

第 3 編 結 論

前編に於ては、専らわが國の水制工法を各々類別して、これの起源及び改良の諸点、並びに古文書又は口傳によつて、その構材及び築設方法等を明にし、更に優秀な工法に就いて、知り得る範囲でその工法をその儘記述した。

然しながら読者のうち實地にその施工に臨み、これ等多くの工法の判別撰択に過誤のないようにするため、本章では、実験の結果を基として、これに批判を加え、且つ実施上有効であると信ずる方法を記述して、施工を誤まらないための指針とすることにした。しかしながら一河川でも、溪流部より河口に至る間は、その状態は千差万別であり、況んやこれを全國的に視るときは、なお多種多様に亘り、而も各地方色を有するものであるから、以下に記述するものだけで、強ち一般を律し得ない事は勿論であるが、理論上及び実験上による優劣適否の大綱を示して、取捨は施工者の判断に俟つ事にした。

護岸も水制も、共に水流を制御して、河岸又は川床を保護するのを目的とし、その工法は河川の状態、又は用材の関係、或いは地方の習慣等によつて千差万別であるので、工法の適否を一概に律し得ないとはいえ、原理と方針においては、嚴としてこれを守らないわけにはいかない。

今、河川に於ける護岸工事及び水制工の施設を、大觀して區別すれば、舟船の通航区域は、主として水制によつて、常水路の幅員を一定し、その水深を維持させるのが必要であつて、護岸は従として、航路の岸に偏する部分の保護、並びに水制の根部に用いるのを常とする。然るに船路の通航しない、上流部では、護岸を主とし、水制はその前庭部を保護する従屬物とするのが普通の方法である。

水制工は、平水を河心に向わせ、高水時は、これを越流させるものであるが、この工作物のために、川床に激動を興え、延ては深掘れを生じさせる事がなく、而も附近に土砂の沈澱を、誘致せしめるような構造を撰定するべきではない。又

護岸は、岸に沿って設置する工作物であるが、単に岸に沿って施設する、法覆工及び根固工のみでは、その目的を達しない事があるので、川身に突出して水制工を設け、それによつて水流を河心に向わせる要があるため、多くの場合、護岸前方に床固水制を設けるのを常とする。

河水を制するための要諦は、虎を手馴らして猫のようにするのにあり、已に猫のようになった上は、岸に激突する箇所もなく深潭を生ぜず、平々凡々たる水流となつてしまふであらう。水制及び護岸が良くその効果を現わしている改修河川において、多くはそのようなのを見ることができる。

なお急流河川で常願寺川・手取川のように、乱石移動の劇しいものに就ては操流原理に差はないが、構造強度等にて本論に継足を要することもあるだろうが、鷲尾、安藝の両氏はその達人である。

1. 水 制

水制は水流に対して、一つの障害を造つて、川床及び川岸を保護する、一方法であるのに止まり、流水を激しくさせるのはその目的ではない。然し現在はセメント及び鉄線等の出現によつて、漸次工法も革新せられ、施工が容易となつた結果、時折り著しく強固のものを造り、却つて出水に遭つて流掃せられ、その醜骸を河中に残すものが多いのは、誠に遺憾である。このために、水を激動せしめないように柔かく抵抗せしめ、又は数多の柔式水制によつて、一の目的を達せしめるよう留意して、水制工を、可成透過工として、低位に築設することが肝要である。

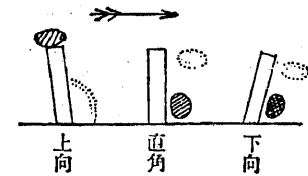
しかし一團の水制群でも、上流の水制は最も水当り強く、従つて破壊せられる事が多いから、この部分は特に低位に据付けるか、又は透水が多い構造として、各々均等に水流を受けさせて、その目的を達成するように努めるべきである。

水制工には横工と縦工（又は平行工）とがある。横工は水当りが強く、維持困難であるが、縦工は水当りが弱く、維持が容易であるから、これを巧に使用する

事が出来れば、最も理想的である。

水 制 の 角 度

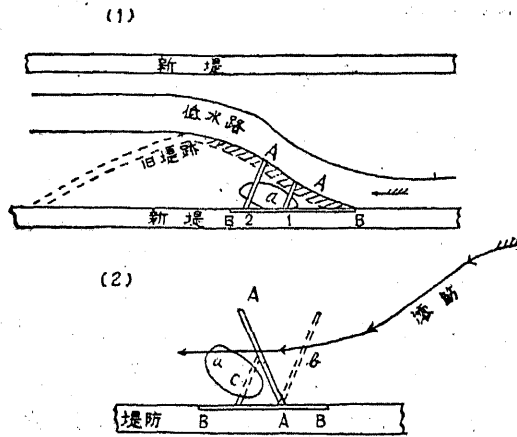
横工を突出させる角度は、川に直角とするもの、下向とするもの、及び上向きとするものがある。下向のものは、その上を越流する水のために、渦流を生じ易く、その爲に水制下手の根際に、大きな深堀れを生じ、往々堤防に危険を及ぼす事が多い。又直角の場合に於ては、これも亦水制下手の根際に深堀を生ずる事があるが、下向のように大きくない。而して上向の場合には、その下手に水制に沿つて一面に砂洲を生じ、且つ水制根際に多量に沈澱するので、効果は良好である。然しながら只水制の先を浸され易いから、これに頭部をつけるか、又は先端のみを直角或いは下向とし端で深堀を防止すればよい。



第158図 水制方向

しかし下向水制で、越水しない場合は、下手の水位は先端の水位と同高となるので、水制の根際で上・下の水位差が大となるのに反し、上向水制においては、既にその先端の水位が高いから差は極めて小さい。水位が次第に上り、水流が水制を越えるようになれば、下向のものは水制に直角に落ち込み、且つ落差が大であるから、根際の陰に大きな渦流を生じ、深堀の原因となり、土砂は離れた箇所に不規則に沈澱するのが常であるが、上向の場合には、落差は少く、その渦流は先端附近にのみ止まるので、根際に土砂を沈澱せしめる利がある。然しながら「杭出し」のように透過工では、渦流を生ずる事が殆んどないので、下向上向の差は少なく、いずれも水制下部に沈澱を誘うことが出来る。然し洪水時に塵芥がこれに懸つて透過を妨げば固体水制の働をするので矢張り上向とするのが安全である。このように横工は、上向の利のある事は一般に認める所で、実験上一般的には上向 15 度内外が適當の角度と信じている。

その例としては、河川改修に際して旧堤を除却する時に図中(1)のように旧



第 158 図 の 2

堤に AA の護岸がある時に、往々旧堤の下層土が残つて下向水制の作用をし、a の部分が掘れ込み新堤前脚が欠け込む事がある。これは旧堤を十分低く除却しなければ必ず起る現象である。利根川の川俣・利島・木間ヶ瀬その他に起り、又多摩川の六郷村古川にも起つた、他の改修工事にも多く起る現象である。旧堤を餘り低く掘撃する事が出来ない場合には、図中 1、2 のように上向床固水制を入れ、旧堤根部を出来るだけ低くすれば救治し得る。この事は引堤をする場合には先ず漏れなく起る事柄であるから、施工に当つて注意を要する点である。又同図 (2) のような場合、即ち滞筋の移行する衝点附近にある下向沈床 AA があればその下手の a 部に深淵を生じ、何年経過しても浅くならず困る事がある。この時は断然この AA を撤去し b のように改めるのがよい。若しこの事が不可能な事情であれば AA の上層石張を削いでこれに杭打をして杭を低水以上数尺とする。石が多く杭打不可能であれば C に杭出しをする、若し C 部の深さが深くなければ AA より高い牛類を置く。こうする時は必ず浅くなる。著者は利根川栗橋地先でこの困難に遭遇した。吉野川でもこのような事件があつて年來の病根であつたが、この筆法で救治することができた

昔から水制の目的でなされた高い石出し、籠出しの多くは下向に作られた。そ

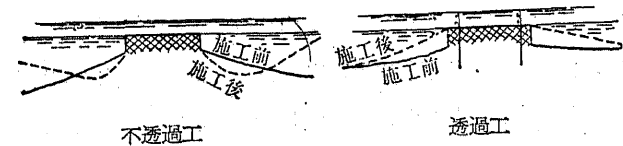
の爲にその付け根の下部を掘られると此所に沈床を入れ若くは捨石をして岸には石張をして固める習慣があるが、これは原因を矯正せず、無暗に枝葉を医するもので拙策の最たるものである。このような個所は断然この水制工を低下させ、これに杭打等の透過工を添加し、これに上図 (1) 中 1、2 のような床固水制を作れば BB の護岸は不必要となり維持は容易となる。この類の過誤も各所に見受けるものであるから改善したいものである。

水制の高さ

水制の高さは、水流を緩和し且つ沈澱を促す程度に止めれば充分で、洪水位の高くない河川に、大聖牛のように高いものを撰ぶのは不可である。

沈澱状態

水制築設後の、土砂の沈澱状態を観ると、水制の方向を同一とする場合でも、その構造により沈澱の状況は大に異なる。即ち大体に於ては、固体を形成して水流を堰止めるような構造は、水流に一の障害を興える爲に、激動を起し、水制の上



第 159 図 沈 澱 状 況

手に渦流を生じ、河底が洗掘せられる。そしてこの激動する水流が落込む爲、下手にも深堀を生じ、遂に水制を顛覆させるか、又は破損を來す事は、屢々発見する所である。然るに杭出し、聖牛、合掌棒等の透過工では、水流の一部を透過させるために、激動を起す事が少く、従つて渦流を生ずる事もない。その結果水制附近の上下流を洗掘されることもなく、反つてこの部に沈澱を生じ、水制自体も安固となる。故に水制は、可成透過工を用いて、巧に水流を利用する方法を講ずべきである。ただし急流河川に於て屢々設けられる、高さ洪水位に達する、越流を許さないような石出し、或いは曾て台湾楠梓仙溪に施工した水制などは、こ

の論外である。

水制を築設するに方つて注意すべきことは、十分に操流の原理を念頭に置いて設計を立てる事である。勾配 5000 分の 1 乃至 10000 分の 1 のような緩流部では、杭出しに柵を搔き付け、或いは簀ノ子を張り、或いは枝木を懸けるような工法を用いて、欠込みを防止し、5000 分の 1 乃至 2000 分の 1 勾配では、杭出し或いは粗朶工水制等を用い、且粗朶水制の上層は従来のような石張りを廃して、努めて 2 列の小杭を打ち、これに石詰をするような透過工に改めるべきものである。又沈床上に杭打をしてこれに鉄線を張り、或いは柳枝を挿すような工法は効果が多く且経済的である（第 53 図杭打上置工参照）。

また 2000 分の 1 乃至 1000 分の 1 及びそれ以上の急勾配部に於ては、合掌杵或いは聖牛、川倉、鳥脚等を用いるのがよい。そしてこれ等の水制において、その側部の深堀による沈下転倒を防止する爲には、粗朶沈床又は木工沈床、蛇籠等の基礎を設けるのがよい。

最近、鉄筋コンクリートの応用が極めて盛んとなつたので、合掌杵、聖牛或いは方格杵（木工沈床の別名）等の骨材もこれを鉄筋材に改正するには、その重量が大であるから沈定が好く、且著しく耐久的となるにも拘らず、その工費は木材丸太に比して、僅かに 3・4 割を増す程度に過ぎない。殊に方格床に於ては、その水面以下の部分は腐朽しないが、水面以上は腐朽し易く、且上部は絶えず水流の衝突と、出水時の砂石流下の爲に磨損が甚だしく、この部分の破損は延ては下部に及ぶから、上面より低水位以下 2 尺位迄の間は、鉄筋材を用いるのがよい。

牛杵類の頭角及び合掌杵の合掌木は、十分牛角を存して組立る事が緊要である。同一材料で最大の三角形を作るために、牛角を短くして結束するのは、畢竟牛水制の精神を没却するもので、いわゆる「角を矯めて牛を殺す」の弊に陥るものである。要するに牛杵では、重籠が水制の作用をするのではなく、実は合掌木が水制の作用をするものであるから、重籠は成べく低く扁平に並べ、杵の流失しない程度の分量に止め、水に激動を起させないことに留意すべきである。

聖牛その他牛類に就ての注意は、出水時に塵芥が杵材に引懸り、水を抱止めて

透水を妨げ、附近に深堀を生ずる事があるから、前合掌材若くはこれに類して水上に立てる組材は、これを傾斜させて、塵芥の引懸らない方法を講ずべきである。又例えば岸に沿つて 3 個並べたものを 1 組とし、これを飛び飛びに設置する場合には、3 個の内上流の 1 個は逆に置き、棟木尻を上流に向けて水当りを弱くする時は、水流第 1 の牛にのみ強く当らず、第 2 第 3 と平等に受け、沈下を防ぐことができ、又上流 1 個を幾分低くするのもよい。即ち上流のものは中聖牛或いは川倉・笈牛として、次のものを大聖牛或いは中聖牛とするようである。又鳥脚等の沈石脱漏を防ぐのに用いる成木は、餘り密にする時は透水を妨げるので、出来得るだけその数を少くするのが良い。なお重籠として用いる蛇籠又は詰石は、なるべく低く扁平に置くがよく、従来の重ね籠は水を激せしめるので不可である。（第 72, 79, 80, 92, 120, 134 図のように高く積重ねるのは不可である。扁平に成るべく一枚並べに置くべきである。第 131 図のようにする）

2. 護 岸

護岸は堤防又は河岸の蚕蝕を防止する爲に設けるもので、法覆工、法尻犬走工、及び根固工の 3 種があるが、なおこれのみではその目的を達成しないので、前面に床固水制を設けて附近を浅くし、且流水を河身に向わせる事が必要である。

護岸工を設けるに當つて注意すべきことは、従来の護岸位置を変更させるような施設は避けるべきである。即ち 1 箇所に護岸を施工したために、その下流部あるいは対岸に於て、従来水当りの強くなかつた個所に、新たに護岸の必要を生ずる場合が尠くなく、故に先ず 1 箇所に護岸工を施そうとすれば、その上下流及び対岸を顧みて、専ら築設箇所の水流を緩和するのに努めて、害を他所に及ぼさない工法を採用すべきである。仮りにひと度水当り場所に変化を生ずるような事があれば、直ちに下流全部にその影響を及ぼし、全く既設護岸の効用を失わさせるようになる。

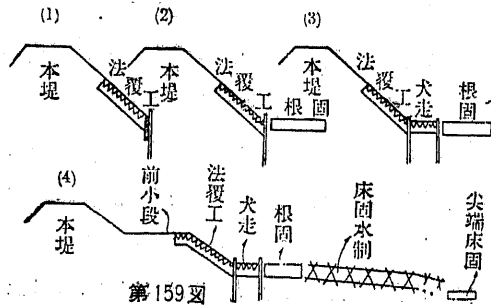
護岸工の止め 護岸は従来崩壊しない部分に迄取付けるのに止まつたが、護岸

工法面と岸の土砂又は雑草は、水流に対する抵抗状態を異にするので、多くの場合には、その下手に逆崩壊が進行するので、護岸下端部には止として、沈澱誘致に効果のある透過工、例えば牛類、合掌杵、並杭又は捨石等を施すのがよいとされている。

護岸工の生命は実に脚部の強弱如何にあり 法覆工としては、自ら破損する事は稀で、破損は専ら法止根固工の欠陥から起るものであるから、充分この点に注意を必要とする。若し工費の関係上から強て節約する場合には、先ず法長を減ずるか、若くは下部を丈夫にして上部を輕易にし、法止根固は充分にする事が緊要である。要するに法覆のような上部の工事は、後日に至つて修繕しても、又法長を延長しても、施工容易で工費は少額で足りるが、根固に於ては施工が困難で、多額の工費を要するからである。近年処々にて洪水面迄法一杯に、堅固な法覆工をするものがあるが、下部は兎に角上部は少し贅沢過ぎるようである。

堤脚としては、種々な工法があるが、

- (1) 法覆工の裾を深く入れること
- (2) 脚部に詰打杭、矢板打、捨石を行うこと
- (3) 法尻に石張、犬走、沈床、方格杵(木工沈床)、合掌杵等を設けること
- (4) 堤防に直接護岸せず、前小段を作り、これに護岸を施すこと
- (5) 前面に床固として、短水制を多数配置し、法尻を直接水流に当たらない事
- (6) 前諸法によつても、なお水勢の接近を防ぎ得ない場合は、水制を出し水流を河心に追い出すこと



等であつて、(6)の水制を設ける場合は、重要な個所に属し、これによつて護岸の前面を狭くし、水流を河心に向わしめるので、万全の策であり、寧ろ年々姑息な修繕を反覆施工するよりは、反つて工費の節約ができるものである。

法覆工、法尻工及び根固水制の構造で、その表面平滑に過ぎるものは、水の疏通が良好であるので流速が大となり、それによつて水流を導く傾向があるから、護岸工の目的に反する。故にこれ等の工法は、須らく水流に抵抗を興え、前面に沈澱を生ぜさせるような工法を採る必要がある。道路・鉄道等の擁壁は外観上表面を綺麗に平滑に仕上げるけれども、護岸工事ではこの方法を夢々模倣すべきでない、即ちコンクリート張護岸には、表面に植石して抵抗を興え、コンクリートブロックのようなものは、表面に凹凸をつけて、石張も表面は力めて野面の儘として、練積に於ける合端モルタルは表面迄施さない方がよい。然しながら若し渡船舟着場等のように、水深を保持する必要がある河岸では、以上の工法を反対に試みて水流を誘致し、土砂の沈澱を避ける方法を採るべきである。

前記のように、一般の護岸を摩擦式とする必要がある事を、極力記述した所以は、流水が土砂を運搬する力は圧力であつて、速度の2乗に正比例する爲である。即ち F を押送力、 C を常数、 d を押送される砂粒直径、 v を水の速度とすれば

$F = cd^2v^2$ 、 $d = cv^2$ の関係があるからである。今法覆工の種類によつて富永技師が利根川筋に於て調査した流速は次のようである。

各種護岸工前面の流速

護 岸 種 類	流 速	護 岸 種 類	流 速
並 杭	尺 2.32	石 張	2.11
コンクリート小塊単床	2.34	同	2.25

備考 大正11年(西曆1923年)6月25日観測鬼怒川筋大木地先岸より3乃至6尺前方、水位平均低水位以上4尺⁵⁸

護岸種類	実測流速(v) 尺	v_2	運搬力の比
柳籠柳枝工	1.48	2.190	1.00
石植コンクリート柳籠	1.74	3.028	1.38
割石張	2.20	4.840	2.21
コンクリート張	2.86	8.180	3.74

備考 大正12年(西暦1924年)6月25日利根川筋川俣鉄橋附近、岸より3乃至6尺前方、水位平均低水位以上4尺12

次に法尻根固工に於ては、中流以下には粗朶沈床は一般に成績が良好であつた。急流部では木工沈床、コンクリート方格床、或いはコンクリート単床類を用いるが、これ等は強制防禦の工法に属するから、將來これに適当な水流抵抗を興えるように改良を施し、前面の洗掘を防止する事が必要である。

前衛となるべき床固水制の工法に、木工沈床或いは石出し等を採用するのは、概してよくない。若しこれを採用する場合は、その方向及び高さに注意し、且つその表面を粗にする方法を講じなくてはいけない。例えば粗朶沈床の場合には、従來行つてきた上層石張を廢して杭打を行い、その頭部1・2尺を露出して、内部に少し許りの詰石を行うような考慮を必要とする。そして最も理想的な工法は、牛類粹類杭出しのような透過工で、要するにその目的は水制の陰に土砂の沈澱を誘致させて、水制自身も安定するようにする事である。

法 覆 工

石張 石張には玉石張と割石張とがあり、稀に切石或いは間知石を用いるものがあるが、これ等は特例と見てよいであろう。玉石張及び割石張は、むかしはかなり大塊のものを用いたが、その張力は割合に粗末であつたが、明治年間(西暦1868—1912年)に至つて、次第に小塊のものを用いるようになり、張方は漸次巧妙となつたが、現在では寧ろ退歩の状態を示している。割石張は表面に加工を施し、或いは表面合端の噛合せに手間を費すよりは、寧ろ内部諸所の噛合せを良好にする方がよい。元來石張は張石の厚さが左程大きくないので、専ら目潰しと裏

込との施工如何によつて安定するものであるから、噛合せ及び裏込を充分施工する時は、例え張石が1・2個脱出する事があつても、大破を生ずる憂はないものであり、なお脚部が洗掘され易い箇所は相当の根固工を要する。

いう迄もなく石張の強さは、裏込の厚さと目潰しの良否に係るので、むかしから築城の秘方として栗石は面1坪に6合乃至8合宛用いたようで、多年の経験の結果であるが如何に裏込を重要視したかを知るべきである。

投掛工(又は礫掛工) は玉石張の簡易な工法で、水当りの強くない箇所に適し、相当の耐久力があり、施工後次第に土砂は沈澱して雑草を生じ護岸の目的を達し得る。

コンクリート張及び植石コンクリート張 は平打とブロック張との2法があつて、石材の高い箇所に適する。平打は施工が迅速で安價であるが、平滑に過ぎるから植石等の工夫により、表面に適当な抵抗を興える事が必要である。これには厚さを減じて内部に鉄線を挿入する方法も良好である。

平打は施工に當つて適當の大きさに区切り、且表面に玉石又は小割石を半分出して植込むのがよい。そして本工のような高級な法覆工では特に脚部の施工に注意して、若し脚部において破損すると、裏土を洗い出されても外部から見えないから、知らぬ間に大孔を生ずる危険がある。

石詰コンクリート法粹工 本工は三重縣揖斐川に施工された工法で、一種の投懸工に属し、コンクリート柱材で、法面に粹を作り、その中に石を詰めるものである。工費の低廉、表面が粗である爲に水流抵抗が多く、且修繕が容易である利がある(第21図)。

ブロック張 は平打より幾分高價であるが、石張に於けるように、小破でさえ直ちに発見し得られる利がある。各ブロックは表面に凹凸をつけるか、又は礫を植込んで製作するのがよい。

コンクリートブロック単床 はブロック張の変形である。キュイラッス及び北海道42年式の構造は、2孔を明けた長方形のブロックを機械打ちとして製作し、これに亜鉛鍍鉄線を差通して編み、簾のようにして被覆するものである。施

工の際に裏土を洗い出されるのを防ぐ爲、裏込として砂利を敷き、なおその上に編んだ粗朶蓆を敷くのが良い。單床用鉄線の頂端は留杭に結び、又單床の最下部は重錘として大きなブロックを用いるが、脚部を洗掘されるに従つて、單床を自由に滑落させる爲には、寧ろ留杭を廃して、且ブロックの厚さを均一とする方がよいと信ずる。(第 25 図)。

コンクリート單床は、水深が大きくて別に根固工を施工し難い場所に、法と根固とを 1 枚で流し懸に施工し得る工法であるから、水深の大でない場所には、他の工法によるのがよい。そして本工の欠点は、ブロックを連繋する鉄線の腐蝕する事で、銅線は高價であるから望み難いが、最近独逸で含銅鍍鋼線を製出するに至つたので、將來これを國産で安價に求め得る時機が到來すれば、相当に普及するであろう。又本工は表面を粗にすることのできぬ欠点がある。これは杭出工を加えて深掘を防ぐべきである。米國大河川にはこのようなものが廣く行われている。

籠工には立籠及び柳籠(万年籠)があり、又立籠には竹蛇籠を用いるものと、鉄線蛇籠を用いるものがある。更に最近は扁平籠と称して、幅 4 尺厚 8 寸及び 1 尺の楕円形鉄線籠を用いるもの、或いは蒲團籠(床籠)を用いるもの等がある。立籠は施工に當つて、その裾を充分に深く入れなければ、脚部を洗掘される際に、懸垂して詰石脱出する虞がある。詰石は綺麗に表面を平に詰める習慣があるが、寧ろ石角を突出させるのが良い。

竹蛇籠は安價で 3・4 年は耐えるので、一時的な仮工事に適するが、鉄線籠は耐久力が普通は 10 年に及ぶから、近時その用途は頗る普及した。若し鍍に強い含銅鋼線が普及するようになれば、その用途は愈々廣大になるであろう。鉄線蛇籠の下面は、上面に比して腐蝕は速く、清流又は砂利川に於ては耐久力は大であるが、乾濕が交々に起る箇所及び泥土、植物質沈澱物のある所には耐久力は小さい。故に粘土等の場合には、少し砂利を撒布して、その上に蛇籠を置くのがよい。

蛇籠は前章に述べたように、2000 年以前に支那で考案され、1200 年前わ

が國に傳來してから、河川工事材料として、優秀であつた事は絮説を要しないが、その特徴は、附近に散在する玉石或いは屑石を使つて製作ができ、しかも良く水勢に抗して、表面抵抗も又多く、且布設が容易である等の特色がある爲に、將來もなお本工は、護岸水制工事に於ける覇者であることは疑いのない所である。

鉄線は亜鉛鍍に注意し、その太さは 8 番線以上を用いて、これより細いときは、破損が速く反つて不経済である。籠工は前記のように幾多の長所があるが、現在では鍍の欠点があるから、使用箇所に注意すべきである。尤も適当と思われるものは水面以上の法覆工及び各種応急工事等であつて、迅速と強度と経済とに於て見逃し得ない特色がある。

柳籠は、竹又は鉄線蛇籠と同様の編方であるが、施工に當つてその上部に土を掛け、柳を発芽させる相違がある。故にその施工の時期は春季として、且つ低水位以上 1 尺より下部には用いないのがよい。そして柳籠を施工する法面は 2 割よりも緩にして、又その裏土が砂質であるときは、水分が乾燥し夏期の發育に不良であるから、柳籠の最上部は低水位以上 6 尺を限度とするのがよい。そして籠に用いる柳の種類は頗る多く、乾濕に対して強弱があり、砂礫地に適と不適とがあり、丈が高く發育するものと横に茂生するものがあり、虫に犯され易いものと強いものがある。游水地堤防に波除として植栽するものには、丈高く發育するものを撰ぶべきである。そして柳枝は伐採の時期及び貯藏の方法によつて発芽に著しい差異があるので充分な調査を必要とする。

万年籠から発芽する柳枝は、1 年のうちに能く 4・5 尺の長さに達する。若しこれをその儘放置するときは、大株となつて、反つて結果が不良があるから、毎 3 年毎に刈取つて、その柳枝を粗朶材或いは籠材に利用するのが得策である。

柳枝工は柳籠より輕易な工法で、水当りの弱い箇所に適する。本工は 2 割乃至 3 割程度の法面に使用し、柳枝は秋季より春季迄の間に刈取つたものが適当で、注意事項は柳籠と同じである。

挿柳工その他 挿柳工は極めて簡単な工法である。又護岸脚部に杭打をして、これに柳枝で柵を搔く場合及び羽口粗朶として用いる事もあり、これ等は共に発

芽して水勢を殺ぎ、沈澱を誘致する効果が著大なものである。

敷粗朶柵搔工 は、堤防仮護岸又は波除けに適し、普通の粗朶を用いるのを常とするが、柳枝を交える時は発芽して耐久力が大きい。

柳栽植 以上述べた柳工の材料は、柳の小枝を切り河川敷中規定以上の幅員のある場所、又は游水地に栽植したものより刈取使用するのがよい。游水地は徒らに葦蘆の繁茂に任せるよりは、反つて有効に土地を利用し得るのであるから、河積に餘裕ある箇所には柳枝栽植は柳工の材料を自給する利益があり、大に推奨する価値があるものである。

根 固 工

根固工としては、法覆工の法先に幅3尺乃至10尺位の、犬走を付ける場合が多く、普通石張護岸には石張犬走を施工するのが常である。犬走の前面が浅いときは、杭打及び胴木だけでいいが、少し深い時は、詰打杭又は抗打詰石を用いる。そして石張犬走は、往々張石が脱出して法先の崩壊を來す憂があるから、急流部では適當の工法とは言い難く、寧ろ捨石とする方脚部の保護に有効である。犬走の施工法としては、裏込を厚くして、張石を太い部分を下向として表面を粗にした方がよい。

沈床 柴工沈床は急流部の外一般の河川に適する工法で、水触り良好で且屈撓性に富む良法であるが、欠点としては沈石が脱落すると共に連柴の結束を失い、粗朶の流失を來す事が往々あり、故に藁繩の代りに小株粗朶又は鉄線で結束する。第2編及び本編の粗朶沈床工を見られたい。

コンクリート張 は、適當の大きさに分割施工し、表面に石植をして、その前端を深するか或いは矢板を打込んで、深掘に備える必要がある。

コンクリートブロック は、捨石と同様法覆又は犬走の前端に置くものであるが、稀に犬走到に用いる事がある。この工法は石材の乏しい時、又は大石を得難い時に適し、犬走として施工する場合は、表面に凹凸を付けるか、据付の高さを異にするか、又は乱雑に並列するように留意する。

コンクリートブロック單床を用いるときは、方2尺厚5・6寸程度のブロックの4隅を鉄棒で繋いだものも適當である。

並杭 は、法覆工の法先に1列に打つ時と2・3列に打つ時とがある。又杭列の裏に詰石をする事があり、或いは杭列に柵搔、羽口粗朶或いは板張を行うときとがある。又杭木に鉄線を張つて杉皮を当て、或いは亜鉛鍍線を張る工法等があるが、孰れも裏土を流出せしめない用意が肝要である。

矢板工 には、木材と鉄筋コンクリート材と鉄材とがある。鉄矢板は高價なので普通の河岸には用いないが、船着場或いは地盤が特に不良な場所で、堤防の下部を通じて堤内に滲透水がある場合などに用いられる。鉄筋矢板は單に矢板を打詰とする場合及び親杭に腹起を付けて、鉄筋板を打込み又は当てる方法等があるが、これ等は孰れも高價であるから、特殊の箇所以外には施工されていない。

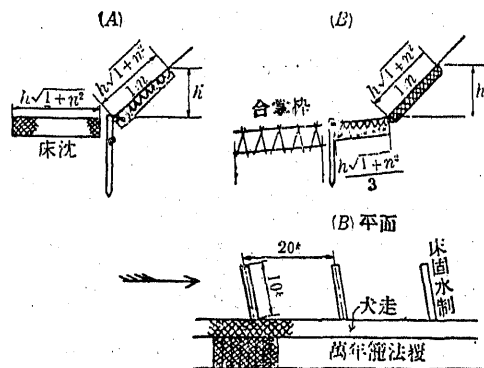
牛類及び柵類 以上の工法は、單に護岸前脚に來る水流を防ぐのみの対症療法的工法であるが、牛類は水流を寄せつけずに沈澱を促し、水流を自然に遠ざける原因療法的工法である。本工沈床のようなものは寧ろ防禦一方の方式に属するものといひ得る。

牛類は從來岸に沿つて点々と据付けるか、或いは水制として数組を突出させたが、寧ろ以上の方法の外、護岸に平行して設置するのは、能く前面に土砂を沈澱させて、且つ水勢を平均に受けるから破損を免れ、法尻保護の效を奏する事が大きい。

方格床 木工沈床の方格材を鉄筋材に改めた改良木床は、一名方格床ともいう。その詰石の上面は柵材と同高にせず、何れか一方を高くし、又急流部で沈石に方塊を用いる場合には、方塊を方格材より高くし、方塊の間に詰める玉石を低位に置き、或いはブロックの上面に石植をして、方格材の磨滅を防ぎ、兼て平滑を破る方法を講ずる。

牛類には聖牛のように大きなものから、出雲結のようなものに至る間の種々の型式がある。何れも水制と防禦に兼ね、沈澱誘致に效あるものとして、最も進歩した工法に属する。

ダルマ籠は、溪流部では材料が経済で、善く護岸根部を保護し得るとはいえ、注意すべきは前掘に備える爲に充分深く据付け、且据付に際して正しく配列するのは、反つて深掘を生ずる恐れがあるから凹凸及び出入をつけるように留意すべきである。



第160図 護岸比較

以上に記したように普通の根固工を用いても、なお水流の激突と深掘れを防ぎ得ない場所があるときは、根固の前方に水制を設けて水流を河心に偏寄せせる。要するに只根固工にのみ重きを置き、数万金を費してこれの保護に苦慮するよりは、寧ろ水制を設ける方が、経済的で且安全な場所が多いものであるから、比較研究の上実施すべきである。水制工には杭出し、沈床出し(ケレップ)方格床出し、籠出し、連続合掌枠出し各種牛枠出し等種々な工法があるが、なるべく透過工を用いるのがよい。

富永技師が利根川で、護岸法長丈の幅の根固沈床を有する石張護岸(A)と、万年籠法覆工の前にその法長の3分の1の幅の石張犬走を附けて、且その前方に合掌枠の水制を用いるもの(B)とに付いて、その工費を比較したのに、水制の長さを10間とし間隔を20間とすれば、Bの工費はAの3分の2以内で足りる事がわかつた。

3. 捨石と除石工

捨石の施工は極めて簡単であり、その効果の大きいために、護岸の根固及び床止水制並びに河床の深掘箇所に施工せられ、又堤防欠止として急施する場合に適する。石の大きさは、流速に応じて加減して、大約重量10貫目乃至5・60貫目のものが尤も普通である。それ以上大塊を要する場合にはコンクリート塊による方が便利である。

除石工は前編に述べた所であり良法であるから、適地には推奨するのに憚らない(第2編除石工参照)。

4. 羽 口 類

萱羽口は緩流部に於ける「土出し」又は堤防の水当りの部分を保護する工法であるが、一時的施設に過ぎない。

粗梁羽口は緩流河川又は小川の護岸に適し、やや耐久性はあるが、地方によってはこれを燃料として盗用するものがあるので、往々護岸の破壊を來す事が稀でない。故に粗梁材の豊富でない地方、若くは巡視の行届かない所では考慮を要する。

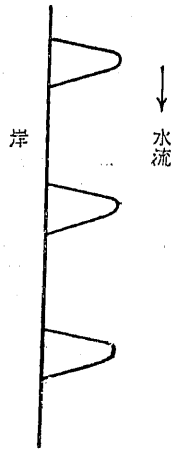
5. 出 し 類

小石出し及び萱出し

小石出しはむかしから九州地方に於てのみ多く行われた工法であるが、砂川又は小川水制に適するので、緩流部では砕出しの代用として施工するものもよいであろう。

萱出しは現今餘り行われない工法であるが、緩流河川に於ては一時的の仮工事には経済的なものである。

石出し



第161図

練積石出し

石出しはその基礎に沈枠或いは木床等を用い、最も堅牢な水制であるが、その上面に張石を施して平滑とする爲に、反つて水制附近に深掘れを生ずる虞がある。その施工に当つては、上面をして可成水流に抵抗を興える方法を探る必要がある。例えば石張は野面の儘張込み目地を引込めるように、若しくは柴工水制の石張上層を廃して、杭打上置等に改めるようである。100 吨以上の石が流下する急流河川では、練積の石出しも止むを得ないもので、この時は図のような形とするのがよい。加藤清正の造つた球磨川の出しは、この類で長年月保持した。これは下向水刎ねの利と上向水

制の利を兼備する良工法であるからである。憾むらくは水制に用い難く單に根固め用に止まる工法である。

籠出し

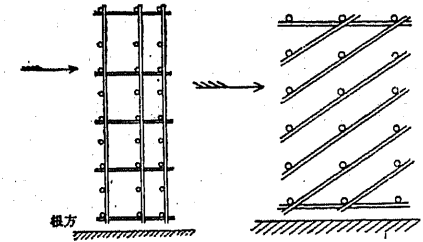
籠出しは最も便利な水制工で、むかしから各所に沈く施工せられ、現在でも亦用途は頗る廣汎である。即ちその用材である蛇籠は、籠材の抗張力を利用して、詰石の集團を造つた、巧妙極まるもので、河川工事の上に極めて優良な材料で、牛類の沈圧材及び立籠又は急流箇所の締切工捨石代用、応急工事等として、必要欠く可らざることは勿論、本工籠出しではその形状及び大小に応じて、自由に作製し得られる特徴を有する。故に小さい水制においては、蛇籠2本並べから、大なるものに至つては、大籠出しのような構造として、充分に水制の目的を達成させる事が出来る。その耐久力を増加させる爲に、仮工事の外は竹籠の代りに鉄線

籠を用いるのが良い。

杭出し

杭出しは河川の中流以下に適する水制で、河川工法中に特記すべき優秀工法である。故に將來は益々これを賞

用すべきことは勿論のこと、河川の状況に応じて、更に多くの改良を加えて、緩流河川の水制として、万能のものたらしめる事を要する。即ち現今においては、その主材を鉄筋コンクリ



第162図
杭出し(平面)

第163図
杭出し(平面)

ト材に代え、或いは杭の根に粗梁沈床又は蛇籠或いは包柴を穿たしめて、或いは水勢に応じ、杭間に鉄線又は鉄網を粗に或は密に張り、或いは竹柵を搔き、又は竹簧を当てて、沈澱を誘致する方法を講ずる等、種々の工風を凝らし、いよいよ本工は改良普及される機運に向つている。

もとより杭出しは、透過水制の鼻祖ともいふべきもので、水通しが良好であるのでその突出の方向は上向或いは下向のいずれかとしても、渦流を生ずる事がないので、土砂の沈澱が普遍的に行われる利がある。

杭出しを数列に設ける場合は、各列の間隔を水流の緩急に応じて加減する。即ち第1列と第2列との間はこれを廣くし、第2・第3の間は接近させて、以下次第に接近させるときは、水流を均等に受けさせる利がある。又第1列は杭の間隔を大きくするのも一法である。なおその先端になつても間隔を疎にし、且低く打込むのが良いとされ、即ち水勢の強く当る箇所は、巧にこれを避けて水制の作用を完うするにある。

次に梁掛杭出しに於ける梁木は、從來普通の川に直角に、各材共同高に取付けられたけれども、塵芥の多く流出する河川には梁を一段に止め、且水流と平行の方向として、もしこれのみでは杭の安定がよくなく、補強を必要とする場合には、水

流を河心に向わせるように、斜めに取付けるのがよい。

立竹及び網代出し

立竹は砂川に於ける一時的の水制で、流路に滯筋を設けるような場合に適する。舟が河底膠着するのを浮ばせる際にも用いられる。

網代出しは古來から緩流河川に用いられたが、その上部の構材に不用のものが多いため、良好な工法とは言えない。

6. 改良出し類

石詰杭出し

杭出しはむかしから最も優秀な工法として傳わり、水流の緩急及び水深の大小に応じて、杭木（或いは鉄筋柱材）の長さ及び粗密の程度を、自由に加減し得る利点がある。然しながらむかしからの工法は基礎工を有しなかつた爲に、長大のものが尠なく、概ね長2・30間を超えなかつた。然し最近になつて、杭の根に蛇籠或いは粗朶沈床又は單床或いは包柴を穿たせて、長大な水制を築設するに至つた。即ち石詰杭出し工はこの一種で、粗朶沈床又は單床を基礎とし、これに2列又は3列に杭を打ち、内部に低く割石を詰めたものである。而してこれに柳枝を挿し、或いは鉄線を張つて、土砂の沈澱を促進する方法を採り、又杭の断面を三角形として試みたもの等、いずれも優秀な成績を挙げている。

これ等の工法は利根川改修工事に汎く使用され又岩手、神奈川、新潟縣等に於ても施工せられ、勾配2000分の1乃至5000分の1の箇所にも最も適當する。（第2編出し類及び改良出し類参照）。

7. 籠類

蛇籠

蛇籠はむかしから優秀な工事用材として推奨せられ、護岸・水制の工事に必須であるが、その用材は（竹及び粗朶）腐朽し易いので、一時的な施設であるのを免れないが、最近では亜鉛鍍鉄線を用いて、種々な形の籠を製作し得るに至つたので、いよいよ用途は廣汎となり、今や鉄線籠と鉄筋材とコンクリートを用いてすれば、あらゆる工法を築設し得る観があるに至つた。

但し鉄線は海水又は酸類の流出する河川に於ては、耐久力が尠ないのを欠点とするから、最近ではこれに対し含銅鉄線籠又はアスファルト塗布を工夫するものがある。その他の事は前段に屢々述べたようである。

鉄線籠の用途は廣汎でその利害も亦様々であるが、破堤口の締切及び激流深掘箇所への押えには捨石だけでは効力が少いから、牛杵と共に最上の工法であるといふ。

扁平籠

立籠として法覆を用いる場合は円形の必要はなく、流勢に応じて厚さを増減すべきである。即ち台湾の河川に施した楕円形断面のもの、或いは群馬縣に於て施工した扁平籠の如きものは最も經濟的である。利根川小支川薄根川に使用した扁平籠は厚1尺のものは8番線、厚8寸のものは10番線を用い龜甲目に編み、長さ1尺毎に釣線を入れて厚さを保たせたものである。

利根川改修で施工したものは、蛇籠を多少扁平に用い、籠間も多少間隙を置き、この間に砂利を詰めて布設した。

8. 柵類

竹柵・杭柵・粗朶柵等の柵の工法は、簡單なので応用は頗る多いから、標準工法の一として有用なものである。施工地に於て供給し易い材料を撰び、竹柵・杭柵・粗朶柵・板柵等の工法を採用する。然しながら砂利川では杭打不可能であるから、水深の大でない箇所はむかしから使用している尺木垣、尺木牛の工法を採るのも一法であろう。（第2編柵類及び牛類参照）。

9. 牛 類

牛類は出雲結・猪の子及び杵のような原始形から発達し、現在に於ては鉄筋材聖牛のように、堅牢なものが重用されるに至り、ここに一大進歩を示した。而して現在においてはなお用水堰及び仮締切等に牛杵等を用い、各地方によつては全然鳥脚のみを施工する慣例の河川があり、更に安定の宜しい菱牛を賞用するものがあるとはいえ、聖牛は牛類中の代表的工法として大に推奨すべきものである。

牛 杵 及 び 菱 牛

牛杵及び菱牛は用水堰或いは仮締切等の軽易な場所に適し、これを連続して使用するのがよく、又牛杵を粗架沈床に組込むときは安定がよいので、これも亦良工法である。而して本工は普通軽工法であつて強固でないので、2列に配置する方が有利であり、又急流部の締切工事に於てはこれを沈杵内に組込むのが有利である。

出 雲 結 及 び 猪 子

出雲結は極めて原始的な工法であるが、砂川に於ける急水止として相当の効果を挙げているから、据方に熟練するときは経済的な軽工法であると思われる。

猪ノ子は前編に記述したように、牛杵或いは出雲結と共にむかしから発達して来た工法であつて、現在に於ては小粒の玉石を用いるから、箕猪子の形状に変遷しなお籠を鉄線網に代え、棟木の長4間半迄の大形を製作するに至つたので、相当廣汎に行われる良法である。

川 倉 及 び 聖 牛

川倉は小形聖牛と構形はほぼ同一なので、相当急流の一般河川に応用しても効

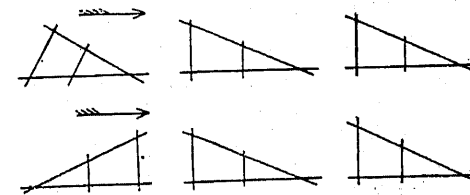
果があり、聖牛敷組を設置する場合に、その最上流に川倉を据付けるときは聖牛の前衛として妙効がある。

聖牛は牛類中最も優秀な工法で、むかしから改良に改良を重ね、現在に於ては鉄及びセメントの応用が自在になるのに従つて更に著しく改良せられ、頗る耐久な構造となつた。

聖牛には中聖牛より、大聖牛、大川聖牛、大々聖牛等大規模の構造があるので、河川の状況に応じこれを巧に應用出来るということは、水制工法としても白眉のものであろう。

鉄筋材聖牛及び鉄材聖牛

聖牛の組材を鉄筋コンクリート柱又は古軌條或いは型钢等を用い、沈重として鉄線蛇籠を用いる時は耐久力は大きい。



第164図 聖牛据方

鉄筋材聖牛は、大正9年（西暦1920年）創めて富士川改修工事に試みて好成绩を収め、引続き同川及びその他の河川に施工するに至つたもので、最初の構造はむかしから富士川下流部で施工して来た形状に稽つたが、流木等の爲に前合掌材の折損するものがあつたので、丸太材と鉄筋材との弾力性の差異に鑑み、これに丸太の添木を施し、或いは垂直である前合掌材に傾斜を興えて水当りを減少させ、或いは敷組据付の場合、上流のものを逆に据付けて、水当りを敷組に均等にせし、また最近改良したものには前立木3本を1本とし、且つ前合掌材を傾斜させ、なお棟木に約平行に前及び中の合掌材を繋ぐ力木を増加し、力学的に不合理のないようにし変更を加え、頗る理想的な構形を具えるに至つた。

鉄材聖牛は急流部に於て大転石の流下する場合でも、合掌材等を折損する虞の

ない特長を有するから、鉄材の廉價な時、或いは古軌條を多数に有する場合は、これを製作するのは有利である。

鳥 脚

鳥脚は越中國（富山県）の河川で創案せられ、次で越後（新潟県）信濃（長野県）及び越前（石川県）の河川に傳えられた工法で、同地方に於ては習慣上、専らこの工法のみで、水流を制して來た爲に、勢い水勢の緩急に応ずるように、根引籠或いは鐵籠でよく流勢に対抗させ、強て他の工法を採用する必要のない迄に発達した。

而して今なお常願寺川庄川等は大玉石が豊富なので、重籠による他の工法を必要しない状態であるが、やがて大玉石の乏しい時代に遭遇したならば、茲に他の工法を撰択する必要があるようになるだろう。

鳥脚の特色は肋木数本を組み、その内に大玉石を詰めた箕猪子のようなものであるから、平時に水深が大であつても投入に適し、なお高さが低いので高水位の低い河川にも適し、もし激流部である時は根引籠で加減し得る利点がある。しかしながら大玉石に乏しい河川では他の工法が便利とされる。

菱 牛

菱牛は合掌木の長さ3間以下の小規模のもので、その高さも高くないので、洪水位の低い川の水制に適し、棚牛或いは聖牛を必要としない程度の箇所を用いる。そしてその底面は方形で安定がよいので、河床の変動が著しい砂利川等に効果がある。最近群馬縣に於て改良せられた方形牛は、前面及び後面に立木各1本を（河身寄り）増し以て合掌木を補強すると共に、適当な方向に荒水を切り、これに反撥させ、かつ棚面に斜材を加えて、水流の衝激によつて生ずる応力を、各構材均等に分布させる工夫で、河底の変動が劇しい河川には適当な工法である。（前編改良牛類参照）

尺 木 牛

尺木牛は菱牛を施工すべき場所よりやや緩流の砂利川に適し、現在は殆んどこれを施工するものがないとはいえ、これ等の工法は最も輕易な連続体で、相当に水制の目的を達し得るから、その用材を鉄線蛇籠及び鉄筋材として、水流に応じて2列乃至3列に据付けるときには相當に効果があるものと思う。

（前篇牛類参照）

棚 牛

棚牛は連続体の牛であつて、砂利川に施工する優秀な工法に属する。本工はその底部が洗掘されるに従つて河底に没するから、愈々安定はよくなり、下流部に沈澱を生じ、川成を変化させる。本工は亦その主材の材質と組方とを改良し、且つ鉄線蛇籠を用いるときは最も良好な工法として推奨することができる。しかし最近改良棚牛或いは鞍掛棚牛と称し、不透水構形として施工するものがあるが、これ等は蛇籠を鞍掛に積載して、牛角を没し透水を遮るから、棚牛の精神を没却するの甚だしいものであつて、寧ろ改悪であり、第98図中の2小図のようになればよい。

片 牛

片牛は砂利床の小川に適する工法で、地方色を有するものであるが、安價な工法であるから、これに改良を加えて小川の水制として用途を廣汎にする必要がある。

10. 枿 類

枿の原始形は片枿及び沈枿で、これを水中に沈設する爲に、枿蓋を附けて詰石の脱出を防いだものを楯枿といい、枿の安定を保たせる爲、側面に傾斜を興えた

ものを鳥居枠及び弁慶枠という。而してこれを水制に用いる爲には、安定のよい三稜形の連続体とし、且つその頂部を牛頭に於ける牛角のように水制作用を営ませる目的で、ここに合掌枠を案出したもので、現在では沈枠、楯枠、鳥居枠、弁慶枠及び合掌枠等が賞用せられ、特に合掌枠の如きは、著しく改良せられ、長大な水制に応用されるに至つた。

沈 枠

沈枠は急流部砂利川の護岸根固、床固水制、又は水制頂部根固或いは仮締切工事等に適し、なお水制の基礎として施工する場合が多い。而してその大きさは河川の状態に応じて、大々枠・大枠・中枠・小枠等を撰定して、なおこの外註文枠と称するものもあるので任意の大きさに築造することが出来る。本工は急流河川の床固水制として好成績を挙げ、常願寺川及び神通川に於ては大枠・中枠を用いて好結果を収めつつある。

楯 枠

楯枠は水中に沈設するものであつて、その用途が多く、水制工の根固等に使用して効果がある。静岡県に於ては、河川の状態に応じて、その大きさを加減するため、2枠続或いは3枠続の続枠として使用し成績は良好である。

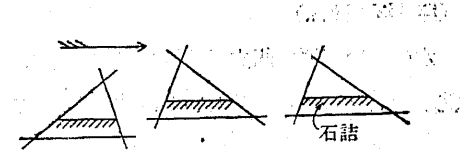
鳥居枠及び弁慶枠

鳥居枠及び弁慶枠は鞏固な構造で、護岸根固として適当である。又水制として使用する事があるが、透水作用がなく水流を遮断し水を跳らせるので、寧ろ合掌枠を用いて2列又は3列に配置する方が有効である。

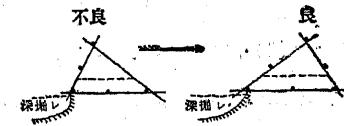
合 掌 枠

合掌枠は牛と枠との各特長を兼ねた、最も改良された工法で、安定もよく透水的で、砂利川又は砂川の水制に適する。而してむかしは概ね1列として短小な水

制を築設したが、最近これを連続体として2列乃至3列に布設するに至り、急流部でも長大な水制を築設するのに適するに至つた。かなり水の深い箇所でも軽便で廉價に施工し得る利点がある。



合掌枠の立成木は餘り密にするべきではなく、なお急流部に於ては全然立成木を廃して骨組のみとし、こ



第165図 合掌枠据方

れに金網を張付け、又詰石は流失を防ぐに足る程度に減じて、低く扁平に置き、務めて透水し易いようにする。仮りに1列では効ないとはいえ、詰石を高くし又は構形を改め或いは用材を頑強とする事を避け、2列又は3列として築設するのがよい。このようにするとき、水勢を2分し或いは3分するから、激流を生ずる事がなく、水制自体も亦安全で且沈澱の状況は良好であろう。

そして施工に當つて注意すべき事は、2列又は3列に設置するとき、その上手のものは水当り強く、且塵芥が多くこれに懸り、破損し易いから、最上列のものを少し低く据付けるか又は成木の密度を粗として、各列均等に働かせる事が必要である。又枠は河心に向つて相当の勾配を與えて低下させ、且つ尖端部数組は切離して自由に沈下させるのがよい。

又合掌枠の敷成木の代りに鉄網を骨材に編み付けたものは耐久力が餘り大でないが、急流部に適し、且つ安價で施工が迅速な利点がある。

なお合掌枠の構形は、従来水流の爲に勢い下流に傾斜させられるのを慮つて、上流に傾け鈍角に組んだが、実験の結果は、反つて上手の脚部を洗掘せられ、上流に顛倒する傾向が多いので、寧ろ下流を鈍角とし鋭角を上手に向けるのがよい。このようにすれば塵芥の引懸る事も少く、上流側が多少掘れても枠が顛倒する事はない。又普通合掌本の組方は、桁木に直角とするのを常としたが、これを水流に対し少し斜に組立てるときは、抵抗均分となり一層好果があるとされている。

(第 162 図参照)

水の無い河原で組立てる場合には聖牛と異ならないが、水の深い時は、聖牛は沈設石詰共に困難は甚しいが、合掌枠は施工が大に楽である。

佐五衛門枠及び石詰佐五右衛門枠

佐五衛門枠は、1種の固体堰を形成するので、水刎ねの目的で作られ、流速が餘り強くない部分に施工される。本工は宮城縣に於て多く使用し、好結果を収めているが、未だ廣く普及するに至つてない。

本枠は地方的に多少は施工せられたが、他に成績佳良の枠がある今日、餘り顧みる價値のないものであろう。

11. 改良枠類

改良楯枠及び改良小口楯枠

本工は静岡縣に於て施工したものであつて、続枠に蓋を付け、2枠続、3枠続及び4枠続等、現場に応じて自由に加減し得るものである。その蓋成木は枠の長手に平行に取付けるものと、小口枠と称して枠の長手に直角とするものである。後者の方が幾分なりとも不平滑であるからよいであろう(前篇枠類参照)。

改良合掌枠

合掌枠を変形して種々の目的に適合するようにしたもの、合掌片法枠、合掌両法枠、片合掌枠、両法枠、片法枠等がある。

その内前三者は合掌木で頂部に牛角を存し、水流を軟かに制するから、沈澱誘致に利点がある。片法枠及び両法枠は截頭形で恰も鳥居枠に等しいものであるから、根固工としてなれば兎も角、水制として使用するには注意を要する。

水制として各種合掌枠を使用する場合の注意要項は、「合掌枠」の題下に詳述したから見られたい。

籠合掌枠

明治年間(西曆1868—1912年)の中葉に施工した籠合掌枠は、立成木を腐して蛇籠を並べ、その内に玉石を詰込んだ工法で、濁水面上に施設する場合に好都合である。故に釜無川等のように平時は概ね水面上に築設する場所に於てはこの工法を適当と認め、従前に施工されたものであるが、普通の合掌枠に蛇籠を入れた迄で別に特色があるとは思えない。(第 133, 134 図参照)

12. 粗朶沈床工

粗朶工は明治8年(西曆1875年)以降、内務省が和蘭人工師に、河川工事を施工させたときに、同國の工法を移入して、水制及び護岸に使用したのを嚆矢とする。然しながら本邦に於ては、既にこれより以前に、独特の粗朶工を施工した事がある。即ち寛政・享和年間(西曆1790—1800年)北上川下流に於て、伊達藩の施設による水制(突出し)に、これを使用したものであつて、その組方は概ね和蘭工法と同じであつたようである。

而して和蘭工法である粗朶工の創設当時は、恰も明治維新直後であつて、盛んに欧米の文物に心酔した爲に、本邦のむかしからの優秀な工法も、全く顧みられず、只々新奇を衒つたようである。故にその施設した粗朶工の如きものも、中流以下に於ては効果を収めたが水流の緩急を究めずに、廣く各地の大河にこれを応用し、且高さ及び方向等も千遍一律で、別に改良を企てられたものがなかつた結果、優良な工法であつたにも拘わらず、往々失敗に陥り、特に急流部に於ては、屢々破損流失の厄を蒙るものがあるに至つた。然るに大正時代(西曆1912年以降)に入つて、本邦固有の旧慣工法に長所のあるのを回顧憧憬するようになり、茲に再び徳川幕府時代の牛類等の工法に逆転し、更にこれに現代の材料と、構造強弱の理論とを加えて、構形を改良し、和蘭の粗朶工と相俟つて、河川水制護岸工に大きな効果を挙げる機運に向つた。

粗架沈床工は、これを基礎として使用する場合は、概ね中流以下の河川に適する工法で、強てこれを急流部に使用するには、特許沈床のように沈圧材を移動しない大石、若くはコンクリート塊、又は鉄線蛇籠等とする方法を講ずる必要がある。

粗架工を用いたケレップ水制は、殆んど頭部を付け、中には往々幹部に数本の頭部を連絡した、長大の平行工（縦工）があるが、これ等の水制間では滞筋の附くのを防ぐには効果があるが、到底土砂の堆積をうながす事は困難で、所々に深堀を生じ、廳て沈床破損を來す例が極めて多い。

又ケレップ水制の頭部、若くは数個の幹部を連繋した平行工は、河水がこれに沿つて流れるが、横工のような破損を見る事は少ないので、横工のある河川には成るべくその頭を連続するのがよいとされる。なおこれを保護するため、平行工を所々に瘤出を設ければ更によくなくなるであろう。又横工間に土砂を流入させるため、横工頭部の少し下手の縦工を明けて置くべきである。

沈 床 工

沈床工は幾多の美点を有して、廣く使用せられるが、その欠点は連柴を結束する二子繩、及び上下柴格を連繋する三子繩の腐朽によつて結束を失い、遂に沈床全体の破損を招く事が多くあり、故に近時はこれを腐朽に強い、棕梠繩若くは亞鉛鍍鉄線に改めたものが多い。而して沈床は元來屈撓性を有し、河底の洗堀するに従つて、これに応じて沈下するのを常とするが、その沈圧材である玉石、割石、或いはコンクリート方塊は、上表柵搔きの内部に詰めるから、傾斜すると共に沈石が脱落し、延て柴工部本体の流失を來す事が往々ある。故に少しでも急流の河川に於ては、沈石の表面に金網を張るか、蛇籠で沈圧するか、又は鉄棒で方塊又は石を繋ぐかの方法を探るのがよい。

北上川等に多く使用する牛付沈床は、用途によつては成績佳良であるが、方格付粗架沈床は採用に慎重の注意を要する（第 136 図）。沈床沈下後の目潰しには砂を用いるのが普通である。地方により切込砂利を用いるが、充分内部迄填充し

得ない憾がある（前篇粗架沈床工の注意書を参照）。

単 床 工

単床は沈床の上部に柴格を除いた構造で、沈床の簡易安直なものである。本工は河底の変化が少い箇所又は比較的浅い所の水制又は根固水叩等に適し、又杭出しの基礎として沈床代用に杭根に穿たせるときに重宝である。

扇 状 工

扇状工は緩流部に於ける水制の根付又は先端等に用いる工法であるが、現在は餘り行われないので、自然その組方も忘却された觀がある（組方は前出、詳解した）。

上 覆 工

上覆工とはケレップ水制の表面を仕上げる工法の総称で、幹部は上層工と称して玉石又は割石を扇平孤状に張り、頭部並行工の部は、上置工と称して玉石又は割石を並べて置く程度である。然しその上層工のように石張を施工するときは、1種の固体堰を形成し、そのために水流は激して渦を生ずるので、水制に接した上下流側に深堀れを生じ、目的である土砂の沈澱は、反つて下流の遠い所に出現するので、水制の破損が多い。故に上層した沈床工の水制には、餘り信頼をするのはよくなく、常にこの種の水制がある箇所には上層上に2列又は3列に杭を打つのが良いとされる。而して流勢の状況によつてこれに鉄線を張るのもよく、又上層工が破損して沈床のみの場合には、杭列間に捨石を行う程度に、玉石又は割石を薄く詰めて置くのがよいとされる。このようにすれば必ず水制間には、旧に倍して土砂が沈澱し、雷に沈床の破損を來さないのみでなく、水制によつて航路の匡正も期し得るのである（杭打上置の項を参照。前篇改良出し類）。

包 柴 工

包柴工は簡単な蛇籠とも見做されるもので、中流以下では、堤脚又は河岸に深

掘れを生じたときに、任意の太き長さに造つて投入して、これを防止し得る至便簡易な工法である。本工応用の1種としては、これに枝付の樹木を鉄線で結び付け、浮遊させるときは、水流に対し極めて軽く抵抗するから、徐々に沈澱を來すものである。又杭出しの杭の根に穿たしめて、蛇籠の代用とする事もあり、その他の用法は大略蛇籠と大同小異で、欧米には蛇籠がないので専らこれを用いている。

13. 改良床工

木工沈床、屈撓式木工沈床及び菱形木床

従来急流部の護岸根固工及び水制の基礎には、木工沈床を使用する事が多かったが、本工はよく水流に抗する利点があるが、その欠点は方格材の腐朽或いは一部分沈下の際に詰石脱出して流失する事、及び屈撓が比較的自由にない事等にある。然るに方格材を鉄筋コンクリート柱材に改めるか、又は低水面以下1・2尺より上部を鉄筋コンクリート材に改め、なお詰石の上表面に鉄網を被覆するに於ては、耐久を増し又沈石脱出の虞がないであろう。又その沈床材も割石の代りに方塊を用い、且上面に石植して水流の抵抗を増す方法を講ずる時は將に「鬼に金棒」である。

屈撓式木工沈床は屈撓性に乏しい木工沈床の欠点を補完するために案出されたもので、奈良縣吉野川に於て多く使用された。

菱形木工沈床は、これも亦木床を可動的に改良したもので、方格材を菱形に組み合せ、平面の形状は河心に短く岸に長い梯形を採つた。最近群馬縣赤谷川等に施工せられ成績は良好である（前篇改良床工参照）。

鉄筋材方格床及び改良木床

富士川改修工事に於て使用した鉄筋材方格床は、15 纏角の鉄筋柱材で方格材とし、これを径19 耗の丸軟鋼で繋ぎ、4 層建又は5 層建とし、敷成材は10 纏角

の鉄筋柱を用い、この内に玉石を詰め、その上置として方75 纏高50 纏の植石付コンクリートブロックを置く工法で、耐久性は特に大きい。

又改良木床は鉄筋材と木材丸太とを混用する木工沈床であり、そして方格材数層の内その上部は乾燥が交つて腐朽し易いので、これを鉄筋材に改めたものであり、鉄筋材は15 纏角、又丸太は末口15 纏を用い、径19 耗の丸鋼で繋ぎ、皆折釘で末口9 纏の敷成木を打付け、重量15 疋以上の玉石を詰め、上置として方70 纏高30 纏のコンクリート方塊を1 格間に4 個積載するものである。（前篇改良木床参照）。

上置用ブロックは上面に植石をして、且その高さは方格材の上面より十分に高くして、方格材の摩滅を防ぎ、兼て上表面の平滑を破る事とし、佳良の効果を収めつつある。ある縣の砂利砂の流下が多い川では、摩滅して鉄筋露出した例があり。このような場合には上表面柱材はセメントを多く用い、且つ被覆を厚くするか又は栗材を用いる、牛杵も又同じである。

岡山縣に於て大正15年（西曆1926年）に考案施工した井籠型コンクリート沈床と称するのは、1組の大きき方9尺厚3尺の方格床で、5寸角の鉄筋方格材を縦横各3層に組み、ボルトで繋ぎ末口2・3寸の松丸太を敷成木として、この内に径8寸以上の大玉石を詰めたものである。この工法は河床岩盤の急流部に床止水制として用いたものである。ボルト締は固過ぎるから鉄棒を用いて折曲げて置く。

連石床

連石床は砂防工事を施工するような、谿流又は水流激突する急流箇所に適し、水面上に露出する部分と雖も、木工のように腐朽しないから、護岸根固及び床固水制として有利である。

本工は各轉石間の空隙が多いので、一枚では往々失敗に終るので二層に重ねるのがよいとされている。

そして大転石の乏しい場所においては、コンクリートブロックを連繋使用する

のが便利であるとする。鳥取縣に於ては方2尺厚1尺5寸のブロックを造り、横に径8分5寸の鉄棒を通じて繋ぎ、この鉄棒をブロック2個間隔に径8分5寸の鉄棒で、縦に繋いだものを使用した。又富士川に於ては2米立方体のコンクリートブロックを用い、径25号の鉄棒2條を生込み、且附着強度を高める爲に、内部に於て一回転曲付け、又この鉄棒を連結するのに水流に平行に周6纏のワイアロープを用い、そしてブロックの上面には植石を施した。

コンクリートブロック単床

本工は護岸法覆工にも、根固工にも使用し得る工法である。元來石又は煉瓦に鉄線を通して蓆のように製作する方法はピラ氏の考案であるので本工の創案者もピラを推してよいが、その後種々改良せられ米國・佛國及びわが國に於ては北村式或いは北海道42年式等の様式がある。北村式或いは山梨・長野・鳥取等に施工するものは大塊のブロックで根固工に適する。

キュラッス又は北海道石狩川式工法は、小形の方塊を用いたもので、法覆及び根固を1枚連続で施工するのに適する。これ等の工法は河岸又は堤腹の法切及び床堀を丁寧に行う必要がなく、これを1枚連続で流し懸けに施設し得る利点があるが、表面が平滑になるのを避けるために、成るべく各塊の高を異にするか又は凹凸を付けるのがよいとする。なお前篇改良床工の項を見られたい。

そしてこの工法は、ブロックに通じた鉄線の上端を杭木に結び付けることが多いとはいえ、河底の洗堀によつて単床沈下する場合に於ては、自由に垂下し得るのがよいとされているから、これを杭に結束しない方がよい。又本工は鉄線で編成するから幾何にても最延長のものを作り得る、沈設に先だつて裏土の洗い出されないように敷砂利及び編んだ粗雑筵を敷くのがよい。

14. 牛付又は疣付方塊工及びそれと

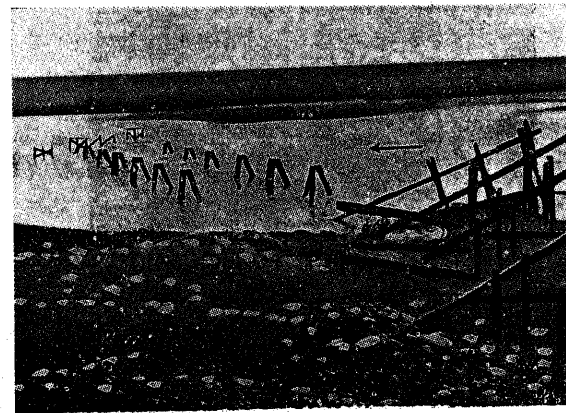
聖牛との組合せ工等最近の趨勢

写真57~60のように、牛棹の流失を防ぐために大方塊に牛を植付け、これを並列して水制を作るときは、静岡縣内富士川のような急流で高水量多い難治河川の水制に適當である。なおこれに聖牛列を配するときは、土砂の沈澱に有利である。これ等は悉く透過工の精神を生かし、経験により、強大な河水の掃蕩力に抗するように安藝技師の工夫したもので、概してその結果は良好である。

15. 沈 樹 工

沈樹工は鈍流河川に於て松或いは柳枝に重錘を付けて水中に浮遊させ、水流に軽い抵抗を興えて、沈澱を誘致する工法で、利根川に於ては専ら柳枝を用い、朝鮮総督府(旧)に於ては朝鮮松を使用した。

本工は施工が極めて輕易で安價であるから、ある種の水制工を築設するに當つて、その準備作業として先ず現地を浅めにして置く時等に便利である。利根川に於てはケレップ水制頭部の深所に沈めたが、河底に根付いて繁茂せるものも多く、又沈設した包柴に鉄線で結束し、水流の儘に浮遊するものを設けて、沈澱を



写真第57 杭打水制

富士川改修 静岡縣田子浦村五貫島

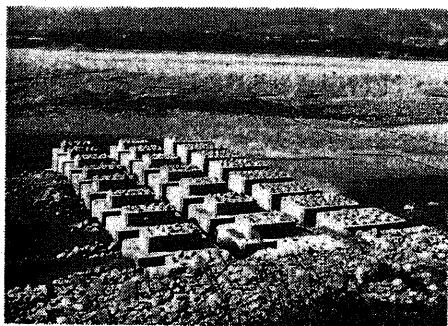
木材の杭出で、方向は下向45°、頂点の間隔は5米、高さは根部に於て計画高水位以下2.5米、先端にて3米下りである。杭の頂点はボルト締めとし、頂点より2.8米下に布木をボルトにて取付ける。



写真第 58 合掌拵付コンクリートブロック水制（護岸前衛の平行工）

富士川改修 静岡県加島村森島

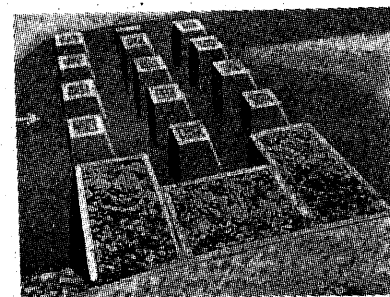
長 4 米、幅 3 米、高 2.5 米のブロック上に、鉄筋コンクリート合掌を取付けたもの 30 個を並べ、その後方にコンクリート大聖牛 16 組を並列したもので、根固は五層建の改良木床を布設した。



写真第 59 コンクリートブロック水制

富士川改修 静岡県岩松村船場

上流側第一列ブロックは長 3 米、幅高 2 米のもの 9 個第二列は長 3 米、幅 2.4 米、高 1.9~1.5 米のブロック上に長 2 米、幅 1.4 米、厚 50 ㎝の疣を添加せるもの 8 個、第三列は長 3 米、幅 1 米、厚 50 ㎝の疣を添えたもの 9 個を、各 1 米間隔に配列したものである。築設後昭和 11 年 9 月及び 10 月（西暦 1937 年）両度の洪水を受けたが殆んど異動しなかつた。



写真第 60 鉄筋コンクリートブロック水制

富士川改修 静岡県富士川町木島

コンクリートブロックを三列に並べ、根部に於て計画高水位以下 2.5 米これより 1/20 勾配にて漸次低下する。根固は五層建改良木床にして、上流側幅 10 米、長 26 米、頭部幅 10 米、長 12 米、下流側は幅 8 米、長 26 米である。

取付石張は練張にして計画高水位高に施工する。

促しつつある。又朝鮮総督府（旧）に於ては水制工施設の準備作業として、蛇籠に 1 本或いは 2 本の松樹を結んで頭部は自由に浮遊させ、なお葉付の松樹で牛枠のように三稜形を組み、蛇籠を錘りとしてこれを浮遊させたところ、よく水行を変更させ、岸の崩壊を防ぎ、沈澱土にて土地を回復する効果が顯著であつたという。故に本工は中流以下の部分の深所に設ける水制工の準備として、先ずこれで浅くし、床拵をするのに最も適当なもので、沈澱を生ぜしめる仮設工として最たるものである。（前篇沈樹工参照）

附言. 1 護岸水制には跡埋及び掘鑿

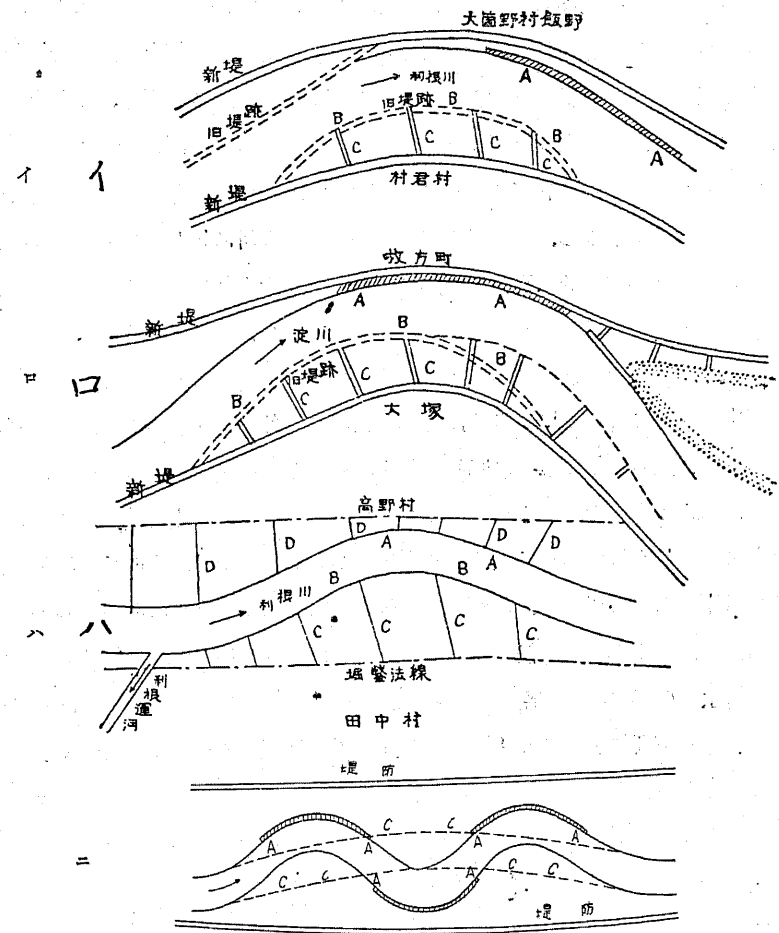
を併用すること

水を岸辺より中流に逐出するために、合掌拵、聖牛又は籠出等の水制を作る時、その河川の勾配が急で、50 分の 1 とか、100 分の 1 とかで、河床が小玉石交りの砂利の場合には、水制構造物によつて水を刎ねて、中流の砂利堆積の積に流路

を向わせることは誠に困難で、却つて水制の方が砂利積に負けて、破損する機会が多い。このような箇所では、中流堆積地に狭い小水路を掘鑿し、その掘上げた砂利小玉石を水制床堀の跡埋に充用し、なお跡埋以上に高く、合掌枠ならば角の下位迄、聖牛ならば高の6・7分位迄埋立て、水制上下流の護岸脚部にも、前小段の形に幅廣く、成るべく大玉砂利で埋立てる。このようにすれば一面水制及び護岸の補強となり、兼ねて掘鑿水路に向け、容易に水流を逐出し得る。水制と堀鑿埋立とは、急流河川では必ず併用すべきである。水制工の構造物の強さのみに依頼するのは、徒らに工費が嵩むだけで効果は少ないものである。

2 低水路屈曲の適否

低水路屈曲の度が適当でないために、水制の効果が拳がらなかつたことは、屢々遭遇する所である。利根川筋の村君、運河入口附近、淀川の大塚は尤も著しい例であり、これ等の内、村君・大塚は第166図BBの屈曲旧堤を除却し後退して新堤を築き、低水路だけは元の儘残した箇所である。運河口附近のものは、堤防修正の結果ではなくて、明治初年（西暦1868年頃）帆船及手曳曳船時代に、沿岸村々の河岸に航路を寄せる必要上、低水路の設定方に、無理な急曲線を挿入したことにより起つたもので、今なを利根川・淀川その他に幾多の例がある。今日の動力曳船時代には、町村の河岸も事情に変化を來し、無理な箇所は強て残さないが、差支ない所もあるので、宜しく低水路法線を改良して、護岸水制の困難を救うべきである。このような箇所はAAの凹入部の護岸前面に深堀を生じ、この防護には少からず苦心する所である。且つCCの床固水制を入れても中々埋まらないで、不規則な洲と深所とを残すのを常とする。偶々少許の洲が附いても、次の高水にて又々掘れるのが例である。これは高水は川幅一面に流れ必ずしも低水路のみを流れないで、CC所の砂を流掃するに依るものである。故にこのように不自然な低水路は断然BBの所を引込めAAの岸を出し、屈曲を緩にすれば、AAの護岸は樂になり、CCの所に堆砂するものである。且つこのような所にはBB



第 166 図

の舊跡に兎角に砂の沈澱場所となり、砂洲の高くなる僻があるが、これもBBを引込めることにより、矯正することができる。

利根川の運河附近のものは、CCの長い水制が年々に破損し、航路を塞いで困難する箇所であるが、CC及びDDの水制を杭打上置工に改め、且つこれに柳を挿した後は、美事な一面の浅瀬と化し、航路は深くなつた。村君村ではAAの堤

外畑が（飯野地先）年々に欠け込み、深掘は止まなかつたが、護岸してもなお前面は浅くならずややもすれば護岸を脅すので、その前面に杭打上置及び合掌杵水制を多く出した。その後は砂附きとなり、一帯の遠浅となるに至つた。此所のC Cは普通の沈床上層工水制を設けたが、水制間の埋ることが割合に少く、飛び飛びに小山と水溜りを残す有様になるので、該水制上に杭打をしたところ、幾分土砂の沈澱が均等に増加し、やや好結果を収めたが、他所に比して見劣りする箇所であつた。結局最初に於てBBを引込め、緩曲線の低水路を新たに作れば、結局工費は少くて済んだのであろうが、今日ではこのような改良は不可能なので、右の始末になつたのであり、ここに記して参考に供する。

又図中(=)のような川も多く、そのAAの凹入部に一々護岸をすれば多額の工費を要し、且つ毎年の維持は容易でなく、その上CCなる洪水敷は出水毎に荒らされ、床止工も効を奏することが困難であるのは前言の如くである。このような場合には断然点線の如く低水路を改めるのが得策であつて、その爲の堀鑿費と軽易な護岸工との費用はAAの護岸とCC部の床固工より遙かに低廉であつて、もし同額であつたとしても後々の維持費を要しない点に於て優つている。

附記 水路の不自然なる屈曲のために起る渦流により深潭を生ずる例は、改修以前に於ける下利根筋神崎の82尺、結佐の60尺、津ノ宮の63尺のような異常なものもある。

3 餘 記

透過工水制及び摩擦式護岸のことは、前内務技監原田博士の夙に提唱せられた所であつて、氏の該博なる識見と、木曾川その他に於ける実験と熱心な説示とは、著者の常に感深く想起する所であるが、著者はこの工法に就いて人に談話の際は、必ず氏の説を前置とするのを常とした。又淀川以來沖野技監の懇切な教訓として「工事は須らく研究的なれ」等数多くの金言を思出し感謝措く能わざる所である。先の万国工業会議に、米國より來朝した、陸軍中將前陸軍土木技師長ジャ

ドワイン氏の論文によると、今日ミシシッピその他の河川では、杭出水制が最も効果あるもので、コンクリート單床と共に廣く行われているという。

以上縷述したように、柔式水制及び摩擦式護岸は、著者が多年利根川に於て実施経験し、大体に於て好成績を挙げたものであつて、その後漸次渡良瀬川・江戸川・利根下流部・高梁川・吉野川・淀川・富士川に及ぼし、好結果を得ると共に、護岸水制の經濟化を得つつあるものである。

本稿は大正の初より昭和7・8年頃（西曆1913—33年頃）迄に、実地経験した結果を主とし、各地で注意して視察した大・中・小の諸河川の実狀記事を配したもので、空論ではないところから、河川の類似した河川には、必ずや適用して誤りないことを信ずる。然しながら水制その物は、実にむつかしい物であるから、過誤の点も相当にあるであらう。読者からの示教を賜われれば、幸甚とする次第である。

曩きに著者が関係した利根川での護岸水制は、延長約27里、勾配300分の1の急流部より5・6000分の1迄の範囲に亘り、大正の初より以來施工箇所は無慮100個所以上、工費約400万円に達する。これ等は1面皆試験的工法とも称され、上流より一巡視察すれば、護岸水制の試作品陳列場の觀があると思う。