

灌溉工程構造物設計之研究

A study on The Design of Irrigation Structures

臺灣省水利局工程師

黃 毓 嵩

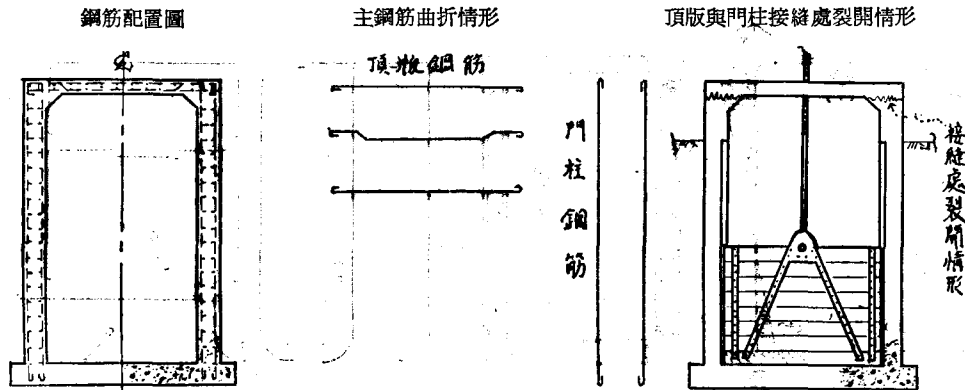
前 言

本省各項水利工程之興建，經不斷之研究與改善，已有長速之進步。惟灌溉工程之部份構造物設計及佈置等，尚未達到經濟，堅固，美觀，容易施工及管理方便等之理想目標。筆者從事農田水利工程歷數十年，茲就管見所及，列舉幾項構造物設計及佈置需加改善之處及其改進之方法以供水利先進共同參考研究。

一、水 門 之 設 計

1. 鋼筋配置：

曾見水門 (Water gate) 如第一圖，在頂版 (Floor slab) 與門柱 (Gate strut) 接縫處，發生裂開情緒。經查可能因組成架構之鋼筋未盡勾結連成



第一圖

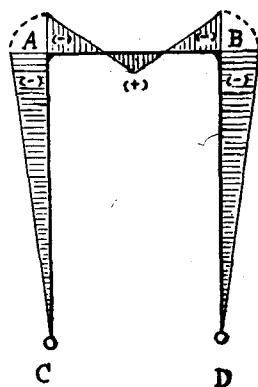
一體，偶遇缺乏工程技術常識之水門看守人員，往往因水深看不到底版 (Base slab) 或如直接由河流引水之進水閘 (Head gate)，隨水流滾動之石礫遺留於底檻 (Bed sill) 上，當關鎖門扉 (Crossing gate) 時，不知上情，仗其強壯力大，操作把手 (Handle) 強行下鎖門扉，結果由於螺旋桿 (Screw spindle) 之反跳動作用舉起頂版，致使接縫處裂開。

鑑及於此，除整個水門以不等邊角鐵 (Unequal leg angle) 焊接為一體構造外，若設計鋼筋混凝土構造 (Reinforcement concrete construction) 之水門者，擬採用剛構構造 (Rigid-frame construction) 或名框構構造 (Rahmen construction) 為宜。(此種構造之設計雖有人採用，然因應力計算複雜未盡普遍應用) 筆者曾在彰化縣路上厝渠首工程 (Head-works) 及同縣溪州鄉荊仔埤圳側溝

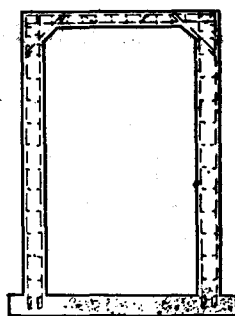
改善工程採用過如第四圖箱形剛構 (Box type rigid-frame) 之水門。經查此種構造，不僅可以防止上述之裂開，且其他情形都很接近前述五項理想目標。剛構構造尚有如第二圖鉸端剛構 (Hinged end rigid-frame) 及第三圖固定端剛構 (Fixed end rigid-frame) 等構造，在此略表示合成應力圖，鋼筋配置圖及各部主筋曲折情形圖於第二、三、四、圖供為參考。採用那一種為佳，由設計者適宜選擇之。對於此項構造之設計，所用之各種應力計算公式，混凝土斷面決定，鋼筋數量之計算與配置及各種應力之檢討等限于篇幅恕予省略。如第四圖所示箱形剛構之水門構造之詳細設計計算例，即請參照拙著「土木水利工程用最新設計實例集第一集」一書。(本書存書不多，如有需要請賜函洽)。

次，採用此種構造之鋼筋配置，務須遵照由應力

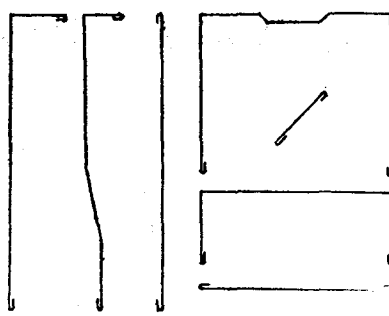
鉸端剛構應力圖



鉸端剛構鋼筋配置圖

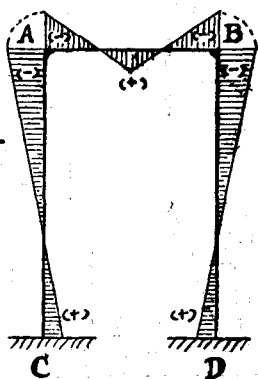


主鋼筋曲折情形

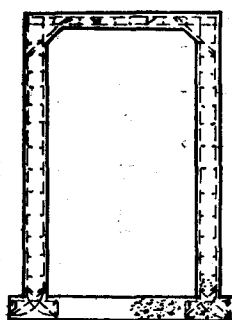


第二圖

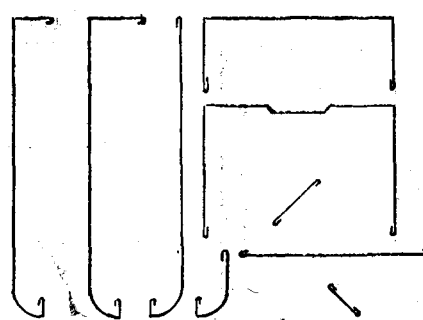
固定端剛構應力圖



固定端剛構鋼筋配置圖

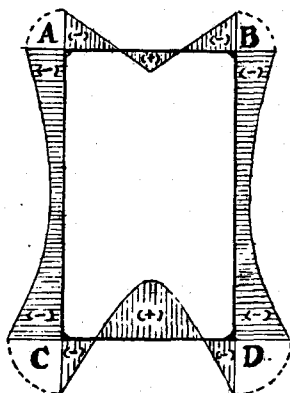


主鋼筋曲折情形

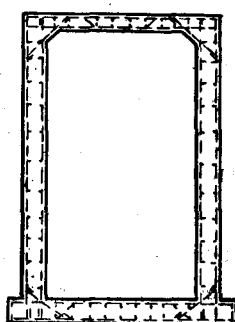


第三圖

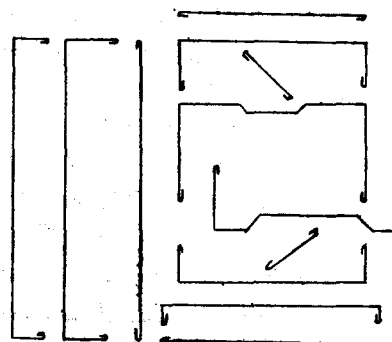
箱型剛構應力圖



箱型剛構鋼筋配置圖



主鋼筋曲折情形



第四圖

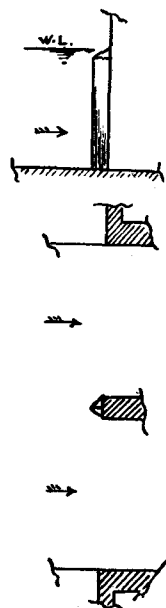
算出之正負值，切實配置所需鋼筋量並應注意頂版與門柱之鋼筋，不在同一處結縛，同時使雙方之鋼筋互相連繫成一體之架構為要。至於灌澆混凝土時，如第四圖所示構造者，整個鋼筋架構及內模板等應設法懸空，然後從底版逐次灌澆混凝土至頂版為佳。如遇構造過大，或二個閘門以上之連繫構造物，不克於短時間內一次完成，需分段施工者，應於應力撓曲點（Point of flexure）或應力最小處為澆灌工作之休止處，使能充分發揮此種構造物之應力作用及防止施工後之各種不利影響。

2. 範水形態：

二連以上之水門（Water gate），橋梁（Bridge），涵洞（Culvert）等之中柱（Middle column），向上游凸出而下端連接于底版（Base slab）以切

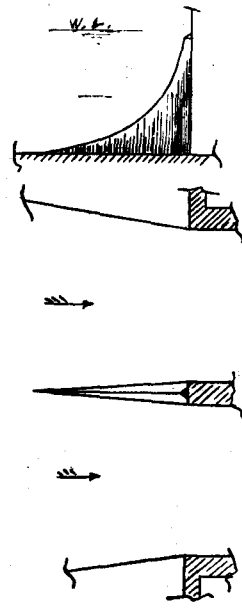
水用之突出物，稱為範水（Counter-flashing）或名反水。此項凸出構造物，在筆者所知者，均係垂直型範水（Vertical counter-flashing）（如第五圖）。此種範水，對於切水作用，不但未盡其效，水流進入構造物孔內之前，在範水附近發生漩渦作用（Eddy action），致雜草污物易被捲入洞內。為消除此弊，筆者曾擬以拋物線型範水（Parabola counter=flasing）為最理想型（Most ideal type）。然經研究結果，其計算麻煩，施工困難。因此改為接近理想型之1:1.5~1:1之斜型範水（Obliquity counter=flashing），其最大陡坡（Maximum steep slope）以不超過1:0.5為上策。茲將新舊兩型之範水形態略示於下，如第五圖（表示舊型）及第六圖（表示擬改善各種形態）供為參考。

舊型範水

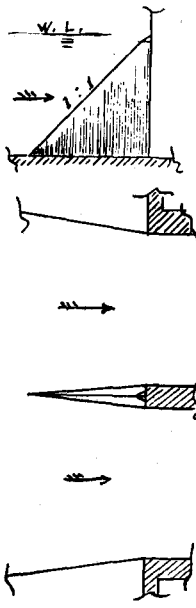


第五圖

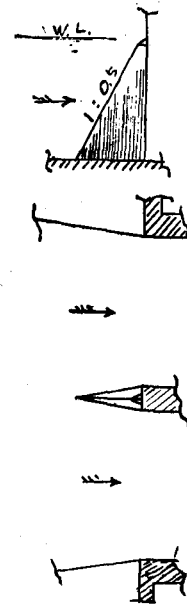
1 最理想型(拋物線)範水



2 1:1坡型範水



3 1:0.5坡型範水

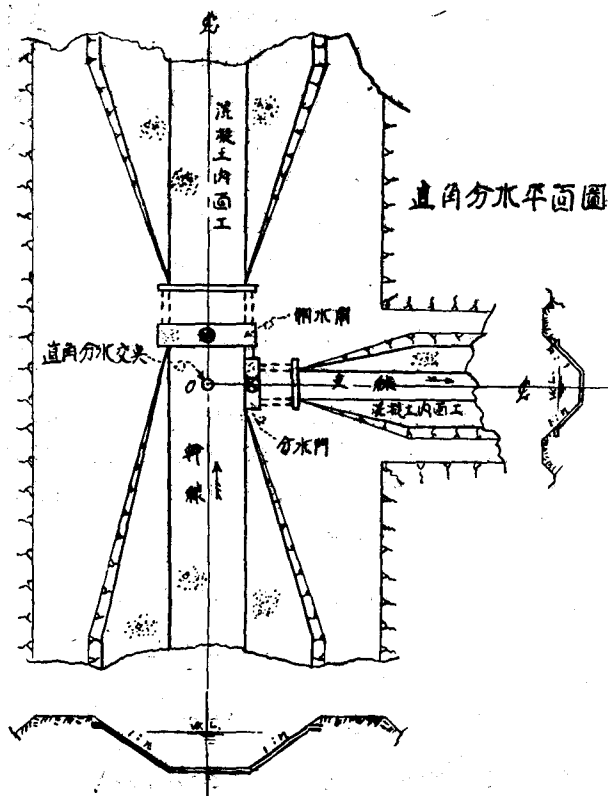


第六圖

3. 分水佈置：

凡由幹溝（Main ditch）分水於支溝（Lateral ditch）或由支溝分與分溝等，均設制水門（Check gate）於本水溝靠近擬分水之分水閘（Bifurcation gate）下游處，以調節分水為慣例。惟若支溝渠底（Lateral ditch canal bed）高出於幹溝渠底（Main ditch canal bed），需攔幹溝使水位升高，始能達成分水目的。若純為調節閘門（Regulating gate）之用

外，幹支溝渠底略平時之分水，本來不需攔水設備，仍可自然分水，然如第七圖，在幹支溝分別跨設幹溝制水門（Main ditch check gate）與支溝分水閘（Lateral ditch bifurcation gate）為分水調節。然其分水佈置（Diversion arrangement）係為直角分水（Vertical angle diversion），故成為不自然之分水狀態。此種分水設備（Diversion equipment）似簡單而經濟。惟經查：(1)幹支溝渠底略平，仍需攔



第七圖

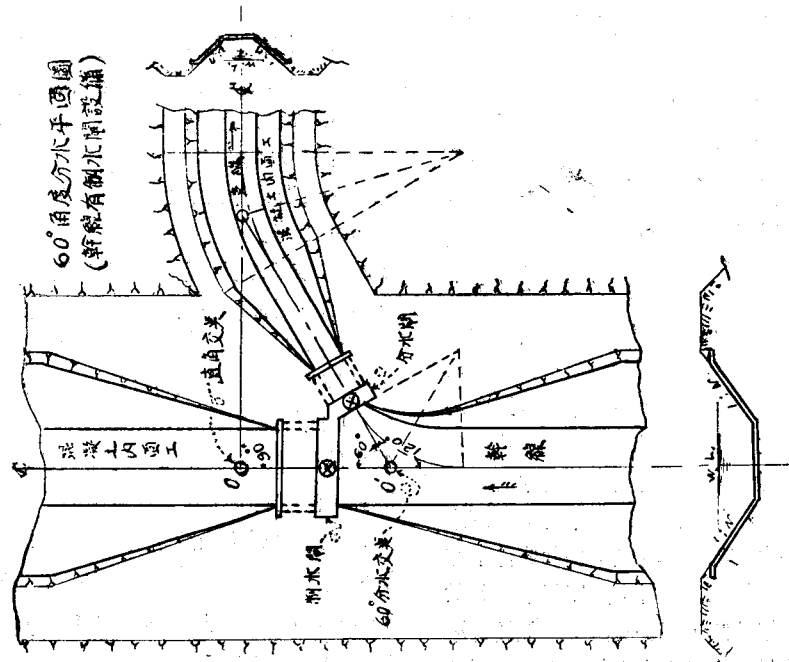
水調節水位升高，增加分水閘孔口前之水頭 (Head) 及降低幹溝原有流速 (Velocity) 為近幾靜水狀態，始能圓滿達成分水目的。(2)係因沉降速度 (Setting velocity) 易予污泥 (Sludge) 細砂 (Fine sand) 等沉澱 (Sedimentation) 於幹溝制水門翼牆 (Wing-wall of main ditch check gate) 與支溝分水閘翼牆 (Wing-wall of lateral ditch biturbation gate) 之交接隅角處，阻礙幹溝之通水斷面 (Through water section)。(3)在幹溝上游以一定速度流下之水流，當直角分水作用，阻礙原有線向速度 (Liner velocity) 發生漩渦作用 (Eddy action)，使分水不順，影響支溝所需之分水量。為解決不影響支溝之所需流量 (Craving discharge) 計，竟有人將幹溝之計劃流量 (Project discharge) $1/2Q$ 之流量，按其幹溝渠道斷面 (Main Canal section) 查出水深 (Depth)，由此設定分水時之水頭 (Head) H' ，用此假定水頭 (Imaginary head) 代入原式水頭 H 以求分水閘孔口斷面，則保全所需分水量。但此法似因孔口斷面過大而使整個分水閘工程費增加之弊。

筆者為解決上述(1)(2)(3)各項問題及擬縮小孔口斷

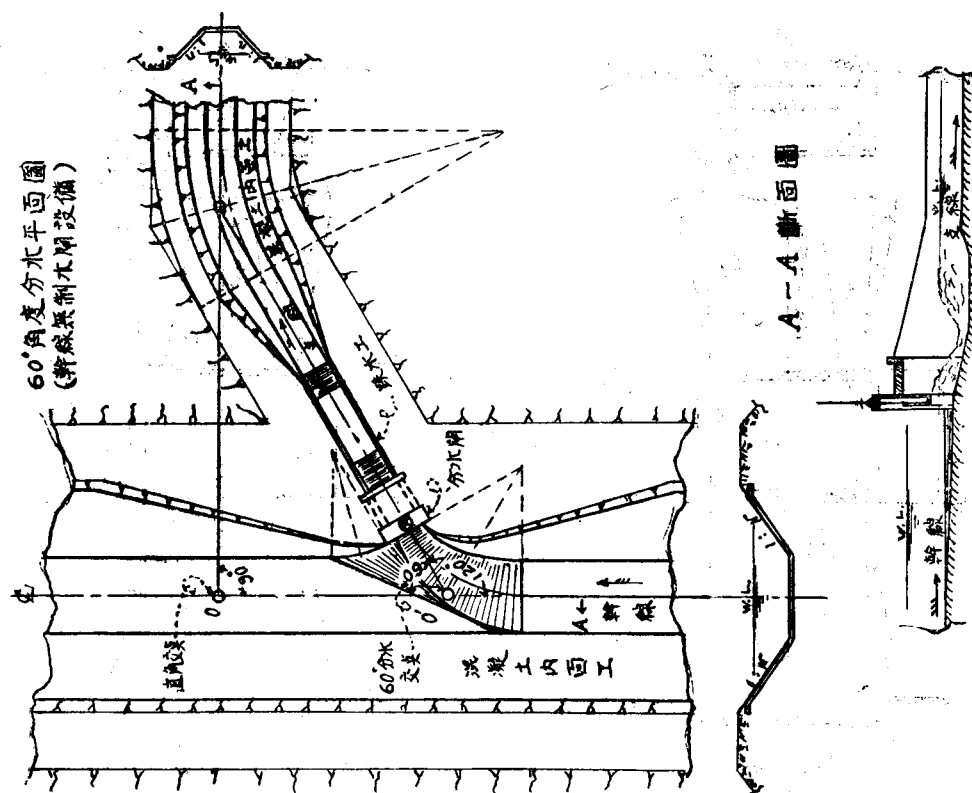
面計，最初以三十度之傾斜 (Slant) 描成分水計劃線 (Diversion project line) 研究結果，分水閘前後之漸變槽 (Transition section) 過長，佔地多，佈置 (Arrangement) 不雅觀等之缺點。因此再研究後改為六十度之斜角分水 (Oblique angle diversion) (請參照第八圖) 較為理想。此法經查有；(1)分水佈置較為美觀。(2)該項計劃之前後漸變槽長度與直角分水 (以九十度之分水) 計劃之漸變槽長度相差不多。(3)在幹溝制水門翼牆與支溝分水閘翼牆之交接隅角處，不生漩渦，不沉積污泥細砂等物 (4)除施行輪灌灌溉 (Rotational irrigation) 或枯水時期 (Droughty water season) 之非常灌溉 (Emergency irrigation)，需特為攔水抬升水位使予完成灌溉外，平時可免操動幹溝制水門門扉之方便。(5)六十度之斜角分水設備 (Oblique angle diversion equipment) 近似直線分水 (Approaching vertical diversion) 之故，其分水閘孔口斷面計算公式，一航流量計算公式 $Q = ca\sqrt{2gH}$ 得改為 $Q = ca\sqrt{2g(H+h_a)}$ 即兼考慮接近流速水頭 (Approaching velocity head) h_a 由此可獲得縮小孔口斷面之優點。

類此六十度斜角分水設備，筆者曾用於彰化縣溪州鄉荊仔埤圳側溝改善工程，將原之直角分水於兩側溝，改為以左右各分六十度之斜角分水設備。結果可除去上述(1)(2)(3)項之缺點，其管理費亦因此大為減少。

茲再進一步研究；假定支溝渠底低於幹溝渠底或靠近分水處需設跌水工 (Hydraulic drop) 時，擬將跌水工移於上游連接分水閘，並將其落差 (Fall) 高度減去 20~30 公分移於分水閘前面進水處，即分水閘底檻 (Bifurcation gate bed sill) 設低於幹溝制水門底檻為 20~30 公分，由上游幹渠底 (Main canal bed) 適宜地點開始漸降並向分水閘底檻處止引導流量易予導入分水閘洞內。(請參照第九圖) 另一方面可減少跌水工之落差高度，以節省跌水工工程費。(請參照第九圖 A~A 斷面圖) 此種方法得免施設幹溝制水門，更為經濟。不設幹溝制水門對於輪灌 (Rotational irrigation) 制度上似無影響，可俟支溝系統之灌區完灌後，僅調節分水閘門扉，使支溝流入所需水量外，大部份流量依然流往幹線下游。此種裝置可省去操動幹溝制水門之麻煩，管



第八圖

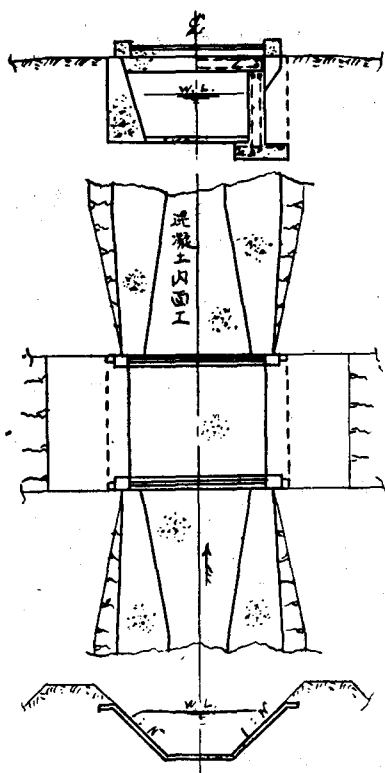


第九圖

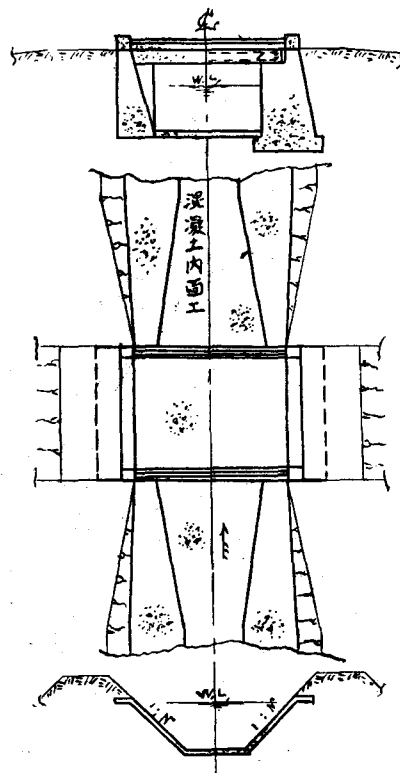
理上亦甚方便。此項設施純係筆者之構想，尙未有機運用作實地研究，在此供爲參考，並請從事實地工作先進廣爲研究改進以資印證。

最後討論斜角分水之佈置法；今設幹溝中心線與支溝中心線交點 (Point of intersection) 爲 0。直角分水 (Vertical angle diversion) 時，仍用此 0 點爲直角分水之分岐點 (Point of deviation)。

(請參照第八圖) 惟斜角分水之佈置 (Arrangement of oblique angle diversion)，應將幹溝制水門及支溝分水閘均移於兩溝直角交點 (Vertical angle intersection point) 0 點之幹溝上游，另設斜角交點 (Oblique angle intersection point) 0' 爲分岐點。此 0~0' 間之距離應由幹溝制水門所需門數與支溝分水閘所需門數之中心與幹支渠道之中心線連接並延長求其交點 0'，其交角計爲六十度，即制水門翼牆與分水閘翼牆之交角爲 120 度，由此條件下測定 0~0' 間距離。但爲施工方便計，其距離應爲整數。詳細作圖法請參照第八圖，至於支溝渠底低於幹溝渠底高度之佈置方法仍照上述步驟進行，惟免設置幹溝制水門而已。



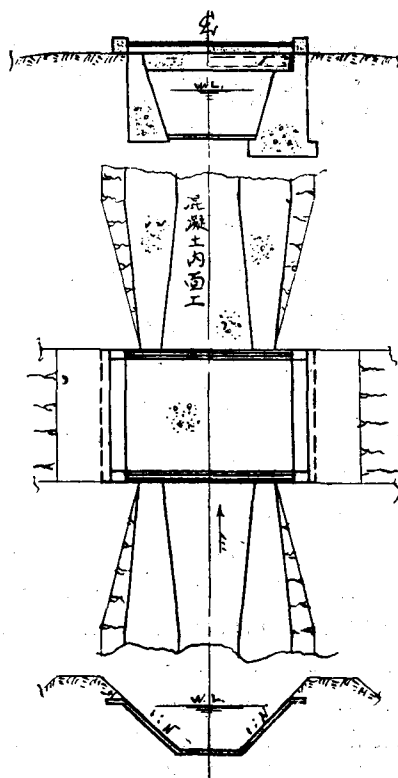
第十圖



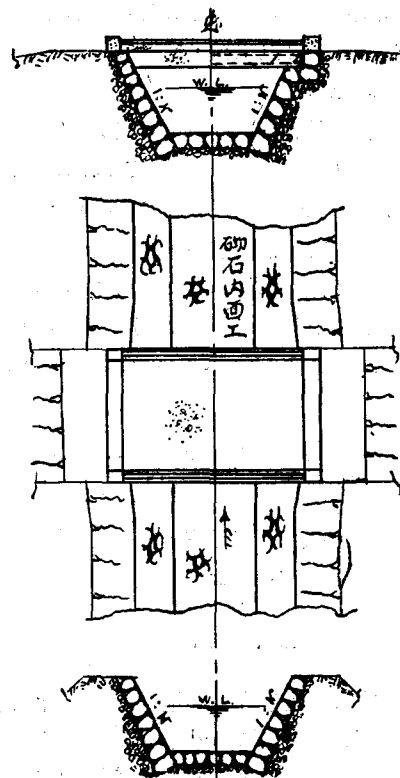
第十一圖

二、橋梁之設計

本文擬談之橋梁 (Bridge) 係指農路橋或人行橋 (Foot-bridge) 等之輕載重及短跨度 (Short span) 之橋梁設計而言。已往屢見此項橋梁之設計，大部份如第十圖扶壁橋臺 (Counterfort abutment) 或如第十一圖及第十二圖之重力式橋臺 (Gravity abutment) 上跨裝鋼筋混凝土版 (Reinforced concrete slab) 或鋼筋混凝土梁 (Reinforced concrete beam)。還有如第十三圖將漿砌塊石內面工 (Mortar rubble masonry lining) 堤頂擬跨裝橋梁部份，整個以混凝土砌塊石 (Concrete rubble masonry) 代替爲橋座 (Abutment)，然後跨裝鋼筋混凝土版或鋼筋混凝土梁。前述三種工法需另作(1)水力計算，決定橋梁部份之通過斷面 (Cross-section)。(2)橋梁部份通水斷面 (Through water section) 與其原渠道上下游斷面間有一段距離需設漸變槽 (Transition section)。(3)此種橋臺與輕載重之整個橋梁相比，似有過大而不經濟之感。(4)如此小型橋梁仍需橋臺與橋體分段施工，有費時費工等之缺點。設



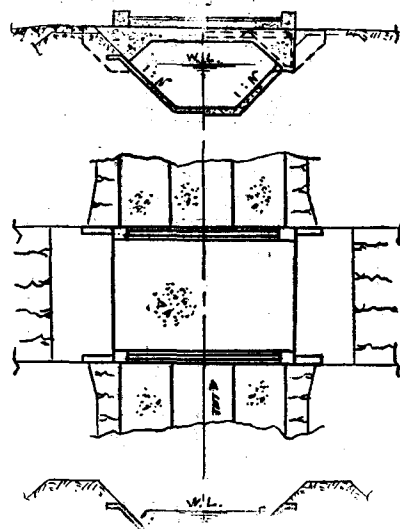
第十二圖



第十三圖

如第十三圖之工法，可解除上述之諸項缺點。惟此種工法，如在工地附近有豐富之塊石材，且整個渠道可設為漿砌塊石內面工者自不待言。否則僅於跨設橋梁部份施以混凝土砌塊石兼橋座，仍然不能解決(1)(2)項之缺點。

近年來水利工程非常發達，為防止滲漏，節水，趕工，省時，省料及減輕工程費，用地費，管理方便及美觀等觀點，各地方陸續如雨後春筍盛行混凝土內面工施於新設灌溉工程或改善現有灌溉水路之風尚，筆者特提倡短跨度輕載重之人行橋，務以配合混凝土內面工整個渠道之美觀及解決上述(1)(2)(3)之缺點。進一步使予容易施工及節省工程費計，擬改善如第十四圖以橋臺與橋身建為一體，跨裝在原混凝土內面工斷面上，但設於橋身底面與計劃水面上之懸空不少於出水高度（Free-board）為原則。並不改變原渠道通水斷面，僅將跨裝橋梁區間之混凝土內面工增厚少許。至於該項橋身之應力計算，仍以簡支梁（Simple beam）方法計算橋版（Slab）之混凝土斷面及鋼筋數量即可。橋臺部份之混凝土斷面及鋼筋配置等不另計算，以配合工地情形，參照第十四圖適宜行之。至

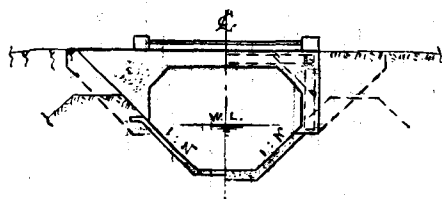


第十四圖

於渠道寬，需設二跨度（Two-span）以上之橋梁，擬參考後述之涵洞設計，以應用於改善箱型部份之

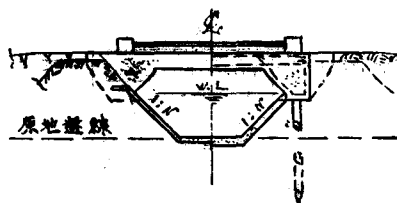
方法即可。此項簡易構造之人行橋設施，筆者曾經施於彰化縣路口厝地方灌溉工程，經過良好，在此特供為參考並希廣為應用。

此項構造物之設計擬再進一步研究；假定路面與計劃水路之堤頂 (Levee crown) 之高低相差甚多時，擬如第十五圖以提高橋臺部份之基脚 (Footing) 就可，但基脚過高時，需以橋臺橋身連為一體之構造，按照鉸端剛構方法 (Hinged end rigid-frame method) 計算應力為宜。至於原有地盤 (Ground level) 係於計劃水面 (Project water face) 以下



第十五圖

，需填土而成之圳路上或在軟弱地盤上架設橋梁時，擬如第十六圖以打木樁 (Wood pile) 補強基脚之計劃為宜。今以第十五圖及第十六圖供為參考研究。

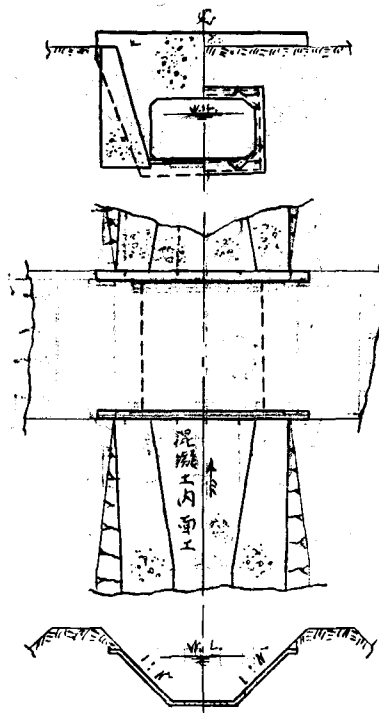


第十六圖

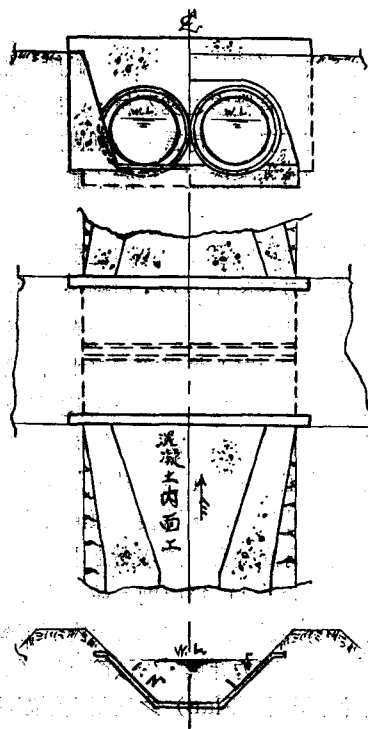
三、涵洞之設計

涵洞 (Culvert) 之構造，依使用材料及型體之大小有別，如第十七圖之混凝土箱型涵洞 (Concrete box culvert)，混凝土拱涵洞 (Concrete arch culvert)，磚拱涵洞 (Brick arch culvert)，混凝土版涵洞 (Concrete slab culvert) 及如第十八圖之混凝土管涵洞 (Concrete pipe culvert) 等不論何種構造之涵洞，均有其長處與缺點。採那種為佳，應由設計者按其環境及種種因素而選擇之。惟如上述各種涵洞之左右方，即設施該項構造物之原有渠道断面與本構造之通水断面不同。

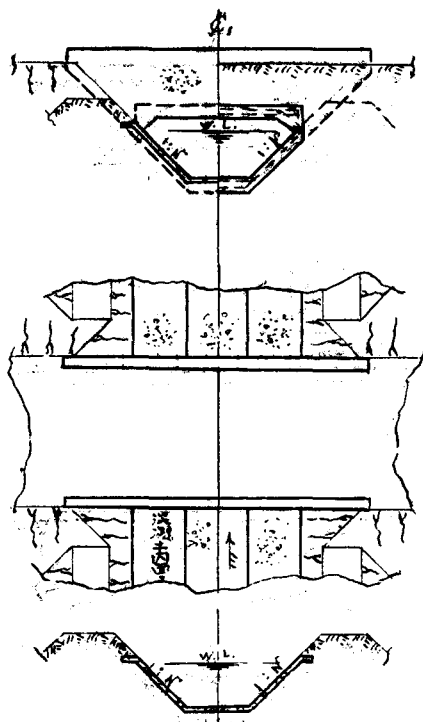
筆者為省略涵洞通水断面之水力計算及其上下游免設漸變槽，並配合整個渠道之美觀，容易施工及節省工程費等起見，擬將第十七圖之箱型涵洞之構造，



第十七圖



第十八圖

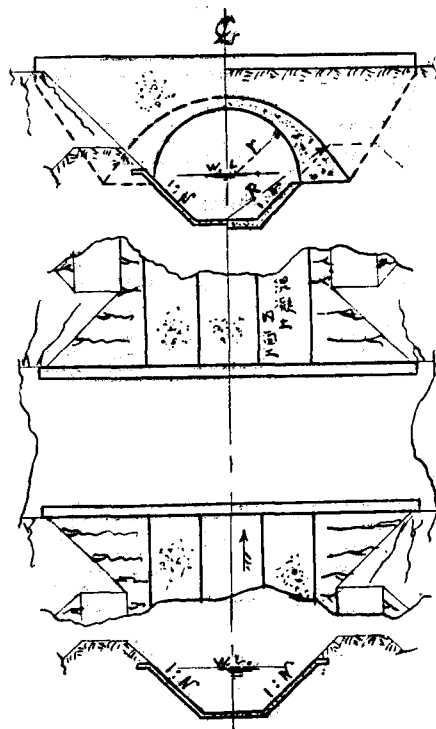


第十九圖

爲進一步之研究，改型如第十九圖之變態箱型涵洞 (Transformation box culvert)，此項構造以剛構方式 (Rigid-frame method) 應用於箱型剛構 (Box rigid-frame) 計算應力。若渠道寬濶，需隔牆爲二連以上時，得按照普通箱型涵洞方式，在中間以隔牆爲二連以上之變態箱型剛構涵洞構造。此型之應力計算較繁而有趣，正在研究中，籍此供爲參考。

另研究者，將混凝土拱涵洞提高於計劃水位 (Project water-level) 以上爲起拱點 (Point of skew back)，計如第二十圖混凝土半圓拱涵洞 (Concrete semi-circular arch culvert)，第二十一圖混凝土橢圓拱涵洞 (Concrete elliptic arch culvert) 及第二十二圖混凝土扇形拱涵洞 (Concrete scheme arch culvert) 等之構造。此種構造之應力計算，均以圖式解法 (Graphical method) 查其推力線 (Thrust line) 是否介於拱軀體之三等分以內，並決定拱冠 (Arch crown) 及起拱部 (Skew back) 之厚度。

上記三個混凝土拱涵洞構造之中，以混凝土半圓拱涵洞最爲最理想型之構造 (Construction of most ideal)。惟如因地形關係，拱冠之埋覆土不能按規定厚度時，勢必須考慮到三心拱型) Three-centre-



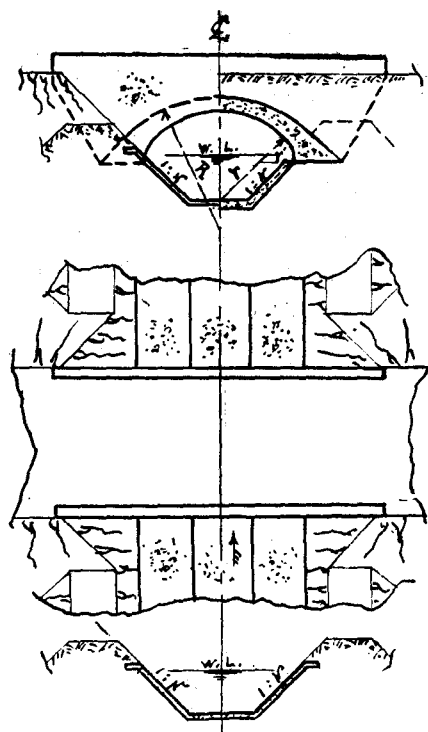
第二十圖

red arch type) 之構造，即如第二十一圖混凝土橢圓拱涵洞構造爲宜。

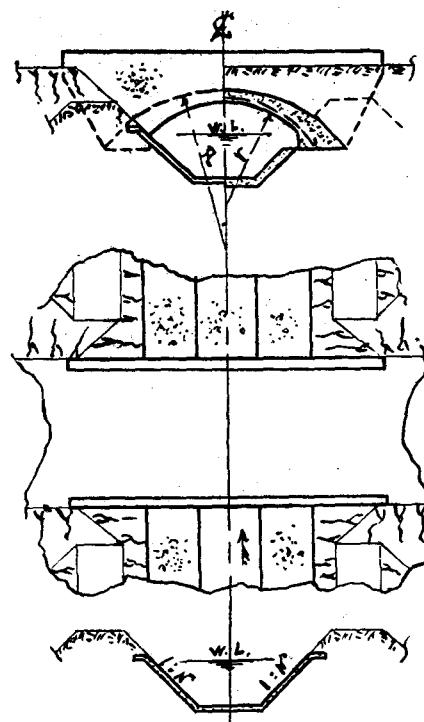
再者，由於路面高度之限制，覆土厚度不足，須採用較平之如第二十二圖混凝土扇形拱涵洞構造。但此種構造物係因拱身較平，純爲混凝土構造者，其應力上似有不妥當之感，因此爲安全計，需配置單鋼筋 (Single reinforcement) 於拱身補強之。(請參照第二十二圖)

該項涵洞之構造，筆者曾參加苗栗縣通宵鎮五里牌圳灌溉工程，係因該水路需通過村落及一所學校之校庭，房屋密集，除人行及牛車通行路外沒有空地可讓水路越過，並由地方之要求整個爲涵洞以應方便與安全。但限於財政及時間短促，不得採用普遍的洞涵構造，爲此初次試用如第二十圖之混凝土半圓拱涵洞構造。結果係因該設施處之地質良好，爲純控土之故，其經過成效甚佳，順此供爲參考。

以上所研究之三種拱涵構造有；(1)通水方便，不必另計算通過涵洞之通水斷面。(2)施工容易，如需趕工或長距離兼有彎曲處，亦能順利進行之便。(3)如跨度不大之水路上之架設，甚有經濟價值。(4)整個構造較美觀。(5)係與計劃水路之通水斷面相同之故，管理上方便。在此特供參考，並祈廣爲應用爲榮。



第二十一圖



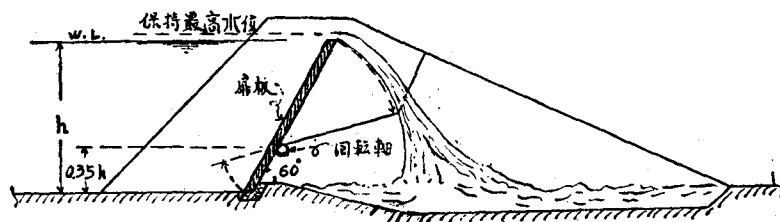
第二十二圖

四、自動排水門之設計

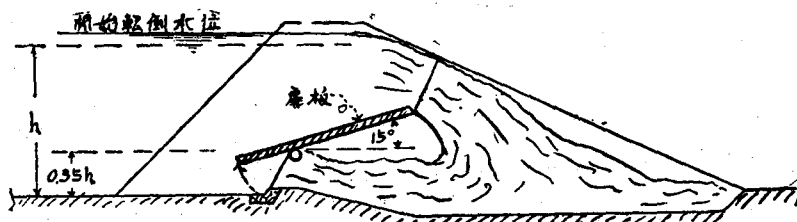
凡灌溉水路，在適當地點應具有排洪或調節水之設備以防萬一，保全渠道本身及各項附屬構造物。已往所見者為單獨之排水設備，偶爾兼具側溢流堰（Side over-flow weir）於水門旁邊上游處。近年來為排洪及調節水位計，盛行虹吸溢道（Siphon spill-way）之設施，惟如遇急遽漲水（對直接由河

流引水之渠首工（Diversion works）尤甚），僅靠溢流設備（Spill-flow device）以調節水位尚感不夠，且來不及開放水門（Delivery gate）時，尤以晚間突然出水時更易冲壞渠道堤塘（Crest of canal）及其附屬構造物之虞。

鑑於此，筆者曾考案如下第二十三圖及第二十四圖所示自動排水門（Automatic delivery gate）以



第二十三圖



第二十四圖

備排洪及調水，曾用於彰化縣路上厝渠首工工程。設計當初找不到適當書籍為參考，終於發現了小學生在學校校庭玩之跷跷板 (See-saw) 有應用之價值。則將此應用於作用扉板之水壓力操作，由此計算開關門扉之應力。此項構造之最主要部門係在決定門扉自動迴轉之中心軸之安裝位置；使迴轉門扉於渠內水位升至計劃水位 (Project water level) 時，仍於豎立狀態。待漲水超過計劃水位上約十公分時，門扉始開轉動傾倒，放出多餘之水量，可保全渠內之一切裝備。其迴轉中心軸 (Turning center axle) 位置之決定；以一般慣例為 $0.35h \sim 0.48h$ ， h 為計劃水位高 (m)。今為按計劃水位上漲水至十公分時，就開始轉倒門扉之方便計，門扉以六十度傾斜豎立。(請參照第二十三圖) 再於傾倒後之門扉，使渠內水量放出一定量後，能自動迴轉原豎立位置計，如第二十四圖以保持十五度傾斜。

次，關於中心軸之軸承 (Bearing) 之設計；即應用腳踏車之軸承型體作成圖樣，並經慎重研究結果，如腳踏車 (Bicycle) 或啓閉機用之球軸承 (Ball bearing) 者，似不耐此重壓力及輾轉作用。經再三研究，計為四聯輾軸支承 (Roller bearing) 排配在一鐵匣內，鐵匣蓋與匣軀之接縫處以生橡皮帶防漏等設備。

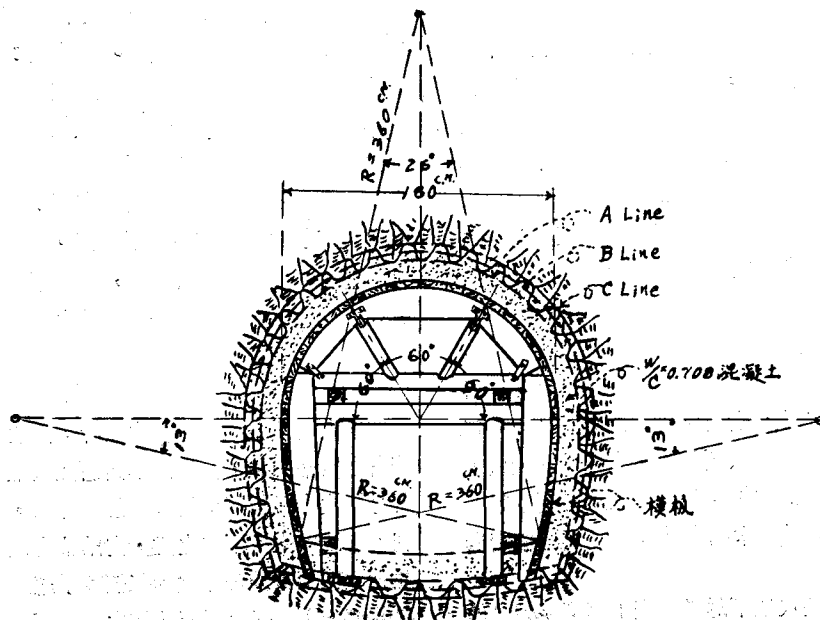
此兩項均係筆者之考案拙作，至於門扉之厚度，迴轉軸之直徑等之計算及其他有關設計事項，限於編

幅不便多述。其詳細之設計，請參照「土木水利工程用最新設計實例集第一集」一書得悉全貌。

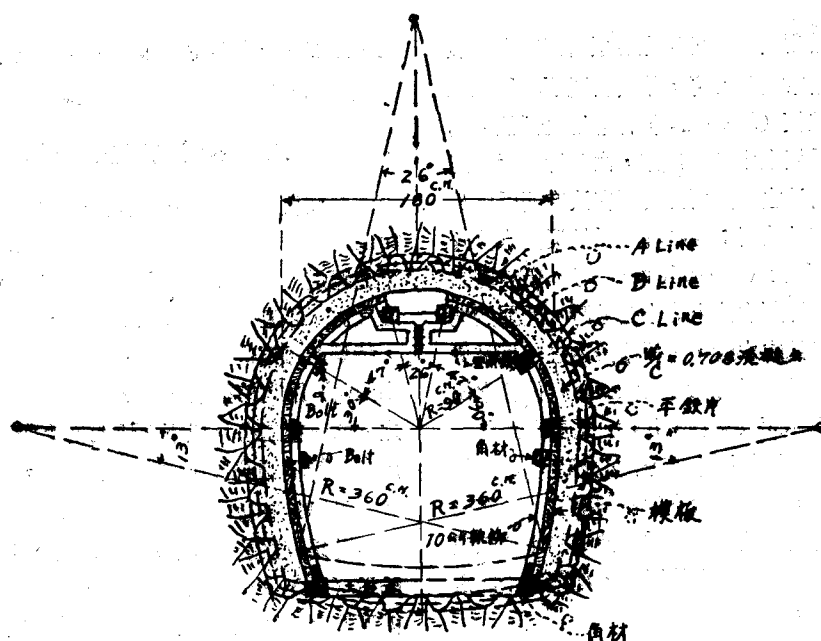
五、隧道襯工模型架之設計

此文談及之隧道襯工模型架 (Form truss of tunnel lining)，係指直徑 (Diameter) 二公尺以下之隧道 (Tunnel) 而言。(本省一般水利工程隧道之設施，以直徑二公尺以下為多，有普遍性運用之故，特藉此篇幅供為參考)。已往隧道襯工 (Tunnel lining) 用之模型架 (Form truss) 均以木料組成之。然直徑二公尺以下之隧襯工模型架全部用木料造成者，較不經濟且有種種之不方便。

茲舉筆者曾在苗栗縣大埔圳灌溉工程第一號隧道之設計為例談談。該隧道為直徑 1.80 公尺之馬蹄形隧道 (Horseshoe tunnel)。混凝土襯工之模板及模型架全部以木料架設組成。如第二十五圖者，其空間窄小，不便通行渣道車 (Trolley car)，需以人工挑運混凝土，影響工作甚鉅，此其一。若以人工挑運，不但費時，且於挑運中泥漿易於流失，浪費材料，此其二。如例示大埔圳灌溉工程第一號隧道甚長而需大量之混凝土，並在洞口附近適當地點經安裝混凝土混合機 (Concrete mixer) 以利工展。惟經以人工挑運至使用目的地，其距離長而超過混凝土凝結時間 (Setting time of concrete)，影響混凝土強度 (Concrete strength)，此其三。係因空間狹小，



第二十五圖



第二十六圖

澆注混凝土時動作不便，於拆除模板 (Form) 後，發現呈凹凸不均勻之現象，此其四。整個模架以木料構成之故，如洞內漏水多，梁柱等易腐化而發生危險，此其五。今假定為免影響混凝土強度，不在洞口用混合機拌合，全部所需材料逐次挑運入洞，移在洞內擬灌注地點附近，以人工拌合混凝土，亦因空間狹小，行動不便，更形麻煩，未必然能提高混凝土強度。

筆者鑑於上述各項缺點，在預算不足之情形下，用盡方法以期早日興工計，即着眼在工程處存放之舊鋼軌 (Rail)，一方面將廢物利用，一方面當可解決上述之各項缺點及減輕經費。即考案如第二十圖之馬蹄形模型鐵架 (Horseshoe from iron frame) 用於大埔圳灌溉工程整個之隧道工程。但模板 (Form) 及拱模撐 (Lagging) (拱冠部 (Arch crown) 之模板) 仍使用木料 (Wood)，祇有支架 (Supporting frame) 以十公斤舊鋼軌 (Old rail) 加工利用，並於兩側軌條間以不等邊角鐵 (Unequal angle) 用螺栓 (Bolt) 鎖繫為本文所述之模型鐵架之骨格。每組鐵架之間隔定為 1.5 公尺 (如使用木架；一般以 1 公尺 ~ 1.2 公尺為一间隔)。每組間以角材 (木料) 為土臺 (Footings) 及繫木固定其位置。 (詳細請參照第二十六圖)

茲列舉直徑 2 公尺以下隧道之襯工模型鐵架之優點供為參考，並希望廣為採用。

(1) 經濟；以大埔圳灌溉工程之隧道工程計有第一、二、三、四號隧道，總延長約有 3 公里之多，按當時之單價而言，估計每平方公尺之模型費以木架 (Wood fram) 計算，連模板計為 70 元/平方公尺，若支架改為鐵架時 (模板及拱模撐仍為木料)，僅需 30 元/平方公尺。(2) 堅固；使用鐵架，得通行渣道車 (Trolley car)，省時，省工，不致延緩混凝土凝結時間 (Setting of concrete) 可保混凝土之強度 (Strength of concrete)。(3) 美觀；使用鐵架時，其空間闊，工作方便，鐵架經製成一整形，因此澆澆混凝土時，能保持均勻及拆除模板後免生凹凸情緒較為美觀。(4) 容易施工；係因空間闊，在洞內一切動作方便，施工快而容易。(5) 管理方便；由於一切工作順利，施工後之管理方便自不待言。

再者，如無鋼軌之便，可由不等邊角鐵 (Unequal angle) 代替，順此附言之。

結 論

以上所談各種構造物之設計，擬改善部份，均係筆者之實地經驗，惟尚需不斷研究改進，始能符合日新月異之今日世界，追求理想而努力，貢獻於社會福利，解決民生。不文之處，尚請諸先進，多賜指正，並希望從事實地工作之同仁們多予應用擴展，多作實驗研究，更求多發現應改進之處，不吝公佈于世，為人類貢獻是感幸矣。