

水工钢筋混凝土结构

陈礼和◎主编

周 氏◎主审

自学指导

河海大学出版社



TV332

4

水工钢筋混凝土结构 自学指导

SHUIGONG GANGJIN HUNNINGTU JIEGOU ZIXUE ZHIDAO

陈礼和 主编
周 氏 主审

河海大学出版社
·南京·

图书在版编目(CIP)数据

水工钢筋混凝土结构自学指导/陈礼和主编. —南京:河海大学出版社,2004.8

ISBN 7-5630-2012-8

I. 水... II. 陈... III. 水工结构:钢筋混凝土结构—高等教育:自学参考资料 IV. TV332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 083342 号

主 编 陈礼和
审 主 顾 凤

书 名/水工钢筋混凝土结构自学指导
书 号/ISBN 7-5630-2012-8/TU·64
责任编辑/周 萍
封面设计/杭永鸿
出 版/河海大学出版社
地 址/南京市西康路1号(邮编:210098)
电 话/(025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)
经 销/江苏省新华书店
印 刷/河海大学印刷厂
开 本/787毫米×1092毫米 1/16 12.25印张 310千字
版 次/2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷
印 数/1~3000册
定 价/20.00元(册)

编者说明

由河海大学主编的《水工钢筋混凝土结构学》曾分别获国家教委全国高校优秀教材奖和原水电部优秀教材一等奖。长期以来都作为高等学校水利类专业的统编教材。目前,与土木建工类专业的钢筋混凝土结构教材配套的各类参考书、自学指导书已出版了许多,但水工钢筋混凝土结构教材至今尚无一本便于自学的指导书。考虑到实行新的教学计划后,课内学时进一步压缩,同学们在课后非常需要一本能帮助他们复习、巩固、提高的参考书。为培养同学们的自学能力,配合精品课程的建设,我们编写了这本《水工钢筋混凝土结构自学指导》。

本书具有如下一些特色:

1. 本书的章节编排与统编教材《水工钢筋混凝土结构学》(第三版)完全一致,书后附有水工钢筋混凝土结构教学大纲,这样学习时目标明确,针对性强。
2. 每一章分为学习指导、综合练习、设计计算等三个单元。

在“学习指导”单元中,又列有“本章主要内容及学习要求”、“本章的难点及学习时应注意的问题”等几个部分。其中“本章主要内容及学习要求”按照教学大纲要求,介绍了教材的基本内容和不同内容的不同教学要求。对基本概念及计算理论分别给出了“了解”、“理解”及“深刻理解”等三个层面的要求,对结构构件的具体设计方法和配筋构造细节则分别给出“了解”、“掌握”及“熟练掌握”等三个不同层面的要求,以便于同学们在自学时抓住重点。在“本章的难点及学习时应注意的问题”中,对自学中可能感到不易理解的部分作了深入浅出的分析,使同学们在学习时更易掌握问题的实质,从而收到事半功倍的效果。同时对钢筋混凝土结构设计方法的发展现状以及原教材中未能及时反映的情况适当作出提示,以便同学们在今后参加实际工程设计时加以注意。

在“综合练习”单元中,附有大量的练习题,分别给出填空题、选择题、问答题等几种题型。其中填充题的答案基本上可在教材中直接找到,是用来帮助同学们复习所学过的主要内容,是最基本的要求;选择题则需作一些思考,经判别后才能给出正确答案;而问答题是为了考查同学们分析问题及解决问题的能力。对于有一定难度的选择题及问答题,以“△”号表示,此外还有部分相当于研究生入学考试水平的题目,用“☆”号表示,以适应不同类型同学的需求。同学们可以根据答题的情况,判断自己掌握本门课程的程度。

所有的填充题、选择题及问答题在书中均附有参考答案。

各章最后所附的设计计算题用于课后习题。我们有针对性地选择了不同题目,其中有些选自工程实例,有些带“☆”号的题目则有一定难度,可供考研同学用作复习参考。教师可根据教学要求,从中选取部分题目作为课后的作业。

3. 钢筋混凝土教材与其他教材有很大的不同,即有规范性。《水工钢筋混凝土结构学》教材是依据《水工混凝土结构设计规范》(SL/T191—96)编写的。适用于工业与民用建筑的《混凝土结构设计规范》于2002年推出了最新版本(GB50010—2002),与水工规范相比较有许多不一致的地方。同时,代表国际混凝土研究领域发展水平的美国《混凝土结构设计规范》也于

99年推出了最新版本(ACI318M-99)。作为当代大学生,有必要了解钢筋混凝土研究领域的最新发展动态,为此,在本书中专门列出一章介绍了这二本规范的特点,并着重从实用设计表达式、受弯构件正截面及斜截面承载力计算、偏心受压构件正截面承载力计算及正常使用极限状态的验算等几个方面,分析了这二本规范与我国水工混凝土结构设计规范的不同之处。这对同学们来说,既可开拓眼界,扩大知识面,也可为今后的进一步发展或从事不同领域的工作打下良好的基础。

4. 钢筋混凝土课程还有一大特点是它的实践性。对于水利类专业而言,学完《水工钢筋混凝土结构学》后往往要作1.5~2周的课程设计。为此我们从工程实例中挑选了一部分素材,分别编写了“钢筋混凝土肋形楼盖设计”、“水工钢筋混凝土工作桥设计”等课程设计资料,附在自学指导书中,可根据不同专业、不同学时要求自由选取,以适应增强实践性教学环节的需要。参加本书编写的有刘瑞教授、康清梁教授、汪基伟教授、陈礼和副教授、丁晓唐副教授、汪洋君讲师。全书由陈礼和主编。周氏教授主审。

在本书编写过程中,参考了已出版的相关的多种教学参考用书,从中吸收了他们的编写经验,在此谨表谢意。

限于水平,本书必然存在不少缺点和错误,恳请读者及时指正。

本书在编写过程中,参考了已出版的相关的多种教学参考用书,从中吸收了他们的编写经验,在此谨表谢意。限于水平,本书必然存在不少缺点和错误,恳请读者及时指正。

本书在编写过程中,参考了已出版的相关的多种教学参考用书,从中吸收了他们的编写经验,在此谨表谢意。限于水平,本书必然存在不少缺点和错误,恳请读者及时指正。

本书在编写过程中,参考了已出版的相关的多种教学参考用书,从中吸收了他们的编写经验,在此谨表谢意。限于水平,本书必然存在不少缺点和错误,恳请读者及时指正。

目 录

编者说明	1
第一章 钢筋混凝土结构的材料	1
学习指导	1
综合练习	3
第二章 钢筋混凝土结构设计计算原理	8
学习指导	8
综合练习	11
设计计算	13
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	15
学习指导	15
综合练习	17
设计计算	25
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	31
学习指导	31
综合练习	33
设计计算	37
第五章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	40
学习指导	40
综合练习	43
设计计算	48
第六章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	51
学习指导	51
综合练习	52
设计计算	54
第七章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	55
学习指导	55
综合练习	57
设计计算	59
第八章 钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算	60
学习指导	60
综合练习	62
设计计算	65
第九章 钢筋混凝土肋形结构及刚架结构	67
学习指导	67

综合练习	71
设计计算	76
第十章 预应力混凝土结构	80
学习指导	80
综合练习	83
设计计算	91
第十一章 钢筋混凝土构件的抗震设计	96
I 学习指导	96
I 综合练习	97
第十二章 钢筋混凝土结构设计计算中的若干问题	99
8 学习指导	99
8 综合练习	101
II 设计计算	102
第十三章 混凝土结构设计规范(GB50010—2002)及美国混凝土结构设计规范	
(ACI318M—99)简介	103
21 第一节 混凝土结构设计规范(GB50010—2002)简介	103
21 第二节 美国混凝土结构设计规范(ACI318M—99)简介	108
第十四章 水工钢筋混凝土结构课程设计	112
12 第一节 钢筋混凝土单向板整浇肋形楼盖课程设计任务书	112
12 第二节 肋形楼盖设计参考资料	115
12 第三节 水闸工作桥设计任务书	119
12 第四节 水闸工作桥设计参考资料	121
《水工钢筋混凝土结构学》课程教学大纲	135
参考答案	141

第一章 钢筋混凝土结构的材料

学习指导

一、本章主要内容及学习要求

本章讨论了构成钢筋混凝土的钢筋和混凝土这两种材料的物理和力学性能及两者之间的粘结作用。通过本章学习应着重理解这两种材料的特点,它们在钢筋混凝土结构中的作用,和钢筋混凝土结构对这两种材料性能的相应要求。本章是学习后续各章的基础。

读者在学习本章时可参阅“建筑材料”课程的有关内容。

本章主要内容及学习要求叙述如下。

(一) 钢筋的品种和力学性能

1. 钢筋的种类和级别

钢筋混凝土结构(指普通钢筋混凝土结构,不包括预应力混凝土结构,以下同)中常用钢筋为热轧Ⅲ级钢(HRB400),热轧Ⅱ级钢(HRB335)和热轧Ⅰ级钢(HPB235)。按化学成分分,热轧Ⅰ级钢为碳素钢中的低碳钢,热轧Ⅱ级和热轧Ⅲ级钢均为普通低合金钢。按表面形状分,热轧Ⅰ级钢为光面钢筋,热轧Ⅱ级和热轧Ⅲ级钢均为变形钢筋。

预应力混凝土结构中常用钢材主要有钢绞线、高强钢丝和热处理钢筋三类。详见第十章。

以上内容需要熟练掌握。

除上述钢筋种类外,教科书中提到的其他种类钢筋已不常用。

2. 钢筋的力学性能

钢筋按其力学性能可分为软钢、硬钢和冷拉钢筋三种,其中冷拉钢筋抗拉屈服强度得到一定提高,但冷拉后流幅缩短,伸长率也大幅度减小,这将大大降低钢筋的综合性能,所以工程上已基本不用。

钢筋混凝土结构中所常用的热轧Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级钢均为软钢,它们从开始加载到拉断,有弹性阶段、屈服阶段、强化阶段和破坏阶段四个阶段。钢筋应力达到屈服强度后钢筋屈服,出现很大的变形,工程上不能允许,所以软钢的受拉强度限值以屈服强度为准,钢筋的强化阶段只作为一种安全储备。软钢有良好的塑性变形性能,伸长率较大,冷弯性能也较好。

预应力混凝土结构中所常用的钢绞线、高强钢丝和热处理钢筋均为硬钢。它们强度高,但塑性较差,从加载到拉断没有屈服阶段,在计算中以协定流限作为强度标准。

在学习时需着重掌握常用的热轧Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级钢筋所属软钢的力学性能;也应掌握预应力混凝土中常用钢绞线、钢丝和热处理钢筋所属硬钢的力学性能。

3. 钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求

对钢筋混凝土结构,要求钢筋具有较高的强度,但不宜太高,以热轧Ⅲ级、Ⅱ级和Ⅰ级为宜;同时要求钢筋具有良好的塑性、良好的焊接和加工性能以及与混凝土有良好的粘结。

要深刻认识对钢筋为什么有这些要求。

对预应力混凝土结构中钢筋的要求见第十章。

(二) 混凝土的物理力学性能

混凝土是由水泥、骨料及水按一定配合比组成的人造石材,其内部结构复杂,因此力学性能也极为复杂。

混凝土的力学性能主要包括两部分,一是混凝土的强度,另一是混凝土的变形。

1. 混凝土的强度

这部分包括:混凝土立方体抗压强度及强度等级;混凝土的轴心抗压强度和轴心抗拉强度及其与立方体抗压强度的关系;混凝土在复合应力下的强度;影响混凝土强度的因素;钢筋混凝土结构对混凝土强度等级的要求。

2. 混凝土的变形

这部分包括:混凝土在一次短期加载时的应力-应变曲线;混凝土在重复荷载作用下的应力-应变曲线;混凝土的弹性模量和极限变形;混凝土在长期荷载作用下的变形——徐变;混凝土的温度变形和干湿变形。

这部分内容比较多,应分清主次。

对于混凝土的强度,混凝土的立方体抗压强度是混凝土的基本强度指标,并根据它来确定混凝土强度等级,要弄清它的定义、作用、影响因素及与其他强度指标的关系。对于复合应力下混凝土的强度,主要掌握二向应力状态时的强度和三向受压状态对混凝土强度及变形的影响。

对于混凝土的变形,重点掌握混凝土在一次短期加载时的应力-应变关系。混凝土徐变和干缩等对大体积水工混凝土建筑物有重大影响,要弄清它们产生的原因,影响因素,以及徐变对工程的影响等。

章(三) 钢筋与混凝土之间的粘结

这部分内容包括:钢筋与混凝土之间粘结的重要性;钢筋与混凝土之间粘结力的构成及影响因素;钢筋的锚固与接头。

要清楚理解钢筋与混凝土的粘结是两者能共同作用的基础。掌握粘结力的构成和影响因素及保证钢筋可靠锚固的措施。

二、本章的难点及学习时应注意的问题

(1) 本章所学习的材料中,混凝土性质复杂,它的强度与试件的形状、大小,试件端面是否涂油,试验时的加载速度,养护条件等都有关系,要弄清其中的道理。混凝土应力-应变关系是非线性的,要注意它的影响因素以及在实用上如何对材料的应力-应变关系加以适当简化。

(2) 对于普通钢筋混凝土结构中的钢筋,既要求它强度比较高,但又不能太高。钢筋强度高,可以节约钢材,降低造价,但又不能太高,否则这些高强钢筋用作受拉钢筋时,在正常使用时会使裂缝过宽,而用作受压钢筋时,又受混凝土极限压应变的限制,破坏时不能充分利用其强度。要深刻弄清这个道理。

(3) 混凝土在复合应力下的强度对理解混凝土结构的性能有重大作用,例如为什么混凝土立方体抗压强度大于混凝土轴心抗压强度,为什么螺旋箍筋柱的抗压能力大于普通箍筋柱的抗压能力等。学习时要努力运用这方面的知识去说明有关的现象。

(4) 混凝土的徐变是本章又一个难点。要理解它的产生原因和影响因素。着重掌握它在工程中的影响。

本章学习中还有几个问题需要注意。

(1) 在普通钢筋混凝土结构中我国以前主要采用热轧Ⅰ级钢和热轧Ⅱ级钢(分别相当于HPB235和HRB335),近年来又大力提倡采用热轧Ⅲ级钢(HRB400),要弄清这个道理。要看到我国以前所用热轧Ⅰ、Ⅱ级钢筋强度低于世界一般水平(如美国采用屈服强度为420 MPa的钢筋,英国采用屈服强度为460 MPa的钢筋),而在容许范围内采用强度尽可能高的钢筋是节约钢筋,降低造价的一个有效措施。教材中有些提法已不合适,如说Ⅲ级钢用于普通钢筋混凝土结构会使裂缝开展很宽,因此常经过冷拉后用作预应力钢筋等。教材中对冷拉钢筋的一些提法也不合适,冷拉钢筋虽能提高强度,但却大大增加了脆性,使总的材性变坏,目前工程上已很少采用。冷轧带肋钢筋主要是因为过去没有细的热轧钢筋生产,而不得已采用的,目前细直径热轧钢筋已大量生产,故冷轧带肋钢筋现在也不常用。这些学习时应予注意。

(2) 软钢的强度主要有屈服强度和极限强度。在设计钢筋混凝土结构时以屈服强度作为软钢抗拉强度的限值。相应的硬钢则以“协定流限” $\sigma_{0.2}$ 作为强度取值标准。钢筋受拉受压性能基本相同,但在钢筋混凝土结构中钢筋受压时的强度还受到混凝土极限压应变的限制,此点应予注意。

(3) 钢筋和混凝土之间的粘结是保证两者共同受力的基础。要理解影响两者粘结的主要因素,并逐步掌握保证钢筋可靠锚固的各种构造措施。

(4) 钢筋的连接也是一个重要问题。钢筋的连接有三种:绑扎搭接、焊接和机械连接。钢筋接头处既要保证足够的强度,又要保证足够的刚度和良好的恢复性能。从这三个方面综合考虑,钢筋接头处的性能总比不上非接头处。因此在工程上钢筋接头施工质量要十分重视,并且接头要适当分散。

综合练习

一、填空题

1. 热轧钢筋是将钢材在_____,下轧制而成的。根据其_____,分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个级别。其中_____三个级别为钢筋混凝土结构中的常用钢筋。
2. 钢筋按化学成分的不同,分为碳素钢和普通低合金钢两大类。其中_____属于碳素钢,_____属于普通低合金钢。
3. 钢筋按其外形分为_____和_____两类。
4. 建筑用钢筋要求有_____,_____以及_____性能,并与混凝土_____。
5. 钢筋按力学的基本性能来分,可分为:①_____,②_____,③_____。
6. 软钢从开始加载到拉断,有_____阶段,即_____,_____阶段。
7. _____是软钢的主要_____指标。软钢钢筋的_____以它为准。
8. 钢筋拉断时的应变称为_____,它标志钢筋的_____。
9. 硬钢_____高,但_____差。基本上不存在_____阶段。计算中以_____作为强度标准。
10. 混凝土立方体抗压强度是混凝土_____力学指标。它是由边长为150 mm的立方

体标准试件测定的。当试件尺寸小于 150 mm 时测得的强度比标准试件测得的强度来得低。试验时加载速度对强度也有影响,加载速度越慢则强度越高。

11. 试验表明, f_c 与 f_{cu} 大致成正比, f_c/f_{cu} 比值平均为 0.76, 考虑到试件与实际结构构件的差别等因素, 规范偏安全取用 $f_c = 0.76 f_{cu}$ 。

12. 混凝土轴心抗拉强度 f_t 仅相当于 f_{cu} 的 1/10。 f_t 与 f_{cu} 不成正比, 当 f_{cu} 越大时 f_t/f_{cu} 的比值越低。

13. 双向受压时混凝土的强度比单向受压的强度高。双向受拉时混凝土的强度与单向受拉强度相等。一向受拉一向受压时, 混凝土的抗压强度随另一向的拉应力的增大而降低。

14. 三向受压时混凝土一向的抗压强度随另二向压应力的增大而提高, 并且提高的幅度也可以很大。

15. 混凝土的变形有两类: 一类是由外荷载作用而产生的弹性变形; 一类是由温度、收缩等引起的体积变形。

16. 由混凝土一次短期加载的受压应力-应变曲线可以看到:

(1) 当应力小于其极限强度的 40% 时, 应力-应变关系接近直线;

(2) 当应力继续增大, 应力-应变曲线就逐渐弯曲, 呈现出非线性;

(3) 当应力达到极限强度时, 试件表面出现与加载方向垂直的裂缝, 试体开始破坏。

17. 影响混凝土应力-应变曲线形状的因素很多。混凝土强度越高, 曲线就越平缓, ϵ_{cu} 也越大。

18. 混凝土的强度越高, 它的初始弹性模量就越大。

19. 混凝土均匀受压时的极限压应变一般可取为 0.002, 受弯或偏心受压时的极限压应变大多在 0.0015~0.0025 范围内。混凝土受拉极限应变一般可取为 0.001。

20. 混凝土在荷载长期持续作用下, 应变不变, 混凝土也会随着时间而增长, 这种现象, 称为混凝土的徐变。

21. 试验指出, 中小结构混凝土的最终徐变可达初始应变的 2~3 倍。

22. 产生徐变的原因是: 混凝土的收缩和混凝土的蠕变。

23. 徐变与加载龄期有关, 加载时混凝土龄期越长, 徐变越小。

24. 混凝土的干缩是由于混凝土中水分蒸发或混凝土中水分被吸收而引起。外界湿度越低, 水泥用量越大, 水灰比越大, 干缩也越大。

25. 钢筋和混凝土两种材料能组成复合构件共同受力的基本前提是: 钢筋与混凝土之间具有足够的粘结力。

26. 钢筋与混凝土之间的粘结力主要由以下三部分组成: 化学胶结力、摩擦力和机械咬合力。

27. 影响粘结强度的因素, 除了钢筋的表面情况以外, 还有混凝土的强度。

28. 锚固长度 l_a 可根据钢筋的抗拉强度、混凝土的强度及钢筋的直径等条件确定。

29. 为了保证光面钢筋的锚固, 规范规定光面钢筋末端必须做成弯钩。

30. 接长钢筋有三种办法: 绑扎搭接、焊接和机械连接。

二、单项选择题

1. 钢筋混凝土结构中常用钢筋是 (C)。

A. 热轧Ⅰ级 B. 热轧Ⅰ,Ⅱ级

C. 热轧Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ级 D. 热轧Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ级

2. 热轧钢筋的含碳量越高,则()。

A. 屈服台阶越长,伸长率越大,塑性越好,强度越高

B. 屈服台阶越短,伸长率越小,塑性越差,强度越低

C. 屈服台阶越短,伸长率越小,塑性越差,强度越高

D. 屈服台阶越长,伸长率越大,塑性越好,强度越低

3. 硬钢的协定流限是指()。

A. 钢筋应变为 0.2% 时的应力

B. 由此应力卸载到钢筋应力为零时的残余应变为 0.2%

C. 钢筋弹性应变为 0.2% 时的应力

4. 混凝土各种强度指标的数值大小次序如下()。

A. $f_{\text{cuk}} > f_c > f_{\text{ck}} > f_t$

B. $f_c > f_{\text{ck}} > f_{\text{cuk}} > f_t$

C. $f_{\text{ck}} > f_c > f_{\text{cuk}} > f_t$

D. $f_{\text{cuk}} > f_{\text{ck}} > f_c > f_t$

5. 混凝土的强度等级是根据混凝土的()确定的。

A. 立方体抗压强度设计值

B. 立方体抗压强度标准值

C. 立方体抗压强度平均值

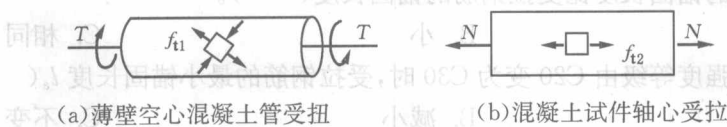
D. 具有 90% 保证率的立方体抗压强度

△6. 混凝土强度等级相同的两试件在图 1-1 所示受力条件下,破坏时 f_{t1} 和 f_{t2} 的关系是()。

A. $f_{t1} > f_{t2}$

B. $f_{t1} = f_{t2}$

C. $f_{t1} < f_{t2}$



(a) 薄壁空心混凝土管受扭

(b) 混凝土试件轴心受拉

图 1-1 两组试件受力条件

△7. 图 1-2 所示受力条件下的三个混凝土强度等级相同的微元体,破坏时 σ_1 , σ_2 , σ_3 绝对值的大小顺序为()。

A. $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$

B. $\sigma_1 > \sigma_3 > \sigma_2$

C. $\sigma_2 > \sigma_1 > \sigma_3$

D. $\sigma_2 > \sigma_3 > \sigma_1$

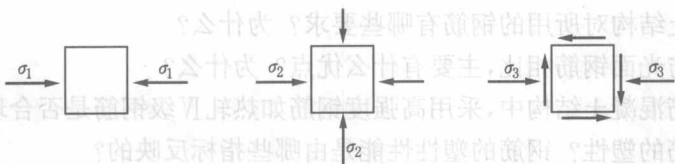


图 1-2 微元体受力条件

△8. 柱受轴向压力的同时又受有水平剪力,此时混凝土的抗压强度()。

A. 随水平剪力的增大而增大

B. 随水平剪力的增大而减小

C. 水平剪力变动时,混凝土抗压强度不变

9. 混凝土强度等级越高,则其 $\sigma-\epsilon$ 曲线的下降段()。

A. 越陡峭

B. 越平缓

C. 无明显变化

10. 混凝土极限压应变值随混凝土强度等级的提高而()。
- A. 减小 B. 提高 C. 不变
11. 混凝土的水灰比越大,水泥用量越多,则徐变及收缩值()。
- A. 越大 B. 越小 C. 基本不变
- △12. 钢筋混凝土轴心受压构件中混凝土的徐变将使()。
- A. 钢筋的应力减小,混凝土的应力增大 B. 钢筋的应力增大,混凝土的应力减小
C. 两者应力不变化
- ☆13. 对称配筋的钢筋混凝土构件,两端固定,由于混凝土干缩(未受外荷载)将使()。
- A. 混凝土产生拉应力,钢筋产生压应力 B. 混凝土产生拉应力,钢筋中无应力
C. 混凝土和钢筋中均无应力 D. 钢筋产生拉应力,混凝土产生压应力
- △14. 在室外预制一块钢筋混凝土板,养护过程中发现其表面出现微细裂缝,其原因应该是()。
- A. 混凝土与钢筋热胀冷缩变形不一致 B. 混凝土徐变变形
C. 混凝土干缩变形
15. 受拉钢筋锚固长度 l_a 和受拉钢筋绑扎搭接长度 l_l 的关系是()。
- A. $l_a > l_l$ B. $l_a = l_l$ C. $l_a < l_l$
16. 为了保证钢筋的粘结强度的可靠性,规范规定()。
- A. 所有钢筋末端必须做成半圆弯钩
B. 所有光面钢筋末端必须做成半圆弯钩
C. 受拉的光面钢筋末端必须做成半圆弯钩
17. 受压钢筋的锚固长度比受拉钢筋的锚固长度()。
- A. 大 B. 小 C. 相同
18. 当混凝土强度等级由 C20 变为 C30 时,受拉钢筋的最小锚固长度 l_a ()。
- A. 增大 B. 减小 C. 不变

三、问答题

- 常用钢筋有哪几种?各用什么符号表示?按表面形状它们如何划分?
- 常用钢筋是否都有明显的屈服极限?设计时它们取什么强度作为设计的依据?为什么?
- △3. 钢筋混凝土结构对所用的钢筋有哪些要求?为什么?
4. 变形钢筋与光面钢筋相比,主要有什么优点?为什么?
- △5. 在普通钢筋混凝土结构中,采用高强度钢筋如热轧Ⅳ级钢筋是否合理?为什么?
6. 什么是钢筋的塑性?钢筋的塑性性能是由哪些指标反映的?
7. 试画出软钢和硬钢的应力-应变曲线,说明其特征点。并说明设计时分别采用什么强度指标作为它们的设计强度。
8. 混凝土强度指标主要有几种?哪一种基本的?各用什么符号表示?它们之间有何数量关系?
- △9. 为什么 f_c 小于 f_{cu} ?
- △10. 画出混凝土一次短期加载的受压应力-应变曲线。标明几个特征点,并给出简要说明。

△12. 混凝土应力-应变曲线中的下降段对钢筋混凝土结构有什么作用?

14. 什么是混凝土的徐变？混凝土为什么会发生徐变？

16. 徐变对钢筋混凝土结构有什么有利和不利的影响?

☆18. 钢筋混凝土梁如图 1-3 所示。试分析当混凝土产生干缩和徐变时梁中钢筋和混凝土的应力变化情况。

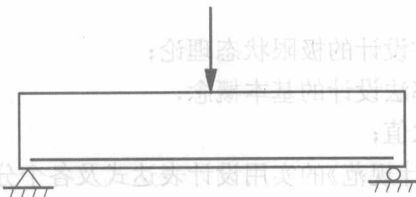


图 1-3 钢筋混凝土梁

20. 变形钢筋和光面钢筋粘结力组成有何异同?

第二章 钢筋混凝土结构设计计算原理

学习指导

一、本章主要内容及学习要求

本章主要讨论工程结构设计的基本原则,为以后的各基本构件的设计计算奠定有关结构可靠(安全)性方面的基础。

本章的内容有四个方面:

- (1) 钢筋混凝土结构构件设计的极限状态理论;
- (2) 结构构件按近似概率法设计的基本概念;
- (3) 荷载及材料强度的取值;
- (4) 《水工混凝土结构设计规范》的实用设计表达式及各个分项系数的确定。

上述内容的学习要求各有不同。

1. 极限状态设计理论

这一部分的内容不多,也比较容易理解。但必须做到:

(1) 把传统的设计方法(也就是材料力学课程中学习到的匀质弹性体的容许应力法)与极限状态设计理论之间本质上有何不同弄清楚。

(2) 把承载能力极限状态与正常使用极限状态两者的不同点区别清楚。

(3) 还应明白,保证结构构件在使用期间不出现承载能力极限状态是结构安全的前提,因此对任何结构构件都必须进行承载能力极限状态的计算,它所要求的可靠度水平相对要高一些。而正常使用极限状态则是在满足承载力条件前提下的附加验算,即使满足不了,也只是影响结构的正常使用及影响结构的耐久性能,而不致危及结构的安全,所以它所要求的可靠度水平当然可低一些。

(4) 还应清楚,某些水工建筑,由于稳定性和使用上的要求,构件的截面尺寸一般用得比较大,很容易满足变形的要求,因此在实际设计中并不需要对所有构件都进行变形验算。对于承受水压力的水工混凝土结构,裂缝的存在将严重影响其耐久性,所以必须根据不同的使用条件,进行抗裂(不允许裂缝发生)或限制裂缝宽度的验算。

2. 近似概率设计法

这部分内容是本章中最为复杂和难懂的部分。同学们在学习时应着重了解下列几点:

(1) 传统的工程设计方法(如容许应力法或破损阶段法)常采用一个安全系数 K 来表示结构的安全度。这个“单一的安全系数”俗称为“大老 K ”,它是以传统经验为基础确定的。同时还把一些影响结构安全的因素(如荷载、构件尺寸等)都看成为“定值”(确定的值)处理,这是一种定值设计概念。

(2) 实际上影响结构安全的诸多因素并不是定值而是随机变量。当将荷载效应 S 和构件抗力 R 都看作为随机变量后,衡量结构安全(可靠)度的比较合理的方法就是求出 $R < S$ 出现

的概率(即失效概率) p_f 。

(3) 与 p_f 对应的是可靠指标 β , 所以也可用 β 值来衡量结构的可靠度。

(4) 对于不同概率分布的随机变量, 求 β 的公式是不同的。对公式的推导过程不必死记, 只要求了解其概念就可以了。

(5) 求得的 β 值应不小于目标可靠指标 β_T 。 β_T 是由原规范“校准”得出的, 也就是认为原规范所具有的可靠度水平在总体上是合适的。所以由 $\beta \geq \beta_T$ 所反映出的结构可靠度水平与原规范(采用单一安全系数表示的)的安全度在总体上是相当的。

(6) 应该对极限状态方程、荷载效应 S 、结构构件抗力 R 、失效概率 p_f 、可靠指标 β 、目标可靠指标 β_T 等概念有正确的了解。

3. 荷载与材料强度的取值

荷载与材料强度的正确取值关系到今后的设计计算。所以必须透彻地弄清下列几点:

(1) 荷载的分类, 即永久荷载、可变荷载、偶然荷载;

(2) 荷载的标准值、组合值和准永久值的区别和应用;

(3) 混凝土立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k}$ 就是混凝土强度等级, $f_{cu,k}$ 所具有的保证率是 95%, $f_{cu,k}$ 与立方体强度平均值 $\mu_{f_{cu}}$ 的关系是 $f_{cu,k} = \mu_{f_{cu}} - 1.645\sigma_{f_{cu}}$;

(4) 由 $f_{cu,k}$ 如何推求出混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck} 和混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{tk} ;

(5) 钢筋强度标准值 f_{yk} (或 f_{stk}) 的确定方法, 它们各自的保证率为多少。

4. 《水工混凝土结构设计规范》的实用设计表达式

这一部分是本章中最重要也是最实用的部分, 必须切实理解和掌握。

(1) 由于用近似概率法推求可靠指标 β 十分复杂, 并且需要获得每个随机变量的大量统计信息才能运算, 所以无法直接在工程设计中应用。规范就采用了实用的设计表达式, 表达式中包含了多个分项系数。设计人员只要正确地按规范给出的分项系数数值代入表达式, 所设计出的结构构件, 其隐含的可靠指标 β 值在总体上能满足 $\beta \geq \beta_T$ 的条件。

(2) 水工规范采用了 5 种分项系数, 分别是结构重要性系数 γ_0 , 设计状况系数 ψ , 荷载分项系数 γ_G 和 γ_Q , 材料强度分项系数 γ_c 和 γ_s 以及结构系数 γ_d 。这 5 种系数的符号应牢牢记住, 其含义应充分理解, 其数值应能正确掌握。其中 γ_0 , ψ , γ_d 三个, 数值简单, 可以很快记住。材料强度设计值为材料强度标准值除以材料强度分项系数, 规范已直接给出了混凝土和钢筋的强度设计值, 因此系数 γ_c 和 γ_s 可以不必去记。剩下的只有荷载分项系数 γ_G , γ_Q 比较麻烦, 必须根据规范的规定正确取值。

(3) 对承载能力极限状态和正常使用极限状态的实用设计表达式, 即教材式(2-33)~式(2-37), 要求能自己写出来, 对其中每一符号应能正确书写与理解。

(4) 在本章, 只讨论设计表达式中的 $\gamma_0\psi S$ 部分, 也就是“荷载效应”部分。要求能正确并较熟练地计算 $\gamma_0\psi S$, 请详阅教材例题并完成本章的计算题。

二、本章的难点及学习时应注意的问题

本章的难点主要有以下几个方面:

(1) 与材料力学中传统的设计方法(容许应力法)相比, 本章的内容是全新的。必须正确地建立起极限状态设计理论的新概念。

(2) 由传统的“定值概念”转变为“概率设计理论”是本章难点之一。必须理解影响结构可靠性的各个因素(荷载、材料强度、结构几何尺寸、计算公式、计算简图等等)绝大多数是随机变

量而不是定值。所以,结构构件的抗力 R 和荷载效应 S 都是随机变量,因此,比较合理的思路是求出 $R < S$ 时的失效概率 p_f 。

(3) 用近似概率法推求可靠指标 β 是本章中的最大难点。但对于 p_f 与 β 公式的推导过程只要求有一般性的了解。

在本节中有许多新名词与新概念,如设计基准期、荷载效应、抗力、极限状态方程、失效概率、可靠指标、目标可靠指标等等,对它们的基本概念应该正确掌握。

(4) 水工规范的实用表达式中有五种分项系数。其中只有荷载分项系数 γ_G, γ_Q 的取值比较麻烦一点,这主要是由于《水工建筑物荷载设计规范》(DL5077—1997)把各个荷载的分项系数定得过复杂,有的取值偏低太多。使得《水工混凝土结构设计规范》不得不采用“保底”的办法加以处理,即对于可变荷载, γ_Q 的取值不得低于 1.20(或 1.10)。关于这一点必须弄得十分明白。不能不说,这一点也正是水工规范的一个重大遗憾。

(5) 结构系数 γ_d 是水工规范中所独有的,其他行业规范都不设 γ_d 。这是因为其他行业规范中把一些影响结构安全的其他因素,如荷载效应的计算模式的不定性等都归在荷载分项系数 γ_G, γ_Q 中了,所以,它们的 γ_G, γ_Q 取值就比较高($\gamma_G = 1.20, \gamma_Q = 1.40$);而水工规范 γ_G, γ_Q 是针对荷载本身的变异性而设的,是真正意义上的超载系数,取值比较低($\gamma_G = 1.05, \gamma_Q = 1.20$),而另外增设了一个结构系数,用来考虑除了荷载和材料强度以外的其他因素对安全度的影响。这一不同的处理方法必须弄清楚,否则会造成混乱和差错。结构系数 γ_d 的设立在概念上是比较合理和稳妥的,也就是说,它把目前尚不能用概率统计方法处理的但又确实影响结构安全的一些因素不是勉强地用概率方法去处理,而是仍保留在这一个“小安全系数”之中。

在学习本章时还有几个问题需要注意。

(1) 钢筋混凝土计算理论经历了“容许应力法”、“破损阶段法”到“极限状态法”的发展过程。由于极限状态法能全面衡量结构的功能,所以目前已为大多数国家的混凝土结构设计规范所采用,而且设计表达式也大多采用多个分项系数的形式。但是这个多系数的极限状态计算的基础并不一定就是近似概率法(水准Ⅱ),不少国家分项系数仍然是根据传统工程经验定出的。

在我国,几乎所有教材都声称我国目前的混凝土结构设计规范已达到水准Ⅱ。但实际上大部分荷载还没有实用意义上的概率统计资料;把荷载的变异性直接作为荷载效应的变异性,也是一种极为粗略的简化;不顾国情地把设计施工中许多人为错误,在结构可靠度分析中一概不予考虑……,这些都会严重地影响结构实际的可靠度,而这些也都是目前近似概率法所无法解决的。所以,不去过分强调规范的水准Ⅱ水平也许是恰当的。

(2) 规范所采用的目标可靠指标 β 是在对原规范“校准”的基础上得出的。这就是说,现行规范所具有的可靠(安全)度水平在总体上是与原规范相当的。而我们知道原规范正是在我国经济发展迟缓,相对比较困难时期制定的,其安全度水平远远低于国际水平。当前,在设计中适当提高安全度水平已是工程界的共识,这是我们学习本章内容以及今后参加实际工程设计时应该加以注意的。

(3) 我国各行业的设计规范虽都采用了多系数的极限状态设计表达式,但采用的分项系数及系数的取值各有不同,这是要十分注意的,各规范的系数必须自身配套使用,不能彼此混用。有关不同规范的对比可参阅本书第十三章。