

混凝土结构设计**新规范**
(GB50010-2010)解读

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI XINGUIFAN
(GB50010-2010)JIEDU

沈蒲生 编著

条文详解 / 重点突出 / 提升设计技能



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

混凝土结构设计新规范 (GB 50010—2010)解读

沈蒲生 编著

机械工业出版社

前 言

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 已经在 2010 年 8 月 18 日发布, 并于 2011 年 7 月 1 日实施。新规范对条文作了说明。为了使读者对新规范有更好的了解, 笔者在新规范“条文说明”的基础上作了适当的补充, 并且在编排上作了调整。错误和不妥之处, 敬请批评指正。

沈蒲生
2011 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 我国《混凝土结构设计规范》的发展简况	1
1.2 新规范采用的术语	2
1.3 新规范采用的符号	4
1.4 新规范采用的计量单位	6
第 2 章 材料	8
2.1 混凝土	8
2.1.1 强度等级	8
2.1.2 选用原则	10
2.1.3 强度标准值	10
2.1.4 强度设计值	12
2.1.5 弹性模量、剪切模量和泊松比	13
2.1.6 疲劳强度和疲劳变形模量	14
2.1.7 热工参数	16
2.2 钢筋	16
2.2.1 建筑用钢筋种类	16
2.2.2 选用原则	20
2.2.3 强度标准值	20
2.2.4 强度设计值	21
2.2.5 弹性模量	22
2.2.6 疲劳应力幅限值	22
2.2.7 配筋形式	23
2.2.8 代换原则	24
2.2.9 公称直径、计算面积和理论重量	24
2.3 材料的本构关系与混凝土的多轴强度准则	25
2.3.1 材料的本构关系	25
2.3.2 混凝土的多轴强度准则	30
第 3 章 基本设计规定	34
3.1 一般规定	34
3.2 结构方案	37
3.3 承载能力极限状态计算	39
3.3.1 计算内容	39
3.3.2 计算表达式	40
3.4 正常使用极限状态验算	41

3.4.1	验算内容	41
3.4.2	验算表达式	41
3.4.3	受弯构件挠度验算	42
3.4.4	裂缝控制等级	42
3.4.5	受力裂缝宽度及混凝土拉应力限值	43
3.4.6	楼盖舒适度验算	43
3.5	耐久性设计	44
3.5.1	设计内容	44
3.5.2	环境分类	44
3.5.3	对混凝土材料的质量要求	45
3.6	防连续倒塌设计原则	47
3.6.1	连续倒塌的概念	47
3.6.2	设计原则	48
3.7	既有结构设计的原则	49
3.7.1	适用范围	49
3.7.2	设计原则	49
3.7.3	设计规定	50
第4章	结构分析	51
4.1	基本原则	51
4.2	分析模型	53
4.3	弹性分析	54
4.4	塑性内力重分布分析	56
4.5	弹塑性分析	57
4.5.1	分析原则	57
4.5.2	基本构件计算模型	57
4.5.3	本构关系	58
4.6	塑性极限分析	58
4.7	间接作用效应分析	59
第5章	正截面承载力计算	61
5.1	承载力计算的规定	61
5.2	正截面承载力计算的一般规定	61
5.3	正截面受弯承载力计算	68
5.3.1	矩形或翼缘位于受拉边的倒T形截面	68
5.3.2	翼缘位于受压区的T形和I形截面	70
5.3.3	深受弯构件	71
5.3.4	叠合式受弯构件	72
5.4	正截面受压承载力计算	73
5.4.1	配有普通箍筋的轴心受压构件	73
5.4.2	配有螺旋式或焊接环式箍筋的轴心受压构件	75
5.4.3	矩形截面偏心受压构件	77

5.4.4 I形截面偏心受压构件	78
5.4.5 沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的偏心受压构件	79
5.4.6 环形和圆形截面偏心受压构件	80
5.4.7 双向偏心受压构件	81
5.4.8 叠合式受压构件	84
5.4.9 柱的计算长度	84
5.5 正截面受拉承载力计算	85
5.5.1 轴心受拉构件	85
5.5.2 矩形截面偏心受拉构件	86
5.5.3 沿截面腹部均匀配筋的偏心受拉构件	86
第6章 斜截面承载力计算	88
6.1 受弯构件斜截面承载力	88
6.1.1 破坏形态	88
6.1.2 截面应符合的条件	89
6.1.3 需进行斜截面受剪承载力计算的截面	90
6.1.4 不配箍筋和弯起钢筋的板的斜截面受剪承载力	90
6.1.5 仅配箍筋的受弯构件的斜截面受剪承载力	91
6.1.6 配置箍筋和弯起钢筋时的受弯构件斜截面的受剪承载力	92
6.1.7 截面的剪力设计值	93
6.1.8 可不进行斜截面受剪承载力计算的条件	93
6.1.9 受拉边倾斜的受弯构件斜截面受剪承载力	93
6.1.10 钢筋混凝土深受弯构件斜截面受剪承载力	94
6.1.11 预制构件和叠合构件斜截面受剪承载力	95
6.1.12 受弯构件斜截面受弯承载力	95
6.2 偏心受力构件斜截面承载力	96
6.2.1 偏心受压构件	96
6.2.2 偏心受拉构件	97
6.2.3 圆形截面构件	98
6.2.4 矩形截面双向受剪框架柱	98
6.2.5 剪力墙	99
第7章 扭曲截面承载力计算	101
7.1 一般规定	101
7.2 纯扭构件受扭承载力	103
7.3 压扭构件受扭承载力	105
7.4 剪扭构件受剪扭承载力	105
7.4.1 矩形截面剪扭构件	105
7.4.2 T形和I形截面剪扭构件	107
7.4.3 箱形截面剪扭构件	107
7.5 拉扭构件受扭承载力	108
7.6 弯剪扭构件截面承载力	109

7.7	压弯剪扭构件截面承载力	110
7.8	拉弯剪扭构件截面承载力	110
第8章	冲切、局压承载力计算和疲劳验算	112
8.1	受冲切承载力计算	112
8.1.1	不配置箍筋或弯起钢筋的板	112
8.1.2	板上开洞对受冲切承载力的影响	114
8.1.3	配置箍筋或弯起钢筋的板	114
8.1.4	矩形截面柱的阶形基础	115
8.1.5	传递不平衡弯矩的板柱节点	116
8.2	局部受压承载力计算	119
8.2.1	截面尺寸应符合的要求	119
8.2.2	配置方格网式或螺旋式间接钢筋的局部受压构件	120
8.3	疲劳验算	122
第9章	正常使用极限状态验算	128
9.1	裂缝控制验算	128
9.1.1	验算要求	128
9.1.2	最大裂缝宽度计算	129
9.1.3	裂缝截面处钢筋拉应力计算	132
9.1.4	截面边缘混凝土的法向应力	135
9.1.5	预应力混凝土受弯构件的应力验算	135
9.1.6	吊车梁的混凝土竖向压应力和剪应力	136
9.1.7	先张法构件预应力传递长度范围内的有效预应力	137
9.1.8	叠合式受弯构件的抗裂和裂缝宽度验算	137
9.2	受弯构件挠度验算	138
9.2.1	刚度取值原则	138
9.2.2	刚度计算	139
9.2.3	预加应力的反拱值	141
9.2.4	叠合式受弯构件的挠度验算	142
第10章	构造规定	144
10.1	伸缩缝	144
10.2	混凝土保护层	146
10.3	钢筋的锚固	147
10.4	钢筋的连接	150
10.5	纵向受力钢筋的最小配筋率	154
第11章	结构构件的基本规定	156
11.1	板	156
11.1.1	基本规定	156
11.1.2	构造要求	159
11.1.3	板柱结构	160
11.2	梁	161

11.2.1 纵向配筋	161
11.2.2 横向配筋	163
11.2.3 局部配筋	165
11.2.4 深受弯构件	167
11.3 柱、梁柱节点及牛腿	170
11.3.1 柱	170
11.3.2 梁柱节点	171
11.3.3 牛腿	175
11.4 墙	177
11.5 叠合构件	179
11.6 装配式结构	179
11.7 预埋件及连接件	181
第 12 章 预应力混凝土结构构件	185
12.1 一般规定	185
12.2 预应力损失值计算	194
12.2.1 预应力损失	194
12.2.2 锚具变形和预应力筋内缩引起的预应力损失	195
12.2.3 预应力筋与孔道壁摩擦引起的预应力损失	199
12.2.4 混凝土收缩、徐变引起的预应力损失	200
12.2.5 后批张拉钢筋在先批张拉钢筋中引起的预应力损失	203
12.2.6 预应力构件在各阶段的预应力损失组合	203
12.3 构造规定	203
第 13 章 混凝土结构构件抗震设计	209
13.1 一般规定	209
13.2 材料	213
13.3 框架梁	214
13.4 框架柱及框支柱	217
13.5 铰接排架柱	225
13.6 框架梁柱节点	227
13.7 剪力墙及连梁	231
13.8 预应力混凝土结构构件	244
13.9 板柱节点	246
参考文献	249

第 1 章 概 论

1.1 我国《混凝土结构设计规范》的发展简况

《混凝土结构设计规范》是混凝土结构的科研成果、技术发展以及工程经验的总结，反过来又用于指导混凝土结构的设计与工程实践。

1949 年以来，我国《混凝土结构设计规范》的演化过程是：

《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21—66)

《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74)

《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)

它们分别代表不同时期的混凝土结构设计规范的名称、编号和颁布实施时间。

1966 年颁布实施的《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21—66) (以下简称为“66 规范”)，是参照前苏联《混凝土及钢筋混凝土结构设计标准及技术规范》(ННТУ 123—55) 编制而成的。66 规范采用了先进的极限状态设计方法以及构件工作条件系数、材料强度系数和超载系数表达的公式进行设计。这种设计方法简称为三系数设计法。按照这种设计方法设计的混凝土结构构件的材料用量较少，安全度较低。

1974 年颁布实施的《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74) (以下简称为“74 规范”) 仍然采用极限状态设计方法进行设计，但是将 66 规范中的三个系数改用一个系数表达。这个系数称为强度设计安全系数。这种设计方法简称为单一安全系数法。按照 74 规范设计的混凝土结构构件的安全度，与按 66 规范设计的安全度基本持平。

1989 年颁布实施的《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89) (以下简称为“89 规范”) 参照欧洲和美国相应规范，改为以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。结构构件的安全度总体上有较大幅度的提高，材料的用量也相应地需要增加。

2002 年颁布实施的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) (以下简称为“2002 规范”) 仍然采用以可靠度理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用多个分项系数表达的设计方法，但内容上更加完善，安全度有进一步提高，并且正式成为国家标准。

2010 年颁布实施的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) (以下简称为“新规范”)，依旧采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。但是，新规范为了落实“以人为本，安全第一”的结

构设计原则以及“节能、降耗、减排、环保”的基本国策,实现资源、能源的可持续发展,适当提高了结构的安全水平与抗御灾害的能力;强调了结构的耐久性;提高了材料的利用效率;并加强了与相关标准的协调。新规范反映了近年混凝土结构的科研成果、技术发展以及工程经验。为实现土木工程混凝土结构各行业规范的统一,新规范也参考了水工、港工等其他行业相关标准的规定,尽量实现共性技术问题设计方法的协调。

新规范是对混凝土结构设计的最低限度要求,应允许根据具体情况适当提高设计的安全储备。

新规范依据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)及《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)的原则制定。混凝土结构的设计除应符合新规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

新规范适用于房屋和一般构筑物的钢筋混凝土、预应力混凝土以及素混凝土结构的设计,不适用于轻骨料混凝土、特种混凝土等结构的设计。

对采用陶粒、浮石、煤矸石等为骨料的轻骨料混凝土结构,应按有关标准进行设计。设计下列结构时,尚应符合专门标准的有关规定:

- (1) 超重混凝土结构、防辐射混凝土结构、耐酸(碱)混凝土结构等。
- (2) 修建在湿陷性黄土、膨胀土地区或地下采掘区等的结构。
- (3) 结构表面温度高于 100°C 或有生产热源且结构表面温度经常高于 60°C 的结构。
- (4) 需作振动计算的结构。

混凝土结构在不断发展的过程中,人们对混凝土结构的认识也在不断深化。因此,任何《混凝土结构设计规范》只是在一定时期内和一定阶段上对混凝土的科研成果、技术发展以及工程经验的总结。规范的内容只是混凝土结构设计的成熟做法、一般原则以及基本要求,并不能解决混凝土结构设计中的所有问题,更不能代替设计者的创造性思维。这也就是《混凝土结构设计规范》经常需要修订的原因。

1.2 新规范采用的术语

新规范采用的术语是根据现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》、《建筑设计术语和符号标准》、《建筑结构可靠度设计统一标准》等结合本规范的具体情况给出的。

新规范删节、简化了其他标准已经定义了的常用术语,补充了各类钢筋及其性能、各类混凝土构件及构造等混凝土结构特有的常用术语,如“配筋率”、“混凝土保护层”、“锚固长度”等。原规范有关可靠度及荷载等方面的术语,在相关标准中已有表述,故不再列出。

新规范的主要术语、英文译法以及术语解释如下:

1. 混凝土结构 concrete structure

以混凝土为主要材料制成的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

2. 素混凝土结构 plain concrete structure

无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构。

3. 普通钢筋 steel bar

用于混凝土结构构件中的各种非预应力筋的总称。

普通钢筋包括：现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》（GB 1499.1）中的光圆钢筋、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》（GB 1499.2）中的普通热轧带肋钢筋及细晶粒热轧带肋钢筋、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》（GB 13014）中的余热处理带肋钢筋。

4. 预应力筋 prestressing tendon and/or bar

用于混凝土结构构件中施加预应力的钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋等的总称。

预应力筋包括：现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》（GB/T 5223—2002）和《中强度预应力混凝土用钢丝》（YB/T 156—1999）中光面以及螺旋肋的消除应力钢丝、现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224—2003）中的钢绞线、现行国家标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》（GB/T 20065—2006）中的预应力螺纹钢筋。

5. 钢筋混凝土结构 reinforced concrete structure

配置受力普通钢筋的混凝土结构。

6. 预应力混凝土结构 prestressed concrete structure

配置受力的预应力筋，通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土结构。

7. 现浇混凝土结构 cast-in-situ concrete structure

在现场原位支模并整体浇筑而成的混凝土结构。

8. 装配式混凝土结构 precast concrete structure

由预制混凝土构件或部件装配、连接而成的混凝土结构。

9. 装配整体式混凝土结构 assembled monolithic concrete structure

由预制混凝土构件或部件通过钢筋锚固、连接件或施加预应力加以连接，并在连接部位浇筑混凝土而形成整体受力的混凝土结构。

10. 叠合式构件 composite member

由预制混凝土构件（或既有混凝土结构构件）和后浇混凝土组成，以两阶段成型的整体受力结构构件。

11. 深受弯构件 deep flexural member

跨高比小于5的受弯构件。

12. 深梁 deep beam

跨高比小于2的简支单跨梁或跨高比小于2.5的多跨连续梁。

13. 先张法预应力混凝土结构 pretensioned prestressed concrete structure

在台座上张拉预应力筋后浇筑混凝土，并通过放张预应力筋由粘结传递而建立预加应力的混凝土结构。

14. 后张法预应力混凝土结构 post-tensioned prestressed concrete structure

浇筑混凝土并达到规定强度后，通过张拉预应力筋并在结构上锚固而建立预应力的混凝土结构。

15. 无粘结预应力混凝土结构 unbonded prestressed concrete structure

配置与混凝土之间可保持相对滑动的无粘结预应力筋的后张法预应力混凝土结构。

16. 有粘结预应力混凝土结构 bonded prestressed concrete structure

通过灌浆或与混凝土的直接接触使预应力筋与混凝土之间相互粘结而建立预应力的混凝土结构。

17. 结构缝 structural joint

根据结构设计需求而采取的分割混凝土结构间隔的总称。

结构缝可分为永久性和临时性两种,包括伸缝、缩缝、沉降缝、防震缝、构造缝、防连续倒塌的分割缝以及后浇带、控制缝(人为制造薄弱截面,引导裂缝出现并控制其造成影响的缝)等。

18. 混凝土保护层 concrete cover

结构构件中钢筋外边缘至构件表面范围用于保护钢筋的混凝土层,简称保护层。

19. 锚固长度 anchorage length

受力钢筋依靠其表面与混凝土的粘结作用或端部构造的挤压作用而达到设计承受应力所需的长度。

20. 钢筋连接 splice of reinforcement

通过绑扎搭接、机械连接、焊接等方法实现钢筋之间内力传递的构造形式。

21. 配筋率 ratio of reinforcement

混凝土构件中配置的钢筋面积(或体积)与规定的混凝土截面面积(或体积)的比值。

22. 剪跨比 ratio of shear span to effective depth

截面弯矩与剪力和有效高度乘积的比值。

23. 横向钢筋 transverse reinforcement

垂直于纵向受力钢筋的箍筋或间接钢筋。

1.3 新规范采用的符号

《混凝土结构设计规范》包含大量关于材料性能、作用和作用效应、几何参数、计算系数等方面的符号。

《混凝土结构设计规范》的符号体系是由主体符号或带上、下标的主体符号构成。主体符号一般代表物理量,上、下标则代表物理量或物理量以外的术语或说明语(说明材料种类、受力状态、部位、方向、原因、性质等),用以进一步表示主体符号的涵义。

主体符号应以一个字母表示;上、下标可采用字母、缩写词、数字或其他标记表示。上标一般只有一个,下标可采用一个或多个。当采用一个以上的下标时,可根据表示材料的种类、受力状态、部位、方向、原因、性质的次序排列。如果各下标连续书写其涵义有可能混淆时,各下标之间应加逗号分隔。

(1) 66 规范和 74 规范的主体符号采用拉丁字母或希腊字母表示,上、下标则采用汉语拼音字母表示,例如:

E_g ——钢筋的弹性模量;

E_h ——混凝土的弹性模量。

其中, E 为拉丁字母; g 和 h 则是“钢筋”和“混凝土”汉语拼音的第1个字母。

(2) 89 规范、2002 规范和新规范采用以下的符号书写和印刷规则:

1) 主体符号。主体符号采用下列三种字母,一律用斜体字母书写和印刷:

斜体大写拉丁字母:如 M 、 V 、 A 。

斜体小写拉丁字母:如 b 、 h 、 d 。

斜体小写希腊字母:如 ρ 、 ξ 、 σ 。

应当注意,小写希腊字母除 σ 、 τ 外,只用于表示无量纲符号。

2) 上、下标。上标采用标记或正体小写拉丁字母或小写希腊字母,下标采用正体小写拉丁字母、希腊字母、缩写词或正体数字,如 e' 、 $\sigma_{p,\min}^I$ 、 f_y 、 $f_{cu,k}$ 、 $\sigma_{c,\max}$ 。

当采用符号 i 、 j 、 l 做下标时,为了防止符号之间混淆,可采用其小写斜体字母做下标。有时也采用大写拉丁字母做下标,如 α_E 。

(3) 新规范采用的主要符号如下:

1) 材料性能

E_c ——混凝土弹性模量;

E_s ——钢筋弹性模量;

C30——立方体抗压强度标准值为 30N/mm^2 的混凝土强度等级;

HRB500——强度级别为 500MPa 的普通热轧带肋钢筋;

HRBF400——强度级别为 400MPa 的细晶粒热轧带肋钢筋;

RRB400——强度级别为 400MPa 的余热处理带肋钢筋;

HPB300——强度级别为 300MPa 的热轧光圆钢筋;

HRB400E——强度级别为 400MPa 且有较高抗震性能的普通热轧带肋钢筋;

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值;

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值;

f_{yk} 、 f_{pyk} ——普通钢筋、预应力筋屈服强度标准值;

f_{stk} 、 f_{ptk} ——普通钢筋、预应力钢筋极限强度标准值;

f_y 、 f'_y ——普通钢筋抗拉、抗压强度设计值;

f_{py} 、 f'_{py} ——预应力筋抗拉、抗压强度设计值;

f_{yv} ——横向钢筋的抗拉强度设计值;

δ_{gt} ——钢筋最大力下的总伸长率,也称均匀伸长率。

2) 作用和作用效应

N ——轴向力设计值;

N_k 、 N_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的轴向力值;

N_{u0} ——构件的截面轴心受压或轴心受拉承载力设计值;

N_{P0} ——预应力构件混凝土法向预应力等于零时的预加力;

M ——弯矩设计值;

M_k 、 M_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的弯矩值;

M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值;

M_{cr} ——受弯构件的正截面开裂弯矩值;

T ——扭矩设计值;

V ——剪力设计值;

F_l ——局部荷载设计值或集中反力设计值;

σ_s 、 σ_p ——正截面承载力计算中纵向钢筋、预应力筋的应力;

σ_{pe} ——预应力筋的有效预应力;

σ_l 、 σ'_l ——受拉区、受压区预应力筋在相应阶段的预应力损失值;

τ ——混凝土的剪应力;

$\omega_{\max}$ ——按荷载准永久组合或标准组合,并考虑长期作用影响的计算最大裂缝宽度。

3) 几何参数

b ——矩形截面宽度, T形、I形截面的腹板宽度;

c ——混凝土保护层厚度;

d ——钢筋的公称直径 (简称直径) 或圆形截面的直径;

h ——截面高度;

h_0 ——截面有效高度;

l_{ab} 、 l_a ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度、锚固长度;

l_0 ——计算跨度或计算长度;

s ——沿构件轴线方向上横向钢筋的间距、螺旋筋的间距或箍筋的间距;

x ——混凝土受压区高度;

A ——构件截面面积;

A_s 、 A'_s ——受拉区、受压区纵向普通钢筋的截面面积;

A_p 、 A'_p ——受拉区、受压区纵向预应力筋的截面面积;

A_l ——混凝土局部受压面积;

A_{cor} ——箍筋、螺旋筋或钢筋网所围的混凝土核心截面面积;

B ——受弯构件的截面刚度;

I ——截面惯性矩;

W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩;

W_t ——截面受扭塑性抵抗矩。

4) 计算系数及其他

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;

γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数;

η ——偏心受压构件考虑二阶效应影响的轴向力偏心距增大系数;

λ ——计算截面的剪跨比, 即 $M/(Vh_0)$;

ρ ——纵向受力钢筋的配筋率;

ρ_v ——间接钢筋或箍筋的体积配筋率;

ϕ ——表示钢筋直径的符号, 如 $\phi 20$ 表示直径为 20mm 的钢筋。

新规范基本沿用 2002 规范的符号。一些不常用的符号在条文相应处已有说明, 故作必要的简化, 将其删去。

为控制受力钢筋的延性 (极限应变 ε_{su}), 增加了钢筋在最大拉力下的总伸长率的符号 “ δ_{gt} ”, 即现行国家标准《钢筋混凝土结构用热轧带肋钢筋》标准中的 A_{gt} 。

为方便在规范中表达钢筋的直径, 增加了符号 “ φ ” (斜体希腊字母)。 ϕ 只表示钢筋直径, 不代表钢筋的牌号。

偏心受压构件考虑二阶效应的增大系数 (偏心距、弯矩等) 有两个: 构件 ($P-\delta$) 由 “ η_{ns} ” 表示, 结构 ($P-\Delta$) 由 “ η_s ” 表示。

1.4 新规范采用的计量单位

为了在混凝土结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策, 做到安全、适用、经济、耐久,

保证质量,进行混凝土结构设计时,需要完成许多计算工作。因此,存在采用什么计量单位进行计算的问题。

66规范和74规范采用“kg”和“t”作为力的计量单位,采用“kg/cm²”作为应力的计量单位,采用“mm”、“cm”和“m”作为长度的计量单位。

89规范、2002规范和新规范采用以国际单位制单位为基础的中华人民共和国法定计量单位。计量单位和词头的符号应采用拉丁字母或希腊字母。除了来源于人名的计量单位符号的第一个字母采用大写字母外,其余的均采用小写字母(升的符号例外)。计量单位和词头符号的书写和印刷必须采用正体字母。如:

力的单位: N(牛顿)、kN(千牛顿); 1kN=1000N。

应力的单位: N/mm²或MPa(兆帕斯卡或兆帕)。

长度的单位: mm(毫米)、cm(厘米)、m(米); 1m=100cm, 1m=1000mm。

两套计量单位之间的换算关系:

$$(1) \quad 1\text{kgf}=9.80665\text{N}$$

即是1公斤的力等于9.80665牛顿。上式中的f表示此处的kg是力,而不是重量。工程上为计算的方便起见,近似地取:

$$1\text{kgf}=10\text{N}$$

$$1\text{tf}=10000\text{N}=10\text{kN}$$

$$(2) \quad 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = \frac{10\text{N}}{100\text{mm}^2} = 0.1\text{N}/\text{mm}^2$$

$$1\text{tf}/\text{m}^2 = \frac{10000\text{N}}{1000 \times 1000} = 0.01\text{N}/\text{mm}^2$$

许多土建工程技术人员认识混凝土结构设计规范的符号和计量单位,但是不能正确地书写它们。本书将它们作为本章内容的目的之一,就是希望读者不但能够认识,而且能够正确地书写它们。

第 2 章 材 料

2.1 混 凝 土

我国的混凝土结构以钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构为主，所用的建筑材料以混凝土和钢筋为主。其中，混凝土的用量远大于钢材用量。因此，混凝土结构的受力性能在很大程度上取决于混凝土的物理和力学性能。

2.1.1 强度等级

混凝土的性能与混凝土的材料组成及配合比等许多因素有关，按照不同材料组成和配合比制作而成的混凝土在强度上会有很大的差别。为了设计、施工和质量检验的方便，必须对混凝土的强度规定统一的划分标准。89 规范以前采用“标号”划分混凝土的强度，从 89 规范开始，改用“强度等级”划分混凝土的强度。混凝土的强度等级系指按标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体试件，在规定龄期用标准方法测得的，具有 95%保证率的抗压强度值。

混凝土强度等级 $f_{cu,k}$ 与混凝土标号 R^b 在常用范围内，平均相差约 2MPa。因此，两者之间的换算关系可近似地取为

$$f_{cu,k} = (R^b - 2) \text{ MPa} \tag{2-1}$$

将式 (2-1) 用表格形式表示时见表 2-1。

表 2-1 混凝土标号与强度等级的近似换算关系

混凝土标号	100	150	200	250	300	400	500	600
混凝土强度等级	C8	C13	C18	C23	C28	C38	C48	C58

混凝土的强度与立方体试块的尺寸大小有关。由于试块与试验机垫板之间摩擦效应的影响，试块的尺寸越大，测得的强度越低，因此要规定标准试块的尺寸。89 规范以前，标准立方体试块的边长为 200mm。从 89 规范开始，改用边长为 150mm 的立方体试块为标准试块。这样不但可以节省为确定混凝土强度等级的混凝土用量，还可以使其与一些国家的标准试块尺寸相同。

当采用边长为 200mm 和 100mm 的立方块做试块时，应将立方体抗压强度的试验值乘以表 2-2 中的换算系数以后，才能将非标准尺寸混凝土试块的立方体抗压强度，换算成《规范》标准尺寸混凝土试块的立方体抗压强度。

表 2-2 混凝土立方体抗压强度换算系数

立方体试块边长/mm	200	150	100
换算系数	1.05	1.00	0.95

美国、日本、国际标准化组织（ISO）、欧洲混凝土委员会（CEB）和国际预应力学会（FIP）等国家和组织规定采用直径为 150mm、高 300mm 的圆柱体作为测定混凝土抗压强度的标准试块。利用这种圆柱体试块测得的混凝土抗压强度，与《规范》规定的边长 150mm 混凝土立方体试块抗压强度之间的比值约在 0.7~0.9 的范围内变化。欧洲混凝土委员会（CEB）建议取：

$$f'_{ck}=0.8f_{cu,k}$$

(2-2)

式中 f'_{ck} ——按 150mm×300mm 圆柱体试块测得的混凝土圆柱体抗压强度标准值；
 $f_{cu,k}$ ——按边长 150mm 立方体试块测得的混凝土立方体抗压强度标准值。

混凝土立方体的抗压试验如图 2-1a 所示。混凝土立方体抗压试验时，试块的破坏形态如图 2-1b 所示。这是由于试块上、下承压面与试验机垫板之间存在摩擦力，这种摩擦力使试块的横向拉伸受到约束，因而试块中部的横向拉伸较大，而向上、下逐渐减小。如果在试块的承压面上涂油或垫入橡胶垫以尽量减小摩擦效应，则试块的破裂将如图 2-1c 所示，抗压强度也会降低。标准试验方法规定不得在承压面上涂油或垫橡胶垫，即不采取消除承压面摩擦力的措施。试验时荷载的施加速度规定为 0.15~0.25N/mm²。

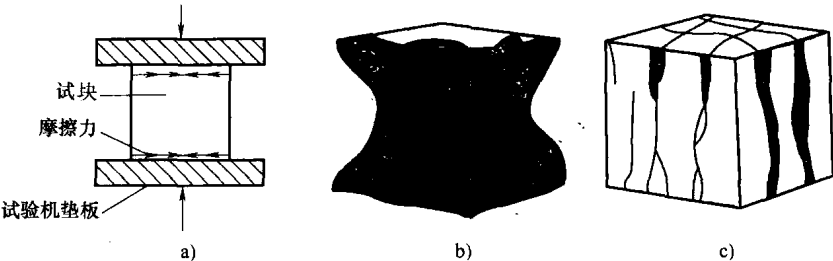


图 2-1 混凝土立方体试验情况

混凝土试块的标准养护条件为温度 (20±3)℃，相对湿度不小于 90%。以往规范在确定混凝土强度时的规定龄期为 28d，近年来由于建材方面根据工程具体情况（如粉煤灰混凝土等）对标准试验方法（如龄期、养护等）的规定作了某些改变，因此，新规范规定提供的混凝土强度等级对应的龄期一般为 28d，也可根据结构可能承受作用的实际日期或混凝土的特性要求确定龄期。

混凝土立方体试块的强度具有随机性，试验时很难准确地预估，因此要运用概率的方法进行分析，规范要求混凝土的强度等级具有 95% 的保证率。试验表明，混凝土强度的概率密度函数服从正态分布，由概率论可知，95% 保证率的混凝土强度等级可按下式确定：

$$f_{cu,k}=f_{cm}-1.645\sigma=f_{cm}(1-1.645\delta)$$

(2-3)

式中 f_{cm} ——混凝土强度总体分布的平均值；
 σ ——标准差；
 δ ——混凝土的变异系数。 δ 宜按试验确定，当无试验数据时，可参照表 2-3 采用。

表 2-3 混凝土的变异系数

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60~C80
δ	0.21 (0.13)	0.18 (0.11)	0.16 (0.10)	0.14 (0.09)	0.13 (0.08)	0.12 (0.07)	0.12 (0.07)	0.11 (0.07)	0.11 (0.06)	0.10 (0.05)

注：表中数值为现场拌制混凝土的变异系数，括号中为商品混凝土的变异系数。