

注册结构工程师 专业考试专题精讲 混凝土结构

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组编

施岚青 主编
王昌兴 主审
娄宇

2015



注册结构工程师 专业考试专题精讲

混凝土结构

住房和城乡建设部执业资格注册中心 编
中国建筑工业出版社 出版

主编 周建刚
副主编 王景明

主审 王景明
主审 王景明

2009.9



注册结构工程师专业 考试专题精讲 ——混凝土结构

住房和城乡建设部执业资格注册中心 组 编
施岚青 主 编
娄 宇 王昌兴 主 审



机械工业出版社

本书是由住房和城乡建设部执业资格注册中心组织,由施岚青教授任主编,指导考生理解应用《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 而撰写的考试指导用书。2015 版根据前两版的考生使用反馈情况及考试方向的调整,查缺补漏,去粗存精,进行了更新调整,以更好地适应考试,服务考生。本书共分 8 章,以考试大纲中对考点的要求为主线,以讲述规范的内容为中心,以历年试题的脉络为导向,精选典型算例进行详解,并以模拟考题加以训练。本书按照考试大纲要求的考试深度、广度,紧密结合工程设计的实际状况和设计人员需要,从如下几个方面进行了阐述:一般规定,构造规定,正截面承载力计算,抗剪、抗扭、抗冲切、局部承压,正常使用极限状态验算,结构构件的基本规定,预应力混凝土结构构件,混凝土结构构件抗震设计。

本书适合于全国一、二级注册结构工程师所有的备考人员,对于广大的建筑结构设计人员也有很好的借鉴、参考和学习意义。

图书在版编目 (CIP) 数据

注册结构工程师专业考试专题精讲. 混凝土结构 / 施岚青主编. —4 版.
—北京: 机械工业出版社, 2015. 3
ISBN 978 - 7 - 111 - 49557 - 4

I. ①注… II. ①施… III. ①建筑结构—工程师—资格考试—题解
②混凝土结构—工程师—资格考试—题解 IV. ①TU3—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 046400 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 薛俊高 责任编辑: 薛俊高

封面设计: 张 静 责任校对: 刘秀丽 程俊巧

责任印制: 刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2015 年 3 月第 4 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·33.25 印张·770 千字

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 49557 - 4

定价: 86.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书编写人员

主 编 施岚青

副主编 陈 嵘

参 编 张玉祥 周 笋 郑 祺 鲁芳兰 周 芳
施晓华 杨明武 施晓岚 杨列强 邵 粟
陈世忠 苏 丹 沈 群 苏其麟 周建华
唐 立 李照广

前 言

“注册结构工程师专业考试专题精讲”丛书由住房和城乡建设部执业资格注册中心组织编写，由施岚青教授主编。其目的在于进一步帮助建筑工程设计行业广大专业技术人员更准确、更清晰地了解勘察设计注册结构工程师执业资格考试的导向以及对结构工程设计人员专业知识的具体要求和考查方向。

全国注册结构工程师自1998年实行全国统一考试以来，至今已经有17年了。这17年的考试注册准入制度的实施，优化了当时结构设计人员良莠不齐的状况，对结构设计人员提出了业务和知识能力的全新要求，极大地推动了我国建筑结构设计人才的理论知识水平和业务能力的整体提升，保证了我国建筑结构设计总体水平的稳步提升。在这一考试即将迈入第18个年头之际，有必要对这些年来注册结构工程师的专业考试做一全面的梳理和分析，一方面是对过去十多年来考试的总结和为将来注册考试方向的一种探讨；另一方面也为考生指明正确的方向，使其清楚地认识到，考试只是一种检验的手段，并非为目的。真正的目的在于通过考试来推动、提升我国整体结构设计水平的不断提高，选拔更优秀的结构设计人员放到适合的岗位上。

在此，借建筑设计规范和标准在新一轮的大规模修订之际，特邀请施岚青教授担纲主编撰写了此套丛书。施岚青教授自1998年我国开始实施结构工程师注册考试（专业）以来，一直从事注册结构工程师的培训、辅导工作，参与并见证了这十多年来专业考试根据我国结构设计发展水平和对设计人员素质能力的要求而不断的演变和调整，充分利用考试导向的作用，把结构工程师的业务水平逐步地向前推进的这一过程。同时，施岚青教授以其严谨的治学态度和扎实的专业素养，密切联系工程设计实践的务实态度在广大建筑结构设计人员中赢得了很好的口碑，取得了较好的反响。

本套丛书计划出版8册：《建筑抗震设计》《混凝土结构》《多高层混凝土结构》《砌体结构与木结构》《地基与基础》《荷载、内力分析及桥梁结构》《地基处理技术》和《钢结构》。

本书以《混凝土结构设计规范》（GB 50011—2010）为中心，对该规范中的规定进行了精心讲解，以期帮助考生全面理解这些规定的本质及产生的原因，并辅之以案例教学，把培养考生“举一反三”的能力作为重点，提高考生理解规范规定并用以解答试题的能力。本书共分8章，以考试大纲中对考点的要求为主线，设置历年考试考题精选、规范规定解析、典型算例详解、模拟训练四个模块，按照考试大纲要求的考试深度、广度，紧密结合工程设计的实际状况和设计人员需要，从如下几个方面进行了阐述：一般规定，构造基本规定，正截面承载力计算，抗剪、抗扭、抗冲切、局部承压，正常使用极限状态验算，结构构件的基本规定，预应力混凝土结构构件，混凝土结构构件抗震设计。

本书在编写、审校过程中得到了中国电子工程设计院副院长、总工程师姜宇，北京清华同衡规划设计研究院结构总工程师王昌兴，住房和城乡建设部执业资格注册中心王平处长的指导和帮助，他们为本书提出了许多宝贵意见，感谢他们为本书的付梓提供的辛勤劳动！

本书编写的思路是明晰的，谅必会有益于读者。但是，由于编写时间紧促，必定存在诸多不完善之处，还望读者及各方面人士不吝指教。

住房和城乡建设部职业资格注册中心

《考试大纲》对“混凝土结构”的有关规定

(一) 一级注册结构工程师

1. 掌握

材料的选用和设计指标取值

各种常用结构体系的布置原则和设计方法

基本受力构件的正截面、斜截面、扭曲截面、局部受压及受冲切承载力的计算

构件裂缝和挠度的验算

基本构件截面形式、尺寸的选定原则及构造规定

现浇和装配构件的连接构造及节点配筋形式

预应力构件设计的基本方法

一般钢筋混凝土结构构件的抗震设计计算要点及构造措施

2. 熟悉

混凝土结构所用材料的基本性能、主要材料的质量要求和基本检查实验方法

3. 了解

以概率理论为基础的结构极限状态设计方法的基本概念

疲劳强度的验算

预应力构件施工的基本知识

对预制构件的制作、检验、运输和安装等方面的要求

(二) 二级注册结构工程师

1. 掌握

材料的选用和设计指标取值

结构体系的布置原则和设计方法

基本受力构件的正截面、斜截面、扭曲截面、局部受压及受冲切承载力的计算

基本构件截面形式、尺寸的选定原则及构造规定

现浇和装配构件的连接构造及节点配筋形式

一般钢筋混凝土结构构件的抗震设计计算要点及构造措施

2. 了解

了解结构极限状态设计原理

混凝土结构所用材料的基本性能、主要材料的质量要求和基本检查、实验方法

构件的裂缝、挠度和疲劳强度的验算

对预制构件的制作、检验、运输和安装等方面的要求

预应力构件设计的基本方法及其施工的基本知识

本书编写的思路是明晰的，谅必会有益于读者。但是，由于编写时间紧促，必定存在诸多不完善之处，还望读者及各方面人士不吝指教。

住房和城乡建设部职业资格注册中心

“注册结构工程专业考试命题专家组”提出的【要点】

根据我国结构设计的特点及考试大纲要求，考生应重点把握以下内容：

（一）一级注册结构工程师

1. 了解混凝土结构的基本力学性能，应重点掌握混凝土结构的概念设计原则，把握各种常用建筑结构体系的布置原则和设计方法，熟悉结构构件的承载能力极限状态计算（包括构件的正截面、斜截面、扭曲截面、局部受压及受冲切承载力计算等）和正常使用极限状态验算（包括构件的裂缝、挠度和疲劳强度的验算等），把握构件截面选定的基本原则及构件设计的基本构造要求。

2. 应掌握钢筋混凝土结构的抗震设计原则和基本要求，把握计算要点及构造措施。

3. 在电算程序大量使用的大环境下，考生应注意通过实际工程中的简单算例，加强对结构设计规定的理解。

（二）二级注册结构工程师

1. 钢筋混凝土结构在建筑结构设计占有重要的比例，大纲对二级注册结构工程师的要求和对一级注册结构工程师的要求基本相同（略低于对一级的要求）。

2. 考生应了解混凝土结构的基本力学性能，应重点掌握混凝土结构的概念设计原则，把握各种常用建筑结构体系的布置原则和设计方法，熟悉结构构件的承载能力极限状态计算（包括构件的正截面、斜截面、扭曲截面、局部受压及受冲切承载力计算等）和正常使用极限状态验算（包括构件的裂缝、挠度和疲劳强度的验算等），把握构件截面选定的基本原则及构件设计的基本构造要求。

3. 在电算程序大量使用的大环境下，考生应注意通过实际工程中的简单算例，加强对结构设计规定的理解。

目 录

前言

《考试大纲》对“混凝土结构”的有关规定

“注册结构工程师专业考试命题专家组”提出的【要点】

第一章 一般规定	1
第一节 基本设计规定	1
第二节 材料	7
第三节 塑性内力重分布	18
第二章 构造规定	28
第一节 伸缩缝	28
第二节 混凝土保护层及截面有效高度	31
第三节 钢筋的锚固	36
第四节 钢筋的连接	42
第五节 纵向受力钢筋的最小配筋率	51
第三章 正截面承载力计算	59
第一节 正截面承载力计算的一般规定	59
第二节 正截面受弯承载力计算	64
第三节 正截面受压承载力计算	109
第四节 正截面受拉承载力计算	189
第四章 抗剪、抗扭、抗冲切、局部承压	200
第一节 斜截面受剪承载力计算	200
第二节 扭转截面承载力计算	238
第三节 受冲切承载力计算	292
第四节 局部受压承载力计算	325
第五章 正常使用极限状态验算	334
第一节 基本设计规定	334
第二节 裂缝宽度验算	340
第三节 受弯构件的挠度验算	355
第六章 结构构件的基本规定	375
第一节 板	375
第二节 梁	383
第三节 柱、梁柱节点、牛腿与墙	405
第四节 叠合构件	429
第五节 深受弯构件	443
第六节 预埋件及吊钩	454
第七章 预应力混凝土结构构件	466
第一节 预应力值的控制	466
第二节 预加力产生的混凝土法向应力	475

第三节	预应力损失值的计算	481
第四节	预应力构件的计算	489
第八章	混凝土结构构件抗震设计	509
第一节	多、高层混凝土结构构件抗震设计	509
第二节	铰接排架柱	511
第三节	预应力混凝土结构构件	516
第四节	钢筋的连接和锚固	518
后记		522

第一章 一般规定

第一节 基本设计规定

《考试大纲》的规定：

等级	要求	《考试大纲》的相关规定
一级	了解	以概率理论为基础的结构极限状态设计方法的基本概念
二级	了解	结构极限状态设计原理

一、安全等级

(一) 考试要求

- 1. 《考试大纲》的要求：了解
- 2. “试题”回顾

【试题 1.1.1】 安全等级（1998 年）

结构安全等级为二级的房屋中，当各构件均以承受恒荷载为主时，其构件合理的安全等级以下何项为正确？

- (A) 屋架、托架二级
- (B) 大偏压柱一级
- (C) 轴心和小偏心受压柱一级
- (D) 预制的一般构件二级

(二) 《混凝土结构设计规范》规定

《混凝土结构设计规范》3.1.5 条的规定和条文说明：

3.1.5 混凝土结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。

混凝土结构中各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。对其中部分结构构件的安全等级，可根据其重要程度适当调整。对于结构中重要构件和关键传力部位，宜适当提高其安全等级。

3.1.5 （条文说明）

混凝土结构的安全等级由现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 确定。本条仅补充规定：可以根据实际情况调整构件的安全等级。对破坏引起严重后果的重要构件和关键传力部位，宜适当提高安全等级、加大构件重要性系数；对一般结构中的次要构件及可更换构件，可根据具体情况适当降低其重要性系数。

二、结构重要性系数 γ_0

(一) 考试要求

- 1. 《考试大纲》的要求：了解

2. “试题”回顾

【试题 1.1.2】 结构重要性系数 (2009 年)

在混凝土结构或结构构件设计中,常遇到的计算或验算有:①承载力计算;②倾覆、滑移验算;③裂缝宽度验算;④抗震设计计算。试问,在下列的计算或验算组合中,何项全部不需考虑结构构件的重要性系数 γ_0 ?

(A) ①、③、④

(B) ②、③

(C) ②、③、④

(D) ③、④

(二)《混凝土结构设计规范》规定

《混凝土结构设计规范》第 3.3.2 条的规定和条文说明:

3.3.2 对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况,当用内力的形式表达时。结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.3.2-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) / \gamma_{Rd} \quad (3.3.2-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,在持久设计状况和短暂设计状况下:

对安全等级为一级的结构构件不应小于 1.1,对安全等级为二级的结构构件不应小于 1.0,对安全等级为三级的结构构件不应小于 0.9,对地震设计状况下应取 1.0;

γ_{Rd} ——结构构件的抗力模型不定性系数:静力设计取 1.0。

对不确定性较大的结构构件根据具体情况取大于 1.0 的数值:抗震设计应用承载力抗震调整系数 γ_{RE} 代替 γ_{Rd} ;

注:公式 (3.3.2-1) 中的 $\gamma_0 S$ 为内力设计值。在本规范各章中用 N 、 M 、 V 、 T 等表达。

3.3.2 (条文说明)

根据《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。本次修订提出了构件抗力模型不定性系数 (构件抗力调整系数) γ_{Rd} 的概念,在抗震设计中为抗震承载力调整系数 γ_{RE} 。

三、楼盖竖向自振频率

(一) 考试要求

1. 《考试大纲》的要求:了解
2. “试题”回顾

(二)《混凝土结构设计规范》规定

《混凝土结构设计规范》第 3.4.6 条的规定和条文说明:

3.4.6 对混凝土楼盖结构应根据使用功能的要求进行竖向自振频率验算,并宜符合下列要求:

1. 住宅和公寓不宜低于 5Hz;
2. 办公楼和旅馆不宜低于 4Hz;

3. 大跨度公共建筑不宜低于 3Hz。

3.4.6 (条文说明)

本条提出了控制楼盖竖向自振频率的限值。对跨度较大的楼盖及业主要求时，可按本条执行。一般楼盖的竖向自振频率可采用简化方法计算。对有特殊要求的工业建筑，可参照现行国家标准《多层厂房楼盖抗微振设计规范》GB 50190 进行验算。

四、耐久性设计

(一) 考试要求

1. 《考试大纲》的要求：尚未明确考试要求
2. “试题”回顾

【试题 1.1.3】 耐久性 (2003 年)

新规范关于混凝土结构的耐久性设计提出了新的要求，下面哪种说法是不恰当的？

- (A) 按老规范设计的有些混凝土结构不能保证设计年限内的使用功能和承载能力，所以新规范强调了设计年限的规定，并因此做了一些保证耐久性的补充规定。
- (B) 混凝土结构的耐久性，不同的环境类别对混凝土提出了基本要求，这些基本要求有最低混凝土强度等级、最小水泥用量、最大含碱量等。
- (C) 民用建筑游泳池内的框架柱，当设计年限为 50 年时，所采用的混凝土强度等级不小于 C25，柱内纵筋保护层厚度不小于 30mm。
- (D) 建设工地上的工棚建筑，一般设计年限为 5 年。当采用预制混凝土梁时，应要求梁的混凝土强度等级不低于 C25，混凝土的水灰比不超过 0.65，水泥用量大于 $225\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(二) 预备知识

结构的耐久性是指结构在所处的工作环境中，在设计使用年限内，在正常维护条件下不需要进行大修就能完成预定功能的能力。结构的耐久性问题主要表现为：混凝土裂缝、酥裂等，钢筋的锈蚀，以及钢筋与混凝土之间粘结锚固作用的削弱等多个方面，其核心问题是钢筋的锈蚀。耐久性是通过满足耐久性规定与规范限值（如混凝土保护层最小厚度、最低混凝土强度等级等）实现的。混凝土结构应根据使用环境类别和设计使用年限进行耐久性设计。

(三) 《混凝土结构设计规范》规定

《混凝土结构设计规范》规定：

3.5.1 混凝土结构应根据设计使用年限和环境类别进行耐久性设计，耐久性设计包括下列内容：

1. 确定结构所处的环境类别；
2. 提出对混凝土材料的耐久性基本要求；
3. 确定构件中钢筋的混凝土保护层厚度；
4. 不同环境条件下的耐久性技术措施；
5. 提出结构使用阶段的检测与维护要求。

注：对临时性的混凝土结构，可不考虑混凝土的耐久性要求。

3.5.2 混凝土结构暴露的环境类别应按表 3.5.2 的要求划分。

表 3.5.2 混凝土结构的环境类别

环境类别	条 件
一	室内干燥环境; 无侵蚀性静水浸没环境
二 a	室内潮湿环境; 非严寒和非寒冷地区的露天环境; 非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境; 严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
二 b	干湿交替环境; 水位频繁变动环境; 严寒和寒冷地区的露天环境; 严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三 a	严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境; 受除冰盐影响环境; 海风环境
三 b	盐渍土环境; 受除冰盐作用环境; 海岸环境
四	海水环境
五	受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

注: 1. 室内潮湿环境是指构件表面经常处于结露或湿润状态的环境;
2. 暴露的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

五、防连续倒塌设计

(一) 考试要求

《考试大纲》的要求:“防连续倒塌设计”是《混凝土结构设计规范》GB 20010—2010 版新增内容,故现行《考试大纲》尚未明确考试要求,要等新版《考试大纲》发布,明确了考试要求后才能成为考试内容。

(二) 预备知识

房屋结构在遭受偶然作用时如发生连续倒塌,将造成人员伤亡和财产损失,是对安全的最大威胁。混凝土结构防连续倒塌是提高结构综合抗灾能力的重要内容。在特定类型的偶然作用发生时或发生后,结构能够承受这种作用,或当结构体系发生局部垮塌时,依靠剩余结构体系仍能继续承载,避免发生与作用不相匹配的大范围破坏或连续倒塌。这就是结构防连续倒塌设计的目标。

结构防连续倒塌设计涉及作用回避、作用宣泄、障碍防护等问题,结构防连续倒塌设计的难度和代价很大,一般结构只需进行防连续倒塌的概念设计。以定性设计的方法增强结构的整

体稳固性,控制发生连续倒塌和大范围破坏。当结构发生局部破坏时,如不引发大范围倒塌,即认为结构具有整体稳定性。结构和材料的延性、传力途径的多重性以及超静定结构体系,均能加强结构的整体稳固性。

(三)《混凝土结构设计规范》规定

《混凝土结构设计规范》规定:

3.6.1 混凝土结构防连续倒塌设计宜符合下列要求:

1. 采取减小偶然作用效应的措施;
2. 采取使重要构件及关键传力部位避免直接遭受偶然作用的措施;
3. 在结构容易遭受偶然作用影响的区域增加冗余约束,布置备用的传力途径;
4. 增强疏散通道、避难空间等重要结构构件及关键传力部位的承载力和变形性能;
5. 配置贯通水平、竖向构件的钢筋,并与周边构件可靠地锚固;
6. 设置结构缝,控制可能发生连续倒塌的范围。

六、既有结构设计

(一) 考试要求

1. 《考试大纲》的要求:“既有结构设计”是《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010版新增内容,现行的《考试大纲》尚未明确考试要求,要等新版《考试大纲》发布,才能明确考试要求。

2. “试题”回顾:

【试题 1.1.4】防连续倒塌和既有结构设计(2012 年一级)

关于防止连续倒塌设计和既有结构设计的以下说法:

- I. 设置竖直方向和水平方向通长的纵向钢筋并采取有效的连接锚固措施,是提供结构整体稳定性的有效方法之一;
- II. 当进行偶然作用下结构防连续倒塌验算时,混凝土强度取强度标准值,普通钢筋强度取极限强度标准值;
- III. 对既有结构进行改建、扩建而重新设计时,承载能力极限状态的计算应符合现行规范的要求,正常使用极限状态验算应符合现行规范的要求;
- IV. 当进行既有结构改建、扩建时,若材料的性能符合原设计的要求,可按原设计的规定取值。同时,为了保证计算参数的统一,结构后加部分的材料也应按原设计规范的规定取值。

试问,针对上述说法正确性的判断,下列何项正确?

- (A) I、II、III、IV均正确 (B) I、II、III正确,IV错误
(C) II、III、IV正确, I 错误 (D) I、III、IV正确, II 错误

(二) 预备知识

既有结构为所有权移交后已投入使用的结构。一方面,随着社会的发展,既有建筑越来越多,其使用年限不断增长,越来越多的建筑需要提升其使用功能,进行改建、扩建,在此过程中,需要对其结构进行检测鉴定和再设计;另一方面,在建筑的设计服役期内,由于受到环境的作用,结构构件的性能可能会退化,其安全性和正常使用性可能降低,或受到偶然作用而遭受一定程度的损伤或破坏。需要对结构进行加固处理,这时也必须对结构进行检测鉴定和再设