堤内法先に沿つて在來地盤より稍々高い狭い平場を設けることがあり、之を犬走と言ふ。EH の間は堤防敷であつて、犬走を設ける場合にはその幅員を堤防敷内に包含せしめる。

堤防の高さは計畫高水位から定まり、その断面は堤高、洪水繼續期間の長短、流水及び波浪による浸蝕作用、護岸工の種類、築堤土質等を考慮して決定せられるが、大體の標準は次の通りである。

1) 天端幅 天端は道路に兼用せられる場合が多いのと、特に出水時の水防作業を敏活ならしめる必要がある爲に充分の幅員を有せしめるのがよい。餘剩掘鑿土處分の必要からは特に天端を擴大することもあるが、普通に採用せられる天端幅は 4~8 m であつて、特殊の場合には 10~15 m のものがあり、小河川では 3 m 内外のものも少くない。天端には排水を良好ならしめる爲と將來の沈下に備へて蒲鉾形に横斷勾配を附ける。

2) 餘裕高 堤防天端は溢水による破堤を防止するのと將來に於ける高水位の上昇に備へる爲に計畫高水位上相當の高さに造る。此の餘裕高は外國の河川では 1 m とする場合が多いが、我が國では 1~2 m が普通であつて、洪水量 2000 m³/sec. 以上位の河川で 1.5 m、特別の急流河川で 1.8~2.0 m、小河川では 0.9~1.2 m、稀には 0.6 m に取る。

猶此の上に堤防の壓縮及び沈下を見込んで計畫堤防高以上に相當の盛土を施すのを餘盛と言ふ。

3) 法勾配 法勾配は土質が不良であり、堤防の高さが高く、洪水の繼續時間が長く、護岸が施されない場合にはその然らざる場合に比して緩にする。表法は 1:2~1:3 が最も普通で、特殊の場合には 1:4~1:6 とする。裏法は 1:1.5~1:2.5 が普通で、特殊の場合には 1:3~1:5 とする。

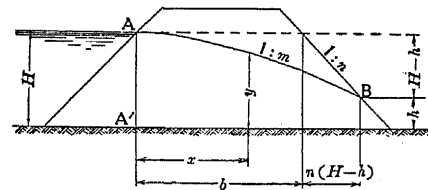
小段を設ける場合には小段以下は小段以上よりも緩勾配とするのが普通である。又市街地などで充分の堤防敷が得られない場合には堅固なる石張護岸を施して 1:1 位の急勾配を採用する場合もある。

4) 小段 小段は川表又は川裏に設けられるが、通例は後者が採用せられる。我が國大河川の改修堤防でも遠賀川、淀川、利根川、渡良瀬川、最上川、雄物川、紀ノ川等には表小段及び裏小段が設けられ、その他の河川には普通裏小段だけが設けられてゐる。小段の幅員は 3~4m を通例とするが、稀には 8~9m に達し、天端から 2~4m 低い標高に造る。小段は固より堤體の安全の爲に設けられるものであるが、通路又は水防の際の材料運搬路などに便利に使用せられる。裏小段を 2 段に設けた實例は最上川、渡良瀬川、淀川等である。小段には同じく排水を良好ならしめる爲に 1:10~1:15 の横斷勾配を附ける。

總べて締切堤に於ては堤體の安全の爲に天端幅を大きくし、表法、裏法ともに之を緩にし、且前後に幅の廣い小段を設けるのがよい。

109. 浸潤線

洪水に際して河水が堤體内に滲透する結果第 138 圖の AB 以下が浸潤するとすれば AB を浸潤線と名づけ、その勾配を滲透水の動水勾配と呼ぶ。浸潤線が第 138 圖の如く堤防裏法に現れる場合には B 點以下の法面から水の滲出が始り、堤防の危険を醸すから堤防の設計には土質その他を考慮して浸潤線が裏法に現れない様に斷面を決定する。



第 138 圖 浸潤線

第 138 圖の堤防が不滲透性水平地盤上に築造せられたものとするれば動水勾配は $S = -\frac{dy}{dx}$ であつて、滲透速度はダルシーの法則に従つて(20)式から $u = kS$ であるから

$$u = kS = -k \frac{dy}{dx} \dots \dots \dots (119)$$

k は滲透係數である。堤防單位長についての滲透量は

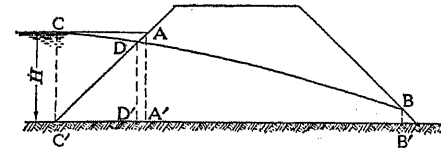
$$Q = uy = -ky \frac{dy}{dx}$$

之を積分して $Qx = -\frac{k}{2}y^2 + C$

之に $x=0$ の時 $y=H$ なる環境條件を入れる時は $C = \frac{k}{2}H^2$ となり

$$Q = \frac{k}{2x}(H^2 - y^2) \dots \dots \dots (120)$$

即ち浸潤線は水平軸を有する拋物線として表される。堤防が不滲透性地盤上に造られず、地盤下或深さの所に不滲透性地盤が存在する時は H, y は此の地盤から測る。(120)式は堤防の A 點以下が鉛直であると言ふ假定に立脚したものであるが、A A' 線の前面の三角形の部分



第 139 圖 浸潤線(シュミード)

する爲の損失水頭があるから、實際の浸潤線は第 138 圖に示したものよりも低下する。

シュミードはその實驗の結果から浸潤曲線は表法と水面との交點 A から始らず、表法尻 C' に於ける鉛直線 C C' と水面との交點 C を頂點として、第 139 圖の $DD' = \frac{6}{7}AA'$ となり、且浸潤線は C C' を縦軸とする橢圓又は拋物線として表す方が實驗の結果に符合することを結論してゐる。

(120) 式は適當なる假定の下に之を解くことが出来るが、實地上は浸潤線 AB は之を直線と假定しても大差がなく、平均動水勾配はシュミードの實驗では 1:3~1:5、コピーの實驗では 1:5~1:8、實在の堤防ではポー河では 1:4、ミシシッピ河では 1:7 を標準とし、我が國では 1:5~1:6 が普通に採用せられる。蓋し浸潤線は洪水繼續時間の増大するに従つて前進する性質があるから急流河川では此の勾配を急に取つても差支ないがミシシッピ河、揚子江、松花江などの如く洪水が數箇月に亙つて繼續する大陸河川に於ては此の勾配を極めて緩に取つて堤防の浸潤を防止する。

今動水勾配を 1:m とすれば浸潤線を裏法に現れしめない爲には

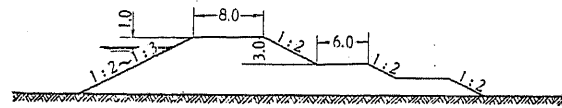
$$mH < (b + nH) \dots \dots \dots (121)$$

110. 堤防の實例

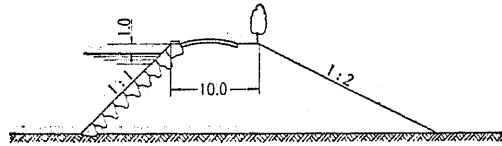
河川堤防の實例は第 140 圖~第 147 圖に之を示す。第 140 圖はポー河、第 141 圖はロアル河(ネヴェール附近)、第 142 圖はレノー河、第 143 圖はメューズ河、第 144 圖はライン河(和蘭國內)、第 145 圖はタイス河、第 146 圖はミシシッピ河の 1928 年以前、第 147 圖は同 1928 年以後の各堤防横斷面である。ミシシッピ河に於ては築堤土砂の種類に応じて第 147 圖の如き 3 種の標準斷面を採用する。A は粘土質の場合、B は壤土の場合、C は砂の場合に採用せられる。

我が國の實例は第 148 圖~第 155 圖に之を示す。第 148 圖は新信濃川(大河津分水路)、第 149 圖は新北上川(舊川締切部分)、第 150 圖は利根川第 2 期(取手町、佐原町間)、第 151 圖は同第 3 期(取手町より上流)、第 152 圖は渡良瀬川遊水地、第 153 圖は新荒川、第 154 圖は淀川、

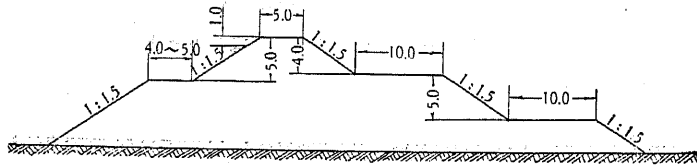
第155圖は最上川の各堤防横断面であつて、特に新荒川に於ては帝都を掩護する意味から右岸堤の天端を左岸堤のそれより3.6m 廣く取つてある。



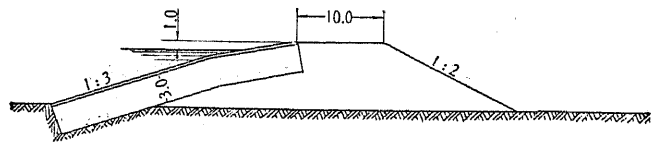
第140圖 ホー河堤防横断面



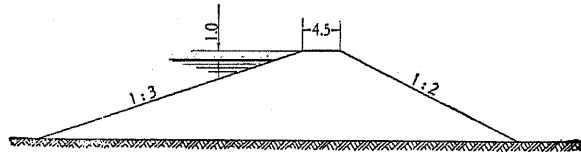
第141圖 ロアル河堤防横断面



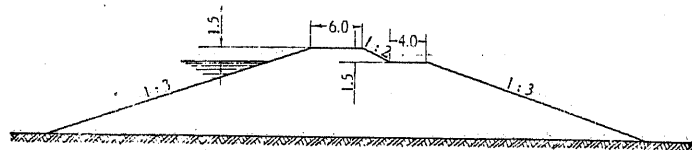
第142圖 レノ河堤防横断面



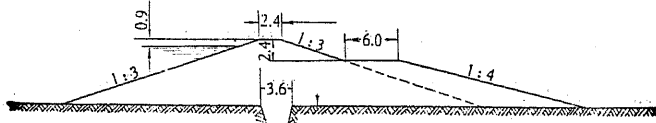
第143圖 ミューズ河堤防横断面



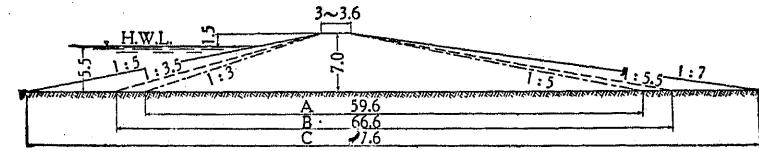
第144圖 ライン河堤防横断面



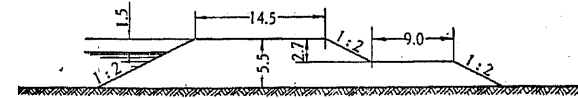
第145圖 タイス河堤防横断面



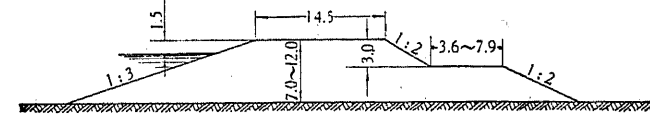
第146圖 ミシシッピー河堤防横断面(1928年以前)



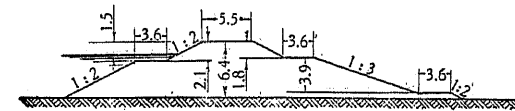
第147圖 ミシシッピー河堤防横断面(1928年以後)



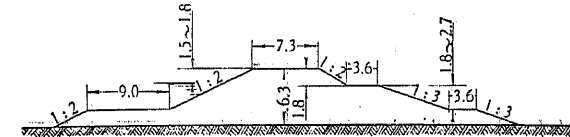
第148圖 新信濃川堤防横断面



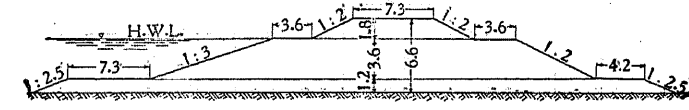
第149圖 新北上川堤防横断面



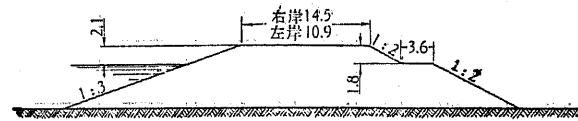
第150圖 利根川(第2期)堤防横断面



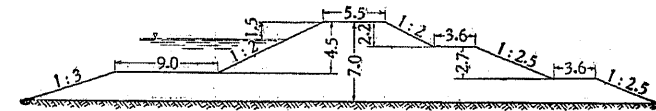
第151圖 利根川(第3期)堤防横断面



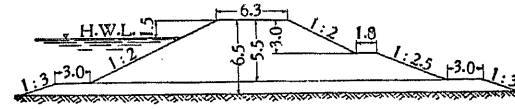
第152圖 渡良瀬川(遊水地)堤防横断面



第153圖 新荒川堤防横断面



第154圖 淀川堤防横断面



第155圖 最上川堤防横断面

我が國改修河川の主なるものに就いて堤防断面各部の寸法を摘記すれば次の通りである。

第60表 改修河川堤防横断面

河川	天端		法勾配		表小段		裏小段	
	幅(m)	餘裕高(m)	表法	裏法	幅(m)	天端下(m)	幅(m)	天端下(m)
新信濃川	14.5	1.5	1:2	1:2	—	—	9.0	2.7
新北上川	14.5	1.5	1:2	1:2	—	—	—	—
同(舊川縮切)	14.5	1.5	1:3	1:2	—	—	3.6~7.9	3.0
新荒川	14.5(右岸) 10.9(左岸)	2.1	1:3	1:2	—	—	3.6	1.8
高梁川	7.3~9.0	1.5	1:2~1:3	1:2.5	—	—	0~3.6	—
蘆田川	5.5~9.0	1.5~2.0	1:2.5	1:2.5	—	—	2.0~5.0	3.0
富士川(下流)	8.0(左岸) 6.0(右岸)	1.0~1.8	1:2	1:2.5	—	—	—	—
荒川(上流)	7.5	1.8~2.1	1:2.5	1:2~1:2.5	—	—	3.5	1.8
千代川	6.0~7.5	1.2	1:2.5	1:2.5	—	—	3.0	1.2
斐伊川	7.5	1.5	1:2	1:2	—	—	3.5	1.8
木曾川(下流)	7.3	1.8	1:2	1:2	—	—	—	—
利根川(第3期)	7.3	1.5~1.8	1:2	1:2~1:3	0~9.0	4.5	3.6	1.8
渡良瀬川(遊水地)	7.3	1.8	1:2~1:3	1:2	3.6	1.8	3.6	1.8
吉野川(下流)	7.3	2.7	1:3	1:3	—	—	1.8	—
加古川	7.3	1.5	1:2	1:2~1:3	—	—	0~3.6	1.5
木曾川(上流)	7.0	2.5	1:2	1:2~1:2.5	—	—	4.0	3.0
天龍川	7.0	1.8	1:2.5	1:2~1:2.5	—	—	3.6	1.8
紀ノ川	7.0	1.5	1:2~1:3	1:2	5.0	4.0	3.0	2.0
筑後川	7.0	1.5	1:2	1:2	—	—	—	—
大淀川	6.0~7.0	1.5	1:2	1:2.5	—	—	3.5	2.0
最上川	6.3	1.5	1:2~1:3	1:2~1:2.5	3.0	5.5	1.8	3.0
富士川(上流)	6.0	1.5~1.8	1:2.5	1:2.5	—	—	3.6	4.0
狩野川	6.0	1.5	1:2	1:2.5	—	—	3.0	2.0
利根川(第2期)	5.5	1.5	1:2	1:2~1:3	3.6	2.1	3.6	1.8
淀川	5.5	1.5	1:2~1:3	1:2~1:2.5	9.0	4.5	3.6	2.1
雄物川	5.5	1.5	1:2~1:3	1:2.5~1:3	3.0	5.5	3.5	2.5
圓山川	5.5	1.2	1:2	1:2~1:2.5	—	—	3.0	2.0
緑川	5.5	1.0~1.5	1:2	1:2	—	—	—	—
岩木川	5.5	1.8	1:2	1:2~1:2.5	—	—	—	—
吉野川(上流)	5.5	1.8	1:2	1:2	—	—	1.8	—
九頭龍川	5.5	1.5	1:2	1:2	—	—	—	—
多摩川	5.5	1.5	1:2	1:2	—	—	3.6	1.8
北川	4.5	1.5	1:2~1:3	1:2~1:3	—	—	—	—
太田川(静岡)	2.7~3.5	0.9~1.5	1:2	1:2	—	—	—	—

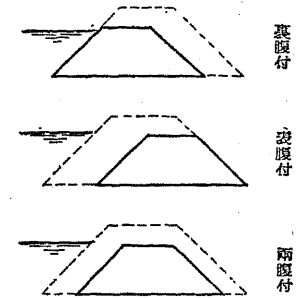
法勾配に2種あるは小段の設けある場合には小段以上と以下との値とす。

111. 堤防の施工

堤防の施工を名づけて築堤工事と言ふ。

1) 築堤の種類 築堤工事は之を新堤築設、舊堤擴張及び引堤に3大別する。新堤築設は從來の無堤地に新に堤防を設ける場合、舊堤擴張は舊堤を在來の位置で擴大する場合、又引堤は河積擴大の目的で在來堤防を後方に移築する場合を言ふ。

舊堤擴張に當り天端に置土して之を高めることを嵩上又は嵩置、法面に添土して断面を擴大することを腹付と言ひ、多くの場合その双方が同時に採用せられる。腹付を堤外又は堤内の何れの側に行ふかは新堤防法線によつて決定せられるが、實地上の問題としては表法に堅固な護岸等があれば裏腹付とし、堤内に充分の餘地がない場合には表腹付とし、舊堤が極めて矮小な時は内外兩側に腹付を行ふ(第156圖)。

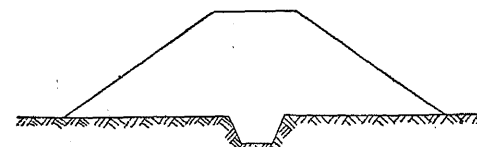


第156圖 舊堤擴張

2) 築堤材料 築堤用土砂は空隙の少い不滲透性のものを選定すべきであつて、粘土は適度の水分を含めば良好なる築堤材料であるが、壓縮、搗固が困難な上に、多量の水分を含む時は息角激減して崩落し、又乾燥すれば龜裂を生ずる缺點がある。砂は搗固が容易であるが滲透性に富む。故に築堤用土としては砂と粘土との適量なる混合物が優良であつて、實驗の結果によれば10~20%の砂を混じた粘土が滲透性が最小であるが、實地作業の點からは砂1/3~2/3、粘土2/3~1/3の比に混じたものが好適である。伊太利のレノー河の如きは特に良質の砂交り粘土を用ひて築堤を行つたが、多くの場合はその附近に於て最も安價且多量に得られる土砂を築堤材料に使用し、主として河道掘鑿の不用土砂が築堤土に流用せられる。従つて砂堤、砂利堤、玉石堤の如きものさへ施工せられ、此の場合には浸潤線の關係を考慮して特に断面を増大し、且裏法尻附近は玉石の類を積んで滲透水を速に排除せしめ、以て浸潤による法崩を防止する。但し砂堤、砂利堤等であつても洪水の回数が重なるに従つて浮游泥土がその空隙を填充して漏水を停止するに至るのを通例とする。

築堤材料には草根木皮その他の有機物の混入を避ける。腐敗して空洞を生じ、或は鼠屬の穿孔を促進する虞あるが故である。

3) 準備工 築堤箇所地盤は雑草、樹木の根等をよく取除き、地盤を搗起して築堤土との密着を助ける。

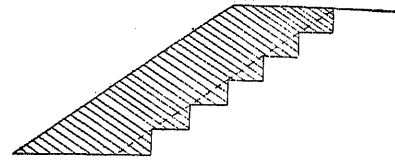


第157圖 根掘

粘土質地盤上に築堤を行ふ場合には堤防敷内地盤を第157圖の如く溝狀に掘り、之に堤體の一部を喰込ませて漏水防止を圖る。之を根掘又は根切と言ひ、断面の小さい堤防には屢々用ひられる。ミシシッピー河堤防に用ひられた根掘は上幅3.6m、下幅2.4m、深さ2.4mである。

堤防に用ひられた根掘は上幅3.6m、下幅2.4m、深さ2.4mである。

舊堤に腹付を行ふ場合には芝を取除いた上、第158圖の如く法面を約30cmの厚さに段状に切り取り、以て新舊堤防の密着を図る。

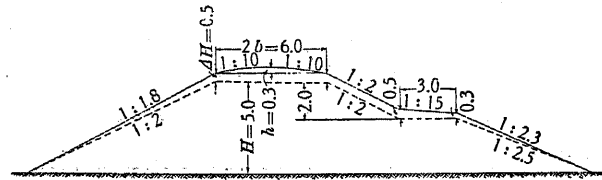


第158圖 法面段切

4) 運搬及び搗固 人力、馬匹、機關車等で運搬して來た土砂は20~30cmの層に捨土し、之を搗固めながら次第に下層から上層に築上げる。搗固の代りに唧筒で撒水して土砂を沈下させることもあり、之を水締法と呼ぶ。但し大堤防に於ては搗固も水締も困難なる場合が多く、此の時は盛土後相當の期間之を放置して自然に沈下及び収縮の行はれた後に表面30~60cmを搗固めて仕上げる。

何れの場合にも速成的に盛土を行ふことは禁物であつて、搗固乃至沈下の不完全な堤防は竣功後縦龜裂を起す危険がある。一旦龜裂を生じた堤防は掘起して築立を遣り直さなければならぬ。

5) 餘盛 堤防が地盤及び堤體の沈下、収縮の爲にその高さを減ずることは不可避の事實であるから、大體築堤高の10%内外の餘盛を行ひ、從つて法勾配も幾分急に仕上げる。猶天端は蒲鉾形にして1:10内外の横斷勾配を附ける。



第159圖 堤防施工斷面

第159圖は堤防規定斷面と餘盛を附けた施工斷面とを示す。餘盛の結果法勾配1:2は1:1.8

に、1:2.5は1:2.3に變ずるのである。

第61表は餘盛高及び天端蒲鉾高の實例を示す。(第159圖参照)

第61表 堤防餘盛高及び天端蒲鉾高

河 川	堤 防 餘 盛 高		天 端 蒲 鉾 高		
	ΔH (m)	$\Delta H/H$	h (m)	b (m)	h/b
淀 川	0.90	1/8	0.45	2.75	1/6
富 士 川 (上流)	0.60	1/7~1/13	0.40	3.00	1/7.5
荒 川 (上流)	0.70~1.00	1/8~1/10	0.50	3.75	1/7.5
荒 川 (下流)	0.60~0.80	1/7.5~1/10	0.55	7.25	1/13
利 根 川 (第2期)	1.00	1/8	0.45	2.75	1/6
同 (第3期)	0.60~0.80	1/7	0.36	3.60	1/10
渡 良 瀬 川	0.60	1/10	0.27	2.70	1/10
同 (遊水地)	0.60	1/10	0.30	3.60	1/12
紀 川	0.70	1/9	0.50	3.50	1/7

河 川	堤 防 餘 盛 高		天 端 蒲 鉾 高		
	ΔH (m)	$\Delta H/H$	h (m)	b (m)	h/b
筑 後 川	0.50~0.80	1/7.5~1/9	0.50	3.50	1/7
阿 賀 川 (下流)	0.60	1/10	0.45	3.60	1/8
同 (上流)	0.60	1/10	0.45	2.75	1/6
多 摩 川	0.50	1/9	0.40	2.75	1/7

6) 築立 築堤を仕上げる爲に法切、天端均及び之に伴ふ土砂の小運搬、土羽付を行ふことを築立と言ふ。土羽付は盛土後相當の期間を經過して土砂が充分に沈下、収縮したる後に行はれる法面の搗固作業であつて、法切を行つた後に土羽棒又は土羽板を以て法面を叩いて仕上げる。

築堤材料が砂や砂利の場合には土羽付も芝付も困難であるから、法面を厚さ20~40cmの長質土壤で仕上げる。之を土羽付衣土と言ふ。

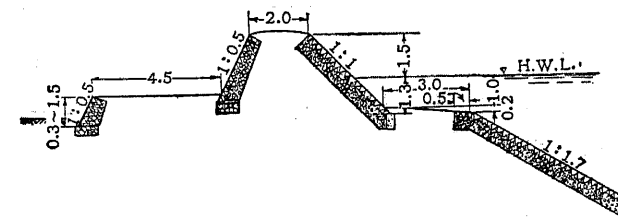
7) 芝付 堤防法面には通例芝を植付ける。之を芝付と言ひ、最も簡單なる法面保護工である。

芝付には張芝又は縄芝、筋芝、市松芝等の種類がある。張芝は土羽付を終つた法面全體に約30cm角の切芝を張り、目串と稱する長さ20cm位の竹串2~8本を芝に挿込んで之を法面に固定する。筋芝は法長約30cm毎に幅約10cmの切芝を法面に張付け、或は之を水平に法面に埋込むのであつて、前者の工法では同じく目串を用ひて芝を固定し、後者の工法では土羽付の際に同時に芝付を行ふ。又市松芝は約30cm角の切芝を1枚置に市松形に張付けるのであつて、法面の1/2の面積の切芝で足りる。

張芝は芝付による法面保護の迅速なる効果を必要とする表法面に使用せられ、筋芝及び市松芝は裏法面に使用せられる。又法肩の崩れるのを防止する爲には法肩に沿つて天端に幅10~15cmの切芝を張ることがあり、之を耳芝と言ふ。

112. 特殊構造

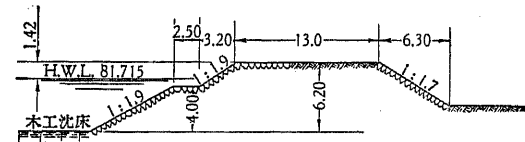
特別の理由ある場合及び特別の目的に對しては特殊構造の堤防が採用せられる。



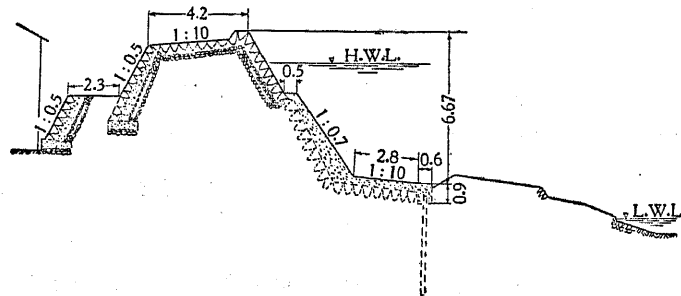
第160圖 狩野川堤防

1) 石堤 土堤の法面を間知石、割石、野面石等を以て被覆したもので、市街地などの關係上成規斷面の堤防を造ることが困難なる箇所に法勾配を急にす目的で施工せられ、或は急流

河川に於て流水の激突する箇所に護岸兼用に施工せられる。第160圖の沼津市地先の狩野川改修堤防は前者の例、第161圖の手取川舊堤防は後者の例、第162圖の福知山町地先の由良川舊堤防は兩者の混用と見られる。



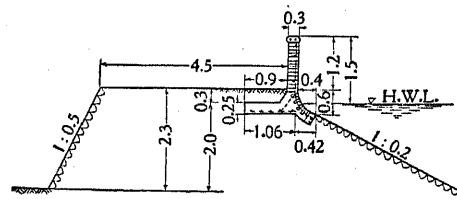
第161圖 手取川堤防



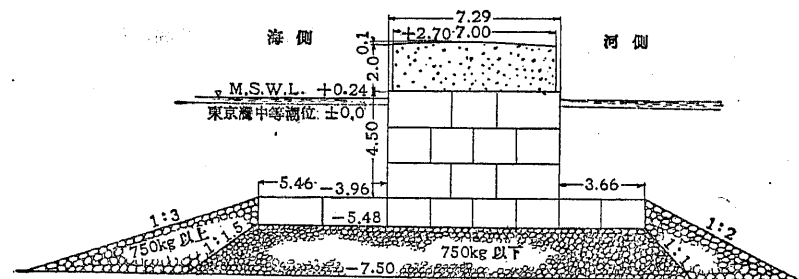
第162圖 由良川堤防

2) コンクリート堤
同じく市街地などで用地に餘裕のない場合に計畫高水位附近までを土堤とし、天端餘裕高に相當する部分をコンクリート又は鐵筋コンクリートの胸壁とすることがある。第

163圖の羽田地先の多摩川堤防はその例である。斯の種の構造は延岡市地先の五箇瀬川、熊本市内の坪井川、梁川町地先の沖ノ端川各改修堤防にもその例がある。又河口附近に於ては波浪、高潮を防ぐ爲に斯の種の胸壁を設ける場合が珍しくない。



第163圖 多摩川堤防



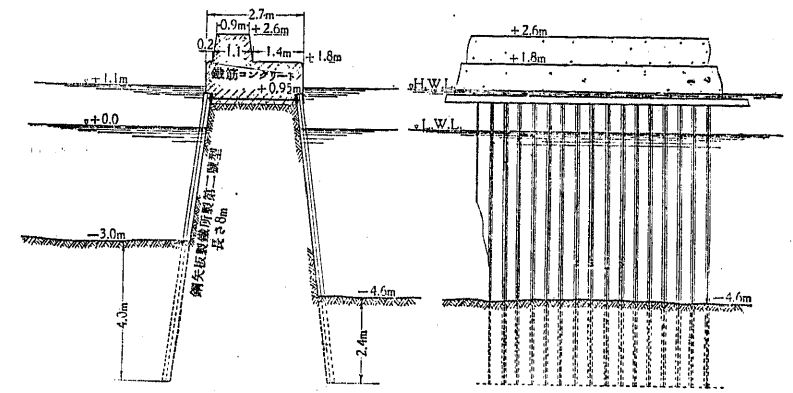
第164圖 最上川河口突堤

に於ける防波堤と同一構造のものが採用せられる。方塊堤も亦その一種であつて捨石の上に適當の大きさのコンクリート方塊を積重ね、上部は場所詰とする。第164圖は最上川河口南突堤を示す。

4) 矢板堤 導水堤などに使用せられ、他の構造に比して著しく断面を縮小し得る利便があ

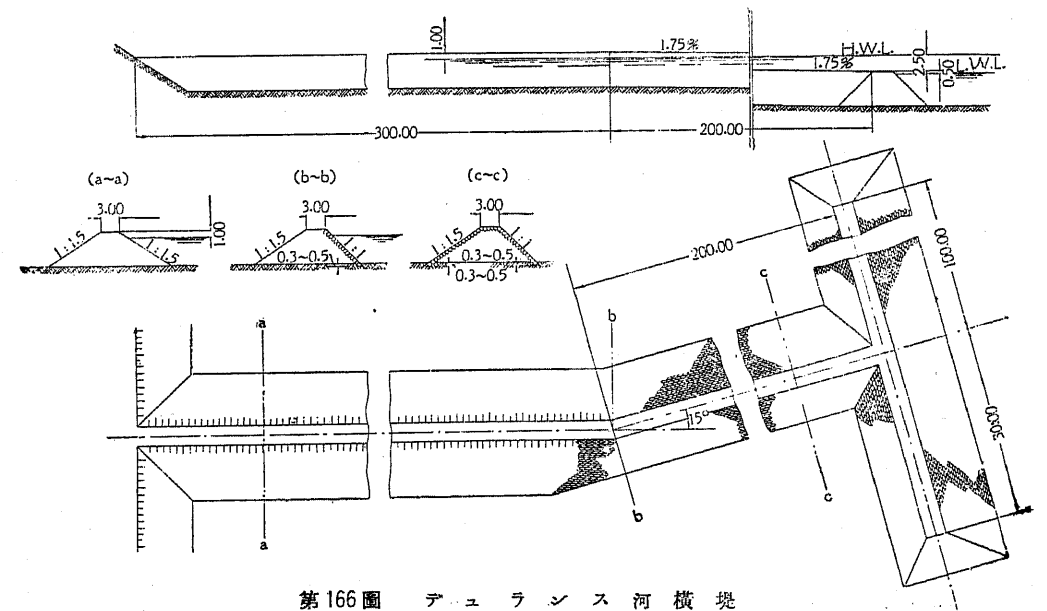
3) 方塊堤
河口突堤は海からの風浪に晒される構造物であるから、その構造は特に堅牢なるを要し、此の爲には港湾工事

る。鋼矢板又は鐵筋コンクリート矢板を2列に打込み、その間に土砂、割石等を填充した上部に場所詰コンクリートを施工するもので、第165圖は利根川流末銚子港の鋼矢板突堤を示す。



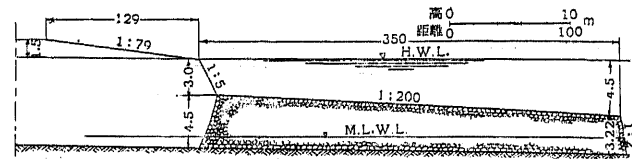
第165圖 銚子港突堤

5) 横堤 我が國に於ける横堤の著名なる例は荒川上流であるが、その天端は計畫高水位上70cmであるから、構造上普通の堤防と相違する所がない。縦堤を省き横堤だけで河川を改修した有名な例は佛蘭西のデュランス河であつて、800~1000m 間隔に長さ400~500m、稀には1000mの横堤を設けて水階幅を250~390mに局限する。此の横堤は之に直角に長さ約130mの頭部を附けたものであるが、最初はその天端を全部洪水水面以上に造つたが爲に結果却つて良好ならず、後之を改造して尖端部約200mは洪水時水中に没せしめることとし、従つてその部分は之を石堤として施工したのである(第166圖)。



第166圖 デュランス河横堤

6) 瀬割堤 瀬割堤の内洪水面以上に築造せられる部分は普通の堤防と全く同一であるが、その尖端部は漸次天端を低くして洪水時には冠水せしめる構造とし、従つて之を石堤に作るのが普通である。霞堤の末端に就いても同様である。第167圖は釜無、笛吹兩川の瀬割堤を示す。



第167圖 釜無、笛吹兩川瀬割堤

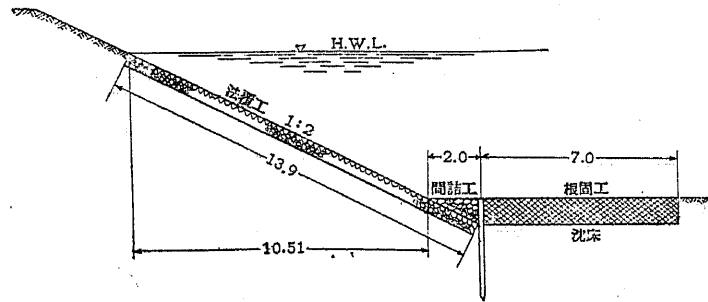
7) 溢流堤 溢流堤に於て流速緩なる場合にはその堤外側を芝付とせしむる場合も、普通の場合には之を石堤として前後法面、天端、上下流堤防との接續部、水叩部ともに石積又は石張とする。

8) 導水堤 導水堤は石堤を普通とし、特殊の場合には矢板堤が設けられるが、特に河口突堤には方塊堤、捨石堤その他が採用せられる。

第六章 護岸

113. 護岸

河岸又は堤防を保護して流水による浸蝕を防止する爲にその法面に施設する工作物を護岸と言ふ。但し護岸前面の根固工はその構造及び效用ともに水制と同一であつて、その間に截然たる區別を設け難い場合が多い。

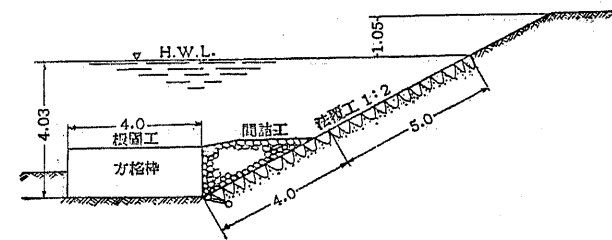


第168圖 法覆、法留及び根固工

護岸の成規的構造は次の3要部から成る。

- 1) 法覆工 法面を保護する部分であつて、最も簡易なる芝付工、羽工の類から投掛工、柳枝工、蛇籠工、石張工、コンクリート張工に至るまで、河狀及び施工箇所に応じて種々の工法が採用せられる。
- 2) 法留工 法面に施行して法覆工の基礎となる部分であつて、普通には各種の柵工、矢板工が採用せられ、場合によつては捨石工、杵工などが用ひられる。
- 3) 根固工 法留工の前面に施行して之を保護する部分であつて、急流部に於ては護岸前面の

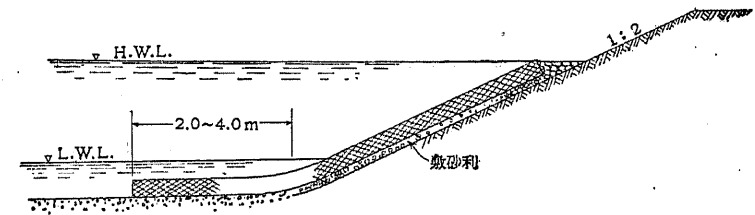
洗掘を防止する爲に特に嚴重なる根固工を必要とする。工法としては各種の沈床工、鐵線籠工、捨石工、杵工、牛工などが採用せられる。



第169圖 法覆及び根固工

覆工にして同時に根固工を兼用する場合もある。

第168圖は法覆石張、法留柵、根固沈床の護岸、



第170圖 鐵線蛇籠法覆工

第169圖は法覆石張、根固方格柵の護岸、第170圖は鐵線蛇籠法覆工の例である。

護岸工法に就いて注意すべき事項は次の通りである。

- a) 急流部に於ては石張及び之に類する堅牢なる護岸を設け、緩流部に於ては柳枝工、投掛工程度の簡易な構造とする。
- b) 護岸の高さは急流部では高水位附近まで達せしめるが、緩流部では低水位と高水位との中間に止めてよい。或は下部を石張、上部を柳枝工とするが如き工法も行はれる。
- c) 護岸の法は1:1.5~1:3が普通である。特殊の場合には1:1とすることもあるが、如何なる場合にも1:0.5の如き急勾配は避けた方がよい。
- d) 根入は充分ならしめる。殊に急流部では流路が急變するから假令前面に寄洲があつても、妄に之に依頼して根入を減じてはならない。法留工のない護岸の根入は1~1.5m以上とする。
- e) 法覆工と根固工との間の楔形の間隙は水流を誘導して護岸破壊の因を作るから捨石、鐵線籠等で填充する。之を間詰工と言ふ。
- f) 護岸は天然河岸に比すれば流水を誘導し易いから成るべく平滑なるものよりも粗面なるものを選ぶ。此の點ではコンクリート張よりは石張、更に是等よりは鐵線籠類が優つてゐる。利根川筋で調査した護岸前面の流速は第62表の通りである。
- g) 護岸の破壊はその脚部又は兩端から始るのが普通であるから河床洗掘の虞のある箇所には必ず根固工を設け、護岸兩端は適當地盤に喰込ませる。之を捲込と呼び、場合によつては天端

第62表 護岸前面流速

護岸種類	流速 (m/sec)	護岸種類	流速 (m/sec)
柳籠, 柳枝工	0.44	杭 柵 工	0.70
石植 コンクリート張	0.52	コンクリート・ブロック単床	0.70
石 張	0.66	コンクリート張	0.86

にも之を施す必要がある。且洗掘が護岸裏に及んだ場合には直ちに法覆工に異状が現れる様な構造でない、堤防に危険を及ぼす間際まで之を看過する虞がある。此の點から言へばコンクリート張、練石張の如きは不適當である。

h) 護岸裏の洗掘に應じて沈下する屈撓性法覆工は此の危険が少く、此の點ではコンクリート・ブロック単床、籠類が優つてゐる。

i) 河岸の1箇所に護岸を設けると、之による流水の誘引及び屈折の爲にその上下流及び對岸に缺潰を及ぼすことがあるから、護岸法線の方向及び工法の選定に就いては慎重なる注意を必要とする。

114. 羽口工

法覆工の内でも最も簡易な工法は芝付であつて、之に次ぐものが羽口工である。芝付は緩流部の平水位以上に用ひて充分の機能を發揮するが、是よりも流勢が急なる箇所、應急工事、急速に法面保護の機能を發揮せしめる必要のある假締切工事などに對しては羽口工が採用せられる。

1) 萱羽口 先づ地形を踏固めた後長さ約1.8mの野萱の小口を揃へて厚さ9cmに敷並べ、その上に粘土約3cmを置き踏縮めて約1:0.3勾配に築上げる。羽口を押へる爲には高さ約45cm毎に目通周3~6cmの葉直竹(葉付女竹)を35~40cm間隔に小口から約30cm内側に挿込んだ上、萱の根元で踏折つて横に組合はせる。之を中縫と言ひ、此の工法を反覆して所要の高さに達せしめ、最後に目通周6~9cmの葉唐竹で縫竹を行ふ。

所要材料勞力 萱羽口 10m²につき、1.5m 繩締野萱 20束、葉直竹 60本、葉唐竹 36本、人夫10人。

2) 粗朶羽口 萱の代りに粗朶を用ひる工法であつて、粗朶には松粗朶を用ひることが多い。

所要材料勞力 粗朶羽口 10m²につき、1.5m 繩締粗朶 15~20束、その他は萱羽口と同様。

3) 石羽口 面約12cm以上の玉石と長さ45cm、幅18cm、厚さ6cm前後の切芝とを交互に積上げて約1:0.3勾配に築上げる工法であつて、比較的水當りの強い箇所に用ひられる。

所要材料勞力 石羽口 10m²につき、玉石 6.6m²、切芝 10m²、人夫1.8人。

4) 土俵羽口 土俵を積上げて法面を固める工法であつて主として應急工事に用ひられ、土俵は縦に並べる場合と横に並べる場合とがあり、普通之に縫竹を行ふ。

115. 法柵工

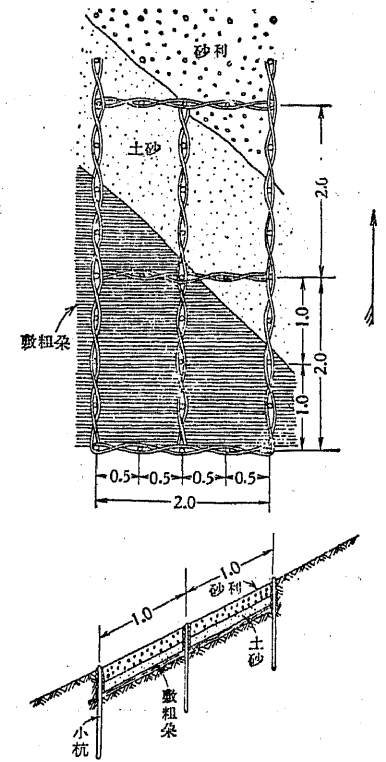
法覆工に使用せられる柵工には柳枝工の外種々の工法があり、その名稱の如きも地方によつて必ずしも一定しない。

1) 柳枝工 中流部の上段法覆工及び緩流部の法覆工として廣く採用せられる。工法は先づ法面を均し、長さ1.8mの柳粗朶を元口を上流に向けて敷並べた上、50cm間隔に小杭を打つて法の方向には2m間隔、流水の方向には1m間隔の柵形を造り、之に帶梢を以て高さ12~15cmに柵を搔き、柵一杯に厚さ約6cmの土砂及び厚さ6~9cmの切込砂利を填充する。

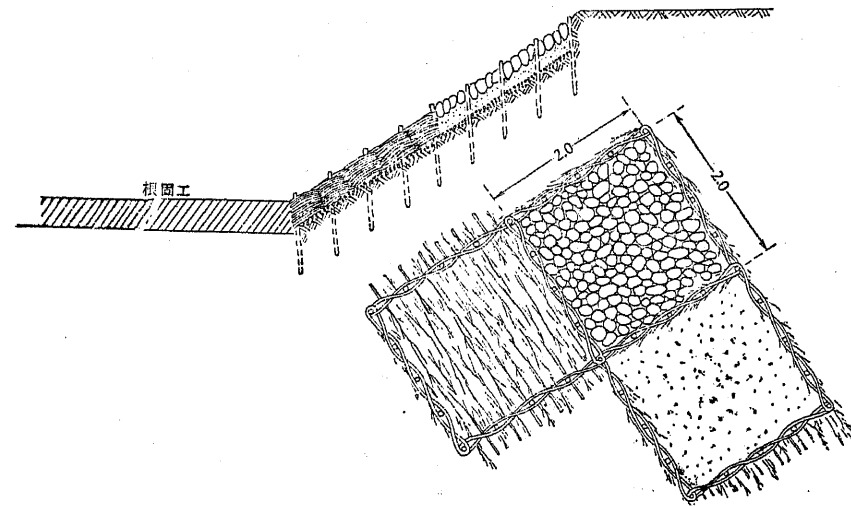
帶梢及び小杭ともに生柳を使用してその發芽を計るをよしとし、従つて施工時期は10月から翌年4月迄の間を選ぶ。柳枝工の施工法勾配は1:2~1:8が普通である(第171圖)。

所要材料勞力 柳枝工 10m²につき、柳粗朶9束、柳帶梢3束、小杭3束、土砂0.6m³、切込砂利0.6m³、人夫2.0人。

2) 栗石粗朶工 流勢が急で柳枝工では不十分な箇所、又は法勾配の稍々急な箇所の法覆工に



第171圖 柳枝工



第172圖 栗石粗朶工

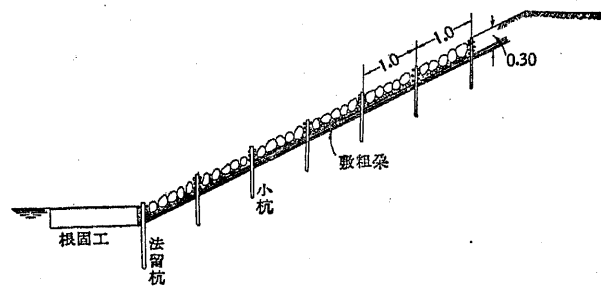
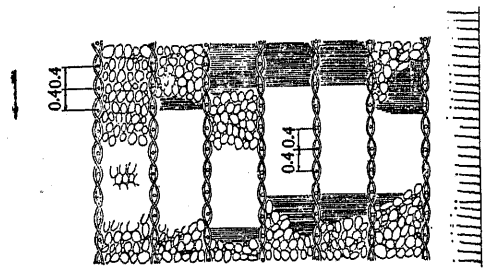
適し、一名玉石粗朶工とも言ふ。工法は柳枝工に類するが、柵の間隔は縦横ともに約2mを普通とし且柵と柵との間に土砂及び切込砂

利を填充する代りに之を控 15 cm 以上の栗石、玉石又は野面石に代へたものであつて、時としては是等の詰石を以て表面を張立てる(第 172 圖)。

所要材料勞力 栗石粗朶工 10 m² につき、粗朶 9 束、帶梢 2.5 束、小杭 2.5 束、栗石 1.0 m³、目潰砂利又は粘土 2.0 m³、石積夫 1.5 人、人夫 3.0 人。

3) 投掛工 栗石粗朶工と類似の箇所に施工するに適し、段柵工、礫掛工などの別名がある。工法も亦栗石粗朶工に類似するが、柵は流水の方向だけに約 1 m 間隔に之を設け、杭の間隔は 40~50 cm とする。

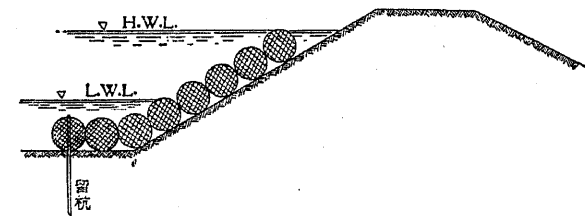
所要材料勞力 投掛工 10 m² につき、粗朶 9 束、帶梢 3 束、小杭 3 束、栗石 0.7 m³、目潰砂利又は粘土 1.0 m³、石積夫 1.0 人、人夫 2.0 人。



第 173 圖 投 掛 工

116. 籠 工

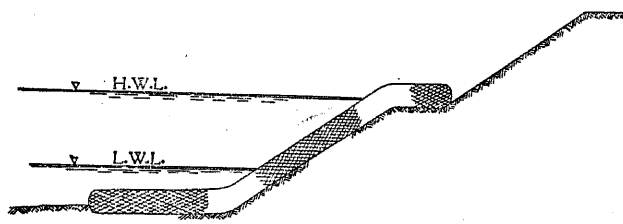
蛇籠は割竹を以て龜甲形の目に編んだ圓筒形の籠に玉石又は割石を填充したものであつて、支那では約 2000 年前から之を使用し、その後三韓を経て我が國に輸入せられて以來約 1500 年、専ら河川工事の爲に全国各地に使用せられる。



第 174 圖 腹 籠

固、水制、床留、その他牛工の重籠、尻押籠等極めて廣汎なる用途を有し、法覆に使用する場合には腹籠と稱して横に積上げたものは滑落し易い缺點あるが爲に、法の方向に豎に敷並べる

蛇籠は法覆に使用せられる外根



第 175 圖 立 籠

のが普通であつて、之を立籠と言ふ(第 174 圖、第 175 圖)。

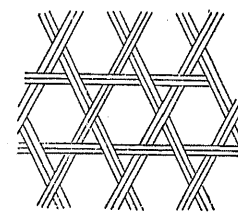
腹籠として使用する場合には最下段の籠に留杭を打つ。立籠の場合にも流勢が激しく且法勾配が急な場合には留杭を設けることもあるが、河床の洗掘に應じて籠が自然に迂り落ちるのを防がない爲には留杭のない方がよい。

籠の長さは 10 m 以下が普通であるが、18 m 位のものが造られることもあり、徑は 90 cm 以下、普通は 45~60 cm である。時としては徑 1.2~1.5 m のものを直立せしめて根固用に使用することがあり、之を達磨籠と言ふ。

法覆立籠の工法は先づ法面を切均した後蛇籠を列べ、之に申請石を填充するのであるが、その末端は普通 2~4 m 河床に垂らして根固を兼用せしめる。之を垂れと言ひ立籠の必須要件とせられる。

蛇籠は竹製のものが原始形であるが、外に粗朶籠、柳籠の如き特殊のものもあり、特に近年は竹の代りに鐵線を用ひる鐵線蛇籠が廣く一般に採用せられるに至つた結果、是等と區別する爲には竹蛇籠の名を以て呼ばれる。

1) 竹蛇籠 中流部の法覆工に適する。材料は 2 年生以下の唐竹目通周 12~15 cm、冬季伐採のものにして腐朽、蟲喰等のないものを選んで之を四つ割とし、是より周の大きいものは五つ割、六つ割として扮竹の幅を 2.5~3 cm とする。堅竹は此の扮竹を長さ 4.5 r に遣つて 2 枚並



第 176 圖 竹蛇籠編目

べ 6 本建に用ひ、輪竹は長さ 3.6 m に遣つて 2 枚並べ、籠長 9 m につき 48 輪として第 176 圖の如き龜甲目に編み、編目は詰石の大きさよりも小さく 12~15 cm とする。

近來鐵線蛇籠の使用が旺盛となるに従つて竹蛇籠の使用が廢れ、蛇籠編の人夫がその跡を絶たんとするのは遺憾である。

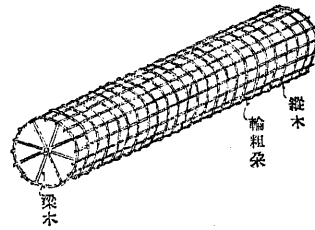
總べて蛇籠を使用する場合には籠の徑の 10% 増を施工幅員と考へて所要員數を算出する。例へば施工幅員 1 m につき徑 90 cm 籠ならば 1 本、徑 60 cm 籠ならば 1.5 本、徑 45 cm 籠ならば 2 本となる。

所要材料勞力 竹蛇籠長さ 9 m、徑 45 cm、編目 12~15 cm 1 本につき、目通周 12~15 cm 唐竹 15 本、詰石 1.5 m³、人夫 0.8~1.2 人。

2) 柳蛇籠 扮竹の代りに生柳枝を以て蛇籠を編んだものであつて、柳の發芽を助ける爲に蛇籠の下敷には相當の厚さの眞土を敷き、且蛇籠の上には上覆土を置いて充分に踏締める。發芽せる枝條は 2~3 年目に刈取つて新芽の發生を促すと同時に之を籠の修理に充當する。完全に發芽した柳蛇籠は竹蛇籠よりは勿論、鐵線蛇籠よりも耐久性に富み、此の故に一名萬年籠とも呼ばれる。

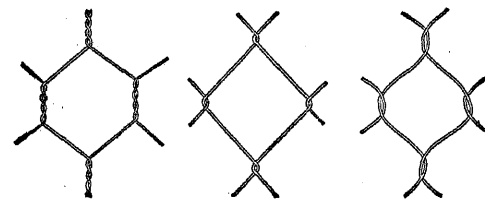
所要材料勞力 柳蛇籠長さ 9 m, 徑 45 cm 1本につき, 長さ 1.2 m, 1.5 m 纏締生柳 4束, 詰石 1.0 m³ 目潰土 0.6 m³, 人夫1.5人。

3) 粗朶蛇籠 一名木籠と言ひ, 第177圖の如く徑 3~6 cm の樹枝を縦木とし, 之に徑 2 cm 内外の輪粗朶を配して籠を造つたものであつて, 縦木と輪粗朶との交點は鐵線で結束する。竹蛇籠に比すればその屈撓性, 耐久性ともに劣る。



第177圖 木籠

所要材料勞力 粗朶蛇籠長さ 7.2 m, 徑 90 cm 1本につき, 縦木長さ 4.8 m, 元口 5 cm 雜木 24本, 輪粗朶長さ 2.7 m, 元口 2 cm 同 180本, 小口梁木長さ 1.0 m, 末口 3 cm 同16本, 17番(徑 1.4 mm) 亜鉛鍍鐵線 3.2 kg, 詰石 4.7 m³, 人夫 2~2.5人。



手編(龜甲形) 機械編(菱形) 機械編(丸形)
第178圖 鐵線蛇籠編方

4) 鐵線蛇籠 10~8番(徑 3.4~4.2 mm) 亜鉛鍍鐵線を以て蛇籠を編んだものであつて, 編方には手編と機械編とがあり, 前者は現場に於て龜甲形に編み, 後者は工場に於て撓曲したものを現場で鐵輪を入れて組立てるのであるから, 編目は菱形及び丸形が普通である(第178圖)。

機械編蛇籠には川崎式, 大橋式, 長作式などの特許がある。

總べて蛇籠は相當に流勢が強く, 而も石張に適する石材が手近に得られない箇所を用ひて便利且經濟であり, 特に鐵線蛇籠はその使用の範圍が極めて廣汎であるが, 急流河川の上流部に於て玉石などが流送せられる様な箇所では鐵線を切斷せられる虞があるから使用に適しない。

鐵線蛇籠は竹蛇籠, 粗朶蛇籠等に比すれば遙かに耐久力が大きく, 流水が酸, 植物性壤土等鐵線を腐蝕せしめる有害物の有害量を含まない場合には10年以上の耐久力を有するが, 而も永久に鐵線の腐蝕を防止することは不可能であるから鐵線蛇籠を施工すると同時に生柳の敷粗朶又は挿柳工の如きを行つて柳枝の繁茂を圖るのがよい。

所要材料勞力 手編鐵線蛇籠 10 m につき, 所要材料勞力は次表の通りである。

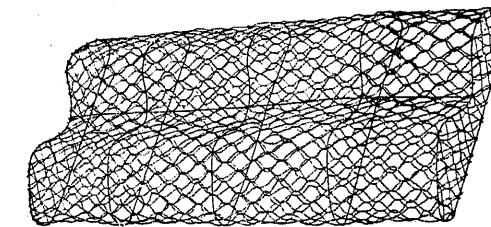
第63表 手編鐵線蛇籠材料勞力表(籠長 10 m 當り)

籠徑 (cm)	編目 (cm)	鐵線重量 (kg)		詰石 (m ³)	籠夫		人夫
		10番線	8番線		10番線	8番線	
45	10	24.8	38.7	1.44	1.2	1.8	0.9
	12	21.2	33.1		1.1	1.6	0.8
	15	17.7	27.6		1.0	1.5	0.7

籠徑 (cm)	編目 (cm)	鐵線重量 (kg)		詰石 (m ³)	籠夫		人夫
		10番線	8番線		10番線	8番線	
50	10	28.3	44.1	1.76	1.4	2.0	1.1
	12	23.0	35.9		1.2	1.8	1.0
	15	19.5	30.4		1.0	1.6	0.9
55	10	30.1	47.0	2.14	1.6	2.4	1.3
	12	26.6	41.5		1.4	2.1	1.2
	15	21.2	33.1		1.2	1.8	1.1
60	10	33.6	52.4	2.54	1.8	2.7	1.5
	12	28.3	44.0		1.5	2.3	1.4
	15	23.0	35.9		1.2	1.9	1.3
90	10	49.6	77.4	5.72	2.6	3.9	2.6
	12	42.5	66.3		2.2	3.3	2.5
	15	33.6	52.4		1.8	2.7	2.4

機械編鐵線蛇籠に就いては籠長 10 m につき, 組立及び据付人夫徑 45~50 cm 籠の場合 0.12人, 徑 55~60 cm 籠の場合 0.15人, 徑 90 cm 籠の場合 0.25人を要する。

5) その他の鐵線籠 護岸表面を波形にして流水誘導の傾向を低減する爲に考案されたものに



第179圖 A型さなみ籠

さなみ籠がある。籠の長手の方向には胴線より徑の大きい丸鋼の骨線を通し, 横斷の方向には同じく中枠を挿入すると同時に釣線を設けて波形の維持を圖るのであるが, 中枠及び釣線が充分の太さのものでないと籠詰石を行ふ場合に籠が變形を起す。籠の形は波形, 凸字形, 凹字形, 蒲鉾形などの種類があり;

法覆用としてのみならず, 根固用, 水制用などにも用ひられる。第179圖はA型さなみ籠の組立圖を示す。なみがた籠と言ふのも全く之に類似する。

籠の寸法は波形の種類によつて相違し長さ 2~4 m, 幅 1.0~1.95 m, 高さ 30~120 cm とする。

所要材料勞力 A型さなみ籠(波形)長さ 4 m につき, 所要材料勞力は次表の通りである。

第64表 A型さなみ籠材料勞力表(籠長 4 m 當り)

高さ (cm)	幅 (m)	長さ (m)	詰石量 (m ³)	組立及び据付人夫	石詰人夫
30	1.90	4	1.74	0.11	0.70
40	1.90	4	2.38	0.12	0.95
45	1.90	4	2.56	0.13	1.02

高さ (cm)	幅 (m)	長さ (m)	詰石量 (m ³)	組立及び据付人夫	石詰人夫
50	1.90	4	2.98	0.14	1.19
60	1.90	4	3.57	0.15	1.42
100	1.80	4	6.20	0.19	1.86
120	1.80	4	7.48	0.21	2.28



第180圖 鐵線蛇籠

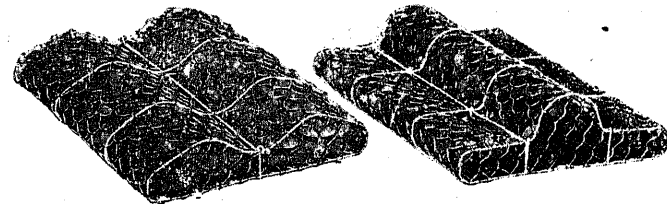
などの種類がある。

第180圖は蛇籠，第181圖はさなみ籠，第182圖は蒲團籠，第183圖は達磨籠の詰石施工後の形である。

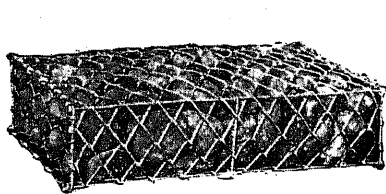
6) 包柴工 包柴は蛇籠

の簡単な形であつて厚さ 8~12 cm 内外の粗朶箇の中に切込砂利，栗石等を包み，約 30 cm 間隔

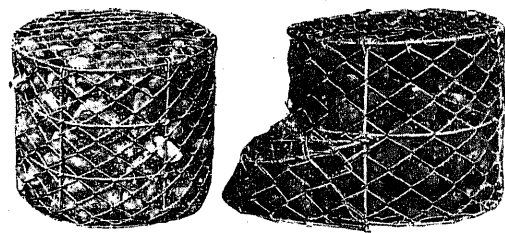
次に根固工に使用せられる鐵線籠には種々の異型がある。長方形のものを蒲團籠又は床籠，徑が太く高さの低い圓筒形のものを達磨籠又は岩籠，4面體をなすものを捨石籠と言ひ，その他扇籠，蒲鉾籠，俵籠，壺籠，靴籠



A型 第181圖 さなみ籠 (なみがた籠) D型



第182圖 蒲團籠 (床籠)



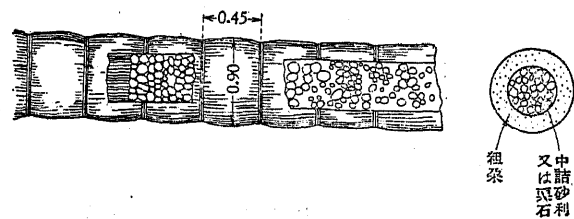
第183圖 達磨籠 (岩籠)

に二子繩，棕櫚繩，亜鉛鍍鐵線等を以て結束したものである。中流部以下緩流部の法留，根固又は床留工に使用せられ，徑は 45~90 cm，長さは 6 m 位が普通である。

両端は末細りに粗朶を結束し，或

は中詰と同じ徑に結束した長さ 50~60 cm の小口粗朶を中詰と同時に捲込む(第184圖)。

所要材料勞力 包柴長さ 10 m につき，所要材料勞力は次表の通りである。



第184圖 包柴

第65表 包柴材料勞力表 (長さ 10 m 當り)

徑 (cm)	粗朶 (束)	中詰栗石 (m ³)	二子繩 (房)	12番鐵線 (kg)	人夫 (人)
45	12	0.75	5.0	4.0	2.0
60	16	1.32	6.5	5.5	3.0
75	21	2.40	8.0	7.0	4.5
90	34	3.00	10.0	8.0	6.0

117. 石張及びコンクリート張工

最も堅牢なる護岸工の種類であつて，急流部の護岸は専ら之による。

1) 石積工 勾配 1:1 より急なる場合を石積と言ひ，用材には間知石，割石，雜割石，野面石などの區別があり，水勢緩なる場合，勾配緩なる場合には空積とするが，水勢急なる場合，勾配急なる場合には練積とする。

石積の場合に注意すべき事項は a) 高い石積に於ては下部に至るに従つて石の控長を増大すること， b) 石積の背面には充分の厚さの裏込礫を使用すること， c) 裏込の厚さは上部から下部に至るに従つて之を増大すること， d) 練積とした場合には必ず 3 m² に 1 箇所位の割合で水抜孔を設けること等である。

2) 石張工 勾配 1:1 よりも緩なる場合を石張と言ひ，玉石を使用したものを特に石羽取又は玉石羽取とも言ふ。石羽取に於ける玉石は必ず長手を法面に直角に置くを原則とし，大玉石を使用して入念に仕上げた石羽取工は空積を以てしても可なりの激流に耐へる。明治35年に竣功した手取川の堤防に於けるが如きがその適例である。

石張工に於ては法の上部和下部とで石の控長を變ぜず，従つて又裏込の厚さを變へないのを通例とする。

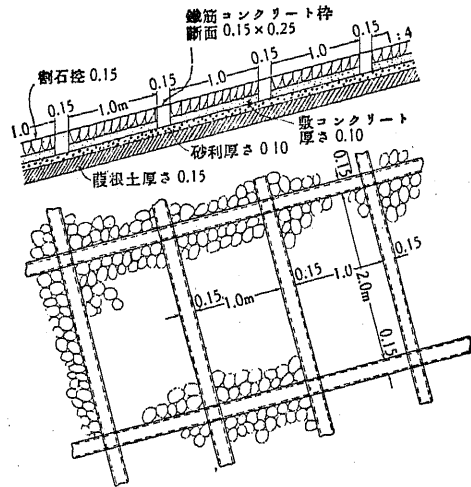
所要材料勞力 石積及び石張 1 m² につき，所要材料勞力は次表の通りである。

第66表 石積及び石張材料勞力表 (1 m² 當り)

控長 (cm)	石材 (個)	裏込礫 (m ³)	間知石		割石		雜割石		野面石	
			石工	人夫	石工	人夫	石工	人夫	石工	人夫
25	30	0.30	—	—	—	—	—	—	0.17	0.14
30	23	0.40	—	—	0.26	0.21	0.22	0.18	0.20	0.16
35	17	0.50	0.50	0.40	0.30	0.24	0.25	0.20	0.23	0.18
45	11	0.70	0.60	0.48	0.36	0.29	0.30	0.24	0.27	0.22
55	8	1.00	0.72	0.58	0.43	0.34	0.36	0.29	0.32	0.26
60	6	1.20	0.86	0.69	0.52	0.42	0.43	0.34	0.39	0.31
75	4	1.50	1.12	0.90	0.68	0.54	0.56	0.45	0.51	0.41

石張工に於ては特殊の場合を除くの外空張とし、石の合端には豆砂利などを填充して目潰とするが、大きい石材の得られない場合には玉石張、雜割石張にコンクリートを使用して練張とすることもある。

3) 石詰法枠工 栗石粗朶工の粗朶柵の代りに鐵筋コンクリートの柵形の枠を組んだもので、普通 1:2 より緩なる勾配の箇所に施工せられる。その工法は先づ法面に厚さ 15 cm の粘土を置き、その上に厚さ 10 cm の砂利を敷いて之を固め、幅 15 cm、厚さ 25 cm の鐵筋コンクリート材を縦横に並べて流水の方向には 1 m 間隔、法の方向には 2 m 間隔に柵形の枠を作つた間に控 15 cm 内外の割石を詰める。枠は既塑鐵筋コンクリート材を並べて交叉點だけを場所詰とするのが普通で、詰石の脱落を防止する爲には敷コンクリート又は目潰コンクリートを施工する。第 185 圖は三重縣掛斐川筋に施工せられた石詰法枠工の例であつて、法は 1:4 の緩勾配である。

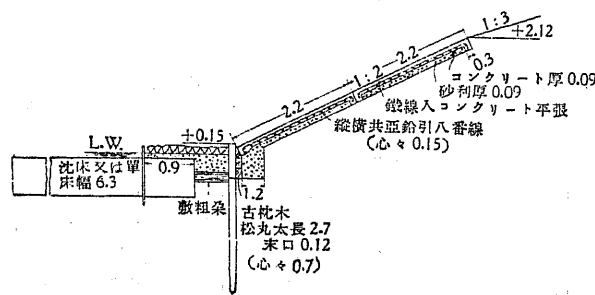


第 185 圖 石詰法枠工

所要材料勞力 石詰法枠工法長 11.5 m、延長 10.75 m、面積 123.6 m² につき、覆根土 18.54 m³、切込砂利 12.36 m³、長さ 2 m 鐵筋コンクリート柵材 50 本、長さ 1 m 同上 50 本、配合 1:2:4 コンクリート 0.28 m³、配合 1:3:6 同上 10 m³、雜割石 15 m³、人夫 3) 人。

4) コンクリート張工 法覆コンクリート張工は水勢相當に強く、而も石材に乏しい箇所に施工せられ、法勾配は 1:2 より緩なるを普通とする。工法は法面に厚さ 12 cm 位に栗石又は砂利を敷いて充分に目潰を行ひ、その上に配合 1:3:6 程度のコンクリートを厚さ 12~15 cm に施工

するものであつて、1.5~2.0 m 間隔に縦横に繼手を設けるのがよい。又コンクリートの龜裂を防止する爲には鐵網又は徑 4~6 mm の鐵筋を縦横に挿入する。コンクリート張護岸はその表面平滑に過ぎて流水を導き易いのが缺點であるから、その表面に



第 186 圖 コンクリート張工

格子形の肋を造り或は之を段狀に仕上げる等の工法が屢々行はれる(第 186 圖)。

所要材料勞力 コンクリート張工 1 m² につき、栗石 0.12 m³、切込砂利 0.04 m³、コンクリート 0.12 m³、人夫 1.5 人。

5) 豆板工 コンクリート張工の表面平滑に失するのを防ぐ爲に徑 12~15 cm の玉石をコンクリート又はモルタル中に植込み、恰も豆板の如く仕上げるのであつて、玉石は必ず長手を法面に直角に、その半分以上をコンクリート又はモルタル中に植込む。玉石使用量は 1 m² につき 0.15 m³ 程度を適當とする。玉石の代りに雜割石を使用したものを植石工と言ひ、豆板工と同様の目的に使用せられる。

所要材料勞力 豆板工 1 m² につき、切込砂利 0.12 m³、1:3:6 コンクリート又は 1:3 モルタル 0.10~0.12 m³、玉石 0.15 m³、人夫 1.8 人。

6) コンクリート・ブロック張工 場所詰コンクリート張の代りにコンクリート・ブロックを以て法面を張立てる工法も亦屢々行はれ、方塊の厚さは 12~15 cm、下敷として厚さ 12 cm 程度の切込砂利を使用する。利根川筋飯野護岸に使用せられたコンクリート・ブロックは長さ 60 cm、幅 30 cm、厚さ 13.5 cm である。又ブロックの表面には特に凸凹を附し、或は栗石を植付けることもある。

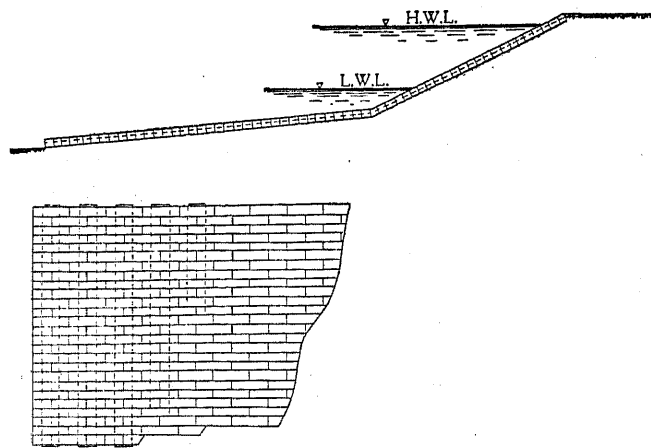
長方形のブロックに豫め 2 個の小孔を設け、之に鐵線又はワイヤ・ロープを通して廣い籠の様に纏んだものは屈撓性があり、水深大なる箇所の護岸工法として法覆工と根固工とを兼用せしめるに適し、米國及び佛蘭西の河川に使用せられ、我が國では石狩川に使用せられたのを嚆矢として利根川、鬼怒川その他各地に使用せられる。コンクリート・ブロック單床が是である。

法面が砂利又は硬質粘土の場合の外は單床裏の洗掘を防止する爲に下敷として厚さ 30 cm 以上の敷砂利を施し、粗朶を徑 9 cm 内外に束ねたものを 15 番(徑 1.8 mm) 鐵線を以て約 1 m 間隔に纏んだ粗朶籠を敷く。

本工法の特徴は單床裏地盤の洗掘せられるに順應して單床が沈下するにあるが、その屈撓性は連結用鐵線の爲に著しく阻害せられて、單床裏に豫想外の空洞を生ずるも之を洞見することが出來ず、且法先河床が洗掘せられた場合には單床下端は殆ど鉛直に懸垂し、その自重の爲に單床全部を河中に顛落せしめるなどの缺點がある。従つて單床の損傷破壊を一局部に限定せんが爲には單床 1 枚の長さを約 20 m 位に止め、之を 1 m 位づゝ重ね合はせて布設するのがよい。

北海道に於て創始せられたブロック單床は長さ 60 cm、幅 15 cm、厚さ 12~15 cm のコンクリート・ブロックに 12 番亞鉛鍍鐵線を鐵筋として挿入すると同時に徑 15 mm の孔 2 個を設け、之に 4 番鐵線を 2 本撚として挿入し、第 187 圖の如き屈撓性の籠を作つたものである。

鬼怒川筋大木護岸に使用せられたものは、長さ 34 cm 及び 39 cm、幅 15 cm、厚さ 15 cm のブ

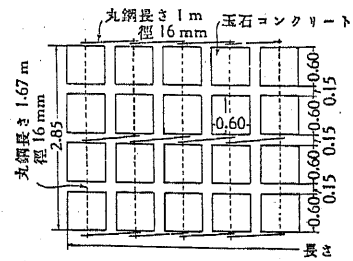


第187圖 コンクリート・ブロック単床(北海道)

第188圖に示したものは長野縣に使用せられたコンクリート・ブロック単床の例であつて、56 cm 平方、厚さ 14 cm、鐵筋として12番鐵線を挿入したブロックに徑 16 mm の丸鋼を對角線の方に埋込み、その末端を環を以て連結する。

所要材料勞力 ブロック単床幅 6 m、長さ 15 m、面積 90 m²につき、ブロック 250個、連結環長さ 42 cm、徑 6.4 mm 丸鋼 282個、人夫33人。

同じ工法で栃木縣に用ひられたものは 58 cm 平方、厚さ 13.5 cm、三重縣掛斐川に用ひられたものは 50 cm 平方、厚さ 12 cm のブロックを使用してゐる。ブロックの表面には割石又は玉石を植ゑ、或は數條の凹味を設け、且ブロックの間隙には



第189圖 コンクリート・ブロック床(鳥取縣)

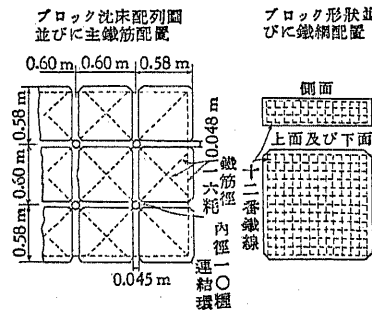
鋼を以て縦に1列置に連結する。

所要材料勞力 ブロック床幅 5.85 m、長さ 18.6 m、面積 108.8 m² につき、玉石コンクリート・ブロッ

ックで之を交互に使用し、編組用には 6 番鐵線 2 本燃を使用した。

所要材料勞力 屈撓性ブロック

單床 100 m² につき、60×15×12 cm ブロック 1050個、1:3:6 コンクリート 11.34 m³、セメント 2552 kg、砂 51 m³、砂利 102 m³、12番鐵線 118 kg、4番鐵線 90 kg、ブロック製作小運搬人夫52.5人、單床編組人夫 40人。

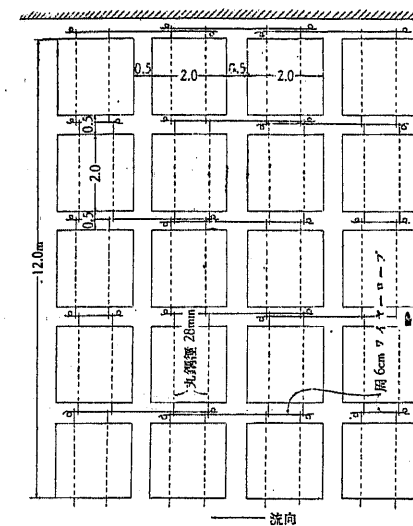


第188圖 コンクリート・ブロック單床(長野縣)

砂利、栗石等を填充する。

又立方形のブロックを丸鋼で連結して恰も連石床の如くに組立てたものは根固工、水制工として各地に使用せられる。第189圖は鳥取縣に使用せられたものであつて、60 cm 立方のブロックを 15 cm の間隔を以て縦横に列べ、之を横に連絡するに長さ 1.67 cm、徑 16 mm の丸鋼を以てし、更に此の丸鋼を長さ 1.0 m、徑 16 mm の丸

ク 200個、徑 16 mm 丸鋼横列用 262 kg、同縦列用 188 kg、鍛冶職 4 人、人夫 104人。



第190圖 コンクリート・ブロック床(富士川)

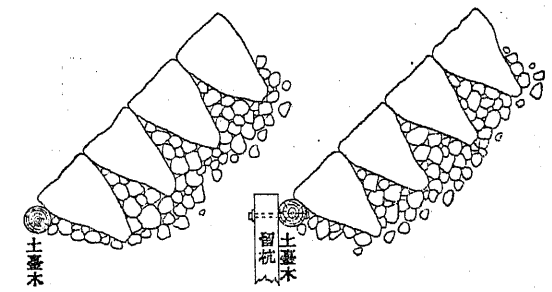
同じ工法で富士川に施工したものは 2 m 立方の大型ブロックであつて、之に徑 28 mm の丸鋼 2 本を挿入し、その末端を鈎形として周 6 cm のワイヤ・ロープを挿入した(第190圖)。

所要材料勞力 ブロック床長さ 12 m、幅 9.5 m、面積 114 m² につき、2×2×2 m ブロック 20個、長さ 4 m、徑 28 mm 丸鋼40本、周 6 cm、19本線六つ燃ワイヤ・ロープ 55 m、人夫30人。

118. 法留工

水深の浅い箇所の石張護岸の如きは別に法留工を用ひず石張を河床下1~1.5 mの深さに達せしめるのが普通であつて、此の場合の基礎には第191~193圖

に示すが如き一本土臺、片梯子土臺、椀子土臺、その他特殊の土臺を用ひる。此の場合に注意すべきことは是等の基礎と根固工とは完全に絶縁して、根固工の異動、損傷が直ちに石張工の崩壊を招來せしめざるにある。同様に法留工を設けた場合にも之と根固工とは完全に絶縁す

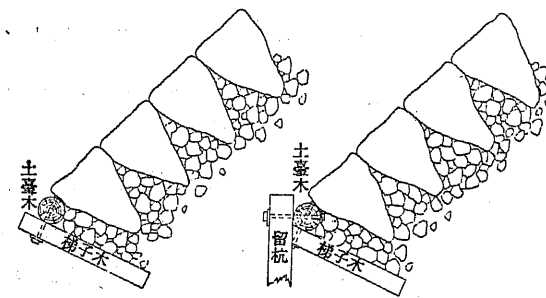


第191圖 一本土臺

べきであつて、根固用木工沈床から直ちに法覆石張を張上げる様な工法は絶対に之を避ける。

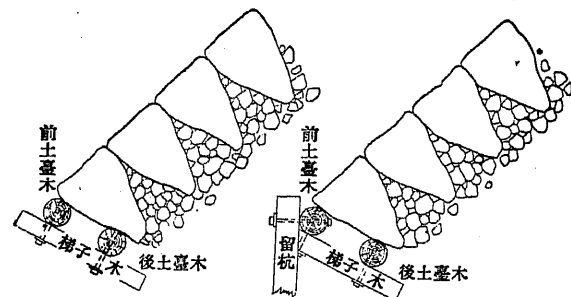
法留工として普通に使用せられるものは各種の柵工及び矢板工等であつて、特に後者は之を法肩にまで及し法覆工を省いて直立護岸として使用する場合も少くない。

總べて木材を使用した法留工は



第192圖 片梯子土臺

乾濕常ならざる場合には腐朽し易いからその頭部は平均低水位から餘り高くしないのがよい。又

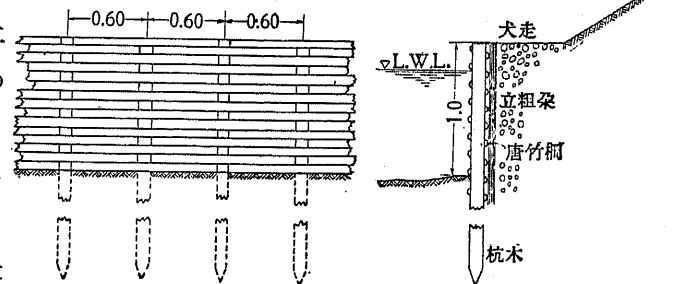


第193圖 梯子土臺

として土砂を填充する。流水の爲に土砂が吸出されるのを防ぐ爲には立粗梁の背面に幅60cm内外に

栗石、砂利等を填充するのがよい。總べて法覆工と法留工との間には幅60~100cmの

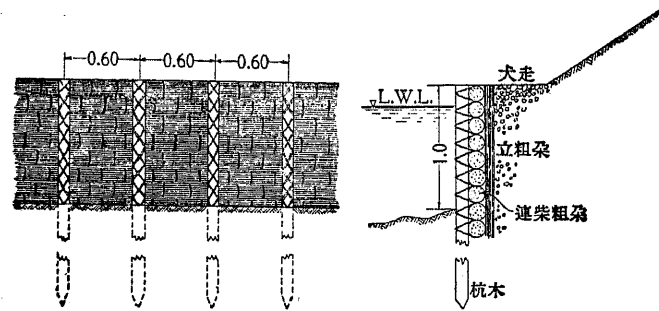
犬走を設ける(第194圖)。
所要材料勞力 竹柵工高さ1m、長さ10mにつき、長さ2m、末口9cm松又は杉丸太16.7本、唐竹30本、柳粗梁3束、人夫3.5人。



第194圖 竹柵工

2) 粗梁柵工 竹柵工の唐竹の代りに帶梢を以て柵を搔いたものであつて、施工箇所及び工法とも竹柵工と同様である。

所要材料勞力 粗梁柵工高さ1m、長さ10mにつき、唐竹60本の代りに帶梢9束、その他は竹柵工と同様。



第195圖 連柴柵工

法留工は流水を誘導し易いから水深大なる場合、水勢急なる場合などにはその前面に必ず根固工を設ける。

1) 竹柵工 緩流部の水深1m内外の箇所に用ひるに適する。工法は末口7~9cmの杭を約60cm間隔に打込み、目通間6~9cmの唐竹で柵を搔き、その裏に柳交り粗梁を立粗梁として

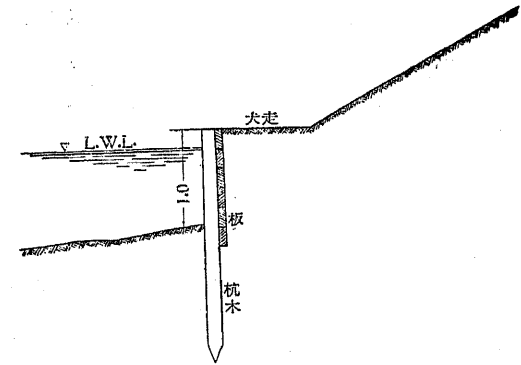
3) 連柴柵 末口9cm内外の杭を0.6~1.0m間隔に打込み、之に12番鐵線を以て連柴を取付けた上、背面に立粗梁を行ひ土砂を填充したものであつて連柴は徑15cm、1本の長さを約20mに仕上げ、15cm

間隔に二子繩及び12番鐵線を以て交互に結束する(第195圖)。

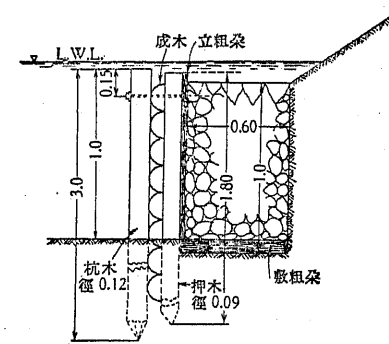
所要材料勞力 連柴柵工高さ1m、長さ10mにつき、長さ2.5m、末口9cm 雜木丸太16.7本、長さ20m連柴3本分粗梁20束、二子繩7房、12番鐵線11.5kg、柳粗梁3束、人夫4.7人。

4) 板柵工 杭を0.6~1.0m間隔に打込み、その裏に松又は杉板を釘で打込み土砂を填充する。板の下端は必ず河床地盤下20~30cmの深さとして土砂の逃逸を防ぐ(第196圖)。

所要材料勞力 板柵工高さ1m、長さ10mにつき、長さ2.5m、末口12cm 雜木丸太10本、厚さ2cm松又は杉板12m²、7.5cm洋釘0.8kg、人夫2人。



第196圖 板柵工



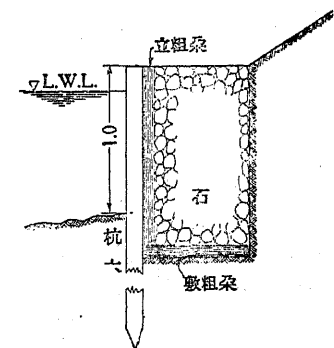
第197圖 丸太柵工

5) 丸太柵 杭木を0.6~1.0m間隔に打込んだ上、之に徑12cm内外の丸太を二つ割としたものを横成木として洋釘で打付け、且末口9cm内外の丸太を1.8~2.0m間隔に押木として打込んで之と杭木とを徑13mmボルトにて締付け、數粗梁及び立粗梁を施した上栗石を填充する(第197圖)。

所要材料勞力 丸太柵工高さ1m、長さ10mにつき、杭木長さ3m、末口12cm 雜木丸太10本、成木長さ4

m、末口12cm同10本、押木長さ1.8m、末口9cm同5本、9cm洋釘0.63kg、長さ30cm、徑13mmボルト5本、數粗梁3束、柳粗梁(立粗梁)3束、栗石6m³、大工1.5人、人夫6.5人。

6) 杭柵工 別に打詰杭工、並杭工、成木柵工とも言ふ。柵工としては最も堅牢なる部類に屬し、相當の流速箇所にも用ひられる。その内最も簡易なる構造のものは第198圖の如く單に杭木を打並べるに過ぎないものもあるが、多くは第199圖の如くその兩側に扶貫を當て、ボルトにて締付け、或は第200圖の如く2m間隔に親杭を打つて之に腹起をボルトにて取付け、その裏に杭を打詰める。打詰杭は縦成木とも稱せられ、



第198圖 杭柵工

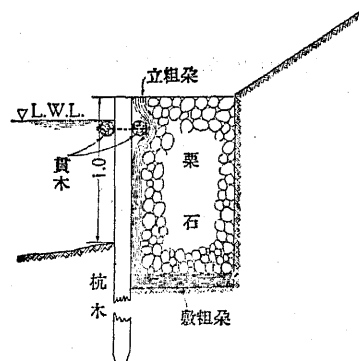
本工を成木柵と呼ぶのは此の理による。

總べて打詰杭の裏には敷粗朶及び立粗朶を施した上で栗石を填充するのである。

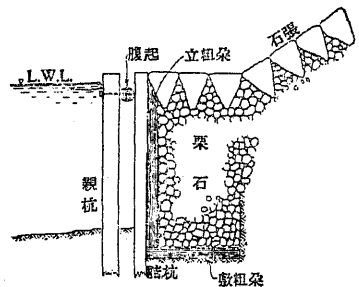
所要材料勞力 杭柵工高さ1m、長さ10mにつき、親杭長さ3m、末口15cm 雜木丸太5本、立成木長さ2m、末口9cm 同55本、腹起長さ4.2m、末口12cm 杉丸太2.5本、長さ30cm、徑13mm ボールト7.5本、15cm 洋釘0.12kg、粗朶3束、柳粗朶3束、栗石6m³、大工1.5人、人夫7.6人。

7) 杭打片粹工 杭柵工の高さが増大するに従つて杭が前方に傾倒するのを防ぐ爲に親杭の列から1.5~2.0m後方に控杭を打ち、之と親杭とを控木、鐵線、丸鋼などで聯絡する。之を杭打片粹工と言ひ杭柵工を更に補強した様式であつて、控木は2列に取付ける場合もあるが、多くは頂部1列で充分である(第201圖、第202圖)。

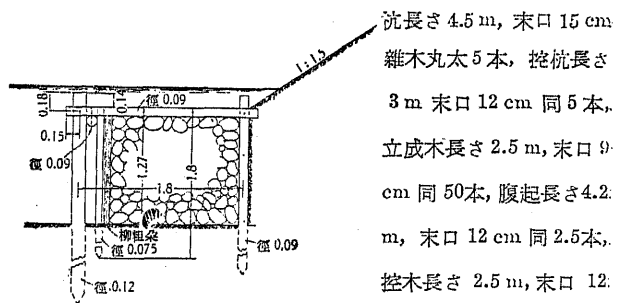
所要材料勞力 杭打片粹工高さ1.8m、長さ10mにつき、親杭長さ4.5m、末口15cm 雜木丸太5本、控杭長さ3m 末口12cm 同5本、立成木長さ2.5m、末口9cm 同50本、腹起長さ4.2m、末口12cm 同2.5本、控木長さ2.5m、末口12cm 同5本、長さ30cm、



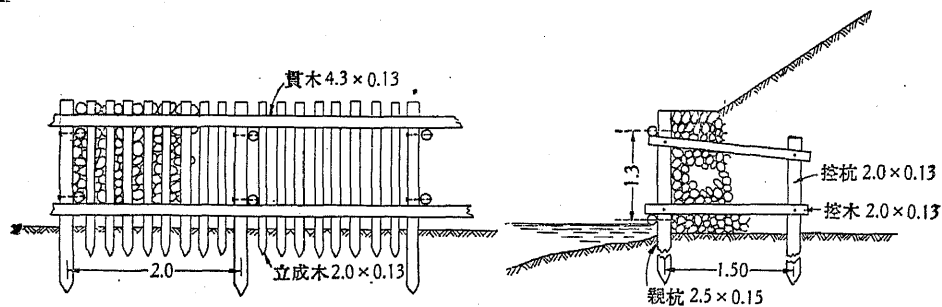
第199圖 杭柵工(貫付)



第200圖 杭柵工(親杭付)



第201圖 杭打片粹工(控木1列)



第202圖 杭打片粹工(控木2列)

徑13mm ボールト7.5本、長さ27cm 同上5本、15cm 洋釘0.12kg、粗朶4.5束、柳粗朶4.5束、栗石14m³、

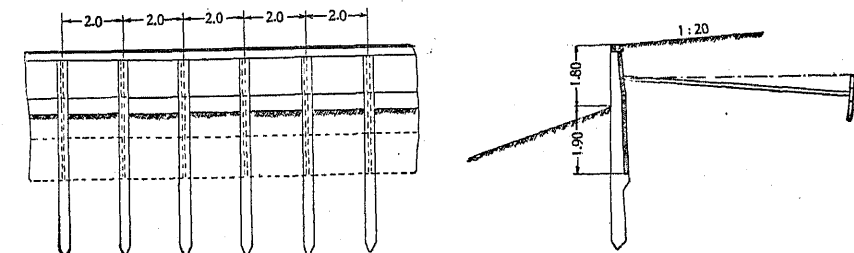
大工1.7人、人夫17人。

8) 鐵線柵工 竹柵工又は粗朶柵工と同一程度の工法であつて是等と略々同一箇所に用ひられる。竹又は粗朶を以て柵を搔く代りに10番位の亜鉛鍍鐵線を4~5cm 間隔に水平に張渡して杭毎に洋釘又はステーブルにて打固め、その背面に杉皮を當て立粗朶を施して栗石を填充する。

所要材料勞力 鐵線柵工高さ1m、長さ10mにつき、長さ2.5m、末口9cm 松丸太16.7本、10番鐵線10.6kg、ステーブル384本、杉皮12m²、柳粗朶3束、人夫3.6人。

9) 鐵網柵工 本工は鐵線柵工の鐵線の代りに鐵網を杭木に打付けたものであつて、工法も施工箇所も鐵線柵工に準ずる。

10) 鐵筋コンクリート版柵工 第203圖に示す如く鐵筋コンクリート親杭を1.5~2.0m 間隔に打込み、その背面に鐵筋コンクリート版を當て、土留とし、親杭の後方には控杭を設けてボールトを以て之を締付け、杭列を調整した上で頭部を場所詰コンクリート(鐵筋挿入)で聯絡する。直立護岸として水深大きく、且舟運の便ある河川下流部に屢々採用せられる工法である。



第203圖 鐵筋コンクリート版柵工

11) 矢板工 矢板工は法留工又は直立護岸として同じく河川下流部に採用せられ、法留工としては最も堅牢なる構造に屬する。矢板の最も普通の様式は木材矢板であるが、近年は鐵筋コンクリート矢板並びに鋼矢板の使用も亦盛である。

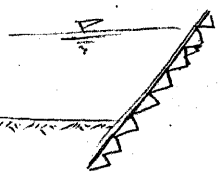
個々の矢板は總べて挾貫又は腹起によつて横に聯絡し、且適宜の間隔毎に錨錠釘で之を後方の錨錠版又は杭に締付け、以てその傾倒を防止するのである。

第七章 水制及び床固

119. 水制

水制は高水工事の爲には流水が河岸又は護岸に激突することを防いで之を河身に追ひ、以て河岸及び護岸の缺潰を禦ぐことを目的とし、低水工事の爲には流水幅員を局限してその間の水深を増大し、且水制域に土砂の沈澱を誘致することを目的とする工作物であつて、護岸工と密接不可

2. 護岸 堤防の河岸、護岸の防止スルヲ目的トシ
法留工、法原大造工、打固工、床固、水制。
4. (a) 護岸工、止メ=就テ
崩壊セザル部分迄進取付ケル。或ハ護岸、下端部ニ止メ
行沈澱誘致=動カハ透過工(4. 合掌、並杭、等不也)
護岸、破壊、脚押、所好付ル事也。



脚部保護トテ
 a. 法程エノ板ヲ導ク。 b. 脚部ニ該板ヲ極力挿入シ行フ。 c. 法程ニ右張リ尤走リノ板ヲ極力挿入シ行フ。 d. 堤防ニ該板ヲ極力挿入シ行フ。 e. 前面ニ床固メトシテ極力水制ヲ多ク作り。法程ヲ直接水制ニテラサシム。 f. 前諸法ニテ水制ヲ接合シテ防サ得ザルニテ水制ニテ防サシム。 g. 水制ヲ直ニヒキス。

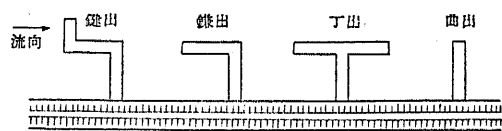
分の關係にあり、特に根固工とは殆どその工法を一にする。

水制の内護岸を保護する爲に延長の短いものを並列して突出せしめたものを**護岸水制**と呼び、高水敷の洗掘を防止する爲に高水敷に埋込んで築造したものを**床留水制**と呼ぶ。

1) **水制の方向** 水制には流水の方向に設けられたものと、之に略々直角の方向に設けられたものがあつて、前者を**縦工**又は**平行工**、後者を**横工**と呼ぶ。普通に水制として築造せられるものは後者であつて、古來我が國では之を**水制**、**水制**、**水制**等と呼ぶ。

2) **水制の材料** 土砂を以て築造したものを**土出**、石造のものを**石出**、蛇籠を用ひるものを**籠出**、杭打によるものを**杭出**、棒を用ひるものを**棒出**と呼ぶ。粗朶沈床に上覆工を施したものは**ケレップ水制**と稱へられ、明治初年以來和蘭の工法を傳へて全国各地に使用せられる。外に河川中流部以上に施工せられる水制には木工沈床、牛類、連石床、コンクリート・ブロック床なども用ひられる。

3) **水制の形状** 水制の形状は第204圖に示す如く、堤防又は河岸から略々直角に横工を突出したものを**曲出**、その尖端に丁形に縦工を添へたものを**丁出**、上流に向つて縦工を取付けたものを**鎌出**、鎌出の縦工の尖端に更に短い横工を附けたものを**鎌出**と言ふ。

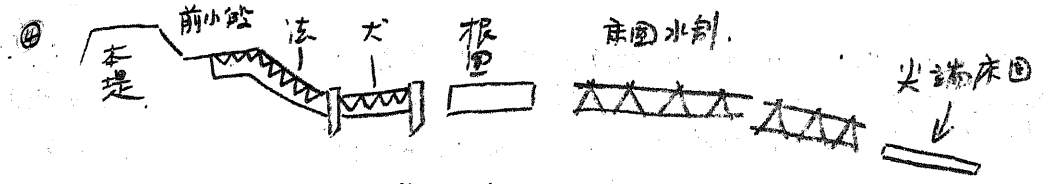
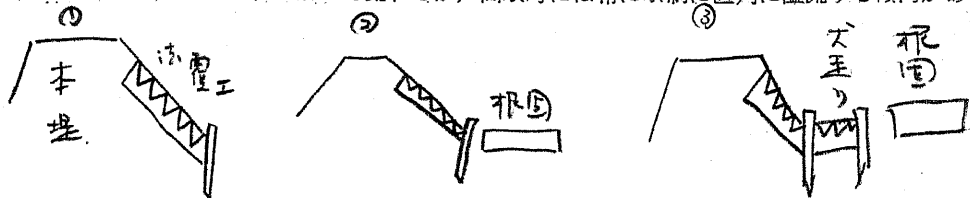


第204圖 水制形状

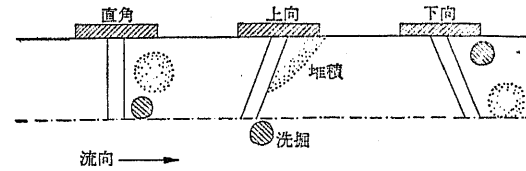
此の内現今主として採用せられるものは曲出及び丁出であつて、和蘭工法のケレップ水制は専ら後者である。ケレップ水制に於ては横工を**幹部**、縦工を**頭部**と稱し、前者よりは後者の方が少々長大なるを常とし、利根川筋境町及び取手町間に存する189本の水制に就いて言へば、幹部總延長14580m(流路延長の39%)、頭部總延長16705m(流路延長の45%)、水制1本の平均は幹部長77m、頭部長88mに當る。

4) **水制の間隔** 水制横工の長さは低水法線から定る。その間隔は上流の水制の尖端から流した浮子が岸に漂着する以前に下流の水制に到着する様に配置するのが標準であつて、フレングスの説によれば水制頭部間の水路幅員を**b**、水制間隔を**d**として $\frac{d}{b}$ を直線流路の場合 $\frac{5}{7}$ 、凹岸及び短い水制の場合 $\frac{1}{2}$ 、凸岸の場合2と取る。ガロンヌ河の例では**b**=175~180m、**d**=40~50m或は80~100mであるから $\frac{d}{b} = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ に當る。和蘭人ファン・ドールンの説によればケレップ水制の間隔はその長さの約1.5倍を適當とし、我が國の實例に於ては之を1.5~2倍に取るのが普通である。

5) **水制の角度** 横工の方向に3種あり、**直角**、**上向**、**下向**が是である。流水は低水時、水制上を溢流しない場合には水制に沿つて流れるが、高水時には常に水制に直角に溢流する傾向があ



るから、下向水制にあつては溢流のない場合の水制附根に於ける水位差が大きいのに對して上向水制に於ては此の水位差が著しくない。従つて水位が上昇して流水が水制上を溢流するに到れば下向水制ではその附根下流に深掘を生ずるが、上向水制では尖端附近に多少の洗掘が起るに止つて、附根下流には却つて土砂を沈澱する。且下向水制では出水時下流堤防の脚部を洗掘せられる不利があるのに對して、上向水制では水流を河身に追ふ利益がある。直角水制は利害ともに兩者の中間にあるが、その延長が最も短いが爲に工費は最低である(第205圖)。



第205圖 水制方向

従つて外國の河川でも例へばミシシッピー河の如きは最初は下向水制を施工したが、現今では他の2者が最も多く行はれ、和蘭は直角水制、獨逸は上向水制を多く採用し、我が國でも昔は直角水制が多かつたが、現在では専ら上向水制が行はれる。

水制の角度は上向10°~15°が適當とせられるが、獨逸のフレングスは之を次の如く分類してゐる。

河身の方直線なる場合	上向 15°~25°
凹岸の場合	同 10°~12.5°
凸岸の場合	同 0°~10°

6) **水制の幅** 和蘭では水制幹部幅を10m、頭部幅を6mとする場合が多く、我が國では兩者を通じて4~8mとするのが普通である。

7) **水制の高さ** 水制は流水を制御して土砂の沈澱を促すことが目的であるから、此の目的からは水制は高く造ることを必要とせず、成るべく低く築設するのが安全且效果的である。

ローヌ河では頭部で平均低水位上2m、幹部附根で同3m、ライン河では頭部で同2m、幹部附根で同2.5m、ミシシッピー河上流では頭部で同1.2m、幹部附根で同1.8mとしてゐるが、我が國は和蘭のケレップ水制工法を繼承した關係上一般に高さが低く、特殊の場合の外は頭部で平均低水位上15~30cm、幹部附根では従前は和蘭工法に倣つて平均低水位上1.8mとしたが、現今では同30~75cmにすることが多い。水深の浅い箇所に大聖牛の如きを設置する様な工法は避けなければならない。總べて水制には1:50~1:100の勾配を付け、河身に向つて頭下りに設置する。

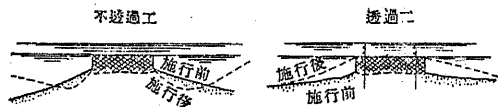
120. 水制工法

水制工法に關する注意事項は次の通りである。

法程工表面の寧々平滑ニスベカラズ
 $F = cd^2v^2$ $d = cv^2$
 $\therefore F \propto v^6$

1) 工法の選擇 土出、石出の如き不透過工は水流を激せしめて下流對岸に悪影響を及ぶから特殊の場合の外は使用を避ける。之に反して杭出、牛類の如き透過工は水流を激せしめることが少く、一般に結果良好である。籠類、柵類の如きは兩者の中間にあるが、詰石の間に土砂の沈澱を見るに従つてその透過性を失ふ。

第206圖は水制上下流に於ける河床の情況を示す。不透過工に於ては上流側は流水之に激突して渦流を生じ、下流側も亦激流奔騰するが爲に水制上下流に洗掘が行はれて遂にはその顛覆、破損を見る事例が頗る多いのに反し、透過工に於ては流水に對する抵抗が軟く、之を激せしめることが少いから渦流を生ぜず、却つて土砂の沈澱を誘致する利點がある。

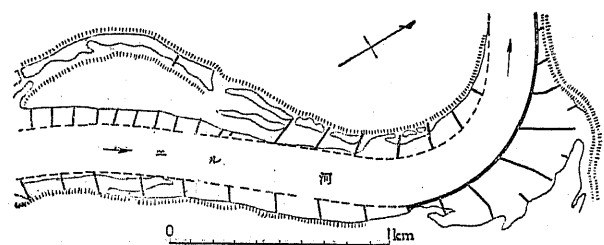


第206圖 水制上下流の河床

従つて少數の長大なる不透過水制を造つて水流を激動せしめるよりは多數の短小なる透過水制を造つて、軟く流水に抵抗せしめ、水流を利用して沈澱を促進する方が眞に流水制御の目的に副ふ所以である。

2) 水制法線 丁出水制の頭部並びに曲出水制の尖端は必ず一定の低水法線に一致せしめ、水制群をして全體として流水制御の機能を發揮せしめる。且兩岸に水制を出す場合には左右相對立せしめて縮流の効果を完からしめ、決して亂立せしめないのがよい(第207圖)。

3) 平行工と横工 平行工は流水制御の効果が的確且迅速ではあるが、比較的水深の大なる箇所に造られる結果、工費が不廉であるのに對して横工はその効果は多少迅速を缺くも、寄洲を促し建設、維持ともに工費低廉である。従つて兩者を併用する場合には平行工を連続せしめず所々に相當の區間之を開放して、水制域に土砂



第207圖 エルベ河の水制法線

の沈澱を誘致するのがよい。水制域とは相隣れる水制の間の地區を言ふ。

4) 元付工 水制の附根は多少ともに流水を激せしめて堤防又は河岸の缺潰を招き易いから、別に護岸工のない場合と雖も水制を中心として上下流に護岸工を特設する。之を元付工と言ひ、その延長は上流が10m以上、下流は15~20m以上とする。

5) 水制の種類 水制には各種の工法がある。

勾配0.2‰以下の緩流部では杭出水制、柵水制が之に適し、0.2~0.5‰の勾配では杭出水制、

① 柵工 ② 柳枝工 ③ 軟性土 ④ 柳枝工 ⑤ 軟性土

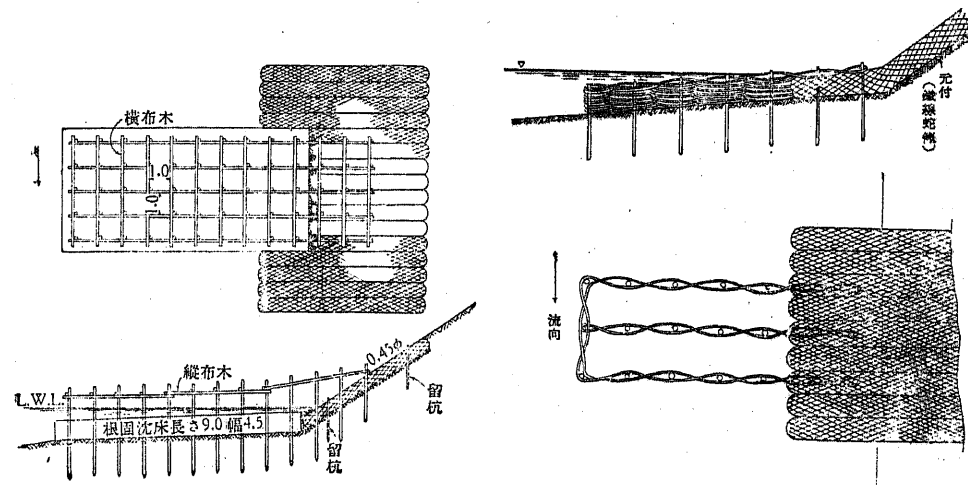
粗梁工水制が用ひられるが、後者は石張上覆工の代りに杭打上置、柵上置、杭打詰石上置の如き透過工とするのがよい。

勾配0.5~2‰に達すれば鐵線籠水制、石張水制、木工沈床、牛類、柵類が使用せられ、2‰以上の急流部では木工沈床、連石床、柵水制等が主として用ひられる。

土出は土堤の表面に石張を行ひ、天端を洪水位以上に達せしめたものであつて、水制と言ふよりは寧ろ横堤と呼ぶのを至當とする。又石出の構造は石堤のそれと同一である。

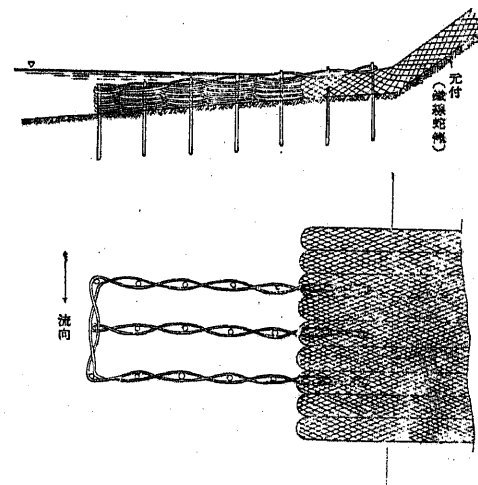
121. 杭出及び柵水制

杭出水制は長さ3~5m、末口12~15cmの杭木を縦横とも約1m間隔に3~4列に打込んだ

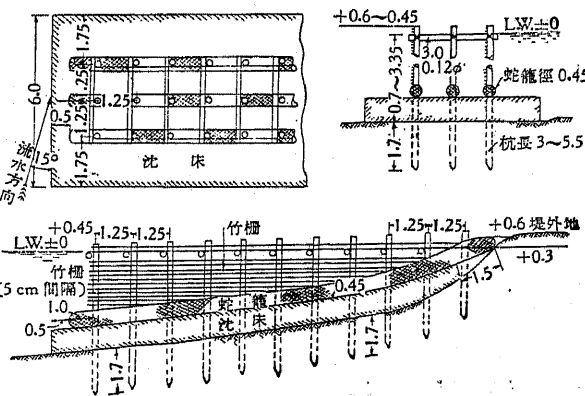


第208圖 杭出水制

ものであつて、通例之を布木を以て縦横及び對角形の方に聯絡する。水勢を殺ぐ爲には杭木は之を千鳥に配列したのが有効である。杭列全體を一樣に水勢に抵抗せしめる爲には最上列の杭を稍々低く打込み或はその間隔を多少疎にするのがよい。又水勢稍々強く河床洗掘の虞ある場合には杭木に粗梁沈床、單床、鐵線籠(蛇籠、蒲團



第209圖 粗梁柵水制



第210圖 竹柵水制

13. 改良工
 ① 木工沈床、原積式、木工沈床、改良柵
 ② 鉄筋材方格を改良柵
 ③ 連石床 ④ concrete block 單床

① 改良工
 ② 柵類
 ③ 籠類
 ④ 柳枝工
 ⑤ 軟性土
 ⑥ 改良工類
 ⑦ 柵類
 ⑧ 籠類
 ⑨ 柳枝工
 ⑩ 軟性土
 ⑪ 改良工類
 ⑫ 柵類
 ⑬ 籠類
 ⑭ 柳枝工
 ⑮ 軟性土
 ⑯ 改良工類
 ⑰ 柵類
 ⑱ 籠類
 ⑲ 柳枝工
 ⑳ 軟性土
 ㉑ 改良工類
 ㉒ 柵類
 ㉓ 籠類
 ㉔ 柳枝工
 ㉕ 軟性土
 ㉖ 改良工類
 ㉗ 柵類
 ㉘ 籠類
 ㉙ 柳枝工
 ㉚ 軟性土
 ㉛ 改良工類
 ㉜ 柵類
 ㉝ 籠類
 ㉞ 柳枝工
 ㉟ 軟性土
 ㊱ 改良工類
 ㊲ 柵類
 ㊳ 籠類
 ㊴ 柳枝工
 ㊵ 軟性土
 ㊶ 改良工類
 ㊷ 柵類
 ㊸ 籠類
 ㊹ 柳枝工
 ㊺ 軟性土
 ㊻ 改良工類
 ㊼ 柵類
 ㊽ 籠類
 ㊾ 柳枝工
 ㊿ 軟性土

籠など)を履かせる。第208圖は粗朶沈床を履かせた杭出水制に鐵線蛇籠の元付工を設けた例である。

近來は杭木及び布木とも松材の代りに鐵筋コンクリート部材を用ひることが各地に行はれ、之によつて木材腐朽の缺點を除くことが出来る。

杭木を布木で聯絡する代りに之に竹柵、粗朶柵、鐵線柵を組んだものは即ち柵水制であつて、鐵線には立粗朶を懸ける。第209圖は粗朶柵水制、第210圖は竹柵水制を示す。

122. 籠水制

籠水制には現今専ら鐵線籠が用ひられ、蛇籠、さゞなみ籠、蒲團籠、達磨籠その他總べての種類籠が或は單獨に使用せられ、或は混用せられる。是等の鐵線籠は水制としてのみならず、護岸の根固工としても廣く採用せられ、石張水制に比して水當りが弱いのとその屈撓性とを長所とするが、急流部に於て玉石の流下する箇所には使用に適しない。

鐵線蛇籠を用ひる最も普通の水制工法は下層に蛇籠3~5本を列べ、その上に同2~4本を重ねたものを10番鐵線で所々結束するか

或は水勢の激しい箇所では之に直交して流水の方向に、適當の間隔毎に蛇籠3~4本を列べて水制籠を押へる。之を鞍掛籠と言ふ(第211圖)。

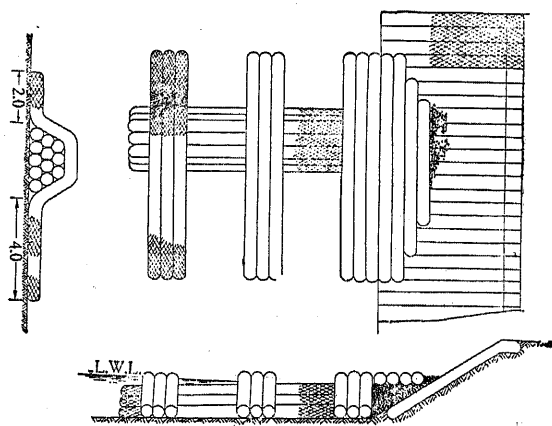
蛇籠水制に於て注意すべきことは適當に間詰工を施行すること、鞍掛籠の垂れは少くとも上流側2m、下流側3mとしなければならないことである。水深大なる箇所に於ては粗朶沈床、木工沈床、沈杵の類を

以て河床の不陸を均した上に上記の工法による蛇籠水制を設けることもある。

その他の鐵線籠を使用するものにあつては、例へば達磨籠を縦横に列べたものを各縦横列毎に13~16mm丸鋼を以て締付けたもの、さゞなみ籠を併列したもの或は之を上下に組合せたもの等多種多様の工法が考案せられてゐる。

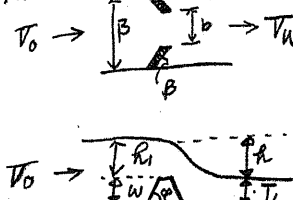
123. 沈床工

粗朶沈床工の起原は歐羅巴であつて、支那では元の時代に早くも之を傳へ、我が國に於ても寛



第211圖 鐵線蛇籠水制

P257



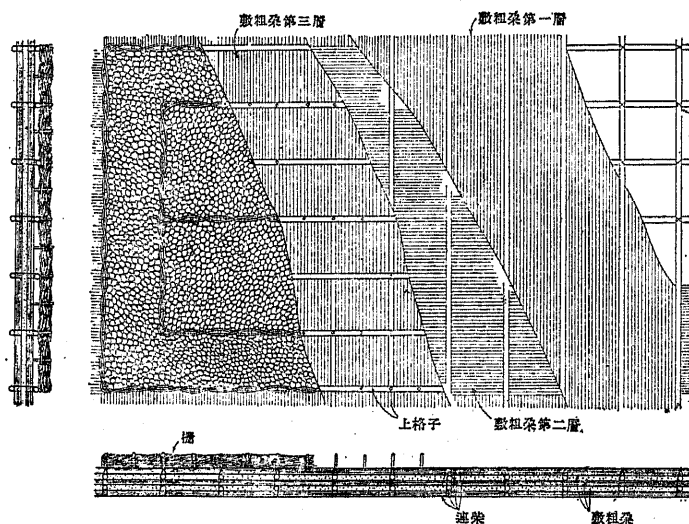
政、享和年間に始めて之を施工した記録があつて少くとも1100年以上の歴史を有してゐるが、

現に行はれるものは明治5、6年の交に招聘せられた内務省御雇工師和蘭人ファン・ドールン、デレーク、ムルドル、リンドウ、エッセル等によつて傳へられた和蘭工法であつて、明治8年以來利根川及び江戸川、北上川、最上川、信濃川、天龍川及び筑後川の低水工事に使用せられ、漸次全国各地に普及するに到つた。

粗朶沈床工は緩流部の根固及び水制に適し、深掘箇所には1~3枚を重ねて使用し、砂質河床を被覆して流水による攪亂を防止すること、その屈撓性及び柔軟性とを特徴とするが、急流河川に於てはその水勢に抗すること能はず、此の點に就いて改良を加へたものが木工沈床工であつて、之にも種々の改良が施されてゐる。

1) 粗朶沈床 沈床及び單床の要素は連柴、敷粗朶、柵及び沈石である。連柴は束粗朶を解いてその中から最も長く且眞直で細枝の多いものを選び、之を梢を何れも一方へ向け根と梢とを重ね合せ、締金を以て締付けつゝ15cm間隔に二子繩、棕櫚繩、12番亜鉛鍍鐵線等で結束して徑約15cmに仕上げる。

沈床は縦横とも約1m間隔に、梢を河身及び下流に向けて連柴を格子形に組み、周圍2列は三子繩、その内部は交互に二子繩及び三子繩を混用して連柴の交點を堅縛する。之を下柴格と言



第212圖 粗朶沈床

ひ、その上に縦横に厚さ15cmの敷粗朶を梢を河身及び下流に向けて3層に布列した上、下柴格と同一構造の上柴格を重ね、下柴格を結束した三子繩を延して之を上柴格の交點に緊結する。上柴格の連柴上には周圍2列及びその内部は一列置に約50cm間隔に小杭を打つて之を下連柴に貫通

し、高さ約15cmに柵を搔付け、その間に重量20~40kgの割石、玉石等を填充して沈石とし、その間に砂利、砂等の目潰を施す。敷粗朶は柴格の外方に50~75cm位延して置くのがよい。

沈床は船足場として2艘の大型船の間に長丸太を渡した上で組立て、或は杭足場として杭に取

堰堤の頂上から最上小段のSとT
水取の水面の高さ、distance = ...
3寸増加するモト
堤防の傾斜P1、P2
向流 Velocity の水取 = ...

Bernoulli's theorem

$$v = C \sqrt{2gy}$$

$$dQ = C_1 b \sqrt{2gy} dz$$

$$Q = C_2 \int_0^H \sqrt{2gy} dz$$

$$= C_2 \int_0^H \sqrt{2g} dz$$

$$\frac{R_1 dy}{S_1 - S}$$

$$Q = C_2 \sqrt{2g} \frac{R_1}{S_1 - S}$$

$$(S_1 \frac{y}{S} - S \frac{y}{S})$$

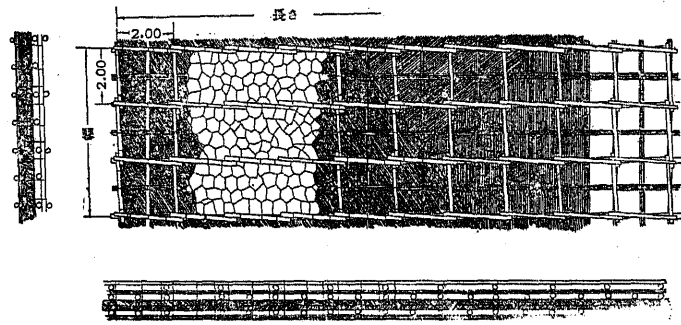
$$N = \frac{V_0^2}{2g}$$

付けた棕櫚綱に浮丸太を渡した上で組立て、丸太を抜いて之を水上に卸し、位置を定めて沈石を用ひて沈設するのであつて、その厚さは約90cmである(第212圖)。

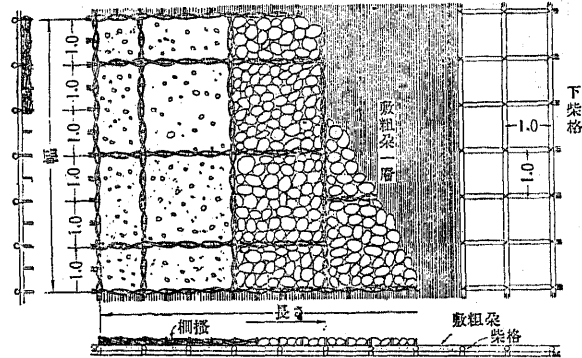
所要材料勞力 粗朶沈床 10 m² につき、粗朶50束、帶梢3束、小杭3束、二子繩(長さ30 m)11房、三子繩(長さ3 m)12筋、12番鐵線 4.1 kg 又は小棕櫚繩(長さ30 m)4.5房、割石 2 m³、砂又は切込砂利 2 m³、人夫4.5人。

粗朶沈床及び單床は勾配約 1:4 より急なる傾斜面には使用しないがよい。水勢稍々急なる場合又は沈床の傾斜した場合に沈石の脱落するのを防ぐ爲には割石の代りにコンクリート・ブロック、蛇籠、蒲團籠の類を使用することもある。總べて沈床及び單床は平均低水面以下に施工してその腐朽を防ぐ。

特許粗朶沈床と言ふのは上下柴格の代りに目通周 9~10 cm の唐竹4本宛を15番鐵線を以て結束したものを格子形に配列し、**方格付粗朶沈床**(第213圖)と言ふのは柵の代りに木工沈床と同様の方



第213圖 方格付粗朶沈床



第214圖 粗朶單床

いて直ちに柵を搔き約 60 cm の厚さに仕上げるのである。

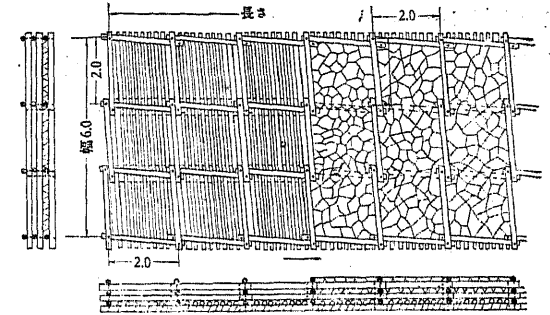
所要材料勞力 粗朶單床 10 m² につき、粗朶30束、帶梢3束、小杭3束、二子繩 6 房、12番鐵線 2 kg 又は小棕櫚繩 2 房、割石 2 m³、砂又は切込砂利 2 m³、人夫 3 人。

3) **木工沈床** 栗石以上の大きさの石を流下する水勢に對して、粗朶沈床では之に抵抗し得ない場合の根固、水制、床留等に適する。

格材を之に冠したものであるが、共に粗朶沈床の屈撓性と柔軟性とを失ふからその使用は特殊の場合に限定せられる。

2) **粗朶單床** 單床は沈床の構造を簡略にしたものであつて、水深の浅い箇所又は沈床の上に重ねて布設する。工法は下柴格の上に敷粗朶1層を布列し、上柴格を省

長さ約 2.5 m、末口 12~15 cm の生松丸太又は杉丸太を中心間隔 2 m に井筒に重ねたものを**方格材**と言ひ、之を數層重ねた上方格の 4 隅には徑 16 mm の丸鋼を通してその上下兩端を 9~12 cm 以上折曲げる。方格は所要の幅及び長さに縦横に聯結し、底には長さ 2.3 m、末口 7.5 cm の松又は杉丸太を**敷成木**として 1 方格 8 本遣とし、12番鐵線を以て方格材に結付けた上沈石を填充する(第215圖)。



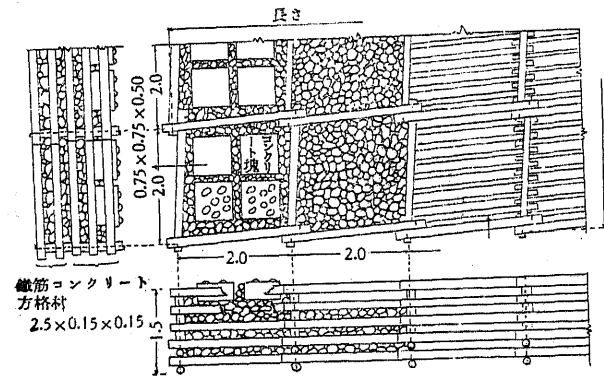
第215圖 木工沈床

木工沈床は河床の不陸を均した上でその天端を平均低水面以下に据付けることを要し、高さは水深に應じて 2 層建から 6 層建位に及ぶが、最も普通なのは 3~4 層建であつて、高さは 0.9~1.2 m とする。河床洗掘の結果沈床が傾斜するか、水勢急なる場合には沈石が脱出して沈床の流失を招くことがあるから、斯かる虞のある場合には天端に**蓋成木**を施して沈石を押へ、表面を大型の石で入念に張立て、鐵線籠を冠し、或はコンクリート・ブロックを据付けて下部沈石を押へる等種々の工法が行はれる。此の内コンクリート・ブロックを使用するのは最も有効で、1 方格につき 80 cm 平方、厚さ 50 cm 位のブロック 4 個を使用し、間隙には割石を填充するのがよい。

所要材料勞力 方格材その他所要數は次の通りである。X=縦横材總數、a₁=縦材數、a₂=横材數、n=層數、b₁=縦列方格數、b₂=横列方格數、c₁=長ボルト數、c₂=短ボルト數として

$$\left. \begin{aligned} X &= a_1 + a_2, \\ a_1 &= b_1 n (b_2 + 1), \quad a_2 = b_2 n (b_1 + 1) \\ c_1 &= 2(b_1 b_2 + 1), \quad c_2 = 2(b_1 + b_2 - 2) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (122)$$

木工沈床 3 層建、長さ 20 m、幅 6 m、面積 120 m² につき、方格材長さ 2.4 m、末口 12 cm 松又は杉丸太



第216圖 方格床

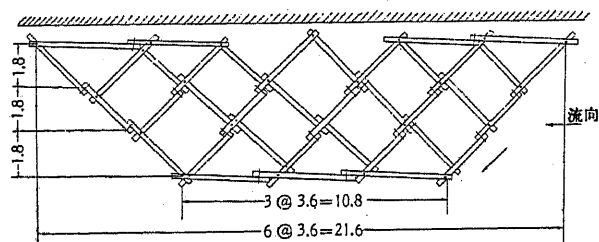
219本、敷成木長さ 2.3 m、末口 7.5 cm 同 240本、長さ 100 cm、徑 16 mm ボルト 62本、長さ 80 cm 同上 22本、12番鐵線 26 kg、割石又は野面石 55 kg、大工 9 人、人夫 36 人。

4) **改頁木床** 一方格床とも言ひ、木工沈床に於ける方格材の腐損腐朽を防止する爲に之を鐵筋コンクリート材に代へたもので、

之を上部 1~8 層だけに限る場合と方格材全部及び敷成木に及す場合とあり、富士川、信濃川、神通川その他各地の河川に使用せられる。第 216 圖は富士川に使用せられた方格床である。

所要材料勞力 方格床 5 層建、長さ 30 m、幅 4 m、面積 120 m² につき、長さ 2.5 m、断面 15 cm 角、鐵筋コンクリート方格材 385 本、長さ 2.4 m、断面 10 cm 角 鐵筋コンクリート敷成木 210 本、長さ 5.5 m、徑 19 mm 丸鋼 31 本 (三つ切使用)、75 cm 平方、厚さ 50 cm コンクリート・ブロック 120 個、玉石 96 m³、人夫 180 人。

5) **屈撓性木工沈床** 木工沈床は屈撓性少く河床が洗掘せられても之に順應して沈下することを得ない缺點があり、此の缺點を補ふ爲に考慮せられたものに菱形木工沈床及び可動木工沈床



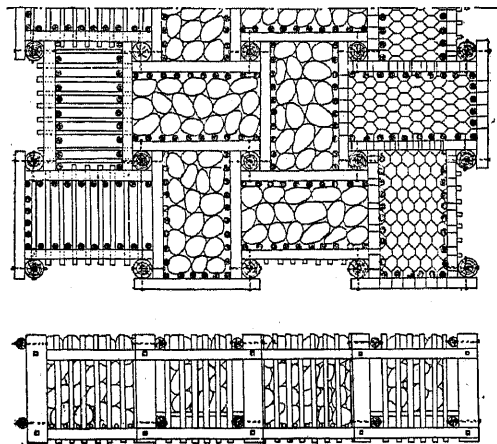
第 217 圖 菱形木工沈床

がある。特許工法である。

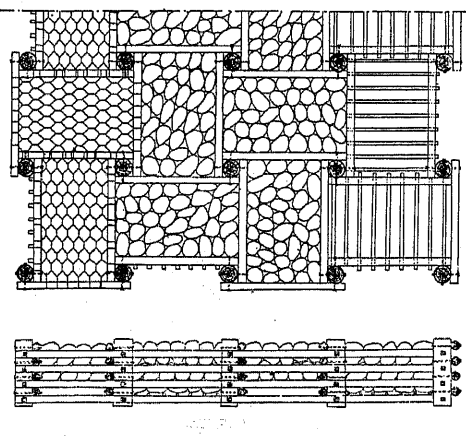
菱形木工沈床は部材を水流の方向及び之に直角の方向に配置して方格に組立てる代りに、第 217 圖に示すが如く、之を斜に配列して菱格及び三角格に組立て、その全體の形を梯形としたものであつ

て、屈撓性に富み且之を根固工に用ひる時は流水を河身に追ふ利益がある。

可動木工沈床には立成仕立と横成仕立との 2 種がある。前者は心々 1.8 m 間隔に柱木を置き、之に上下 2 段に横木をボルトにて取付け、横木に敷成木及び立成木を洋釘及び鐵線を以て取付けた上沈石を填充し、後者は横木及び立成木を磨して側木 (横成木) をボルトを以て柱に取付けたものである (第 218 圖、第 219 圖)。



第 218 圖 可動木工沈床 (立成仕立)



第 219 圖 可動木工沈床 (横成仕立)

沈石脱落の危険ある場合には 8 番鐵線を以て蓋網を設ける。

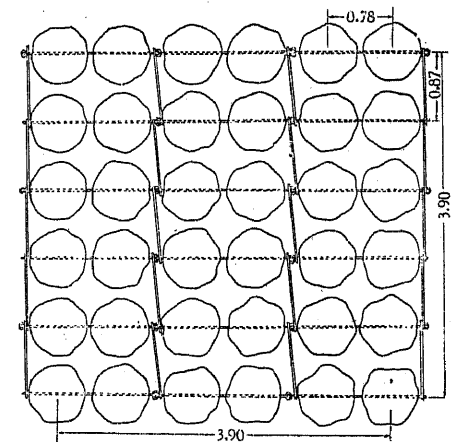
所要材料勞力 杭、横木、成木等所要數は次の如し。 a =縦列格數、 b =横列格數、 c =横木の段數、立成仕立の場合普通 2、横成仕立の場合普通 4、 d =1 格に於ける敷成木數、普通 9、 n_1 =格長手に於ける立成木數、普通 20、 n_2 =格小口に於ける立成木數、普通 4、 X =柱木數、 Y_1 =横木又は側木數、 Y_2 =敷成木數、 Y_3 =長手に於ける立成木數、 Y_4 =小口に於ける立成木數、 Z_1 =短ボルト數、 Z_2 =長ボルト數とすれば

$$\left. \begin{aligned} X &= (a+1)(b+1) \\ Y_1 &= [(a+1)b + (b+1)a]c, \quad Y_2 = abc \\ Y_3 &= abn_1, \quad Y_4 = (a+b)n_2 \\ Z_1 &= 2(a+b+2)c, \quad Z_2 = 2(ab-1)c \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (123)$$

可動木工沈床 (立成仕立) 長さ 9 m、幅 7.2 m、面積 64.8 m² につき、柱木長さ 1.8 m、末口 30 cm 松丸太 30 本、横木長さ 2.05 m、末口 12 cm 同 98 本、立成木長さ 1.8 m、末口 9 cm 同 436 本、敷成木長さ 1.7 m、末口 7.5 cm 同 180 本、長さ 54 cm 徑 16 mm ボルト 76 本、長さ 42 cm 同上 44 本、蓋網用 8 番鐵線 77 kg、12 cm 洋釘 6.54 kg、二子繩 20 房、割石又は野面石 96 m³、大工 8 人、人夫 24 人。

可動木工沈床 (横成仕立) 長さ 9 m、幅 7.2 m、面積 64.8 m² につき、柱木長さ 1.06 m、末口 30 cm 松丸太 30 本、側木長さ 2.05 m、末口 12 cm 同 196 本、長さ 54 cm、徑 16 mm ボルト 152 本、長さ 42 cm 同上 88 本、割石又は野面石 39 m³、大工 10 人、人夫 20 人、敷成木、8 番鐵線、二子繩は前同様。

6) **連石床** 床工の一種であつて急流部の根固工、床留工に使用せられる。重量 300~400 kg の轉石を選んで孔を穿ち、2 個を 1 組として徑 19 mm の丸鋼を通したものを縦横に列べ、縦の方向には丸鋼と丸鋼とを鉤端で繋ぎ、更に横の方向には同じく徑 19 mm の丸鋼を以て列と列とを連結し、轉石の間に大玉石を填充するのであるが、水勢が激しい場合には此の目潰用玉石を流失する缺點がある。



第 220 圖 連石床

所要材料勞力 連石床長さ 4.5 m、幅 4.5 m、面積 20.25 m² につき、野面石 36 個、徑 19 mm 丸鋼 52 m、工夫 12 人、人夫 15 人。

124. 沈 床 水 制

上記各種の沈床工は石張水制、杭出水制、牛水制、籠水制等の基礎に用ひられるばかりでなく、之に上覆工を施して各々單獨に水制として使用せられる。

特に粗梁沈床及び單床を用ひるケレップ水制工に於ては幹部の附根には扇状工を上置して根上りに取付け、上覆工の内幹部に施工するものを上層工、頭部に施工するものを上置工と言ひ、以て沈床上端を保護する。

扇状工は沈床又は單床の幅よりは約90cm短縮して施工せられる。その工法は光づ束粗梁を上流及び下流に傾けて數十束を恰も開扇状に並べ、長さ4.5~3.6mの連柴の梢を河身に向けて7本併列し、その末端に束粗梁を横に置いて枕柴とし、之に杭木を打込んで連柴と密接せしめる。その上に再び束粗梁を開扇状に布列し、下部に置いた連柴に當て、杭木を打込んで之を貫通せしめ、杭木には柵を搔き内部に土砂を盛つて粗梁の浮流を防止する。最後に連柴を縦横に列べて柴格を作り、支點を二子繩で結束した上連柴上に杭木を打ち之に柵を搔き、斯くして中央を高く、周邊を低く仕上げる。

上層工は水制幹部に堤脚に於て高く末端に於て低く、弧形断面の石張を施工するものであつて、その工法は束粗梁を解いて下流側からは梢を上流に向け、上流側からは梢を下流に向け、梢と梢とを接觸せしめて布列し、その上に縦5行に36cm間隔に杭木を打ち、之に柵を搔いて周邊の柵の内部に粘土を填充し、注水して之を粗梁の内部に充分に流入せしめ、順次此の法を反覆して所要の高さに達した後裏込礫を用ひて割石を張つて仕上げる。

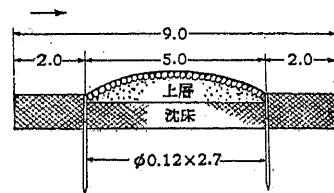
幅員は上層工、上置工ともに沈床幅の広い場合と雖も普通3mを以て限度とする。

所要材料勞力 ケレップ上層工 10m²につき、粗梁9~18束、帶梢3束、小杭3束、割石2.7m³、砂利1.3m³、砂3m³、人夫8~12人。

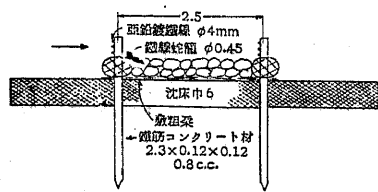
上置工は水制頭部に施工せられるものであつて、此の部分は成るべく流水を激せしめないのを理想とするから表面石張を行はず、割石又は玉石を單に列べて置く程度に止める。

所要材料勞力 ケレップ上置工 10m²につき、粗梁24~30束、帶梢3束、小杭3束、割石0.7~1m³、砂利0.7m³、砂2m³、人夫6~8人。

表面石張を行ふ爲に流水を激せしめて渦流を生じ易いのがケレップ水制の缺點であるから、現今では透過上置工が推奨せられる。第221圖は在來工法による粗梁沈床水制の上層工、第222圖は鐵筋コンクリート材を使用した杭打石詰上置工を示す。



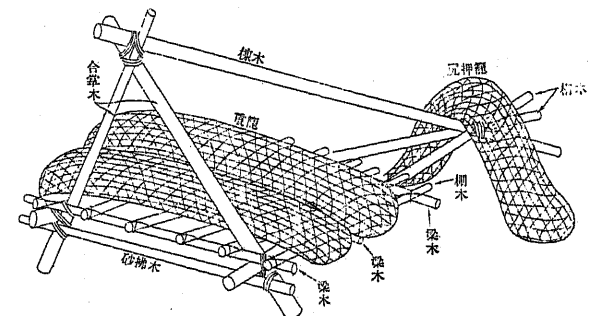
第221圖 石張上層工



第222圖 杭打石詰上置工

牛は2本の合掌木を恰も牛の角の如く二叉に組立て、之に棟木又は聖木を斜に冠し、合掌木の脚は之を梁木で聯絡し、合掌木と棟木との脚を桁木を以て聯絡した三稜形の枠を總稱し、その原始形である牛枠は奈良朝の初期約1200年前から假締切、用水堰等に使用せられたものであつて、笈牛、川倉、聖牛、菱牛、棚牛、猪子、越中三叉など何れも皆是から發達し、古來全國各地に廣く施工せられる。牛は杭打の不可能な砂利又は玉石河床の水制、根固に適し、且杭打工よりは構造が堅牢であるから専ら河川の中流部以上に使用せられる。之を沈設するには通例蛇籠、達磨籠が使用せられ、枠内に布列するものを重籠、棟木の脚部に冠するものを尻押籠と呼ぶ。蓋し牛類は通例合掌木の面を水流に直角とし、棟木を下流に向けて設置し、牛に水壓の加はるに従つて棟木の脚を河床に喰込めしめてその安定を増大せしめることをその構造原理とするが故である。

牛の組立には昔は柄差栓止とし或は扮竹、二子繩を使用したが、現今では柄差を廢して専らボルト、鐵線、洋釘が使用せられる。



第223圖 牛 枠

1) 牛枠 構造の一例は長さ2.7m

の合掌木及び梁木と、長さ4.5mの棟木及び桁木とを以て高さ約1.3mの三角錐を組立て、之に砂拂木及び敷成木を取付け、之を長さ2.7mの重籠2本及び尻押籠1本を以て沈壓する。牛枠は多くは數組配列して之を連續體として使用し、その場合の重籠は急流部では2本とも枠内に積載し、緩流部では内1本を各枠の中間に使用する。之を築籠と言ふ。粗梁付牛枠と言ふのは枠の下に粗梁沈床を組込んだものであつて、枠の安定を増す爲に施工せられる。第223圖は牛枠を示す。

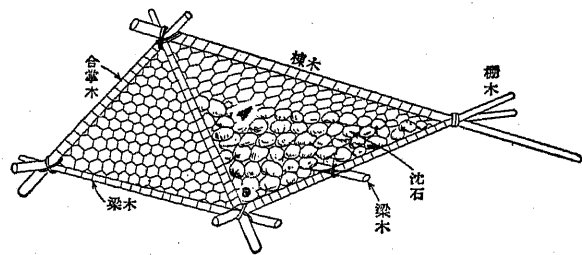
所要材料勞力 牛枠1組につき、合掌木長さ2.7m、末口12cm 雜木丸太2本、梁木同上3本、砂拂木同上1本、棟木長さ4.5m、末口15cm 同1本、桁木長さ4.5m、末口12cm 同2本、敷成木長さ2.1m、末口6cm 同6本、12番鐵線3.6kg、長さ2.7m、徑60cm 鐵線籠3本、人夫3人。

近時牛枠の主要材に9kg位の古軌條を使用しボルトを以て締付けたものがあり、之を鐵牛枠と言ふ。又牛枠の前面に前立木を加へたものを笈牛と言ひ、棟木の長さは普通3.6mであるが、その長さ5.5mのものを大笈牛と言ふ。

2) 猪子 岐阜縣に發達した工法であつて牛枠と共に牛類中最も原始的な形狀を具へる。現今使用せられる形は牛枠の砂拂木及び敷成木を省き側面及び底面に柵を搔付け、枠内に割石又は玉石を填充して沈設し、各猪子の中間には捨石を行ふものであつて、柵に唐竹を使用したものを築

猪子、鐵線を使用したものを鐵線猪子と呼ぶ。猪子の大きさは棟木の長さで表し、2.7 m 以上

8.2 m に及ぶ。第 224 圖は鐵線猪子を示す。

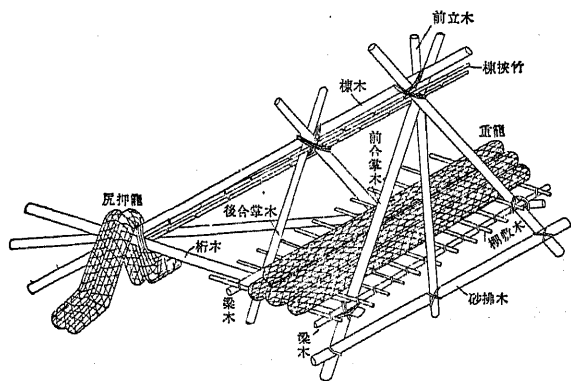


第 224 圖 鐵線猪子

本、12 番鐵線（結束及び鐵網用とも）6.9 kg、沈石 1.8 m³、捨石 1.8 m³、人夫 3 人。

所要材料勞力 鐵線猪子長さ 3.6 m
1 組につき、合掌木長さ 2 m、末口
7.5 cm 雜木丸太 2 本、棟木長さ 3.6 m、
末口 9 cm 同 1 本、梁木長さ 2.4 m、
末口 6 cm 同 2 本、棚木（桁木）同上 2

3) 川倉 川倉は牛枠と聖牛との中間の構造であつて、合掌木 2 對を使用すること、前合掌木に前立木 1 本を加へたこと、が牛枠との主なる相違點である。棟木の長さ 4.5 m のものを川倉、同 5.5 m のものを大川倉と稱して來たが、近時は棟木の長さ 9 m に達するものまで施工せられる（第 225 圖）。

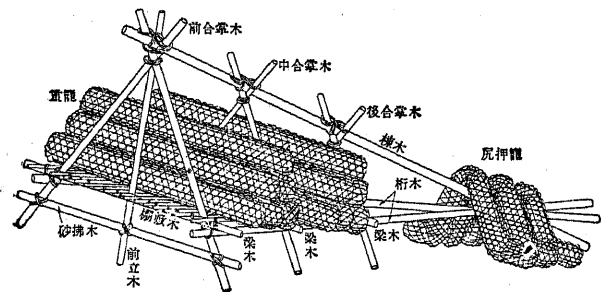


第 225 圖 川倉

所要材料勞力 大川倉 1 組につき、
前合掌木長さ 4.5 m、末口 12 cm 雜木
丸太 2 本、梁木同上 2 本、後合掌木長
さ 3.2 m、末口 9 cm 同 2 本、棟木長さ 5.5 m、末口 12 cm 同 1 本、桁木同上 2 本、前立木長さ 3.6 m、末口
7.5 cm 同 1 本、砂拂木長さ 4.5 m、末口 9 cm 同 1 本、敷成木長さ 2.7 m 同上 12 本、12 番鐵線 4.5 kg
長さ 3.6 m、徑 45 cm 重籠 5 本、長さ 2.7 m、徑 45 cm 尻押籠 2 本、人夫 6 人。

4) 聖牛 聖牛は牛類中最も堅牢なる構造を有し、水制、根固、破堤箇所の締切等に使用して最も優秀なる機能を發揮する。

その構造は川倉を更に補強したものであつて、3 對の合掌木を備へ棟木の長さ 7.3 m、末口 12 cm のものを中聖牛、同長さ 9 m、末口 15~18 cm のものを大聖牛、4 對の合掌木を備へ棟木の長さ 12.7 m、末口 21 cm、2 對



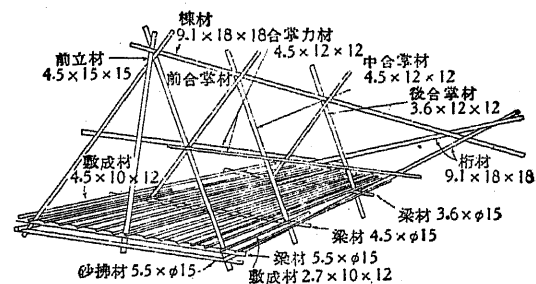
第 226 圖 大聖牛

に棚を設けて重籠を積載するものを大々聖牛と言ひ、以上は何れも前合掌だけに 1 本の前立木を使用するのであるが、合掌木 3 對、棟木の長さ 13.9 m、末口 45 cm、各合掌に中立木を用ひ桁木 3 本を備へるものを鬼聖牛と言ふ。此の内現今最も廣く使用せられるものは中聖牛及び大聖牛であつて第 226 圖は後者を示す。聖牛及び川倉の部材結束に拵竹を使用した時代には棟木の下に 2 本の棟拵竹を使用して棟木と合掌木とを聯絡したが、結束に鐵線を使用する場合には之を用ひない。

所要材料勞力 大聖牛 1 組につき、棟木長さ 9 m、末口 18 cm 雜木丸太 1 本、桁木長さ 9 m、末口 15 cm 同 2 本、前合掌木長さ 5.5 m 同上 2 本、梁木同上 3 本、砂拂木同上 1 本、中合掌木長さ 4.5 m、末口 12 cm 同 2 本、前立木同上 1 本、後合掌木長さ 3.6 m 同上 2 本 棚敷木長さ 4.5 m、末口 9 cm 同 15 本、12 番鐵線 7.5 kg、長さ 5.5 m、徑 60 cm 重籠 12 本、長さ 4.5 m、徑 60 cm 尻押籠 3 本、大工 0.5 人、人夫 12 人。

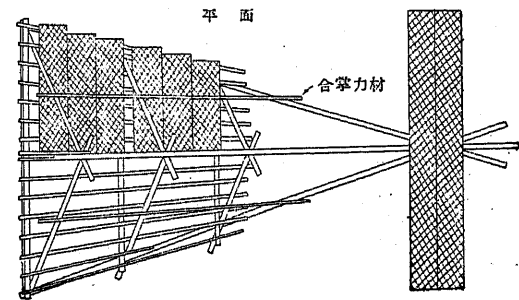
中聖牛 1 組につき、棟木長さ 7.3 m、末口 12 cm 雜木丸太 1 本、桁木同上 2 本、前合掌木長さ 4.5 m、末口 12 cm 同 2 本、梁木同上 3 本、中合掌木長さ 3.6 m、末口 12 cm 同 2 本、後合掌木長さ 2.7 m 同上 2 本、砂拂木長さ 4.5 m、末口 9 cm 同 1 本、前立木長さ 3.6 m 同上 1 本、棚敷木同上 10 本、12 番鐵線 6.25 kg、長さ 4.5 m、徑 50 cm 重籠 8 本、長さ 3.6 m、徑 50 cm 尻押籠 3 本、大工 0.3 人、人夫 9 人。

近時鐵聖牛と稱し 15~30 kg 古軌條をワイヤ・ロープを以て結束した大聖牛及び中聖牛が各地に行はれる外、鐵筋コンクリート聖牛も亦利根川、富士川等を使用せられ、何れも優秀なる効果を收めてゐる。第 227 圖は富士川に使用せられた鐵筋コンクリート大聖牛であつて、2 本の合掌力材を以て 3 對の合掌木を聯絡し、以て枠の補強を圖る。



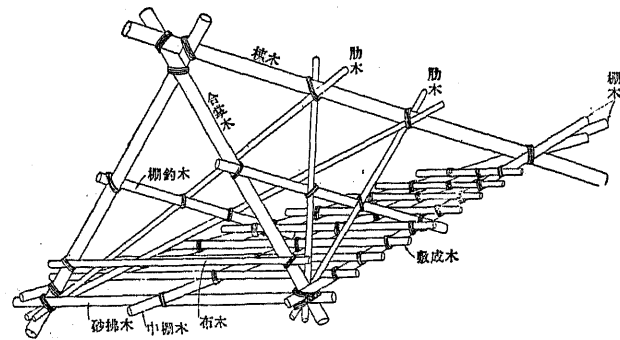
第 227 圖 鐵筋コンクリート大聖牛

所要材料勞力 鐵筋コンクリート大聖牛 1 組につき、棟材長さ 9.1 m、18 cm 角 1 本、桁材同上 2 本、前合掌材長さ 5.5 m、15 cm 角 2 本、砂拂材同上 1 本、梁材同上 1 本、前立材長さ 4.5 m、15 cm 角 1 本、梁材長さ 3.6 m、15 cm 角 1 本、中合掌材長さ 4.5 m、12 cm 角 2 本、合掌力材同上 2 本、後合掌材長さ 3.6 m、12 cm 角 2 本、敷成材長さ 4.5 m、幅 10 cm、厚さ 12 cm 13 本、同長さ 2.7 m、



幅 10 cm, 厚さ 12 cm 2本, 径 3.5 mm 鐵線 4 kg, 径 4 mm 同 45 kg, 長さ 5.5 m, 径 55 cm 重籠 8本, 同上尻押籠 3本, 同上砂拂籠 3本, 人夫 30人。

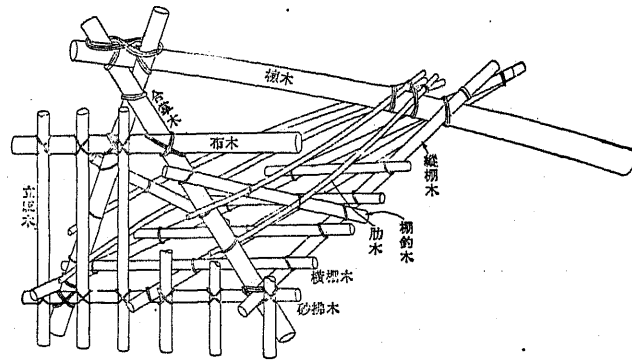
5) 越中三叉 一名鳥脚とも言ひ、富山縣庄川、神通川、常願寺川の如き急流河川に發達して



第 228 圖 越 中 三 叉

新潟縣、長野縣、福井縣等に傳はり、九頭龍川では水制に専ら之を使用したのであるが、その工法には多少の差異がある。越中三叉の本格的な構造は合掌木及び棟木を以て三角錐を組み、前面には砂拂木、布木を取付け、或は之に立成木を加へて掛粗梁を行

ひ、底面は縦棚木 3本を取付けた上に敷成木又は横棚木を結束し、側面には棚釣木及び肋木を施し、枠内に割石、野面石又は石俵を填充して沈設するのであるが、急流部ではその前面及び兩側に蛇籠を布列する場合が多い。三叉の寸法は同



第 229 圖 越 中 三 叉 (立成木付)

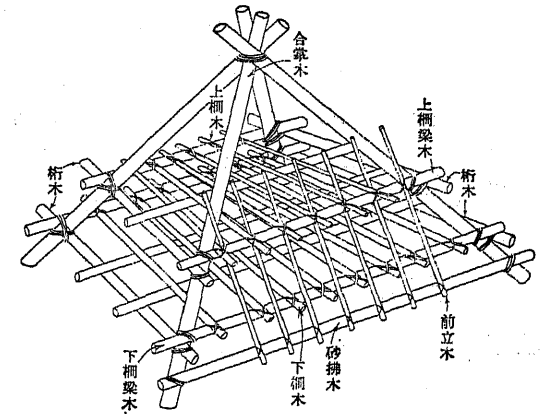
じく棟木の長さを以て之を表し 2.7 m から 9 m までのものが造られるが、普通には 7.3 m 以下のものが多く施工せられる。

所要材料勞力 越中三叉長さ 5.5 m 1組につき、合掌木長さ 3.6 m, 末口 12 cm 雜木丸太 2本, 棟木長さ 5.5 m, 末口 13.5 cm 同 1本, 砂拂木長さ 3.6 m 末口 9 cm 同 1本, 棚木長さ 3.3 m 同上 2本, 中棚木長さ 3 m 同上 1本, 敷成木長さ 4 m, 末口 6 cm 同 (切遣) 5本, 棚釣木長さ 3.6 m, 末口 9 cm (切遣) 同 1本, 肋木長さ 2.7 m, 末口 6 cm 同 4本, 布木長さ 5 m, 末口 10.5 cm 同 1本, 立成木長さ 2.7 m, 末口 7.5 cm 同 10本, 粗梁 2束, 藤蓐 8.5房, 二子繩 4.5房, 石俵 112俵, 人夫 5人。

6) 菱牛 菱牛とは長さ 3.6 m, 末口 10.5 cm の合掌木 4本を頭部は 1點に結束し、下部は之と同一寸法の桁木及び梁木を用ひて方形に組立て、前面には前立木を取付け、梁木上に棚敷木を結束して重籠を積載するものを言ひ、長さ 2.4 m の合掌木を使用したものを小菱牛、合掌木の長

さ 4.5 m のものを中菱牛、同 5.5 m のものを大菱牛と呼ぶ。中菱牛及び大菱牛は棚を 2段に釣り、その各々の上に重籠を積載する。第 230 圖は大菱牛、第 231 圖は菱牛を示す。

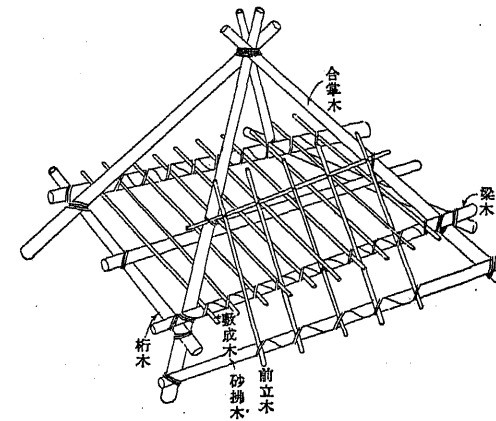
所要材料勞力 大菱牛 1組につき、合掌木長さ 5.5 m, 末口 10.5 cm 雜木丸太 4本, 下桁木同上 2本, 同梁木同上 4本, 上棚桁木長さ 3.6 m 同上 2本, 同梁木同上 3本, 砂拂木長さ 5.5 m, 末口 9 cm 同 1本, 下棚



第 230 圖 大 菱 牛

敷木長さ 4 m, 末口 7.5 cm 同 12本, 上棚敷木長さ 3 m 同上 10本, 前立木長さ 2.7 m, 末口 6 cm 同 7本, 10番鐵線 6.3 kg, 12番鐵線 3.5 kg, 上棚重籠長さ 3.6 m, 径 45 cm 鐵線籠 5本, 下棚重籠長さ 2.7 m 同上 7本, 人夫 10人。

菱牛 1組につき、合掌木長さ 3.6 m, 末口 10.5 cm 雜木丸太 4本, 桁木同上 2本, 梁木同上 3本, 砂拂木長さ 3.6 m, 末口 7.5 cm 同 1本, 棚敷木長さ 3 m 同上 10本, 前立木長さ 2.4 m, 末口 6 cm 同 6本, 11番鐵線 4 kg, 15番鐵線 1.3 kg, 長さ 3.6 m,

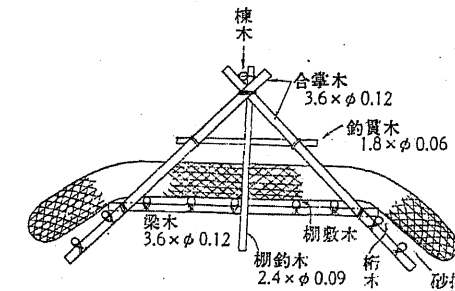


第 231 圖 菱 牛

径 60 cm 重籠 3本, 人夫 4人。

方形牛は菱牛を改良したもので、前後に 1本宛の長い立木を使用し、棚の下には 2本の筋違梁木を用ひて之を補強する。

7) 棚牛 棚牛は武田信玄の時代から笛吹川、釜無川等甲州の河川に發達したものであつて、その工法は長さ 3.6 m の合掌木と梁木とを以て三角形を造り、之を 1.2 m 間隔に聯立せし

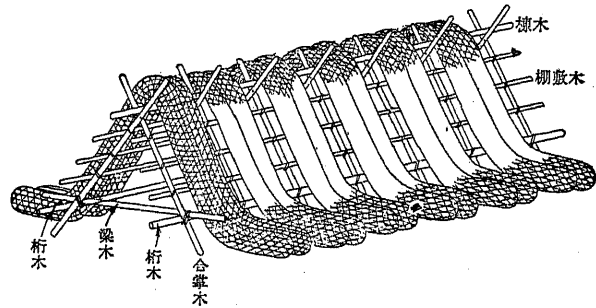


第 232 圖 棚 牛

めたものを棟木、桁木、砂拂木を以て縦に聯絡し、梁木上に敷成木を取付けた上に、合掌と合掌との間に之に平行に2本宛の重籠を積載して沈設する(第232圖)。

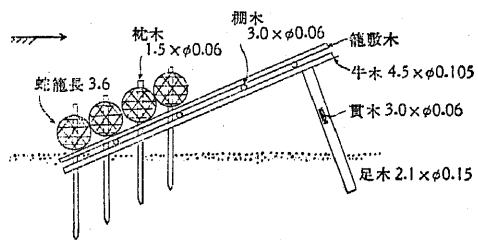
所要材料勞力 棚牛10組建につき、合掌木長さ3.6m、末口12cm 雜木丸太20本、梁木同上10本、棟木同上4.5本、桁木同上9本、砂拂木長さ3.6m、末口9cm 同9本、棚釣木長さ2.4m 同上10本、釣木貫長さ1.8m、末口6cm 同5本、棚敷木長さ3m、末口7.5cm 同45本、合掌木、砂拂木、梁木、桁木締付用長さ27cm、徑13mm オールト70本、棚釣木締付用長さ20cm 同上20本、11番鐵線23.9kg、15番鐵線18kg、長さ3.6m、徑45cm 重籠18本、大工2人、人夫30人。

鞍掛棚牛は静岡縣太田川、栃木縣渡良瀬川に施工せられ 棚牛の棚敷木を合掌兩斜面に3本宛取付け、棟木の上から重籠を鞍掛に積載するものであつて、棚牛の透過工なる特性を持続する爲には合掌木の双角を成るべく長く伸ばし、且重籠に間隔を置いて布敷するのがよい。改良棚牛は長さ2mの合掌木を用ひた小型鞍掛棚牛であつて、棚釣木及び釣木貫を省く(第233圖)。



第233圖 鞍掛棚牛

8) 片牛 静岡縣大井川筋に多く施工せられる。長さは2.7m~5.5m を普通とし、下流側は1.5m 内外の間隔に稍々斜に足木を立て、之に上流側牛木を柄差として三稜形に組立てた上に棚木及び籠敷粗梁を布列し、之に蛇籠4本を積載して杭木止とする(第234圖)。



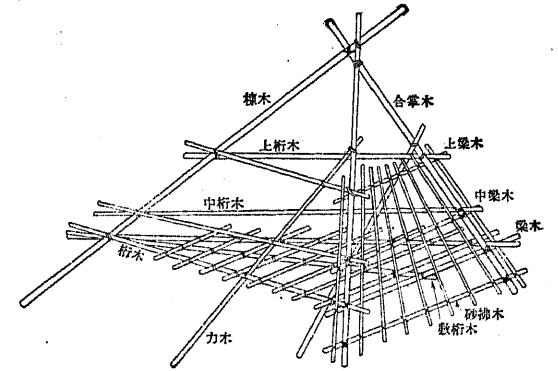
第234圖 片牛

所要材料勞力 片牛長さ2.7m 1組につき、足木長さ2.1m、末口15cm 雜木丸太3本、牛木長さ4.5m、末口10.5cm 同3本、棚木長さ3m、末口6cm 同4本、貫木同上1本、籠敷粗梁1.5束、長さ3.6m、徑60mm 蛇籠4本、杭木長さ1.5m、末口6cm 杉丸太12本、13番鐵線0.8kg、人夫3人。

9) 三基柱 牛柱の改良形であつて大正の初年北海道の河川に施工せられたのを以て嚆矢とする。構造は笈牛に類似し、その之と異なる點は上中2段に桁木及び梁木を設けたこと、合掌木から桁木に斜に2本の力木を加へたことである(第235圖)。

所要材料勞力 三基柱1組につき、合掌木長さ4.5m、末口12cm 雜木丸太2本、砂拂木同上1本、棟

木長さ6.6m、末口15cm 同1本、桁木長さ5.5m、末口12cm 同2本、梁木長さ3.6 同上1本、敷成木長さ4.5m、末口9cm 同1本、敷成木同上(切造)4.5本、中桁木長さ3.6m 同上2本、力木同上2本、中梁木長さ3.3m 同上1本、上桁木長さ3m 同上2本、上梁木長さ2.1 同上1本、前立木長さ2.4m、末口7.5cm 同9本、12番鐵線8.8kg、二子繩2房、空俵40俵、玉石1.2m³、人夫5人。

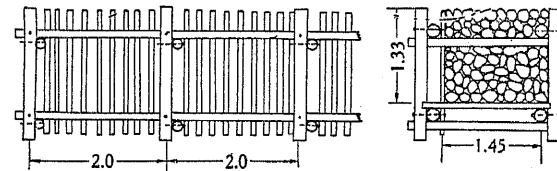


第235圖 三基柱

126. 柱工

護岸、水制に柱工を使用することは我が國では遠く戦國時代から行はれ、杭打不可能なる砂利、玉石河床に對しては牛工と共に最も重要なる工法に屬する。柱工の原始形は鉛直構材から成る片柱及び沈柱であつて、沈柱の寸法を變へたものに大々柱、大柱、中柱、小柱があり、之に蓋を施したものに楯柱がある。又柱の片側、兩側、3方及び4側面に勾配を附けたものを夫々片法柱、兩法柱、3方法柱、辨慶柱と言ひ、三角形の連續體としたものを三角柱及び合掌柱と言ふ。

柱の構材は昔は柄差桎止又は藤蔓の類を以て結束したが近時はボルト、鐵線及び洋釘を使用する。

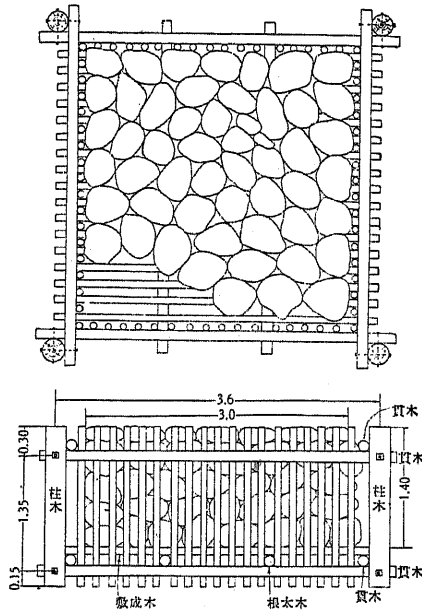


第236圖 片柱

1) 片柱 杭打片柱工の杭打込不可能なる箇所に根固工として使用せられる。その工法は約2m 間隔に前後2列に柱木を立て、上下2段の貫木を以て之を縦横に聯絡した上敷成木を列べ、前面、兩小口及び約6~8m 間隔の中仕切に立成木を施して詰石を行ふ(第236圖)。

所要材料勞力 片柱長さ20m につき、柱木長さ1.8m、末口15cm 雜木丸太22本、貫木長さ4.2m、末口12cm 同20本、横貫木長さ2.1m 同上22本、敷成木長さ1.8m、末口9cm 同100本、前面用立成木長さ1.7m、末口6cm 同110本、兩小口及び中仕切2箇所用同上36本、計146本、長さ30cm、徑13mm ボルト88本、15cm 洋釘4.4kg、12.7cm 同4.4kg、詰石33m³、大工1.5人、人夫12人。

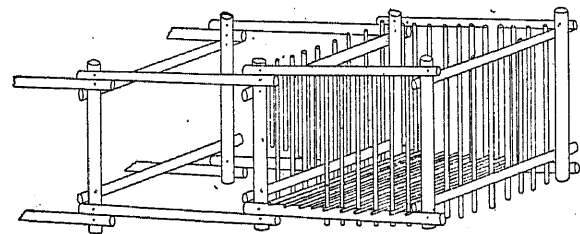
2) 沈枠 沈枠は柱木4本を4隅に配し上下2段の貫木を以て之を方形又は矩形に組立て、根太木を据付けた上に敷成木を布列し、立成木を貫木に結束した上詰石を投入して水中に沈設する。根固に使用する場合に敷成木は水流に直角に末口を河身に向け、水制に使用する場合に水流に平行に末口を下流に向けて配列する。沈枠の原形は柱の中心間隔で長さ及び幅3.6m、高さ1.8m、内法寸法3.0×3.0×1.3mとし、長さ9m、幅5.5m、高さ1.8mのものを大々枠、高さ5.5m、幅3.6m、高さ1.8mのものを大枠、長さ2.7m、幅及び高さ1.8mのものを中枠、1.8m立方のものを小枠と呼ぶ。第237圖は沈枠を示す。



第237圖 沈 枠

所要材料勞力 沈枠1組につき、柱木長さ1.8m、末口18cm 雜木丸太4本、貫木長さ4.15m、末口12cm 同8本、根太木同上2本、敷成木長さ3.8m、末口9cm 同17本、立成木長さ1.8m、末口6cm 同68本、長さ33cm、徑16mm ボールト16本、15番鐵線5.6kg、詰石12m³、大工2人、人夫5人。

3) 續枠 續枠は沈枠の連續體で幅3.6m、高さ1.8mが原形であるが、現今使用せられるものは内法寸法幅2~3m、高さ1.3m、柱は2m間隔として各柱毎に中仕切を設ける(第238圖)。

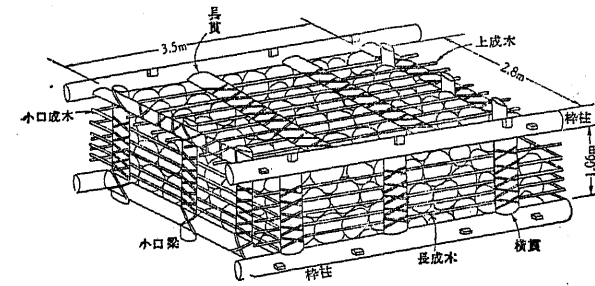


第238圖 續 枠

所要材料勞力 續枠長さ20m、幅2m、面積40m²につき、柱木長さ1.8m、末口15cm 雜木丸太22本、貫木長さ2.5m、末口12cm 同62本、敷成木長さ2.3m、末口9cm 同100本、立成木長さ1.8m、末口6cm 同319本、長さ30cm、徑16mm ボールト124本、15番鐵線13.5kg、詰石48m³、大工8人、人夫50人。

利根川に施工せられた鐵網張續枠は續枠の敷成木及び立成木を廢し、徑4mm鐵線の鐵網を張つて詰石を行ひ、又鐵筋コンクリート續枠は長さ2.5m、12cm角の方格材を以て2m間隔に方格を組み、柱を省いて10cm角の敷成材及び立成材を入れて詰石を行ひ、何れも幅4m、高さ1mに仕上げたものである。

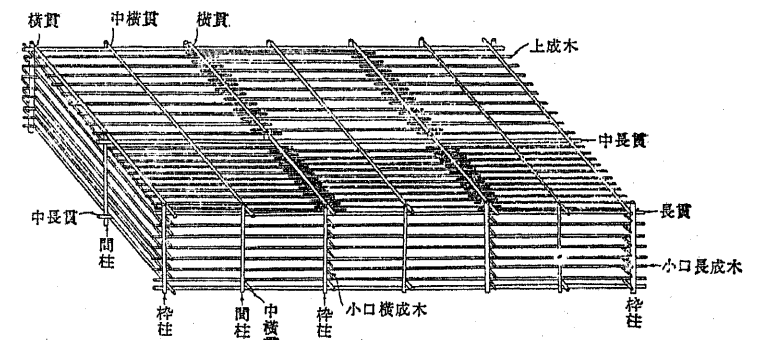
4) 楯枠 沈枠に上成木を以て蓋を施したものであつて、4本の枠柱を長貫、横貫、小口梁を以て聯絡して枠形を作り、成木は總べて横成に使用する。第239圖は楯枠であるが、枠柱と貫木との取付には現在はボールトを使用する。



第239圖 楯 枠

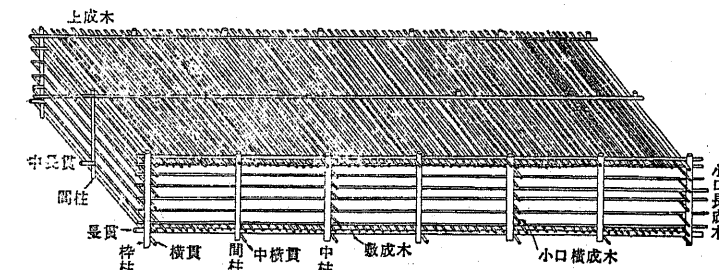
所要材料勞力 楯枠1組につき、枠柱長さ4.5m、末口15cm 雜木丸太4本、長貫木長さ3.6m 末口12cm 同8本、横貫木長さ2m 同上6本、小口梁木長さ1.8m 同上6本、長成木長さ4.5m、末口6cm 同40本、小口成木長さ3.3m 同上12本、長さ30cm、徑13mm ボールト28本、15番鐵線4kg、大工3人、人夫9人。

5) 改良續枠 續枠の立成木を總べて横成木に改め、且上成木を施したもので、2續枠、3續枠、4續枠等があり、又之を楯枠の連續體と見る時は改良續楯枠とも言ふ。第240圖は改良3續枠を示す。



第240圖 改良3續枠

所要材料勞力 改良3續枠長さ10.8m、幅4.5m、高さ1.65m1組につき、柱木長さ1.65m、末口18cm 雜木丸太8本、間柱木長さ1.65m、末口15cm 同10本、横貫木長さ4.5m 同上14本、長貫木長さ4.1m 同上18本、敷成木及び上成木長さ4.1m、末口6cm 同120本、小口長成木同上30本、小口横成木長さ4.5m 同上24本、長さ45cm、徑19mm ボールト8本、長さ40cm 同上24本、長さ42cm、徑16mm 同4



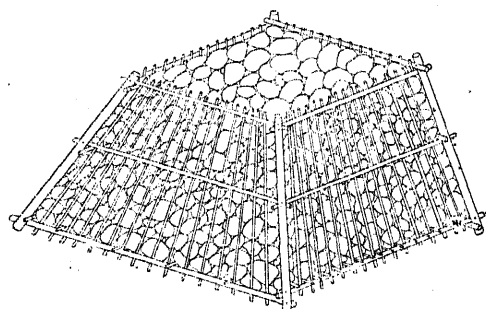
第241圖 改良小口3續枠

本、長さ36cm 同上36本、13番鐵線42kg、大工3.2人、人夫21人。

改良小口續枠は改良續枠と同様であるが、唯敷成木及び上成木を小口並べとしたもので

あつて、同様に2續枠、3續枠、4續枠等がある。第241圖は改良小口3續枠を示す。

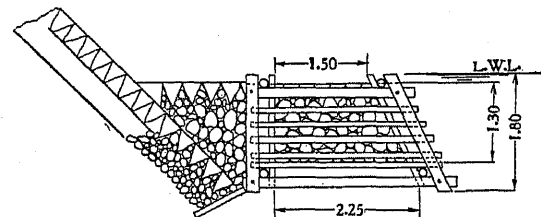
6) 辨慶枠 是は沈枠の4側面に勾配を付けて截頭角錐形に組立てたものであつて、上中下3段に貫木を取付け、之に立成木を結束し、根太木上に敷成木を布列して詰石を填充する。枠工中構造最も堅牢であつて、且最も安定である。枠の大きさは使用箇所によつて異なるが、普通の寸法は内法上面3.2m角、底面4.1m角、高さ2.1mである(第242圖)。



第242圖 辨慶枠

所要材料勞力 辨慶枠1組につき、柱木長さ2.7m、末口15cm 雜木丸太4本、下貫木長さ5m 同上4本、中貫木長さ4.8m 同上4本、上貫木長さ4.15m 同上4本、根太木長さ5m、末口12cm 同4本、敷成木長さ4.8m、末口9cm 同20本、立成木長さ2.7m、末口7.5cm 同84本、長さ33cm、徑16mm ボールト24本、15番鐵線2.5kg、15cm 洋釘1.0kg。大工2人、人夫8人。

7) 法枠 續枠の變形と見るべきものであつて、片側だけに勾配を付けたものを片法枠、兩側に勾配を付けたものを兩法枠、兩法枠の1端の小口に勾配を付けたものを3方法枠と言ふ。



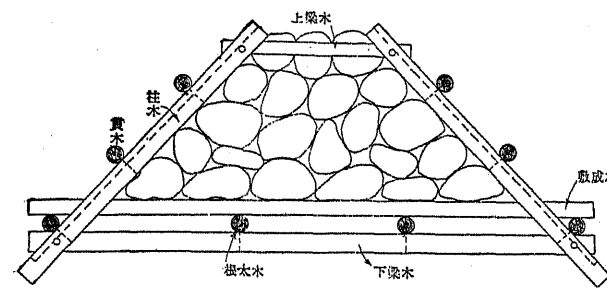
第243圖 片法枠

は護岸根固に適し、第243圖の如く施行せられる。

所要材料勞力 片法枠長さ4m、5組建20m、内法上幅1.5m、下幅2.25m、高さ1.3mにつき、前柱木長さ2.1m、末口18cm 雜木丸太6本、後柱木長さ1.8m 同上6本、貫木長さ4.3m、末口15cm 同20本、上横貫木長さ2.7m 同上6本、下横貫木長さ3.4m 同上6本、敷成木長さ3m、末口9cm 同90本、横成木長さ2.7m、2.8m、2.9m、3.0m 同上各2本、前立成木長さ1.8m 同上85本、後立成木長さ1.6m 同上85本、長さ36cm、徑16mm ボールト48本、長さ18cm、徑9mm 皆折釘16本、15番鐵線24kg、詰石46m³、大工10人、人夫30人。

兩法枠の内法寸法は上幅1~2m、下幅2~3m、高さ1~1.5mが普通である。工法は斜の柱木を縦には上中下3段の貫木、横には上下2段の梁木を以て固定し、兩小口には更に中梁木を施し、底面は根太木上に敷成木を布列し、兩側面及び兩小口に立成木を結束して詰石を填充す

る(第244圖)。

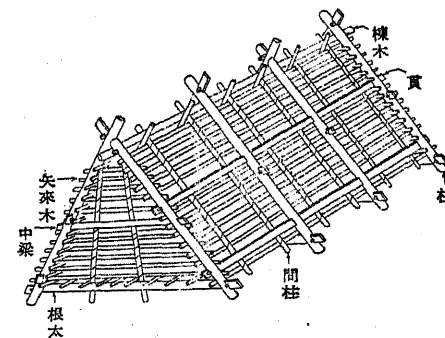


第244圖 兩法枠

所要材料勞力 兩法枠長さ4m5組建20m、内法上幅1m、下幅3m、高さ1.2mにつき、柱木長さ2.7m、末口15cm 雜木丸太12本、下梁木長さ4.5m 同上6本、中梁木長さ3m、末口12cm 同2本、上梁木長さ1.5m 同上6本、貫木長さ4.3m 同上30本、根太木同上10本、敷成木長さ4.4m、末口10.5cm 同85本、立成木長さ2.4m、末口7.5cm 同(兩小口16本とも)176本、下梁木締付用長さ33cm、徑13mm ボールト12本、貫木、根太木、上中梁木締付用長さ30cm 同上64本、15番鐵線25kg、詰石45m³、大工12人、人夫32人。

3方法枠はその1端の小口を除いてはその工法兩法枠と全く同一であつて、内法寸法上長2.5m、下長3.5m、上幅3m、下幅4m、高さ1.2m位のものが水制工に使用せられる。

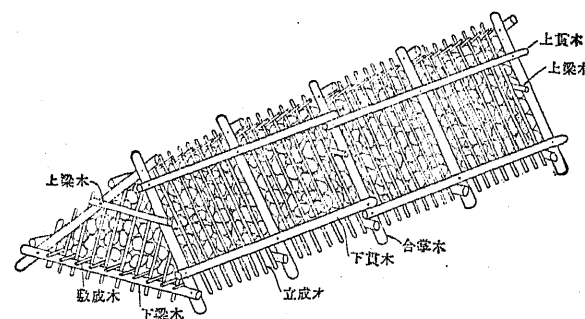
8) 合掌枠 合掌枠は三角枠から變化したものであつて地方によつては今猶三角枠とも呼ばれる。三角枠は1~1.5m間隔に合掌木を組み、その脚部は根太木を以て繋ぎ、中段には中梁を施したものを縦の方向に棟木及び2段の貫木を以て聯結して連續體とし、根太木上に敷成木を布列し、合掌と合掌の間には間柱を樹て之に矢來木を横成に結束して詰石を填充したもの



第245圖 三角

である(第245圖)。

合掌枠は三角形の間柱及び矢來木を廢し之を立成木に改めたもので、水制工として最も有效なるが故に廣く全国各地に使用せられ、その内法寸法は高さ1~1.5m、底幅1.5~2mが普通であるが、大合掌枠と稱するものは高さ2.5m、下幅3mに達するものがある(第246圖)。

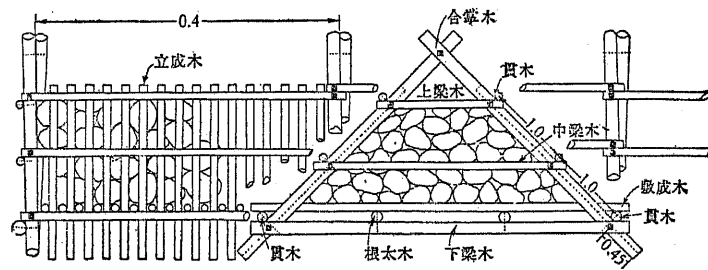


第246圖 合掌枠

近時は鐵筋コンクリート合掌枠が富士川その他に施工せられてゐる。

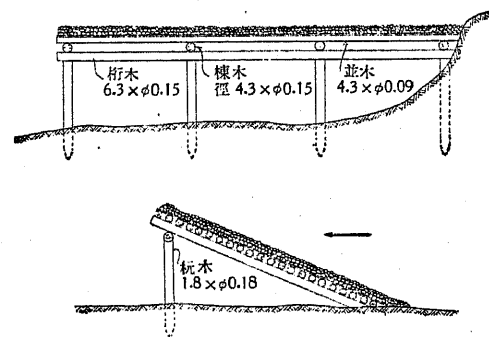
所要材料勞力 合掌枠内法高さ1.5m、底幅2m、長さ20mにつき、合掌木長さ2.7m 末口15cm 雜木丸太22本、貫木長さ4.3m、末口10.5cm 同20本、下梁木長さ2.7m、末口12cm 同11本、上梁木長さ0.9m、末口9cm 同11本、敷成木長さ2.5m 同上90本、立成木長さ2.5m、末口6cm 同176本、長さ33cm、徑13mm ボールト11本、長さ30cm 同上104本、15番鐵線19kg、詰石30m³、大工5人、人夫12人。
片合掌枠は合掌枠の片側の立成木を廢した構造であつて根固工に使用せられる。

9) **改良合掌枠** 合掌枠の透過性を増大する爲に立成木を合掌木よりも短くし、従つて詰石の高さを減じたものであつて、之を**合掌兩法枠**と言ふ(第247圖)。



第247圖 合掌兩法枠

所要材料勞力 合掌兩法枠上幅1m、下幅3m、高さ1.2m、長さ20mにつき、合掌木長さ3.6m、末口15cm 雜木丸太12本、下梁木長さ4.2m 同上6本、貫木長さ4.3m、末口12cm 同30本、根太木同上10本、中梁木長さ3m 同上6本、上梁木長さ2m 同上6本、敷成木長さ4.2m 同上75本、立成木長さ2.4m、末口7.5cm 同166本、長さ33cm、徑13mm ボールト18本、長さ30cm 同上104本、15番鐵線16kg、詰石46m³、大工10人、人夫30人。



第248圖 佐五右衛門枠

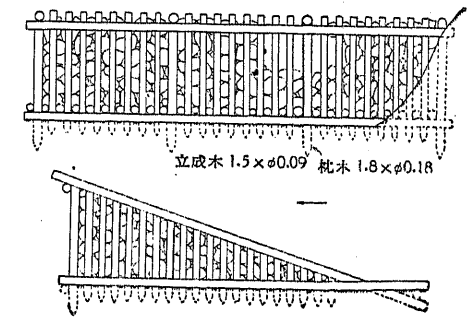
所要材料勞力 佐五右衛門枠長さ6m、幅4m、高さ1.2m 1組につき、杭木長さ1.8m、末口18cm 雜木丸太4本、桁木長さ6.3m、末口15cm 同1本、棟木長さ4.3m 同上4本、並木長さ4.3m、末口9cm 同32本、押木長さ3m、末口6cm 同10本、粗梁24束、二子繩2房、12番鐵線2kg、栗石8m³、大工1.2人、人夫6人。

石詰佐五右衛門枠は佐五右衛門枠を補強したものであつて河川中流部以上の水制工に適する。

合掌兩法枠の片側の立成木を省いたものを**合掌片法枠**と言ふ。

10) **佐五右衛門枠** 本工は片牛に類似する最も原始的な水制工であつて河川の中流部以下に使用せられる。工法は下流側約2m間隔に1列に杭木を打つて之に桁木を冠し、此の上に斜に上流に向つて棟木を横へ、之に直角に並木を置き敷粗梁を行つて之を押木で押へ、上面に栗石を置く(第248圖)。

工法は杭木に上下2段に貫木を取付け敷成木及び立成木を結束して内部に詰石を行ふ(第249圖)。

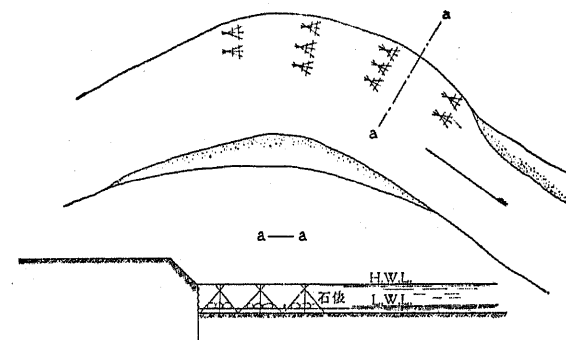


第249圖 石詰佐五右衛門枠

所要材料勞力 石詰佐五右衛門枠長さ6m、幅4m、高さ1.2m 1組につき、杭木長さ1.8m、末口18cm 雜木丸太4本、貫木長さ2.3m、末口12cm 同6本、棟木長さ4.3m、末口15cm 同4本、土藁木長さ6.3m、末口12cm 同1本、敷成木長さ4.2m、末口9cm 同25本、立成木長さ1.5m 同上32本、長さ42cm、徑16mm ボールト8本、長さ36cm 同上4本、長さ18cm 洋釘3.2kg、詰石18m³、大工1.5人、人夫9人。

127. 牛及び枠水制

牛及び枠水制工は河川中流部以上に廣く採用せられる。牛は兩法枠、合掌枠等の如き連續體に比して安定度少く、流水の激突に遇つて傾倒し易いから之を單獨に沈設せず、2組以上を併列協力せしめるのが普通であつて、適當にその數を加減して水制尖端を一定の法線に揃へる。第250圖は牛水制工に於ける牛の配置を示す。

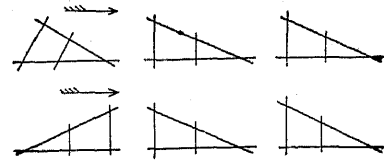


第250圖 牛水制工

牛及び枠水制工に於て注意すべき事項は次の通りである。

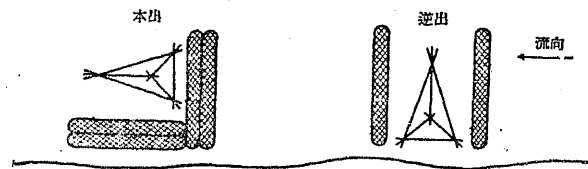
- 1) 聖牛、合掌枠等は1列で効果が少い時は2列又は3列に造つて水勢を分割する。例へば利根川に使用した合掌枠水制は取手、栗橋間では1列、栗橋、妻沼間では2列、妻沼上流は2~3列とした。
- 2) 聖牛、合掌枠等を2~3列に使用する場合には上流側のものが水當りが最も強いから、之を緩和して水勢を各列に均分せしめる爲には最上流の列を少々低く据付ける。例へば釜無川に使用した鐵筋コンクリート合掌枠水制では3.6mの間隔を置いて枠を2列とし、且上流列は下流列より50cm低く設置した。同理により水制尖端部は1~2組の枠を少々低く設置して水當りを少くする。
- 3) 聖牛類は古來合掌木の面を上流に向けて設置するのが原則であるが、2~3列使用の場合

に於て最上流列に對する水當りを軽減する爲には、此の列に限つて壘牛を逆に据付け、或は合掌木の面を下流に向つて傾斜せしめる。富士川に使用した鐵筋コンクリート壘牛に於ては此の方法によつて好成績を収めた(第251圖)。



第251圖 壘牛据方

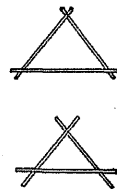
4) 越中三叉類を水制に使用する場合にはその前面に砂拂籠を伏せ、又數組並列の場合はその間に築籠を棚掛に用ひることが多く、之を本出と言ふ。三叉を水流に向はしめず、之を堤脚に向けて据付け、その上下流に蛇籠を伏設する時は流水を堤脚から河身に反撥せしめる効果がある。



第252圖 越中三叉据方

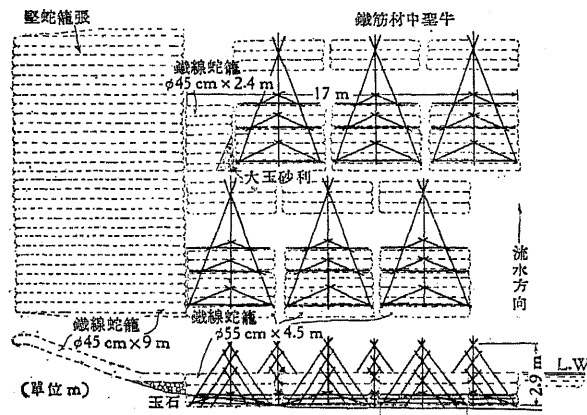
り、之を逆出と言ふ(第252圖)。

5) 牛類はその牛角によつて水流に抵抗するのが特徴であるから合掌木及び之と梁木との取付に際しては三角形を小さくして、交點より外側の突出部を成るべく長くするのがよい(第253圖)。



第253圖 牛類組方

6) 合掌棒等の立成木は成るべく疎に配置し、詰石も之を必要の最少限度に止めて成るべくその高さを減じ、以てその透過工たる特性を失はしめないのがよい。此の理由によつて合掌棒よりは合掌兩法棒が推稱せられ、



第254圖 鐵筋コンクリート大壘牛水制

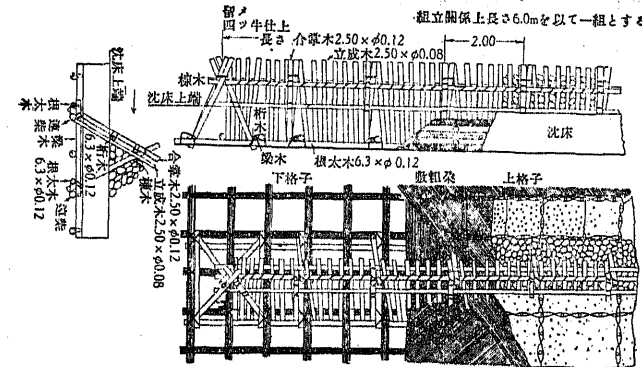
コンクリート大壘牛水制を示す。

利根川、渡良瀬川、富士川等の改修工事に使用せられたものは何れも後者である。

7) 壘牛、合掌棒等を鐵又は鐵筋コンクリートで造ればその重量が大きいためから棒の安定を増し、且その耐久性を増大する。流木その他の爲に鐵筋コンクリート合掌材折損の危険がある場合には之に緩衝材を取付ける。

第254圖は利根川用ノ上の鐵筋

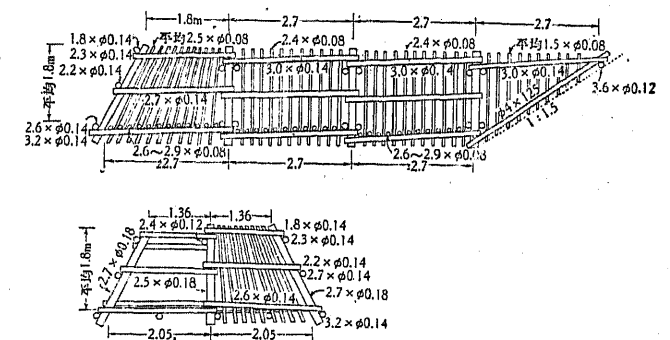
又第255圖は粗梁付牛棒水制、第256圖は兩法棒及び3方法棒水制である。



第255圖 粗梁付牛棒水制

斷して設けられる工作物を床固又は床留と言ひ、複断面の場合には低水路の部分のみならず之を高水敷の部分にまで延長することもある。新北上川柳津地先の床固、京都の鴨川上流改修の床留の如きがそれである。

床固を必要とする場合に二つある。



第256圖 兩法棒及び3方法棒水制

1) 急流河川の改修に際し、河床の勾配を緩にして之を安定せしめる爲に床固を設ける。此の場合は溪流砂防工事とその原理を同じくするが、床固は土砂の掩留が目的ではないから高さの高い堰堤とすることを要せず、通例その天端は上流河床と略々同一の高さに造り、此の故に床固を一名落差工とも言ふ。

2) 捷水路、分水路、水路附替を行つて水路の延長を減ずる場合には勾配が急になり流水の洗掘力を増すから、新に開鑿せられた水路を維持する爲に床固を設ける。此の場合の床固は落差工に造られる場合もあり、或は單に現在の高さに河床を固めて落差を設けない場合もある。

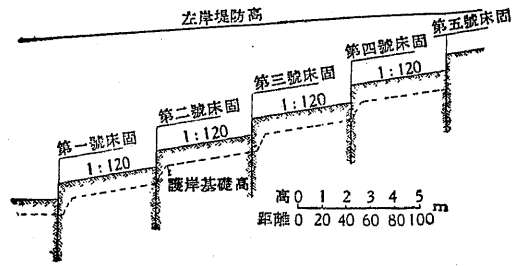
従つて床固は堰堤と水叩との中間の構造と見ることを得べく、特殊の場合に限つて河床上2~3mの高さに築造せられる。

床固の工法は各種の柵工、粗梁沈床、木工沈床、鐵線籠類、石棒類、石張、杭打石詰、矢板、コンクリート工などが或は單獨に使用せられ、或は混用せられるが、床固が流水を激せしめ易い堅牢な構造の場合にはその上下流に洗掘が起り、此の傾向は床固が多少でも河床より高く造られ

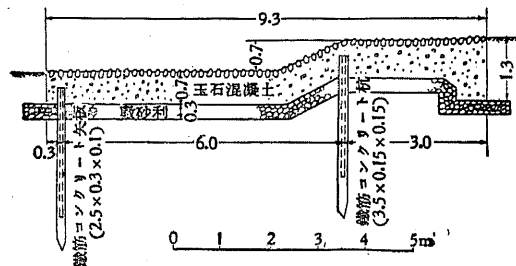
た場合に於て特に著しいから、洗掘防止の対策を必要とする。

床固が落差を有する場合には落差を h 、床固間隔を l 、在來河床勾配を S 、床固によつて緩和せられた勾配を S_1 とすれば

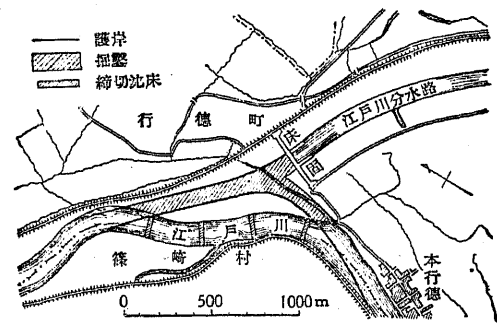
$$h = (S - S_1)l, \therefore l = \frac{h}{S - S_1} \dots \dots \dots (124)$$



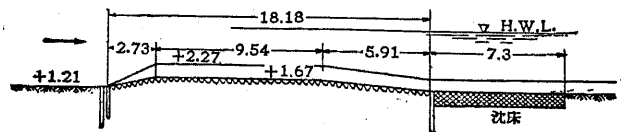
第257圖 蘆川床固箇所縦断面



第258圖 蘆川床固断面



第259圖 江戸川分水路起點附近平面圖



第260圖 江戸川行徳床固断面

富士川上流改修の笛吹川支川蘆川の笛吹川合流點附近に設けられた床固及び鴨川改修の鴨川上流及び高野川に設けられる床固は上記 1) の例であり、江戸川改修の江戸川分水路起點及び北上川改修の北上川分水路起點の床固は 2) の例である。

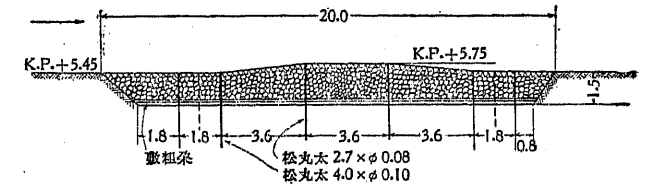
第257圖は蘆川床固の配置を示す。その數5箇所、各延長80~92m、中央部40mを水平とし、左右兩岸堤脚に向つて1/40の上り勾配を以て取付け、その構造は第258圖の如く厚さ70cmの玉石コンクリートとする。

第259圖は江戸川分水路の行徳床固を示す、延長400m、中央低水路に當る部分91mは高水敷より60cm低く、その構造は第260圖の如く幅員約18mの石張の下流に幅7.3mの沈床を沈設する。

第261圖は北上川柳津床固の構造を示したもので、6列に杭打をした間に敷粗朶、捨石を行

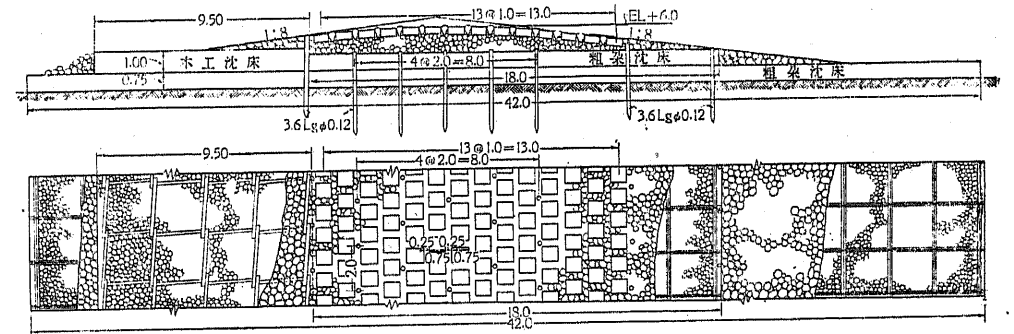
ひ、表面石張とする。

信濃川分水路に設けた2箇所の床固及び4箇所の床留は分水路が異常なる洗掘を蒙つた後に築造せられたものであるから、床固上流に水堰を作つて土砂を

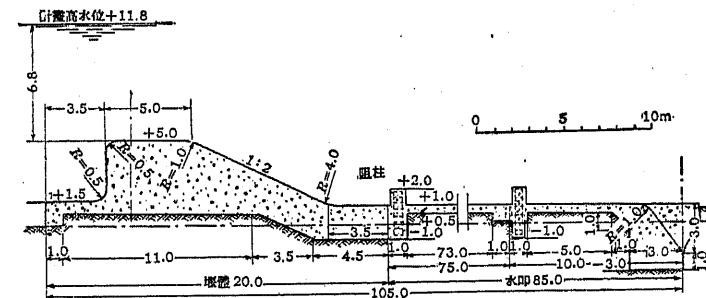


第261圖 北上川柳津床固断面

沈澱せしめることを目的とし、多少一般の床固と性質を異にして堰堤に類する。中間の床留は粗朶沈床、木工沈床を鐵線籠又は0.75m立方のブロックを以て沈壓したものであるが、鐵線籠は流水の爲に鐵線を切斷せられるからその上にコンクリートを被覆した、第262圖はその内の新長床留の構造を示す。



第262圖 新信濃川新長床留



第263圖 新信濃川第2床固断面

特に分水路下流端に近い第2床固は高さ4m、徑間180m、拱矢20m、堤長約185mの粗石コンクリート造拱堰に造り、高水敷の部分は堤頂を更に1m高くする。地盤軟岩なる

が爲に堰堤下流は85mの間を厚さ0.50~1.0mのコンクリートで被覆し、その末端を深く岩盤中に捲込み、下流岩盤が浸蝕せられた場合にも水叩に危険なからしめる。