



预应力混凝土

张岐宣 夏心安 编著

预 应 力 混 凝 土

张岐宣 夏心安 编著



河南科学技术出版社

内 容 提 要

预应力混凝土是一种重要的现代化建筑材料。它牢固、耐久、经济、美观。这项技术的应用能提高结构的承载能力,减少混凝土的裂缝,节省建筑材料。

本书系统地论述了预应力混凝土的材料性能、一般构造、计算理论、基本构件的计算方法、先张法、后张法和电热法的施工工艺及锚具和机具、典型构件和结构的设计与计算等。

本书在内容方面,很结合我国的实际情况;在取材方面,轻重得宜,繁简适当。具有较好的系统性、综合性和科学概括性。对工程技术人员,它是一本内容丰富而实用的参考书;对初学者,它是一本全面而系统的教材。

本书是由张岐宣、夏心安两同志写成的,第一章至第五章和第九章至第十二章是由张岐宣同志执笔,第六章至第八章由夏心安同志执笔。

读者对象:土木、建筑、水利、道桥工程方面的结构设计人员和施工技术人员,有关专业的中等和高等院校师生和科研人员。

预 应 力 混 凝 土

张岐宣 夏心安 编著

责任编辑 刘振杰

河南科学技术出版社出版

河南第一新华印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 16开本 55.75印张 1332千字

1981年11月第1版 1981年11月第1次印刷

印数1—5,000册

统一书号:15245·10 定价:5.65元

前 言

预应力混凝土结构具有抗裂度高、变形小、质量好、材料省、造价低和重量轻等优点。它是土建工程结构技术革新的一项重要措施。许多国家，尤其是科学技术较发达的国家都十分重视预应力技术的发展和运用，我国亦不例外。最近几年来，我国在发展预应力技术方面有较大的进展，在材料、计算理论、结构类型、施工工艺和机具锚具设备等方面都取得了显著的进步，目前正处在大力发展和推广应用之际。

为了推广预应力混凝土先进技术，我们编写了这本《预应力混凝土》，供推广预应力技术时参考。其内容主要包括预应力混凝土材性；一般构造要求；基本计算理论；基本构件的计算方法；先张法和后张法施工工艺及机具锚具设备；典型构件和结构的设计与计算。

在写作过程中，河南省建委给予我们很大的鼓励和支持；国家建委建筑科学研究所的同志对初稿进行了审阅，提出了许多宝贵意见；湖北工业设计院、第一机械工业部第一设计院和第二设计院、第三机械工业部第四设计院、重庆钢铁设计院以及四川省建工局、上海混凝土制品厂、江苏省第一建筑公司、杭州市建设局等设计和施工单位给了我们很大的帮助；清华大学籍孝广教授对本书进行了审阅，并提出了许多改进意见。我们在此谨向他们表示深切的谢意。

由于我们思想和技术水平不高，缺点和错误之处，请读者批评指正。

作 者 1979年3月

图 书 介 绍

- | | | |
|----------------|---------------------------------|-------|
| 1. 机夹不重磨刀具 | 河南省国防工业办公室 郑州工学院 郑州市科学技术委员会编 | 0.78元 |
| 2. 冲天炉问答 | 章达礼编 | 0.55元 |
| 3. 磨料磨具基本知识 | 郝敬堂编 | 0.29元 |
| 4. 热处理新技术 | 楼南金编著 | 0.50元 |
| 5. 太阳能热水器 | 张嵩英 马光援 | 0.30元 |
| 6. 沸腾炉的设计与运行 | 邓曾禄 唐东生编 | 1.20元 |
| 7. 气力输送原理与设计计算 | 周乃如 朱风德编 | (待出) |
| 8. 物理化学计算 | (日)吉冈甲子郎 荻野一善合著
张勤堂 韩基模 刘绪庆译 | (待出) |
| | 傅献彩 校订 | |

目 录

主要符号说明	(1)
--------	-------

第一章 绪论

第一节 概述	(5)
一、预应力混凝土的概念	(5)
二、预应力混凝土的优越性	(7)
第二节 预应力混凝土的发展	(8)
一、发展简史	(8)
二、发展现状	(9)
三、发展趋向	(15)
第三节 预应力混凝土的分类及应用范围	(16)
一、预应力混凝土的分类	(16)
二、预应力混凝土应用范围	(20)

第二章 预应力混凝土的材料

第一节 混凝土的标号和级别	(21)
一、混凝土的组成和对材料的要求	(21)
二、混凝土标号	(24)
三、混凝土标号的选择	(25)
第二节 混凝土的物理力学性能	(26)
一、混凝土的强度	(26)
二、混凝土的变形	(37)
三、混凝土的弹性模量	(43)
第三节 钢材的种类	(47)
一、钢材的分类	(47)
二、热轧钢筋	(48)
三、冷拉钢筋	(52)
四、热处理钢筋	(53)
五、钢丝	(54)
六、预应力钢材的形式和选用原则	(58)
第四节 钢材的物理力学性能	(61)
一、钢材的基本力学性能	(61)
二、钢材的弹性模量	(70)
三、钢材的徐变和徐舒	(71)

四、钢材的疲劳性能	(77)
第三章 预应力混凝土结构的一般构造	
第一节 预应力混凝土构件截面形式和尺寸	(80)
一、截面形式	(80)
二、截面尺寸	(81)
第二节 钢筋的设置	(82)
一、概述	(82)
二、预应力钢筋的设置	(83)
三、非预应力纵向受力钢筋的设置	(88)
四、箍筋的设置	(91)
五、最小配筋率	(92)
第三节 预应力钢筋孔道和自锚头	(93)
第四节 预应力混凝土构件端部构造	(94)
第四章 预应力混凝土结构计算原理	
第一节 概述	(97)
一、预应力混凝土构件受力破坏过程	(97)
二、极限状态计算的概念	(99)
三、预应力混凝土结构计算内容	(99)
第二节 极限状态计算原理	(100)
一、概述	(100)
二、承载能力极限状态计算原理	(103)
三、正常使用极限状态计算原理	(107)
第三节 预应力值的计算	(110)
一、张拉控制应力	(110)
二、预应力损失	(111)
三、预应力值的计算	(118)
第五章 预应力混凝土基本构件的计算理论和方法	
第一节 预应力混凝土受弯构件	(123)
一、概述	(123)
二、截面应力分析	(124)
三、正截面强度计算	(129)
四、斜截面强度计算	(144)
五、正截面抗裂度验算	(160)
六、斜截面抗裂度验算	(169)
七、挠度验算	(172)
第二节 预应力混凝土轴心受拉构件	(175)
一、概述	(175)
二、截面应力分析	(175)

三、强度计算	(180)
四、抗裂度验算	(181)
第三节 预应力混凝土偏心受拉构件	(183)
一、概述	(183)
二、强度计算	(183)
三、抗裂度验算	(189)
第四节 预应力混凝土轴心受压构件	(192)
一、概述	(192)
二、强度计算	(193)
第五节 预应力混凝土偏心受压构件	(196)
一、概述	(196)
二、强度计算	(196)
三、抗裂度验算	(216)
第六节 预应力的传递长度和锚具下混凝土局部承压验算	(218)
一、预应力传递长度	(218)
二、局部承压验算	(219)
第七节 预应力混凝土构件施工阶段的验算	(223)
一、概述	(223)
二、施工阶段的内力计算	(223)
三、强度验算	(224)
四、抗裂度验算	(225)
第八节 预应力混凝土构件的疲劳验算	(227)
一、概述	(227)
二、正截面疲劳强度验算	(229)
三、斜截面疲劳强度验算	(229)
第九节 组合截面构件	(230)
一、概述	(230)
二、组合截面构件的材料和一般构造	(231)
三、组合截面构件的受力分析	(233)
四、非预应力部分混凝土的抗裂度验算	(237)
五、预应力部分混凝土的抗裂度验算	(238)
第六章 先张法	
第一节 概述	(243)
第二节 台座	(244)
一、墩式台座	(245)
二、槽式台座	(251)
三、简易台座	(256)

第三节 夹具	(260)
一、概述	(260)
二、钢丝用的夹具和拼接方法	(262)
三、钢筋用的夹具和连接器	(269)
第四节 预应力筋的制备	(273)
一、预应力钢丝的制备	(273)
二、预应力钢筋的制备	(285)
第五节 张拉机具	(292)
一、张拉钢丝用的机具	(292)
二、张拉钢筋用的机具	(299)
第六节 预应力筋的张拉及放松	(303)
一、钢丝的张拉	(304)
二、钢筋的张拉	(311)
三、折线张拉工艺简介	(314)
四、预应力筋的放松	(319)
第七节 混凝土的浇捣及养护	(323)
一、混凝土的浇捣	(323)
二、混凝土的养护	(324)
第七章 后张法	
第一节 概述	(325)
第二节 构件(块体)制作、预留孔道和块体拼装	(326)
一、构件(块体)制作及预留孔道	(326)
二、块体拼装	(331)
第三节 锚具	(333)
一、概述	(333)
二、粗钢筋锚具	(334)
三、钢丝束锚具	(338)
四、钢筋束和钢绞线锚具	(341)
第四节 预应力筋的制备	(350)
一、粗钢筋的制备	(350)
二、细钢筋及钢绞线的制备	(352)
三、钢丝束的制备	(355)
第五节 张拉设备	(356)
一、GJ ₂ Y—60A型钢筋预应力拉伸机	(356)
二、普通双作用千斤顶	(358)
三、三作用千斤顶	(359)
四、GJ ₂ Y—60型钢筋预应力拉伸机	(360)
五、拉伸机(或千斤顶)的校验	(364)

六、高压油泵	(370)
第六节 预应力筋张拉方法	(370)
一、张拉时对构件的要求	(370)
二、张拉程序和制度	(371)
三、张拉应力的控制与校核	(373)
第七节 孔道灌浆方法	(374)
第八节 后张自锚法	(375)
一、后张自锚法的基本原理	(375)
二、预留孔道方法	(379)
三、张拉夹具和承力架	(380)
四、预应力钢筋张拉方法	(385)
五、浇灌自锚头混凝土方法	(385)
六、传递预应力方法	(389)
七、施工中可能遇到的几个问题	(389)
第八章 电热张拉法	
第一节 概述	(391)
第二节 电热张拉理论计算	(393)
一、预应力钢筋总伸长值的计算	(393)
二、热工计算	(396)
三、电工计算	(398)
第三节 电热设备的选择	(401)
一、变压器(或电焊机)的选择	(401)
二、导线的选择	(405)
三、夹具及其他工具	(405)
第四节 电热张拉预应力构件计算实例	(406)
第五节 构件制作及预应力钢筋的制备	(411)
一、构件制作	(411)
二、预应力钢筋的制备	(412)
第六节 电热张拉施工	(413)
一、张拉前的准备工作	(413)
二、电热张拉操作程序	(414)
三、电热张拉注意事项	(414)
四、硫磺砂浆电张工艺简介	(415)
第九章 预应力混凝土板型构件	
第一节 预应力混凝土空心板	(417)
一、概述	(417)
二、构件设计	(420)
三、内力计算	(423)

四、结构计算	(423)
五、设计与计算实例	(425)
第二节 预应力混凝土挂瓦板	(434)
一、概述	(434)
二、构件设计	(435)
三、内力计算	(439)
四、结构计算	(439)
五、设计与计算实例	(440)
第三节 预应力混凝土大型屋面板	(450)
一、概述	(450)
二、构件设计	(451)
三、内力计算	(459)
四、结构计算	(462)
五、设计与计算实例	(464)
第四节 预应力混凝土 Γ 形和F形自防水屋面板	(481)
一、概述	(481)
二、构件设计	(484)
三、内力计算	(490)
四、结构计算	(494)
五、设计与计算实例	(496)
第十章 预应力混凝土梁型构件	
第一节 预应力钢弦混凝土梁	(511)
一、概述	(511)
二、构件设计	(512)
三、内力计算	(514)
四、结构计算	(514)
五、设计与计算实例	(514)
第二节 预应力混凝土檩条	(523)
一、概述	(523)
二、构件设计	(527)
三、内力计算	(532)
四、结构计算	(532)
五、设计与计算实例	(539)
第三节 预应力混凝土屋面梁	(553)
一、概述	(553)
二、构件设计	(555)
三、内力计算	(565)
四、结构计算	(568)

五、设计与计算实例	(583)
第十一章 预应力混凝土吊车梁	
第一节 概述	(615)
一、发展简况	(615)
二、预应力混凝土吊车梁分类	(615)
三、吊车梁的选用	(619)
第二节 构件设计	(619)
一、材料选择	(619)
二、构件选型与尺寸	(620)
三、配筋构造	(622)
四、连接构造	(628)
第三节 内力计算	(630)
一、荷载计算	(630)
二、竖向荷载作用下的内力计算	(632)
三、横向水平荷载作用下的内力计算	(638)
四、扭矩计算	(638)
第四节 结构计算	(642)
一、强度计算	(642)
二、抗裂度验算	(648)
三、变形验算	(654)
四、疲劳验算	(655)
五、局部承压验算	(656)
六、施工阶段的验算	(657)
第五节 设计与计算实例	(658)
第十二章 预应力混凝土屋架	
第一节 概述	(719)
第二节 屋架结构设计	(724)
一、材料选择	(724)
二、屋架选型与尺寸	(725)
三、配筋构造	(734)
四、连接构造	(742)
第三节 屋架内力计算	(752)
一、荷载计算	(752)
二、屋架内力计算简图	(754)
三、屋架内力计算	(756)
四、施工阶段内力计算	(758)
第四节 屋架的结构计算	(765)
一、强度计算	(765)

二、抗裂度和裂缝宽度验算	(772)
三、变形验算	(775)
四、疲劳强度验算	(777)
五、局部承压验算	(780)
六、施工阶段的验算	(781)
第五节 设计与计算实例	(783)
一、预应力混凝土折线梯形屋架实例	(783)
二、预应力混凝土折线形屋架实例	(828)
附表 1 钢筋混凝土矩形和T形截面受弯构件强度计算表	(871)
附表 2 钢筋混凝土构件的纵向弯曲系数 φ	(872)
附表 3 钢筋横截面面积及其理论重量	(873)
主要参考文献	(874)
跋	(877)

主要符号说明

内 外 力

- M ——标准荷载作用下的弯矩, 简称弯矩;
 N ——标准荷载作用下的纵向力, 简称纵向力;
 N_c ——考虑局部承压时的纵向力;
 N_y ——预应力钢筋的合力;
 Q ——标准荷载作用下的剪力, 简称剪力;
 λ_{kh} ——斜截面上受压区混凝土和箍筋的抗剪强度;
 M_t ——标准荷载作用下的扭矩, 简称扭矩。

应 力

- σ 、 σ_h ——外荷载及预加应力作用下产生的混凝土法向应力;
 σ_{z1} 、 σ_{za} ——混凝土的主拉应力及主压应力;
 τ ——混凝土的剪应力;
 σ_k ——预应力钢筋的张拉控制应力;
 σ_s 、 σ'_s ——受拉区和受压区预应力钢筋总的预应力损失值;
 σ_y 、 σ'_y ——扣除相应阶段预应力损失后, 受拉区和受压区的预应力钢筋应力;
 σ'_{ya} ——强度计算时, 受压区预应力钢筋 A'_y 的设计应力;
 σ_g 、 σ'_g ——非预应力受拉钢筋和受压钢筋应力;
 $\sigma_{\max}^p$ 、 $\sigma_{\min}^p$ ——构件疲劳验算时, 截面同一纤维层上的混凝土最大应力和最小应力;
 $\sigma_{y\max}^p$ 、 $\sigma_{y\min}^p$ ——构件疲劳验算时, 受拉区预应力钢筋的最大和最小应力。

材料指标

- E_h ——混凝土弹性模量;
 E_h^p ——混凝土疲劳弹性模量;

E_s ——钢筋的弹性模量;
 R ——混凝土的立方强度;
 R_a^b 、 R_a ——混凝土的轴心抗压标准强度和设计强度;
 R_w^b 、 R_w ——混凝土的弯曲抗压标准强度和设计强度;
 R_l^b 、 R_l ——混凝土的抗拉标准强度和设计强度;
 R_f ——混凝土的抗裂设计强度;
 R' ——相应于施工阶段的混凝土立方强度;
 R_g^b 、 R_y^b ——非预应力钢筋和预应力钢筋的标准强度;
 R_g 、 R'_g ——非预应力钢筋抗拉和抗压设计强度;
 R_y 、 R'_y ——预应力钢筋抗拉和抗压设计强度。

几何特征

b ——矩形截面的宽度, 丁形和工字形截面的肋宽;
 b_i 、 b'_i ——丁形、工字形截面受拉和受压区的翼缘宽度;
 d ——圆形截面直径或钢筋直径;
 d_{he} ——构件的核芯直径;
 e 、 e' ——纵向力作用点至钢筋 A_g 与 A_y 合力点和 A'_g 与 A'_y 合力点之间的距离;
 e_o ——纵向力作用点至截面重心的距离, 简称偏心距;
 e_{oh} 、 e_{oj} ——换算截面重心和净截面重心至预应力钢筋合力点的距离;
 h ——截面高度;
 h_o ——截面有效高度;
 h_i 、 h'_i ——丁形、工字形截面受拉区及受压区的翼缘高度;
 A ——构件截面面积;
 A_h 、 A_j ——换算截面面积及净截面面积;
 A_c ——混凝土局部承压面积;
 A_d ——局部承压时的计算面积;
 A'_h ——混凝土受压区的截面面积;
 A_{he} ——构件核芯截面面积;
 a_g 、 a'_g ——自非预应力钢筋 A_g 的合力点和 A'_g 的合力点到截面近边的距离;

a_y, a'_y ——自预应力钢筋 A_y 的合力点和 A'_y 的合力点到截面近边的距离,
 a, a' ——自钢筋 A_g 与 A_y 的合力点和 A'_g 与 A_y 的合力点到截面近边的距离,
 A_g, A'_g ——受拉区和受压区的纵向非预应力钢筋截面面积,
 A_y, A'_y ——受拉区和受压区的纵向预应力钢筋截面面积,
 A_{gw}, A_{yw} ——配置在同一弯曲平面内的非预应力和预应力弯起钢筋截面面积,
 A_k ——配置在同一截面内箍筋截面面积,
 a_k ——单肢箍筋的截面面积,
 S_o ——混凝土有效截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩,
 S_h ——混凝土受压区截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩,
 S_{hn} ——混凝土受压区截面面积对纵向力作用点的面积矩,
 S_g ——受压区非预应力钢筋截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩,
 S_y ——受压区预应力钢筋截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩,
 S'_g ——受拉区非预应力钢筋截面面积对受压钢筋合力点的面积矩,
 S'_y ——受拉区预应力钢筋截面面积对受压钢筋合力点的面积矩,
 W ——混凝土截面受拉边缘的弹性抵抗矩,
 W_o, W_j ——换算截面和净截面受拉边缘的弹性抵抗矩,
 W'_o, W'_j ——换算截面和净截面受压边缘的弹性抵抗矩,
 W_{hg} ——换算截面受拉边缘的弹塑性抵抗矩,
 J ——截面惯性矩,
 J_o, J_j ——换算截面和净截面惯性矩,
 x ——混凝土受压区高度,
 Z ——纵向受拉钢筋的合力点至受压区合力点之间的距离,
 Z_h ——纵向受拉钢筋的合力点至受压区混凝土合力点之间的距离,
 Z_k ——箍筋至受压区合力点之间的距离,
 S_{gw}, S_{yw} ——同一弯起平面内非预应力弯起钢筋的合力点和预应力弯起钢筋的合力点至斜截面压区合力点之间的距离。

计 算 系 数

K ——强度设计安全系数,
 K_f ——抗裂设计安全系数,
 n_g, n_y ——非预应力和预应力钢筋弹性模量与混凝土弹性模量之比值,
 α ——线膨胀系数,

- μ ——配筋率或摩擦系数；
- μ_t ——间接钢筋的体积配筋率；
- η ——考虑挠度影响的纵向偏心距增大系数；
- β ——混凝土局部承压时的强度提高系数；
- ρ ——疲劳验算时截面同一纤维层上钢筋或混凝土的最小应力和最大应力的比值，简称疲劳应力比值；
- B ——刚度；
- B_d ——短期荷载作用下的刚度；
- B_c ——长期荷载作用下的刚度；
- f ——挠度；
- f_f ——反拱挠度；
- f_c ——长期荷载作用下的挠度；
- δ_f ——裂缝宽度；
- γ ——截面的弹塑性抵抗矩与弹性抵抗矩的比值，简称截面抵抗矩的塑性系数。

注：凡符号上有肩注“ ρ ”字样者，均系疲劳验算时所用的相应符号。