

现代

钢筋混凝土结构 简明计算手册

国振喜 编



海洋出版社

现代钢筋混凝土结构简明计算手册

国振喜 主编

海洋出版社

1998·北京

内 容 简 介

本手册是根据国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)及该规范“1993年局部修订”与“1996年局部修订”,并结合设计实践编写的新书。

本书共有10章,主要内容包括:计算要求与材料标准;钢筋混凝土受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭曲构件等计算与实例;钢筋混凝土受冲切、局部受压及疲劳承载力计算与实例;钢筋混凝土柱牛腿计算与实例;钢筋混凝土结构预埋件计算与实例;钢筋混凝土构件抗震计算;常用计算资料等。

本计算手册技术标准新,内容简明实用,可供建筑设计人员使用,也可供有关专业施工技术人员、高等院校师生、科学研究人员使用与参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代钢筋混凝土简明计算手册/国振喜编著. —北京:
海洋出版社, 1998. 10
ISBN 7-5027-4453-3

I. 现… II. 国… III. 钢筋混凝土结构-结构计算-手册
IV. TU375.01-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 19426 号

责任编辑:齐海峰

责任校对:俞丽华

责任印制:严国晋

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京兰空印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1998年10月第1版 1998年10月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:65.25

字数:1700千字 印数:1—3000册

定价:125.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

序 言

在我国当前的建设工程中,钢筋混凝土结构是应用最广泛的结构形式,用量大,投资多,如能够在钢筋混凝土结构设计中做到技术先进,经济合理,安全适用,快速设计,将对我国的建设事业具有重要意义。

《混凝土结构设计规范》GBJ10-89是以80年代的混凝土结构用钢筋的国家标准为依据的。十多年来,钢筋的国家标准陆续进行了修订或制定,并要求推广应用新牌号钢筋,因此对GBJ10-89也进行了两次局部修订,过去的设计手册已有许多不适用之处。为适应我国建设事业发展的需要,为了给钢筋混凝土结构设计计算提供最新的资料和数据,我们根据国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)及该规范“1993年局部修订”与“1996局部修订”,并结合设计实践,编写了《钢筋混凝土结构简明计算手册》一书,献给土建工作者。由于我们水平有限,难免有不妥之处,敬请指教,以利改进。

在编写本计算手册的过程中,李玉芝、国伟、孙谔、国刚、陈金霞、李树斌、李意敏、翁映华、曲圣伟、王瑾、孙澍宁、李树范、曹丽华、李树平、陈桂英、李玉忱、张丙余、司浩然、张国丽、高伟、张秀丽、孙惠琴、谭洪智、谭国财、尤为国等参加了部分工作,并得到了哈尔滨建筑大学刘作华教授的审核与指导,在此一并致谢!

国 振 喜

1997年5月于鞍山

目 次

第 1 章 计算要求与材料标准	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 混凝土与混凝土结构	(1)
1.1.2 钢筋混凝土	(1)
1.1.3 钢筋混凝土结构	(2)
1.2 结构的计算要求	(3)
1.2.1 结构的功能要求	(3)
1.2.2 极限状态的计算方法	(4)
1.2.3 结构构件计算规定	(4)
1.2.4 计算表达式	(6)
1.2.5 安全等级、允许挠度、裂缝控制	(6)
1.3 等跨连续板、梁的内力计算	(9)
1.3.1 简述	(9)
1.3.2 等跨连续板、梁的弹性理论计算	(9)
1.3.3 等跨连续板、次梁的塑性理论计算	(10)
1.4 混凝土	(11)
1.4.1 混凝土强度等级	(11)
1.4.2 混凝土强度标准值	(11)
1.4.3 混凝土强度设计值	(11)
1.4.4 混凝土弹性模量及其他	(12)
1.5 钢筋	(14)
1.5.1 简述	(14)
1.5.2 钢筋强度标准值	(14)
1.5.3 钢筋强度设计值	(16)
1.5.4 钢筋弹性模量	(17)
1.5.5 钢筋的疲劳强度设计值	(18)
1.6 配筋率及其他	(19)
1.6.1 纵向钢筋最小配筋百分率	(19)
1.6.2 受弯构件纵向钢筋最大配筋百分率	(19)
第 2 章 钢筋混凝土受弯构件计算与实例	(21)
I 受弯构件正截面承载力计算	(21)
2.1 简述	(21)
2.1.1 受弯构件	(21)

2.1.2	单筋截面与双筋截面	(21)
2.1.3	配筋率	(21)
2.1.4	界限相对受压区高度 ξ_b 及最大配筋率 $\rho_{\max}$	(22)
2.2	单筋矩形截面受弯承载力计算	(23)
2.2.1	基本计算公式的建立及适用条件	(23)
2.2.2	计算方法	(24)
2.2.3	计算例题	(25)
2.2.4	其他说明	(29)
2.3	双筋矩形截面受弯承载力计算	(29)
2.3.1	简述	(29)
2.3.2	基本计算公式的建立及适用条件	(29)
2.3.3	计算方法	(31)
2.3.4	计算例题	(32)
2.4	单筋 T 形截面受弯承载力计算	(35)
2.4.1	简述	(35)
2.4.2	基本计算公式的建立及适用条件	(36)
2.4.3	T 形截面的计算宽度	(38)
2.4.4	计算方法	(39)
2.4.5	计算例题	(40)
II	受弯构件正截面受弯承载力计算用表	(42)
2.5	矩形截面受弯承载力计算系数用表	(42)
2.5.1	制表公式	(42)
2.5.2	受弯承载力计算系数用表	(44)
2.5.3	计算例题	(47)
2.6	矩形和 T 形截面单筋板、梁 $A - \rho(\%)$ 值的计算用表	(49)
2.6.1	制表公式	(49)
2.6.2	适用范围与 $A - \rho(\%)$ 值计算用表	(49)
2.6.3	计算例题	(62)
2.7	T 形截面梁翼缘每 1000mm 宽的受弯承载力设计值 M_u 计算用表	(63)
2.7.1	制表公式	(63)
2.7.2	适用范围与 M_u 值计算用表	(64)
2.7.3	计算例题	(71)
2.8	每 1000mm 宽钢筋混凝土板弯矩与配筋计算用表	(73)
2.8.1	制表公式	(73)
2.8.2	适用范围与板弯矩及配筋计算用表	(74)
2.8.3	计算例题	(131)
2.9	单筋矩形截面钢筋混凝土梁弯矩与配筋计算用表	(131)
2.9.1	制表公式	(131)
2.9.2	适用范围与梁弯矩及配筋计算用表	(132)

2.9.3 计算例题	(326)
Ⅲ 受弯构件斜截面受剪承载力计算与计算用表	(327)
2.10 矩形、T形和工形斜截面受剪承载力计算	(327)
2.10.1 复核截面尺寸	(327)
2.10.2 不需进行斜截面受剪承载力计算的条件	(327)
2.10.3 仅配箍筋的受剪承载力计算	(328)
2.10.4 配置箍筋和弯起钢筋时的受剪承载力计算	(328)
2.10.5 计算箍筋和弯起钢筋的数量	(329)
2.10.6 受剪承载力的计算位置	(330)
2.10.7 计算例题	(330)
2.11 受弯构件矩形截面梁斜截面受剪承载力计算用表	(335)
2.11.1 制表公式	(335)
2.11.2 适用范围与计算用表	(336)
2.11.3 计算例题	(368)
Ⅳ 钢筋混凝土受弯构件挠度与裂缝宽度验算	(369)
2.12 受弯构件挠度验算	(369)
2.12.1 简述	(369)
2.12.2 计算方法	(369)
2.12.3 计算例题	(371)
2.13 受弯构件裂缝宽度验算	(373)
2.13.1 简述	(373)
2.13.2 计算方法	(373)
2.13.3 计算例题	(374)
Ⅴ 钢筋混凝土受弯构件挠度与裂缝宽度计算用表	(376)
2.14 受弯构件不需作挠度验算的最大跨高比	(376)
2.14.1 跨高比计算用表	(376)
2.14.2 应用方法	(376)
2.14.3 计算例题	(377)
2.15 受弯构件裂缝宽度计算用表	(378)
2.15.1 近似计算用表	(378)
2.15.2 使用方法	(378)
2.15.3 计算例题	(378)
第3章 钢筋混凝土受压构件承载力计算与实例	(380)
Ⅰ 轴心受压构件	(380)
3.1 配有普通箍筋的轴心受压构件正截面受压承载力计算	(380)
3.1.1 计算方法	(380)
3.1.2 计算例题	(380)
3.2 配有螺旋箍筋的轴心受压构件正截面受压承载力计算	(382)
3.2.1 计算方法	(382)

3.2.2 计算例题	(383)
II 偏心受压构件	(387)
3.3 偏心受压构件简述	(387)
3.3.1 定义、短柱、长柱及细长柱	(387)
3.3.2 破坏特征	(388)
3.3.3 偏心距增大系数	(388)
3.3.4 基本计算公式的建立	(390)
3.3.5 界限偏心距	(391)
3.4 矩形截面偏心受压构件正截面不对称配筋的计算	(392)
3.4.1 大偏心受压构件截面计算	(392)
3.4.2 小偏心受压构件截面计算	(394)
3.4.3 计算例题	(396)
3.5 矩形截面偏心受压构件正截面对称配筋的计算	(406)
3.5.1 对称配筋简述	(406)
3.5.2 对称配筋构件大小偏心受压的判别	(407)
3.5.3 大偏心受压构件的计算	(407)
3.5.4 小偏心受压构件的计算	(408)
3.5.5 计算例题	(408)
3.6 工形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	(415)
3.6.1 工形截面大偏心受压构件计算	(415)
3.6.2 工形截面小偏心受压构件计算	(417)
3.6.3 计算例题	(419)
3.7 矩形截面偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(424)
3.7.1 截面限制条件	(424)
3.7.2 斜截面可不进行受剪承载力计算的条件	(424)
3.7.3 斜截面受剪承载力计算公式	(424)
3.7.4 计算例题	(425)
3.8 矩形截面偏心受压构件的裂缝宽度验算	(426)
3.8.1 验算裂缝宽度条件	(426)
3.8.2 验算裂缝宽度计算公式	(426)
3.8.3 计算例题	(428)
III 偏心受压构件正截面受压构件承载力计算用表	(429)
3.9 对称配筋矩形截面偏心受压构件承载力计算用表	(429)
3.9.1 制表公式	(429)
3.9.2 适用范围与计算用表	(430)
3.9.3 计算例题	(636)
3.10 对称配筋矩形截面偏心受压构件承载力与配筋面积计算用表	(637)
3.10.1 制表公式	(637)
3.10.2 适用范围与计算用表	(637)

3.10.3 计算例题	(724)
3.11 对称配筋工形截面偏心受压构件承载力与配筋面积计算用表	(725)
3.11.1 制表公式	(725)
3.11.2 适用范围与计算用表	(726)
3.11.3 计算例题	(768)
3.12 圆形截面偏心受压构件承载力与配筋面积计算用表	(770)
3.12.1 制表公式	(770)
3.12.2 适用范围与计算用表	(771)
3.12.3 计算例题	(920)
第4章 钢筋混凝土受拉构件计算与实例	(925)
4.1 轴心受拉构件正截面受拉承载力计算	(925)
4.1.1 正截面受拉承载力计算	(925)
4.1.2 裂缝宽度验算	(925)
4.1.3 计算例题	(925)
4.2 矩形截面偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	(926)
4.2.1 不对称配筋小偏心受拉构件	(926)
4.2.2 不对称配筋大偏心受拉构件	(928)
4.2.3 对称配筋偏心受拉构件的计算	(930)
4.2.4 计算例题	(931)
4.3 矩形截面偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	(937)
4.3.1 截面尺寸限制条件	(937)
4.3.2 斜截面受剪承载力计算	(937)
4.3.3 计算例题	(938)
4.4 偏心受拉构件的裂缝宽度验算	(939)
4.4.1 基本计算公式	(939)
4.4.2 计算例题	(939)
第5章 钢筋混凝土受扭曲构件承载力计算与实例	(941)
5.1 矩形截面构件的受扭承载力计算	(941)
5.1.1 纯扭构件的受扭承载力计算	(941)
5.1.2 压扭构件的受扭承载力计算	(944)
5.1.3 剪扭构件的受扭承载力和受剪承载力	(945)
5.1.4 弯剪扭构件的承载力计算	(949)
5.2 T形和工形截面构件的受扭承载力计算	(954)
5.2.1 T形和工形截面构件的纯扭承载力计算	(954)
5.2.2 T形和工形截面构件剪扭承载力计算	(960)
5.2.3 T形和工形截面构件弯剪扭承载力计算	(962)
第6章 钢筋混凝土受冲切、局部受压及疲劳承载力计算与实例	(967)
6.1 受冲切承载力计算	(967)
6.1.1 一般简述	(967)

6.1.2	不配置箍筋或弯起钢筋的钢筋混凝土板	(967)
6.1.3	配置箍筋或弯起钢筋的钢筋混凝土板	(968)
6.1.4	阶形基础	(968)
6.1.5	计算例题	(969)
6.2	局部受压承载力计算	(972)
6.2.1	一般简述	(972)
6.2.2	局部受压区截面要求	(972)
6.2.3	配筋混凝土局部受压承载力计算	(973)
6.2.4	计算例题	(974)
6.3	钢筋混凝土受弯构件疲劳强度验算	(976)
6.3.1	疲劳强度验算方法	(976)
6.3.2	计算例题	(980)
第7章	钢筋混凝土柱牛腿计算与实例	(983)
7.1	符合条件	(983)
7.2	竖向力作用下钢筋混凝土柱牛腿计算	(984)
7.2.1	柱牛腿的裂缝控制截面尺寸要求	(984)
7.2.2	纵向受拉钢筋截面面积计算	(984)
7.2.3	局部受压应力计算	(984)
7.3	竖向力和水平拉力共同作用下钢筋混凝土柱牛腿计算	(985)
7.3.1	柱牛腿的裂缝控制截面尺寸要求	(985)
7.3.2	纵向受力钢筋截面面积计算	(985)
7.4	水平箍筋和弯起钢筋	(985)
7.4.1	水平箍筋	(985)
7.4.2	弯起钢筋	(986)
7.5	计算例题	(986)
第8章	钢筋混凝土结构预埋件计算与实例	(991)
8.1	一般要求	(991)
8.2	由锚板和对称配置的直锚筋组成的受拉预埋件	(992)
8.2.1	受拉预埋件计算公式	(992)
8.2.2	计算例题	(992)
8.3	由锚板和对称配置的直锚筋组成的受剪预埋件	(993)
8.3.1	受剪预埋件计算公式	(993)
8.3.2	计算例题	(993)
8.4	由锚板和对称配置的直锚筋组成的拉剪预埋件	(994)
8.4.1	拉剪预埋件计算公式	(994)
8.4.2	计算例题	(994)
8.5	由锚板和对称配置的直锚筋组成的压剪预埋件	(995)
8.5.1	压剪预埋件计算公式	(995)
8.5.2	计算例题	(995)

8.6 由锚板 and 对称配置的直锚筋组成的拉弯预埋件	(997)
8.6.1 拉弯预埋件计算公式	(997)
8.6.2 计算例题	(997)
8.7 由锚板 and 对称配置的直锚筋组成的压弯预埋件	(998)
8.7.1 压弯预埋件计算公式	(998)
8.7.2 计算例题	(998)
8.8 由锚板 and 对称配置的直锚筋组成的弯剪预埋件	(999)
8.8.1 弯剪预埋件计算公式	(999)
8.8.2 计算例题	(999)
8.9 由锚板 and 对称配置的直锚筋组成的拉弯剪预埋件	(1001)
8.9.1 拉弯剪预埋件计算公式	(1001)
8.9.2 计算例题	(1001)
8.10 由锚板 and 对称配置的直锚筋组成的压弯剪预埋件	(1003)
8.10.1 压弯剪预埋件计算公式	(1003)
8.10.2 计算例题	(1003)
8.11 由锚板 and 对称配置的弯折锚筋与直锚筋组成的受剪力预埋件	(1004)
8.11.1 计算公式	(1004)
8.11.2 计算例题	(1005)
第 9 章 钢筋混凝土构件抗震计算	(1006)
9.1 抗震计算一般规定	(1006)
9.1.1 抗震等级	(1006)
9.1.2 承载力抗震调整系数	(1007)
9.2 钢筋混凝土矩形截面框架梁	(1007)
9.2.1 正截面受弯承载力计算	(1007)
9.2.2 剪力设计值计算	(1008)
9.2.3 受剪截面符合条件及斜截面受剪承载力计算	(1009)
9.3 钢筋混凝土矩形截面框架柱	(1010)
9.3.1 正截面偏心受压承载力计算	(1010)
9.3.2 框架柱在正截面承载力计算中内力设计值计算规定	(1012)
9.3.3 矩形截面框架柱的受剪截面符合条件	(1013)
9.3.4 斜截面受剪承载力计算	(1013)
9.4 抗震与非抗震钢筋混凝土构件计算换算公式	(1014)
第 10 章 常用计算资料	(1015)
10.1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	(1015)
10.2 钢筋的计算截面面积及公称质量	(1025)
10.3 每米板宽内各种钢筋间距时的钢筋截面面积	(1025)
10.4 弯起钢筋长度计算表	(1027)
10.5 钢筋的截面面积、重量和排成一层时矩形截面梁的最小宽度 b 值	(1029)
10.6 非法定计量单位与法定计量单位的换算关系	(1030)

第 1 章 计算要求与材料标准

1.1 概 述

1.1.1 混凝土与混凝土结构

(1) 混凝土

一般所说的混凝土,是指以胶结料、细骨料(如砂子)、粗骨料(如石子)以及必要时掺入化学外加剂和混合材料等,按一定配合比,经过均匀拌制、密实成型及养护硬化而成的人工石材。

混凝土按其质量密度不同可分为特重混凝土(质量密度大于 $2500\text{kg}/\text{m}^3$)、重混凝土(质量密度为 $1900 \sim 2500\text{kg}/\text{m}^3$)也称普通混凝土,混凝土及轻混凝土(质量密度为 $600 \sim 1900\text{kg}/\text{m}^3$)、特轻混凝土(质量密度小于 $600\text{kg}/\text{m}^3$)等。本书所说的混凝土,指的是重混凝土(普通混凝土)。

(2) 混凝土结构

以混凝土为主制作的结构叫做混凝土结构。它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。

混凝土结构中不配置钢筋或根据某些规定配置构造钢筋的混凝土结构叫做素混凝土结构。素混凝土结构主要用于受压构件,如柱墩、基础墙等。

混凝土结构中根据受力性能的要求把钢筋以合理的形式浇筑在混凝土中,形成全新的结构材料,叫做钢筋混凝土结构。这种全新的结构材料能在各种不同的内力作用下分别发挥钢筋和混凝土这两种材料的优势,做到物尽其用。钢筋混凝土结构在民用与工业等建筑中都有着广泛的应用,是本书讲述的内容。

如果在混凝土结构中,通过张拉钢筋,也就是对钢筋施加拉力和对混凝土施加压力,即形成预应力混凝土结构。这种结构能够克服钢筋混凝土结构在荷载作用下混凝土易于开裂或裂缝过宽的缺点,并为高强钢材在混凝土结构中的应用创造了条件,从而使钢筋混凝土结构的应用范围进一步扩大。对于预应力混凝土结构构件一般都由专门设计人员,设计成标准图进行应用。

1.1.2 钢筋混凝土

钢筋混凝土的特点如表 1-1 所示。

表 1-1 钢筋混凝土的特点

序号	项目	内 容
1	简述	钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种材料组成的。这两种物理性能完全不同的材料能很好地结合在一起共同受力,主要是因为有以下特点: (1)钢筋与混凝土之间存在有粘结力,使二者在荷载作用下能够协调变形,共同受力。 (2)钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数接近,钢为 1.2×10^{-5},混凝土为 $1 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$。当温度变化时,二者间不会因产生较大的相对变形而破坏它们之间的结合。 (3)钢筋至构件边缘之间的混凝土称为钢筋的保护层,使钢筋不易发生锈蚀,保证结构的耐久性

续表 1-1

序号	项目	内 容
2	优点	钢筋混凝土有下列优点: (1)节约钢材:合理地利用了钢筋及混凝土这两种材料各自的受力特点,可以形成具有较高强度的结构构件,在某些情况下可用来代替钢结构,因而能节约钢材,降低造价。 (2)耐久性好:处于良好环境的钢筋混凝土结构,混凝土的强度是随时间不断增长的,且钢筋受混凝土保护而不易锈蚀。所以钢筋混凝土结构的耐久性是很好的,不像钢结构那样需要定期维护。 (3)耐火性好:由传热性差的混凝土作钢筋的保护层,在遭火灾时比钢、木结构的耐火性强。 (4)可模性好:钢筋混凝土可根据设计需要,浇筑成各种形状和尺寸的结构,特别适宜于建筑外形复杂的大体积结构及空间薄壁结构等。 (5)整体性好:现浇的整体式钢筋混凝土结构,整体性好,又具备较好的延性,适用于抗震结构;同时防振性和防辐射性能较好,适用于防护结构。 (6)就地取材:混凝土中占比例较大的砂、石等材料,一般可就地或就近取材,因而材料运输费用少,可以显著地降低建筑造价
3	缺点	钢筋混凝土有下列缺点: (1)自重比钢结构大,不利于建造大跨度结构及高层建筑 (2)施工比钢结构复杂,建造期一般较长;不宜在冬期与雨天施工,其时必须采取相应的施工措施才能保证质量。 (3)一般情况下浇筑混凝土要用模板,现场整浇时还要用脚手架(支架),因而需要一定数量的施工用木材、钢材或其他材料。 (4)补强维修工作比较困难

1.1.3 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构的组成与分类如表 1-2 所示。

表 1-2 钢筋混凝土结构的组成与分类

序号	项 目	内 容
1	组成	钢筋混凝土结构是由一系列不同类型的杆件组成
2	按结构的受力状态和结构外形分类	(1)杆件系统分为: ①受弯构件,如板、梁、楼盖等; ②受压构件,如柱、剪力墙、筒、屋架的压杆等; ③受拉构件,如水池的池壁、屋架的拉杆等; ④受扭构件,如框架结构的边梁等 (2)非杆件系统分为: ①空间薄壁结构; ②外形复杂的大体积结构

续表 1-2

序号	项 目	内 容
3	按结构的制造方法分类	(1)现浇式结构:现浇式结构是在现场先架立模板、绑扎钢筋,然后现场浇筑混凝土而成的结构。它的整体性比较好,刚度比较大,但生产较难工业化,施工期较长,模板用料较多 (2)装配式结构:装配式结构是在工厂(或预制工场)预先制备各种构件,然后运往工地装配而成。装配式结构可使建筑工业化(设计标准化、制造工业化、安装机械化);制造不受季节限制,能加快施工进度;并可利用工厂有利条件,提高构件质量;模板可重复使用,还可免去脚手架,节约木材和钢材。目前装配式结构在建筑工程中已普遍采用。但装配式结构的接头构造较为复杂,整体性较差,对抗震不利,装配时还需要有一定的起重安装设备 (3)装配现浇式结构:装配现浇式结构是在结构内有一部分为预制的装配式构件,另一部分为现浇的混凝土。预制装配部分通常可作为现浇部分的模板和支架。它比整体式结构有较高的工业化程度,又比装配式结构有较好的整体性

1.2 结构的计算要求

1.2.1 结构的功能要求

结构的功能要求如表 1-3 所示。

表 1-3 结构的功能要求

序号	项 目	内 容
1	简述	在对一般房屋及其附属构筑物进行结构计算(在结构的可靠与经济之间,选择一种合理的平衡,使所建造的结构能满足各种预定功能要求的过程称为结构计算)时,所须满足的基本要求是使结构在规定的使用期限内具备预期的各种功能(安全性、适用性、耐久性)
2	安全性	“安全性”是指结构在正常施工和正常使用条件下,能承受或能出现的各种作用(例如荷载、振动中的恢复力、不均匀位移等)的能力,以及在偶然事件(例如强烈地震、爆炸、车辆冲撞等)发生时和发生后,结构仍保持必要的整体稳定性的能力
3	适用性	“适用性”是指结构在正常使用条件下,能满足预定使用要求的能力。例如,结构应具有适当的刚度,以避免变形过大或在振动时出现共振等
4	耐久性	“耐久性”是指结构在正常维护条件下,随时间变化仍能满足预定功能要求的能力。例如结构不致因材料在长时间内出现的性质变化或外界侵蚀而发生损坏、钢筋不致因保护层过薄或裂缝过宽而发生锈蚀等
5	结语	安全性、适用性、耐久性等的功能总称为结构的“可靠性”。因此,结构的“可靠性”是指该结构在规定的时间内(一般可按 50 年考虑),在规定的条件下,完成预定功能(安全性、适用性、耐久性)的能力。 为了在计算中能对结构是否具备安全性、适用性、耐久性功能进行判断,就需给出相应的判断条件。我们通常取各种功能的“极限状态”作为判断条件

1.2.2 极限状态的计算方法

结构极限状态的计算方法如表 1-4 所示。

表 1-4 结构极限状态的计算方法

序号	项目	内 容
1	定义	整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足计算规定的某一功能要求,此特定状态称为该功能的极限状态
2	分类	(1)承载能力极限状态 这种极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载力或不适于继续承载的变形。当结构或结构构件出现下列状态之一时,即认为超过了承载能力极限状态。 ①整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆等); ②结构构件或连接因材料强度被超过而破坏(包括疲劳破坏),或因过度的塑性变形而不适于继续承载; ③结构转变为机动体系; ④结构或结构构件丧失稳定(如压屈等) (2)正常使用极限状态 这种极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。当结构或结构构件出现下列状态之一时,即为超过了正常使用极限状态。 ①影响正常使用或外观的变形; ②影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括裂缝); ③影响正常使用的振动; ④影响正常使用的其他特定状态
3	其他	结构一旦超过承载能力极限状态,就可能造成整体倒塌或至少严重损坏,从而带来人身伤亡和重大经济损失,故应把结构超过承载能力极限状态的概率控制得非常小。 结构一旦超过正常使用的极限状态,虽然会使结构或构件失去适用性或耐久性,但通常不会带来人身伤亡和重大经济损失,因此可以把超过正常使用极限状态的概率控制在比超过承载能力极限状态的概率明显大一些的水准上

1.2.3 结构构件计算规定

钢筋混凝土结构构件应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求采用荷载进行计算,如表 1-5 所示。

表 1-5 承载能力极限状态及正常使用极限状态的计算规定

序号	计算项目	计 算 内 容	采 用 荷 载	说 明
1	承载力及稳定	所有结构构件均应进行承载力(包括压屈失稳)计算,在必要时还应进行结构的倾覆和滑移验算	荷载设计值(荷载代表值乘以相应的荷载分项系数)	处于地震区的结构,还应进行结构构件抗震的承载力计算

续表 1-5

序号	计算项目	计 算 内 容	采 用 荷 载	说 明
2	疲劳	直接承受重级工作制吊车的构件,应进行疲劳强度验算;承受中级工作制吊车的构件,宜进行疲劳强度验算;承受轻级工作制吊车的构件,可不作疲劳强度验算	荷载代表值(标准值、准永久值、组合值)	某些承受中级工作制吊车的构件,根据使用情况和设计经验可不作疲劳强度验算
3	变形	对使用需要控制变形值的结构构件,应进行变形验算	荷载代表值	对某些变形较大的结构或构件,如板、梁构件或桁架等,须将它们的变形控制在某个能保证结构适用性的限值内
4	抗裂及裂缝宽度	对使用上要求不出现裂缝的构件,应进行混凝土拉应力验算;对使用上允许出现裂缝的构件,应进行裂缝宽度验算;对叠合式受弯构件,还应进行钢筋拉应力验算	荷载代表值	在荷载作用下较易开裂的构件,如受弯、轴心受拉、偏心受拉和大偏心受压等构件,须根据不同的裂缝控制等级分别进行抗裂及裂缝宽度验算

注:①承载力计算:承载力计算一般是指在进行钢筋混凝土结构计算时,最主要的大量的工作是从安全性角度通过计算来保证结构或构件具有足够的承载力,即要使各个控制截面不致因达到材料强度而破坏。

②稳定计算:所谓“稳定计算”是指对某些结构(如基底宽度相对较小而结构高度很大的烟囱、水塔、电视塔或以承受水平荷载为主的挡土墙等)或某些构件(如悬挑构件)进行的抗倾覆或滑移验算;

③预制构件还应按制作、运输及安装时的荷载设计值进行施工阶段的验算。预制构件本身吊装的验算,应将构件自重乘以动力系数(动力系数一般情况下可取 1.5,但根据构件吊装时受力情况,可适当增减);

④对现浇结构,必要时应进行施工阶段的验算;

⑤直接承受动力荷载的结构构件,在计算承载力、疲劳、抗裂时,应考虑动力荷载的动力系数;

⑥可按表 1-6 取用荷载分项系数 γ 。

表 1-6 荷载分项系数

序号	项 目	内容与荷载分项系数
1	永久荷载	(1)当其效应对结构不利时, $\gamma_G = 1.2$ (2)当其效应对结构有利时, $\gamma_G = 1.0$
2	可变荷载	对于可变荷载, $\gamma_Q = 1.4$
3	验算倾覆和滑移	对于抵抗倾覆和滑移的永久荷载, $\gamma_G = 0.9$
4	楼面结构	当板面活荷载标准值大于或等于 4kN/m^2 时, $\gamma_Q = 1.3$

1.2.4 计算表达式

(1) 构件承载力计算表达式

钢筋混凝土构件承载力计算应采用的极限状态计算表达式为

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k \cdots) \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——结构构件的重要性系数,与建筑结构的安全等级有关,如表 1-7 所示;在抗震计算中,不考虑结构构件的重要性系数;

S ——内力组合设计值,按国家标准《建筑结构荷载规范》GBJ9-87 和国家标准《建筑抗震设计规范》GBJ11-89 的规定进行计算;

R ——结构构件的承载力设计值;

$R(\cdot)$ ——结构构件的承载力函数;

f_c, f_s ——依次为混凝土、钢筋的强度设计值;

a_k ——几何参数的标准值;当几何参数的变异性对结构性能有明显影响时,可另增减一个附加值以考虑其不利影响。

在本书中,内力设计值 N, M, V, T 等均为已乘重要性系数 γ_0 后的值。

(2) 变形验算

构件变形验算应采用的极限状态表达式为

$$w_f \leq [w_f] \quad (1-3)$$

式中 w_f ——在考虑了荷载长期效应组合使构件挠度随时间增大的影响后,用荷载短期效应组合计算出的构件最大挠度值;

$[w_f]$ ——构件挠度允许值,如表 1-8 所示。

(3) 裂缝宽度验算

构件裂缝宽度验算应采用的极限状态表达式为

$$W_{\max} \leq [W_{\max}] \quad (1-4)$$

式中 $W_{\max}$ ——按荷载短期效应组合并考虑荷载长期效应组合影响所求得的最大裂缝宽度值;

$[W_{\max}]$ ——构件最大裂缝宽度允许值,如表 1-10 所示。

1.2.5 安全等级、允许挠度、裂缝控制

(1) 安全等级

建筑结构的安全等级根据建筑结构破坏后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重程度,如表 1-7 划分为三个安全等级。设计时应根据实际情况,选用合适的