

に關聯するものであつて、之が解決の爲には水の流れと河床の状態とに就ての十分なる知識が必要である。此の兩者が密接な關係を持つことは既に述べた通りであつて、流水の状態が河床を構成してゐる砂礫の状態に相應してゐる時には比較的流れに混亂を來さないから、一般に流水の疏通にも無理を生ぜず、河川構造物の維持も結局容易であるが、此の間に或る差異を來すと河床は容易に移動、變化し、流水の状態も混亂して、尙一層此の兩者は相俟つて不安定な程度を高めるものと考へられる。此の場合特に河川の平衡分配に關する問題の解決が痛切に感ぜられる。水力學的に水の流れを考へると共に十分自然現象を觀察し、或は又模型試験を試みることに依つて初めて合理的な對策が樹立し得られるであらう。

之を要するに河川合流點の調整を考へる場合には現況の依つて來る所、之に作用する諸々の力の相互關係を十分確め、此の間の調和を計るべきである。

〔 5 〕 護 岸 水 制

〔5.1〕 概 説

一般に流水を制御して河岸又は堤防を保護するために設けられる工作物を護岸、水制と云ふ。普通護岸は直接河岸又は堤防に沿ふて設けられ、河岸又は堤防の決潰を防ぎ、更に之に依る流路の變轉を防止するものであり、水制は河岸から或る角度を以て流水中に突田されたもので、1組或は數組からなり、其の間に土砂を貯溜して間接に河岸の決潰を防止すると共に流路を固定せしめ、或は又水向を變轉せしめて河岸又は堤防の弱點を保護するものである。

此の兩者は普通上述の様に區別せられるが、其の限界は明瞭ではなく、同一の工作物でも其の使用 방법에依つては其の何れにもなるのであつて、著者は此の場合流水を制御して河成りを保持し、或は河岸、堤防の決潰を防ぐ目的で流

水に直面して設けられる工作物を合せて護岸、水制と稱し、其の効果を論じやうとするものである。

一般に之等工作物の形態、配置方法等は河狀に依つて異なるものであつて、緩流河川では主として其の目的が常水路を固定して舟航に支障を來たさぬ様適當な水深の維持を計るものであるから横工（河工河岸から突出した工作物）を主として考へた方が經濟的であるが、急流河川では其の第一目的が河岸、堤防の決潰防止にあるから、一般に縦工（河岸に沿ふて設けられた工作物）に依る方が維持が容易であり、不測の結果を來す虞が尠ない。然し之とても唯河床勾配に支配されるのみではないから、よく其の河狀を照合して其の目的に沿ふ工法を考へねばならない。

河川の流水を制御する方法に就ては古來各國に於て多くの工法が考案、實施せられて來てゐるが、本邦に於ても又同様に各地に其の河狀に適する工法が獨自の發展を來たし、相當な成果を示してゐる。此の各地に於て獨自の發展をして來たと云ふことに就て吾々は十分注意を向ける要がある。夫々の工法の特長が其の發達して來た所の河狀の特性に基礎づけられてゐるからである。

[5.2] 護岸水制の發展

[5.2.1] 概 説

本邦に於ては既に上代に杭工、柵工等の施工せられた事は萬葉集或は古事記等に見られ、又奈良朝時代には灌漑用水引入等のために本の木材を三叉に組んだ所謂牛類が使用せられてゐた様である。其の後暫くは新な發展は見受けられなかつたが、戰國時代に群雄各地に割據するに及んで領土保全のため河川水流を制御するの必要を痛感する様になり、急激に著しい進歩を來した。徳川時代となり、全國が統一される様になつてから、各地に特異な發達を來した工法は漸次全國的に普及し、享保年間に河川工事に幕費補助の制度が設けられてか

らは之等の設計基準も規定せられ、大いに體形を具ふる様になつたのである。

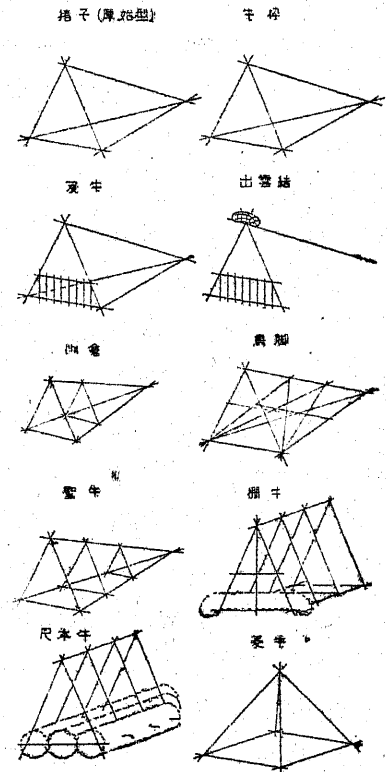
之等河岸決潰防止、缺所締切又は水捌のために設けられる工作物は其の構造上大體に於て牛類、梓類、出し類に分類することが出来る。牛類とは部材で三角錐或は方錐を組立て蛇籠又は大玉石で沈壓するものであり、梓類は直角柱或は三稜形の連續體を組立て、詰石を行つて沈壓するのが例である。出し類とは河岸から河身に向け突出して築造するもので、其の材料に依つて石出し、土出し、籠出し、杭出し等がある。

圖-80. 牛 類 略 圖

以下之等工作物の由來並びに如何にして用ひられたかを簡単に説明することとする。

[5.2.2] 牛 類

牛類には牛梓、犬子、猪子、出雲結等の原始型から笈牛、川倉、聖牛、菱牛、尺木牛、柵牛、鳥脚等と云はれるものがある。牛梓、猪子、出雲結は共に奈良朝の初期（710年）以來用水堰等に使されたと推定することが出来るもので、最初は單に同大の3本の木材を三叉に組み、石俵又は玉石で沈壓した。猪子は美濃國で發達し、出雲結は出雲國で創案せられたと云はれる。犬子は鎌倉時代に越中國で創案せられたもので、俣木のみで組立て玉石を十分に用ひて沈壓する。出雲結は出雲國に多い



砂川に適する構造を採つて居り、猪子、犬子と漸次急流砂礫河川に適應する形をとつてゐる。爾餘のものは此の牛棹、猪子、犬子、出雲結の改良されたものに過ぎない。

笈牛は牛棹に前立木を加へたものである。享保、寛政年間に著述せられた「堤防溝洫誌」、「地方凡例録」に記載されて居り、釜無川、笛吹川、大井川、天龍川等で用ひられてゐた。初めは等邊形であつたが、後には合掌木の後材1本に長大なものを用ひたものである。

川倉は古來各地に於て施工せられたもので、其の形状は三角錐をなし、恰も馬背の如き形をしてゐるので「用鞍」と呼ばれ、轉じて「川倉」となつたものゝ様である。普通2對の合掌木を有するもので、牛棹と後述の聖牛との中間を行く構造である。

聖牛は實施せられた河川に依つて多少構材の大きさを異にするが、三角錐をなした對の合掌木を備へ、棟木の長さに依り「大聖牛」、「中聖牛」などの名がある。「地方凡例録」に依れば之は武田信玄の創案になるものと云はれ、往時は専ら甲斐國の釜無川、笛吹川に施工せられたが、次で信玄の勢力範圍擴大に伴つて天龍川、大井川、安倍川、富士川に傳はり、享保年間以後は各地に流布するに至つた。聖牛は牛棹の改良せられたもので、其の構造は簡單であり、堅牢な三角錐型を採る故前面の洗掘を受けて前に傾斜しても、よく其の形を保ち、目的を達してゐる。一般に急流河川の砂礫の移動の甚しい所の水制、締切工事等に適してゐる工法である。

菱牛は頭部の一點に4本の合掌木を結束し、方錐形に組立てたものである。之も武田信玄の創始になるものと云はれ、初め甲斐國の御勅使川、荒川筋で用ひられた様である。方錐型であるから傾面の洗掘せられた場合に三角錐型のものよりは顛倒の虞が少いから河床の變動の著しい所に適當してゐる。御勅使川、荒川の如き比較的水深は淺いが、砂礫の移動の甚しい個所に初めから目論まれ

たものであらう。之は徳川幕府の初期に聖牛、棚牛と共に駿河國、信濃國に傳はり、伊那平の天龍川筋に盛んに用ひられ、又遠江國天龍川筋に於ても聖牛の代りに用ひられた。

尺木牛は上述のものが獨立した1個のものであるのと異り、連續體をなしてゐるもので、3列に蛇籠を置き、之を土臺として長6尺の合掌木を2尺毎に籠に組込んだものである。之も亦武田信玄の創案になるものと云はれ、笈牛、菱牛等の適する河川より稍緩流の個所を撰んで施工するのを當とした。

棚牛は主材三角形の連續體であつて、三角形の底邊に數成木を並べて重籠を積載する棚としたものである。之も亦武田信玄の創案になるものと云はれ、初め釜無川、笛吹川等に用ひられたものが、其の後富士川、安倍川、天龍川、酒匂川、上利根川等に施行せられ、享保年間以後は廣く各河川に普及してゐる。棚牛は普通水制として河岸から水流に直角に据付けられたもので、洗掘せられるに従つて、河底に沈下して益々鞏固となり、下流部に沈澱を生じて、河成りを變化せしめるのである。

鳥脚は始め越中國で考案せられた工法で、其の後越前、越後、信濃の國に傳つた。越前、越後では之を「越中三叉」と云つてゐる。之は尙現在神通川小支百瀬川筋で實施せられてゐる「犬子」の發展したものと想定せられ、合掌木2本及び棟木1本で三角錐を組み、其の前面に砂拂木及び布木を取付け、底面、兩側及び中央に1本乃至る本の縦棚木を入れ、之に直角に横棚木を組んで棚面を稍々尻上りとし、之を支へるために棚釣木と方成木を取付けて、大玉石又は石俵で沈壓する。之は水制又は締切工事に用ひられるものであつて、常願寺川、神通川、手取川等の急流河川では其の周圍に堅牢な蛇籠を用ひ、之を巧に利用してゐるが、信濃國又は越前國の諸河川では工法は簡單となり、唯其の前面に砂拂籠を施すのみのももある。棚面も急流河川では沈石の流失を防止するために尻上りに組むが、比較的緩流の場合には之を平らに据ゑて安定を計つて

る。

尙此の他近年北海道で用ひられてゐる三基枠、群馬縣で實施せられてゐる方形枠又は静岡縣に多い鞍掛棚牛等があるが、之等は鳥脚、菱牛、棚牛などの部材の配置方法又は載荷方法を多少改良或は變更したものに過ぎない。

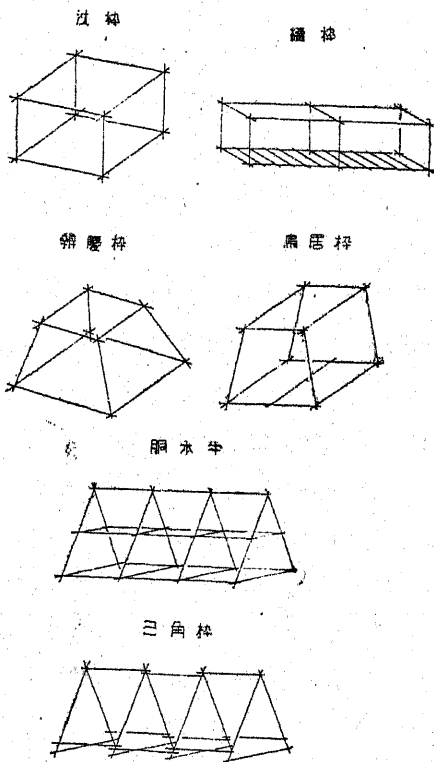
之等の構造物は總て木材から成り、以前は其の部材の結束に柄差、桎留を用ひ、又枒竹、藻蓐を使用した、現今では鐵線又は鐵棒を用ひてゐる。沈壓に用ひる蛇籠も藻蓐、竹籠を使用した、今では急施工事又は假工事以外には用ひられず、普通鐵線籠を用ひて

ゐる。又近年になつては之等構造物に耐久性を持たしめるためには木材の代りに鐵筋コンクリート材を使用してゐる例がある。

[5.2.3] 枠類

枠類の最も單純な形式は片枠、沈枠であつて、沈枠に蓋を取付けたものを楯枠と云ひ、兩側面に勾配を付したものを鳥居枠、四側面に勾配を持つものを辨慶枠、三稜形のを胴木牛、三角枠又は合掌枠と云ふ。之と全く系統は異なるが明治初年に和蘭人に依つて輸入された粗梁沈床も亦枠類の一種であり、骨材に連柴を用ひたものである。又之

圖-81. 枠類略圖



の連柴の代りに丸太を用ひた木工沈床も、亦之に屬するものと見てよいであらう。

牛枠は杭工から進化したものと考へられ、戰國時代以前からあつたものゝ様である。砂利河或は砂河の河岸決潰防止又は護岸根固に用ひられる。片側を河岸又は堤防に接して施工するもので、枠柱を建て、之に二段に貫木を貫き、主成木を立てて詰石を行ふもので、河床に杭打の出来る場合には親柱及立成木は打込むことがある。普通柱を打込まぬ場合には敷成木を入れて沈定する工法を採つてゐる。

沈枠は聖牛其の他のものと共に武田信玄の創案になるものと云はれ、同様釜無川、笛吹川に施工せられたものが、天龍川、大井川に傳つたものと考へられる。之は近年伊奈平、大井川下流で發掘された古枠から想像せられる。沈枠は始め聖牛、菱牛等と組合はされて護岸或は水制の根固に用ひられたもので、擴く砂礫河川に適用されてゐる。沈枠を連続したものを續枠と云ふ。

楯枠、鳥居枠、辨慶枠は共に沈枠を改良したもので使用目的は同様であり、其の安定の増加を計つたものであつて、共に徳川末期に目論まれたものである。

胴木牛は三稜形の枠であつて、雜木丸太で三角形を組み、棟木及び土臺木を通じて連続せしめ、胴廻りに立成木を用ひ、敷成木はなく、内部に詰石を行ふものである。之も武田信玄の創案になるものと云はれる。

三角枠、合掌枠は殆んど同様なもので、共に胴木牛の進歩したものと見做され、主として護岸、水制に使用されてゐる。三角枠は既に寛文2年(1622年)に酒匂川筋に長さ30間の水制として用ひられて居り、其の後多摩川でも施工せられた。寶曆年間(1760年頃)に三角枠の棟木を多少變更し、側面に用ひた矢來木を立成仕立に改めたのが合掌枠である。合掌枠は胴木牛に敷成木を施したものと略同様である。合掌枠は其の後材の組方、沈壓方法に改變を行つて現に尙廣く用ひられてゐる。丸太材の代りに鐵筋コンクリート材を使用してゐる例

もあるが、此の場合には沈下に依る部材の切損を虞れて餘り長い延長のものは用ひず、1組 10m 程度に縁を切つて置く。

之等枠類は以前は牛枠と同様に丸太材の組合せには各主材の交點は柄差或は栓留とし、立成木は扮竹、藤蓆、藁繩等で結束してゐたが、現在ではボルト、鐵線を用ひてゐる。

粗梁沈床は享保年間に始めて施工せられたと云はれてゐるが、現在各所で用ひられてゐるものは明治初年に和蘭人技師に依つて傳へられたもので、初め利根川、淀川で施工せられ、次で北上川、最上川、信濃川、天龍川、筑後川の低水工事に用ひられてから廣く各地に普及した。之は可撓性を有する枠と考へられるものであつて、徑4寸に粗梁を束ねた連柴を縦横共に尺の碁盤目に組合せ、此の上3層に束粗梁を敷並べ、其の上に更に前同様の連柴を組合せた格子を重ねて、下格子を結束した三子繩又は鐵線を引延ばして上格子の交點に緊結する。上格子の連柴上には周圍2行には全部、内部は縦横共1行を隔て、1尺5寸間に杭木を打ち、之に柵を搔き付けて、栗石或ひは割石で沈壓し、其の目潰に礫及び砂を填充するものである。之は河川の緩流部には良い工法であるが、急流部では屢々流失せられ良い結果は得られなかつた。夫れで流水の急な場合には連柴の以りに丸太を以てしたり、柵編を廢して、丸太で組合せた枠を沈床に取付けたものなどがある。

木工沈床は粗梁沈床が急流部では屢々流失する所から、明治年間の中葉に考案せられたもので、之は丸太を井桁に組み重ね、底と蓋とに成木を用ひた枠であつて、内部に割石、玉石を填充して沈壓する。蓋成木の代りに鐵線網で被覆することがあり、又は蓋成木を用ひず、表面には張石を施し、又はコンクリート・ブロックを配置して詰石の脱落を防ぐことがある。格材の締付けには以前はボルトを用ひたが、屈撓性に缺けるため、現在では丸鋼を通し折曲げて緩く締付けてゐる。尙木工沈床は屈撓性が不十分であると云ふので、之を補ふため

に種々考案せられたものがある。

〔5.2.4〕 出し類

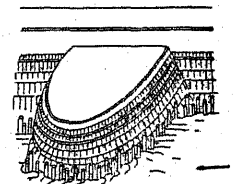
「出し」とは河岸から流水に向つて突出した工作物を云ふのであつて、上述の牛類、枠類も其の使用方に従つては「出し」と稱せられるべきであるが、此處では之を效用方面から見て、所謂「出し」水制として造られてゐるものにして述べることにする。

出し類は使用材料に使つて區分すると「土出し」、「石出し」、「籠出し」、「枕出し」、「枠出し」等に分類せられる。之等は總て河狀に應じて考案せられて來たものである。

土出しとは土砂を以て築造するもので、普通本體のみを土砂で築立て、其の先端又は全面を萱、石、籠等で被覆する。土出しの法面を萱羽口で崩壊を防ぐものを萱出し、石を張つて崩壊を防ぐものを石出し等と云ふ。石出しには全部割石で築立てたものもある。籠出しは蛇籠で造つたもので、普通蛇籠を河身に直角に積疊し、數個所に帶籠を設ける。枠類を水制として用ひたものが枠出しである。

之等の出し類は水制本體内を水を通さず、直接水を兼ねて流向を反轉しめる役をなすものであるから、此の安全を保つためには相當の苦心を要する。「堤堰秘書」(享保年間の定法を筆寫せるもの)に依れば水制は河身と直角或は稍下向きとなし、急流河川であればある程著しく下流に向ける必要があり、高水時にも決して溢流せしめてはならぬと云つてゐる。此の種の水制は先端を甚しく洗掘せられ、之に依つて流失せしめられるこ

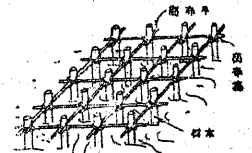
圖-82. 出し類略圖



土出し



石出し



籠出し

とが屢々あるので、之を防ぐために蛇籠、沈棒を先端に布設するのが普通である。

杭出しの起原は極めて古く、既に古事記に「堰櫃」として記述されてゐる。梓類、牛類は杭が打込みぬ所から杭の變形されたものである。杭出しは最も簡単な工法で而も其の効果は大きい。淀州では古來杭出しが最も有効であつたと云はれ、現に木津川筋ではよく作用してゐるのが見受けられる。砂河の移動の多い所によい工法である。太田川(遠江國)、千曲川でも古くから用ひられて居り、太田川では短少なものを近距離に設置してゐるが、千曲川では其の長さ20~30間に對するものがあり、5通り、7通りに杭を打つてゐる。

杭出しには亂杭を打つたもの、「屏風出し」として柵を搔付けたもの、「簾出し」と稱し亂杭の間に葉付竹を立てたもの、又は「流し出し」と稱する杭木を打込み之に竹又は松、柳の樹枝を結付けたものなどがある。「梁掛杭出し」は杭頭に縦横列に梁木を取付けたものであり、之には又杭木の根本に樹枝を投げ込み、土俵で沈壓したものである。杭出しは現今廣く用ひられて居るもので、杭は打つたまゝのものもあれば、之に鐵線を取り又は竹或は藁束で簾を造つて杭木に當てたものもあるし、洗掘に依る流失を防ぐために杭の周圍に蛇籠を用ひたり、河床を穿たしめたものなどがある。

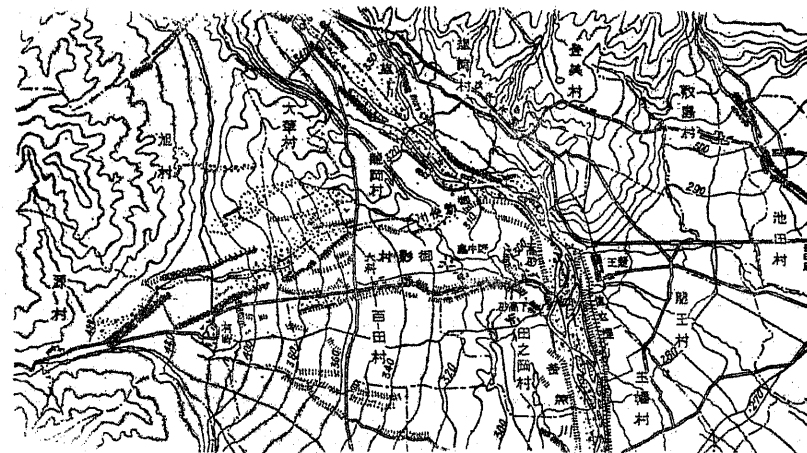
之等各種の杭出しは要するに杭の打込み得る河川で寄洲の付き方の容易なる極に工夫されたものであつて、流勢の弱い所程簡単な工法を採り、又斯る場合程流水を遅延せしめる様立粗梁を施したり、簾を立て掛けてゐるのである。

杭出しの施工困難な所に梓出しが考へられた。嘗ては砂礫河川では杭の打込みが不可能なので、之に代つて牛類、梓類が使用せられたのであらう。聖牛を連続して河岸から突出せしめたものがあり、之等の連続體である胴木牛、合掌梓等は此の目的に添ふ様案出されたものであると考へる。著者は富士川で長さ9m程の丸太を打込んで水制としたが、良い結果を與へてゐる。

〔5.2.5〕 水制工法

以上述べた様に其の所に應じて各種の工法が案出されて來たのであるが、之等の工作物を如何にして使用して來たかを次に考へる。

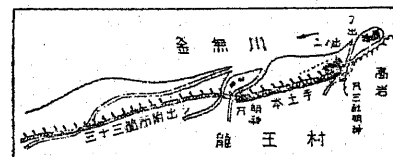
圖-83. 釜無川、鹽川、御勅使川合流點附近平面圖



今之を最も廣く用ひられ、現在工法の基準をなしてゐる武田信玄の工法に就て見やう。

信玄の治水工事は天文11年(1542年)の釜無川の大洪水に始る。甲府盆地を水災より救ふために釜無川、鹽川、御勅使川の三川合流點の調整を試みたものであつて、先づ御勅使川の間部を出た所、源村有野地先に石積出しを築立て、流水を反轉せしめ、御勅使川扇狀地の下流側耕地を防ぎ、御影村六料地先に至つて新河道を開鑿して洪水を分

圖-84. 信玄堤(貞享5年)

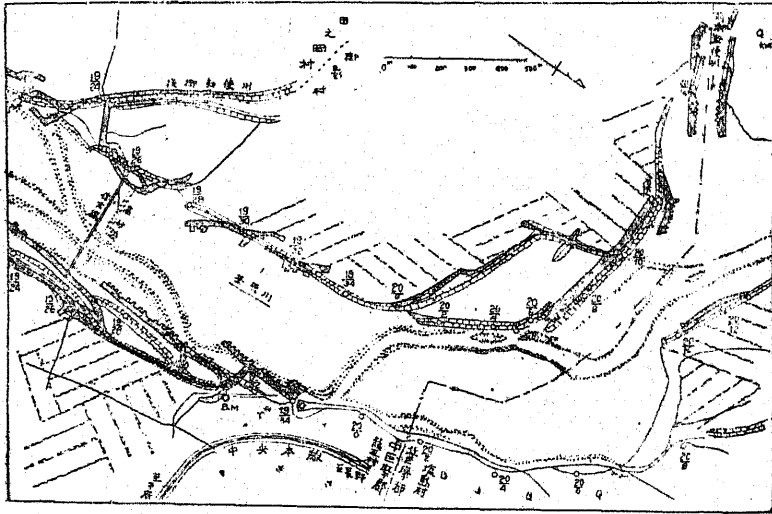


派し、其の一部を龍王續きの高岩に向はしめた。新合流點は鹽川の合流點の直後に當り此處には十六石と稱し、16個の巨石を配置して之等3河

川の流水を導いて高岩に向はしめ、此の反撥を舊御勅使川合流點とつて、流水の勢力を相殺せしめたのである。更に龍王高岩に續いて堤防を設け、甲府盆地を防いだ。此の堤防が所謂信玄堤である。信玄は身を戦亂の中に置いて此の大工事を遂行したのである。

築造當時に於ける信玄堤の構造に關しては之を知る文献のないのが遺憾である。併し乍ら貞享5年(1688年)に龍王村民から時の代官に捧呈した「御本丸書上」に依れば徳川家康も信玄の遺法を守るべき旨を命じて居り、之には信玄堤の其の時の状況を記述してゐるので、之に依つて其の當時の状態を想像することが出来る。之に據れば龍王高岩から本堤防350間、之は土堤であつて竹林となつてゐた様であり、其の川表には延長1150間、幅6間の石積田が引添へてあつた。此の内外は松、柳の林となつて居り、此の前面には33箇所付出しが設けてあつたもので、此の他に「一の田し」と稱し長さ22間、横20間、高さ1丈、「二の田し」とて長さ40間、横20間、高さ1丈の田しを施設してあ

圖-85. 信玄堤 (元文年間)



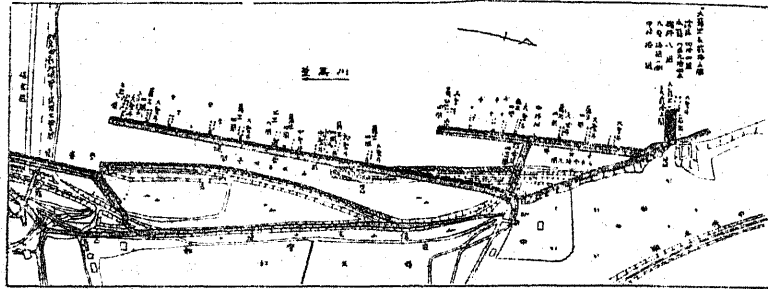
つた様である。

此の付出し、田しの構造に就ては知ることが出来ない。當時の状態から考へれば之等の堤防は河原の中に築立てたものであつたに違ひなく、本堤を築造すると共に之に引添へて石積を築立て、之を保護し、更に之を延長して河水を導流したもと思はれ、當時の材料、技術として十分激流に抵抗し得るものを造れなかつたことから、之に短い付出しを設けたもので、此の構造は恐らく籠出し、或は石田しであり、之に洗掘を防ぐために聖牛又は杵類を使用したもと思はれる。尙之は加ふるに成るべく此の地點が河裏となる様に御勅使川の付替へ、其の他の手段を構じたもと考へる。其の後の洪水には石堤を屢々洗潰してゐるが、本堤は一度も災害を受けたことがないと言はれてゐる。當時釜無川の流域は山地の崩壊甚しく、相當砂礫の流送を見て居つたものゝ如く、河床の移動も甚しかつたであらうことから考へれば、當時の技術、工事材料から考へて之は極めて無理のない又合理的な工法であると思はれる。

新御勅使川及び釜無川の合流點に設けられた十六石に就ては其の石の大きさ、配置方法は不明ではあるが、兩河川の激流を互に緩和して、常に下流に於ける流向を定め、高岩に導いたとのことから考へれば、大體に於て導水堤の如く配置せられたもと思惟せられ、斯くすれば之を不透過式にせず、透過式の形態をとつたことは、急流河川の砂礫の移動の甚しい場合には極めて効果のあるもので、賢明な策である。著者は此の場合龍王地に於ける石堤も此の十六石と同一の目論見の下に實施せられたもので、唯前者は後者より流勢多少弱く、水深は大であるので、之に應じて計畫されたもと考へる。

其の後信玄堤には次第に下流に向つて延長されたものゝ如く、其の前圍も變化し、明治時代の初期に於ける状態は圖-85の如くになつてゐたが、之は元文年間(1740年頃)の施設に依るものと云はれてゐる。之は高岩の本堤取付個所から約130間上流に高岩より長25間の大籠出しを設け之に續いて本堤の前圍

圖-86. 信玄堤詳細圖 (元文年間)

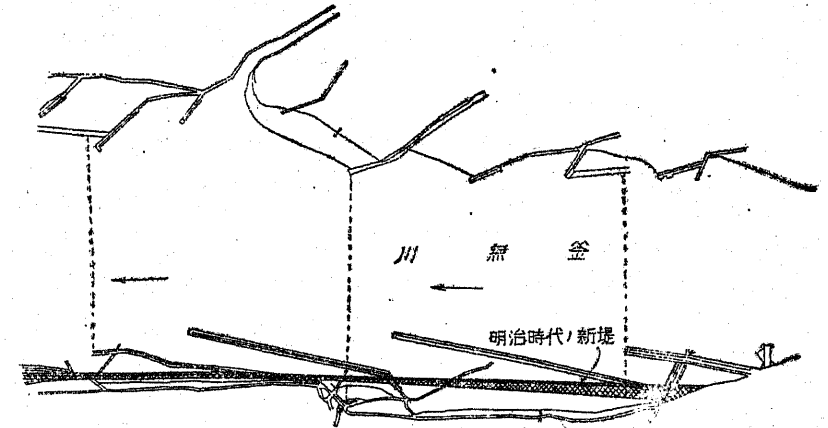


として一番より五番の土田堤防を築立て、之を大聖牛、中聖牛、大杵、中杵、籠田等で防いでゐる。大籠田は本體石出しを本籠 694 本で巻き立て、沈杵 44 組、楯杵 8 組、中杵 10 組を根固として用ひて居り、其の先端に 2 列に 10 組の大聖牛を配置して洗掘に備へた。圖-86 には其の一部の詳細を示す。此の前圍堤は屢々の洪水に決潰、流失してゐるが本堤はよく之を防禦して些かの水害をも蒙らなかつたと云はれてゐる。

聖牛は其の構造上側方への轉倒に對しては多少弱點があるが、前方への傾斜に對しては安定であり、洗掘に従ひ前傾しつつ、砂礫中に固定するもので、此の場合の如くに 2 列に 3~5 組を出し類の前方に配置するのは其の根固として充分に効果があるものと思はれる。

出し類の障害を受けるのは其の前で遮斷された流水が出しに沿ふて流心に向ひ、之は特に河床に沿ふて著しいのであるが、之が出しの先端で直流する流線と衝突し、縦軸を持つ渦を發生して、此の部分に甚しい洗掘を來すのであつて、移動し易い河床の場合には特に著しい。此の場合透過式の自由に變位を許す水制を設置するのは之を防ぐに効果がある。然し之は又木材で組立てられてゐるから可撓性のあるのは宜敷いが、或る程度以上の流勢に對しては抵抗することは困難で、流亡する危険がある。事實屢々前圍堤は流失してゐる。之は其の當時としては已むを得ない。記録に依れば毎年定期的に補修工事をやつて

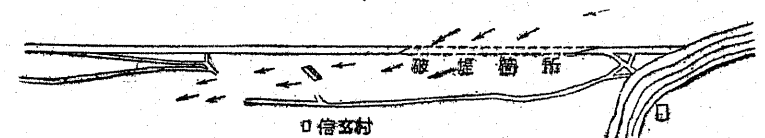
圖-87. 信玄堤 (明治時代)



ある。

斯くして明治時代となり、明治 16 年 (1883 年) 高岩の大籠田を廢して、長 15 間の練積の石出しとし、明治 26 年 (1893 年) には前圍の堤防を取除いて、高岩から五番堤の末端に至る新堤を築造した。之は根固に大走り、沈床を設けたもので、尙 60 間毎に水制を築造した。此の當時にあつては御勅使用合流點に設けられた十六石は既に埋没せられて其の效用を失ひ、御勅使用川流末の扇狀地は擴大せられて流心は著しく左右に變動し、兩川出水の状況に應じて、特に御勅使用の出水の大きい時には激流信玄堤を衝く様な状態になつてゐたのである。明治 29 年 (1896 年) 6 月の出水には練積石出しは一部決潰した。之は根固の不十分に依るものと考へられるが、練積のため流失に至らず、半壊のまま残

圖-88. 信玄堤破堤狀況 (明治時代)

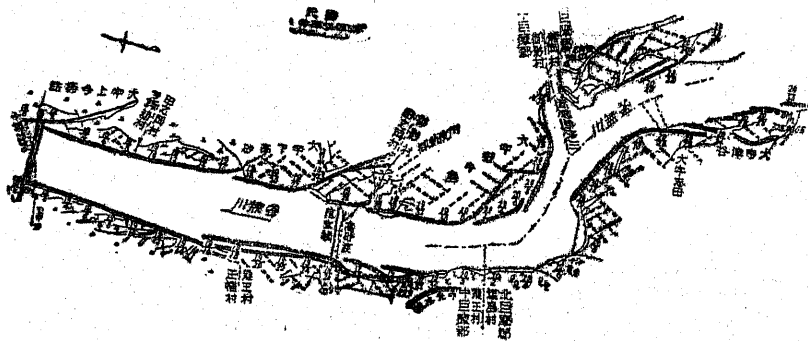


されてゐたのである。同年9月に又大田水があつた。半壊の石田は流失して流水は新堤に激衝し、遂に之を決潰せしめ、流入した水は新堤が其の途中で信玄堤本堤と連絡してゐたために其の流出口を失ひ、嵩んだ水は本堤を溢流して300年來未だ滲漶を見なかつた本堤を崩壊せしめたのである。

此の決潰の状況に就ては目撃者の談に依れば新堤前面に配置せられた水制の附近で非常に水は激し、此の部分の犬走りの張石が脱落した模様であつて、法面石張先づ崩れ、水防の效なく新堤延長約150間決潰し、見て居る内に信玄堤を溢流したと云ふ。此の水制の構造に關しては知ることが出来ないが、其の後の状況から推察すると多分聖牛を數組配列したものと思はれる。此の場合水制の附近に著しい渦流を生じ、砂礫の吹き上げられることは經驗に依つて知られる所であつて、現に著者は昭和10年9月の出水に際し、沈床上に相當の間隔を置いて數組當配列せられた聖牛群の激流を受けた部分では其の下流側で沈床張石脱落し、聖牛が其の間に陥没したのでを經驗してゐる。

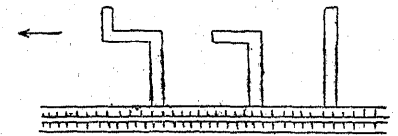
其の後改修せられたのが現況である。現在は高岩に設けられた石田はなく、本堤の高岩取付個所から八幡境に至る間に本の枝堤が設けられ、根固に沈床を用ひ、適宜聖牛が配置されてゐる。昭和10年9月には計畫高水に相當する

圖-89. 信玄堤現況



田水があつたのであるが、御勅使川に比し、釜無川の方の出水が著しかつたために本地點は川裏となり、異狀がなかつた。現在著者は何れの場合にも即ち釜無川、鹽川、御勅使川何れの河川に

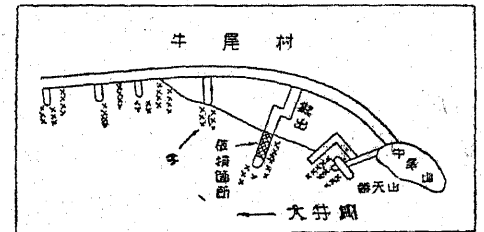
圖-90. 水制形狀



田水を見ても可及的に現在の水向を維持し得る様、御勅使川の合流點に適當な導流水制を設けることの必要を痛感してゐる。

以上信玄堤の變遷を述べて來たが、之に依つて古人が砂礫の移動、河狀の變化の甚しい個所に其の當時得られた材料で如何にして水管を防いで來たかを知ることが出来る。武田信玄の計畫の基幹をなす所のものは之を

圖-91. 大井川水制 (文化10年牛尾村)



要約すれば次の如きものであらうことが推量せられる。

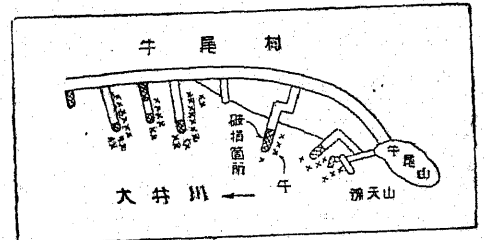
(i) 特に防禦を要すべき地點は成るべく川裏とする。

(ii) 長大な横工水制は維持困難であるので、流水に逆らはぬ様主として縦工水制を用ひる。

(iii) 水制は成るべく河床の變化に順應し得る構造を必要とする。

現在でも之以上は考へ様がない。斯の如く水制の形狀、配置方法に就ては其の河狀に

圖-92. 大井川水制 (文政13年牛尾村)



應ずる様古くから考慮が拂はれて來たのである。

一般に河岸或は堤防から一直線に出した横工を「丁出し」と云ひ、此の先端に縦工を付したものを「鎌出し」、又其の先端に横工を付したものを「鍵出し」と云つてゐる。之等のものを巧に配置して河岸の決潰、流路の偏倚を防止して來た。「堤堰秘書」に依れば緩流河川では水制は上流に傾けるべきで、斯くすれば其の前面に土砂を沈澱せしめ、水制も亦安固になると云ひ、其の角度は河川に依つて異なるが、大體に於て水制長 10~15 間のものは 2~2.5 割、水制長 35 間位になれば 1.5 割が適當であると云ふ。然し急流河川では必ず下流に偏せしめ洗掘を防止するために控工を施すべきだと云ふてゐる。

大井川筋静岡縣の五和村役場に残つてゐた古文書に依れば當時の水制の状態を推量することが出来る。之は極めて効果のあつたものと云はれて居る。

〔5.3〕 水 制 論

〔5.3.1〕 概 説

護岸、水制の目的は急流河川では一般に河岸又は堤防の決潰を防ぐのを第一義とし、古來水制と稱せられたものは流水の激衝するのを反撥せしめて、其の位置を守るのにあつた。要は流水を速やかに安全に流下せしめるにある。この爲には水向の確保を考へねばならない。航行河川でも水向の確保は流路の安定となり、必要な水深を興へる手段となる。本邦には航行河川は比較的少く、大部分が急流であるためにこの決潰から引起される災害対策が先づ最初の問題であつたために緩流河川の水路維持に關する工作は比較的遅くれ、主として決潰防止工作の進展を見たのである。

此の兩者何れの場合に於ても水向の確保の必要なることは既に述べた通りである。水向の確保の第一は流路法線に關する問題で、之れが河狀に適應したものであれば、護岸、水制に關する問題は比較的容易となる。殊に緩流の場合に

は法線の如何に支配される方が著しく、工法の問題は二次的に考へて差支へない。本章で述べてゐる所は主として其の構造に關するものであるから勢ひ河岸又は堤防の決潰防止に重點を置くことになる。然し何れの場合でも法線即ち河成りは重要な問題であつて、之は常に念頭に置かなければならない。

〔5.3.2〕 水勢と其の構造

本邦に於ける古來からの水制は其の形態、施行狀況から推して考へれば河岸、堤脚の洗掘を防いだものであつて、洗掘を防止すると共に寄洲の着く様にと大きな努力を拂つて來た。武田信玄は釜無川、笛吹川或は其の他の中小河川に應じて「聖牛」、「菱牛」、「棚牛」又は「尺木牛」を創案してゐるが、之等の水制は河川の規模は勿論であるが、河床砂礫の状態に關しても考慮が拂はれてゐる。言ひ換へれば河床の變化の著しい所又は變化の少い所に従つて其の構造を考へてゐる。然しながらこの適當な形式を推定するといふことはなかなか困難な問題であつて、注意深い觀察と豊富な經驗を必要とする。

一般に載荷面の高い構造を持つ出雲結、猪子、棚牛等は相當に水深のある場合にも容易に施設せられるから假締切等に使用して便利である。この場合に水制の前面に簾等を張つて流水を遮斷するのが普通であるから、比較的細かい砂礫の移動する場合にはよく砂洲を着けるが、流勢の強い場合には用ひられない。牛絆、鳥脚、川倉、聖牛等の載荷面の低いものは比較的安定であり、粗い砂礫の移動する場合に流勢に應じて適當な形式を撰定すればよい。鳥脚は普通沈壓するのに大玉石を使用するから大玉石の不足する所では不便である。又詰石の都合上多少尻上りに組立てるから幾分不安定なのを免かれぬ。之を逆出しとして蛇籠で沈壓し、その上下流を蛇籠で巻くものは流水を河身に反撥せしめる効果はあるが、砂洲をつけることは少く、頭部下手附近に深掘れを生ずる虞れがある。之等の構造を持つものは一般に水深の大きな場合には施設に困難を伴ふが、安定度高く、前面を洗掘されると適當に沈下して、砂洲を呼び、良く效果

を表はしてゐる。菱牛は底面方形であるから一層安定であり、且つ高さが比較的低いので、水深の浅い急流部には好都合である。

「牛類」は普通單獨に或は數組組合せて施設するが、基本となるものは獨立したものであり、其のために水衝りが一様でなく、渦を生じ、異常な洗掘を生ずる虞があるが、連續體をなす棚牛、合掌棒等は此の點有利である。堤脚の洗掘を防止することから考へれば別に高さの高いものを要せず、繊細な合掌棒でも之を低く設置し、流水が強いからとの理由で堅牢なものとはせず、寧ろ立成木等は成るべく少く、低く設置し、詰石も流水の支障とならぬ様に考へれば効果的である。流勢が強い時にはその列数を増せばよいのであつて、河床の移動の甚だし所にも効果がある。

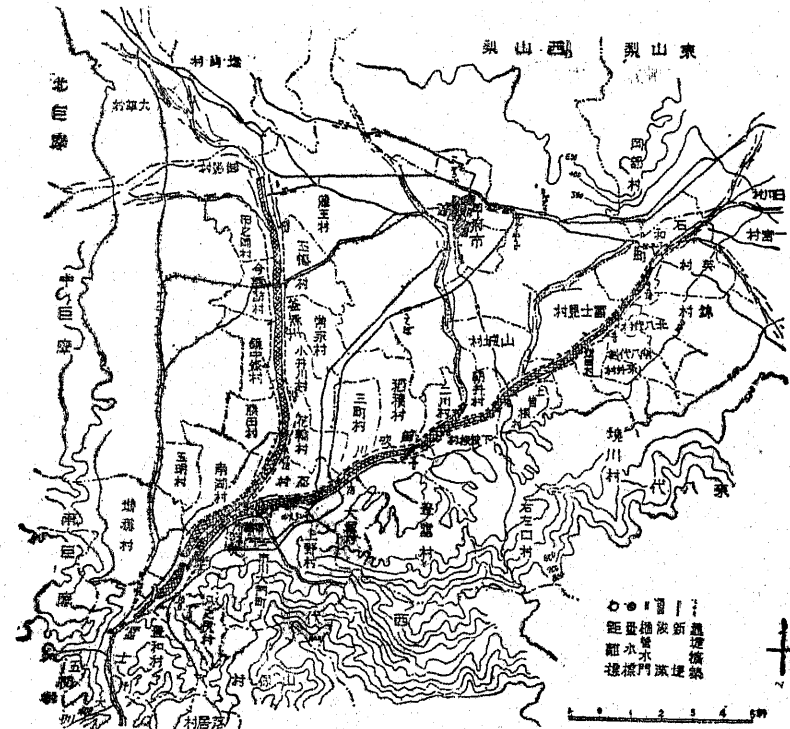
以上は在來の材料に依り、在來の形態を撰んだ場合に就て述べたものであるが、之等は木材と玉石からなるもので耐久性に乏しく、富士川筋等に見受けられるが良く効果を奏してゐる聖牛が惜しくも腐朽したり、流失せしめられてゐるのがある。事實大出水に遭遇しては之等の維持は困難である。然し急流河川では出水時間が短い。在來の牛類は此の短い時間を保ち得ればよいのであつて、假令施設上の欠陥があつても修理補修の容易さに依つて補はれて來たものと考へられる。

明和6年(1769年)から弘化5年(1848年)に至る79年間に御勅使川筋野牛島地先、前御勅使及び後御勅使兩川延長約6kmの間に取扱つた河川工事に就て當時の「川除御普請仕様帳」に依れば、堤脚断78個所、堤缺所43個所の堤防補修を行ひ、笈牛133組13個所、棚牛342組15個所、菱牛764組170個所、中聖牛39組5個所、中棒19組5個所を施工して居る。少くとも之れ以上の施設を行つてゐるに違ひなく、又殆んど出水を見ない様な年もあつたらうから、之に依れば年々相當の補修工事を行つてゐる譯である。此の内菱牛を建込んでゐるのが33ヶ年あつて、年平均23組5個所となり、堤防切所或は缺所

を見たのが23ヶ年、年平均5.2個所となつてゐる。之は特に多い所ではあらうが、斯の如く補修工事を実施して來てゐるのである。

其の當時にあつては材料の關係上水制の構造は以上に限られてゐたものであり、又勞力其の他からして之等の工事は比較的容易に行ふことが出來たのであるが、然し現在に於ては吾人は限られた工費と期間内に十分効果的な工事を施工しなければならない。材料の選擇が自由になつたのであるから其れに相應する構造を考へることが必要である。コンクリートが自由に使へるからと云つて無窮に堅牢なものを造れば却つて將來に支障を残す様なことがあるし、又輕度

圖-93. 富士川上流改修工事平面圖



所に設けたもので、場所は富士川支川大柳川筋、河床勾配 1/100 程度の所で、コンクリート函は 12 個を 2 列に約 45° 下流方向に設置した。水制としての延長は 25.2 m で、1/40 の縦断勾配を附し周囲に 4 層建の木工沈床を布設した。函の大きさは敷で長 4.20 m、幅 3.50 m 側面 2 分法とし、高さは 3~2.4 m である。昭和 11 年の施工にかゝり、工費は 1 m 當り、根固工を含んで 140 圓を要した。

之は大柳川の土砂停止堰堤の上流に位し、堰堤の水通しの關係上水向を變轉せしめる必要を生じたので流水中に突き出して築造したものであるが、十分所期の目的を達することが出来た。之は石張りの高水制を改變したものであるが、斯る形式の水制は昭和 10 年の洪水の結果から見ると、水制の上下流に甚しい水位差を生じ、其の先端で大きな洗掘を生ずるのみならず、渦のために水位の嵩上を來すと共に水向の反轉も此のために一樣でなく、水位に依つて異なることがあるので透過式に改め、出来るだけ水位差を減じ先端の洗掘を防いだ。此の水制では特に先端に長、幅共に小さいコンクリート函を設置したのである。水向の變轉に就ても程度は不透過高水制程著しくはないが、均一化されてゐる様に見受けられてゐる。

圖-97. 森島水制



例-3. 圖-97 は富士川筋静岡縣富士郡富士町地先に設けられたもので、之は霞堤先端に川成りに延長 160 m に亘つて設置せられ、流水を適當に導流する様

目論まれたものである。本體は川表側に三叉付コンクリート函 30 個、川裏側には鐵筋コンクリート大聖牛 16 組を 2 列に配置したもので、前者は長 4 m、幅 3 m、高 2 m の中空コンクリート函に 6 kg 軌條 4 本を主鐵筋とする 30 cm 角の鐵筋コンクリート柱 3 本を、上流側に 1 本、下流側に 2 本とし、直高 1.5 m となる様組合せたもので、コンクリートは總て場所打とした。之に川表側幅 8 m、川裏側幅 6 m の全長に亘つて 5 層建の改良木床（木工沈床の上部 2 層を鐵筋コンクリート材とせるもの）を布設した。昭和 10 年の大出水に派流を生じ、此の霞堤の先端を通り、下流側本堤に激衝して危険を感じたので、之を是正するため此の水制を計畫したのであつて、流路を横断して設置した。此の場合下流側本堤前面には聖牛 6 組を 1 群として 4 個に水制として突出してあつたが、激流を受けた水制は著しく其の附近を洗掘せられたので之は同時に解體して、上高砂水制の如く堤防前面に 1 列に配列し直したのである。本水制は昭和 11 年度に竣工、工費は延長 1 m 當り 203 圓を要した。

此の水制で川表側に聖牛の本體を置き、川裏側に聖牛の如き構造物を配置した理由は出水の際、浮游物の激衝に依つて構造物の折損を來すのを避けると共にコンクリート函の間及び函を溢流して噴出する流水を遮断して土砂を沈澱定着せしめる目的で配置したものであるが、之は其の後の出水に實證され、一度は流失橋梁の激衝を受けたが少しも損傷を見なかつた。若し聖牛を前面に置いたならば多大の損傷を見たであらう。水制の裏側には豫期の寄洲を付けてゐる。

例-4. 圖-98 に示すものは釜無川筋御影村地先に設けたものである。此の附近河床勾配は約 1/170 であつて水制は河岸から直角に突出し、1/18 の縦断勾配を付した。水制本體の構造はコンクリート函の上に鐵筋コンクリート材の三叉を固定せしめたもので、函は 2 邊長 3.80 m、1 邊長 3.00 m の二等邊三角形をなし、中空として之には玉石を填充した。函の高さは堤脚寄りで 2.15 m とし、先端で 1.65 m とした。三叉は豫め鐵筋を函に建込み、場所打としたも

ので、短材は長 1.69 m, 0.2 m 角とし、長材は長 2.66 m, 0.25 m 角とした。何れの函に於ても三叉は同一寸法を用ひた。此のコンクリート函 9 個を 2 列建とし、堤脚から直角に配置したもので、上流側の函 5 個は二等邊三角形の頂點を上流側に向け、下流側の 4 個は頂點を下流側に向けて上流側函の間隙部に置いた。函の間隔は 1.20 m とし、前後列の中心間隔は 5.00 m とした。堤防との取付部分に於ては三叉を廢し、計畫高水位迄のコンクリート函を置き、尙水制の周圍には 4 層建の木工沈床を上流側で幅 8 m, 下流側で 6 m, 先端で 12 m のものを布設した。此の形式を撰定するに當つて著者は現場に幅員 6.5 m, 延長 40 m の試験水路を設け、簡単な豫備試験を行つて、此の結果から流水に對して無理のゆかぬ、而も効果的な形態を求めたのである。根固木工沈床の幅

圖-98 (1). 下高砂第二水制

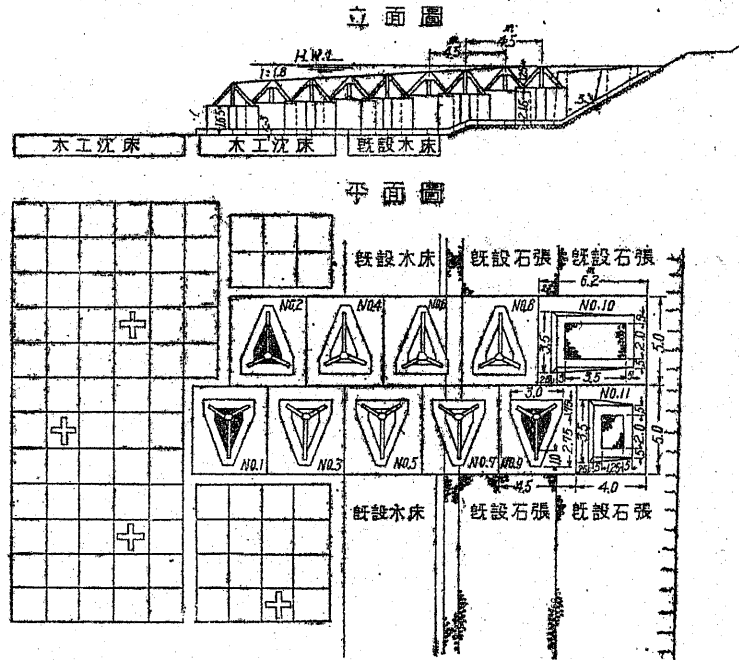


圖-98 (2). 下高砂第二水制



員も之に依つて定め
た。之は昭和 12 年
の施工にかゝり、水
制延長 26.5 m で、
工費は根固工を含ん
で延長 1 m 當り 180
圓を要した。

此の地點は釜無川
が龍王高岩に衝つて
反撥したものを受け

る位置に當り、舊御勅使川合流點の直上にあるもので、特に流水を反轉せしめ
様との目論見に依るものである。近年迄は大出水の場合には舊御勅使川に流水
が分派されてゐたが、現在は上流で締切られ、流水を見なくなつたので、其の
合流點に於ける流水の勢力の平衡が保たれなくなつたため、其の一助にと考へ
たのである。然し之は未だ築造後十分機能を示す様な出水には遇つてゐないの
で、其の効果を實證する段には至つてゐない。

例-5. 之は笛吹川筋石和町地先に設けられたもので圖-99 に示す様な構造
を持つて居り、堤防脚に沿つて延長 320 m に亘つて施設せられたものである。
之は例-1 に示した方針に従ひ、唯聖牛を改造して、長さ 5.25 m, 幅 3.0 m,
長さ 0.5 m のコンクリート版の上に長さ 3.0 m, 22 cm 角の鐵筋コンクリート
柱を 3 本宛 2 組建て込んだものを造り、堤脚に並列したものである。之は在來
の根固沈床の上に設置したものであるが、沈床は相當期間を経て多少腐朽して
居り、不十分と思はれたので之を補修すると共に其の前面に低く長さ 2.2 m,
末口 15 cm, の松丸太を三叉に組み、長さ 2.5 m, 幅 2.0~0.5 m, 厚さ 40 cm
のコンクリート版中に建込んだものを設置した。此の高さは基礎版下面から

圖-99 (1). 石 和 水 制
寫 和 水 制 橫 斷 面 圖

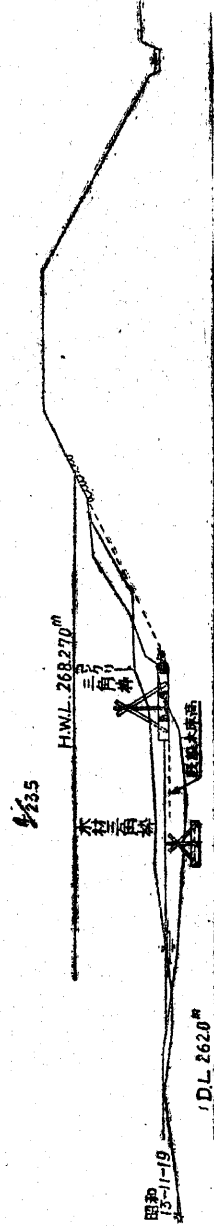


圖-99 (2). 石 和 水 制

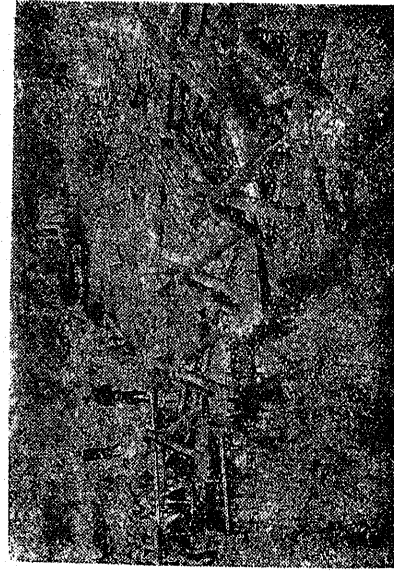


圖-100. 淺 原 第 二 護 岸 (1)

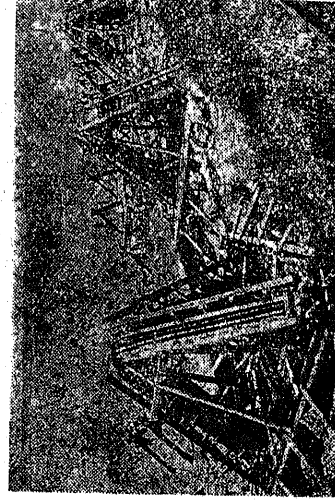
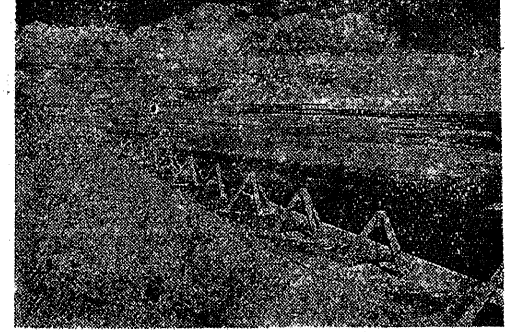


圖-101. 淺 原 第 二 護 岸 (2)



1.5 m であつて、大體に於て其の頂點が沈床上面と同高になる様になつてゐる。此の附近の河床勾配は約 1/250 である。昭和 13 年度の施工にかゝるもので、工費は延長 1 m 當り 38 圓を要してゐる。

本地域は笛吹川改修區域の上流端に近く、流水は斜に堤脚を洗ひ、所によつては根固沈床の下端も露出する程洗掘されて居つた。沈床の厚さは 5 層建で約 1.50 m、4 層建で 1.20 m あるのであるが、流水の衝撃を受けると其の先端で横軸を持つ渦を生じて洗掘せられるのであつて、砂礫中に堅な壁を持つ様な場合には益々此の洗掘を助長する。沈床は此の點から考へると出来るだけ薄い方がよい。此の事實は Mississippi 河でも云はれてゐるのであつて、Mississippi 河の幅數十米に達するマツト護岸の厚さに就て極力薄くする様主張されて居り、厚いものは洗掘を受け變形しやすいと云はれてゐる。著者は實體としての厚さを出来るだけ低くし、此の洗掘を可及的に減少せしめ様と試みたのであるが、現在に於ては大體所期の効果を納めてゐる。

此の水制の本體は既成鐵筋コンクリート柱をコンクリート版に建込んだものであるが、之は比較的流勢が弱いので輕度のものを採用したものであつて、同工法の水制で釜無川筋に設けたもの（昭和 13 年度施工）では此の代りに等邊三角枠の上に三脚を組立てた鐵筋コンクリート構造を用ひ、根固としては既設木工沈床の前面に木材三基枠を 2 列に配置した。此の三角枠の構造は 30~

圖-102 (1). 五貫島水制災害復舊

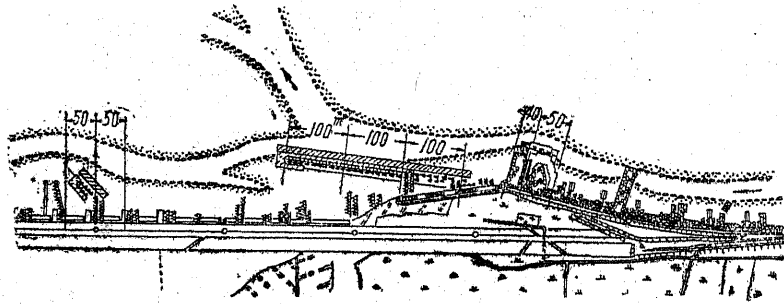


圖-102 (2). 五貫島水制災害復舊



40 cm の角の鉄筋コンクリート柱を直高3~3.5 m に三角錐に組立てたもので、場所打にしたのであるが、最初は（此の種の構造は初めは昭和11年度に施工してある）施工に相当困難を感じ、工費も

高くついたが、其の後は熟練して来て容易になつた。之等に用ひたコンクリートは出来るだけセメントを節約すると共に水の衝撃を受けるので、可及的に緻密なコンクリートを造るために、大部分締固めに振動搗を採用した。此の結果に就ては時々供試體を本體から切抜き試験したのであるが、之も熟練して来ると共に豫期に近い効果を得ることが出来た。

例-6. 之は富士川筋静岡県富士郡富士町地先の霞堤の先端に川成りに設けたもので、其の延長195 m で、水制本體としては三又付コンクリート函、長

圖-103 (1). 下高砂第三水制

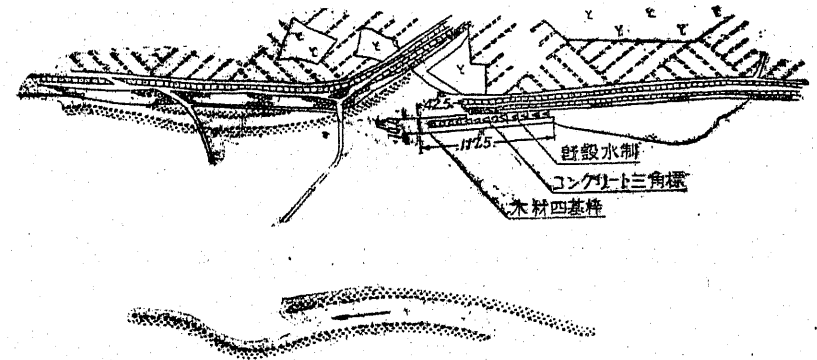
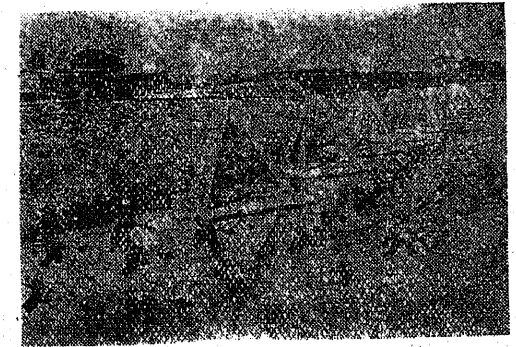


圖-103 (2). 下高砂第三水制



さ5.0 m, 幅3.5 m, 高さ1.5 m のもの30個を主體とし、其の背後に鉄筋コンクリートの三角構、脚の長さ3.7 m のもの16個を配置し、水制前面には幅6 m に5層建の木工沈床を布設し、更に其の前面に低く木材三又をコンクリート中に

碇着した木材三基柱と稱するものを3組、幅6 m に並べたものである。昭和13年度の施工によるもので、工費は根固工を含み延長1 m 當り224圓を要した。圖-102 は之を示す。

本地點は富士川の下流にあつて、幅員1000 m 程あり、河床勾配1/200程度であつて、昭和10年の洪水には毎秒7000 m³ を超える流量を見た。流勢激甚で富士川としては最高程度の施設を考慮せねばならない所である。昭和13年には6回の洪水を受けた。毎秒3000~4000 m³ 程度の出水であつたが、偏

流して本地點に集中し既設の鐵筋コンクリート大聖牛は非常な損傷を受けたので、上述の施設に改めたのであつて、之と共に其の上流端に設けてあつた石張高水制の先端に六脚四面體の水制を増設した。其の後は未だ大きな出水を見てゐないので、判然とした効果は見ることは出来ないが、大體に於て川成りは豫期に近く、例—3 に示した結果から類推すれば好結果が認められ、構造、配置としてはより適切であると考へることが出来る。

例—7. 圖-103 に示すもので、之は釜無川筋御影村地先に霞堤に沿ふて配置したものである。其の上流側に鐵筋コンクリート聖牛4組が堤防前面に1列に設置せられてゐたが、之が流衝を受けて傾斜し、其の下流側が侵蝕せられたので、此の聖牛に引續き三角構水制を既設木工沈床上に置いたもので、堤防先端より更に延長し、導水堤の役目を與へたものである。三面構の構造は厚さ 0.4 m、1邊の長さ 3.5 m の正三角形のコンクリート床版の三隅に、30 cm 角、長さ 3.2 m の竹筋コンクリート柱を三角錐に組立てたものであるが、此の場合には鐵筋を節約する意味で竹筋コンクリートを用ひた。之は施工に當つて不安であつたので各種の供試験體を造り、試験して見たが、大體に於て差支へない見通しがついたので實施した。竹には 3~5 年生の眞竹を大きさにより 4~5 つ割とし、防水劑としてペイントを塗布して用ひた。根固としては松丸太長 2.3 m、末口 15 cm のもの4本を頂點で緊結し、長 2.5 m、幅 2.0 m、厚 0.5 m のコンクリート床版中に礎着したものを4組並行せしめ水制本體の前面に布設したもので、幅は計 8 m となつてゐる。水制先端では特に其の數を増加し、裏側に迄及ぼした。施工に當つてはドラッグ・ラインに依つて根固の床掘を行ひ、木材四基枠は陸上で製作し、床掘の施工後ドラッグ・ラインに依つて吊り上げ、所定の位置に布設したのであつて、勞力不足の折柄極めて容易に施工することが出来たのである。此の水制は昭和 14 年度に竣成した。

例—8. 富士川筋静岡縣富士郡田子浦村地先に設けた水制で、長 6.5~8.2 m、

圖-104 (1). 五 貫 島 第 五 水 制

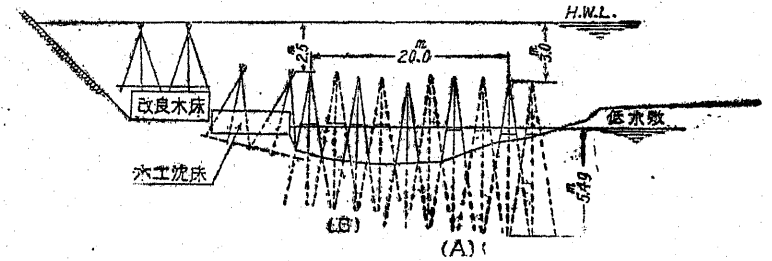
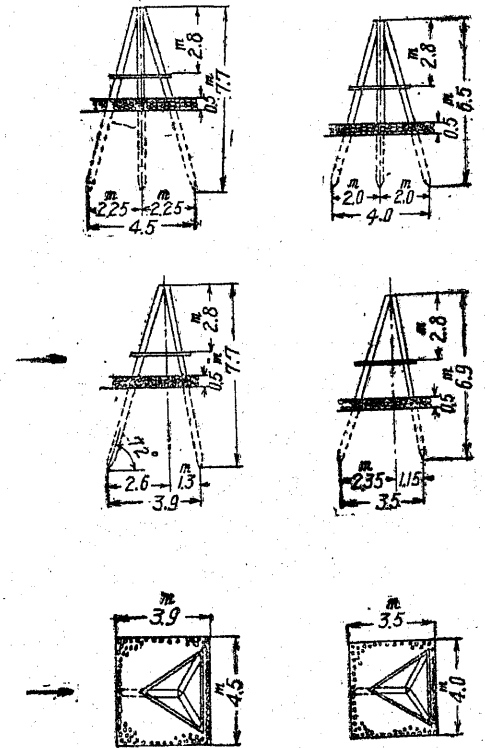


圖-104 (2). 五 貫 島 第 五 水 制

末口 20 cm の松丸太を 3 本打込み、頂點をボルトで緊結したものを 2 列建として下流に約 40° 傾けて配置したものである。圖-104 に之を示す。之は 1 組水制長 20 m のものを間隔約 60 m に 5 本設けたもので、最初は昭和 13 年に施工したのであるが、昭和 13 年夏期の數度の洪水に遭遇して約半數の流亡を見たので、同年冬に更に 2 本追加して補修した。現在に於ては大體に於て豫期通りとなつてゐる。



此の種の水制に普通根固として粗朶沈床或は木工沈床を設け又は相當量の捨石を行ふものであるが、著者は杭が十

分に打込める限りに於ては若し河床の變轉の特に著しくない場合には寧ろ根固を用ひる必要はなく、相當厚の根固は却つて渦を起す基となり、洗掘を來し却つて流亡を助長する虞のあることを認め、此の場合には大體 3~4m 杭を打込み、根

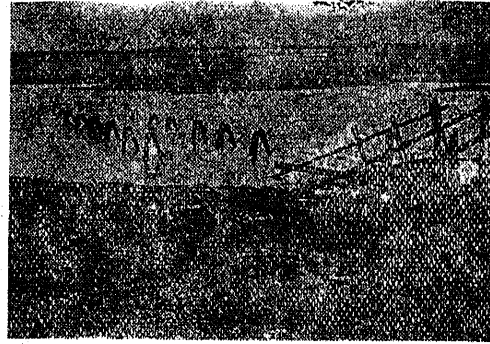


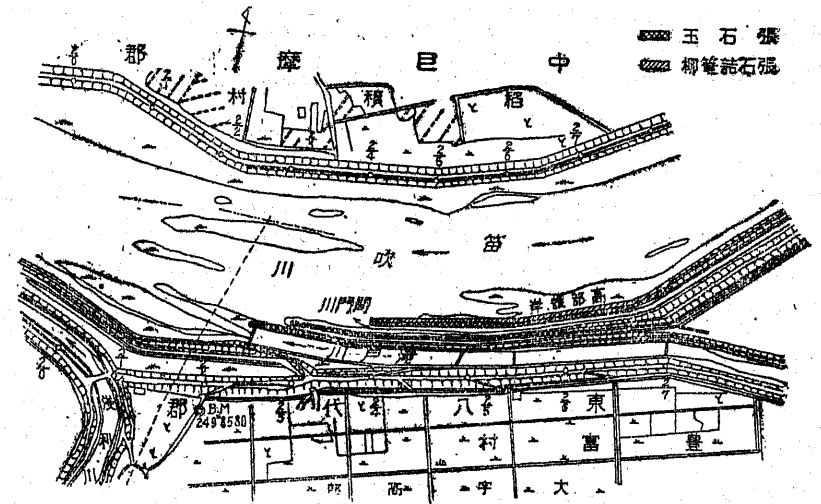
圖-104 (3). 五寶島第五水制

固を用ひなかつたのである。此の杭出水制は護岸根固の前面に聖牛水制があり、此の一部が流亡したので、其の位置に設けたのであるが、昭和13年の出水に流亡した部分は其の聖牛制の前面に更に根固として木工沈床の布設せられたのがあつたが、之は幅員 6m に對し長さ 8m 程度のものであつて、之は以前の出水で非常に傾斜してゐたが、之に激衝した流水が渦を生じ、一層洗掘を助長したものと如く、此の種の施設のあつた部分に於てのみ杭出の流亡を見たのであつて、何も障害物のなかつた地點のものには異状を見なかつた。杭が非常に長く、而も流水中に打込むので、最初は施工に相當困難したが、慣れて來ると比較的容易となつた。工費は水制延長 1m 當り 59 圓となつてゐる。

此の種の水制を笛吹川筋にも設けた。笛吹川筋に於けるものは流水の偏倚して河岸の決潰を來すので、之を防ぐため 2 列建の合掌水制を突出した所であるが、依然として水制は損傷せられ、彎入する傾向があるので、水制 4 個所に互り、合掌水制頭部から大略河成りに並行して設けたのである。

著者は鬼怒川筋にも此の工法を採用した。何れの場合にも根固工を用ひてゐないが、現在では先づ豫期通りとなつてゐる。

例-9. 之は笛吹川筋豊富村地先に設けた杭出水制である。圖-105 に示す如

圖-105. 高 部 護 岸
平 面 圖

くに笛吹川の彎曲部にあつて小支の合流點に當り、導水堤として石堤が設けてあつたのであるが、昭和10年の出水に導水堤は流亡し、流水は偏倚して深い濬筋を形作つて、下流水向に著しい影響を與へたのである。其處で此の場合杭出を計畫したのであるが、流向を確保する意味から其の法線に留意し、杭出としては3切に並杭を堤脚に打込んだ。夫れと共に導水堰法面を 1:3 の緩とし、法面には柳枝工を施工したのである。工法は極めて簡單なのであるが、護岸根固としての並杭は效果的であつた。昭和11年施工以來屢々の洪水を受けてゐるが、濬筋の深掘は防止することが出來、杭も流失せられたものがない。此の場合も根固にも根工には沈床類を用ひてゐない。工費は護岸法覆工を含んで延長 1m 當り 11 圓となつてゐる。

法勾配を緩にすれば法覆工は簡單で差支へなく、斯くすれば又根固も簡單となる。著者は笛吹川の各所に此の工法を試みた。

以上9個の例を挙げて著者の試みた護岸、水制に就て述べたのであるが、之は要するに河川工事を實施するに當つて得易い材料、例へば砂利、砂、木材、玉石等を使用して出来るだけ合理的な形をとつたのであつて、在來の構造物の形態は其の當時に於て最も得られ易い材料を効果的に使用したものであるから、現在吾々が自由に得られる所の材料で古い形態をそのまま採用することは其處に無理がある。工費の點から云つても不經濟なのであつて、鐵筋コンクリート大聖牛は長さが8.5mあるから、之を堤防の前面に配置するとすれば、10mに1組置くとして延長1m當り約20圓となるが、釜無川に設けた六脚四面體の枠は1組約160圓であつて、之を間隔10mに配置するとすれば、延長1m當りは16圓となり、而も之等の目的に使用する構造物は夫れ程複雑な構造をとる必要はないのであつて、在來のものは木材なればこそとつた形態であると考へることが出来る。

著者の試みた水制は其の構造上移動を許さぬ形態をとつたので、其の配置方法並に其の移動に對する防止方法を考慮した。護岸、水制は河自身の狀況に關聯するところが大きい。水制は寧ろ水制本體の構造の如何よりは河狀に應ずる處置方法の方が河道調整の上から云つても重大であると考へたのである。

〔5.3.3〕 水制と其の配置

既に述べた様に河道の改良工事は可及的に速かに所定の洪水量を快疏せしめるにある。之がためには出来るだけ法線に留意して流水の勢力を成るべく多く平滑な流下に消費せしむべきであり、又河床の移動に依つて生ずる流線の混亂を避けなければならない。河床、流線の變動を制限することが出来れば、河岸、堤防の保護は比較的容易となる。然し之は極めて困難なことであつて、普通吾々は現在與へられた狀態で之に應じて行かねばならない場合が多いのである。吾々は常に曩に述べた所を助長する様に努めることに依つて河川の安定を計つて行く必要がある。護岸、水制は單に堤防を保護するのみでなく、河川の安定

に對する1個の手段として計畫されねばならない。

水制には縦工と横工とがある。縦工とは河成りに配置せられた水制を云ひ、横工とは河に突き出したものを云ふ。以下著者が富士川で試みた水制のなかから其の結果を例示しやう。

例一. 笛吹川筋に設けた並木杭式の水制である。之は前節に述べた高部護岸に設けた水制に相當するもので、其の他荒川導水堤、二川、稻積、下會根地

圖-106. 荒川導水堤横断面

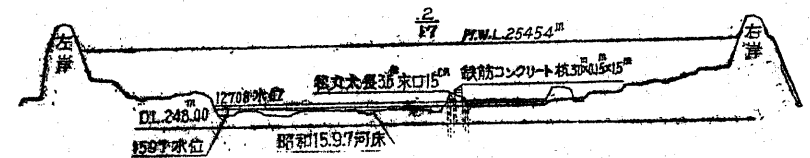


圖-107. 二川護岸横断面

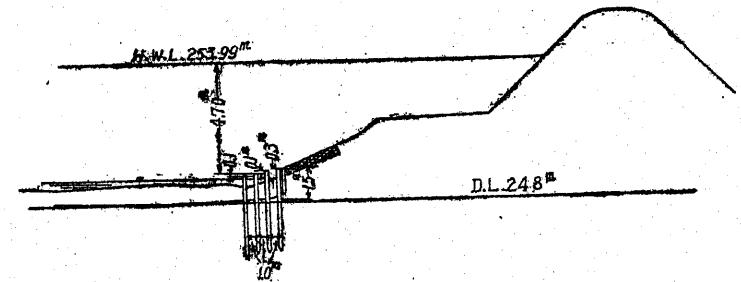
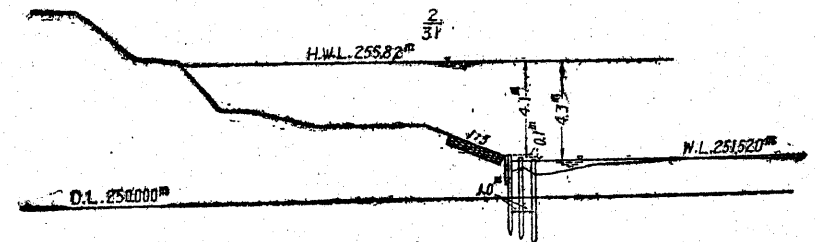
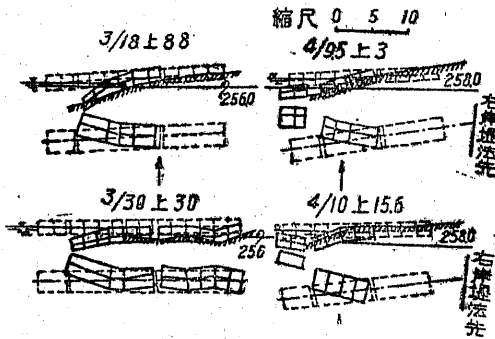


圖-108. 下會根護岸横断面



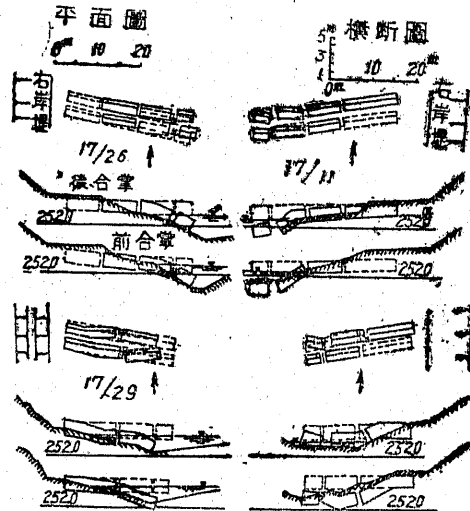
先に施工した。荒川導水堤の平面圖〔4, 2, 2〕参照)に見られる様に施工後の水流は豫期通りの流向をとつて居り、其の横斷形式は圖-106に見られる様に導水堤に沿ふて滯筋を保持することが出来たが、並杭水制はよく之に對抗することが出来て、極めて簡易な工法にかゝらず、十分目的を達してゐる。之は二川、下曾根に於ても同様な結果を示してゐる。

圖-109. 笛吹川合掌榦水制變形



例-2. 釜無川、釜無川筋に設けた合掌榦水制に就て見るに圖-109及び圖-110に示す如く、之が先端は著しく沈下して居り、深淺測量の結果に依れば、笛吹川の一例では圖-111の如く、滯筋は水制の先端附近を走つて居り、水制に依り多少は偏倚して居るが、直ちに元に還り、概して河岸に平行してゐる。此の合掌榦水制は在來の合掌榦とは異つて出来る限り部材の數を減じ、重籠も可及的に低く最少限度にして居る。水制は初めから沈下を豫想して延長 20 m とすれば、之を 8

圖-110. 釜無川筋合掌榦水制變形



m, 8m, 4m と云ふ様に絶縁して置いたので、沈下に際しても比較的自由であり、多くの場合先端の 4m は著しく傾斜し、押流され之が障害となつて深掘を來しては居るが、水制としての作用には別に著しい支障とはなつて居らず、大體に於て目的を達して居る。之は流水又は河床砂礫の移動に對する水制の抵抗が之等の運動を著しく攪亂するに至つて居ないことを示すものであつて、斯るものこそ十分水制の役割を爲してゐるものと云ふことが出来る。釜無川での例に依ると沈下よりも押し流されるか又は流出するものが多かつた。又斜流を受けた場合に水制の根部迄洗はれた所がある。流送砂礫で水制先端部から前方を埋没せられ、減水後は水制の中間部のみを水が流れると云ふ様な状態の所もあり、概して斯る亂流河州で移動砂礫量の著しい所では笛吹川に於けるもの程適切であるとは云へないのである。

例-3. 富士川下流静岡縣下に於ける合掌榦、聖牛並びに石造水制の昭和 10 年 9 月の出水前の狀況を示すと圖-112、圖-113、圖-114 の通りである。合掌榦水制は

圖-111. 釜無川筋合掌榦水制平面圖

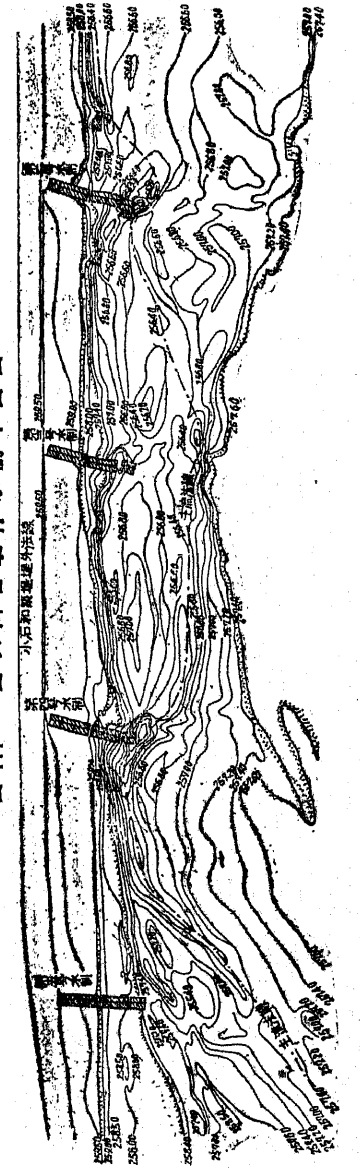


圖-112. 富士川下流合糞粹水制

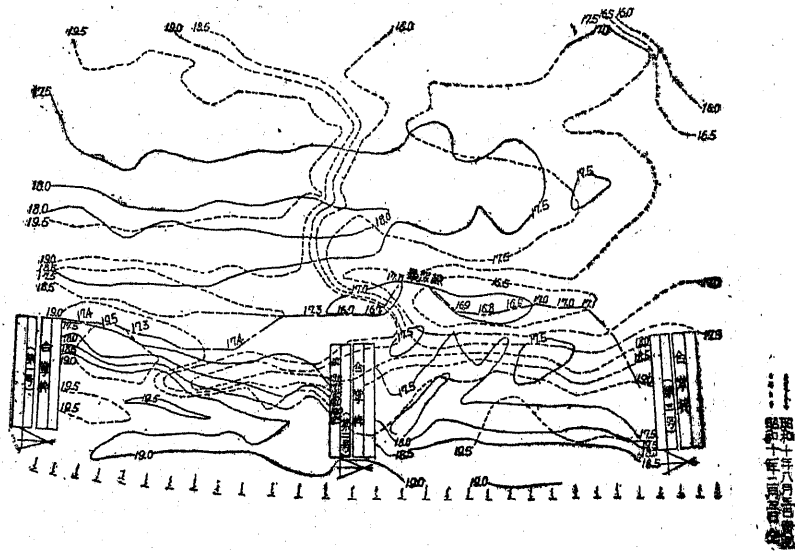


圖-113. 富士川下流聖牛水制

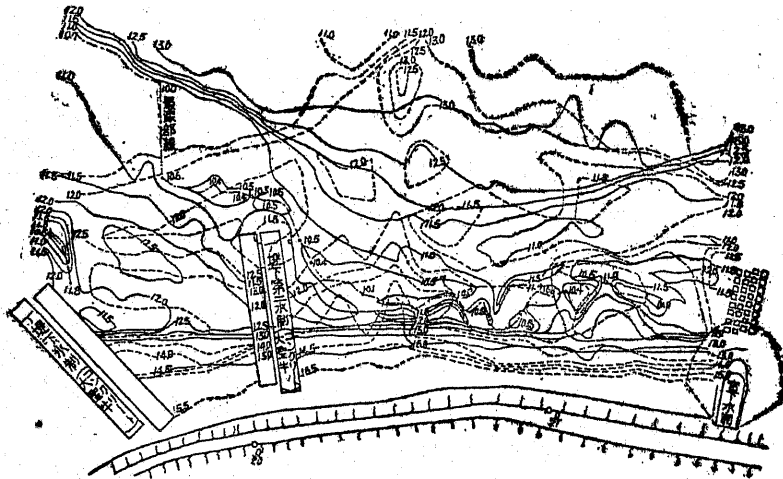
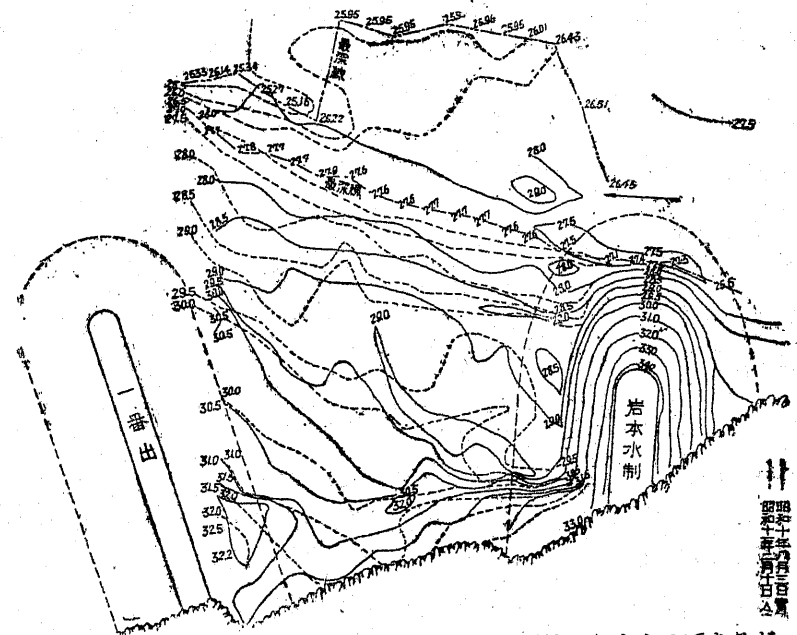


圖-114. 富士川下流石造水制



流水が比較的河岸に平行して流れてゐる部分に設けられたものであるが、田水の前後に甚しい變化を示してはゐない。水流は依然河岸に並行して居り、河床の狀況は寧ろ整然として來て居る。圖-113の上流側にあるものはコンクリート塊水制で、下流側にあるものは大聖牛を突出したものであるが、之は出水後の河床の狀況は全體として非常によくなつてゐる。尤も上流側の水制の背後には大きな深みを生じてゐるが、之は水制の構造に依るものである。此の個所は以前には上流側水制に流水が斜に衝り、下流側を不整ならしめて居たのであるが、此の斜流が上流に上り結果はよくなつた。その後上流側で此の水向を維持する様工作した結果は(圖-97 参照)引續き良好な結果が得られてゐる。圖-114は石張りの高水制であるが、深みの有様は以前とは相當異つてゐる。此れは水位の如何に依つて水制上下流の水の高が異ると共に、先端に於ける渦の發生は水

流を反轉せしめるのに、その方向が不安定であるものゝ様に考へられる。此處でも一般に水流が河岸に並行してゐる場合に水流の運動を餘りに阻害しない時には相當に河岸の安定に役立つてゐる。

例—4. 笛吹川の
上流に設けた縦工杭
出水制の一例であ
る。これは前述の日
の出町第三水制であ
るが、初めに合掌杵
水制を設けたところ、
合掌杵は著しく折損を
うけ、又或る部分では
却つてその根付まで流
堀され、元通り水流は
彎入する傾向を示した
ので、合掌杵の先端か
ら河岸に並行に三角

圖-115. 日の出町第三水制平面圖

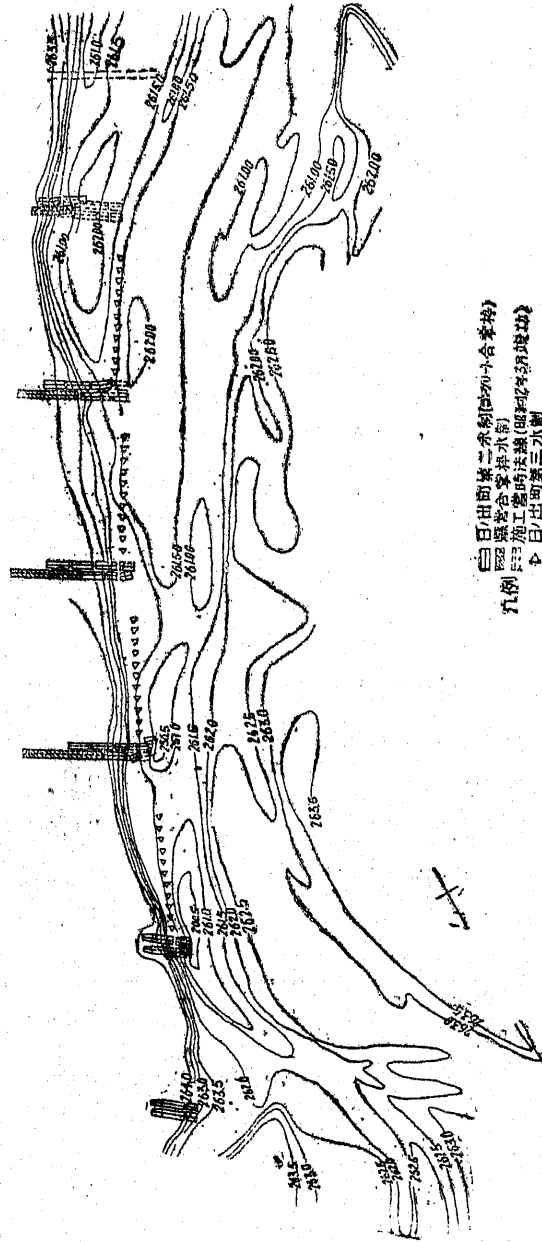


圖-116. 森島水制平面圖

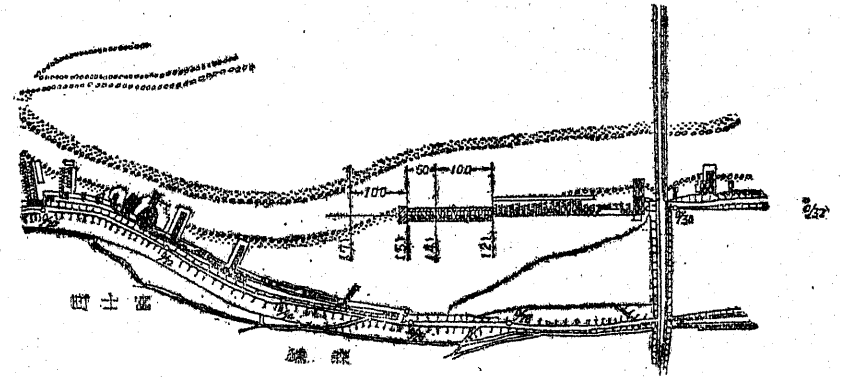
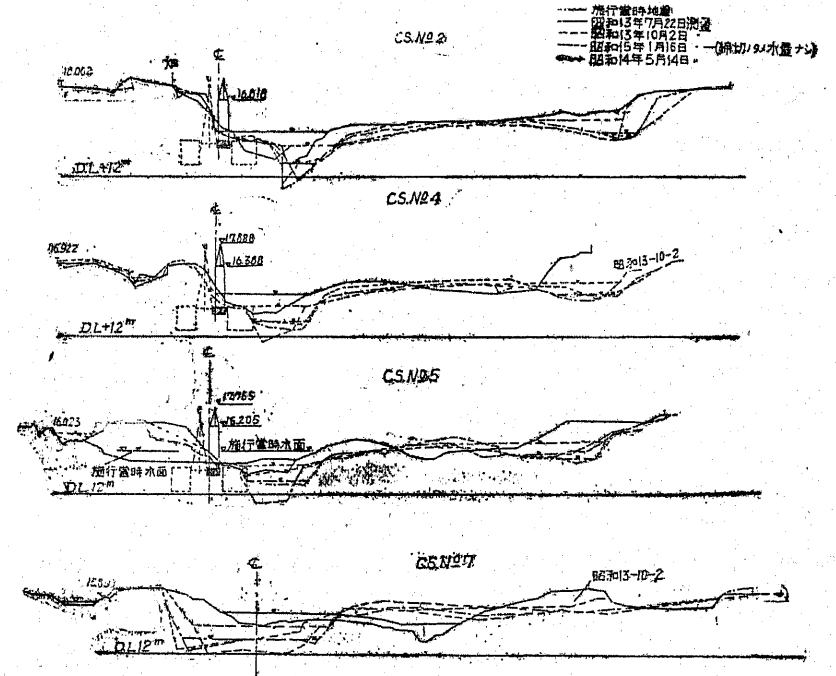


圖-117. 森島水制横斷圖



放出を設けたのである。

施工前後の状況は平面圖に示す通りで、未だ大出水には遭遇してはゐないが、屢々の出水の結果は杭田の前面に滞を生じ、杭田と河岸との間には一様に砂礫の堆積を見て居る。

例—5. 此れは富士川下流東海道線鐵道橋の下流左岸霞堤の先端に河成りに並行に設けた森島水制である。

此れは主滯筋を横斷して設けたものであるが、逐次の出水の結果は圖-117に示す如く、河裏側に著しく堆砂を見、豫想通りに導水の役目を果してゐる。唯滯筋が水制の前面を通るため相當洗掘を受け、出来るだけ低く設置した根固も多少沈下し、特にその先端では著しく、後に此れが補強を餘儀なくされたが、本來の目的には何等支障を來してゐない。此の場合施工以前の横斷面が僅かしかないのが遺憾であるが、大體に於て是れが状況を類推する事は出来る。

富士川上流に設けた之と同形の臼井河原、八幡の諸水制は未だ大出水には出會つてゐないが、之が現状からは略々上述の森島水制と同様な結果を將來してゐることが認められて居る。

〔5.3.4〕 結 論

以上述べた所を結論として要約すれば、

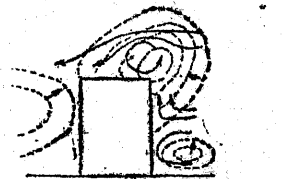
(1) 本邦に於て發達して來た所の護岸、水利工法は夫々の河川に於て、夫れに相應する形態を採つて來た。而して之れに對しては相當の計畫的の維持、修繕が行はれて來たのである。各種構造物の適正な配置方法が同時に考慮されてゐた。

(2) 在來の工法はその當時の得易い材料を以て巧みに組當てられて來たのである。新しい材料に對しては新しい形態が必要である。富士川の例によると、鐵筋コンクリート材組合せ構造を有する水制は激流に直面しては維持困難であつた。之れは構造上より大きな斷面を有する部材使用困難であると共

に鉄碇用として鐵線蛇籠を使用しなければならぬからである。之が被害の状況を見ると自體の沈下並に衝撃による部材と重籠の破損によるものが大部分である。部材組合せの場合、普通鐵線で結束するが、之が切斷されたのは使用10ヶ年餘り殆んどその例を見ない。

(3) 一般に流速が速ければ速い程、水制の水流に對する障害は大きいので、構造は流亡しない程度に簡單な方がよい。特殊な場合を除いては可及的に透過度は大きくすべきである。著者は新しい計畫を認むる場合に現場に簡單な模型を作つて豫備的試験を行つたのであるが、水制は不透過となる程その先端の洗掘は大となり下流水制裏側の堆砂は大きくなつた。此れは水制間に土砂を誘致する最も大きな原因は水制の不透過の部分による捲き込みに起因するものである。水制に直射した水流は此れに沿ふて横斷方向に走り、水制頭部では直流する水と衝突し、表面では縦斷方向に流下するが、河床近くでは横斷方向を取り、縦軸を持つ大きな渦を卷く。完全に水流を遮斷する場合には大體に於て水制頭部上流部を中心とし、水制の幅を半徑とする3/4圓内に洗掘を見るのであつて、圖-98上高砂第二水制の根固は之を標準としてゐる。此の洗掘が大きければ大きい程水制の裏側に卷込まれる土砂の量は多くなる。

圖-118. 水制頭部洗掘狀況



然し乍ら此の場合、吾々に必要なことは堤脚の洗掘されるのを防ぎ河床の不整となるのを避けるのであるから、水制の構造は此の目的に従ふ様組立てられなければならない。

(4) 一般に急流で河幅廣く、砂礫の移動の甚だしい場合には斜流を生ずることが多く、斯る場合には水制長さとその間隔を適當に定めることは極めて困難である。水制の方向、間隔の問題は水流が河岸に常に平行して流れる場合に

のみに考へられる問題である。斯かる場合は縦工とするか或は嵩くとも縦工と横工との組合せたものに依るべきで、経済的に成立つ組合せを考へなければならぬ。

圖-119 (1). 欠込み防止工法

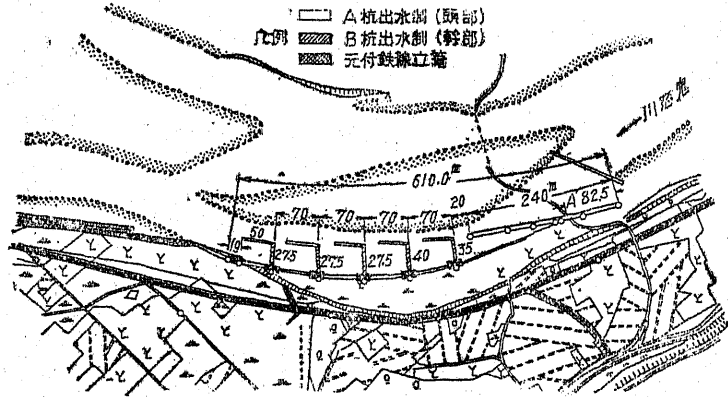
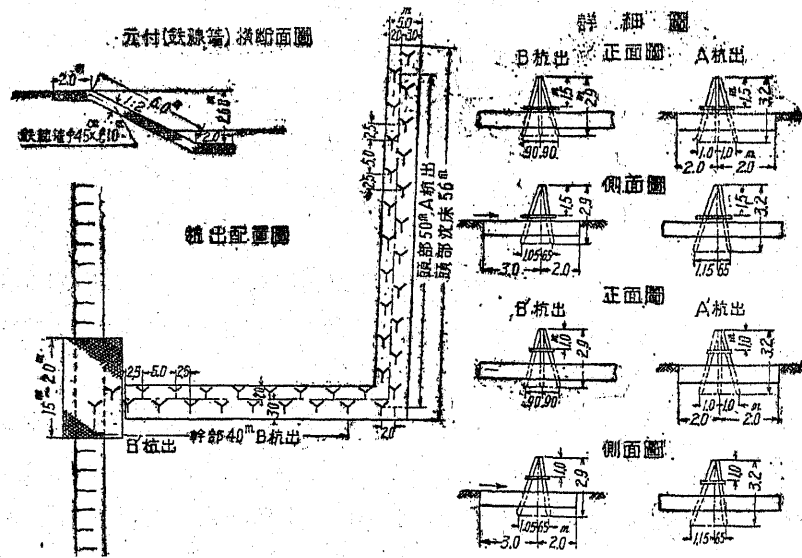


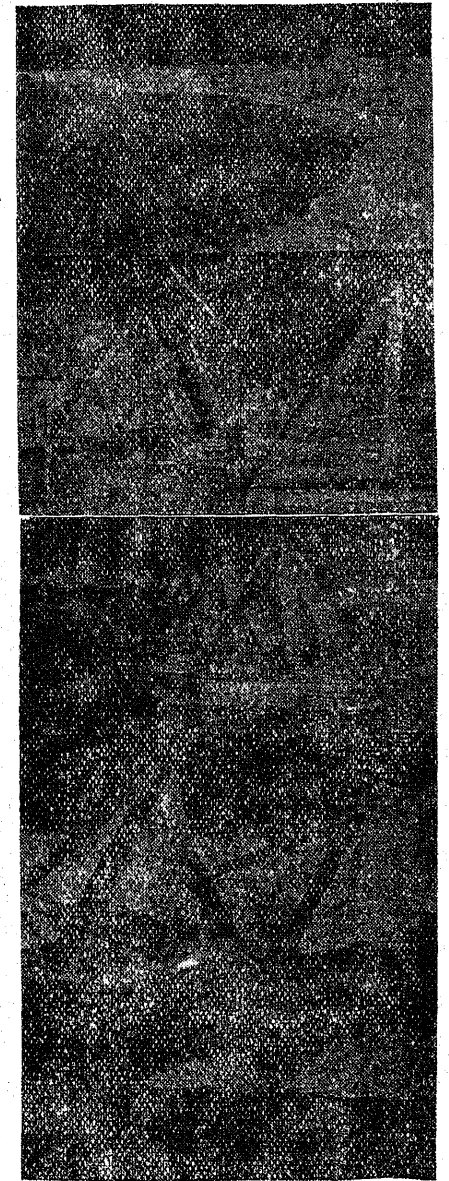
圖-119 (2). 欠込み防止工法



此の事は欠込み又は流路を變更せしめるが如き場合にも適用される。此の場合圖-120 の如く考へる事が出来るであらう。之は鬼怒川で著者の試みた一方法である。鬼怒川では十分杭を打込むことが出来なかつたので根固に粗朶沈床を用ひ、之に3本の丸太を打込んで頭部で結束した。笛吹川筋の日の出第三水制と同様なもので、此の場合も豫期の結果を納めてゐる。

派流締切の處置に就ては北米合衆國 California 州の Santa Clara 河に於ても同様な工法が用ひられてゐる。之は相當の急流であるが、河岸が欠込み道路が危険となつたので、此の派流を締切るために施行せられたもので、河成りに鐵筋コンクリートの六脚四面體、1脚の長さ16呎、12吋角のものを並列し互ひに鋼線で連結した。前面を掘られて多少前傾したものはあるが、よく裏側に洲をつけ、柳を蓋した結果もよく、十分目的を達

圖-120. 六脚四面體水制



したと云はれてゐる。著者の三角構は之と殆んど同形であるが別途に考察せられたもので、之は六脚共同形をとり自由に轉動しても差支へない様になつてゐる。

(5) 水制は水流を阻害する目的で造られるものであるから必ず之に伴ひ渦を生じ、水制設置個所では洗掘作用が行はれる。特別に堆砂を見なくとも、堤脚の洗掘を防げばよいといふ主旨から透過水制の用ひられるのも之に依るのである。水制設置個所で著しい洗掘を見るのは富士川下流で聖牛を數組づつ或る間隔を置いて設置したものが、其の上流側の一群で渦のために基礎の平石張が剝がれ、4組の内1組は流

亡し、1組は其の地點で沈下埋没せしめられ、他の2組はその場所で全く破壊せしめられた實例がある。又聖牛の一群を堤防の前面に並列せしめ、之を掘鑿土砂で埋戻して置いた所が、出水に際し、聖牛の互に頭尾

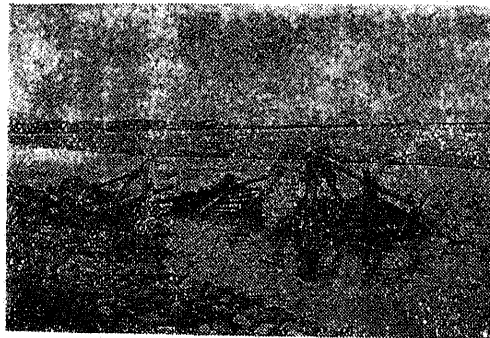


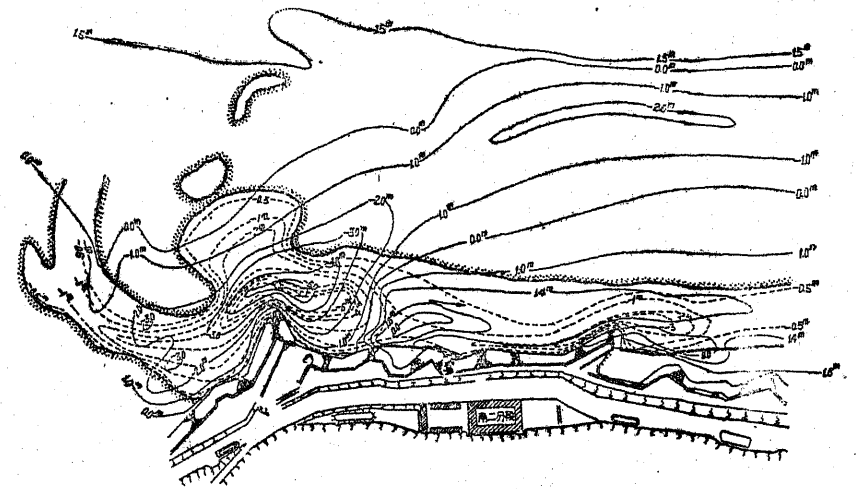
圖-121. 聖牛水制の破損

密接してゐるところでは別に異状はなかつたが、其の前後の空いてゐる部分では聖牛のある部分の土砂のみがえぐり取られて居たのである。

以前の木造水制なれば斯る段階に至らぬ内に流亡したに違ひない。水制を設置する場合には此の觀點からも考へねばならない。Mississippi 河の報告書に依れば Mississippi 河では河道を整正ならしめるのに水制に依るよりも寧ろ出來る限り護岸に依るべきであることを述べてゐる。水制の構造と其の目的に於いて十分考へねばならない。

(6) 不透過高水制は激流を受けた場合に水制の上下流側に著しい水位差を

圖-122. 黄河水制



生じ、先端附近に縦軸の渦を起し、流水を不安定にする。此の上流側の水位の高上は著しいもので、斯る場所の築堤高、護岸高に就ては十分な注意が肝要である。不透過高水制は水を剝ることは顯著であるが、水位に依り、方向に差異のあるのに注意すべきである。斯る水制を設けるのは特殊な個所に限られるであらう。

黄河下流には石出しの高水制が多いが、之が河床に及ぼす影響は圖-122 の通りである。黄河では非常に多く捨石を行つて之を護つて居る。

(7) 之を要するに護岸、水制の起原は杭出し又は杭柵に始り、杭木の打込めぬ場所ですが考案されたのである。出の棒が流勢又は河狀の如何に依つて各種の型式を生じて來た。新しい材料に對しては新しい型式が必ず考へらるべきである。其の型式は又河狀に相應したものでなければならない。河川の規模に従ひ、河成りを整正し、流水の疏通を十分ならしめる様に護岸、水制は目論まるべきものである。

河岸の法勾配に成るべく緩とする。緩とすれば法覆工は極めて軽度のもので足りる。著者は釜無川、笛吹川では 1:3~1:5 の勾配を用いたが、5割より緩な場合には其の儘で草が茂れば相當のところまで持ちこたへ得る。3割法として粗朶柵を搔くか又はコンクリートの枠を設け、砂利を其の間に捨てたものは大體に於て十分な結果を與へて居る。普通の場合石張は2割法より緩であると張るのに困難である。一般に練石張の場合石の大きさにより平均コンクリート厚さ 15~20 cm を用ひてゐるが其の必要はないと思はれる。寧ろ注意深く床捲を行ひ、石を張り、後から其の間隙にコンクリートを填充する方が好ましい。斯くすればコンクリート厚さは 15 cm 以下で十分である。著者は工事中屢々水害を受けたことがあるが大體に於て之で同様な目的を達することが出来るのを経験した。著者は法覆工を出来るだけ簡略とし、必要な場合には其の前面に枠を並列せしめて直接法面に激流を受けるのを避けた(圖-101 参照)。

法面が流水により剝脱されることは極めて稀である。普通は根方を洗掘され、崩落するのである。根方さへ十分なれば夫れだけで目的を達し得ることが多い。河床の餘りに移動しない場合、特に小河川等では根方に並杭を2~3列、法線に留意して打込むだけで目的を達することが出来る。著者は同様な目的で長 6.5~8.5 m の杭を用いたことがある。

更に必要な場合には根固工を設置する。根固工は可撓性に富むと共に、可及的に薄いものがよい。一般に斯る根固工の要求せられるところは流勢強く、河添の變動の著しい場合が多く、斯るときには敘上の要求に添ふには相當困難がある。粗朶沈床は薄くてよいが軽いので流勢が強いと流亡し易い。粗朶沈床は緩流河川に廣く用ひられて居る。急流になると木工沈床を用ひる。然し之等のものは相當厚さを有するため、河床の動き易い場合には其の先端に横軸を有する渦を生じ先端から沈下する。此のためには厚さを薄くして幅を廣くする要がある。嘗つて富士川で聖牛水制の先固めをして其の先端に設けた長さ 10 m、

幅 6 m の 5 層建の木工沈床は殆んど垂直に立つて了つたことがある。鬼怒川の downstream で粗朶沈床を布設し、之に杭を打ち通した水制を設けたことがあるが、出水後には沈床は不規則に沈下し、其の位置に在りながら杭木は殆んど抜けてしまつた。之は沈床があふられて震動し、杭木は之がためゆるんで流亡したものと考へられる。河床に於ける渦の發生は成るべく避けなければならない。Mississippi 河の護岸では次の様なことが云はれてゐる。

Mississippi 河に於ける護岸としては平均低水位線以上は石張又はコンクリート張とし、水中は下流地區では一般に粗朶沈床を用ひ、上流では木材沈床を用ひてゐる。之等の沈床は幅 200~250 呎で、河岸に碇着せられ、下流に向つて延長 500~3000 呎の長さに造られる。普通は桴の上で沈床を製作し、先端を河岸に碇着してから桴を漸次流心に向つて後退せしめながら、水中に下して行く。沈床の先端は河岸法尻を超え流心部の先迄達せしめる。其の後之等の沈床護岸は高價で更に壽命が短いので 1930 年頃からコンクリート塊を連結したものを使用した。之には大體 2 種類あつて、コンクリート塊の大きさ 6 呎×11 呎×4 吋 のものと 1 呎×4 呎×3 吋 のものが使用されたが、連結用の鋼線が腐蝕するために割合に耐久性がない。夫れで近年はアスファルト・マットが New Orleans 附近で試みられ、好結果を示してゐると云はれる。アスファルト・マットは桴の上で造られ、そのまま沈下せしめられるのであるが、一度に造る大きさは他のものと大體同様であり、現在の設備では幅 217.5 呎、長さ 575 呎迄の補修アスファルト・マットを作り得る様になつてゐる。マットの厚さは 2 吋で、補強材として 5/16 吋の吊下げ鋼索を 3 呎間隔に並べ、12 番線を熔接して 2×4 吋の鐵網を造つて挿入してゐる。之は單體であるため、造結材の腐蝕することもないし、及コンクリート塊の様に繼目から砂を吸ひ上げ、破損の原因となる様なこともない。此の薄く、可撓性に富んで居ることは護岸材料として理想的のものであると云はれてゐる。

河川の何れを問はず根固工は護岸、水制の根幹をなすものである。而も之は最も河狀に支配される。故人の工法は極めてよく之に相應して案出されてゐた。木工沈床に代るにコンクリート塊を以てしたものがあつた。厚さの1~1.5mに及ぶものは之があるがために更に沈下するものがあるであらう。著者は例へば幅10mの木工沈床に代るものとして、河岸から4mは在來の沈床を用ひ、其の先端に松丸太を三角又は四角に組み、之が錘として厚さ30~40cmのコンクリート版に之を碇着せしめ、1個の幅2mとして3個配列せしめたことがある(圖-102参照)。或る場所では出来るだけ深く之を設置するため、ドラッグ・ライン掘鑿機に依つて床掘りを行ひ、之は陸上で製作してドラッグ・ラインを利用して吊り下げ設置した。此の根固を深く設置することは非常に好ましいことである。富士川では矢張り又ドラッグ・ラインを利用して深く床掘を行ひ、護岸石張の土臺を低く布設し、根固としては適當の間隔にコンクリートの隔壁を設け、捨石を行つたことがある。新しい材料に對しては又新しい施工法も同時に考へねばならない。

著者の試みた工法は附近で得られる材料を主とし、河狀に應ずる様目論まれたもので、工費も特に高價とはなつてゐない。此の點では特に留意したもので、上述の如く最初に當つては相當高かついたものもあるが、護岸、水制の全體としては寧ろ在來のものよりは廉價になつてゐる。既設根固の上に大聖牛を配置した釜無川の上高砂水制は延長1m當り41圓を要してゐるが、鐵筋コンクリート三角構を用ひた同じく釜無川の常永水制は延長1m當り35圓になつてゐる。笛吹川に設けた並杭の護岸は法覆工から根固を含めて延長1m當り12圓程度である。更に施工法を機械化することに依り工費を低下せしめることが出来た。コンクリートは混合から締固迄機械化して品質を向上せしめると共に工費も低廉となり、床掘、布設の機械化は不安なく工事を進捗せしめることが出来た。

(8) (1)項にも述べた様に護岸、水制即ち河川に對し、嘗つては相當計畫的な維持修繕が行はれてゐたと云ふことは十分注意すべきことである。常に變移を見てゐる河川に對しては假令如何様な材料を用ひるとしても之が處置に就ては常時其の變化に注意してゐなければならない。計畫的な河川維持に就ての怠らざる準備を要求したい。

(9) 護岸、水制と河相との關係は極めて密接である。既往の實例から此の關聯性は十分見出すことが出来る。河狀の安定、不安定に對し無理を強ひぬ様計畫されなければならない。Manuals of Engineering Practice, No. 12—A. S. C. E. に河岸固定法として次の様なことが記述されてゐる。「河岸の固定せしめるには凹岸は護岸、凸岸は水制に依る方法がよい。尙此の他河岸缺所に於ける砂礫の性質、水路の断面、形狀又は工事施行河川の型式に依つて適當な工法を撰定すべきである」之は此の事實を指してゐるものと解すべきである。

〔6〕 河川工事に關する2,3の基本問題

〔6.1〕 河川水理學の基礎的概念

河川を構成してゐるところのものは流水と流水を限つてゐるところの土地とであり、此の間に勢力の均衡が保たれて、河川が成立つてゐる。夫れ故に河川の本質を把握するには流水と土地とを別々に考へては到底其の目的を達し得ぬのであつて、之れ等の問題を綜合一貫せしめることに依り、初めて河川を知ることが出来る。

著者は曩に可動河床模型實驗の基本條件を求めると當つて、流れの限界掃流力は底質の構成に關聯することを認め、實際河川に就て検討した結果、或る1個の流れに於て掃流力と河床抵抗力との間に一聯の關係ある場合には其の間に特異の變動を見ることの多いのを知つた。而も河川は其の流れると云ふことに