

第十三章 護岸及水制

本章に於ては主に高水工事に關係ある護岸及水制に就て述べ、低水工事に就ては次章に譲る。

堤防或は河岸の崩壊を防ぐための護岸工事は河川工事中の主要なるものであつて、必要に應じ根固工をも施して護岸の脚部を安全にする。

又高水工事に於ては水制を設けて流水を堤防より遠からしめ、同時に堤防附近に土砂の堆積を促し、水勢のために堤防或は河岸の侵蝕せらるゝのを防禦する。

低水工事にて水制を設け其の間に土砂を堆積せしめ、低水路が固定する時は出水に際し水流の位置が變化せず、又堤防も甚だ安全となつて洪水防禦上効果が多い、依て舟運のために低水工事を要せざる時に、低水工事にて施行する様な水制工事を高水工事にて施行することが稀でない。

第一節 工事材料及基本工法

1. 工事材料

護岸水制工事に使用せらるゝ工事材料の内には他の工事には稀に用ひられ、或は全く使用せられない特別のものがある、次に主要材料の大略を掲ぐ。

(1) 玉石、割石及砂、砂利 玉石、割石は捨石、張石、沈床の沈石等に用ひられる、風化せず、比重の大なるものが適當し、又丸みのあるものより角張つたものがよい。砂及砂利は杵工、牛工等の鐵筋混凝土材製作に必要であり又砂利は石張の裏込等に用ひられる。

(2) 混凝土塊 護岸の張石代用並に沈床、木床の沈石等に用ふ、配合は大抵 1:3:6 とし、大なる塊では工費節約のため 其中へ玉石等を入れることがある、總容積の 4 割の玉石を入れ、玉石の空隙が 50% なる時は總容積の 2 割の混凝土が節約出来る。

(3) 木材 護岸土臺及留杭、杵工、牛工等に丸太が廣く用ひられる。

(4) 粗朶 沈床、單床等の主要材料である、針葉樹を除き檜、栲等の如く堅固にして韌性ある樹木を選び、長 2.5 m のもの數本を合せて束となし、柔軟なる樹皮、藤蔓又は藁繩を以て 3 箇所を堅く結束したるものである、束の大きさは地方により多少異なつて居るが、一例を擧ぐれば、元より 45 cm の所の周 65 cm 以上、同じく 2 m の所の周 55 cm と規定してある、尙繼粗朶を混用する場合には長 2.5 m 以上のもの 3 割、長 1.8 m 以上のもの 4 割、長 0.9 m 以上のもの 3 割とす、又粗朶の長を 3.6 m とする所もある。

(5) 柵粗朶 粗朶と同じく沈床、單床等の主要材料であつて、楓、櫻、檜、ウシコロシ、クロモジ等の韌性ある樹木を選び、小枝を切去り、長 3.2 m 以上、元口徑 2.0 ~ 2.5 cm、元より 2.7 m の所で徑 1 cm 内外のもの 25 本を合せて一束としてある。尙末口は切り拂はない。

(6) 杭木 前記二者と共に用ひらるゝ小杭であつて、檜、栲、栗等の長 1.2 m、元口徑 4 cm 餘、末口を三角に尖らしたるもの 10 本を一束とする、曲つたもの及松、杉等は適當しない。

(7) 亞鉛鍍鐵線 主として鐵線蛇籠等に用ひられ、其他連柴の結束、牛工の組立に用ひられる。

(8) 丸鋼 粹工の組立に用ひられ、尙近時牛工、粹工の木材の代用として鐵筋混凝土材使用せられ、其製作に必要である。

(9) セメント 諸種の混凝土塊製作、護岸の混凝土並に粹工、牛工等の鐵筋混凝土材製作に用ひられる。

2. 基本工法

上記の材料を適宜組合はした種々の工法があるが、其内屢使用せらるゝものに就て簡単に説明する。

(1) 捨石 護岸水制の脚部洗掘を防ぐために用ひられる、單に法先に捨てることもあり、又法面石張と根固との間を充填することもある、之を特に元詰と云ふ。

(2) 石張 法面の侵さるゝを防ぎ、大抵はモルターを用ひないが、水勢激し

く危険の虞ある所ではモルターを用ふることもある。

(3) 混凝土塊張及混凝土張 共に石材の乏しき所に用ひられる。

(4) 連柴(Fascine bundle) 粗朶を解き其中から比較的眞直で、長く且細枝の多いものを選び梢を一方に向けて次の粗朶の元口と接續せしめ、直徑 15 cm 餘の圓筒形となし、之を 15 cm 間隔に棕梠繩、二子繩、鐵線にて結束したもので、長は漸次繼足して所要のものを作る。

(5) 沈床(Fascine mattress) 前記連柴と粗朶とで大なる矩形の蒲團の如きものを作り之に割石等を載せて水中に沈設するのであつて、其長及幅は必要に應じ定める。之を作るには連柴を 1 m 間隔に十字形に配置し其梢を河身又は下流に向け、其交叉點を三子繩(一部鐵線を代用することあり)にて結束し、其上に粗朶を縦横に三層敷く、此時にも亦梢を河身又は下流に向ける、更に此上に下段の連柴と同位置に連柴を置き、下段の連柴を結束したる三子繩で上下の連柴を締め付け、杭木を連柴の交叉點及其中間に上下の連柴を貫いて打ち込み、之に高 15 cm 餘の柵を縦横に編み、割石、砂利等を各格子の間に投入して沈石となす、此沈床の厚は約 0.9 m である。

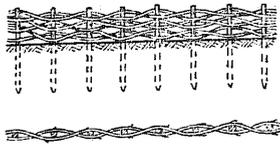
(6) 單床 大體沈床の上段の連柴を省いたもので、其高は約 0.6 m である。

(7) 包柴 粗朶で徑 0.6 ~ 0.9 m の圓筒状のものを作り、此中へ砂利、石等を包み、0.3 ~ 0.5 m 毎に徑 3 mm 餘の鐵線で堅く結束したものであつて、粗朶の厚は 15 ~ 25 cm である、一本の長は 10 m のものもあり重いから大抵沈設箇所製作する、此包柴は法留又は根固に使用せられる。總ての粗朶工は常に水中にある時は耐久力が著しい、然し急流にては水勢のため損傷し易い。

(8) 柳籠 韌性に富む柳枝を網目 15 cm 内外の龜甲形に編んで、直徑 50 cm 餘の籠を作り、之を法面に敷設し内部には詰石をなし、其間隙には眞土を填充し且つ籠の表面に土を軽く撒布する、低水位上直高 2 m 餘迄の水勢強からざる所に適し、工法簡易、工費低廉である。

(9) 鐵線蛇籠(Wire cylinder) 鐵線にて圓筒形のもの編み、其中に玉石等を填充する、大抵は亞鉛鍍鐵線徑 2.6 ~ 4.0 mm のものを用ひ、網目は 15 cm 餘

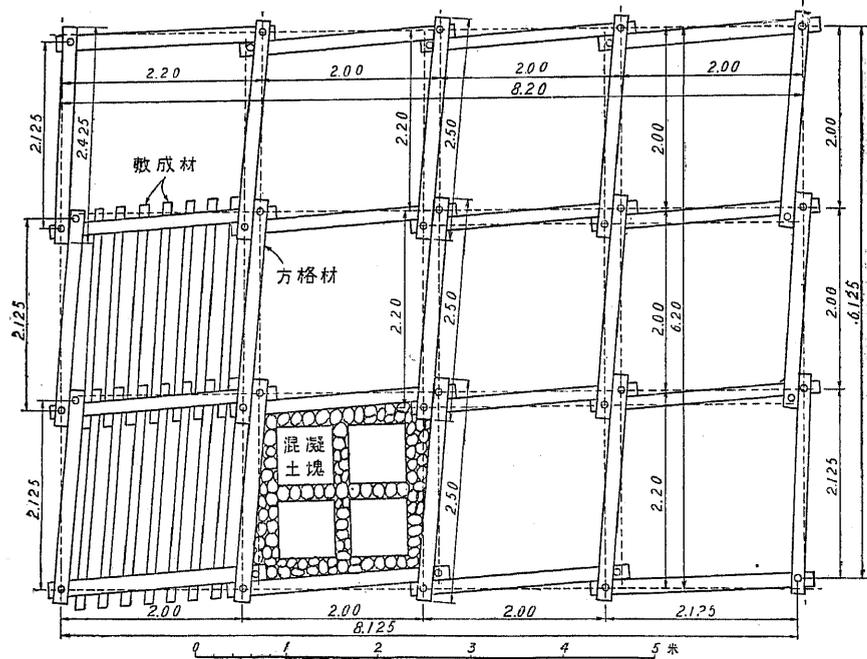
である、又近時鐵線を以て方形、半圓、四分圓のものを作り之に石を詰めること



もある。
(10) 柵工 (Hurdle) 第 213 圖の如く丸太を適當間隔に打ち込み、之に柵粗朶、鐵線等を編んだものである。

第 213 圖 柵工 (11) 枠工 (Cribwork) 丸太又は鐵筋混凝土材等にて枠を組立て其中に玉石等を填充したもので急流河川に用ひられる、木床、混凝土方格枠、合掌枠等は其主要なるものであるから次に説明する。

(A) 木床(木工沈床) 長 2.4m、徑 15 cm の丸太數層を方格材として縦横交互、方形に配置して、徑 19 mm の丸鋼にて組立て、下部に敷成材として長 2.3m 徑 7.5 cm の丸太を一格に 7 本宛並べ、此内部に沈石、混凝土塊等を填充す、丸太の層數は使用箇所により異なるが、3~5 層が普通である、又其長及幅は必要



第 214 圖 混凝土方格枠

に應じ適當に組立てる、此工法は根固、水制等に用ひられる。

(B) 混凝土方格枠 從來木床は松丸太又は杉丸太を以て構成したから、水面上に表はるものは腐朽し耐久力乏しい故丸太の代に鐵筋混凝土材を用ひたるものを混凝土方格枠と云ふ、3 層乃至 5 層が普通であるが、常に水中に在る箇所にては下部の數層の方格材及敷成材は丸太でも差支ない、斯く丸太及鐵筋混凝土材併用のものを改良木床と云ふ、何れも木床と同じく根固、水制等に用ひられる、第 214 圖は幅 6m、長 8m の方格枠の一例であり、第 215 圖は其断面を示す。

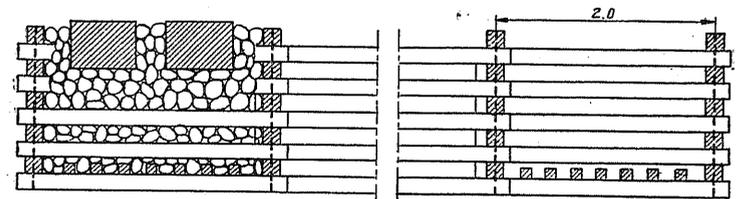
方格材

用鐵筋混凝土材は第 216 圖の如く、

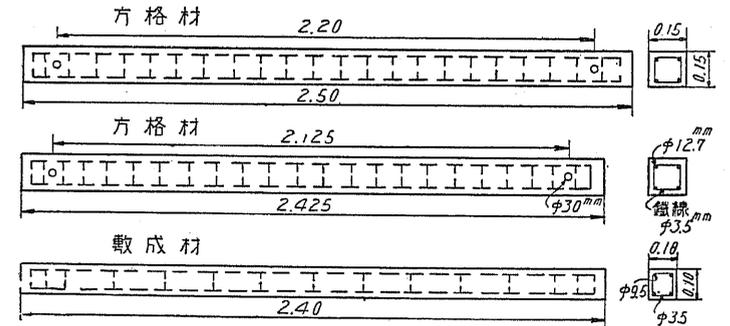
15cm 角とし、方格枠の出來上りを 2m 角とする場合には一區劃の周圍のものは

長 2.425m、其他のものは 2.500m である。方格材 1 本に徑 12.7 mm の丸鋼 4 本 (或は徑 12.7 mm 2 本及徑 9.5 mm 2 本) を挿入し、徑 3.5 mm 鐵線を横鐵筋として用ふ、方格材締付用丸鋼は 徑 19 mm であるが、方格材兩端に作る孔の徑を 30 mm とする。

敷成材用鐵筋混凝土材は 10cm 角、長 2.4m である、尙幅 10cm、高 12cm とすれば彎曲に對し一層安全である、軸鐵筋としては、徑 9.5 mm、丸鋼 2 本を



第 215 圖 混凝土方格枠横断面

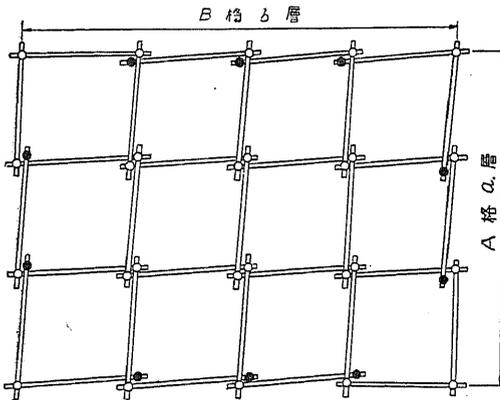


第 216 圖 方格材及敷成材

下部に、径 4 mm 鐵線 2 條を上部に挿入し、横鐵筋として径 3.5 mm 鐵線を用ふ。

方格材及敷成材 (10 cm 角) 100 本分の材料は次の様である。

方格材	混凝土	5.6 m ³	
	丸 鋼	950 kg	軸鐵筋用 (径 1.27 mm 4 本使用の場合)
	丸 鋼	750 kg	軸鐵筋用 (径 12.7 及 9.5 mm 併用の場合)
	鐵 線(径 3.5 mm)	80 kg	横鐵筋用
	鐵 線(径 0.9 mm)	8 kg	鐵筋結束用
敷成材	混凝土	2.4 m ³	
	丸 鋼	270 kg	軸鐵筋用
	鐵 線(径 4.0 mm)	54 kg	軸鐵筋用
	鐵 線(径 3.5 mm)	40 kg	横鐵筋用
	鐵 線(径 0.9 mm)	3 kg	鐵筋結束用



○長丸鋼 ●短丸鋼
第 217 圖 方格材の組立

65×65×30, 70×70×30, 70×70×40, 75×75×50 (單位 cm)

混凝土方格材一區劃の大きさが第 217 圖の如く幅 A 格、a 層、長 B 格、b 層なる時は

$$\text{方格材の數} = (A+1)Bb + (B+1)Aa$$

$$a = b \text{ なる時は } = 2(AB+A+B)a$$

$$\text{長き縮付丸鋼本數} = (A+1)(B+1) + (A-1)(B-1) = 2(AB+1)$$

$$\text{短き縮付丸鋼本數} = (A-1)2 + (B-1)2 = 2(A+B-2)$$

$$\text{縮付丸鋼總本數} = 2(AB+A+B-1)$$

例へば A = 3, B = 4, a = 5 なるときは

$$\text{方格材數} = 2(12+3+4) \times 5 = 190 \text{ 本}$$

$$\text{長き縮付丸鋼本數} = 2(12+1) = 26 \text{ 本}$$

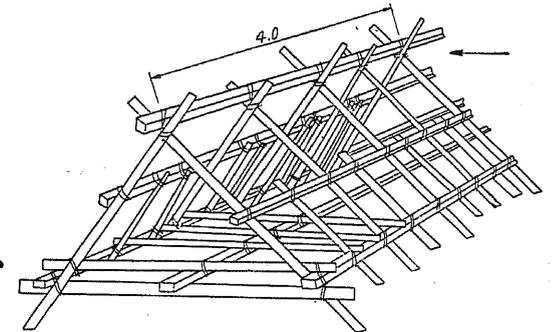
$$\text{短き縮付丸鋼本數} = 2(7-2) = 10 \text{ 本}$$

尙混凝土方格材敷設に關する注意事項を次に掲ぐ。

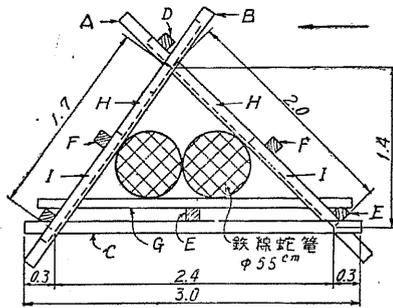
1. 一區劃の周圍の方格材は短きものを用ひ、其他は長きものを用ふ。
2. 方格材の最上層のものは成る可く水流に並行ならしむ。
3. 方格材を方格材縮付用丸鋼に差込み易くするために敷設に當つては丸鋼の見通しを正しくし、尙床均は不陸なき様丁寧にせねばならぬ。
4. 縮付丸鋼は最下層方格材に楔止めとして、丸鋼が下から出ない様にする。
5. 縮付丸鋼に長短二種あり、短きものは長きものより方格材一本の高だけ短くす。
6. 縮付丸鋼上部及下部の折曲長は 15 cm 餘とす。
7. 混凝土塊の兩側には運搬の便なる様に孔又は凹部を設けて置く。
8. 混凝土塊据付に際し、其表面を最上層方格材表面より 8 cm 餘高くする方がよい。

(C) 合掌材 之は枠工よりは寧ろ後述の牛工に近いかも知れないが、便宜茲に説明する。

第 218 圖の如く前合掌材、後合掌材及梁材で三角形を作り、之を棟材、桁材及貫



第 218 圖 合掌材の組立

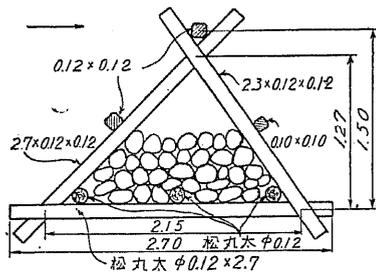


第 219 圖 合掌枠断面 其一

A	合掌材	$3.0 \times 0.12 \times 0.12$	3 本
B	合掌材	$2.7 \times 0.12 \times 0.12$	3 本
C	梁材	$3.0 \times 0.12 \times 0.12$	3 本
D	棟材	$4.5 \times 0.12 \times 0.12$	1 本
E	桁材	$4.5 \times 0.12 \times 0.12$	3 本
F	貫材	$4.5 \times 0.12 \times 0.12$	2 本
G	敷成材	$2.8 \times 0.10 \times 0.10$	16 本
H	堅副材	$2.4 \times 0.10 \times 0.10$	4 本
I	堅成材	$1.3 \times 0.10 \times 0.10$	12 本 (上流側 4 本, 下流側 8 本)

上記一組の鉄筋混凝土材 47 本の製作に要する材料は

混凝土	$1.4 m^3$	
丸鋼	180 kg	軸鐵筋用
		鐵線 (徑 3.5 mm) 15 kg 橫鐵筋用
		" (徑 0.9 mm) 1.7 kg 鐵筋結束用
		尙組立に鐵線 (徑 4.0 mm) 18 kg 及鐵線 (徑 3.5 mm) 14 kg 計 32 kg を要す。



第 220 圖 合掌枠断面 其二

材にて連結し、敷成材、堅副材、堅成材を之に取付け、其内部に玉石等を詰める、主に水制に用ひらる。

大抵 1 組の長を 4m とし、之を順次並列して所要の長とす、而して長 4m のもの 1 組に要する鉄筋混凝土材の數量及寸法の一例を擧ぐれば次の如くなる (第

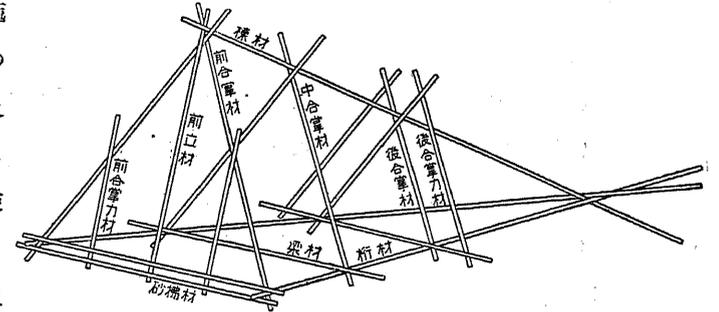
219 圖参照)。

第 220 圖も合掌枠の一種である、即ち上下流合掌材、棟材及貫材には混凝土材を用ひ梁材及桁材には松丸太を使用し、枠の上

下流面、敷及兩端小口には亜鉛鍍鐵線徑 3.5 mm 或は 4.0 mm を以て鐵線網を編み、貫材の高さ迄石を詰める。

(12) 牛工 (Skeleton work) 牛工の數種に就て次に説明する。

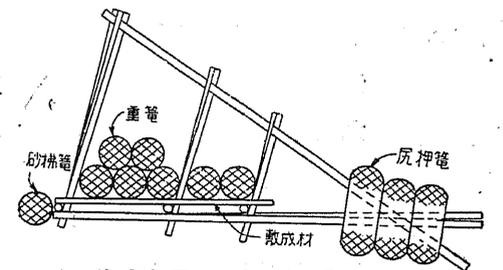
(4) 大聖牛 第 221 圖及第 222 圖の如く、木材或は鐵筋混凝土材を組立て、重籠及尻押籠を乗せたもので水制工事及締切工事等に用ひらる。棟木の長 9.0 m のものを大聖牛と云ひ、長



第 221 圖 大聖牛其一

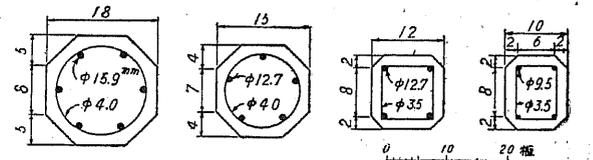
7.3 m のものを中聖牛と云ふ。

従來松丸太或は杉丸太を聖牛組立材としたが耐久的ならず、辛ふじて二、三年間完全に作用するに過ぎないから、近來鐵筋混凝土のものが用ひられる、構造は何等改



第 222 圖 大聖牛其二

めず、大體に於て木材の末口を混凝土材の太さとし、之に用材の長及直徑に應じ、徑 15, 12, 9 mm の鐵筋 4~6 本を挿入して、軸鐵筋とし之に徑 4.0 mm 及 3.5 mm 亜鉛鍍鐵線を螺旋狀に巻き付け、軸鐵筋と鐵線との交叉點を徑 0.9 mm 鐵線で結んだ、大聖牛一組の用材は 33 本で、其の断面は第 223 圖の如く、徑 18 cm、徑 15 cm、12×12 cm 及 10×12 cm の 4 種に



第 223 圖 混凝土聖牛材断面

して、長は 9.1m、5.5m、3.6m 及 2.7m の 4 種で、同長で異なる太さのものが

あるから、用材の種類は 7 種となり、其内譯は次の如くなる。

1. 棟材	9.1 × φ0.18	1 本
2. 桁材	"	2 本
3. 前合掌材	5.5 × φ0.15	2 本
4. 梁材	"	3 本
5. 砂拂材	"	1 本
6. 前立材	4.5 × φ0.15	1 本
7. 中合掌材	4.5 × 0.12 × 0.12	2 本
8. 後合掌材	3.6 × 0.12 × 0.12	2 本
9. 後合掌力材	"	2 本
10. 前合掌力材	2.7 × 0.12 × 0.12	2 本
11. 敷成材	4.5 × 0.10 × 0.12	15 本

而して大聖牛 1 組分の混凝土材製作に要する材料は

混凝土	2.6 m ³	
丸鋼	746 kg	軸鐵筋用
鐵線 (徑 4.0 mm)	22 kg	横鐵筋用
鐵線 (徑 3.5 mm)	27 kg	横鐵筋用
鐵線 (徑 0.9 mm)	6 kg	鐵筋結付用

上記の内棟材及桁材は最も重く一本重量 660 kg を算す、組立に當りては、主要材結付のため、徑 4.0 mm 鐵線 40 kg 及敷成材結付のため徑 3.5 mm 鐵線 6 kg を要す、尙重籠として長 5.5m のもの 10 本 55m、尻押籠 3 本 16.5m、砂拂籠 1 本 5.5m、合計 77.0m の鐵線蛇籠 (徑 55cm) 並に之を充填する玉石 15m³ 餘が必要である。

(B) 中聖牛 大聖牛に比し各部材小なるのみならず、前合掌力材、後合掌材を缺き又敷成材 3 本少きため一組の用材數は 26 本である、員數内譯及大體の寸法は次の様である。

1. 棟材	7.3 × φ0.15	1 本
-------	-------------	-----

2. 桁材	7.3 × φ0.15	2 本
3. 前合掌材	4.5 × φ0.15	2 本
4. 梁材	4.5 × 0.12 × 0.12	3 本
5. 砂拂材	"	1 本
6. 中合掌材	3.6 × 0.12 × 0.12	2 本
7. 前立材	"	1 本
8. 後合掌材	2.7 × 0.12 × 0.12	2 本
9. 敷成材	3.6 × 0.10 × 0.12	12 本

而して中聖牛一組分の材製作に要する材料は

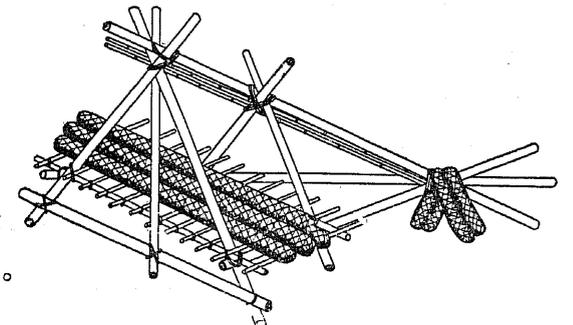
混凝土	1.3 m ³	
丸鋼	400 kg	軸鐵筋用
鐵線 (徑 4.0 mm)	18 kg	横鐵筋用
鐵線 (徑 3.5 mm)	24 kg	横鐵筋用
鐵線 (徑 0.9 mm)	4 kg	鐵筋結付用

主要材結付のため鐵線 (徑 4.0 mm) 26 kg 及敷成材結付のため鐵線 (徑 3.5 mm) 4 kg を要す、又重籠長 4.5m のもの 6 本 27m、尻押籠 3 本 13.5m、砂拂籠 1 本 4.5m 合計 45.0m の鐵線蛇籠 (徑 55cm) 並に之に充填する玉石 9m³ を要す。

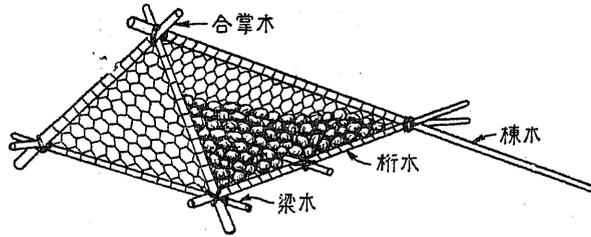
大聖牛に比し用材細小で、製作が面倒なるため、割合に工費が低廉とならない。

(C) 大川倉 第 224 圖の如く、聖牛の中合掌材を省きたるものである。

(D) 箕猪子 第 225 圖の如く、合掌木、棟木、



第 224 圖 大川倉

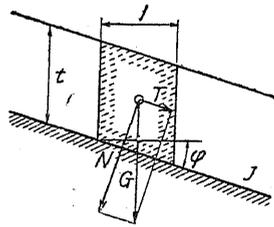


第 225 圖 猪 子

梁木及桁木を三角錐形に組立て、側面及下面に竹又は鐵線にて網を張り、内部に玉石等を詰めたもので假締切工事等に用ひられる。

第二節 流水の曳引力

第 226 圖に於て流水の水深が t 、勾配が J であつて、一樣の流速 v で動く時



を考へる、 r を水の單位容積の重量とすれば、單位面積への水柱の重量は

$$G = rt \dots\dots\dots(1)$$

之を N と T とに分解する時は

$$N = G \cos \varphi \dots\dots\dots(2)$$

$$T = G \sin \varphi \dots\dots\dots(3)$$

第 226 圖 流水の曳引力

$\sin \varphi = J$ とし又 T の代りに S を以て表はす時は

$$(1), (3) \text{ 式より } S = rtJ \text{ kg/m}^2 \dots\dots\dots(4)$$

上記の S を流水の曳引力 (Dragging force) と稱へ、之は流水が河床及河岸に於ける固形體を曳き摺つて動かそうとする力であつて、之がために砂礫等の運動が起るのである、故に動かされない様にするには其曳引力に等しいげけの抵抗力を與へねばならぬ。

例へば $t = 6 \text{ m}$, $J = 1:2,000$ なる時は

$$S = 1,000 \times 6 \times \frac{1}{2,000} = 3.0 \text{ kg/m}^2 \text{ となる。}$$

尙計畫高水位に於ける曳引力を計算したる實例を次に掲ぐ。

富士川 齋澤町附近	$J = 0.000486$	最深部	$t = 9.0 \text{ m}$	$S = 4.37 \text{ kg/m}^2$
" " "	"	堤防法先	$t = 5.3 \text{ m}$	$S = 3.9 \text{ kg/m}^2$

富士川 浅原橋下流	$J = 0.003257$	最深部	$t = 3.0 \text{ m}$	$S = 9.77 \text{ kg/m}^2$
" " "	"	堤防法先	$t = 2.3 \text{ m}$	$S = 7.49 \text{ kg/m}^2$
笛吹川 新笛吹川	$J = 0.000717$	計畫低水敷	$t = 5.3 \text{ m}$	$S = 3.80 \text{ kg/m}^2$
" " "	"	堤防法先	$t = 3.5 \text{ m}$	$S = 2.51 \text{ kg/m}^2$
" 中道橋附近	$J = 0.001391$	堤防法先	$t = 3.6 \text{ m}$	$S = 5.01 \text{ kg/m}^2$
富士川 下流河口附近	$J = 0.004545$	堤防法先	$t = 3.5 \text{ m}$	$S = 15.91 \text{ kg/m}^2$
" 東海道鐵橋附近	$J = 0.004545$	堤防法先	$t = 5.5 \text{ m}$	$S = 25.00 \text{ kg/m}^2$

而して H. Engels の實驗によれば

$$S = \alpha r J t \dots\dots\dots(5)$$

であつて、 α は 1 より小さく、而かも 1 に甚だ近い數である。

上記の如く曳引力は水深及勾配に關係するのである、又 $v = c\sqrt{tJ}$ であるから次の如くなる。

$$S = \frac{1,000}{c^2} v^2 \dots\dots\dots(6)$$

之に依れば曳引力は平均流速の二乗にも正比例する。

河床が砂礫より成つて居る時、曳引力が或程度を超える時は、砂礫は動き始める、其程度は河床を構成する材料に依る、此の動き始める時の曳引力を限界曳引力 (Critical dragging force) と云ひ S_c にて示す。

曳引力が増す時は上記の如く河床は洗掘せられ、之に反して一度動きたるものも何等かの原因にて曳引力が減する時は再び沈澱す、其時の曳引力は前記の限界曳引力より 20~30% 餘小さい、一例を擧ぐれば Kreuter 氏の Rienz 河に於ける調査によるに限界曳引力は 3.65 kg/m^2 静止する時の曳引力 2.95 kg/m^2 で其比は 0.81 である。

此限界曳引力は河床の移動、河川工作物の安全度等を推知するに屢應用せられる。砂礫は小さいもの、軽いもの、球形に近いもの程動き易い、Bayern の Nürnberg の研究所に於ける實驗によれば水平なる所にては S_c は次の如きものである。

砂 (徑 0.2~0.4 mm) $S_c = 0.18 \sim 0.20 \text{ kg/m}^2$

砂	(徑 0.4 ~ 1 mm)	$S_0 = 0.25 \sim 0.30 \text{ kg/m}^2$
砂	(徑 2 mm 迄)	$S_0 = 0.40 \text{ kg/m}^2$
砂利	(徑 0.5 ~ 1.5 cm)	$S_0 = 1.25 \text{ kg/m}^2$
礫	(徑 4 ~ 5 cm)	$S_0 = 4.8 \text{ kg/m}^2$
粘土		$S_0 = 1.0 \sim 1.2 \text{ kg/m}^2$

尙傾斜したる法面に在る砂礫等は河床にあるものより動かされ易い、即ち法に於ける限界曳引力は河床に於けるより小である。

護岸水制の工法と水流の曳引力 護岸水制の基本工法を選択するに當つては水流の曳引力に耐ゆることを考へねばならぬ、Schoklitsch 氏は工作物の基礎が安全なる時に耐へ得る大體の曳引力を従來の經驗により次の如く示して居る。

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. 張芝 (短時間流水の影響を受くる場合) | 2.0 kg/m ² |
| 2. 柵工内の粗なる砂 | 1.0 kg/m ² |
| 3. 柵工内の砂利 | 1.5 kg/m ² |
| 4. 柵工 (水流に並行或は斜なる場合) | 5.0 kg/m ² |
| 5. 粗朶工護岸 | 7.0 kg/m ² |
| 6. 石張 (法 1:1, 厚 0.3 m) | 16.0 kg/m ² |
| 7. 大なる捨石 | 24.0 kg/m ² |
| 8. 空積石工 | 60.0 kg/m ² |
| 9. 混凝土壁 | 60.0 kg/m ² |
| 10. 枠工 | 150 kg/m ² 迄 |

第三節 護岸

堤防或は河岸の崩壊を防ぐため其法面に施す工作物を護岸 (Revetment, Bank protection) と云ふ、尙其脚部の洗掘を保護する工法を根固 (Foot protection) と稱へ、これも護岸工事として大切である。

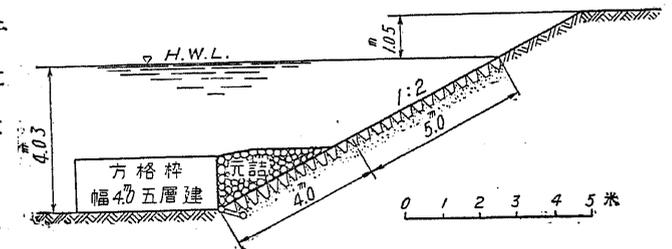
傾斜せる土砂は河床に於けるものよりも水流に對する抵抗力が少いから、水流のために崩れる、依て護岸工事を施して抵抗力を増すのである。

急流部にては高水位附近迄護岸を施すか、緩流にては實地に應じ相當の高に止めるのが普通である、又護岸の法は大抵 2 割内外とし、之より緩にすれば工法も簡單でよいが、面積が増して却て不經濟となることもある。

護岸の根入は成る可く深くしたい、特に急流河川にては工事施行當時流水が護岸の直前になくとも、流路の變化のため其前面に水流が接近することもあるから斯かる處ある箇所では其横断面に於ける最深部を標準とする必要がある。尙出來るならば此最深部より約 1.5 m 低く護岸の基礎を置き、根固の敷も此の高迄下げるのがよい。

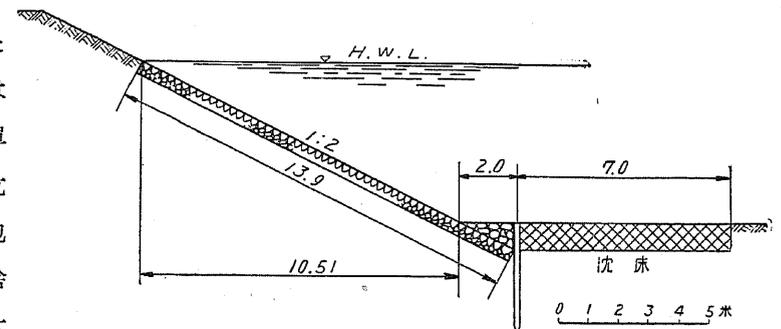
我國にては急流河川多く、水流が激衝して河岸等を崩壊せしめ、惹ては河狀を亂流せしめ、之が防禦のため護岸水制の工法が相當に發達した、殊に明治初年和蘭の工師が我國に粗朶沈床等の工法を傳へ盛に應用せられ、近年は種々の工作物の木材に代ふるに鐵筋混凝土材を使用し其の耐久力を増して居る。

護岸の工法は千差萬別甚だ多種に亘るが、法面には石張、混凝土張、混凝土塊張、柳籠、鐵線蛇籠等が用ひ

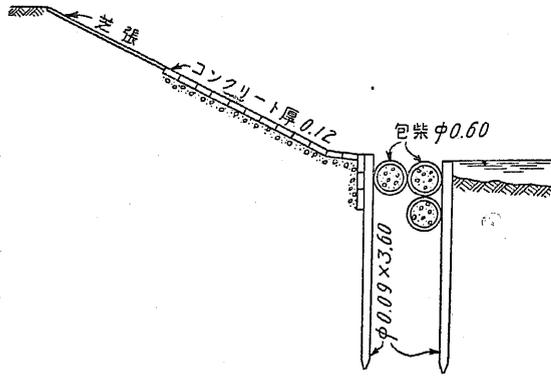


第 227 圖 富士川蒲原石張護岸

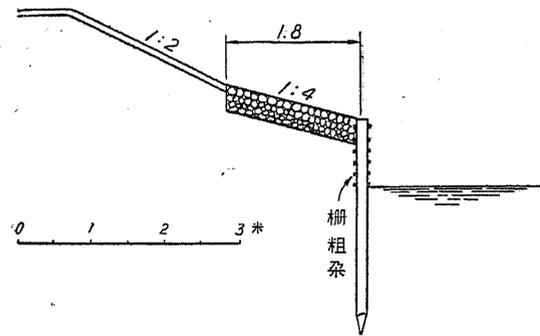
られ、根固としては沈床單床、杭柵、包柴、捨石、木床、改



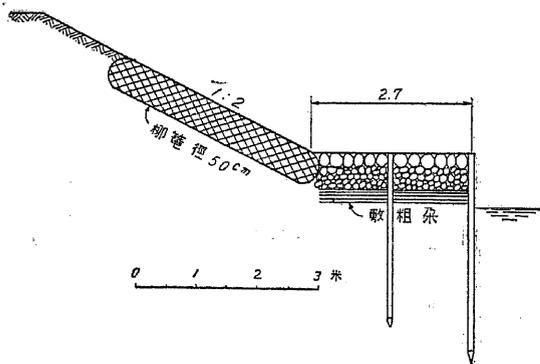
第 228 圖 江戸川關宿石張護岸



第 229 圖 太田川包柴根固



第 230 圖 利根川杭柵護岸



第 231 圖 利根川柳籠護岸

良木床、方格枠、合掌枠等
が用ひられる。

第 227 圖は富士川下流右岸浦原町地先堤防法面保護のため石張をなし、根固にして混泥土方格枠を敷設したものである、混泥土方格枠は 5 層建、幅 4 m とし、方格枠の上置用混泥土塊は 75×75×50 cm である。而して方格枠敷高と同高に梯子土臺を敷設し、此上に計畫高水位迄直高 4 m、二割勾配、法長 9 m の石張を施してある、石張と根固との間には元詰がある。

第 228 圖は江戸川關宿附近の護岸で法面に石張、根固に沈床を用ひてある。

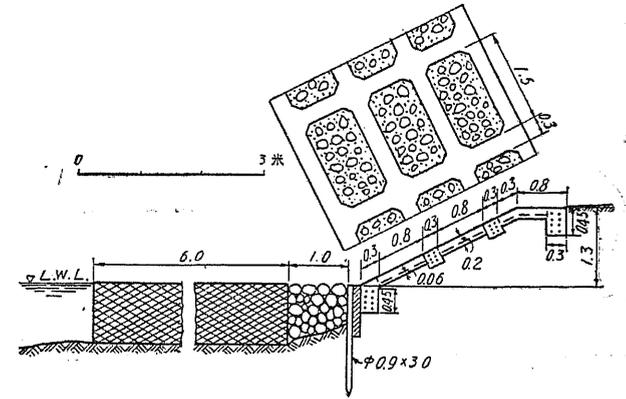
第 229 圖は静岡縣太田川の護岸であつて、流勢も強くないから、根固として径 60 cm の包柴 3 本を使用し法面には混泥土塊を張つてある。

第 230 圖は利根川支川石田川に施行せられた杭柵護

岸で、平均低水位上 0.9 m に施工してある。

第 231 圖も利根川の例であつて、根固として杭柵二通り施工し、法面に径 50 cm、長 3.6 m 柳籠を伏越んである。

第 232 圖は渡良瀬川にて施工せられたもので、混泥土の枠を法面に突出せしめて、表面の平滑を避けたのである、根固には沈床を用ひてある。



第 232 圖 渡良瀬川混泥土護岸

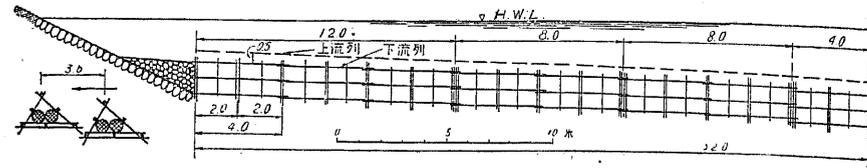
第四節 水 制

水勢を緩和し或は河身整正のため、河岸より河身に向けて設くる工作物を水制 (Spur dike, Groin) と云ふ。

急流河川にては合掌枠又は聖牛 2 列又は 3 列を並べて水制とすることがある、又縦横數列の杭を打ち之に鐵線を張つて水制とすることもある、之を杭出水制と云ふ、之等は流水を通過せしめるにより、構造も比較的簡易で、流水を激せしめず水制自體も安全であつて効果がある。

又單に沈床、木床、方格枠を低く敷設し、或は混泥土塊を配置して水制とすることもある。

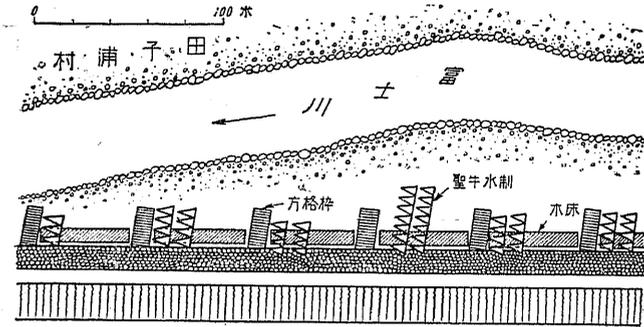
富士川の如き急流にては流勢強く、構造の簡易なるものは直ちに破壊せらるゝため、相當の高さの丈夫な水制を設けねばならぬ。洪水が溢流する時は下流側の法を緩にし尚溢流水のため洗掘せられない様充分の根固が必要である。洪水の溢流せざるものは其作用は有效であるが、水制の頭部に於て水位増嵩し、頭部の洗掘が甚しいから特に注意を要する。



第 233 圖 富士川合掌杵水制

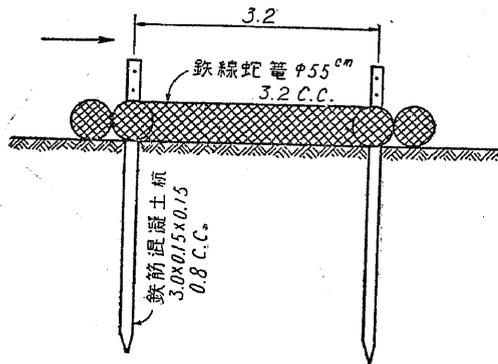
合掌杵水制 合掌杵一組長 4m のものを必要に應じ 継ぎ合せたるもの二列を 3~4m 間隔に敷設して水制とする、第 233 圖は富士川に於ける一例であるが、本例に於ては先端は洗掘、沈下し易いから、他に連絡なく敷設してある。

従来は合掌杵の傾斜は下流側を緩としたが、上手の脚部が掘れて、上手に傾くことがあるから、近時は上流側を緩にすることが行はれて居る (第 219 圖参照)、



第 234 圖 富士川聖牛水制及方格杵水制

尙本例の如く二列の内下流側のものを上流側のものより 50cm 餘高く敷設して下流の洗掘を軽減せんとすることも、又水制全體が堤防より



第 235 圖 富士川混泥土杭出

川の方へ向つて下る様にする方がよい。

聖牛水制 第 234 圖の如く聖牛二列餘を並べて敷設す、一組の幅は梁材の長により定まる、即ち大聖牛にては一組の幅 5.5m、中聖牛にては 4.5m である。

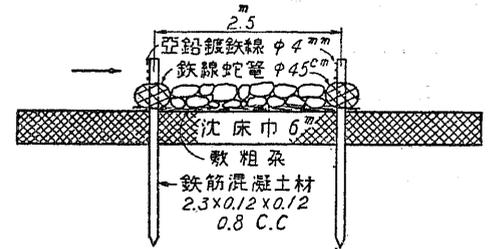
尙聖牛の下流に改良木床或は

混泥土方格杵を敷設する時には水叩となつて水制が安全となる、又聖牛の前面が洗掘せられ易いから、改良木床等の下流に聖牛を敷設することもある、而して聖牛と堤防法面との間には捨石又は鐵線蛇籠等を敷設する。

杭出水制 第 235 圖は鐵筋混泥土杭を縦横適當間隔に打ち込み、之に鐵線を張り、杭の脚部には鐵線蛇籠を縦横に敷設し、縦横蛇籠間を砂利にて充填す。

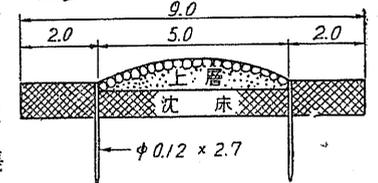
第 236 圖は利根川に杭打上置と

して廣く用ひらるゝもので、沈床の上に 2 列に鐵筋混泥土杭を打ち込み、沈床の不陸となれるを矯正するため敷粗朶を施し、杭間に鐵線蛇籠を敷設し、鐵線蛇籠間に詰石をなし、尙杭に鐵線を張つて出



第 236 圖 利根川杭打上置

水に際し土砂の沈澱を促進せしめる、而して沈床の幅は 5~7m を標準とす。



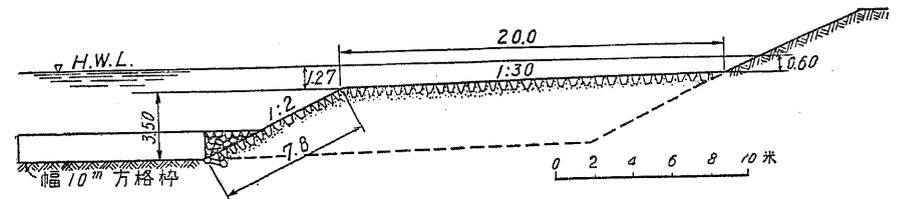
第 237 圖 利根川沈床水制

沈床水制 第 237 圖の如きは古くより行はるゝ工法にして、沈床を敷設し其上部に石張を施したのである。

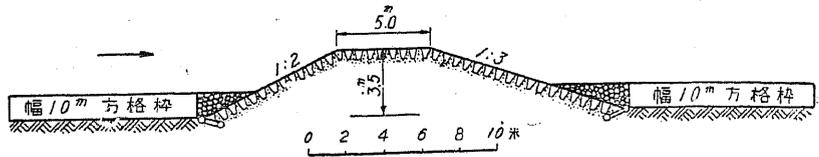
混泥土方格杵水制 幅 6~8m の方格杵を河岸より河身に向つて敷設して水制となす。

混泥土塊水制 在來の木床の上に大なる混泥土塊を据ゑ付けて水制たらしむるので、富士川下流岩淵町地先では 2m 角のもの 5 箇宛 4 列を並べてある。

横堤式水制 前述の如く急流河川にては横堤に類する水制を作ることが稀でな



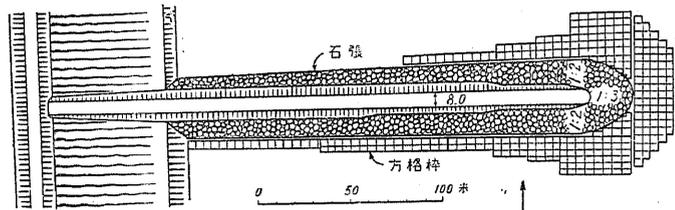
第 238 圖 富士川蒲原水制縦断面



第 239 圖 富士川蒲原水制横断面

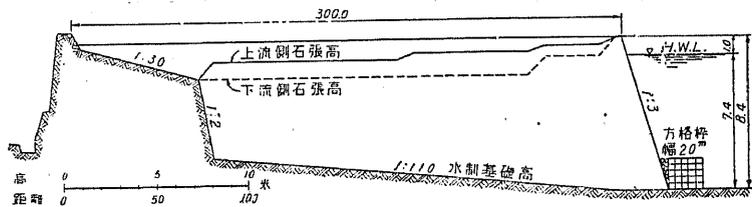
い。第 238 圖及第 239 圖は富士川下流右岸蒲原町地先に於て水勢が堤防に激衝する箇所に設けたる蒲原水制であるが、此水制で水流を偏倚せしめて堤防の安全を圖る、水制長 20 m、天端幅 6 m、法勾配上流側 1:2、下流側 1:3、天端高は先端にて計畫高水位以下 1.27 m 之より 1:30 勾配にて上る、又石張基礎高は將來洗掘の虞なき様現在河床の最深部以下 2 m を標準とす、水制の周圍には根固として幅 10 m、五層建方格柢を敷設す、水制法面及天端共石張をなす、石張には 1 箇重量 120 kg 以上の割石を用ひ、裏込として厚 40 cm の混凝土及 40 cm の砂利を見込む。

第 240 圖及第 241 圖は富士川下流左岸雁堤中央部より河身に向て設けたる松岡水制であつて、之により其上下流に於ける堤防の安全を圖る(第 152 圖参照)。水



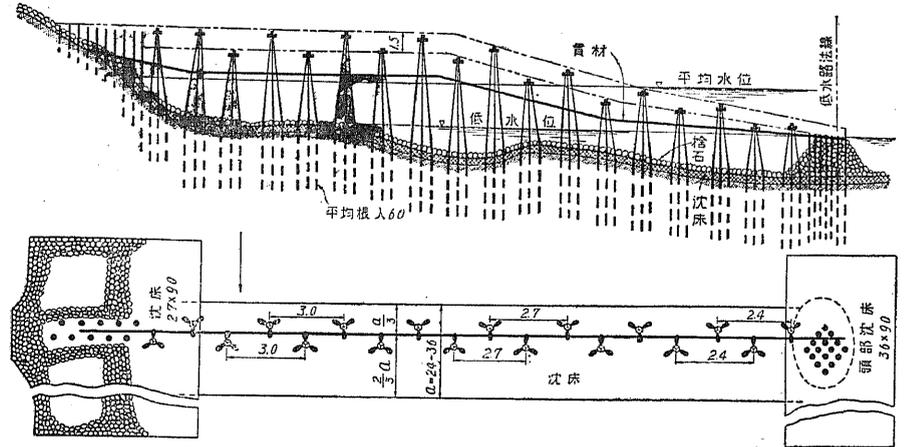
第 240 圖 富士川松岡水制平面圖

制長 300 m、天端幅 8 m、法勾配は 1:2 を標準とし、鼻廻の部分は漸次法勾配を



第 241 圖 富士川松岡水制縦断面

緩にし、先端にて 1:3、天端高は計畫高水位上 1 m、水制の周圍には根固として混凝土方格柢を用ひ、其幅員は鼻廻にて 20 m である、大體計畫高水位附近迄石張をなし、夫れ以上は芝付を施す。



第 242 圖 ミシシッピー河杭出水水制

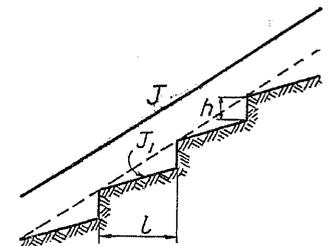
Mississippi 河の杭出水水制(Hurdle dyke) 第 242 圖は Mississippi 河の中流部に於ける杭出水水制の一例であるが便宜茲に説明する、沈床を敷設し、杭を打込みて之を束ね、杭の頭部は規準横断面に倣ひ、又水制の方向は水流に直角としてある。

第五節 床 固

河床又は高水敷の高さを維持するために、河川を横斷して設くる工作物を床固又は床止 (Ground sill, Bed sill) と云ひ、高水敷に設けらるゝものは床固水制とも稱せられる。

捷水路を設け或は河川の附替をなす時は勾配が急となり、洗掘力増して河床が低下する傾向があり、河床が低下すれば河岸にも影響するから、河床の維持上床固が必要となることある。

又急勾配の河川にては改修に際し、床固を設けて河床の低下を防ぐと共に河床勾配を緩にし



第 243 圖 床固間の距離

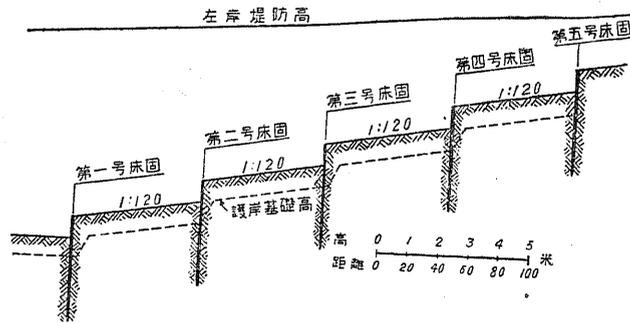
従つて洗掘力を減ずるため床固を設ける、此時には縦断面は第 243 圖の如く階段状をなし、落差は各階段に集中し、兩床固の間にては勾配が緩となる。

J を在來の勾配、 J_1 を緩和したる勾配、 h を床固の高さ、 l を床固間の距離とする時は

$$h = l(J - J_1)$$

$$l = \frac{h}{J - J_1} \dots\dots\dots(7)$$

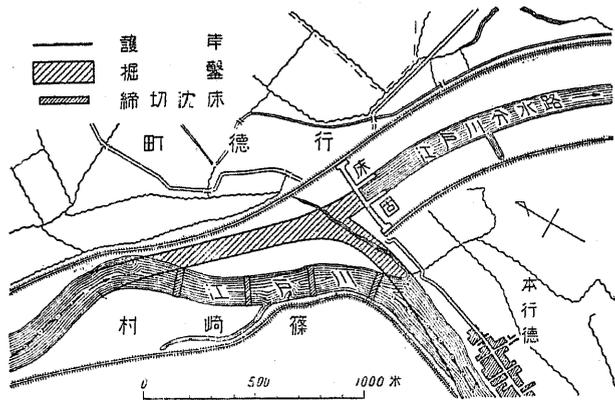
故に



第 244 圖 蘆川床固箇所縦断面

$$l = \frac{0.7}{\frac{1}{60} - \frac{1}{120}} = 0.7 \times 120 = 84 \text{ m}$$

床固には流路内の曳引力、床固の高さ等によつて次の如き種々の工法が用ひら



第 245 圖 江戸川分水路呑口附近平面圖

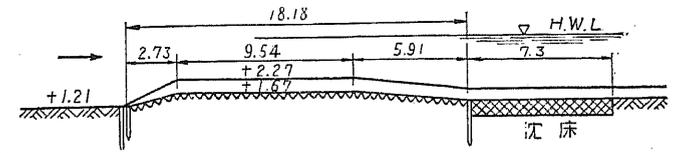
第 244 圖は笛吹川支川蘆川の床固設置箇所の縦断面であるが、在來の河床勾配 $\frac{1}{60}$ 、改修後の勾配 $\frac{1}{120}$ とし、床固の高 $h = 0.7 \text{ m}$ とする時はとなる。

れる。

1. 相當幅の沈床を敷設す。
 2. 沈床を敷設し之に石張をなす。
 3. 鐵線蛇籠
 4. 木工沈床
 5. 混凝土工
- 次に實例に就き説明す。

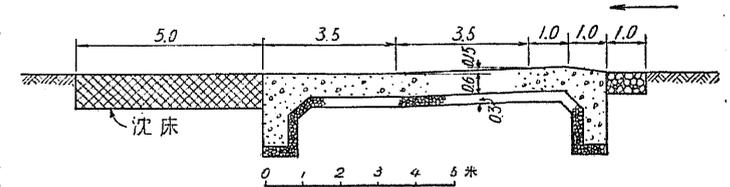
江戸川行徳

固 江戸川の流末なる千葉縣東葛飾郡行徳町地先に第 245 圖の



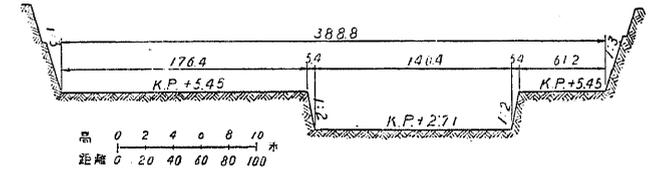
第 246 圖 江戸川行徳床固断面

如く分水路開鑿の結果從來よりは海に至る距離短縮せる



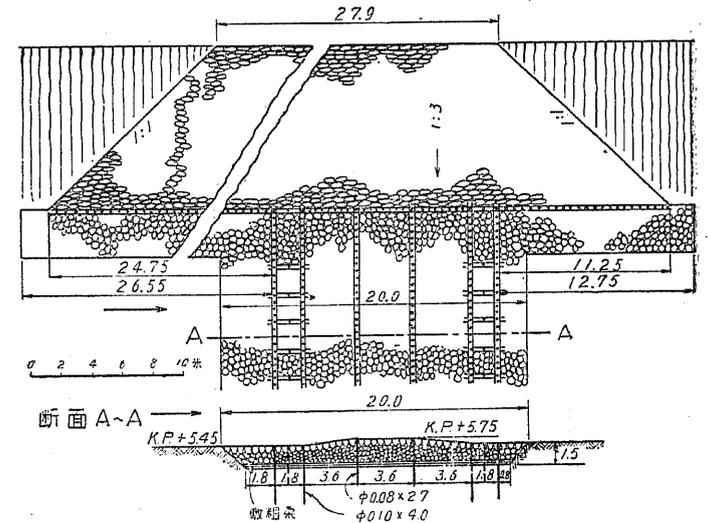
第 247 圖 江戸川關宿高水路床固断面

ため、水面勾配急となり、新分水路敷の洗掘を防止するため、分水路呑口に設けた、其構



第 248 圖 北上川柳津床固箇所横断面

造は第 246 圖の如く、全河敷を横切り幅約 18 m、延長 400 m に亘り石張を施し、水叩として幅 7.3 m の沈床を敷設す、床固工の中央、低水路に當る部分幅 91 m



第 249 圖 北上川柳津床固断面

254 圖の如く堰頂標高は低水路部にて +5.0m、高水敷部にて +6.0m とし、下流面は 2 割法に仕上ぐ。

堰體長 20m、尙堰堤箇所の土丹岩は軟質にして、風化、水蝕の虞あるが故に堰堤下流水叩 85 m の區間は岩盤を切均したる上を混凝土にて被覆し、其末端は深く岩盤内に捲込み、下流岩盤の水蝕せられた場合にも混凝土水叩の崩壊なき様にする。

堰堤流下水の水勢減殺のため、水叩混凝土の表面に割石を植込み、尙水叩上流端と下流端に高 1~2 m、断面 75 cm 角、鐵骨混凝土造のバツフル、ピーヤ 2 列宛を配置し、又魚族の溯上を助くるために、幅員 2.8 m、勾配 $\frac{1}{12}$ の魚梯を設けてある。

尙信濃川分水路では、上記第二床固と上流の可動堰との間に 4 箇所の床留がある、粗朶沈床、木工沈床、鐵線蛇籠、混凝土塊、及捨石工法により主として土砂を掩留して河床の低下を防止するのである。