

水工混凝土结构 例题习题与设计

朱海堂 王 博 主编



黄河水利出版社

水工混凝土结构例题习题与设计

朱海堂 王 博 主编

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

水工混凝土结构例题习题与设计/朱海堂,王博主编.
郑州:黄河水利出版社,1998.8
ISBN 7-80621-230-2

I.水… II.①朱… ②王… III.水工结构;钢筋混凝土结构-高等学校-教学参考资料 IV.TV332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 22843 号

责任编辑:吕洪予

责任校对:赵宏伟

责任印制:郭琦

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层

邮编:450003

印刷:黄委会设计院印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

版别:1998年8月 第1版

印次:1998年8月 郑州第1次印刷

印张:9.50

印数:1-2100

字数:219千字

定价:14.50元

前 言

本书系根据高等学校水利水电类专业教学大纲要求,配合由河海大学等四校合编的《水工钢筋混凝土结构学》(第三版)教材,并依据1996年新颁布的《水工混凝土结构设计规范(SL/T191-96)》编写的,供高校水利水电类专业在校学生学习时使用,也可供有关专业技术人员学习新规范时参考。

本书按内容形式编排为四章。第一章为课程内容要点及思考题,目的是使学生了解课程各章重点内容,加深理解基本概念和基本理论,以帮助学生自学和复习;第二章为基本构件典型计算示例,帮助学生加深理解结构设计原理,掌握基本计算方法和步骤;第三章为标准化习题,包括填空、是非判断、单项选择、多项选择和计算等大量习题及综合性练习,供学生练习和自测;第四章为课程设计指导,按教学大纲要求编写了肋形结构设计和渡槽结构设计两个典型课程设计的任务书及设计实例或设计指导,为学生进行课程设计提供设计方法和参考资料。

鉴于有关计算原理已在教材中阐述,本书仅在第三章中列出基本计算公式,以达到承前启后的目的。限于篇幅,本书后附录仅列有等跨连续板梁承受集中荷载时的弯矩与剪力计算系数表,其它有关设计计算用表可查阅教材或有关资料。

本书由郑州工业大学朱海堂、王博、张启明及商丘市水利勘测设计院贾美贞合作编写。编写分工:第一章朱海堂;第二章朱海堂、张启明、贾美贞;第三章朱海堂、王博;第四章王博;附录朱海堂。全书由朱海堂、王博主编,郑州工业大学高丹盈教授主审。

编者力求本书能够解决学习中的具体问题,但限于水平,缺点和错误在所难免,恳请读者及同行专家批评指正。

编 者

1998年3月

目 录

基本符号	(1)
第一章 课程内容要点与思考题	(4)
§ 1-1 内容要点	(4)
§ 1-2 思考题	(5)
第二章 水工混凝土结构基本构件计算示例	(10)
§ 2-1 受弯构件正截面承载力计算	(10)
§ 2-2 受弯构件斜截面承载力计算	(17)
§ 2-3 受压构件承载力计算	(22)
§ 2-4 受拉构件承载力计算	(36)
§ 2-5 受扭构件承载力计算	(40)
§ 2-6 钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算	(48)
§ 2-7 预应力混凝土基本构件计算	(58)
第三章 标准化练习题	(82)
§ 3-1 填空题	(82)
§ 3-2 是非判断题	(84)
§ 3-3 单项选择题	(88)
§ 3-4 多项选择题	(91)
§ 3-5 简答题	(95)
§ 3-6 计算题	(96)
§ 3-7 综合练习	(105)
第四章 课程设计指导	(111)
§ 4-1 肋形结构设计	(111)
§ 4-2 渡槽结构设计	(122)
附录	(141)
参考文献	(146)

基本符号

一、材料性能

C20——表示立方体抗压强度标准值为 $20\text{N}/\text{mm}^2$ 的混凝土强度等级

E_c ——混凝土弹性模量

E_s ——钢筋弹性模量

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值

f_{yk} 、 f_{pyk} ——热轧钢筋及冷拉钢筋作为普通钢筋、预应力钢筋的强度标准值

f_y 、 f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值

f_{py} 、 f'_{py} ——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值

二、作用(荷载)和作用(荷载)效应

M 、 N 、 V 、 T ——由各作用(荷载)标准值乘以相应的作用分项系数后所产生的效应总和并乘以结构重要性系数 γ_0 及设计状况系数 ψ 后的弯矩、轴向力、剪力、扭矩设计值

M_s 、 N_s ——荷载效应短期组合时,由各作用(荷载)标准值所产生的效应总和并乘以结构重要性系数 γ_0 后的弯矩、轴向力

M_l 、 N_l ——荷载效应长期组合时,由各作用(荷载)标准值并考虑荷载长期组合系数后所产生的效应总和再乘以结构重要性系数 γ_0 后的弯矩、轴向力

N_p ——后张法构件预应力钢筋及非预应力钢筋的合力

N_{p0} ——混凝土法向应力等于零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力

V_c ——混凝土的受剪承载力

V_{sv} 、 V_{sb} ——箍筋、弯起钢筋的受剪承载力

σ_c 、 σ_{cl} ——在荷载效应的短期组合、长期组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力

σ_{pc} ——由预加应力产生的混凝土法向应力

σ_{tp} 、 σ_{cp} ——混凝土中的主拉应力、主压应力

σ_s 、 σ_p ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋、预应力钢筋的应力

σ_{ss} 、 σ_{sl} ——按荷载效应的短期组合、长期组合计算的构件的纵向受拉钢筋应力

σ_{con} ——预应力钢筋的张拉控制应力

σ_{p0} 、 σ'_{p0} ——受拉区、受压区预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力

$\sigma_{t0}, \sigma'_{t0}$ ——受拉区、受压区非预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的非预应力钢筋应力

$\sigma_{pe}, \sigma'_{pe}$ ——受拉区、受压区预应力钢筋的有效预应力

σ_l, σ'_l ——受拉区、受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值

τ ——混凝土的剪应力

三、几何参数

a, a' ——纵向非预应力受拉钢筋合力点、受压钢筋合力点至截面近边的距离

a_p, a'_p ——纵向预应力受拉钢筋合力点、受压钢筋合力点至截面近边的距离

b ——矩形截面宽度, T形、工形截面腹板宽度

b_f, b'_f ——T形、工形截面受拉区、受压区翼缘的计算宽度

c ——混凝土保护层厚度

d ——钢筋直径

e, e' ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点的距离

e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距

e_{p0}, e_{pm} ——换算截面重心、净截面重心至预应力钢筋及非预应力钢筋合力点的距离

f ——受弯构件的挠度

h ——截面高度

h_0 ——截面有效高度

h_f, h'_f ——T形、工形截面受拉区、受压区翼缘高度

h_w ——截面的腹板高度

l_0 ——计算跨度或计算长度

s ——箍筋或分布钢筋间距

x ——混凝土受压区计算高度

x_b ——界限受压区计算高度

A, A_c ——构件截面面积、混凝土截面面积

A_0, A_n ——构件换算截面面积、净截面面积

A_t, A'_t ——受拉区、受压区纵向非预应力钢筋的截面面积

A_p, A'_p ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积

A_w ——抗扭纵向钢筋的全部截面面积

A_{w1}, A_{w1} ——受剪、受扭计算中单肢箍筋截面面积

A_{wv}, A_{wh} ——同一截面内各肢竖向箍筋、水平箍筋的全部截面面积

A_{sb}, A_{pb} ——同一弯起平面内非预应力、预应力弯起钢筋的截面面积

A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积

B_s, B_l ——受弯构件的短期刚度、长期刚度

I_0, I_n ——换算截面惯性矩、净截面惯性矩

W_t ——受扭构件的截面受扭塑性抵抗矩

W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩

w_{\max} ——最大裂缝宽度

四、计算系数及其它

α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值

β ——混凝土局部受压时的强度提高系数

β_t ——剪扭构件混凝土受扭承载力降低系数

γ ——受拉区混凝土塑性影响系数

γ_m ——截面抵抗矩的塑性系数

γ_d ——结构系数

γ_0 ——结构重要性系数

γ_G 、 γ_Q ——永久作用(荷载)分项系数、可变作用(荷载)分项系数

η ——偏心距增大系数

θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数

λ ——计算剪跨比

ξ 、 ξ_b ——相对受压区计算高度、相对界限受压区计算高度

ρ ——纵向受拉钢筋配筋率、可变荷载的长期组合系数

ρ_{\max} 、 ρ_{\min} ——最大配筋率、最小配筋率

ρ_{sv} 、 ρ_v ——竖向箍筋配筋率、间接钢筋的体积配筋率

φ ——轴心受压构件稳定系数

ψ ——设计状况系数

第一章 课程内容要点与思考题

§ 1-1 内容要点

一、钢筋混凝土结构的材料

1. 钢筋的种类及其力学性能, 结构对钢筋的基本要求。
2. 钢筋的冷加工及其力学性能。
3. 混凝土的强度及变形性能。
4. 钢筋与混凝土间的粘结力及其作用。
5. 钢筋锚固与搭接的基本构造要求。

二、钢筋混凝土结构设计计算原理

1. 结构的极限状态定义及其分类。
2. 荷载及材料强度的标准值与设计值。
3. 分项系数。
4. 极限状态的设计表达式。

三、钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算

1. 受弯构件在荷载作用下的应力—应变阶段, 正截面破坏特征及其与配筋量的关系。
2. 受弯构件正截面承载力计算的基本假定, 适筋与超筋破坏的界限。
3. 单筋、双筋、T形截面正截面承载力的基本计算公式、适用条件及其应用方法。

四、钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算

1. 受弯构件斜截面主要破坏形态及其破坏特征。
2. 影响斜截面承载力的主要因素及其关系。
3. 斜截面承载力的基本计算公式、适用条件及其应用方法。
4. 抵抗弯矩图及其绘制方法。
5. 保证斜截面抗弯能力的构造措施。

五、钢筋混凝土受压构件承载力计算

1. 轴心受压构件的受力特点及其承载力计算。
2. 偏心受压构件的破坏形态及其破坏特征。
3. 纵向弯曲对偏心受压构件的影响。
4. 矩形截面偏心受压构件正截面承载力的计算应力图形、计算公式、适用条件及其应用方法。
5. 受压构件的基本构造要求。

难点: 小偏心受压构件的计算。把握住小偏心受压情况下混凝土受压区的变化特点、

钢筋应力 σ_s 的计算方法,以及运用内力平衡条件,是解决这一难点问题的关键所在。

六、钢筋混凝土受拉构件承载力计算

1. 受拉构件的基本概念。
2. 偏心受拉构件的受力特点及大小偏心受拉的界限。
3. 偏心受拉构件的计算应力图形、计算公式、适用条件及其设计方法。

七、钢筋混凝土受扭构件承载力计算

1. 受扭构件的破坏形态及其破坏特征。
2. 纯扭构件的开裂扭矩及其受扭承载力计算。
3. 在弯、剪、扭共同作用下的受扭承载力计算及其配筋方法。
4. 受扭构件的配筋构造。

八、钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算

1. 水工混凝土结构裂缝的产生原因及其对结构性能的影响。
2. 钢筋混凝土构件正截面抗裂验算的应力图形、验算公式及其应用。
3. 裂缝开展宽度的计算理论、计算公式及其计算方法。
4. 影响裂缝开展宽度的主要因素以及减小裂缝宽度的主要措施。
5. 受弯构件变形验算的特点及其计算方法。

九、钢筋混凝土肋形结构及刚架结构

1. 单向板肋形结构的结构布置与内力计算简图。
2. 单向板肋形结构按弹性理论的内力计算方法。
3. 单向板肋形结构的截面设计与构造。
4. 塑性内力重分布的基本原则及单向板肋形结构的塑性内力计算方法。
5. 双向板肋形结构按弹性理论进行内力计算的方法及其设计。

十、预应力混凝土结构

1. 预应力混凝土的基本概念。
2. 预应力的施加方法及其区别。
3. 预应力混凝土材料。
4. 预应力钢筋的张拉控制应力及预应力损失计算。
5. 先张法轴心受拉构件、受弯构件的应力分析。
6. 预应力受弯构件的承载力计算,抗裂、裂缝宽度、挠度及施工阶段验算。

§ 1-2 思考题

一、钢筋混凝土结构的材料

1. 目前常用的钢筋有哪几种?分别有哪几项力学指标?软钢与硬钢在力学性能上有什么差异?其设计强度如何取值?
2. 钢筋经冷加工后,其性能有何变化?冷拉钢筋能否用于受压构件和承受重复荷载的构件?
3. 结构对钢筋有哪些要求?普通钢筋混凝土能否采用高强钢筋或高强钢丝?

4. 混凝土的强度指标有哪些？如何取值？试件尺寸对混凝土抗压强度有何影响？
水工混凝土结构对混凝土强度等级有何要求？

5. 混凝土轴心受压的应力-应变关系曲线反映了哪些重要特征？

6. 混凝土的弹性模量是如何确定的？

7. 何谓混凝土的徐变？影响混凝土徐变的因素是什么？徐变对结构有哪些有利和不利影响？

8. 何谓混凝土的收缩？收缩对结构有何影响？如何减小这一影响？

9. 为什么钢筋和混凝土两种性能不同的材料能共同受力？

10. 钢筋和混凝土间的粘结力有哪几部分组成？影响粘结强度的因素有哪些？如何增大钢筋与混凝土间的粘结力？

二、钢筋混凝土结构设计计算原理

1. 结构应具有哪些基本功能要求？

2. 结构极限状态的定义及其分类。其具体表现形式是什么？

3. 可靠度、可靠指标及可靠概率之间有什么关系？

4. 现行规范对荷载及材料强度如何取值？

5. 现行规范在设计表达式中采用了哪些分项系数？为什么要采用这些系数？

6. 承载能力极限状态与正常使用极限状态在设计上有何区别？

三、受弯构件正截面承载力计算

1. 在受弯构件中，什么是单筋截面？什么是双筋截面？在什么情况下应采用双筋截面？

2. 在受弯构件(梁或板)中，分别布置有哪几种钢筋？各有什么作用？在构造方面有哪些要求？

3. 适筋受弯构件的正截面受力过程可分为哪几个阶段？其应力状态分别应用于什么计算或验算情况？

4. 什么叫配筋率？它对受弯构件正截面破坏形态有什么影响？各破坏形态的破坏特征分别是什么？

5. T形截面梁在设计和复核时，应如何判断其截面类型？

6. 指出图 1-2-1 中几种截面应作为何种截面梁进行正截面承载力计算？并说明理由。(阴影部分表示受压区)

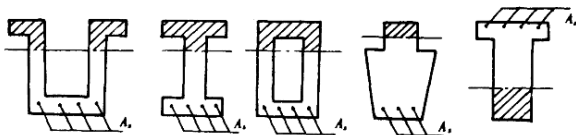


图 1-2-1

四、受弯构件斜截面承载力计算

1. 受弯构件斜截面破坏形态有哪几种？其主要影响因素是什么？各种破坏形态的

破坏特征分别是什么？

2. 腹筋有哪些作用？常用箍筋的直径和间距如何确定？

3. 设计梁时，根据计算不需要配置腹筋，那么该梁是否仍需要配置箍筋和弯起钢筋？若需要，其直径和间距如何确定？

4. 若箍筋的配置满足最小直径和最大间距要求，是否就意味着一定满足最小配箍率要求？

5. 影响斜截面受剪承载力的主要因素是什么？各有什么影响？

6. 在进行斜截面受剪承载力计算时，为什么要进行截面尺寸和最小配箍率的验算？

7. 什么是抵抗弯矩图？它有什么作用？如何绘制？

8. 梁中纵筋的弯起与切断应满足哪些要求？为什么？

9. 在工程中，对均布荷载作用下的简支板一般不进行受剪承载力的计算，为什么？

10. 钢筋混凝土梁受剪承载力计算应取哪些计算截面？为什么？

五、受压构件承载力计算

1. 轴心受压构件中纵向钢筋与箍筋的作用是什么？

2. 为什么说理想的轴心受压构件是不存在的？哪些构件可以按轴压构件设计？

3. 为什么轴心受压构件宜采用较高强度等级的混凝土而不宜采用高强度钢筋？设计中如何考虑钢筋强度设计值？

4. 轴压长柱的破坏与短柱有何区别？其原因是什么？影响稳定系数 φ 的主要因素是什么？

5. 对受压构件中纵向弯曲的影响，为什么在轴心受压和偏心受压中采用不同的表达方式？

6. 大、小偏心受压破坏的特征是什么？二者之间有什么本质区别？其判别的界限条件是什么？

7. 大偏心受压构件与双筋受弯构件在应力图形、计算公式及计算过程方面有何异同？

8. 进行大偏心受压构件配筋计算时，①若 A_s 、 A_s' 均未知，为何取 $\xi = \xi_b$ ？若计算出 $A_s' \leq 0$ 或 $A_s \leq 0$ 时如何处理？②若 A_s' 已知时，为什么不取 $\xi = \xi_b$ ？③什么情况下会出现 $x < 2a'$ 的情况？此时如何进行配筋计算？

9. 进行小偏心受压构件配筋计算时，若 A_s 和 A_s' 均未知，为什么 A_s 可按最小配筋率配筋？什么情况下 A_s 可能会超过最小配筋量？如何计算？

10. 为什么要对偏压构件进行垂直于弯矩作用平面的承载力复核？是否所有偏压构件均需进行复核？

11. 偏压构件在什么情况下可采用对称配筋？与非对称配筋相比较，有什么优缺点？

12. 偏压构件承载力复核时，如何判别大、小偏心？受压区高度 x 如何确定？试分别导出不对称配筋和对称配筋时受压区高度 x 的计算公式。

13. 对称配筋偏压构件存在多种内力组合时，如何判别最不利组合？

14. 轴向压力的存在对偏压构件受剪承载力有何影响？

六、受拉构件承载力计算

1. 受拉构件如何分类？水工建筑物中哪些构件可按轴拉构件或偏拉构件计算？

2. 如何区别大小偏心受拉构件？它们的受力特点及破坏特征各有何不同？

3. 偏心受拉构件中为什么不考虑纵向弯曲的影响？

4. 在大偏心受拉配筋计算时,若计算 A_s 过小或为负值时,应按构造要求选配 A_s' 。此处的“构造要求”指的是什么?

5. 轴向拉力对偏拉构件的受剪承载力有何影响?在抗剪计算时如何考虑这一影响?

七、受扭构件承载力计算

1. 纯扭构件有哪几种破坏形态?其破坏特征分别是什么?

2. 弯、剪、扭复合受力作用下的受扭构件有哪几种破坏形态?其破坏特征各是什么?

3. 进行受扭构件配筋设计时,如何避免少筋破坏和超筋破坏?

4. 什么是剪扭相关性?进行剪扭构件设计时,如何考虑剪扭相关性?

5. 受扭构件设计时,什么情况下可忽略扭矩或剪力的影响?什么情况下可不进行剪扭承载力计算而仅按构造配置抗扭钢筋?

6. 弯、剪、扭共同作用下的受扭构件设计时,为什么引入系数 ζ ?箍筋和纵筋的数量如何确定?钢筋如何布置?

7. 对于 T 形和工形截面受扭构件,如何进行其承载力和配筋计算?

8. 受扭构件有哪些配筋构造要求?

八、钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算

1. 为什么对水工钢筋混凝土构件的承载力要进行计算,而对构件的裂缝及变形则进行验算?

2. 哪些构件应进行抗裂验算?哪些构件应进行裂缝宽度验算?

3. 受弯构件的抗裂验算根据哪个应力阶段的应力状态?其计算应力图形如何确定?

4. 截面抵抗矩塑性系数有何物理意义?如何确定塑性系数值?

5. 裂缝形成的原因有哪些?它对结构的性能有何影响?

6. 受弯构件开裂前后,其应力状态有何变化?

7. 裂缝宽度与哪些因素有关?如何减小裂缝宽度?

8. 如何理解钢筋混凝土梁的刚度是一个变值?进行挠度计算时,刚度如何取值?

9. 在挠度计算时,如何考虑荷载的长期作用对梁挠度的影响?

10. 梁的挠度与哪些因素有关?如何减小构件挠度?最有效的方法是什么?

九、钢筋混凝土肋形结构

1. 什么叫单向板?什么叫双向板?二者在受力特征上有何区别?

2. 简述钢筋混凝土肋形结构的设计过程。

3. 肋形结构梁格布置有哪些原则要求?

4. 单向板肋形结构的内力计算简图包括哪些内容?如何确定?

5. 多跨连续梁板的最不利活荷载布置方式是什么?

6. 什么叫内力包络图?如何绘制?

7. 连续板梁按弹性理论进行内力计算时,为什么采用折算荷载而不采用实际的荷载值?

8. 什么叫塑性铰?它与普通铰有什么区别?

9. 什么叫塑性变形内力重分布?采用塑性变形内力重分布方法计算连续板、梁内力时,应遵守哪些原则?为什么?静定结构能否采用这种方法?

10. 为什么梁的塑性铰转动能力与相对受压区高度有关?什么情况下会出现不完全

内力重分布？

11. 连续板的配筋形式有几种？各有什么特点？哪种配筋形式较好？

12. 单向板肋形结构的截面设计有何特点？其构造要求有哪些？

13. 双向板肋形结构的板梁内力如何计算？其截面设计与单向板肋形结构设计有何异同？

14. 什么是刚架结构？如何设计？

十、预应力混凝土结构

1. 什么叫预应力混凝土结构？试列举一些日常生活中利用预应力原理的例子。

2. 为什么要对构件施加预应力？与普通钢筋混凝土结构相比，预应力混凝土结构有什么优越性？部分预应力混凝土与全预应力混凝土有什么区别？

3. 预应力的施加方法有哪几种？它们在施工工序、预应力传递、应用范围等方面有什么不同？

4. 为什么普通钢筋混凝土结构不宜采用高强钢筋，而在预应力混凝土结构中又必须采用高强钢筋和高强混凝土？

5. 什么叫张拉控制应力？控制应力的大小是如何确定的？它对构件的性能有何影响？为什么先张法构件的预应力钢筋张拉控制应力限值较后张法构件高？

6. 什么叫预应力损失？预应力损失有哪几种？如何减小各种预应力损失？当 σ_{pc}/f'_{cu} 一定时，为什么后张法的收缩与徐变损失小于先张法的收缩与徐变损失？若有两根预应力梁，其预应力筋的长度不同，但采用相同的张拉方法，问两根梁的预应力损失是否相同？为什么？

7. 采用冷拉钢筋作为预应力筋的预应力混凝土构件，钢筋在张拉时应力已达 $0.90f_{yk}$ ，这是否意味着一旦承受外荷载，预应力筋将很快达到 f_{yk} 而破坏？为什么？

8. 预应力混凝土轴心受拉构件在抗裂、承载力等方面与普通钢筋混凝土轴拉构件有何异同？

9. 计算预应力构件的混凝土预压应力 σ_{pcI} 时，为什么先张法用 A_0 而后张法用 A_n ？若后张法预应力轴拉构件制作完毕时，混凝土受到预压应力 σ_{pcII} 的合力 $N_{pII} = 500\text{kN}$ ，试问施加外荷载 $N = N_{pII} = 500\text{kN}$ 时，可否使 $\sigma_{pc} = 0$ ？为什么？

10. 为什么有些预应力混凝土受弯构件中要设置预应力筋 A'_p ？它对构件的抗裂度及承载力有何影响？ σ'_p 的意义是什么？为什么 σ'_p 取 $\sigma'_{p0} - f'_{py}$ ？

11. σ_{p0} 和 N_{p0} 这两个概念的物理意义是什么？为什么要引入这两个概念？

12. 预应力受弯构件的承载力计算、抗裂与裂缝宽度验算以及变形验算与非预应力混凝土构件有何异同？

13. 对允许出裂的预应力构件，其裂缝开展宽度的要求是否与普通钢筋混凝土构件相同？为什么？预应力的效果如何体现？

14. 为什么对预应力混凝土构件还要进行施工阶段的验算？如何验算？

15. 是否对所有预应力混凝土构件均可以考虑预应力对斜截面受剪承载力的提高作用？

16. 在界限相对受压区高度 ξ_b 的计算公式中，为什么对普通钢筋混凝土构件取用 f_y ，而对预应力混凝土构件取用 $f_{py} - \sigma_{p0}$ ？

第二章 水工混凝土结构基本构件计算示例

§ 2-1 受弯构件正截面承载力计算

一、基本计算公式

(一) 单筋矩形截面(图 2-1-1)

$$f_c b x = A_s f_y$$

$$M \leq \frac{1}{\gamma_d} M_u = \frac{1}{\gamma_d} f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

或

$$M \leq \frac{1}{\gamma_d} M_u = \frac{1}{\gamma_d} \alpha_s f_c b h_0^2$$

$$\alpha_s = \xi(1 - 0.5\xi)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s}$$

适用条件: $x \leq \xi_y h_0$

$$\rho \geq \rho_{\min}$$

(二) 双筋矩形截面(图 2-1-2)

$$f_c b x + A_s' f_y' = A_s f_y$$

$$M \leq \frac{1}{\gamma_d} M_u = \frac{1}{\gamma_d} [f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + A_s' f_y' (h_0 - a')]$$

或

$$M \leq \frac{1}{\gamma_d} M_u = \frac{1}{\gamma_d} [\alpha_s f_c b h_0^2 + A_s' f_y' (h_0 - a')]$$

适用条件: $x \leq \xi_y h_0$, $x \geq 2a'$

当 $x < 2a'$ 时

$$M \leq \frac{1}{\gamma_d} M_u = \frac{1}{\gamma_d} A_s f_y (h_0 - a')$$

(三) T形截面

(1) 当符合条件 $M \leq \frac{1}{\gamma_d} [f_c b_f' h_f' (h_0 - h_f'/2)]$ 或 $A_s f_y \leq f_c b_f' h_f'$ 时, 属第一种 T 形截面, 可按宽度为 b_f' 、高度为 h 的矩形截面计算(图 2-1-3)。

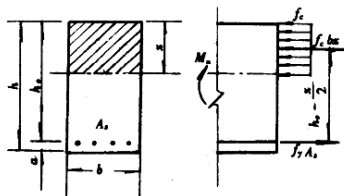


图 2-1-1

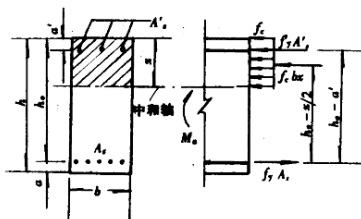


图 2-1-2

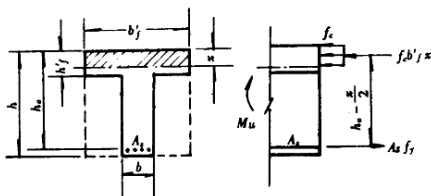


图 2-1-3

(2) 当符合条件 $M > \frac{1}{\gamma_d} f_c b_f h_f' (h_0 - h_f' / 2)$ 或 $A_s f_y > f_c b_f h_f'$ 时, 属第二种 T 形截面(图 2-1-4), 按下列公式计算

$$A_s f_y = f_c b x + f_c (b_f' - b) h_f'$$

$$M \leq \frac{1}{\gamma_d} M_u = \frac{1}{\gamma_d} [f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + f_c (b_f' - b) h_f' (h_0 - h_f' / 2)]$$

适用条件: $x \leq \xi_b h_0$, $\rho \geq \rho_{\min}$

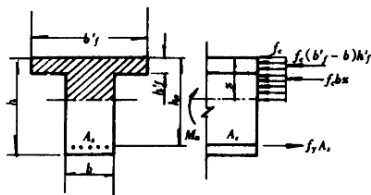


图 2-1-4

二、计算示例

【例 1】 已知单筋矩形截面, 尺寸 $b \times h$
 $= 250\text{mm} \times 500\text{mm}$, 承受弯矩设计值 M
 $= 100\text{kN} \cdot \text{m}$, 采用 C25 混凝土, II 级钢
 筋, 取 $a = 40\text{mm}$, 试用基本公式计算所需受拉钢筋截面面积。

【解】 1. $f_c = 12.5\text{N/mm}^2$, $f_y = 310\text{N/mm}^2$ 。

2. $h_0 = h - a = 500 - 40 = 460\text{mm}$

$$3. x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2\gamma_d M}{f_c b}}$$

$$= 460 - \sqrt{460^2 - \frac{2 \times 1.2 \times 100 \times 10^6}{12.5 \times 250}}$$

$$= 92.8\text{mm} < \xi_b h_0 = 0.544 \times 460 = 250.2\text{mm}$$

$$4. A_s = \frac{f_c b x}{f_y} = \frac{12.5 \times 250 \times 92.8}{310} = 935\text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b h_0} = \frac{935}{250 \times 460} = 0.83\% > \rho_{\min} = 0.15\%$$

选配 $3\Phi 20$ ($A_s = 942\text{mm}^2$)。

【例 2】 已知条件同例 1, 试用系数法进行计算。

【解】 1. $f_c = 12.5\text{N/mm}^2$, $f_y = 310\text{N/mm}^2$ 。

2. $h_0 = h - a = 500 - 40 = 460\text{mm}$

$$\alpha_s = \frac{\gamma_d M}{f_c b h_0^2} = \frac{1.2 \times 100 \times 10^6}{12.5 \times 250 \times 460^2} = 0.181$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.201 < \xi_b = 0.544$$

$$3. A_s = \frac{f_c b \xi h_0}{f_y} = \frac{12.5 \times 250 \times 0.201 \times 460}{310} = 932 \text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{932}{250 \times 460} = 0.81\% > \rho_{\min} = 0.15\%$$

选配 3Φ20 (实配 $A_s = 942 \text{mm}^2$)。

【例3】试设计一矩形截面梁, 已知弯矩设计值 $M = 175 \text{kN} \cdot \text{m}$, 采用 C20 混凝土, II 级钢筋, 该梁处于一类环境条件。

【解】1. $f_c = 10 \text{N/mm}^2$, $f_y = 310 \text{N/mm}^2$ 。

2. 取 $b = 250 \text{mm}$, $\rho = 1\%$ (考虑经济配筋要求)

$$\xi = \rho \frac{f_y}{f_c} = 0.01 \times \frac{310}{10} = 0.310 < \xi_b = 0.544$$

$$\alpha_s = \xi(1 - 0.5\xi) = 0.310 \times (1 - 0.5 \times 0.31) = 0.262$$

$$h_0 = \sqrt{\frac{\gamma_d M}{\alpha_s f_c b}} = \sqrt{\frac{1.2 \times 175 \times 10^6}{0.262 \times 10 \times 250}} = 566 \text{mm}$$

因该梁处于一类环境条件, 取 $a = 35 \text{mm}$

则 $h = h_0 + a = 566 + 35 = 601 \text{mm}$

取 $h = 600 \text{mm}$, $\frac{h}{b} = \frac{600}{250} = 2.4$ 满足构造要求

3. $h = 600 \text{mm}$, $h_0 = 600 - 35 = 565 \text{mm}$

∴ 所需纵向受拉钢筋配筋率 $\rho \approx 1\%$

$$A_s = \rho b h_0 = 1\% \times 250 \times 565 = 1413 \text{mm}^2$$

选配 3Φ25, 实配 $A_s = 1473 \text{mm}^2$ 。

说明: 本例中, 若所取截面高度 h 与其计算值相差较多, 应按截面高度 h 的实际取值重新计算受拉钢筋配筋率 ρ 及截面面积 A_s 。

【例4】已知一现浇钢筋混凝土槽槽身立板, 板厚 $h = 300 \text{mm}$, 立板底面每米板宽承受最大弯矩设计值 $M = 28.6 \text{kN} \cdot \text{m}$, 采用 C25 混凝土, I 级钢筋。试计算所需纵向受力钢筋面积。

【解】1. $f_c = 12.5 \text{N/mm}^2$, $f_y = 210 \text{N/mm}^2$ 。

2. 取 1m 板宽计算, 即 $b = 1000 \text{mm}$

采用 $a = 35 \text{mm}$, 则 $h_0 = h - a = 300 - 35 = 265 \text{mm}$

$$\alpha_s = \frac{\gamma_d M}{f_c b h_0^2} = \frac{1.2 \times 28.6 \times 10^6}{12.5 \times 1000 \times 265^2} = 0.039$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.040 < \xi_b = 0.614$$

$$3. A_s = \frac{f_c b \xi h_0}{f_y} = \frac{12.5 \times 1000 \times 0.040 \times 265}{210} = 631 \text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{631}{1000 \times 265} = 0.24\% > \rho_{\min} = 0.15\%$$

选配 Φ8/10@100, 实配 $A_s = 644 \text{mm}^2$ 。