

混凝土结构设计原理及 修订规范的应用

徐有邻 著

清华大学出版社

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理及修订规范的应用/徐有邻著.--北京:清华大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-302-30016-8

I. ①混… II. ①徐… 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(2012)第 211240 号

责任编辑:周莉桦

封面设计:陈国熙

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.25 字 数:431 千字

版 次:2012 年 10 月第 1 版 印 次:2012 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:48.00 元

产品编号:049049-01

序 一

徐有邻研究员嘱我为他的新著《混凝土结构设计原理及修订规范的应用》写个序言。深感力不从心和惶恐。但盛情难却,只得在这里说点读后的感想。

国家标准《混凝土结构设计规范》是我国结构类设计规范中应用最广、影响最大的一本技术标准。长期以来一直由中国建筑科学研究院主持编制、修订,为我国工程建设做出了很大的贡献。20世纪70年代以后,规范编制的组织工作主要由李明顺研究员主持,他与本书的作者则是规范的主要编写人。李总不幸于几年前去世,新版规范的编写工作,主要落在徐有邻研究员身上。由他来解释混凝土结构的设计原理与新规范修订的技术背景,自然更具权威性。

我学习新规范之后,确实觉得有面貌一新之感。其中不乏许多亮点,耀眼的至少有以下3个方面。

一是提出将结构的整体稳固性(robustness)或整体性(integrity)作为结构设计安全性中最重要的因素来考虑。说实在的,我国以往的混凝土结构设计规范,其实只是一本混凝土“构件计算”的规范,够不上混凝土“结构设计”规范的水平。只是在这次新版规范中,才迈出了走向“结构设计”的步伐。

二是将结构的全寿命设计的概念和耐久性设计放到了重要的位置。尽管对于结构的耐久性和既有结构的再设计问题,尚缺乏比较详细的条文,但是与传统的设计规范比较,从内容和要求上已是大大地丰富了。

三是在规范的总则中提出,“本规范是对混凝土结构设计的基本要求”。虽然还未更明确地说出规范的要求应是“设计的最低要求”,但是已经包含有以下两层意思:安全的“最低限度”和设计的“基本要求”。“基本”二字表明:规范只能给出设计原则,而不是包罗万象地解决所有问题,更不是必须严格遵守的行政规定和法律法规。设计者应根据规范规定的原则进行创造性的脑力劳动,而不是机械地执行条令,因为只有根据具体情况思考,才会做出合理的设计,才会有技术的进步,才会有建筑业的发展。

但我也认为,规范的修订是不能跨越式前进的,路子可以一步步地快走。要是我国的设

计规范也能像国际上通用的著名规范一样,每隔 3~5 年修改一次,对于结构整体稳固性和耐久性的要求,能够紧跟我国快速发展工程建设的需要不断地丰富、完善,沿着这次新规范修订的路子继续走下去,这就可以了。

我国的结构设计规范以往在管理上和具体内容上似乎都存在一些误区,这有其历史的根源。比如受到几十年来短缺型计划经济体制和城镇所有房屋长期以来均为国家所有的影响。但是也有人认为认识上的原因,其中首要的一条就是有些设计人员,不适当地认为技术规范就是针对他们的法规。他们误以为只要按照规范的规定描红,照猫画虎地做设计,即使出了问题也能免于追究。这种“只对规范负责而不对工程负责”的认识,造成了对规范的依赖,严重地束缚了技术人员发挥积极性和创造精神。当然这种错误认识也不能完全责怪设计人员,因为在认定工程事故的责任时,有时就会以技术规范为准绳进行裁决。

建筑物的安全性、适用性与耐久性要求,应该主要由谁来确定?似乎应是业主和使用者,这是市场经济社会所决定的,当然设计规范还要考虑基于国家利益的基本要求,而我们至今还远未达到这种程度。国外的著名开发商无不通过提升工程质量和技术水平争取市场,而在我国则往往相反。有些开发商甚至能在工程建设中雇佣“抽筋师”钻规范的空子,千方百计地偷工减料,抽掉钢筋。如果将技术规范看成是法律,完全按照规范的最低要求做设计,怎能带来技术进步和优质的工程?法律的最低要求尚需有更高的社会道德规范相配合,规范也应该如此。

此外,混凝土结构规范是否应该适当包括对于结构材料和结构施工的基本要求?这是设计规范中值得探讨的第二个问题。我国结构的材料、设计和施工三类标准向来是各行其是的,这在一定程度上造成设计人员对材料和施工缺乏了解。国际上许多著名的混凝土结构规范,不仅有结构设计,多数还包括了材料和施工的内容,其好处不言而喻。因为设计中采用的混凝土材料,不像钢材和木材可以订货购置,而只能在施工时配制,其最终质量不是设计能够认定并保证得了的。更何况有些工程对混凝土材料还有特殊的性能要求。

第三个问题是设计规范对于受力构件裂缝的控制。混凝土会开裂是其难以改变的根本属性,本不值得作为重要问题提出。就像美国著名的混凝土学者 Kelly 所说:“混凝土会开裂,就如人人会得感冒一样”,不是什么了不起的致命问题。目前可见的混凝土裂缝多发生在施工阶段,只需涂抹浆体掩盖就可解决。由荷载引起的受力裂缝其实很少见到,真正在使用过程中出现受压区的水平裂缝标志着抗力即将耗尽,这才是最危险的,必须紧急加固。因此重要的是“裂缝的形态”,而不是规范限制的受拉钢筋处的“裂缝宽度”。规范提出受力裂缝的宽度来小题大做,引发的直接后果是限制了钢筋的混凝土保护层厚度,影响了结构的耐久性和使用寿命。

我国混凝土结构设计规范的一大特点,是对于安全性和耐久性的低要求和对适用性中受力裂缝宽度限制的高要求。裂缝宽度计算是依据实验室小尺寸简支梁试验得出的,与实际工程中构件的受力状态相差甚远。计算公式中裂缝宽度几乎与保护层厚度呈线性相关,造成了保护层厚度取值不合理。赵国藩先生在他主持编制的《公路混凝土结构设计规范》中,裂缝宽度的计算值则与保护层厚度几乎无关。我国推荐性的国家标准《混凝土结构耐久

性设计规范》则规定:当保护层厚度大于 30mm 时,可按此厚度计算裂缝宽度,《地铁工程设计规范》也与此相同。对于受力构件裂缝的限制,在国际上也是越来越低(可能只有日本规范是例外)。这说明,我们不必担心保护层厚了就会出现很大的裂缝宽度。

设计规范对裂缝宽度的要求还存在一个误区,就是当保护层厚度超过 50mm 时(此前的 2002 年版规范中是 40mm),需要在保护层内设置钢筋网片。这样一来将最外层钢筋的保护层厚度减薄到 30mm 左右,反而严重降低了耐久性。欧洲共同体和欧洲混凝土委员会(CEB)规范规定,当主筋直径超过 32mm 时为防止保护层剥落,应设置外层钢筋网片,但钢筋网片本身保护层也必须满足相应环境下的厚度,除非钢筋网片采用的是不锈钢或环氧涂层钢筋。国外一些大型工程的钢筋保护层厚度有达到 100mm,甚至有更厚的,除非受力筋过粗,也无需设置钢筋网片。法国学者 Francois 等人进行了长达 20 余年的模拟试验证明,受力裂缝宽度基本不影响工程的使用寿命。当然,对预应力钢筋则是另一回事,预应力筋一旦出现锈蚀就有发生脆断的危险。

此外,我愿再提几个设想,不知是否合乎时宜。

(1) 参考国外市场经济条件下的标准规范体制,今后规范的编制和管理能否逐步移交给学会、协会或新设立的由住建部领导的专门机构“技术标准管理研究院”负责。因为由国家行政部门和企业单位来主持管理技术标准可能并不合适。当然,中国建筑科学研究院以其长期主持编制、修订标准、规范的经验,仍要作为主力参与,并发挥应有的作用。

(2) 我国幅员广阔,各地经济、技术发展水平参差不齐,甚至相差悬殊。作为统一的国家标准很难在各方面都能够符合不同地方的实际情况。今后似应大力发展地方性的技术标准,应该鼓励各地编制和修订适合本地区的技术标准、规范。

(3) 现在的混凝土结构设计规范内容过细,篇幅实在太太。如果统计新中国成立以来发布的 6 本混凝土结构设计规范就能发现:20 世纪 50 年代发布的规结 6—1955 是小 32 开本、105 条、44 页;20 世纪 60 年代发布的 BJJ 21—1966 是小 32 开本、133 条、102 页;20 世纪 70 年代发布的 TJ 10—1974 是小 32 开本、226 条、165 页;20 世纪 80 年代发布的 GBJ 10—1989 是大 32 开本、326 条、186 页;21 世纪初 2002 年发布的 GB 50010—2002 是大 32 开本、495 条、348 页;到最近公布的 GB 50010—2010 则膨胀到了大 32 开本、504 条、425 页。当然规范修订必要的补充有其需要,但无论如何不能将设计规范变成包罗万象、解决所有工程问题的百科全书。尤其对指导性很强的国家标准来说,更不应过于繁琐。应对规范进行必要的“瘦身”。一本简要、原则性强的规范可以克服设计人员对规范的过分依赖,调动而不是束缚技术人员的积极性和创造精神,有利于促进技术进步。

(4) 为此,建议应该投入更多的精力编制各类指南、手册等技术文件作为规范的补充,供设计人员参考、使用。像美国 ACI 混凝土学会那样,他们一方面出版混凝土结构规范,又由下属数十个专业委员会负责编制、出版了数以百计的指南性技术文件,供设计人员对规范作更深入的理解,并且能够灵活应用,提高结构设计的水平。

最后,我还想在这里引用徐有邻研究员写过的一份材料——对混凝土结构教学的建议中的几句话,这个材料的副标题是“授人以鱼,不如授人以渔”。他认为,混凝土结构专业的学习,应该强调基本概念而不是简单对规范的说明和具体操作;规范所提出的只是进行



技术活动的方法和手段,强调的是可执行性而基本不解释理由,是“知其然而不知其所以然”的产物。近年来很多用人单位反映,有些工民建专业毕业生的基本概念较差,离开计算机就一筹莫展,非常缺乏解决具体工程问题的能力,堪称“计算机傻瓜”。作为大学教师,我非常同意他的看法,也希望能够与大学的同行们共勉。

以上为个人管见,谬误难免,有望读者批评指正。

陈肇元

2012年7月

序二

我国在百废待兴的第一个“五年计划”期间,大规模的基本建设蓬勃开展,当时应用的是 20 世纪 50 年代发布的《钢筋混凝土结构设计规范》(规结 6—1955),实际这仅仅是一本苏联规范的“中译本”而已。

混凝土结构设计规范的编制起步于 20 世纪 60 年代初期。当时的编制工作实际是学习、消化苏联规范。由于没有我国自己的研究成果,不可能作大的改进。故 60 年代发布的《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21—1966)实际只是苏联规范的“消化版”。

随着基本建设发展的需要,急需编写我国自己的规范。但由于“文化大革命”的影响,还缺少自己的研究成果,故 20 世纪 70 年代公布的《混凝土结构设计规范》(TJ 10—1974),虽然外表形象发生了改变,但从内涵而言,实质上还是一本“脱胎不换骨”的苏联规范。

要实现“脱胎换骨”,必须要开展符合国情的试验研究。20 世纪 70 年代,以中国建筑科学研究院结构所为主体,由李明顺研究员牵头,集合了部分高校和设计院一批有使命感、责任心的专家学者组成了科研团队。在当时极其困难的条件下,从基础研究开始,开展了全面、系统的混凝土结构构件的实验研究。改革开放以后,随着国际学术交流的开展,又引进一些先进的结构理论。历时 15 年持续不断的努力,这批科研成果为我国的混凝土结构理论和编制我国自己的设计规范奠定了坚实的基础。1989 年发布的《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—1989)是真正我国自己编制并符合国情的混凝土结构设计规范。

在前期科研基础上继续修订,21 世纪初 2002 年发布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)是对 1989 年版规范(GBJ 10—1989)的填平、补齐、充实、提高,并推向完善。

在李明顺研究员领导下完成的《混凝土结构设计规范》,主要是一本以“构件设计”而实际是“截面计算”为中心内容的规范。规范把混凝土结构设计中最主要、最基本的内容——构件的计算及设计,作了全面、完整的规定,并基本沿用至今。这本规范成为我国结构类设计规范中应用最广、影响最大的一本技术标准。这是以李明顺研究员为首的老一代专家学者,经过整整一代人坚持不懈努力而成就的技术成果。我曾是该团队中的一名成员,参与了“斜截面承载力计算”方面的工作,经历了 BJG 21—1966、TJ 10—1974、GBJ 10—1989 这 3

个版本规范编写的全过程,目睹了混凝土结构设计规范从无到有,逐渐走向成熟的演变。这是一个从创建、确立到不断改进、完善、提高的过程。但是限于试验研究的条件,编制的基本是以“构件计算和设计”为主的规范,这是当时历史的产物。应该继续充实内容,不断完善,发展成为真正的“结构设计规范”,才能适应今天不断发展的大规模工程建设的需要。

徐有邻是在 20 世纪 80 年代初进入《混凝土结构设计规范》科研编写团队的。这时,正是李明顺研究员将设计规范的试验研究推向完善、成熟,并开始收获科研成果的阶段。因此徐有邻有条件全面继承前期设计规范科研及编写的经验及成果。由于老一代的专家学者已陆续退出了规范编写的舞台,新版《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的主要工作,自然就由以徐有邻为首的新一代的专家学者来承担了。在这“承前启后、继往开来”的过程中,把握和主导规范修订的方向,顺应科研发展和工程的需要,及时将设计规范逐渐改造成为一本真正的“结构设计规范”,是这次规范修订工作的最大特点。

新版《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中新增加的重要内容如下。

- (1) 强调结构的整体稳固性,使“构件计算规范”真正过渡到“结构设计规范”。
- (2) 提高结构的防灾性能,加强结构在“偶然作用”下“防倒塌”的设计概念。
- (3) 丰富、完善了结构耐久性设计,既有结构的“再设计”成为修订的重要内容。
- (4) 采用高强-高性能材料,强调延性的重要,落实“四节一环保”的基本国策。

《混凝土结构设计原理及修订规范的应用》并不是简单照本宣科地解释规范条文,而是从讲述混凝土结构设计原理的角度,介绍设计规范修订的技术背景。这是每位结构设计师为准确理解和正确应用《混凝土结构设计规范》而必须认真阅读的著作。由于作者徐有邻不仅是该版规范修订的主要负责人,而且在设计规范演变过程中还处于“承前启后、继往开来”的地位。这就自然使本书成为一本颇具权威性的著作。

希望今后《混凝土结构设计规范》的内容还要不断地改进、提高。现提出以下四点建议,以供将来规范修订时参考。

(1) 规范应坚持由“构件计算”到“结构设计”的发展,加强“防灾”(抗倒塌)概念,充实“耐久性”及既有结构“再设计”的内容,进一步贯彻“高强-高性能”的节材原则。

(2) 设计规范本身应大力“瘦身减肥”压缩篇幅。只需留下设计的基本原则就行,不能包罗万象地解决所有的具体工程问题。应该防止把规范变成指南、手册之类的技术文件。

(3) 设计规范是技术文件而不是法规或法律,设计人员应在理解的基础上灵活应用,而不能将规范僵化为教条。造成设计人员的依赖性,成为只会单纯套用条文的“计算机傻瓜”。

(4) 借鉴国外结构规范的经验,将材料、设计、施工融为一体,改变我国目前彼此割裂、管理不善、执行困难的现状。今后还应将本规范与水工、港工、公路、铁路的混凝土规范整合,成为覆盖整个土木工程的大《混凝土结构规范》。这将可能是未来混凝土结构规范的发展方向。

施岚青

2012 年 7 月

新版《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)经过4年修订,于2011年7月开始执行。修订规范继续提高我国混凝土结构安全度设置水平,主要修订内容如下。

考虑影响安全的根本因素,增加“结构方案”及“结构分析”的有关内容,强调结构的整体稳固性,努力把传统的“构件计算规范”改造成为真正的“结构设计规范”。

近年天灾人祸偶然作用造成的结构倒塌是影响安全的最大威胁。修订规范增加了混凝土结构防连续倒塌设计基本原则的内容,力图提高设计结构的防灾性能。

我国混凝土结构耐久性设计薄弱。由于历史的原因,还有大量既有建筑结构的的安全度储备较低。为持续发展计,修订规范加强了耐久性设计的内容,提出了对既有结构进行再设计的原则要求。

传统的设计规范中有若干安全储备偏低的项目,如斜截面抗剪承载力、最小配筋率、抗震设计等,这次通过修订予以补足,以较小的代价全面提高了规范的安全度设置水平。

安全度提升必然引起材料用量的增加,采用高强-高性能材料是唯一的选择。修订规范适度提高混凝土强度,采用高强钢筋,强调钢筋的延性。同时对材料高强化后引起的裂缝问题,通过试验研究作了妥善的处理。

与每次规范修订一样,反映科研成果和技术进步,与相关的标准、规范协调,努力与国际接轨,都是必须进行的工作。修订规范中都作了必要的反映。

本人长期从事混凝土结构基本理论的试验研究及规范、标准的编制、修订及管理、解释。工作中发现目前许多设计人员轻概念而重计算,对程序的依赖性过大,缺乏必要的力学概念和结构常识。只知死抠规范条文而斤斤计较于枝节问题,而对影响结构安全的许多重大原则,却知之甚少,甚至很不重视。当然这也与我国目前的标准规范体制与传统的管理方法有关。设计人员急功近利的浮躁心态也是原因之一。

因此,本书不打算按照规范的内容,照本宣科地逐条讲述规范,而是强调阐述混凝土结构设计的基本原理。主要介绍承载受力的机理和修订内容的背景。本书的内容可分为以下4篇。

第1篇是结构设计的基本概念,在规范中是前5章,篇幅只占三十多页。但却是整本规范的“纲”,有关内容都是控制结构安全的根本问题。本次修订下了很大的功夫进行完善、补充。在本书中占了三分之一以上的篇幅,是学习规范的重点内容。

第2篇是构件的计算与构造,在设计规范中占有一半以上的篇幅。但是这部分内容已经比较经典,设计人员也比较熟悉,因此只作了一般性的简单介绍。只对本次修订改动部分内容的技术背景,作了比较详细的说明。

第3篇是各种结构的设计,这是前述基本内容在不同具体工程中的应用。其中许多问题实际只是基本内容的延伸,有些内容近于手册、指南而比较琐碎。本书只针对其各自的特点作了简要的说明。

第4篇介绍了与混凝土结构设计规范有关的一些常识,如:工程建设标准规范的基本概念,强制性条文,设计规范的软件程序,修订规范的试设计效果等。这些概念对设计人员来说仍是很重要的。

上面对本书内容的简介,可以作为读者阅读、理解本书的参考。

在本书的酝酿、写作过程中,陈肇元老师和施岚青老师提供了指导和许多重要的启示。中国建筑科学研究院刘刚、巩跃娜协助内容核改和文字、插图的整理工作,在此一并致谢。

徐有邻

2012年8月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 混凝土结构设计原理	1
1.2 规范修订概况	4

第 1 篇 结构设计的基本概念

第 2 章 总则术语符号	11
2.1 总则	11
2.2 术语符号	15
第 3 章 基本设计规定	18
3.1 一般规定	18
3.2 结构方案	23
3.3 承载能力极限状态计算	32
3.4 正常使用极限状态验算	36
3.5 耐久性设计	39
3.6 防连续倒塌设计原则	47
3.7 既有结构再设计原则	51
第 4 章 材料	57
4.1 混凝土	57
4.2 混凝土的本构关系	63
4.3 混凝土的多轴强度准则	65

4.4	钢筋	68
4.5	钢筋的本构关系	85
第5章	结构分析	87
5.1	基本原则	87
5.2	分析模型	91
5.3	弹性分析	95
5.4	塑性内力重分布分析	97
5.5	弹塑性分析	99
5.6	塑性极限分析	100
5.7	间接作用分析及试验分析	101
第2篇 构件的计算与构造		
第6章	承载能力极限状态计算	107
6.1	正截面承载力计算	107
6.2	受剪承载力计算	115
6.3	受冲切承载力计算	121
6.4	扭曲截面承载力计算	124
6.5	局部受压承载力计算	129
第7章	正常使用极限状态验算	133
7.1	裂缝控制验算	133
7.2	受弯构件挠度验算	138
第8章	基本构造规定	141
8.1	伸缩缝	141
8.2	混凝土保护层	146
8.3	钢筋的锚固	150
8.4	钢筋的连接	155
8.5	纵向受力钢筋的最小配筋率	160
第9章	结构构件的基本规定	164
9.1	板	164
9.2	梁	169
9.3	柱	175
9.4	墙	179

9.5 牛腿、预埋件.....	181
-----------------	-----

第3篇 各种结构的设计

第10章 预应力混凝土结构构件	187
10.1 一般规定.....	187
10.2 预应力损失.....	192
10.3 构造规定.....	194
10.4 预应力构件抗震设计.....	198
第11章 抗震设计	201
11.1 一般规定.....	202
11.2 梁.....	205
11.3 柱.....	208
11.4 剪力墙.....	217
第12章 各种结构构件的设计	225
12.1 素混凝土结构构件.....	225
12.2 深受弯构件.....	227
12.3 装配式结构.....	229
12.4 叠合构件.....	233
12.5 板柱结构.....	236
12.6 构件的应力设计.....	238
12.7 疲劳验算.....	239
12.8 规范的主要修订内容.....	242

第4篇 其他问题

第13章 强制性条文	249
13.1 产生的背景.....	249
13.2 规范的强制性条文.....	252
第14章 规范的设计软件及试设计	265
14.1 规范的设计软件.....	265
14.2 修订规范的试设计.....	268
结束语.....	276
参考文献.....	277

概 述

1.1 混凝土结构设计原理

1.1.1 混凝土结构的发展和应用

自人类文明产生建筑业以来,作为房屋形式的混凝土结构只有一百多年的历史。但是近代混凝土结构得到迅速发展,目前已成为基本建设的重要结构形式。尤其在我国,特殊的国情决定了混凝土结构必然是工程结构的主要形式,过去如此,现在如此,将来也必然如此。混凝土结构得到广泛应用的原因如下。

1. 承载力大

混凝土受压强度高而延性不好,钢筋受拉强度高而延性好,两种材料组成的混凝土结构使两种材料都充分发挥了各自的抗力。因此混凝土结构比木结构、砌体结构、钢结构等结构的承载力都要大得多,而且它的综合性能也很好。

2. 可塑性强

混凝土在模板中浇筑、硬化成型,具有很大的可塑性。混凝土材料的突出优点是可以按照设计的需要,几乎可做成任何形状的结构构件,而其他材料的结构就很难做到。

3. 耐久性优良

混凝土是惰性材料,性能稳定而且具有很好的耐久性,在各种不良环境条件下仍能长久地保持抗力。而且碱性的混凝土可以保护结构中的钢筋使其免遭锈蚀,大大地延长了结构的使用寿命。在各种材料的结构形式中,混凝土结构的耐久性是最优的。

4. 稳定性好

混凝土结构中混凝土承担了全部压力,而钢筋只承担拉力。这种合理的配置使结构构件的稳定性能得到大大改善,因此混凝土结构不容易发生失稳破坏。

5. 较好的抗灾性能

惰性的混凝土材料不可燃,耐热性能也很强,还可以保护结构中的钢筋免遭腐蚀。在遭受火灾等偶然作用时,具有良好的抗灾性能。

6. 造价低廉

混凝土结构的主要组成材料——砂子、石料、水等都可以就地取材,而且价格便宜。因此,混凝土结构造价低廉,经济性良好。

1.1.2 混凝土结构理论的特点

混凝土结构从出现之初发展到现在,发生了巨大变化,而混凝土结构理论也经历了很长时间的的发展。不同于数学、力学等其他学科的发展相对比较稳定,混凝土结构理论极其活跃,以致混凝土结构设计规范和教科书一直都处于经常更新的状态。因此了解混凝土结构理论的特点,对学习混凝土结构设计原理,正确理解设计规范的修订,具有重要的意义。混凝土结构理论具有以下特点。

1. 结构性能特别复杂

由于组成混凝土结构的两种材料(混凝土、钢筋)性能迥异,构件承载受力以后呈现线性、非线性、屈服、强化、峰值、下降和残余等复杂的受力过程。混凝土开裂以后,构件混凝土还会成为各向异性的材料。因此,混凝土构件的结构性能复杂多变,很难进行准确的分析和描述,也比较难以寻求其中的规律。

2. 不是精准、闭合的学科

前辈学者指出:混凝土结构姓“混”。由于混凝土是脆性的、多相复合体材料,受拉开裂后只能承受压力,而钢筋则主要受拉。两种材料组成的混凝土构件承载后的受力形态复杂,具有很大的不确定性。这些因素决定了混凝土结构理论不可能是精准的学科,也很难形成严密、闭合的理论体系。其中不可避免地会有大量的基本假定、简化近似,甚至有时还有些内容自相矛盾。因此,学习混凝土结构理论时不应盲信精确的公式推导,也不必斤斤计较和纠缠于细小的枝节问题。只要机理合理、概念清楚、计算方便、结果有效,这样的结论就是可以接受的。

3. 试验、实践的学科

由于混凝土结构的承载受力规律很难单纯地用理论分析的方法解决,在很大程度上只能求助于试验手段和工程验证。目前的混凝土结构理论是依靠大量的试验研究、统计分析和工程实践的积累而发展起来的。现在即使利用计算机程序,以及强大的分析计算手段,其基本模式和结果检验仍然离不了试验验证。除了系统的试验研究以外,包括设计、施工、应用等工程实践考验也是必不可少的。因此混凝土结构理论是一门实践性很强的学科。

4. 不断发展中的学科

由于结构材料(钢筋、混凝土)性能不断改善、工艺水平持续提高,对结构使用功能需求的扩大,设计分析计算手段的进步,大量科研成果和工程实践的积累,促进了混凝土结构理论的迅速发展。目前,土木工程界每年发表结构类的论文,其中40%以上均与混凝土结构有关。这使混凝土结构理论内容不断更新,成为一门极其活跃的学科。

1.1.3 结构理论与设计规范

随着结构理论的发展和工程实践的需要,应该不断地修订、完善《混凝土结构设计规

范》。但是规范终究不是学术性的理论,两者性质完全不同。规范是用于执行的可操作性的条文,包括计算方法和构造措施等。规范最多只在条文说明中,才有一些作为修订依据的简要理论性解释。

此外,规范不是单纯的技术性文件,其还有一定的社会性。规范受制于当时的社会经济条件和技术水平,还不得不考虑传统施工工艺和设计习惯的影响。规范也不像学术理论那样可以争鸣、讨论,规范是给技术人员具体执行的,因此不可能经常变动。作为长期使用的设计规范,不可能经常作大的改动,只能根据具体情况做局部修订,逐渐完善。

此外,《混凝土结构设计规范》作为整个工程建设标准规范体系中的一本,与其相关的标准、规范有二三十本之多。本规范的内容还受制于相关标准、规范的修订和变动。因此需要不断地对本规范进行修订,使之与相关的标准、规范协调。

总之,作为用于执行的标准,设计规范与学术性很强的结构理论有着很大的差别。规范反映结构理论的发展,却又与之不同。设计人员不能单纯只依靠设计规范,还必须充分理解结构理论,才有能力根据具体情况做好设计,否则就成为简单的计算机傻瓜和单纯的画图机器了。

1.1.4 学习要求

基于混凝土结构理论的特点以及设计规范的性质,为理解规范做好设计,作为针对设计人员的参考书,本书编写的原则以及学习要求如下。

1. 不再重复基础知识

本书的读者一般是已经具有一定力学概念和结构常识的技术人员,由于已经学过《混凝土结构》课程,并且具备了一定的工程实践经验,因此基础知识在此不再重复。

2. 顺次介绍主要内容

由于设计步骤和规范本身固有的表达逻辑,本书的论述内容基本按规范的次序依次介绍,以完整、系统反映设计原理和规范的实质。为突出主要的核心内容,简化了规范中一些次要内容。这些枝节性内容是基本核心内容的引申,省略以后不会影响对规范的理解。今后工作中遇到时,再学也不迟。

3. 重点介绍修订部分

鉴于读者是已对规范有一定了解的技术人员,本书篇幅有限,不再照本宣科地通讲规范全文。本书主要介绍本次规范修订、改动的部分以及增补的内容,以突出重点,提高学习的效果。

4. 强调修订技术背景

对于规范中修改、变动及新增部分的内容,强调其修订的技术背景。主要介绍其承载受力机理和设计的原则。至于修订条文的具体规定以及简单的条文说明,由于规范中已有介绍,在此不再重复。对于书中未作修订的内容则从简介绍或者省略。

5. 理解基础上的灵活应用

学习规范不能只满足于对条文及条文说明字面上的了解,应该强调对修订内容的科研、工程背景的深入理解。不应该只会死记硬背规范条文的规定,或者只会按程序机械地执行。要求能够理解,知其然还必须知其所以然。只有真正理解了这些规定的实质,才能在理解的基础上做到灵活应用。

6. 克服浮躁、坚持长久学习

通过规范学习结构设计是一个长久的过程,不可指望看一本书,听一次课就能一劳永逸地完全掌握规范的内容。专业学习是终生的事情,必须克服浮躁情绪,坚持长久学习,才能逐渐深入理解结构设计的原则,准确、熟练地掌握结构设计的方法。

7. 结合设计实践学习

混凝土结构是工程学科,设计规范是执行性的技术文件,两者都离不开实践。必须结合实际工程学习,并通过设计实践加深对规范的理解。可以参考已有的一些设计实例,开阔自己的眼界,从而不断提高设计水平。

8. 切忌僵化机械地执行规范

规范并不是解决所有工程问题的百科全书,而只能原则性地介绍结构设计的共性技术问题。切忌死扣规范条文、专注于枝节问题,切忌不结合具体情况分析而机械死板地执行。可以参考手册、指南、标准设计等技术文件,但这些并不是规范,而只是规范的延伸。使用这些技术文件时,要结合规范进行理解。

9. 不能过分依赖计算机

计算机只帮助设计人员减轻重复性的计算和繁琐的绘图工作,把人从低级劳动中解放出来,而决不能代替设计者的创造性思维。现在有了软件和平法,几乎不动脑筋就可以做出设计。但是千万不能过分依赖计算机,更不能成为离了计算机就不能工作的“计算机傻瓜”。

10. 设计是创造性的脑力劳动

规范并不提供具体工程设计问题的方法,而是要求设计人员理解规范的原则,并能够根据具体条件进行分析,正确应用这些原则进行设计。绝不能靠计算机“工匠”式地拼凑设计,因为设计是创造性的脑力劳动而不只是简单的机械操作。

总之,授人以鱼(成果),不如授人以渔(方法)。最初本书名为《混凝土结构设计规范的理解与应用》,而最终确定为《混凝土结构设计原理及修订规范的应用》。这是希望读者不仅仅简单地学会利用规范做设计,而期望读者能够真正理解混凝土结构设计的原理,理解规范条文背后结构设计的原则,并能够在此基础上灵活地进行工程设计。

1.2 规范修订概况

1.2.1 修订背景

1. 修订依据

2006年,原建设部以建标(2006)77号文《关于印发2006年工程建设标准规范制订、修订计划(第一批)的通知》下发,要求中国建筑科学研究院主持,会同有关单位对《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)进行全面修订。在2002版规范公布执行4年之后,即开始进行新一轮的全面修订,大大地缩短了周期。当然,由于现代技术迅速发展,世界各国标准规范修订的周期都在缩短。但这次对《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)提前开始修订,可能是出于以下的考虑。

(1) 我国正处于经济高速发展时期,基础建设规模宏大,混凝土结构所占比重极大;