

論 說 報 告

第 27 卷 第 11 號 昭和 16 年 11 月

流 水 壓 及 流 水 防 衝 工

正會員 原 田 干 三*

要旨 流水の構造物に及ぼす壓力は北方河川に於ける橋臺、橋脚、棧橋等を設計施工する場合是非知らねばならぬ要件である。

本稿は流水壓を受くる木造構造物（杭）の算定法を示し、尙流水を受くる構造物の一例として、現時ソ聯に於て採用實施されてゐる流水防衝工に就いて叙述せしものである。

1. 流水壓の計算法

流水防衝工の如き木造構造物の計算は、靜力學的荷重を受ける場合には左程困難でない。然し衝撃作用を受くる場合、殊に夫が偏心的に作用する場合には複雑となる。

流水壓を P にて示し、次の如き基礎的且明白な假定を設ける。

(イ) 氷の作用力は、衝撃を與ふべき氷塊の質量が大なる程大にして、又氷塊の速度が大なる程大である。

(ロ) 構造物の受くる衝撃力 P は、流水防衝工の傾斜急なる程大にして、又構造物の剛性なる程大である。

剛性の渺ない著しく彈性變形を生起し得べき構造物は、衝撃により大なる應力を生じない。

(ハ) 衝撃の構造物に及ぼす力は、“氷の粉碎抵抗力”即ち氷塊が構造物に衝撃した時夫等接觸面に於ける氷の最大粉碎抵抗力を超過し得ない。

次に P なる値を求めるには下記の如き種々の方法がある。詳細は「ア・エヌ・カマロフスキイ氏著：氷の構造物に及ぼす作用並に其の對策、1939 年ソ聯國立圖書局出版」其他下記文中記載文獻を參考され度し。

1. 衝撃の際氷塊の速度は零に變移するものとし、且衝撃時間は 1 秒であるとし、衝撃を受ける質量の速度減少は絶對値に於て氷塊が構造物に流下衝突する速度に等しいものとする。動力學の基本假定、即ち“力は加速度を乗ぜる質量に等し”より出發し、且

$$\omega = (v) \text{ 米/秒}^2, \quad M = \frac{Q}{g} \text{ 噸}$$

とすれば、次式を得る。

$$P = M \cdot \omega = \frac{Q \cdot v}{g} \text{ 噸} = 0.001 \frac{Qv}{g} \text{ 噸}$$

茲に：

M — 氷塊の質量；

Q — 氷塊の重さ (噸)；

g — 重力の加速度 (米/秒²)

v — 氷塊の構造物への流下衝突速度にして、上式に於ける加速度を表はし、單位は 米/秒² である。

* 工學士 南滿洲工業專門學校教授兼滿鐵工務局勤務

2. 氷塊の構造物へ及ぼす衝撃の外に、水が停止氷塊に及ぼす衝撃をも考慮する。本事項に就いてはドウバフ教授が提唱し、コマロフスキ技師が實地研究を行つてゐる。尙バシェフスキ教授も彼の著書“氷壓を受くる構造物”の中に取扱つてゐる。

補足力は次値の如く採らる

$$P = \frac{Fv^2}{g}$$

茲に：

F —氷塊の水中に在る面積にして、氷塊運動方向に垂直な面を採る (米²)；

v —流水速度 (米/秒)

g —重力の加速度 (米/秒²)

斯くて、 P なる力の全量は次の如く求めらる

$$0.001 \frac{Qv}{a} + \frac{Fv^2}{g} = \frac{v}{g} [0.001 Q + F \cdot v] \text{ 噸}$$

3. 中心衝撃を受ける非弾性體公式による P 値算定法。本法はニコライ教授著“橋梁工學”及スウリン教授著“給水工學”に所謂“質量置換法”として解説されてゐる。

4. グシオスドル氏の 1938 年の研究報告に據れば、構造物 1 米幅の氷の水平壓力は次式により求めらる

$$Q = m \cdot k \text{ (噸)}$$

茲に：

k —氷厚 (米)

m —實驗係數にして、50-75-112

に採る。而して本係數は流氷防衛工の双尖部勾配、氷の初速或は流水の最高水準面に基據する値である。

5. シチアホフ教授は“氷の構造物に及ぼす壓力” (1933 年の“水工構造物”誌掲載) なる彼の勞作中に、垂直彈性壁に對し、次の如き算式を發表してゐる。即ち

$$\text{瞬間的衝撃の場合} \quad P = \frac{\omega \cdot v \cdot \gamma f}{g}$$

$$\text{衝撃瞬間的ならざる場合} \quad P = \frac{2v \cdot l \cdot \gamma f}{g \cdot t}$$

茲に

v —氷塊の運動速度

γ —氷の重さ

f —氷塊の横断面

g —重力の加速度

ω —氷塊内に衝撃應力の傳播する波動速度にして、シチアホフ教授は

$$\sqrt{\frac{E \cdot \eta}{\gamma}} = 2300 \text{ (米/秒)} \text{ と採つてゐる}$$

l —氷塊長

上述諸方法を順次吟味する事とする。

(1) 第 1 及第 2 の方法は構造物の彈性變形及夫が構造物に生起せし氷壓値に及ぼす影響を全然考慮に入れて

みない。故に之等 2 方法は、弾性變形が極く微小なる場合、即ち石造や鐵筋コンクリート造の大塊構造物に對しのみ適用し得るのであつて；比較的軟柔な木杭造流水防衛工の如き構造物の計算に對しては、適用し得ない。若し後者の如き構造物の場合、弾性變形を無視すれば大なる誤差を生ずるであらう。此の外、第 2 の方法は水の氷塊に對する衝擊を考慮算出してゐるのであるが、茲に注意すべきは、此の衝擊は氷塊の流水防衛工に及ぼす衝擊と同時に生起せず、氷塊が停止し既に實際に氷塊が構造物に衝擊し終つた後に生起すると云ふ事である。故に之等衝擊を單に合計した値は實際よりも過大となる譯である。此の外、之等方法に於て採れる 1 秒なる衝擊時間は随分氣儘な假定であり、之によつて生ずべき誤差は力 P に甚しき影響を及ぼすものと思はる。

區(2) 第 3 の方法；即ち“質量置換法”は最も正確であるが、計算が面倒であるのが缺點である。

(3) 第 4 のグシオスドル氏公式に據れば、求められたる氷壓は、氷塊の破壊強度に基據してゐるから、流水の微弱な場合に於ける木造防衛工に對しては、實際に生ずる應力よりも遙に増大せられた應力が算出された事となる。

(4) 最後に第 5 のシチアポフ教授の算式は相當理論的興味を覺えるのであるが、遺憾ながら、其の應用が垂直な非弾性壁に限られて居り、且實際に適用する場合甚だ困難な事項に遭遇する。例へば衝擊時間の決定が困難なる事や波動速度を精確に求める必要のある事等である。

以上氷壓 P を求める種々の方法を説明したが、筆者は木杭造防衛工の計算に對しては“位置エネルギー法”を採擇すべき事を提唱し、以下解説せり。

此の方法は、氷塊衝擊に因り構造物に惹起する應力に影響を及ぼす凡ゆる要件：氷塊の寸法、氷塊の流下速度、構造物の剛性、防衛工双尖部の勾配等を算入し得る。

木杭造防衛工の計算に當り注意すべきは、該防衛工の質量は氷塊の大さと比較すれば、無視し得る程小さくないが、巨大な石造や他の防衛工と比較すれば、僅小であるといふ事である。

氷塊の衝擊前後に於ける流下速度 v_1 及 v_2 に相應せる氷塊寸法（厚さ、長さ、幅）に據り、氷塊の質量 M 及氷塊の失はれたる運轉エネルギーが求められる。即ち

$$T = \frac{Mv_1^2}{2} - \frac{Mv_2^2}{2} = \frac{M}{2}(v_1^2 - v_2^2)$$

此のエネルギーが衝擊を受くる構造物へ傳導され、位置形態へ轉化し而して流水防衛工の各部材に應力を惹起するに至る。各部材の位置エネルギーの和は次式の如くなるべきである

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

若し衝擊點に於て靜的力 P —氷の作用力、即ち衝擊と當量な機械的效果を與へる力、が在ると假定するならば、變化を生ぜしむべき力、従つて、各部材の位置エネルギーは次の如く P の函數で表はし得よう：

$$t_1 = f_1(P); \quad t_2 = f_2(P) \quad \dots \quad t_n = f_n(P)$$

$$\frac{M}{2}(v_1^2 - v_2^2) = f_1(P) + f_2(P) + \dots + f_n(P) = F(P)$$

此の式はたゞ 1 つの未知數 P を含んで居り、周知の如く、 P に關する 2 次の函數で表はされる。上式を解いて次式を得る

$$P = \phi \left[\frac{M}{2}(v_1^2 - v_2^2) \right] = \phi \left[\frac{\gamma \cdot a_1 b_1 c (v_1^2 - v_2^2)}{2g} \right]$$

即ち此の式は既知量：氷の重さ、氷塊の大きさ、氷塊の運動速度、重力の加速度に依據してゐる。此の P なる値は氷塊の壓縮強さより大たらざるを得ないから、算定されたる P 値は氷塊の壓縮強さ R と比較するを要する。

而して若し P が R より大であれば、計算に於て R を採らねばならぬ。 P なる値よりして流水防衛工の各部材應力が求められ、許容應力と比較して耐力の檢算をなし得るし、又許容應力が與へらるならば各部材の必要斷面寸法が決定される。

實際上計算に當つて先づ第 1 に計算に用ふべき最高水準面を決定する必要がある。氷塊の構造物に働く衝撃高は該構造物の鞏固性、即ち強さを決定すべき主要値の 1 つである。而して之を考ふるに、次の如き 2 方法がある。即ち

- 1) 氷の動き始める瞬間、即ち氷被の最大寸法及動き始め瞬間に相應せる氷の運動速度及流水水準面の位置。
- 2) 流水の十分進展せし最高流水水準面及夫に相應せし氷の最大運動速度及氷塊の大きさ、因みに本場合の氷塊の大きさは、自然状態にあつては、流水開始時のものより遙かに小である。

上述せし方法の例題として 圖-1 の如き集團杭式流水防衛工の計算法を示さう。

本計算に於て記號を次の如く規定する

- n — 流水防衛工の杭數
- d — 杭の直径
- h — 流水の計算水準面高
- a — 流水の長さ
- b — " 幅
- c — " 厚さ
- v — 氷塊の運動速度
- M — 氷塊の質量
- Q — 氷塊の重さ
- γ — 氷塊の單位容積の重さ

衝撃瞬間に於ける氷塊の運動エネルギーは次の如く示さる：

$$T = \frac{Mv^2}{2} = \frac{Qv^2}{2g} = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot \gamma \cdot v^2}{2g}$$

集團杭式流水防衛工の外面は垂直であり、而して衝撃後の氷塊の速度及運動エネルギーは零であり、位置エネルギーは T なる値で表はされるものとす。

尙流水防衛工は長さ h なる 1 端固定他端自由なる梁とし、其の自由端に氷の作用力を集中荷重として受くるものと考へる。

彎曲軸の位置エネルギーは次式の如く求められる

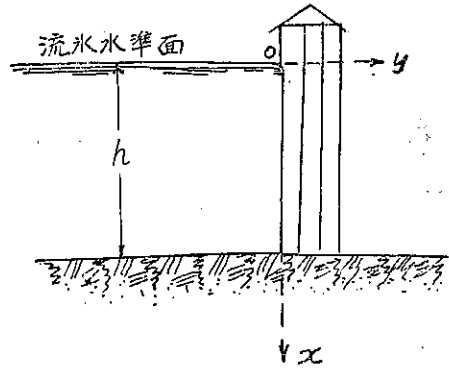
$$V = \int_0^h \frac{M^2 \cdot dx}{2EI}$$

$$\int_0^h \frac{P^2 \cdot x^3 \cdot dx}{2EI} = \frac{P^2 \cdot h^3}{6EI}$$

假定に従ひ、運動エネルギーは完全に位置エネルギーに傳化するが故に、

$$T = V$$

圖-1.



或は
$$\frac{a \cdot b \cdot c \cdot \gamma \cdot v^2}{2\gamma} = \frac{P^2 h^3}{6EI}$$

之より

$$P = v \sqrt{\frac{3EI a \cdot b \cdot c \cdot \gamma}{gh^3}}$$

上式中：

- v—糎/秒； E—匠/匠² で 80 000 に等し
- a, b, c—氷の寸法，糎； 氷の 1 糎³ の重さ—匠で 0.00091 に等し
- h—水深，糎；
- g—重力の加速度，糎/秒² で 981
- i—1 本の杭の 2 次モーメント
- I—可及的精密に ni に等しくとる

茲に n—杭の本数

$$P = v \sqrt{\frac{3EI a \cdot b \cdot c \cdot 0.00091}{h^3 \cdot 981}} = 0.472 v \sqrt{\frac{n \cdot i \cdot a \cdot b \cdot c}{h^3}}$$

1 本の杭の i を 0.05 d⁴ と採れば，遂に次式を得る：

$$P = 0.105 \frac{v \cdot d^2}{h} \sqrt{\frac{n \cdot a \cdot b \cdot c}{g}} \text{ (匠)} \dots \dots \dots (1)$$

此の場合該力の限界値は氷片の破壊強さ R と等し。

本式は集團杭式流水防衛工に對する基本的計算式である。

然し上式によりて算定されたる P なる値は，最大曲げモーメント = Ph 及危險断面は地底面と採れるが故に，實際とは相當差異があると思はる。

實際には地底面下 x の距離を基準に考慮すべきであつて，x は次式より求めらる

$$P - \gamma_e \frac{m \cdot D x^2}{2} = 0$$

茲に：

P—水平力

m—土の息角に關する係數にして，次の如し

$$m = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

D—流水防衛工の垂直軸に垂直なる断面幅，ミトロポリスキイ教授著“木橋”参照

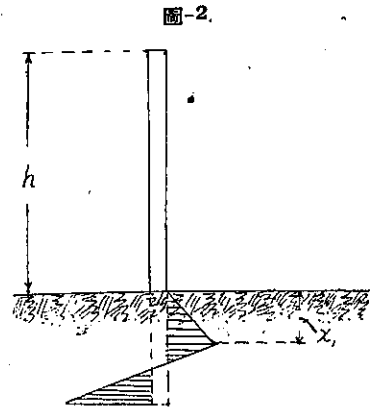
γ_e—土の單位容積の重さ

F の代りに上記 P の値を代入し，x (單位糎) を求め得る，それから (1) 式内へ h の代りに h+x を代入し，新氷壓 P を求める。之がより正確なる P である。

而して後，流水防衛工の最大曲げモーメントは次の如く採り得る：

$$M_{\text{max}} = P(h+x) \frac{\gamma_e \cdot m \cdot D \cdot x^2}{6} = P(h+0.67x)$$

杭内の最大應力度は



$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{M_{\max}}{n \cdot W}$$

茲に：

W ——杭 1 本の断面係数

n ——杭の本数

然し地盤堅硬なる場合には、衝撃エネルギーの地盤振動に又氷塊自身の變形等に消費さるゝ事を計算上考慮しなくてよいから、最初に求めた P の値を其の儘用ひてよい。即ち此の場合の P は

$$P = 0.105 \frac{v \cdot d^2}{h} \sqrt{\frac{n \cdot a \cdot b \cdot c}{h}} \quad (\text{珪})$$

杭内の最大應力度は次式より求めらる。

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{Ph}{n \cdot W} = \frac{Ph}{n \cdot 0.1d^3} = 0.105 \frac{v}{d} \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c}{n \cdot h}}$$

安全なる杭直径は次式より求めらる。

$$d = 1.05 \frac{v}{[\sigma_H]} \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c}{n \cdot h}} \quad (\text{糶}) \dots \dots \dots (2)$$

茲に： $[\sigma_H]$ ——杭の許容曲げ應力度 (珪/糶²)

以上述べた式に對し、今後更に氷塊自身の局部的變形、地盤の振動、其の彈性變形其他に費さるゝ衝撃の實際力を攻究し、より精密な式に作り上げねばならぬ。ソ聯に於ては氷壓に關する種々の研究を實驗室に於ても又野外地に於ても行つたし又行ひつゝある事を附記し北方に於ける産業開發に、交通上に、將又高度國防國家建設上に、「氷に關する研究」が重大なる役割を持つべき事を指摘し、本章を終はる事とする。

2. 流水防衝工

1. 概要 木杭を打ち込んだ橋脚は、流水に對する抵抗性が大でないから、流水のある河川に於ては氷壓を考慮し、適當に橋脚を防護しなければならぬ。流水の始まるや次第に水位、從つて氷被が上昇し、杭打橋脚に危險な作用を及ぼすものである。氷被の厚さの大なる場合には、氷と杭との凍着力は、杭の有する引拔抵抗性を超過し、其の結果水位の上昇に伴ひ氷被と共に杭が持上げられる。此の氷による杭の上昇を防止する爲に、流水が開始され水位が上昇する以前に、杭の周圍に間隙を造り氷と杭とを絶縁する事が必要である。此の間隙の幅は 0.5~1.0 m に採り、此の部分保護する爲針葉樹の粗朶或は藁を填充し、且雪を以て被覆して置く。流水の激甚な河川では、橋梁の上流に防衝工を造り、其の前方 25~30 cm の處に又橋梁下流側橋梁の後に縦及横の溝を穿ち置く事が必要である。次に流水氷塊の薄く弱い河川にあつては、常時流水の衝きあたる水位に於ける杭は、擦損を生じ危險であるから鐵板或は板を以て杭を被覆し保護するを要する。

流水が非常に激甚であつて從つて氷塊の衝撃が大である場合には、橋脚を防護する爲流水防衝物を建造する。防衝工の目的は氷塊の衝撃を自身に受け且橋梁徑間の中心方向へ氷塊の進路を變へる事にある。防衝工の構造、寸法及配置は橋脚の様式、氷の厚さ及氷塊の運動、速度に依存する。防衝工は氷を滯溜せずして之を碎き且橋梁徑間中心へ其の方向を向けしめる様に構造されてゐなければならぬ。若し氷が滯溜すれば、氷の疊積を次第に増大し水位を高め又橋梁の洗刷を生じ遂には橋脚を破壊するに至る。故に流水時には氷の疊積する事なき様絶えず注意しなければならぬ。

現時ソ聯に於て用ひてゐる木橋の橋脚に對する各種木造防衛工に就いて以下叙述する。

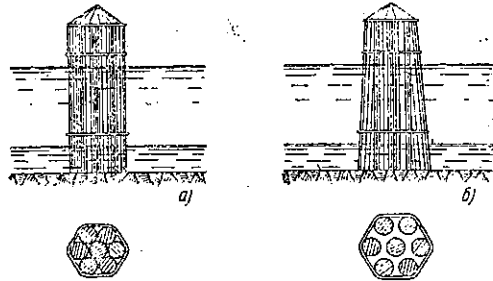
2. 1 本杭式防衛工 防衛工の最も簡單なる型式は、橋脚の前方に杭を單獨に 1 本打込み遣れるものである。

此の杭は氷塊の直接橋脚に 衝きあたる事を防止し且氷塊を徑間中心の方へ向ける。此の單獨杭は、氷被が薄く氷塊が非常に小にして且流速が緩徐で且水深が 1.0~1.5 m の浅い場合に用ひ適切である。此の場合此の單獨杭は橋脚基礎の洗掘をも防止する。此の杭は深さ 2~3 m 打込み、最高流水面上 0.5~0.6 m の處に於て切斷する。

3. 集團杭式防衛工 前者よりも流水の大にして水深 2 m 以上の場合には、橋脚の幅員及流水壓力に基據して、3

~15 本の杭を互に緊密に打込み集團杭を造る。圖-3 (a) は之を示せるもので、處々を鐵帶で以て緊結し、以て運動してゐる氷塊に對する抵抗力を増大する。又 圖-3 (b) は更に抵抗力即ち強度を高める爲に、杭の下部は互に若干距離を置いて打込み上部は互に緊結せしものである。流水が衝きあたる範圍部分は 1~2 mm 厚の鐵板で以て杭を被覆するが有效である。集團杭の頂部は、該部に集まる水を排除する爲に鐵板或は板で遣れる圓錐形或は角錐形の屋根を造る事が必要である。

圖-3.



4. 簡易型防衛工 更に大なる氷塊の流下する水深の大なる河にあつては、特に強力な防衛工を必要とする。防

衛工と橋脚との間の距離は、流速及徑間 の大きさに従ひ 1~5m に採る。此の距離は氷の疊積を生じない様又最も氷塊の流下に好都合である様適宜に採るのであるが、流速の緩徐で徑間の小なる場合は大に採るのである。杭の配置には 1 列、2 列及 3 列とある。以下順次夫等に就いて述べよう。

圖-4.

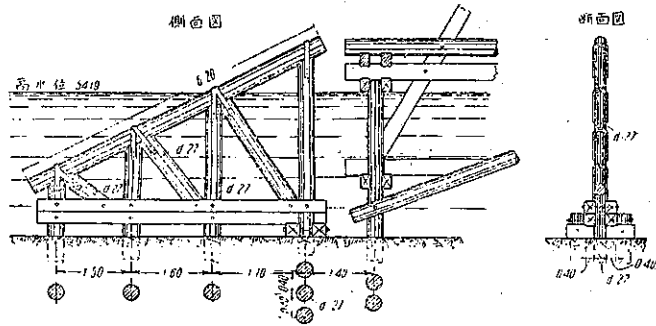


圖-4 は所謂簡易型と呼ばれる簡單な列杭の防衛工であつて、防衛工は橋脚軸

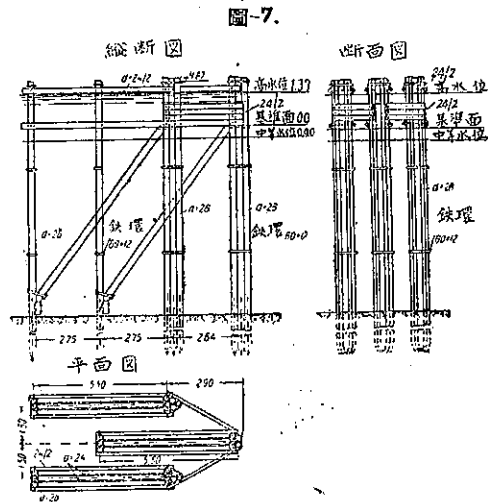
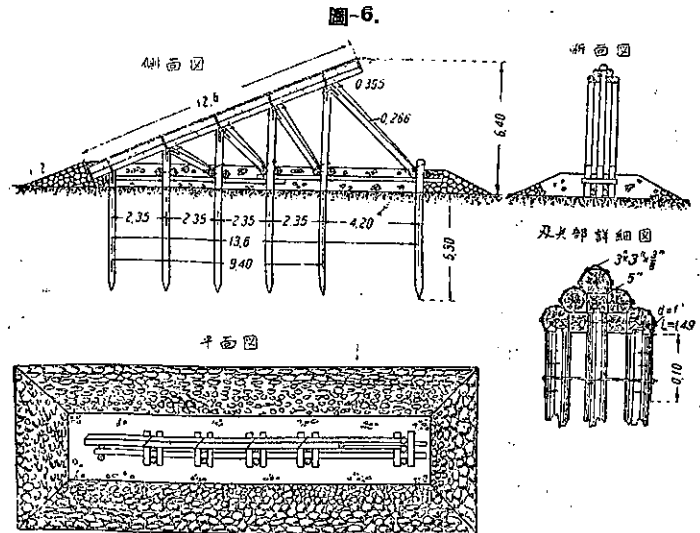
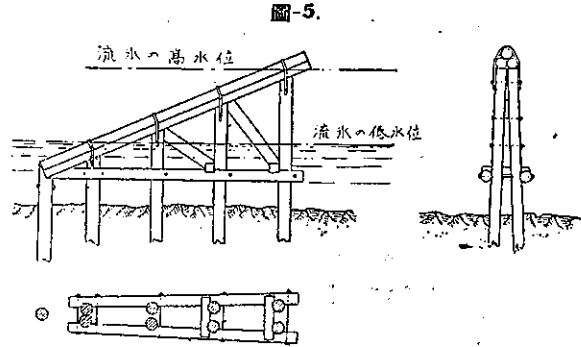
と一致せる 6 本の杭から形成されてゐる。而して高さの異なる 4 本の杭上に傾斜せる丸太を取付ける。之を刃尖部と稱し、鐵製の特別金物で以て杭と斜材とに緊結する。斜材は杭を鞏固にし刃尖部を支へる爲に用ひられる。又杭の下部は流れの方向に、即ち縦方向に断面 26x20 cm の 4 本の水平角材で以てしつかりと兩方から挟み、ボルトで緊結する。防衛工の最後の列に於ては、2 本の杭を補足し尙地盤上に短い 2 本の断面 25x20 cm を有する角材を置き緊結してゐる。橋脚と防衛工との最短距離は 1.40 m である。此の防衛工は橋梁の垂直軸の方向、即ち防衛工の縦方向に於ては、氷塊の衝擊作用に對し大なる鞏固性を有するが、然し 1 列杭であるから防衛工の横方向に對しては鞏固性は非常に弱い。

次に深さのより大なる中等程度の流水壓を受ける橋脚の場合には、2 列の簡單な防衛工を採用する。2 列の杭は互に密接して設置してよいが、橋脚の幅員の廣い場合には若干離したが良い。圖-5 はモスコウ・カザン鐵道に用ひられたもので、防衛工の前部は 1 本の杭から成立し、それより橋脚の方へ向ひ 2 列の 4 對の杭から成り立ち

總計 9 本の杭から出来てゐる。最前の對をなしてゐる杭は、互に密接して打込まれて居り、それより橋脚の方へ至るに従ひ間隔を増加し、打込まれてゐる。防衛工の刃尖部は 3 本の丸太から出来て居り、中間の杭は斜材で支へられ其の斜材は水平緊結丸太上に置かれた角材上に支へられてゐる。水平緊結材は 2 本の丸太から出来て居りボルトで以て締められてゐる。防衛工の刃尖部は断面 $50 \times 12 \text{ mm}$ の鐵帶を付し鞏固性を増大する。斯く 2 列防衛工は 1 列杭式橋脚及流水の中等程度の場合に用ひらる。

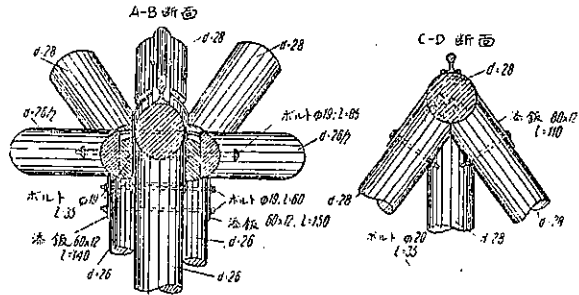
3 列防衛工は 2 列杭式橋脚の場合に用ひる。圖-6 は 18 本の杭から出来てゐる 3 列防衛工を示す。杭の中心間の距離は、最後の列 4.20 m 以外は 2.35 m である。杭は防衛工刃尖部の傾斜を 1:2 ならしめる様に切斷する。但し最後の列の杭 3 本は、地盤面上 1.0 m に切斷し斜材の支へとして働かせる。杭の頭部は斜材により支へられて居り、斜材の下端は丸太の横材に支へられ更に之は縦方向の長い水平緊結材に支へられてゐる。此の丸太から出来てゐる縦方向の上部緊結材は地盤面上 40 cm の高さに配置されてゐる。縦緊結材の接合部は横丸太とボルトで結合する。防衛工の刃尖部は杭の頭の上に置かれた 5 本の丸太と 3 本の角材とから成り立つてゐる。防衛工の周圍が洗掘される事を防ぐ爲に栗石を以て圍む。本構法は流水の強力な比較的水深の浅い場合に用ひて良好である。

5. 合成集團杭式防衛工 圖-7 はイングル河橋梁の防衛工である。水の深さは中等水位で 7 m である。氷塊



の衝撃に對し必要なる橋脚の幅は約 3.5 m である。而して該河に於ける流氷はたいして著大でないから、防衛工は簡単な且安價な構造を採用し得る筈であるが、本橋の場合には橋脚の幅が大であり且水が深い爲、最簡單な單獨的集團杭防衛工を適用する事が出来ない。防衛工後部杭中心から 8 m の距離にある最尖端集團杭は 6 本から成つてゐる。次に防衛工縦中心線から 1.5 m の距離に且最尖端杭より 2.9 m の處に、夫々 6 本の杭からなる 2 集團杭が打込まれてゐる。之等集團杭は斜材により支へられてゐる。此の斜材の上方は中等水位より稍上方にある水平縦緊結材に據り、斜材の下方は特別な木塊とボルトに據り支へられてゐる。杭の上方は 2 段に半丸太の對をなす水平緊結材に據り締められてゐる。尙三角形水切の上方部分には厚板が張られてゐる。之により氷塊は最尖端集團杭に衝きあたり碎かれ或は被覆板に沿うて徑間中心の方へ方向を變へる。又集團杭の處々には鐵環が嵌められてゐる。防衛工の氷塊衝撃に對する縦方向の鞏固性は、水中斜材の爲増大するが、横方向の鞏固性は著しく弱い。然しイングル河の場合は流氷が著大でないから特に危険を感じる様な事はない。次に流氷が激甚である場合には、防衛工の横方向の鞏固性は集團杭と補助杭との 2 方面に防衛工に沿うて被覆物を設けて補強する。又集團杭の横方向にも斜材を設けて補強する。

圖-8.



6. 天幕式防衛工 強力な流氷及廣い橋脚の場合には天幕式防衛工を採用する。天幕式防衛工の幅は橋脚の幅より大に採られ 2~8.5 m である。天幕式防衛工は刃尖部が上流側へ傾斜下降して居り、之を 3 或はより以上の杭列で以て支へてゐる。天幕式防衛工は外形上 2 部分より成り立つてゐる。第 1 の部分は角錐形と呼び 2 つの屋根狀の傾斜面を持つて居り、其の頂上に刃尖部が置かれてゐる。第 2 の部分は普通垂直に或は少し傾斜してゐる 2 面より成り立つてゐる。刃尖部の方は最低流氷面下 0.5~0.75 m に、其の上方は最高流氷面上 1~1.5 m に置かれてゐる。而して刃尖部の勾配は簡易防衛工と同様に 1:1.5~1:2 に採られる。又刃尖部の補強の爲に、刃尖部丸太の上に軌條を取付ける事がある。圖-8 は其の 1 例である。

圖-9.

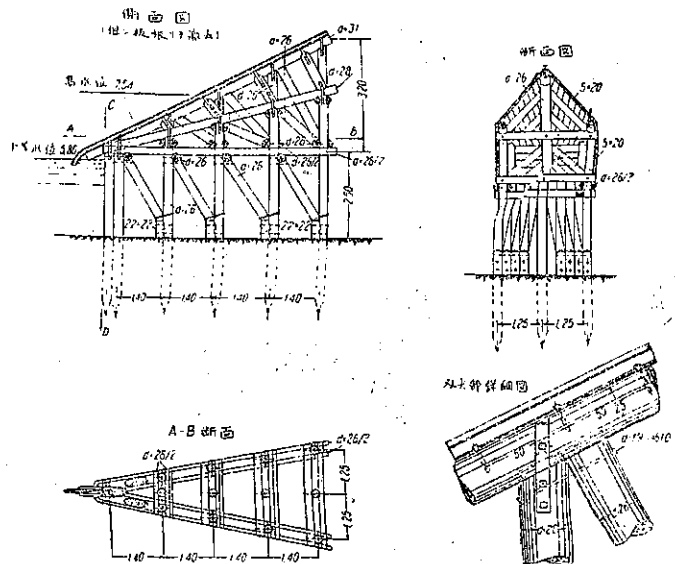


圖-9 はヴォルガ河橋梁の橋脚防護の爲の丈夫な天幕式防衛工であつて、15 杭

から成り立つてゐる。杭の最兩端間の中心間隔は 5.60 m であり、横に 3 列、縦に 5 列に配置されてゐる。縦列

の最後の杭の横方向に於ける中心間隔は 2.5 m である。防衛工の刃尖部中心に至る高さは 5.70 m であり、刃尖部から下方水平緊結材迄は 3.20 m である。下方水中に在る部分は水中に斜材を造り鞏固性を増大してゐる。中等水位の上方に縦方向にも横方向にも丸太或は半丸太で以て杭と緊結し鞏固にする。尙之等の緊結材は斜材の支へとしても役立つ。刃尖部は丸太で出来て居り、夫を補強する爲軌條が取付けてあり、垂直材及傾斜材で以て支へられてゐる。

圖-10 はボイヌ河に設けられた非常に強大な防衛工である。防衛工は横方向には 3 列、縦方向には 6 列よりなり、杭の本数は 37 である。其の内 10 本は地表から 35 cm の高さに於て切断されて居り、斜材の支へとして用ひらる。防衛工の刃尖部は直径 30 cm の 2 丸太と断面 23×23 cm なる角材とより成り立つてゐる。2 つの丸太と角材とは 3 方向に於てボルトにより緊結されてゐる。刃尖部は杭、斜材及横方向緊結材と縦方向緊結材とより支へられ鞏固にされてゐる。尙刃尖部は

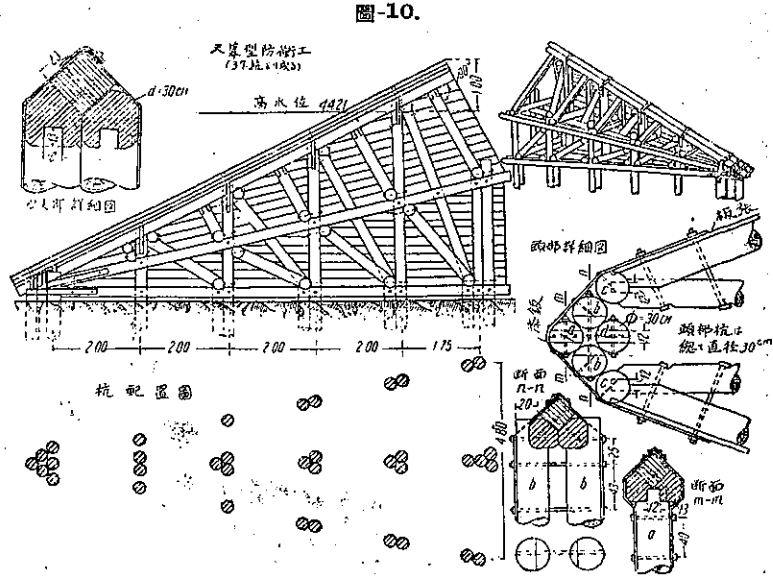
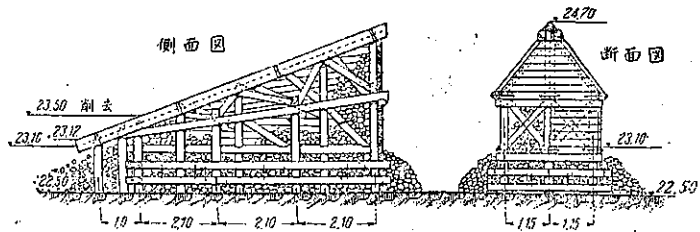


圖-11.



厚さ 3 mm の鐵板で以て被覆され、其の最頂部は断面 150×150×15 mm なる角鐵で以て補強されてゐる。而して防衛工の外廓全部は厚さ 5 cm の板により被覆されてゐる。

非常に強力な流氷があり且洗掘の虞れある場合には、防衛工の鞏固性を増大する爲に其の内部及外部に栗石を堆積する。パドハレノク河に架したハウ式橋梁に於て、其の橋脚を防護する爲積石したる天幕式防衛工を採用した。圖-11 は之を示すものである。該防衛工は横方向に 3 列の杭が配置され、其の本数は 14 である。防衛工の下方部分に於ては 3 列の縦緊結材及横緊結材が建造されて居り、丸太の直径は 22 cm である。防衛工の両端杭の中心間隔は 7.30 m である。河底から刃尖部の最高點迄の高さは約 5 m である。刃尖部は 3 本の直径 27 cm の丸太から出来て居り、斜材、杭及緊結材とにより支へられてゐる。防衛工の横方向の鞏固さは交差せる斜材により一層増大せられる。而して中等水位以上は断面 10×22 cm の板で以て被覆されてゐる。

7. 岩盤上防衛工 岩盤河底に接し又硬質砂利、礫多く杭を打込み得ない地盤の場合に防衛工を建造しなければ

