

30 JAN 1935

E 子

176

R
441.057
180.12

土木

請交換

第二卷 第一期

二十四年一月十五日

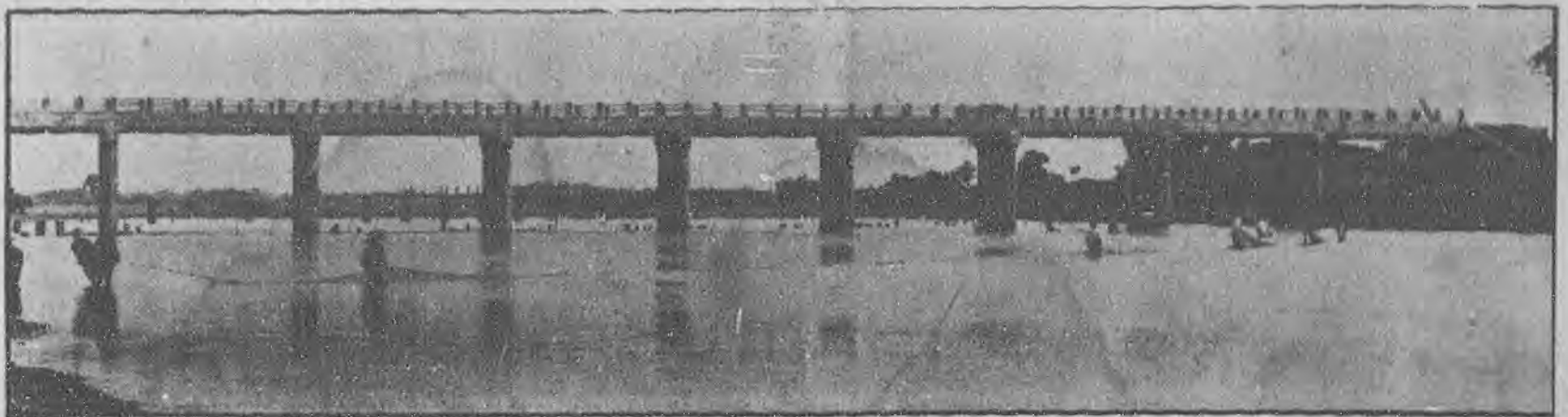


各式橋樑對於各種橋位情形之適宜性

河南瀘河橋樑工程



河南瀘河橋



館圖中

國立中央大學土木工程研究會

各式橋樑對於各種橋位情形之適宜性

J. A. L. Waddell 著

成希顯 譯

J. A. L. Waddell 氏，人或稱為工程哲學家，非僅係橋梁工程專家，以其經驗宏富，視若神祕然者也。本文1.先述橋位情形及各種橋梁之普通諸要點，2.繼述橋位之情形如受水深，流速，洪水，冰結，鹹水，淡水等之影響；以及有關係如 (a) 橋基一如岩石基，大石基，卵石基，砂基，硬土基，軟土基，淤泥基，腐蝕基等之處置方法；(b) 打樁法一如圍堰法，木殼中之實以木樁或混凝土法，木殼不用樁法，開掘法，氣箱法等之取舍；(c) 以及各種樁如木樁，混凝土樁，鋼樁之適宜性；(d) 與各種橋身安置方法一如撐架，懸臂，或半懸臂法，浮法，臨時橋身法等之因地制宜；3. 述各式橋梁—鋼筋混凝土板橋或樁架木橋，混凝土排架橋，或木排架橋，鋼筋混凝土拱橋，板梁橋，鋼排架橋，單桁架鋼橋，懸臂橋，鋼拱橋，懸臂拱橋，懸橋，連續桁架橋，旋轉橋，吊橋，直昇橋等之優劣點與適宜條件。4. 更述施工前之測量及鑽探之重要。處處以經濟着眼，誠工程界宏論巨著；原文載 *Journal of Western Society of Engineers* > ol. 32, No. 9, 1927, 重載於 中美工程師協會月刊 第九卷，第一第二兩號 (1928)

凡為任何河流湖泊，海灣，或道路設計一橋樑，其中必有一種與該地情形較為適宜。打基的方法亦必有優拙之分。苟窮其究竟，則孔徑 (Span) 與橋墩之設計足符超卓之名者，僅一而已。

假定一切必須遵守之條件，例如橫直淨空 (Horizontal and Vertical Clearance) 均已合度，則最能適應交通之需要，且總括橋樑之原價 (First Cost) 修養費，運用費 (Operating Expenses) 及壽命而核計之，其結果為最經濟者，方為最優良之計畫。但美術上之要求異常重要時，應為例外。

然而橋樑設計之曾經詳細研究者，究有幾何？其數甚少，因橋樑工程欲求盡美盡善，甚難；即求其能強快人意，亦僅畢生致力於此道之人方可做到。且須有素養之能手為之臂助。現今除大鐵路公司及少數之大市政機關設有橋樑設計部，聘有專家主持其事外，餘僅遇建築大橋時，方請專家負計劃之責；然而尚多棘手之處。此余所以一再以橋樑專家。為可貴也。

在設計上求其有合理之完善，在經濟上求其十分合算，必須將橋樑之一尺一寸於計劃時詳加審察而後可。凡孔徑及細款 (Details) 愈複雜者，如何設法減少主要構肢 (Main Members) 及結節 (Joints) 之原價；愈形重要；但非僅指鋼鐵之重量及他種用料之數量應減少至最低限度而已，因廠內工作 (Shop-work) 與就地工作 (Field-work) 宜並酌兼顧。且也，完工期限亦甚重要，有時浪費材料少許，結果反較為經濟。

在未述及正文之前，畧將橋位情形與各式橋樑之普通要點加以叙說，俾與下文能互相銜接，不為無益。

高位橋 (High-level Bridge) 與低位橋 (Low-level Bridge)

在任何橋樑設計中工程司第一應決定者，為橋位之高低。在若干例中此問題已由自身解

決；亦但有不少情形，尚含有一個經濟問題，須待研究者。

若兩岸均為高堤，且緊臨川流，則高位橋勢所必需。僅存一高堤靠近河岸者，亦常用之。設兩岸均低平，事實上又能建造一活動橋孔以供航運者，則以用低位橋為宜。但軍部（指美國）因航運之故有雖為低岸河流，亦限定非建高位橋不可。

當二者可以自由選擇時，須加以精詳之經濟研究，比較二者之詳細估價，始可定奪。產業之損害及交通之擁擠，均須計及。此二項在高位橋中比在低位橋中易形嚴重。計算低位橋之原價應得運用及修養活動橋孔及其機件所需各費之基金化原價 (Capitalized First Cost) 與調換容易損壞之保護工程所需各費之基金化原價列入。二種橋位中車輛運輸之比較費用，尤須細加研究。低位橋對於橋上運輸及船隻往來顯有阻礙；而高位橋則否。欲將此種阻礙以金錢之價值表示之，固不可能，但工程司對於此問題之輕重，應有合理之權衡。苟高位橋之造價較低位橋超出不多，以採用高位橋為宜。

尚有一種橋樑介乎高位橋與低位橋之間，在某種場合頗為適宜。但須在事先細加審察。凡通常有多艘之低桅船隻，間有一二隻高桅船形來其下者，即屬此例。將活動橋孔置於最低位置時，有充分之淨空以供低桅船往來；置於最高位置時，任何船隻均可通過，則橋上下二種交通之阻礙，皆減至最小限度矣。但通常引橋 (Approach) 之原價因此增大，有時曳力 (Traction) 所須之費用亦增。

著者於橋工之經濟之第七章曾將現問題予以詳細之經濟研究。在該書中已證明低位橋比高低橋在鐵路上較在公路上利益為大；在公路橋樑中，經濟情形甚至相反，但是活動橋孔對於各種交通不無阻礙，因之低位橋因車輛上昇較低得來之利益為之減小。

高堤與高水位河岸線 (High-water Shore-lines) 接近與否，對於高位橋與低位橋之選擇大有影響；靠近時，超出高水位之高度究有若干，亦極有關係。

托式 (Deck Spans) 與提式 (Through Spans)

若某橋位或橋位之一部份，其情形可由吾人自由選取托式橋或提式橋，則托式橋常較為經濟，蓋有二因存焉：第一，托式之橋墩較低較短較小；第二，橋身 (Super structure) 之原價常——但非一定——較省。

建築一高位橋跨渡一通航之河川，有時能採用一個提式橋孔以便航行，其他各孔則建托式。但在河水甚深之處（橋墩建築費鉅）即採用極淺之托式橋身，孔徑之長亦恐失於過短，致橋墩 (Sub-Structure) 之原價過鉅，或發生水道阻滯之弊。若自橋之兩端至中孔為上昇坡度，托式各橋身之長度與高度勢將隨之改變，苟係鋼橋，在此種情形中萬不宜忘記五金工匠之磅價 (Pound Price) 較用平行緣骨 (Parallel Chords) 時為高，因為橋形複雜，緣骨不平行，廠中工作所費較大；同時托式橋之安放磅價 (Pound Price of Erection) 亦較大，因鋼鐵

之總重量較小也。但應用撐架 (Falsework) 時，安放之總價或可減省若干。

遇托式之公路橋或鐵路其車道須寬大時，一部份車道可於桁架 (Truss) 之兩邊向外臂懸 (Cantilevered)，於是橋墩之費用大為減少，橋身亦稍為經濟。如為提式之鐵路橋，則可於每個桁架之外，附一懸臂托架 (Cantilever Bracket) 上鋪單軌。但此法不適用於現代之公路橋，因為欲求汽車駛行無阻，除以白綫劃分車道而外，不宜採用其他方法，設有寬四十呎之車道，以綫條分為四車道，各寬十呎，當某時一個方向之車輛多於其相對方向之車輛，即可以車道之三供迅急之車使用，其餘一道留以為相對方向之車輛駛行。芝加哥有一橋可為濫用橋心沿石 (Curb) 者戒，因於晨時南向之車道異常擁擠，北向之車道等於虛設；至傍晚擁擠情形適與晨時相反。

橋上之坡度

主橋與引橋之坡度不但影響橋樑之總價，且常影響橋樑之經濟設計。鐵路橋之最大坡度通常規定為百分之一，公路橋規定為百分之五，但有時亦有將前者增至百分之二後者增至百分之六七之例。

通常高位橋之中部無坡度，兩端向下低斜；但有時亦有全橋均在一斜坡之上者。Maine, (Bath 之 Kennebec River 上著者所計劃之鐵道及公路兩用橋全橋，連中間之直昇橋孔 Vertical-lift Span)，鐵路坡度均為百分之一。在 Bath 一方之公路以百分之五之坡度爬升引橋及第一個主橋孔 (Main Spans)。二者之坡度均向 Woolwich 一方之山坡上昇。

鋼筋混凝土橋與鋼橋

決定某橋位宜用鋼筋混凝土橋或鋼橋，頗易發生嚴重之錯誤，何者較為價廉與材料運至當地後之單價大有關係。設兩種橋樑在適用上各方面皆等，鋼筋混凝土橋之造價又大出鋼橋無幾，則通常採用前種，因其修養費省也。一般人常以鋼筋混凝土之修養費為零，實則不然，凡稍存經驗者必知我言不虛。若水氣不與鋼筋接觸，修養費確極小；但遲早間水氣總可穿過混凝土觸及鋼筋，致生鐵銹，因銹而漲大，卒使周圍之混凝土剝落，此種弊害在鹹水中尤易發生。

選擇此二種橋樑時，除原價為修養費以外尚有其他因子，例如美觀，建築之遲速及交通之維持等等，應予考慮；且均能為最後決定之主因。孔徑過長，混凝土橋已不適用，與鋼鐵比較顯不經濟。

合金鋼與碳鋼

大多數鋼橋係用碳鋼造成；但長徑橋及直昇橋孔以用合金鋼較為經濟，尤以硅鋼 (Sili-

con Steel) 最佳，現中等徑長之橋亦漸採用，二十餘年前著者曾作種種精確而靡費之試驗，證明鎳鋼 (Nickel Steel) 應用於橋樑上之經濟，詳述於橋用鎳鋼一書中，向美國土木工程師學會提出。因此研究之結果，有數大橋已用鎳鋼造成，但因大戰爆發，需鎳甚多，鎳價飛漲，就不復用，戰後市價尚繼續而不跌落，最近用以建築橋樑始漸有經濟可言。Philadelphia-Cerudeu 間之懸橋 (Suspension Bridge) 即用鎳鋼建成。苟日後不被其他合金鋼，例如銅鋼 (Molybdenum Steel) 所排除，鎳鋼之致用必廣。建築紐約 (Hudson River) 上之一橋，規範書中規定加固桁架 (Stiffening Truss) 必用鎳鋼。

上述通論包括前已提過之正文前應畧加說明之概要。但正文頗不易下筆，因內中有二主題須加研究，即各式橋樑與橋位情形。二者雖可同時論列，但對於日後之讀者參攷上諸多不便，故不如先討論橋位之情形及與之有連帶關係之打基法和橋身安放法，然後以橋樑之種類結束之，指示其對於各種橋位情形之適宜性。惜此種論述法不免有重複之處，然而可將著者所欲着重之點特別闡明，亦為快事。

橋 位 情 形

水的各個問題

水 深

水之深度連同河底之性質及水流之緩急對於所計劃之橋樑，影響其孔徑之經濟長度甚大。通常若河底之性質及流速相同，凡河水深者，孔徑必長，因建築橋墩之費甚大也。

流 速

苟流速甚強，足以增大橋墩之造價，以採用較大之孔徑減少橋墩之數目為經濟。至於河水湍急異常，足使打基工程發生危險，勢必改用懸臂法或半懸臂法，則橋樑之設計已根本改變矣。惟有多年經驗之工程師方能決定橋樑之計畫如何而後可以與水流之情形恰相適合，彼必須根據長期之雨量記載及水標紀錄，洞察氣候之變化，方能料定承包人在實地建築時能遭遇何種最不幸而又可能之河流狀況。

洪 水

對於潦洪予以適當之預防，有時亦影響橋樑之設計甚大，蓋巨洪以極大之流速沖過橋下，必須橋墩之阻力減量最小限度而後可。故在未設計之前，應將該地之洪水情形細加研究；既當規畫孔徑與橋墩之時，此種重要事項亦必特為計入。

航 運

凡可供航運之河流，關於橫直淨空陸軍部(指美國)有管轄之權，亦足以影響孔徑與橋墩

之規劃者也。橋樑之總價較諸可以自由採用最經濟之計時，有時超出不少。故有經驗之橋樑工程司應明悉軍部所將要求之條件為何。偶或工程師隊(U.S. Engineer Corps)能給予設計者若干暗示，有時在未將各項圖表文件呈送至該隊之總工程司以前，彼等嚴拒洩露任何消息。

冰之情形

間或工程司亦可遇見一種特殊情形，即橋墩之計劃為冰之情形所限制也，目的在免除冰之擠壓。通常此種預防，增大孔徑之長度，加多橋墩與橋身之建築費。

鹹水抑淡水

橋位之水為鹹水抑為淡水，在橋樑設計上亦能成為重大問題，因鹹水侵蝕鋼筋較清潔之淡水迅速而效大也。此外鹹水或黑水中之 *Teredo Navalis* 及其他無數之小 *Denizens* 對於無保護之構木皆有若干破壞力。幸喜此種生物在泥面之下即不能為害；然橋下之泥面，並非歷久不變，故泥土之保護不足常恃。外露之木料可以甘油浸之 (Creosoting) 以延長其壽命。但此法亦不過畧勝一籌耳，因甘油日後逐漸溶散，結果原初之毒木已毫無損於 *Teredo* 之侵入矣，雖加甘油處治之木樁，可將最高水位與泥面下數尺間一段用瓦管圍護之，樁與樁之間則以灌漿 (Grouting) 或砂石不大之混凝土填實之。

過於不潔之淡水亦足以侵害橋墩之鋼鐵。當計劃一橋樑以跨過一穢川或汚湖時，此點不宜忘記。

橋 基 情 形

岩 石 基

橋基如遇岩石，橋墩之底面積可減至最小限度，荷無政府或其他阻難，孔徑長度自可達到最經濟之規劃。當然，岩石在水位下多深，岩石上之覆蓋物為何將決定橋墩之造價亦即經濟孔徑之長等於若干。經濟孔徑與所用之打基方法——氣箱法 (Pneumatic process) 開掘法 (Open-dredging Process) 抑為圍堰法 (Coffer-Damming) 用混凝土殼 (Concrete Crib) 中含打入岩床之樁——亦有關係。橋基之建築費隨上述各法依次遞減，經濟孔徑之長短增減亦同。

大 石 基 (Boulder Foundation)

凡大石基之空隙已由砂，卵石，及硬土所填實者，情形與岩石基大致相同。但底腳面積大多稍較用於岩石基者為大。

卵 石 基 (Gravel Foundation)

卵石基可別為二類，一凝結卵石，二疏鬆卵石，疏鬆卵石之空隙中常含有若干砂質。凝

結極緊之卵石，荷重力甚大，幾與岩石相等。荷河底不致有冲刷之虞，沉箱 (Caisson) 沉下時又能妥當，使底面之荷重可以平均分佈，則疏鬆卵石基亦為良好之橋基。疏鬆卵石之單位允許荷重力較大石基為低，但凝結卵石並不弱於大石。

砂 基

砂若能範於一地，不致被水沖動，亦為一種良好之基礎也。欲避免被水沖洗，須於橋墩周圍以柴排 (Mattress work) 掩蓋之，且用鐵絲縛紮以樹幹於上，使之加強；上再加亂石，即可不致被河底水流之力所掀起矣。

純砂之單位允許荷重力當然較卵石為弱，大小隨河底之最有害之沖流作用所能達到之深度而異。Ill., Cairo 地方著者所計劃之 Mississippi River Bridge 河床下八十呎即最低水位下一百呎深之純砂，荷重量達每平方呎 17,000 磅，作用於墩之下浮力不計算在內。如計入，則約為每平方呎 11,000 磅。

各種深度下各種材料之單位允許荷重力詳於著者橋樑工程學之第三十八章或其他橋工專著中。

在各種深度之岩石基與砂基，及樁基 (Pile Foundation) 所應有之經濟孔徑備詳於橋工之經濟之第十八章。

片岩或硬土基 (Shale or Hard-Clay Foundation)

片岩或不易被河水所軟化之硬土係一種良好之基礎。單位允許荷重力隨硬度而變。此種基礎常須築鋼筋混凝土之擴大底脚 (Spread Base)。因片岩或硬土軟化而生之危患，僅基礎甚淺時方有預防之必要。

軟 土 基

軟土及黃土 (Loam) 通常非加樁不能用作橋基。在木料終年可以侵於水中之地，可用木樁；否則須用鋼筋混凝土樁，有時亦有用曾經甘油處治之木樁者，但經若干年以後，因杉木料之時乾時濕及空氣經過土壤侵入木中，終不免腐敗。是以在此種情形之下木樁不能用於永久式之橋樑。

凡基礎常在乾燥狀況或決不致被水沖洗之處，可用淨混凝土或鋼筋混凝土之擴大底脚，不另加樁。但單位壓力應酌為減低。

淤 泥 基

淤泥不能作橋基，非打樁不可。能用木樁之處，如前節所述之情形，即用木樁；否則用鋼筋混凝土樁。

腐 塌 基

腐塌最不能用作橋基，須極力避免，或將墩基建於腐塌層，且下面較爲合用之基礎層；或用極長而足數之樁以承載全部荷重，樁間泥土之荷重阻力全勿計入。

橋基之總論

因橋基爲橋樑承載橋身及活重之部份，必十分堅實而後可，故萬不能因節省費用，致橋樑發生危險，此任何工程司所不能否認者也；然而事實上假定基土之荷重能力時常失之過大，結果自不堪聞問矣。是以每座設橋樑無論大小如何，均應有適宜之基礎，因不待侈言也。設計時，無論重要與否，必須鑽探土質，驗定岩層之地位（設有岩層）及上下各層之物質爲何，分佈情形如何。

打 基 法

普通之圍堰法

基深不過二十呎，滲漏之水不致爲害者，用普通之土圍堰，頗爲經濟。基礎較深，則可用好木料築成 Wakefield 板樁 (Sheet-piles) 但三十呎以上至四十五呎或五十呎僅鋼板樁能得到滿意而經濟之結果。著者主張與其用 Wakefield 板樁，不如用鋼樁，因鋼樁拔出後尚能使用，Wakefield 樁則於打樁時已被損毀。在某種情形之下，鋼樁尚須留置地下，以爲防止冲刷之用。遇此種情形時，橋墩築成之後，應將鋼樁打下，至頭部與最低水位並齊。

包工用鋼板樁時，偶有發生不幸者，但大多數由於彼等之慳吝與愚蠢；蓋彼等圖節省成本，採用長度過短斷面過輕之樁也。樁長應能入土五呎至十呎左右（視打入之土質之硬度而定），上面露上之長應使圍堰之頂足以防止洪水之汜入。若所用鋼樁之斷面大厚度足，則不甚堅硬之大石基或片岩層，均可打入。再於抽水時，添加橫料 (Waling pieces) 並在適當之上下加釘夾條 (Bracing)，足以防止樁腳向內灣屈。設不幸而發生弊病，爲包工者最好之辦法，只有將廢樁拔去，改用長厚合度之樁，另築一圍堰。除過深之橋基不能採用鋼板樁外，著者自認對於此法有所偏好。

木殼中以樁及混凝土實之

孔徑不大之橋，苟爲事實所許，最經濟之橋基爲一混凝土之土墩腰，建於木殼之上。木殼埋入相當之深度，在殼中打入足數之樁，然後將擁起之鬆土掘去，用 Tremie 灌入混凝土，高至抽水時不致發生危險爲度。以是再將殼內之水抽乾，以混凝土填至殼頂。如爲事實所許，填注工作應連續進行；苟不可能，則在開始新工之前，應將浮集於已注混凝土面上之浮漿剷去。

Tremie 若使用不得法，混凝土易自管中直瀉而出，致河水滲入混凝土中，將水泥洗去

。且非偶發即止，待後 Tremie 再裝入混凝土時，仍有發生之可能，是以許多工程司根本不贊成用 Tremie 灌注混凝土；但著者頗不以爲然。五十餘年來著者屢次應用 Tremie，未嘗或爽。有數次，灌注之混凝土經若干時日後，暴露於外，其良好與強硬不亞於凝結於空氣中之混凝土。

如不用木殼，可用鋼板樁打入地中，待後拔出。通常能節省經濟不少。工程愈大，鋼板樁之較爲經濟愈顯。

樁基橋墩可用於岩層距河底甚深及冲刷不致爲害之處。柴排護基工事，雖有所費，但較之用氣箱法或開掘法，經濟多矣。

木殼不用樁

在基底爲堅良之片岩，粘土，大石，卵石或砂，而不致受水流之冲刷者，可用一木殼埋沉於適當之深度，至木殼無滑動之危險而止。殼中用乾法以混凝土填實之。未抽水之前，可用 Tremie 混凝土堵塞所有漏口。與樁基橋墩同，亦可以鋼板樁代之。用木殼者宜於橋墩四周堆集亂石，以防發生意外之冲刷作用。

開掘法

約四十年前自著者第一次應用開掘法建造大沉箱以來屢試皆成，幾無一次可以提及之失敗。此法之所以優於氣箱法，在建築費每立方碼可省三五元也。設基下有無數樹枝之類則用氣箱法易於移去，而開掘法非另用一撈取者不可，因此費用亦增。撈取之快慢，與壓氣中之 Sand-hogs 比較，尤未免有遲鈍之感。

基底爲砂，卵石，硬土或大石窠者，開掘法最爲適宜。但基腳適在傾斜之硬岩上時，此法不能用。若基腳打入岩石甚深，則可用炸藥將底腳及周圍之岩床炸鬆，再將沉箱沉下。苟爆炸得宜，炸去面之承重力尙均於灌漿時，底腳碎石間之裂縫，可以填滿，故載重可以均勻。著者曾用過此法，但不願推薦於人，因所費甚巨，非至萬不得已不宜用。

約二十年前著者曾設計數座深基之橋墩，準備參用開掘法及氣箱法將沉箱沉下。惜結果未見諸事實。自後曾經試用頗見功效——其著者爲作者所計劃之 Kennebec River Bridge 橋基深達水位下 123 呎。每個沉箱均以開掘法沉下大半深度，再以氣箱法沉至終點。

著者應用開掘法，恐較其他工程司爲多，積經驗所得，深覺此法甚爲適用，並願介紹於各橋樑工程司，於經濟上可用時則用之。特別是拉丁美洲各國可以採用，因在諸國設置壓氣中機廠，所費不貲也。二十五年前著者在墨西哥建造各大鐵路橋屢用是法。

氣箱法

將沉箱送至岩床之上並妥爲安置，最可靠最安全之方法爲氣箱法。但求下沉時，容易妥當，尙有不少之額外開支。不過著者亦曾於岩床深不下於高水位 120 呎之處用之，蓋求岩石

削面能荷重平均也。若基底非岩石，則著者認為此法只能偶或用之耳。

鋼筒樁 (Steel Cylinder Piles) 打入極深之岩床

雖然著者從不會用過極深之鋼筒墩基，但曾想到，不過此法所費甚巨，非絕無他法可用時，不宜採用。鋼筒之直徑大自三呎至四呎。筒中掘空，達岩床，然後以混凝土填滿之，上端最好能伸入橋墩下部五呎至十呎，使整個橋墩合為一體。但河水不深，水流對於橋墩之沖力不大時，可於諸筒頂建鋼筋混凝土或淨混凝土板 (Slab) 一厚層，以承托墩身。

混凝土樁與木樁

前已提過混凝土樁之所以有地位者，因其抵抗潮濕變化之力強於木樁也。木樁即加甘油處治，亦非其比。但以打好後之價格而論比木樁每呎長約大二倍至四倍，故非必需時，不宜濫用。不過混凝土樁承重力大於普通木樁一倍有半，因其膚面較大也。

柴排護基

設橋墩周圍有被沖刷之可能，應用連接編成並經加強力壓住之柴排以得護之。此種排柴每平方呎不及二角五分，假定大小為 1000' × 140'，總面積等於 14,000 平方呎，值價約 3,500 元，故與費款甚巨之橋墩及橋身發生任何危險時之損失比較，不可同日語也。

橋身安放方法

一座橋樑最妥當之橋身安放方法為何，對於孔徑及橋墩之規劃，影響甚大。桁架橋最簡單而通用者為架設撐架 (Falsework) 次之為懸臂法或半懸臂法，再次為浮法，最後一種為高位橋之採用臨時托橋，排架橋 (Viaducts) 及板梁引橋以用懸臂活動吊機 (Cantilevered Traveler) 逐步安放，最為穩當經濟。

撐架 (Falsework)

苟河水不過深，河床不過於鬆軟，不須用極長之樁，則撐架實為最容易最經濟之安放法。但撐架在水流之方向，應有堅固之夾板 (Bracing)，與橋心平行之方面，亦應有橫夾板。均須釘於水面上適宜之高度，以免與一切浮飄相衝突。若用此法安放橋身，則最良之設計，為孔徑與橋墩之平均值，以每一呎長計，最小；理詳見橋工之經濟一書中。

懸臂法及半懸臂法 (Cantilevering and Semi-cantilevering)

設用懸臂法安放橋身，則孔徑與橋墩之規劃，與用撐架法時，大不相同。苟河水不深，流速不大，橋位不高，懸臂法實無利益可言；但當河水深，流速急，或因航運故須有關大之淨空時，懸臂法或半懸臂法，常較經濟。所謂半懸臂法者，係右橋墩上已安好之單桁架之一端，裝設 Toggles 以便安放相隣之桁架；安好後再將 Toggles 取去。就著者所知，此法在著者若干年前為日本所設計之一鐵路橋上最先試用。

浮 法 (Flotation)

設水流甚深垂直淨空不大，浮法頗為經濟，特別是橋身相同之長桁架橋用之最當。過去二十五年中著者屢次採用，每次皆省下金錢不少。有時因為調換橋身，同時須維持交通，或架搭撐架為事實所不許或太貴，此法為惟一之方法。但橋位甚高時，浮法非危險性過大，即所需費用過鉅，殊不適用。

臨時橋身 (Temporary Spans)

設河水異常深，孔徑異常長，淨高又異常大，用浮法安置橋身於最後之地位，既危險，又昂貴，此時可用一對比較輕的桁架，用橫連條 (Horizontal Bracing) 連結之，先於岸上釘好，再浮至當地，上昇至恰當之高度使臨時橋之上緣骨在正式橋身之下緣骨以下少許。著者即用此法安放 New Orleans 附近 Mississippi 河上一大高橋。據後調查此法以前已經採用過，至於用一臨時之三鈕鋼拱橋 (Three-hinged Steel arch) 以安放混凝土拱橋，則數見不鮮。

各 式 橋 樑

鋼筋混凝土板橋或樁架木橋

(Reinforced Concrete slab or Timber Deck on Piles)

公路上跨過沼澤地或淺湖之橋，橋面高出高水位不過數呎者，混凝土板橋或木橋，頗為適宜。最好之一種為鋼筋混凝土板橋，鋪於鋼筋混凝土樁排 (Bents) 之上能加中心距離為十五呎之連樑 (Caps) 更好，不加亦可。在永久式橋樑中，此為最廉價之一種。

另有與此同類木橋，用木板側立 (On Edge) 排到，成堅實之路面，架於樁排頂木連樑之上。上鋪瀝青混凝土路面 (Bitulithic Pavement)，所用木料及樁均須用甘油處治。在淡水中若不被火燬，此種橋樑大約可用二十五年，但在鹹水中，除非用污水管或其他有效方法，防止害蟲之侵蝕，壽命不能至二十五年之久。因有被火焚燬之危險，甘油處治亦貴，此種臨時式橋樑以少用為妙。如不加甘油處治，則木材不出十年左右，即已損敗，想及調換時之維持交通之困難，在經濟上實嫌壽命過短。

混凝土排架橋或木排架橋

(Reinforced Concrete or Timber Trestles)

與前節所述之情形相似，但水較深樁較長之處，公路及鐵路上有一種常用之橋樑，是為混凝土排架橋。橋為 (公路用) 薄板架於鋼筋混凝土做空縱樑上，縱樑再置於鋼筋混凝土樁排頂上之鋼筋混凝土連樑或橫樑上。如為鐵路橋，則平板應加厚，並須製一槽，以便安放枕

木及鋼軌。此式橋樑與平板橋同等適用，但價較貴。

同樣，類似之公路排架橋，亦可以用甘油處理過之木材及鋼托樑(Stringer)與側放之橫木板構成之，排墩為已處治之椿及已處治之木連樑。其耐久性與上述之臨時橋同，亦有遭火之危險。每呎之價格增加不少，因添用鋼縱托樑也。

鋼筋混凝土拱橋

適合於建造鋼筋混凝土拱橋之條件如下：

1. 離水面不深即有堅固之岩石基
2. 水面下不十分深處，為片岩硬土或卵石基而不致被沖洗者。
3. 中間為較軟之物質，橋墩非用椿不可，但橋台(Abutment)處為堅硬而固定之物質，可以承受拱身之超出橫推力(Unbalanced Horizontal Thrust)。在此種情形中，橋身不能過長，因中間橋墩無抵抗橫推力之能力也。如為長橋，則可於中間酌建橋台式之橋墩，以抗禦上面所說之超出橫推力，不過墩基之深，須使埋入較堅硬之泥土中的一部份，其垂直面積足以抗受推力而不致使周圍之泥土受壓過甚。

換言之，即椿不能承擔垂直於其椿長一個方向之荷重。其基本工程原則常被不慎之橋樑設計人所破壞；結果我國有不少之橋樑隨時有發生危險之可能——事實上已經有許多已敗壞。因為混凝土拱橋既壞之後，無法修理，故若干橋樑只得完全毀碎，或任其荒棄，斷絕交通。

目前在橋樑工程中發見一種最嚴重之錯誤，即有人於不適宜於建築混凝土拱橋之地，採用此式橋樑。有多少工程司偏重鋼筋混凝土拱橋，故錯用拱橋之責，此輩應負其咎。甚至有人認為鋼筋混凝土拱橋任何地點都能建築，此說實大謬不然，試思在一個很深很闊之爛泥地亦能建築此式橋乎？誠為一大笑話！

板梁橋 (Plate-Girder Bridge)

若孔徑甚大，板橋樑通常為最經濟之一種，特別用於鐵路托式橋及高架鐵路(Elevated Railroad)上為宜。鋼排架橋照例均用板梁除非橋面高出地面太大，因此非用 Open Web 不可。此外，在普通之橋位情形用椿作樁基者，亦常採用板樑為橋身，較為經濟。

鋼排架橋 (Steel Trestle)

跨渡深壑或用作引橋，通常鋼排架橋為最經濟之一種。設橋面離地不高，則用鋼筋混凝土排架橋，架於橋座(Pedestals)或小橋墩上，稍較經濟，尤其是修養費在經費比較中佔重要地位之時為然。

單桁架鋼橋 (Simple Truss Steel Bridge)

在一般河流及湖（除極淺之湖宜用排架橋外）之渡口，單桁架鋼橋，或為提式，或為托式，均為最經濟之橋。前已提及，在當架橋中橋架之經濟孔徑過長，板樑不能用時，亦宜採用桁架橋。

懸臂橋 (Cantilever Bridge)

應建懸臂橋之處，為水深，流速大，橋面離地或高水位高，或因航運淨寬應大之時。與一聯的長單桁架（例如長四百呎以上）比較，用懸臂橋有時可省下多少鋼，不過懸臂橋所用之鋼，磅價較貴。曾經有一時好建短孔徑之懸臂橋，但是工程界即刻知道為不經濟之辦法，特別是不及單桁架橋之堅固。懸臂橋之正當用處是在無法搭撐架或太不合算之河川上及跨過極深之谷壑建築橋樑時，方才適宜。

比較單桁架橋與懸臂橋之設計，將發見懸臂橋中橋墩上之荷重較桁架橋為大；而橋墩上之造價，隨荷重而增大，是以懸臂橋墩之造價必較大。但有一例外，即當單桁架甚長，桁架間之中心距離大過交通上所必須之寬度時，不然。例如一單軌鐵橋共有三個提式單桁架橋孔，各長 420 呎，則桁架中心面之垂直距離應長 21 呎；而列車只須 18 呎足矣。18 呎寬之橋通常可用一個 486 呎之中部懸臂橋孔，兩邊各用一個 387 呎長之 Anchor arm。但邊孔長 387 呎時，橋寬應為 19.3 呎，若改用 510 呎之中部懸臂孔，將兩邊之 Anchor arm 照數縮短，則桁架中心面間之距離將為 18.9 呎，適為 375 呎長之 Anchor Spans 所須之寬度。與桁架橋較，短 2.1 呎。即路面部份與頂底之連接部份 (Lateral System) 所用鋼鐵之重量減少，每個橋墩亦可縮小 2.1 呎。由此二項所省之費用或可以與懸臂桁架之鋼鐵應加重及製造時磅價較高二種額外開支相抵償。

在長橋中，例如在 1500 呎以上，有時用一種懸臂式之設計即用一個懸橋孔，一個懸臂孔，一個 Anchor Span，另接一個懸臂孔和一個懸橋孔，比較用三個孔徑相等之單桁架為廉。兩種計劃中之橋墩數皆為四。

約十年前著者曾為某國計劃一低位橋，參用懸臂橋孔與活動橋孔——成為直昇式，或為雙翼吊式——二式。此橋之計劃於橋工之經濟一書中曾述及之。但至今未曾建築，其他各處亦罕有採用此種混合橋者。

在特殊情形中，因縮短工作時間起見，全國懸臂橋不妨用撐架安放，採取懸臂式之用意，不過預防萬一流速甚劇時，主要橋孔之撐孔無法架搭也。

懸臂式優於拱橋及懸橋，主要處在橋墩上之荷重是垂直的。單桁架橋亦有同一優點，自不待言。

鋼拱橋 (Steel Arches)

美國工程司過去對於鋼拱橋似未加以合理之注意，因不明其經濟所在，而應力計算較為辦公室中，工廠中及建築地所需之時間較多，製造之磅價較巨故也。此式橋樑之主要點優

爲：

1. 比其他鋼橋美觀，
2. 鋼之總量較輕；
3. 橋墩費或可減少。

其主要之缺點爲：

4. 計算及繪圖之費用大；
5. 製造之磅價高；
6. 在通航之河川上，拱腰部分(Haunch)之頂空或不足；
7. 安橋費或——但少有——大；
8. 因計算之繁複，所須圖樣之衆多，在廠中製成拱形之麻煩，與夫安放之不易等等，無論在辦公室中工廠中或建築地進行未免較緩；
9. 只有橋台有堅固之基礎時方可採用。

適宜於鋼拱橋之情形爲

10. 深而狹之山壑，兩岸爲岩石，能以一個橋孔跨過者；
11. 任何深而無水之谷壑，須建一個或一個以上之孔徑者；
12. 任何不通航之小川，兩岸爲堅實之岩石者；
13. 城鄉中任何特殊地點，其基礎並非過於不能用者。

拱橋不能適用之地點爲

14. 基礎過弱，不足以抵抗推力之水平分力者；
15. 橋面不高，致拱橋在經濟上及外觀上過厭低矮者；
16. 全河面均須有最大之航行淨空者。

美國有若干桁架橋在經濟上及外觀上可改用拱橋。須知民衆對於橋樑之美觀亦願給付相當之代價。

鋼拱橋橋台如有在垂直方向或水平方向發生移動之可能，即不宜用，因爲設法糾正，雖非不可能之事，但異常靡費，且不能防其不再發生。

懸臂拱橋(Cantilever Arches)

在某種情形，例如中間需要一個拱橋孔，兩邊需要一個比較長的單桁架橋，則可改用懸臂橋。將兩邊之桁架以半個拱形代替之，最好與主孔在相接處與主孔彼此對稱，半拱之末端再懸住一個短的桁架。用此法可省下材料不少。若所懸之桁架製成拱式，於是主孔之兩側陪襯住一個相似之半拱，異常悅目，雖所用材料稍多。

懸橋(Suspension Bridge)

雖然有幾個橋樑工程司不以爲然，但著者深覺懸橋無論在經濟上或效用上的均不宜，用作蒸汽列車之鐵路橋。在橋工之經濟一書中，著者已經證明在實用範圍之內，懸臂橋比懸橋均較經濟——且比較堅固。但用作公路上或電車上，則孔徑大過1000呎時，懸橋常較低廉。

建築懸橋之主要條件爲每個Anchorage均須有堅強之基礎，足以抵抗懸索(Cables)中拉力之水平分力。例如橋位爲沖積土，懸橋自不能用。直立樁雖可用作Anchorage之基礎，但不能藉以抵禦任何水平力，斜樁爲一種補救辦法，但不可靠。在Anchorage前面之土，應十分堅實，具有抵抗懸索中全部應力之水平分力之阻力(安全係數至少應等於2)，雖然底脚之摩擦力能爲一臂之助。

連續桁架橋(Continuous--Truss Bridges)

在某種情形，採用連續桁架橋，可減省用費不少，其條件如下：

1. 絕對堅穩之基礎，因爲橋墩發生任何移動，異常不利；
2. 極長之孔徑——600呎以上；
3. 減少用料至最小限度成爲必要之要求。

在橋工之經濟一書中，已證明連續桁架橋用Divided Triangular式比用Petit式或Pratt或爲經濟。

連續桁架橋宜於用懸臂法安放，因其構肢之應力本可以正負對變，故不必另爲加強以抵抗安放應力矣。

旋轉橋(Swing Spans)

雖然在幾種地方，用旋轉橋可以用數字表示他的經濟，但因他種關係，著者認爲旋轉橋實爲一種舊式橋，絕不適合現代交通之需要，此式橋樑爲一種笨拙之建築物，轉動時需要很大的水平面積，防禦經過船隻，需要很費錢的防護工程。河中之橋墩對於航行徒爲一種障礙。而且與直昇式或吊橋式比較，動作上異常遲緩。

比較此三式活動橋之原價時，應將修養及調換臨時保護工程各費之基金化原價列入。若使用費相差甚巨，亦應將此項開支基金化，加入每式之總價中，以資比較。然而即使旋轉橋顯得經濟，轉動時之不便及停止交通之時間，宜予以充分之考慮。

有許多著名之鐵路工程司關於旋轉橋效率之低小及其古舊，與著者完全同意。

吊橋(Bascule Spans)

在橋孔比較狹，特別是淨高應大之處，吊式比直昇式經濟；但對於內河航運殊不然。吊橋僅在橋孔狹隘同時有高桅船隻往來其間者，始有經濟之優越可言。此問題已詳述於橋工之經濟一書之第三十章。在該書中已指明淨高並不十分大於淨寬時，仍以直昇式爲佳。比較吊

橋與上昇式時，橋墩爲一重要因子。橋墩之主要條件愈劣，直昇式愈見優長。關於使用之方便與費用，此二式活動橋所差無幾。在某種處所雙翼托式吊式（Double—Leap Deck Bascule），因其美觀，可用作公路橋。

直昇橋 (Vertical Lift Spans)

經三十年來之採用，近代直昇式橋孔在各式活動橋中爲跨過通航河流最經濟最滿意之一種。在使用時穩妥而迅快，與其他活動橋比較，很少發生障礙。在形式上比頭頂上帶有對重，（Overhead Counterweight）之吊橋，美觀多矣。

設計橋樑時之初步究研

以前各鐵路公司之當事人及橋樑之發起人，極不願在測量上鑽探上設計上及估計上，花費充分之時間與金錢，以決定最良之橋應爲何式，故結果有若干橋樑設計不良，有若干企業謀畫不周，自銀行家或理財家投資於徵收通行稅之橋樑（Toll Bridges）以後，形勢爲之一變。因爲資本家願意知道他所應支付之銀額幾何？所買進之橋能耐用多久？投資之收益究有若干？現在有幾個橋樑公司已特別做運輸研究之工作，鑽探上所花之錢，亦較以前加多。此種情形，理所當然，因爲在初步研究時多費一元，將來在建築中可省十倍之多也。

鑽探橋基時，應仔細考察墩下土壤之承重力，特別在土質爲片頁及粘土之處，片頁有時雜於粘土中，有時與水平方向成極大之傾斜角，受橋墩或橋台之重壓時，足以發生滑動。

在通航之河川，應詳細研究過去現在及將來之航運情形如何。 （下畧）

澗河橋樑工程

韓伯林

吾國公路建設，一日千里，公路橋梁之興築，亦與月俱增，豫省澗河橋即其偉績中之一例也。橋凡30孔，計長360公尺，費139,509元始底於成。韓君親主斯工；本文即詳述澗河橋之地理環境，橋位選擇，施工前之調查與測量方法，設計概況，施工經過，並附計算及工作統計兩表，頗可為從事公路橋工者之借鏡，其末述混凝土施工諸要點，更可為施他種混凝土工者之他山之助。

概述 澗河係淮河之支流，承豫鄂間大別山脈(一名桐柏山)之水，河面遼闊，河底淤淺，低水位時，狀若小溪；高水位時，則闊達三百數十公尺，光緒十六年間，洪水暴發一次，四周田地，曾被陷沒，距河六里之五里店鎮，亦遭水災，旁河之山，被水沖其半，迄今遺痕猶在，今信漢段(信陽至潢川)道貫於是，信漢段係全國經濟委員會定為京陝之幹道，關係開發西北甚巨，前為浦信鐵路之路綫，所經區域，俱屬豫省精華，將來之榮，固未可逆料者也。

事前之測量 設計橋樑前，必先有測量之記載，庶設計有所準繩，測量分三種：曰材料調查，即調查附近可資利用之材料與運輸情形；曰水文測量，測量河身斷面在高水位中水位低水位時之變遷，洪水之久暫，流域之形狀及面積；曰地質測量，研究河床岸之地層，河床至岩石層之距離，附近橋基情形等；茲將澗河測量結果歸納如次。

(A.)**材料調查** 河中多黃砂石子，堅實清潔，頗合於混凝土工事，沿山松樹頗多，直者可利用為樁木，曲者可用為支木及模型板，距平漢鐵路僅六十里，水道有筏，陸道有汽車牛車距漢口亦近，故購料尙稱方便也。

(B.)**水文測量** 橋位上下游附近處，河岸似成平衡狀態，但每次大水後，河底稍有變遷，即西岸河底積沙增高，而東岸河底則仍如故，最高水位暫定每年雨水時期，每次漲水之大小，視橋位上游數十里處雨量及其時間而異，照現在情形而言，每遇陰雨數日，即漲大水；二三日後，若上游雨止，大水即行退去，仍成涓涓細流，高水位測得為114.605公尺。東岸河底最深處約一公尺，西岸河底則盡係積沙，最低水位即每年雨稀時期，或每次大水過後六七日，現測得為108.53公尺。

(C.)**地質測量** 東岸均係黃土，中雜石灰質及小卵石，堅硬異常，下半公尺即淡綠色之砂，中亦雜有卵石，再下一公尺，即為堅硬不透水之黃斑土，近東岸之河床情形，大都如是，西岸係積沙，上結荒草，河床多流沙，厚約二公尺，下均為卵石，愈上者其徑愈大。

橋位之選定 橋位須擇河流平直，河面狹小，地質良好，與河流成正交，距彎曲處稍遠者方可，蓋小橋位之決定依路綫，而大橋位則路綫隨橋位，決定時，不僅此較橋樑本身之價格，同時顧慮路綫改道之費用，今信漢綫適交澗河彎曲甚，彎曲徑頗大，雖改道亦不能避免，舊有之臨時木橋，係在兩曲線之撓點(Point of inflection)上；其弊在高水位時，兩岸橋台受迴漩流，今橋位畧向南移，適當曲線之頂點上，如此則僅東岸凹處受迴漩流而西

岸出處毫無影響，而東岸土質堅硬異常頗足抵抗冲刷也！

設計概要 根據以上種種測量調查之結果，決定採用永久式之鋼筋混凝土丁字樑，定每孔跨度為十二公尺，全橋分三十孔，計三百六十公尺，載重設計標準為十二噸壓路機，或每平方公尺七百公斤之平均載重，橋面闊為五公尺，以備兩汽車平行駛過，橋面厚15公分，每隔15公分置 $\frac{1}{2}$ " ϕ 鋼筋一根，二外樑各高一公尺，寬三公寸鋼筋 $\frac{3}{8}$ " ϕ 八根，三內樑（丁字樑）在橋面下各深八公分，寬三公寸五，鋼筋1" ϕ 九根，橋面高定為116公尺，高出最高水位約一公尺有半，為求排水及美觀起見，乃增備千分之一之縱坡度，每墩打五公尺長，梢徑十五公分之小樁二十七根，每根承重九噸，如地土太壞，得另換打八公尺長梢徑二十公分之大樁八根，橋座一律用小樁五十九根，第一層基礎為一，四，八配合，二層基礎為一，三，六，橋柱橋台橋面均為一，二，四；磨擦面為一，四，八，橋面設計均為懸擱式 (Simply support)，而非連續式 (Continuous)，兩橋面接頭處以油氈分開，以防將來修理時影響附近另一孔也，樁頂低于河床約二公尺左右，所以防洪水之冲刷，為求安全起見，每墩前加拋亂石三十公，方每塊重至少為四十公斤，太輕恐為水流帶走，毫無所用也，(詳圖從略)。

預算表 設計後即為預算，其預算表如下：

信漢段灑河鋼筋混凝土丁字橋樑工事預算表

種類	形狀尺寸	單位	數量	單(元)價	總(元)價	備 攷
材料費						
洋灰	大治寶塔牌	桶	3210	1200	38520.00	以下材料 運費在內
石子	$\frac{1}{2}$ " \rightarrow 1 $\frac{1}{2}$ "	公方	1566	300	4678.00	
石子	1" \rightarrow 3"	"	653	200	1306.00	
沙			1110	050	555.00	
鋼筋	尺寸詳圖	公噸	125	190.00	23750.00	
鉛絲	"	"	250	300.00	750.00	
角鐵	2 $\frac{1}{2}$ " \times 2" \times $\frac{1}{4}$ "	"	640	190.00	1216.00	
水管	1 $\frac{1}{2}$ " ϕ	公尺	1350.00	080	1080.00	
釘子	3" \rightarrow 6"	桶	40.00	20.00	800.00	
油氈		公面方	560.00	080	448.00	
地基樁	150 ϕ \times 5000	根	847.00	5.00	4235.00	模型材料 為全橋 $\frac{1}{5}$
模型板	50厚	公面方	2850.00	3.50	9975.00	
方木		公方	14.00	60.00	840.00	
架木桿		根	240.00	5.00	1200.00	
支柱		"	204.00	3.00	720.00	
架木地樁	150 ϕ \times 5000	"	240.00	5.00	1020.00	17孔地基 在水面下
板樁	70 \times 4000	公面方	500.00	4.00	2000.00	
蔴繩		公斤	640.00	0.50	320.00	
					93433.00	

工費							
挖地基		公方	1500 00	0 30	450 00		
打地基樁		根	847 00	4 00	3388 00		
打架木地樁		，，	612 00	2 00	1224 00		
打板樁	70×300×4000	塊	1050 00	2 00	2100 00		
打混凝土	1:2:4	公方	1566 00	3 00	4698 00		
” ” ” ”	{1:3:6	公方	653 00	2 00	1306 00		
安裝鋼筋	{1:4:8	公噸	125 00	20 00	2500 00		
裝卸模型		公面方	8600 00	0 30	2580 00		
打水工		工	1100 00	0 30	330 00		
木工		工	3600 00	0 50	1800 00		支架模型
工地搬運		公噸哩	2900 00	0 40	1160 00		
橋頭填土		公方	500 00	0 40	200 00		
欄杆		孔	28 00	20 00	560 00		
工費共計					22296 00		
監工養理及 雜費					4000 00		
					119729 00		

【註】；其他附加工程如橫撐，大樁，亂石等：預算尚未確定故未列入

施工之經過

1. 定標概 開工之前，須先定橋位之標概，(A.)定橋之軸線，橋之軸線即橋位線，橋之地位與方面概選定後，乃用經緯儀於此線上，每隔十二公尺定一概，此概位於橋孔之中心，則將來定橋墩位時，以此為根據，(B.)定水準點，軸綫方定，乃近軸綫旁設立五水平樁，計兩岸各一，河中三，各水平樁四周均以混凝土澆實，俾不得稍有動搖，然後用水平儀測定其高度，以為各墩施工之準備。

2. 施工大要 河水東岸深而西岸淺，故施工乃東岸難而西岸易，且以材料運輸工場管理之便，決先從西舉動工，而逐漸向東造展，開工期適為夏季，正值洪水高漲之際，進行稍緩，蓋以求水退後，水外工作較便利也，西岸各墩均在水外工作，東岸各較適在水中，但因河水較淺，乃將西岸各墩施工所挖出之沙，逐漸淤填，使河道成僅七公尺之小流，則東岸各墩仍能如西岸之工作于水外，此法雖笨，但于管理，經濟實較改用夾板樁勝多多矣，橋墩完成後，繼為橋柱橋面，順序進行，橋面分從兩端進行，中間另塔木架，便利搬運，詳細施工，敘述如次：

(A.)地脚 地脚施工最感困難者，厥唯流沙，以及沙中之流水，地脚第一步工作為打邊樁，用樁二十根，圍成五公尺寬八公尺長之土坑，邊樁長約五公尺，梢徑十公分，以沙卵石與木之磨擦力頗大，平均每平方呎約一千六百餘磅，故打邊樁時，亦用懸鏈式之打樁架，錘重六百磅，每日可打十三根左右，第二步為打板樁，打板樁時，即須挖沙，自此起開始抽水工作，抽水有時賴汽油抽水機，有時賴人力，視水流之速度而異，第三步為打地丁樁，打丁樁用1200磅之重錘，日夜工作，大樁約須十二小時完成一根，小樁四小時完成一根，全墩打完約須四晝夜，東岸土質賢實，均用小樁，入土長度自三公尺至三公尺半，西岸多流沙卵石，入土長度均在五公尺以上，並加大樁八根六根四根不等，每樁之載重平均約十三噸超過設計多多，試樁公式為。

$$P = \frac{WH}{0.1+5D}$$

“P”安全載重，以公斤計；“W”錘重，以公斤，計；“H”錘距，以公尺計；“D”最後數錘每錘平均入土深度，以公尺計。

第四步為搗一，四，八混凝土，搗時仍用人力機力抽水機，模型板外四周掘以深溝，較底脚尤低，庶水不致侵入，用乾和之混凝土，待水分已少，乃致用濕和混凝土，分三層夯打，無祈達堅實為止，自邊樁起至第一層底脚完成止，約須一千餘工，佔全工數之三分之二。

(B.)橋柱 橋柱包括一，三，六二層底脚，與一，二，四混凝土柱身，因水流施工困難，故底脚完成後，即開始紮鋼筋，並裝二層基礎模型板，以求減少抽水工，固水頭 (Water head) 已減，流速變小，一人力水車已足應付，二層洋灰施工與頭層同，自紮鋼筋至二層洋灰全成為止，約須六十餘工，乃繼續裝橋柱模型板，柱之中段，均開小門，以便傾倒混凝土，俟滿達中段小門，乃將門臨時釘起，所有混凝土均自柱頂傾入，施工時，有工人以長鐵條逐段搗實，所有工作一次完成，用膳時，工人輪替工作務希實際與理論符合，自裝模型板立搗完為止，約一百六十餘工。

(C.)橋面 橋柱工作既竟，即為橋面，施工之初，即於橋面下打二公尺長徑十公分左右之小樁數列，上鋪架木板九排，每排上豎支木五根，共計四十五根，承載橋面模型板及混凝土之重，裝鋪模型板及灣紮鋼筋，計共須二百餘工，搗鋪橋面時天日曉開盤，薄暮完畢，計晨間搗完二外樑，上午搗完三中樑，下午搗鋪橋面搗工約百餘，所有欄杆均活動，以備來日毀壞之修補。

(D.)磨擦面 全橋橋面完畢，乃鋪搗一，四，八磨擦面，其橫坡度為1:50，先做一樣板，施工時即依之刨光；全橋分三段搗，每段計120公尺；以混凝土有伸縮性，其結頭處多塞墊柏油油氈，計磨擦面完成，須三百餘工。

3. 混凝土施工之要點。

- A. 所有模型板，均須用麻及紙塞緊。
- B. 搗混凝土前，模型板須濕以水。
- C. 搗後須常澆水，以得充分之養，澆水次數愈多，應力愈增夏季宜以麻袋掩蓋加濕，免受陽光直射。
- D. 混凝土所用水分之多少尙成工程家聚訟之點，不宜過多，亦不宜過少，普通施工時有 Slump test，驗其是否與設計符合，但經驗上均以捏于手中不漏漿爲度。
- E. 卸模型板之遲速，視受重，氣候，溫度，而異，受重小者可速，氣候溫較氣候冷爲速，南風較北風爲速。
- F. 冬間宜防水分結冰，宜加鹹或碱，蓋草，沙石子炒熱。
- G. 木面塗石灰漿或肥皂漿或油，以便撤卸。
- H. 混凝土混和均勻與否，可由顏色及混和時重量是否均勻決定。
- I. 混凝土搬運時宜快，不應有遺漏，沙灰漿與石子最忌分析，故倒時宜低宜重。
- J. 搗時宜逐層有規則，不宜高堆，而防空隙。
- K. 所有沙石子水，均須清潔。
- L. 模型板須堅實易撤卸。
- M. 重要部分最好一次搗成，如不得已中間結頭處應加富配合之沙灰一層。

統計與結論 瀾河橋進行，前後將及一載，工程艱難，費用浩大，在近日中國公路橋樑中，尙不多觀，茲特將可資參攷之統計彙列如下二表。

表一 工之統計

工別	全橋 30×12^m	每孔 12^m	每公方混凝土	每公尺樁	備 攷
木 工	9408	313.6	4.87		1. 挖土打樁 用五匹馬 力抽水機 一，故實 際上數字 較大
挖土工	4230	141.0	2.20		
撈石工	1962	65.4	1.01		
鐵 工	1480	49.3	0.76		
洋灰工	5400	180	2.80		
雜 工	4330	144.3	2.25		
打樁工	8374	279.1		2.09	
抽水工	9544	318.1		2.65	
總 計	44728	1490.8	13.89	4.74	

表二，一立方公尺混凝土所需材料之數量

容積比	水 泥(桶)	砂 (立公方)	石子(立公方)
1:2:4	1.96	0.45	0.90
1:3:6	1.35	0.46	0.92
1:4:8	1.00	0.46	0.92

混凝土工程，實為近代工業之象徵，充分表現分工制度之效率，設全橋不用水泥，而用石料，則時間與經濟二者，相差誠不可以道里計，而在吾生產落後之中國，事事物物依靠外人，而唯混凝土工事，所用國產材料最多，維持費在各種橋樑中亦最省，誠最合理最理想之工事也。

林以去歲九月間奉令主持橋工，深慮隕越，今幸落成，特將該橋經過情形草成是篇求正於工程專家。先後參與橋工者，有全國經濟委員會工程師呂君季方、蔣君放，建設廳技正羅君世榮、築路處工程師趙君慎、橋羨君書田，監工員徐君嵩齡、李君先梅，承包者江西南昌合興成公司。

二三，十二於工次。

國粹之各式橋樑

葉 彧

梁橋 古無橋之稱，僅曰梁，成徒杠，說文梁水橋也；徒杠，橫木也。蓋原始因行走之需要，橫木於水之上，以代越涉，其雛形今不難於陋鄉僻邑中見之；然同時因地方性之不同，宜於此者，不必盡適於彼，如小溪細澗，產石特多，『聚石水中，以為步渡』者，必較徒杠之梁為夥，此狀今何獨不然？而此等橋皆最初步之橋樑也。惟橫木為杠或梁，聚石為橋或筏，（見爾雅石杠謂之筏。及廣雅筏：步橋也）遇河寬如何？遇水深如何？必也於中增加間數，或造梁於舟，以濟其短，因承梁之柱之不同材料，有木柱橋，石柱橋及木石混合橋，鐵柱橋之別；而浮橋另一類焉。唐六典謂『天下…木柱之梁三；皆渭水，使橋中渭橋東渭橋』舊唐書新唐書李昭德傳『利涉橋歲為洛水衝注。常勞治葺，昭德創意。累石代柱』此木橋與石橋之先例也。至於木石混合橋，則有關中記載：『渭橋廣六丈，南北二百八十步，六十八間，七百五十柱，一百二十二梁，南北有堤激，立石柱，柱南京兆立之，柱北馮翊立之，橋之北首，疊石水中，謂石柱橋，董卓入關焚此橋』雖云石柱橋，然柱之石壘者僅北首耳，否則董卓何以能焚？其餘如木柱與石墩混合，今四川灌縣竹索橋，尚留其例；惟橋上建木構房屋者，今亦數見不鮮，但以浙閩為多，惟橋屋之建，非僅為美觀，事或出非得已，閩部疏謂：『閩中橋梁甲天下，雖山坳細澗，皆以石柱梁之，上施檁棟，都極壯麗，初謂山間木石易辦，已乃知非得

已，蓋閩水怒而善奔，故以數十重重木壓之』，至顯明也鐵柱橋則僅見江西；浮梁縣志謂：『浮梁東五十里臧灣，宋時里人臧洪範鐵柱十二，架木爲橋，至宋末毀於兵燹』其餘則不得見矣。至於造梁於舟之浮橋，其制亦甚早，詩經大雅：『親迎於渭，造梁於舟』；但記述較詳者則如唐仲友修中津橋記：『爲橋二十五節，旁翼以欄，載以五十舟，舟置一錠，橋不及岸十五尋，爲六棧維以柱二十，固以榿筏，隨潮與橋岸低昂，續以版四，鍛鐵爲四鎖以回橋，紐竹爲纜凡四十有二，其四以維舟，其八以扶橋，其四以爲水備，其二十有六以繫筏，繫鎖以石困四，繫纜以石獅十有一，石浮圖二；』固知今謂鐵牛用以鎮水者，皆與石困，石獅石浮圖同一作用耳。後世易浮舟爲石墩，墩之銳前殺後，似亦脫胎於舟。今閩省之橋。尙縷繇如舟式者，仍未忘舊情也。

惟柱也，舟也，常爲航行之阻，欲免此礙，遂有飛橋之創，飛橋不用舟與柱或墩，自兩岸挑梁，層疊相次，至中以橫梁及板聯爲一體；宋史陳希亮傳：『希亮知宿州，州跨汴爲梁，水與橋爭，常壞舟，希亮始作飛橋無柱，以便往來，詔賜縑以褒之，仍下其法，自畿邑至於泗州，皆爲飛橋』飛橋今西北一帶仍常見之。

拱橋式 最近洛陽發見周末韓君墓，墓門係石券，而拱券之創，亦不在近；或曰：拱橋爲米索不達未亞人發明，當漢武功及黑海，中國始有拱橋；或曰：佛教入中國，拱券之法；攜之俱來，而拱梁即因之建立以樹功德；但文獻與實物均無佐證，是否如此，當有待來日之考據家。惟水經注穀水條：『其水又東，左合七里澗，澗有石橋，卽旅人橋，橋去洛陽宮六七里，悉用大石，下圓通水，題大康三年十一月初就功』，殆「拱橋」之最初紀載歟？拱橋構材，用石爲多，磚甃次之，拱橋形狀，則有圓拱，灣拱，平拱，尖拱，橢圓拱，拋物線拱，以圓式拱爲最普遍，蘇州寶帶橋四川萬縣拱橋，皆其著也。辦拱則有圓明園之湧金橋，平拱則有趙縣之永濟橋，拋物線拱則見於江西，尖拱則見於北方，橢圓拱則僅見於蘇州，此外間亦有兩拱之間，爲節省材料與減輕橋荷重，另闢小拱，帶使美觀輕巧，兩得其宜，如浙之餘杭茗溪橋。及趙縣安濟橋；外人謂中國古代橋樑，最感興趣者，厥爲拱橋，良有以也。

吊橋 洛陽伽藍記載：『宋雲惠生使西域，從鉢盧國內烏場國，鐵鎖爲橋，懸虛爲渡』。及水經注河水條：『……郭義公曰；烏耗之西，有懸渡之國，山谿不通，引繩以渡』；西域乃今之川康，此等吊橋，今猶見之，其著者如四川灌縣之竹索橋，長七百呎，闊九呎，立木架四座於溪間，大者達二百呎，結巨索（約六吋半）數行於架，再設索欄，鋪板其上，其堅固不遜於鐵索橋，偉哉！吊橋之索以鐵製成者，則於四川貴州境內可見，但頗笨重。

中國之橋樑，數量上定足以自豪，當馬可博羅遊杭州時，已記有一千二百座，於此可見一斑，但於質量，今恐望塵不能及耳！

定刊處：南京中央大學土木工程研究會

零售：每 冊 實 洋 壹 角

預 定：全 年 十 二 期 連 郵 費 壹 元
