

混凝土结构设计新规范 应用讲评

中国建筑科学研究院

沈在康 编著

中国建筑工业出版社

序 言

新的国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)已由建设部批准颁布,并自1990年1月1日起施行,原规范TJ 10—74延期至1992年6月30日废止。新规范GBJ 10—89是我国正式颁布采用的第三代规范。与原来的《钢筋混凝土结构设计规范》TJ 10—74相比,新规范在安全度体系、计算方法、构造措施,以及符号、计量单位和基本术语等方面都作了较大的修改和补充,并增加了剪力墙、叠合式受弯构件、深梁、预埋件的设计与构造和钢筋混凝土结构构件的抗震设计等新内容,使新规范有了较大的充实、提高和发展。

了解修改规范的内容和依据,对于正确地掌握和应用新规范是很重要的,这也是广大设计、施工、科研、教学人员十分关心的问题。编写本书的目的是,通过对新规范修订的主要内容和主要依据的详细介绍及新规范与原规范的对比,帮助广大读者尽快地熟悉和掌握新规范的内容。

本书编写时在文字上力求深入浅出,简明易懂。在内容上既注意理论的阐述,更注意实际应用,重点放在规范修订的背景材料介绍和修订的内容。在编写顺序上与新规范一致,以便于读者查阅和应用。此外,在各章节中对新规范中的一些规定作了评述,并提出了需要进一步研究的问题,以期引起同行的关注。

全书由天津大学康谷贻教授主审,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

在本书编写过程中得到规范修订组内外有关专家的帮助,在此深表感谢。限于时间和水平,书中难免有缺点和不当之处,欢迎读者赐以批评指正,以便改进。

(京)新登字 035 号

本书主要介绍新颁布的国家标准《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)修订的主要内容和主要依据、新规范与原规范 TJ 10—74 的主要区别、应用新规范的注意事项及对新规范中若干问题的评述。

本书共有十一章,包括了新规范 GBJ 10—89 全部修订的内容。章节的编排顺序基本与新规范对应,以便于读者查阅和应用。此外,在附录中还给出了关于《建筑抗震设计规范》和《混凝土结构设计规范》有关内容的局部修改意见和修改建议。

本书可供土建工程设计、施工、科研、教学人员参考。

混凝土结构设计新规范应用讲评

中国建筑科学研究院

沈在康 编著

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 19¹/₄ 字数: 516 千字

1993年1月第一版 1993年1月第一次印刷

印数: 1—10,100 册 定价: 11.55 元

ISBN7—112—01778—5/TU·1354

(6810)

第三节 受压构件正截面承载力计算	158
第四节 受拉构件正截面承载力计算	208
第五节 对本章内容的讨论	215
参考文献	221
第五章 斜截面承载力计算	230
第一节 截面限制条件	231
第二节 受弯构件斜截面受剪承载力计算	234
第三节 偏心受力构件斜截面受剪承载力计算	249
第四节 对斜截面受剪承载力计算的讨论	253
参考文献	256
第六章 受扭构件承载力计算	262
第一节 受扭构件的截面限制条件和构造配筋条件	263
第二节 受扭构件的截面塑性抵抗矩	265
第三节 受纯扭构件的承载力计算	268
第四节 受压扭构件的承载力计算	273
第五节 受剪扭构件的承载力计算	273
第六节 受弯剪扭构件的承载力计算	279
第七节 对受扭构件承载力计算的讨论	283
参考文献	286
第七章 受冲切、局部受压承载力计算和疲劳强度验算	293
第一节 受冲切承载力计算	293
第二节 局部受压承载力计算	302
第三节 疲劳强度验算	309
参考文献	325
第八章 正常使用极限状态验算	333
第一节 预应力混凝土构件的抗裂验算	333
第二节 裂缝宽度验算	349
第三节 受弯构件挠度验算	371
参考文献	386
第九章 构造规定	393
第一节 一般规定	393
第二节 预应力混凝土结构构件的构造规定	409

参考文献	411
第十章 结构构件的规定	416
第一节 板	416
第二节 梁	417
第三节 柱的计算长度	425
第四节 剪力墙	432
第五节 叠合式受弯构件	444
第六节 深梁	483
第七节 牛腿	500
第八节 预埋件	511
第九节 预制构件的接头及吊环	526
第十节 对结构构件规定的讨论	528
参考文献	532
第十一章 钢筋混凝土结构构件抗震设计	540
第一节 一般规定	540
第二节 抗震结构构件的材料要求	550
第三节 框架梁的抗震设计	551
第四节 框架柱的抗震设计	559
第五节 铰接排架柱的抗震设计	569
第六节 框架节点及预埋件的抗震设计	573
第七节 剪力墙的抗震设计	580
第八节 构造和配筋要求	585
第九节 对钢筋混凝土结构构件抗震设计的讨论	589
参考文献	591
第十二章 新规范的试设计结果	599
参考文献	603
附录 关于对《建筑抗震设计规范》和《混凝土结构设计规范》 有关内容的局部修改意见和局部修改建议	605

概 论

我国新修订的《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)从1990年1月1日起施行。原来的《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74)在经过一段时间过渡后将于1992年6月30日废止。

新规范GBJ 10—89是我国混凝土结构理论研究成果和设计经验的总结,也是混凝土结构制作、安装和使用方面大量实践经验的概括。新规范反映了近年来国内外在建筑结构理论方面的新成就。

与原规范TJ 10—74相比,新规范GBJ 10—89不仅在内容上大大丰富,而且有许多实质性的改进,对提高和保证混凝土结构的设计质量,达到技术先进、经济合理、安全适用的设计要求,具有重要意义。

一、新规范的适用范围

新规范GBJ 10—89适用于由普通混凝土制作的工业与民用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承重结构的设计,不适用于轻混凝土及其他特种混凝土结构的设计。

轻混凝土是指用轻粗骨料、轻细骨料或普通砂和水泥配制成的混凝土,其干密度不大于 1950kg/m^3 。轻混凝土(即轻骨料混凝土)结构的设计应按建设部的部颁行业标准《轻骨料混凝土结构设计规程》进行设计。

新规范不适用于水工构筑物、桥梁、运输隧道、路基下的管道、公路路面、飞机场跑道的设计;这些工程应根据专门的规范进行设计。

与原规范相比,新规范的适用范围扩大到地震区,增加了钢

钢筋混凝土结构构件的抗震设计内容。因此，设计修建在抗震设防烈度为6~9度区域的混凝土结构，应符合新规范的规定。

对无粘结预应力混凝土结构，其正截面受弯承载力及裂缝宽度计算方法等，均与有粘结预应力混凝土结构有所不同；对无粘结预应力混凝土结构的材料，也应有专门要求。这些内容在新规范中均没有包括，现正编制一本专门设计规程。

温度对结构及材料性能的影响的试验研究表明，当结构表面温度高于 100°C ，或有生产热源且结构表面温度经常高于 60°C 时，温度对抗裂性有明显影响，并使变形和裂缝增大。因此，当设计处于高温条件下的房屋和构筑物的混凝土结构时，应符合专门规范的有关规定。

当结构受力的情况、材料性能等基本条件与本规范的编制依据不相同，则需根据具体情况，通过专门试验或分析加以解决。

二、混凝土结构设计规范的发展

1949年以前我国钢筋混凝土结构的设计和施工技术非常落后，没有统一的设计规范，设计方法采用允许应力法，结构安全度很保守。

从50年代开始，随着建设事业的发展，生产技术水平不断提高，钢筋混凝土结构设计方法也由按弹性理论的允许应力法过渡到考虑材料塑性的破损阶段法。50年代初期，我国东北地区首先颁布了按破损阶段的设计规范。

破损阶段法的设计原则是，结构构件达到破损阶段时的计算承载能力不应小于标准荷载引起的构件内力乘以承载能力安全系数 K 。计算承载力根据材料的平均强度计算。由于安全系数伴随着荷载效应决定，因此该方法也可称为最大荷载设计法。苏联《预应力钢筋混凝土结构设计规范》（И—148—52）即采用了破损阶段法。

无论是允许应力法还是破损阶段法，其基本参数如材料强度和荷载均视为定值，设计中采用的安全系数，也是根据已有结构

的经验确定的，因此这两种方法均属于“定值法”。

在本世纪五十年代，苏联学者提出了结构极限状态设计法，并颁布了按极限状态设计方法的各种标准规范，其中包括《混凝土及钢筋混凝土结构设计标准及技术规范》（ННТУ 123—55）和《预应力钢筋混凝土结构设计规程》（СН 10—57）。1956年12月，我国国家建设委员会发出通知，采用《混凝土及钢筋混凝土结构设计标准及技术规范》（ННТУ 123—55）作为向我国有关单位推荐的非正式设计规范，建议各单位在进行设计时结合我国情况采用。这本规范采用了三系数（超载系数、工作条件系数、材料匀质系数）的极限状态设计方法。

1966年，在总结我国设计经验的基础上，正式颁布了《钢筋混凝土结构设计规范》（BJG 21—66），这本规范采用了极限状态设计法。

三系数法对于部分材料和荷载的取值采用了数理统计的方法，在一定程度上反映了荷载和材料强度的变异性。但不少荷载和材料强度取值仍根据工程经验确定，工作条件系数仍根据经验判断确定，因此这种方法是一种半概率、半经验方法。

1970年出版的《预应力混凝土结构设计与施工》一书，提出了以材料标准强度为基础的单一安全系数极限状态设计方法，结构安全度采用多系数分析，单系数表达的形式，在调查分析我国工程经验的基础上，对预应力混凝土结构设计方法作了改进和简化。

70年代初，在总结我国多年工程实践经验和科学研究成果的基础上，着手修订钢筋混凝土结构设计规范，修订工作于1974年完成。1974年由国家基本建设委员会正式颁布了《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ 10—74）。这本规范采用了多系数分析、单一系数表达的极限状态设计方法。这种方法的标准荷载和材料强度是采用数理统计方法确定的。而单一安全系数是将各分项安全系数经综合分析后近似得出的。采用单一安全系数的目的是为了设计计算过程简化。但设计参数中还有许多因素不是按数理统

计方法确定的，例如，荷载的偶然性变异、施工质量的偏差、某些材料强度的取值等，仍是按工程经验确定的。因此，这种方法仍属于半概率、半经验方法（水准Ⅰ）。

为了提高我国建筑结构设计规范的先进性和统一性，1984年国家计划委员会颁布了《建筑结构设计统一标准》（GBJ 68—84），作为修订各种建筑结构设计规范的统一准则。这本标准采用的结构可靠度计算方法，通常称为“考虑基本变量概率分布类型的一次二阶矩方法”，又叫“近似概率法（水准Ⅱ）”，亦可称为“以概率理论为基础的极限状态设计方法”。但在结构构件设计时，考虑到过去的习惯，并为了应用上的简便，统一标准规定了极限状态设计表达式，结构的具体设计方法仍与传统方法相同，并不需要对各种参数统计分析和进行概率运算。

目前世界上许多国家正在研究全概率设计方法（水准Ⅲ），但要使全概率设计法达到实用程度，还要经历一个相当的发展过程。

在混凝土结构研究方面，1974年设计规范TJ 10—74颁布后，钢筋混凝土结构设计规范管理组针对该规范中遗留的问题，组织全国有关高等院校、科研与设计单位，统一规划，开展了三批共38项专题研究，完成各种类型试件的试验两万余个，比较深入地掌握了各类简单和复合受力状态下的强度和变形规律，为我国修订规范打下了坚实基础。

1989年我国建设部正式颁布了国家标准《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89），以下简称为新规范GBJ 10—89。新规范GBJ 10—89采用了《建筑结构设计统一标准》（GBJ 68—84）中规定的多个分项系数的极限状态设计表达式。设计表达式中的多个分项系数包括荷载分项系数、荷载组合值系数、抗力分项系数（新规范中已转换为材料性能分项系数）和结构重要性系数。

新规范GBJ 10—89与原规范TJ 10—74相比，不仅内容大大丰富，而且有许多实质性突破。本书将在后面各章、节中作详细叙述。

三、新规范的主要修订内容

新规范共有八章十一个附录，计297条。新规范修订的内容很多，现将主要修订内容简略概述如下：

1. 规范名称

新规范名称由《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74)改名为《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)。

混凝土结构包括了素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

2. 符号、计量单位和基本术语

按照国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ 83—85)的规定，对符号、计量单位和基本术语作了全面修改。

3. 结构可靠度设计体系

原规范TJ 10—74采用了经验与统计相结合的单一安全系数极限状态设计方法。

新规范GBJ 10—89改为采用国家标准《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84)规定的实用极限状态设计表达式，按多系数方法进行设计。多系数是指荷载分项系数、材料分项系数（为了简便，直接以材料强度设计值表达）和结构重要性系数。

4. 材料

1) 混凝土

新规范将混凝土标号的名称改为混凝土强度等级，用符号C表示。并作了两点重大修改：

(1) 混凝土立方体试件标准尺寸，原规范为200mm，新规范改为150mm；

(2) 原规范混凝土设计标号取为同批混凝土母体的立方强度平均值减一倍均方差（保证率约为85%），新规范改为强度总体分布平均值减去1.645倍标准差（保证率为95%）；

(3) 修改了混凝土强度设计值。

2) 钢筋

(1) 对钢筋品种(钢号)作了调整;

(2) 甲级冷拔低碳钢丝取消了 $\Phi 3$;

(3) 原规范对冷拉Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级钢筋分为“双控”和“单控”两种强度设计值;新规范不再区分“双控”和“单控”,改为采用一种强度设计值;

(4) 修改了钢筋强度设计值。

5. 裂缝控制等级

原规范对钢筋混凝土和预应力混凝土构件采用抗裂设计安全系数 K_f 来划分裂缝控制等级;新规范改为用截面边缘的混凝土拉应力及裂缝宽度来控制,将裂缝控制等级划分为三级。

6. 预应力混凝土结构构件计算规定

1) 增加了预应力钢筋合力点处混凝土法向应力为零时的预应力钢筋应力 σ_{p0} 及相应的合力 N_{p0} 的计算方法,从而可使预应力混凝土和钢筋混凝土构件的计算方法统一成一个整体;

2) 改变了原规范将预应力混凝土结构构件与钢筋混凝土结构构件分开编写的方法,将两种结构构件的计算统一在一起;

3) 提高了碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线的张拉控制应力允许值;

4) 修改了预应力损失值的大小和计算方法。

7. 正截面承载力计算

新规范对原规范正截面承载力计算方法作了较大修改:

1) 修改了原规范正截面承载力计算的基本假设,引入了平截面假定;给出了理想化的钢筋和混凝土 $\sigma-\epsilon$ 曲线;给出了混凝土和受拉钢筋的极限应变值;

2) 修改了受弯构件超筋界限及大、小偏心受压构件的界限条件,给出了相对界限受压区高度的计算公式;

3) 增加了小偏心受压构件的受拉边或受压较小边的钢筋应力的计算公式;

4) 修改了混凝土弯曲抗压强度的取值,将原规范 $R_w = 1.25$

R_a 改为 $f_{ciq} = 1.1f_c$;

5) 对配置碳素钢丝和钢绞线的预应力混凝土受弯构件, 考虑了钢丝应力进入强化阶段后对正截面承载力的提高作用, 增加了钢筋应力增大系数 β_p 的计算公式;

6) 在偏心受压构件中, 引入了附加偏心距; 修改了细长的偏心受压构件的偏心距增大系数 η 的计算方法;

7) 增加了沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的矩形、T形或I形截面钢筋混凝土偏心受压构件的计算方法。

8. 斜截面承载力计算

1) 提出了划分厚腹构件、中腹构件和薄腹构件的界限; 适当加严了普通构件 $\left(-\frac{b_w}{b} \leq 4, \text{即厚腹构件}\right)$ 的截面限制条件;

2) 原规范抗剪强度影响系数 $\alpha_{kh} = 1.5 \sim 2.0$, 新规范做了适当调整: 对均布荷载作用下的梁, 取 $\alpha_{kh} = 1.5$; 对集中荷载作用下的梁, 取 $\alpha_{kh} = 1.25$, 适当增加一些箍筋用量, 以提高其可靠度;

3) 对承受集中荷载为主的矩形截面独立梁, 计算混凝土项承受的剪力时, 仍考虑了剪跨比的影响, 但对反映剪跨比影响的计算公式中的系数作了调整;

4) 增加了预应力混凝土梁的斜截面受剪承载力计算方法;

5) 增加了偏心受压构件和偏心受拉构件的斜截面受剪承载力的计算方法。

9. 扭曲截面承载力计算

1) 纯扭构件截面限制条件的取值, 原规范为 $0.3R_a$, 新规范降至 $0.25f_c$, 比原规范严;

2) 原规范的受扭计算只适用于钢筋混凝土矩形截面构件; 新规范扩展到T形和I形截面构件及预应力混凝土构件; 给出了T形和I形截面的分块原则; 补充了截面受扭塑性抵抗矩的计算公式; 给出了扭矩设计值分配的计算公式;

3) 原规范受扭计算公式仅仅适用于纯扭构件; 新规范扩展

到压扭构件、剪扭构件和弯剪扭构件；

4) 原规范纯扭构件计算公式中没有考虑混凝土的受扭作用，当构件的配筋率较低时，设计偏于保守；新规范考虑了混凝土抗扭的有利作用，及预应力的有利作用。

10. 受冲切承载力计算

1) 原规范冲切计算公式过于安全；新规范将受冲切承载力的安全度比原规范降低约10%；

2) 增加了由箍筋或弯起钢筋与混凝土共同承担冲切的计算公式，并补充规定了相应的受冲切截面界限条件。

11. 局部受压承载力计算

1) 修改了局部受压区截面尺寸的限制条件；

2) 修改了原规范局部受压时计算底面积的取值，新规范采用了“同心、对称”放大的原则；

3) 修改了原规范计算局部承压强度的提高系数时混凝土局部受压面积中应扣除孔道面积的规定；

4) 修改了方格网配筋的体积配筋率计算公式。

12. 疲劳强度验算

1) 修改了原规范斜截面疲劳强度验算方法，采用了修正的桁架比拟法，考虑了混凝土受剪的有利作用；

2) 原规范预应力混凝土构件的疲劳验算时不允许出现裂缝；新规范有条件地扩大应用到允许出现裂缝的预应力混凝土构件，并增加了允许出现裂缝的预应力混凝土受弯构件正截面疲劳强度验算的相应规定。

13. 抗裂验算

1) 取消了原规范不允许出现裂缝的钢筋混凝土构件抗裂度验算的规定；

2) 修改了预应力混凝土构件正截面抗裂验算的公式，对严格要求不出现裂缝的构件，给出了在荷载的短期效应组合下不允许出现拉应力的验算公式；对一般要求不出现裂缝的构件，将验算公式分为在荷载的短期效应组合下和在荷载的长期效应组合下

两种情况，给出了在荷载的短期效应组合作用下允许出现拉应力，在荷载的长期效应组合作用下不允许出现拉应力的验算公式；

3) 修改了受拉区混凝土塑性影响系数，考虑了截面高度的影响；

4) 在斜截面抗裂验算时，补充考虑了集中荷载作用点附近局部剪应力分布的影响。

14. 裂缝宽度验算

1) 原规范裂缝宽度验算公式仅适用于钢筋混凝土轴心受拉构件和受弯构件；新规范扩展到钢筋混凝土偏心受拉和偏心受压构件及预应力混凝土轴心受拉和受弯构件，并建立了从轴心受拉、偏心受拉到受弯、偏心受压构件的统一的裂缝宽度验算公式；

2) 简化了裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数 ψ 的计算公式；

3) 修改了原规范纵向受拉钢筋配筋率的计算公式，引进了有效受拉混凝土截面面积的概念，并给出了按有效受拉混凝土截面面积计算纵向受拉钢筋配筋率的计算公式；

4) 在最大裂缝宽度计算公式中，补充考虑了混凝土保护层的影响；

5) 增加了各类钢筋混凝土构件和预应力混凝土构件在使用状态下纵向受拉钢筋应力或等效应力的计算公式。

15. 受弯构件挠度验算

1) 修改了原规范钢筋混凝土受弯构件短期刚度的计算公式，并作了简化；

2) 修改了原规范在使用阶段允许出现裂缝的预应力混凝土受弯构件短期刚度的计算公式，扩大了适用范围；

3) 修改了长期刚度计算公式的形式。

16. 构造规定

1) 伸缩缝

增加了剪力墙结构的伸缩缝最大间距的规定。

2) 混凝土保护层

(1) 增加了露天或室内高湿度环境条件下的混凝土保护层最小厚度, 同时考虑了混凝土强度等级对混凝土保护层厚度的影响;

(2) 提高了截面厚度 $h \leq 100\text{mm}$ 的墙和板的混凝土保护层最小厚度;

(3) 增加了混凝土保护层最小厚度不应小于受力钢筋直径的规定。

3) 钢筋的锚固

(1) 修改了原规范伸入支座的锚固长度的规定; 新规范根据不同的混凝土强度等级来规定纵向受拉钢筋的最小锚固长度; 取混凝土强度等级C25为校准点, 只有C25混凝土时, 新规范与原规范的锚固长度相同;

(2) 增加了月牙纹钢筋的最小锚固长度的规定; 考虑了施工条件的影响;

(3) 修改了纵向受拉钢筋截断时延伸长度的规定。

4) 钢筋的接头

(1) 修改了受拉钢筋的搭接长度;

(2) 修改了不宜采用非焊接的搭接接头的受力钢筋直径。

5) 纵向钢筋最小配筋百分率

(1) 修改了原规范混凝土标号为200号以下的受弯构件、偏心受压及偏心受拉构件的受拉钢筋的最小配筋百分率, 由0.1%提高到0.15%;

(2) 对配置碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、热处理钢筋和冷拔低碳钢丝的预应力混凝土构件, 补充了最小配筋百分率的规定, 要求正截面受弯承载力不应小于正截面开裂时的内力值, 避免构件一出现裂缝就发生脆断。

6) 预应力混凝土结构构件的构造规定

为防止后张法预应力构件端部在施工张拉后沿孔道产生劈裂

和在端部沿截面中部产生纵向裂缝，新规范增加了~~竖弯附加钢筋~~截面面积的计算规定和补充了有关的配筋构造要求；

取消了后张自锚法的构造规定。

17. 结构构件的规定

1) 板

增加了钢筋混凝土板受冲切箍筋或弯起钢筋配置的构造要求。

2) 梁

(1) 增加了月牙纹钢筋的锚固长度要求；

(2) 增加了连续梁或框架梁上、下部纵向钢筋伸入中间支座或中间节点范围内的锚固长度的规定；

(3) 调整了梁的箍筋最小配筋率，比原规范提高1.33倍；

(4) 当梁中配置的受压钢筋较多时，新规范增加了采用复合箍筋以及相应的箍筋间距要求；

(5) 增加了在弯剪扭作用下构件的箍筋配筋率的规定，给出了箍筋最小配筋率的计算公式；

增加了弯剪扭构件的纵向钢筋的最小配筋率的规定。

3) 柱

(1) 修改了梁与柱为刚接的钢筋混凝土框架柱的计算长度，新规范取用的计算长度值比原规范大；

(2) 修改了原规范柱的最大配筋率；原规范规定不宜大于3%，新规范改为不宜超过5%。

4) 剪力墙

原规范没有剪力墙的设计规定，新规范增加了剪力墙设计的一整套规定，内容包括：一般要求；承载力计算；配筋要求。

5) 叠合式受弯构件

原规范对叠合式构件的规定过于简单，不能满足设计要求；新规范增加了叠合式构件设计的一整套规定，内容包括：一般规定；承载力计算；抗裂验算；钢筋应力及裂缝宽度验算；变形验算；构造规定。