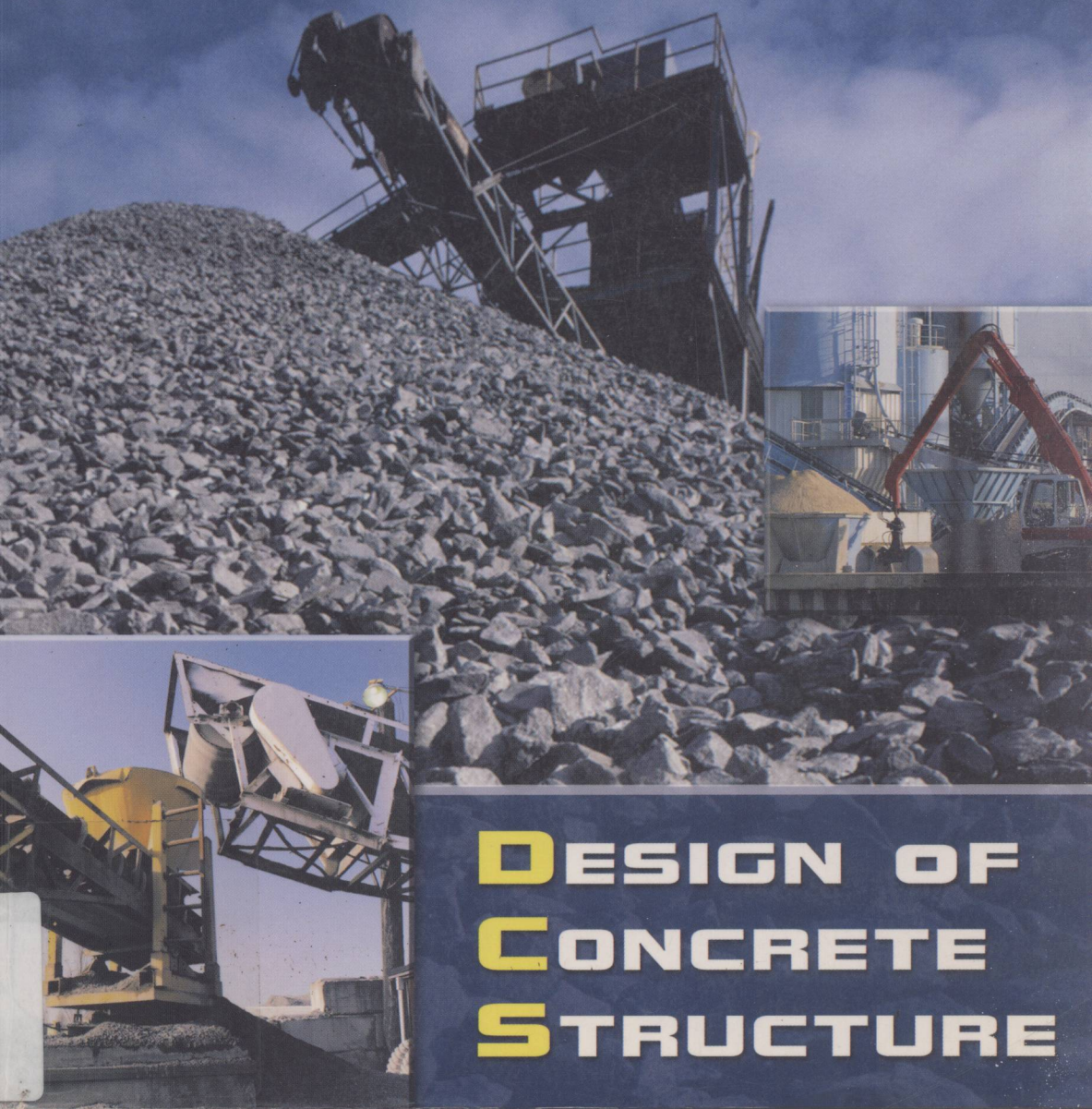


混凝土結構設計

呂文堯 李中彥◎編著



DESIGN OF
CONCRETE
STRUCTURE

混凝土結構設計

呂文堯 李中彥 編著

DESIGN OF CONCRETE STRUCTURE



新文京開發出版股份有限公司

New Wun Ching Developmental Publishing Co., Ltd.

國家圖書館出版品預行編目資料

混凝土結構設計/呂文堯、李中彥編著 初版
臺北縣中和市：新文京開發，民 93
面；公分

ISBN 957-512-984-9 (平裝)

1. 鋼筋混凝土

441.557

93006923

混凝土結構設計

(書號：A259)

編著者 呂文堯 李中彥
發行者 新文京開發出版股份有限公司
地址 台北縣中和市中山路二段 362 號 8 樓 (9 樓)
電話 (02) 2244-8188 (代表號)
F A X (02) 2244-8189
郵撥 1958730-2
初版 中華民國 93 年 5 月 25 日

有著作權 不准翻印

建議售價：600 元

法律顧問：蕭雄淋律師

ISBN：957-512-984-9

序 言

一般而言，鋼筋混凝土的理論可粗分為「撓曲與軸力」及「剪力與扭力」兩大部份，其中，「撓曲與軸力」已有適當的解析模型，且已納入規範的設計程序中；但關於「剪力與扭力」，目前規範則仍採經驗公式的方法。近年來，由於混凝土軟化理論的提出，「剪力與扭力」的研究已有長足的進步。1998 年美國 ASCE-ACI Committee 445 總結了 現有的相關研究，指出將剪力與扭力設計由經驗公式改為解析模型的時機已臻至成熟，並要求規範及早改善因應，此為現今混凝土結構設計的一項重點。

此外，在九二一地震中，混凝土結構損壞屢見不鮮，扣除設計錯誤，施工不當因素外，最重要的原因是以往鋼筋混凝土設計缺乏耐震觀念，忽視韌性行為造成的結果。在設計實務上，「耐震剪力容量設計」亦是控制設計之重要因素，此設計重點在傳統的教學上，常被忽略，故耐震設計實為混凝土結構設計的另一項重點。

自 1995 年以後 ACI 規範將「鋼筋混凝土」更名為「結構混凝土」，並於 1999 年及 2002 年進行修訂。綜觀目前國內相關之教科書，大多跟不上設計規範更新的速度，故而造成學生在研習上的困難。

本書係作者積多年的研究、教學及實際設計的經驗，並經長期的研討與修改定稿，茲將本書之特色列舉如下：

1. 本書行為理論與設計方法並重，足供大專以上土木、建築相關科系學生及工程師參考之用。
2. 本書詳細介紹混凝土結構耐震設計方式，符合國內設計實務。
3. 本書各章後皆列有習題可供演練，並於例題、習題中收錄國內各研究所及國家考試試題，可供讀者了解國內考試的命題方向。
4. 本書採用公制(MKS)，在理論的闡述方面由淺入深，步驟化的範例介紹確能降低初學者的學習困難。

本書倉促定稿，雖悉心校核，疏漏、謬誤之處在所難免，敬祈各方先進不吝指正。

作者 謹識

目錄

第一章 總論 1-1

1-1 概述 1-1

1-1-1 鋼筋混凝土 1-1

1-1-2 延展性—脆性 1-2

1-1-3 設計準則 1-2

1-1-4 設計規範 1-3

1-1-5 設計方法 1-3

1-2 結構安全 1-3

1-2-1 設計強度 ϕS_n 1-3

1-2-2 需要強度 U 1-4

1-2-3 ACI 規範的安全規定 1-6

1-3 混凝土 1-7

1-3-1 混凝土之抗壓強度 f'_c 1-7

1-3-2 混凝土的彈性模數 E_c 1-8

1-3-3 混凝土的抗拉強度 1-9

1-3-4 混凝土的潛變及收縮 1-11

1-3-5 混凝土之品質控制 1-12

1-4 鋼筋 1-14

1-4-1 鋼筋的型式與規格 1-14

1-4-2 鋼筋的應力-應變曲變 1-15

1-4-3 鋼筋的彈性模數 E_s 1-16

1-4-4 混凝土保護層 1-17

1-4-5 鋼筋淨間距 1-18

1-5 單位制的轉換 1-21

習題一 1-25

第二章 梁之撓曲分析及設計 2-1

- 2-1 未開裂斷面，開裂彎矩 2-1
 - 2-1-1 梁之撓曲行為 2-1
 - 2-1-2 未開裂斷面之撓曲應力 2-3
 - 2-1-3 開裂彎矩 2-5
- 2-2 使用載重下的撓曲應力 2-7
 - 2-2-1 基本假設 2-7
 - 2-2-2 開裂斷面之中性軸 2-8
 - 2-2-3 開裂轉換斷面 2-9
 - 2-2-4 抗壓鋼筋 2-13
- 2-3 撓度控制 2-15
 - 2-3-1 使用性的要求 2-15
 - 2-3-2 瞬時撓度之計算 2-15
 - 2-3-3 持續載重造成的撓度增加 2-18
 - 2-3-4 總撓度之計算 2-23
 - 2-3-5 撓度之控制 2-28
- 2-4 裂縫的控制 2-29
 - 2-4-1 目的 2-29
 - 2-4-2 裂縫寬度的計算 2-29
 - 2-4-3 容許的裂縫寬度 2-30
 - 2-4-4 深梁的裂縫控制 2-35
 - 2-4-5 表層鋼筋(Skin reinforcement)的設計 2-36
- 2-5 梁的撓曲破壞 2-38
 - 2-5-1 基本假設 2-38
 - 2-5-2 等值矩形應力塊 2-40
 - 2-5-3 平衡鋼筋比 ρ_b 2-41
 - 2-5-4 撓曲破壞之模式 2-42
 - 2-5-5 曲率、延展性與強度要求 2-45
- 2-6 單鋼筋矩形梁 2-52
 - 2-6-1 單鋼筋矩形梁之分析 2-52

- 2-6-2 單鋼筋矩形梁設計鋼筋比之規定 2-56
- 2-6-3 單鋼筋矩形梁之設計 2-57
- 2-7 雙鋼筋矩形梁 2-69
 - 2-7-1 平衡鋼筋比 $\bar{\rho}_b$ 及最大拉力鋼筋比 $\bar{\rho}_{\max}$ 2-69
 - 2-7-2 拉力破壞下壓力鋼筋降伏之條件 2-71
 - 2-7-3 雙鋼筋矩形梁分析 2-73
 - 2-7-4 雙鋼筋矩形梁設計 2-78
- 2-8 T 形梁之分析及設計 2-84
 - 2-8-1 T 形梁 2-84
 - 2-8-2 T 形梁之平衡鋼筋比 ρ_{wb} 2-86
 - 2-8-3 單鋼筋 T 形梁分析 2-87
 - 2-8-4 T 形梁設計 2-94
 - 2-8-5 雙鋼筋 T 形梁之分析 2-101
- 習題二 2-106

第三章 短 柱 3-1

- 3-1 概述 3-1
 - 3-1-1 柱的種類（或稱型式） 3-1
 - 3-1-2 柱之塑性中心 3-1
- 3-2 短柱之分析 3-4
 - 3-2-1 概述 3-4
 - 3-2-2 平衡應變破壞 3-5
 - 3-2-3 拉力控制 3-6
 - 3-2-4 壓力控制 3-8
 - 3-2-5 安全規定 3-25
 - 3-2-6 軸壓力—彎矩 3-31
 - 3-2-7 具中間鋼筋的斷面 3-42
- 3-3 柱之設計 3-49
 - 3-3-1 柱鋼筋的規定 3-49
 - 3-3-2 橫箍柱與螺旋箍柱之破壞 3-53

3-3-3	柱之設計輔助圖	3-55
3-4	雙軸向彎曲柱	3-60
3-4-1	倒數載重法（用於柱分析）	3-61
3-4-2	等應力線法（用於柱設計）	3-65
習題三		3-72

第四章 剪力設計 4-1

4-1	斜拉應力與斜拉裂縫	4-1
4-2	斜拉裂縫之型式	4-3
4-3	斜裂縫與 RC 梁破壞行為之關係	4-4
4-4	裂縫間為何仍用標稱平均剪應力	4-5
4-5	腹筋型式	4-7
4-6	腹筋之行為	4-8
4-7	RC 梁之剪力破壞行為	4-9
4-8	具有腹筋的 RC 梁之剪力強度	4-13
4-9	剪力設計之 ACI 規範（公制式）	4-16
4-10	設計步驟	4-20
4-11	鋼筋混凝土深梁之抗剪強度評估	4-34
4-11-1	簡介	4-34
4-11-2	對角壓力破壞之抗剪強度評估	4-35
4-11-3	軟化壓拉桿模型	4-37
4-11-4	力平衡公式	4-39
4-11-5	材料組成律	4-41
4-11-6	諧和條件	4-43
4-11-7	求解程序	4-43
4-11-8	試驗值與分析值之比較	4-45
4-11-9	結論	4-47

- 4-12 鋼筋混凝土深梁之設計 4-47
 - 4-12-1 ACI 規範 4-47
 - 4-12-2 簡支深梁之剪力設計步驟 4-49
 - 4-13 剪力摩擦 4-53
 - 4-14 鋼筋混凝土托架之軟化壓拉桿模型 4-55
 - 4-14-1 簡介 4-55
 - 4-14-2 對角壓力破壞之抗剪強度評估 4-57
 - 4-14-3 軟化壓拉桿模型 4-58
 - 4-14-4 力平衡公式 4-59
 - 4-14-5 求解程序 4-60
 - 4-14-6 托架軟化壓拉桿分析模型之精確度 4-60
 - 4-15 鋼筋混凝土托架之設計 4-61
 - 習題四 4-65
-

第五章 握裹設計

5-1

- 5-1 概述 5-1
- 5-2 握裹應力之分佈及變化 5-2
 - 5-2-1 撓曲握裹應力 5-2
 - 5-2-2 裂縫之影響 5-3
- 5-3 握裹力之傳遞機構 5-5
- 5-4 握裹破壞 5-7
 - 5-4-1 劈裂破壞(splitting failure) 5-7
 - 5-4-2 拉拔式破壞(pullout failure) 5-8
- 5-5 標稱握裹力 5-8
- 5-6 抗拉鋼筋之伸展長度 5-9
- 5-7 標準彎鉤(Standard hook) 5-22
- 5-8 腹筋、抗壓鋼筋、成束鋼筋之錨定 5-27
 - 5-8-1 腹筋之錨定 5-27

- 5-8-2 抗壓鋼筋之伸展長度 5-28
 - 5-8-3 成束鋼筋(Bundled bars)之錨定 5-29
 - 5-9 簡支承與反曲點的鋼筋錨定 5-31
 - 5-10 鋼筋之切斷(cut oft) 5-34
 - 5-10-1 理論切斷點 5-34
 - 5-10-2 鋼筋之切斷 (ACI 規範) 5-35
 - 5-10-3 鋼筋在拉力區切斷之檢查 5-36
 - 5-11 鋼筋之續接(splice) 5-47
 - 5-11-1 概述 5-47
 - 5-11-2 抗拉鋼筋的搭接 5-48
 - 5-11-3 抗壓鋼筋之搭接 5-51
 - 習題五 5-53
-

第六章 單向版 6-1

- 6-1 概述 6-1
 - 6-1-1 版的類型 6-1
 - 6-1-2 單向版之分析 6-3
- 6-2 連續構件之彎矩、剪力計算 6-4
 - 6-2-1 彈性分析法 6-4
 - 6-2-2 ACI 係數法 6-15
- 6-3 單向版之設計 6-19
 - 6-3-1 版厚之決定 6-19
 - 6-3-2 鋼筋之設計 6-22

習題六 6-31

第七章 基腳設計 7-1

- 7-1 概論 7-1
 - 7-1-1 基腳之功用 7-1

- 7-1-2 土壤之承载力 7-1
 - 7-1-3 设计基础之基本要求 7-5
 - 7-1-4 土壤之容许承载力及设计承载力 7-5
 - 7-1-5 展式基脚之型式 7-8
 - 7-2 牆基脚 7-10
 - 7-2-1 概論 7-10
 - 7-2-2 梁式剪力 7-11
 - 7-2-3 彎矩 7-12
 - 7-2-4 牆基脚之設計 7-13
 - 7-3 獨立基脚；單柱基脚 7-17
 - 7-3-1 概論 7-17
 - 7-3-2 梁式剪力 7-18
 - 7-3-3 穿孔剪力 7-19
 - 7-3-4 撓曲設計 7-21
 - 7-3-5 柱與基脚之連接 7-23
 - 7-3-6 單柱基脚之設計 7-29
 - 習題七 7-49
-

第八章 扭力構件 8-1

- 8-1 鋼筋混凝土構件純扭力作用下之行爲 8-1
- 8-2 扭力設計方法 8-2
 - 8-2-1 薄壁管之剪力流 8-3
 - 8-2-2 薄壁管／空間桁架法 8-5
 - 8-2-3 縱向鋼筋 8-8
 - 8-2-4 開裂扭力 8-8
 - 8-2-5 裂縫之限制 8-10
 - 8-2-6 扭力筋之錨定 8-11
 - 8-2-7 平衡扭力及諧和扭力 8-12
- 8-3 扭力設計步驟 8-13
- 習題八 8-23

第九章 耐震設計

9-1

9-1 概論 9-1

9-2 鋼筋混凝土桿件之韌性 9-2

9-2-1 混凝土與鋼筋材料韌性 9-2

9-2-2 鋼筋混凝土梁之韌性 9-2

9-2-3 鋼筋混凝土柱之韌性 9-9

9-3 超靜定梁之塑性彎矩重分配 9-13

9-4 撓曲構材之耐震設計 9-20

9-4-1 耐震設計之材料基本限制 9-20

9-4-2 撓曲構材之限制 9-21

9-4-3 橫向鋼筋之相關規定 9-21

9-4-4 耐震剪力容量設計 9-23

9-5 受撓柱設計 9-33

9-6 梁柱接頭設計 9-46

9-6-1 接頭剪力 V_u 計算 9-47

9-6-2 接頭標稱剪力強度 ϕV_n 計算 9-49

9-6-3 接頭區彎鉤受拉鋼筋之伸展長度 9-50

習題九 9-61

第十章 細長柱設計

10-1

10-1 細長柱之 $P-\Delta$ 效應 10-1

10-2 細長柱挫屈 10-6

10-2-1 細長比的影響 10-6

10-2-2 RC 桿件 K 值之求法(Alignment Chart) 10-8

10-3 側移性之判定 10-10

10-4 ACI 規範對細長柱彎矩放大之規定 10-12

習題十 10-28

第十一章 雙向版直接設計法

11-1

11-1 直接設計法概述 11-1

11-1-1 直接設計法使用限制 11-1

11-1-2 總靜定設定彎矩 M_0 11-3

11-1-3 彎矩之縱向分配 11-4

11-1-4 彎矩之橫向分配 11-6

11-1-5 版厚決定 11-10

11-1-6 與版相連接之結構物強度檢查 11-11

11-2 雙向版之剪力強度 11-27

11-3 其他設計細節 11-31

11-3-1 角隅補強 11-31

11-3-2 版中開口 11-31

習題十一 11-33

參考書目 A-1

參考書目

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99)," American Concrete Institute, Detroit, 1999, 391 pp.
2. NOTES ON ACI 318-99 Building Code Requirements for Structural Concrete with Design Applications, Portland Cement Association (1999).
3. MacGregor, J. G., "Reinforced concrete," Prentice-Hall International, Inc (1997).
4. Nilson, A. H., and Winter, G., "Design of Concrete structure," McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS (1991).
5. Wang, C. K., and Salmon, C. G., "Reinforced concrete design," Harper Collins Publishers Inc. (1992).
6. Kenneth, L., "Reinforced concrete design," McGRAW-HILL Inc.(1991).
7. Hassoun, M. N., "Structural concrete," Addison-Wesley Publishing Company Inc. (1998).
8. Park, R., and Paulay, T., "Reinforced Concrete Structures," John Wiley and Sons, New York, 769 p.(1975).

9. 中國土木水利工程學會，混凝土工程設計規範與解說，（土木 401-86a）。
10. 中國土木水利工程學會，鋼筋混凝土設計手冊－柱，（土木 404-72）。
11. 邵可鏞，鋼筋混凝土學，五南圖書出版公司，台北 727 頁 (1999)。
12. 蕭仲光、沈孝邦翻譯，鋼筋混凝土結構設計，滄海書局，台中 655 頁 (1998)。
13. 劉賢淋，鋼筋混凝土學，天佑出版社，台北 (1998)。
14. 呂文堯、游新旺，鋼筋混凝土，文京圖書有限公司，台北 466 頁 (1997)。
15. 陳文雄，結構混凝土學，文京圖書有限公司，台北 (2001)。
16. 呂文堯、林英俊，「鋼筋混凝土梁的剪力破壞機率」，中國土木水利工程學刊，第十一卷，第四期，pp.773-780(1999)。
17. 呂文堯、黃世建，「鋼筋混凝土深梁之抗剪強度評估」，中國土木水利工程學刊，第十二卷，第一期，pp.11-20(2000)。
18. 呂文堯，「鋼筋混凝土版貫穿剪力的破壞機率」，建築學報，第 32 期，pp.43-53(2000)。
19. Hwang, S. J. (黃世建), Lu, W. Y. (呂文堯), and Lee, H. J. (李宏仁), "Shear Strength Prediction for Deep Beams," ACI Structural Journal, Vol. 97, No. 3, pp. 367-376 (2000). (SCI, EI).

20. Hwang, S. J. (黃世建), Lu, W. Y. (呂文堯), and Lee, H. J. (李宏仁), "Shear Strength Prediction for Reinforced Concrete Corbels," *ACI Structural Journal*, Vol. 97, No. 4, pp. 543-552 (2000). (SCI, EI).
21. 呂文堯, 「鋼筋混凝土梁撓曲鋼筋的握裹破壞機率」, 技術學刊, 第十五卷, 第三期, pp.437-445(2000)。
22. 呂文堯、游新旺、黃世建, 「軟化模式對鋼筋混凝土托架抗剪強度評估之影響」, 中國土木水利工程學刊, 第十二卷, 第一期, pp.11-20(2000)。
23. 呂文堯, 「鋼筋混凝土托架剪力破壞機率」, 力學期刊, 第十七卷, 第一期, pp.11-19(2001)。
24. 呂文堯、林英俊, 「鋼筋混凝土剪力摩擦設計的安全性研究」, 力學期刊, 第十七卷, 第二期, pp. 103-115 (2001)。
25. 呂文堯, 「鋼筋混凝土梁的撓曲破壞機率」, 技術學刊, 第十六卷, 第四期, pp. 625-632 (2001)。
26. 呂文堯, 「鋼筋混凝土深梁的剪力破壞機率」, 中國土木水利工程學刊接受 (2001)。
27. Lu, W. Y. (呂文堯), and Lin, I. J. (林英俊), "The Probability of Local Bond Failure of Continuous Reinforced Concrete Beams," *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 25, No. 1, pp. 77-88 (2002). (SCI, EI).
28. 呂文堯, 「鋼筋混凝土柱的破壞機率」, 興大工程學刊接受 (2002)。