

# 堤 防 論

※ 安 藝 皎 一

【1】 緒 言

【2】 堤 防 論 (1) 堤防法線間距離 (2) 堤防法線の方向 (3) 堤防断面 (4) 堤防保護

【3】 結 尾

本文に述べる所のは堤防無用論とか或ひは洪水防禦に堤防のみに依ることの可否を論ずるものではなくて、堤防を造る場合には如何に之れを考へるか云ふことを述べんとするものである。著者は原則としては治水計畫にあつては堤防は如何なる場合にも最も重要な問題であると考えてゐる。

## 【1】 緒 言

日本に於ては古く奈良朝(紀元1400年頃)以來治水工事に従事したと云ふ記録がある。初めは田用水の引入が主であつて之れに杵類を用ひたが、次第に耕地の開拓、人家の増加に伴つて河岸の欠壞を防止する工法が考へられ氾濫を防ぐために堤防を築造する様になり、人文の發達と共に之等の諸工事も計畫的に考慮される様になつて來た。

初め田用水引入に考案された牛杵類は各地に於て其の河狀に適應する様に進歩、改良されて來たもので、河岸の欠壞防止、假締切工事等の目的に従ふために考へられた、工法は相當の數にのぼつてゐる。出雲の出雲結、美濃の猪子、越中の鳥脚、甲斐の聖牛等は其の優たるものであらう。之等のものの構造は其の地方獨特のものであつて、良く其の狀態に適合してゐる。其の大きさ、部材の配置方法、載荷方法等は其の地方で得られ易い材料を使用し、其の河川の規模に従ひ、河床の移動狀態に充分副ひ得る様になつてゐる。而も其の構造物の配置方法に就いても考慮した跡がしのばれる。武田信玄の考案になると云はれる、聖牛、菱牛、棚牛、三角杵、沈杵、續杵等に就いて見ても其の構造、傳へられる、其の使用個所、使用方法に就いて充分、此の間の關係が見受けられるのである、洪水防禦に關するばかりでなく、航路維持の目的に従つても、種々の施設が試みられて來てゐる。

武田信玄の御勅使川、釜無川に於ける治水工事(天文11年、紀元2272年)、野中兼山の仁淀川(承應年間、紀元2312~2314年)、熊蕃著山の旭川に於ける百間川分派工事(寛文9年~貞享3年、紀元2329~2346年)、古郡孫太夫の富士川に於ける雁堤築造(延寶2年、紀元2334年)又は角倉了以の國波川大堰川、大井川、天瀧川又は富士川の航路改修(慶長10年、紀元2265年以後)、河村瑞賢の淀川改修(貞享元年~4年、紀元2344年)、に就いての諸計畫、工事等に關しては今に尙吾々に教へる所が甚だ大きいのであつて、吾々の先覺者が之等の問題を如何に考へ、如何に取扱つたかと云ふことは之れを再び検討することは十分に價值がある。

明治時代になつて、歐洲風の治水工法が導入せられ、各種の工法に變化を來した。和蘭風の粗糲工事が用ひられて、先づ重要な諸河川に低水工事が施された。其の後高水工事に主力がそゝがれる様になり、國直轄で施工した或は工事中の河川は昭和12年度に於て66河川に達し、其の内16河川の竣工を見てゐる、其の工費は577,600,000円に達してゐる。

殆んど總てを人力に依り行はれた河川工事、而も其の材料は木材、石材、藤蓐或は繩等を用ひたものは機械力を利用する様になり、セメント、鐵を使用する様になつて著しい變化を來した。

流水の運動、河床の移動状態に關する科學的研究の進歩、土質力學の發展に伴つて、治水工法も亦科學的に根據づけられる様になつて來た。

斯如く流水に關する問題は古くから取扱はれ、多くの人々に手がけられて其の發展を見て來たが尙吾々にとつては疑問とする所が多くはないか。殆んど河幅も同様な河床均配も餘りに差異のない河川で、其の河床の状態に著しい變化のある所がある。流路の變轉しやすい河川、思はざる深い洗堀を見る様な場合、各河川に依つて自ら發展し來た所の種々の工作物の理由は此處に在るのではないか。堤防の法勾配は當然土質、施工方法に依つて變つて來なければならぬ筈である。計畫高水位を如何に定めるかに至つては更に不明な點が多いのではないか。

一般に河川に關する問題を取扱ふ場合には其の獨自性を認めると共に、其處に在る普遍的な實事を把握しなければならない。

## (2) 堤 防 論

治水工事を計畫するに當つて最初に遭遇する最も重要であり、又困難である所の洪水量を如何に定め、之れを如何に處置するかと云ふことは先づ之れを置き、與へられた流量を如何にして安全に快疏せしめるかと云ふことに就いて考へやう。

之の場合先づ堤防を考へる。堤防は治水工事の根幹をなすものである。堤防決定に際して考慮すべき問題は次の通りである。

- (1) 堤防法線間距離、即ち河幅
- (2) 堤防法線の方向、即ち河成り
- (3) 堤 防 斷 面
- (4) 堤 防 保 護

之等の問題は互に關聯を持つものであつて一般に適切に定められた幅員、彎曲を持つ河川では堤防の維持は比較的容易であり、保護施設も簡易なもので差支へないことになる。之等の問題は緩流河川の低水路維持に就いても適要せられる。

- (1) 堤防法線間距離、即ち河幅の問題

法線間距離を如何に定めるかは水深を如何に定めるかと云ふことになる。一般に河床砂礫を押し流す流水の力は次の如く表はされる。

$$K = \frac{1}{\alpha} \gamma \cdot H \cdot J.$$

此處に  $K$  は流砂力で、 $H$  は水深、 $J$  は水面勾配、 $\gamma$  は水の單位重量である。 $\alpha$  は 1 より大きな値であつて、*A. Schoklitsch* に依れば水深が幅員の  $\frac{1}{30}$  以下の時には 1 になると云ふ。此の場合河床の砂礫が移動しない時には丁度之の力と河床の抵抗力とが平衡状態に在ると考へられ、之の力が抵抗力より大となれば河床は移動を始め、小となれば上流より押流された砂礫は堆積する様になる。之の流砂力と抵抗力との關係は古くから考へられてゐるものであるが、實際の場合に當つては未だ適切な解答が與へられてゐない。

之の問題に關しては多くの學者が、試験水路に依つて得られた結果を報告してゐるが、之れに依れば

*H. Kramer* は 
$$T_0 = \frac{100}{6} \frac{d_m (\gamma_1 - \gamma)}{M}$$

*E. Indri* は 
$$T_0 = 13.3 d_m \frac{(\gamma_1 - \gamma)}{M} + 12.16 \dots \dots \dots d_m < 1^{mm}$$

$$T_0 = 54.85 d_m \frac{(\gamma_1 - \gamma)}{M} - 78.48 \dots \dots \dots d_m > 1^{mm}$$

此處に  $T_0$  は限界掃流力、 $d_m$  は平均粒徑、 $M$  は粗粒率を表はし、*E. Indri* の場合には平均粒徑  $1^{mm}$  で之等の値には異つた關係のあることを示してゐる。

*Y. L. Chang* に依れば 
$$T_0 = C \left( \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot D \cdot O^{\frac{1}{2}} \right) \beta$$

と云ひ、 $D$  は平均粒徑、 $O$  は最大粒徑と最少粒徑との關係、 $C$  は常數で、 $\beta$  は  $\frac{1}{2} \sim 1$  であり、流水の渦流程度に關係すると云ふ。

之等か最も新しい所の報告である。兎に角掃流力は河床を構成してゐる砂礫の状態に關聯を持つことは確である。

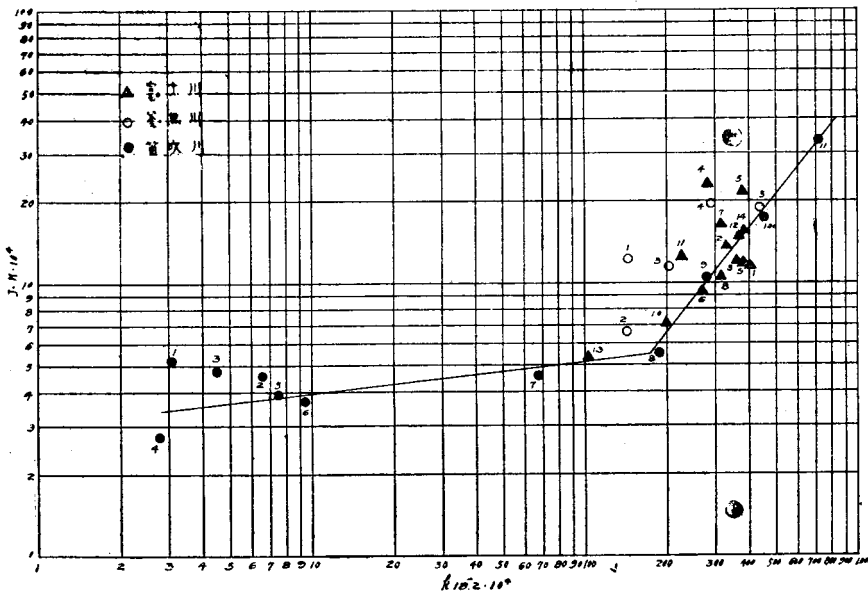
今或る一河川に就いて河床構成砂礫の状態に就いて考へると、何れの河川に於ても上流に於けるもの程粒徑の大きなものを含み、流下するに連れて粒徑の大きなものを減じ、細粒が増して來る、河狀に影響を及ぼす程の支流のない場合には、普通之れは規則正しく變化して來るが相當大きな支流の合流する場合には、之の砂礫の混和状態に變化を來して、夫れから下流の河狀に變動を與へてゐる。

一般に水源山地の崩壞の著しい場合或は之等の地點からの距離の餘りに遠くない場合には、下流河川では、山地部崩壞の影響を著しく受け、之の場合は粒徑の大きなものを含むと同時に又極めて細い粒徑のものをも相當に含んでゐる。山地の崩壞は一般に大粒を流下せしめると共に其の崩壞の際の摩擦、衝突に依つて細い砂礫を形造り、之の量は相當に多いのである。之等の砂礫は、流下するに従つて、之れは距離と共に時間と云ふことも考へられるが、新しい次の著しい崩壞の續かない限り、流水の流下作用に依つて、自然選擇が行はれ、河狀は其の流に適應する様な形態を形成して行く。總ての河川は程度こそ異なれ、之の段階に在るものと考へることが出来る。

斯く考へて來ると、現在の河狀と云ふものは砂礫の混和状態に依つて其の成長過程を示してゐるものであるから、之れに依つて河川を分類することが出来る。而も河狀を支配にゐる所のものは、所謂掃流力と稱してゐるものと考へられるから、之の掃流力と河狀との間には相關聯したものがあつてに違ひない。

之等のものに関しては上述の通り各種の提案せられたものがあるが、其の試験せられた範圍は未だ狭いものであつて、之れを直ちに實際の河川に適用してよいかどうかは明らかでない。著者が富士川で(1)調査した所に依ると次の様な結果が得られた

圖一で  $Jh$  は掃流力を示し、 $K$  は砂礫混和比である。混和比とは砂礫を篩ひ分けた結果を百分率で表はし、 $p$  を百分率、 $d$  を粒徑として  $\frac{P=100\%}{P=0} \sum d \cdot \Delta p$  で示される面積を  $\frac{d=d_b}{d=d_a} \sum p \cdot \Delta d$  で示される面積で除した値とする



る  $d_b$  は最大粒徑を示すもので之の場合には調査區間で得られた最大粒徑を何れの場合にも用ひた。これは一水系各地點での混和比に關聯を持たせるためである。圖一は砂礫を採量して調査した個所の河床

高の變動を示す。

之れに依れば一河川に於ては砂礫混和比は掃流力と相關聯した關係を持つて居ることが認められ之の關係から離れて居る所即ち細粒の多い場合、一般に圖一に示す様に求められた直線の左側に在る場合はよく見られる所であるが、右側即ち大粒徑の多い場合と云ふのは先づ起つてゐない。細粒の多い所では又河床の移動の著しいことを示してゐる。斯る場所では全河川に涉つて同一傾向の變化を見てゐるのではなく、或は陵起し、或は低下を來してゐるのであつて、不安定な状態を示してゐる。

一般に之の河川の自然選擇作用は相當長期間に涉つて行はれるものであり、而も尙補給する所の

原因が消滅しない限りは尙一層長期間を必要とする。夫れで河川改修に當つては之の間の事情を充分はつきりと認識して、之を取扱はなければならない。吾々は其の長期間を待つ理には行かない堤防法線間距離即ち河幅の問題は自ら之れに従つて限定される。

河幅はよく現在の河状を調査し、河川の自然選擇作用を促進せしめると共に著しく新しい變化を與へぬ様に定むべきである。適切な幅員と法線の設置を得て居れば其の將來の維持は比較的に容易であると考へる。然しながら實際に當つては之れは極めて工費を要することであり、又改修工事着手以前に之の間の事情を明瞭ならしめることは不可能なことが多いので河幅、河成の問題は既成事實となつてしまうことが、往々在るのであつて、然らば吾々は之れに對し如何なる處置を取らうかと云ふことになる。

次には水位を計算するのに用ひる平均流速公式の問題であるが、一般に水位を定める場合には次の公式に依つてゐる。

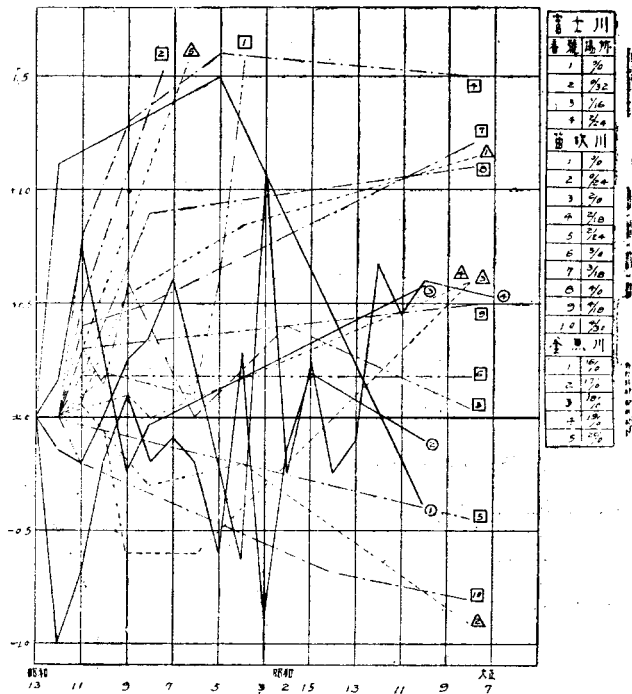
$$Q = B \cdot H \cdot C \sqrt{HJ}$$

此處に  $Q$  は流量、 $B$  は河幅、 $H$  は平均水深、 $C$  は Chizy の流速係數である。此の場合吾々が普通に用ひてゐる。流速係數は Kutter の公式として知らにゐるものであつて、之れは

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

と云ふ形をとつてゐる。之の  $n$  は粗

度係數であつて、 $n$  の値に就いては實に多くの實測値が示されて居り、實用上甚だ便利なものであるが、之れに就いては實は一段と留意する所が必要なのであつて、決して盲從してはならない。之の公式は多くの實測値を持つてゐるのが有利である丈にしか過ぎない。既に認められてゐる通り、之の  $n$  の値は同一地點に於ても其の水位の如何に依つて多少の差異があるのであつて、一般に水位が上昇すると  $n$  は増大する傾向がある。富永技師の報告に依れば常願寺川瓶岩橋での實測に依れば平均水深  $0.49^m$  では  $n = 0.031$ 、 $2.83^m$  では  $n = 0.055$  となつて居り、改修計畫では  $n = 0.06$  とされてゐる。著者は之の實事は摩擦公式の欠陥に原因してゐるものと思つてゐる流水の状態は流水の遅い場合と早い場合とでは相當に差異のあるものであつて、渦流の程度に著しい違が見受けられ、之の高い時には流水には之のために消費せられる勢力がかなりにあつて、水深の増大する場合に流速は増して來ないのではないかと考へられる。著者は曩に次の如き平均流速公式 (1) を提案した。之



(1) 拙著 平均流速公式に就いて、

れは未だ實測値と照合してないので數値を與へることは出來ないが、之の傾向を認めることが出来る。

$$u = \left( \frac{c}{\delta} + \delta J^{\frac{1}{2}} h^{\frac{3}{2}} \right) \sqrt{hJ}$$

此處に  $u$  は平均流速

$$\frac{c}{\delta} \propto \frac{1}{\sqrt{B}}$$

$$\delta \propto \frac{1}{b} \frac{(2-3a)\alpha}{\gamma}$$

$a$  は 最大流速の位置(水面からの割合)

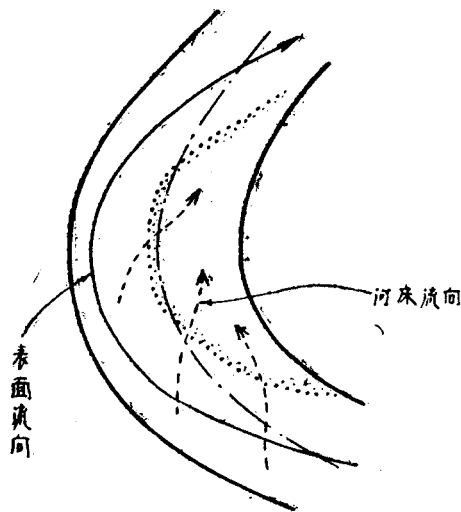
$\alpha$  は 渦流に関する常數であつて、その程度が高くなると大きくなる値である。

平均流速公式に就いては更に流れの状態と云ふことを考へ、各種の擴い範圍から資料を求めると云ふよりも尙一層一地點に於ける各種の段階に就いて研究する要がある。一般に低水時に觀測した粗度係數を洪水の場合に其の儘用ひると云ふことはかなり危険である。尤も流水の状態に依つては流速のある限度迄は場所に依り却つて  $n$  の値は減少することも考へられる。周邊の粗度の影響する程度の如何に依つて異なるのである。

(2) 堤防法線の方向、即ち河成りの問題

堤防法線が適切に定められてゐるか、ゐないかは堤防維持上に重大な關聯を持つてゐる。一般に堤防法線は特種な場合に、有利に使用出来る様べく損失を與へぬ様にしとして水を刎ねたり、く様にするべきである。

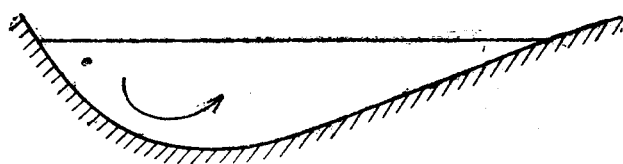
之等の問題は水力學的移動と云ふことに就いて河川の水位は相當の範圍ら吾々として希望する所を一定せしめたい、即ちある。之のためには法線の方が良い。之等の限度流河川では自ら異考へ方も違つて來曲部では表面の水著しく凹岸に向つ河床部では之れに對抗するために河心線に沿つて稍同角度程度逆の方向に向ひ、之の結果凹岸部河床



除いては河積を最も有効即ち水の流れに對し成るなければならぬ。原則渦を起す様な原因は取除

に考へると同時に河床のも考慮する必要がある。に變動するものであるかは如何なる場合にも水向所謂水當り個所の限定では多少の彎曲を持たせに就いては緩流河川と急

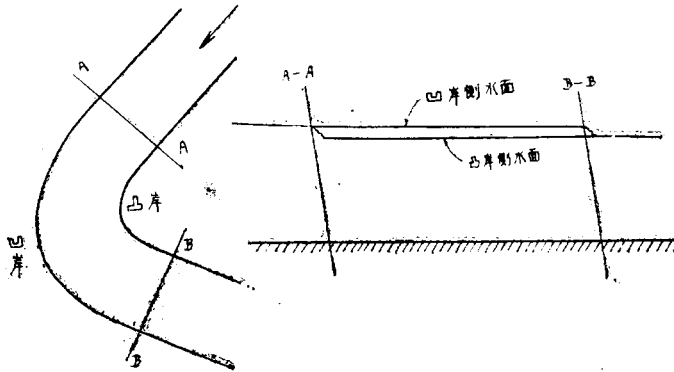
つて來るもので、るのであるが、彎流は遠心力のためて偏流するが、河



床部では之れに對抗するために河心線に沿つて稍同角度程度逆の方向に向ひ、之の結果凹岸部河床

は洪堀せられ凸岸部に堆積する。(圖—3参照)之の程度が、餘りて甚しくなれば相當流水の疏通に支障を來して來る。之の場合の河床の移動は水平軸を持つ一つの渦に依つて引起されるものであつて、砂礫は水衝作用に依つて吹き上げられるものであり、掃流力に依るものとは異つた事情に在る。

彎曲部の曲  
 るかと云へば  
 く圓弧を避け  
 は2心圓弧又  
 様に漸次曲率  
 むべきである  
 に於ける左右  
 緩和せしめる  
 である。一般



線は如何にす  
 之れは成るべ  
 拋物線形か或  
 は3心圓弧の  
 徑を變化せし  
 之れは彎曲部  
 岸の水位差を  
 のに是非必要  
 に彎曲部に於

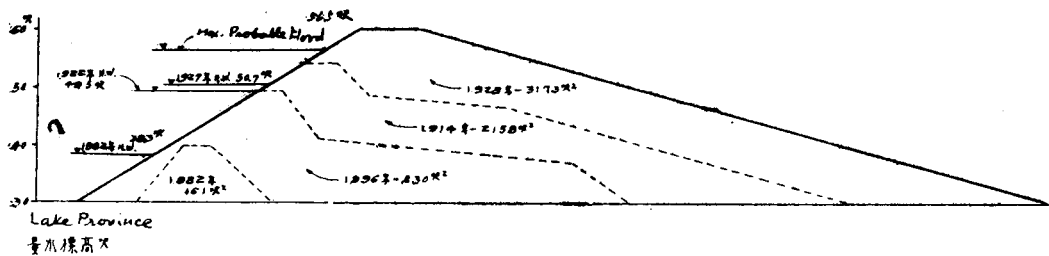
ける水面勾配は(圖—5)の如くなるもので、彎曲部に導入する直前及び直後に、前者の場合には凸岸側に、後者の場合には凹岸側に段波を生ずるから、之れを出来るだけ緩和せしめなければならない。斯くすれば又比較的容易に滯筋を一方から他方へ移動せしめ、其の中間に往々生ずる所の淺瀬を除却することが出来る。

(3) 堤防断面

堤防断面を決定する場合に考へねばならぬ主要素は次の通りである。

- (i) 法勾配
- (ii) 基礎
- (iii) 浸透水

堤防を築造する様になると水位は自然既往の水位より高くなり、又記録の増加するに従つて高水位を見る様になる。之れは何れの場所にも見受けられる所であつて、利根川等もその例にもれず、Mississippi 河に於ては1882年から1928年5月の治水計畫に定められた迄には Lower Mississippi で は4回の嵩置を行つて居り、Lake Province の例に依れば1882年の直高10呎から、1928年には28呎



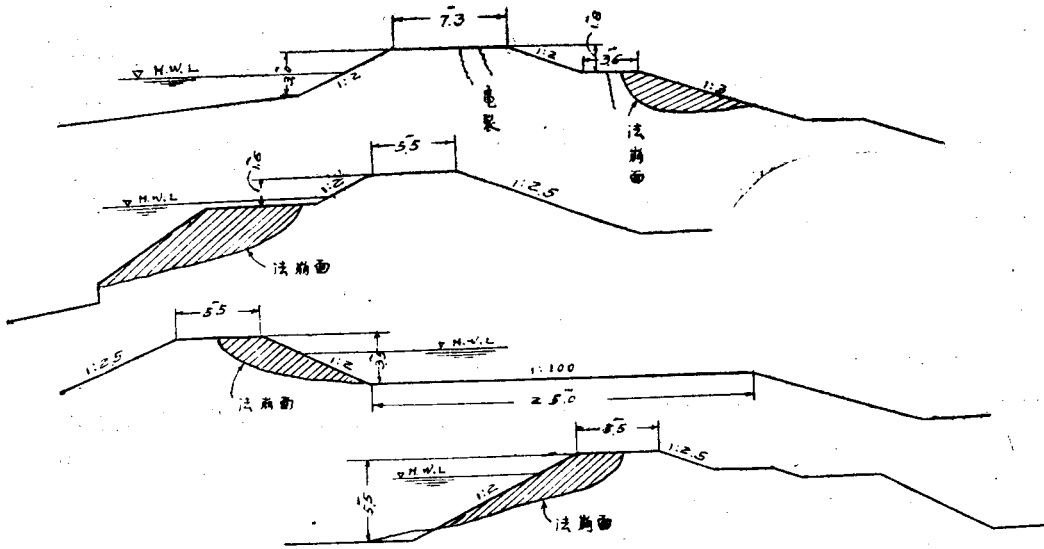
に達し、特に湖沼澤地では50呎に達にある。堤防断面も1882年には161呎<sup>2</sup>であつたものが、1928年には3173呎<sup>2</sup>となつた。

(i) 法勾配

昭和13年6月末から7月にかけて關東地方に未曾有の大降雨があつた。之れは珍らしく平地部も莫

大な降雨があつたので、山地部には比較的少かつたため大河川はたいした出水を見なかつたが、堤内地の滞水、氾濫は相當なものであつた。之の雨は例を鬼怒川にとれば、7日間の雨量は上流黒部では $220.5^{mm}$ に對て、下流部川島に於けるものは $495.7^{mm}$ に達した。富士川の河口附近では同日數間の雨量は $902^{mm}$ になつてゐる。利根川、荒川、鬼怒川等では堤防に相當の被害を見た、之の場合其の被害状況を調べると殆んど皆堤防の法面に原因するもので、堤内及び堤外何れの側にも見受けられ、特に小段の所から滑り出してゐるのが多い。鬼怒川に於ける堤防被害箇所は11個所で、内法面に依るもの10個所、延長約 $2,680^m$ であつて、堤防根固の流失に原因するものは1個所に過ぎない。法面断面を示すと圖—7の通りである。圖—8には荒川に於ける被害形状を示す。

次いで同年9月1日には颶風の襲ふ所となつて、水源に豪雨あり、鬼怒川では上流山地の黒部では日雨量 $349.7^{mm}$ に達したが、下流部川島での1日雨量は $148^{mm}$ であつた。之のため荒川、鬼怒川は計



畫高水位に達する出水を見、利根川では之れを越へてゐた。今回も堤防の被害は相當の數にのぼつたが、荒川、鬼怒川に於ても其の被害は溢流に依る破堤、又は堤脚の洗刷に依る護岸、根固の流失から引き起された、堤防の欠壞であつて、唯法面の崩壊に依る被害は殆んど見受けられなかつた。鬼怒川に於ける堤防の被害箇所23個所の内法面の崩落に依るものはなく、全部溢流又は護岸根固の流失に依るもので、唯一箇所浸透水の堤内脚に於ける噴出があつたに過ぎない。浸透水の噴出を見た所は往時の河道が流路の變動に依る締切られた所である。

*Lower Mississippi Valley* での經驗に依れば 1896年から 1914年に涉つて設けられた裏法に小段を附した堤防は小段上の急勾配の法面が大出水に際て甚しく滑動し、又は崩落したので、夫れ以後に於ては川裏側の法面は直線とした。現在 *Lower Mississippi Valley* で用ひてゐる堤防法勾配は土質に依り次の如くになつてゐる。



断面級	主たる材料	天 端 幅	川表勾配	川裏勾配
A.	Clay(75%)	1 0呎	1 : 3.0	1 : 6.0
B.	Silt	1 0呎	1 : 3.5	1 : 6.5
C.	Sand(75%)	1 2呎	1 : 5.0	1 : 8.0

浸潤外縁線 (Topmost flow line) は堤頂より1呎下りにて川表側より起るものとす。

之れは長い経験に依つて得られた値で、之の流域で得られる土壤に就いては充分適合してゐる。堤防は總ての外力に對て安全であると云はれてゐる。之れは法面が大體に於て堤體内の浸潤外縁線の外に在るやうになつてゐるもので之の浸潤線の勾配は築堤材料により 1 : 6 ~ 1 : 8 で流れるものと考へられてゐる。Memphis Teuu. 附近での調査に依れば堤體からの危険な漏水は認められてゐない、基礎からの漏水には困難してゐるが、断面設計の弱點に關聯せしめることは出来なかつたと云はれてゐる。

Vicksburg で堤防内の流れの進展状態を試験したことがあるが、之の場合堤防の高さ 35呎で法勾配は兩法共 1 : 3.7、築堤材料は Fine yellowish grey loam の沈澱したもので均一體である。實際堤防に用ひた材料とは多少異なるが、浸透性は堤防に用ひられたものに類似して居り、標準 B 級にあげた Silt と同様である。貨物自動車に依つて土運搬を行つたもので、搗固は自動車の通交に依るのみである。之の結果に依ると浸透水が完全に堤體内を通る迄には 10ヶ 月を要してゐる。之れに依れば比較的不透性の材料を用ひた場合には普通の洪水期間中 (Mississippi 河では約 120日 最大は其の小部分に過ぎない) には流れは起きるとは考へられぬと報告されてゐる。

夫れで Mississippi の技術者達は最近現在の堤防は先づ堤防全断面からの浸透水の流出と云ふことに對しては充分に安全であると云ふことから、堤防の安定度を測る方法として次の如く考へてゐる。

- (1) 凝集力のない場合 砂
- (2) 凝集力のある場合 沈泥及び粘土に於て

(1) に就いては法面は内部摩擦角より緩でなくてはならぬ。之の場合失敗は之の限度を超過することに依つて法面に沿ふて崩落を來す。

(2) に就いては法面の安定度は内部に於ける或圓筒面に沿ふての材料の剪應力に依つて定められる。之の圓筒面は堤防直背の所から断面を通つて堤防の脚に至るものであつて、之の弧狀の斜面の部分は之の弧を中心として廻轉し、下に滑動する傾向があるのである。

堤防の法面は堤防の自重に依つて滑動する虞がある。堤體内に浸潤の行き渡たる時には、之の浸透水に依る動水壓が之の破壊面上の法面に作用するものと考へればよい。斯くの如く土質力學の考へ方に依つて法面の安定を考へる様になつて來てゐる。吾々が昭和 13 年 6 月に受けた災害に依つても之の考へ方の必要なことが認められる。Mississippi では斯く考へて來て、現在の堤防の法面は緩

る過ぎると云ふ結論に達し、法勾配はもつと急でもよいと云はれ、之れに依つて築堤土量は相當減少せられ、工費を低減することが出来るであらう。

堤防用土砂は其の性質上かなりな制限を受けてゐるから、土堰堤の様に土質を選ぶことが出来ない。附近で得られる土砂に就いて力學的性質を明らかにし、土運搬方法に従つて法面を合理的に定むべきである。又自ら與へられた土砂に對して許し得べき堤防高も決つて来るであらう。荒川での法面滑動個所の土質を試験した結果に依ると之の部分の土砂は含水量の増加した場合に著しく剪斷抵抗を減少することが解つた、第1表に示す様に崩壊當時の土砂の含水量は液狀限界に達してゐるのである。

荒川堤防土質試験成績表

群	試料名	砂	淤	泥	粘	土	含水量	液狀限界	塑性指數
I	L <sub>4</sub> — F	52.9		29.6		17.5	33.51	34.41	9.40
	L <sub>6</sub> — H	44.2		34.7		21.1	31.13	31.75	10.72
	L <sub>7.5</sub> — L	68.8		21.7		9.4	25.59	25.82	4.22
	L <sub>9</sub> — J	56.0		29.3		14.7	31.30	27.92	7.03
	L <sub>9</sub> — K	44.0		32.6		23.4	30.27	29.22	10.88
	R <sub>1</sub> — D	67.9		19.5		12.6	23.01	24.32	4.73
	R <sub>2</sub> — E	61.9		21.2		16.9	28.58	27.28	6.87
II	L <sub>1</sub> — B	13.0		30.5		56.5	46.50	63.30	39.59
	L <sub>2</sub> — D	12.0		35.1		52.9	42.57	68.46	41.50
	R <sub>1</sub> — A	8.5		24.8		66.6	42.70	68.04	35.58

I 群は被害甚しかりしもの

II 群は龜裂程度で土の性質以外の原因に依り被害のあつたものと考へらる。

本表は片平信貴氏の試験報告に依る

### (ii) 基礎

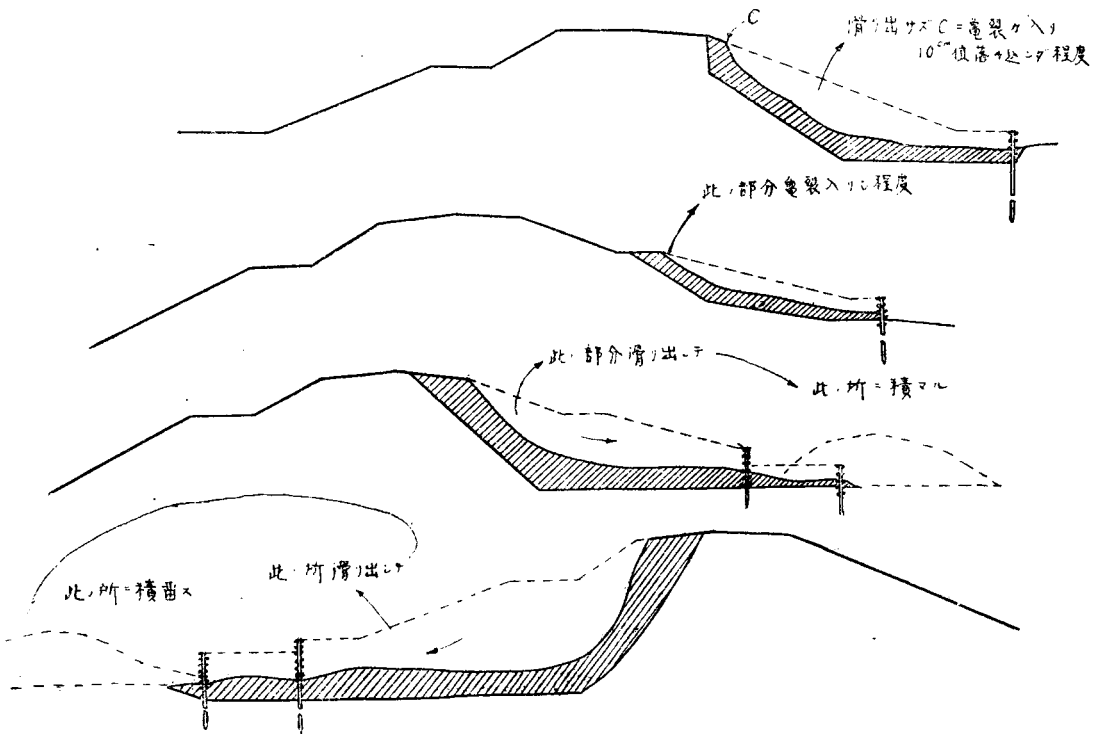
堤防は如何なる條件の下に於ても安全でなくてはならない。法面の安定の次に必要なのは基礎の問題である。堤防は必要に應じては洪水期直前に築立てねばならぬこともあるし又地盤の悪い箇所にも設けねばならぬことがある。過去に於ては軟弱地盤に築堤する場合には先づ一度築堤して沈下を待ち、軟い部分を去除き、安定となる迄同じ方法を繰返してゐたのである。之れは経験にのみ依頼するのであつて、其の經驗済の範圍内では差支へないが、一般に長時間と巨額の工費を必要とする。擴築のための再施工は最初の場合よりも土砂の單價は高くなるのが普通である。

近年 Mississippi に於ては之れに土質力學を應用することより堤防に依る力が基礎の強度を超へぬ様に設計される様になつた。障害を受けてゐない供試體を採取して、壓縮試験及び剪斷試験に依つて其の場所に於ける土壤の破壊強度を知れば、之れに依る基礎の安定、所要安全率を與へる設計

は多少なりと合理化することが出来る。

沈下を知ると云ふことは堤防の危険と云ふことにとつてはそう重要ではないが、之れを豫知することは經濟的には非常に利益があるのであつて、引續き必要となつて來る、擴築工事を避けることが出来る。勿論之の豫察に就いては投下土砂の築造中に於ける收縮に對しても考へねばならない。

現に工事中の *Mississippi* 河の洪水調節工事では築堤用土砂及び基礎地盤に就いて次の様な調査を行つてゐる、堤防豫定線に沿つて約1,000呎毎に其の面積を3等分する様2個所で豫備ボーリングを行ひ、又土取場に於ても1,000呎間隔に中心線に沿つてボーリングを行つてゐる。之等は外見上不安定の材料のなくなる程の深さ迄試みるのであつて、豫備ボーリングに依つて其の状態が判つたら更にボーリングを行つて弱點の範圍を追跡する。之等の状態を知るためのボーリングは一般に徑3吋~4吋で充分である。



特別の考慮を要する個所又は未經験の土砂に對しては、上述の豫備試験に續いて6吋徑のボーリングを用ひて特種の装置に依り原形を壊さぬ様材料を抜取り、之等の力學的性質を試験する。

一般に豫備試験の場合には其の得られた資料を種類及び一般の狀況に應じて區分し、各群の中から夫れを代表し得べきものに就いて機械分析を行ひ、含水量を測定する。液狀及び塑狀の *Atterberg* 限界を試験して一般的状態の指針とする。又代表資料に就いては築堤用土の場合は内部摩擦角と凝集力を得るために、剪斷試験を試み、基礎の部分に關しては剪斷試験及び壓縮試験を行ひ、次に凝固浸透試験を行つて沈下と浸透水を推定してゐる。

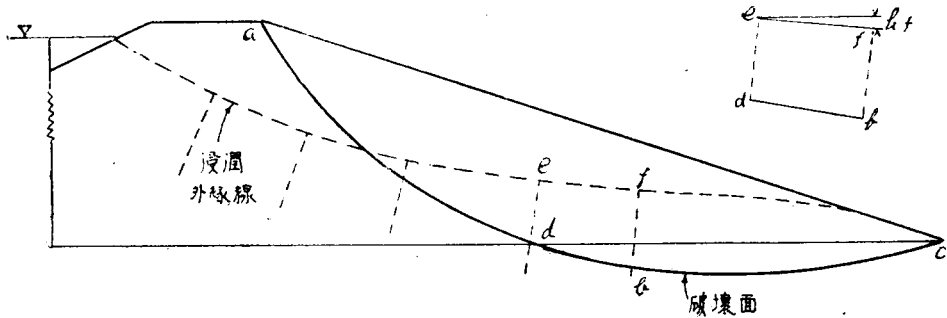
## (iii) 浸透水

Lower Mississippi Valley に於ける観測の結果に依れば全面的の浸透水は殆んど見受けられてゐない。これは考慮の要のないことは前述の通りである。堤防の安全と云ふことに就いては問題でないと思ふ。

唯特種の原因に依る浸透水の處理に關しては然し充分注意する要がある。堤防地盤に浸透性層のある場合等には相當困難するもので、堤防附近の土取場で取り過ぎて、浸透性層を露出せしめたり、又は堤防に餘りに接近して土砂を採取する様なことは避けねばならない。堤防内に工作物を埋設する場合等も注意が肝要である。

堤防が砂等の浸透性のものからなつてゐる場合には洪水期間中に浸透水を見るであらうが、斯る場合には適當の方法を講じて其の排出に支障のない様にする。川表側に5呎位の不浸透性粘土壁を設け、之れを不浸透性層迄達せしめて置くと浸透水を防ぐことが出来ると云はれる。

以上述べて来た様な方法に従つて堤防の断面を決定することは殊に堤防の大きな場合には必要な



ことであつて、又末經驗の土砂を用ひる様な時には時間の節約、工費の低減に相當役立つものと考へられる。

## (4) 堤防保護

第(1)項及び第(2)項で述べた所に従つて作られた、堤防の保護は比較的容易である。之れは河床の動き、流水の動きを適當に限定するからである。然しながら之れは又極めて困難なことであつて、普通吾々は現在與へられた状態で之れに應じて行く様にしなければならない。唯吾々は常に第(1)項及び第(2)項で述べた所を助長する様に努めることに依つて河川の安定を計つて行く要がある。護岸、水制も亦唯堤防を保護するのみでなく、河川の安定の一助とならねばならない。

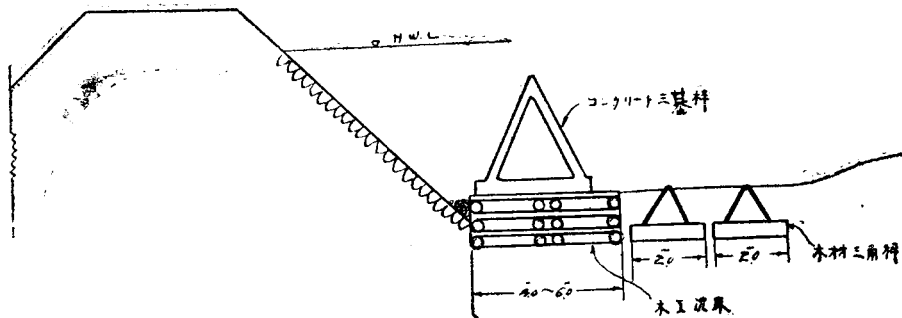
護岸、水制は古くから各所で工夫されて來てゐる。一河川の規構をたやすく變へ得ぬ以上、現在の夫れに従つて目論まねばならない。各所で特異の工法の發展したと云ふのは之れに原因する。

一般に河岸の移動の甚しい河川即ち河床の不安定な場合には流路の移動も甚しく、出水を見た後には必ず各所に横流を生じ、流水は堤防に直射する様な形をとり、深堀を生ずる。一度に3<sup>m</sup>、4<sup>m</sup>と云ふ深堀を生ずることは珍らしくない。斯る場合には横工は維持が困難であり、時には惡結果を残すことがある。殊に之れが堅固な「出し類」である様な時には尙一層危険である。出すにしても輕

度のものとし、流水に逆らはず、自由に沈下し得る様な型式を撰ぶがよい。之の傾向の甚しい時には縦工のみに依る。一般に適當な法覆工を施すと共に根固工に注意する。根固工は出来るだけ軟い方がよい。堅いものであると尙一層渦流を起す原因となり、深堀を來すであらう。斯る場合に河床の洗堀されるのは渦に起因するからである。著者は富士川で 圖—10 に示す様な工法を試みてゐる。法覆工には出来るだけ簡単な方法を取り根固として先づ堤脚に木工沈床幅  $4^m \sim 6^m$  のものを布設し之の上に聖牛或は鐵筋コンクリート三基柱を置き、更に其の前面に低く木材三角柱を2組乃至3組沈設する。

河床不安定な河川で流水を反撥させたいと思はれる時にも堅固な // 芻出し // で反轉させることは流水を不安定ならしめるだけでなく、之に依つて思はざる水位の嵩上を來したり、流水の方向が水位の如何に依つて異なる等の結果を引起し易い。斯る場合には成るべく流水を攪亂せしめない様透過式の水制に依るか、又は比較的流水を引寄せ易い縦工を用ひて、自分の力で反轉せしめるのが有利である。

以上述べた所は主として流勢の強い場合に就いてであるが、之れが弱い時には工法の如何に依る影響は漸次尠くなる。成るべく渦流を起さぬ様注意すれば横工は好結果を見るであらう。工費も縦



工に比し一般に低額で施工することが出来る。透過水制が相當河床の移動する河川で餘り深堀を生ぜず、良く砂洲を寄付けてゐるので知ることが出来る。

河川が安定になればなる程之等工法の選擇の範圍は廣くなる。

如何なる場合にも堤防に流水を餘りに接近せしめてはならない。原則として法覆工は出来るだけ簡單とし、根固工に留意する。斯くすれば第(3)項に述べた所に従つて造られた堤防は充分安全である。之れで堤防の脅かされるのは溢流と堤脚の洗堀となる。溢流は堤防設計の不良に依るのではなく、經濟的見地から造られた最高のものであるとすれば、之れは已むを得ない。此處で述べる問題とは別のものである。考へねばならぬものは洗堀に依る破堤である。出水中に法面の崩落は未だ防ぐことが出来るが、洗堀に依る堤脚からの崩壞に對しては之れを防ぐことはなかなか困難である。

## (3) 結 尾

此處に堤防を造る場合に考へねばならぬ事項に就いて4項に分つて述べて來た。第(1)、第(2)及び第(4)項は主として著者の考へてゐる所であり、第(3)項は現に *Mississippi* 河の洪水調節工事で考へられてゐるものを紹介したもので、之の點に就いては是非吾々も考慮せねばならぬと思つてゐる。

本文に述べて來た所概論に過ぎず、云ふ所甚だ抽象的であり、而も論旨は中途のものもあつて、之れを實際のものに就いて考へる時には了解し難もの又は疑問とされる所が多々あるものと思はれるが、之れは河川技術者の進む道と信じ、相共に携へて一步でも前進したい念願から敢て述べたものである。

新興滿洲國では新しく治水事業に進まれると聞く。大陸の之等の諸河川は吾々にとつては未經験のものである。之等の治水事業の遂行に當つては餘程の慎重を期さねばならぬであらう。河川の普遍的性状を充分知つてから其の各々の特種事情を確認すべきである、吾々は水力學的に考へると同時に詳細な自然觀察を怠つてはならない。

更に之れを詳論し、又施工に關しても述べる機會を待つものである。

出版物發賣  
通 知

## 推奨すべき簡易舗装の構造と維持

東京市土木局管理課長 山 本 亨 著 定價 ¥1.00

### 内 容 目 次

- |                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| 1. 總 說                  | 10. 表 面 處 理     |
| 2. 簡易瀝青舗装の沿革            | 11. 表面處理と交通     |
| 3. 簡易瀝青舗装の語義            | 12. 表面處理と氣象     |
| 4. 路盤と表層                | 13. 表面處理と周圍の狀況  |
| 5. 路盤の沈下量測定方法           | 14. 表面處理の材料     |
| 6. 舗装の龜裂と路盤沈下量          | 15. 表面處理の破損原因   |
| 7. 路盤厚と沈下量              | 16. 表面處理の維持     |
| 8. 表層とフレキシビリティ          | 17. 表面處理の修繕方法   |
| 9. フレキシブルサーフェーシングと骨材の粒度 | 18. 表面處理の築造と維持費 |
|                         | 19. 多層式表面處理     |

## 第3回土木講習會講演集

四六倍判210餘頁 定價1.20 (但シ會員=限り ¥1.00)

### 内 容 目 次

- |                    |              |           |
|--------------------|--------------|-----------|
| 1. 開會之挨拶           | 理 事          | 坂 田 昌 亮   |
| 2. 遼河改修計畫          | 交 通 部        | 原 口 忠 次 郎 |
| 3. 道路の構造物の凍害に就て    | 交 通 部        | 米 田 正 文   |
| 4. 河川の基本調査に就て      | 交 通 部        | 照 井 隆 三 郎 |
| 5. 塞中コンクリートの現勢     | 土 建 協 會      | 眞 鍋 簡 好   |
| 6. 河川の氷害           | 交 通 部        | 橋 内 德 治 明 |
| 7. 朝鮮の河川           | 鮮 朝 總 督 府    | 川 澤 章 明   |
| 8. 最近のセメントの趨勢に就いて  | 小野田セメント鞍山工場長 | 西 脇 寛 寛   |
| 9. 土木工事に用滿洲産木材に就いて | 滿鐵々道研究所      | 布 施 忠 司   |