

92216/56

12996

简明钢筋混凝土结构学

簡明鋼筋混凝土結構學

王 大 鈞 編 著

(第四版)

科 技 卫 生 出 版 社

內 容 提 要

本書對普通鋼筋混凝土主要闡述按極限狀態計算方法，包括按承載能力和對裂紋及變形的計算；也介紹了預應力鋼筋混凝土按破壞階段的計算，同時還涉及預應力樑的構造和計算，兼討論了預應力構件變形的計算。

本書除供中等專業學校工業與民用建築學專業及高等學校建築學專業作教本用之外，還可供一般土建技術人員參考和自學之用。

簡明鋼筋混凝土結構學

編著者 丁大鈞

科技衛生出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海中華印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

統一書號: 15119·905

開本 787×1092 毫米 1/16 • 印張 24 3/4 • 插頁 2 • 字數 505,000

1958 年 9 月第 1 版

1958 年 9 月第 1 次印刷 印數 1—6,000

定價: (10) 3.50 元

四 版 序

在 1955 年暑期曾將拙編“簡明鋼筋混凝土結構學”二版本按新訂的中等專業學校該課教學大綱并遵照中建部新規範(規結-6-55)徹底改編重排付印,以求能盡量滿足中等專業學校教學上的要求,兼能供高等學校建築學專業進行教學之用(該專業對該課尚未訂有正式的教學大綱)。這時因為國內設計機構尚皆採用按破損階段計算方法,故書中亦即專門闡述這種方法,但為指明發展的方向,也簡單地介紹了按極限狀態計算方法的基本原則。對預應力鋼筋混凝土,亦因國內尚未普遍採用,故僅按上述教學大綱中所規定的範疇作了必要的概述。但祖國建設一日千里地向前發展,在三版書的印刷過程中,就感到有若干問題已落后於現實,譬如焊網和焊架在這時期已在工業建築中正式採用,鋼弦預應力鋼筋混凝土梁亦已試制成功等,但這時已來不及反映到書中去。

蘇聯在 1954 年頒布了“建築法規”(СН П),規定各項建築結構(木、鋼、磚石及鋼筋混凝土等)從 1955 年 1 月分起皆需按極限狀態計算方法進行設計,1955 年又頒布了“混凝土及鋼筋混凝土結構設計標準及規範”(Н П Т-123-55)以作為設計指南。我國在 1955 年底曾在中建部召開的一次會議上討論過改按極限狀態計算方法來設計建築物,但當時以材料的勻質系數尚未通過有系統的試驗檢查,致未果行。後來這項任務(檢查勻質系數)已交給國家科研部門和某些高等工業學校擔任進行試驗研究工作。雖然目前我國新的設計規範尚未訂出,但為着更正確地來估算結構物的承載能力,1957 年年初某些有條件的設計單位,已開始按這種革命性的新方法來進行設計。同時預應力鋼筋混凝土梁及桁架亦皆試制成功,並在工程中獲得實際應用,且成立預制廠正式生產預應力構件。這些皆是要求及時反映而且已經在教學實踐中得到反映的。於是本書非改編已不能適應新的趨勢。1956 年秋,商得出版社的同意,着手進行修改,以教學工作任務繁忙,致間作間輟。在修改期間不斷獲得新的文獻,故迭經刪正,迨完稿騰清後又因新資料的取得,更作一次局部更動和補充,豐富了一部分的内容。雖然這樣,但究因成套系統的按新法計算的教科書一類參考資料無法獲得,所以個別地方仍不能不殘留某些舊的痕迹。因改動甚大,故全書全部徹底重行排印。

對預應力混凝土結構,蘇聯 1956 年擬訂的按極限狀態計算的新規範尚未批准,國內亦皆利用 1952 年按破損階段計算方法進行設計,故為配合實踐,這部分仍介紹按破損階段計算方法,但為了將來修改時不致牽動全書起見,這一章作為最後一章。

書中仍全部介紹蘇聯的資料,但偶而也提到其他民主國家或資本主義國家的某些做法(根據俄文資料介紹),以便使讀者略知這一科學在世界各國實踐中總的概況。

編寫時除參考列示的一些中俄文參考資料外，尚參考了若干期有關的雜誌（如工程建設、建築、建築譯叢等）及標準圖（這些在參考文獻目錄中未一一列出）。

第三版中某些特點在這一版中仍保留着。

因為新的需要，增加某些內容，如按裂紋展開及變形計算，預應力結構的詳細計算，受扭（譬如在裝配式樓梯平台梁中遇到），軸心受拉（桁架下弦）和 T 形偏心受壓（桁架上弦和工字形柱等）的計算，故這一版字數較第三版約增加三分之一左右。

因限於編者的水平及編者對新方法的體會，所以書中錯誤和編寫失當之處在所難免，尚望讀者、教師和工程師們隨時指出以便陸續訂正。

丁大鈞于南工 1958 年 9 月

參 考 文 獻

中等專業學校“建築結構”教學大綱“鋼筋混凝土結構”部分，1955 年 7 月。

薩赫諾夫斯基：“鋼筋混凝土結構學”原本（1951）及譯本。

依維揚斯基：“鋼筋混凝土結構學”原本（1950）及譯本。

丁大鈞等編譯：鋼筋混凝土抗裂性剛性及強度的計算，前大東版，1954。

預加應力鋼筋混凝土結構設計規範（H-148-52），建築工程，1956。

巴爾金著：“按極限狀態計算”原本及譯本。

丁大鈞、丁大業合編“鋼筋混凝土樓蓋計算”及續集，科學技術，1956 及 1957。

“建築法規”第二卷第二篇。

施塔爾曼：“選擇鋼筋混凝土受彎構件合適的計算方法”原本及譯本。

徐仁等譯：預應力梁和複雜構造格式屋面板的工業房屋裝配式屋蓋，建築工程，1956。

太原工程局河西預制廠預應力試制研究班印發的油印資料（預應力方面的）若干種，1956 年 12 月。

中建部設計總局譯：新型屋蓋和樓板，建築工程，1954。

竇存廣：“預應力砼結構中的幾個理論問題”論文，1956。

劉旋天：“對我國首次預應力砼結構暫行規範草案討論會中幾個問題的商榷”論文，1957。

周念先、張士鐸：預應力混凝土理論與計算，中國土木工程學會上海分會，1957。

Нормы и технические условия проектирования бетонных и железобетонных конструкций (Н и Ту-123-55), Москва, 1955.

Инструкция по расчету сечений элементов железобетонных конструкций (и-123-55), Москва, 1956.

Н. Л. Табенкин: Расчет хомутов и отогнутых стержней в изгибаемых железобетонных элементах, Москва, 1957.

Е. Е. Линович: Расчет и конструирование частей гражданских зданий, Киев, 1955.

Временные указания по проектированию железобетонных конструкций, армированных струнотетонными стержнями и требования к их изготовлению (ВУЖ-3-56), Москва, 1956 (打字本)。

- К. Э. Таль: Расчет бетонных и железобетонных конструкций по расчетным предельным состояниям, Москва, 1955.
- Г. Д. Мариенгоф, А. И. Шур: Производство сборных железобетонных конструкций и деталей, Москва, 1956.
- И. Г. Севалов: Сборный железобетон, Москва, 1956.
- Научно-исследовательский институт оснований и фундаментов: Применение сборных фундаментов в строительстве зданий, Москва, 1956.
- М. С. Грутман: Сборные крупноблочные фундаменты, Киев, 1956.
- В. М. Скопич: Автодорожные мосты из напряженно-армированного бетона, Москва, 1957.
- Цицис: Из опыта применения сборного железобетона в промышленном и гражданском строительстве, Москва, 1956.
- Временные указания по применению сборных железобетонных конструкций и деталей в строительстве (У-107-54), Москва, 1954.
- Академия архитектуры СССР: Руководство по проектированию жилых и общественных зданий с панельными и каркасно-панельными конструкциями, Москва, 1955.
- Крупные сборные железобетонные элементы для покрытий промышленных зданий, Москва, 1954.
- Г. Б. Хайдуков: Железобетонные конструкции, изготавливаемые в матрицах, Москва, 1953.
- В. Н. Горнов: Исследования прочности и жесткости промышленных конструкций жилых зданий, Москва, 1954.
- Цицис: Типовые предварительно напряженные конструкции, применяемые в Польской Народной Республике, Москва, 1956.
- Исследования железобетонные конструкции, Москва, 1955.
- К. В. Сахновский: Железобетонные сооружения, I, II, Онти, 1955.
- И. Н. Ахвердов, И. М. Овадовский, В. А. Туманишвили: Напряженно армированные плиты-настилы в строительстве, Москва, 1956.
- Технологические правила по электросварке арматуры железобетонных конструкций, (Тп-2-54), Москва, 1954.
- Временные указания по дуговой ручной и электрошлаковой сварке стыков арматуры железобетонных конструкций (У-141-55), Москва, 1955.
- Цицис: Развитие методов расчета предварительно напряженных железобетонных конструкций в СССР, Москва, 1955.
- Цицис: Из практики применения сборных железобетонных конструкций в сельском строительстве, Москва, 1956.
- Н. Н. Данилов: Сборный железобетон за рубежом, 1956.
- А. И. Аваков: Холодносплюснутая арматуры периодического профиля для железобетона, Москва, 1954.
- Н. М. Курек, М. В. Островский: Сборный железобетон в странах народной демократии, Москва, 1956.

本書所用重要符号說明

(1) 在普通混凝土部分

- R_{np} ——混凝土受压計算强度。
 R_u ——弯曲时混凝土受压計算强度。
 R_p ——混凝土受拉計算强度。
 R_a ——鋼筋計算强度。
 E'_c, E_c ——混凝土受压标准及計算彈性模量。
 E'_a, E_a ——鋼筋的标准及計算彈性模量。
 n ——鋼筋彈性模量和混凝土彈性模量之比。
 σ_a ——鋼筋应力(当計算受弯構件剛度及裂紋展开时)。
 m ——工作条件系数。
 m_a ——鋼筋工作条件系数。
 m_R ——当按橫向力計算时箍筋和弯筋及相似鋼筋的工作条件系数。
 N^u, N ——标准及計算縱向力。
 M^u, M ——标准及計算弯矩。
 M_{kp} ——計算扭矩。
 Q ——計算橫向力。
 l ——構件的計算跨度。
 l_0 ——構件的計算長度。
 l_1 ——板的較短跨度。
 l_2 ——板的較長跨度。
 b ——正方形截面的边長或矩形截面的寬度(在基礎計算中,柱的边長用 b_1)。
 b_n ——T形或工字形截面翼緣寬度;当計算構件强度时,位置在受压区域;当計算剛度时,位置在受拉区域。
 b'_n ——当計算構件剛度时T形或工字形截面位置在受压区域内的翼緣寬度。
 b_x ——受扭矩形構件核心寬度。
 h ——矩形, T形或工字形截面高度。
 h_0, h'_0 ——截面的有效高度($h_0 = h - a, h'_0 = h - a'$)。
 h_m ——T形或工字形截面翼緣厚度;当計算構件强度时,位置在受压区域;当計算剛度时,位置在受拉区域。
 h'_m ——当計算構件剛度时, T形或工字形截面位置在受压区域内的翼緣厚度。
 h_x ——受扭矩形構件核心高度。
 a ——由鋼筋 F_a 截面重心到較近截面边缘的距离。
 a' ——由鋼筋 F'_a 截面重心到較近截面边缘的距离。
 δ, δ' ——由鋼筋 F_a 及 F'_a 到較近截面边缘的相对距离 ($\delta = \frac{a}{h_0}; \delta' = \frac{a'}{h_0}$)。
 d ——圓截面的直徑或多角形截面內切圓的直徑。
 d_{sk} ——鋼筋的等量直徑或厚度。
 d_s ——構件核心直徑。
 r ——旋幅。
 x ——当計算構件强度时截面受压区域的高度。
 x_0 ——当計算構件剛度时截面受压区域的平均高度。
 ξ, ξ_0 ——受压区域相对高度 ($\xi = \frac{x}{h_0}; \xi_0 = \frac{x_0}{h_0}$)。
 z ——單筋構件受弯时內偶力的臂長;由混凝土受压区域重心至鋼筋 F_a 截面重心的距离。
 z_0, z_s ——弯筋 F_0 及箍筋 F_s 至混凝土受压区域重心的距离。
 e_0 ——由法向力 N 到截面形心軸的距离。
 e ——由法向力 N 到鋼筋 F_a 截面重心的距离。
 e' ——同上,但到鋼筋 F'_a 截面重心的距离。
 F ——混凝土橫截面的全部面積。
 F_0 ——混凝土受压区域的面積。
 F_a ——下列縱鋼筋的截面面積:
 于軸心受压構件內的全部柔性鋼筋;于受弯構件內的受拉鋼筋;于偏心受压構件內,在截面受拉或較小受压边的縱鋼筋。
 F'_a ——下列縱鋼筋的截面面積:
 于受弯構件內的受压鋼筋;于偏心受压構件內,在截面較大受压边的縱鋼筋。
 F_x ——为箍筋或螺旋鋼筋或焊環鋼筋所包圍的核心內混凝土的截面面積。
 F_0 ——在一个斜截面中弯筋截面面積。
 F_s ——在一个垂直平面內各肢箍筋的总截面面積。

f_{ct}, f_{ctn} ——当計算受扭構件时鋼筋截面面積: 分別為一支螺旋鋼筋的, 一支附加縱筋的及一根附加縱鋼筋的。

S_0 ——全部混凝土橫截面面積 (保護層不計算在內) 對鋼筋 F_a 截面重心的面積矩。

S'_0 ——同上, 但對鋼筋 F'_a 截面重心。

S_0 ——混凝土受壓面積對鋼筋 F_a 截面重心的面積矩。

μ 及 μ' ——鋼筋配筋率

$$\left(\mu = \frac{F_a}{bh_0}; \mu' = \frac{F'_a}{bh_0}; \mu_1 = \frac{F_a}{bh}; \mu'_1 = \frac{F'_a}{bh} \right).$$

μ_p ——T 形截面对梁肋臂的 (即用梁肋有效面積表示的) 鋼筋配筋率。

s ——螺旋鋼筋的螺距或焊環鋼筋的間距。

α, α' ——当計算强度时構件截面特征

$$\left(\alpha = \frac{F_a}{bh_0} \cdot \frac{m_a R_a}{R_u}; \alpha' = \frac{F'_a}{bh_0} \cdot \frac{m_a R_a}{R_u} \right).$$

α ——当計算受弯構件刚度时的截面特征

$$\left(\alpha = 3 \frac{F_a}{bh_0} \cdot \frac{E_a}{E_c} \right).$$

φ ——縱向弯曲系数。

ψ ——受压構件計算長度系数。

ψ ——当計算刚度时考慮裂紋間受拉混凝土工作的系数。

θ ——当荷载長時間作用时, 構件刚度降低系数。

B_{kp}, B ——当荷载短時間及長時間作用时相应的構件刚度。

f_{kp}, f ——当荷载短時間及長時間作用时相应的構件撓度。

η ——計算刚度时內偶力臂的相对長度

$$\left(\eta = \frac{z}{h_0} \right).$$

c ——計算受弯構件刚度的系数。

l_r ——裂紋間距。

a_r ——裂紋展开寬度。

γ' ——受压区域懸伸翼緣面積对肋的有效面積的比值 $\left(\gamma' = \frac{(b_n - b)h'_n}{bh_0} \right)$ 。

γ_1 ——同上, 但为受拉裂紋对肋面積

$$\left(\gamma_1 = \frac{(b_n - b)h_g}{bh} \right).$$

(2) 在預应力混凝土部分

σ_{ak} ——鋼筋張拉时的控制应力。

σ_n ——由于混凝土收縮和徐变產生的預应力的損耗。

σ_{an} ——在構件受載情况下, 鋼筋平面处混凝土的应力为零时的鋼筋內預应力。

σ_{a1} ——構件受載前鋼筋內所建立的应力。

σ'_{ay} ——混凝土受压时預应力鋼筋 (高强度的) 的条件屈伏限度。

$\sigma_{a, rp}$ ——混凝土出現裂紋时預应力鋼筋中的应力。

$\sigma_{b, rp}$ ——裂紋出現时混凝土受压邊緣縱維应力。

σ_a ——在使用荷载下預应力構件鋼筋內所產生的应力。

σ_c ——同上, 但为混凝土內的应力。

σ_{c1} ——受載前混凝土所建立的預加应力。

σ_x ——混凝土內縱向应力。

σ_y ——混凝土內橫向压应力。

σ_{sx} ——混凝土內主应力。

τ ——混凝土內剪应力。

M_p ——破損弯矩。

M_{rp} ——裂紋出現时的弯矩。

M ——使用 (标准) 荷载下的弯矩。

k, k_1 ——强度安全系数。

k_{rp} ——抗裂性安全系数。

F_{ac} ——預应力鋼筋总面積 $(F_c + F'_a = F_{ac})$ 。

F_{ao}, F'_{ao} ——未加預应力的鋼筋。

e_0 ——全部預应力鋼筋 (F_a 和 F'_a) 的合力到截面重心軸的距离。

a_p ——截面受拉边到受拉鋼筋 (F_a 及 F_{ao}) 中合力的距离。

a'_p ——同上, 但到受压鋼筋 (F'_a 及 F'_{ao}) 中合力的距离。

ψ_c ——截面受压区域增强系数。

ψ_p ——截面受拉区域增强系数。

μ ——配筋率 $\left(\mu_c = \frac{F_{ac}}{bh}; \mu_0 = \frac{F_{ao}}{bh}; \mu'_0 = \frac{F'_{ao}}{bh} \right)$ 。

α ——截面矩形部分的相对面積: $\alpha = \frac{bh}{F_0}$ 。

目 錄

四 序 版	i
参考文献	ii
本書所用重要符号說明	iv
第 一 章 緒 論	1
(1-1) 鋼筋混凝土的概念	1
(1-2) 鋼筋混凝土發展簡史和苏联在这方面的成就	2
(1-3) 新中國鋼筋混凝土建設工程的成就	6
(1-4) 現代鋼筋混凝土的应用範圍及其技術經濟指标	10
(1-5) 鋼筋混凝土的主要优缺点	13
(1-6) 关于發展装配式鋼筋混凝土的指示	14
第 二 章 鋼筋混凝土主要的物理和力学性能	17
(2-1) 混凝土的物理和力学性能	17
1. 混凝土受压强度及标号 2. 混凝土受拉强度 3. 混凝土受剪强度限值	
4. 齡期与混凝土强度的关系 5. 混凝土的标准强度限值 6. 混凝土的变形	
7. 混凝土的彈性模量 8. 混凝土的收縮及膨脹 9. 混凝土的徐变	
(2-2) 鋼筋	23
1. 鋼筋的用途 2. 鋼筋的特性及其标号和标准强度 3. 柔性鋼筋的型式	
4. 弯鉤与接头 5. 勁性鋼筋	
(2-3) 鋼筋混凝土	32
1. 鋼筋与混凝土的粘結力 2. 鋼筋混凝土結構中混凝土的收縮 3. 鋼筋混凝土的徐变 4. 鋼筋混凝土的單位重量	
第 三 章 鋼筋混凝土構件計算的基本原理	35
(3-1) 按破損階段計算方法	35
1. 基本計算原則 2. 安全系数 3. 按破損階段計算的优缺点	
(3-2) 按極限状态計算方法	38
1. 三種極限状态 2. 按强度及穩定性决定構件承載能力的方式 3. 混凝土和鋼筋的勻質系数和計算特征 4. 工作条件系数	
第 四 章 按承載能力計算鋼筋混凝土受弯構件	45
(4-1) 一般構造說明	45
(4-2) 鋼筋混凝土受弯構件应力状态的階段	46

(4-3) 任何对称形截面的單筋受弯構件的基本公式	48
(4-4) 矩形截面單筋受弯構件的計算	49
1. 基本公式 2. 選擇截面 3. 復核構件強度 4. 計算例題	
(4-5) 矩形截面雙筋受弯構件的計算	61
1. 一般說明 2. 基本公式 3. 選擇截面 4. 復核構件強度 5. 計算例題	
(4-6) T形截面單筋受弯構件的計算	66
1. 一般說明 2. 基本公式 3. 選擇截面 4. 復核構件強度 5. 計算例題	
(4-7) 斜截面的計算	72
(4-8) 箍筋的構造	81
(4-9) 弯筋的構造	82
(4-10) 梁的設計程序	82
計算例題	
(4-11) 受扭計算	85
第 五 章 鋼筋混凝土樓蓋	89
(5-1) 樓板类型	89
(5-2) 梁式版肋梁樓板的構成及其平面布置	90
(5-3) 梁式版肋梁樓板的計算与構造	92
1. 塑性重分配的理论	
(1) 一般說明 (2) 力的重新分配	
2. 版的計算(按考慮塑性重分配的方法)与構造	
(1) 計算簡圖 (2) 荷載 (3) 弯矩計算公式 (4) 配筋方法 (5) 計算程序	
(6) 例題	
3. 次梁的計算(按考慮塑性重分配的方法)与構造	
(1) 計算簡圖 (2) 荷載 (3) 弯矩及剪力計算公式 (4) 弯矩及剪力疊合圖形	
(5) 材料圖形 (6) 配筋方法 (7) 計算程序 (8) 例題	
4. 主梁的計算(按彈性理論方法)与構造	
(1) 活載最不利的位置 (2) 計算簡圖及荷載 (3) 弯矩及剪力計算表 (4) 弯矩及剪力疊合圖形	
(5) 計算弯矩及剪力 (6) 材料圖形 (7) 配筋方法	
(8) 計算程序 (9) 例題	
(5-4) 有挑檐的梁, 过梁及懸臂版, 梁的概述	122
1. 有挑檐的梁 2. 过梁 3. 懸臂版, 梁	
(5-5) 周承版肋梁樓板(井式樓板)	126
1. 一般說明 2. 按彈性方法計算的概念 3. 按塑性方法的計算 4. 周承版的構造	
5. 計算例題 6. 周承版支承梁計算特点 7. 双重井式樓板(格子樓板)	
(5-6) 密肋樓板	136
(5-7) 無梁樓板	139
(5-8) 選擇樓板类型	143

(5-9) 樓梯	144
1. 無邊梁的直向鋼筋樓梯 2. 有邊梁的樓梯 3. 混合支承樓梯 4. 計算 例題	
第六章 軸心受壓及受拉構件	149
(6-1) 柱的型式	149
(6-2) 配有柔性縱鋼筋及箍筋的柱	149
1. 試驗結果及柱的構造 2. 柱的計算 3. 縱向彎曲的計算 4. 計算例題	
(6-3) 配有間接鋼筋的柱	155
1. 試驗結果及柱的構造 2. 柱的計算 3. 考慮縱向彎曲 4. 計算例題	
(6-4) 軸心受拉構件	161
第七章 偏心受壓構件	162
(7-1) 偏心受壓柱的構造	162
(7-2) 試驗結果	166
(7-3) 矩形截面構件的計算	167
1. 基本計算公式 2. 選擇截面 3. 復核截面強度(決定最小承載能力) 4. 計算例題	
(7-4) 對稱鋼筋的矩形偏心受壓構件	175
1. 計算公式 2. 計算表 3. 計算例題	
(7-5) T形截面偏心受壓構件	183
(7-6) 考慮偏心受壓構件縱向彎曲的影響	184
計算例題	
第八章 基礎及變形縫	187
(8-1) 一般說明	187
(8-2) 柱下單個基礎的構造	187
(8-3) 柱下單個基礎的計算	190
1. 軸心荷載下的基礎 例題 2. 偏心荷載下的基礎	
(8-4) 帶形基礎	195
1. 柱列下的帶形基礎 2. 牆下的帶形基礎	
(8-5) 整片基礎	198
1. 整片基礎的版式結構 2. 整片基礎的箱形結構	
(8-6) 按照技術經濟觀點選擇基礎類型	199
(8-7) 變形縫	201
第九章 剛架, 拱, 空間薄壁結構及吊車梁	203
(9-1) 剛架結構	203
(9-2) 拱結構	206
(9-3) 空間薄壁結構	208

1. 長薄壳 2. 短薄壳 3. 槽結構 4. 幕結構 5. 圓頂	
(9-4) 吊車梁的構造与計算特点	214
1. 吊車梁的構造 2. 吊車梁的計算特点	
第十章 裝配式鋼筋混凝土	218
(10-1) 裝配式鋼筋混凝土概述	218
(10-2) 裝配式樓板	219
(10-3) 裝配式梁	229
(10-4) 裝配式柱及基礎	231
(10-5) 裝配式屋頂	236
(10-6) 裝配式樓梯	254
(10-7) 裝配式鋼筋混凝土房屋	255
(10-8) 裝配式鋼筋混凝土構件計算的特点	267
第十一章 構件按裂紋展开和按变形的計算	269
(11-1) 概述	269
(11-2) 混凝土彈塑性模量及混凝土中鋼筋的平均条件彈性模量	270
(11-3) 裂紋展开的計算	272
(11-4) 構件的剛度	278
(11-5) 系数表	282
(11-6) 撓度計算 例題	282
第十二章 預应力鋼筋混凝土	295
(12-1) 預应力鋼筋混凝土概述	295
(12-2) 預应力的方法	296
(12-3) 預应力構件的应力状态及其优点	297
(12-4) 預应力結構中混凝土及鋼筋	298
(12-5) 預应力鋼筋混凝土結構	308
(12-6) 預应力結構基本計算原則和一般構造要求	319
(12-7) 軸心受拉構件的計算 例題	323
(12-8) 受弯構件的計算 例題	326
(12-9) 預应力鋼筋混凝土受弯構件的撓度和裂紋展开的計算 例題	343
(12-10) 鋼弦鋼筋混凝土(預应力棒) 例題	348
附 錄	360

第一章 緒論

(1-1) 鋼筋混凝土的概念

鋼筋混凝土(亦称鋼筋砼)系由两种力学性質絕不相同的材料——鋼与混凝土(亦称砼)——結合而成一体,共同發揮結構作用。

在“建筑材料”中已知混凝土結硬后一如石料,抵抗拉力很弱,抵抗压力則甚強。

观察混凝土的梁,当其承受弯矩时,中性層以上受压,以下則受拉。因为混凝土受拉强度远較受压强度为低,故梁的横截面尺寸决定于混凝土受拉区域的工作条件,而梁受压区域强度則始終未被充分利用。为着减小梁的横截面尺寸,故必須在受拉区域加置某种材料以加强梁的拉力抵抗,此項材料即为鋼筋①(圖 1-1)。

由于下列的特性,在本質上这样不同的材料的联合工作,不但是可能的,而且是有利的:

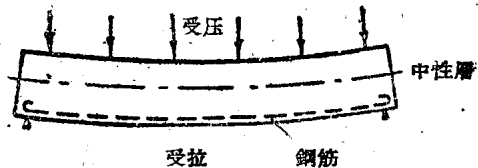


圖 1-1

(1) 当混凝土結硬后与鋼筋緊牢地膠結着,在外力的作用下两种材料联合工作,亦即混凝土与鋼筋相鄰的纖維具有同样的变形。因为鋼筋是較強的,与混凝土比較,其單位面積上实可承受很大的力量,故包裹在混凝土內的鋼筋不須很大的截面,其影响即頗为可觀。

两种材料間的粘結力实为其联合工作的基礎。

(2) 鋼筋与混凝土几乎有相同的綫膨脹系数(混凝土——自 0.0000148 至 0.000010; 鋼筋——0.000012), 因此当温度变化时,在組合的材料間僅引起很小的內应力,將不致產生有害的变形;同时混凝土为不良的傳热体,亦可防止鋼筋受到剧烈的温度变化。

① 在混凝土中加置竹筋即成竹筋混凝土(用竹片作配筋或寬用竹管來配筋),周厚坤先生于 1916~1917 年間即曾在河海工科大学進行竹筋混凝土試驗;后來在實踐中竹筋混凝土已有用于实际工程(如 1919 年粵漢路曾采用竹筋混凝土樁,1918 年建造的廣州洞天茶樓,1919 年建造的第七中学,至今都依然存在使用)。几年來在民用建築中的樓板亦有不少采用竹筋混凝土建造者,虽然我國科学研究部分及某些工業学校对竹筋混凝土中若干問題如竹筋处理(防水,防腐等),竹筋混凝土構件的强度及剛度和裂紋展開等方面進行不断的研究,但还有些問題,主要是竹筋处理問題尚未獲得經濟而有效的解决,故竹筋混凝土構件在使用質量上是存在一定缺點的。1957 年四月間國家建設委员会正式發布指示,在一切工程中竹筋混凝土应暫停使用以保證工程質量(現在在梁中架立鋼筋仍有采用竹筋者)。但这不是等于說竹筋混凝土即沒有繼續研究的价值,而相反地正說明要尽快地研究解决尚未解決的問題以求竹筋混凝土能滿意地用于实际工程中而达到大量節約鋼材的目的。1956 年同济大学即与上海鐵路局合作,將竹材切成細絲或薄片,加入“酚醛”,并加熱至 180~190°C,再施以压力,制成塑化竹筋,这不僅在國內为創举,國際上亦前所未有,这种塑化竹筋强度很高,并能防腐防蛀,防鈣化,吸水率低,式本小,制造快,現已能制成 2.4 公尺以上(參看 58 年 7 月 8 日解放日报)。又最近某些單位已開始試驗研究玻璃絲混凝土。

(3) 混凝土包裹着鋼筋,可以防止其銹蝕,這點不但為試驗所指出,且常從拆毀旧的鋼筋混凝土建築物中得到充分的證明。

鋼筋混凝土的聯合工作既然得到保證,于是可有利地使用兩種材料,即使混凝土主要承擔壓力而鋼筋則承受拉力。

按照施工方法的不同,鋼筋混凝土結構可以分為整體式的,即就地現澆者;及裝配式的,即由在工廠或工地上預先單獨制成的各種構件裝配成者。

同時鋼筋混凝土又可分為普通鋼筋混凝土(即一般未加預應力的鋼筋混凝土,通常泛指鋼筋混凝土,即系指這種鋼筋混凝土)和預應力鋼筋混凝土兩種。

(1-2) 鋼筋混凝土發展簡史和蘇聯在這方面的成就

鋼筋混凝土的出現到現在也只是一百年的歷史,其發展大致可以分為三個階段。

第一階段 這一階段的特征為各種樓板、柱、基礎、擋土牆、剛架結構等的出現,同時構件截面完全按彈性理論的許可應力方法進行計算。

1850年法人朗波(Lambot)製造第一只鋼筋混凝土小船。1854年英人威爾金森(W. B. Wilkinson)獲得一種真正的鋼筋混凝土樓板的專利權。7年後法國工程師科瓦列(Coignet)著文闡述了這種新建築的原理。

但是鋼筋混凝土的發明通常認為係在1861年巴黎花匠蒙列(Joseph Monier)所取得,蒙氏用水泥砂漿製造花盆,為了提高花盆的強度,在其中加置鋼絲網。用這種方法做成的花盆當很小的重量時有很大的強度。1867年蒙氏獲得了做這種花盆的專利權,而後又獲得製造其他鋼筋混凝土構件——梁版及管等的專利權,但因為他不懂這種結構的性質而竟將版內鋼筋置于版的中心,這當然是錯誤的。

在德國工程師維斯(Wayss)和包興格爾(Bauschinger)研究了“蒙列體系”作出報告(1887年)之前,這種新的建築物做得還很少。在這之後,鋼筋混凝土的應用獲得迅速的推廣。在理論和實踐的發展上,奧國的工程師們亦作了巨大的貢獻。

在美國,於1872年,華爾德(W. E. Ward)在紐約齊斯特爾港(Port Chester, New York)建築了第一所鋼筋混凝土房屋。1877年哈特(Thaddeus Haytt)發表了各種型式鋼筋混凝土梁的試驗結果。1906年陶奈爾(Turner)發明了無梁樓板。

在革命前的俄國,最初採用鋼筋混凝土結構是在1886年,但推廣得很緩慢;直到1891年,在交通工程學院別列留布斯基教授(проф. Н. А. Белелюбский)領導下,在彼得堡進行了各種型式(版、管、拱及水箱等)鋼筋混凝土結構的第一次試驗,消除了許多工程師的顧慮而成為在建築中推廣鋼筋混凝土的動力。在十九世紀末及二十世紀初年,在俄國建造了很多的橋、樓板和蓄水池。這時在俄國已建立了若干個材料試驗室,進行混凝土製造及混凝土與鋼筋混凝土施工問題的研究。1895年馬留加教授(проф. И. Г. Малыга)發表其論文“獲得最大強度水泥漿(混凝土)的配合及製造方法”中,已經建立了選擇混凝土配合的基本原則,包括混凝土強度和水灰比的关系。

1908、1911及1912年俄國交通部及莫斯科市參政會先後出版了關於鋼筋混

土建築物的技術規範及計算指示,這對俄國鋼筋混凝土事業的發展有着很大意義。

1908年羅列依特教授(проф. А. Ф. Лолейт)第一次在莫斯科設計和建造了四層無梁樓板的倉庫。

但是俄國工程師們的工作受到帝俄統治階級很大的阻撓,儘管如此,俄國工程師們對鋼筋混凝土的發展仍有很大的影響。這是革命前俄國的大致情況。

在偉大的十月社會主義革命後,國家工業化的任務使鋼筋混凝土建築獲得迅速而巨大的發展。這時在蘇聯建築了許多廣泛採用鋼筋混凝土的大水電站,如伏爾加水電站(Волховстрой, 1921~1926),第聶泊水電站(Днепро ГЭС, 1927~1932)以及斯維里下游水電站(Нижняя Свирь ГЭС, 1928~1934)。

此外在工業及民用建築中,鋼筋混凝土在蘇聯也得到廣泛的應用。

在恢復時期曾建造了許多單層廠房,採用剛架及拱結構,並有重吊車梁;也建築了許多多層的肋梁及無梁樓板,且常採用帶形及整片的鋼筋混凝土基礎。

在第一個五年計劃的中間,建築了許多利用滑動模板施工的高聳建築物,如谷倉、工廠煙囪及水塔等。

第二階段 這一階段的特徵為按破損階段計算構件截面新理論的成就和空間結構及預應力鋼筋混凝土結構的廣泛研究及採用。

第一個薄壁結構為1925年在德國建築的褶結構大型煤倉,而第一次有關這方面的設計理論的兩篇論文則系由愛奈爾斯(G. Ehlers)及克拉邁爾(H. Craemer)於1930年發表者。在歐洲薄壁結構廣泛地應用於煤倉,屋頂及其他結構。過去美國則很少採用,而近些年來逐漸獲得了一定程度的推廣。

在蘇聯在本世紀30年代起,鋼筋混凝土空間薄壁結構已在建築中應用,其中尤以短薄殼應用最廣,長薄殼及褶結構也得到大量的採用。在薄壁屋頂的構造及計算方面,蘇聯遠遠超過一切的國家。根據弗拉索夫教授(проф. В. З. Власов)所創立的薄殼理論,葛涅茲捷夫教授(проф. А. А. Гвоздев)在蘇聯中央工業建築科學研究院ЦНИПС完成了重要的理論和實驗的研究,制訂了“薄殼屋頂及樓板的設計及計算規程”,對薄殼結構在工程實踐中的廣泛採用起了很大的作用。

1932年蘇聯羅列依特教授等提出了修改按彈性理論方法計算鋼筋混凝土構件截面的建議^①,後來在葛涅茲捷夫教授領導下在蘇聯ЦНИПС進行試驗的研究,制訂了新的按破損階段計算的規範,從1938年起蘇聯在工業及民用建築中,即開始採用這個規範進行設計,這在鋼筋混凝土的發展史上,開闢了新的階段。

在美國1940年惠特奈(Charler S. Whitney)發表了“鋼筋混凝土設計的塑性理論”一文,提出考慮塑性變形的方方法,但這種方方法在美國並未引起足夠的重視而規範則仍保持着落后的按許可應力計算方法(軸心受壓柱計算考慮塑性變形)。過去在德國也有這種類似的計算方法的提出,但亦未能改變舊有的設計情況。近年來英美及

^① 關於這些建議,可參看 К. В. Сахновский: Железобетонные сооружения, ОНТИ, 1935, I, P. 512~519。

其他國家的科學家們對極限荷載的計算方法也還在不斷地研究着。

最早對鋼筋混凝土預加壓應力的概念是在1888年由德國工程師道文(W. Doebling)提出,但未獲得實際結果。

1928年法國工程師佛利息列(E. Freyssinet)利用高強度鋼絲及高標號混凝土,採用高的預應力(大於4,000公斤/平方公分)來製造預應力構件,從這時起,預應力結構始獲得實際意義。1928年德國工程師季辛格爾(F. Dischinger)獲得其製造的有拉杆預應力鋼筋混凝土拱的專利權;1934年又獲得預應力梁的專利權。

在蘇聯米哈依洛夫教授(проф. В. В. Михайлов)於1932年亦已開始試驗預應力鋼筋混凝土,此後其他的學者如伊凡諾夫-捷特洛夫教授(проф. И. Г. Иванов-Дятлов)等研究預應力鋼筋混凝土都有其卓越的貢獻。1943年蘇聯 ЦНИИС 出版了“預應力鋼筋混凝土設計規程”(草案)。在蘇聯預應力鋼筋混凝土結構大規模的採用是在偉大衛國戰爭結束後開始的。

蘇聯工程師們如米羅諾夫(С. А. Миронов)等還優先創立了“暖棚法”以及“電熱法”等冬季施工方法,使鋼筋混凝土工程得以全年地進行。此外在蘇聯還掌握各種模板(移動的、滑動的、拆拼的)合理型式,以及利用蒸汽養護及真空作業法,並採用鉚接網及鉚接骨架,和廣泛採用裝配式構件,對於用快速工業化方法進行鋼筋混凝土結構的施工具有很大的作用。

最後還須指出在這一階段除按破損方法計算構件截面外,已開始採用根據葛涅滋捷夫教授所創立的極限平衡理論(1949)以計算版及次梁,亦即計算內力(M, Q)時考慮塑性變形所引起內力重分配的影響;但對主梁尚不容許考慮此種影響,即彎矩和剪力仍按勻質彈性體的方法求得。

同樣,在無梁樓板的計算中亦容許考慮塑性變形所引起重分配的影響^①。

第三階段 現在在蘇聯鋼筋混凝土理論及實踐已進入新的第三階段。這一階段的特徵為:(1)普遍轉入工業化的鋼筋混凝土結構(裝配式的及整體式的);(2)各項結構已全部改按極限狀態的計算方法,並于1954年頒布了“建築法規”(СН и П),自1955年1月起已正式實行。1955年還出版了各種結構(木、鋼、混凝土、鋼筋混凝土及磚石結構等)的設計標準及規範,其中包括“混凝土及鋼筋混凝土結構設計標準及技術規範”(Н и Ту-123-55)(以下簡稱規範)。這是蘇聯學者們——蓋爾謝凡諾夫(Н. М. Герсеванов),斯特萊列茨基(Н. С. Стрелецкий)及葛涅滋捷夫等——又一次輝煌的成就。

蘇聯的科學將永遠跨越在資本主義國家的前面繼續不斷地向前邁進,在這裡充分反映出社會制度的優越性。

我國于1876年已開始製造水泥,但一直到解放前,鋼筋混凝土結構無論是在構造方面或在計算方面,皆襲用資本主義國家一些落后的方法(通常用手工式的方法進

① 參看丁大鈞,丁大業合編“鋼筋混凝土樓蓋計算”,1955. P. 197~200及P. 243~245,科技出版。

行施工以及一律按許可應力法進行計算);各地区及各設計者所用的規範亦不統一,有的采用英美的規範,有的利用德法的規範,一般造成很大的浪費;單位則英制及公制混用;學校教本,英美德法書籍皆有采用者,而苏联的先進理論與技術則遭到擯斥。

解放後一切都在前進,在鋼筋混凝土結構方面也毫無例外地起着巨大的變化,苏联的先進理論與技術不斷地介紹過來。1952年3月前東北人民政府工業部頒布“建築物結構設計暫行標準”,除對安全係數因考慮當時的施工條件及鋼材的勻質情況,酌予提高0.2(約10%)外,其餘即規定完全遵照苏联規範(Н II Ty-3-49)辦理。從這時起很多地區已開始按照這個標準進行設計,這將使從設計上只少合理地降低土建成本10%,是具有很大經濟和政治意義的。

在教學方面,“鋼筋混凝土結構”課程從1952年起亦已大多采用苏联資料進行教學(個別學校有早於此者),這是一個新的開端。

大致亦是從這個時候起,我們已開始應用裝配式鋼筋混凝土,起初還是部分地試制,現在已廣泛採用在工地製造的預制構件。震搗器,真空作業法以及機械化的施工方法現在也獲得普遍的应用。同時在苏联專家的指導下,我們還設計和建造了鋼筋混凝土薄殼結構和箱形基礎。

1955年中央建築工程局根據苏联規範 Н II Ty-3-49(按破損階段計算的)并結合我國的具体情况制訂了“鋼筋混凝土結構設計暫行規範”(規結-6-55);由於這幾年來黨的不斷教育,工人覺悟大大提高,同時對苏联的先進經驗和技術有了進一步的體會和掌握,所以我們的施工技術和鋼筋質量已大大改進,於是合理地採用較小的,和苏联相同的安全係數,這樣將為國家節約更多的水泥和鋼材。

但現在我國部分有條件的設計機構已開始改按極限狀態計算方法來設計工業和民用建築中的鋼筋混凝土結構,同時國家也作了研究混凝土和鋼筋勻質性的計劃以便將來進一步訂出我們自己的新規範。

關於預應力鋼筋混凝土,1954年我國即已開始研究,近來試制了不少類型的結構,獲得很好結果;還成立了預制工廠生產這些構件,使我國在鋼筋混凝土結構方面進入了一個新的階段,這證明黨和政府指出學習苏联先進經驗這一方向的正确性。

今天祖國的鋼筋混凝土科學還是在前進的道路上剛跨了第一步,由於解放8年來學習苏联所取得的巨大成績已奠定了更深入更全面地學習苏联的信心;尤其在黨和政府提出“百花齊放,百家爭鳴”和向科學進軍的號召,並作出12年科學規劃,計劃在12年內使各門科學(特殊者除外),趕上國際先進水平以來,已在鋼筋混凝土這一科學領域內掀起了研究的熱潮,雖然工作是艱巨的,但相信今後所有技術科學工作者將在黨的正確領導下,一定會朝着社會主義建設的方向和苏联科學家們一樣繼續不驕不餒地向前邁進,為祖國的繁榮而奮鬥,使這一“新吐蕊的花苞”開出芬芳燦爛的花朵。

(1-3) 新中國鋼筋混凝土建設工程的成就

我國水泥工業在19世紀後半紀已開始萌芽,但在封建反動統治時期,根本談不