

245264

中等专业学校教学用书

钢筋混凝土结构按极限状态计算

郭大經 編

建筑工程出版社

中等专业学校教学用书

钢筋混凝土结构按极限状态计算

郭大经 编



SEU 0703215

建筑工程出版社出版

• 1958 •

書 目 內 容 提 要

本書主要根據蘇聯現行混凝土及鋼筋混凝土結構設計標準及技術規範(ННТУ-123-55)講述有關工業與民用建築物鋼筋混凝土結構的構造和計算方法。書中內容以實用為主,對於混凝土和鋼筋的標準強度和勻質系數等計算所需數據,以及各類構件按極限狀態的計算公式均作了詳細的介紹,並舉出實例加以說明,書末還附有計算應用表格以供查用。

本書可作為技術人員進修用,或作為專業學校課堂講授用,全部內容約需100個教學小時即可講完。

鋼筋混凝土結構按極限狀態計算

郭大經 編

*

建築工程出版社出版(北京市阜成門外大街)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號827 220千字 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張9 $\frac{5}{16}$ 插頁6

1953年9月第1版 1958年9月第1次印刷

印數:1-89060冊 定價(19) 1.70元

目 录

第一章 緒 論	7
(1-1) 鋼筋混凝土的概念	7
(1-2) 鋼筋混凝土发展簡史	8
(1-3) 鋼筋混凝土結構的优点	9
(1-4) 鋼筋混凝土結構的缺点	10
(1-5) 整体式与装配式鋼筋混凝土結構的比較	11
第二章 混凝土、鋼及鋼筋混凝土的性能	13
(2-1) 混凝土的立方强度——标号	13
(2-2) 影响混凝土試件立方强度的因素	14
(2-3) 鋼筋混凝土的最低标号要求	15
(2-4) 混凝土的标准强度	15
(2-5) 混凝土的匀质系数	15
(2-6) 鋼筋的标号与强度	16
(2-7) 鋼筋的匀质系数	17
(2-8) 混凝土与鋼筋的計算强度	17
(2-9) 混凝土与鋼筋的标准弹性模量和計算弹性模量, 綫膨胀系数	18
(2-10) 混凝土与鋼筋混凝土的容重	22
(2-11) 混凝土的徐变	22
(2-12) 混凝土的膨胀与收縮	23
(2-13) 混凝土与鋼筋的粘着力	23
第三章 按照极限状态的基本計算原理	25
(3-1) 什么是極限状态	25
(3-2) 荷載	26
(3-3) 荷載的組合	29
(3-4) 工作条件系数	30

第 四 章 軸心受压构件	33
(4—1) 一般說明	33
(4—2) 軸心受压构件計算公式	35
(4—3) 螺旋式或焊接環形鋼箍柱子的計算公式	38
第 五 章 受撓构件	41
(5—1) 一般說明	41
(5—2) 梁式板的构造	43
(5—3) 梁式板的計算公式	45
(5—4) 單面配筋的最大含鋼率和最小含鋼率	48
(5—5) 單筋矩形截面用表格計算的方法	50
(5—6) 單筋梁的构造	54
(5—7) 單筋矩形截面梁的計算公式	56
(5—8) 雙面配筋受撓构件	59
(5—9) 雙面配筋矩形截面的計算公式	60
(5—10) T 形截面受撓构件	62
(5—11) 橫向力的驗算	68
(5—12) 只有箍筋(或橫向鋼筋)無彎折鋼筋的計算方法	73
(5—13) 鋼箍(或橫向鋼筋)按构造要求的最大間距和按 計算要求的最大間距	74
(5—14) 有鋼箍(或橫向鋼筋)又有彎折鋼筋的計算方法	76
(5—15) 彎折鋼筋的构造	78
第 六 章 整體式樓蓋	84
(6—1) 樓蓋型式的選擇	84
(6—2) 整體梁式板的肋形樓蓋	88
(6—3) 四周支持式肋形樓蓋	108
(6—4) 密肋形樓蓋	115
第 七 章 偏心受压构件	119
(7—1) 一般說明	119
(7—2) 偏心受压构件的构造	120
(7—3) 偏心受压的類別——大偏心與小偏心	124
(7—4) 偏心受压計算公式	126
(7—5) 偏心受压构件縱向屈折的影響	129

(7—6) 矩形截面对称鋼筋偏心受压构件	
計算表格的使用方法	120
第八章 混凝土及鋼筋混凝土基础	131
(8—1) 基础的型式	132
(8—2) 混凝土单基础	132
(8—3) 鋼筋混凝土单基础	135
(8—4) 偏心受压基础	142
(8—5) 預制基础	144
第九章 按变形及按裂縫出現或限制裂縫展开的計	
算方法	150
(9—1) 鋼筋混凝土受弯构件刚度驗算	150
(9—2) 鋼筋混凝土受拉构件按裂縫出現計算	161
(9—3) 鋼筋混凝土构件按裂縫展开計算	163
第十章 装配式居住和民用房屋	168
(10—1) 装配式民用房屋柱网的确定	168
(10—2) 装配式民用房屋其他尺寸的确定	168
(10—3) 装配式房屋結構方案的确定	
(10—4) 装配式房屋結構空間作用	174
(10—5) 骨架板材式装配房屋的构造	175
(10—6) 骨架式房屋柱子的构造	178
(10—7) 骨架式房屋梁的构造	185
(10—8) 預制鋼筋混凝土刚性隔板的构造	187
(10—9) 骨架式房屋計算概要	189
(10—10) 无骨架板材装配式房屋的构造	196
(10—11) 鋼筋混凝土承重隔牆計算	201
(10—12) 預制楼板的构造	204
(10—13) 預制楼板計算原則	211
(10—14) 楼梯的构造	212
第十一章 預应力鋼筋混凝土	217
(11—1) 一般說明	217
(11—2) 預应力鋼筋混凝土的优缺点	219
(11—3) 預应力鋼筋混凝土的分类和材料	219

(11-4)	混凝土和鋼筋的設計計算強度	222
(11-5)	預應力鋼筋混凝土的基本計算規則	225
(11-6)	預應力的損失	227
(11-7)	鋼筋的標準強度和彈性模量	230
(11-8)	張拉鋼筋中的控制應力	231
(11-9)	預應力構件的應力狀態	233
(11-10)	預應力鋼筋混凝土結構按極限狀態計算	235
第十二章	裝配式工業房屋	264
(12-1)	裝配式工業房屋的一般說明	264
(12-2)	屋面板及牆板	264
(12-3)	屋架及屋架梁	268
(12-4)	工業房屋的骨架	273
(12-5)	吊車梁	276
附錄 I	蘇聯規範 ННТУ-123-55 計算表格之一	279
II	蘇聯規範 ННТУ-123-55 計算表格之二	287
III	鋼筋表	298

第一章 緒 論

內容概述——本章中講述什么是鋼筋混凝土，它的发展簡史，今后的发展方向和它本身的优缺点，并对整体式和装配式鋼筋混凝土結構加以比較。

(1-1) 鋼筋混凝土的概念

鋼筋混凝土是由两种材料所組成的——鋼筋及混凝土。混凝土是一种人造的石材，是用水泥做胶結材料，用砂子和石子(或碎石)做骨料(又名粒料或集料)，加水搅拌后，經過相当時間的凝結和适宜的养护而造成的。混凝土这种材料的特点是抵抗压力的能力很强；但抵抗拉力的能力則如同天然的石材一样是很弱的。因此，要在混凝土的結構构件中加以适当的鋼筋以补足这方面的缺陷；也就是用鋼筋来抵抗拉力^①，用混凝土来抵抗压力。这样，将两种材料合并使用，所以叫做鋼筋混凝土。

我們深入研究一下这两种材料是否有合作的可能呢？这問題可从以下三方面来考虑：

1. 混凝土結硬后，与鋼筋很牢固的粘着，成为整体的結構构件，并且当受外力作用时鋼筋与相鄰近的混凝土得到相同的变形，因之可以共同合作。

2. 鋼筋与混凝土有大約相同的温度变形(混凝土的膨胀系数約为 $0.00001 \sim 0.000014$ ，鋼筋—— 0.000012)，所以当温度变化时(如气温的变化，或室內工作需要的温度变化)不致于破坏鋼筋混凝土的整体性。

^① 以后還要講到鋼筋也可以用以抵抗壓力或主拉力。

3. 鋼筋本身容易受大气中氧的化学作用而生锈,以致强度降低,但浇鑄在混凝土內时,混凝土对于鋼筋起了保护的作用而不致锈損,即或浸在海水中鋼筋也可以得到很好的保护。所以鋼筋和混凝土能够合作。

(1—2) 鋼筋混凝土发展簡史

鋼筋混凝土是一种比較新型的結構材料,到今天只有100年左右的历史,50年以前在俄国才开始大量使用在桥梁、楼盖、蓄水池的結構上。第一次世界大战(1914~1917)以前俄国工程师广泛地用鋼筋混凝土做建筑物,特别是建造鉄路和公路上的大型結構和軍事工程中的各种建筑物。十月革命以后,苏联在党和政府面前的任务是要加强工业生产,首先是重工业的生产。从这时期以来,鋼筋混凝土被視为建設中的重要材料之一,用以建造水力发电站、热力发电站、工业民用建筑物、高层建筑的骨架、单层工业廠房的柱或框架、大跨度拱形結構、吊車梁、肋形或无梁楼盖、带形和片形等鋼筋混凝土基础;同时也用以建造机器的基础、船塢、护岸等等建筑物以及其他如烟突、水塔、谷仓、仓库等建筑物。1923年以后空間薄壁結構(如圓弧薄壳、曲摺結構、幕結構、圓頂等等)已开始建筑物中应用。1936年春 ЦНИПС——工业建筑中央科学研究院鋼筋混凝土結構試驗室在葛涅茲捷夫教授領導之下,基本上制訂了按照破坏阶段計算的方法。1939年公布施行了新的标准和技术规范——ННТУ (ОСТ 90003-38),按照破坏阶段进行計算,比較欧美国家中按照弹性阶段进行計算大大的推进了一步。1955年又公布施行了 ННТУ-123-55,按照极限状态进行計算,比較以前的方法不仅能很真实的反映出鋼筋混凝土的弹塑性本质,而且节省了許多材料。此外,苏联学者創立了新的混凝土工艺学,研究了混凝土的成份配合比,制訂驗收、制造、速凝、电气或蒸汽养护的新方法,以及膨胀水泥等,給冬季施工創造了有利的条件。

现在苏联鋼筋混凝土的发展趋向于:

1. 以工业化和自动化来制造构件;

2. 預加应力,节约鋼材和水泥,同时也給工业化和自动化造成良好的条件。

我国1900年左右在唐山开始建立水泥工厂,其后有江南水泥厂等等出现。当时水泥和鋼筋混凝土是用于铁路、港口和軍事建筑物上的。我国自开始制造水泥以来即采用机械化的生产方法(旋轉窑),所得产品质量很好,标号很高。在日伪統治时期,东北和华北各地虽亦有新的水泥厂建立,但到解放以后才有大的发展并且出现了混合水泥:如矿渣水泥、火山灰水泥等等。

我国在建筑物上应用鋼筋混凝土,最初是在沿海各商埠,以后即逐渐发展到内地。在解放以后,全国大力展开社会主义经济建设,鋼筋混凝土就成了重要的建筑材料。我国到目前为止,鋼材产量尚不够多,鋼筋混凝土结构比鋼结构可以节约很多宝贵的鋼材,因此值得今后大力发展。目前我国建筑工程部正在大力研究試制預应力的鋼筋混凝土的屋架、吊車梁、楼板等等;工业化的預制构件工厂也在兴建中;用竹筋代替鋼筋的研究和試制工作也进行了不少的試驗。相信不久我国在这一方面的技术成就一定会赶上国际水平的。

(1—3) 鋼筋混凝土结构的优点

1. 耐火性:混凝土本身不可燃烧,也是不良的传热导体,可以保护内部鋼筋,不致于很快的由于外部燃烧而使鋼筋温度达到軟化的温度(大約在 500°C 左右)。甚至于经过长时间的燃烧,鋼筋混凝土构件的损坏还仅限于表面。

2. 耐久性:混凝土的强度是随着龄期的增加而增长的,这种性质仅有混凝土一种材料是这样的,其他建筑材料,如木材、鋼材等等的强度都是随着年龄增加而减弱的。鋼筋浇鑄在混凝土内,受到保护不致生銹,强度方面也得到保证。但必須注意,鋼筋混凝土结构构件上若有相当的裂縫时,空气或水分直接接触到鋼筋,銹損即不可避免。因此,在几种特殊情况下,我們要限制裂縫出现或限制裂縫展开。

3. **整体性**: 钢筋混凝土结构中, 楼板、梁、主梁、柱子和基础互相连接成为一个整体, 有很大的刚度。即使处在地震强烈的地区或地下采煤区, 钢筋混凝土的建筑物仍有很大的稳定性。除此以外, 它对于风暴也有很大的抵抗力。

4. **刚度大**: 钢筋混凝土结构的刚度很大, 适用于要求变形很小的生产建筑物上。高层房屋 (可达20层以上) 可用钢筋混凝土骨架式的结构方案。

5. **可模性**: 钢筋混凝土可以浇铸成任何形状的建筑物或构件, 这个特点也是其他材料 (如木材或钢材) 不容易做到的。尤其在薄壁构件上钢筋混凝土最为合用。

6. **造价低廉**: 钢筋混凝土材料中占最大体积的砂子或石子大都可以就地取材, 不仅价格低廉, 运输费用也可以减少。

7. **保养费用少**: 露在大气里的钢材需要经常油漆以防生锈, 木材亦需要油漆或防腐处理, 但钢筋混凝土的结构构件不用这些处理, 保养费用最为低廉。

(1—4) 钢筋混凝土结构的缺点

1. **费工**: 建造整体式钢筋混凝土的建筑物, 需要很多人工支模、浇铸、养护和拆模, 虽可利用机械化施工, 但所费的劳动力仍相当的多。

2. **费木料**: 在现场浇铸时需要支立支架及模板, 模板使用后尚需拆除, 最多只能重复使用 5~10 次, 因此木料消耗较多, 虽可分段进行或采用活动模板, 或用标准尺寸的模板, 但木料消耗仍是很多的。

3. **自重大**: 钢筋混凝土本身重量很大, 所以在高层建筑物或大跨度的构件上使用这种材料很为不利; 如采用预应力钢筋混凝土可减少一些构件的重量。

4. **必须养护**: 现场浇铸的钢筋混凝土结构, 必须经过一定期间的养护才可以达到一定的强度, 因此延长了工程的进度。

5. **传热传音的性能较大**: 由于钢筋混凝土结构容易传热,

致使冬季取暖費用增加或對夏季隔絕室外氣溫熱度需要特別加以處理；鋼筋混凝土樓板容易傳音，在居住或其他民用房屋內應該考慮隔音的措施。

6. **修理或改建困難：**拆下來的混凝土幾乎没有什么價值。

(1—5) 整體式與裝配式鋼筋混凝土結構的比較

不論在蘇聯或其他民主國家中都以裝配式的鋼筋混凝土結構為今後發展的方向。我國建築工程部1955年召開的設計及施工工作會議總結中，也指出了要建立永久性的預制構件工廠和臨時性的或能拆遷的預制廠，有時還可以建立露天預制廠，並且有計劃的發展鋼筋混凝土、泡沫混凝土及其它大型預制構件的生產。在預應力鋼筋混凝土方面正在進行大跨度屋架梁、拱形桁架、吊車梁和屋面板的試制和推廣工作。

整體式的鋼筋混凝土適用於很難分割的建築物——如蓄水池、游泳池、煤倉、軋軋設備的重型基礎及水工建築物等均應用整體式的鋼筋混凝土建造。非標準設計的有吊車起重設備的工業廠房也要用整體式的鋼筋混凝土結構。有可移動式的模板或旋轉模板時可以採用整體式的鋼筋混凝土結構。

整體式的鋼筋混凝土的缺點：

1. 費工；
2. 費模板；
3. 必須使用震動器來搗實；
4. 冬季施工較困難。

裝配式的鋼筋混凝土的優點：

1. 施工可以工業化；
2. 在冬季亦可進行安裝工作；
3. 在預制工廠中製造的構件可以省工並提高質量；
4. 節約木料，如模板和支柱均可不要，可用多次周轉的金屬模板代替木模板；
5. 裝配式的結構可以減低自重，應用軋軋方法和連續生產

方法制造更可以減輕重量,加速生产;

6. 使用蒸汽养护或电力养护,能降低成本、提高质量、縮短工期。

然而装配式的結構方案必須是在建筑物中大量重复使用、型式规格化和标准化方为有利。现在苏联一般大量建造的建筑物,尤其是住宅建筑物中几乎全部采用装配式的鋼筋混凝土构件。在工业廠房中也可以大力推广标准設計的装配式的結構方案来代替现场浇筑或者用鋼材建筑的結構方案。

只有在强烈的地震区域或在特殊情况下有适当理由的根据时才用整体式的結構方案。

根据各国的統計数字指出,装配式的鋼筋混凝土結構方案比較同样的整体式結構方案要节省大量資金——即技术經濟指标降低,——在目前伟大社会主义經濟建設时期是有很重大的意义的。

第二章 混凝土、鋼及鋼筋

混凝土的性能

內容概述——本章中講述与計算有关的鋼、混凝土及鋼筋混凝土的各种性能。开始先講混凝土的立方强度——(标号)以及影响立方强度的因素。接着即講述鋼筋混凝土結構中最低标号的要求；混凝土的标准强度及勻质系数；鋼筋的标号及强度，鋼筋的勻质系数；混凝土和鋼筋的計算强度。最后即講述标准弹性模量；計算弹性模量；混凝土的容重；混凝土的徐变，混凝土的膨胀与收縮；混凝土与鋼筋的粘結力。

(2-1) 混凝土的立方强度——标号

混凝土的标号是立方形的試件($20 \times 20 \times 20$ 公厘)、龄期28天(如用矿渣或火山灰水泥时，龄期为90天)的抗压极限强度，以 kg/cm^2 为单位整理出来的等級。

用于鋼筋混凝土結構的混凝土标号如下：

1. 重混凝土——容重 $\geq 1800 \text{ kg/cm}^3$

标号：50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600。

2. 輕混凝土——容重 $< 1800 \text{ kg/cm}^3$

标号：35, 50, 75, 100, 150, 200。

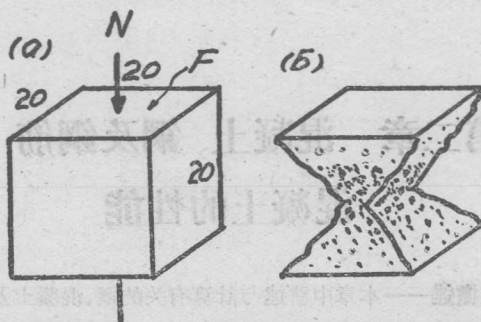
混凝土的抗压极限强度用下式求出：

$$R = \frac{N_p}{F} \quad (2.1)$$

式中 R ——混凝土立方体試件抗压极限强度(kg/cm^2)，

N_p ——表面不涂油脂的試件受压力破坏时的极限压力(kg)，

F ——試件截面面积(cm^2)。



图(2-1)

(a) 混凝土标准立方试块 $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ 立方体；(b) 试验后试块 破坏情形。

(2-2) 影响混凝土试件立方强度的因素

1. **试件尺寸大小：**标准试件的尺寸是 $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ 的立方体，如果用尺寸较小的试件如 $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ 则用公式 (2.1) 所求得的极限强度应乘以系数 0.9 才可以换算成标准试件的强度。如果试件尺寸再小如 $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ ，应乘以系数 0.85。这是因为试件的尺寸小了，用上节公式所求出的强度增加，如果要换算成标准强度必须乘以小于 1 的系数，才能得到。

2. **水泥的标号：**水泥本身的标号愈高，所制成的混凝土的标号也就愈高。相反地，水泥标号愈低，所制成的混凝土的标号也就愈低。

3. **用水量的影响：**混凝土用水量决定于水灰比 $\frac{B}{\Pi}$ 。一般要得到不同标号的混凝土时，应用不同的水灰比。对于相同配合比的混凝土，若用较大的水灰比时，则所制成混凝土的标号就较低；用较小的水灰比时，标号提高。因此，用于硬性的（即水灰比很少的）混凝土时，能够得到较高标号的混凝土。

4. **与骨料的品质、骨料的级配和骨料与水泥的比例有关。**

5. **龄期的影响：**龄期愈长，混凝土的强度也就愈高。

6. **保养的方法：**在潮湿空 或水中保养时，所得的强度

就高,若在干燥空气中保养时所得的强度就低。

7. 施工的方法: 混凝土的强度,很大 部分决定于施工的技术和质量,如使用机械搅拌和很仔细的震动的混凝土就要比手工搅拌和不用震动器震动的同样混凝土强的多。

(2—3) 钢筋混凝土的最低标号要求

钢筋混凝土受压构件,其截面尺寸按强度计算确定时,应用200号及以上的重混凝土。承受重荷载的结构,如多层房屋的下层柱子,及工业车间有吊车荷载的柱子,应用300~400号的重混凝土。

钢筋混凝土受弯构件,其截面尺寸按强度计算确定时,应用150号及以上的重混凝土。

装配式结构,用重混凝土制造时,其标号应大于150号。钢筋混凝土的薄壁构件,厚度在40mm以下时,其标号应大于200号。

(2—4) 混凝土的标准强度

混凝土的标准强度(kg/cm^2)

表 1

号次	应力分类	符 号	混 凝 土 的 标 号									
			35	50	75	100	150	200	300	400	500	600
			а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
1	轴心受压(棱柱强度)	R_{np}^H	28	40	60	80	115	145	210	280	350	420
2	弯曲时受压	R_H^H	35	50	75	100	140	180	260	350	440	520
3	受拉	R_p^H	5	6	8	10	13	16	21	25	28	30

注: 用矾土水泥制成的混凝土,受拉时的标准强度按表1中所示数值乘以系数0.7。

(2—5) 混凝土的匀质系数

混凝土组成部分是水泥和骨料,其中骨料(砂、石子等)大都是天然产品,或由天然产品稍为加工(如砾石),所以它们的强度不一定是规律的,且具有相当程度的变动。这些材料的颗粒大小或胶

結牢固与否都是不均匀的。考虑了这許多的变动性，我們將标准强度乘以均质系数 K_0 ，降低成为計算强度。

混凝土的均质系数 K_0 ，按下表采用：

混凝土的均质系数 K_0 表 2

号次	應力分類	控制條件	混 凝 土 的 標 号	
			35~200	300~600
			a	b
1	軸心受壓和攪曲時受壓	A B	0.60	0.65
			0.55	0.60
2	受拉	A B	0.45	0.50
			0.40	0.45

注：(1) A項中所載混凝土的均質系数，系指在混凝土工廠或混凝土拌合站中控制的混凝土，對於配料（膠結料、骨料、水和摻合料）裝有自動化或半自動化的机械設備，并有系統的檢驗混凝土受壓時的强度和均質性時采用。

(2) 當按抗拉作用確定混凝土的標号，并系統的檢查混凝土受拉時的强度和均質性時，表 2 第 2 項中的混凝土受拉時的均質系数可提高 10%。

(2-6) 鋼筋的標号与强度

鋼筋的标准强度 R_a^H ，按它的標号和加工的方法由下表查出：

鋼筋的标准强度 R_a^H (kg/cm^2) 表 3

号次	鋼筋分類	标准强度
1	CT.0 熱軋圓鋼、扁鋼和型鋼	1,900
2	CT.3 同上鋼筋	2,400
3	CT.0 經過冷拉的熱軋圓鋼	2,400
4	CT.3 同上鋼筋	2,800
5	CT.5 熱軋變形鋼筋	2,800
6	直徑為 5.5mm 及以下的冷拔鋼絲	5,500
7	直徑為 6~10mm 同上鋼絲	4,500
8	CT.0 和 CT.3 冷軋變形鋼筋	4,500

注：(1) 鋼筋的标准强度按下列規定采用：對於第 1~5 項中所述的鋼筋，系按受拉時廢品的屈服點減值采用；對於第 6~8 項中所述的鋼筋，系按廢品的極限强度限值采用。

(2) 載于表 3 中的 CT.3 号和 CT.5 号鋼的标准强度，系指直徑在 40 mm 以下的鋼筋。

鋼筋直徑大于 40mm 時，标准强度應按規範的規定采用。