

混凝土结构设计误区与释义

王依群 编著

中国建筑工业出版社

混凝土结构设计 误区与释义

王依群 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计误区与释义/王依群编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-112-15709-9

I. ①混… II. ①王… III. ①混凝土结构—结构设计
IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 184945 号

混凝土结构设计误区与释义

王依群 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永峥印刷有限公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 印张: 3 $\frac{7}{8}$ 字数: 100 千字

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月第一次印刷

定价: 18.00 元

ISBN 978-7-112-15709-9

(24518)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

针对 2010 年新规范颁布实施以来混凝土结构教材中讲述不清,甚至错误观点,根据基础力学原理及《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 等规范,进行指正,尽最大可能给出详细解释。引导读者正确理解和使用规范关于结构构件的设计原理、计算方法和构造措施。

本书可供正在学习和实践混凝土结构课程的建筑结构专业学生、设计人员、审图人员、研究人员阅读。

* * *

责任编辑:郭 栋 辛海丽

责任设计:张 虹

责任校对:张 颖 赵 颖

前 言

在 20 多年教授《混凝土结构》期间，作者查阅了大量的相关文献，发现某些教科书以及规范宣讲材料中存在观点讲述不清、甚至差错之处。由此导致学生对混凝土结构的基本概念混乱，认为混凝土结构难学，还有的虽经多年专业工作仍不能建立正确概念。这种境况在 2010 年新规范颁布实施之后尤甚。为此，总结日常积累的思考，并连同最近很多学生和网上同行提出有关规范的问题，编写本书。

本书力求给出确切的解答，帮助在校学生和已参加工作的年轻专业人员更好地学习混凝土结构概念，正确理解混凝土结构基本理论和设计规范，做好本职的设计或施工工作。

水平所限，书中不妥之处，敬请读者指正。电子邮件请发至 yqwangtj@hotmail.com，必有答复。

感谢张庆芳老师细心阅读了全稿，提出了改进意见。

目 录

第 1 章 概念设计、材料强度、作用与结构分析	1
1.1 间接作用的判别标准不在于是否与结构动力特性有关	1
1.2 弹性计算塑性配筋	1
1.3 传力途径要顺畅	2
1.4 混凝土与钢筋间粘结应力分布规律	2
1.5 采用弹塑性分析时须先进行作用组合	3
1.6 平面结构空间协同	4
1.7 抗倒塌和抗连续倒塌	4
1.8 横向钢筋的抗拉强度设计值	5
1.9 钢筋保护层厚度为什么不再是强制性条文	6
1.10 与剪力墙正交的梁端做成刚接还是铰接	6
1.11 平面对称结构不容易发生扭转	7
参考文献	8
第 2 章 柱	9
2.1 偏心受压柱的分类	9
2.2 细长柱的计算方法	10
2.3 $P-\Delta$ 效应和 $P-\delta$ 效应	11
2.4 柱计算长度	13
2.5 柱计算高度	15
2.6 规定受压构件与受拉、受弯构件截面一侧最小配筋率的作用不同	16
2.7 规范对框架柱的挠曲二阶效应计算方法对各种细长比的柱都适用吗	17
2.8 小偏心受压柱, 截面远侧纵向钢筋有时会被压屈服	17
2.9 小截面尺寸柱混凝土强度不再乘折减系数 0.8	18
2.10 混凝土受压构件破坏准则	18

2.11	工字形截面柱小偏心受压的判别	19
2.12	如何判别柱是小偏心受拉	21
2.13	异形柱截面的剪力中心往往在截面内	24
	参考文献	25
第3章	梁板	27
3.1	梁板弯矩调幅与否要与塑性或弹性分析方法协调	27
3.2	双筋梁截面受压区高度为什么可取界限受压区高度	27
3.3	梁高超过 800mm 受剪承载力仍在提高	28
3.4	当剪力很小时, 只需要满足箍筋最小直径要求和 箍筋最大间距要求	29
3.5	受扭构件不能没有纵向钢筋	30
3.6	支座负弯矩纵向钢筋的截断	31
3.7	低周反复荷载作用下混凝土抗剪强度要乘折减系数	32
3.8	相邻跨度不等的连续板, 邻中间支座的短跨 负筋长度取值	33
3.9	主梁、次梁、楼板负筋哪个在上	33
3.10	预应力构件正常使用极限状态验算的荷载组合	34
3.11	用软件算得的梁配筋数据画图时, 为什么上部 纵筋可以少配些	35
	参考文献	35
第4章	抗震设计	36
4.1	结构自振周期值与 $P-\Delta$ 效应无关	36
4.2	计算的结构自振周期与阻尼比无关	36
4.3	关于计算异形柱结构自振周期的折减系数	36
4.4	极限位移 Δu 的定义	37
4.5	柱剪力设计值计算	37
4.6	斜向受剪应与单向受剪计算公式衔接	41
4.7	拉筋应紧靠纵筋并钩住外圈箍筋	42
4.8	重叠箍筋配箍率计算	46
4.9	箍筋间距与纵筋较小直径有关的原因	46
4.10	为什么求剪跨比用计算值, 不用设计值	47
4.11	由梁弯矩导出柱弯矩方法的适用范围	48
4.12	梁弯矩导出柱弯矩和直乘法计算结果的差异	49

4.13	转换柱的柱底弯矩调整系数	63
4.14	弯矩、剪力和轴力应乘相近的放大系数	63
4.15	框架中间层端节点梁筋的锚固	82
4.16	如何理解纵向受拉钢筋的抗震基本锚固长度	85
4.17	柱非加密区箍筋配置	87
	参考文献	87
第5章	非比例阻尼结构	89
5.1	非比例阻尼结构概念	89
5.2	非比例阻尼结构动力分析的方法	91
5.3	混凝土房屋上部钢塔或钢框架结构算例	93
5.4	混凝土房屋上部钢塔或钢框架结构设计建议	107
5.5	关于减震结构强行解耦法的应用	108
	参考文献	112

第1章 概念设计、材料强度、作用与结构分析

1.1 间接作用的判别标准不在于是否与结构动力特性有关

结构上的作用有直接作用和间接作用两种^[1]。直接作用是指施加在结构上的荷载，如恒荷载、活荷载、风荷载和雪荷载等；间接作用是指引起结构外加变形或约束变形的作用，如地基沉降、混凝土收缩、温度变化、焊接残余变形和地震等。直接作用简称为“荷载”或“力”，间接作用简称为“作用”。

不能说“与结构自身的动力特性有关，所以就称为作用，不能称为荷载”。如一般情况下地基沉降、混凝土收缩、温度变化一般都是缓慢过程，可看做静力作用，它们与结构动力特性无关，也被称为“作用”。风作用、吊车或汽车、消防车在结构上行驶、爆炸、撞击作用除了自身特性外，也与结构的动力特性有关，它们被称为“荷载”，不称为间接作用。

1.2 弹性计算塑性配筋

按承载能力极限状态设计超静定结构时，采用线弹性分析所得的构件（截面）内力，以及按此内力用规范的截面极限状态法计算配筋，逻辑上似有矛盾。但是，从理论上分析、试验也有验证，虽然混凝土结构在使用阶段和塑性内力重分布阶段的内力都与线弹性法的计算值有出入，而在实现内力充分重分

布、形成破坏机构时，其最终的内力分布取决于各截面的极限弯矩值，仍与线弹性分析一致^[2]。故线弹性分析法也适用于结构承载能力极限状态的验算，同样可保证结构的安全，且实用上简单可行。结构工程的无数实例，足以证实其可行性。当然，其条件是构件（截面）有足够的塑性转动能力，能保证结构的内力充分重分布，还需符合正常使用极限状态的要求。混凝土结构在使用阶段因为混凝土开裂、刚度减小而变形增大，内力重分布又影响其他部分的混凝土开裂，必要时应作验算。

1.3 传力途径要顺畅

要记住混凝土结构或构件受力由优至劣的顺序是：压、弯、剪、扭、拉。所以，设计混凝土结构时要注意“扬长避短”，尽量利用压、弯剪，尽量避免使用扭、拉。这样设计计算时就可少出现“超筋”现象（设计人员将不满足截面限制条件也称做“超筋”）。

结构布置时尽量直接传力，特别是水平作用，如水平地震、水平风的作用，要楼板传给梁，梁直接传给柱，再传至基础。不要梁端不在柱中或离柱轴线有一段偏心距，这样它们之间的内力要通过扭转来传递，或和通过很小的剪跨梁段来传递剪力，这样容易造成截面尺寸限制条件不满足（“超筋”）。

1.4 混凝土与钢筋间粘结应力分布规律

有些教材将钢筋与混凝土的粘结应力分布画成如图 1-1 所示。内行人一眼即可判断是错误的，可对于刚开始学习混凝土课程的学生不会分辨，若当做正确的第一印象，将影响其日后的学习。

应该靠近裂缝边缘的粘结应力大才对，离裂缝越远越小，直到某处消失为零。如图 1-2 所示才是正确的。

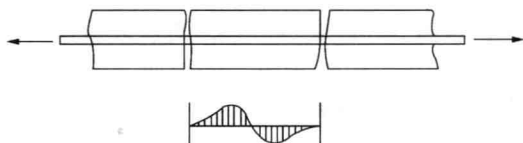


图 1-1 钢筋和混凝土之间的粘结应力示意图（错）

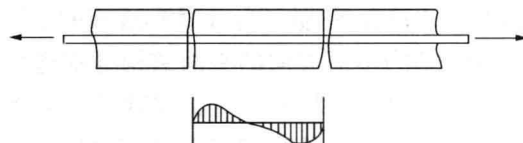


图 1-2 钢筋和混凝土之间的粘结应力示意图（对）

混凝土与钢筋能共同工作的根本原因之一是两者之间有粘结（无粘结预应力混凝土除外），粘结应力分布如不明白，对以后学习钢筋锚固、钢筋搭接、混凝土裂缝分布及裂缝宽度计算和处理会造成障碍。

1.5 采用弹塑性分析时须先进行作用组合

采用弹塑性分析方法确定结构的作用效应时须先进行作用组合，然后进行分析计算。这是因为弹塑性分析属于非线性分析方法，叠加原理不适用，所以不能计算后再叠加各计算结果。弹塑性是指物理非线性，即材料本构关系是非线性的。 $P-\Delta$ 也是非线性的，称为几何非线性，因其主要由几何变形 Δ 引起。弹塑性分析一般是简称，它其中是包含 $P-\Delta$ 效应计算的，即所谓两重（物理和几何）非线性，特别是房屋建筑结构，进入塑性状态后，伴随着较大的几何变形，也就须考虑 $P-\Delta$ 效应。没进入塑性状态，几何变形较大时，如楼层侧移过大时，即 $P-\Delta$ 效应较大，也应进行非线性分析，就是几何非线性分析，但近年威尔逊 E. L. Wilson 等发明了简化方法^[3]进行计算，可以使计

算速度大大加快。

1.6 平面结构空间协同

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010^[4]第 5.2.1 条“当进行简化分析时，应符合下列规定：1 体形规则的空间结构，可沿柱列或墙轴线分解为不同方向的平面结构分别进行分析，但应考虑平面结构的空间协同工作”，《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010^[5]第 5.1.4 条“高层结构分析，可选择平面结构空间协同等计算模型”，《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010^[6]第 5.5.3 条“结构在罕遇地震作用下薄弱层（部位）弹塑性变形计算，可采用下列方法：3 规则结构可采用弯剪层模型或平面杆系模型，属于本规范第 3.4 节规定的不规则结构应采用空间结构模型。”要求不一样，为什么？

平面结构空间协同法是 20 世纪 70 年代提出的，它是将结构划分为若干片正交或斜交的平面抗侧力结构，将任意方向的水平荷载或地震作用分解到各抗侧力结构上，由各抗侧力结构相交处的位移相等的协调条件进行水平力的分配。该方法的致命缺点是两斜交（包括正交）的平面结构相交处在各片分担的水平力下的位移（特点是竖向位移）是不相等的，经过“协同”人为地设个标准令其相等，造成内力不平衡。用此法算出的自振周期与真三维分析结果就有较大差别，用振型叠加反应谱法也会差别很大。平面结构空间协同法与当时的计算机硬件水平相适应，随着计算机硬件发展，该方法已被人们抛弃。

1.7 抗倒塌和抗连续倒塌

对于常见荷载，如永久荷载、使用荷载、风荷载，作用下的房屋抗倒塌设计已有上千年的历史，自人类盖房子始，就研究怎样防倒塌，虽然可能还有没研究到的方面，除了新的结构

类型或体系,值得大力投入研究防倒塌的方面肯定是不多了。

对于偶然作用,如爆炸、火灾作用,及罕遇地震作用下的抗倒塌设计,因抗震设计要求“大震不倒”,则是近几十年的研究热点。

而房屋抗连续倒塌,则是在 1968 年英国 RonanPoint 公寓,一座 28 层装配式钢筋混凝土大板结构,第 18 层一个单元煤气爆炸。墙板脱落并跌落到下层,楼板破坏亦倒塌到一层,从而发生该公寓角部连续倒塌到地面,才被工程界重点提出;2001 年 9 月 11 日美国纽约世界贸易中心大楼遭到飞机撞击造成整体倒塌,才成为工程界重视的研究课题。

结构连续性倒塌是指结构因偶然荷载造成结构局部破坏失效,继而引起失效破坏构件相连的构件连续破坏,最终导致相对于初始局部破坏更大范围的倒塌破坏。

所以不可泛泛地说“结构的抗倒塌设计还处在研究阶段”,一定要分清“抗倒塌”和“抗连续倒塌”的区别。

1.8 横向钢筋的抗拉强度设计值

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010^[4]第 4.2.3 条(强制性条文)规定:横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应按表 4.2.3-1 中的 f_y 数值采用;当用做受剪、受扭、受冲切承载力计算时,其数值大于 360N/mm^2 时应取 360N/mm^2 。

此规定主要是为控制受剪、受扭、受冲切构件可能产生的裂缝宽度不致过大。因为新规范增加了 500MPa 级钢筋的应用,其抗拉强度 f_y 超过了 360N/mm^2 。因为钢筋的抗拉强度提高了,但其弹性模量没有提高,当其所受拉应力超过 360N/mm^2 时,伸长会较大,相应地混凝土裂缝会较宽,限制了拉应力就是限制了裂缝宽度。否则还需要计算或验算裂缝宽度,而这方面的研究很少,规范没有受剪、受扭、受冲切相应的裂缝宽度计算规定(规范只有正截面裂缝宽度的验算方法和公式),因此,规范做出了

4.2.3 条的规定。

规范在此条的条文说明中讲：“横向钢筋用做围箍约束混凝土的间接配筋时，其强度设计值不限”。根据青山博之的 1988 ~ 1993 年间的试验研究^[7]，用做约束混凝土的横向配筋上限值取 700MPa 为宜，美国混凝土规范 ACI318^[8] 也有相近数值的规定。因我国现在普通钢筋最高是 500MPa 级钢筋，所以暂可不设上限。《建筑抗震设计规范》GB 50010—2010 也取消了《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 第 6.3.12 条在计算柱体积配箍率时要求 f_{yv} 超过 360N/mm² 时，取 360N/mm² 的规定。

1.9 钢筋保护层厚度为什么不再是强制性条文

混凝土与钢筋能共同工作的根本原因之一是两者之间有粘结（无粘结预应力混凝土除外），粘结保护层厚度取得大，截面有效高度变小，钢筋用量会增加，从而房屋造价会增加。结构设计时构件正截面承载力与纵筋位置，也就与纵筋的保护层厚度相关，设计计算时纵筋的保护层厚度按箍筋保护层厚度加上箍筋直径（按 10mm 估计值）取值。即设计入拉筋勾住外圈箍筋（解释见本书抗震章节），造成的拉筋突出箍筋的局部保护层厚度略薄的现实，如是强制性条文就要考虑此因素。因现在结构设计时均先选定纵向受力钢筋的保护层厚度进行计算。如施工时人为加大保护层厚度，则会因截面有效高度 h_0 减小，造成构件承载力达不到设计要求。另外，混凝土保护层厚度对平均裂纹宽度有较明显的影响，保护层厚度大则裂缝也易变大。因为房产商与设计人员已习惯于现在的规定保护层，如一次修订规范使得保护层厚度大幅度增加，会不适应。

1.10 与剪力墙正交的梁端做成刚接还是铰接

有人试图做成刚性连接，以为这样可将梁端的弯矩传到剪

力墙，梁端不开裂，梁跨中受拉钢筋可少配，梁跨中挠度也小。以上只看到了对梁变形、裂缝处理的好处，而忽视了对剪力墙的负担。就像易拉罐的开罐拉环与罐壁的连接，可认为是做到了刚接，可施加弯矩后，拉环没坏，而罐壁出了大洞。

本人建议还是做成铰接好，因剪力墙出平面外的刚度和强度均不能提供刚接所要求的条件。即梁端与剪力墙平面外刚接可能会造成剪力墙局部凹凸，或造成钢筋群锚、墙体冲切破坏。如一定要做成刚接，就要做凸出墙面的扶壁柱来加强墙身才能达到要求的刚度和强度条件，也满足了钢筋抗拉锚固的要求。如为满足钢筋抗拉锚固的要求，只在墙背面做局部凸出的梁头，则仍然不能达到要求的刚度和强度条件。

上面所指是一般情况，即剪力墙较薄的情况；若墙体较厚，梁相对较小，做刚性连接，还是可行的，但这种情况较少出现。

1.11 平面对称结构不容易发生扭转

在评价结构扭转性能，或设法提高扭转自振周期的阶次时，总有人提出问题：结构平面对称，可为什么扭转自振周期还挺靠前？

其实，结构是否容易扭转，或扭转自振周期是不是靠前，关键不在于结构平面是否对称，而主要在于结构抗扭刚度大小和转动惯量的大小。

陀螺（图 1-3）和风车玩具就是平面对称而容易扭转的例子。上海世博会中国馆（图 1-4）就是陀螺形，扭转自振周期是结构第一自振周期。

上述例子说明，结构平面对称，扭转程度会轻些，但照样会扭转。同样截面积的平面结构，不对称的平面比对称的平面抗扭刚度要小，转动惯量要大。

要想改变扭转自振周期靠前及扭转严重的局面，就要从增

加结构的抗扭刚度和减小结构转运惯量两方面入手。

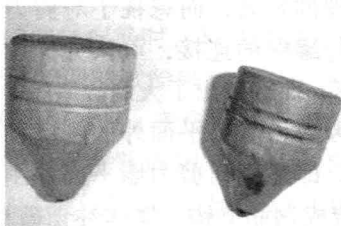


图 1-3 陀螺



图 1-4 上海世博会中国馆

参考文献

- [1] 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 [S]. 北京: 中国建筑业出版社, 2012
- [2] 过镇海. 混凝土的强度和本构关系: 原理与应用 [M]. 北京: 中国建筑业出版社, 2004
- [3] E. L. Wilson, etl. Static and Dynamic Analysis of Multi-Story Building Including $P-\Delta$ Effects, Earthquake Spectra, 1987, 2
- [4] 《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 [S]. 北京: 中国建筑业出版社, 2011
- [5] 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 [S]. 北京: 中国建筑业出版社, 2011
- [6] 《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 [S]. 北京: 中国建筑业出版社, 2010
- [7] 青山博之著, 张川译. 现代高层钢筋混凝土结构设计 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2006 年
- [8] ACI Committee 318, Building code requirements for structural concrete (ACI318-08) and commentary (ACI318-08 and ACI318R-08) [S]. Michigan, Farmington Hills, 2008

第2章 柱

2.1 偏心受压柱的分类

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 只字不提细长柱，混凝土结构教材也鲜有介绍混凝土细长柱的知识。使得设计人员以为混凝土柱没有失稳的可能，柱子长细比没有限制。作者认为有必要让学生和设计人员具有细长柱的概念和知道其计算方法有处可查。

按照长细比的大小将钢筋混凝土柱分为三种类型^[1]：短柱、中长柱和细长柱。

(1) 短柱（通常是指 $l/h \leq 5$ 的柱， l 是柱计算长度、 h 是柱截面高度）：构件在偏心压力下产生的侧向挠度很小，其中的附加弯矩可以忽略不计。于是，构件各个截面的弯矩均可认为等于 $N e_0$ ，即弯矩与轴向压力成比例增长，其受力行为如图 2-1 所示的直线 OC 。当截面中的 N 、 M 点达到 C 点时，构件就由于材料达到极限强度而破坏，称此种破坏为材料破坏。

(2) 中长柱（ $5 < l/h \leq 30$ ）：细长效应已不可忽略，特别是在偏心距较小的构件中，附加弯矩在总弯矩中可能占有相当大的比重。这时，随着轴向压力的增大，弯矩的增大速

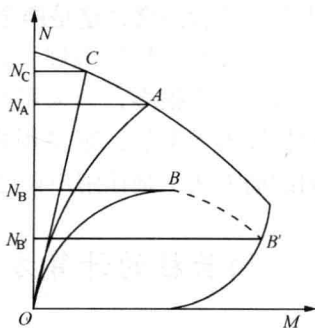


图 2-1 偏心受压柱 N - M 图