

結構設計

劉新民著

科學技術叢書 / 三民書局印行



結 構 設 計

劉 新 民 著

三 民 書 局 印 行

行政院新聞局登記證 局版臺業字第〇二〇號

中華民國六十一年十月初版
中華民國六十八年九月再版

結構設計

基本定價肆元貳角伍分



版 權	著 者	劉 新 民
所 有	發 行 人	劉 振 强
翻 印	出 版 者	三民書局股份有限公司
必 究	印 刷 所	三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十二號
郵政劃撥九九九八號

前 言

我國工程界對於工程材料尚缺可靠的規格以資設計之用。本書之編輯係參考美日各國資料彙編，適合教學及工程設計之用。對於土木、建築工程之學生，於學習工程力學，結構理論課程後，講授一般鋼及木結構之設計原則及方法。鋼材大多採用美國 ASTM 之新規格，設計規範有新舊難免有些出入，在設計實際工作，常受地域性的限制及慣例。本書所示的設計例題，僅供作設計步驟上之參考。

本書所用的度量衡制不一，雖我國標準規定採用公制為單位，但在工程上多慣用英制。故於書後附英制與公制之換算表，俾供設計實際工作方便。

本書付印前後，雖經修正，但疵謬仍將難免，尚祈採用者及先進隨時惠賜教言，無任感荷。

劉新民

民國61年6月

結構設計 目錄

第一章 總論

1-1	結構之設計	1
1-2	規範	2
1-3	木結構之特性	2
1-4	圬工結構之特性	3
1-5	鋼筋混凝土與預力混凝土之結構	3
1-6	鋼結構之特性	4
1-7	安全係數	5

第二章 鋼結構之抗拉桿件

2-1	結構鋼	7
2-2	桿件之種類	10
2-3	抗拉桿件之應力	13
2-4	鋼線及鋼纜之設計	15
2-5	鋼棒之設計	17
2-6	釘孔距離對於淨斷面之影響	20
2-7	鋸齒線形釘孔之角鋼淨斷面	25
2-8	單獨型鋼之抗拉桿件	27
2-9	組成抗拉桿件之設計	29

第三章 鉚釘及螺釘之接合

3-1	鋼材之連接	35
-----	-------	----

3-2	鉚釘	36
3-3	釘孔之作法	37
3-4	鉚釘接合之應力	38
3-5	鉚釘接合之強度	39
3-6	螺釘之種類	41
3-7	螺釘接合	42
3-8	連結物之應力傳達	43
3-9	摩擦式與承壓式之螺釘接合	46
3-10	摩擦式螺釘接合之計算	47
3-11	承壓式螺釘接合之計算	51
3-12	角牽板	56
3-13	偏心連接	59
3-14	托架	62
3-15	托架之設計法	66
3-16	夾角接合	70
3-17	有受拉力之鉚釘抗彎矩接合	74
3-18	有受拉力之螺釘抗彎矩接合	77

第四章 樞接合

4-1	樞接合	87
4-2	樞的設計	88
4-3	樞板	89
4-4	樞之安裝	92

第五章 鐸接合

5-1	概說	97
-----	----	----

5-2	銲法之種類	97
5-3	氣銲	98
5-4	電弧銲法	93
5-5	銲接式樣	101
5-6	接縫之型式	104
5-7	銲接之符號	107
5-8	影響銲接縫強度之因素	109
5-9	銲接尺寸與長度之規定	111
5-10	銲接之容許應力	113
5-11	承受軸向力之銲件	114
5-12	承受偏心力之銲件	123

第六章 木材之力學性質

6-1	工程用木材	133
6-2	木材之等級	135
6-3	木材之比重	135
6-4	木材之含水量	136
6-5	木材之強度	137
6-6	木材之彈性係數	140
6-7	木材之容許應力	141
6-8	木材之接合	143

第七章 不靠連接器材之木材接合

7-1	用一木塊之接法	147
7-2	斜刺接合	148
7-3	拼合接合	151

7-4	樺頭.....	152
7-5	抗拉接縫.....	153
7-6	銜頭接合.....	155

第八章 木材之釘接合

8-1	釘之種類與形狀.....	157
8-2	釘接合之特性.....	158
8-3	保釘力.....	159
8-4	釘之抗剪強度.....	161

第九章 木材之螺栓接合

9-1	螺栓接縫之性能及破壞過程.....	163
9-2	用鋼添接板之螺栓接合.....	165
9-3	用木添接板之螺栓接合.....	167
9-4	美國產木材之實驗算定法.....	169
9-5	日本建築木構造規範之螺栓安全荷重.....	172
9-6	螺栓接合之設計細則.....	175

第十章 用連接器具之接合

10-1	連接器具之效用與發展經過.....	181
10-2	用矩形斷面的硬木塊之接合.....	182
10-3	用鋼板、型鋼、鋼棒、鋼管之連接器.....	185
10-4	圓環連接器.....	190
10-5	壓入連結器.....	195
10-6	牛頭犬連結器.....	198
10-7	Alligator 連結器.....	200

10-8	剪力接合鉸連結器·····	201
------	---------------	-----

第十一章 木材之截面算定

11-1	概論·····	205
11-2	抗拉桿·····	205
11-3	單材抗壓桿·····	206
11-4	合成柱·····	207
11-5	單一梁·····	210
11-6	組合梁·····	212
11-7	疊合梁·····	214

第十二章 鋼柱之設計

12-1	抗壓桿件之強度·····	219
12-2	各種鋼柱容許應力之計算公式·····	221
12-3	有效柱長·····	225
12-4	抗壓桿件斷面之形狀·····	226
12-5	設計程序·····	228
12-6	受軸向力之型鋼抗壓桿件·····	228
12-7	柱之剪力與繫條·····	232
12-8	偏心載重之柱·····	236
12-9	柱續接鉸·····	238
12-10	柱帽與柱座·····	240

第十三章 鋼梁之設計

13-1	鋼梁之種類·····	245
13-2	梁之應力·····	245

13-3	梁之撓度	247
13-4	型鋼梁之設計	248
13-5	承受巨大集中載重之梁	249
13-6	鋼格梁之設計	256

第十四章 屋架之設計

14-1	屋架形式	261
14-2	屋架自重	261
14-3	屋架之荷重	264
14-4	屋架之設計例題	266
14-5	鉚接之屋架設計	284

第十五章 鉸梁之設計

15-1	鉸梁之特長	293
15-2	鉸梁之應力	294
15-3	鉸梁橋之形式	295
15-4	翼緣面積法	298
15-5	翼緣斷面	302
15-6	梁腹斷面	304
15-7	梁腹加固	305
15-8	梁腹與翼緣連結	312
15-9	鉚接翼緣	316
15-10	翼緣連接鉚釘	316
15-11	翼緣之接縫	317
15-12	蓋鉸之連接	318
15-13	角鋼之連接	319

15-14 腹板之鉚釘接縫	319
15-15 板梁設計例題	327
附錄A 鋼構造建築設計規範	339
附錄B 國標準型鋼之斷面性質	391
附錄C 日本 (JIS) 標準型鋼之規格	427
附錄D 換算表	435

第一章 總 論

1-1 結構之設計

建造結構物必先經詳密之設計，使結構物安全適用，而且經濟美觀。茲將其步驟列之如下。

(1) 規劃工作

按照結構物之需要，適用與地理環境，而決定結構型式，選用工程材料，確定荷重，定出各部主要尺寸等之工作。

(2) 結構計算工作

根據結構理論計算結構物受外力後之應力及變形，而選定結構物各部之型式，尺寸，及接合方法，作成結構計算書之工作。

(3) 製圖工作

按照結構計算所定之截面繪製結構物全部總圖及各部詳細圖，作為工程建造之準則之工作。

(4) 估價工作

根據圖面估計工程所需之材料數量，費用，工程期間，作成預算書，材料表，施工計劃等。如總工程費與預算額相差較大，則需要重新設計或編製工程費。

以上設計各項工作，如在初步之規劃工作常做幾種可能之結構型式，作為比較選出適宜的結構型式。詳密的規劃使設計工作完美符合，求得理想。許多先進國家各工程學會所定之設計規範書，均便於設計之遵循，而均以累積無數的經驗而定出，使設計工作較符合實際。

1-2 規範 (*specification*)

本書所採用規範大部份為美國及日本兩國的。對於有關結構所受的荷重，結構材料的力學上各性質，容許應力，安全係數，應力分析之各種經驗公式，桿材及接合的各種形狀，規格等。

如美國鋼結構學會規範（簡稱為 *AISC*），日本建築學會之鋼構造計算規準，木構造計算規準等，皆以建築為對象。對於公路橋，則用美國公路官員協會規範（簡稱為 *AASHO*），及日本鋼道路橋設計示方書等。如於鐵路橋梁，則用美國鐵路協會規範（簡稱為 *AREA*），而這各種規範，皆每隔若干年再行修改，則為配合結構材料之改進，以及較新進的學識與經驗。如 *AISC* 於 1949 年改訂，而於 1963 年再修改，又於 1969 年再改新的現行規範。

至於我國土木工程學會所擬定之鋼構造建築設計規範，如附錄 A 所示，適用於一般建築物之鋼構造設計。

1-3 木結構之特性

天然木材之缺點不少，以致木造建築，已漸趨淘汰，然現代科學，發展神速，已將其缺點逐一改良，使用新穎方法，分別改進，使其缺點變成為優點，並使最古建筑，亦已變為最新方式之建築。如新式的接合之改良，活動裝配，合板膠固之新穎技術等，得使木材用途迅速增加，發揮其各種特性。則為木材之質料甚輕，應力甚強，富有彈性，防熱隔音等。對於製造飛機與房屋方面之用途被受歡迎。而夾板，膠板等人工木材，均經化學製鍊，以防腐爛，於適當溫度，時間，及壓力作用下，壓成一體。人工木材之各種形狀，大小長短，均可按

需要設計，並以新式接合方法連成爲一革新的木結構物。

1-4 圬工結構之特性

使用石磚等以灰漿砌造建物，經長久年間，均靠經驗及成規之方式施工。對於各項材料之品質與調配，施工方法，技術之優劣，保養等，對圬工結構物之承載能力，及安全應力均有很大關係，近年來對於圬工設計，根據過去之經驗與實驗，予以分析應力使設計合理，其安全係數可減至 5 以下。

普通圬工可分爲石工，磚工，混凝土工程等三種，其應用則隨環境及情況而不同。大凡材料之選擇，以建築物之料值，工值，取材難易爲取決之標準。近代建築多以混凝土取代石工及磚工，而預鑄與預力混凝土及輕質混凝土之發展使混凝土工程更爲廣用於各種建物。

1-5 鋼筋混凝土與預力混凝土之結構

由於材料品質及機械性質的控制使混凝土之各種強度提高均一性，所有的設計得有充分的安全強度之保證。鋼筋混凝土之設計方法有三種，即（1）用容許應力的彈性設計法，（2）用載重因子的極限設計法，（3）用變形界限的臨界載重之設計法。

近代非彈性理論（塑性力學）發展很快，各國的工程規範皆有向這方向改進，規定設計所用的強度，以均勻因數乘之而得。

鋼筋混凝土因有良好的耐久性與抗火性，適用於各種設計及製成物，且能得與各種構造合用，具有悅目之外觀，爲現代最重要工程材料。然鋼筋混凝土亦有自重笨重，容易生裂之缺點，不適用於長跨度之結構。這些缺點如採用預力混凝土結構方式，則其應用範圍必將更

加推廣。以使用高强度材料，及後拉預力方式，將梁自重具有平衡超量偏心預力作用，則使預力混凝土可用於重載重及長大跨度之結構。預力混凝土結構之各部尺寸較鋼筋混凝土為細小，而在工作載重作用時不生裂縫。若有超載重作用時發生微小裂縫，但當超載移去後，裂縫即復合。預力混凝土設計工作較複雜，必須嚴格監督施工，如按照標準尺寸以預鑄或在工廠大量製造，始能經濟成為最重要的結構用途材料。

1-6 鋼結構之特性

古代的工程，皆以累積的經驗用土、木、石、鐵等，天然工程材料而建造。直至 1855 年發明製鋼法以後，逐漸供給優良的鋼料，工程之設計與建造亦依照材料的力學性質，應用科學方法的根據，假定而誘導結構的理論。結構理論之發展，自必影響工程之設計與建築方法。如材料之進步自鑄鐵變為鍊鐵，再變為鋼鐵，於橋梁方面出現長大的各種型式結構，成為近代的橋梁。

普通的結構鋼稱為軟鋼，抗拉強度約為 $40 \sim 50 \text{ kg/mm}^2$ ，其破壞時伸長率不得小於 $16 \sim 24\%$ ，合金鋼之抗拉強度約為 $50 \sim 70 \text{ kg/mm}^2$ ，稱為高强度鋼材，普通鋼材之屈服點強度為其抗拉強度之 $60 \sim 65\%$ ，比例極限強度為屈服點強度之 $65 \sim 70\%$ ，而鋼材具有較高的屈服點，對於超出彈性界限之應力，很有利於彈性理論上之應用。又於各種反覆作用力，如其應力在彈性界限內，則得反覆作用至無限次數。在力學性質中最有利的點，即為抗壓強度與抗拉強度很相近，而鋼材有顯著的延展性，其應力超過屈服點至破壞之間產生相當大的伸長，這為表示鋼材有很大的塑性領域。

鋼結構普通多採用構架型式的構造，以角鋼， I 型鋼，槽型鋼

等，與鋼板組成爲桿件後，使用鉚釘，螺釘，或用電銲連結而成。其節點不像木結構的不大完全，用釘結或銲接之連結，能得做爲完全的鉸節與剛節之結構。而爲現代各種結構中最與理論相近的，誤差爲最小的構造物。

1-7 安全係數

在工程設計中，安全係數之適當選擇，極關重要。任何桿材必須保留一部份強度，以預防各種可能損壞的因素。如外力估計之是否準確，結構計算應力的精度，所用材料之品質欠均一性，經長久使用後之變化影響等均須詳加考慮。

安全係數乃桿材的屈服應力與容許應力之比，但於塑性設計之安全係數係爲結構物之破壞安全係數。安全係數亦須按照桿材之重要性而定之。如橋梁之橋面與主梁，它的重要性顯然不同，橋面損壞可立刻修補，而不會有很大的損失。然主梁之損壞，可危及整個橋身。

安全係數如依照結構材料的強度之可靠性而定，則以結構鋼最佳，於鋼結構約爲2，於混凝土結構約爲3，於木，石結構多用3以上之安全係數。但鋼材很易腐蝕，故規範皆有規定最小尺寸，以防這種損壞。

