

# 第八章 水路

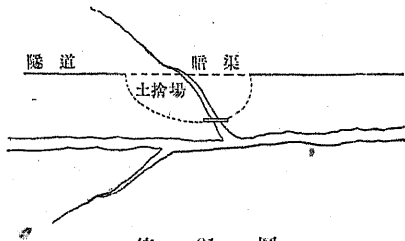
## 1. 水路の種類

水路には隧道, 開渠, 暗渠, 樋, 管等を通常使用するが何れの場合にも水量の損失無き様水密を保たしめ且又内面を滑らかにして落差の損失無き様せねばならぬ. 灌漑用水に見らる如き掘放しのは水力には見られない.

隧道は水力の水路として最普通のものである. これは水路が概ね山地に於て設けられるが主なる原因であるが, 隧道が水路として最安全のもので將來の維持費も少なく且土砂, 塵埃等の流入する事が少ないからである. 然し工費は開渠よりも普通大である. 平坦地に於ては一般に開渠を用ゐる方が工費安く利益となる.

**暗渠**は開渠が相等深くなつた時或は又隧道が澤の下を通過する時(第61圖)

の如き所謂かぶりの小なる時に用ゐるものである. 澤の附近は通常地質が悪いため偏壓を受けるから鐵筋を

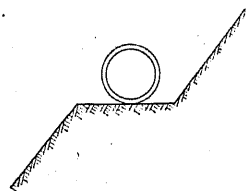


第 61 圖

充分に入れて堅固なるものとする必要がある。

樋には木樋、鐵樋、鐵筋コンクリート樋等があるが木樋は將來修繕の容易な小發電所水路又は一時的の假水路に用ゐる。堪用年限は十ヶ年位である。鐵筋コンクリート樋は水路橋として用ゐるのが普通である。

管は鐵、鐵筋コンクリート等であるが小なる發電所にては工費の低廉なる點より管を用ゐる事が多い、然し相當大



第 62 圖

なる水路に於ては水路橋、サイフォン等の場合位に限られる。大なる水路に管を用ゐたる場合は概して失敗した例が多い。即管は第

62 圖に示す如く地表に設

けられるから地面の移動、土石の轉落に依つて破壊し又は龜裂を生じ漏水を生じ基礎地盤を弛めるが如き事を生ずる。關東の震災に於ては斯かる水路若は山の中腹に設けられた水路は慘憺たる被害があつた。右の故に水路管は初めの工事費は低廉であるが將來の維持費は大である事を豫め覺悟する必要がある。

管に限らず隧道、開渠に於ても水路の漏水が地盤の移動を引起し水路全體の破壊を引起す例が多いから充分に注意する必要がある。

## 2. 水路の位置の選定

取水口及發電所の位置は大體上下流に在る發電所の位置で定まる。水路は第1圖の如く大體河川に沿うて設けるのであるが、大きな支流があつて渡るのが困難な個所が水路の行き止まりで水槽の位置となる。

水路を河の右岸とするや左岸とするや沈砂地や水槽の位置によりても定まる、尙地質も豫め充分注意するを要する。殊に古生層の地方では山崩れや地滑りの虞れが多い。概ね急峻な山は地質堅固であるが山全體がなだらかな丸味を爲すものの如きに反つて移動するのを見受ける。

第 61 圖の如く通常澤の個所が隧道の横坑となる所で其の場所が土捨場となる。土砂は河川中に投棄する事を許されぬから隧道掘鑿に依つて生じた土砂は全部を崩れ落ちぬ様相當の勾配となし必要に依り石垣を設け豫め計畫を立ておかなければならぬ。場合に依つては土捨場の爲めに澤に堰堤を設ける様な事もある。

一本の隧道の長さが大なる程掘鑿に困難を感じ土捨場も困難となり且工期が長くなる。通常水路式發電地點の工期間は最長の隧道の工期に依り定まり、堰堤式發電所に於ては堰堤の工期により定まる。

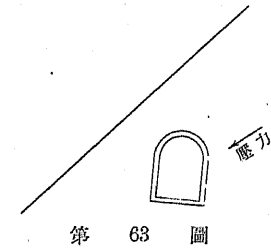
上記の如く隧道は出来る丈短かくして多くの横坑(場合によつては縦坑)を設け得る様位置を選定するが良い。然

しそれが爲め第 63 圖の如く餘り地表より淺くなると岩盤の軟弱なる場合は偏壓を受け破壊し易く其の實例を多く見

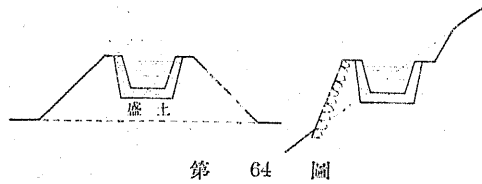
受ける所である。

開渠は第 64 圖の如く盛土の上に設け又は急斜面に設ける事は避けなければならない。道路の如きと異なり水路は漏水が害を惹起するからである。尙又斯

かる構造は地震其の他の被害を受け易く停電



第 63 圖



第 64 圖

の因を爲す事が多い。水路には斯かる部分の出来ざる様中心線の選定が必要であつて止むを得ざる場合は水路橋とするがよい。

### 3. 水路の勾配

水路の勾配は  $1/1000 \sim 1/1500$  を普通とする。勾配を緩にすれば有効落差に於て利益があるが水路の断面が大きくなり工費が増大する。故にこれが爲めに利する出力と工事費の増大に依る資本費の増大とを對比して電力の採算を行ひ適當なる勾配の研究が爲し得るわけである。通常河の上

流部に在る水力で有効落差が大きく使用水量が小なる水力に對しては急勾配が用ゐられ、 $1/600$  位の例がある。之に反して下流部低落差で水量の大なる水力は水路が多く開渠で掘鑿も割合に樂であるの理由も伴つて勾配が緩で  $1/3000$  位の例を見る。

尙水路の勾配を定むる要點として勾配を餘りに緩とする時は水草類を生じ水流を阻害するに至るから少なくとも毎秒 1 米以下に下らざる様取るべきである。一方勾配を急に於て流速毎秒 5 米以上に達すると水路壁の摩擦が大となり水路の壽命が小となるから、之等の考慮よりして流速は毎秒 2 米附近を取るのが最普通である。

水壓隧道は上下流の水位差で水が流れ、隧道としては勾配不要のわけであるが修繕其の場合の水切りのためにやはり適當の勾配を付けておくのが普通である。

### 4. 水路の断面

第 65 圖は隧道の種々の断面の形を表はしたものである。

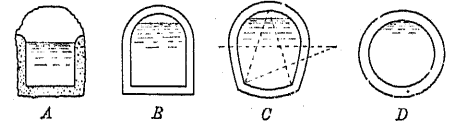
A は小なる隧道

に於て岩盤堅固

なる場合に見る

實例であるが岩

盤が剝落し易いから成る可く避けるを可とする。

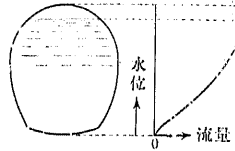


第 65 圖

小水量を利用する水力では隧道はそれに従つて小なる斷

面が良いのであるが幅1米高さ1.5米以下となると掘鑿が殆不可能となる。水路の長さに応じ導坑として掘鑿に最効率の良い断面を選ぶべきである。此の餘分の空間は長き水路に於ては相當の容量となつて水の調整作用に効果あらしめる事が出来る。

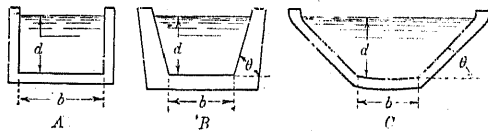
*C* は通常の隧道断面である。第66圖に示す如く水深が種々に變化する場合の流量を計算すると水位が頂上より幾分低き時に最大流量を示すから圖の如く幾分上に空間がある様水位を取る。



第 66 圖

水路に流木、筏、舟等を通ずる時は勿論必要に應じて相當の空間を保たしめなければならない。*D* は水壓隧道の断面を示す。

開渠の断面は第67圖に示す如くである。*A* は木植水路橋の如き場合で *B, C* は側壁の構造並に地質によつて適當な



第 67 圖

側壁法面  
勾配を取  
つたもの  
である。

何れの場合も水面上の餘裕を出来る丈大きくして不慮の場合水位が高まり溢水するが如き事無き様にすべきである。

理論的に云へば開渠の断面は或所定の流量を通ずるに斷

面が最小の場合が掘鑿も少なく經濟的なわけである。潤邊 (wetted perimeter) の最小なる断面が即此の場合であるが此の條件の下に計算すると第67圖 *A* の場合は

$$b = 2d \dots\dots\dots(26)$$

である *B* 及 *C* の場合には

$$d = \sqrt{\frac{A \sin \theta}{2 - \cos \theta}}, \quad b = 2d \tan \frac{\theta}{2}, \quad R = \frac{d}{2} \dots\dots(27)$$

上式中 *A* = 流水斷面積 *R* = 潤邊

今或與へられたる勾配に於て與へられたる流量 *Q* を通ずる開渠を設計する場合に於ける本式使用方法を説明せん。先づ水路勾配より大體の推察にて平均流速 *V'* を推定する。然らば

$$A' = Q \div V'$$

によりそれに必要なる断面を計算する。次に  $\theta$  は地質又は採用せんとする側壁の構造より適當なるものを決定し (27) 式より *d', b', R'* の價を夫々計算する。次に此の *R'* により流量算出の公式 (28) を用ゐて流速を計算してこれを *V''* とする、これが初めの *V'* と偶然一致すれば計算は完結するのであるが勿論通常一致せぬから再び *V''* より *R''* を求め、更に *V'''* を求め兩三回にして殆一致するに至つて止むのである。最後の *d, b* が求むる水路断面に對する價である。

流量の計算には通常 Kutter の公式を用ゐる。

$$Q = AV$$

$$V = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right)^{\frac{n}{\sqrt{R}}}} \sqrt{RS} \dots \dots \dots (28)$$

Q = 流量立方米毎秒    A = 流水斷面積平方米  
 V = 平均流速米毎秒    S = 水面勾配例へば  $\frac{1}{1000}$   
 R = 潤邊 (Wetted perimeter) 米    n = 粗面係數

米人 Horton は n に關し次表を與へて居る。

n の 價

流 路 の 種 類	完 全	良 好	適 度	悪
滑らかな土管	0.010	0.013	0.015	0.017
滑らかな煉瓦面	0.011	0.012	0.013	0.015
モルタル積煉瓦面	0.012	0.013	0.015	0.017
純セメント面	0.010	0.011	0.012	0.013
セメントモルタル面	0.011	0.012	0.013	0.015
木 材				
鉋 削 り	0.010	0.012	0.013	0.014
荒 削 り	0.011	0.013	0.014	0.015
コンクリート巻水路	0.012	0.014	0.016	0.018
野 面 (練 積)	0.017	0.020	0.025	0.030
野 面 (空 積)	0.025	0.030	0.033	0.035
切石仕上	0.013	0.014	0.015	0.017
半圓鋼渠				
滑 凹	0.011	0.012	0.013	0.015
凹 凸	0.0225	0.025	0.0275	0.030
溝渠運河				
土, 直線, 均等	0.017	0.020	0.0225	0.025
岩滑, 均等	0.025	0.030	0.033	0.035
岩層あり	0.0225	0.025	0.0275	0.030
浚渫せる運河	0.025	0.0275	0.030	0.033
岩層, 雑草の悪状態	0.025	0.030	0.035	0.040

水路の壁面は滑らかなコンクリート仕上げ又はモルタル塗りとする。従つて Kutter 公式の n の價は新らしき時は 0.011 位に相當する。然し相當古くなるのを見込んで 0.013 位とするのが適當と考へられる。尙又水路には多年使用する中に小石が流れ込み永久に取り去る事が不可能なる場合が多く、或は壁面に蟲が附着する事もあるから結局 n の價は 0.015 と取り計算しておくのを安全とする。

水路に發生する蟲は俗稱川蟲又はトビゲラと稱するもので其の幼蟲は囊蟲狀に巢を營み隧道面に附着する。これは開渠には少なく隧道でも入口より相當の深所に附着する。この豫防には適當の方法がなく停電日に竹箒の如きを以つて拂ひ落して居る。隧道の壁面が極めて滑らかなる時は附着も少ない様であるから此の意味に於て壁面をモルタル塗りとする必要があらう。此の蟲が著しく附着した時は n の價は 0.017 位となり發電所出力を減退せしむる虞れがある。

水路の經濟を算式を以つて論ずる場合は一般に指數公式  $V = CR^a S^b$  の形を用ゐると便利である。指數公式としては種々のものがあるが其の一つとして Williams and Hazen 公式は

$$V = 1.486 CR^{0.63} S^{0.54} \dots \dots \dots (29)$$

C は粗面係數で

銚綴鐵管	97~142
木管	113~129
モルタル塗水路	118~145
鈎を加へざる板張	113~120
土の運河	33~71

### 5. 水路の構造

隧道の掘鑿に就ては通常の鐵道、道路のものと變りは無  
い。但し水路隧道に於ては水密に特に注意する必要がある。  
裏込めも特に注意して施工し水壓の爲め側壁に龜裂を生  
ぜざる様注意が必要である。安全なるが爲めには裏込工  
は全部コンクリートと爲す方がよい。

水壓隧道は壓力小なる時は掘鑿の便宜上第 65 圖 C の  
形に爲すが然しその爲め失敗せる實例が可なり多い。故に  
10 米以上の壓力となる時は D の形となすべきである。岩  
盤が相當堅固なる場合は充分なモルタル注入を爲せば殆ど  
鐵筋を用ゐざるもよい。然し壓力の半分は鐵筋で、半分は岩  
盤で保たしむる様計算する場合が多い様である。兎に角壓  
力隧道は之迄可なり失敗の實例が多いから充分施工に注意  
する事が必要である。

水路隧道は鐵道、道路の如き場合と異なり片勾配とせざ  
るを得ぬから、上流方面は排水が可なり困難となる。隧道  
が長き程排水渠は深くなるから場合によつてはポンプを用  
ゐる必要もある。排水は其の儘横坑より抜き去るのが普通

であるが、相當量が多ければ水路内に取り込む策を講ずる  
のが得策である。これが爲めには stop valve を用ゐる、水路  
からは外部に水の出ぬ様にした例もある。

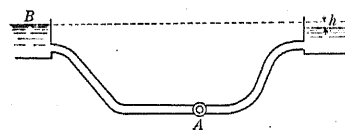
水路附近の溪流其の水は出来る丈水路内に取り込み  
利用する事が有利である。通常極めて費用は少なく効果は  
大である。

開渠を設ける箇所は多く基礎が土壤であるから沈下し又  
は側壓にて龜裂を生じ漏水せぬ様注意が必要である。尙掘  
鑿當時の地盤の水脈よりの水の噴出も充分注意して處理し  
ておかぬと他日害をなす虞れがある。

築堤上に開渠を設ける事は避くべきである。築堤は長き  
月日に互つて必ず多少沈下するからである。斯かる必要あ  
る時は水路陸橋とした方がよい。

水路橋が相當長く且谷の浅い時は逆サイフォンとする方が  
有利なる場合がある。

逆サイフォンは底部  
に土砂が堆積する場  
合もあり、且水を排除し  
得る事も必要であるか



第 68 圖

ら A の場所に瓣を設ける。尙サイフンの閉塞する場合  
も考慮し、B に溢水路を設けた場合もある。h は損失水頭  
を示す。

水路隧道には適當の所にマンホールを設けて監視に便ならしめ其の他水路に沿うて小道を設け監査に便ならしめ常に水路を監視し得る様に爲す事が必要である。水路の破壊の爲めに人畜を押し流した例もある。