

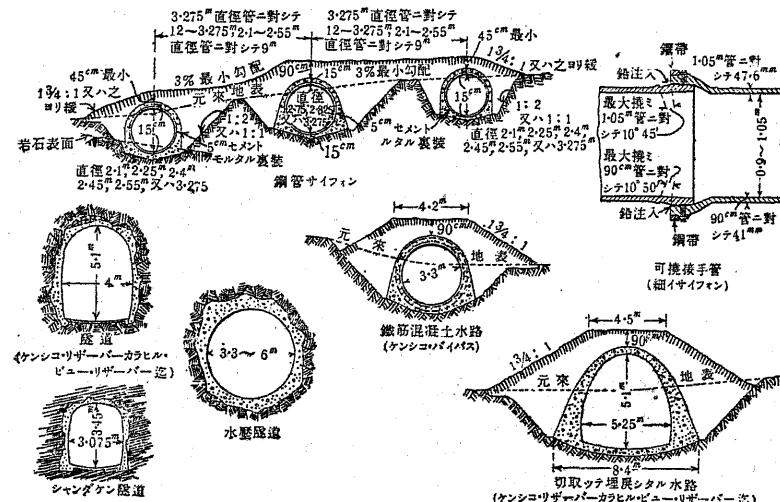
第二十九章 送水

(150) 概論 配水方式マデ水源カラ水ヲ送ルニ必要ナル送水設備ハ多クノ上水道工事方式ノ中ノ一ノ大切ナル部分デアル。水源ガ市カラ或距離ノ所ニ在ルナラバ、水ガ用ヒラレル場所マデ水ヲ運ブ構造物ヲ造ラネバナラヌ。無蓋水路及ビ隧道等が此目的ニ對シテ用ヒラレル普通ノ構造物デアル。開渠ガ若干ノ場合ニ於テ用ヒラレルガ、之ハ一般ニ公共水道用水ヲ運ブ満足ナル方法ト考ヘラレナイノハ水ガ汚濁セラレル可能性ガアルカラデアル。水ガ開渠ヲ流レタル後ニ、其水ニ對スル天然又ハ人工的淨化法ガ行ハレル場合ハ開渠デアツテモ差支ヘナリ理デアル。水源ガ高所ニ在ル場合ニハ水ハ重力ニ依ツテ流來スル。給水路又ハ給水管ノ流入口市トノ間ノ高サノ差ハ用ヒラレルベキ水路ノ型式及ビ大イサヲ決定スル上ニ於テ相當ニ大切ナル事項デアル。

高水頭ヲ利用シ得ル場合ニハ、上水道用水路ニ沿ヒテ發電水力ヲ開發シ得ルコトガ屢デアル。此電力ヲ賣却シテ得ラレル收益ハ上水道工事ノ工費ヲ補償シテ經濟的ニ上水道工事ヲ施行セシメルコトガ屢デアル。米國さんふらんしすこ市ニ對スルヘつち・ヘつちー (Hetch Hetchy) 水道及ビすぶりんぐふいーるど水道ニ對スルこつぶる・まうんてーん (Cobble Mountain) 開發等ハ上水道計畫ト共ニ電力ヲ利用シタル例デアル。

(151) 水路ノ型式 水路ハ普通ニ現場ニ於テ構築セラレルモノデ、有蓋、無蓋ノモノガアリ又ハ切取土ニテ造ラレタルモノ、盛土ニテ造ラレタルモノ、隧道型ノモノ等ガアル。動水勾配ニ從フ水路ニ對シテハ馬蹄形横斷面ガ最モ満足ナルモノデアルノハ之ハ良好ナル水理性質ヲ有シ、土荷重ヲ支持スルニ充分ニ適當シ、又構造容易デアツテ、經濟的デアルカラデアル。斯ケ

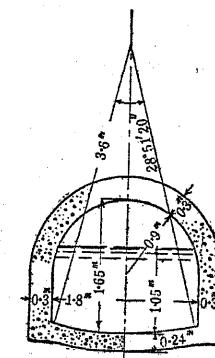
ノ如キ横断面形ハ、盛土上ニ設ケラレル時ノ底部ノ仰拱 (Invert) ヲ除イテハ、鐵筋ヲ有セザルこんくりーとカラ造ラレル。水路ノ中、壓力部分ハ動水勾配線以下ニ在ツテ、從ツテ水壓ヲ有シテ水ヲ流ス部分デアル。此條件ハ異ナレル形狀ノ横断面形ヲ必要トル。壓力部分ニ對シテハ圓形斷面ガ最モ適



第 162 圖 かつとすきる水路ノ標準型式、紐育市水道

當スル。岩盤隧道ヲ除イテハ圓形こんくりーと斷面中ニハ鐵筋が必要デアル。第 162 圖ハ紐育市上水道方式ノかつとすきる (Catskill) 水路ニ用ヒラレテ居ル横断面ノ標準型式ヲ示ス。

(152) 水路ノ容量 水路ノ容量ハ需要水量及び配水方式ニ於テ利用シ得ル豫備貯水量ニ關係スルモノデアル。水路ハ永久的構造物デアルカラ、管線ニ對シテ習慣的デアルヨリモ將來一層長期間ニ對シテ充分ニ役立ツ様ニ之ヲ設計スルヲ宜シトスル。管線ハ、或ル將來ノ時ニ於テ、附加容量ヲ與ヘルタメ



第 163 圖
名古屋市水道送水隧道

ニ一層容易ニ經濟的ニ之ヲ二重ニ敷設スルコトが出來ル。かつとすきる水路ハ1日ニツキ 1,900,000 立方米ノ公稱容量ヲ有スルガ、之ハ非常ナル需要水量ニ備ヘルタメニ1日ニツキ 2,291,400 立方米ニ對シテ設計セラレタモノデアル。一年中ノ需要水量ノ變化ニ備ヘルタメニ市ノ近邊ニ充分ナル豫備貯水量ガ有ルナラバ、水路ノ容量ハ設計人口ニ對スル平均消費水量ノ割合トシテ採ルコトヲ得ル。長イ大ナル水路中ノ流量ノ調節ハ困難ナル事項デアル、而シテ此理由ニ依ツテ、カナリ一定ノ流量ヲ維持スルコトガ望マシモノデアル。

(153) 水路ノ位置 水路ノ位置ハ鐵道ノ位置ニ甚ダ類似スル。提案セラレタル水路ガ設置セラレントスル土地ノ地形圖ガ得ラレルナラバ此地圖上ニ假定位置ヲ定メル。最後ノ位置ハ、一般的水路線上ニテ注意深イ實地測量ヲ行ヒ、地質狀態ヲ研究シタル後ニノミ、決定スルコトヲ得ルモノデアル。水路ノ勾配ハ動水勾配ニ依ツテ決定セラレ、動水勾配ハ横斷面ノ水力要素及ビ所要容量ニ關係スルモノデアル。標準かつとすきる水路断面(切取りデ覆蓋ヲ有スル水路、第162圖)ニ對シテハ $S = 0.00021$ 又ハ $1.1/5,280$ デアル。最大容量ハ水深ガ水路ノ深サヨリモ僅少ナル時ニ到達セラレル。

水路線ノ最後ノ位置選定ハ經驗ト良好ナル判断トヲ必要トスル事項デアル。隧道部ノ工費ハ、同高線ニ從フ一層長イ切取有蓋部ノ工費、溪谷ヲ横過スル壓力部分又ハ橋梁ノ工費、線長ヲ短縮スルタメノ盛土部ノ工費等ニ對シテ注意シテ比較研究セラレネバナラヌ。經驗ノ示ス所ニ依レバ水路ニ銳イ曲線ヲ用ヒルモ障害ハナク、其半徑ハ稍水路ノ大イサニ關係スル。30~60 米ノ半径ヲ持ツ曲線ヲ大水路ニ用ヒルコトガ出來ル。

(154) 水路附帶設備 水路ノ適當ナル操作ニ對シテ必要ナル種々ノ附帶設備ハ次ノ如クデアル。

(1) 浮漂物質及ビ魚類ヲ遮止スルタメノ流入口ニ於ケル塵除(Screen), 10~15 極間隔ノ金屬釘又ハ木桿カラ成レル粗目塵除ガ流入口カラ調節室へ續ク入口ニ設ケラルベキデアル。1 吋ニツイテ 4~6 網眼ヲ持ツ亞鉛引鐵錠又

ハ銅錠ノ一對ノ塵除ガ水路流入口ヲ保護スルタメニ調節室中ニ置カレネバナラヌ。是等ノ塵除ハ、其一ヲ掃除ノタメニ揚ゲテ居ル間ニ他ヲ使用シ得ル様ニ、配置セラレネバナラヌ。

(2) 遮水板(Stop plank)ハ特別ニ設計シタル室中ノ鉛直溝孔中ニ適合スルモノデアツテ水流ヲ遮止スルタメニ用ヒラレル。深サガ大デアルカ又ハ大開孔面積ニ對シテハ鋼鐵遮斷板ガ木板ヨリモ一層満足スペキモノデアル。青銅轉子ガ摩擦ヲ減少スルタメニ時々用ヒラレル。調節室中ニハ適當ナル昇降裝置ヲ備ヘテ置ク。水路ニ沿ヒテ適當ナル間隔ニ遮斷室ヲ設ケネバナラヌ。

(3) 餘水路ハ、水壓ノ無イ水路ノ諸所ニ、設ケラレネバナラヌ。其目的トスル所ハ調節室ノ不適當ナル操作ニ依ツテ非常ナル壓力下ニ水路ガ置カレルコトヲ防止スルコトデアル。餘水路頂部ハ水路ノ頂部以上數呢ノ所ニ在ルノガ普通デアツテ之ヲ越エテ流水ハ適當ニ造ラレタル水路中ニ流去セラレル。

(4) 排水瓣ガ凡テノ調節室又ハ他ノ室中ニ備ヘラレネバナラヌ。栓瓣ガ此目的ニ對シテ一般ニ使用セラレル。

(5) 空氣ノ蓄積ガ恐ラク起ル凡テノ點ニハ空氣孔ヲ設ケルベキデアル。之ハ一般ニ水路上ノ土覆ヲ通シテ水路拱部ノ頂部カラ延ビ上ツテ居ツテ末端ガ 180° 屈曲シテ居ル 15 線鐵管カラ成ツテ居ル。空氣入口ノ此大イサハ恐ラク冰等ノ蓄積ノタメニ閉塞セラレル事ナク、屈曲セルコトハ棒片ヤ石片等ノ侵入スルヲ防止スルモノデアル。

隧道・

(155) 隧道 ハ動水勾配ガ地表面ヨリ大イニ低落スル場合ニ自由水面ヲ持ツ水路トシテ用ヒラレル。水壓隧道ガ河川ノ横斷ニ對シテ、又湖ヤ大河ノ取水口カラ唧筒揚マデ水ヲ運ブタメニ用ヒラレル。時々隧道ハ大配水方式中ノ主要給水路トシテ使用セラレル。はどそん河ヲかつとすきる水路ガ横斷スルコトハ 450 米ノ水頭ノ下ニ在ル隧道ニ依ツテ行ハレル。紐育市ノ配水方

式中ノ主要給水路トシテ隧道ガ用ヒラレテ居ル。

(156) **勾配隧道** 勾配隧道 (Grade tunnel) トハ水ガ自由表面ヲ以テ流レルモノデアル。馬蹄形断面ガ勾配隧道ニ對シテハ圓形断面以上ニ或利點ヲ有スル。勾配隧道ヲ圍繞スル地下水ハ水路中ノ水ヨリモ一層大ナル水頭ノ下ニ在ルヲ普通トシ、若シ其品質ガ有害デナケレバ、底部裏裝中ノ孔口及び側壁中ノ水抜孔ヲ通シテ隧道中ニ流入セシメルコトガ出來ル。斯クノ如キ設計方法ハ隧道裏裝ニ對シテ働く地下水ノ壓力ヲ減少スルモノデアル。

(157) **水壓隧道** 圓形断面ハ内壓ノ一樣ナル配布ヲ與ヘルモノデアルカラ、水壓下ニ水ヲ流送スル水路ノ何レノ型式ニ對シテモ最モ満足ナル横断面形デアル。水壓隧道ハ、之ヲ圍繞スル材料ノ重量及ビ强度ガ水ニ基因スル破裂壓力ニ抵抗スル様ニ用ヒラレル如クニ、設計セラレル。之ガ覆材ノ深サト壓力水頭トノ比ノ注意深イ考慮ヲ必要トスル所以デアル。にゆ一・くろとん水路ニ於テハ、此比ハ 0.572~0.703 デアル。かつとすきる水路ニ對スル水壓隧道設計ノ標準要件ハ次ノ通り、最小許容岩石覆蓋 45 米；最大不平衡破裂壓力 126 米；最大外部靜水壓(隧道空虚トシテ) 330 米(はどそん河横斷)；動水勾配以下ノ最大深 450 米。

こんくりーとガ隧道裏裝ニ對シテ用ヒラレ、其厚サハ断面ニ作用スル壓力水頭ト共ニ變化スル。甚ダ大切デアルコトハ隧道裏裝ハ之ガ乘ツテ居ルト考ヘラレル材料上ニ連續的ニ支持セラレテ居ルベキ事デアル。此條件ヲ最モヨク満足サスタメニハ、構造ガ進行スルニ從ヒテ裏裝ノ背部ニ注膠泥ヲ壓入スルヲ宜シトル。此方法ハ又岩石中ニ存在スルカモ知レナイ龜裂ヲ封緘スル傾向ガアルモノデアル。

管 線

(158) 此處ニ考慮セントスル管線ハ金屬、木材、又ハ鐵筋こんくりーとか造ラレテ、壓力下ニ水ヲ流スニ用ヒラレル圓形水路デアル。管線ヲ設計

スルニ當ツテハ鑄鐵、鋼、木材、又ハこんくりーと等ノ種々ノ異ナレル材料ノ何レカヲ選定セネバナラヌ。水管ノ基礎的要件ハ强度、耐久性、容量及ビ經濟デアツテ材料及ビ型式ノ最後ノ選定ハ是等要件ノ注意深イ考慮ニ基據スベキモノデアル。時々管ノ選定ニ影響スル他ノ要素ハ利用性及ビ所要場所マデ之ヲ運搬スル方法デアル。

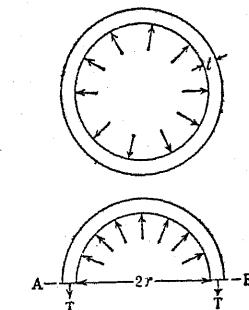
(159) **管ニ於ケル應力** 水管ガ受ケル應力ハ管中ノ水ノ壓力、外荷重、溫度、水衝等ニ基因スル應力及ビ運搬、取扱ヒ等カラ生ズル衝擊等ニ基因スル應力デアル。此最後ノ應力ハ正確ニ之ヲ算定スルコトヲ得ナイガ、管ノ設計ニ於テ經驗ニ依ル或餘裕ヲ採ツテ之ニ對シテ備フルモノデアル。

(160) **内壓ニ基因スル應力** 管中ノ水壓ハ第 164 圖ニ示スガ如クニ内面圓周ノ周リニ等強度ヲ以テ生ズルモノデアル。管ノ一半ヲ除去スルモノトスレバ、殘レル一半ニ及ボス其一半ノ作用ハ第 164 圖ニ示スガ如クニニツノ張力 T ニ依ツテ示サレル。是等ノ力ハ反對方向ノ管ニ對シテ作用スル垂直壓力ノ分力ノ和ニ等シクナケレバナラヌ。一樣強度ノ壓力ヲ受ケル何レノ曲面ニ於テモ任意方向ニ於ケル總分力壓ハ壓力強度ト與ヘラレタル方向ニ直角ナル平面上ノ其表面ノ投射面積トノ相乘積ニ等シ。管ノ單位長(1 種)ヲ考慮シテ、平面 AB 上ノ表面ノ投射面積ハ $2\pi r$ デアツテ、 AB ニ直角ナル方向ニ於ケル總分力壓ハ $2pr$ デアル、 r ハ壓力強度(kg/cm^2)デアツテ、 r ハ管ノ半徑(cm)デアル。故ニ

$$2pr = 2T$$

若シ t = 管壁ノ厚サ(cm)、 s = 管ニ於ケル單位應力(kg/cm^2)デアレバ、 $T = st$ 、此値ヲ上式ニ代入シテ $t = pr/s$

(161) **外荷重ニ基因スル應力** 此應力ハ管ヲ壓潰セントスルモノデ



第 164 圖
管中ノ内壓ニ基因スル應力ヲ示ス圖

アツテ、管が敷設セラレル溝ノ埋戻シニ用ヒラレル土砂ノ重量ニ依ツテ生ズルモノデアル。管上ノ荷重ハ埋戻土砂ノ種類及ビ溝ノ深サ、幅等ニ關係スル。如クノ如キ荷重ヲ決定スル方法ハあんそん・まーすとん(Anson Marston)氏其他ニ依ツテ考案セラレテ居リ、實驗的研究ヲ基トセルモノデアル。

(162) 水衝應力 管中ノ水衝ハ、瓣ノ急閉ニ依ル如ク、管中ヲ流レル水ノ速度が突然ニ阻止セラレル時ニ生ズルカデアル。水衝ノ力度ハ主トシテ管中ヲ流レル水ノ容積及び速度ノ變化ノ割合ニ關係スル。水衝ニ依ツテ生ズル内壓ハ、管ノ厚サヲ算定スル際ニ、靜水壓ニ附加セラレネバナラタ。一般ニ水衝ニ基因スル壓力が管徑が増加スルニ從ヒテ減少スル理由ハ、主トシテ小瓣ヨリモ大瓣ヲ閉セルニ一層長イ時間ヲ要スルカラデアル。

鑄鐵管ノ厚サヲ算定スルタメノにゆ一・いんぐらんど上水道標準ハ水衝ニ
對シテ次ノ附加餘裕ヲ採ツテ居ル。

d , 吋	P_r (lbs/吋 ²)
4, 6, 8, 10.....	120
12, 14.....	110
16, 18.....	100
20.....	90
24.....	85
30.....	80
36.....	75
42~60.....	70

製作ニ對入ル不正確及ビ管ノ取扱ヒニ基因スル應力ノ不正確ニ對シテ
0.1~0.25 吋ノ附加餘裕厚ガ採ラレテ居ル。

(163) 管線中ノ彎曲ニ基ツル應力 既ニ考慮シタル應力ニ加フルニ、管線ノ水平又ハ鉛直方向ノ變化ガアル時ニ作用スル力ニ依ツテ生ゼラレル應力ガアル。是等ノ力ハ力學的壓力 P ト靜壓力 T_1 及ビ T_2 デアツテ、是等ノ力ハ、若シ管が固定シテ居ルベキデアレバ、抵抗力 R ニ依ツテ對抗セラ

レネバナラヌ。若シ管ガ P

ノ方向ニ動クコトガ出來ル

ナラバ或量ノ張力ガ彎曲部

ニ於テ生ジテ、此張力ガ接

手ヲ引離ス勧キヲ爲スコト

トナル。抵抗力 R ハ管ノ重量; 第 165 圖 弯曲 = 基因スル應力ヲ示ス圖

管接手ノ強度、土壤材ノ堅固性(此土壤ニ向ツテ管ハ押壓セラレル)カラ成ル。
或状況ノ下ニ於テハ管ヲ其位置ニ保持スルタメニ人工固定石工ヲ構築スルコ
トガ必要デアル。

力 P の量は運動量の原則即ち運動量の變化は之生ズルカニ等シト云フ
原則ニ依ツテ決定セラレル。 P の水平分力ハ次ノ通り

$$H = M(v - v \cos \alpha)$$

$$\text{又八} \quad H = Mv(1 - \cos\alpha)$$

鉛直分力ハ次ノ通り。

$$V = M v \sin \alpha$$

上式中、 M = 每秒ニ流レル水ノ質量

α = 方向 / 角變化

v = 流速, 米每秒

w, g, v, g の語で M の値を表せば(1)の次のようになる。

a ハ管ノ面積(平方米) デアル。

力 T_1 及び T_2 は兩者共 α 等シク、 P ト同一方向ニ働く其合成力ハ次
通り。

$$P' = 2T \sin \frac{\alpha}{2} = 2p_a \sin \frac{\alpha}{2}$$

ϕ ハ 壓力水頭(kg/m^2) デアル。

故ニ抵抗力 R へ次ノ通り。

$$P + P' = \left(2 \frac{wv^2}{g} + 2pa \right) \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$= 2a \left(\frac{wv^2}{g} + p \right) \sin \frac{\alpha}{2}$$

カノ代リニ wh チ入レテ公式ハ次ノ如クニナル。

水道管線中ノ流速ハ $1.8m/sec$ ヲ超過スルコト稀デアルカラ、 v^2/g ヲ無視スレバ公式ハ次ノ如クニナル。

實際ニ於テ管敷設ノ普通ノ状況ノ下ニテ假定シ得ルコトハ管ノ重量ト接手ノ强度トガ(4)ニ依ツテ決定セラレル力ノ少ナクトモ 20% ナ受持ツコトデアル。