

新 中 學 文 庫

梁

橋

凌 鴻 助 著

商 務 印 書 館 發 行

書叢小學工

梁

橋

著助鴻凌

行發館書印務商

中華民國二十二年三月初版
中華民國三十六年三月九版

(64306)

工學橋梁一冊
小叢書

定價國幣貳元

印刷地點外另加運費

著者 凌鴻助

發行人 朱經農
上海河南中路

印刷所 商務印書館
印刷廠

發行所 商務印書館
各地

版 翻
權 印
所 必
有 究

橋梁

目錄

第一章	橋梁之初期及橋梁學之進化	一
第二章	橋梁之種類	八
第三章	橋梁之材料	二四
第四章	橋梁設計之選擇	三〇
第五章	橋梁之靜載重	三五
第六章	橋梁之活載重	四〇
第七章	橋梁之衝擊力及風力	四四
第八章	橋梁應力之計算	四九

第九章	橋墩橋座及基礎·····	六三
第十章	橋梁之建築及浮架·····	七二
第十一章	橋梁之檢驗修養及加固·····	七六
第十二章	中國橋梁概況·····	八一

橋梁

第一章 橋梁之初期及橋梁學之進化

總論 人類利用橋梁以跨越水道，其思想之發達必甚早，且必在利用舟楫以前，蓋以水道寬闊，橋梁之計窮，然後始思及舟楫也。故疊石作橋，支木爲橋，殆爲橋梁之初步。雖初民之設置，已多不可考，而古代橋梁，建築在三百年以前者，除拱橋外，罕有若何技術之可言；然吾人能於今日探求橋梁學之微奧，並能建築偉大之橋梁，其得力於古人之遺法，卻非淺鮮，可毋疑也。

六七十年以前，歐美各國橋梁之建築雖漸多，然大抵視爲商品之一，在商業上占一位置而已。近年因科學之發達，橋梁學始在科學上，確立其地位。而物料之選擇，設計之精細，經濟之嚴密，均臻進步焉。

橋梁之進化，可依下列各項論之：（一）橋梁式樣之進化；（二）建築材料之進化；（三）設計之進化；（四）製造及建築之進化。

橋梁式樣之進化 （一）簡單梁橋 人類對於利用橋梁以跨過江河，其最初之智識，當屬支木或疊石爲簡單板梁橋（beam bridge）。然木石之用，祇限於短小之跨度（span）。若溪河過闊，則須於木板或石板以外求之矣。

（二）拱橋 中國最早利用拱之建築，而拱橋（arch bridge）之發明亦最早。萬里長城上之拱砌建築，遠在二千年以前。其他各地之拱橋，建立經數百年者，亦非罕見。拱橋不獨可增加跨度，且因高拱之故，橋下仍可通行舟楫。在我國港汊紛歧之地，此爲造橋一重要條件。故由板梁橋而至拱橋，實爲橋梁式樣上一大進化。且利用富於擠壓強度之石塊，實合於工程原則。今日重要橋梁及鐵路橋梁，亦有沿用石拱橋者也。

（三）吊橋 吊橋（suspension bridge）之發明亦甚早。中國、日本、印度均有舊式吊橋，多在巖谷深邃之地，以紐索爲之，長有至三十餘丈者。然因材料強度單薄之故，舊日吊橋無多大之進

化。直至百餘年前鋼鐵普用後，吊橋技術乃有重要之進展也。

(四) 翹橋 (cantilever bridge) 亦爲發達較早之橋式。今北美洲 坎拿大 (Canada) 尙有舊日印第安人 (Indian) 建築之翹式橋。長一百五十呎，構造亦暗合學理。但因木料力薄之故，故在鋼鐵利用以前，此種式樣之橋，無多大之發展耳。

(五) 浮橋 (pontoon bridge) 殆亦爲中國所首創。試翻諸省府縣志書，多見有記載之者。大抵用木船聯繫，上鋪木板，以利行人，兩端各用巨練繫於鐵柱。其布置係使木船能隨水漲落而上下，且能解開移動，以便河中船隻通行。但此種橋，在今日，除軍用外，無重大價值也。

(六) 架橋 在各種橋梁式樣之中，其發明較遲，而其進展卻最有關係者，厥惟架橋 (truss bridge)。第十六世紀中意大利人始有以木料搭架爲橋者，其式樣且與近時之式樣相似。惜二百年來無繼起者。直至第十八世紀，始趨向架橋之建築，其式樣占最重要之位置焉。

橋梁材料之進化 (一) 木石 古人造橋，所能利用之材料，祇有木、石，及若干富於韌性纖維之植物。且因無工具可資利用，所有上項材料，亦僅依其天然形狀用之。數百年來，沿用不替，祇有

工具略爲改良，工事略爲精緻而已。木石之用在簡單板梁橋，以限於長度及所載之不能過重，故無甚進展。至架橋普用以後，木料之用遠逾曠昔。石料則因富於擠壓強度之故，至今仍用於拱橋也。

(二) 鋼鐵 自鋼鐵使用以來，橋梁建築爲之開新紀元。所有吊橋、翅橋及簡單梁橋，皆利用之，以增其跨度。考鐵之始用於橋梁建築，爲約五百年前之吊橋鐵鍊。自後二百年間，少有發明。直至一七七六年，英國始用生鐵建築拱式橋。其後百年間，生鐵多見用於歐洲，其建築亦多屬拱橋式。但以生鐵性質脆薄，不宜用於橋梁，變故發生，不少概見。自後歐洲及美國乃以熟鐵代生鐵，其在架梁橋，則拉桿多用熟鐵，壓桿多用生鐵。約一百年前，歐洲始於橋工用鋼鐵。一八五五年，柏塞麥煉鋼法 (Bessemer process) 始發明，繼之以西門子馬丁煉鋼法 (Siemens-Martin open hearth process)。自一八八〇年以後，鋼遂完全替代生鐵及熟鐵矣。

(三) 水泥 天然水泥 (natural cement) 之用於橋工建築，始於第十九世紀之初。自是而後，橋梁圻工大有進步。一八五五年後，純淨水泥 (Portland cement) (即現在工程上最通用之水泥) 之用漸廣，性質較爲可靠，而鋼骨三和土，遂於橋梁材料上，占重要位置焉。

橋梁設計之進化 自昔橋梁之建築，祇憑設計者及建築者之經驗，初無若何學理之可言，故其進步殊爲遲緩。第十八世紀之橋梁，除橋基外，其他較之二千年前所築者，實無多大進化。自第十八世紀科學昌明，物理及化學之基本原則以立，橋梁學之進化，亦闢一新紀元。第十七世紀之末，梁（beam）之原理及應力（stress）之傳布，梁身受重之撓曲，均漸次發明。一七一六年，法國政府設置橋路部（Département des Ponts et Chaussées），責有專司，橋工事業，益有進步。一七四七年，於橋路部附設測繪學校，一七六〇年改爲橋路大學（École des Ponts et Chaussées），爲今日著名學府。其時法國人儼爲橋梁界之先進。英國橋梁學，皆得之法國焉。

梁之研究，正在進步之時，同時柱之研究，亦爲當世所注意。歐拉（Euler）氏於一七四四年，發明一著名之柱公式。厥後據歐拉氏公式而爲柱之實驗者至夥。戈登（Gordon）氏，郎肯（Rankine）氏，迭加補充修改，均於柱之研究，有所貢獻，而有所謂戈登郎肯公式。美國工程師則爲使用簡單起見，多採取『直綫公式』。至今柱之研究，尙在學者努力中也。

架橋之思想雖遠出於第十六世紀，然其後繼不顯。第十九世紀初期，美國工程師始於架橋大

有發明，橋式亦迭有改進。一八四〇年，美人豪 (Howe) 氏始為豪氏式架橋，其構造係以木料作上下桁及斜桿，而以鐵作直桿。如此木鐵並用，謂之「混合橋」。一八四四年，美人普利特 (Prest) 氏始為普利特式架橋；混合橋及鋼橋，多用其式。在此時期中，發明架橋式樣者，多屬建橋之木匠，視橋梁為商品之一種，對於架橋各部之應力，尚無確定計算之方式，而橋梁之設計，直一經驗問題。一八四七年，美人喜普爾 (Whipple) 氏發表橋梁建築學 (Work on Bridge Building) 一書，始於應力分佈及計算法，確立基礎，為近世橋梁學所從出。厥後美國鐵路建築日多，橋梁學益發展，至今美國架橋之用較著，其跨度亦較長焉。

橋梁製造及建築之進化 橋梁之製造及建築，因設計之改良，及機廠之進步，而迭有進化。由螺絲釘而進為鉚釘，由人工鉚釘而進為機器鉚釘，均足使橋梁各部間之聯接愈加穩固。昔日之鐵橋多震動搖擺，今則穩固多矣。至於建築方法，昔日對於架橋建築，祇憑橋下之臨時架撐，在溪谷深邃之處，或不便阻塞河道通航之時，實為極大困難。自有用翅橋伸出方法，則由兩端各向中部搭接，此困難問題，可謂解決。或將中部橋架另在岸上便利地方搭好，用船載至橋址，然後將兩端吊起與

兩頭相接，亦爲解決之一法。近來鐵路大興，對於橋梁之加固或更換，更有不妨礙原來車務之必要，建築方法，因之迭有改進焉。

第二章 橋梁之種類

橋梁之分類 橋梁可依其使用之別，而區分爲二類：

- (一) 公路橋 (highway bridge)
- (二) 鐵路橋 (railway bridge)

又可依其路面之位置，而區分爲二類：

- (一) 面路橋 (deck bridge)
- (二) 底路橋 (through bridge)

又可依其構造之方法，而區分爲三類：

- (一) 板梁橋 (beam bridge, 或 girder bridge)
- (二) 鉚釘橋 (riveted bridge)

(三) 栓釘橋 (pin-connected bridge)。

又可依其載重傳播於橋墩橋基之情形，而區分爲六類：

(一) 簡單板梁橋 (simple beam bridge) 及架梁橋 (truss bridge)。

(二) 通貫橋 (continuous bridge)。

(三) 拱橋 (arch bridge)。

(四) 翹橋 (cantilever bridge)。

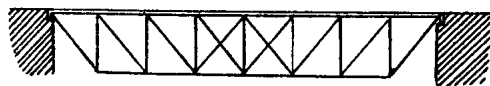
(五) 吊橋 (suspension bridge)。

(六) 活動橋 (movable bridge)。

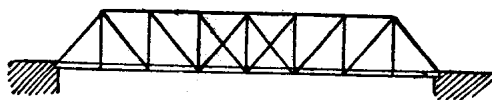
公路橋與鐵路橋 公路橋承載行人、牲畜，及普通載客載貨之車輛。其最大之活載重 (live load) 當爲行駛其上之最重車輛。但修路用之輾路機，常須經行其上，而此項輾路機之重量，常大於普通車輛，故即用作公路橋設計之標準。鐵路橋之活載重爲一路最重之機車，及其所牽引之列車。益以經行迅速所發生之衝擊力，及因車身高大，所抵抗之風力，均足增加鐵路橋設計問題之複

難。故鐵路橋較公路橋倍加重要。公路橋上有電車行駛者，性質實介乎公路橋與鐵路橋之間。鐵路橋有時則兼備行人及行駛別種車輛之路面焉。

面路橋與底路橋 橋梁之應為面路（第一圖），或為底路（第二圖），視路身之水平高度，及橋下所須有懸空高度而異。大抵兩岸寬平，水面高漲，而河流又通舟楫者，則水面上須有較大之懸空高度，如是則以底路橋為宜。若兩岸高出水面甚多，而河流又並不通航者，可用面路橋。單就建築之簡單及物料之經濟而言，則面路橋之橋身，橋墩，橋基均較省。就行人之舒適而言，則面路橋無兩旁橋架之障礙，行人有縱覽風物之便利，故城市橋梁以用面路橋為多，其形式亦較為美觀。惟面路橋橋身較窄，若橋梁甚長則非所宜。在跨過較長之河道，而河面有一部不通航者，則可於通航部用較長之底路橋，而於不通航部用較短之面路橋。此例甚多，如平漢鐵路之黃河橋是也。



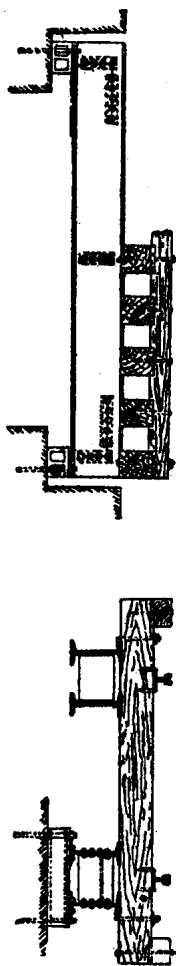
第一圖 面路橋



第二圖 底路橋

板梁橋與架梁橋 短小之橋多爲板梁橋，如木梁橋及三和土梁橋是也。此類橋且多爲面路橋。至於鋼橋則有工字梁（第三圖）及結構板梁（plate girder）（第四圖及第五圖）之別，且并可作面路及底路式。

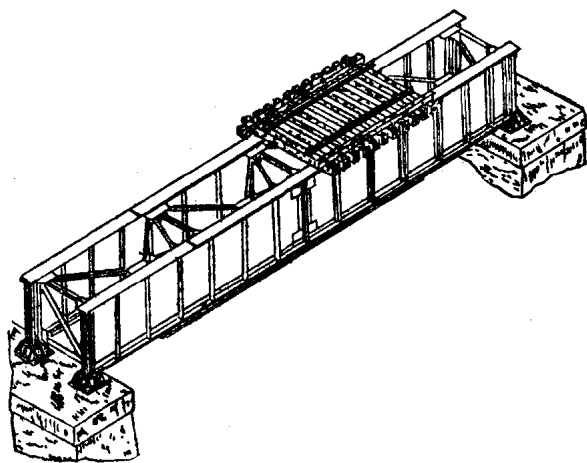
若橋梁之跨度增加，單條之木料過於笨重昂貴，則結木爲架，而爲架梁橋。三和土因不便搭架，故不作架梁橋。惟鋼板梁橋，因結構便利，故常得有頗大跨度。就工程方面言，鋼板梁橋之設計及施工均較架梁橋爲簡單而準確。一經建築，其經常修養工費，亦較架梁橋爲輕。若有製造廠之設置，及運轉之便利，鋼板梁橋常造至一百呎至一百二十呎之長度，鐵路上尤多以此爲定則。但若運輸困



第三圖 工字梁橋

難，則此龐大笨重之物，運輸安放，兩不便利。若再無製造之便利，而須遠求於國外，則為船舶所限，其長度祇能在四十呎以下。其過長者，須分段起運，則鋼板梁橋之優點，多已喪失。我國鐵路橋，長度在七八十呎以下者，仍以鋼板梁橋為多。

鉚釘橋與栓釘橋 鐵橋之以鐵板、角鐵、槽鐵，及工字鐵等結構，而用鉚釘 (rivet) 聯接而成者，謂之鉚釘橋（第六圖）。若於聯接處用栓釘 (pin) 者，謂之栓釘橋（第七圖）。在歐洲幾全用鉚釘橋，但鉚釘橋之較長者，彎折之度較大，而鉚釘聯接處又牢固而無伸縮之餘地，致使橋架各部發生極大之次生應力 (secondary stress)。故用於長跨度極為不宜。依美國習慣，鉚釘橋之長度大都以二百呎為限；二百呎以



第四圖 面路式結構板梁橋