

预应力混凝土设计手册

P. W. Abeles 等著

赵广炎 王博义 徐日昶 赵家奎 译



人民交通出版社

15764

TU378

4

预应力混凝土设计手册

P.W.Abeles

B.K.Bardhan-Roy 著

F.H.Turner

赵广炎 王博义 徐日和 赵家奎 译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书为英国水泥和混凝土协会编著的，于1962年出版第一版，在1976年进行了修订。本书系根据1976年版本译出。全书分为两部分：第一部分共有17章，重点论述预应力混凝土材料、预应力混凝土梁的性能、预应力损失、应力分析、预应力混凝土构件的设计与计算，以及在建筑、桥梁、管道、桩柱等工程方面的实际应用；书中还附有计算例题；第二部分为设计图表和各种锚具资料。本书对于从事建筑、桥梁等土木工程技术人员的有一定的实用参考价值，亦可作为有关专业院校师生的参考工具书。

预应力混凝土设计手册

Prestressed Concrete Designer's Handbook

Second Edition

by

P.W. Abeles' B.K. Bardhan-Roy F.H. Turner

Cement and Concrete Association

本书根据英国水泥和混凝土协会1976年第二版译出

赵广炎 王博义 徐日昶 赵家奎 译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：850×116⁸ 印张：19.5 字数：478千

1983年12月 第1版

1983年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—14,500册 定价：3.55元

二 版 序 言

本书的第一版早在1969年全部售完，但是著者们一直延迟到英国统一规范（已经改为CP110）和美国1971年的建筑规范发表之后才准备新的版本。

然而特纳（Turner）先生不但是顾问工程师，而且是一个承包公司的资历较老的成员，因忙于他自己的工作而不能继续参与再版的修订工作。巴德汉—罗伊（Bardhan-Roy）先生是第二著者，他和第一著者完成了校订工作，而且把早已校订过的那部分给予充实。对未来的版本，巴德汉—罗伊先生将是唯一的合著者。他的合作使得有可能结合大量的实例。因为他是英国和加拿大（卡尔加里（Calgary））的顾问工程师简·博布罗斯基股份公司的股东。这些实例中包括有大量的预制构件的新的实例（双T梁）和别的例子，如顿卡斯特（Doncaster）大看台的预制屋面结构。书中探讨了诸如轻质混凝土的应用和预应力混凝土的耐火性等等的特殊问题。本书的第一著者和第二著者曾有一段时间从事过这些问题的研究。

本书采用新的国际标志符号表示法。除去少数指出的以外，几乎全部符号都改为国际符号了。然而，在特定应力的范围内仍然用第一版的方法来表示。

第二章材料和第三章结构部分都作了较大的补充，这些补充都是以自本书第一版出版以来已经确立的研究成果为基础的。还特别参考了本书第一著者在北卡罗来纳州（North Carolina）的杜克大学（Duke University）和肯塔基大学（University of Kentucky）任客座教授时的经验。

关于叙述分析和设计准则的新的第五章是以极限状态设计的

新条件为基础的。在欧洲混凝土委员会 (CEB)●和 CP110里已采用了这些条件。在所有的实例中,除去英制单位外,都给出了 CEB 和 CP110 两个规范都采用的国际单位制 (SI) (Système International d'unités), 在美国和英国的老工程师仍然经常使用英制,而且还加上了相应的公制数值。

六、七、八章分别讨论损失、分析和设计,或多或少以本书第一版为基础。第九章内容较多,其中包括一些简支梁的例子。这一章的内容已大大的扩充,其中包括普通重量的和轻质的混凝土结构,并且包括了一个非对称的截面。第十章讨论端块,第十一章讨论组合结构,其中强调了后者的重要性,并且补充了新的例子。同时也在一个实例中指出,当考虑一定的容许偏差时,可以得到薄层部分 (Shallow parts) 不同的应力。第十二章专门研究挠度,而第十三章研究设计因素,特别讨论钢索的弯起以及根据破坏极限状态进行剪力配筋的措施;在这一章内也有横向稳定问题。

第十四章专门研究超静定结构,多少是以本书第一版为基础的,其中在一个新的实例中把预制构件组合成超静定结构,第十五章讨论预应力在其它方面的应用,如桥梁结构、桩、电柱、薄壳和管道及贮罐。

第十六章完全是新的一章,适用作良好的耐火设计。这个问题特别重要,因为要靠设计者提供适当的细部设计来提高结构物的耐火性。

本书的第二部分包括有设计图表和附加数据。实例中不但用英制单位,而且用国际单位 SI 和公斤米制单位。许多例题是用计算机计算的,由许多位数字组成,有时有两位小数。显然,这种数字不需要很精确,应用计算尺计算就足够了。设计者不应该假设这种表面的精确所反映应力计算的精确,其实应力计算的精确性依赖于所作的假定。另一方面,应该牢记把一个良好的细部设计和良好的施工看作象一个好的分析一样重要。

● CEB, 即 Comité Européen du Béton 的缩写。——译者。

作者很想提到前辈作者的二卷著作“预应力混凝土入门”，它对许多问题讨论得很详细。将十条简明原理列入本书第一部分附录中。

当代的设计师应该懂得，预应力混凝土结构处于名义上永久承压是“必须”的时代已经过去了。35年前由当时预应力混凝土结构界的倡导者提出的这种要求，甚至现代还被某些权威人士认为是必要的。然而在国际预应力联合会(FIP)●内正在进行讨论，目的在于承认在没有腐蚀的条件下，工作荷载时混凝土有有限的开裂。实质上，它的建议认为钢筋混凝土和完全预应力混凝土都是极端的条件，而部分预应力混凝土才是普遍的解决办法。正如生活中一样，在设计中也是中间的解决方法比极端条件令人更满意。

最后，作者对巴塔(T.Barta)博士和博布罗斯基(Jan Bobrowski)先生以及对博布罗斯基股份公司的全体职员、顾问工程师们表示感谢，因为他们在本书原稿准备期间不断的给予帮助。

阿贝尔斯 (P.W.Abeles)

巴德汉·罗伊 (B.K.Bardhan-Roy)

(1975.11)

● FIP, 即 Fédération Internationale de la Précontrainte 的缩写。——译者。

符 号

1. 强度^①、应力和应变

- f_k 一般特征强度
- f_{sk} 钢筋特征强度
- f_{ck} 混凝土的特征强度
- f_{su} 钢筋极限强度
- f_y 钢筋屈服强度
- f_{sp} 实用弹限强度
- f_{cu} 混凝土立方强度
- f_{cyl} 混凝土圆柱体强度
- f_{prism} 混凝土棱柱体强度
- f_{ct} 混凝土直接抗拉强度
- f_{ct} 混凝土弯曲抗拉强度
- γ_m 材料强度的部分安全系数, 例如 $\frac{f_k}{\gamma_m}$
- f 一般应力
- f_s 钢筋应力
- f_c 混凝土应力
- f_{smax} 钢筋的最大应力
- f_{cmax} 混凝土的最大应力
- f_{sh} 混凝土的剪应力 (均质断面)
- v 混凝土剪应力 (开裂断面)
- f_{mn} 在‘ n ’荷载作用下, 混凝土均质断面‘ m ’处的混凝土应力 (例如, f_{bt} = 在传递时断面底部的应力)

① 按照国际符号、强度用 σ 表示, 而应力用 f 表示, 此处强度和应力都用 f 表示。

‘ m ’是‘ b ’或者是‘ t ’，是根据位置是在底部还是顶部；同理‘ n ’在传递时是‘ t ’，而在工作荷载时是‘ w ’^①

E_s 钢筋的弹性模量
 E_c 混凝土的弹性模量
 α_e E_s/E_c = 模量比
 ε 应变
 ε_e 弹性应变
 ε_c 徐变应变
 ε_s 收缩应变
 η 松弛
 $\bar{f}_{xy}$ 混凝土容许应力
 对‘ x ’；‘ c ’ = 压
 ‘ t ’ = 拉

容许拉应力是 (+)

对‘ y ’；当传递荷载时为‘ t ’

当工作荷载时为‘ w ’

注：这样，混凝土拉应力将表示为 $-\bar{f}_{tt}$ 或 $-\bar{f}_{tw}$

2. 荷载和弯矩

G_k 特征恒载
 g_k 单位长度上的特征恒载
 Q_k 特征叠加荷载
 q_k 单位长度上的特征叠加荷载
 w_k 单位长度上的特微风荷载
 γ_g 恒载部分荷载系数
 γ_q 叠加荷载部分荷载系数
 γ_w 风荷载部分荷载系数
 总荷载 $\gamma_g G_k + \gamma_q Q_k + \gamma_w w_k$
 l 跨径

① 压应力(+), 拉应力(-)。

M_g 恒载引起的弯矩

M_w 工作荷载引起的弯矩

M_u 极限弯矩

M_R 最小抵抗力矩

V 一般剪力

V_u 极限剪力

3. 横断面

h 全高

d 受拉钢筋的有效高度

d' 受压钢筋的有效高度

d_{ft} 上翼缘高度

d_{fb} 下翼缘高度

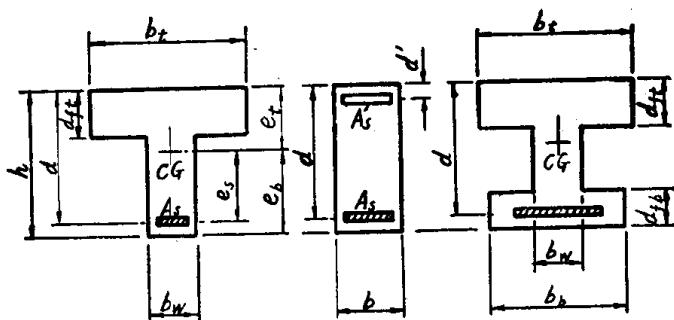
b 宽度

b_w 腹板宽度

b_t 上翼缘宽度

b_b 下翼缘宽度

e_s 预应力筋束距重心的偏心距



e_b 底部纤维距重心的偏心距

e_t 顶部纤维距重心的偏心距

A 一般面积

A_c 混凝土面积

- A_s 受拉钢筋面积
- A'_s 受压钢筋面积
- A_{sn} 非张拉钢筋面积
- A_{ps} 或 A_p 预应力筋束面积
- A_{sv} 或 A_v 抗剪钢筋横断面面积 (双肢箍筋)
- I 一般面积的二次矩 (惯性矩)
- I_x 对 x 轴的面积二次矩
- I_y 对 y 轴的面积二次矩
- I_{xy} 对任何其它轴的面积二次矩
- i $\sqrt{I/A}$ = 回转半径
- J 极坐标惯性矩
- S 对于 y (一般) 的面积一次矩
- Z_t 顶部翼缘的面积一次矩 (断面模量)
- Z_b 底部翼缘的面积一次矩 (断面模量)
- ρ $\frac{A_s}{bd}$ = 配筋比

4. 预加应力

- P 预应力
- P_t 传递阶段的预应力
- P_e 有效预应力
- P_{emin} 最大可能损失出现之后的有效预应力
- P_{et} 在确定时间 t 的有效预应力
- f_{pi} 钢筋的初始预应力
- f_{pt} 钢筋在传递阶段的预应力
- f_{pe} 钢筋的有效预应力
- Δf_{pt} 传递阶段的预应力损失
- Δf_{pe} 弹性压缩产生的损失
- Δf_{pc} 徐变产生的损失
- Δf_{pr} 钢筋松弛产生的损失
- Δf_{ps} 收缩产生的损失

Δf_{pf} 摩阻产生的损失

Δf_{ptotal} 总损失

5. ● 极限荷载条件

F_{cu} 混凝土中的极限力

F_{cmax} 混凝土中的最大力

F_{su} 钢筋的极限力

F_{smax} 钢筋的最大力

z 力臂

6. ● 其它项目

T 温度

t 时间

K_k 有量纲常数

ν 泊松比

μ 摩阻系数

ϕ 徐变系数

ϕ_0 轻质混凝土剪力强度折减系数

ϕ_1 容量折减系数

γ 容重

① 原文误为 6。——译者。

② 原文误为 7。——译者。

目 录

符 号

第 一 部 分

第一章 绪论	1
1.1 预应力混凝土原理	1
1.2 预应力混凝土的优点	2
1.3 预应力混凝土的经济性	2
1.4 设计原则	8
1.5 预加应力的一般方法	4
1.6 预应力混凝土的类型	9
第二章 材料	13
A. 钢筋	13
2.1 钢筋的类型	13
2.2 预应力钢筋的强度	14
2.2.1 应力—应变关系	14
2.2.2 抗疲劳强度	16
2.2.3 徐变和松弛	20
2.2.4 高温的影响	21
2.2.5 低温的影响	21
2.2.6 预应力钢筋的腐蚀	21
B. 混凝土	23
2.3 混凝土	23
2.3.1 水泥和混合料的类型	23
2.4 混凝土的强度	24
2.4.1 抗压强度	24
2.4.2 抗拉强度	25

2.4.3	强度与弹性模量的关系	27
2.4.4	应力与应变的关系	29
2.4.5	收缩和徐变	31
2.4.6	收缩和徐变的推算	36
2.4.7	高温的影响	41
2.4.8	低温的影响	42
2.4.9	温度变化引起的变动	42
2.5	混凝土的耐久性	42
2.6	外加剂	42
2.7	建筑用轻质混凝土	43
第三章	预应力混凝土梁的性能	50
3.1	普通钢筋混凝土和预应力混凝土梁的变形	50
3.2	开裂	53
3.2.1	裂缝的发展	54
3.3	破坏	55
3.3.1	具有充分粘结钢筋的断面	55
3.3.2	具有非粘结钢筋的断面	56
3.4	抗剪	56
3.5	抗疲劳强度	59
3.6	抗冲击力	62
3.7	振动的影响	63
3.8	抗震	65
3.9	持续荷载	65
3.10	耐火性	65
3.11	腐蚀和耐久性	67
第四章	预应力钢筋的类型	70
4.1	预应力筋束	70
4.2	先张法所用的钢丝、钢绞线和钢筋	75
4.3	后张法应用的筋束	78
4.4	后张法应用的钢筋	80

4.5	预应力钢筋的锚固	80
4.6	锚具的效率	82
第五章	分析和设计的准则	83
5.1	基本荷载阶段	83
5.2	近似极限状态	87
5.3	预应力和预加力的数量	90
5.4	符号	91
5.5	混凝土的容许应力	92
5.5.1	传递阶段的容许压应力	92
5.5.2	工作荷载时的容许压应力	92
5.5.3	工作荷载时的容许拉应力	93
5.5.4	应力传递时和传递过程中的临时拉应力	97
5.5.5	主拉应力	98
5.5.6	极限荷载时混凝土的容许弯曲应力	100
5.6	钢筋应力	100
5.6.1	传递阶段和工作荷载时的钢筋容许应力	101
5.6.2	极限荷载时钢筋的容许弯曲应力	101
5.6.3	抗剪钢筋的容许应力	102
5.7	组合构件的容许应力	103
5.8	对局部损坏的其它准则	104
5.8.1	变位	104
5.8.2	开裂	104
5.9	荷载系数	105
5.10	一般建议	105
第六章	预应力的损失	107
6.1	概述	107
6.2	千斤顶与锚具间的应力损失	108
6.3	弹性压缩	109
6.3.1	先张钢筋 (图6.1)	109
6.3.2	后张钢筋 (图6.2)	112

6.3.3 一般原理 (见图6.2)	113
6.4 混凝土收缩和徐变引起的损失	117
6.5 钢筋松弛引起的损失	120
6.6 摩擦引起的损失	121
6.6.1 反向摩擦	125
6.6.2 先张钢筋	127
6.7 由非张拉钢筋引起的损失	127
6.8 由其他原因引起的损失	127
6.9 综合损失	128
6.10 全部损失	128
6.11 先张法的损失	129
6.12 后张法的损失	131
6.13 例题	132
6.13.1 例1 先张钢筋	132
6.13.2 例2 后张钢筋	137
第七章 应力分析	142
7.1 概述	142
7.2 均质构件弹性应力的确定	142
7.3 预应力和构件自重产生的应力	143
7.3.1 仅由预应力产生的应力	143
7.3.2 由预应力和构件自重产生的综合应力	145
7.4 工作荷载引起的应力	146
7.5 直接荷载引起的应力	147
7.5.1 集中荷载	147
7.5.2 偏心荷载	148
7.6 弯曲和直接受压荷载引起的综合应力	149
7.7 剪切单独引起的应力	150
7.8 剪切和弯曲引起的应力	151
7.9 扭转引起的应力	152
7.9.1 扭转: 圣维南 (St. Venant) (弹性)	152

7.9.2 塑性状态的扭转	153
7.9.3 翘曲	154
7.10 由扭转与弯曲引起的综合应力 (未开裂的断面)	155
7.11 破坏时弯曲应力的确定	155
7.11.1 极限力的平衡 (不计应变)	155
7.11.2 极限应变的平衡	158
7.12 剪切强度的确定	161
7.12.1 弯曲和剪切的组合	161
7.12.2 开裂断面的剪切强度	165
7.12.3 扭转	167
第八章 预应力构件的一般设计	169
8.1 一般的设计考虑	169
8.1.1 概述	169
8.1.2 设计概念	169
8.2 各种设计方法	171
8.3 设计过程概要	176
8.3.1 试算断面的选择	176
8.3.2 钢筋的面积和位置	176
8.3.3 次要的校核	176
8.3.4 说明	177
8.4 极限 (破坏) 荷载设计	177
8.5 工作荷载设计 (弹性状态)	186
8.6 特殊情况下一般公式的应用	194
8.6.1 矩形断面	194
8.6.2 对两个轴对称的断面	194
8.6.3 对于水平轴非对称的断面——I 形断面和箱形断面	195
8.6.4 在两个面均有受拉钢筋的断面	195
8.6.5 最小断面	196
8.6.6 加大受压区的断面	197

8.6.7	加大尺寸的断面	197
8.6.8	特殊的情况	198
8.7	预应力钢筋的位置	199
8.8	梁端的应力状态	200
8.9	极限荷载和营运荷载的综合准则	201
8.9.1	简单的设计	202
8.9.2	综合准则	203
8.10	承受反向弯矩的断面	204
8.11	对垂直轴为非对称的断面设计	207
第九章	抗弯设计例题	210
9.1	CP115、CP116、CP110 及 CEB 的建议	210
9.2	例题	212
9.2.1	例: 先张钢筋的简支梁	212
9.2.2	例: 后张钢筋的屋面梁	220
9.2.3	例: 仓库楼板构件	225
9.2.4	例: 有直的和弯折的先张钢筋的仓库楼板构件	239
9.2.5	例: 变断面梁	242
9.2.6	例	245
9.2.7	例	251
9.2.8	例	262
9.2.9	例	269
9.3	简支、长跨预制梁设计的一般注意事项	276
第十章	端块	279
10.1	后张钢筋	279
10.1.1	概述	279
10.1.2	应力计算	281
10.1.3	例	290
10.1.4	锚固板下的支承应力	299
10.2	先张钢筋	299
10.2.1	传递长度	299