

140167

铁道建筑专业适用

桥梁

下册

(钢桥、桥涵运用及修复)



唐山铁道学院印刷厂承印

1957年12月

本教材为唐山铁道学院、中南土建学院及同济大学有关
教师所合編。总負責人为錢冬生同志。

本冊的鋼桥由万明坤同志編寫。桥涵运用及修复編錢冬
生同志編寫。

插图及付印工作由万明坤及錢冬生同志担任。

1A7-7/86

目 錄

第五章 鋼 橋

第一節 鋼橋的一般知識

§ 5—1 鋼橋的特点与应用范围	1
§ 5—2 鋼橋的材料	2
§ 5—3 鐵路鋼橋的种类	5
§ 5—4 鋼橋計算的基本原理	5

第二節 簡支鈹橋梁

§ 5—5 鈹梁橋的特点与应用范围	10
§ 5—6 鈹梁橋的組成部分	11
§ 5—7 上承式鈹梁橋的構造	13
§ 5—8 下承式鈹梁橋的構造	18
§ 5—9 鈹梁橋的計算	19
§ 5—10 鈹梁橋橋跨結構的撓度与上弯度	30

第三節 簡支桁梁橋

§ 5—11 桁梁橋的特点与应用范围	31
§ 5—12 桁梁橋的組成部分	31
§ 5—13 橋面系的構造	32
§ 5—14 主桁架的構造	39
§ 5—15 主桁架的节点及杆件接头的構造	46
§ 5—16 联結系的構造	52
§ 5—17 桁梁橋的計算	55
§ 5—18 桁梁橋橋跨結構的撓度与上弯度	65

第四節 連續梁橋、懸臂梁橋、剛構橋、

拱橋、联合系橋及結合梁橋的一般知識

§ 5—19 連續梁橋	66
-----------------------	----

§ 5—20	懸臂梁橋	68
§ 5—21	剛構橋	70
§ 5—22	拱橋	70
§ 5—23	聯合系橋	72
§ 5—24	聯合梁橋	72

第五節 焊接鋼橋

§ 5—25	焊接鋼橋的一般知識	73
§ 5—26	焊接鋼橋焊縫連接的種類	74
§ 5—27	焊接鋼橋的構造式樣	75
§ 5—28	焊接鋼橋今后的發展	80

第六節 鋼橋支座

§ 5—29	支座的作用	81
§ 5—30	支座的構造式樣	81
§ 5—31	支座的計算	85

第七節 鋼橋墩台

§ 5—32	墩台的式樣	88
§ 5—33	墩台的計算	90

第八節 鋼橋跨結構在工厂中的制造

§ 5—34	鋼橋跨結構在工厂中的制造程序	91
§ 5—35	訂料与施工詳圖	92
§ 5—36	鋼料加工	92
§ 5—37	厂中的組裝与鉚合，鉗制工地鉚釘孔	95
§ 5—38	厂內試拼	98
§ 5—39	成品的清洗、油漆、标号及裝箱	98
§ 5—40	焊接鋼橋跨結構的制造	98

第九節 鋼橋跨結構的安裝

§ 5—41	安裝的基本方法及其应用条件	101
--------	---------------	-----

§ 5—42	进行安装工作的机具	104
§ 5—43	鋼料堆棧中的操作及対拼装工作的材料供应	109
§ 5—44	在脚手架上拼装桥跨結構	110
§ 5—45	用半懸臂及懸臂法拼装桥跨結構	114
§ 5—46	桥跨結構在桥位近旁拼装后移送至桥位上	116
§ 5—47	以整跨制就的方式运来工地的桥跨結構的架設	119
附錄 1	鋼桥跨結構各部分所用鋼板与角鋼的最小尺寸	122
附錄 2	鋼桥跨結構杆件的最大容許長細比	122
附錄 3	鉚釘的容許間距	122
附錄 4	承受反复应力时的容許应力折減系数	123
附錄 5	杆件中心受压及偏心受压时的容許应力折減系数	123
附錄 6	鋼桁架杆件保証局部穩定的条件	124
附錄 7	我國铁道部定型設計事務所制定的鋼梁桥的設計資料	126
附錄 8	苏联运输建筑部鋼結構設計事務所制定的 桁梁桥的設計資料	127
附錄 9	苏联运输建筑部桥梁設計事務所 1955 年 制定的定型鋼桁梁設計	128

第六章 桥梁及涵洞的运用

§ 6—1	桥涵运用总說	129
§ 6—2	我國現行的桥涵檢查制度	129
§ 6—3	洪水与流冰的宣洩及桥涵的防护	130
§ 6—4	铁路桥面的維修	132
§ 6—5	木桥的維修	133
§ 6—6	鋼桥的維修	135
§ 6—7	鋼梁檢定簡說	137
§ 6—8	鋼梁的加固	140
§ 6—9	墩台的維修和加固	143
§ 6—10	石桥及鋼筋混凝土桥的維修和加固	147

第七章 桥梁及涵洞的修复

§ 7—1	桥梁破坏的状态	149
-------	---------	-----

§ 7—2	桥梁修复的分类	149
§ 7—3	桥梁和涵洞的检修方法	150
§ 7—4	桥梁和涵洞临时修复的方法	153
§ 7—5	修复所用的临时性桥跨和墩台	155
§ 7—6	河床的清理和钢梁的打捞	161
§ 7—7	桥梁和涵洞的永久修复	162

第五章 鋼 桥

第一節 鋼桥的一般知識

§ 5-1 鋼橋的特點与应用范围

鋼是現今桥梁建筑材料中最完善的一种。与混凝土、木材、石料相比，它具有極高的强度。因此，用鋼做成的桥梁結構，重量較輕，可以做到極大的跨徑。目前，鋼桥的最大跨徑达到 1200 公尺以上；鋼筋混凝土桥的最大跨徑只达到 260 公尺左右；石桥、木桥則更小。

鋼桥在施工方面，还具有許多突出的优点。

鋼桥的結構構件一般都在專門的鋼結構工厂中制造，制造工作迅速而精確，能够充分保證產品的优良質量。

小跨徑的鋼桥，可以在工厂鑄孔制就后，直接运至桥址架設。跨徑較大时，可以根据运输条件，將整孔桥跨結構分成若干單元，或完全拆成部件，运至桥址拼裝。鋼桥的拼裝、架設工作，可以高度机械化，这样便能大大減輕工地繁重的劳动。

鋼桥在桥位上的拼裝工作，有时可以采用不要腳手架的懸臂拼裝法进行。这种方法能解决在跨越深谷和大河时建桥的困难。在一般桥位上采用懸臂拼裝法，也可節省腳手架的費用。

由于鋼桥的結構構件是在工厂中制造，制造工作就可以和桥址墩台的建造同时进行。在这种情况下，鋼桥的施工速度，比就地灌筑的鋼筋混凝土桥和石桥快得多。

不过，在使用方面，鋼桥的寿命比鋼筋混凝土桥及石桥要短些。鋼桥在使用期間，經常需要很好的保养与維修。此外，鋼桥最大的缺点是：在潮湿、硫酸气和其他有害作用的侵蝕下，容易銹蝕，因此需要經常檢查和及时油漆。当然，与木桥相比，鋼桥在这方面仍然要优越得多。

由于鋼桥具有前述許多优点，所以在鉄路上用得很多，特別是大跨徑桥梁，例如：跨徑大于 250~300 公尺的桥，必須采用鋼桥。跨徑小于 250~300 公尺时，鋼筋混凝土桥往往是鋼桥的对手。从國民經濟的观点出發，为了節約鋼材，应该尽可能建造鋼筋混凝土桥，非不得已，不应輕易采用鋼桥。

虽然如此，跨徑小于 250~300 公尺，直至 20~30 公尺的桥梁，采用鋼桥的时候仍然是很多的。这是由于目前鋼筋混凝土鉄路梁桥的最大跨徑，一般只能达到 20~30 公尺左右；跨徑超出 20~30 公尺时，一般建造拱桥，而拱桥並不是在任何条件下都可应用的。在这方面，鋼桥的最大跨徑过去已經达到 540 公尺以上（懸臂梁桥）。因此，当地質条件或其他因素不容許建造鋼筋混凝土拱桥时，鋼桥往往是唯一可以采用的方案。

跨徑大于 20~30 公尺的桥梁，有时还可以考慮采用鋼筋混凝土系杆拱桥。由于它

的拱趾水平推力由系杆承受，而不作用于墩台，因此，可以适用于地质条件较差的情况下。钢筋混凝土系杆拱桥的合理跨径，最大可以达到120~150公尺。超过以上数值时，它的用钢量与钢桥已差不多了多少，当然以采用钢桥为宜。

此外，钢筋混凝土拱桥建造费工时，破坏后难于短期修复；钢桥则比较容易。因此，在重要的铁路干线上，有时由于桥梁建筑期限的限制，或考虑到，由于战争及其他原因，不容许桥梁遭到长期的破坏时，即使在地质条件宜于建造钢筋混凝土拱桥的情况下，也往往采用钢桥。

在目前说来，我国钢铁工业尚在开始成长，为了把钢材供给国家急需的经济建设部门，应尽可能避免采用钢桥，特别是当桥的跨径较小，可以建造钢筋混凝土梁桥时，应绝对避免采用钢桥。我国过去制造的钢筋混凝土梁桥的最大跨径是16公尺；1955年已制成跨径达24公尺的预应力钢筋混凝土梁桥（实际计算跨径为23.9公尺，总长为24.6公尺，俾和24公尺的钣梁互换），因此，跨径小于24公尺的桥跨，不允许采用钢梁。

§ 5-2 钢桥的材料

1. 钢料的化学成分与机械性质

一般钢桥采用的钢料为碳素钢。跨度较大的钢桥，为了减轻桥跨结构的自重，有时采用具有高强度的低合金钢（或称高级钢）。在个别情况下，也采用含有轻金属铝的合金。铝合金比普通合金钢要轻很多，但是价格很高；同时，由于铝合金的弹性模数比较小，用铝合金做成的结构物，变形很大，因此在桥梁上用得不多。

普通钢料的化学成分为铁、碳、矽、锰、硫、磷。以钢桥中用得最多的3号桥梁钢（CT.3）为例，各种化学成分所占的比例如下：

铁	99.28~99.36%	碳	0.14~0.22%
矽	0.01%	锰	0.40%
硫	<0.05%	磷	<0.045%

铁是钢的主要化学成分。

碳在钢中的含量，会影响钢的硬度和强度。含碳量增加，可以增加钢的硬度和强度，但会降低钢的韧性。矽和锰都能提高钢的强度，但是矽会降低一些钢的抗锈性。硫和磷是钢中的有害杂质。在高温时，硫会使钢变脆（热脆）；在低温时，则磷会使钢变脆（冷脆）。因此在构造钢中，要严格限制硫和磷的含量。

除了以上各化学成分外，在钢内，有时掺入0.2~0.5%的铜，可以大大提高钢的抗锈能力。在低合金钢（高级钢）内，还含有镍和铬。它们除了可以提高钢的强度外，尚可使钢成为不锈钢，而不影响钢的韧性与塑性。

根据以上所述可知，钢内各种化学成分的含量，会影响钢的机械性质。我们可以根据各种化学成分在钢内所占比例的不同，做成其机械性质适合我们需要的各种钢。

含碳量多的钢为硬钢；含碳量少的钢为软钢。为了便于加工制造和抵抗活动载重的冲击作用，在钢结构中，一般采用含碳量较少的软钢。低合金钢（高级钢）由于除了掺

入錳和鉻以外，也適當提高了碳的含量，因此比普通碳素鋼要難于加工一些。

我們通常所見的各种標号的鋼，是按照含碳量的多寡來分的；號碼愈高，表示含碳量愈多。

鐵路橋涵設計規程規定鋼橋各部分所用的鋼料如下：

1. 对于一般鉚接鋼橋，除鑄造部分，均採用馬丁爐熱軋炭素鋼；其中：鋼梁及鋼塔架採用三號橋梁鋼（*CT.3*）；鉚釘用二號鋼（*CT.2*）；絞、輥軸和節點螺栓用鉚鋼，標号为 *CT.5A* 組；精制螺栓用三號鋼（*CT.3A* 組）。鑄造部分（支座的擺及墊板）用馬丁爐鑄鋼，標号为 *25.II* 組。

2. 对于重型鉚接鋼橋的主要杆件，可以採用馬丁爐熱軋低合金鋼，標号为 *H.I.2*，此時，鉚釘仍採用二號鋼（*CT.2*），如有特別根據，可以採用標号为 *H.I.1* 的馬丁爐熱軋低合金鋼。

3. 焊接鋼橋，用標号为 *M16C* 的馬丁爐熱軋炭素鋼，並參照焊接規程辦理。

CT.3 號橋梁鋼與 *H.I.2* 號鋼的機械性質列于表 5—1。

CT.3 號橋梁鋼與 *H.I.2* 號鋼的機械性質

表 5—1

機 械 性 質		<i>CT.3</i> 號橋梁鋼	<i>H.I.2</i> 號鋼
極限強度不得低於		38~52 kg/mm^2	48~63 kg/mm^2
屈服點不得低於		24 kg/mm^2	34 kg/mm^2
伸 長 率 不 得 小 于	型鋼	24%	18%
	板鋼	22%	
標準溫度下的沖擊韌度	板鋼	8 kgm/mm^2	6 kgm/mm^2
	型鋼	10 kgm/mm^2	

各種鋼（不包括鋁合金）的彈性模數均為 $E = 21 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 。

2. 鐵路鋼橋中所用的鋼材

鋼橋的鋼結構系由鋼板與型钢組成。鋼板與型钢系在軋鋼廠按一定規格軋制成不同的尺寸。設計鋼橋時，應根據規格選擇使用。在鐵路鋼橋中，最常用的鋼材，除鋼板外，在型钢中有角鋼、工字鋼、槽鋼及 T 形鋼等。

鋼板 按照軋制方式的不同，分為萬能鋼板與普通鋼板兩種。在焊接鋼橋中，鋼板是用得最多的一種鋼材。普通鋼板的邊緣是毛糙的，使用時應予注意。普通鋼板的一般寬度為 1.4~1.6 公尺，長度為 6.0~8.0 公尺；最大寬度可達 3.0 公尺，長度可以超過 10 公尺；厚度為 4~60 公厘，每 2 公厘為一級。萬能鋼板的邊緣是修齊的，普通寬度為 0.22~1.05 公尺，每 20 公厘至 50 公厘為一級，長度可以做到 9—12 公尺；厚度為 6~50 公厘；每 2 公厘為一級。鋼板的尺寸通常用長寬厚來表示，例如 $100 \times 100 \times 10$ 。

角鋼 角鋼可以用來連接兩個正交的結構，也可單獨或組合成為獨立的杆件，它是

鉚接鋼橋中用得最多的一種型鋼。角鋼分為等肢的與不等肢的（指肢的寬度）兩種。等肢角鋼的肢寬為 $20 \sim 230$ 公厘。不等肢角鋼的肢寬為 $20+30 \sim 150+200$ 公厘。每一種肢寬的角鋼，均有幾種不同的厚度，小至 3 公厘，大至 24 公厘。角鋼的長度可以達到 $12 \sim 16$ 公尺。角鋼的尺寸通常以肢寬與肢厚來表示，例如 $L100+100 \times 10$ 或 $L200+150 \times 20$ 。

工字鋼 按照翼緣寬度與梁高之比的不同，工字鋼有普通工字鋼與寬翼工字鋼兩種。在橋梁中，工字鋼多半用來做輕型的橋道梁，有時也用做獨立的承受軸向力的杆件。寬翼工字鋼在橋梁中用得不多。普通工字鋼的翼緣寬度為截面高度的 0.3 倍，截面高度為 $100 \sim 600$ 公厘；截面高度自 200 公厘開始，每種高度具有幾種不同的腹壁厚度。它的翼緣要比腹板厚很多，由於截面的面積集中於兩翼，因此特別適合於做受彎杆件。由於機械條件，它的翼緣內側有等於 16% 的斜坡，較不利於施鉚，設計時應注意。寬翼工字鋼，當截面高度小於 300 公厘時，它的翼緣寬度與截面高度相同；當截面高度大於 300 公厘時，翼緣的寬度不再變大，恆為 300 公厘。寬翼工字鋼的最大高度可到 1 公尺。工字鋼的長度可達 $18 \sim 20$ 公尺。工字鋼的尺寸通常以高度及腹壁厚度來表示，例如 $I60a$ 。寬翼工字鋼的尺寸以字母 P 來區別，例如 $IP60$ 。

槽鋼 槽鋼由腹壁和二翼組成。由於截面在豎軸方向是不對稱的，所以通常是成對的使用。槽鋼可以做成受彎杆件或受軸向力的杆件。槽鋼的高度為 $50 \sim 400$ 公厘，翼緣寬度為 $37 \sim 104$ 公厘；截面高度自 140 公厘開始，每種高度帶有幾種不同的翼緣寬度和腹壁厚度。槽鋼的最大長度可到 18 公尺。槽鋼兩翼的內側有 8% 的斜坡，由於坡度不大，所以比普通工字鋼的翼緣易於施鉚一些。槽鋼的尺寸，通常以高度與腹壁厚度來表示，例如 $[36a]$ 。

T 形鋼 T 形鋼的兩肢內側均有斜坡，因不易施鉚，在鉚接鋼橋中很少採用。過去老式飯梁橋有用它來做加勁角鋼的。

圖 5—1 表式各種型鋼的截面形狀。各種型鋼的詳細規格，可以在有關鋼結構的手冊中查得。

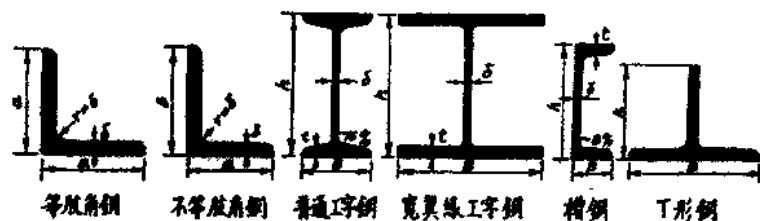


圖 5—1 鐵路鋼橋常用的幾種型鋼

在鐵路鋼橋中，由於構造、運用、製造、施工等方面的種種原因，所用型鋼的尺寸，不得小於附錄 1 中規程所規定的最小尺寸。工字鋼與槽鋼的最小尺寸沒有規定，可以按照設計時的需要選用。在鉚接結構中，為了便於製造時的沖孔，鋼板的厚度不宜厚於 $22 \sim 24$ 公厘。需要鉗孔的鋼板及焊接結構的鋼板厚度，每以 50 公厘為限。從使用合算方面考慮，選用角鋼時，以採用薄肢角鋼為宜，因為厚度大的角鋼，不但鉗孔削弱面

積大，而且，作為獨力杆件時，它的剛度（或長細比），比肢寬與它相等的薄肢角鋼要小。

§ 5-3 鐵路鋼橋的種類

按照鋼料連接方式的不同：鐵路鋼橋可以分為鉚接的與焊接的兩種。鉚接是目前大部分鐵路鋼橋採用的連接方式。焊接鋼橋雖然在構造、施工與用料方面，均比鉚接鋼橋簡單經濟，但是由於它的耐勞強度低、工作品質的優劣，受施焊工作好壞的影響很大、以及對於焊縫在構件內產生的凝縮應力，目前尚未研究得很清楚，因此，目前在鐵路上，焊接鋼橋尚未普遍應用。但是，由於它具有較大的經濟意義，今後鋼橋仍然要向焊接的方向發展。鉚接與焊接混合使用的鋼橋，正是目前向焊接鋼橋發展的一種過渡形式。

把鋼橋在構造上顯著區別開來的，是主要承重結構（主桁架）的式樣。按照主要承重結構靜力學性質的不同，鐵路鋼橋可以分為梁橋、拱橋、剛構橋、聯合系橋和結合梁橋。

在梁橋中，又可分為簡支的，懸臂的，和連續的三種。主梁的本身可以有鉸梁和桁架兩種構造，通常稱之為鉸梁橋或桁梁橋。簡支鉸梁橋與簡支桁架橋是鐵路鋼橋最常遇到的式樣。

鋼拱橋有三鉸拱，兩鉸拱和無鉸拱三種。拱肋本身也可做成鉸式的或桁架式的。兩鉸拱橋是鐵路鋼拱橋中比較合理的形式。

剛構橋的橋跨結構，與墩台（鋼制的）連成一個整體。由於它所佔的空間較小，可在城市鐵路跨線橋中採用。

聯合體系的鋼橋，它的主要承重結構係由兩種靜力學性質不同的結構組合而成。在鐵路鋼橋中，有時採用拱和梁的聯合體系。

結合梁橋利用鋼筋混凝土橋面版（道碴槽版）與鉸梁的受壓翼緣共同工作的原理做成。由於混凝土的價格較廉，而且抵抗壓力的能力良好，因此這種橋可以節約鋼料。

此外，懸臂雖然很能節省鋼料，但是由於它的剛性不足，除了輕便的窄軌鐵路（工廠、礦山，工地上運輸用）以外，不適於用做標準軌距的鐵路橋梁。懸臂目前主要用於公路橋梁中。

此外，按照橋面系與主要承重結構相對位置的不同，鋼橋又可分為上承式的，中承式的及下承式的三種。

§ 5-4 鋼橋計算的基本原理

在結構的基本尺寸擬定後，鋼橋的計算包括以下幾部分：

1. 確定鋼橋結構所受到的各種豎直力及水平力的大小，及其作用位置；
2. 根據各種荷載的最不利組合，按照結構力學的方法，求出結構各構件所受的最大的軸向力、力矩和剪力；
3. 按照材料力學的方法驗算結構及其組成部分的強度；對於壓杆還驗算穩度；
4. 保證結構整體及其各部分具有足夠的剛度；

5. 驗算結構整體抵抗傾覆及滑動的穩定度。

1. 作用于鋼橋上的外力

作用于橋梁上的外力可以分為兩類：一類為主力，即經常作用于橋上的荷載或其他重要的外力，包括：由于橋梁自重所引起的豎向恒載、列車所引的豎向活載及其冲击力、彎道橋上的離心力，以及土壤的側壓力等等；另一類為附加力，即非經常以最大值作用于橋上的荷載，屬於此類的力有：風壓力、列車搖擺力、列車制動力、溫度變化所生之力，以及由于墩台沉陷影響所生之力等等。除冲击力以外，以上所述各種外力的大小及其作用位置，均已在緒論中述及。

列車通過橋梁時，引起荷載冲击作用的主要原因，為蒸汽機車上的不平衡質量的轉動（主動輪及他動輪上的均衡重量、曲柄、連杆及其他等）所引起的周期性的力，此外，車輪在鋼軌接頭處的撞擊、車輪輪箍的旋制或磨耗不均、及橋上綫路不平、機車在彈簧上的振動等等原因，也引起一部分冲击作用。由于活載冲击作用產生的追加的力，按照以上原因，可以分為兩類：一類是在時間方面具有一定規律的，也就是周期性的力，這類的力可以根據理論上的分析計算出來；另一類是沒有規律的，也就是帶有偶然性的，這類的力無法按照理論上的方法計算出來，只有通過一系列的實驗才能獲致它的數值。因此要準確的弄清冲击作用的大小是很困難的。在實際的鋼橋計算中，冲击作用的大小以冲击系數 μ 乘以換算均布活載 K 求得。根據 1951 年規程，冲击系數 μ 的大小按下式計算：

$$\mu = \frac{27}{30 + \lambda}$$

在公式中， λ 的值为被計算杆件影響綫的全長，以公尺為單位代入。

2. 強度和壓杆穩定的計算

按照蘇聯 1955 年頒布的，對於綫鐵路新建及永久修復之橋涵設計規程第三章鋼鉄結構的修正和補充（以下簡稱 1955 年規程），鋼質構件的基本容許應力如下表：

鋼質構件的基本容許應力（單位 kg/cm^2 ）

表 5—2

載 重 種 類	碳素鋼 CT.3		低合金鋼 H.I.2	
	R_0	R_n	R_0	R_n
主力單獨作用	1400	1500	2000	2100
主力與附加力共同作用	1700	1800	2400	2600
裝配橋梁時僅計豎向荷載	1800	1900	2400	2600
裝配橋梁時豎向荷載與風力共同作用	2000	2100	2600	2800

根據杆件受力性質的不同，應分別驗算其強度、總體穩定性及耐勞強度。對於拉杆、受彎曲的杆件以及兼受拉力與彎曲力的杆件應驗算其強度；對於壓杆以及兼受壓力

与撓曲力的杆件除驗算其强度外尚应驗算其总体穩定性；承受反复力的構件，尚应驗算其耐勞强度。

現按杆件受力性質的不同，列举其驗算公式如下：

1. 中心受拉的杆件，容許应力采用 R_0 ，其計算公式为

$$\text{强度} \quad \sigma = \frac{N}{F_H} \leq R_0 \quad (5-1)$$

式中 N 为軸向拉力； F_H 为杆件的淨截面積。

2. 中心受压的杆件，按强度計算时，容許应力为 R_0 ；考虑总体穩定时，容許应力为 φR_0 ，其計算公式为

$$\text{强度} \quad \sigma = \frac{N}{F_H} \leq R_0$$

$$\text{总体穩定} \quad \sigma = \frac{N}{\varphi F_{op}} \leq R_0 \quad (5-2)$$

式中 N 为軸向压力； F_{op} 为杆件的毛截面積； φ 为考虑总体穩定时的容許应力折減系数，其值随杆件的最大長細比 $\lambda = \frac{l}{r}$ 而变， λ 确定后， φ 值的大小可自附錄 5 的曲綫中查得。

3. 只在一个主平面內受撓曲的杆件，驗算其强度时，容許法向应力为 R_n' ，容許剪应力为 $c' (0.6 R_0)$ ，容許換算应力为 R_0 ，其計算公式为

$$\text{法向应力} \quad \sigma = \frac{M}{W_H} \leq R_n' \quad (5-3)$$

$$\text{剪应力} \quad \tau_{max} = \frac{Q S_{op}}{I_{op} \delta} \leq c' (0.6 R_0) \quad (5-4)$$

$$\text{換算应力} \quad \sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + 2.4 \tau_{op}^2} \leq R_0 \quad (5-5)$$

式中 M 为驗算截面上所承受的弯矩； Q 为剪力； W_H 为淨截面模量； S_{op} 为对中和軸的毛面積矩； I_{op} 为毛慣性矩； δ 为腹壁（或腹板）的厚度； σ_1 为法向应力； τ_{op} 为假定剪力 Q 僅分布在腹壁（或腹板）上的平均剪应力；容許剪应力的加大系数 c' 按以下規定采用：

$$\text{当} \quad \frac{\tau_{max}}{\tau_{op}} \leq 1.25 \text{ 时} \quad c' = 1.00$$

$$\text{当} \quad \frac{\tau_{max}}{\tau_{op}} \geq 1.5 \text{ 时} \quad c' = 1.25$$

中間数值按插入法計算， τ_{max} 的意义与公式 (5-4) 所决定的相同。

4. 在两个互相垂直的主平面內受撓曲（即斜撓曲）的杆件，驗算其强度时，容許法向应力为 $c R_n$ ，其計算公式为

$$\text{法向应力} \quad \sigma = \frac{M_x}{W_H^x} + \frac{M_y}{W_H^y} \leq c R_n \quad (5-6)$$

注：直接承受桥枕的桥道梁，容許法向应力应为 R_0 。

式中 M_x, M_y 分別為截面在兩個主平面方向所承受的彎矩； W_H^x 與 W_H^y 分別為相應的淨截面模量，容許應力加大係數 c 按下式計算

$$c = 1 + 0.3 \frac{\sigma_{M2}}{\sigma_{M1}} \leq 1.15$$

式中 σ_{M1} 與 σ_{M2} 為在所驗算的點上，因 M_x 及 M_y 所生的纖維應力， σ_{M1} 表示其絕對值較大的， σ_{M2} 表示其絕對值較小的。

5. 兼受拉力與撓曲力的杆件，驗算其強度時，容許法向應力為 R' ，其計算公式為

$$\text{法向應力} \cdot \frac{N}{F_H} \pm \frac{M}{W_H} \leq R' \quad (5-7)$$

式中 R' 的大小按照以下情況決定：如 $\sigma_N \geq \sigma_M$ ，則 $R' = R_0$ ；如 $\sigma_N < \sigma_M$ ，規 $R' = R_0$ ； σ_N 與 σ_M 分別為 (5-7) 式左邊部分的第一項及第二項。

6. 兼受拉力與斜撓曲力的杆件，應按下式驗算其強度

$$\text{法向應力} \cdot \frac{N}{F_H} \pm \left(\frac{M_x}{W_H^x} + \frac{M_y}{W_H^y} \right) \frac{R_0}{c R_M} \leq R_0 \quad (5-8)$$

7. 偏心受壓（或受壓並在一個主平面內受撓曲）的杆件，除應按 (5-7) 式驗算杆件的強度外，尚應按 (5-2) 式驗算杆件的總體穩定性，此時，式中的容許應力折減係數 φ 應按附錄 5 根據杆件在撓曲平面內的長細比 λ 及偏心率 i 決定。

8. 受壓並在長細比最小的平面內受撓曲（或與此相當的偏心受壓），以及受壓並受斜撓曲（或與此相當的偏心受壓）的杆件，前一種情況應按 (5-7) 式驗算杆件的強度，後者應按 (5-8) 式驗算杆件的強度，此外，對於兩種情況，均須按下式驗算杆件的總體穩定性

$$\text{總體穩定} \sigma = \frac{N}{\varphi_2 F_{on}} \leq R_0 \quad (5-9)$$

式中 φ_2 為考慮在最大長細比平面內的穩定性的容許應力折減係數

$$\varphi_2 = \frac{\varphi}{i}; \quad i = 1 + \varphi i$$

式中 φ 的數值為最大長細比平面內的，而 i 為最大長細比平面內的，而且對於開口式截面（H形、槽形、T字形及其他）在 i 的公式中，係數 φ 的數值按最大長細比平面內的計算偏心和 $\lambda = 0$ 決定。

9. 承受反復力（軸向力或彎矩）的杆件，應驗算其耐勞強度，即在強度計算中，將其容許應力乘以“反復應力折減係數” γ_c ， γ_c 的數值可根據附錄 4 決定。

此外，在驗算耐勞強度時，對於兼受軸向力（拉或壓）和撓曲力（或斜撓曲）的杆件，如果在杆間中段（相當於杆件全長的一半）範圍內的截面，杆件的長細比 $\lambda > 70$ 時，則在耐勞強度計算公式中的彎矩，應按下式決定：

$$\text{軸向力 } N \text{ 為拉力時} \quad M' = \frac{M}{1 + \frac{1.2N}{N_0}}$$

軸向力 N 为压力时
$$M' = -\frac{M}{1 - \frac{1.2N}{N_s}}$$

式中 N_s 为中心受压杆件在弯矩 M 的作用平面内發生縱撓曲时的歐拉氏臨界力，即

$$N_s = \frac{\pi^2 E I_{\theta\theta}}{l_0^2}$$

10. 压杆端部的容許承压应力为 $1.5R_s$ ，其計算公式为

$$\sigma = \frac{N}{F_{c.m}} \leq 1.5R_s \quad (5-10)$$

式中 $F_{c.m}$ 为承压面積

11. 剪力在受剪面上平均分布时的容許剪应力为 $0.6R_s$ 。

$$\tau_{cp} = \frac{Q}{F} \leq 0.6R_s \quad (5-11)$$

式中 F 为受剪面積。

12. 用二号碳素鋼 (CT.2) 制成的工厂鉚釘，当基本結構由碳素鋼 (CT.3) 做成时，其容許剪应力为 $0.8R_s$ ；容許承压应力为 $2R_s$ 。当基本結構由低合金鋼 (U.2) 做成时，其容許剪应力为 $0.55R_s$ ；容許承压应力为 $1.4R_s$ 。

13. 鑄鋼的容許法向应力为 1300kg/cm^2 ；容許剪应力为 975kg/cm^2 。鍛鋼的容許法向应力为 2800kg/cm^2 ；容許剪应力为 1400kg/cm^2 。計算主力与附加力共同作用时，上述容許应力得增加 20%。

3. 杆件的容許刚度

設計鋼橋时，不僅要使杆件具有足够的强度，还要保證个别杆件和整个桥梁具有足够的刚度，也就是不使桥梁的整体和局部發生大的变形。大的变形（例如桥梁的撓度）会影响列車安全舒暢的行駛，个别杆件的刚度不足时（例如很細的拉杆及压杆），在運輸、安裝它时，以及在使用桥梁时，均容易遭到损坏，因此鋼橋的整体及个别杆件的刚度，要加以限制。

对于受弯杆件（梁或拱），为了保證其具有足够的刚度，應該对其因荷载作用而產生的撓度加以限制。各种鋼梁桥和鋼拱桥的最大容許撓度，規定如下：

簡支桁梁桥，懸臂梁桥中的簡支梁，連續梁桥的端孔 $f \leq \frac{1}{1000} L$ ；

簡支鉸梁桥，拱桥在 $\frac{1}{4}$ 跨徑处 $f \leq \frac{1}{800} L$ ；

懸臂梁桥的懸臂端部 $f \leq \frac{1}{300} L$ 。

桥跨結構因恒載所引起的撓度，可以采用預設上弯度的办法加以抵消，因此，在上述撓度的規定最大限值中，不包括恒載引起的撓度。

对于承受軸向力的杆件，为了保證其具有足够的刚度，應該使其長細比 λ 不要过大。各种杆件的最大長細比不得大于附錄 2 中的数字，選擇杆件截面时应予滿足。

4. 桥跨結構抵抗傾复的穩定性

在計算鋼橋時，除了必須滿足強度與剛度的要求以外，還必須保證橋梁具有足夠的穩定性，即在風力或其他傾复力的作用下，橋梁不致有發生傾复的危險。穩定度的大小，用穩定力矩對傾复力矩的比值，即穩定係數表示

$$K = \frac{M_{ycm}}{M_{onp}}$$

試以圖 5—2 所示之上承式桁梁橋為例，傾复危險性最大時，一般為橋上有空車開過時（空車每公尺長的重量為 $k = 1$ 噸）。假定車身重為 kL ，橋跨結構重為 P ，車上風力為 W_1 ，橋上風力為 W_2 ， W_3 ，則得對 c 點的穩定力矩 M_{ycm} 與傾复力矩 M_{onp} 的大小分別為：

$$M_{ycm} = (P + kL) \frac{b + b_1}{2};$$

$$M_{onp} = W_1 h_1 + W_2 h_2 + W_3 h_3.$$

式中風力按 125kg/m^2 計算，此外，尚應根據風力為 225kg/m^2 ，驗算橋上無車時的穩定度。如果是彎道橋，則在前一種情況的計算中，尚應計入离心力的傾复作用。

穩定係數的大小規定如下：

鋼橋跨結構的傾向穩定係數 $K \geq 1.3$;

鋼塔架的穩定係數 $K \geq 1.5$;

懸臂梁的縱向穩定係數 $K \geq 1.3$ 。

一般鋼橋的穩定無問題，如果穩定係數小於上述規定值時，可以考慮將橋跨結構鑄固在墩台上，否則應變更橋跨結構的尺寸，使之滿足穩定要求。

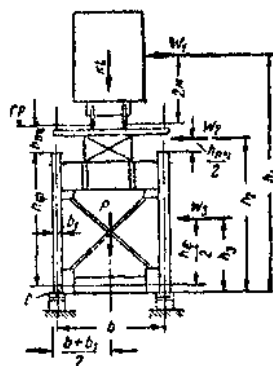


圖 5—2 橋跨結構
傾复穩定的計算圖式

第二節 簡支鈑梁橋

§ 5-5 鈑梁橋的特點與應用範圍

鈑梁橋的主梁是由鋼鈑與角鋼組成的簡單的工字形截面，由於構造簡單，它是目前鐵路上最常用的一種鋼橋。

從用料量方面考慮，鐵路鈑梁橋的經濟跨徑為 20~30 公尺。雖然鈑梁橋也可以做到很大的跨徑（1846~1850 年建造的“不列坦尼亞”鐵路鈑梁橋，跨徑達 141.73 公尺見圖 0—14），但是自從出現了桁梁橋以後，由於後者的用料合理，因此跨徑超過 30 公尺左右的橋，即很少再採用鈑梁橋。近 30 年來，鈑梁橋的應用範圍，一般在 20~50 公尺跨徑的範圍內，這是由於桁梁橋在製造、安裝、運籌方面，都不及鈑梁橋簡單方便，因此，即使跨徑稍為大一些（30~50 公尺），採用鈑梁橋仍然是合理的。我國 1953 年制定的定型設計的鈑梁橋，計有 8、10、12、16、20、24、28、32、36、40、44 等 11 種跨徑（參考附

錄7)，实际常用到的只是24至32公尺。

飯梁桥跨的优点是：1) 使用的鋼材类型少，構造簡單；上承式桥可以將桥面直接鋪設在主梁上，可以省去桥道梁；2) 制造、安裝方便；在大多数情况下，可以將整个桥跨結構在厂中制就后，运到工地桥位上去安裝，免去工地的拼裝工作；3) 便于維修和油漆；4) 由于飯梁是一个整片的受弯構件，腹飯中的应力沒有全部达到設計应力，因此它的承重安全度要比桁梁大；在額外或意外載重作用下，以及發生局部損伤时，危险性比桁梁小；6) 比桁梁桥要美观一些。

§ 5-6 飯梁橋的組成部分

1. 上承式飯梁桥

上承式飯梁桥的桥跨結構，由桥面、主梁、联结系、支座四个主要部分組成（图5-3）。

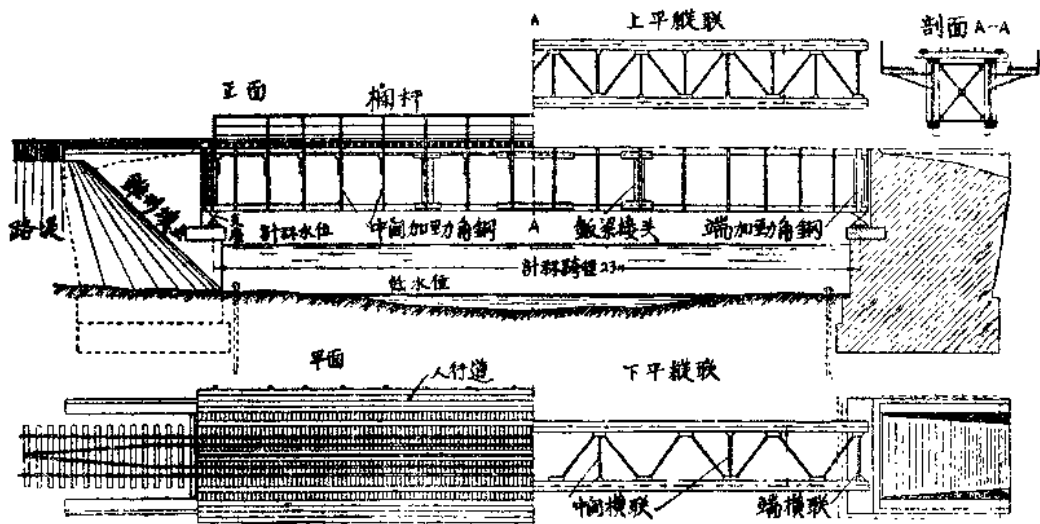


图 5-3 上承式飯梁桥的組成部分示意图

桥面是車輛行走的部分，包括行車道（枕木以上部分）与供铁路工作人員行走的行人道。上承式飯梁桥的桥面直接鋪放在兩片主梁上。

主梁是桥跨結構的承重結構，整个桥跨結構的重量借主梁支承于墩台。由于它主要承受豎直載重，因此在絕大多數的情况下处于豎直平面內。铁路飯梁桥的主梁一般都是兩片。

联结系的作用，是使桥跨結構形成一个空間几何不变体系，抵抗作用于桥跨結構上的橫向水平力。上承式飯梁桥的联结系有兩種。一种是縱向联结系，共有兩片，分別处于主梁上下翼緣的縱向水平面內，通常簡称为上平縱联和下平縱联，它們的作用有二：一是抵抗作用于桥跨結構上的橫向水平力（風压力，列車搖擺力、弯道桥上的离心力