所長殿

土木試驗所報告

第四十九號

水門の流出狀態に關する實驗的研究
……內務技師　横田周平… 1

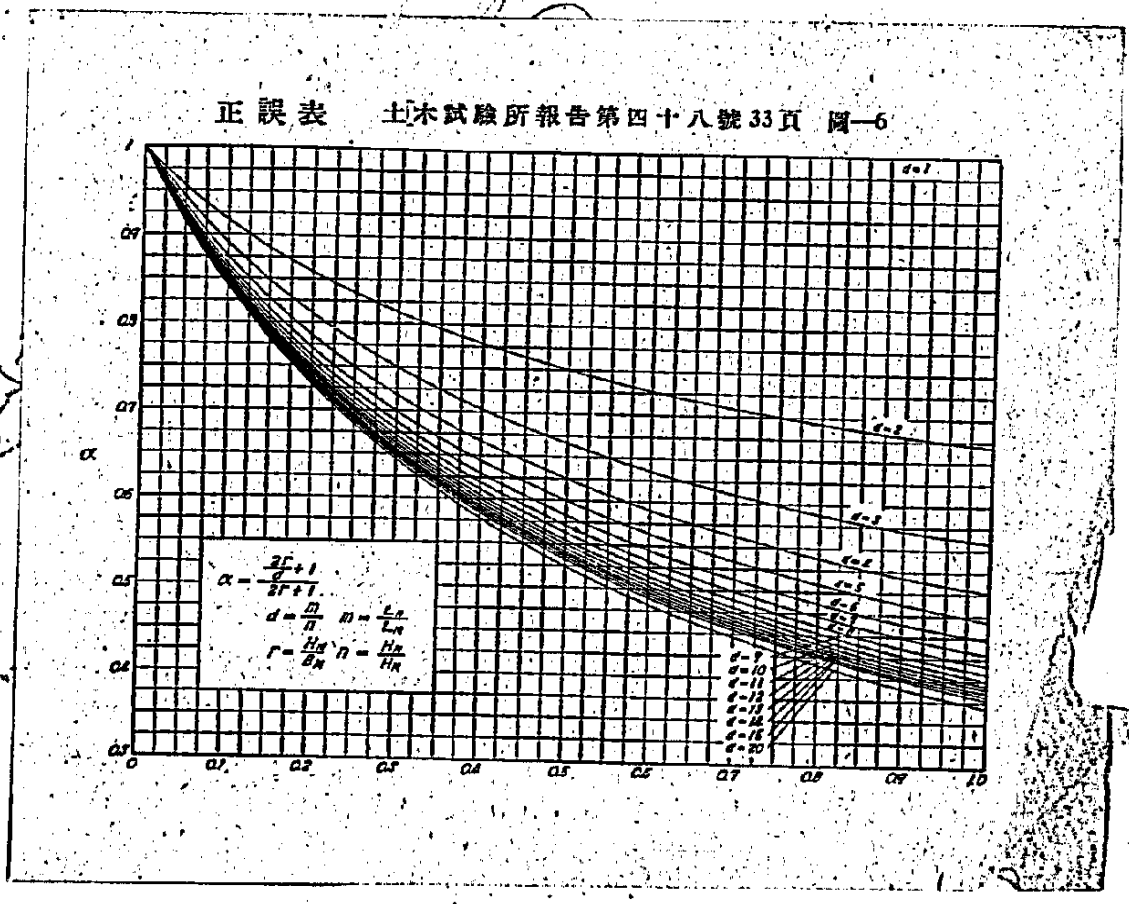
急流河川の床止堰堤下流部の洗掘
に關する模型實驗……內務技師　安藝皎二
佐藤清二… 39

昭和十五年一月

內務省土木試驗所

建設省沼津支所圖書
分類 II-K 番号 1-41
購入年月日 年 月 日

正誤表　土木試驗所報告第四十八號33頁　圖—6



水門の流出狀態に關する實驗的研究

內務技師　橫　田　周　平

目　次

I.　緒　　言……（1）
II.　水門の流出狀態に關する實驗……（2）
［1］實驗裝置……（2）
［2］異る流出狀態の流出係數に及す影響……（4）
［3］異る流出狀態の下流洗掘に及す影響……（7）
［4］要　　約……（8）
III.　江戶川河水統制水門下流洗掘に關する實驗（第2報）……（14）
［1］實驗の目的及び裝置……（14）
［2］實驗及び實驗結果……（15）
［3］要　　約……（22）
IV.　毛馬洗堰の洗掘に關する2, 3の考察……（23）
［1］實驗の目的及び裝置……（23）
［2］實驗の結果及び實際の狀態……（23）
［3］要　　約……（29）
V.　關宿水門に於ける出流量實測……（29）
［1］第1回實測……（30）
［2］第2回實測……（33）
［3］要　　約……（38）

I.　緒　　言

此の實驗報告は各獨立した3つの部分より成るものであつて，第1は水門の流出狀態が上流水深，下流水深及び扉の開高の3つの量の相對的關係及び下流斷面の擴がり方に依つて大きく支配せられる事を流出係數と下流洗掘に及す影響に依つて表明したものである．第2は嚮に靑木技師指導の下に行つた江戶川河水統制水門下流洗掘に關する水理實驗（土木試驗所報告第40號1～73頁，模型縮尺水平1/100，鉛直1/40）の結果を驗證する意味で水平縮尺を1/50とし，鉛直縮尺を1/50～1/30の間に變化せしめ洗掘實驗を繰返した．尙洗堰の型式の洗掘樣式と比較研究する目的で例を淀川の毛馬洗堰に採り洗掘實驗を行つた．第3は利根川と江戶川との分流點に在る關宿水門に就て2回に亙り流出量を實測し，尙潛流測量結果を東京土木出張所より拜借し模型實驗に於ける流出狀態と比較した．

以上の實驗實測を通じて明瞭となつた事は門扉を潛つて流出する流水が射流となる場合と常流となる場合との間には下游の河幅に大きな變動がない限り劃然とした限界の存在する事で，之が水門の流出係數，下流の洗掘狀態に大きな影響を及してゐる．特に下流の洗掘狀態に對しては其の限界は決定的であつて，新に水門を設計する場合には流出水が射流とならぬ如く水門の幅，閘の高さを決定する上に1つの條件を提出するものである．

水門の上下流に於ては相等の水位差が存在するから全般的に見てその附近の水流は主として重力の作用に支配され摩擦力等の影響は比較的輕微である事は直ちに推測され得る事である．實際數種の模型實驗の結果及び實際

の水門の實測結果に依れば流出係數には大なる差異はなく，流出係數に就ては重力に關する相似率が相當正確に適用され得る事を略實證してゐる．然しながら個々の問題例へば洗掘，渦，渦流度等に立入つて考へれば重力に關する相似率を以てしては律する事が出來なくなる．以下實驗及び實測結果に現れた具體的問題に就て其の相似性を檢討する事とする．

II. 水門の流出狀態に關する實驗

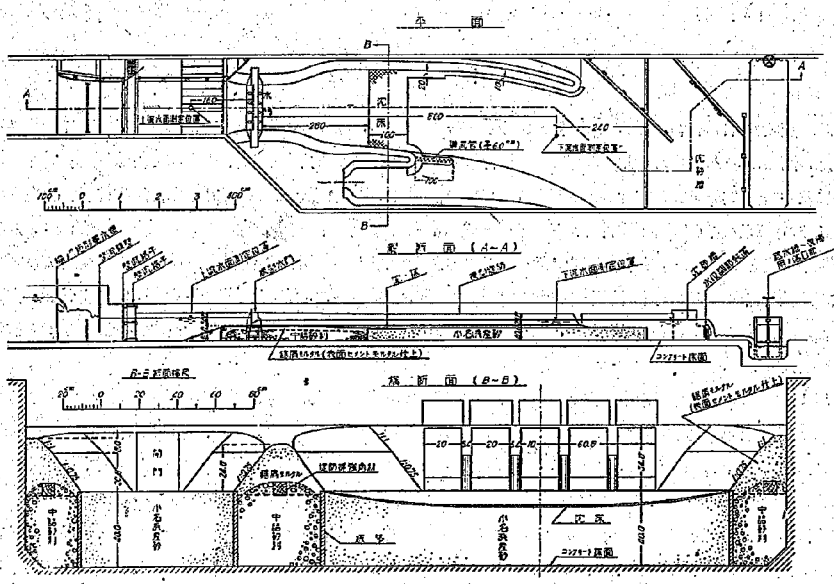
[1] 實驗裝置

土木試驗所報告第 40 號に報告した江戸川河水統制水門に關する水理實驗に於て水門上下流の水位，扉の開高の相對的關係が下游河床の洗掘に著るしい影響を及す事が明瞭となつたので，江戸川河水統制水門下流洗掘に關する水理實驗(其2)として前の2倍の大きさを有する模型を作り之に依つて前實驗結果を再檢討するに當つて，先づ第1に水門の流出狀態に關して組織的に研究を進める事とした．即ち異る流出狀態の流出係數と下流洗掘に及す影響を實驗的に究明し様とした．

水門上下游の河幅に甚だしい變動がなく水門の閘をも含めて河床が略水平であれば，其の流出狀態は上流水深 H，下流水深 H_2，及び扉の開高 Z の3量の連比で定義される．流出係數に及す影響を見る爲には實驗に於て H, H_2, Z を適當に變化せしめ通常の計算式に於る流出係數 C を $(Z/H,\ Z/H_2)$ の函數として表す事とした．異る流出狀態の下流洗掘に及す影響を見る爲には水門下流に明瞭な射流を生ずる場合と然らざる場合とで如何に差異があるかを明らかにした．

圖—1 は江戸川河水統制水門に關する水理實驗 (其2) の實驗裝置であつて前實驗と同樣に屋内 4m 工法試驗樋

圖 — 1　江戸川水門 1/50 模型

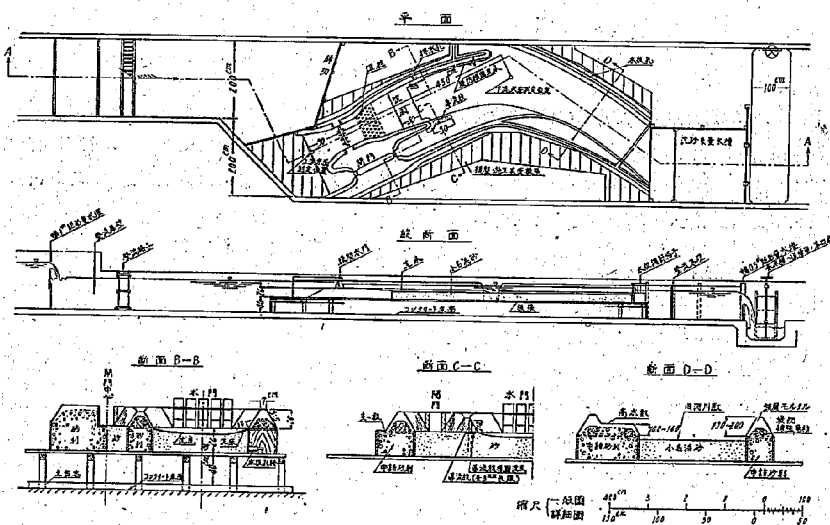


內に作つたものである．模型の縮尺は水平 1/50，鉛直 1/50～1/30 であり，此の試驗陋の最大流量は 150 *l*/sec である．流量は水路上流端の幅 1m 矩形量水堰で測定し，上流水位は模型水門より 1.60 m 上流で，下流水位は 6.00 m 下流で測定した．下流水位は水面の動搖の爲 1 mm 以下は正確に測定出來なかつた．流量の調節は高水槽と陋頭水槽を連絡する管のバルブに依り行ひ下流水位の調節は下流端の捲上式水位調節堰板に依つて行つた．實驗に於ける洗掘狀態を其儘記錄する爲に白絲で等深線を卷き寫眞に收めた．等深線は下流の調節堰板又は小型ポンプに依り所定の深さ迄水面を下げてその水際に白絲を置いて作つたものである．

實驗に使用せる砂は福島縣小名濱產の細砂であつて粒徑は 0.15～0.30 mm の間が 90 % 以上を占めてゐる．江戸川水門現場附近の砂の平均粒徑は 0.22～0.45 mm 程度であつて相等細かいから洗掘に對して相似率を考へ之に適合する模型實驗用の砂を大量に求むる事は困難である．從つて現場に於けるものより細かい砂で然も大量に得られ，泥土を含まない砂として小名濱細砂を選んだ．粒が殆ど揃つてゐる爲に砂漣を生じ安いが，其の波長が無視し得る程度に大きい洗掘を論ずる場合にはその存在は大して問題とならないと思はれる．洗掘に就て量的の相似は期待し得ないが質的には岩淵水門或は關宿水門の洗掘に就て檢討して見て或る程度の相似性を確め得た.*

江戸川水門に關する前實驗の裝置は圖－2 の如くで，模型の縮尺は水平 1/100 鉛直 1/40 であつた．昭和 6 年

圖 － 2　江戸川水門 1/100 模型

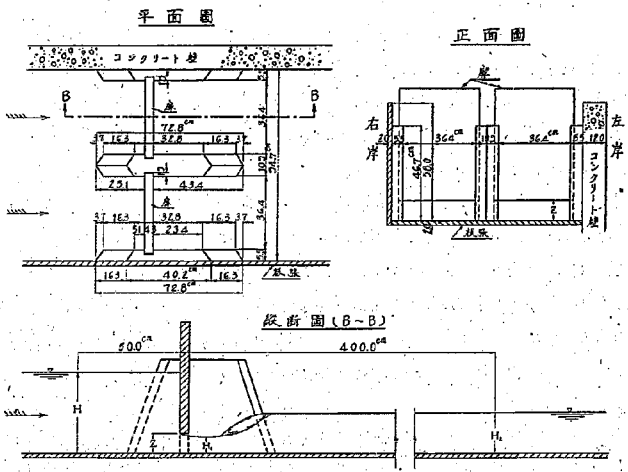


に靑木技師，伊藤(令二)技師の實施された岩淵水門に關する洗掘實驗**に於ても洗掘實驗の他に流出狀態に關する實驗を行ひ，發表されなかつたが大部の實測結果が記錄されてあつた．本報告に於ては此れからも利用し得べき資料を拔き取つた．その實驗裝置は圖－3 に示す如くである．此の場合縮尺は大きいが 5 徑間の中 2 徑間のみを採つたものであり，下游の河幅は擴がつて居らず，又河床は固定してあつた．從つて下流河床に砂漣を生ずる

*　土木試驗所報告第 40 號
**　土木試驗所報告第 20 號

動河床の場合とは多少條件を異にする點は豫め留意すべきであらう.

圖 —3　岩淵水門 1/25 模型 (2徑間)



[2]　異る流出狀態の流出係數に及す影響

如き移水門下流斷面の擴がり方は圖—1に示す如くであつて，流量，扉の開高(各徑間全て同一開高に保つ)，下流水位の3量を變化し得る範圍で種々に變化せしめ，之等の或る組合せに就き平衡狀態に達した時上下流の水位を測定し，流出係數を次式に依つて算出する.

$$C=\frac{Q}{nbZ\sqrt{2g\,(H-H_2)}}$$

玆に　C ……流出係數
　　Q ……流　量
　　n ……徑間數
　　b ……徑間長
　　Z ……扉の開高
　　H ……上流水深
　　H_2 ……下流水深

H, H_2 Z の關係は圖—4 に示す如くである.

流出係數 C は一般の水門に於ては流出狀態の如何に係らず略一定であると考へられてゐたが，模型實驗に於ては可成りの範圍に變動するものである事が解つた. 實際の水門に於ても，變動する範圍は幾分狹くなるかも知れないが，此の性質は矢張り存在するであらうと推測される.

流出係數を H, H_2, Z の相對的關係即ち Z/H, H_2/H の函數と見做して整理した結果は圖—5 の如くである. 圖—6 は圖—3 に示す岩淵水門實驗の際の記錄を同樣に整理したものである. 圖に於ける領線は圖—4(1)の如く表面渦の後端が扉に滑く場合 (潛流) と同圖 (2) の如く射流表面を見得る場合 (射流) の限界曲線である.

此の曲線附近では流出係數の値に激しい傾倚があり圖—5, 6 に於けるコンターには數%程度の誤差を含んでゐる．又限界其のものも圖の如く一線を以て劃されるものではなく實際には多少の幅を有し，然も模型が大きくなるに從つて下方に移る傾向がある事は，江戸川水門に關する前實驗結果及び關宿水門に於ける實測結果よりも略明らかになつた．圖—5, 6 より直ちに解る事は限界曲線附近の流出狀態に於て最も流れ安い事である．

扉の開高と流量を一定に保ち水位の高い處から實驗を始め，下流の水位を次々低下すれば H_2/H，H_0/H は圖—7 に示す如き曲線を辿つて上から下へ變化する．圖中の數字は其の點の流出係數である．圖—7 に依つても限界曲線附近で流勢の一變する事が良く解る．又限界曲線以下は是等の曲線は縱軸に平行な直線に近くなつてゐるが，之は一旦射流となれば下流水

圖 — 4　潛流と射流

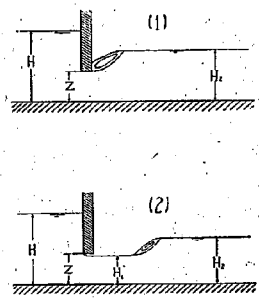


圖 — 5　流出係數 C の變化(江戸川水門 1/50 模型)

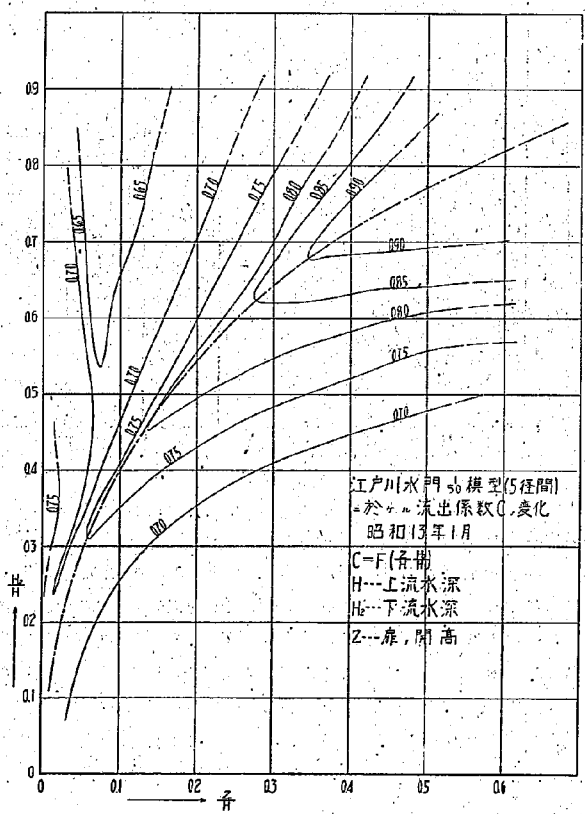
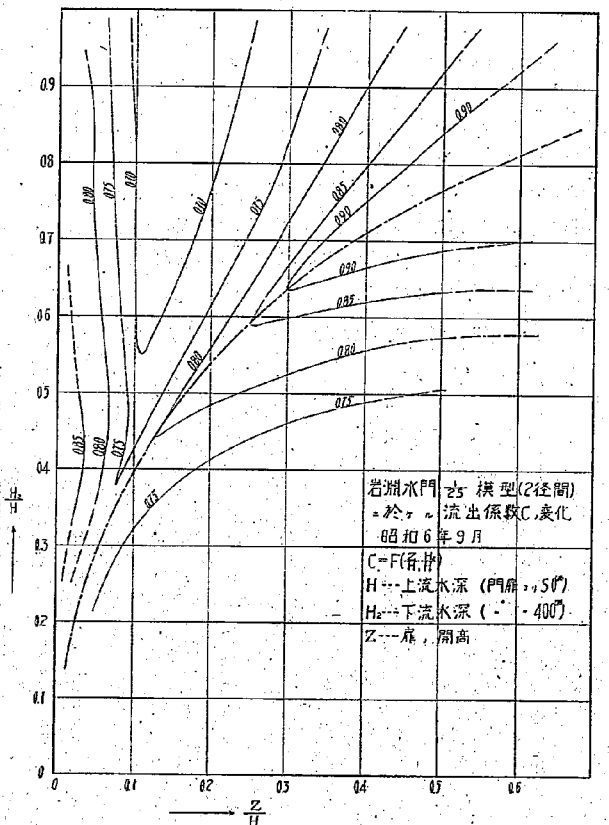


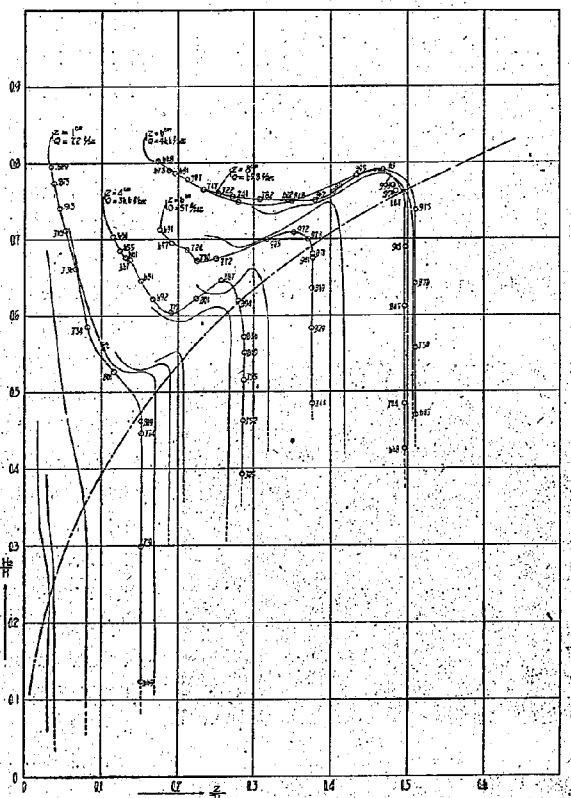
圖 — 6　流出係數 C の變化（岩淵水門 1/25 模型）



位の低下は上流水位に影響を及さない事を示してゐる．

水門下游の擴げ方に依つても流出係數は相當變化する．本實驗に於ては之に對して系統立つた實驗は行はなかつたが各個の實驗を通じて下游を擴げ過ぎると其處に渦を生じ有効斷面を却つて縮少し流出係數を減少せしむる傾向が明瞭となつた．圖—8～11 は江戸川水門 1/100 模型に於ける下游の 3 種の擴げ方に對する流向を示す寫眞である．圖—9（實際江戸川水門に於て採用せられた形）程度の擴げ方であれば圖—8（下游を增幅しない場合）と同じく 35.4 *l*/sec を流し得たが，圖10，11 の如く水門から直ちに增幅すれば渦に阻害されて上下流の水深，扉の開高が同じであつても 32.0 *l*/sec しか流れなかつた．尙此の場合は流心は左岸（圖—10）或は右岸（圖—11）の何れか一方に片寄る傾向を生じた．此の狀態は本報告 V章に於て述べる關宿水門の實測に於ても實證せられたが渦は模型に於て現れた程相對的に强くはなかつた．

圖 — 7



[3] 異る流出狀態の下流洗掘に及す影響

圖—5, 6, 7 に示される潛流と射流の限界曲線附近を境として流況を一變する事は前節で述べた通りであるが水門の下流の洗掘に關しても限界曲線を境として洗掘狀態が一變する。圖—12は潛流の場合の洗掘狀態を示し，圖—13, 14 は射流の場合の洗掘狀態を示してゐるが，兩者の間には洗掘狀態に本質的な相違が存在する。此の時の流況は夫々圖—15, 16, 17 の寫眞に示される如くである。潛流の場合は流れが一樣に擴がるが，射流の場合には流れが一側に片寄り他側に大きな渦を生ずる爲に擴がらずに却つて縮少される傾向に在る。流心が左岸寄りに片寄るか或は右岸寄りに片寄るかは流し始めの瑣細な條件に依るものであるが右岸に片寄る傾向の方が幾分强い樣に認められた。

圖 — 8

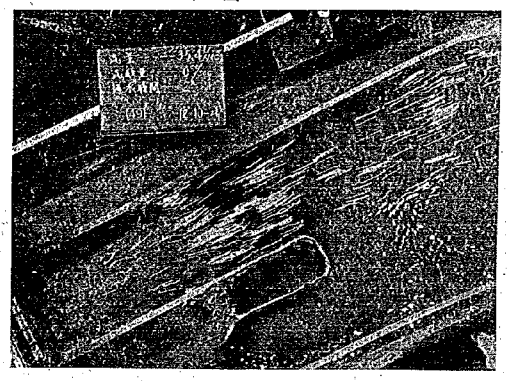


圖 — 9

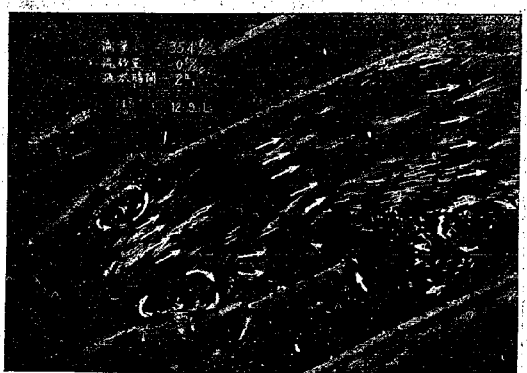


圖 — 10

水門下游を擴げない場合に於ても同樣に潛流と射流の場合では洗掘狀態に明瞭な差異を生ずる．圖—18, 19 は此の場合の江戸川水門 1/100 模型に於る潛流と射流の洗掘狀態を比較するものである．射流の場合に於ても流向の偏倚しない點が下游を增幅した場合と異つてゐる．從つて中心線に對稱に深掘されるが，之は表面の非常に速い流れに誘起される對稱の底渦に原因するものであつて，砂防堰堤の下流洗掘に關する實驗に於て副堰堤を設けない場合に現れた洗掘狀態と全然軌を一にしてゐる．* 江戸川水門 1/50 模型に於ても此の場合に就き實驗を行つたが結果は同樣であつた．圖—20, 21 は夫々潛流及び射流の場合の洗掘狀態である．圖—18, 19, 20, 21 に對する流向寫眞は夫夫圖—8, 22, 23, 24 の如くである．射流の場合は表面流速が非常に大きい事が明瞭に看取される．

下游の斷面を急激に擴幅する時は矢張り洗掘狀態が惡くなる．圖—8, 9, 10, 11 は扉の開高，上下流の水深を同一に保つて實驗したものであるがその洗掘狀態は圖—18, 25, 26, 27 の如く差を生ずる．

[4] 要　約

扉の開高，上下流の水深の相對的關係を圖—5, 6, 7 の如く表せば水門の流出狀態は潛流と射流の限界曲線を境として一變する．下流の洗掘を防止する爲には Z/H, H_2/H が此の曲線の上方

* 土木試驗所報告第 43 號砂防堰堤の洗掘防止に關する水理實驗第 1 報圖— 5 及び寫眞— 5 參照．

圖 — 11

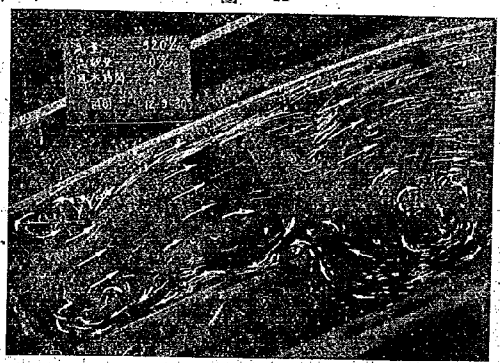


圖 — 12　江戸川水門 1/50, 1/30 模型．潛流にて流出する場合の洗掘狀態

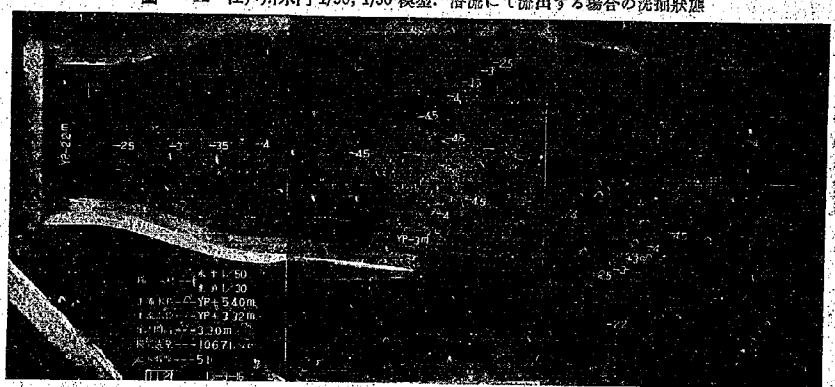


圖 — 13　江戸川水門 1/50, 1/30 模型．射流にて流出する場合の洗掘狀態

に存る様にする事が根本的に必要である．上下流の水位と流すべき流量を與へられれば水門の開高と幅の2つの量は上述の條件と經濟上の條件の2つより具體的に決定されるであらう．

水門の下游を過度に擴幅する事は却つて流出係數を減少せしめ洗掘を大ならしめる結果となる．從つて水門洗堰等の落差ある構造物は成る可く元の河幅一杯に築設し，單位幅當りの流量を其の河川の單位幅當りの流量と略同等にする事が下流の局部的洗掘を輕減する第1の要件である．

圖 — 14 江戸川水門 1/50, 1/30 模型．射流にて流出する場合の洗掘狀態

圖 — 15 圖—12の場合の流向

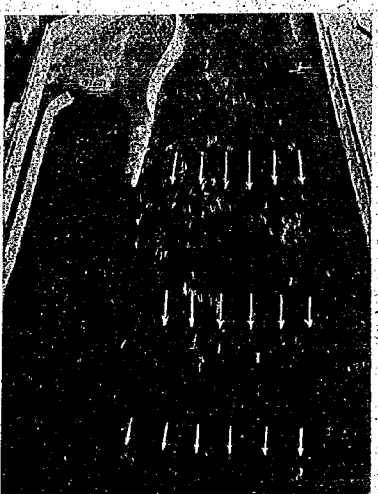


圖 — 16 圖—13の場合の流向

圖—5, 6 に示した流出係數 C の値の分布狀態は模型の大きさ，徑間割り，堰柱の形狀，上下流河床の狀態等で變化する事は確實であり，又一模型に就ても等高線を以て其の分布狀態を明確に律する事は出來ないのであるが，その大きな傾向は圖—5 と圖—6 の比較に於ても之を充分認める事が出來る．

流出係數 C の値の變化を量的に更に明確にする爲には實在の水門の模型ではなく，もつと水理學的條件の簡單な場合に就て基本的研究を行ふ事が必要であらう．

圖 — 17　圖—14の場合の流向

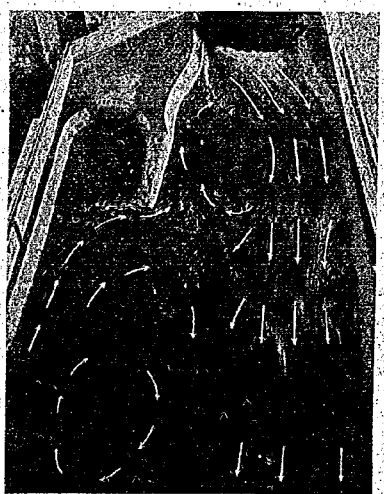


圖 — 18　水門下游を擴げない時，滑流の場合の洗掘狀態 1/100 模型

圖 — 19 水門下游を擴げない時，射流の場合の洗掘狀態 1/100 模型

圖 — 20 水門下游を擴げない時，潛流の場合の洗掘狀態 1/50 模型

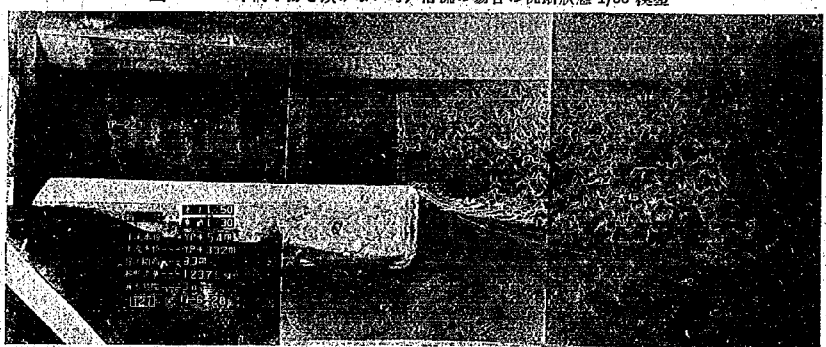


圖 — 21 水門下游を擴げない時，射流の場合の洗掘狀態 1/50 模型

圖 — 22　圖— 19 の場合の流向

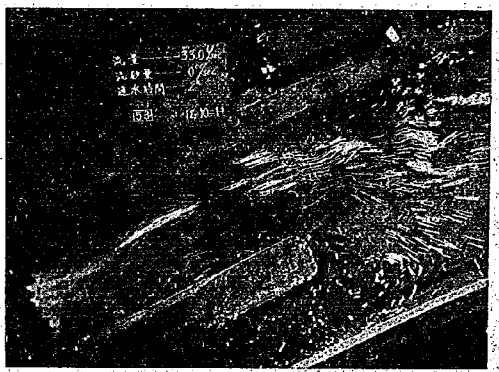


圖 — 23　圖—20の場合の流向

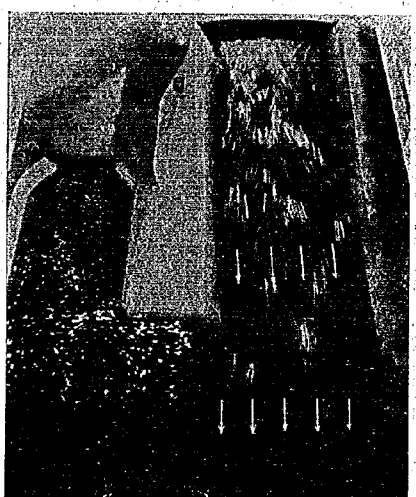


圖 — 24　圖—21の場合の流向

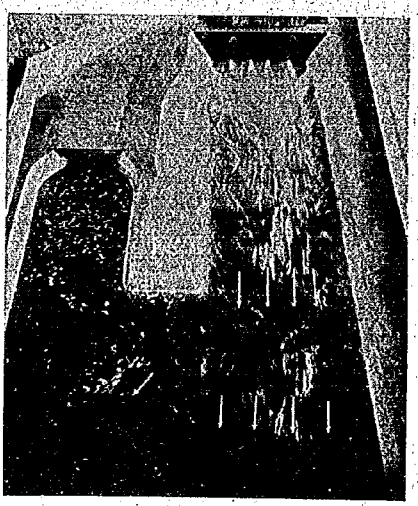


圖 — 25

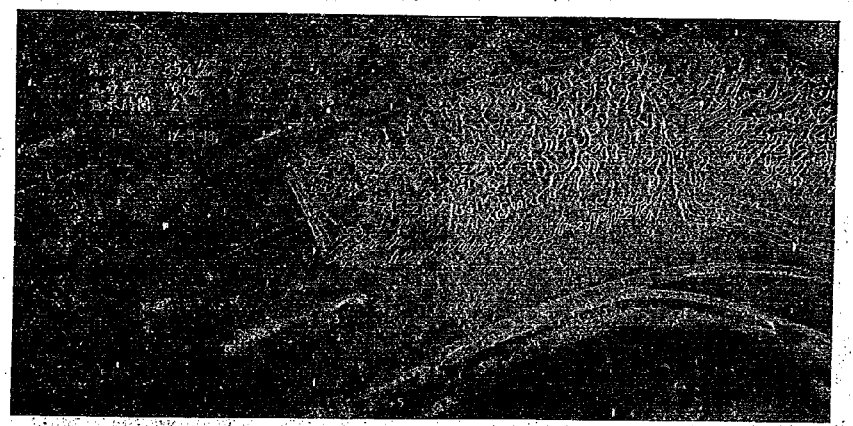
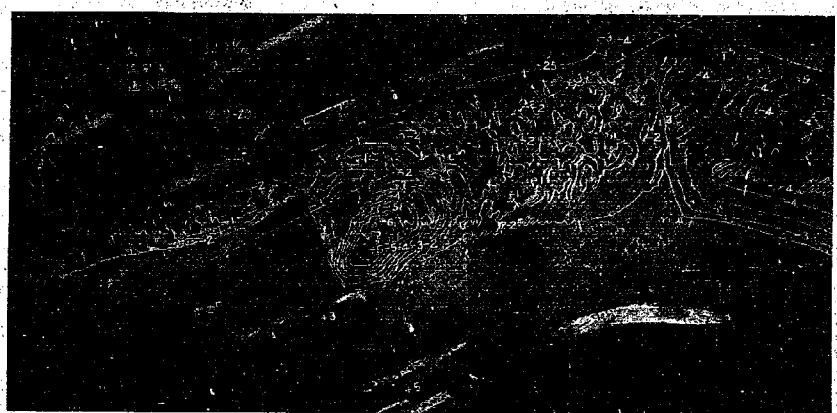


圖 — 26



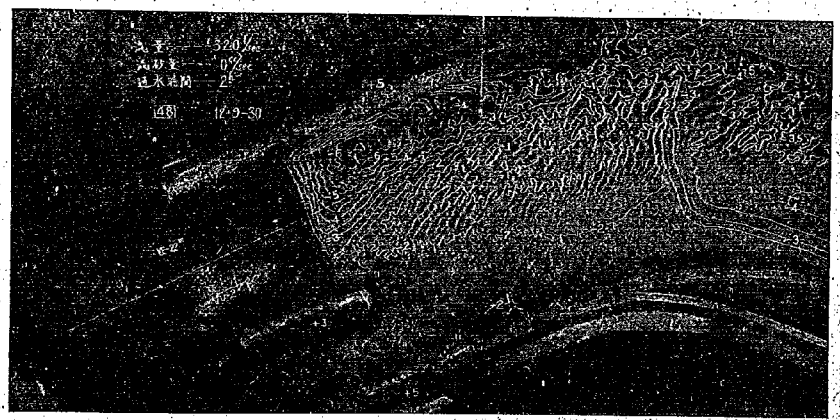
III. 江戸川河水統制水門下流洗掘に關する實驗（第2報）

[1] 實驗の目的及び裝置

江戸川水門の下流洗掘に關しては曩に水平 1/100, 鉛直 1/40 の模型に就き實驗を行ひ其の範圍に於て結論を導いたのであるが，模型の過少である點及び水平と鉛直とで 2.5 倍に模型を歪めてゐる點で實驗結果に多少不安があつたので，模型を前の略2倍の大きさに作り實驗を繰り返す事とした．

模型の大きさは水平を 1/50 とし，鉛直方向は 1/50, 1/40, 1/30, 1/25 と 4 種に變化せしめる事とした．水門の

圖 — 27



部分は木製で水平 1/50, 鉛直 1/25 に作り，鉛直縮尺 1/50, 1/40, 1/30 の各實驗にも此れを此の儘流用した．堰柱の立ち方が多少異つて來るのみで流出狀態に及す影響は無視して差支へないと考へられた．鋸屑モルタルで形造つた模型の部分は全て鉛直の縮尺の變化に伴つて變化せしめた．問題となるのは主として河岸の法勾配と水叩の横斷形である．

實驗裝置は前章[1]節に說明せる如くで圖—1 に圖示されてゐる．

[2] 實驗及び實驗結果

(i) 模型縮尺が水平 1/50, 鉛直1/50 の場合

此の場合は水平，鉛直共に同じ縮尺であるので河岸の法勾配は實際の場合と等しい．此の模型に於て河川の實際の狀態は，水深に比較して河幅が著るしく大である事が良く解る．河川の横斷面を圖面で表す場合，紙面の都合で必ず鉛直方向を引延ばし河幅の割合に水深が大となつて表はされてゐる爲に，扨河川に對する吾々の考察の內には不知不識の內に河川の横斷圖の如く歪められた部分が入つてゐるのではないかと思はれる．水理模型實驗に於ても餘地の都合で河川或は港灣關係のものは殆ど鉛直方向を引延した歪められた模型で實驗を行つてゐるが，此の爲に幾分か誤差が入つて來てゐる．模型を歪める結果如何なる影響が入つて來るかを見る爲に先づ歪めない場合の實驗を行つた．

圖—28は江戸川水門に於て上流水位 Y. P+4.95 m 下流水位 Y. P+2.12 m の場合に相當する模型流況である．射流で流出する爲に，流心は最初著るしく右岸に片寄るが閘門下流に生ずる渦の爲に再び押し返され急に屈くなる河幅の間を蛇行しつゝ下つてゐる．水深に比して河幅の著るしく大きい場合にその河幅の一部に非常に強い流れを加へれば兩岸に渦を生じて伸々一樣に擴がらない事が解る．平坦な沖積地帶を洪水が流れる場合に於ても何等かの原因で流速の大なる部分が生ずると流心が漸く蛇行し初め，之に從つて水路が形造られ，度重なる洪水を蒙つて次第に凹岸は浸蝕せられ凸岸は堆積し屈曲が益烈しくなり，遂に實在の諸河川に現在見られる如き蛇行狀態を呈するに到つたのではないかと推測される．

圖 — 28　江戸川水門 1/50, 1/50 模型．射流にて流出する場合の流向

圖 — 29　江戸川水門 1/50, 1/50 模型．潜流にて流出する場合の流向

鉛直の縮尺を 1/40, 1/30 と大きくして行くに從つて，水路の何れかの側に生成せしめられる渦が大規模になり，流心は一側に押付けられるが蛇行的傾向は弱くなる．

江戸川水門に關する前實驗(縮尺水平 1/100, 鉛直 1/40)と比較して此の實驗に於ては射流で流出する場合流心の蛇行的性質が現れた點で異つてゐる．次に異る點は前實驗に於ては射流で流出する流心が左岸に寄る場合と右岸に寄る場合とは略同等の安定度を有してゐたが，此の實驗に於ては流心は圖—28に示される如く右岸に寄る方がより安定であつて人爲的に左岸に寄せてやつても暫くすると又右岸寄りに戻つた．

此の現象に就ても鉛直の縮尺を大きくして行くに從つて流心が左岸寄りであつても安定度を增大して來る．前實驗に於て流心の左岸或は右岸に偏する場合が略同等の安定を有した事は模型の鉛直方向を倍以上に引延してある事に原因してゐるのではないかと考へられた．

圖—29は江戸川水門に於て上流水位 Y. P.+4.62 m, 下流水位 Y. P.+3.32 m, 扉の開高 3.30 m の場合に相等する模型流況である．此の場合は水門の直ぐ下流で常流となり，圖—28に比較して其の流出狀態は著るしく平靜である事が解る．此の兩者の場合の洗掘狀態を比較して見れば圖—30, 31 の如くである．圖—30に於ては 5 時間通水して Y. P—13.50 m 迄洗掘せられてゐるのに對し，圖—31に於ては同じく 5 時間通水して後に於ても僅かに弱い砂連を生じたに過ぎず實驗前の河床の形が殆ど其儘存置されてゐる．

圖—31に相應する前實驗に於ける洗掘狀態は所報 40 號48頁圖—71, 72 である．之等の場合に於ては潜流で流出してゐても洗床より下流の河床を可成り動かしてゐる點が本實驗結果と異なつてゐる．前實驗に於ては鉛直の縮尺 1/40 であるに對して，本實驗に於ては 1/50 である上に，水叩の長さは水平の縮尺に應じて前實驗の倍となつてゐる爲に，河床を攪亂せんとする流勢に著るしい差を生じてゐるのが此の原因であらう．

實際の水門に於ては從つて射流を生ずる事さへ無けれ

ば下流河床の攪亂される事は恐らくないであらう．寧ろ上流より砂の補給があれば關宿水門に於る如く水叩上に迄洗積する事と思はれる．

圖—30に相應する前實驗に於る洗掘狀態は砂の補給の點で條件を異にしてゐるが前報告 60 頁圖—104 に見出される．

(ii) 模型縮尺が水平 1/50 鉛直 1/40 の場合

河岸の法勾配，水叩斷面，下流河床の掘整形狀を鉛直方向の縮尺 1/40 に應ずる如くし，上下流水位，扉の開高も之に應ぜしめ洗掘實驗を繰返した．

圖—32 は圖—28 に相應する場合の流向寫眞である．洗心の蛇行傾向が幾分減少して來てゐる．此の場合の洗掘狀態は圖—33 の如くである，導流堤の先の導流杭が實驗中飛ばされた爲に洗掘狀態は圖—30 に於けるより大きくなつてゐる．之は導流杭が洗掘防止に大いに役立つてゐる事，又閘門下流の水深維持にも效果のある事を示してゐる．

圖 — 30　江戸川水門 1/50, 1/50 模型．射流にて流出する場合の洗掘狀態

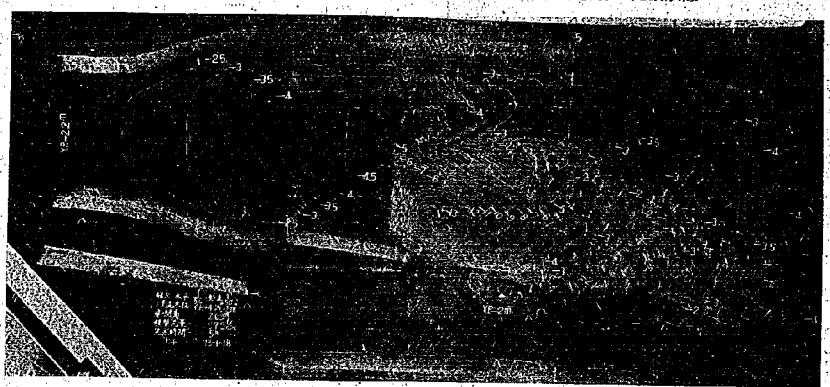


圖 — 31　江戸川水門 1/50, 1/50 模型．常流にて流出する場合の洗掘狀態

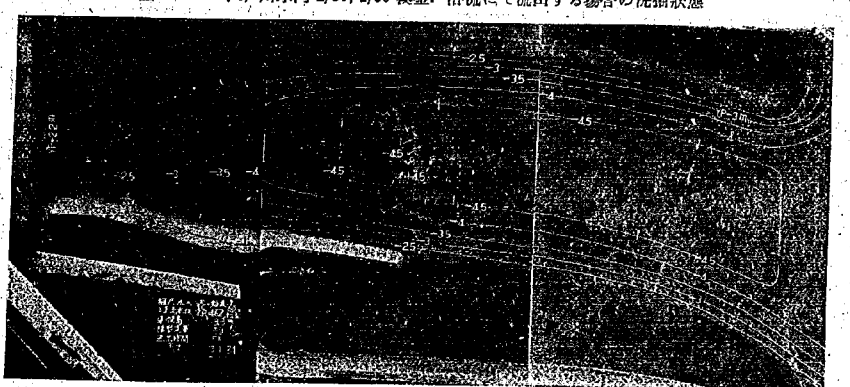


圖 — 32 江戸川水門 1/50, 1/40 模型. 射流にて流出する場合の流向

圖—34 は上流水位 Y. P. 5.40 m, 下流水位 Y. P. 3.93 m, 扉の開高 3.30 m に相應する流出狀態の際の洗掘狀態である. 殆ど河床に移動のない事は圖—31 の場合と同樣である.

(iii) 模型縮尺が水平 1/50, 鉛直 1/30 の場合

此の模型に於る流況は前章 圖—15, 16, 17 の寫眞に示される如くである. 圖—15 は上下流水位夫々 Y. P. +5.40 m, +3.32 m, 扉の開高 3.30 m に相應する場合である. 水位及び開高の此の組合せは圖—5 に於て $Z/H=0.434$, $H_0/H=0.726$ ならしめ, 此の點は射流と潛流の限界曲線の極く僅か下, 卽ち射流域に位置する. 實際に此の組合せは (1/50, 1/50) 模型或は (1/50, 1/40) 模型に於ては射流を生じたのであつたが鉛直方向の縮尺が 1/30 となるに及んで表面渦の後端が辛じて扉に着き從つて射流を生ぜず, 水門下流に於て直ちに常流となつたものである.

限界曲線に就ては前實驗をも考慮に入れて次の 2 つの傾向を擧げる事が出來る. 卽ち大きな模型に就て實驗する程限界曲線は上に移る傾向がある. 卽ち射流を生じ易くなる. 次に鉛直方向を引延すに從つて限界曲線は幾分下に降る傾向がある.

圖—16, 17 は (i) の圖—28, 30, (ii) の圖—32, 33 と相似の條件で流した射流で流出する場合であるが, 圖—16 は流心が右岸に片寄つて居り, 圖—17 は流心が左岸に片寄つて居る. (1/50, 1/50) 模型, (1/50, 1/40) 模型に於ては流心は右岸に寄る方が安全度が大であつて人爲的に左岸に寄せても暫くする內に再び右岸寄りに歸るのである

圖 — 33 江戸川水門 1/50, 1/40 模型. 射流にて流出する場合の洗掘狀態

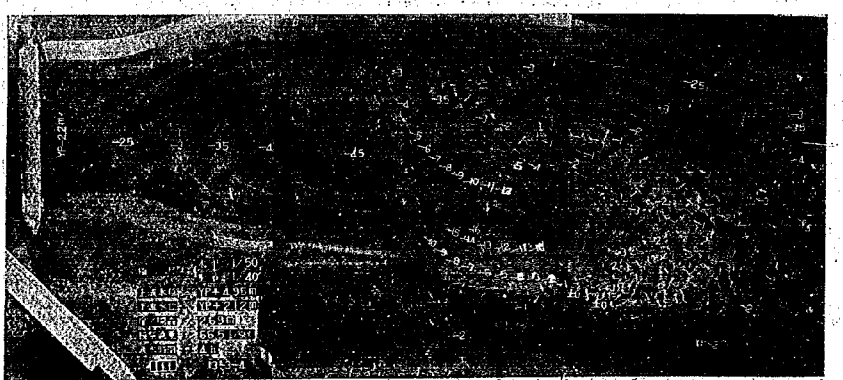
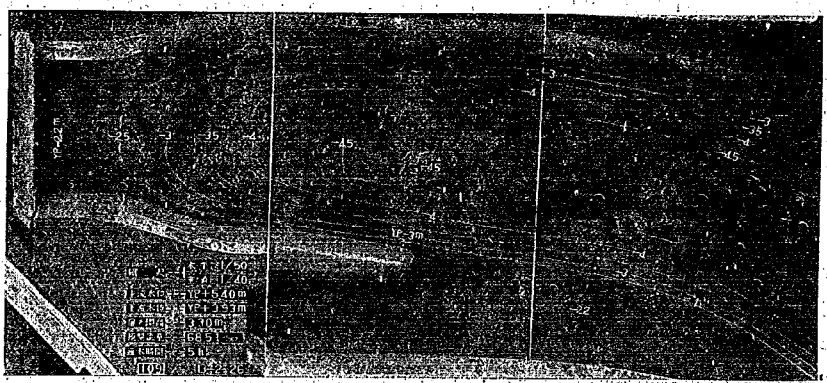


圖 — 34　江戸川水門 1/50, 1/40 模型．潛流にて流出する場合の洗掘狀態



が (1/50, 1/30) 模型に於ては，一度流心を人爲的に左岸に寄せれば，其れで何時迄も安定を保つてゐた．人工を加へずに流れる儘に放置すれば，射流で流出する場合は必ず流心は右岸寄りであつた．

圖—16 を圖—28，圖—32 と比較すれば流心の蛇行的傾向は鉛直方向が引延されるに從つて減じて來る事が看取される．

圖—15, 16, 17 の流況に對應する洗掘狀態は夫々圖—12，13，14 である．圖—12 に於ては殆ど河床に移動のない點は圖—31，圖—34 と同樣である．圖—13 に於ては導流杭は飛ばされかけてゐる狀態に在る．然しながら辛じて殘つてゐた爲に最大洗掘深は (ii) の場合の圖—33 に於ける —Y. P. —16.5 m に對して —Y. P. —13.5m で濟んでゐる．

鉛直の縮尺のみを異にし流出狀態其の他の相似せる圖—30，33，13 の 3 の場合の洗掘狀態を比較すれば，鉛直方向の縮尺が 1/50, 1/40, 1/30 と增大するに從つて洗掘力が强くなつてゐる事が解る．是等 3 つの實驗は通水時間が夫々 5 時間，4 時間，2 時間であつた．時間の縮尺は $1 : n_v^{\frac{1}{2}}$ ($1/n_v$ は鉛直方向の長さの縮尺) となる故，相似率の見地よりすれば是等實驗の通水時間の比は $\frac{1}{\sqrt{50}} : \frac{1}{\sqrt{40}} : \frac{1}{\sqrt{30}}$ となるべきである事を考へれば，鉛直方向を引延す事は益々洗掘力を誇張してゐるものである事が解るであらう．

之を避ける爲には實驗用の河床材料を變化せしむれば良い譯であるが，是を具體に取扱ふには水の動きと砂の動きとの相等的關係を根本的に研究する必要がある．此の問題に關しては土木試驗所報告第 48 號に發表せる "砂粒河床模型實驗の基本に關する實驗並に限界掃流力に關する研究" を參照され度い．本實驗に於ては實際の水門附近の河床材料が既に非常に細かい砂である爲模型用砂の選擇の範圍が限定された結果合理的に選ぶ事が出來なかつた．

圖—14 の洗掘狀態に對應する前實驗に於ける洗掘狀態は前實驗報告圖—89，91 等に見出される．是等の場合には上流より砂を補給した爲に，一部の砂は水叩上の渦を生じてゐる處に捲込まれ其處に沈積してゐる點が本實驗と異つてゐる．之は流心が右岸に寄つた場合にも同樣に異つてゐる．

又沈床より下流の左岸が深掘されてゐる形は略似てゐるが，前實驗に於ては導流堤の尖端の深掘されてゐる點

は本實驗と異つてゐる．之に對しては3つの原因が考へられる．第1は模型が小さい程水の內部摩擦力の影響が顯著に現れて來て斷面の急に擴げられた處に誘起する渦の强度が强くなる爲に導流堤の尖端を過る流速が比較的强い爲である．第2は前實驗は鉛直方向に引延されてゐる程度が大であるから渦に對する河床の抵抗が比較的弱く從つて比較的に渦が强い爲めである．第3は前報告の圖—89，91等は導流堤の先に導流杭を設けてゐない場合であるが本實驗では之を設けてゐる爲洗掘され難い爲である．

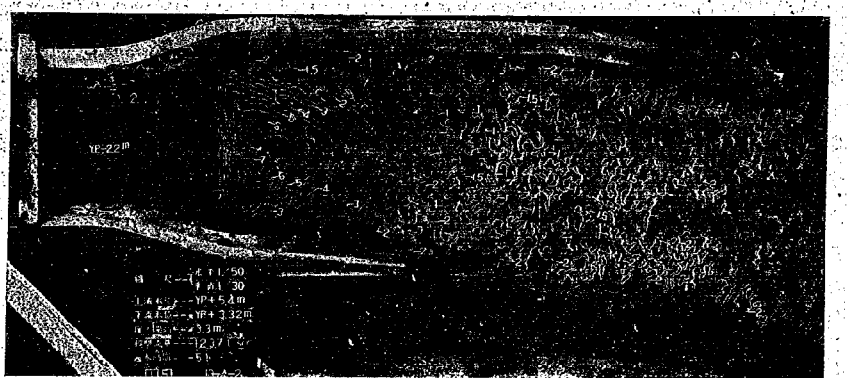
模型縮尺が水平 1/50，鉛直 1/25 の場合に就ても實驗を行ふ豫定であつたが，(i)，(ii)，(iii) の實驗で大體の傾向は明瞭となつたので，時間の都合をも考慮し此の實驗は取止めた．

(iv)　水叩の長さを約半分に短縮せる場合

江戸川河水統制水門の下流水叩の長さは約 200 m であつて，在來の同規模の水門，洗堰等の水叩に比較して著るしく長い事が特徴の一つになつてゐる．此の事が洗掘に如何程の效果があるかに關しては前實驗に於ても實驗したのであるが本實驗に於ても之を繰返し驗證した．

卽ち水叩の長さを模型に於て 2 m（實物の 100 m に相等）短縮し，流出狀態を圖—12，15 と同樣にとつて實驗した結果，其の洗掘狀態は圖—35 の如くであつた．流勢は將に射流を生ぜんとする限界附近であつて，圖—12 と比較して著るしく洗掘されてゐる．上下流の水位扉の開高は圖—12 の場合と同一に保つたのであるが，流量は前者に於て 106 *l*/sec であつたのに對し此の場合に於ては 123.7 *l*/sec であつた．卽ち水叩を短縮した爲に洗掘され易くなり，從つて流れ易くなつたものと見做す事が出來る．

圖 — 35　江戸川水門 1/50, 1/30 模型．水叩を 2 m（實物に於て 100 m）短縮したる場合の洗掘狀態．上下流水位，扉の開高は圖—12 の場合と同一．



上流水位と扉の開高は其儘とし上流の水位を模型に於て 1 cm（實物に於て 30 cm）上げれば完全な潛流となり流量は 109.0 *l*/sec となつた．此の時の洗掘狀態は圖—36 の如くである．圖—12 と比較して水叩下流の河床を攪亂せんとする力は矢張り大きい事が解る．

流出狀態が射流となる場合の洗掘狀態は圖—37 の如くである．粗朶沈床に相當する部分が圖—13 と比較して著るしく沈下してゐる點が洗掘狀態としてより惡性である事を示してゐる．

以上の比較より水叩を長くする事は水門下流の洗掘輕減に役立つものである事が解る．前實驗に於ても同樣の

圖 — 36　圖—35 の場合よりも下流水位のみ 1 cm (實物にて 30 cm) 上げた場合の洗掘狀態

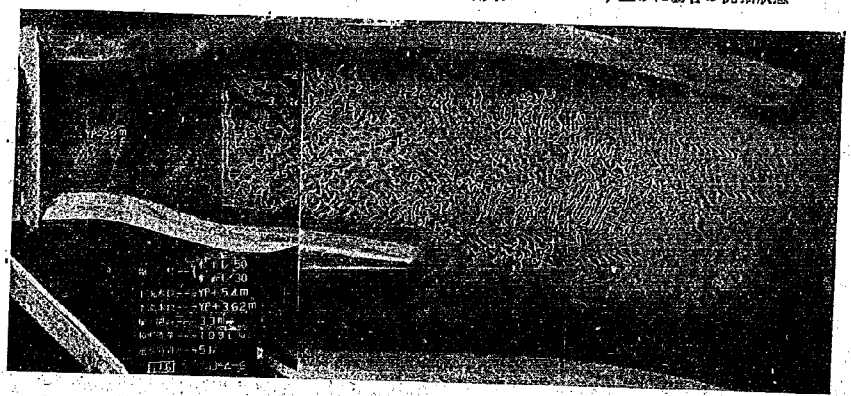
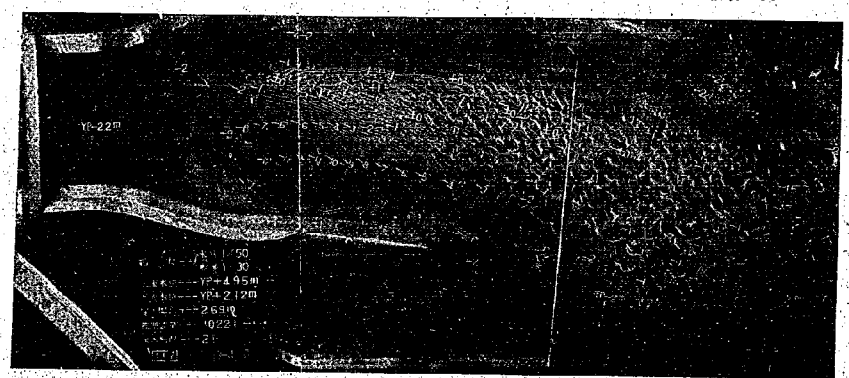


圖 —37　水叩を 2 m 短縮した場合の洗掘狀態．上下流の水位．扉の開高は圖—13 の場合と同一



結論を得た．尙水叩が長ければ洗掘に起因する危險が萬一に生じたとするも水門本體迄達するに長時間を要する點に留意すべきである．

(V)　水門下游を急激に增幅する場合

前實驗に於て下游の增幅し方に就き第 1 案，第 2 案（急激に增幅する案）の比較實驗を行つた結果，急激に增幅する時は增幅した側岸に强い渦を生じ却つて有效斷面積を減少せしめる結果となり洗掘狀態にも惡影響を與へる事が解つた．* 本實驗に於ても此の第 1 案と第 2 案の增幅し方に就て比較實驗を行つた．結果を明瞭に現し出す爲に水叩を 2 m 短縮せる場合に就て比較した．

圖—38（第 2 案，急激に下游を增幅してゐる）は圖—36（第 1 案）と同じ上下流水位と扉の開高に於て實驗したものであるが圖—38 の場合が—4 m の等深が入つてゐるだけ深く掘られてゐる．

* 土木試驗所報告第 40 號　47～55頁參照

圖 — 38　下游を急激に增幅した場合の洗掘狀態．其の他の條件は圖—36 の場合と同一

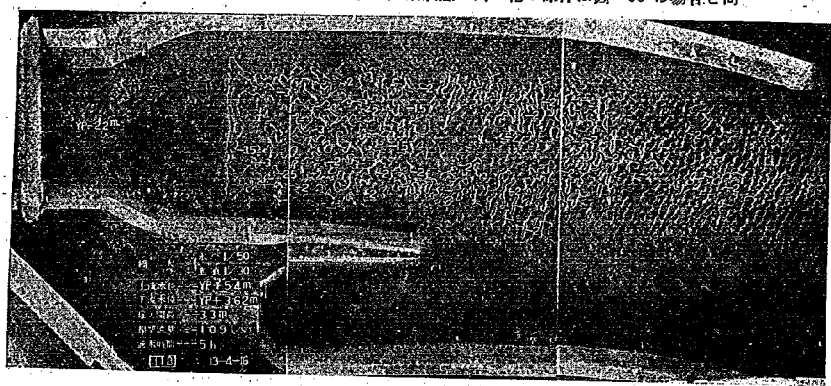
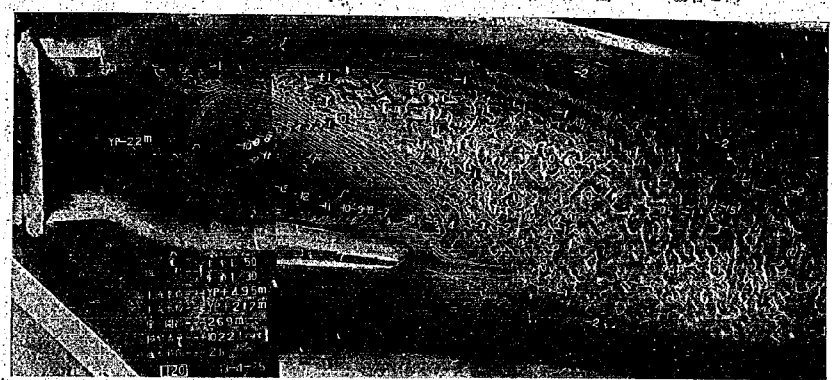


圖 — 39　下游を急激に增幅した場合の洗掘狀態．其の他の條件は圖—37 の場合と同一



射流で流出する場合の洗掘狀態は圖—39 の如くなる．之は圖—37 と比較して約 1 m 餘計に深掘されてゐる．

何れの場合に於ても急激に增幅する場合の方がより多く洗掘されてゐる．一般に水路の增幅は出來得る限り緩に行ふのが良く．經濟上の條件が之を許すならば水門，洗堰等の構造物は河幅一杯に造る事が望ましい．一旦絞つた水を再び擴げる場合，どの程度緩に增幅すれば良いか其の限界は河幅，流量，流速等に依り異なるであらうが獨立の題目として研究する價値があるであらう．

[3] 要　　約

本實驗（模型縮尺水平 1/50, 鉛直 1/50, 1/40, 1/30）と前實驗（模型縮尺水平 1/100, 1/40）を比較して，下流の洗掘狀態に就ては本質的な差異は無かつた．從つて前實驗に於て導いた結論に對しては變更する必要は無いと思はれる．

水平方向と鉛直方向の縮尺を同一にした場合に射流で流出せしめると流心に蛇行的傾向が現れた．此の現象は

鉛直方向を引延すに從つて弱くなつた.

前實驗に於ては射流で流出する時，流心が左岸或は右岸に片寄る場合は略同等の安定度を有してゐたが本實驗に於ては右岸に片寄る方がより安定であつた．鉛直方向を引延すに從つて左岸に寄る場合の安定度は增加する傾向にある.

射流で流出する場合と潛流で流出する場合の限界曲線に就ては模型が大きくなる程曲線は上に移り鉛直方向を引延すに從つて幾分下に降る傾向がある.

模型を歪めて鉛直方向を引延す事は一般に洗掘力を誇張する結果となつてゐる.

射流で流出し流心が左岸に片寄る場合，前實驗に於ては導流堤の尖端が洗掘されなかつたが本實驗に於ては洗掘されてゐた．之は本實驗の方が正しい結果を與へて居るものと思はれる.

導流堤の先きの導流杭は洗掘を防禦する爲にも，閘門下流の堆積を防止する爲にも有效である.

水叩の長さの長い事は洗掘を輕減する上に效果がある.

水門下游を急激に增幅する事は却つて有效斷面積を縮少し洗掘を大ならしめる.

前實驗及び本實驗は洪水時 835 m^3/sec を流す場合の洗掘狀態を對象として行つたもので上下流の水位及び扉の開高は全て此の流量を基準としたものである．利根川再改修計畫に依れば洪水時江戸川水門より 1000 m^3/sec を放流する事になつたが，835 m^3/sec で限界曲線附近である故 1000 m^3/esc を流さんとすれば射流を生ずる事は避け難く，相當の洗掘を覺悟しなければならないであらう．江戸川放水路への容量を增加して少くとも 835 m^3/sec以下に限る事が水門の爲には望ましい.

IV. 毛馬洗堰の洗掘に關する 2, 3 の考察

[1] 實驗の目的及び裝置

江戸川水門の如く引揚扉の下を潛らしめて流出する場合と，淀川の毛馬洗堰に於る如く角落を用ふる堰に於る場合とで洗掘狀態に如何なる差があるかを明らかにする目的で模型實驗を行ふ一方，實際の洗堰に於る下流洗掘狀態に關する資料を內務省大阪土木出張所より戴き實驗結果と比較する事とした.

實驗結果と實際に於る洗掘現狀とでは隔りがあるが，之に依つて洗堰下流の洗掘に對して 2, 3 の考察を加へる事が出來た.

此の實驗は江戸川水門實驗（其 2）の終了後，其の實驗設備を利用して行つたもので，模型水門を其儘洗堰にも流用した爲に堰柱の構造，數等に於ては實物と異つてゐる．水平縮尺は毛馬洗堰の幅と模型水門の幅とを比較して略 1/44 となつた．鉛直方向は 1/25 として上下流の水位其の他を定めた.

角落堰を流出する場合には全く異つた 2 つの狀態がある．角落の無い場合と角落で堰上げられて潛流する場合とである．實驗は之等の 2 つの場合に就て行つた.

毛馬洗堰の實際の構造は圖—40 に示される如くである．最近の洗掘狀態と洗掘防止の爲に捨石された狀態とは夫々圖—41, 42に示されてゐる．實驗裝置は圖—41, 42 以下の寫眞に見られる如くである.

[2] 實驗結果及び實際の狀態

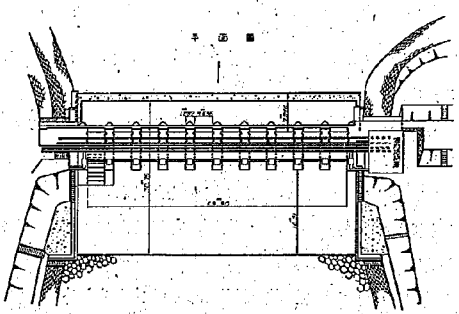
i) 角落の無い場合

毛馬洗堰の上流水位は洪水時を除けば新淀川の長柄可動堰に依つて常に O. P.+2.50 m に保たれてゐる．從つて毛馬洗堰に於ては角落しを入れずに安治川に流し込む儘になつてゐる．下流水位は潮汐の影響を受けて平均

して O. P. +1.40~1.90 m の間に在る.

模型に於ては上流水位を O. P. +2.5 m, 下流水位を最も低い場合の 1.30 m に取り模型流量 25.8 l/sec を流した.

圖 — 40　毛馬洗堰の概略



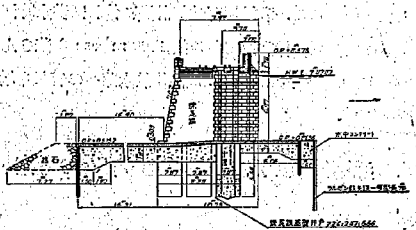
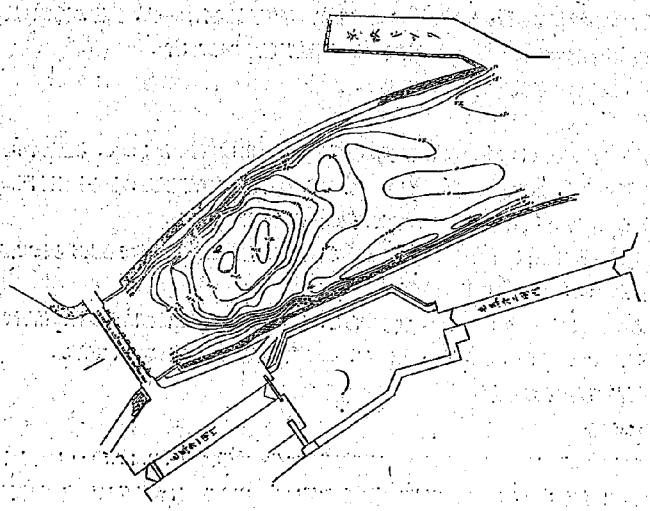


圖 — 41 毛馬洗堰水叩下流深淺圖



河床の砂は江戸川水門實驗の際と同樣として上記の條件で2時間通水した結果圖—43 の如く洗掘された．更に 5 時間通水した後の洗掘狀態は圖 — 44 の樣になつた．洗掘狀態に 4 本の堰柱の影響が明瞭に現れてゐるが時間の經過と共に洗掘が進行し其の影響は薄らいで行く樣である．實際の洗堰に於ては堰柱の數が多く又竣工後 30 年を經過してゐるので堰柱の影響が洗掘狀態に現れて居る樣な事は無い．

此の實驗に於ける流向は圖—45 の如くであつた．兩岸寄りに渦を生じ渦の部分には堆積するが渦の上流端は洗堰された．現在の毛馬洗堰に於ては大量の捨石を行つてあり，兩岸に於ては徑 30 cm 程度の捨石が干潮面上に出てゐる．從つて模型と比較して渦は生じ難い狀況に在るが，其れにも拘らず捨石の間を縫つて渦の生じてゐる事が認められる．河岸附近はかく堅固に防護せられた結果，毛馬洗堰に於ては流勢は專ら中央に集中し，河の中央が洗掘せられてゐる．(圖—41)

模型に於ても實際の場合に倣つて捨石する事とし，圖—44の狀態で河岸及び O. P.—2m以下に洗掘せられた處に徑5～10 mm の小砂利を捨石した．其の狀態は圖—46に示される通りである．之に前と同一の條件で6時間通水した結果は圖—47 の樣になつた．兩岸寄りに出來る渦の上流端が洗掘される事は前と同樣である．

更に捨石して7時間通水した結果は圖—48 の如く洗掘された．洗掘される位置が次第に下流に移つて行く事が解る．毛馬洗堰に於ても同樣の現象を呈しつゝある．

圖 — 42　毛馬洗堰水叩下流の捨石

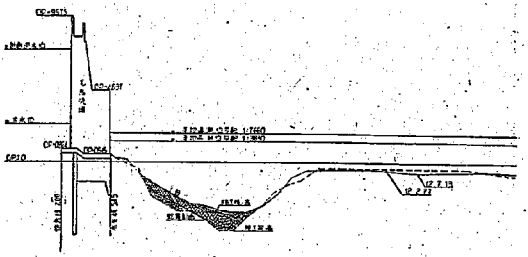


圖 — 43　角落の無い場合の 2 時間後の洗掘狀態

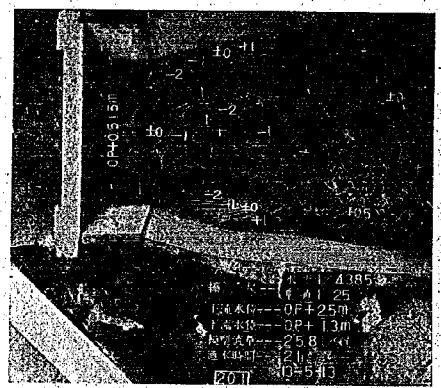


圖 — 44　角落の無い場合の 7 時間後の洗掘狀態

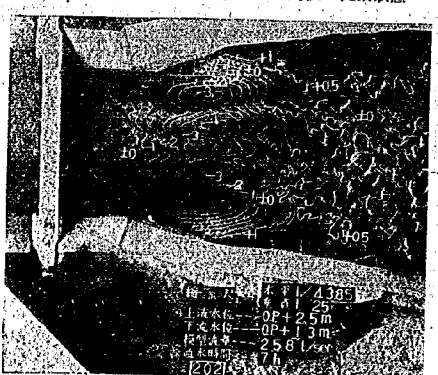


圖 — 45 圖—43 に對應する流向寫眞

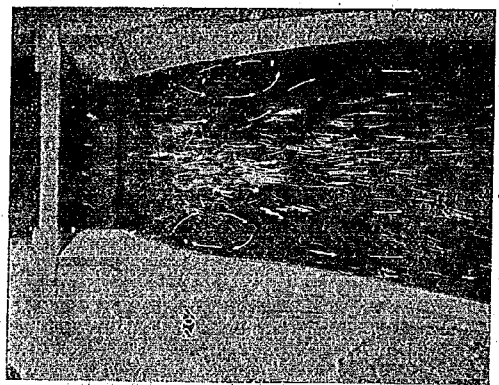
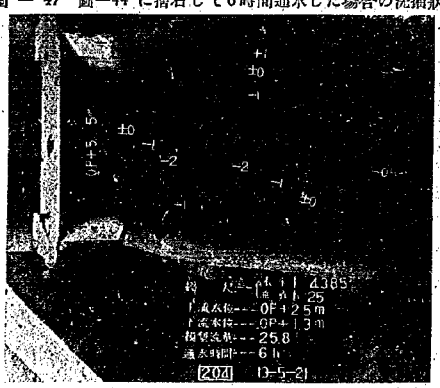


圖 — 46 圖—44 の狀態に捨石した狀況

圖 — 47 圖—44 に捨石して6時間通水した場合の洗掘狀態



(ii) 角落を入れた場合

角落の無い場合と角落しを通流して落下する場合との洗掘上の差異を見る爲に，模型流量，下流水位は (i) と同樣に保ち上流水位を O. P. 7.4 m に相當する如く堰上げた．此の場合の洗掘狀態は圖—49 に示す如くであつた．通水時間2時間にして斯くの如く深掘せられたのは，流量が同一であつても落差が大である爲に流勢が強くなつた爲である．洗掘狀態が中心線に略對稱であつて兩岸寄りが深掘せられてゐる狀態は圖—19, 21 と同樣である．即ち射流を生ずる場合に共通な洗掘狀態である（下游が過度に增幅される時は流心が一方に偏る樣になる）．流向寫眞は圖—50 であつて圖—45 と比較して流勢の著しく强い事が看取される．

圖—49, 50 は下流水位を O. P. +1.3 m に相等する高さに保つた場合であるが下流水位を上げるに從つて水褥作用が效果を現はし水勢は減殺されるに到る．圖—51 は下流水位を O.P. +2.4 m に相等する高さに保つた場合の洗掘狀態であつて水褥作用の完全に效くか效かないかの限界點附近の場合である．下流水位を更に上げれば水褥作用は完全に效果を發揮し圖—52 の如く洗掘は殆ど問題とならぬ程度となる．此の時の流向は圖—53 に見られる如く最早や兩岸寄に渦を生ずる事なく穩かな常流を以て流下してゐる．

(i) の場合に於ては水位差 1.2 m (模型に於て 4.8 cm) で圖—43～48 の如く洗掘せられた．(ii) に於ては (i) の場合より落差が大であるが水褥作用が效く程度に下流水位が高くさへあれば圖—53 の如く殆ど洗掘せられないのである．下流水位が低く水

圖 — 48　更に捨石して7時間通水した場合の洗掘狀態

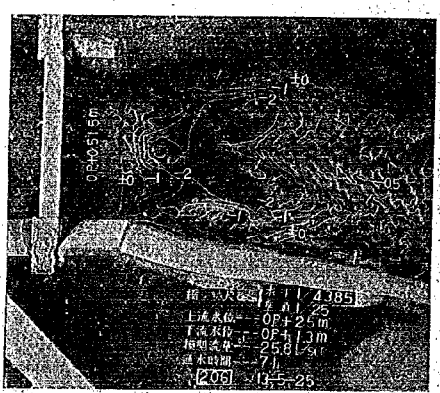
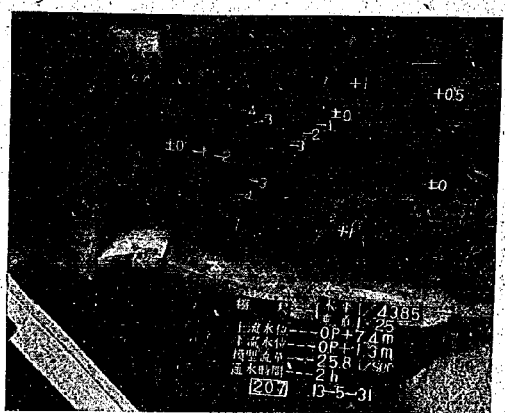


圖 — 49　角落を入れた場合の2時間後の洗掘狀態．下流水位 O. P. +1.3m.



導作用を及さない場合に於ては圖—49 の如く落差が大きいだけ洗掘狀態も惡くなる．

毛馬洗堰に於ては角落無しで常時放流し洪水時には角落に依り殆ど溢流せしめないのであるから，その洗掘は (i) の場合の洗掘である．水位差の擧い割合に洗掘力が大であつて洗堰本體附近を捨石で漸次固めた結果，洗掘箇處は次第に下流に移りつゝある現狀に在る．

水導作用が效くか效かないかの限界は，水門より流出する場合射流を生ずるか否かの限界と同樣に，單位幅當りの流量と落差と下流水深の3つの量の相對的關係に依つて定められる筈である．之に就ても多少實驗を進めたのであるが水門の場合に於ける程限界が明瞭に判定出來なかつた．將來裝置を改めて此の限界を見出し度いと思つてゐる．

常時角落堰を溢流してゐる1例としては瀨田川の南郷洗堰がある．此の堰に於ては下流水深が充分にあり，下流河床には堅い地盤が出てゐるので竣工以來何等洗掘された形跡はない．又圖—54 の平面圖で解る樣に此の堰は河幅の廣い處に設けられてゐる．堰柱の幅の總和だけ河を擴幅したと謂はれてゐるが兎も角單位幅當りの流量が減少し洗掘には好影響を與へてゐる．

一般に洗堰，水門等の河川構造物は工費の關係上河幅を絞つて築造されその爲に下流の洗掘に對しては多かれ少かれ惡い影響を及して居るのであるが，南郷洗堰は之に對して良き解決例を與へてゐるものと謂ふ事が出來る．南郷洗堰の構造は圖—55 の如くである．

圖 — 50 同 上 流 向

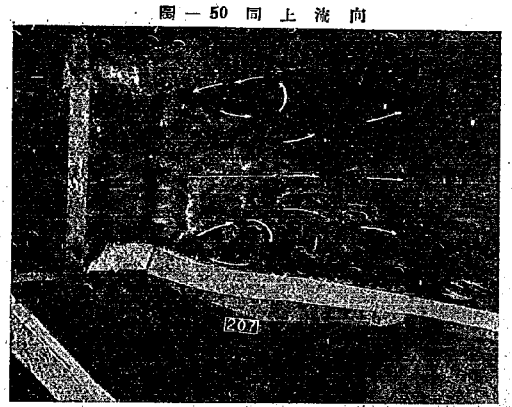


圖 — 51 角落を入れた場合の6時間後の洗掘狀態. 下流水位 O. P.+2.4 m

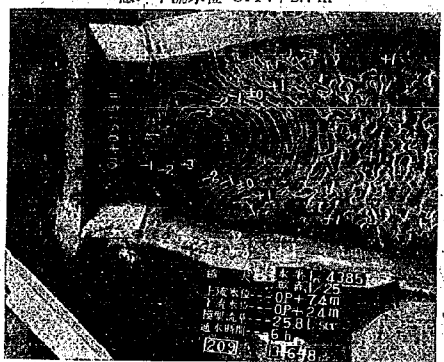
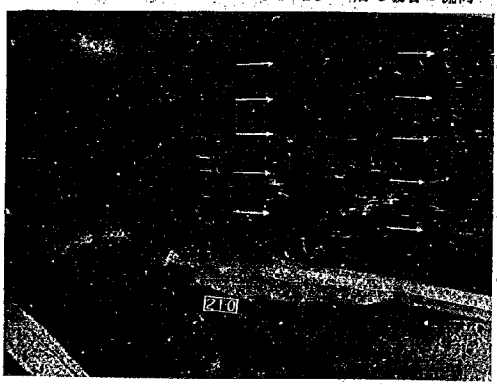


圖 — 52 角落を入れた場合の6時間後の洗掘狀態. 下流水位 O. P.+2.9 m

圖 — 53 水褶作用の完全に效いて居る場合の流向



[3] 要　約

角落堰に於て角落を入れず放流せしむる時は落差の割い割合に洗掘力は強い．毛馬洗堰に於ては最初水叩下流の兩岸寄りの處も洗掘されたものと思はれるが其の後捨石した爲に兩岸は安定し洗掘力は主として河の中央に集中した．中央にも次々捨石した結果現在では洗掘箇處が次第に下流に移動しつゝある．

角落を入れて其の上を溢流せしめる場合には，下流の水深の大小に依つて水褥作用の效く場合と效かない場合とを生じ前者に於ては洗掘は問題とならぬ程度に輕微であるに對して後者に於ては著るしく強く洗掘される．角落しを溢流する場合は毛馬洗堰に於ては殆ど起らない．

水褥作用が效くか否かは單位幅當りの流量，落差，水深の相等的關係に依るものと思はれるが，之に對しては實驗を改めて其の限界を求め度いと考へてゐる．

V. 關宿水門に於ける流出量實測

模型水門に於ける流出狀態と實際の水門に於ける流出狀態とを比較する目的で常時水位差のある關宿水門を選び實測を行つた．本章は2回に亙る實測記錄を整理したものであつて其の內容には多くの辻褄の合はぬ點があるが之等は今後實測の回數を重ねて明らかにしたいと思つてゐる．

此の實測は內務省東京土木出張所四田技師及び本城技師より多大の御

圖 — 54　南鄕洗堰附近平面圖

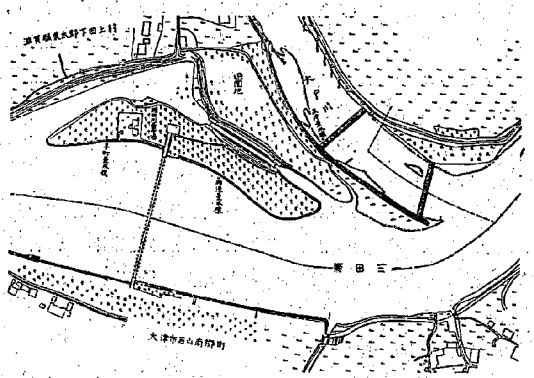
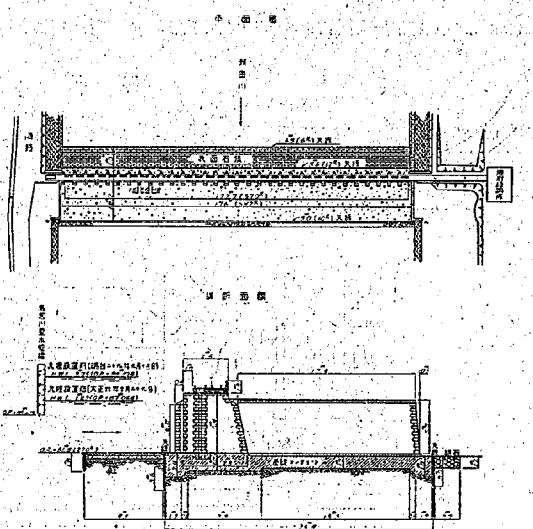


圖 — 55　南鄕洗堰構造



便宜を戴き遂行し得たものであつて玆に厚く御禮申上げる次第である.

[1] 第1回實測

(i) 目　　的

第1回實測は昭和 13 年 2 月 24 日 25 日の 2 日間に亙つて著者，鈴木技手，八木技手，渡部，岸田，山本，澤田の 7 名が出張して行つたものであつてその目的は次の 4 項目であつた.

水門の流出量を上下流の水位と扉の開高とより算出する方法の精度を確むること

模型水門に於る流出係數との比較

射流と潛流の限界曲線の檢討

浮子と流速計に依る流量測量の比較

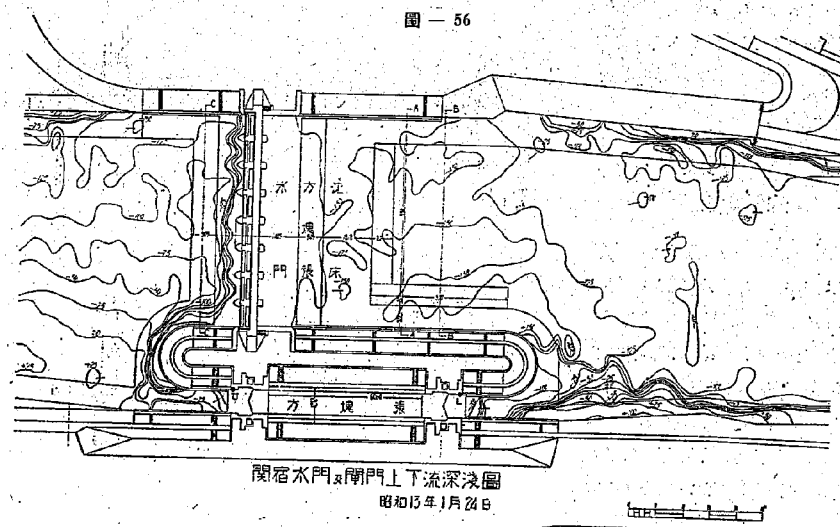
流出量の眞實の量を知る事は出來ないから上下流の水位と扉の開高とより算出する方法の精度と謂つても絕對的の精度ではなく相對的の精度の意味である. 然も流速計を以て流量を實測せんとするのであるから流速計の精度に影響される處大であつて求めんとする精度は遙だ漠然たる意味となるが然しながら實測を重ねる內に何の程度の信賴性があるものか自ら解つて來るものと思はれる.

(ii) 實 測 結 果

實測に當つて上下流の水位を正しく求める事が先づ第1に重要であるから圖—56, U, L の位置に在る上下流量水標間の水準測量を行つた. 測定の結果上流量水標 U の 1.50 m と下流量水量 L の 0.00 m との相對的關係は充分正確であつて水準器の位置を移動して數回測定した處誤差は ±1 mm 以內であつた. 量水標零點は水門下流の平均低水位である.

流量測量は最初圖—56 斷面 A—A (水門下流 50 m) で行つたが第 2 回以後は 15 m 下流の斷面 B—B (水門

圖 — 56



關宿水門及閘門上下流深淺圖
昭和13年1月24日

圖 — 57

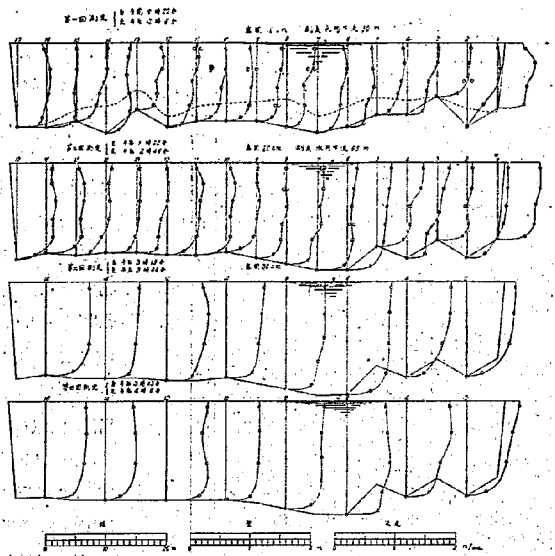


圖 — 58

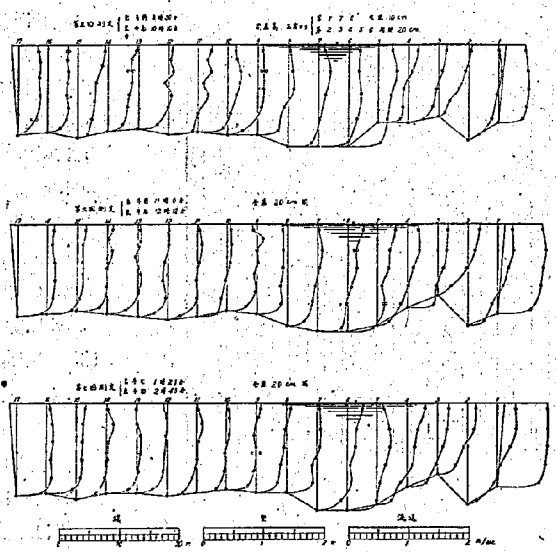


圖 — 59

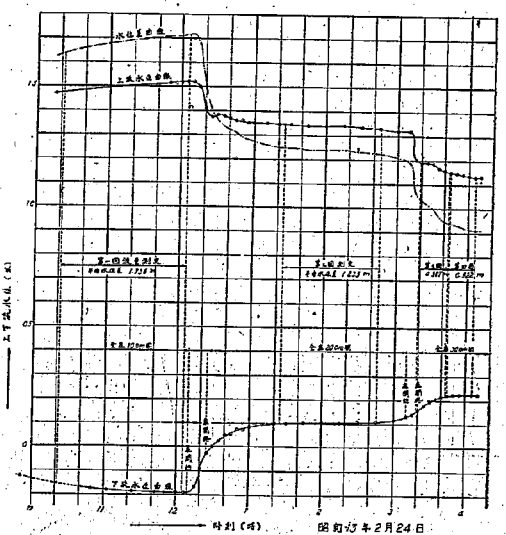
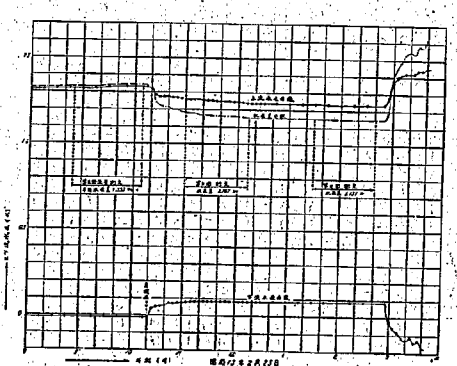


圖 — 60



下流 65 m) に於て測定した. 流速計はプライス式2臺を使用し夫々河幅の半分を受持たせた. 測定は8門の扉を全部 10 cm, 20 cm, 30 cm に揃へて開いた場合及び 10 cm 3門, 20 cm 5門の場合に就き行つた. 開高は各門扉に備付けてある指示器に依り讀んだ. 流速の實測結果を圖示すれば圖—57, 58 の如くである. 扉の開高の變化に伴ふ上下流の水位の變化は圖—49, 60 に示す通りであつた.

圖—57, 58, 59, 60 よりプラニメーターに依り平均水位差を算出し流出係數を求むれば表—1の如くである. 表—1に於ては接近流速を考へてゐないが此の爲の誤差は約1%程度である. 流出係數が1より大となつてゐるが之に對しては次の3つの理由が考へられる.

1. 水門より流下する水は逆勾配で流れる爲に門扉の兩側の位差は上下流量水標に依る水位差論より相等大である. 從つて量水標の水位差より計算する理論流量は小に過ぎるものであつて模型實驗に於ても1より大なる流出係數を生ずる場合がある.

2. プライス式流速計を以て水門下流の渦流度の大なる測點で實測せるものであるから實測流量は實際の流量より大であると推定される.

3. 指示器に依る扉の開高は10cm單位であつて大なる精度を期し難く又扉を閉鎖しても殆相等の漏水ある處より考へれば實際の斷面は計算せる斷面より多少大であつて此の影響は開高が小であればある程流出係數

に大なる影響を與へるものである.

表 — 1

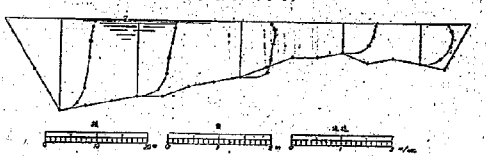
測定番號	平均水位差 Hm	$\sqrt{2gH}$m/sec	流出孔全斷面積 m²	理論流量 m³/sec	實測流量 m³/sec	流出係數
1	1.736	5.833	6.061	35.354	42.930	1.214
2	1.239	4.928	12.121	59.732	68.662	1.149
3	0.987	4.398	18.182	79.964	81.060	1.014
4	0.922	4.251	18.182	77.292	81.130	1.050
5	1.335	5.115	9.849	50.378	59.585 (51.32)	1.183 (1.019)
6	1.167	4.783	12.121	57.975	67.645	1.167
7	1.151	4.750	12.121	57.575	69.108	1.201

備　考　測定には檢定直後のプライス式流速計 2 臺を使用す

尙表—1 より推論せられる事は現在よりも扉を閉めて測定すれば流出係數は大であつて（例へば測定 1）扉を開けて測定すれば係數は比較的に小である（例へば測定 2, 3, 4, 6). 之は扉を操作してより平衡狀態に達する迄には相等長時間を要する事を示してゐる. 測定 3, 4 及び 6, 7 は夫々前の測定より開高を多くし時間を置いて 2 回測定したものであるが共に流出係數は增加してゐる.

圖—60 は測定 5 と同時に水門より約 1 km 下流の定期的に流量を觀測せる地點で測定せる結果である. 之より流量を算出し流出係數を求むれば表—1 括弧內の數値の如くなる. 亦同一箇所にて 0.60, 0.90, 1.20, 1.50 m の 4 種の長さの桿子に依る流速觀測を行つたが補正計算を行ふも猶流速計に依る流速より15%程度大なる數値を得た. 應急の設備に依る觀測であり當日風も相等强くその記錄に自信を持ち得ないので詳細の報告は省略する.

圖 — 61　水門より約 1 km 下流に於ける流量觀測結果（第 5 圖測定と同時）



流量測量の終つて後射流と潛流の限界曲線に就て實驗を行つた. 江戶川河水統制水門に關する實驗其 2（模型縮尺水平 1/50, 鉛直 1/25）に於て得られた限界曲線は圖—62 に示す如くであつて之は岩淵水門に關する實驗及び江戶川水門に關する前實驗に於て得た曲線と大差ないものである*. 關宿水門の側面圖は圖—63 の如くであつて H, H_2, Z は圖に示す如く採る. 左岸寄りの一門に就て除々に扉を揚げ圖—62 に於て①である流出狀態の時明瞭に射流となり流出し自由表面を認める事が出來た.

[2] 第 2 回 實 測

(i) 目　　的

第 1 回實測は渴水時に行つたものであるが第 2 回實測は水量の比較的豐富な時機を選び 4 月 22～23 日に著者, 八木技手, 與石, 今野の 4 名が出張して行つた. 前實測に於ては 1 より遙かに大なる流出係數を得たが第 2 回實測に於ては主として此の原因を再檢討する爲に次の 3 項目に就て實測を進める事とした.

* 土木試驗所報告第 40 號江戶川河水統制水門下流洗掘に關する水理實驗 44～46 頁參照

圖 — 62 江戸川河水統制水門に關する水理實驗に於て得られた射流と潜流の限界曲線

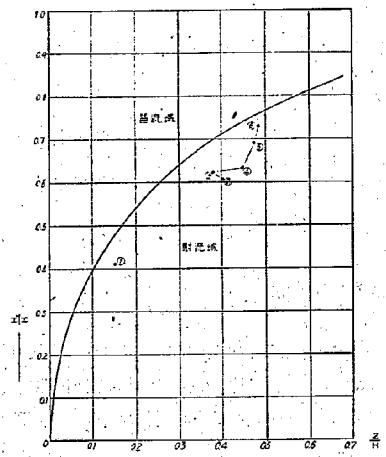


圖 — 63 閘宿水門側面圖

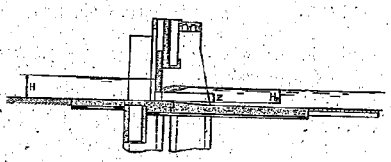
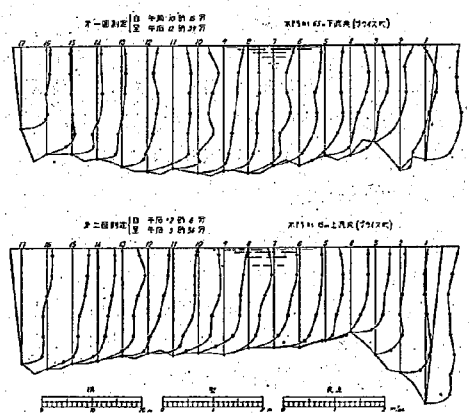


圖 — 64



扉の開高をレベルで正確に測ること

水門の上流及び下流に於て廣井式及びプライス式流速計に依り同時に實測し渦流度の影響を調べること

射流と潜流の限界曲線の檢討

前實測に於ては扉の開高を頻繁に變更し平衡狀態に達せざる內に測定した事が流出係數に變動を與へる原因になつたのではないかと考へられるので第2回實測に於ては扉の開高は前日の儘として動かさず同一狀態に就き上下流2回實測を行ふ事とした.

(ii) 實 測 結 果

下流及び上流の測定位置は夫々圖—56 斷面 B—B, C—C より 2～4 m 下流であつて一艘の船に於て同時に廣井式とプライス式流速計を使用した. 實測結果を前回と同樣に整理すれば圖—64, 65, 66, 67 及び圖—68, 69 の如くである. 之等の實測結果より流出係數を計算すれば表—2 に揭げる通りである.

扉を動かさなかつた爲に實測中の上下流の水位は略一定であつた(圖—68, 69). 實測の終つて後扉を閉鎖して見て水準器に依り實測中の扉の開高を正確に求めた. 扉は閉鎖しても相等の漏水があり, 表—2 に於ける流出孔斷面積には猶或る程度の誤差は含まれてゐる. 漏水斷面が大であればある程算出する流出係數は大きくなる.

水準器で求めた扉の開高と各徑間に備付けた指示器の讀みを比較すれば表—3 の如くである.

表—2 に就て見ればプライス式に依る流量は廣井式に依る流量に比して常に 6.4%～8.4%程度大であつて豫期せる程上流及び下流に於て其の比に差異を認める事が出來なかつた. 此の事は水門の上下流で渦流度に大なる差異のない事を示してゐると共に電車に流速

計を取付けて靜水中を走らせて求めた檢定曲線に依り實際の河川の流量を計算すれば數%の誤差を含む可能性のある事を充分に示してゐる.

流出係數は前實測結果と比較して小であつて一般に認められてゐる數値に近い値を得た. 前實測に於て流出係數の過大であつたのはプライス式流速計を用ひた爲の外扉の開高が不正確であり其の上開高の小なる場合であるから灌水面積の影響が大である爲と推定される.

水門下流水面勾配に就ては正確な實測は困難であつたので側壁に於ける水面測定で間に合はせた. 水門扉裏の水面は 23 日午前の流出狀態に於て下流量水標に於ける水面より約 40～50 cm 低かつた.

流量測量を終つて後射流と潛流の限界曲線に就ての實驗を行つた (23 日午後 2 時 30 分～ 4 時 00 分, 圖—69). 以下扉の開高は指示器に依つて讀んだものである. 先づ右岸より第 1, 2 徑間を閉め次に 第 3, 4 5, 6 徑間を 60 cm に開け第 7, 8 徑間を閉めた. 中央徑間を除々に 80 cm 迄開けたが射流表面は見られなかつたので第 6 徑間 1 門のみを開け開高 1.26 m に達せる時明瞭に射流表面を見る事が出來た. 此の時の時刻は 3 時 00 分であつて其の時の水位から Z/H, H_2/H を計算し圖—62 に點を落せば②の位置である. 3 時 10 分には中央 4 徑間の第 3, 4, 5, 6 徑間を全部 1.20 m に揃へた. 此の時の流出狀態は③で表はされる. 3 時 20 分に中央 4 徑間を全部1.40 m に開け 3 時 40 分迄放置した. 此の時の流況は圖—70 に示す如くであつて 3 時 20分, 30分, 40 分に於る流出狀態は點 ④ ⑤⑥で表はされる. 中央 4 徑間を 1.40 m

圖 — 65

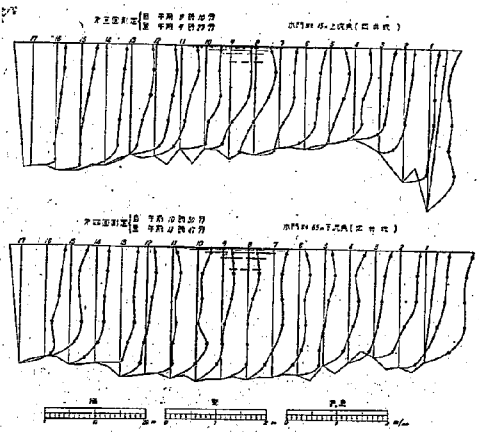


圖 — 66

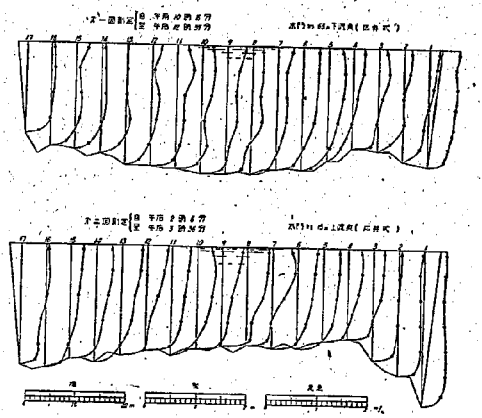


圖 — 67

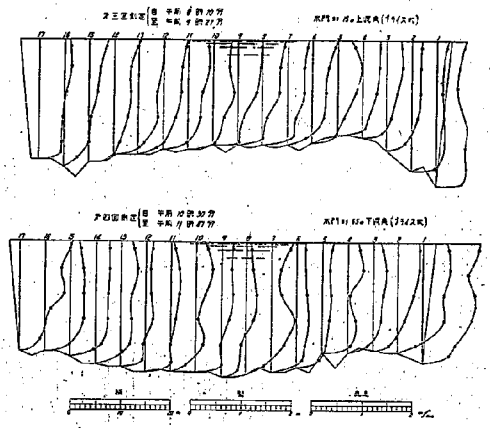


表 — 2

型式	測定番號	平均水位差 Hm	$\sqrt{2gH}$ m/sec	流出孔金斷面積 m²	理論流量 m³/sec	實測流量 m³/sec	流出係數	接近流速を考へた時の流出係數
廣井式	1(下)	1.091	4.624 (4.662)	28.693	132.676 (133.767)	112.334	0.847	0.840
	2(上)	1.120	4.685 (4.729)	28.693	134.427 (135.689)	114.537	0.852	0.844
	3(上)	1.073	4.586 (4.631)	30.330	139.093 (140.458)	119.460	0.859	0.851
	4(下)	1.075	4.590 (4.633)	30.330	139.215 (140.519)	125.490	0.901	0.893
ブライス式	1(下)	1.091	4.624 (4.662)	28.693	132.676 (133.968)	121.212	0.914	0.905
	2(上)	1.120	4.685 (4.735)	28.693	134.427 (135.861)	123.767	0.921	0.911
	3(上)	1.073	4.586 (4.639)	30.330	139.093 (140.701)	129.418	0.930	0.920
	4(下)	1.075	4.590 (4.639)	30.330	139.215 (140.701)	133.596	0.960	0.950
備考	括弧内の數字は接近流速を考へた時の數値を示す．上下は水門の上流及び下流に於ける測定を示す．							

表 — 3 扉 の 開 高

右岸よりの徑間番號	4 月 2 2 日		4 月 2 3 日	
	指示器に依る開高	水準器に依る開高	指示器に依る開高	水準器に依る開高
1	0.400 m	0.365	0.500 m	0.512 m
2	0.400	0.418	0.500	0.486
3	0.500	0.553	0.500	0.481
4	0.500	0.529	0.500	0.511
5	0.500	0.529	0.500	0.496
6	0.500	0.528	0.500	0.479
7	0.400	0.441	0.500	0.540
8	0.400	0.426	0.500	0.499

に開けた場合の流向を水門上及び兩岸より觀察した結果大體圖—71の如くであつた．流れの中心が左岸寄りに片寄つたのは右岸より第6番目の徑間を最初に大きく開けた時の惰性であらうと思はれる．水門の直ぐ下流に生じた兩岸寄りの渦は非常に弱かつたが閘門の下流で河幅が急に擴大される處では相等強い渦を生じた．之に相等する場合の模型に於ける流向は圖—11 の如くである．

圖—62，②の狀態に於て明瞭に射流表面を認めたが扉の開高の總和が前よりも大となつた爲漸次上流水位は低下し下流水位は上昇する爲に流出狀態は順次②—⑥の如く變化し，水門扉の兩側より噴出する水と表面渦に遮はれて射流表面は遂に認められなくなつたが模型實驗で圖—71 即ち圖—11 の如き流向を示す場合は射流狀態で流出する場合に限るのであるから ②—⑥ の流出狀態は射流域に屬するものと見做して差支へないであらう．

第1回實測に於て得た點①と第2回實測に於て得た點②—⑥は全て江戸川水門模型實驗（水平 1/50, 鉛直 1/25）に於て得られた射流と潛流の限界曲線の射流域内に在り，此の曲線を大體實際の場合に適用して差支へないと思はれる．

射流で流出せられた水の相等濁つた點より見て河床は多少洗掘せられた樣であつた．翌日の深淺測量の結果は圖—72の如くであつて之を圖—56（昭和 13 年 1 月 24 日）の深淺圖に比較すれば床固下流端附近で約20～30 cm 河床の低下を來した．上流に於ても多少低下した．關宿水門の下流は建設當初の河床（−1.50 m）

圖 — 68

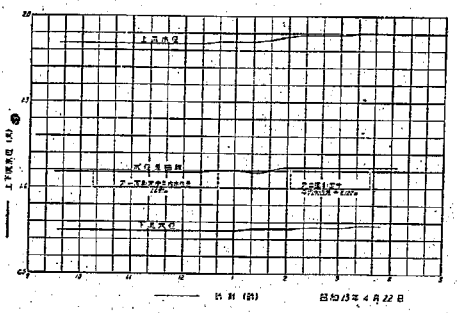


圖 — 69

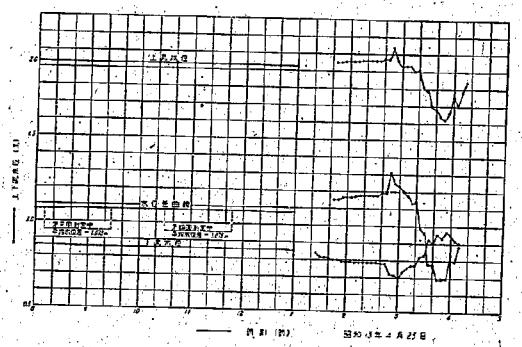


圖 — 70　中央4徑間を 1.40 m に開け他を閉鎖した場合の流況

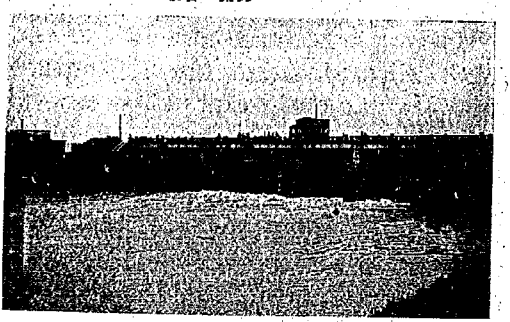
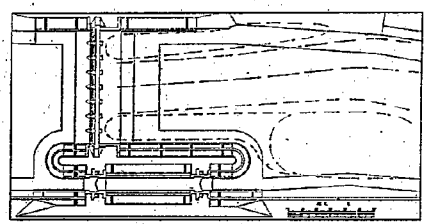


圖 — 71　中央4徑間を 1.40m に開けた場合の流向

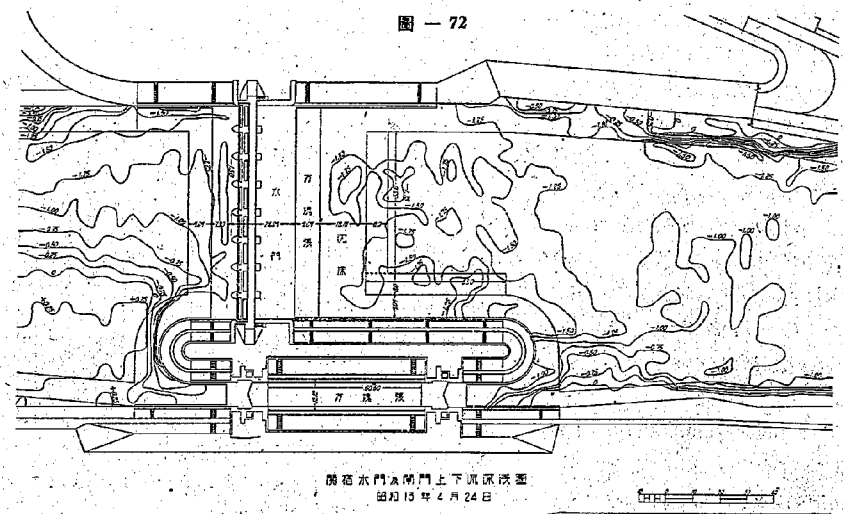


より堆積するばかりであつて,* 通常の流出狀態では下流で— 1.75m以上となつた事は無いのであるから僅かではあるが此の河床の變動は約 40 分間の射流實驗に起因するものであると考へられる.

[3] 要　　約

電車に流速計を取付けて靜水中を走らせて行ふ檢定方法に依つて檢定せられた流速計を使用して渦流度の多い實際の河川の流量を實測すれば數%の誤差の含まれる可能性がある. 從つて流速計に依つて流量を實測し流出係數を求める前に先づ流速計に關する誤差に就て明らかにして置く必要がある.

圖 — 72



又扉の開高の誤差は其儘流出係數の誤差となるものであるから注意を要する. 實際の水門に於て潤水斷面を正確に求める事は困難であり潤水斷面の割合が大であれば流出係數も實際より大きく算出される.

實際の水門に於て流出狀態の變化に伴ふ流出係數の變化を明らかにする爲には以上の2つの點に就て先づ準備する必要がある.

實際の水門に於ては水の崩れる程度が模型に於るより甚しい爲に門扉の兩側よりの噴水と表面渦に依り射流表面が餘く覆はれ射流表面を認め得る場合は圖—62に於ける限界曲線より多少下がつた處にある. 下流に於る狀況より見れば射流表面が見得ない場合でも圖—71の如き狀態を示し模型實驗に於て射流で水門を流出する場合に相當する場合がある. 實際の水門に於ては一度門扉を動かせば上下流の水位が平衡する迄に長時間を要する爲に射流と潛流の限界曲線を明確に求める事は困難であるが大體に於て圖—62の限界曲線を實際の水門に適用して差支へないと思はれる.

* 土木試驗所報告第 40 號江戸川河水統制水門下流洗掘に關する水理實驗　16～18頁參照.

急流河川の床止堰堤下流部の洗掘に關する模型實驗

内務技師　安藝皎一
佐藤清一

要旨

本實驗は急流河川に床止堰堤を用ひて各區間に於ける河床勾配を緩ならしめんとする場合，其の床止工の種々なる形と河床の洗掘狀況に就て實驗的に研究せるものである．

目次

I. 緒言……(1)
II. 實驗箇所と堰堤形狀の種類……(2)
[1] 實驗箇所の選定と縮尺……(2)
[2] 模型の種類……(5)
III. 模型用砂の決定……(6)
IV. 實驗裝置……(8)
V. 實驗標準の決定と實施順序……(9)
[1] 水位及び模型流量の標準……(9)
[2] 給砂量……(10)
[3] 通水時間……(12)
[4] 實驗の種類に關する表……(12)
[5] 實驗方法並に順序……(13)
VI. 各種床止工の洗掘狀態……(13)
[1] 型～I の洗掘狀態……(13)
[2] 型～II 〃 〃……(16)
[3] 型～IV 〃 〃……(18)
[4] 型～V 〃 〃……(21)
[5] 型～VI 〃 〃……(25)
VII. 實驗結果要結……(27)
[1] 水流の狀態に就て……(27)
[2] 洗掘の狀態に就て……(27)
[3] 流砂量の比較……(28)
VIII. 結語……(28)

I. 緒言

本實驗は急流河川に於ける床止堰堤上下流部の洗掘狀態を模型に依りて實驗研究せんとせるものにして，特に京都市鴨川市內區間の或る箇所に就て研究したものである．

我國に於ける河川はその殆どが急流河川にして，河床砂礫の移動激しく，洪水の來る毎に亂流する河川が少くない．

顧ふに之は，主として其の河床を形成する砂礫と河川の勾配及び流量とが平衡を保たざるに外ならない．從つて斯る河川を安定に保つには計畫の洪水量を疎通せしめうる丈の流積を有せしむるは勿論の事，河床の勾配を緩

ならしめて直接河床の崩壞に關係を持つ流速を減ぜしめ河床砂礫の平衡を保ち得る緩勾配迄矯正するを要す．其の爲めには必然的に河川全長を幾箇所かに區切り step 狀に床止堰堤を築造せねばならぬ事となる．此の一例が本實驗にて研究せる鴨川である．

斯くの如き step 狀の床止堰堤に依りて區切られたる區間は，河床勾配緩となりて水流に依る河床洗掘低下は防ぎ得るも，之に代りて水流の專ら攻撃する所は段の移り目となり此所に新緩河川と舊急河川の有する勢力の差額が集中される事となる．

即ち改修せる河川の，水流に依りて破壞されるや否やは一に床止堰堤の破壞されるや否やに掛ると云つても過言ではない．

玆に於て床止堰堤の形を如何にすれば最も被害を小になしうるかが施工上の問題となり，模型實驗に依りて種種適當と思はれる形を考へ，水流の動きより推論して，より一層適合せる形を案出せんとして此の實驗を行へるものなり．

一般に斯くの如き實驗は環境條件を變へる事に依り無限に異なれる結果を得るもの故，本實驗に於ては下に述ぶるが如き或る標準の下に研究を進め，環境條件の變りたる場合は此の實驗に於て得られたる結果に基いて夫々に推論されん事を望むものである．尙ほ始め考慮せる堰堤の形は6種にして其の中の5種に就て研究せり．

II. 實驗箇所と堰堤形狀の種類

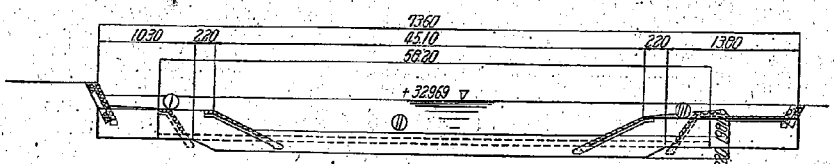
[1] 實驗箇所の撰定と縮尺

實驗箇所は鴨川中流部と定め第40～第42號の3堰堤を取入れた．又縮尺は歪ませず――即ち水平方向と垂直方向とに於て縮尺の大さを變へずに――1/40 とせり．其の理由大體次の如し．

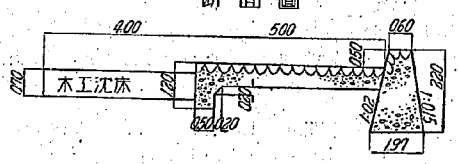
(1)　斯る模型實驗は，全部で55個ある床止工に就て1つ1つ行へば夫々に特有の相異なれる結果を得るものなれど，之は莫大なる時間が費されるに比し特に異れる重要なる結果の出るべくも見えざる故中流部の中の何れかの箇所に就て代表的實驗をする事とせり．

圖—1 (a)

斷面圖



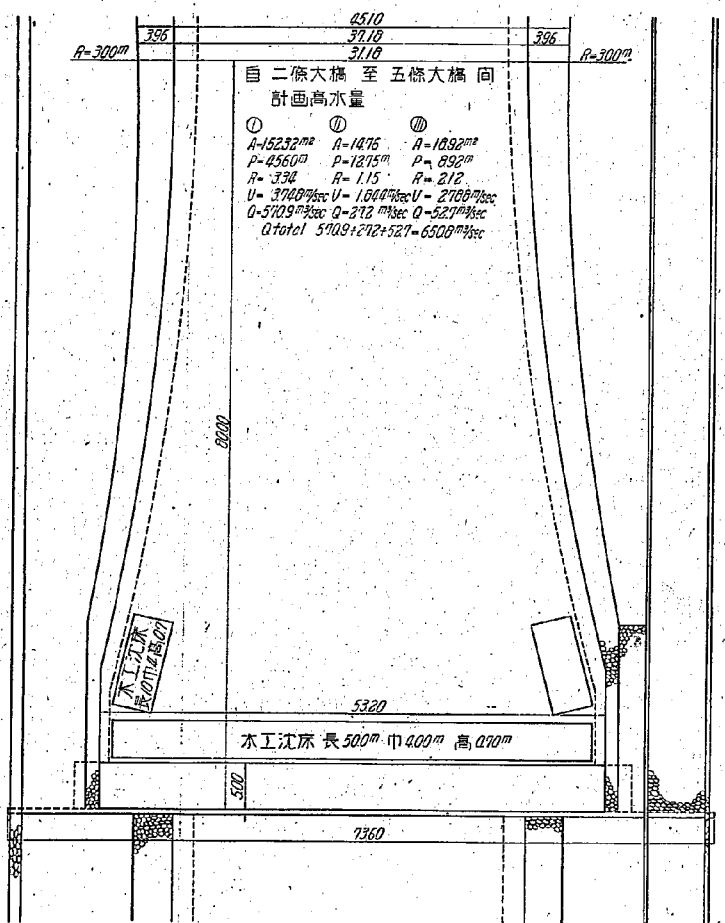
斷面圖



（2） 本實驗に於ては局部的洗掘を研究するを目的とせるを以て，可及的詳細に亙れる設計圖を必要とす．之に對し幸ひ圖－1の如き中流部堰堤標準圖ありて二條大橋より五條大橋の間に適用せるものあり．從つて模型は此の標準圖に依り上述の區間内の床止工を取入れる事とせり．

圖—1 (b)

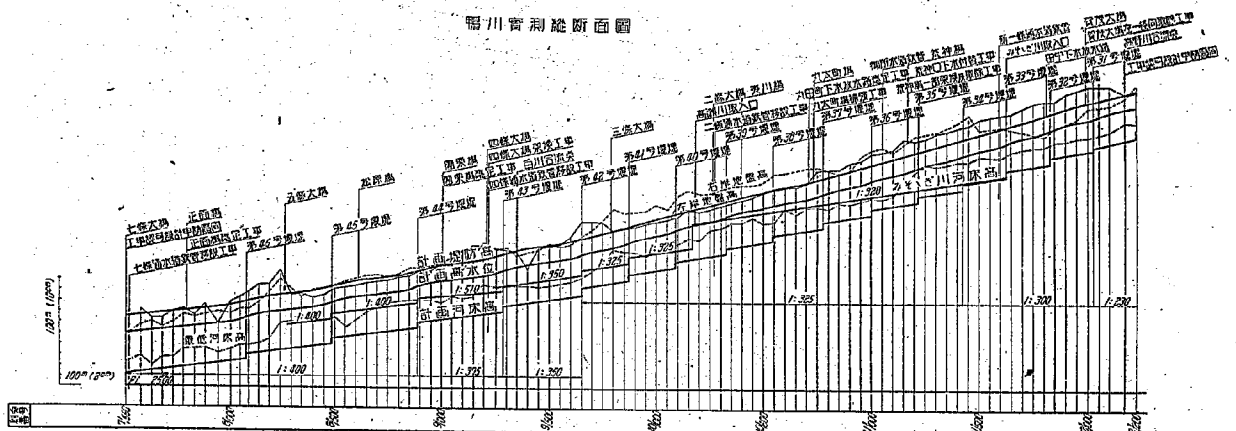
平 面 圖



（3） 從つて圖－2の縱斷圖に依り第41號堰堤を中心として取入れる事にせり．

圖— 2

雨川實測縱斷面圖


計畫河床高
計畫洪水位
計畫高水位
1:400
1:350
1:325
1:300
1:220
1:375
1:555
1:400
1:975
1:350
100m (200m)

（4） 本實驗は洗掘狀況を見るを目的とせるを以て詳細なる觀察をなすには模型は可及的に大なるを必要とす．又砂粒河床型式とせるも石炭粉其の他の比重の輕き砂粒質材料を用ひず自然砂を以て模型用砂とせるを以て模型用砂縮尺は可及的大なるを要し，從つて模型そのものの縮尺の可及的大なるを要せり．

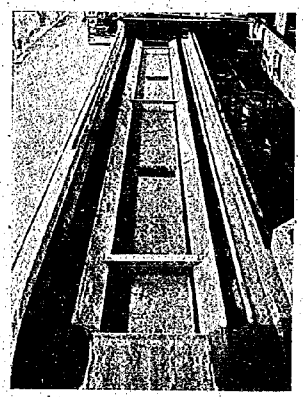
又砂粒河床模型に依りて洗掘狀況をありのまゝに知らんには垂直方向と水平方向の尺縮を變へるは不可なり．

依りて模型には縮尺を歪ませる事なしに而も出來得る限り大なる縮尺を採用する事とせり．換言すれば第41號堰堤を中心として可及的小なる範圍を取入れる事にせり．

（5） 然るに改修されたる鴨川は床止工の一鏈鎖をなすものなれば，今實驗研究せんとする第41號堰堤も斯くの如き鏈鎖中の一たるの性質を有すべきなり．此の爲めには少くも上下流に各1箇の堰堤を置くを要す．

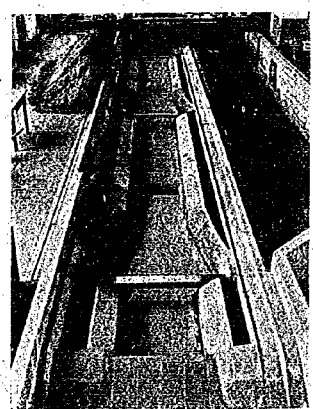
（6） 以上の理由に依り又實驗室の大きに依りて模型に取入れたる床止工は第40，第41，第42の3箇とし縮尺は 1/40 とせり．（圖3～4）

圖—3



模型II…高水敷及び低水路には未だ模型用砂が填められてない．
（上流より見る）

圖—4



模型IV…改造の終りたる所
（上流より見る）

[2] 模型の種類

本實驗に採用せる模型の種類は型Iより型VIに至る6種類なり．

先づ型～I は鴨川改修以前の自然河川にして床止工なる階段を有せざる場合にして，床止工を施工して果して幾許の流砂量を減じ得るや，從つて床止工の河床維持に對する效果如何を見る爲めのものである．從つて模型河川に於て兩岸竝行して直なるものとし，圖—3 に於て3箇の堰堤を取外せる形である．

型～II は河幅兩岸竝行して一定なるまゝ3箇の床止工を設置せるもので圖—3 に示す通りである．此の型に依りて水位，流量，給砂量の標準を定め，堰堤上下流に於て河幅を變へ又護岸の法勾配を變へた場合に對する比較の根本をなさしむ．

型～III及型～IVは圖—4に見る如く堰堤直下流部に於て急激に河幅を增大せるものとし，此の中型～IIIは堰堤直下流より河幅の本來のものに復せる點までの距離の短きもの，型～VIは之の長きものとす．卽ち之等によりて

堰堤直下流に於て急激に河幅を變へる事の可否及び其の部分の護岸曲線曲率の大小に依り洗掘狀態は如何に變るかを見んとす.

型—Vは型IVに於ける下流の平面形を上流にも逆に用ひたる形にして,水流を既に上流より一樣ならしめ,堰堤隅部に於ける渦動を除かんとせるものなり.

型—VIは兩護岸天端幅一樣なる事圖—3の如きも堰堤の箇所に於て法勾配を1:0,5となしその上下流或る距離に亙りて徐々に本來の法勾配にすりつけたるものなり.之も水流をして一樣ならしめ,堰堤隅部に於ける渦動を可及的除去せんとするを目的とす.

III. 模型用砂の決定

本實驗は主として河床の掃流洗掘に關せるを以て模型用砂は砂利の限界掃流力より決定せり.

砂利に對する限界掃流力は其の個々の材料に對し夫々一定なるものなり.即ち限界掃流力は砂利の性質が一定なれば,換言すれば比重一定にして粒度一定なれば水深と勾配を如何に變するも一定値を有す.此の事は著者の別個の研究[1]に依りて確かめられた.

限界掃流力を S_o,水深を H,勾配を I,水の單位重量を γ_o とせば,

$$S_o = \gamma_o HI \qquad (1)$$

にして S_o は河床材料に從つて一定なり.

今模型の縮尺を水平方向に $\frac{1}{m}$,垂直方向に $\frac{1}{n}$ とせば.

$$L_N = mL_M \qquad H_N = nH_M \qquad \therefore\ I_N = \frac{n}{m} I_M$$

なり.但し N, M は自然と模型とを意味し,L, H は夫々長さ,水深を意味す.然る時模型限界掃流力 S_{oM} と自然河川限界掃流力 S_{oN} との比は次の如し.

$$\frac{S_{oM}}{S_{oN}} = \frac{\gamma_o H_M I_M}{\gamma_o H_N I_N} = \frac{m}{n^2} \qquad (2)$$

然るに前記研究に依れば S_o と河床材料の性質との間には次の如き關係あり.

$$S_o = k\cdot(\gamma - \gamma_o)\cdot\lambda\cdot d_m \qquad (3)$$

玆に k はある常數,γ は砂利の比重,λ は砂利の細粗粒混合の狀態を示す指數,dm は平均粒徑なり.從つて模型には M を附し,自然には N を附せば(2)は

$$\frac{S_{oM}}{S_{oN}} = \frac{k(\gamma_M - \gamma_o)\lambda_M\cdot d_{mM}}{k(\gamma_N - \gamma_o)\lambda_N\cdot d_{mN}} = \frac{m}{n^2}$$

玆に於て河床材料に自然砂を用ひ,細粗粒混合の狀態を同一にせば,即ち篩分曲線の形を相似ならしめば

$$\gamma_M = \gamma_N \qquad \lambda_M = \lambda_N$$

なり.故に

$$d_{mM} = \frac{m}{n^2} d_{mN} \qquad (4)$$

を得.

---

1) 安藝皎一・佐藤清一:砂粒河床模型實驗の基本に關する實驗並に限界掃流力に關する研究,內務省土木試驗所報第48號.

本實驗に於ては

$$m_l = n = 40$$

なる故

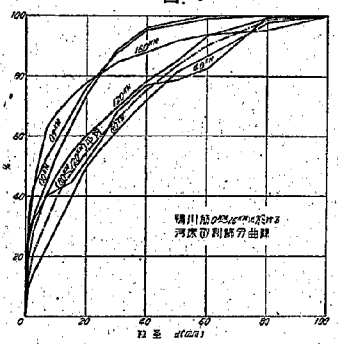
$$d_{mM} = \frac{d_{mN}}{40} \qquad (5)$$

なり.

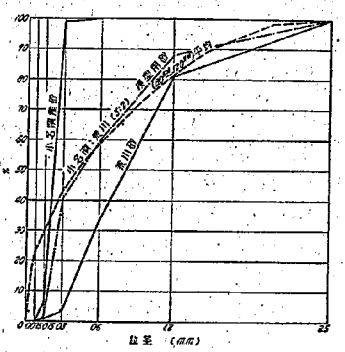
模型用砂として(5)を適用せんには兩者の篩分曲線の形を相似ならしめ且つ自然河川砂利の平均粒徑若くは最大粒徑を知らざるべからざるを以て，先づ試驗せんとする區間に於ける自然河床砂利篩分曲線の平均曲線を作れば圖－5 の如し.

但し堰堤第 40～42 は 9 粁 650 米より 10 粁100米の間にあるを以て8粁と12粁に於ける試料の平均をとれり. 之等の篩分析及び比重は表－1 の如し.

圖－5



圖－6



表－ 1

孔及目の大きさ(mm) 通過	孔及目の大きさ(mm) 止り	鴨川筋斷面 8 粁	鴨川筋斷面12粁
	100		
100	80	2.26 %	4.76 %
80	60	11.21	1.98
60	50	5.41	8.39
50	40	9.13	6.80
40	30	10.55	8.57
30	25	5.63	4.85
25	20	6.29	4.45
20	15	8.70	5.88
15	10	9.98	7.60
10	7	6.92	6.06
7	5	5.21	5.15
5	2.5	4.92	7.50
2.5	1.2	4.60	9.50
1.2	0.6	4.88	11.90
0.6	0.3	2.43	4.11
0.3	0.15	1.04	1.56
0.15	0.075	0.50	0.60
0.075		0.35	0.33
合	計	100.01	99.99
比	重	2.62	2.65

(5)に從ひて平均粒徑を1/40ならしむる事は，篩分曲線の相似なる場合最大粒徑を 1/40 ならしむると全く同一なるを以て圖−5 の横距に示せる 100 mm を 25 mm と書きかへたるものを作ればよい．斯くの如き理想的模型用砂は圖−6 に示す如く，之に對し同じく圖−6 に見る如き荒川砂及び小名濱砂を容積比にて 2：3 の割に混じて作れるものが模型用砂にして同様圖−6 の如し．模型用砂を簡單に而も大量に作らざるべからざるを以て理想曲線との多少の不一致は致し方なし．殊に粉末の如き砂粒は自然河川には存在せず，又假りに存在せるも斯る微粒子になれば砂粒としての物理的性質を失ふが故に斯る微粒子は模型用砂中に用ひるは不適當なり．從つて粒徑小なる部分に於て兩曲線の合致せざるは當然である．

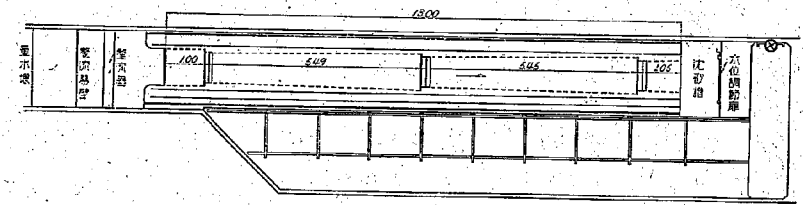
IV. 實驗裝置

本試驗所工場試驗場は長さ約 15 m 幅員 4 m あり．之に對し前述の理由により縮尺 1/40 にして 3 個の床止工を取入れたり．其の平面及び側面は圖−7 の如し．

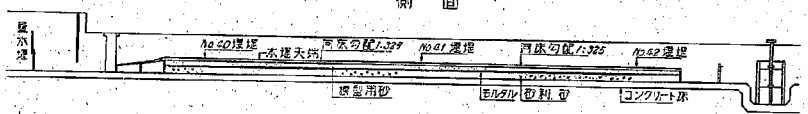
圖−7

平 面

(單位 cm)



側 面



水路長約 15 m 中，上流部約 1 m は整流の爲めの靜水池となし，次の 13 m を目的の試驗區間とし，後の 1 m を沈砂池とした．

模型に於ける水面勾配並に水位の調節には沈砂槽下流に設けられたる扉に依つた．

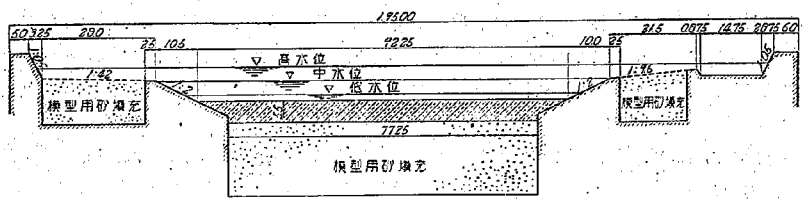
本實驗に於ては河床の洗掘を見るを主目的とせるを以て，模型河床は低水路は勿論の事高水敷も箱形の深きものとし，之に所定の河床高迄模型用砂を填充した(圖−8 の如し)．但し石張又はコンクリートにて造れる部分，卽ち護岸及び"みそそぎ川"等は洪水にあひても全然破壞する事なしと考へモルタルにて固め，其れ以外の箇所を箱形の深きものとした．

又床止堰堤も堅固なるものとしてモルタルにて作り，其の下流部又は背後を水流に依りて洗掘さるるも，全然沈下する事無きものと考へ，圖−1 斷面圖に示す如き床止工をモルタル (鐵線入り) にて作り，之を圖−9 の如

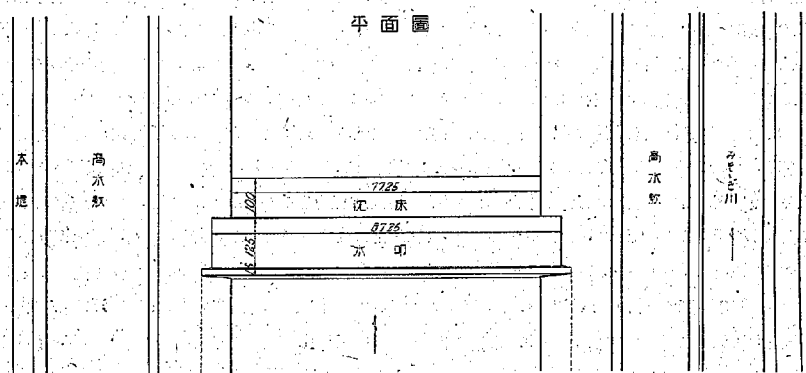
圖—8

堰堤箇所横断

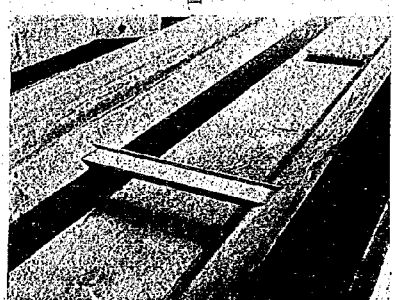
(單位 cm)



平面圖



圖—9



く兩岸にモルタルにて取付けた．而して此の堰堤の下には同様模型用砂が填充され，地中の流れも自由に下流に連續せしめ，又洗掘が堰堤の下に如何にして入り込まんとするかを見るに便ならしめたるものなり．然るに模型に於ける堰堤には flexibility なき故（鍛筋モルタルなる故，ひび入りても沈下する事なし）堰堤下底部の洗掘狀態は相當誇張され，或る程度以上に於ては全然實際とは甚け離れたる結果の出づるものと考へらる．從つて洗掘の狀態を判斷するには堰堤の下部まで洗掘の入り込まざる時期を採用すべきである．

V. 實驗標準の決定と實施順序

[1] 水位及び模型流量の標準

水流の狀況としては低水路のみを流れる場合と高水敷迄水がのりたる場合とに就て根本的なる差異を生ずるも

のと考へられる故圖－1 に示す横斷圖に於て，水位が低水護岸の天端まで一杯に流れる場合と計畫高水位とに分け，尙ほ極く流量の小なる場合に就ても研究するを要する故實驗設備に於て測定し得る最小流量を流し此の時の水位を低水と名付けた．又低水護岸の天端迄の水位を中水と名付け計畫高水位を高水と名付けた．

而して之等の模型に對する標準は床止工を有して最も單純なる型－IIに於て，上述の水位に相當せる各流量を標準模型流量として定め，以後各型の實驗に於ても常に之等と同一流量を流して專ら比較に便ならしめた．IIの型式に於て上流の水位に從つて定めた流量を他の型式に適用せる故水位に於て夫々多少の差異を生ぜるは當然の事である．

以上の低，中，高の各水位に對應する流量は夫々 3.9 *l*，33.8 *l*，101.5 *l*，となり，之を以て標準流量とした．

［2］給砂量

洗掘に關する實驗に於て最も重要なる事の一は給砂量なり．模型にて云ふ給砂量は實河川に於ける流砂量にして，此の如何に依りて床止工の洗掘狀態に重大なる差異を生ずる故，此の模型實驗に於ても鴨川の床止工完成後の眞の姿を模型に於て見出さんとせる場合には河川改修後の流砂量を知らざるべからず．然るに河川の改修に於て一般にさうである如く鴨川の場合に於ても床止工を完成せる爲めに如何なる程度に流砂量が減少するものか，又更に重要なることは河川最上流に於ける山崩れは今後如何，此の量が大した事なければ河川全體の流砂量は減少の傾向に向び從つて床止工の局部に於ける洗掘は增大の傾向を取るであらうが，之に反して溪流部よりの土砂流が莫大なれば河川各所に設けられたる床止工は砂礫止めの役は或程度迄勤めうるであらうも上より來たる砂礫の爲めに全く埋沒するやも知れず．尙ほ更に鴨川の如く溪流部に於て盛に砂防工事を行ひつゝある場合には河川の流砂量は如何に變ずるであらうか．砂防工事を行ふからには少くとも初め暫時は減少を來すものであらう．而も甚しくは砂防工事完成直後は全く流砂量が無くなるかも知れぬ．併し初めの中減少するであらう此の流砂量も時の經過と共に如何に變化するであらうか．相當の年月の長きに亙り減少したる儘に止るか，又兩三年を經ずして元と同程度の量に復するか，斯くの如き事情が洗掘に關して重要なる一條件となる．

上述の如く溪流部に砂防工事を施工せる爲めの流砂量への影響及び床止工完成後の明確なる流砂量を知らんとする事は，之のみにて既に１つの大なる問題となり他に改めて研究すべきものなれば本實驗に於ては下記に示す如き或る標準を設け，之を基として將來流砂量の增加せんとする傾向にある場合又は減少せんとする傾向にある場合に對し夫々演繹推論して適用されん事を望む次第である．

元來本實驗に取れたる範圍は床止工３個に過ぎず，全河川55個に比して極めて小區間なりと云ひ得．されば此の小區間に入り來る流砂量と流出する流砂量とは，略々等しきものと考へても大差あるまい．又斯くの如くに兩者等しき場合に就て研究をなしおけば之よりも流砂量の小になる場合，又は大となる場合に對し比較的困難を感ぜずに推論し得るものに非ずやとの見界の下に床止工第40より入る量と第42より出づる量と略々等しき所に流砂量即ち模型の給砂量の標準を置く事にせり．以上の第１の條件に對し更に他の１つの條件は，此處に取入れられたる３個の床止工に就て，之も取入れられたる區間が全床止工區域に比し極めて小なる故，床止工上下流の掃流洗掘の狀態が略々同一なるべき事が考へられる．從つて給砂せる場合には此の條件をも充す如くに加減せねばらない．

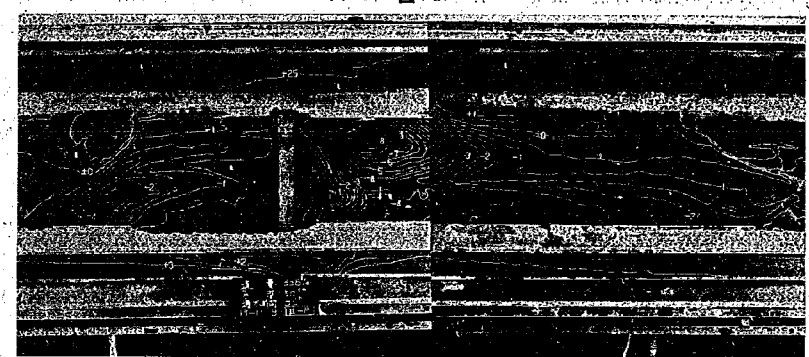
以上の二條件に適合する樣次に述べる如く實驗的に給砂量の標準を定めた．此の際水位並に流量の標準の如く型－IIに於て決定したるは云ふをまたない．

型～IIに於て低水 3.9 *l* を流せる場合は一般河床の砂粒は全然移動せず，單に床止工兩端に於て局部的なる渦動流の爲めに多少の洗掘を蒙りたるのみであつた．從つて低水の實驗には全く給砂するを要せず，無給砂といふ事にせり．

次に中水の場合に於ける標準を決定せんに，先づ無給砂の場合から始めた．

卽ち最初給砂せずに 3 時間通水せるに砂粒の移動相當激しく第 42 號堰堤より流出せる流砂量は 424 *l* であつた．此の場合の第41號附近の洗掘狀態は圖－10の如く床止工直下流部に於て極めて深い洗掘を受けた．此の場合第40號及び第 42 號を比較してみるに，給砂せざる爲め第40號堰堤は 3 時間の通水にて全く洗掘し盡され堰堤の底は完全に抜けるに至つた．然るに第42號の堰堤に於ては其の直上流部は寫眞に見る第41號の直上流の如く相當の深掘れをする事もなく，況や第40號の如く堰堤下部の抜かれる程の洗掘は見られなかつた．之を要するに全然上流より補給さるべき砂の無き爲めに上流の方より順次堰堤の底が抜かれると云つた狀況にあり，洗掘の程度が第40號，第41號，第42號と漸次低下の傾向にある．

圖－10

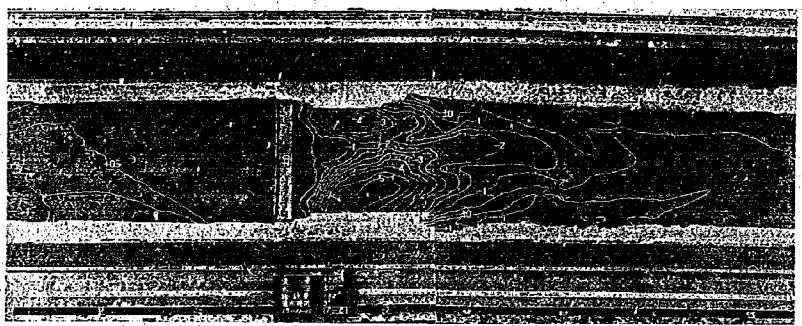


斯る狀態では孰れを以て洗掘の標準にすべきか不明確なれば前述の如き條件に從ひ前述の如き狀態を作り出さんと努め，河床を新たに均し直して給砂を試みる事とせり．

給砂の方法は，模型最上流部に於て相當の流速を有せる水流中に砂粒を落し込まねばならぬので砂粒は河床に沈下せる前に相當距離押流さるゝ恐れあるを以て砂箱の底に開けたる小孔より時間的に一樣に砂粒を水面に落下せしむるは不適當なり，寧ろ原始的に或る一定量宛一定小時間毎に斷續的に河床目掛けて落し込むを可と認め，斯る給砂法を採用せり．

斯くて給砂量を定むべく，通水時間は前同樣 3 時間とし，3 個の堰堤の直上流部が 3 個共比較的平坦にして且つ同樣の掃流狀態を生ずべく，又直下流部の局部洗掘の狀況も略々同一なる如く適當に見計ひつゝ補給せるに，第40號の上流より入れたる量 152 *l* に對し第42號の下流より出でたる量は 408 *l* であつた．之に依りて床止工 3 個に就ての洗掘狀況は圖－11の如く先づ略々同樣なりと云ひ得るも，流入量 152 *l* に對し流出量 408 *l* にては兩者の差相當大にして前述の條件を充し得ず，更に第 3 の試みを行へり．

圖—11



今度は通水時間1時間とし，前の給砂量 50 $l/_{hr}$ に對しその約3倍 144 $l/_{hr}$ を補給せるに洗掘狀態3個の床止に就て前述の條件を充し流出砂量 224 l を得た．之なれば前よりは餘程等しくなり，掃流狀況も適當なる故中水の給砂量は，144 $l/_{hr}$ という事に決定せり．

次に高水の場合に於ける給砂量を決定せんに，矢張上述の如き條件を充す樣1時間の通水にて 314 l を補給せるに第42號より流出せる量 368 l を得た．之なれば全く等しいと云つてもよく，直ちに此の 314 $l/_{hr}$ を以て高水の場合に於ける給砂量とせり．

[3] 通水時間

河床の掃流洗掘の狀態は床止工工法の差異に依りて異なり，又同一工法に於ても流量に依りて異なる事が考へられるが，更に通水の時間に從ひて其の洗掘の大さが異なる．

吾人は專ら工法上の差異及び水位に依る差異を知るを目的とし，又或る程度の通水時間に於て充分に各傾向を知り得るを以て或る程度の同一時間を以て統一し，以て時間に依りて入り來る差異を除かんとせり．

元來此の模型に取入れたる實驗範圍は短く，模型に於ける河川の幅員は之に取入れられたる長さに比し比較的大なる故，漸砂は速に第41號の床止に達し得る．第41號の床止工に於て，之が單に水流に依つて洗掘さるのみならず，更に上流より相當の砂量が流下し來り之が堰堤下流の洗掘作用に干渉するに非ざれば眞の洗掘傾向を示すものとは思はれない．此の爲めに要する時間は大體1 hr と見積られ，之を以て通水の標準時間と定めた．

更に3時間，5時間と通水するに從ひ，洗掘狀態の大さを增大するのみにて其の根本的性質を變化する事はない．又相似律に從ひて不明確なる時間の縮尺を作り得たとしても，河川の永遠なるにまかせて相當長年月に亙れる洗掘狀態を見んとする時は模型に於て通水すべき時間も莫大となり，折角の時間の縮尺もさして意味を有せざる事となる故，上述の狀況に依りて適當なる通水時間1時間を採用しても洗掘の性質を研究する實驗に於ては何等差支へ無き事と考へられる．

斯くて通水標準時間は，總ての型を通じて1時間と云ふ事に決定した．

[4] 實驗の種類に關する表

以上述ぶる所に依り，實驗すべき床止工工法の種類及び實驗諸標準は決定されたが之を表に示して一目瞭然たらしめば圖—12の如し．

圖—12

床止工の種類		流量		
I		1	低	3.9 c/sec
		2	中	35.0 〃
		3	高	101.5 〃
II		1	低	3.9 〃
		2	中	35.0 〃
		3	高	101.5 〃
III		1	低	3.9 〃
		2	中	35.0 〃
		3	高	101.5 〃
IV		1	低	3.9 〃
		2	中	35.0 〃
		3	高	101.5 〃
V		1	低	3.9 〃
		2	中	35.0 〃
		3	高	101.5 〃
VI		1	低	3.9 〃
		2	中	35.0 〃
		3	高	101.5 〃

表中 1, 2, 3 に依りて水位又は流量の低中高を示す故，今後例へばIV—3 と云ふは型—IV なる床止工法の中高水時に於ける洗掘の實驗を示すものとす．

［5］ 實驗方法竝に順序

如何なる順序にて實驗を進めたるかを述べる前に，個々の實驗を如何に運びたるかに就て記す事とす．

本實驗の目的は種々なる床止工に對する洗掘の比較研究にあるを以て前述の如く各種床止工を通じて同一流量，同一給砂量にて同一時間の通水を行ふ事とせるも，尙ほ洗掘の根本的差異を見出す爲め又之が比較に便なる樣，各型各水位に就て總て河床は改修直後の狀態に均し直して水を流す事にした．

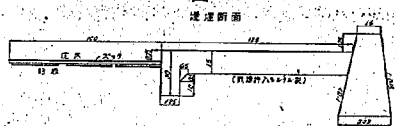
模型河床を均し終へれば前述せる所に依りて定められたる流量を各水位に應じて流し，之と同時に時間的一樣給砂を始む．模型に取入れられたる區間は極めて短き故單に水を流下せしめたるのみにては 3 個の床止上流部に於ける水深は一致せず．故に下流端なる水位調節扉に依りて水深を調節し以て河川全長中の一部分たる如く河床と水面とを稍々平行ならしめた．

1 時間の通水後洗掘狀態を崩さぬ樣水流を急激に止め，洗掘の有樣を寫眞に取る一方洗砂槽に入りたる洗砂量を測定した．又通水中水位の變化及び流速の分布をも測定した．

次に實驗順序大體下の如し！

前述の如く型—IIに依りて標準を定めたる故型—II 1, 2, 3 が一番初めに行はれた．次いで床止堰堤を取外せる型—I 1, 2, 3 に移り，型—IIIを除外して型—IV 1, 2, 3 に就て實驗した．後に詳述するが此の型に於ては水流の激しき渦動の爲め床止工局部が著しく洗掘されたるに鑑み，水流を既に上流側より一樣ならしむ目的を以て型—Vの如くに堰の上流側も河川の幅員を擴大した．以上の諸實驗に依りて床止工左右兩局部の洗掘されるは射流に依るよりは寧ろ渦動流の爲めなるを知り，型—VIの如くに step の處のみ護岸の法を急にせる型を實驗した．

圖—13



尙ほ實際河川に於ては水叩直下流部及び兩側には沈床を入れて洗掘を防ぐも，本實驗に於ては流水の洗掘作用を知るには實際に掘らしめて見るを要するを以て橫型沈床は圖—13の如く水叩の下流のみとし（尙圖—8 參照）兩側には全然之を用ひぬ事とした．

模型として用ひたる沈床は厚さ約 2 mm のズックの裏に厚さ約 1.5 mm, 3 cm × 3 cm の大さの鉛の plate を張り附けたるもので，河床の洗掘に應じて flexible に沈下しうるものである（圖—13參照）．

VI. 各種床止工の洗掘狀態

實驗順序として前述の如く型—IIより始めたが，本章に於ては型—Iより順次型—VI まで寫眞に依りて其の洗掘の狀態と洗況とを說明する事とす．

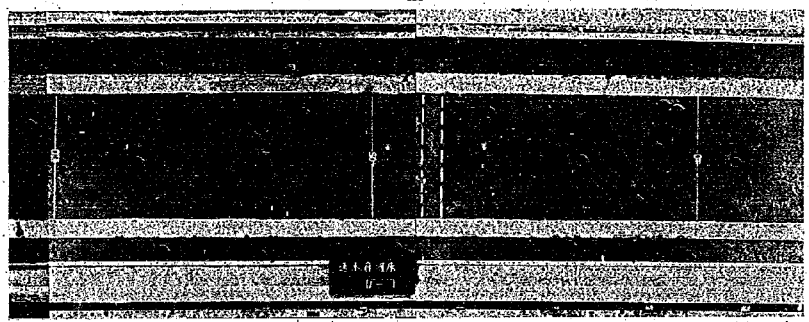
［1］ 型—Iの洗掘狀態

床止を全然取除きたる型で，河床勾配も河川の自然の勾配となり，床止工を設けたる場合の約 1/375 に對して

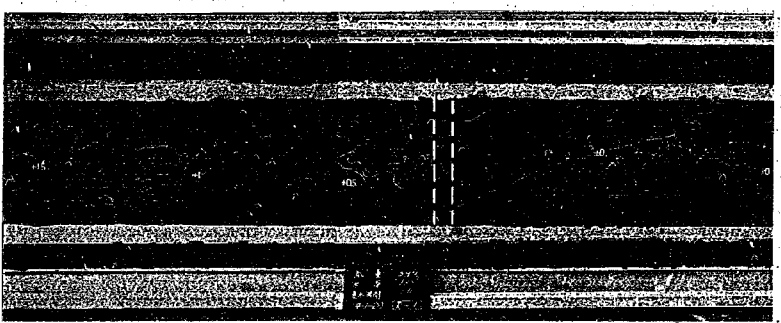
1/180 となつた.

圖—14は此の河床勾配に砂を均らした處で後の水流の掃流洗掘を比較する基となる. 尙ほ今後の寫眞の總てを通じて等高線の±0には床止工水叩の上面をとつてある.

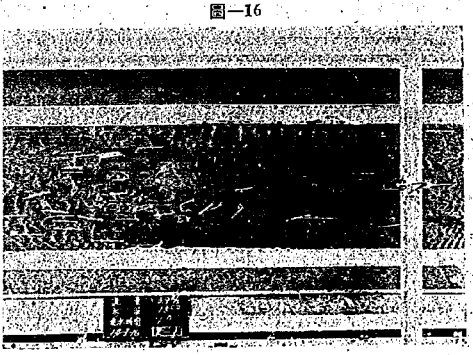
圖—14



圖—15



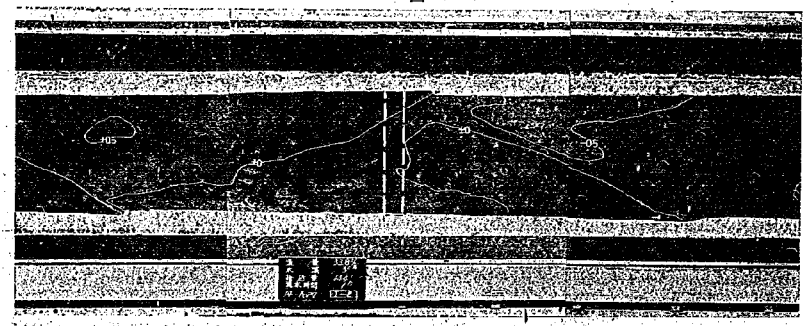
圖—16



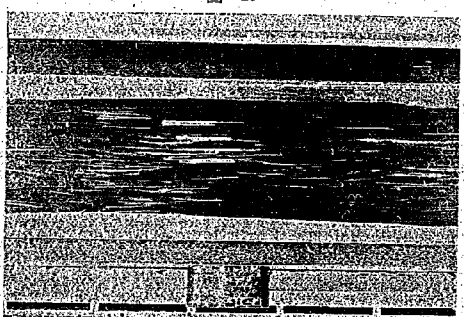
圖—15は低水の實驗である. 河床勾配1/180であるから此の水位にて既に相當砂が動き出してはゐるが, 圖—14の等高線に比し大差なし. 此の時の流況圖—16の如し.

圖—17は中水の場合にして等高線に依り河床の一般に下り始めたるを知る．此の時の流砂量 216 l にして後述の型II～VIに比し大差なし．之に對する流況は圖—18の如し．

圖—17

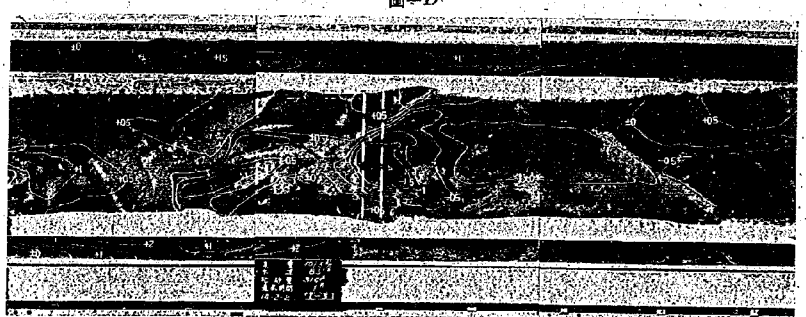


圖—18



圖—19は高水の場合にして砂の動き極めて激しく，河床も極めて複雜に荒らされた．從つて流出砂量も甚しく多く 750 l に達した．尙ほ白き破線は床止工の設けらるべき場所を示す．

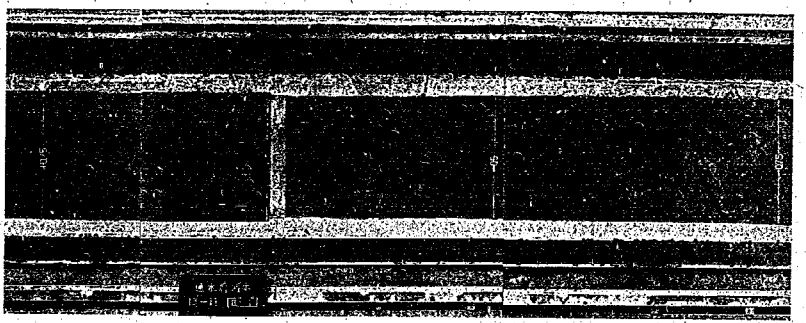
圖—19



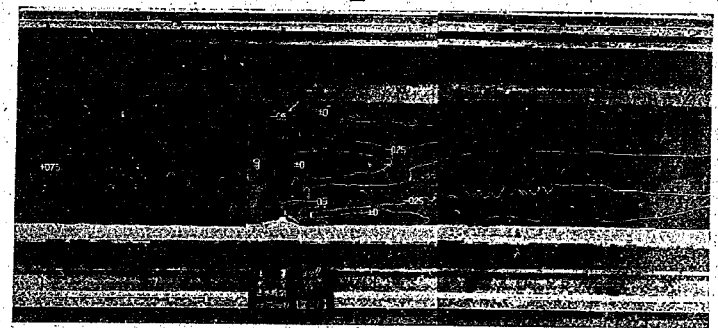
[2] 型～IIの洗掘狀態

低水護岸の法勾配を變へる事なしに床止工の段を設けたる場合にして，先づ通水前の河床は圖—20の如し．

圖—20

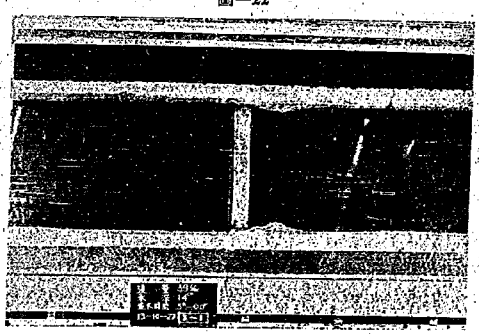


圖—21



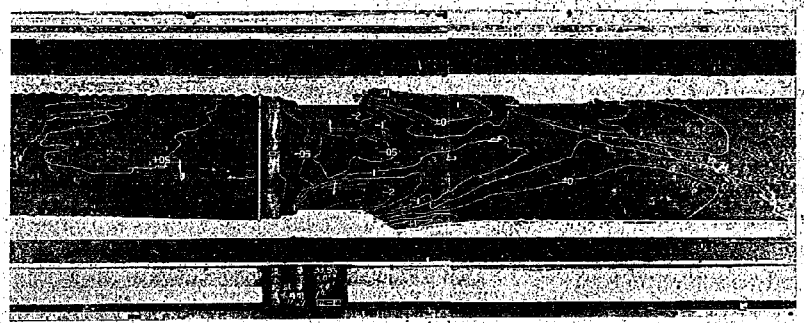
圖—21は低水の場合の洗掘狀況を示す．此の時の河床の動きは極めて微少にして，その流砂量も 2l に過ぎなかつたが，圖—22に見る如く段の處で縮流及び渦動流が起る爲めに，床止工直下流兩端が既に洗掘され始めてゐる．併し此の洗掘されたる砂粒はその直ぐ下流にて堆積する傾向を示してゐる．又床止下流中央部は圖—20の等高線に比して分る如く楕圓形に堆積してゐる．

圖—22

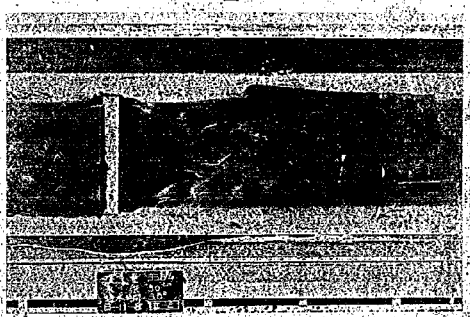


圖—23は中水の場合にして圖—24に見る如く段に於ける縮流性，渦動流性益々激しく床止下流部兩側の洗掘は低水の場合の延長に於て感々大となつた．床止上流部は低水の場合と大して變りなく河床高約1+0.5に止つてゐるのを考へると，床止工なる段に依りて起る縮流及び渦動流が如何に側部洗掘に對して大なる役劃をなすものなるかゝ窺び知られる．側部の洗掘されたる砂はその直く下流に於て堆積してゐる．而してこの洗掘は護岸の根の出る程の深さに達してゐるが，洗掘の上流端は沈床の直下流から始まつてはゐるが後の型—IV の場合の如くに沈床の下まで入り込む事がない．此時の流砂量は前述の如く 224 l であつた．

圖—23

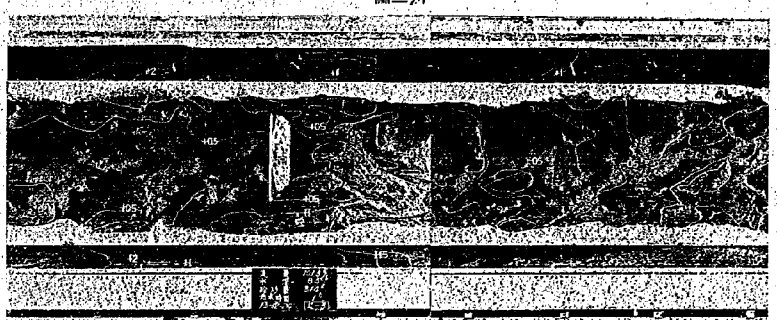


圖—24

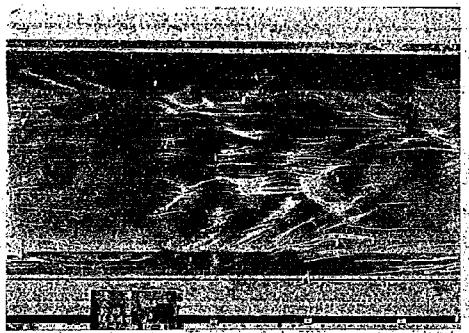


圖—25は高水の場合で，河床の荒れ方はI～3 の場合に於ける如く可成り不規則であるが，II～1 及び II～2

圖—25



圖—26

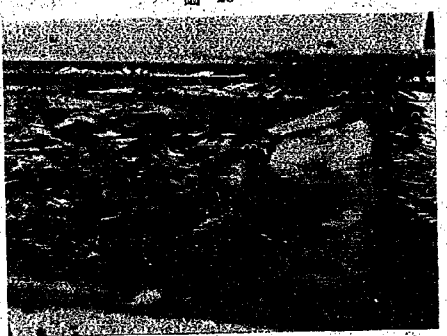


の如くに側部の洗掘される事がない所が其の特長である。之は一に高水敷まで水がのるかのらぬかに依りて生ずる水流の差異に依るもので，高水敷に水ののりたる場合は低水路と高水路に水の連りが出來て河幅全體に於ける一樣性を生じ，又床止工の落差に比して水深が大となる爲めに射流の性質が段々減衰せる爲め河幅全體に對しての水流の一樣性が大となれる爲めと考へられる。而して或る實驗に於て中水を流して圖—23の如く側部洗掘を受けたる後この高水を流せる所，忽ちにして流砂の爲めに洗掘穴は埋められるに至つた。

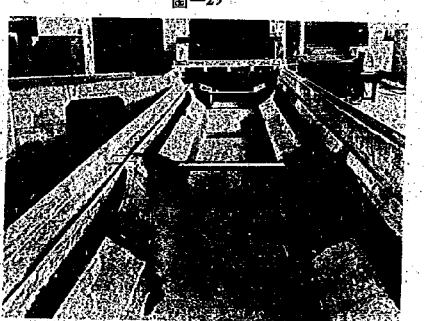
此の場合の流出砂量は前述の如く 368 *l* であつた。又河床の荒れ方は不規則であるとは云へ圖—20に比し根本的なる差異はない樣である。尙ほ圖—27は中水時の床止工直下流部左右に於ける縮流及び渦動洗の狀況を示す。圖—28はその場合の standing wave の狀況を示す。

圖—27

圖—28



圖—29



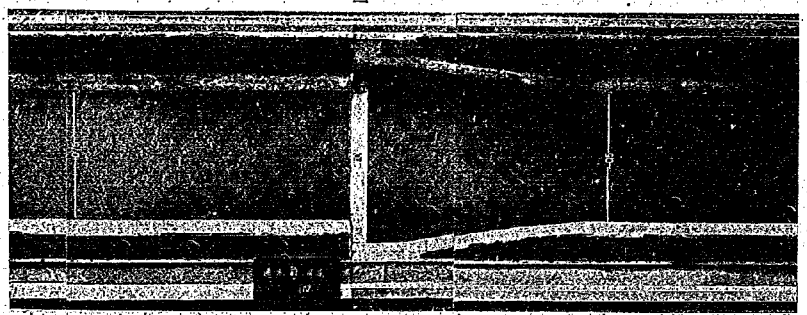
型～VIに於ける第41號堰堤(河床に砂を填める前)

[3] 型～IV の洗掘狀態

之は床止工の段の直ぐ下流で不連續に急に低水河二幅の擴げられたる場合にして圖—29の如し。此の寫眞は低水路及び高水敷に模型用砂の填充されざる場合を示し，向つて左が "みそそぎ川" に相當する。又正面遠方が量水堰である。

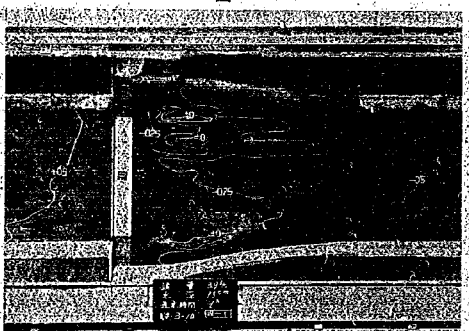
圖—30は通水前の河床高を示す。水叩の上面を±0 とし，沈床の上面が −0.25，堰の上端が＋0.5 である。

圖—30



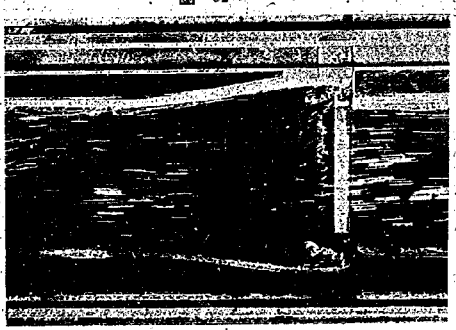
圖—31は低水を流せる場合で，圖—30の等高線に比して河床全般としては大して移動してゐないが，上流低水護岸法尻の延長の邊りに於て餘に沈床下部に洗掘の喰込み始めたるを見る．

圖—31



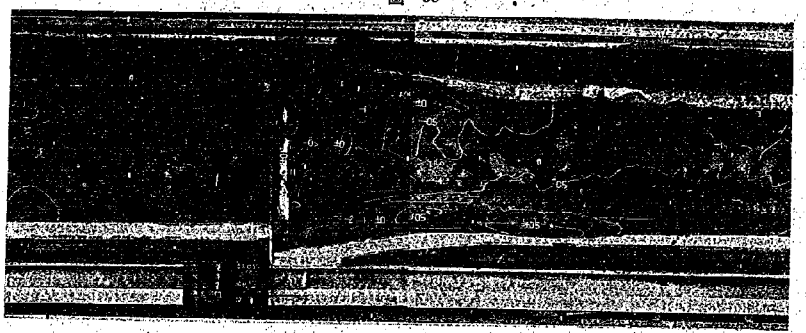
之は圖—32の如くに河幅擴大部兩側に生ぜる渦動流に依存せるものである．此の性質は水位の增すに從ひて激

圖—32

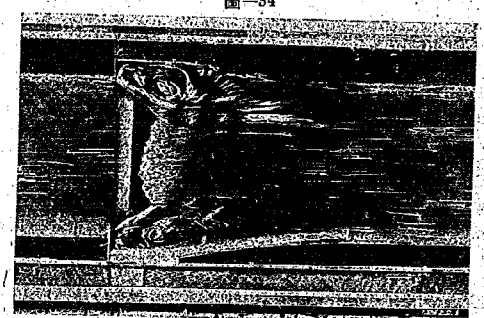


しくなり，水位が低水護岸の天端に達するに及んで最高となる．圖—33が之を示す．此の時の床止工下流兩側に

圖—33



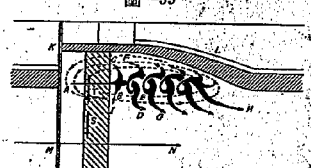
圖—34



於ける渦動流も圖—34の如く其の極に達する．圖—33に於て其の掘れ方を見るに，先づ其の深さは左が —2.0 m 右が—4.0 m に達し平均約 —3.0 m で，II～2 の 2.5 m に對し稍々同程度の深さであるが，II～2 に比し洗掘穴は著しく上流に引き寄せられてゐる．その爲めIV～2 の穴の長さはII～2 よりも短縮してゐるが其の代り穴の上流端は沈床にかゝり此の部分の沈床は著しく傾斜してゐる．然るにII～2 に於ては沈床は殆んど傾いてゐない．此所に兩者の大なる相異が存する．而して沈床の中央部（河幅の中央）はII～2 と同樣何ら傾斜してゐない．又 IV～2 に於ては洗掘穴は大體に於て上流低水護岸法尻の延長線に出來る．

此の場合の水流の狀況は圖の如くであるが，之は表面の流況であつて，之丈を以て洗掘に對する影響を判斷するには不充分であるので，等高線を作るに使用せる紐を水流中に泳がしめて內部の狀態を調べたるに大體圖—35

圖—35



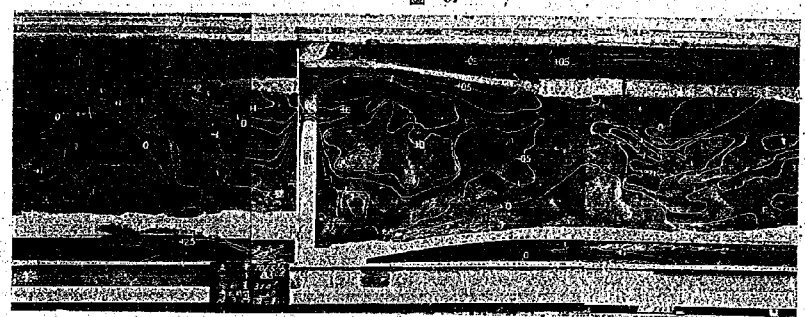
の如く，略々 A なる位置を通りたる水流は KL なる死水域と MN なる射流との不連續性の爲めに極めて複雜なる渦動となる．即ち B の邊りに於て河床に突入せる水流は圖の如くに渦となりて流下するが，各所に於て渦の河床に衝突せる所より C, D 又は F, G の如く分流を起し，D, G 等の分流は河床を洗掘しつゝ表面に出で MN なる射流に合して流れ去る．C, F 等の分流は矢張河床を洗掘しつゝ表面に出るが，間もなく護岸にあたるのと K なる部分の死水の爲めに後部の方（即ち上流側）に引き寄せられ，圖—34 に見る如き表面渦動流の因をなすものである．又沈床の直下流 B の邊りに於ては圖—36に示す如き逆流の渦動流の爲めに上流に向ひて BI なる分流を生じ，之が沈床の下部洗

圖—36

掘に對して大なる作用をなす．又射流の下部には水叩と洗床とに於て高差のある如き所には T, S の如くに MN とは全く直角をなす水流が生ずる．圖—33の如き洗掘は大體に於て以上の如き水流の爲めに生ずるものである．尙ほ圖—35に於て水流の線の太さは大體に於て深いもの程太くかいた．

圖—37は高水時の洗掘狀態を示す．型—IIに於ける高水の場合と同じく極めて河床の移動が激しい．洗床は其の下部を洗掘されて沈下し，堰堤の背中も激しい水當りの爲めに洗掘された．模型に於ては圖に見る如く堰の下

圖—37



には洗掘穴が開通してゐるが，之は模型に於ては堰堤を丁度橋を架けたるが如く兩岸に其の兩端を固定したる爲めにして，實際のものに於ては斯くの如くに洗掘穴の大となる前に堰堤自身が沈下を始むるものと考へられる．又河床砂の移動に當りては洲の押寄せるが如くに移動して行くものであるが，その尾先が右岸に寄りたるか左岸に寄りたるかに依りて床止工の左側が掘られるか右側が掘られるものであつて，圖—37の場合には丁度洲が左岸寄りに移動し來りたる爲めに床止工の右岸寄りが洗掘されてゐるに過ぎない．又洗掘の深さに就ては，時間のたつ程大となり又給砂量の少い程大となる傾向のあるものなれば，總てIV—1又はIV—2或は他の型に對しての比較の程度の意義を有するに過ぎない．

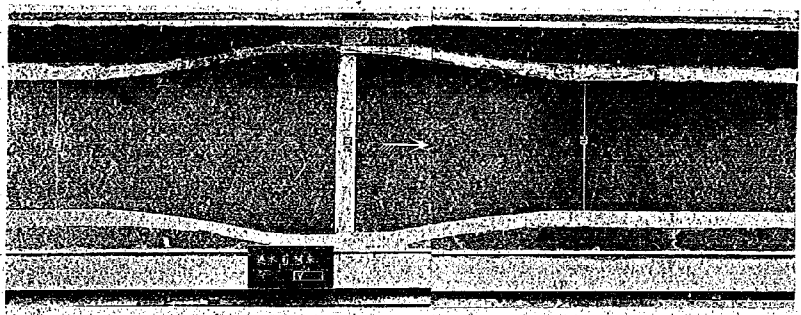
圖—38

圖—38は此の時の洗況であるが，堰堤の中央部に於ては，落差は小にして溜流水深が大，兩側に於ては落差の大なるに溜流水深の小なる爲めに斯くの如き洗況を生じたものである．

［4］型～Vの洗掘狀態

前例に於て斯くの如き渦動流を生ぜしむる因は床止の箇所に於て水路を不連續ならしむるにあるを以て，此の型式に於ては圖—39に見る如く床止の上下流部の平面形を對稱となし出來得る限り水流の連續性を計つた．

圖—39

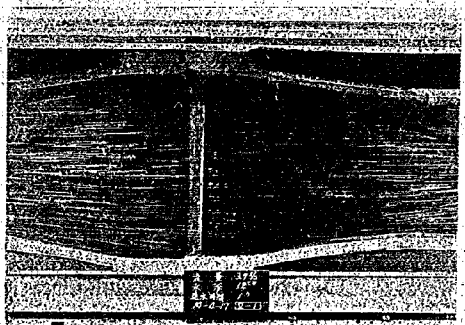


此の場合に於ては水流をして床止工に達する前に充分一樣に擴げる事を得た．從つて床止工上流部と下流部とに於て水流は殆んど單に段落なる不連續性を有するのみとなり，渦動を極力減ずる事を得た．

之は大體次の三條件よりなる．

其の一は今述べたるが如くに上流より河幅を擴大して河川平面形を連續ならしめたる事にして，此の擴大の度が此の場合の流量又は流速に適合せし爲め水流の分離の生ぜざりしこと．

圖—40

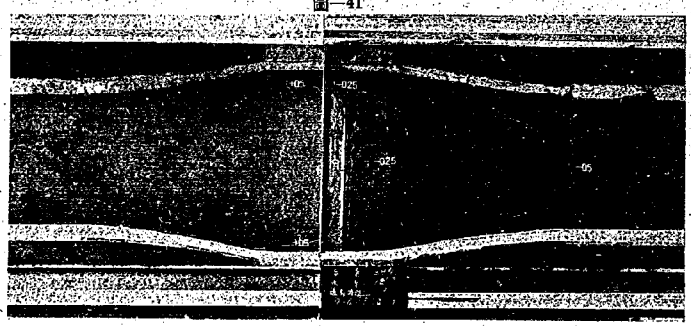


他の一は段落箇所に於て水路側壁が垂直近く急勾配なる爲め床止工直下流に於ける渦動流の減少せしことである．

元來型～IV に於ける段落箇所に於ける側壁の勾配は 0.7:1 であるが，型～V に於ては下流部の形と對稱に上流部を改造せる爲め段落箇所に於ける上下流部幾らかの長さは（此の場合には實物の長さにして上流 15 m，下流 15 m）直線護岸にしてその勾配は 0.7 の一樣なるものとなつた．

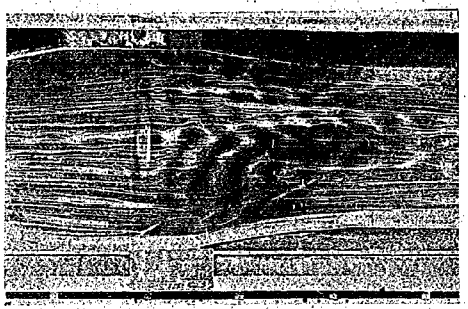
此の場合に於ける低水に對する流況は圖—

圖—41



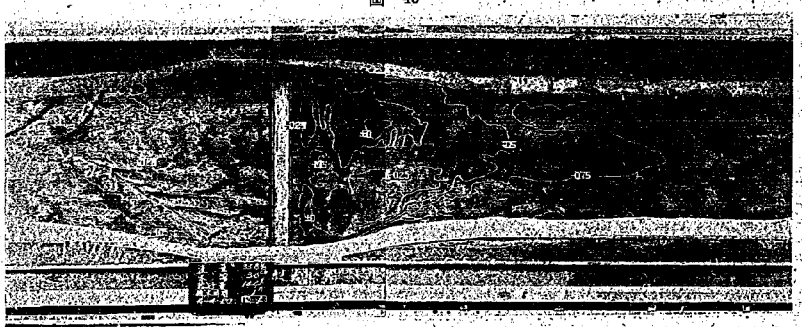
40の如く，能く一樣の流れを生じた．此の時の洗掘狀態は圖—41の如くである．前の型～II 又は型～IV の場合に比して河床の動きは極めて少い．

圖—42



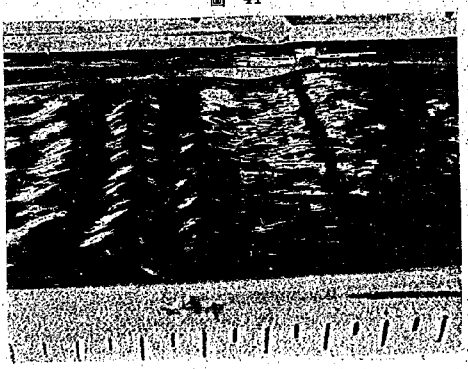
又中水に對する流況は圖—42の如く矢張り水流は一樣となり，前の型～II及び型～IVに見る如き渦動を生じない．此の場合に於ける洗掘の狀態は圖—43の如く，前同樣型～II及び IV の場合に比して洗掘の著しく減じたるに氣づく．圖—43に於て —0.25 の等高線は床止工の洗床の高さを示すものであるから河床が如何に平坦なるまゝに止りたるかを知りうる．但し ±0 なる等高線は床止工水叩の上面を示すものなる故，床止下流中央部は多少堆積の傾向を有するものかと思はれる．又等

圖—43



高線が河岸附近にて上流に向ひたるは，護岸が上流に於て擴げられたる水流を下流に於て絞るための影響を示すものである．圖—44はこの場合の流況である．

圖—44



玆に於て段落箇所直下流に生ずる渦動流に就て一言せねばならない．

前述の型～IIを見，型～IVを見るに河床の洗掘されるは總て河岸の附近にして，射流として最も激しき河幅の中央部ではない．之に依りて見るに段を落ちたる水流が水叩に依りて其の方向を水平に轉向せしめられる限り，河床の洗掘は射流によりて行はれるものは極めて小さく，渦動流に依りて行はれるものが著しく大きい事を知る．

例へばII～2 (圖—23) に於ては射流の流れ

る河幅中央部は左程河床は洗掘されてゐないが両岸は全く洗掘されてゐる.

今この II—2 と V—2 とを比較するに,後者に於ては段の上下流部幾らかは直線形であるからこの部分のみ取り出して考ふればIIと殆んど同一條件である.即ち平面形としては兩岸は直線的に平行し,其の直線部に於て段がある.然るにIIの場合には兩岸の近くがひどく洗掘され,V の場合に於ては見るべき洗掘がない.之は次の如き構造上の相異に起因してゐる.

即ち,型~IIに於ては段落箇處に於ける護岸の勾配を 1:2 なる緩なるものとなしたるに反し型~V に於ては 0.7 なる急なものとなしたる爲である.即ち型~IIに於ける段落箇所の横斷形は圖—45の如く,今は中水の場合

圖—45

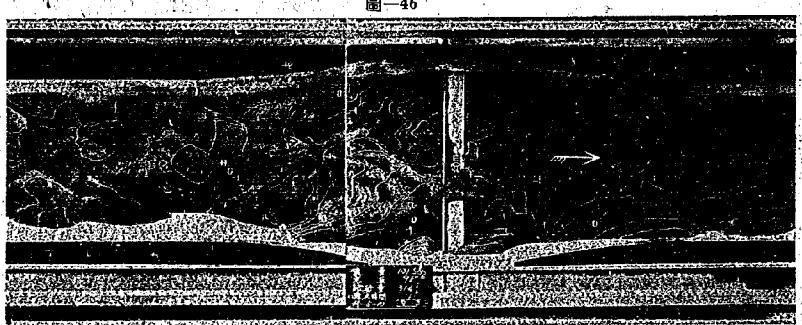
について考へてゐるから,圖の J_1 なる區間は純粹に同一種類の射流を生ずるが,兩側の O なる區間を流れる水流は段なき爲め射流とはならず常流に止まる.而して J_2 なる2つの區間に於ては外部に行く程射流の性質は小となり O の區域に接すに至りて常流となる.

玆に於て水路中一斷面に於て2種類の流れを相隣接して生ずることとなつた.此の常流と射流と接する所に不連續性があり之が渦動となりて現はれる.之が洗掘に役立つのである.之に依る洗掘を無くするには次の二通りの方法が考へられる.その一は射流と常流を各單獨に流すことであり,二は斷面全體に亙つて射流にすることである.前者としては J_2 部分に隔壁を設ければよいが實際問題としては不可能である.後者としては圖—45の護岸の法肩又は法尻より直又は出來る丈それに近く護岸を作ればよい.

圖—43は丁度後者の例にして,段落箇所に於ける護岸の勾配を 0.7:1 なる直近きものとし,而も此の部分に於て河幅を增大せる爲め床止堰堤の溢流水深は減少し,從つて單位幅當りの射流の勢ひの減じたる爲め洗掘が減少したのである.

圖—46は之に高水を通ぜる場合の河床の洗掘狀態を示す.此の場合には水叩下流部の沈床は何等洗掘されることなく元のまゝに止りたるも,床止上流部は其の上流より來る土砂の如何に依りて圖の如く深掘れを生じた.河川全體としては河幅が一樣ならざる爲め,河床の荒れ方も一樣性を缺く樣に思はれる.床止の箇所に於て河幅擴大されたる爲め堰堤下流部に砂の堆積する恐れあるを以て次の如くにも水を流してみた.

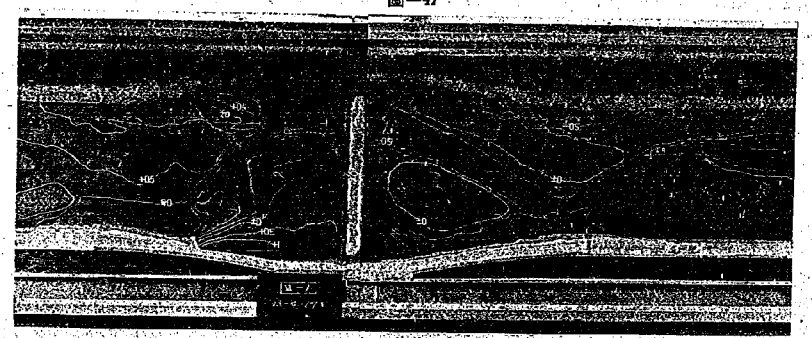
圖—46



圖—46の場合に於て,純粹に高水のみ1時間流せるも,實際河川に於ては1回の高水の流れる期間は極めて短

く，他の大部分の期間は中小水なるを以て，1つの試みとして30分高水を流しそれより20分間に於て直線的に流量を減じ，後以上の實驗に使用せる最小流量よりも更に小なる流量を（この流量に於ては堰を不完全溢流する爲め流量を測定するを得ず）5 時間流したるに圖—47に示す如き洗掘狀態を得た．之を見るに堰の上流部はIV～3

圖—47



の場合と同樣かなりの深掘れを生じて不規則に荒れたるに，水叩に續きたる洗床は全然洗掘されてゐない．又堰下流部には大きく2箇所に洲を生じ，其の間を通り抜けてくの字形に低水路がついてゐる．洪水を流し續けるべき時間と低水を流し續けるべき時間との比及びその絕對値は考へずに行ひたる試みなるも，細き水みちの恰もsine 曲線なりに現はれたるは面白き事と思ふ．

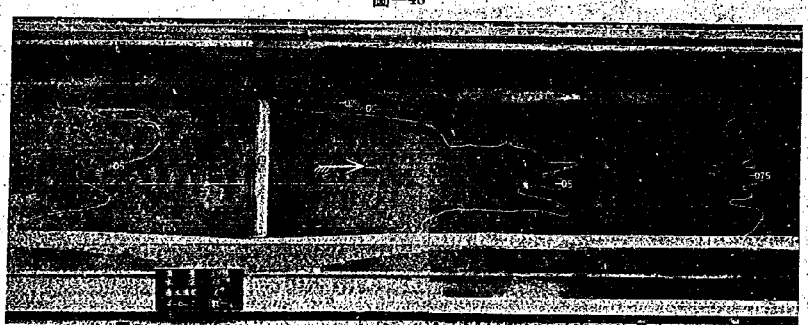
［5］ 型～VI の洗掘狀態

以上の實驗に依り段落の箇所に於ける護岸の勾配は直なる程側部に於ける渦動は減少する．又水路としては河幅の增大したり縮小したりせぬ方が流況に對しても又從つて河床の荒れ方に對しても一樣性を生ずるものと考へらる．之に依り此の諸條件を具備せる床止として考へたのが此の型～VI である．

卽ち圖—48にて分る如く，護岸の勾配は段落箇所に近づくに從ひ段々急勾配にひねり，段の上下流部の直線部にては 0.5 となした．又河幅を變へざる主義より護岸の法肩線を直に通した．

斯くの如くして通水せる所其の洗掘の狀態は小水に對しては圖—48の如くであつた．洗床下流部左岸の局部的

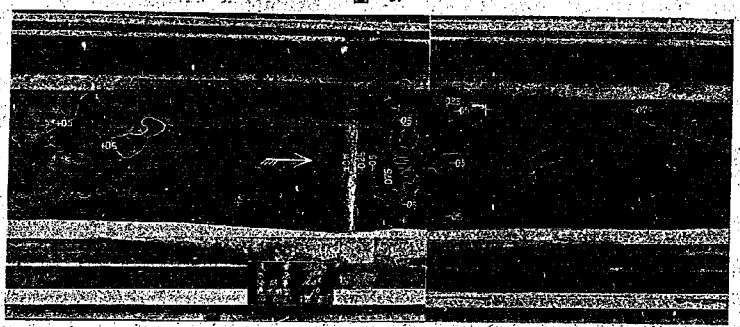
圖—48



洗掘は沈床として使用せる mat の左端に缺陷のありたるに依るもので，實際は右端の如くに河床は平滑なる儘に止るものと考へられ度い．之を圖—41に比較するに，後者に於ては床止上流部河床の掻流洗掘されたる砂が沈床直下流部に至りて堆積(等高線 −0.25) するに反し，圖—48に於ては何等の堆積をも見ない．即ち圖—41に於ては沈床が既に砂の爲めにかくれたるに反し圖—48に於ては沈床は元のまゝに止る．又河床の動きの少い事は +0.5 及び −0.5 の等高線の移動に依りても推りうる．

圖—49は中水の場合である．河床の洗掘の程度は見る通り減少せるは明らかであるがV—2 の場合に比し掘れ

圖—49



圖—50

方を余程異にしてゐる．即ち圖—49に於ては − 0.25 なる等高線にて圍まれた部分に堆部を生じたるに反し，圖—49に於ては寧ろ圖—50に示す如く河幅全體に亙り稍一樣に洗掘されてゐる．然しその程度は勿論IV—2，II—2 に比しては小さい．

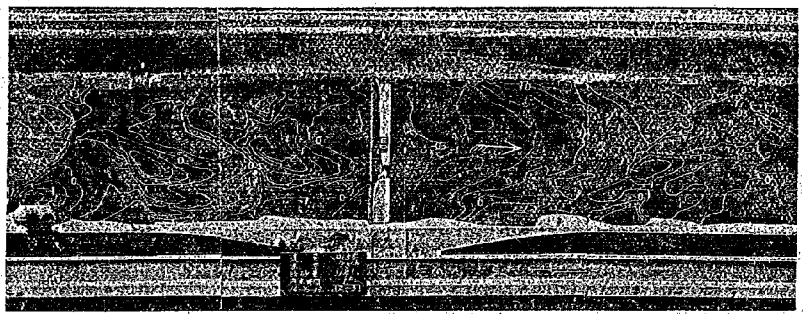
圖—51

而してV—2 の場合には何等側部の洗掘を見ざるに反し，此の場合には −1.5 まで掘られてゐる．之はV—2 の場合の如く河幅を增大せざる爲め單位幅當りの射流の强さの大なる爲めと，丁度II—2 の場合に於けると同樣床止の段の箇所に於て護岸の勾配が未だ 0.5 丈尚ほ存せる爲めに生ぜる渦動に基くものである．然し此の量も型—II及びIII に比せば減少の傾向を示してゐる．

圖—51は此の場合の流況を示す．

圖—52は高水を通ぜる場合の洗掘狀態である．河幅稍一定なる爲めII—3 (圖—25) の場合に於ける荒れ方と大差がない．

圖—52



VII. 實驗結果要結

[1] 水流の狀態に就て

型～I は床止工を有せざる場合なれば之は問題外として，型～IIは中低水の場合には即ち水位が低水路內にある間は床止工の箇所に於て護岸が 1:2 なる緩なる傾斜をなす爲め圖—22,24,及び 27 の如く渦動流を生ずる．之が側部洗掘の最大の因をなす．併し高水の場合には高水敷にも水がのる故今の渦動は殆んど無くなる（圖—26)．併し矢張り低水路の部分は射流にして高水敷の部は常流となる故河川の中央部が流速大にして且つ水位は低くなり高水敷を流れる水は床止下流部に於て中央に引き寄せられ（圖—26)，護岸の裏が掘られる(圖—25)．

型～IVに於ては段落箇所に於て不連續に河幅增大する爲め水流にも不連續性を生じ，水が低水路內を流れる間は圖—32及び34の如く表面には大き渦動流を生じ，その內部は前述の如く圖—35に依り示される如き運動が起る．之が要するに側部の洗掘に役立つてゐるのである．高水となれば水は高水敷にものる故以上の如き渦動は減少さ[illegible]るゝも尙ほ前述せる如く水流は著しく亂される(圖—38)．

水流の亂されざる點から云へば型～V及びVI は極めて有效である（圖—40及び42)．この中型～V は射流の出來る場所（床止のある箇所）に於て河幅が擴大されてゐる爲めそれ丈射流の勢は小となるも，床止の下流部に於て堆積の恐れを生ず．

[2] 洗掘の狀態に就て

型～IIに於ては水位が低水護岸天端以下なる場合は側部の洗掘著しく（圖—21, 23)，又床止箇所に於ても護岸の勾配は 1:2 の緩なるものとなせるを以て床止下流部の護岸の洗はれる恐れあり．併し水位高まりて高水となれば水深に比して床止の高さは小となり，又河幅も一定なる故水流も滑らかなる河床を流れるが如き狀態に近づき，砂の移動狀態も亦同じく，中水以下の水流にてつくられたる洗掘穴も埋められるに至る(圖—25)．

型～IVに於ては前述せる如く水は非常に亂されるを以て河床も著しく洗掘され易い．中水以下に於ては圖—33及び31の如く，稍上流護岸法尻の延長線上に洗掘穴を生ずる傾向ありて，而も此の穴は上流部即ち床止工の方に充分引寄せられる（型～IIに於ては斯ることはない)．從つて水叩下流部沈床の下部の洗掘される恐れがある．

高水の場合にも亂されたる水流の爲めに沈床の下部が洗掘された(圖—37)．

型～V に於ては孰れの水位に於ても水流は亂されずに流れる故洗掘穴は全然生じない．併し河幅の增大されて

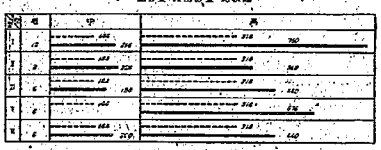
る爲め床止下流中央部に土砂の堆積の恐れがある．

之に反して型～VIに於ては河幅稍一定となれる故上の如き傾向はない．併し乍ら單位幅當りの射流の勢力が大なる爲めそれ丈洗床下流部が洗掘されてゐる．高水の場合には型～IIの場合に稍同じであるが，床止の段落の部に於て護岸が垂直近くなつて來てゐる爲め溢流せる水流に依りて下流部の護岸の洗はれる事が少い．之は型～Vに於ても同樣である．

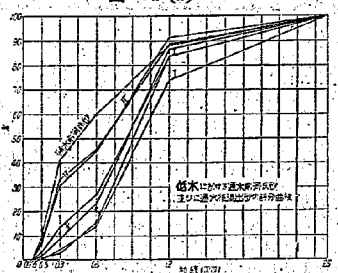
[3] 流砂量の比較

各型について1時間通水に於ける流出砂量を比較すれば圖—53の如し．圖中破線は補給せる砂量にして實線が流出せる砂量である．型～Iに依りて，床止なき場合は著しく河床の洗掘され行くを知る．型～II，IV，VIは中水及び高水に對して流出土砂の量は稍等しいが，型～Vに於ては少しく多い．之は河幅の大になつたり小になつたり不規則なる爲めと考へられる．而して流出せる土砂を篩分ければ圖—54の如く約 1.5 mm 以下の粒徑のものが浮游運搬されたるを知る．

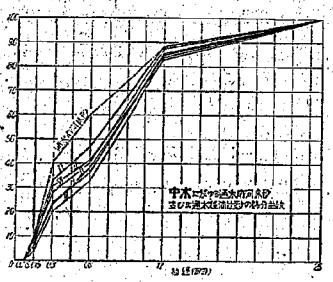
圖—53



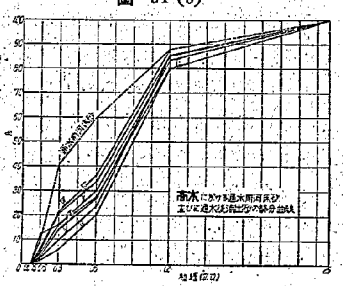
圖—54 (1)



圖—54 (2)



圖—54 (3)



VIII. 結　語

以上に於て，床止工の5種類の型及び3種類の水位について其の流況竝に洗掘の狀態に就て其の特質を知り得た事と思ふが，夫々各型について特色をもてる故，或る一つの型を以て最上となす事は出來ない．殊に實際河川に於ては流量（又は水位），流出土砂量，床止工の段の高さ，從つて床止間の水路の勾配，竝に河川の平面形に依りて一つ一つ異りたる環境條件となる故，其の夫々に對し最も適合せる型式を，上述の諸型式を modify する事に依りて採用すべきものと考へる．尙ほ以上の實驗に於ては第V章に詳述せる如き環境條件にて研究せるものなれば，實際河川の場合に於ては之を基として推斷せねばならない．

土木試驗所出版圖書

(* 印は殘部なし)

報告

號	件名	發行年月
1	路面及勾配が馬車運送に及ぼす影響に就ての研究中間報告(牧) 瀝青質材料竝瀝青質混合物に關する研究第一報(三木)	(大正)14. 3
2	瀝青質材料針度に就て	15. 1
3	「ヴァイアログ」に依る路面凹凸測定 瀝青混合物に關する研究 「アスファルト」合材混合の際に於ける「アスファルト」の粘度に就て	15. 2
*4	急硬セメントに關する試驗報告	15. 5
*5	簡易鋪裝に關する試驗報告	(昭和)2. 3
*6	混凝土及鐵筋混凝土抗扭力試驗報告(宮本)	2. 5
*7	八幡製鐵所副産部製品,瀝青質材料,瀝青質鋪裝,「セメント」類及揮發油に對する「アスファルト」の可溶率等に關する試驗成績(三木,山田耕,小田)	2. 7
*8	瀝青質材料標準試驗方法 石材類標準試驗方法	2.10
*9	急硬性「セメント」に關する試驗(三木,高田,稻生,小田,大和田) 「ソリデチット」の耐壓强度に關する試驗(高田,細山) 「ブロック」に關する試驗(高田,眞崎,船山) 高知縣黒潮川産砂に關する試驗(高田) 多摩川産砂利及砂に關する調査(高田) 石材類試驗成績(高田,眞崎)	2.11
*10	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第一)(藤井,船山) 道路橋振動試驗(青木)	3. 3
*11	瀝青滲透ブロック試驗成績(三木,小田) 鋪裝工事用サーフエス・ヒーターの碎石に及ぼす影響に關する試驗(高田) 常願寺川産砂に關する試驗(高田,眞崎,細山)	3. 7
*12	アスファルト・ブロック試驗成績(三木,松本) 各種アスファルト・ブロック比較試驗成績(三木,松本) 石油アスファルトとコール・タール・ピッチとの混合物に關する試驗(三木,山田耕)	

號	件名	發行年月
*12	瓦斯燈及骸炭爐タール及ピッチに關する試驗成績(三木,山田耕) コール・タール・ピッチ中の純瀝青に就て(三木,山田耕) 大氣中に於けるアスファルト・セメントの變化(永峯) 石炭瓦斯のアスファルト・セメントに及ぼす影響(永峯) 標準砂モルタルの强度に及ぼす火山灰及石粉の影響(高田)	4. 1
13	ポートランドセメント混凝土鋪裝の磨耗試驗(山田,船山) 橋梁用敷板强度試驗(青木,鈴木) 舊既橋鐵材の腐蝕に關する調査(青木) 鋪裝用鑄鐵ブロック磨耗試驗(高田)	4. 5
*14	瀝青乳劑及ビチユマルス鋪裝に關する試驗(藤井,永峯) 瀝青滲透ブロックに關する試驗(三木) 瀝青質材料の滲透性に關する試驗(三木) 瀝青質材料の粘度及膨脹係數に關する試驗(三木,山田耕)	4.12
*15	北上川隆開式轉動堰模型試驗(物部,青木,伊藤) 電氣熔接法による鐵筋の接合(青木) 現場打混凝土の耐壓試驗報告(高田)	5. 2
*16	路面の構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第二)(藤井) 瀝青滲透ブロック鋪裝試驗(三木) 工事用石材試驗成績(高田,眞崎)	5. 5
*17	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響に就て(第三)(藤井)	5. 5
*18	混凝土鋪裝の粗骨材別磨耗比較試驗(山田,船山) 鋪裝混凝土工に及ぼす氣象作用の影響竝に之に應ずる設計及工法に就て(一)(藤井) 鬼怒川上流改修工事用角礫凝灰岩砂利及砂に關する試驗(高田) 鐵筋混凝土道路橋設計資料(大野) 各種土木工事用材料試驗成績(三木)	5.10
*19	路面構造の運輸經濟に及ぼす影響竝に之に基く道路設計の基本に關する研究(第四)(藤井)	5.11
*20	東京山手赤土の彈性的性質に關する試驗(一)(高田) 基礎の沈下計算定法(一)(松村) 岩堀水門に關する水理試驗(青木,	6. 6

號	件名	發行年月
*20	伊藤) 單鉸拱模型試驗(三浦) 國道鐵筋混凝土丁桁橋標準設計案(大野)	
21	曾水曲線の一般的解法(物部, 伊藤) 單鉸拱の振動に關する理論並に實驗(三浦) 混凝土鋪裝の縫目に關する試驗(山田, 船山) 河水のポルトランド・セメントに及ぼす影響(西川, 川畑) 標準砂モルタルの强度に及ぼす石粉の影響(高田) 瀝青乳劑試驗成績(西川)	6.12
22	地震時土壓の實驗的研究(松尾) 混凝土鋪裝横目用エラスタイト試驗(西川, 松本) 高田馬場試驗鋪裝の路床土質に關する試驗(高田) 基礎の沈下量算定法(第二)(松村) 新土壓計算圖表(本間)	7. 5
23	簡易鋪裝に關する實地比較試驗(山田, 船山) 鋼矢板試驗(青木) 大和川筋龍ノ瀨地辷に關する調査(第一)(高田)	7. 7
24	道路の背向曲線の設計に就て(藤井) 阻柱に關する試驗(本間) 乳劑の粘度に就て(島田) 府縣道鐵筋コンクリート丁桁橋標準設計案(大野) 碎石の磨損率に關する一試驗(高田) 三陸津浪調査報告(松尾) 本邦產鋪裝用石材(附錄)(高田, 眞崎)	8. 6
*25	本邦鋪裝用タールの性質に就て(西川, 山田耕) 被溢流堤流量試驗(伊藤, 本間) 擁壁の安定角大に關する一提案及之に關する試驗(松尾) 砂利層の支持力に關する試驗(第一報)(山田, 船山) 鋼矢板試驗(續)(青木) エタニット・パイプ試驗(青木)	8.11
26	地震に因る動水壓を考慮せる重力堰堤の斷面決定法(物部) 田中村調節池溢流堤に關する水理試驗(本間) 瀝靑鋪裝切取試驗體の性質(西川, 松本) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第一報)(島田, 福島) 自動車の路面に及ぼす衝擊に關する研究(其一)(松村)	9. 3
27	道路用骨材の性質に及ぼす粒子形狀の影響に就て(藤井) 津浪の災害輕減に關する模型試驗(松尾) 津浪の變形の理論(本間) 三陸津浪調査報告(追加)(松尾)	9. 6
27	自動車の路面に及ぼす衝擊に關する研究(其の二)(松村) 瀝青透入マカダムに關する試驗(第一報)(山田, 船山)	
28	地震動による土堰堤の變形(松村) 鋅着鋼引張試驗用小型試驗片(青木, 佐藤) 國產瀝青乳劑試驗成績(西川) 骨材及び類似材の吸性に關する研究(島田) 鐵筋コンクリート無鉸拱の經濟的並に耐震的設計(1)(大野)	9.10
29	矢板擁壁の控板に作用する力に關する試驗(松尾) 瀝青纖目材試驗成績(西川, 松本) 南洋材カボール並にターペンタインの物理的諸性質に關する試驗(青木, 石川) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第2報)(島田, 福島) 阪神地方沿岸風水害調査報告(松尾)	9.12
30	道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第3報)(島田) 鐘口狀河口に於ける水流に就て(本間) 下關海峽の潮流に關する模型試驗(本間) 基礎版の基本的研究(第1報)(松村) 溢流堤下游洗掘防止に關する一試驗(八木) 國道鉄筋鈑桁橋標準設計案(青木, 牧野)	10.4
31	土砂の安定强度試驗(山田, 西川) 本邦鋪裝用タールの性質(其のⅡ)(西川) 道路鋪裝用タール乳劑に關する研究(第1報)(福島, 川畑) 擁壁裏込の土壓輕減の効果に關する試驗(松尾) 浦戸港々口の潮流に關する試驗(第1報)(本間)	10.8
32	本邦道路橋の重量(青木, 佐藤) 道路鋪裝タール乳劑に關する研究(第2報)(島田) 河川灣曲部に於ける水流に就て(本間) タールとアスファルトとの混合物の鋪裝材としての性質(西川) タール鋪裝と水稻の發育との關係(西川) ポートランドセメントの凝結後に於ける溶解物のPHに就て(高田) 王泊堰堤の湧水の溫度及水素イオン濃度(高田)	10.11
33	砂利路面工の配合比に關する試驗(山田, 船山) 鋼橋鉚接査壓績試驗(青木, 鈴木) 基礎版の基本的研究(第2報)基礎桁(松村) 道路鋪裝用アスファルトの力學的特性に就て(其の1)(島田) 停止波に就て(橫田)	11. 3

號	件名	發行年月
34	瓦斯切斷による削穀が鎔接の强度に及ぼす影響(青木) 防波堤の安定に關する一試驗(松尾) 二,三の土木材料の比熱測定結果に就て(島田) 二,三の外國製鋪裝用瀝青乳劑の性狀に就て(福島) 土砂の安定强度に及ぼす加壓回數の影響(山田) 土木工事用金屬材料分析試驗(西川,福島,川畑) 種々の土木工事用材料に關する試驗(西川,福島,川畑) 施工方法による砂利路面工の耐力の比較試驗(山田,船山) 鐵筋コンクリート無鉸拱の經濟的並に耐震的設計(2)(大野)	11. 6
35	基礎版の基本的研究(第3報)圓形基礎版(松村,中西) 油戸港々口の潮流に關する試驗(第2報)(松尾,本間) アスファルト混合タールの鋪裝材としての性質(西川) 鋪裝コンクリートの力學的性質に關する試驗(藤井) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第4報)(島田)	11. 8
36	瀝青透入マカダムに關する試驗(第2報)(山田,船山) 熔接鈑桁突條鈑衝合接手の接合角度に就て(青木) 大阪港附近の津浪の災害輕減に關する模型試驗(松尾) 道路鋪裝用瀝青乳劑の性狀に關する基本的研究(第5報)(島田)	11.11
*37	骨材の最大密度の粒度に就て(藤井) 土の乾燥に伴ふ體積强さの變化(山田) アスファルト,タールの性質に及ぼす氣象作用の影響,特にその薄層の場合の性質變化(西川,山田耕) 岸壁裏込の特殊工法がその安定度に及ぼす影響に關する試驗(松尾,高橋) コンクリートの熱的性質に關する試驗(第1報)(島田)	12. 5
*38	現場コンクリートの强度並に之に及ぼす施工條件の影響に就て(藤井,大野,佐藤) 現場に於ける瀝青乳劑製造の設備及び製法並にその乳劑の性質に關する試驗(西川,福島) 重力式岸壁の耐震限度(松尾,大門) 彈性地盤上の圓形水槽(松村,中西)	12. 9
*39	電氣熔接法による鐵筋の接合(第2報)(青木) 本邦鋼道路橋衝撃係數に關する一考察(小澤) 路面の光反射に關する試驗並に之に基く道路照明基準に就て(島田) X線反射法によるV形衝合電弧熔接部の內部歪分布試驗(豫報)(島田)	12.11

號	件名	發行年月
*40	滿洲產タール,重油,中油及び重油に依るカット・バックタール等の鋪裝材料としての性質(西川,山下) 鐵線蛇籠の防錆塗料に就て(西川) 江戸川河水統制水門下流洗掘に關する水理實驗(青木,横田) 江戸川河水統制水門に於ける鹹水の侵入に關する實驗(横田) 路面の縱及横滑り摩擦抵抗に及ぼす路面種別と其の性狀との影響に就て(島田)	12.12
41	利根川河口の防波堤,導流堤,航路浚渫及び砂洲の消長に關する模型試驗(松尾) 普通,早强,中庸熱,硅酸質混合セメント及び高爐セメントに關する比較試驗(第1報)(川畑,齋藤) 自動車の速度に及ぼす車線幅の影響に關する實驗,並に之に基く鋪裝幅員の決定に就て(金子) 河川工事用鋼纜の强度並に耐久性に關する試驗(青木,鈴木)	13. 5
42	上路補剛構桁を有する拱橋に關する研究(小澤) 杭の水平抵抗力に關する試驗(第1報)(松尾,高橋) 瀝青乳劑の試驗成績より見たる品質の比較,並にその最近の趨勢に就て(西川,松本) 流速計檢定成績(松尾,八木) 全熔接國道橋鶴川橋の設計並に熔接作業に就て(青木)	13. 8
43	路線路面の經濟的價值に關する試驗(1)(藤井) 神崎川分流に關する模型試驗(松尾,柄澤) 砂防堰堤の洗掘防止に關する水理試驗(第1報)(安藝,横田) 混成タールの性質に及ぼす氣象作用の影響,特に薄層の場合に於ける性質變化(西川,山田耕)	13.11
44	江戸川河水統制水門附近の河水の鹽分含度試驗(福島) 新京濱國道多摩川架橋地點に於ける河水の水質化學試驗(福島) 鋪裝用アスファルトの溫度傳導率に關する試驗(島田) 勢力式に依る變斷面對稱長柱の挫屈荷重を求むる近似計算法(横田) 河川の自然勾配に及ぼす砂礫の性質と掃流力との影響に關する調査並に之に基く河川平衡勾配に關する實驗的研究(第1報)(安藝) 瀝青鋪裝切取供試體の試驗結果より見たるその性質の比較(西川,松本) O市のアスファルト鋪裝に關する試驗(第1報)(松本)	14. 2
45	撿收試驗の成績より見だる瀝青乳劑の品質比較,並に最近の趨勢に就て(西川,松本) 物理地下探査法に依る橋梁架設地點の岩盤の深さに關する試驗調査	14. 4

號	件名	發行年月
	(烏田)	
	鐵筋コンクリート揩承に關する壓縮强度試驗(一木)	
46	上下弦に任意の慣性モーメントを有せるフイーレンディール梯の應力算定法(1) (佐藤)	
	波による河口附近の砂の移動に關する實驗(本間)	
	河道に設けた貯水池の水理(伊藤)	14. 7
	杭の水平抵抗力に關する試驗(第2報) (松尾)	
	普通早强中庸熱硅酸質混合高爐セメント及礦土セメントに關する比較試驗(第2報)(川畑)	
	河川合流點の調整に就いて(第1報)(安藝)	

號	件名	發行年月
47	物理地下探査法に依る相模川河水統制地域の岩盤位置調査 (烏田)	
	振動コンクリートの强度並に之と普通コンクリートとの比較に關する試驗 (一木・木村)	14.10
	各種安定材混和に依る土壤安定法に關する實驗室試驗報告 (第1報) (福島・眞崎)	
48	小型水路に於ける流速公式の實驗的研究 (松尾)	
	砂粒河床模型實驗の基本に關する實驗並に限界掃流力に關する研究 (安藝・佐藤)	14.12
	防波堤に及ぼす波の壓力並に堤體の安定に關する實驗的研究 (第1報) (松尾)	

彙報

號	件名	發行年月
1	試驗調査事務分掌 試驗調査事項の處理方法 現在實施中の主なる試驗調査事項 昭和11年に於ける材料その他の依頼試驗 備付雜誌 附 處務細則	12. 3
2	赤羽分所水理試驗設備	12. 3
*3	獨逸 Oder 河の流量調節の Ottmachau 貯水池建設に就て	12. 8
4	黄河に關する H. Engels の模型實驗に就て	13. 3
5	大塊コンクリート用特殊セメントに就て(第1報)	13. 8
6	大塊コンクリート用特殊セメントに就て(第2報)	13.11
7	Mississippi 河の改修計畫 (横田)	
	Vicksburgに於ける國立水理試驗所に於ける模型實驗 (佐藤)	
	Mississippi 河改修工事施行設備並に工法 (安藝)	14. 9
	堤防築設に關する土質力學的理論とその應用 (片平)	
8	獨逸の國境に基く道路建設	14.10
9	黄河の改修に關する調査資料	14.11

其他

	*本邦道路橋輯覽	14.12
	*本邦道路橋輯覽 第二版	3. 3
	*本邦道路橋輯覽(增補)	3. 3
	第六回國際道路會議に關する報告書	7. 4
	土木工事用材料標準試驗方法	7. 4
	本邦道路橋輯覽 第三輯	10.11
	本邦道路橋輯覽 第四輯	14. 4
	道路用アスファルト乳劑臨時規格(案)(西川)	14. 7

昭和十五年一月二十日印刷
昭和十五年一月二十五日發行

內務省土木試驗所
東京市本郷區駒込上富士前町二十六番地
電話大塚(86)自3101番 至3103番
印刷者 井上源之丞
東京市板橋區志村町五番地
印刷所 凸版印刷株式會社
東京市板橋區志村町五番地