

横軸型水車の臺数は發電機1臺に付て1臺を普通とするが、發電機の兩側に各1臺の水車を直結し、尙各水車に獨立の調速機を裝備することがある。斯かるものに於ては、輕負荷時には水車1臺を運轉し、負荷の多いときには2臺を運轉することが出来るから、使用水量を夫れだけ能率よく利用し得られる。且軸承は此の場合でも水車發電機1組に對し、僅2個で足りるから、据付作業及運轉開始後の保守が水車1臺のみの場合と同様容易である。

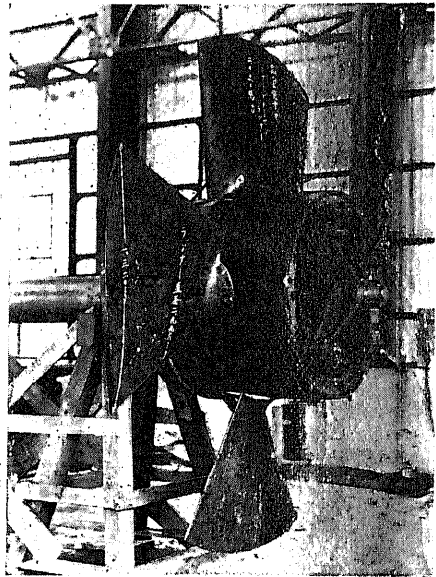
## XII 水 車

### 66 種 類

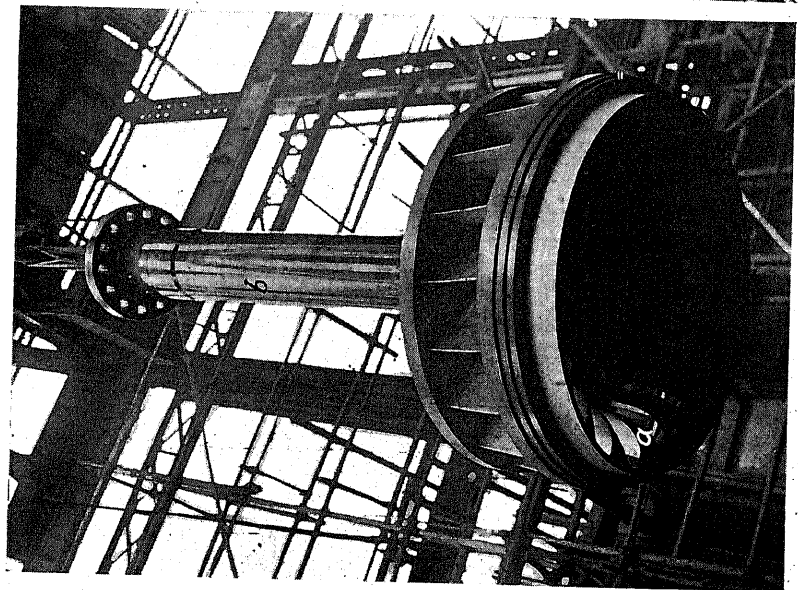
現今水力發電所で使用されて居る代表的水車は主として次の三種である。

(1) **プロペラー水車** 反動水車的一種で、水がランナー(水車の廻轉する部分で、翼、冠板及軸より成る)を通過する方向は水車軸に並行である。其のランナー翼の形が船舶の推進機に似て居るところから、プロペラー水車と呼ばれ、更に考案者の氏名に依り Kaplan, Nagler, Moody, Lawaczeck 型等の名稱がある。

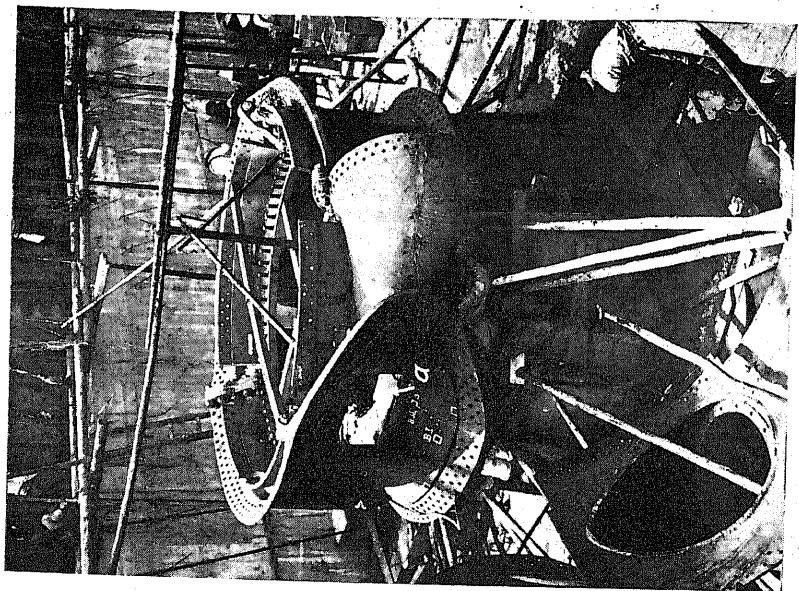
(2) **フランス水車** 之は水の壓力と速度を利用してランナーを廻轉するもので、水はランナーの周邊より内方に放射状に入つて次第に軸方向に轉じてから翼を出る。即ち水はランナーを通過する間に壓力の勢力を次第に運動の勢力に變じ軸を廻轉せしめる。



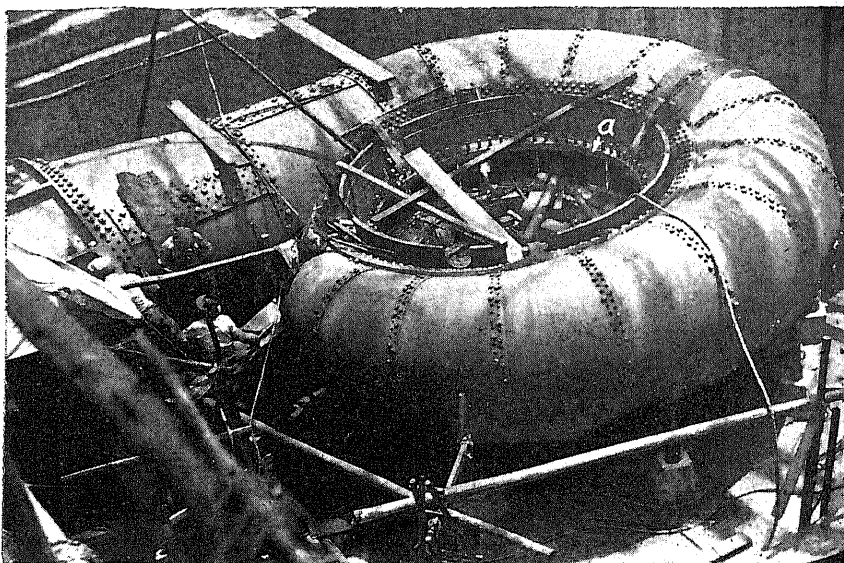
266 圖 東京電燈會社 松留發電所 Kaplan 水車のランナー 軸馬力 2,050 廻轉數 107 r.p.m



267 圖 A 關東水力電氣會社 佐久發電所水車のランナー  
a ランナーベーン b 水車軸



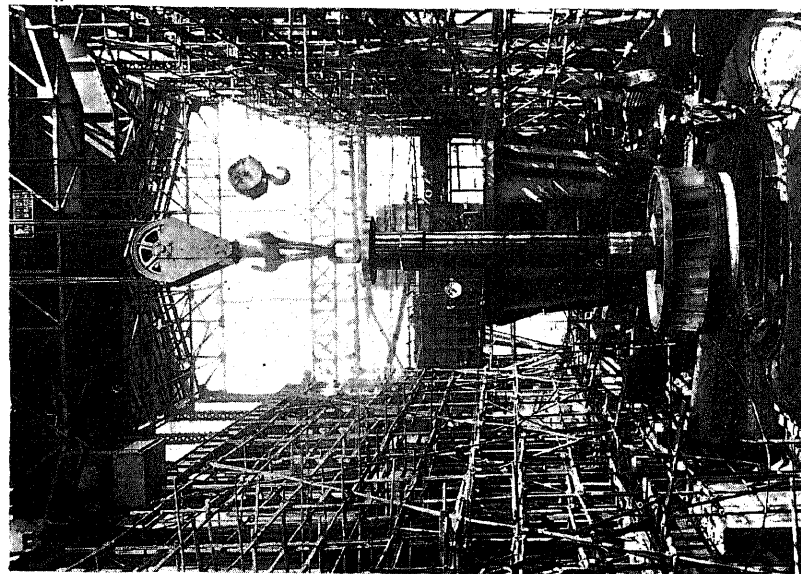
同 B 同 スピードリング  
スピードリング周囲の孔 a の内側にガイドベーンが装置され其の開閉に依つてランナーの供給水量の加減をする



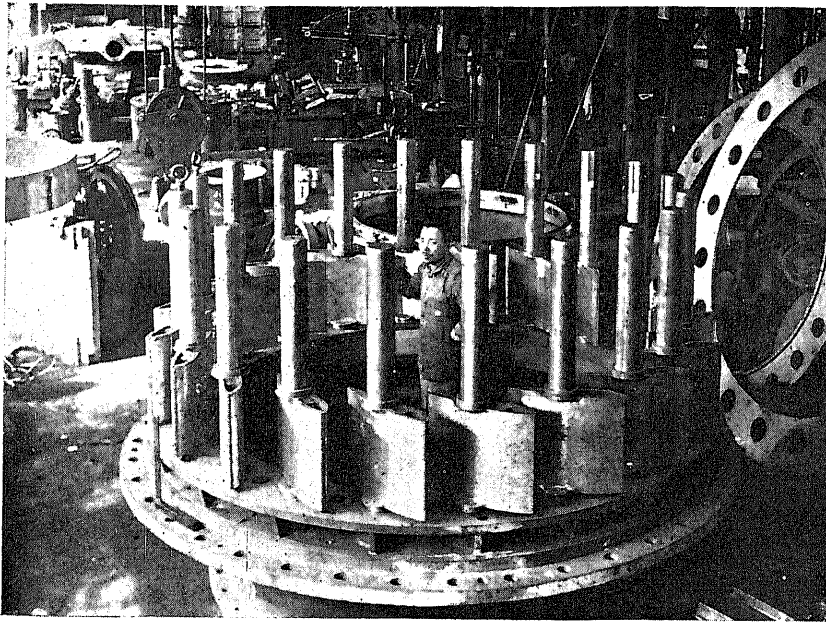
同 C 同 渦巻外函(スピードリング取付工事中)

a スピードリング

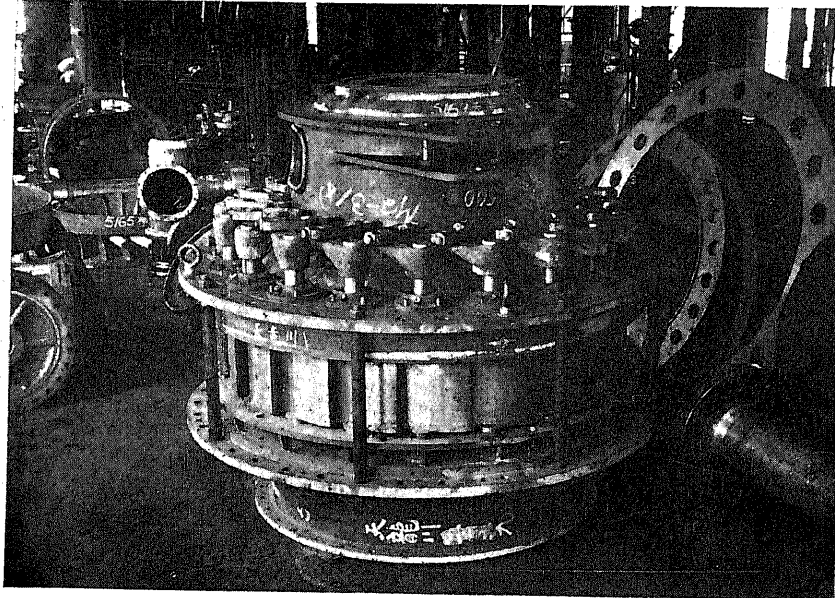
説明 スピードリングの内側にガイドベーンを装置し次にランナーを嵌め込むのである。



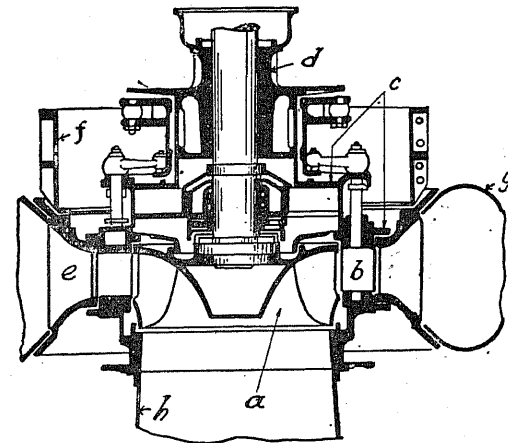
同 D 同 水車ランナー(据付工事中)



268 圖 A ガイドベーン (組立中)



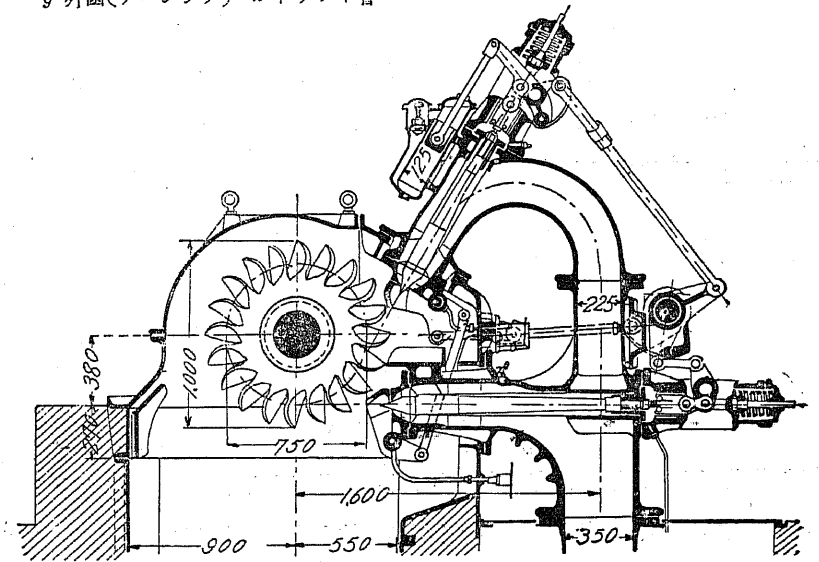
同 B 同 (組立後)



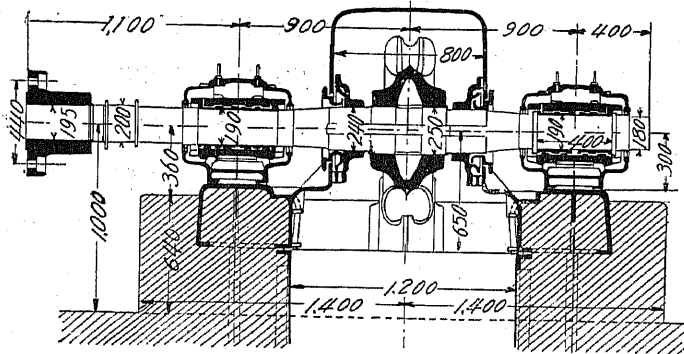
269 圖 堅軸フランシス水車の断面  
 a ランナー b ガイドベーン c 蓋板 d 軸承  
 e スピードリング(ガイドベーンの  
 外側に在り蓋板と外函とを連結しピットライナーを支へる)  
 f ピットライナー(発電機の支持臺となる)  
 g 外函(ケーシング) h ドラフト管

(3) 衝動水車 水の速度のみを利用する水車で、現今實用されて居るのはペルトン水車と稱する種類である。ペルトン水車の主要部分はバケツで之にノズル(射水管)よりの射水を噴き衝けて水車を廻轉せしむるものである。

以上三種の水車に付て言へば、同一落差及同一出力のものでは、ペルトン水車の廻轉數が最も低く、プロペラー水車の廻轉數が最も高く採られ



270 圖 A ペルトン水車・ノズル 2 箇



同 B 同

る。此の結果  
水量に比し落  
差の大なる場  
合には、ペル  
トン水車を用  
ひ、落差が減  
ずるに従つて  
フランシス水

車が適し、更に落差の小なる場合にはプロペラー水車が採用されることになる。

此の水車の特性を表はす方法として水車の特有速度(又は比廻轉數)を以てする。特有速度とは其の水車と相似の型で 1 m の落差の下に 1 馬力を出す様にした場合の廻轉數(最大能率の點に相當する)を云ひ、各種の水車の許し得る特有速度の範圍は次の様になつて居る。

ペルトン水車の特有速度	8.9 ~ 33.4	廻轉 / 分
フランシス水車	53.4 ~ 445.0	"
プロペラー水車	422.8 ~ 934.5	"

特有速度  $N_s$  の算式は

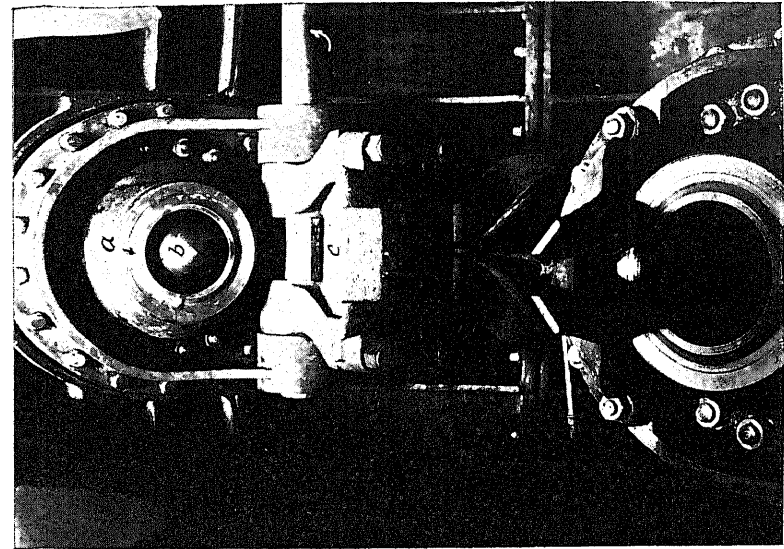
$$N_s = \frac{N}{H} \sqrt{\frac{P}{\sqrt{H}}} = NP^{\frac{1}{2}} H^{-\frac{5}{4}}$$

茲に  $N$  = 水車の毎分の廻轉數

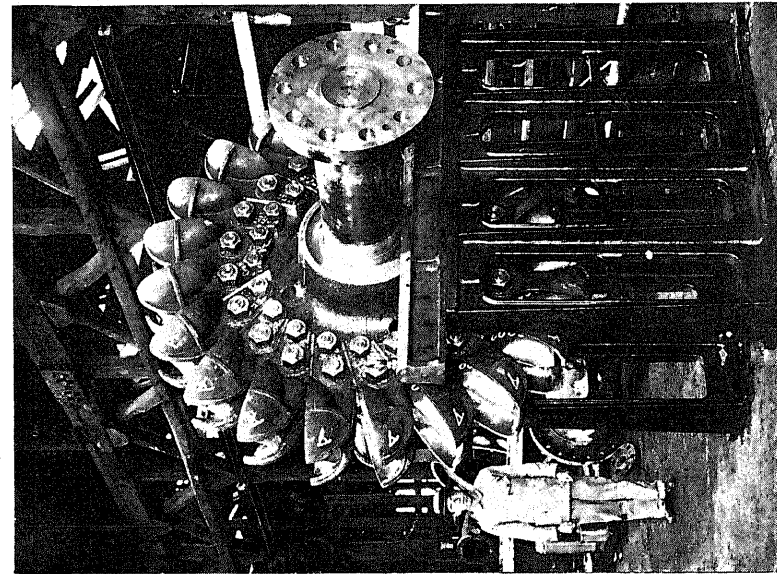
$P$  = 出力 (馬力)

$H$  = 有効落差 (m)

即ち落差が大となれば特有速度を小さく、落差が小となれば反對に大きく採らねばならない。特有速度を餘り大きく採ると放水速度が速過ぎるから、ドラフト管の水柱が途切れ、真空を作つてフンナー翼の腐蝕を招くに至る。



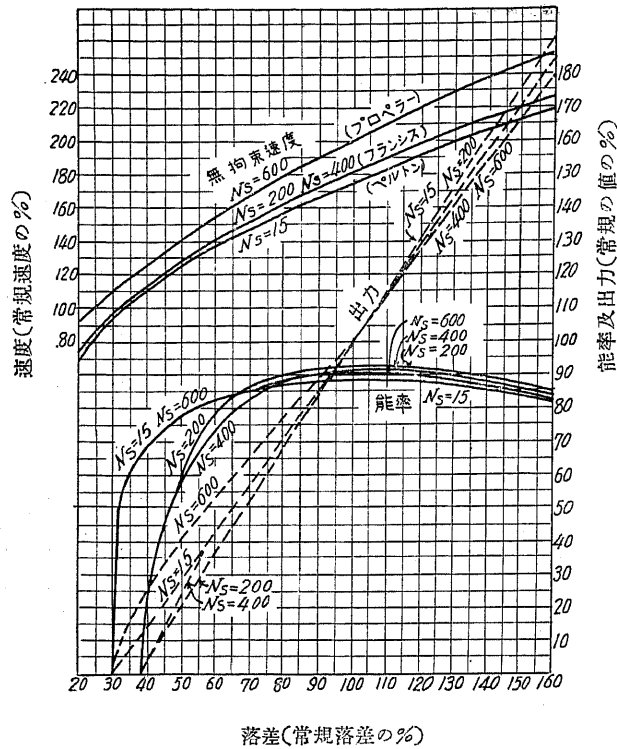
272 圖 ペルトン水車のノズル, ニードルバルブ  
及デフレクター  
a ノズル b ニードルバルブ c デフレクター  
(矢の方向に c が動く射水を遮る)



271 圖 小口川第三發電所ペルトン水車のバケット  
ホイール A バケット







274 圖 落差の變化と最大出力及夫に對する能率との關係。落差の變化と無拘束速度との關係

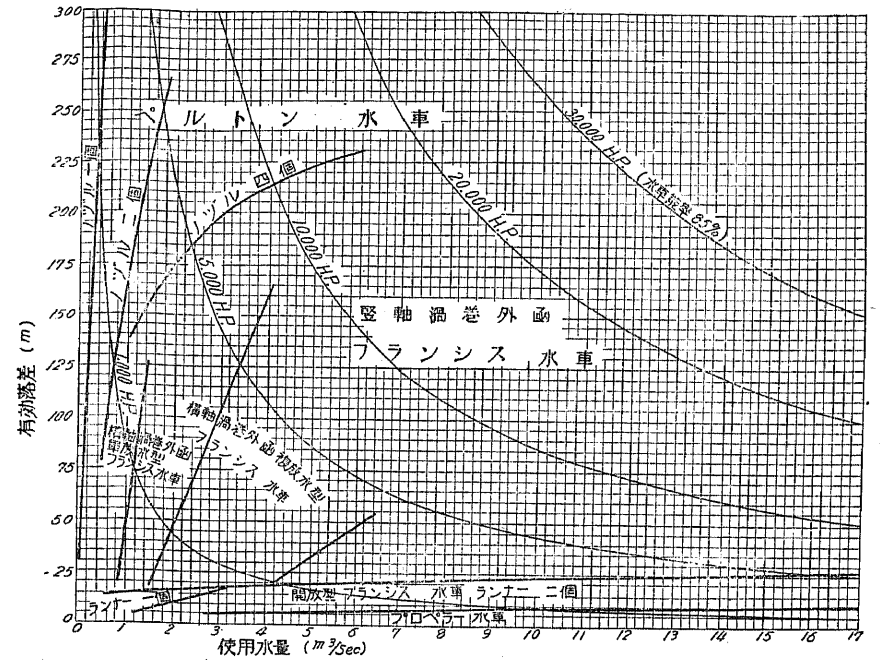
洪水時には放水位が上昇し落差を多大に減損するから發電能率が殆ど皆無になることがある。又中落差發電所で調整池の有る場合、調整池の水深低下に因る落差の減少の爲、水車能率の激減を來たすことがある。斯かる場合は豫め之を考慮して水車の特有速度及臺數を定め、此の缺陷を補足する必要がある。

68 水車軸の豎型及横型

ペルトン水車は横軸型を普通とする。フランス水車では小出力のものは一一般に横軸とする方が水車自身の價格が安いのみならず、之と直結する發電機の價格も亦安いから經濟的である。

大出力のものは豎軸型を普通とする。豎軸型の横軸型に比べて優れる點は a)

圖に示す如くペルトン水車及プロペラー水車は落差の變化に對し能率を良く保ち、計畫落差の40%に降るも尙能率は70%位保つに反しフランス水車では落差の影響甚だしくして計畫落差の40%にもなれば殆ど出力は零となるのみならず廻轉數を保つことも覺束ない。故にフランス水車を使用する低落差發電所では



275 圖 使用水量及有効落差より水車の型式を定むる圖表

能率よく b) 建物の面積少くて済み c) 機械の振動輕微で d) 軸承の問題が簡單であり e) 發電所敷地の掘鑿量を節減し得られ f) 洪水位の高き處でも發電機を夫れ以上に据付けても洪水に因る落差損失を免れ得る等の利點がある。

プロペラー水車ではドラフト管での勢力回收作用が重要であり、又ドラフト管を高く探ることが困難であるから豎軸とすべきである。

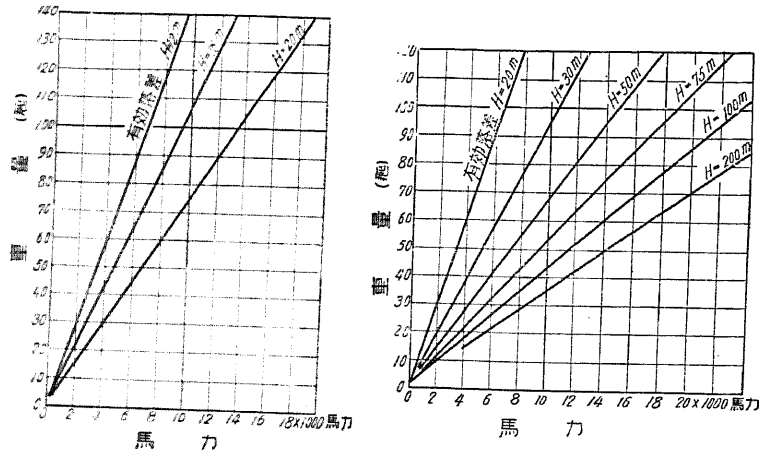
70 ノズル及ランナーの數

ペルトン水車では廻轉數を増加する爲にランナー1箇に對しノズル2箇を附し又はランナーを2箇としノズルを各ランナーに1箇とすることがある。

後者の方は水車價格は大となるが損失水頭を少なくすることが出來、且つ部分負荷に對し兩方のランナーを同時に運轉し若は1箇のみを運轉することに依り部分負荷に對する能率を増進せしめることが出来る。

フランスス水車も廻轉數を増加する目的でランナーを2箇又は2箇以上使用する  
場合があるが、之はドラフト管の能率を悪くする。

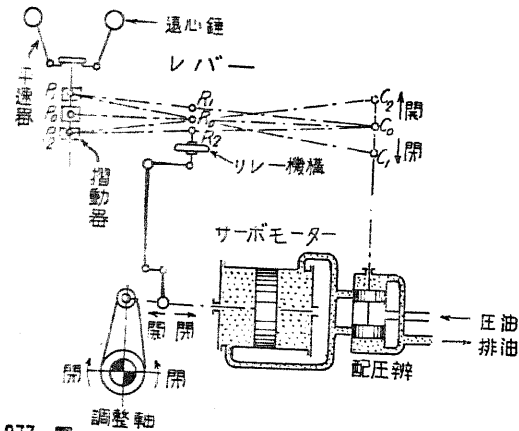
プロペラー水車は勿論ランナー1箇のみに限られて居る。



276 圖 フランスス水車の重量(调速機其他附屬品を含む)

71 调速機

發電機運轉中、負荷の變動に應じて水車への供給水量も増減する必要が起り、



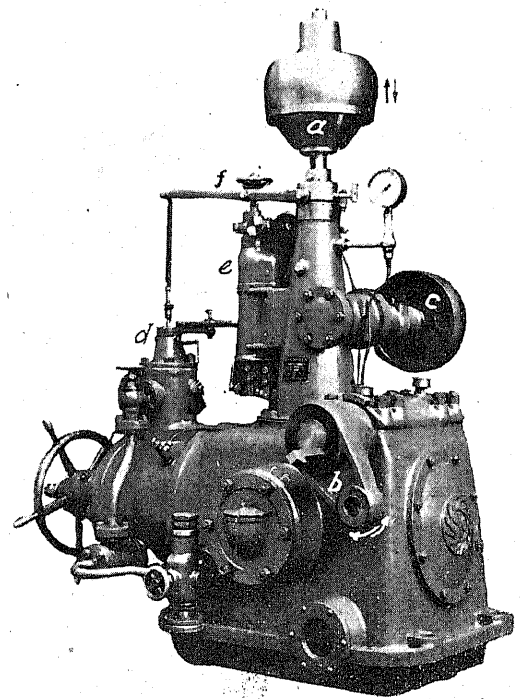
277 圖 調整軸

此の操作を機械的且自動的に爲さしめる装置として调速機が使用される。即ち调速機は負荷の變動に應じてガイドペーン(フランスス水車の場合)又はニードルバルブ(ペルトン水車の場合)を開閉し

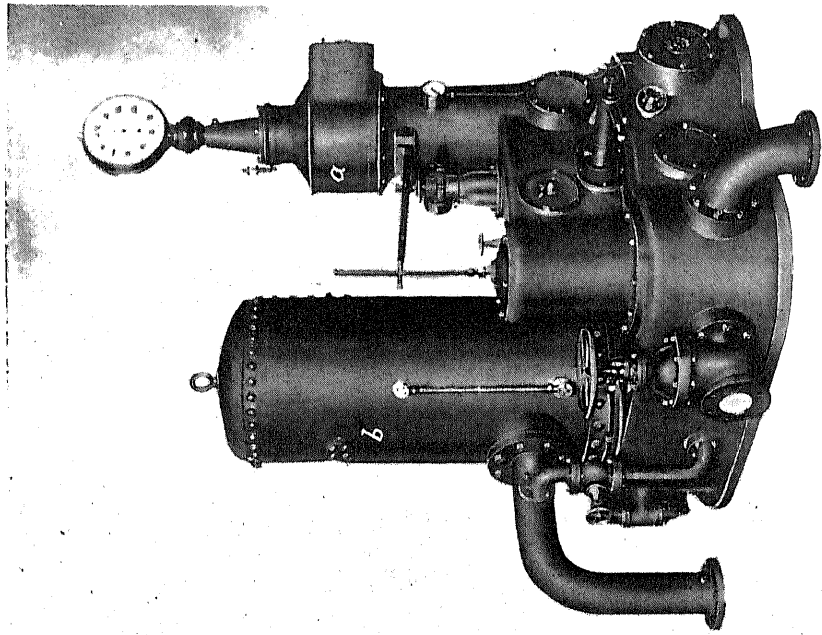
て水壓管よりの給水の加減を爲すのである。

(1) 構造 277 圖の如く平速器(内部に遠心錘及摺動環を有し、水車軸より調帶其の他で遠心錘を廻轉せしめ、錘の上下動に従つて摺動環は上下に動く)の配壓弁、サーボモーター(壓油筒)、リレー機構(復原機構)、及給油装置(油壓ポンプ、空氣室及油槽より成り、油槽中の油を油壓ポンプで空氣室に送り此處に壓力油として貯へて居る)から成つて居る。

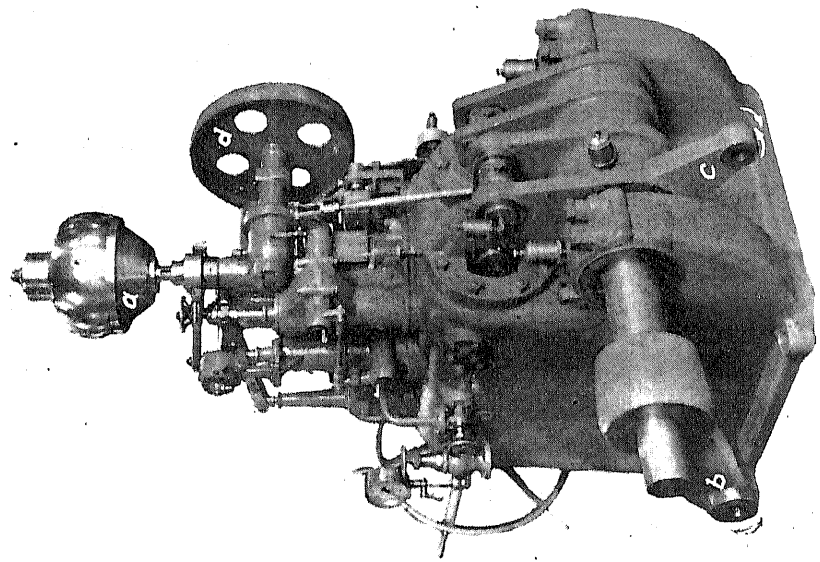
(2) 作用 或る負荷で平靜状態に在る時は、277 圖の水平レバーは  $P_0$ 、 $R_0$ 、 $C_0$  の水平位置を取り配壓弁内のピストンは一定の位置に靜止して居つて油の運行は遮斷されて居る。此の時負荷が急減したとすると、水車の廻轉速度は上昇し、従つて平速器の遠心錘は開いて、摺動環は  $P_1$  の位置に上る。 $R_0$  はリレーで固定されて居るから動かす、従つて配壓弁のピストン軸



278 圖 A 调速機 横軸フランスス水車用  
説明 c はベルトにて水車の軸に連結され其の廻轉に伴ひ廻轉す。c の廻轉に因り a が廻轉し速度の變化により上下する。a の上下に伴ひレバー f が上下し起動弁 d ガツシユポット e の作用に依り油壓にて曲柄 b を動かす。b は接續釘に依りガイドペーンを開閉し、水車への水量を加減する。



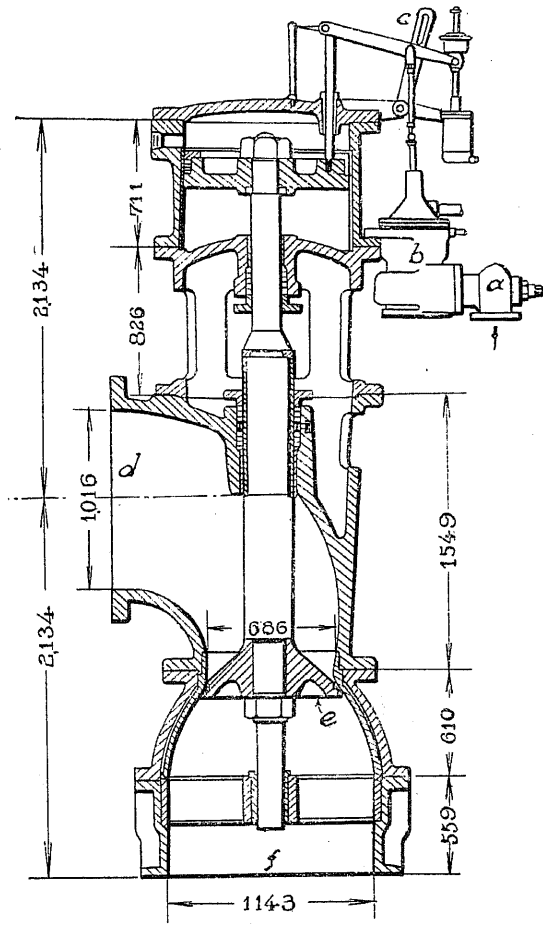
図B 同 堅軸フランシス水車用の  
説明 a の中には278圖Aのaと同様のものがある。油壓槽  
b を備へa の上下に依り壓油をサーボモーターに送つて、  
之に依りガイダイドベーンの開閉を加減せしめる。



図C 同 ベルトン水車用  
説明 a の上下に因りb が動きノゾルのニードルバルブの開度  
を加減する。c は同時にデフレクターの開度を減ずる。

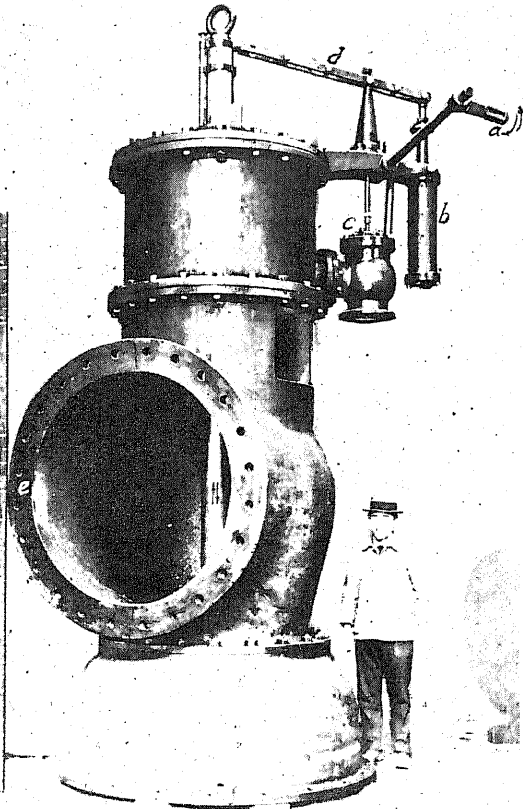
$C_0$  は  $C_1$  に動き、ピストンは下つて壓油はサーボモーターの左側に入り、右側の油は排出されて、其のピストンは右方に移動してランナーへの水量調節装置の開度を減ずる。

廻轉して居る水車は惰性の爲其の速度の遞下は、上記の給水減量働作よりも遅れるから、若し  $R_0$  の位置が動かぬときは給水量を減じ過ぎることゝなり、速度が一旦遞下し過ぎた後調速機は又加速作用を爲し、之を繰り返して行く。此の作用を防ぐ爲にリレー機構が設けてあつて、給水減量働作と共に  $R_0$  は一旦  $R_1$  に上つて、水量調節装置の開度が適當の位置に來れば  $C_1$  を  $C_0$  に戻して配壓弁を遮斷して減水の過大に失することなからしめ、速度が徐々に降つて  $P_1$  が  $P_0$  に戻るときは、 $R_1$  は徐々に  $R_0$  に戻り得る様な仕掛になつて居



279 圖 制壓機の断面  
a 壓力油槽又は水壓管に接続す b 起動弁 c 調速機に連結す d 水壓管又は水車外函に接続す e 緩急弁 f ドラフト管又は放水路に開口。  
説明 調速機の閉扉運動に依り c が左に動くとき起動弁が起動し e を下に押し下げ d の水を f より放水路に排出する。





280 圖 制 壓 機

a 調速機に接続す b ダツシユポット c 起動弁 d レバ水車では其の外函に設けら  
 一 e 水壓管又は水車外函に接続す f 放水路に開口す

れ、普通は調速機に連結せられる。負荷が急減し水車の水扉が急激に閉じた場合調速機の働きに依り制壓機内の弁が同時に開かれて管内の水を排出し、水扉の働作が終つた後又徐々に弁を閉ぢる。斯くして水壓管内の水壓の急増を防ぎ水衝作用を軽減する。

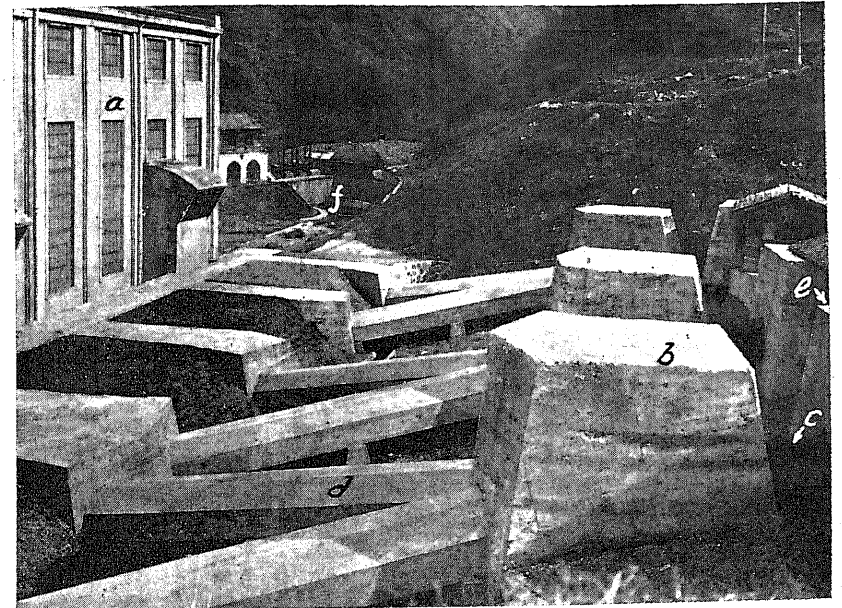
通常此の弁を働かす力として油壓又は水壓管よりの水壓を用ふるが、水壓使用の場合には管内の水には泥、芥等があつて弁を働作せしむる爲の起動弁を塞ぎ其の用を爲さしめなくなる虞があるから、水を濾過する装置を付けなければならぬ。

て、最初と同様の速度で落付くことになる。負荷の増した場合の働作も上記と同様である。

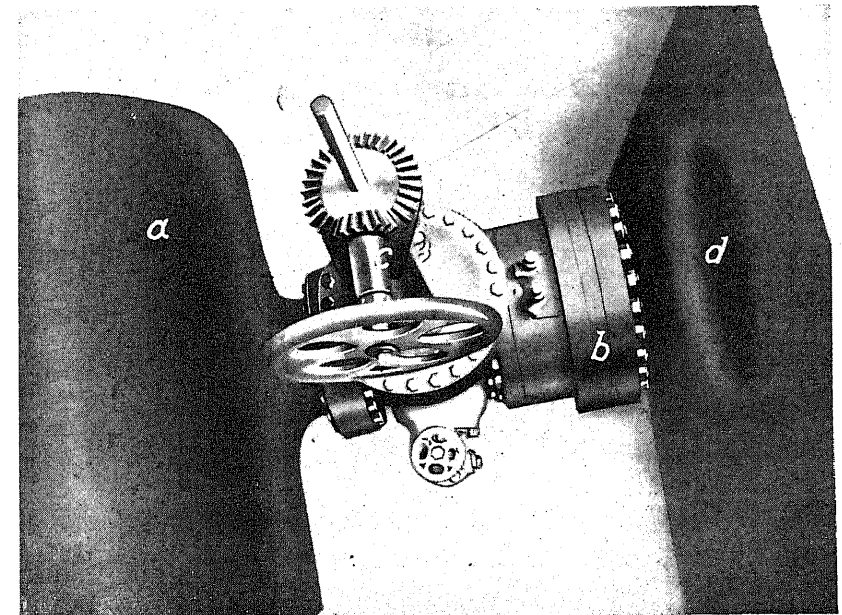
### 72 水壓急増に對する 軽減設備

調速機が働いてガイドベーン又はニードルバルブを急速に閉ぢると水壓管内の壓力が急増して水衝作用を起すから、之を軽減する爲種々の制壓装置が施されるが次に示すのは其の主なるものである。

(1) 制壓機 之は一種の緩急弁(レリーフバルブ)で、水壓管の終端又は反動



281 圖 A 東京電燈會社 中津川第一發電所 水壓管の末端  
 a 發電所 b アンカーブロック c 水壓管 d Y 管 e バースチングプレート設置箇所 f 下流發電所の取水口(本發電所の放水量を併せ引用)



同 B 同 水壓管のバースチングプレート  
 a 水壓管(Kellogg 會社製造熔接鋼管) b バースチングプレート  
 c スルースバルブ d 放水孔

説明 b は血形の鋼鉄で、ある一定の高水壓を受けると破れて水壓管内に起つた壓力の急増を軽減する。b が破れた場合には c のバルブを閉め水車への送水を續け、b を

(2) **デフレクター** ペルトン水車のみ用ひられる装置で、負荷急減の際調速機は先づデフレクターを動かし、之に依つて射水を遮ぎつて其の方向を放水路に轉ぜしめた後、徐々にニードルを動かして射水管を適宜に閉ぢる

(3) **バースチングプレート (Bursting Plate)** 水圧管路の下部適當の所に支管を設け、其の尖端を鋼釵即ちバースチングプレートで塞いだものである。萬一壓力輕減装置の故障其の他の爲に水壓の異常な上昇が起つた場合には、バースチングプレートが先づ破裂して管内の水を放出し管の破裂を防ぐのである。

73 **ドラフト管**

(1) **ドラフト管高** ペルトン水車では普通ドラフト管を使用しない。従つてノズル中心高さより放水面迄の落差は利用されないが、此の水車は一般に高落差に使用されるから、其の損失割合は極めて小さくなる。

而し中、低落差では此の損失は可なりの割合となるから、フランス水車及プロペラー水車では、ドラフト管を使用して水槽水面から放水面迄の落差を利用する様にする 此のドラフト管に依つて利用される落差は水車出口(横軸型水車で水車の中心)より放水面との高で、之をドラフト管高と稱する。

ドラフト管高は之が大き過ぎるとドラフト管頭に真空を生じてランナーの腐蝕や振動を惹起し易く、又小に過ぎると水車据付の位置が低くなつて水車坑の掘鑿費が餘分に要するから、高さの選定は極めて注意を要する。

ドラフト管高は Bernoulli 氏の定理に依り次の式で表はされる。

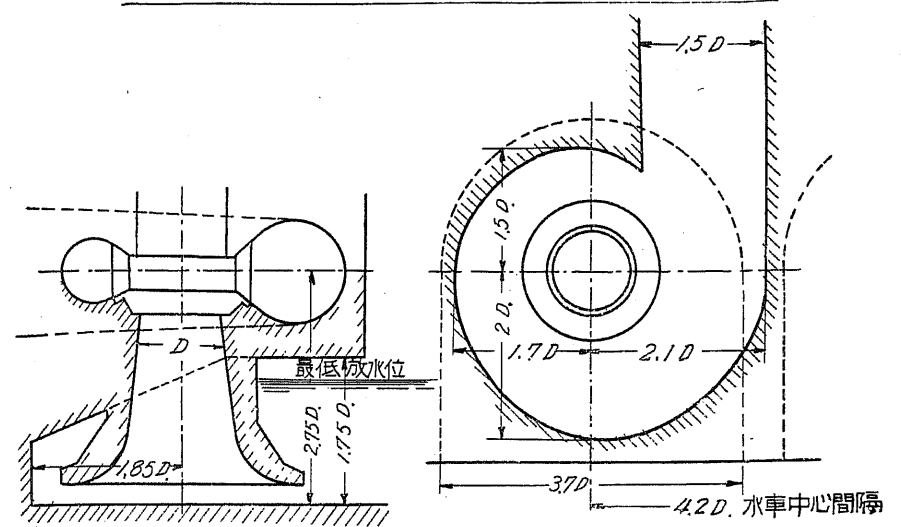
$$h_D = -\frac{P_1}{w} - \frac{V_1^2}{2g} + h_f + \frac{V_2^2}{2g}$$

茲に  $h_D$  = ドラフト管高 (m)  $V_1$  = 水車出口の流速 (m/sec)

$V_2$  = ドラフト管出口の流速 (m/sec)  $h_f$  = 摩擦に因る損失水頭 (m)

$\frac{P_1}{w}$  = 水車出口の壓力水頭 (m)

$\frac{P_1}{w}$  は真空を生ぜざる限度としては、理論上  $-10.35 m$  迄取り得るも、實際に於ては最高  $-7.5 m$  迄に止めなければ危険である。

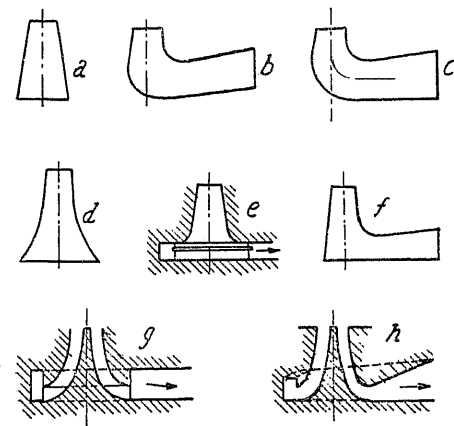


282 圖 ランナーの徑を基としたる水車坑及ドラフト管坑の寸法

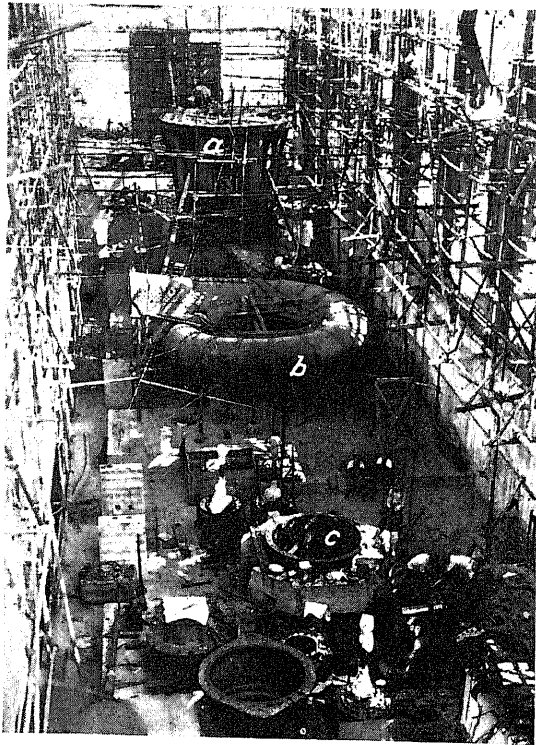
$V_1$  は  $0.4\sqrt{2gH}$  (低落差の場合) ~  $0.15\sqrt{2gH}$  (高落差の場合) で、 $V_2$  は  $0.10\sqrt{2gH}$  (低落差の場合) ~  $0.02\sqrt{2gH}$  (高落差の場合) である。但し  $H$  は落差(m)を表はす。

一般に落差大なる程ドラフト管高は低くするもので、ドラフト管高の實例は、2~6m の範圍である。管の断面は  $V_1$  と  $V_2$  とに依つて定まる。

(2) **ドラフト管の型式** 種々あるが通常知られて居るのは a) 喇叭型



283 圖 ドラフト管型  
a 直管型 b 曲管型 c Voith 型  
d Prasil 型 e White 型 f Kaplan 型  
g, h Moody 型(ハイドロコーン型)

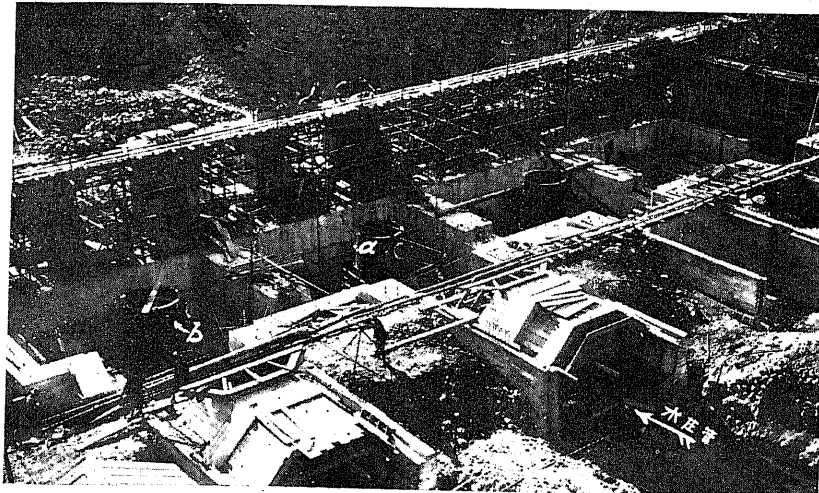


284 圖 A

關東水力電気會社  
佐久發電所渦卷外  
函及發電機臺  
a 發電機臺 b 外  
函 c ドラフト管  
(呑口)

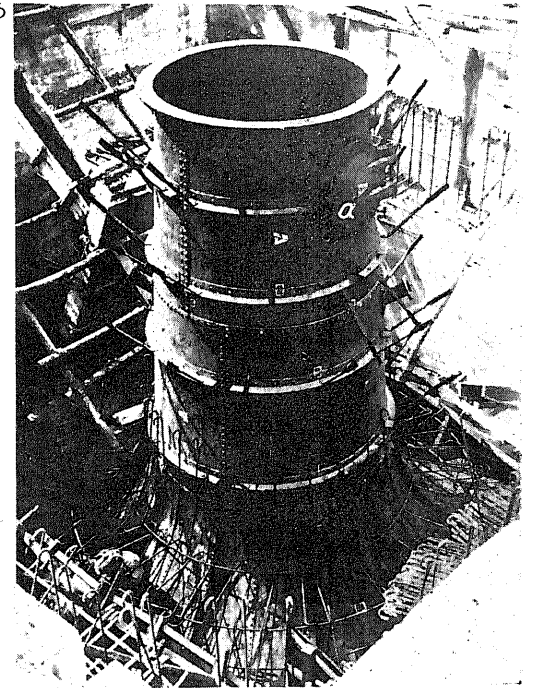
同 B 同ドラフト管 (据  
付工事中)  
a ドラフト管 b 人孔

↓



曲管型)のハイドロコーン型である。ハイドロコーン型は喇叭型の改良せられたもので、短い管長で勢力の回収作用を完全にす様考案された特許品である。

ドラフト管及水車坑を一體の堅牢なる混凝土造りとする場合の外、何れの型式でも鋼製のドラフト管を使用する場合には、運轉中に起る負荷の急變又は急に運轉を開始し若は水車の廻轉數を變ずる際に常に管内壓力の激變を生じ、管は非常なる振動を受けるから其の据付は充分堅固ならしめる必要がある。



同 C 同ドラフト管 a 人孔

又管内は真空に近い状態に在るから、管は最大氣壓の外力に充分抵抗し得る程度の厚いものを使用するか、若は補剛材を以て豫め補強して置くことが望ましい。

### XIII 放水路

#### 74 放水路

放水路とはドラフト管から出た水を原河川に放流する水路を云ふので、ベルトン水車では普通ドラフト管を使用しない(特に之を設備せんとすれば真空ポンプを附設しノズルよりの射水に對する空氣の背壓を零にするのであるが實際斯の如きものを設備した例は我國にはない)から、此の場合はバケツトから放出される水を何等邪魔を受けずに放水路に落ちる様にすれば宜しいので、洪水時に於ける