

DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES

Winter and Nilson

Eighth Edition

鋼筋混凝土設計

上册

譯者

朱紹鎔
陳祝達



東華書局印行

鋼筋混凝土設計

上 册

著 者

GEORGE WINTER ARTHUR H. NILSON

譯 者

朱 紹 鎔
陳 祝 達

東華書局印行

鋼筋混凝土設計

下 冊

著 者

GEORGE WINTER ARTHUR H. NILSON

譯 者

朱 紹 鎔
陳 祝 達

東華書局印行



版權所有・翻印必究

中華民國六十三年九月初版

中華民國六十六年十一月五版

大專
用書 **鋼筋混凝土設計 (全二冊)**

上冊 定價 新臺幣八十元整

(外埠酌加運費匯費)

著者	GEORGE WINTER ARTHUR H. NILSON
譯者	朱紹鎔 陳祝達
發行人	卓鑫
出版者	臺灣東華書局股份有限公司 臺北市博愛路一〇五號
印刷者	合興印刷廠 台北市大理街130巷2弄1

行政院新聞局登記證 局版臺業字第零柒貳伍號
(63010)

目 次

前 言

第一章 混凝土及鋼筋	1
1.1 概說：混凝土、鋼筋混凝土、預力混凝土	1
1.2 水泥	5
1.3 骨材	6
1.4 混凝土成份比例與拌合	8
1.5 輸送、灌注、壓實及養護	10
1.6 試驗、品質控制、檢驗	12
1.7 混凝土受壓時之強度與變形	14
1.8 抗拉強度	19
1.9 聯合應力下之混凝土強度	20
1.10 體積變化、收縮、溫度	23
1.11 輕質混凝土	25
1.12 鋼筋	26
第二章 鋼筋混凝土之力學與性質	34
2.1 基本概念	34
2.2 軸向壓力	36
2.3 軸向拉力	42
2.4 彎曲	43
2.5 剪力及斜拉力	61
2.6 裹握力與錨定	76
2.7 扭矩及扭矩加上剪力的作用	83

2 鋼筋混凝土設計

2.8	工作載重之撓度	94
2.9	壓力與彎矩之聯合作用	98
2.10	預力混凝土	109
2.11	結構之安全	120

第三章 梁 125

3.1	設計基準	125
3.2	鋼筋混凝土之簡史	126
3.3	ACI 規範之安全因數	127
3.4	撓曲設計	129
3.5	剪力及斜拉力之設計	151
3.6	裹握 錨定及發展長度	164
3.7	鋼筋之選擇與間距	168
3.8	鋼筋之切斷及彎起點	170
3.9	完整設計例題	176
3.10	撓曲構件內之鋼筋銲接	180
3.11	裂縫之控制	182
3.12	撓度之控制	185
3.13	扭矩設計	191
3.14	基於許可應力之設計	199

第四章 版 209

4.1	版之類型	209
4.2	撓曲分析	211
4.3	溫度及收縮鋼筋	213
4.4	例題：單向版設計	214
4.5	雙向版之作用	218
4.6	由ACI 規範決定雙向版之彎矩	223
4.7	撓曲鋼筋	234
4.8	剪力設計	236
4.9	版中開孔	244

4.10	深度限制	245
4.11	例題：雙向版之設計	246
地上之版		
4.12	地上之版用途	253
4.13	集中載重分析	254
4.14	分佈於部分面積上的載重	258
4.15	連續鋼筋混凝土路面	259
版分析之降伏線理論		
4.16	概述	260
4.17	降伏線之位置	263
4.18	平衡分析法	264
4.19	虛功分析法	267
4.20	角隅盆裂	271
4.21	降伏線理論之限制	272
第五章 壓力構件：軸向壓力加上彎矩		
5.1	壓力構件：柱	274
5.2	橫樑柱或螺旋箍拉	274
壓力和彎矩		
5.3	安全規定	280
5.4	矩形柱	281
5.5	矩形柱之雙軸向彎矩	292
5.6	圓形柱、螺旋鋼箍	296
5.7	工作載重設計法	297
細長柱		
5.8	概論	299
5.9	細長的影響	300
5.10	鋼筋混凝土細長柱——ACI 規範	311

第六章 基腳 321

6.1	下部結構之形式及功能.....	321
6.2	分布基礎之形式.....	321
6.3	影響混凝土基腳設計之因素.....	322
6.4	載重、承載壓力、基腳尺寸.....	323
6.5	鋼筋混凝土牆基腳.....	326
6.6	單柱基腳：總述.....	328
6.7	單柱基腳之設計.....	329
6.8	聯合基腳.....	338
6.9	二柱基腳.....	339
6.10	連續連帶，格式，文島式基腳.....	349
6.11	橋承基腳.....	351
6.12	基腳之工作載重設計.....	354

目 次

前 言

第七章 連續梁及構架之分析	357
7.1 鋼筋混凝土結構之連續性	357
7.2 載重之配置	359
7.3 副構架之分析	360
7.4 分析方法	361
7.5 結構物之理想化	370
7.6 初步設計	376
7.7 連續梁及構架之極限分析	377
第八章 鋼筋混凝土建築	388
8.1 概述	388
8.2 樓板及屋頂載重	391
8.3 水平載重	393
鋼筋混凝土樓板及屋面	395
8.4 構造種類	395
8.5 梁 - 及 - 大梁成一整體構造	396
8.6 鋼梁支承之組合構造	398
8.7 使用輕級鋼板之組合構造	399
8.8 單向肋版	399
8.9 預鑄混凝土系統	401
8.10 帶有邊梁之雙向版	402
8.11 具有柱頭版或柱冠之無梁版	402

8.12 平板構造	403
8.13 雙向肋式版	405
8.14 樓版表面	406
8.15 混凝土屋面	407
牆及隔牆	408
8.16 格間牆及幕牆	408
8.17 支承牆	409
8.18 底層牆	410
8.19 隔牆	410
樓梯	411
8.20 混凝土樓梯之種類	411
8.21 建築規範之要求	411
8.22 構造細部	412
梁及大梁樓板之設計	413
8.23 數據及規範	413
8.24 版之設計	413
8.25 梁之設計	416
8.26 大梁之設計	418
使用鋼盤模板之肋式樓板設計	421
8.27 靜載重	421
8.28 設計數據	424
8.29 攔柵之設計	424
8.30 大梁設計	427
典型工程圖	430

第九章 預鑄混凝土構造 438

9.1 概述	438
9.2 預鑄構材及裝配之型式	439
9.3 連接	446

第十章 拱及薄殼屋頂 457

10.1	概述	457
10.2	拱	458
10.3	對稱理論，雙鉸拱	461
10.4	對稱固定拱理論	466
10.5	積分之展開	474
10.6	拱之初步設計	475
10.7	鋼筋混凝土結構中之鉸鏈	480
10.8	雙鉸，繫桿屋頂拱之設計	483
10.9	薄殼屋面	494
10.10	圓筒形薄殼	496
10.11	折疊板	503
10.12	雙曲拋物線體	512
10.13	球面穹窿	517
10.14	結論	521
第十一章 預力混凝土		524
11.1	概述	524
11.2	設計基本	525
11.3	預力之來源	526
11.4	預力鋼材	528
11.5	預力施工中之混凝土	530
11.6	預力之損失	532
11.7	彈性撓曲分析	536
11.8	撓曲之工作設計	540
11.9	部份預力與全部預力	552
11.10	形狀選擇	554
11.11	鋼筋縱剖面	555
11.12	撓曲強度	558
11.13	剪力及斜向拉力	563
11.14	裹握	571
11.15	端點帶之應力	572

11.16 燒度	576
----------	-----

第十二章 鋼筋混凝土橋 580

12.1 橋之形成	580
12.2 活載重	583
12.3 載重之應用	585
12.4 衝擊力	588
12.5 載重之分佈	588
12.6 混凝土版上車輪載重之分佈	589
12.7 車輪載重在縱梁，長向梁及樓版梁上之分佈	591
12.8 橋台	592
12.9 其他構造詳細	595

版式橋之設計 596

12.10 數據及規範	596
-------------	-----

T梁或上承大梁橋之設計 600

12.11 數據及規範	600
12.12 版之設計	600
12.13 內大梁	602
12.14 外大梁	607
12.15 其他詳細	608

組合橋之構造 609

12.16 一般說明	609
12.17 組合剖面之設計	610
12.18 剪力連接件	611

組合橋之設計 615

12.19 數據及規範	615
12.20 版之設計	616
12.21 內大梁	616
12.22 外大梁	621
12.23 其他細節	621

附錄	623
----	-----

第七章 連續梁及構架之分析

7.1 鋼筋混凝土結構之連續性

組成鋼結構或木結構之各單一構材，係個別的在工廠製造或切割，然後再用鉚釘，螺栓，焊，或洋釘連接成一體。除非接頭是具有剛性之特殊設計，該等接頭是太柔軟而不能從一構材傳遞太多之彎矩至另一構材。反之，在鋼筋混凝土結構中，實用上是將很多量之混凝土在一次灌鑄而成。在一構材之末端，也不將鋼筋剪斷，且穿過接頭而延伸入鄰接之構材。在工作縫處，爲了使新混凝土與舊混凝土有極強之結合力，處理應特別細心，乃將舊混凝土表面洗刷乾淨，鋼筋需要穿過此一接頭，或用其它方法處理後，再予相接。即使在預鑄混凝土之工作縫中，接頭處常亦須傳遞彎矩，剪力及推力。鋼筋混凝土結構物通常係代表一完整或連續單位。是故，作用在任一位置之載重即引起所有其它位置處之變形及產生應力。圖 7.1 所示乃受載重後之特性。

如像鋼接頭處所用之鉚釘及螺栓等多種型式連接而成之簡單接頭，只有使圖 7.1a 所示構架中之梁 3-4 會發生彎曲，至於其它各構材仍會保持其原有直線。但如像鋼筋混凝土構架中之剛性接頭，作用於一構材上之載重所造成之變形影響將會傳佈至構架之其它構材上，但變形之大小量係隨著距載重梁之距離增加而減少。所以，像梁 1-2，雖未受到外力之作用，但其兩端亦旋轉了 α_1 及 α_2 ，同時且發生了曲度，如圖 7.1 c 所示。因爲彎矩與曲度成正比，此梁及所有其它構材，雖未承載直接載重，但亦會有彎矩作用。

如果有像風力，地震力，或爆炸力等水平力作用於一構架上，該構

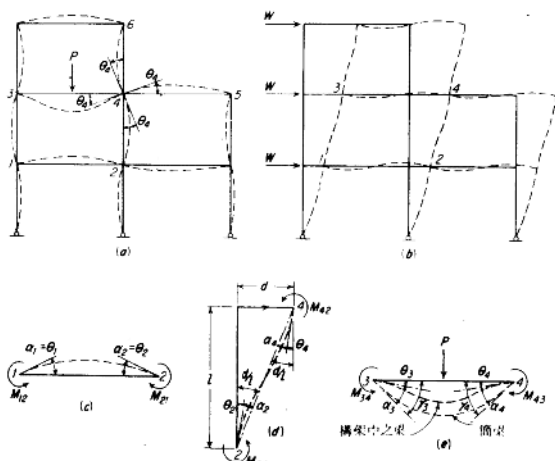


圖 7.1 剛架中之撓度及斜率

架之變形將如圖 7.1 *b* 所示。雖然各力只作用於構架之左側，但構架上之各構材皆會產生變形；所有相當之構材，不論其距載重點之距離為何，其變形量大致相同，此點與垂直載重所生效應不同。像構材 2-4，雖未直接受到橫向載重之作用，但因受到變形影響，亦會受彎曲力矩作用，如圖 7.1 *d* 所示。由圖上可看出，該構材除了有接頭旋轉值 α_2 及 α_4 外，一端對另一端尚產生一水平位移量 d ，更產生一旋轉量 d/l (圖 7.1 *e*)。如果一構材受到橫向載重作用，如圖示之梁 3-4，則其端點旋轉量除了因接頭連續性所生旋轉量外，尚須加上因載重所引致之端點旋轉量 γ 。

在靜定結構物中，如像簡單梁，其撓曲形狀，彎矩及剪力等，僅視載重之型式及大小，構材之尺寸等而定。反之，觀察圖 7.1 可知，在靜不定構架中，任何構材之撓曲曲線，除了受載重影響外，尚須視其端點斜度 θ 而定， θ 值却視其鄰近剛性鄰接構材之變形量而定。詳言之，對於像接頭 4 般之剛性接頭 (圖 7.1 *a*)，所有鄰接構材之斜度 θ 必須相同，且等於該接頭之旋轉量。因之，對於該一構架之正確設計，顯然必須要考慮到接頭連續性效應，對於計算彎矩，剪力及推力等之影響。

7.2 載重之配置

結構構架之各個構材的設計，需要考慮到最惡劣情況時之載重組合，亦即是在其使用年限內，合理假想可能遭遇到之最大載重的組合。由此等靜及活載重之組合，影響了構材內部彎矩，剪力及推力之大小及方向。靜載重乃是不變者，但像人類居住所致樓板載重般之活載重，因人在與不在或多少不同等所致之載重配置，却變化萬端，其中自包括有造成極端嚴重影響之載重發生。

在圖 7.2 *a* 中，僅有 *CD* 跨度承載有活載重。構架內之各構材，可看出最靠近載重跨度者，其變形量亦最大，其它構材之變形量隨着距載重跨度之距離增加而快速減小。因為彎曲力矩與曲度成正比，故距載重跨度較遠之構材，所受之力矩較距載重跨度近者小。然而，圖 7.2 *a* 所示之載重並不能在 *CD* 中產生最大可能正彎矩。事實上，如在 *AB* 跨度放置附加活載重，*AB* 跨度將向下彎曲，*BC* 即向上彎曲，*CD* 自然向下彎曲，不過向下彎曲之程度較之其自身承受載重所致向下彎曲小得多。因之，如 *AB* 承受載重，將使 *CD* 中之正彎矩增加，如同時 *EF* 亦承受載重，亦將使 *CD* 之正彎矩更是加大。將此原理擴伸而應用於構架中之其它構材，顯然可知圖 7.2 *b* 所示配置如“棋盤式 (checkboard pattern)”活載重，不僅在 *CD* 中會產生最大可能正彎矩，同時在所有其它載重之跨度中亦將產生最大可能正彎矩。是以，只要有兩組此種棋盤式載重，即可得到所有跨度中之最大正彎矩。

除掉最大之跨度彎矩外，常尚須研究最小之跨度彎矩。各跨度自身之靜載重，當然作用於所有跨度上，通常僅產生正跨度彎矩。然而，活載重配置如圖 7.2 *a*，甚至如 7.2 *b* 所示者，將使未承受載重之跨度向上彎曲，亦即是在跨度中產生負彎矩。如果此等活載重負彎矩大於通常由靜載重所生正彎矩時，則就某一大梁而言，視載重之位置不同，將會使得該大梁有時受正跨度彎矩作用，有時受負跨度彎矩作用。設計時，必須要考慮承受此兩型彎矩，亦即在梁頂部及底部，皆須配置抗拉鋼筋。所以，在圖 7.2 *b* 所示之載重情況，除了在載重跨度產生最大跨度彎矩外，在未承受載重跨度亦產生了最小跨度彎矩。

在另一方面，如果在一特殊支點之兩側皆配置載重，且在較遠處之大梁亦配置有同型載重，則在該一大梁之支承點處會產生最大之負彎矩。

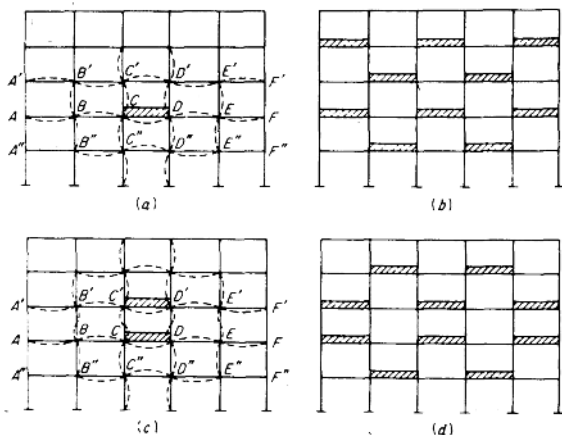


圖7.2

欲計算每一支承點處之最大負彎矩，需要分別研究該等型式載重所生之效應。

在每一柱中，最大之彎矩發生在柱頂及柱底。至於像圖 7.2 c 所示之載重，將會在柱 CC' 及 DD' 之兩端發生較大之彎矩，讀者能甚易判斷，如尚有額外載重配置如圖 7.2 d 所示者，此等彎矩即會大大增加。

從上述簡扼討論可知，爲了計算構架所有臨界點處之最大可能彎矩，必須將活載重，以各種不同之位置放置於構架上。然而，在大多數實用之情況，由各種效應所生相對大小之考慮，將允許分析極限至少數會發生嚴重影響之情況。

7.3 副構架之分析

很多實用建築構架之分析，非常複雜，且須計及交互載重配置之可能性，更增加複雜性，是以在實用上，顯然需要加以簡化。此種簡化，藉著某些近似方法，可以達成，該等近似方法對於彎矩之決定，須在合理之準確度以內，同時且須在實質上，大大的減少計算工作量。

經過很多次之試算已證明，具有相當整齊外形之建築構架，其形狀

或載重不包括有不對稱之現象，則由垂直載重所生之側傾效應可忽略不計。在該種情況，可將整個構架分成幾個較簡單之副構架(subframe)，用以計算因垂直載重所生之彎矩，準確度亦頗稱滿意。每一副構架包括有一連續梁及連接該梁之上下柱體。將作用於梁上之活載重放置在最不利之情況，用以決定具有適當準確度之各梁彎矩，以及下層柱之頂端處彎矩及上層柱之底端處彎矩。就此一部分結構物而言，除了因與土壤及基礎接觸之第一層或地下室之柱端，可假定為鉸支外，一般皆將柱之遠端點視作固定端。ACI 規範對此一近似作法，予以明確之許可，並定出樓板構材之規定：

(1) 活載重僅視為只作用於所考慮之樓板或屋頂，柱體之遠端點係假定為固定。

(2) 負支承彎矩之產生，乃來自所有跨度上之靜載重，以及與支承相鄰兩跨度承載活載重之作用所致。對於正跨度彎矩，則可將全部活載重置於間隔跨度而計算之。

當研究在任一接頭處之最大負彎矩時，雖然各接頭在每一方向皆有次移動，但卻假定為完全固定，因之將產生誤差，此一誤差不大，可以忽略。同理，在計算最大或最小跨度彎矩時，亦可將鄰近跨度遠端接頭視為固定。這樣即可將多跨度組成之構架的個別部分，作個別之研究。

關於柱體部分，規範指出：

設計柱子，應使之能抵抗全部樓板上載重所引起之軸向力，以及在此所考慮之同層樓板上，與柱子相鄰跨度上所載設計載重所引起之最大彎矩。對於發生彎曲力矩與軸向載重比值最大時之載重情況，亦應加以詳細考慮。在建築構架中，更須特別注意在內外兩孔上之不平衡樓板載重的影響，以及由其它原因所產生之偏心載重的影響。在計算柱中受重力載重所生彎矩時，應將與結構連成整體之柱子遠端視作固定端。

7.4 分析方法

過去許多年來，對於連續梁及構架之分析，已有很多方法，譬如像三力矩定理，最小功法(Castigliano 氏第二定理)，及連續變形法等所謂“古典(classical)”方法之應用，對於用於分析幾個跨度之連續梁，或很簡單之構架，已證明頗為有用。對於實用上，平常所遭遇到之