

真田先生と利根川改修工事

昭和 35 年 3 月

富 永 正 義

真田先生と利根川改修工事

富 永 正 義

1. は し が き

真田先生はわが国土界の長老としてはまた内務省直轄工事の先覚者として土木工学および土木工事に遺された功績は誠に偉大なるものがある。実に先生はその生涯を卓絶した技術者としてわが国土の保全開発に献身されたのみならず、また後輩の指導育成にも多大の力を致され、その長い技術生活の間に先生の教示により、直轄工事推進の原動力となつた幾多の技術者が輩出したことは争われないところであつて、これまた先生の功績の一つというべきである。筆者も先生に教を受けたものの一人であるが、指導に願つた数々の内より技術的に見て最も印象的であつた事項を摘記して先生を偲ぶよすがにしたいと思う。最も筆者が先生の指導を受ける様になつたのは先生の利根川第三期改修の主任時代であつたから、次に記さんとすることも利根川第三期改修工事に関するものであるとともに、先生が常に口頭で述べられたこと、または著書、小冊子として発表されたものであるが、中には先生のいわんとされる精神をとり、表現に当りては筆者が多少敷衍したものもあるから、その点御了承を頂きたいと思う。

2. 利根川改修工事の計画高水流量と 明治 43 年 8 月洪水の最大流量

利根川改修工事は明治 33 年度着手されたのであるが、同 43 年 8 月の大洪水に鑑み、第 3 期改修も改修計画が拡大され、烏川合流点以下における計画高水流量を毎秒 5,570 立米と定め、なお非常高水流量として一応毎秒 6,950 立米を想定されたのであつたが、この場合には堤防余裕高は 0.6 乃至 0.9 米に低減する。しかしこの毎秒 5,570 立米は明治 43 年 8 月洪水の最大流量ではなく、これより遙に小さい同 40 年 8 月の洪水の最大を標準として定められたものである。この毎秒 5,570 立米を以て同 43 年 8 月の大洪水に対処せしめるには、過少であることが明白であるにもかかわらず、当時の内務省主脳部が敢てこれを採らざるを得なかつた理由は上記洪水の最大を計画高水流量にとれば、工事費予算が甚大の額に達し、当時の国力を以てしては到底工事の遂行の見込みが

たたなかつたからである。

それでは明治 43 年 8 月の洪水の最大流量が果してどの位であつたかというふに、当時利根川幹支川共破堤溢水が続出したため、これを推定することは極めて困難であつたが、各地に残つている洪水痕跡等から推定したものによれば、烏川全流点においては毎秒 11,000 立米を幾分越えたものであつたらと考へられている。なお明治 43 年 8 月の洪水の最大流量を推定するに当り、最近の大洪水であつた昭和 10 年 9 月および同 22 年 9 月の洪水の最大流量とを比較して見ることとする。表 1 参照

表 1. 利根川、烏川最大流量

河 川 地 点	最 大 流 量		
	昭和10年9月 洪水	明治43年8月 洪水	昭和22年9月 洪水
	毎秒立		毎秒立
神流川渡 瀬	770	—	1,380
烏 川 岩 鼻	4,880	—	6,790
同 神流川 合流点	5,650	河道内にて 5,200	7,320
利根川 上福島	4,990	—	8,290
同 烏 川 合流点	10,290	—	15,110

表 1 を見るに昭和 10 年 9 月の洪水の最大流量は烏川合流点において毎秒 10,290 立米を記録しているが、これより上流においては高水流量の計算または推定のできる烏川筋について換すると、昭和 7 年度着手された改修工事により洪水氾濫がある程度軽減されたことも一応考えられるが、とにかく山から山まで平野一帯が泥海と化したという明治 43 年 8 月の洪水に比すれば、氾濫区域は相当狭少でなかつたかと思われる。今両者の最大流量を比較すると神流川合流点において昭和 10 年 9 月の洪水は毎秒 5,650 立米であつたに反し、明治 43 年 8 月の洪水では氾濫流量を除いた河道内のみにて毎秒 5,200 立米と推定されるから、後者の方が大きかつたことは明らかである。また利根川幹川の最大流量は昭和 10 年 9 月の洪水にありては毎秒 4,990 立米を算したが、幹川筋は改修工事が施行されておらないから、明治 43 年 8 月洪水の最大を推定する資料は極めて乏しい。しかし幹川筋の流域面積は烏川筋の約二倍に達するが、比流量は烏川筋の

方が大きく、従来の例によれば、その最大流量は両者共大差ないものの如くである。従つて幹川の最大は毎秒6,000立米位となり、烏川合流点における合同流量は時差を考へて毎秒11,000立米を少し上廻るものであつたと思われる。

また昭和22年9月の洪水は利根幹川筋が最悪の降雨状況の下に出水したに加わえ、烏川筋の最大もまた岩鼻において毎秒6,790立米を算し、既往の最高であつたから、両者の合同流量は正に画期的のものとなり、明治43年8月の最大を超過したことは明らかで、烏川合流点における最大流量は毎秒15,110立米に達した。

これによつて考えると明治43年8月の洪水における最大流量は正確のことは勿論わからないが、昭和22年9月のものよりは小にして、同10年9月のものよりは大きく、烏川合流点において毎秒11,000立米を幾分上廻つたものと想像される。

3. 利根川改修に対する増強施策

利根川改修工事においては計画より遙かに大なる洪水流量の襲来を予想しなければならなかつたが、昭和5年度まで改修工事施行中は幸にして利根川洪水の休止期ともいふべき時期で、計画高水流量にさへ達する洪水は現出しなかつた。筆者は直轄河川の改修計画を20数河川完成したが、その計画点水流量はいずれも調査し得る範囲内に於て既往の最大を採用したから、人事を尽して天命を待つという心境であつた。然し利根川の場合は全くその事情を異にし、現実に計画より遙かに大きい洪水に再会したにもかかわらず、計画流量としては著しく小なるものを採り、しかも表面には改修計画の脆弱性を暴露することは許されなかつた。このため工事実施の局に當つた主脳部は非常なる苦心を払つたのであつて、計画の表面には現わさず、裏面から明治43年8月の洪水に対処する努力がなされた。筆者は10数年利根川改修に従務しておつた関係上この対策につき第三期改修の工区主任であつた真田、坂本両先生からあるいは会合の席で、あるいは雑談的にしばしば聞いた。特に真田先生は直属の上司であつたから、対策の苦心談に接する機会も少なくなかつた。この対策と称しても大部分は表面的のものではないから、特別に文書に残つていないものではないが、改修計画説明書に散見するものや両先生の口伝をとりまとめて見ると、大体つぎの三点に帰すると思うのである。

- (1) 大遊水地域の設定
 - (2) 河積の拡大
 - (3) 堤防余裕高の増大
1. 大遊水地域の設定

利根川第二期改修はその延長が104軒に亘つているから田中、栗橋および尾島の3工区に別けて施行されたが、大遊水地域を各工区に設けて、洪水流量の遅滞をして普遍的に行なわしめることとした。

表 2. 大遊水地域表

工区	名称または位置	面積 ヘクタール
尾島	高水法線外の遊水敷およびその他	1,700
栗橋	渡良瀬川遊水地および周辺の土地	3,500
田中	田中および菅生遊水地等	2,500
計		7,700

上記遊水地域の面積には計画高水流量流下に必要な河道の表面積は加えないこととした。

(イ) 尾島工区の遊水地域

本地域は特に名称は附せられておらず、計画説明書によれば、「大略現川を中心として545米の河道を設け、なお兩岸に364米の堤外地を存せしめて、遊水区域となし」と記してあるが、延長が26軒に達するので、その面積は930ヘクタールを算する。この外石田川および早川合流点は当初計画においては逆水樋門にて締切る予定であつたが、これを變更して覆堤となし、明け放しにしたので、大洪水の際には逆流のために遊水地域の拡大を期することができた。

昭和10年9月の大洪水に徴するに早川沿岸において約400ヘクタール、また石田川沿岸において約540ヘクタール合計940ヘクタールの遊水地域を現出し、さらに同16年7月の大洪水にはその合計が850ヘクタールに達した。然してこの遊水地域中には利根川の逆流によるもののみでなく、早川および石田川自体の氾濫によるものも幾分含まれている。なお昭和10年9月および同16年7月の洪水における最高水位は利根川改修における計画高水位よりそれぞれ1.3米乃至0.9米高かつたので、逆流による遊水面積も大きかつたと思われる。よつて計画高水位における逆流による面積を上記の約とすれば630ヘクタールとなる。これに広瀬川合流点および小山川合流点附近の遊水地域並に前記河道内の遊水敷を加えると尾島工区の遊水地域は1,700ヘクタールに達する。

広瀬川は流域面積368平方軒を算する河川であるが、利根川高水流量の最大に影響する高水流量を利根川改修同増補および同改訂増補共零と見做している。筆者の調査によれば、昭和10年9月の洪水において広瀬川の最大流量は毎秒1,500立米を算し、その内利根川流量の最大に合流したものは毎秒680立米に達した。また昭和22年6月の洪水においてはその最大流量は毎秒2,500立米

と推定されるから、その高水流量が利根川の最大に影響をおよぼすことは明白である。それにもかかわらず敢てその影響を考慮しないのは結局尾島工区の遊水作用が顕著で、洪水流量の増量はその調節作用と彼此相殺されるという考案によるものであろう。

利根川改修工事の竣功に伴い、早川、石田川および広瀬川沿岸等における従来の洪水氾濫地も漸次開発されてきたので、上記洪水に際して多少被害があつたが、一方流量調節に大いに寄与したことは否めないところである。

しかるに昭和16年7月の洪水後上記諸川はいずれも改修工事を行なうことに決定したが、その計画によれば利根川合流点における覆堤は連続堤に変更されることになつた。また広瀬川は昭和22年9月の大水に鑑み、災害復旧工事および同助成工事により改良工事が施行され沿岸における逆流は激減するに至つた。これにより尾島部内における遊水地域は約700ヘクタール減少することになるが、筆者は先覚者が利根川治水の将来のために遺された施策が後退するという感を深くするものであるから連に高水流量調節に対して代わるべき施設の実現されんことを望むや切なるものがある。

(ロ) 栗橋工区における遊水地域

栗橋工区における遊水地域は所謂渡良瀬川遊水地で、旧谷中地内と赤麻沼及び石川沼等の池沼を合し、河川敷として認められておる面積は3,160ヘクタールであるがこれに周辺の低湿地を合すると遊水地域は実に3,500ヘクタールに達する。渡良瀬川改修計画説明書によると明治31年の大洪水に際し利根、渡良瀬両川の合同最大流量は毎秒8,400立米に達したが、この遊水地のために毎秒5,570立米に低減し、これに相当する中田量水標(現在の栗橋量水標)の最高水位7.87米は6.67米に低下するだろうと記されている。尚表3に昭和16年7月洪水に於ける上記遊水地の調節作用を示す。

表 3. 昭和16年7月23日に於ける渡良瀬川遊水地の調節作用

河川	地点	現状に於ける遊水地なき場合の最大流量		摘 要
		毎秒立米	毎秒立米	
利根川	川俣	8,240	8,040	川俣の高水流量が河道の調節作用を受けただけで栗橋に到達したと見做す
渡良瀬川	早川田	2,700	2,700	
巴波川	中里	780	730	
思川	小山	2,200	2,130	
利根川	栗橋	10,150	13,600	

栗橋量水標水位現状にて8.26米遊水地なき場合9.60米

右表に於て見る如く栗橋に於ける合同最大流量は遊水地のない場合は毎秒13,600立米に達するものが、遊水地のある場合には調節されて毎秒10,150立米に低減する。本遊水地の遅滞能力は利根川改修計画に於ては毎秒2,830立米があつたが、上記洪水にありては毎秒3,450立米に増大した。

(ハ) 田中工区に於ける遊水地域

田中工区に於ける遊水地域は所謂田中菅生遊水地で、鬼怒川合流点の上下流に跨り、福田、田中、富勢、我孫子七郷、菅生、大野、大井沢、高野、稲戸井及び取手の二町九か村に亘るもので、その面積2,500ヘクタールを算する。

又菅生沼落は当初計画に於てはその落口に於て締切る予定で、締切堤防の土運搬は相当に進捗したが、利根川の過大なる高水流量はあくまでも調節しなければならぬという根本理念に基き、真田先生は当初計画を變更して落口は明け放しにされた。その結果遊水面積は約900ヘクタール増加することになつたので、昭和10年9月以降の大洪水に際し、流量調節に寄与するところ大なるものがあつた。

利根川改修に於ては田中菅生遊水地は尾島工区の遊水地域と共にその水理関係は明示されておらなかつたが、利根川の最大流量に影響する鬼怒川の合流流量を毎秒970立米に抑えたという事はこの遊水地の活用を多分に考慮された結果であると思われる。その後物部博士が鬼怒川改修計画を樹てられるに當り、上記遊水地域に面積1,650ヘクタールの田中及び菅生の二大洪水調節池を設け、利根川の最大流量に影響する鬼怒川の高水流量毎秒1,600立米を調節して毎秒970立米に落し、鬼怒川改修をして利根川改修に影響なからしむるよう理論づけられたのである。かくの如く鬼怒川改修計画が合理化されたことは結局田中菅生遊水地という大きい遺産の賜物であることを銘記しなければならない。

最後に利根川第二期改修と第三期改修に於て多少行き方の異なることを述べて見たいと思う。第三期改修に於ては全区域を通じて大遊水地域が配置され、その面積7,700ヘクタールを算するにかかわらず、第二期改修に於ては遊水地域と称するものはほとんどなく、大体545米の河幅で施行されている沿川には手賀沼、印旛沼および長沼等の湖沼があつたが、その吐口は全部水門にて逆水を防止する如く施行されている。第三期改修流に考えれば、上記湖沼の内一つ位は遊水地域として存置せしめた方が明治43年8月の如き大洪水には対処する途ではなかつたかと思われる。

印旛沼は水面積常水位に於て2,370ヘクタールである

が、昭和16年7月の大水に際しては、6,250ヘクタールに拡大し、水位の上昇3,85米、湛水量の増加196,800千立米を算した。かくの如く貯水能力が尨大に違ふから、周囲堤を設け、ある区域を潤して遊水地又は洪水調節池となすに於ては下流の流量調節に大いに役立つのみならず、その貯水は又利水方面に甚大なる用途がある。

2. 河積の拡大

第3期改修の標準河幅は545米であるが、計画担当者的前川さんの説明によると「635米にしたかったが、工事費およびその他の事情で545米に落さざるを得なかつた」と。幾多の実例から見て河川改修の第1義は事情の許す限り河幅を広くとつておくことであると思われる。河川の洪水流量は一定不変のものでなくて、或は水文、水理の関係により、或は流域内地質の変化により、年と共に増大の一途をたどるものであるから、止むを得ざる場合には河道内に民有地を残しても、河幅は広くとつておく方が望ましい。これによつて改修工事の安全度を高めるのみならず、更に将来の増補工事を容易ならしめることができる。

信濃川は利根川と同様の河川であるが、かつて古市博士が該川の計画を樹てられた際計画高水流量毎秒4,720立米乃至5,230立米に対して河幅は727米にとられた。又その後樹立された信濃川上流改修計画に於ては計画高水流量毎秒5,570立米で、利根川第3期改修と同一であるにもかかわらず、標準河幅は828米に定められたため、計画流量に対しては河幅は著しく余裕を有するものとなつた。信濃川上流は昭和15年度行なつた計画変更の際に計画高水流量を毎秒9,000立米に増大したが、その増補工事としては河幅の拡張は行なう必要なく、堤防を1米乃至1.5米嵩上するだけで対処することが出来た。

利根川第3期部内は昭和14年度から着手した増補工事を施行するに当り、標準河幅は635米に拡大せざるを得ざるに至り、栗橋工区では東武鉄道の川俣鉄道橋以下がその該当地域であつたが、改修工事施行に際しては極力旧堤を利用し、堤外遊水敷の存置に努め、特に群馬県大館野村地先には広大なる民有堤外を擁しておつたので、実際引堤を要する箇所は多くはなかつた。

また田中工区は境町以下鬼怒川合流点までを標準河幅545米としたが、栗橋工区同様堤外遊水敷は極力存置せしめることを方針としている。元来江戸川への分流量は毎秒1,400立米であつたため、田中工区はその計画高水流量毎秒4,170立米を以て計画を進めたが、その後江戸川への分流量は毎秒2,230立米に変更されたので、田中工区の計画高水流量は必然的に毎秒3,340立米に低減

した。然し河幅は当初計画の545米を踏襲し、これを縮小しなかつた。田中工区は栗橋工区に比すれば、水面勾配が後となるが、計画流量が上記により5対3であるから、彼此考慮する時は田中工区が洪水疎通力は余裕があることになる。今表4によつてその略算を示せば、次の如くである。

表 4. 栗橋および田中工区に於ける洪水疎通力の比較

工区	計画流量	平均水深	流速係数	水面勾配	河幅
栗橋	毎秒立米 Q ₁ 5,570	H ₁ 米	C ₁ 50	I ₁ 3,300分の1	B ₁ 米
田中	Q ₂ 3,340	H ₂	C ₂ 50	I ₂ 5,500分の1	B ₂ 545

平均水深Hを求めるに当り、低水路及高水敷を単一断面と見做し、かつ流速係数を50と仮定して上記諸因子を

$$Q = C B_1 H_1^{3/2} I_1^{1/2} \text{ および } Q_2 = C_2 B_2 H_2^{3/2} I_2^{1/2}$$

に代入すれば

$$H_1 = 5.53 \text{ m}, H_2 = 4.36 \text{ m} \text{ を得る。}$$

これによつて見る時は田中工区は栗橋工区に比し平均水深を1,2米以上浅くして可なることが分る。然るに実施に當つては築堤土の採取等のため栗橋工区の掘削面の高さが平均低水位上0.9米あるに反し、田中工区では同上1.5米に抑えておるから、その差は0.6米に過ぎない。この方から見ても田中工区は洪水疎通力が大なることが分る。

なお昭和22年9月の大水に際し、両工区の洪水疎通力の限度を概算すると、栗橋工区では計画流量毎秒5,570立米に対して最大流過流量は毎秒13,000立米、又田中工区では夫々毎秒3,340立米、毎秒9,500立米であつたから、その倍率前者の2,33に対し後者は2,84となり。田中工区の方が洪水疎通力が大きい。即ち田中工区の方が洪水に対する安全度が高いことを示している。

尾島工区は高水法線の外に兩岸合して364米の余地を存して遊水の作用をなすしめることとしたのであるがこの遊水敷中には洪水の達しない様な高いところもあつて、遊水の効果を減殺せしめておるので、真田先生は整理掘削という名目で掘削を施すこととされた。その結果遊水敷も高水敷の作用をなすに至り、尾島工区は小川合流附近を除いて昭和22年9月の大洪水を快疎せしむることができた。即ち毎秒14,000立米の高水流量を安全に疎通せしむるには910米の河幅が必要なることが分る。

これを要するに第3期部内は、標準河幅の545米を保持したるのみならず、ところどころには堤外遊水敷を存置し、特に尾島工区は思い切つた計画が実施されたの

で、上記遊水地域の設定と相俟つて昭和10年9月の大水に堪えることが出来た。

3. 堤防余裕高の増大

第3期改修計画に於ては堤防余裕高を東武鉄道川俣鉄道橋より上流に於て1.8米以下1.5米と定められたが、実施に當つては一律に2.4米とし、計画より0.6米乃至0.9米高めることとした。昭和10年9月の洪水後の調査によれば、第2期改修の堤防は第3期改修のものに比し、余裕高が少なかつたため堤防の危険箇所が繰出するに至り、利根川応急増補工事費の大半は第2期堤防の強化に充當された。

然し第3期改修の堤防も築堤地盤が沖積層である関係上2.4米の余裕高を常に保持することは容易のことではなく、昭和3年第3期全部の堤防の縦断測量を施行した結果沈下量が0.3米乃至0.9米に達することを確認した。その当時改修費は既に支出済みとなり、僅少な維持費では到底全区域を2.4米の余裕高に復帰せしむることはできなかつたので、河積の大小、河道屈曲の状況及び洪水流偏倚等を考慮して嵩上を行ない、全区域を通じ2.1米以上の余裕高を保持せしめることとした。その後にも常に堤防余裕高の維持に努めたので、昭和10年9月の大水に際し破堤溢水から免れることができた。ここに於て関東平野を泰山の安きにおいた第3期改修の堤防築造に対し真田、坂本両先生の名言を想起するのである。「古来堤防は嵩置又嵩置を重ねて現状に至つてゐる。将来も益々拡張を行なわなければならないであらう。よつて掘削の余剰土があれば、捨土箇所を積りで、堤防に盛り置くべきである」と。結局この精神が第3期改修の堤防余裕高を2.4米に増高したものと思われる。

掘削余剰土の処理については二つの考え方がある。上記の理念は堤防を主にした考えであるが、多摩川及荒川下流等に於てはこれを堤内に捨土して土地の開発に寄与することとした。この両者は各々特徴があり、都会附近に於ては後者のやり方でも沿川の受ける恩恵は少なからざるものがある。然し河川改修の第一義は勿論洪水防禦であるから、これに対して万全を期することをまず考へべきでなからうか。

尚堤防は土堤が多いのみならず、築堤地盤は軟弱のところが多いから、将来堤防沈下は必然的に起こつてくる。この外計画高水流量の増加により増補工を行なう必要もあるから、将来堤防の嵩上は益々頻度を加えるものと見なければならぬ。しかも堤防沈下に気づかず、大洪水に際して破堤、溢水を生じた事例又は計画以上の大水に遭遇して欠潰を生じた例は少なくない。この際堤防余裕高が大なれば大なる程この被害を防止又は軽減

することが出来る。堤内捨土の最たる多摩川改修は諸般の事情のため改修工事の安全度が高く、目下のところ増補工事の必要はないが、荒川下流の方は堤防沈下が著しく、昭和26年度から堤防修補に着手している。

これを要するに堤内捨土による利益は堤防の安全に比すれば、寧ろ二次的のものといわなければならないから、掘削剩土の処理については更に研究する必要があると思われる。

4. 利根川第3期の土工

土工というところにも簡単な工事の様に思われるが、現時に於ける河川工事の主体は堤防であるから、河川工事の成否は一つに係つて堤防工事特に土工の進捗如何にあるというも過言でない。筆者が始めて現場に出た際真田先生は「河川工事の主体は土工であるから、河川技術者たらんとするものは如何にして土工の能率をあげるかに就いて大いに研究しなければならない。」と指導された。構造物は資材および器材が完備すれば、大体手戻りなく工事を進捗せしむる事ができるが、大土工に至つては予定期間に竣功したものは殆んどない。殊に河川堤防は大体に於て軟弱地盤に築設することが多いから、沈下量が意外に多く当初予算を以て、しかも予定の期間内に完成せしむることは容易でない。実際各種構造物又は工作物が洪水のために破損することは寧ろ特別の場合で、堤防の欠潰が水害の主因であることを考えれば、堤防はいやが上にも大きく、かつ堅固に造らなければならない。従つて真田先生の土工第一主義は河川技術者にとつては正に警鐘であることを銘記すべきである。

大土工の施行に因しては機械化土工によらなければならないことは勿論であるが、土工型式に因しては利根川改修の実績を考えて見る必要である。第2期改修の型式は第1期改修より引き続いたもので、ドーゼールによる人力又は馬力運搬であつた。これに反して第3期改修の型式は淀川改修の流を汲む機械化土工が主なるもので、その主要設備は20吨機関車17台、50吨掘削機16台、3立米積土運車760台、30瓦軌条15軒、および15瓦軌条53軒等である。これにより28,065千立米の大土工が完成されたが、実に第3期改修の土工の61パーセントは機械土工によるものであつた。その稼働年数は10年であるから年間の移動土量は2,806,5千立米に達した。

第3期改修の土工量は前記機械土工によるものの外ドーゼールによるものを合し、実に46,126千立米を算し、第2期改修の土工量20,000千立米を遙に凌駕するものであつた。第3期改修はこの尨大なる土工量を消化

し得たので、堤防余裕高も計画より0.9米高めて、2.4米となすことができたものと思われる。

5. 利根川第3期改修の護岸水利

1. 田中工区の水制補修

従来利根川改修の中流部および下流部に於ては専ら欧州大陸の護岸水制工法を採用し、護岸は法覆工に石張、根固に粗朶沈床を用いたもので、これを水当り箇所又は引堤箇所等に施行した。又水制は沈床の上に上層として張石を行なつたもので、低水路の矯正および維持に用いられた。これは明治の初年オランダの技師が伝えた工法で、由来欧州大陸の緩流河川に於て発達したものであるから、我国の河川に適用する場合には工法の強化が必要である。明治8年度以来利根川の低水工事に於て施行されたものはオランダ式の工法そのままであつたから、栗橋工区のものも洪水毎に破損流失続出し、又田中工区でも水制頭附近および頭部水制の破損は甚大であつた。

上記低水工事は明治32年まで継続施行し、同33年度利根川高水工事着手後はその工事費中に在来水制の補修を行なつてきたが、明治・大正年間は今今の如く陸運が発達しなかつたから、利根川の水運は沿川の交通運輸に寄与するところ甚大で、利根川の低水路維持は重要視されておつた。従つて水制工事は河川工事に軽視すべからざるもので、盛に補修工事が行なわれ、又引堤を行いたる箇所は改修工事費にて堤外地に床固水制を設置し、之を低水路の水制に接続せしめた。

かくの如く制補修工事の重要性は周知のものであつたに拘らず、次の如き隘路があつて成積があがらなかつた。

1. 河床嵩上により平均低水位が上昇したこと
2. 上層水制は不透過水制であること
3. 施工し得る日数が少ないこと

(i) 河床嵩上による平均低水位の上昇

利根川第3期は全区域を通じて高水工事に着手されたので、捷水路工事、引堤工事及び大量の掘削工事が相次いで行われ、従来保たれていた河床の平衡が破られるに至つたから、河床の洗掘および堆積が随所に起つた。第3期改修の方式から云うと尾島工区は乱流しておつた常水路が徹底的に矯正された結果流水の疏通が良好であり、掃流力が増加するに至つたから、大体に於て洗掘が起ることが予想される。而してこの洗掘された土砂は中流部および下流部に堆積する。この外上流に於いて掘削工事施行中に流した土砂も亦下流に堆積する。これによつて見る時は鳥尾工区には河床の洗掘が起り、栗橋および田中工区に於ては河床の堆積を生ずる。よつて栗橋

および田中工区は平均低水位の上昇を来たしたものであるが、之は工事施行中の現象であるから、処によりて上昇率を異にし、新旧平均低水位は互に平行的に推移していると云うものではない。従つて水制の高さを決定するに困難を感じ、水制補修も亦困難を生ずる所似である。

(ii) 上層水制は不透過水制である

上層水制は不透過工であるから、その高さを高めると低水を集中せしめるには効果的であるが、自体の安全を期し得ないので、洪水毎に破損流失し、折角好結果を得たものも忽ちもとの木阿彌に戻る散れなしとしない。この故を以つて上層水制はその高さを水制頭において平均低水位0.3米に抑え、水制根に向つて適當の勾配を附し、又頭部水制は水制頭より低くし、同上0.15米に定めた。而してこれらの数値は何れも平均低位を基準としているからこれ、が河状の変化により上下する時は水制の高さも亦変更せしめざるを得ない。因利根川第3期改修には大捷水路等著しく河状を変化せしめる要素はないから、改修工事が完成し、河床が平衡勾配に達した場合には低水流量に変化がなければ、平均低水位は復元するかもしれない。従つて改修工事施行中の一時的現象たる平均低水位の上昇に対して水制の高さを呼応せしめることは大に考慮を要する問題であるが、不透過工たる上層水制の場合には殆んど不可能でなからうか。

(iii) 上層と施行日数

上層は常水路中に施行する張石工事であるから、年間の施行日数が少く、工期の上がらない工作物であるが、平均低水位が上昇したとすれば、益々施行日数は低下することとなる。年間の施行日数を検すると、大体夏季及び冬季の渇水期に過ぎないから、平均120日位でなからうか。しかも施行半ばして増水に際会すれば、破損流失を被り易い。

尚上層機能の欠点を述べると次の如くである。

- (1) 上層は不透過水制であるから、附洲を生じにくい。又一度附洲を生じても、洪水時には流失する傾向が大きい。
- (2) 水制頭附近は平均低水位上0.3米の如き高さとしても、水制根に向つて適當なる勾配を附すから、この附近では相當の高さとなる。従つて洪水時には之を越える水流によりて元付の下流が洗掘され、遂に水制の破損流失の原因となる。

2. 杭打上置

水制補修は田中工区および栗橋工区の下流部に於いては能率のあがらない工事として厄介視されておつたが、

低水路の保全と舟航の安全を期するためには是非施行しなければならぬものであるから、真田先生は苦心慘憺の結果遂に新工法を案出された。

そもそも上層を施行するに当り第1の欠陥は常水路中に於て張石を行なうことであるから、改善の第1歩は張石をやめて之に代わるべきものを採用することに歸する。そこで先生は上層の修理は之を廢して破損したままとなし、粗朶沈床の上に長さ2.7米径9糎位の杭を列間1.8米に2列、各々の間隔を0.45米に打つことを試験的行なわれた。之が好成績を収めたので、田中工区の水制補修には大分この工法が採用されるに至り、真田先生は之を杭打上置と命名された。当時水制と云えば、直ちに上層を連想する程上層水制の理念が強固であつた時に杭打上置を採用されたことは正に画期的のもであつた。

透過水制の理念から考えれば、杭打上置が水制として好成績を収めたことは寧ろ当然のことであるが、今その理由を考えると、

- (1) 従来の不透過工が透過工に改善されたこと。

図-1 幹部杭打上置

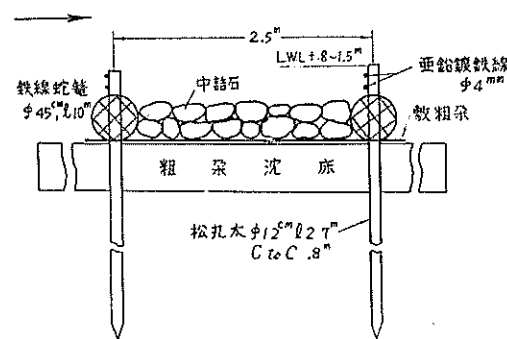
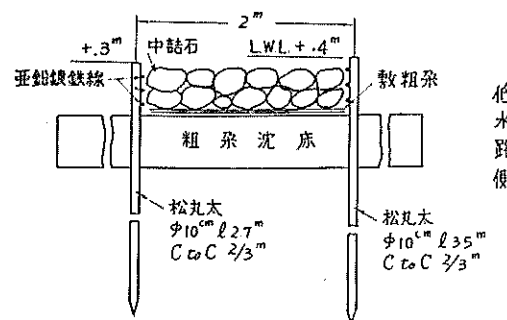


図-2 頭部杭打上置



- (2) 表面が平滑なる石張が抵抗の多い捨石の上置に代つたこと。

- (3) 水制の上を越流する水流の流速が減少するから、水制自体の安全が期せられると共に、その上下流に生ずる附洲が多くなつたこと。

杭打上置は真田先生が田中工区の水制補修に用いられた当時は工法的に未だ完成しておらなかつたが、その後利根、渡良瀬両川維持工事に於て低水路の水制補修は勿論新設水制にも広く用いられるに至り、杭の間隔、列間、杭の高さ、捨石の高さ等に就いて一つの設計基準を確立するに至つた。図1、図2参照

杭打上置は水制としては新機軸を出したものであることができるが、欠点がないでもない。上層は大体に於て水上に露出する部分が多くないから、材質の腐朽に対する懸念は寧ろ僅少である。之に反し杭打上置は杭の高さを水制頭に於て平均低水位上0.6米乃至0.8米となす結果上層より水面に露出する日数が多く、6、7年後には杭の腐朽が始まる。而して杭の径は12糎位であるから、耐久性に乏しい。然し附洲を生ずる点に於ては杭打上置は上層の比でないから、水制根より或る長さまでは附洲の中に没する場合が多く、實際杭が著しく露出する部分は水制頭附近である。かつこの附近は水当りも強いから、杭打上置の破損流失は主としてこの部分に起る。従つて水制頭附近の維持修理に留意すれば、杭打上置の寿命は相当延ばすことができる。

詰石又は沈床中に打ち込まれた杭の部分は腐朽が極めて遅々たるに鑑み、補修に当り短い杭を旧杭の側に添打ちし、両者を鉄線にて連結することにより更に相當期間寿命を延ばすこともできた。しかし大部分水中にて施行しなければならぬ欠陥もあるので、昭和に入つてからは木杭の代りに鉄筋エンクリート杭を用い、耐用年数の増大に努めた。これによりて杭打上置は耐久的の工法として第一歩を踏み出すに至つたが、当初の工費が嵩むこと、旧水制は沈床が数層重つているので、杭の打込みの際障害物のために杭頭の破損が著しいと云う欠点があつた。

古来杭出しと称して乱杭式水制が用いられたが、基礎に沈床を用いておらないのと、杭の数が多すぎて洪水時には殆んど不透過工となる等のため、その下手には深掘れを生じているものが尠くなかつた。栗橋地先でもこの種のものがあつて鯉の住家となり、堤防の維持上放置し難いので、この杭を抜きとり、その跡に数箇所の杭打上置を設置した処、深さ8米に達した深掘れも漸次浅くなるに至つた。

3. 上層の強化

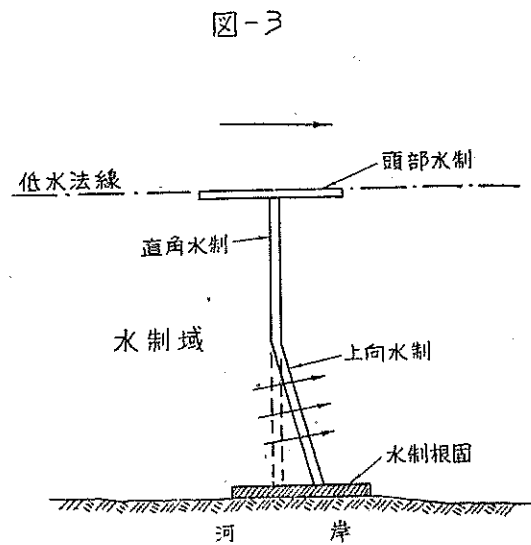
真田先生は田中工区の水制補修に手をやかれた結果杭打上置と云う新工法を案出されたが、上層水制の数は数百箇所を算するので、全部を杭打上置に改めることは工事費の面で到底不可能であるから、旧態のままにて補修せざるを得ざるものもあつた。上層を補修するにしても改善の余地は勿論あるもので、上層の一つの弱点は沈床の上に張石を施行するに当り、掻き柵を土台としたことに存する。掻き柵の強度たるや極度に低く、之が上層破損の因をなしている。今土台として杭打と土台木を使用すれば、その耐久性を増大せしむることに着目し、上層の破損が大ならざるものはこの方式によりて補修することにした。

4. 水制の方向の改善

在来の水制の方向は直角のものが多く、一部には下向きのものもあつた。然るにその後の実験並びに実施の結果によれば、下向きは水制の方向としては適当でなく、上向きが尤も成績がよいことが確認された。然し第3期改修区域内に於ける既設水制の数量は900箇所にも垂々としているので、全部上向きに補修することは工事費およびその他の点に於て殆んど不可能である。かつ既設のものは永年の間に工事費の最も嵩む基礎が固つているので、これをやりかえることは薄弱のものを新規に造ることになり、この点からも策の得たものでない。又上向水制は附洲を生ぜしむる点に於ては最も優れているが、長さが長くなると水制頭附近の水当りが烈しく、これが破損し易いという欠点がある。そこで真田先生は水制補修に当りては最小の工費で最大の効果をあげることを行つて、水制頭附近は直角のままとなし、水制根附近からある長さまでを上向きに改築することに方針を定められた。図3参照

これによりて水制根附近の深掘を防ぎ、かつ水制頭附近の破損を防止し、併せて下流部の附洲を増大せしむることができた。

水制は水制根の方は水深が大に於て浅いから、やりかえても工事費が僅少ですむが、水制頭附近は水深が大なるのみならず、水当りも烈しいから、工事が至難で、工事費も高い。尚之を現状のままに存置することによつて工事費は節約され、かつ工作物として強固なるものが残り、従つて将来の維持が容易となる。又附洲の点からは水制頭附近は水流が烈しいから、一度附洲が生じても之を保持せしめることは困難であるので、上向きでも直角でも大差はない。結局この改善された水制型式は上向水制および直角水制に対してコンバインドシステムとも云うべきもので、両者の長所をとり入れた点に於て最も進歩した型式を実現したものと云うことができる。真田



先生は水制補修から之を案出されたと云うに於ては上述の杭打上置工法と共に先生が如何に不撓不屈の精神を以て工事の実施に当られたかを窺ひ知ることができる。

5. 護岸水制に対する大家の説

真田先生は低水路の維持と水運の利便のために多くの水制を補修し、更に必要なる箇所には新設を行なう等水制を施行する機会も多かつたからだと思われるが、又非常なる熱意を以つて新規工法の案出および在来工法の強化に当られる等水制の施行に対して多大なる貢献を致された。

護岸は第3期工事の最盛期中は左程重要視されなかつたし、又施行の理念としては破損流失を生ぜしめざることを第一義となし、専ら石張沈床護岸に依存しておつた。而して大正7年度から第3期改修は1つの工区事務所に統一され、真田先生がその主任の職に就かれてからは尾島工区もその指導下に入つたので、その護岸水制が先生の研究の対象になつたことは容易に想像される。

尾島工区は水面勾配が1,500分の1乃至500分の1を算する急流部に属するから、田中工区の5,500分の1とは比較にならない程護岸は重要度を加え、築堤及び掘削同様河川の必然的工事になる。特に小山川合流点より上流は洪水毎に流路の変動を生ぜしむる惰性が強いから、掘削により一度設定した流路も護岸の設けがない時は忽ち乱流して再び昔日の險悪なる状態に戻ることが心然的である。尚尾島工区は築堤及び掘削が他の2工区に先じて竣成したので、大正8年度からは護岸水制に専念せざるを得ざるに至つた。時しも尾島工区には田沼及び長井と云う2人の実地経験者があつて、真田先生に護岸水制の

色々の工法を献策した。下流部の改修工事施行について体験を積まれた先生の不屈なる研究心が尾島工区の護岸水制という新天地の開拓に邁進したことは容易に想像される。先生が上記献策の中より採用された工法を列記すれば、水制又は床固にありては合掌続棒、越中三叉、鉄線蛇籠および杭出し、又護岸根固としては沈棒、片合掌棒、犬走、粗朶沈床の上に鉄線蛇籠を置きたるもの、更に法覆工としては石張、鉄線蛇籠、コンクリート張、コンクリートブロック張、柳籠および柳枝工等であつて、宛ら護岸水制の展示会の如き観があつた。

尾島工区の特異の点としては堤防護岸はなるべくやめて高水護岸を採用した点にある。そもそも本区域は545米の高水敷の兩岸に各182米の遊水敷を擁しているから、高水護岸の破損は直ちに堤防に累を及ぼさない。これも直接水流に接するところは強固なる護岸を要するが、常水時には水流から遠ざかつており、洪水時に始めてその襲来を受けるが如き箇所の護岸は工法の簡易化が期せられ、特に大なる工事費を要する木床等その必要がない。之を要するに尾島工区は高水護岸を施行したため、単位延長あたりの護岸費が節約されることとなり、その延長を延ばすことができた。

尾島工区に於ける高水護岸の中で代表的簡易工法は法覆工に柳籠又は柳枝工を用い、根固に犬走を置き、尚床固として合掌棒を設置したものである。上記工法の適用範囲は広瀬川合流点以下であるが、法覆工にありては詰石が比較的容易に得られるところは柳枝工より柳籠を推奨するものである。この外鉄線蛇籠護岸も勿論施行したが、利根川の方は渡良瀬川改修に比すれば、寧ろ多くなかつた。

以上が尾島工区に於ける護岸水制の大勢であるが、利根川の維持工事に着手せんとした前年即ち大正11年の暮に当時の内務技監であつた原田博士が利根川3期改修工事を視察されたので、真田先生が東京土木出張所の工務部長として同行され、筆者も亦随行を命ぜられた。小舟にて改修起点の沼ノ上から妻沼まで下られたが、赤城おろしの特に烈しい日であつたにも拘らず、護岸水制は特に精細に観察して一々批評された。当時真田先生は尾島工区に多種多様の護岸水制を施行され、研究もされておつたが、原田技監とは大分意見の相違もあつた事として舟中で大に議論をたたかわされた。真田先生は護岸をして破損流失せしめない事を施行の第一義とされておつたに反し、原田技監は柳籠の如き柔軟性のある護岸は大に賞讃されたが、石張護岸は箇所毎に非難された。護岸といえば、直ちに石張を連想する程護岸と密接の関係を有する石張に対して原田技監がかくも痛烈に批判される真

意が何辺にあるかは当時護岸水制に対して経験のなかつた筆者は当惑せざるを得なかつたが、その後河流制御について多少経験を心得てから想像して見ると、次ぎの如きものと解される。即ち「石張の如き堅い工法は結局水流を呼ぶことになり、護岸前面の流速を大ならしめる結果護岸脚部の掃流力を増大せしめることとなる。従つて根固も亦石張に劣らざる強固のものとなざるを得ない。又かかる工法の護岸を施行すれば、その下流にも護岸の必要を生じ、護岸費は莫大なものとなる。かつこれに伴つた維持費も増大する。これに反して法覆工を柳籠の如き柔い工法とし、床固を併用すれば、護岸前面の掃流力は著しく減殺されるから、根固も亦犬走の如き簡易なるものにて間に合い、護岸の経済化が行なわれる」と。真田先生もこの大家の説には大に傾聴された様にして、晩年の著書「内務省直轄土木工事略史 沖野博士伝」中に「余は河川改修の一般を沖野博士に教わり、水流制御は原田博士に教つた。」と記しておられる。爾後尾島工区のみならず、栗橋および田中工区の護岸もこの精神で設計を作製する様指示された。蓋し原田技監の指示は尾島工区の如く高水法線と堤防との間に広大な遊水敷を擁しておる場合には極めて適切なるものであると思われ

6. 尾島工区の護岸水制施行後の状況

尾島工区の護岸に着手した時は掘削が完成した許りの時であつたから、未だ水行が一定せず、水流は河道に平行に流れないで、寧ろ直角に近い角度で河岸に激突してくるところが随所に見られた。従つて原田技監の説の如き法覆工の簡易化は水当り箇所には思い切つてやれなかつたのであつて、それには石張又は鉄線蛇籠を用いたが、その他は極力原田技監の説を尊重し、床固を併用することにより、最も工費のかかる根固の簡素化を図り、当時盛に用いられておつた木床は殆んど使用しなかつた。

また現在は直接常水路に接しておらないが、洪水時には水流が向つてくるという箇所は急流部の特徴として何時水当りとなるやも図り知れない。然る時は柳籠の如き軽易なる法覆工ではすまされず、尚根固も強固のものを要するに至る。これによつて見る時は原田技監の説を実施するには護岸の早期施行が第一要件の様に思われる。即ち予防は最良の医療方法であるということに帰する。

尾島工区に於て採用した高水護岸は早期施行を必要条件とするから、多少不経済の様に見えるが、一洪水によりて高水敷が数十米も欠損を生じ、堤防の安全が脅さる処では合理的施設である。水面勾配が300分の1以上ともなれば、護岸は堤防同様河川の必然的な工作物とな

り、全面的に施行しなければならないことを思い合わせると、尾島工区の如き水面勾配のところでは高水護岸を施行することが最も合理的であると思われる。これによりて護岸の簡易化と、その延長の増大とが行われ、尚床固の併用により常水路の固定が実現されるといふに於ては正に一石三鳥とも云うべきであろう。

尾島工区は河川勾配が相当急なるのみならず、洪水が殺到する危険区域であつたが、昭和3年度までに利根川改修工事費及び利根、渡良瀬両川維持工事費で施行した護岸水制の延長は8軒にも達した結果、さしも凶悪であつた河状も年と共に穏かになり、水行も大体一定するに至つた、昭和3年9月真田先生が大坂土木出張所長から東京土木出張所長に転任され、尾島工区を巡視された時「従来虎の如く暴れ廻つた河川も猫の如くおとなしくなつた。」と批評されたのであつた。尾島工区に投じた護岸水制費は改修費および維持費を合し、昭和4年度までに約210万円に達したが、これによつてとにかく暴れ廻つた河流を制御することができたことを思えば、寧ろ過少の如く考えられるのである。

7. 合掌棹

尾島工区で施行した護岸水制は多種多様に上るが、その中にて特筆すべきは合掌棹を透過工として改良考案したことで、下流部の杭打上置にも比すべき工法の上の一大革新である。

従来我国に於て用いられておつた合掌棹は棟木まで石を詰めたもので、水制に用うれば、不透過工となる。かつこれが1つづつ設置されておつたから、流水に対する抵抗力も少なく、流失し安い工作物であつた。元来合掌棹は三角錐をなしておるから、安全性は高いが、点在して用いたため、上記の如き欠点があつたが、真田先生始め長井氏等が用いたものは詰石を高さ2/3のとし、かつ棟木、布木等を長さの方向に連結したもので、之に三角純棹と云う名称を附した。これは水制又は床固として急流部にありては偉大なる効果を発揮したもので、後に合掌棹という名称に変更したが、在来の合掌棹とはその機能を全く異にしている。

尚これを2列又は3列並べて設置することにより水面勾配300分の1位のところまで適用される。更に栗橋および田中工区の如き緩流部に於て杭打上置の代用的工法として用いても、効果が大きなるのみならず、工事費の高い粗梁沈床等の下敷を省くことが出来るから、経済的工法でもある。

6. 調査研究に関する事項

真田先生は工事の施行については新機軸を編み出して

工事の促進と経済化を図るという点に於て、正に一大先覚者であつた許りでなく、調査研究の方にも亦大なる足跡を残しておられる。之に関して先生が常にいつておられた名言がある。「単に与えられた工事をやるのみでは、真の技術者ではない、苟しくも技術者たるものは施行と共に、工事実施の跡を顧みて常に統計的資料を蒐集し、今後の施行に資する様に心掛けなければならない」と。先生は工事の大小を問わず、常に統計をとることを忘られなかつたが、これが結局従来抛りどころを掴むに極めて困難であつた土工に関する先生の学位論文の基礎をなしたものである。又先生は部下に対しても終始この精神で指導育成された。

また先生は工事多端の際にも拘らず、流量測定には大に力を致され、測定箇所を利根川筋にありては上流から上福島、川俣、栗橋及び目吹の4箇所、烏川筋に於ては岩鼻、神流川筋に於ては渡瀬とし、又鬼怒川筋にありては大木又は板戸井にて観測し、高水流量のみならず、低水流量の測定をも実施した。これらの観測記録の中筆者が引き継いだのは大正7年度からのものであつたが、その後観測は引き続いて行なわれ、尤大の数が記録されるに至つた。高水流量の測定は一洪水毎の最大を捕捉することを期する外、先生が常に頭を悩ましておられた明治48年8月の洪水の最大流量が果して毎秒11,000立米位であつたか否かを解明するための資料蒐集に努力されておつたことが窺われる。又低水流量の方は内務省が多年熱望して止まず、遂に昭和11年度から着手した河水統制事業の中河水利用の方面に大に役立つたのである。

7. 結 語

利根川改修工事は昭和5年度を以て完成し、関東平野を藜山の安きに置いたが、遂に昭和10年9月には多年利根川改修の関係者が危惧の念にかられておつた大水に際会したのであるが、その規模に於ては正に明治43年8月の洪水を彷彿せしめるものであつた。栗橋に於ける最高水位は計画高水位を抜くこと1.66米に達したので、若し第3期改修に於て堤防余裕高を規定計画通りに施行しておつたならば、或は破堤隘水の悲惨事を惹起しなかつたとは誰も保証し得ないであろう。蓋し利根川改修は最小なる工事費を以て明治43年8月程度の大水にたえたものであつて、真田先生を始め関係諸先輩の樹てられた利根川改修の増強施策が功を奏したこと銘記し、その偉大なる技術眼に対して深甚なる敬意を表するものである。