

中國  
工程師手冊

第六類  
(增訂本)

中

# 中國 工程師手冊

土

木

(增訂)

中



中國土木工程學會編

# 中國工程師手冊

土 木 類

中 册

總 目 錄

## 第八篇 鋼結構

第一章	緒論	8-1
第二章	鉚釘接合	8-15
第三章	螺栓及榫接合	8-38
第四章	鋼接合	8-46
第五章	張力構材	8-69
第六章	壓力構材	8-84
第七章	梁	8-110
第八章	軸心力及彎曲力構材	8-139
第九章	支承	8-145

## 第九篇 木結構

緒 言	9-1	
第一章	木材特性	9-3
第二章	木材應力	9-12
第三章	木材力學分析	9-23
第四章	構材結合	9-43
第五章	梁與柱	9-79
第六章	設計原理	9-98
第七章	屋架	9-108
第八章	桁架	9-121
第九章	拱	9-143
第十章	房屋構造	9-157

第十一章	膠板結構	9-176
第十二章	夾板結構	9-197
第十三章	防腐及處理	9-225
<b>第十篇 公路</b>		
第一章	公路規劃	10- 1
第二章	公路經濟	10- 14
第三章	公路管理與財政	10- 22
第四章	路線設計標準	10- 33
第五章	路基工程	10- 65
第六章	公路排水工程	10- 81
第七章	路面材料試驗及控制	10-103
第八章	砂石類廉價路面工程	10-115
第九章	瀝青路面工程	10-129
第十章	瀝青路面厚度設計	10-175
第十一章	水泥混凝土路面工程	10-196
第十二章	公路防護工程	10-227
第十三章	公路交通工程	10-246
第十四章	公路養護	10-269
附錄一	公路法	10-284
附錄二	公路修建及保養規則	10-291

**第十一篇 鐵路**

頁

第一章	定線	11- 1
第二章	路線	11- 21
第三章	軌道	11- 32
第四章	路線構造及應力	11- 81
第五章	標誌與號誌	11-204
第六章	機車與車輛	11-227
第七章	車站與車場	11-242
附錄一	鐵路法	11-255
附錄二	中華民國鐵路建築規則 (標準軌矩: 1.435 公尺)	11-265
附錄三	中華民國鐵路建築規則 (軌矩: $\frac{1.067}{1.000}$ 公尺)	11-27

## 第十二篇 鋼筋混凝土橋

第一章	鋼筋混凝土橋之型式	12— 1
第二章	標準符號	12— 2
第三章	設計規範	12— 4
第四章	版梁橋	12— 19
第五章	丁型梁橋	12— 23
第六章	箱式梁橋	12— 35
第七章	懸臂橋	12— 49
第八章	連續梁橋	12— 61
第九章	拱橋	12— 85
第十章	剛架橋	12—110
第十一章	平板橋	12—125
第十二章	合成梁	12—147

## 第十三篇 鐵 橋

第一章	總論	13— 1
第二章	載重	13— 3
第三章	設計規範	13— 10
第四章	各種型式鐵橋之設計	13— 31
第五章	鋼橋之製造與架設	13—186

## 第十四篇 飛機場

第一章	機場概述	14— 1
第二章	場地計劃	14— 18
第三章	場面設施	14— 26
第四章	修護設備	14— 79
第五章	道面設計	14— 84
第六章	水上機場	14—116
第七章	機場施工	14—119
第八章	場面維護	14—128

# 第 八 篇

## 鋼 結 構

### 目 錄

	頁
<b>第一章 緒論</b>	
A 構結構	8— 1
B 鋼結構設計及建造	8— 10
<b>第二章 鉚釘接合</b>	
A 鉚釘接合概論	8— 15
B 鉚釘接合的應力	8— 18
C 鉚釘接合的設計	8— 21
<b>第三章 螺絲及橋接合</b>	
A 螺絲	8— 38
B 螺絲	8— 41
<b>第四章 鐸接合</b>	
A 鐸接合概論	8— 46
B 鐸接合的強度	8— 51
C 鐸接合的種類	8— 52
D 鐸接合的應力	8— 56
E 鐸接合的設計	8— 59
<b>第五章 張力構材</b>	
A 張力構材的種類	8— 69
B 張力構材的應力	8— 71
C 張力構材的設計	8— 73
<b>第六章 壓力構材</b>	
A 壓力構材的種類	8— 84
B 柱的理論	8— 87
C 壓力構材的設計	8— 89
D 柱端、柱底及柱腹接板的設計	8— 102

**第七章 梁**

- A 梁的種類.....8—110
- B 梁的應力.....8—111
- C 梁的設計.....8—120

**第八章 軸心力及彎曲力構材**

- A 軸心力及彎曲力構材.....8—139
- B 合應力的理論.....8—139
- C 軸心力及彎曲力構材的設計.....8—141

**第九章 支承**

- A 支承板.....8—145
- B 柱座.....8—147
- C 大梁及桁架固定支承.....8—151
- D 伸縮支承.....8—155

# 第八篇

# 鋼 結 構

## 裝 載

### 第一章 緒 論

#### A 結 構 鋼

結構鋼乃以鹼性開爐或電爐而製造者，它的原料為生鐵，鐵礦砂，及石灰石。此方法的主要目的，乃將碳的含量能控制至預定的少量成份，及除去有害的氧化物及磷等，由爐中所生產的置入錠模內，而成為鋼錠，然後再進入軋軋工廠，將鋼錠加熱至能軋軋的均勻溫度，再以軋子軋成小鋼塊，又逐步軋成所需的型鋼，電爐因成本高，而多用以生產合金鋼。

結構工程師必須明瞭所使用材料的性質，鐵、鋼及各種合金鋼皆有特殊的性質，此與設計及製造皆有密切的關係，茲將鋼的各性質略述如下：

1-1 應力 解說為力的強度或每單位面積所受的內力，若內力分佈在此面內為均佈的，

$$\text{應力為} \quad f = \frac{P}{A} \quad (1.1)$$

1-2 應變 解說為變形率，或每單位長度的變形量，若變形分佈在此長度內為均等的，

$$\text{應變為} \quad e = \frac{\Delta L}{L} \quad (1.2)$$

1-3 彈性模數 此為應力的增量與應變增量的比，

$$E = \frac{\Delta f}{\Delta e} \quad (1.3)$$

1-4 彈性 解說為彈性材料必須保持有等值的彈性模數。或可解說為：變形的原因除去後該材料必可恢復原來的形狀。第一解說包括第二解說，但第二解說不能包括第一解說。

1-5 應力及應變圖形 此圖形表示材料的應力與相應的應變互相的關係，



通常的方法：應力用垂直  $y$  軸而應變用水平  $x$  軸表之，在拉伸試驗時，試片的面積依試驗的進行而漸減小，故試片所受的真實應力必須為所受力  $P$  除以該時的斷面積，但通用的方法，皆用原來的斷面積  $A$  而求之，因忽視此種的影響，故真實的應力及應變圖形與通用者有一誤差，拉伸試驗的圖形略高，而壓縮的略低。

以應力及應變圖形而解釋彈性的涵義，此圖形必為經過原座標點的直線。

**1-6 彈性界限** 此為應力及應變直線圖形的最高界限，過此圖形不復為直線。

**1-7 屈服應力** 當應力及應變至屈服點時，雖力  $P$  保持定值或增加甚微時，而依然產生顯著的變形，此點的應力稱為屈服應力，結構鋼的屈服應力與彈性界限應力可假定相等，然在屈服點時，而有上限屈服與下限屈服應力之分，有些金屬材料沒有顯著的屈服點，而規定相當於應變 0.002 時的應力，在應力及應變圖形中，取  $x$  軸等於 0.002 的一點，經過此點作一直線而與經過原座標點圖形的切線相平行，此線與圖形相交的一點，即定為屈服應力，而另名為保證應力。

**1-8 延性** 當材料受有定值的力或增加很微小時，而產生延綿的變形，此種性質，稱為延性。結構鋼具有顯著的延展性。圖 1-1  $AB$  部份代表結構鋼的彈性，當應力至  $A'$  忽然局部軟化而屈服，此部份以  $BD$  表示之，它的長約為彈性變形  $A'B$  的 10 至 20 倍。過了  $D$  點，此忽然變形的現象又不存在，當應力漸增時而應變亦逐步擴大，它的最大應變以  $G$  表之，此  $A''G$  的長度約為  $A'B$  的 200 至 300 倍。

**1-9 應變硬化及軟化** 圖 1-1 中，若應變至  $E$  點，而試驗以相反方向進

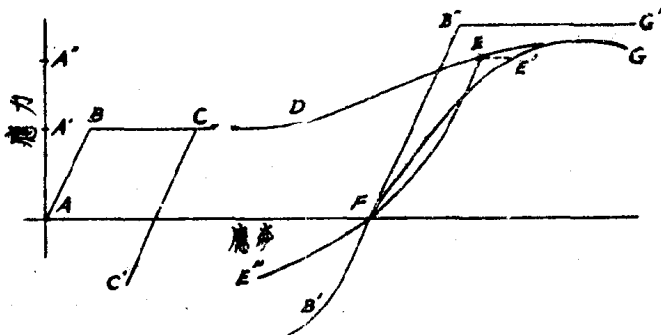


圖 1-1

行之，可得減量的應力及應變的圖形  $EF$ 。此時的材料稱為冷作鋼，或稱冷拉鋼，以此冷作鋼再進行應力及應變的試驗，可得  $FE'G$ ，若將冷作鋼加熱至  $100^{\circ}\text{C}$  而後再試驗之，而得  $FB''G'$ 。以這兩圖形而比較之， $FB''G'$  比  $FE'G$  的性能好得很多，這種現象，稱為應變硬化。若將冷作鋼以相反之變形而試驗之，此即言冷拉鋼而以壓縮試驗之，可得圖形  $FE''$ ，它的應變很顯然已軟化，故稱為應變軟化，加熱後再進行試驗，而得圖形  $FB'$ ，它的彈性性質，比未加熱時已改良很多。

**1-10 疲勞** 鋼材受反復變化而具有週期性的應力，此應力雖在極限強度以下，然因反復次數的增多，而使材料破壞，設  $f_{\text{最大}}$  與  $f_{\text{最小}}$  為變化應力之最大值與最小值，它的代數差

$$R = f_{\text{最大}} - f_{\text{最小}}$$

稱曰應力範圍，若  $f$  之絕對值相等，而符號相反，故應力範圍為  $2f$ ，應力與反復次數的關係如圖 1-2。

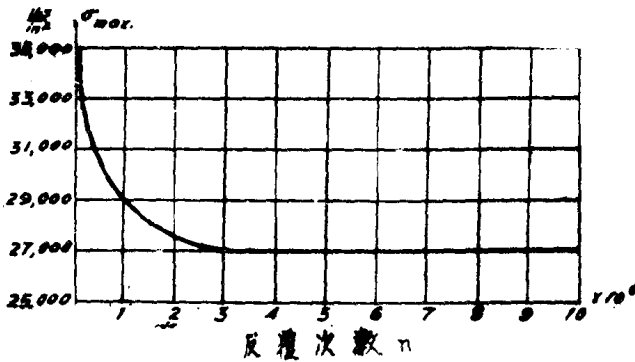


圖 1-2 結構鋼疲勞曲線

圖 1-2 為結構鋼試驗的結果，當反復次數達  $4 \sim 5 \times 10^6$  次後， $f_{\text{最大}}$  不再降低，成平行於水平軸的  $f = 27,000 \text{ lb/in}^2$  值，此時稱為該材料的疲勞限界，應力範圍在此疲勞限界以下，雖反復至無限次，亦不破壞，鋼鐵材料反復次數達  $6 \sim 10 \times 10^6$  次後到達疲勞限界，此限界值約為極限抗張強度的  $0.40 \sim 0.55$  倍。

**1-11 脆裂** 這種脆裂的產生，並不因鋼材的屈服或塑流，它開始於應力集中的位置。但應力集中並不是脆裂的原因，因很多應力集中的結構，並不發生脆裂，它的主要原因為：

表 1-1 美國結構鋼規範

ASTM	厚 (英吋)	度 種	最小屈服 ksi	張力強度 ksi	最小伸 長 8m, %	化 學 成 份				
						C最多	Mn	P最多	S最多	Si最多
A7 型鋼 板及棒	各 種 至 大	種 於 1 1/2	33	60-75	21		0.04	0.05		b
			33	60-72	21		0.04	0.05		b
			33	60-75	21		0.04	0.05		b
A36 型鋼 板	各 種 至	種 至 1 1/2	36	58-80	20		0.04	0.05		b
			36	58-80	20		0.04	0.05		b
			36	58-80	20	0.25	0.04	0.05		b
			36	58-80	20	0.26	0.04	0.05	0.15~0.30	b
			36	58-80	20	0.27	0.04	0.05	0.15~0.30	b
A242 型鋼 棒	各 種 至	種 至 1 1/2	36	58-80	20		0.04	0.05		b
			36	58-80	20	0.26	0.04	0.05		b
			36	58-80	20	0.27	0.04	0.05	0.15~0.30	b
			36	58-80	20	0.28	0.04	0.05	0.15~0.30	b
			36	58-80	20	0.28	0.04	0.05	0.15~0.30	b
A440 型鋼 板及棒	各 種 至	種 至 1 1/2	50	70	18		0.04	0.05		
			46	67	19	1.25最多	0.04	0.05		
			42	63	16	1.25最多	0.04	0.05		
			50	70	18	1.25最多	0.04	0.05		
			46	67	19	1.25最多	0.04	0.05		
A440 型鋼 板及棒	各 種 至	種 至 1 1/2	42	63	16		0.04	0.05		
			42	63	16	1.25最多	0.04	0.05		
			50	70	18	1.25最多	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20 最少

板及棒	第二種	46	67	19	0.28	1.10~1.60	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	第三種	42	63	16	0.28	1.10~1.60	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	至 3/4	50	70	18	0.28	1.10~1.60	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	大於 3/4 至 1 1/4	46	67	19	0.28	1.10~1.60	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
A441 型 鋼	大於 1 1/4 至 4	42	63	16	0.28	1.10~1.60	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	第一種	50	70	18	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	第二種	46	67	19	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	第三種	42	63	16	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	Cu 0.20	最少
	至 3/4	50	70	18	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	V 0.02	最少
	大於 3/4 至 1 1/4	46	67	19	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	V 0.02	最少
	大於 1 1/4 至 4	42	63	16	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	V 0.02	最少
	大於 4 至 8	40	60	20	0.22	1.25 最多	0.04	0.05	0.30	V 0.02	最少
A572 型 鋼	第一、二、三種	42	60	20	0.21	1.35 最多	0.04	0.05	a		
	第一、二、三種	45	60	19	0.22	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	第一、二、三種	50	65	18	0.23	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	第一、二、三種	55	70	17	0.25	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	第一種	60	75	16	0.26	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	第一種	65	80	15	0.26	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	第四種	42	60	20	0.21	1.35 最多	0.04	0.05	a		
	至 4 1/4	45	60	19	0.22	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	至 1 1/2	50	65	18	0.23	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	至 1 1/2	55	70	17	0.25	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	至 1	60	75	16	0.26	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		
	至 1 1/4	65	80	15	0.26	1.35 最多	0.04	0.05	0.30		

第一 種	第 二 種		第 三 種	
除第二、三種以外的各種 WF 型鋼	WF 型 鋼		WF 型 鋼	
	標 稱 尺 寸 英吋	重 量 磅/英尺	標 稱 大 寸 英吋	重 量 磅/英尺
	36×16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	各種重量	14×16	219 至 426
33×15 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	各種重量			
14×16	142 至 216			
12×12	120 至 190			
	角鋼的厚度超過 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> 。			

第四種包括：WF 18×7<sup>1</sup>/<sub>2</sub>，16×7，14×8，14×6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>，12×10，12×8，12×6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>，10×8，10×5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>，8×8 (31 至 48 磅/英尺)，8×6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>，8×5<sup>1</sup>/<sub>4</sub>。

a 鋼板至 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 英吋，型鋼至 426 磅/英尺，及鋼樑：0.15~0.30。鋼板大於 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 英吋：0.30 最多。

b 若規定鋼，它的最少含量為 0.20 %。

表 1.2 德國結構鋼規範 (DIN 17100 1957 年 10 月)

鋼 質 類 別	各 種 厚 度 mm		各 種 厚 度 mm 屈 伏 點			伸 長 ( $L_0=5 d_0$ ) %			彎 曲 角 度 180° 的 兩 端 試 驗 其 捲 筒 的 直 徑 以 試 片 厚 度 的 倍 數 而 定	
	①	②	③	kg/mm <sup>2</sup>			厚 度 至 100 mm	100 mm 以 上		
				100 以 下	100 以 上	16 以 上 ~40				40 以 上 ~100
普 通 鋼			特 級 鋼				標 準 情 況 的 鋼 皮 及 鋼 板 其 餘 則 為 蒸 氣 軋 者	蒸 氣 軋 的 鋼 皮 及 鋼 板		
St 37	St 37.2	St 37.3	37~45	37	24	23	22	25	23	1
St 42	St 42.2	St 42.3	42~50	42	26	25	24	22	20	2
St 50	St 50.2		50~60	50	30	29	28	20	18	—
			52~62	—	36	35	34	22	22	2
St 60	St 60.2		60~72	60	34	33	32	15	—	—
			70~85	70	37	36	35	10	—	—

依 商 議 而 決 定



表 104 日本建築用鋼規程

鋼材類別	鋼種	材類	最小屈服點 kg/mm <sup>2</sup>	張力強度 kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 %	化學成份					
						C	Si	Mn	P	S	附註
鋼板、平鋼及型钢	SS41		23	41~50	20	—	—	—	0.06 以下	0.06 以下	
	SS50		28	50~60	18	—	—	—	0.06 以下	0.06 以下	
	SM41A		23	41~50	21	0.23 以下	—	2.5×C% 以上	0.04 以下	0.05 以下	
	SM41B		23	41~50	21	0.20 以下	0.35 以下	0.60~1.20	0.04 以下	0.05 以下	
	SM50A		32	鋼板及平鋼 50~60	20	0.20 以下	0.55 以下	1.50 以下	0.04 以下	0.04 以下	
	SM50B		32	型钢 50~62	20	0.18 以下	0.55 以下	1.50 以下	0.04 以下	0.04 以下	厚 50 mm 以下
鋼釘鋼	SV34		—	34~41	27	—	—	—	0.05 以下	0.05 以下	
	SV41A		—	41~50	25	—	—	—	0.05 以下	0.05 以下	



a. 低溫 鋼材處於華氏零度以下的溫度，可使它的性質變脆，此種溫度而使鋼料損失部份的延性，或能量的吸收，（可用 charpy 試驗測定之）稱為「過渡溫度」，故當鋼的曝露溫度低於過渡的溫度，它易生脆裂。

b. 三軸張應力 一立方體延性材料受有三軸相等的張應力，它損失原有延性而開裂，三軸相等應力的構材雖很少，然三軸不等的很普通，板形的結構即受有二軸的應力，若垂力於板的方向而受第三軸的應力，即為一例，故鋼結構如船體，儲槽等易生脆裂，銲結合的特別多。

c. 潛留應力 這種潛留應力，多因溫度的變化而變形受阻時所產生的，或由輾軋、冷卻、及拼裝而生的殘留應力。

各國鋼鐵規範彙列於各表中。

## B 鋼結構設計及建造

工程的要素為設計及建造。古代的工程，皆以累積的經驗而施行之，故可說是藝術的一種。直至 1800 年以後，逐漸應用科學的方法而加以分析之。依照材料的性質，加以適當的假定，而誘導成結構的理論。以建造、設計、及理論三者發展的程序而言：先開始於藝術的建造；再以初步科學的方法而設計；最後以純粹科學發展而成為理論，這種理論的發展，自必影響建造及設計方法而加以改良之，然近代結構理論，尚未能徹底控制整個建造及設計。故結構工程師不但要瞭解科學的理論，而且還要瞭解藝術的設計及建造。

1·12 設計 任何理論乃根據假定而誘導成一體系的理論。近一百五十年，材料力學皆由彈性分析而來。這種理論，包含二個基本對象：一為力系的平衡，二為連續的性質。此兩者，平衡為主而連續為賓，前者遠比後者為重要。力系平衡定律，乃由 Newton 定律而來。當  $F=ma$  而加速度為零時，即得  $\Sigma F_x=0$ ， $\Sigma F_y=0$  及  $\Sigma M=0$ 。力系不能平衡，結構立即倒塌。連續的寓意，即言構材不會產生裂縫，而失去原來連續的型態。彈性理論，即以此為立足點，而描繪材料的強弱，以補充平衡理論的不足。

結構鋼主要的變形為彈性變形及延性變形。圖 1·1 的 AB 即為彈性部份，過此則延性變形，或稱塑性變形。彈性設計，而以 AB 部份為立論的基礎。近代極限設計而以延性變形為立論的基礎。鋼材進入延性境域，它的應力依照延性而重行分佈。例如張力構材鉚釘孔邊的應力為平均應力的  $2\sim3$  倍，若進入延性境域，這種彈性的應力集中不復存在；而重新分配為均勻的分佈。

1·13 載重 結構設計，必須先行決定結構所負荷的載重，載重的種類分為