

公路工程职业技能岗位培训教材

桥梁预应力工·初级工

江苏省交通厅工程质量监督站组织编写

● 龙兴灿 胡友好 主编



人民交通出版社
China Communications Press

责任编辑:卢仲贤 周高瞻

美术编辑:孙立宁

公路工程职业技能岗位培训教材

公路路基工·初级工	定价:18.00元
公路路基工·中级工	定价:25.00元
公路路基工·高级工	定价:30.00元
公路路面工·初级工	定价:15.00元
公路路面工·中级工	定价:33.00元
公路路面工·高级工	定价:41.00元
桥梁预应力工·初级工	定价:11.00元
桥梁预应力工·中级工	定价:18.00元
桥梁预应力工·高级工	定价:25.00元

ISBN 978-7-114-07458-5



9 787114 074585 >

定价:11.00元

公路工程职业技能岗位培训教材

Qiaoliang Yuyingligong · Chujigong
桥梁预应力工 · 初级工

江苏省交通厅工程质量监督站组织编写

龙兴灿 胡友好 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是《公路工程职业技能岗位培训教材》之一,该系列培训教材,由江苏省交通厅工程质量监督站组织编写,以岗位技能位目标,理论与实践相结合,通俗易懂,具有较强的实用性和可操作性。

本书共分五章,内容包括:预应力混凝土结构的基本原理、预应力混凝土材料、预应力锚固体系、预应力钢绞线张拉锚固体系、预应力设备和预应力施工工艺及质量控制。

本书为桥梁预应力工(初级)培训教材,也可供公路工程一线施工技术人员及监理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁预应力工·初级工/龙兴灿,胡友好主编. —北京:人民交通出版社,2008.12

公路工程职业技能岗位培训教材

ISBN 978-7-114-07458-5

I.桥... II.①龙... ②胡... III.预应力混凝土桥-工程施工-技术培训-教材 IV.U448.355

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 169366 号

书 名: 公路工程职业技能岗位培训教材

桥梁预应力工·初级工

著 作 者: 龙兴灿 胡友好

责任编辑: 卢仲贤 周高瞻

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门内大街外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 5.5

字 数: 121 千

版 次: 2008 年 12 月 第 1 版

印 次: 2008 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07458-5

印 数: 0001—3500 册

定 价: 11.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路工程职业技能岗位培训教材》

编 审 委 员 会

主 任 委 员

杨国忠 孟祥林

编写委员会委员

杨国忠 唐学农 周传林 樊琳娟 李建才
龙兴灿 赵伟强 张文斌 王 磊 耿 巍
胡友好 彭涌涛 芮丽珺

审定委员会委员

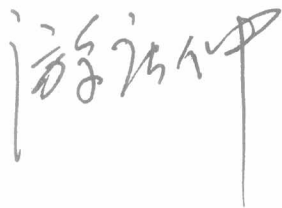
邓学钧 孟少平 刘松玉 符冠华 韩大章
叶见曙 镇亦明 李晋三 刁永宁 薛永森
成 文 陈建胜

序

江苏交通工程质量水平受到国内外同行普遍称道,这是设计、施工、监理、管理等各方坚持努力的结果。工程是干出来的,业主培育施工队伍的技术能力和专业水平是江苏公路建设的一条基本经验。我认为设计是灵魂,管理是关键,而一线基层施工的从业人员的专业素质是保障工程质量的基础。交通行业贯彻科学发展观,实施节约使用资源,高效利用资源方针,必须把质量第一、精益求精,落实到每个环节、每一位建设者的手中。必须全面提高基层施工技术和管理人员的综合素质,用专业的队伍打造出高质量的工程。

立足于交通建设长远发展,要把公路建设基层从业人员的岗位技能培训作为一项基本任务来抓,通过系统培训、训练,使广大一线技术工人熟练掌握正确运用公路施工相关的技术规范、施工程序、质量要求等内容。省交通厅在广泛调研的基础上组织编写了路基工、路面工、桥梁预应力工三个工种的系列培训教材一套,每个工种分为初、中、高三个等级。这是一套针对性较强的公路工程职业技能岗位培训教材。本套教材充分研究了施工一线的技术特点,注重理论与实践相结合,通俗易懂,简明实用,具有较强的实用性和可操作性,不仅是施工技术人员上岗前的培训教材,也是公路建设监理、管理人员较好的参考书籍。希望通过大家的努力,积极推广使用本套教材,大力提高我省公路建设基层施工与管理的技术水平,对稳步提升工程质量水平起到积极的促进作用。

江苏省交通厅厅长



前 言

为了适应公路建设需要,加快公路施工一线人员的技术业务培训,确保工程建设质量;同时也为了便于基层从事公路工程施工和管理人员学习,江苏省交通厅工程质量监督站、南京交通职业技术学院联合组织人员编写了公路工程职业技术工种系列培训教材。本套教材是依据中华人民共和国工人技术等级标准《交通行业工人技术等级标准》,同时参照《筑路、养护工国家职业标准》的要求编写,本系列培训教材力求体现交通职业的特点,以岗位技能为目标,在文字和叙述上力求简明扼要,通俗易懂,书中的插图也尽量做到清晰、美观,便于教学和自学。本系列培训教材包括以下九个分册:《公路路基工·初级工》、《公路路基工·中级工》、《公路路基工·高级工》、《公路路面工·初级工》、《公路路面工·中级工》、《公路路面工·高级工》、《桥梁预应力工·初级工》、《桥梁预应力工·中级工》、《桥梁预应力工·高级工》。

《桥梁预应力工·初级工》由南京交通职业技术学院龙兴灿、胡友好主编,本书的第二章、第三章、第四章由龙兴灿编写,第一章、第五章由胡友好编写。全书由韩大章、刁永宁主审。

编写过程中,尽管我们做了很大努力,但由于各地区差异较大,很难全面收集各单位的新技术、新材料、新工艺、新设备以及相关实用技术。加之编者水平有限,经验不足,时间紧迫,疏漏或错误之处在所难免,敬请读者批评指正,并提供详尽资料,以便修订完善。

编 者

2008.8.25

目 录

第一章 预应力混凝土结构的基本原理	1
第一节 概述	1
第二节 预应力混凝土结构基本原理	2
第三节 预应力混凝土的特点	3
第四节 预应力混凝土存在的一些问题	3
思考题	4
第二章 预应力混凝土材料	5
第一节 混凝土	5
第二节 灌浆材料	6
第三节 预应力钢材	7
第四节 孔道成型材料	10
思考题	13
第三章 预应力锚固体系	14
第一节 概述	14
第二节 预应力粗钢筋锚固体系	15
第三节 预应力钢丝锚固体系	16
第四节 预应力钢绞线张拉锚固体系	19
第五节 锚具性能的要求	24
思考题	26
第四章 预应力设备	27
第一节 液压千斤顶	27
第二节 油泵	33
第三节 固定端锚具制作设备	36
第四节 预应力筋切断设备	41
第五节 压浆设备	42
第六节 管道设备	45
思考题	47
第五章 预应力施工工艺及质量控制	49
第一节 概述	49
第二节 预应力孔道安装	51
第三节 预应力筋及锚具安装	55

第四节 预应力筋张拉 59
 第五节 孔道压浆 64
 第六节 后张法预应力混凝土施工质量检验及验收要点 72
 第七节 安全保证措施 73
 思考题 76

第一章 预应力混凝土结构的基本原理

学习目标：

- 1. 掌握预应力的原理；
- 2. 了解预应力混凝土的特点。

第一节 概 述

预应力的原理应用于生产已有很悠久的历史了,我国早就利用预应力原理制造木桶、木盆和车轮。在木桶或木盆干燥时用几道铁箍箍紧,盛水后木盆膨胀但受到铁箍的约束,接缝被挤紧,木桶或水盆就不会漏水(图 1-1)。概括地说,预应力可以简单地解释为:在结构承受使用荷载之前,预先加载产生应力,用这种方法来改善其使用性能。但是,预应力技术真正成功地应用于工程技术上也就一个世纪的时间。

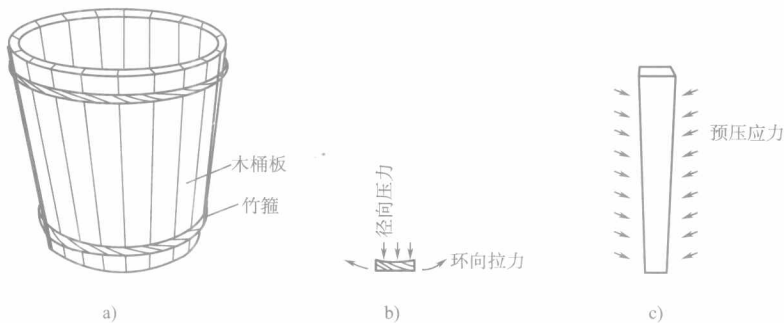


图 1-1 预应力原理在木桶上的应用
a) 木桶;b) 竹箍分离体图;c) 板块分离体图

1886 年美国工程师 P. H. Jackson 获得在人造石和混凝土拱内张紧钢杆作楼板的专利。预应力混凝土自 1928 年法国学者弗莱西奈(R. E. Dill)研究成功后,1945 年开始大量推广,第二次世界大战结束后,城市交通与工业急需重点重建与改建,采用预应力混凝土代替钢结构解决了当时钢材供应不足的状况。经过数十年的实践与完善,目前已成为一项专门的实用技术。近 40 余年来,国内外大量的土木工程实践充分证明了预应力混凝土结构能够节约钢材、木材、水泥,延长使用寿命,并具有耐火、耐高压、耐腐蚀、抗疲劳等优点,是当代工程建设中一种重要

的结构材料。

预应力混凝土结构由于其具有能充分利用材料的高强度性能,有效地防止混凝土裂缝、减轻结构自重、增大桥梁跨径、刚度大、行车舒适等优点,在公路桥梁上得到广泛的应用。尤其在大跨度、重荷载结构以及不允许开裂的结构中被广泛应用。

第二节 预应力混凝土结构基本原理

混凝土的极限拉应变很小,约为 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$,因此,在整体工作阶段,钢筋的应力仅为 $20 \sim 30\text{MPa}$ (其值远小于钢筋的屈服强度)。当钢筋应力超过此值时,混凝土将产生裂缝(图 1-2)。



图 1-2 钢筋混凝土工作图

a) 混凝土不开裂时,钢筋拉应力为 $20 \sim 30\text{MPa}$; b) 混凝土裂缝为 0.25mm 时,钢筋拉应力为 $150 \sim 250\text{MPa}$

所以,在正常使用条件下,普通钢筋混凝土结构的受拉区一般均已出现裂缝,这将导致构件刚度降低,变形增大。为了限制构件的裂缝宽度和结构的变形,往往需要增大构件截面尺寸和用钢量,这是不经济的,尤其是对于跨度大、荷载重的结构和对裂缝宽度限制较严的结构,构件将很笨重,既费钢材,又不利于施工。当采用高强混凝土和高强钢筋时,可以有效地减轻结构自重、节省钢材和降低造价;但是,在普通钢筋混凝土结构中采用高强钢筋,在使用荷载下钢筋应力更高,裂缝宽度也将更大,往往难以满足使用要求。综上所述,由于在使用荷载下,普通钢筋混凝土结构的受拉区往往已出现裂缝,这在一定程度上限制了普通钢筋混凝土的应用范围,同时也限制了高强材料,特别是高强钢筋的应用。为了避免混凝土过早开裂,并有效地利用高强材料,采用预应力混凝土是最有效的方法之一。预应力混凝土结构的基本原理是:在结构承载时将发生拉应力的部位,预先用某种方法对混凝土施加一定的压应力,这样,当结构承载而产生拉应力时,必须先抵消混凝土的预压应力,然后才能随着荷载的增加使混凝土受拉,进而出现裂缝(图 1-3)。这样就可以改善混凝土的受拉性能,延缓受拉混凝土的开裂或裂缝开展,使结构在使用荷载下不出现裂缝或不产生过大裂缝。

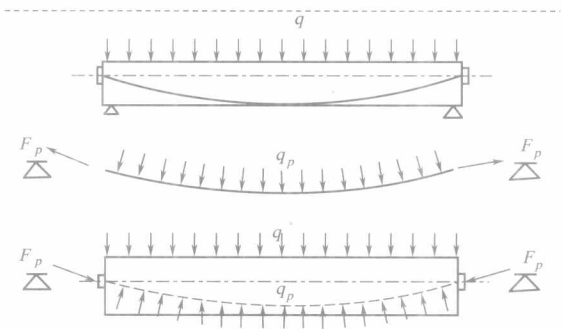


图 1-3 预应力筋对混凝土的作用

第三节 预应力混凝土的特点

预应力混凝土与普通混凝土相比,在增强结构构件的抗裂性与耐久性、提高结构构件刚度、改善结构疲劳性能及节约工程材料等方面均有明显的优越性,具体分述如下:

- (1) 增强结构抗裂性和抗渗性(图 1-4)。
- (2) 改善结构的耐久性。
- (3) 提高了结构与构件的刚度,减小结构变形。
- (4) 提高结构的抗疲劳承载能力。
- (5) 有效地减轻构件的自重和增加结构的稳定性(图 1-5)。
- (6) 合理利用高强度材料。
- (7) 提高工程质量。
- (8) 预应力可以作为预制结构的一种拼装手段和结构加固的手段(图 1-6)。

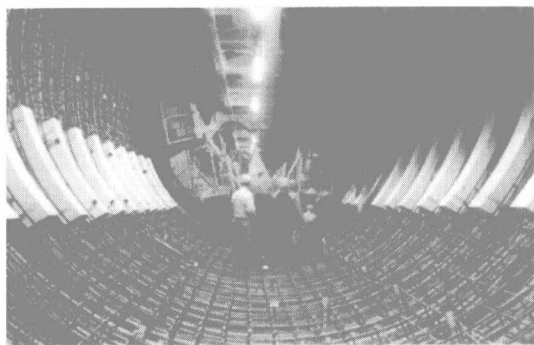


图 1-4 小浪底工程中采用预应力可增强抗渗性

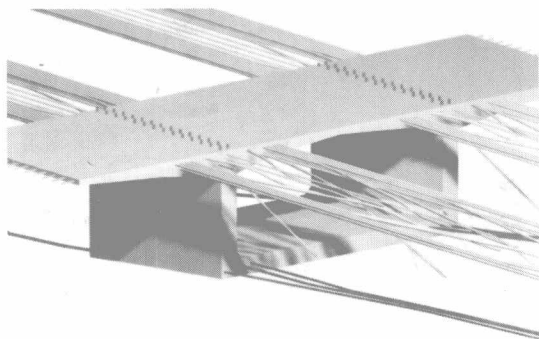


图 1-5 预应力技术应用于梁的悬臂施工

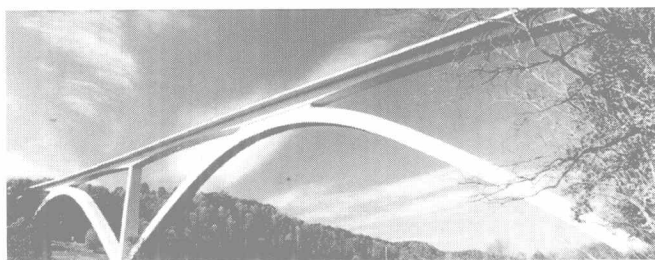


图 1-6 预应力可减轻自重、增加跨径

第四节 预应力混凝土存在的一些问题

预应力混凝土较普通混凝土有许多优点,但预应力混凝土由于自身特性,也存在以下一些问题:

- (1) 预应力施工需张拉设备和锚固装置,制作结构要求较高,施工周期较长,费用较高。
- (2) 施工工艺复杂,对施工人员操作水平要求高,施工中易出现质量问题(图 1-7 ~ 图 1-10)。



图 1-7 某桥拆除后发现几乎没灌浆

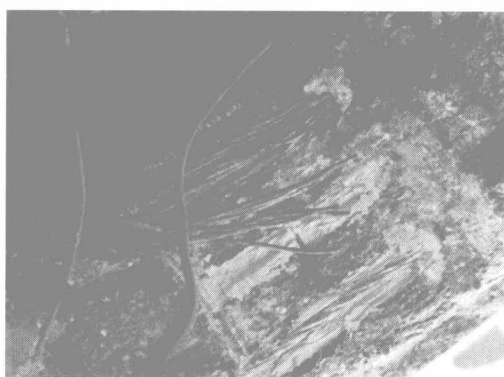


图 1-8 张拉力控制不当造成断丝

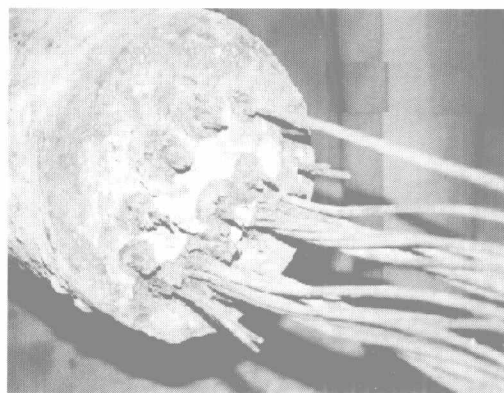


图 1-9 预应力筋锈蚀严重

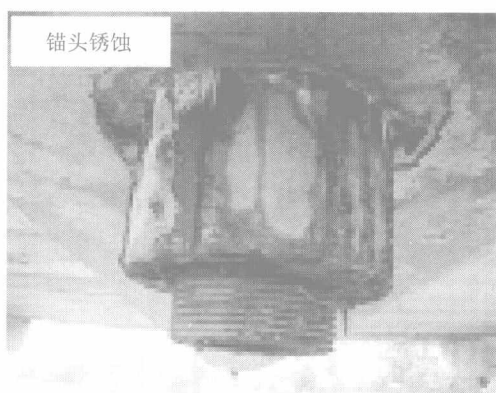


图 1-10 锚后混凝土强度不足

思考题

1. 预应力的原理是什么？
2. 预应力混凝土有何特点？

第二章 预应力混凝土材料

学习目标:

1. 了解预应力对混凝土的要求;
2. 掌握预应力筋的种类及进场检验要求;
3. 了解水泥浆的要求;
4. 掌握成孔材料的种类,了解成孔材料的检验。

构成预应力混凝土结构的主要材料有:混凝土、预应力钢材、灌注预留孔道用的灌浆材料和制作预留孔道用的孔道成型材料等。

第一节 混 凝 土

混凝土是以水泥为胶结料,与水、粗集料、细集料按适当比例配合(图 2-1),必要时掺加适当外加剂、掺和料或其他改性材料,经搅拌、捣实成型后,经过一定时间硬结而成的人造石材。

一、预应力对混凝土的要求

用于预应力结构的混凝土,必须采用高强度混凝土,而且应与构件所采用的高强度钢材的等级相配合,钢材强度越高,混凝土强度也相应要求提高。因为只有这样才能发挥高强钢材的抗拉性能,有效地减小构件截面尺寸,从而减轻构件自重以提高公路桥梁的跨越能力。特别是对于先张法构件来说更为重要,因为先张法的预应力钢筋,一般是靠黏结力来锚固的,而黏结强度是随着混凝土强度的增高而增加的。目前抗压强度 50 ~ 98MPa 的高强度混凝土已广泛在桥梁工程中应用。

对于预应力结构中使用的混凝土,还要求能快硬、早强,以便能尽早施加预应力,加快施工进度,提高设备和模板等的利用率。

二、混凝土的特性

通常情况下,都用混凝土的强度和耐久性作为评定混凝土品质的主要指标,其他如收缩性质、徐变性质等也属于混凝土的重要特性。

1. 强度

混凝土的强度是随着时间的增长而增加的。影响混凝土强度的因素是多方面的,包括水

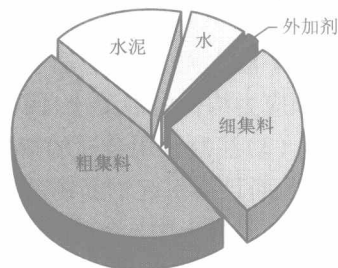


图 2-1 混凝土组成

混凝土强度等级、集料性质、水灰比、级配设计时各种材料的比例、制作方法、凝固时的环境条件、混凝土的龄期等。

2. 应力与应变

与普通混凝土相比,用于预应力结构的高强混凝土更加均质,这是由于高强混凝土的界面区减少了微裂缝的数量与裂缝尺寸,因此高强混凝土显得更脆。在承受短期荷载和持续荷载时,高强混凝土内部的微裂缝比一般混凝土少,横向应变也较小。

3. 收缩

混凝土在结硬过程中,体积会发生变化。当在空气中结硬时,体积会收缩;一般情况下,混凝土的收缩值是随着时间而增长的。

4. 徐变

徐变是指在一持续应力作用下,应变随时间不断增加的现象,是一种依赖于应力状态和时间的非弹性性质变形。

三、混凝土的配置要求与措施

试配混凝土的强度应大于设计要求的强度。当无可靠的历史统计数据时,试配强度可按所需设计强度等级乘以 1.15 系数。一般可以采用如下措施:

(1) 高强混凝土(C60)应使用干硬性混凝土。水灰比应控制在 0.35 以下,拌和料的和易性宜通过掺加高效减水剂和混合材料进行调整。在满足和易性的前提下,尽量减少用水量。

(2) 注意选用水泥的强度等级和品种。一般宜采用高强度等级水泥,最好不低于混凝土设计强度等级的 1.2 倍,《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)中,混凝土的水泥用量不宜超过 $500\text{kg}/\text{m}^3$,特殊情况下不应超过 $550\text{kg}/\text{m}^3$ 。水泥品种以硅酸盐水泥为宜,不得已需要采用矿渣水泥时,则应适当掺加早强剂,以改善其早期强度较低的缺点。火山灰水泥不适于拌制预应力构件的混凝土,因其早期强度过低,收缩率又大。

(3) 注意选用合适的掺加剂。一般不允许随意掺加氯盐,因为它不仅使混凝土的收缩率增大,而且会引起钢筋锈蚀,这对预应力钢筋来说,将造成严重的应力腐蚀问题;从各种组成材料引进混凝土中的氯离子总含量(折合氯化物含量),不宜超过水泥用量的 0.06%;三乙醇胺(或混合液)有一定的防锈能力,三乙醇胺的掺入量一般为水泥用量的 0.05%。在气温较低时,可使用其复合剂(即由占水泥用量 0.05% 的三乙醇胺、0.5% 的次氯酸钠和 1% 的亚硝酸钠组成)。

(4) 另外,振捣必须采取高频振捣器振捣;高强混凝土在浇筑完毕后应在 8h 以内加以覆盖并浇水养护,或在暴露表面喷、刷养护剂。浇水养护日期不得少于 14d。

第二节 灌 浆 材 料

在后张法预应力混凝土结构中,为了防止预应力钢筋锈蚀,使预应力钢筋与梁体混凝土结合为一个整体,一般在钢筋张拉完毕之后,需向预留孔道内压注水泥浆。

一、材料要求

《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)规定孔道压浆宜采用水泥浆,所用材料应符合下列要求。

1. 水泥

水泥宜采用硅酸盐水泥或普通水泥。采用矿渣水泥时,应加强检验,防止材性不稳定。水泥的强度等级不宜低于 C40。水泥不得含有任何团块。

2. 水

水中应不含有对预应力筋或水泥有害的成分,每升水不得含 500mg 以上的氯化物离子或任何一种其他有机物,可采用清洁的饮用水。

3. 外加剂

外加剂宜采用具有低含水量、流动性好、渗出小及膨胀性小等特性的外加剂,它们应不得含有对预应力筋或水泥有害的化学物质。外加剂的用量应通过试验确定。

二、水泥浆性能要求

水泥浆的强度应符合设计规定,设计无具体规定时,应不低于 30MPa。对截面较大的孔道,水泥浆中可掺入适量的细砂。水泥浆的技术条件应符合下列规定:

(1) 水灰比宜为 0.40 ~ 0.45,掺入适量减水剂时,水灰比可减小到 0.35。

(2) 水泥浆的泌水率最大不得超过 3%,拌和后 3h 泌水率宜控制在 2%,泌水应在 24h 内重新全部被浆吸回。

(3) 通过试验后,水泥浆中可掺入适量膨胀剂,但其自由膨胀率应小于 10%。泌水率和膨胀率的试验方法见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G-10。

(4) 水泥浆稠度宜控制在 14 ~ 18s 之间,稠度的试验方法见《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)附录 G-11。

第三节 预应力钢材

一、对预应力钢筋的要求

在预应力混凝土结构中,预应力筋为抗拉材料,由于预应力混凝土自身的要求,预应力钢材需满足下列要求。

(1) 强度要高:只有采用高强钢材,才能建立较高的有效预应力值。

(2) 具有一定的塑性:施工过程中,预应力筋常需弯折且锚固段预应力筋要承受较大的应力,因此,预应力筋要满足一定的抗弯折能力。

(3) 良好的加工性能:预应力筋在加工后其力学性能应不受到影响。良好的加工性能也是保证加工质量的重要条件。

(4) 良好的黏结力:先张法构件的预应力主要靠预应力筋和混凝土之间的黏结力来实现;而后张法构件也要求预应力筋与灌浆料之间有良好的黏结力以保证协同工作。

(5) 低松弛:高强钢筋在持续的高应力状态下会发生较大的松弛,这将大大减少预压应力值,所以采用低松弛的钢材以减少由此引起的松弛损失。

二、预应力筋的种类

预应力筋按其材料可分为钢材类预应力筋和非钢材类预应力筋(图 2-2)。作为预应力筋使用的主要是预应力钢筋,可分为预应力粗钢筋、高强钢丝和钢绞线三种。目前桥梁上最常用

的预应力钢筋是钢绞线。

1. 预应力钢筋

预应力钢筋又可分为三大类:冷拉热轧钢筋、热处理钢筋、精轧螺纹钢(图 2-3)。

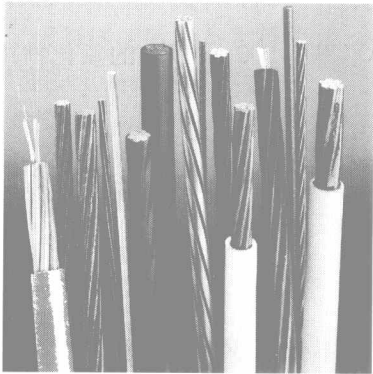


图 2-2 常见预应力筋

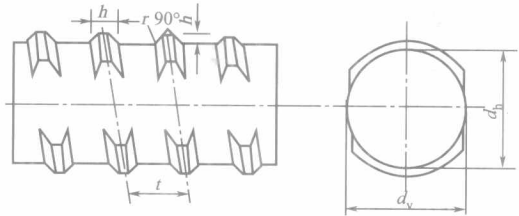


图 2-3 预应力高强精轧螺纹粗钢筋简图

高强度精轧螺纹钢筋是在整根钢筋上轧有外螺纹的大直径、高强度、高尺寸精度的直条钢筋。该钢筋在任意截面处都可拧上带有内螺纹的连接器进行连接或拧上带螺纹的螺帽进行锚固。

高强度精轧螺纹钢筋具有连接、锚固简便,黏着力强,张拉锚固安全可靠,施工方便,而且节约钢筋,减少构件面积和重量等优点。精轧螺纹钢筋广泛应用于公路、铁路大中跨桥梁和竖向预应力钢筋中。

2. 高强钢丝

预应力混凝土结构常用的高强钢丝,按交货状态分为冷拉及矫直回火两种;按外形分为光面及刻痕两种。

预应力混凝土用钢丝的应用具有以下特点:

- (1) 钢丝强度高。
- (2) 易于制备,便于运输。
- (3) 应用灵活,可以根据需要组成不同钢丝根数的预应力束。
- (4) 柔性好,便于成型或穿束,特别适用于曲线形预应力筋。
- (5) 可以用 7 根平行钢丝为一组制备成无黏结束。

3. 钢绞线

钢绞线的优点是截面集中,直径较大,比较柔软,运输和施工方便,便于操作,与混凝土或灌浆材料咬合均匀而充分,具有良好的锚固延性,因而被越来越广泛地应用。

预应力混凝土用钢绞线是用冷拔钢丝制造而成的。在钢绞线机上以一种较粗的直钢丝为中心,其余钢丝围绕其进行螺旋状绞合,再经低温回火处理而成。中心钢丝的直径加大范围不小于 2.5%。

模拔钢绞线是在普通钢绞线绞制成型时通过一个模子拔制,并对其进行低温回火处理而成的。由于每根钢丝在积压接触时被压扁,使钢绞线的内部间隙和外径都大大减小,提高了钢绞线的密度(图 2-4)。

钢绞线的规格有 2、3、7 或 19 根(股)等,最常用的是 7 股钢绞线。1×2 和 1×3 钢绞线在先张法预应力混凝土构件中应用较多。