

## 論 說 報 告

土木學會誌 第十二卷第四號 大正十五年八月

### 可動堰の撰定に就て

附

#### ベヤ・トラップ堰起伏運動の研究

會員 工學博士 岡 部 三 郎

Comparative Merits of Movable Weirs of Different Types.

On the Action of a Bear Trap Weir.

By Sabro Okabe, Dr. Eng., Member.

#### 内 容 梗 概

本文第二節に於て各種可動堰の性質特長並に缺點を擧げ、第三節には可動堰としての理想的條件を述べ、第四節に於ては可動堰が其設置の目的並に自然的狀況に應じ撰定さるべき適當なる型式を論ぜり。

附文に於ては著者の設計せる信濃川分水工事に於けるベヤ・トラップ可動堰の起伏運動に關し模型實驗による研究が實物設計上に多大の貢獻をなせる點を擧げ、尙實物の起伏運動に關する理論を述べ、更に之を試運轉後の實測と比較し理論と實際とがよく符合する事を示せり。

#### Synopsis.

In this paper the followings are stated ;—the character of movable weir for every type, and their advantages and disadvantages ; ideal specifications on the construction of movable weir ; study on the selection of type according to the objects of its installation, which is well adapted to the natural conditions of the site.

In appendix ;—the theory of the motion of Bear Trap weir, which was designed by the writer and was constructed at the entrance of the diversion channel of the river Shinano in Niigata Prefecture, is described ; the model experiments contributed to the successful invention of an improved type ; and the theoretical motion of the weir has proved to be well satisfied by the results of the practical experiments, which were made after the completion of the weir.

## 目 次

## 可動堰の撰定に就て

第一節	可動堰の型式	2
第二節	各種可動堰の得失	2
第三節	可動堰の理想的條件	7
第四節	型式の撰定	8
附	ベーク・トラップ堰起伏運動の研究	
第一節	模型實驗による起伏運動の研究	12
第二節	著者の考案に成れるベーク・トラップ堰の骨子並に其起伏運動に関する理論	15
第三節	ベーク・トラップ堰試運轉後起伏運動に関する測定	23

## 可動堰の撰定に就て

## 第一節 可動堰の型式

可動堰は河川改修、運河、水力電氣、上下水道並に灌漑工事等一般水流の調節に缺く可らざるものなり、之が設計に當り技術者は常に各種可動堰の性質並に其得失を考研し之が撰定に就て遺憾なき事を要す。著者は可動堰研究の指命を受け専ら歐米に於ける實例を視察し、尙其理論に關し各國工學圖書館並に特許局を尋ねて調査せるを以て次に其要領を記さんとす。

可動堰を運轉の方法に依りて分類すれば第一類は人力、汽力又は電力等の外力を加へて運轉するもの、第二類は自然水位差を利用し自力にて開閉するものにして、第三類は自重に對抗するのみならず最大水壓力迄も平衡し得べきカウンター・ウエートを有する半自動的のものなり。

第一類に屬するものは

Bridge dam, sluice gate, segmental gate, rolling dam, flash board, wicket weir, stop log needle weir, A-frame weir and butterfly weir.

第二類に屬するものは

Sector gate, bear trap weir and drum weir.

第三類に屬するものは

Büchler's automatic gate, hinged weir.

## 第二節 各種可動堰の得失

## I—1. Bridge dam.

Bridge dam に應用する橋梁にも fixed bridge 及び movable の 2 種類あり、bridge より卸す堅枠の間を閉鎖する方法も rolling curtain, butterfly valve 並に Boulé dam の如き sluice gate を用ゆるもの等數種あり。

#### 其特長

橋梁の徑間は如何様にも大とするを得るを以て堰を開放せる際河川に障礙物を残さず大洪水に對し水流を阻止せず、堰本體が全部高所に捲揚げらるゝを以て本體に危害を受くる事少なく船舶の通航にも適す、殊に movable bridge となせば ship canal に利用する事も可能なり、highway bridge と兼用さるゝ地點には最も經濟的なり。

#### 其缺點

Bridge dam は枠及扉等閉閉すべき部分多く之が全部の開閉には相當多くの時間を要するを以て毎日全部を開閉する如き frequent service の堰(例へば tidal weir の如き)に使用し難し、尤も堰を一時に開放して急激なる大洪水に備ふる方法あれど面白からず。

大礫、木材等の流下する荒川に使用するは困難にして且 bridge dam は完全の水密を保證し難し。

### I—2. Sluice gate.

Sluice gate には slide gate, fixed roller gate, free roller gate の 3 種類あり。Free roller gate は stoney gate の名稱を以て有名にして其詳細に關し多數の新案あり、其應用さるゝ範圍は大體次の如し。

Slide gate 幅 12 尺以下高及び水位差 9 尺以下(但し valve として使用する時は高水壓に適する構造を有す)

Fixed roller gate 幅 6 尺以上 30 尺以下高及び水位差 6 尺以上 20 尺以下

Free roller gate (Stoney gate) 幅 15 尺以上 90 尺以下高 12 尺以上 (30 尺以上の場合は 2 段とす)

#### 其特長

開閉運轉確實にして水密の完全なるを以て最も重要な工事に適す、水門開放中門扉を全部水面上に捲揚げられる故に修理容易なり。

小形のものは構造最も簡易にしてあらゆる水門水弁等に適す、設計に依りては反對の水壓に對して安全ならしめ得べく、殊に endless roller を使用せる stoney gate を利用すれば他の何れの型式によるよりも逆水壓に對する大可動堰として完全に其目的を達する事を得べし。

#### 其缺點

水門開放の際門扉を捲揚ぐべき高さ大となり、從て之が捲揚設備に多額の費用を要し、舟

航又は大洪水に對しては益々其不便大なる可し、此等の缺點を緩和する目的を以て高き水門は 2 段となすものとす。

### I-3. Segmental gate.

Segmental gate の水平軸を有するものを Taintor gate と稱す、尙其 modified form も數多し、大なるものは一般に counter weight を有す、最大の例として長 50 尺高 30 尺のものあり。

Taintor gate の特長

水壓を圓弧面に受くるを以て其合力が如何なる位置に於ても常に其中心軸上に集中するを以て水壓が gate 開閉運轉の際に及ぼす抵抗は軸上に於ける回轉摩擦力のみとなり非常に僅少なり。

開閉運動は單に 1 軸の周りに回轉するものなる故 sluice gate に比し扉の歪み其他の變位を生ぜず、然も其捲揚設備容易なり、尙 sector gate に比すれば水壓を受くる面は只 1 面なるにより甚だしく輕量なり、又反對の水壓に對し安全なる設計となす事を得べく最も經濟的に sluice gate の缺點を償ふ事を得べし、故に近來 Taintor gate が可動堰として最も多く應用さるゝに至れり。

其缺點

高さ若くは水位差大なる所に使用するは比較的困難なり。

扉の頂部より水を溢流せしむる事困難なるにより絶對に避くるを可とす。

凡ての力が 1 軸上の 2 點に集中するを以て軸の設計に特別の注意を要す、尙兩側の水密並に扉の變形による下端の水密に對して sluice gate より困難なるにより入念の設計をなすべし。

Segmental gate にして豎軸を有するもの

其特長

高さ若くは水位差大なる箇所に適す。

凡ての力を 1 軸上の數箇所に分配するを得、尙 counter weight を要せず。開放せる際水流上部に何等障礙物を残さざるに依り開門扉等に適す。

其缺點

完全なる水密困難なり。

砂礫の多く流下する荒川に適せず。

橋脚内に扉の入る可き大なる空室を要す、故に橋脚の工費大にして且連續して 2 枚以上設くる事不可能なり。

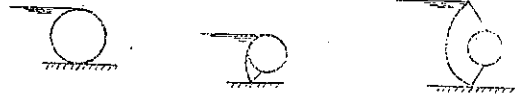
### I-4. Rolling dam.

Rolling dam には只 1 個の長圓壩を横へたる舊式のもの、又之にシールドを附加し高さを圓壩の直徑より大ならしめたるもの及び圓壩は單に軸として使用し前面に別に高き耐水壓面を設け捲場の抵抗を減少せしむる特種の形狀を有する新式のものとなり、高水位に利用する目的にて 2 段となしたるものあり。

大なる實例は Norway Glommen River Raanosfos Dam 5 m × 45 m.

其特長

長徑間の堰に適し構造最も堅牢なるを以て水勢烈しき激流の河川にて多量の礫石流下する荒川に使用するを得。



冬期氷結を來す寒國の堰に適す。

短時間に多量の水の調節をなし得。

其缺點

自重大なるにより捲揚装置其他に多額の工費を要し、捲揚げられたる際上部に支へらるゝを以て洪水位高き箇所に適せず。

外觀良好ならず。

捲揚を平均するためトラック及びリンクチェーンに特種の構造を要す。

### I-5. Flash board.

其特長 木材豊富なる田舎の簡易なる dam crest に適す、工費安價なり。

其缺點 重要なる工事に應用し得ず、洪水回數の多き處に不適當なり。

### I-6. Wicket weir.

Chanoin's wicket weir and collapsible wicket weir の 2 種あり、後者は全部ヒンジを有しバントグラフ式の運動をなす。

其特長 工費安價なるにより洪水回數の少き田舎の工事に適す、伏したる際水面上に何等の障礙物を残さざるにより船舶の通航する箇所に所當なり。

其缺點 開閉作業に長時間を要し而も容易ならざるを以て開閉數多き處に使用するを得ず。

水密を得る事困難なり。

### I-7. Stop log, needle weir. 等

何れも第二流の工事又は假締切に適し、trestle を臥す構造のものは殆ど wicket weir と大同小異の得失を有し、最も primitive なるを以て昔より歐米各國に廣く使用せらる。

### I-8. Butterfly weir.

大形のものには swing bridge に應用し、小形のものには連續して trestle 間に設く、水平軸を

有するものは第三類の自動水門に應用さる。

其特長 水壓が平均する故開閉運動に對し水流の抵抗大ならず、故に水壓の大なる水奔として最も有效なり。

其缺點 大形のものには構造複雑となり工費多額を要す。

### II—1. Sector gate.

第二類に屬する最も模範的のものなり、外觀は Taintor gate に類似すれども理論は全然異なり、本扉は前面は Taintor gate の如く圓弧形外鋸を有し、之が伏臥する際水壓を受くるのみにして、平常起立せる際は上部の斜面に下部よりの水壓を受くるものなり、又 segmental gate の如く堅軸 sector gate も考案さる。

其特長

固定堰の movable crest の如き平に水位差を有する箇所に適す。

開閉運轉は凡て水位差により自然水壓を利用するを以て、單に小形 sluice valve を開閉するのみにして意の如く短時間に而も最も平滑に行ふ事を得、自重大なるも運轉容易なるにより鐵筋混凝土にて製作する事を得べし。

流水、流木等の多き河に適し、結氷を來す河川に對しては最も好結果を示す。

如何程長徑間の堰にも利用し得るを以て一時に多量の水量を容易に調節する事を得、伏臥せる際水面上に何等の障礙物を殘さず自然力により運轉する故運轉設備及其維持費少なし。

其缺點

上下流水位差 0 となる場合ある箇所に設くる事を得ず、堰堤基礎内に扉の入る可き室の大なるものを要す、但し固定堰上に設くる時大なる缺點とならず、扉の重量大なるにより扉の工費大なり。

修理及び検査不便なり。

### II—2. Drum weir.

其得失は前者と大同小異なれども構造複雑にして實用として推薦しがたし。

### II—3. Bear Trap weir.

- a) 2 葉式の舊式なるもの
- b) Parker 式
- c) Lang 式
- d) Lutz and Huber 式改良 2 葉式
- e) 著者の考案になる 3 葉式

其特長

開閉運轉は自然水位差若くは空氣を利用するを以て、sector gate 同様短時間に容易に而も

平滑に行ふ事を得る故 frequent service に適す。

伏臥せる際水面上に何等の障礙物を残さず。

大なる徑間の堰を築造する事を得る故に多量の水量調節をなすに適す。

第一類の堰に對し運轉設備費及び維持費少なし。

其缺點

上下流水位差少なき場合には送氣設備を要す。

重量比較的大にして扉の工費多額となる。

構造 sector gate に比しやゝ複雑なり。

### III—1. Büchler's automatic weir.

其特長

任意の位置に於て水壓並に自重が常に counter weight と平衡を保つ特點を有す。

僅かの人爲的動力により任意の水位に保つ事を得。

其缺點

Counter weight に特種の設計と多額の工費を要す、大徑間に適せず

### III—2. Hinged counter weight automatic weir.

其特長

Counter weight の調節により任意の水壓並に自重に平衡せしむるを以て常に自動的に一定の水位を保たしむる事を得。

固定堰の movable crest に適す。

缺點は前者と同様。

### III—3. Hinged weir providing balanced valves.

自動的に水位を一定に保たしむるものにして、其得失は前者と同様なれ共構造複雑なり。

## 第三節 可動堰の理想的條件

可動堰は總ての場合に於て水壓、水流、氷壓、地震其他の破損的外力に對し充分堅牢にして耐久力大なるものたる可し、可動堰は閉鎖されたる場合は固定堰同様に頑丈なるを要し、開放されたる際は clear span 及び clear height 大にして河川中に何等の障害物を残さず、洪水量、流氷、流木、流砂礫、其他を自由に流過し、必要によりては船航に支障なきものたる可し。

可動堰の開閉運轉は簡單にして容易なる可く、尙敏速にして如何なる場合と雖も確實なるを要す。

可動堰は修理容易なる構造たる可し。

可動堰は堰の重要程度及び地方的事情により差異を有すれども、可成く工費安價にして運

轉費並に維持費多からざるを可とす。

可動堰は其地方の自然美を害せざるものたるべし。

#### 第四節 型式の撰定

總ての可動堰は各共得失を有し、上記の理想的條件を凡て満足するは不可能の事なるを以て技術者が可動堰の撰定をなすに際してはよく自然の事情及び堰の重要程度並に目的を考研し遠算なきを期す可きものなり、次に其要點を記さん。

##### I. 可動堰使用の目的

可動堰の目的には河川並に運河の通航、水力電気、灌漑、上下水道、河川改修等種類甚だ多し。

1. 可動堰が重要工事にして運轉の確實を期する場合は假令工費高價なりと雖も理條的條件を満足する形式を可とし、重要ならざる工事には安價なる型式を撰定す可し。
2. 完全なる水密を要する場合は sluice gate, rolling dam, Taintor gate 及び sector gate 等を可とす。
3. 開閉運轉の度數頻繁にして一時に多量の水流調節を要する堰には運轉迅速なる型式即 sluice gate, rolling dam, Taintor gate, sector gate, bear trap weir 等を可とす。
4. 開閉度數多くして少量の水流調節をも必要とする堰には任意の半開の位置にて運轉を停止し得べき型式、即 sluice gate, rolling dam, Taintor gate を可とす。第二類は半開にて中止する事不可能なり。
5. 開閉度數少なく 1 年間數回運轉するに過ぎざる如き場合にして重要なる工事には bridge dam, sector gate 等を可とし、重要ならざる工事には wicket weir, stop log A-frame weir 等を撰ぶを良とす
6. 少量の水流を自動的に調節し、上流水位を一定に保つ目的には第三類の可動堰又は syphon dam を可とす。
7. 水を堰の上部より溢流せしむる目的には sector gate, bear trap weir を最良とし、さなくば 2 段式 sluice gate, stop log 及び第三類を撰ぶ必要あり。
8. 水を堰の下部より流出せしむる目的には其他の型式によるを要す。
9. 堰を開閉せる際船舶の通航の目的に供する場合は wicket weir, needle weir, A-frame weir, bridge dam, 堅軸 segmental gate を可とす、尤も船舶小なる場合は Taintor gate, sluice gate 等を用ゆる事を得。
10. 前記 3, 4, 5 及 6 項の目的を合せて始めて可動堰としての使命を全ふする如き場合は同一型式を用ひず、適當なる型式を混用すれば經濟的に良く其目的を満足し得べし。



## II. 水流其他自然的狀況

### 1 可動堰附近の狀況

可動堰設置の位置が大都市の附近に位するか、若くは邊鄙なる地方に位す可きかに依り其撰定さる可き型式も自ら異なるは明白にして、大都市の中央に設けらるゝものは外觀美を第一の條件とし、運轉用動力も得易く、維持も完全を期する事容易なるが故に精巧なる可動堰を設くるも可なれども、邊鄙なる地方に築造するものは外觀に留意せず、動力、維持、修理並に検査等を要せず、耐久力大にして最も構造簡易なるものを撰定せざる可らず。

但し水力電気工事等は邊鄙なる地方と雖も動力及び監督充分なるを以て理想に近き型式を撰定し得べし。

平常堰の上下流に於ける水位差のある處(例へば固定堰の movable crest の如き)には開閉運轉には此落差を利用し得べき sector gate, bear trap weir 等を撰定す可く、更に上流水位を一定に保たしむるためには第三類の型式、又は固定堰 syphon dam を設く可し。

或る時期に於て其水位差 0 となる箇所に sector gate 等を設くるは誤れる設計と云ふ可し。

### 2 水流の大きさ

可動堰を設く可き水流の大きさが型式撰定に大なる關係を有するものにして、小河川に適する型式と雖も必ずしも大河川に適當せず。

河幅の大なる處には幅に制限なき bridge dam, wicket weir, needle weir, A-frame weir 等を用ゆるか、sector gate, rolling dam, Taintor gate, stoney gate, bear trap 等を連続して用ゆるを可とし、可動堰によりて堰止めらる可き水位差大なる處に於ては stoney gate, rolling dam 若くは sector gate, 堅軸 segmental gate が最も適當にして特に 40 尺以上に及ぶ大落差に對しては 2 段 stoney gate を可とす。

徑間の大なる可動堰は rolling dam, sector gate 及び bear trap weir なり、何れも徑間 150 呎近くの實例あり。小河川には安價なる stop log, needle weir, wicket weir 又は sluice gate 及び Taintor gate 等を可とす。

### 3 洪水の量

洪水量は型式撰定に最も重要な要件なり、大洪水時に於ける流速の大なる箇所には耐久力大にして開閉運轉確實なる型式、即ち rolling dam, sluice gate, sector gate が適當なる可く、洪水位の高き箇所には sector gate, bear trap weir, wicket weir, A-frame weir 等水面上に障害物を残さざるものが適當ならん。

### 4 洪水襲來の速度回數並に期間

洪水襲來の時間頗る早き箇所又は度々起る箇所に於ては開閉運轉の迅速なる型式、即ち

stoney gate, rolling dam, sector gate, bear trap weir 又は Taintor gate を可とし。

尙洪水襲來の速度早からず、其期間長き箇所には運轉迅速を要せず、比較的安價なる wicket weir, A-frame weir, needle weir 若くは bridge dam 等を可とす、若し兩様の目的に備ふる爲に兩型式を混用し一は頻繁に起る小洪水の調節に備へ、他は長期間の洪水に備ふるを最も得策なりとす。

### 5 感潮區域に於ける可動堰

干潮時堰を閉鎖し滿潮時開放し、上流の水深を保たしむる如き tidal gate として用ゆる場合は毎日必ず數回全部の開閉をなすを以て最も迅速且つ容易なる型式を撰定せざる可らず、即ち Taintor gate, sluice gate 等を可とす。

感潮區域に於ては多くは舟運を伴ひ、尙多少の逆水壓を受くるものなるを以て sluice gate を使用する場合は高さの関係上特別の考案を要し、Taintor gate は逆水壓に對し注意するを要す。

### 6 泥砂礫の移動する河川

泥砂礫等の移動多き河川に可動堰を設くる事は最も困難なり、然れども運轉の際砂礫の抵抗を受けず尙可動扉の上部又は下部に沈澱せる土砂を洗ひ出す考案を加ふれば可動堰の築造敢て不可能ならざらん、大石礫等の流量多き荒川に於ては rolling dam が最も適當にして sluice gate 之に次ぐ。

土砂沈澱の多き箇所には前記の型式以外 Taintor gate, sector gate 等も應用する事を得べし、なるべく最初に堰の下部より水を流出せしむる構造を有するものを可とす。

### 7 浮游せる流木、流氷等の多き河川

流木、流氷の多き河川に於ては洪水量は最初堰の頂部より溢流せしむる型式によるを要す、尙橋脚間の clear span 大にして水面上に障礙物を残さざるものを可とす、即ち sector gate, bear trap weir 及び Eis Klappe の如き特別の設計を有する rolling dam 及び sluice gate 又は wicket weir 等を撰定す可し。

### 8 水質

水中に酸性を含むものには成可く鐵材を使用するを避け、木材又は鐵筋凝混土を使用するを可とす。

感潮區域の如く鹽分を含む所の可動堰に鐵材と銅又は眞鍮を接近して使用すれば電氣分解を起すを以て特に注意を要す。

### 9 氣温

北米及び北歐の如き地方に於ては結氷は可動堰に致命傷を與ふるを以て歐米に於ては結氷に對して最も苦心を要するものなれども、我國に於ては北國の一部を除き餘り注意するの要

なかる可し。

結氷の害は氷の膨脹により各部破壊する事及び可動部分を橋脚其他に固着せしめ運轉不能となすにより斯の如き場合には特別の加熱設備を有する rolling dam, sector gate 及び sluice gate を撰定するを要し、又は特に頑丈なる stop log に強力の捲揚機を備へたるものを用ゆる事を得べし。

低温の地方の可動堰は氷結を防ぐため完全の水密を要す。

暖國に於て水中植物並に貝類發生甚だしき處に於ては必要以外に時々運轉するは勿論、害を受くる事の少なき型式を撰定する必要あり。