



国家示范性高等职业院校课程改革教材

桥梁上部结构现场浇筑施工

(道路桥梁工程技术专业用)



◎ 主编 马 亮

◎ 主审 欧阳伟



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校课程改革教材

Qiaoliang Shangbu Jiegou Xianchang Jiaozhu Shigong

桥梁上部结构现场浇筑施工

(道路桥梁工程技术专业)

马 亮 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校课程改革教材。本书以任务驱动的方式,理论联系实际,使学生掌握理论知识和操作技能。全书共六个学习情境,分别是:识读、审核施工图纸,成品及半成品试验,施工组织设计,施工测量,上部结构现浇施工,上部结构质量检测与评定。

本书为高职高专院校道路桥梁工程技术专业教学用书,也可供从事桥梁工程施工和监理工作的人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁上部结构现场浇筑施工/马亮主编. —北京:人民交通出版社,2010.3

ISBN 978-7-114-08222-1

I. 桥… II. 马… III. 桥梁结构:上部结构—现浇钢筋混凝土施工 IV. U445.57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 025482 号

国家示范性高等职业院校课程改革教材

书 名:桥梁上部结构现场浇筑施工(道路桥梁工程技术专业用)

著 作 者:马 亮

责任编辑:周往莲

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:8.5

字 数:203 千

插 页:1

版 次:2010年3月第1版

印 次:2010年3月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08222-1

定 价:35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

道路桥梁工程技术专业课程改革教材 编审委员会

主 任:张亚军

副主任:王 彤 徐雅娜

委 员:欧阳伟 于仁财 姚 丽 赵永生 李云峰

于国锋 于忠涛 刘存柱 吴青伟 郑宝堂

董天文 马真安 张 辉 李立军 王力强

朱芳芳 才西月 高宏新 韩丽馥 李 波

郝晓彬 马 亮 毛海涛 王卓娅 王加弟

李光林 张新财 刘云全 王奕鹏 李荫国

孙守广 李连宏 杨彦海 赵 晖 胥繁荣

付 勇 谷力军 戴国清

序 言

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)明确指出:“高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命。”探索类型发展道路、构建高技能人才培养模式、开发特色教学资源,是高职院校的历史责任。

2006年,辽宁省交通高等专科学校进入国家首批高等职业教育示范院校建设行列,道路桥梁工程技术专业是重点建设专业之一。几年来,该专业团队积极在“类型”概念下探索高等职业教育教学资源建设模式和“高技能人才”培养规格及培养模式。通过对公路建设工程整个过程各阶段的职业岗位和典型工作任务的调研、分析、论证,确定了面向施工一线的道路桥梁工程技术专业高技能人才的专业能力规格,即工程勘察与初步道桥设计、工程概算与招投标、材料试验与检测、道桥工程施工与组织、质量验收与评定“五项能力”规格,并结合北方地域气候特点,构建了教学安排与施工季节相结合、教学内容与施工过程相结合、校内实训与企业顶岗实习相结合的“三个结合”人才培养模式。针对“五项能力”,按照“三个结合”,着眼于实际操作、技术跟踪、综合素质的提高,系统开展课程体系、课程内容改革,并进行相应的教学资源建设,力图通过“在学习中工作,在工作中学习”的教学过程,实现高技能人才的培养目标。

本次出版的系列教材,是专业课程改革和教学资源建设的阶段性成果,是国家示范性建设成果的组成部分,也是全体专业教师、一线工程技术人员共同的智慧结晶和劳动成果。

本书第一、五学习情境由朱芳芳编写,第二、三、四、六学习情境由马亮编写。全书由马亮担任主编,朱芳芳担任主审。

在教材的开发过程中,得到教育部、国家示范性高等职业院校建设工作协作委员会、辽宁省教育厅等各级领导和诸多专家的关心指导,得到众多企业、行业及兄弟院校的大力支持,在此一并致以崇高的谢意!

由于开发时间短,教学检验尚不充分,错误和不当之处难免,敬请专家、同行指教!

道路桥梁工程技术专业教材开发组
二〇〇九年四月

目 录

学习情境 1	识读、审核施工图纸	1
学习情境 2	成品及半成品试验	18
任务 2.1	原材料试验	19
任务 2.2	混凝土配合比设计	28
学习情境 3	施工组织设计	33
学习情境 4	施工测量	42
学习情境 5	上部结构现浇施工	48
任务 5.1	支架计算和设计	49
任务 5.2	满堂支架现浇上部结构施工	59
任务 5.3	节段浇筑施工	71
学习情境 6	上部结构质量检测与评定	95
任务 6.1	质量检测与评定的一般规定	96
任务 6.2	模板与支架	102
任务 6.3	预应力钢筋质量控制	113
任务 6.4	结构线形评定	119
参考文献		127

识读、审核施工图纸



情境导入

对于城市桥梁,一般多为曲线桥,且要求桥面宽、上部建筑高度较小,以利于桥下通车,此时对桥的整体性及抗扭要求高,因此多采用现浇法施工。另外,对于预应力混凝土简支体系桥梁,跨径一般不超过 50m,当需要更大的跨径时,宜修建其他体系桥梁,如悬臂梁、连续梁、连续刚构等,施工也常采用现浇。由于梁中一般同时存在正、负弯矩区段,通常采用箱形截面梁,其构造较复杂,建桥的全部工作都在施工现场进行。由于全桥在纵向和横向都是现场整体浇筑,所以结构整体性好,可以按需要做成各种外形。现浇有满堂支架现浇和悬臂现浇两种方法,无论采用哪种方法,在施工前均应识读、审核施工图纸。



学习目标

【知识目标】 具备识图能力,掌握上部现浇桥型的构造和配筋原理,能够看懂施工图纸,并能审核图纸及工程量是否准确。

【能力目标】 正确审核桥梁上部结构施工图纸,准确核算工程数量,能正确指导施工。

1.0.1 桥梁类型

一、悬臂梁桥

将简支梁梁体加长,并越过支点就成为悬臂梁桥。仅梁的一端悬出的称为单悬臂梁,两端均悬出的称为双悬臂梁。可见,使用悬臂梁的桥型至少有三孔。在较长桥中,则可由单悬臂梁、双悬臂梁与简支挂梁联合组成多孔悬臂梁桥。习惯称悬臂梁主跨为锚跨。

悬臂梁利用悬出支点以外的伸臂,使支点产生负弯矩并对锚跨跨中正弯矩产生有利的卸载作用。图 1-0-1 中简支梁的各跨跨中恒载弯矩最大,无论单悬臂梁或双悬臂梁,在锚跨跨中的弯矩因支点负弯矩的卸载作用而显著减小,而悬臂跨中因简支挂梁的跨径缩短而跨中正弯矩也同样显著减小。从标志材料用量的弯矩图面积大小(绝对值之和)来看,悬臂梁也比简支梁小。

由此可见,与简支梁相比较,悬臂梁可以减小跨内主梁高度和降低材料用量,是比较经济的。

悬臂梁桥一般为静定结构,可在地基较差的条件下使用。在多孔桥中,墩上均只需设置一个支座,减小了桥墩尺寸,也节省了基础工程的材料用量。但是,无论是钢筋混凝土或预应力混凝土悬臂梁桥,在实际桥梁工程中均较少采用。主要原因是桥梁结构体系的应用与施工方法有着较密切的关联,而判断体系优劣的同时还需顾及结构的使用性能。悬臂梁虽然在力学性能上优于简支梁,可适用于更大跨径的桥型方案,但悬臂梁中同时存在正、负弯矩区段,通常采用箱形截面梁,其构造较复杂;跨径较大时,梁体重力过大,不易装配化施工,而往往要在费用昂贵的支架上现浇。钢筋混凝土悬臂梁,还因支点负弯矩区段存在,不可避免地将在梁顶产生裂缝,桥面虽有防护措施,但仍常因雨水侵蚀而降低使用性能。预应力混凝土悬臂梁桥虽无此患,并可采用节段悬臂施工,可它同连续梁一样,因支点是简单支承,施工时必须采用临时固定措施。但与连续梁相比,跨中要增加悬臂与挂梁间的牛腿、伸缩缝构造;在使用时,行车又不及连续梁平顺,除静定结构这个特点外,别的优点不多,因而也较少采用。

国内箱形薄壁钢筋混凝土悬臂梁桥最大跨径为 55m,最大跨度的预应力混凝土悬臂梁桥是 64.6m 的成昆孙水河五号桥,国外一般在 70~80m 以下。世界上最大预应力混凝土悬臂梁桥跨径为 150m,一般也在 100m 以下。

二、连续梁桥

将简支梁梁体在支点上连接形成连续梁。连续梁可以做成两跨或三跨一联的,也可以做成多跨一联的。每联跨数众多,联长就要加大,受温度变化及混凝土收缩等影响产生的纵向位移也就较大,使伸缩缝及活动支座的构造复杂化;每联长度太短,则使伸缩缝的数目增加,不利

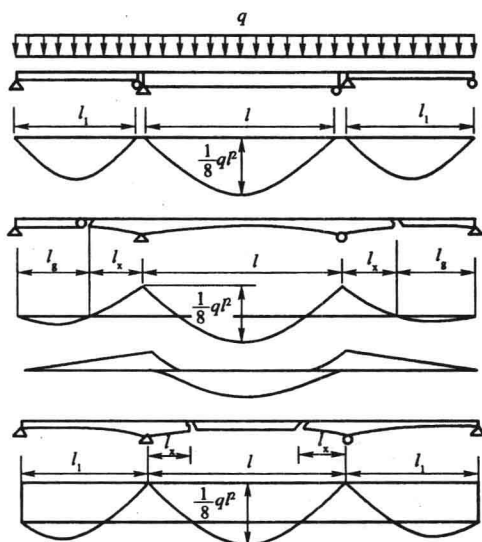


图 1-0-1 简支梁与悬臂梁弯矩比较图

于高速行车。为充分发挥连续梁对高速行车平顺的优点,现代的伸缩缝及支座构造不断改进,最大设置伸缩缝伸缩长度已达 660m,梁体的连续长度已达 1 000m 以上。如杭州钱塘江二桥公路桥为 8 孔一联预应力混凝土连续梁桥,跨径布置为 $45\text{m} + 65\text{m} + 14 \times 80\text{m} + 65\text{m} + 45\text{m}$,连续长度为 1 340m。一般情况下,连续梁中间墩上只需设置一个支座,而在相邻两联连续梁的桥墩仍需设置两个支座。在跨越山谷的连续梁中,中间高墩也可采用双柱(壁)式墩,每柱(壁)上都设有支座,可削减连续梁支点的负弯矩尖峰。

连续梁在恒载作用下,由于支点负弯矩的卸载作用,跨中正弯矩显著减小,其弯矩图与同跨径悬臂梁相差不大。如悬臂梁的悬臂长度恰好与连续梁的弯矩零点位置相对应,则弯矩图就完全一样。然而,连续梁在活载作用下,因主梁连续产生支点负弯矩,对跨中正弯矩仍有卸载作用,其弯矩分布要比悬臂梁合理。

钢筋混凝土连续梁桥同悬臂梁桥一样,因在施工上和使用上有前述缺点,仅在城市高架桥、小半径弯桥中有少量应用。而预应力混凝土连续梁的应用却非常广泛,尤其是悬臂施工法、顶推法、逐跨施工法在连续梁桥中的应用,能充分发挥预应力技术的优点使施工设备机械化,生产工厂化,从而提高了施工质量,降低了施工费用。连续梁的突出优点是结构刚度大,变形小,动力性能好,主梁变形挠曲线平缓,有利于高速行车。

而预应力混凝土连续梁设计中的一个特点是,必须以各个截面的最大正、负弯矩的绝对值之和,也即按弯矩变化幅值布置预应力束筋。实际上支点控制设计的是负弯矩,跨中控制设计的是正弯矩(因支点上的活载正弯矩与恒载负弯矩之和为负弯矩;跨中活载负弯矩与恒载正弯矩之和为正弯矩)。在梁体中,弯矩有正、负变号的区段仅在支点到跨中的某一区段。这样,预应力束筋并不增加太大的用量,就能满足设计要求。反之,在活载较大的铁路桥上及恒载弯矩占总弯矩比例不大的小跨径连续梁桥上,因预应力筋节省有限,施工较简支梁复杂,经济效益差,因而较少采用预应力结构。

为克服钢筋混凝土连续梁因支点负弯矩在梁顶面产生裂缝而影响使用年限,在支点负弯矩区段布置预应力束筋,以承担荷载产生的负弯矩,在梁的正弯矩区段仍布置普通钢筋,构成局部预应力混凝土连续梁。这种结构具有良好的经济及使用效果,施工较预应力混凝土连续梁方便,目前,在城市高架桥中已基本取代钢筋混凝土连续梁。

连续梁是超静定结构,基础不均匀沉降将在结构中产生附加内力,因此,对桥梁基础要求较高,通常宜用于地基较好的场合。此外,箱梁截面局部温差,混凝土收缩、徐变及预加应力,均会在结构中产生附加内力,增加了设计计算的复杂性。

钢筋混凝土连续梁桥跨径一般不超过 25 ~ 30m,预应力连续梁常用跨径为 40 ~ 160m。其最大跨径受支座最大吨位限制,目前国内最大跨径的连续梁是南京长江二桥北汊桥(跨径布置为 $90\text{m} + 3 \times 165\text{m} + 90\text{m}$)。如果采用墩上双支座,消去结构在支座区的弯矩高峰,它的跨径可以达到 200m。

三、T 形刚构桥

T 形刚构是一种墩梁固结、具有悬臂受力特点的梁式桥。因墩上两侧伸出悬臂,形同“T”字,由此得名。

由于悬臂梁承受负弯矩,T 形刚构桥几乎都是预应力混凝土结构。20 世纪 50 年代至 70 年代,因采用悬臂施工方法,预应力混凝土 T 形刚构发展较快。我国跨度最大的 T 形刚构桥是 1980 年建成的主跨 174m 的重庆长江大桥。世界上最大跨度的预应力混凝土 T 形刚

构桥是 1978 年建成的跨度为 270m 的巴拉圭的 Paragual 桥。另外,日本滨名大桥主跨为 240m。

预应力混凝土 T 形刚构分为跨中带剪力铰和跨中设挂梁两种基本类型。带铰的 T 形刚构桥,是国外 20 世纪 50 年代初开始采用的一种桥型,它的上部结构全部是悬臂部分,相邻两悬臂通过剪力铰相连接。所谓剪力铰是一种只能传递竖向剪力,但不能传递水平推力和弯矩的联结构造。当在一个 T 形结构单元上作用有竖向力时,相邻的 T 形单元将因剪力铰的存在而同时受到作用,从而减轻了直接受荷的 T 形单元的结构内力。从结构受力与牵制悬臂变形来看,剪力铰起了有利作用。带铰的、对称的 T 形刚构桥在恒载作用下是静定结构,在活载作用下是超静定结构。带铰的 T 形刚构桥由于受日照温差、混凝土收缩及徐变和基础不均匀沉降等因素的影响,剪力铰两侧悬臂的挠度不会相同,必然产生附加内力。这些挠度和附加内力事先难以准确估计,又不易采取适当措施加以清除或调整。另外,中间铰结构复杂,用钢量和费用也将增加。此外,在运营中发现,铰处往往因下挠形成折角,导致车辆跳动,且剪力铰也易损坏。

带挂孔的 T 形刚构是静定结构,与带铰的 T 形刚构相比,虽由于各个 T 构单元单独作用而在受力和变形方面略差一些,但它受力明确,不受各种内外因素的影响。此外,带挂孔的 T 形刚构在跨内因有正、负弯矩分布,其总弯矩图面积要比带铰的 T 形刚构要小一些,虽增加了牛腿构造,但免去了结构复杂的剪力铰。其主要缺点是桥面上伸缩缝增多,对于高速行驶不利;其次在施工中除了悬臂施工这道工序和机具设备外,还增加挂梁预制、安装工序及机具设备;此外,T 构悬臂部分横截面布置还受到挂梁的限制。目前国内主要是采用带挂孔的 T 形刚构桥。但需要指出,带铰的 T 形刚构仍不失为预应力混凝土桥中的一个比选桥型。这主要是与连续梁相比,同样采用悬臂施工方法,而后者要增加两道施工工序:一是在墩上临时固结以利于悬臂施工;二是在跨中要合龙。T 形刚构桥虽桥墩粗大,但在大跨径桥中省去了价格昂贵的大型支座和避免今后更换支座的困难。它在跨中有一伸缩缝,行车平顺条件虽不如连续梁,但由于上述各种因素,其综合的材料用量和施工费用却比连续梁经济。当然,在结构刚度、变形、动力性能方面,T 形刚构都不如连续梁。

钢筋混凝土 T 形刚构常用跨径在 40 ~ 50m 左右,预应力混凝土 T 形刚构的常用跨径为 60 ~ 200m。

必须指出,预应力混凝土 T 形刚构的受力特点是长悬臂体系,全跨以承受负弯矩为主,预应力束筋布置于梁的顶面,它与节段悬臂施工方法的协调配合是它的主要特点,并为这种桥型施工的悬空作业机械化、装配化提供了有利条件,尤其对跨越深水、深谷、大河、急流的大跨径桥梁,施工十分有利,并能获得满意的经济指标。

20 世纪 50 年代初期,开创了悬臂施工方法,T 构得以迅猛发展。但在构造上由于增加了伸缩缝,以及跨中铰和挂梁的存在,在营运上对高速行驶不利,且剪力铰和牛腿易损坏。这种桥从 20 世纪 60 年代到 80 年代初修建较多,80 年代以后基本不再修建了。进入 20 世纪 90 年代,国内高速公路迅猛发展,要求行车平顺舒适,T 构已不适用,连续梁与连续 T 构就获得广泛应用。

四、连续刚构桥

连续刚构是将 T 形刚构粗厚桥墩减薄,形成柔性桥墩,使墩梁固结、主梁连续形成连续刚构桥,它是 T 形刚构与连续梁结合的一种新型体系。如图 1-0-2。

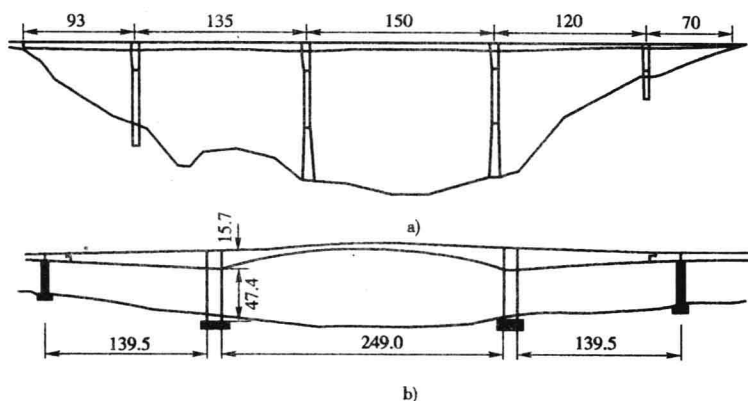


图 1-0-2 连续刚构桥概貌(尺寸单位:m)

a) Montue 桥;b) Gateway 桥

连续刚构桥具有如下特点:

(1)连续刚构桥的结构特点是主梁连续、墩梁固结,既保持了连续梁无伸缩缝、行车平顺的优点,又保持了T形刚构不设支座、无需体系转换的优点,方便施工,而且很大的顺桥向抗弯刚度和横桥向抗扭刚度能很好地满足较大跨径的受力要求。因此,它是一种极有生命力的桥梁结构形式,已成为大跨度预应力混凝土桥梁的首选桥型。

(2)柔性桥墩可以适应结构由预加力、混凝土收缩及徐变和温度变化所引起的纵向位移,为减小水平位移在墩中产生的弯矩,连续刚构桥常采用水平抗推刚度较小的高墩和双薄壁墩。当跨越山沟、河谷地形时,可采用单薄壁柔性高墩连续刚构体系;当跨径较大而墩的高度不高时,为增加墩的柔性,常采用双薄壁墩,此外,双薄壁墩还具有削减墩顶负弯矩峰值的作用。

(3)连续刚构桥梁内的内力分布更加合理。合理选择墩的刚度,能够有效减少主梁内的弯矩,有利于增大跨径。同连续梁比较,在活载作用下,连续刚构的正弯矩比连续梁的小,两者负弯矩较接近;在恒载作用下,两者的弯矩也比较接近。墩梁固结节省了大型支座的昂贵费用,减少了墩及基础的工程量,并改善了结构在水平荷载(例如地震荷载)作用下的受力性能,即各柔性墩按刚度比分配水平力(图 1-0-3)。目前,最大跨径已达 301m(挪威 Stolma 桥,跨径布置为 94m+301m+72m)。国内最大跨径的连续刚构桥是主跨 270m 的虎门大桥辅航道桥,如图 1-0-4。

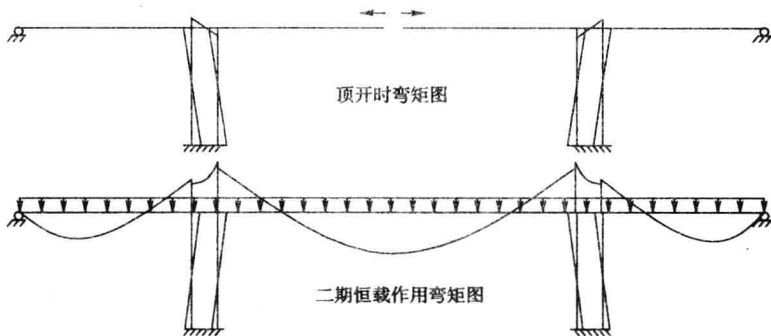


图 1-0-3 连续刚构桥的弯矩图

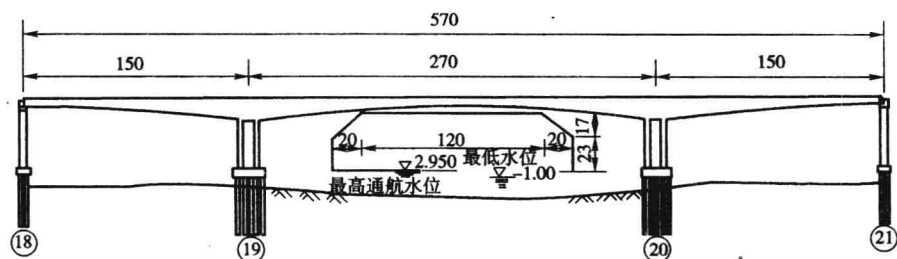


图 1-0-4 虎门大桥辅航道桥(尺寸单位:m)

(4) 跨径在 200 ~ 300m 范围内,连续梁桥在跨越能力方面(目前国内外跨径超过 200m 的连续梁寥寥无几),拱桥在施工简易方面以及斜拉桥和吊桥在经济指标方面都明显不如连续刚构桥。因此,尽管其起步较晚,但近年来(尤其是近十年)却得到了较快的发展,在主跨 200 ~ 300m 范围内几乎被连续刚构所垄断。可以说,连续刚构桥的出现,不仅丰富了桥梁家族的成员,也是科技进步的体现。

(5) 连续刚构桥的上部结构形式有利于悬臂施工,悬臂施工适合于梁的上翼缘承受拉应力的桥梁形式,因为悬臂施工的受力与桥梁建成后受力较接近,一般采用平衡悬臂浇筑施工,如图 1-0-5。

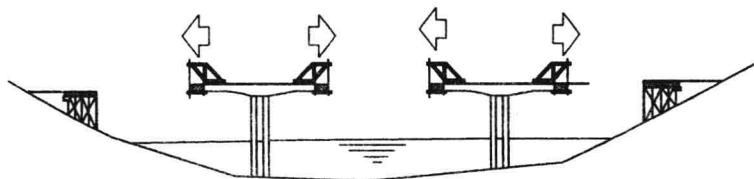


图 1-0-5 平衡悬臂浇筑施工

(6) 连续刚构桥薄壁墩是柔性的,因此必须采取防撞措施。例如,广州洛溪大桥在通航孔的双薄壁墩设防撞围堰,虎门大桥辅航道桥设置了防撞岛等。

1.0.2 钢筋类型

现浇施工采用后张法预应力混凝土结构,结构配筋除了主要的纵向预应力筋外,还有一些非预应力筋,如:局部受拉主筋,架立钢筋,箍筋,水平分布钢筋,承受局部压力的钢筋骨架。

一、纵向预应力筋

主筋在跨中均靠近梁的下缘布置,以对混凝土施加的压力来抵消荷载引起的拉应力。

当预应力筋数量不太多,能全部在梁端锚固时,为使张拉工序简便,通常都将预应力筋全部弯至梁端锚固[图 1-0-6c]。这种布置的预应力筋弯起角不大(一般在 20° 以下),这对减小摩阻损失有利。然而,对于钢束根数较多的情况,或者当预应力混凝土梁的梁高受到限制,以致不能全部在梁端锚固时,就必须将一部分预应力筋弯出梁顶[图 1-0-6d]。这样的布置方式使张拉作业的操作稍趋繁复,使预应力筋的弯起角较大(达 $25^\circ \sim 30^\circ$),增大了摩

阻引起的预应力损失,但能缩短预应力筋长度,节约钢材,对于提高梁的抗剪能力也更有利。

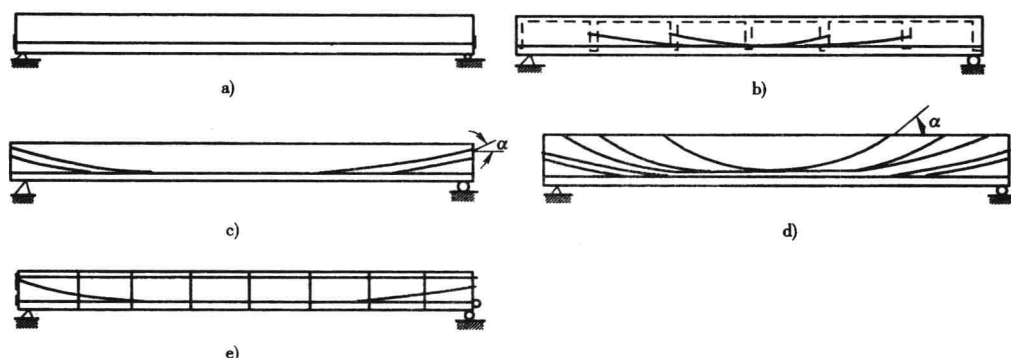


图 1-0-6 纵向预应力筋布置图式

在实际设计中,鉴于梁在跨中区段弯矩变化平缓以及荷载剪力也不大,故通常在三分点到四分点之间开始将预应力筋弯起。当然,预应力筋弯起后,截面亦必须满足破坏阶段的强度要求。

预应力筋起弯的曲线形状可以采用圆弧形、抛物线或悬链线三种,通常在曲线的矢跨比较小时,三者的各点坐标很接近。圆弧形施工放样简便,弯起角度较大,可得到较大的预剪力,故通常都在梁中部保持一段水平直线后并按圆弧弯起。悬链线的预应力筋(或制孔器)可利用其自重下垂达到规定线形,定位方便,但它在端部的起弯角度较小。预应力筋弯起的曲率半径,当采用钢丝束、钢绞线配筋时,一般不小于 4m。

预应力筋在跨中横截面内的布置,应在保证梁底保护层和位于索界内的前提下,尽量使其重心靠下,以增大预加力的偏心距,节省高强钢材。同时应使预应力筋在满足构造要求的同时,尽量相互靠拢,以减小下马蹄的尺寸。此外,还应将适当数量的预应力筋布置在腹板中线处,以便于起弯。

预应力筋在一定区段内逐渐弯起,有以下三个目的:

(1) 简支梁的弯矩从跨中向支点逐渐减小,故预应力筋的偏心距也应逐渐减小,否则上缘的拉应力过大。必须将部分力筋弯起,以减小支点的负弯矩。

(2) 临近支点的区段剪力很大,可用弯起预应力筋所产生的竖向分力来抵消它。

(3) 分散梁端预压应力和便于布置锚具。

后张法预应力混凝土梁(包括连续梁和连续刚构边跨现浇段)的部分预应力钢筋,应在靠近端支座区段横桥向对称成对弯起,宜沿梁端面均匀布置,同时沿纵向可将梁腹板加宽。在梁端部附近,设置间距较密的纵向钢筋和箍筋。

预应力管道内径的截面积不应小于两倍预应力钢筋截面面积。

二、非预应力纵向受力钢筋

在预应力混凝土简支梁中,有时为了补充局部梁段内强度的不足,有时为了满足极限强度的要求,为了更好地分散裂缝和提高梁的韧性等,可以将无预应力的钢筋与预应力筋协同配置,这样往往能达到经济合理的效果。

1. 纵向主钢筋

纵向主钢筋的作用是承受弯矩、抵抗拉力。跨中部分的纵向主钢筋设置在梁肋的下缘,随着弯矩向支点处减少,主钢筋可在跨间适当位置处切断或弯起。主筋直径一般为 $14 \sim 32\text{mm}$ 。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)规定:至少有 2 根,并不少于 20% 的主钢筋应伸过支点截面。两侧的受拉主钢筋应伸出支点截面以外,并弯成直角顺梁端延伸至顶部,与层顶纵向架立钢筋相连。两侧之间不向上弯曲的受拉主钢筋伸出支承截面的长度规定为:对带半圆弯钩的光圆钢筋不小于 $15d$ [图 1-0-7a)],对带直角弯钩的螺纹钢不小于 $10d$ [图 1-0-7b)]。

(1) 当梁中预应力筋在两端不便弯起时,为了防止张拉阶段在梁端顶部可能开裂而布置受拉钢筋。

(2) 对于自重比恒载与活载小得多的梁,在预加力阶段跨中部分的上翼缘可能会开裂而破坏,因而也可在跨中部分的顶部加设无预应力的纵向受力钢筋。这种钢筋在运营阶段还能加强混凝土的抗压能力,在破坏阶段则可提高梁的安全度。

(3) 在跨中部分下翼缘内设置的钢筋,多半是在全预应力梁中为了加强混凝土承受预加压力的能力。

(4) 对于部分预应力梁也往往利用通长布置在下翼缘的纵向钢筋来补足极限强度的需要。并且这种钢筋对于配置不黏结预应力筋的梁能起分散裂缝的作用。

(5) 无预应力的钢筋还能增加梁在反复荷载作用下的疲劳极限强度。

(6) 支座处因存在负弯矩,要在梁的上部配置受拉主筋。

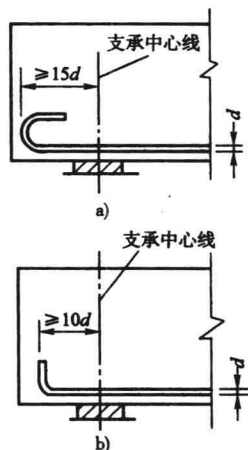


图 1-0-7 梁端主钢筋

2. 纵向防裂分布钢筋

当 T 形梁梁肋高度大于 100cm 时,为了防止梁肋侧面因混凝土收缩等原因而导致裂缝,T 形、I 形截面梁或箱形截面梁的腹板两侧,应设置直径为 $6 \sim 8\text{mm}$ 的纵向钢筋,每腹板内钢筋截面面积宜为 $(0.001 \sim 0.002) b \times h$,其中, b 为腹板宽度, h 为梁的高度,其间距在受拉区不应大于腹板宽度,且不应大于 200mm ,在受压区不应大于 300mm 。在支点附近剪力较大区段和预应力混凝土梁锚固区段,腹板两侧纵向钢筋截面面积应予增加,纵向钢筋间距宜为 $100 \sim 150\text{mm}$ 。靠近下缘,混凝土拉应力也大,故布置得密些,在上部则可稀些。

3. 箍筋

箍筋的主要作用是组成钢筋骨架和增强主梁的抗剪强度。钢筋混凝土梁中应设置直径不小于 8mm 且不小于 $1/4$ 主钢筋直径的箍筋,其配筋率, R235 钢筋不应小于 0.18% , HRB335 钢筋不应小于 0.12% 。当梁中配有按受力计算需要的纵向受压钢筋或在连续梁、悬臂梁近中间支点位于负弯矩区的梁段,应采用闭合式箍筋,同时,同排内任一纵向受压钢筋,离箍筋折角处的纵向钢筋的间距不应大于 150mm 或 15 倍箍筋直径两者中较大者,否则,应设复合箍筋。相邻箍筋的弯钩接头,沿纵向其位置应交替布置。

箍筋间距不应大于梁高的 $1/2$,且不大于 400mm ;当所箍钢筋为按受力需要的纵向受压钢筋时,不应大于所箍钢筋直径的 15 倍,且不应大于 400mm 。在钢筋绑扎搭接接头范围内的箍筋间距,当绑扎搭接钢筋受拉时不应大于主钢筋直径的 5 倍,且不大于 100mm ;当搭接钢筋受压时不应大于主钢筋直径的 10 倍,且不大于 200mm 。在支座中心向跨径方向长度相当于不小于 1 倍梁高范围内,箍筋间距不宜大于 100mm 。

近梁端第一根箍筋应设置在距端面一个混凝土保护层距离处。梁与梁或梁与柱的交接范围内可不设箍筋;靠近交接面的一根箍筋,其与交接面的距离不宜大于 50mm。

箱形截面梁腹板内应分别设置直径不小于 10mm 和 12mm 的箍筋,且应采用带肋钢筋,间距不应大于 250mm;自支座中心起长度不小于 1 倍梁高范围内,应采用闭合式箍筋,间距不应大于 100mm。

4. 架立钢筋

布置在梁肋的上缘,主要起固定箍筋和斜筋并使梁内全部钢筋形成立体或平面骨架的作用,直径一般为 10 ~ 22mm。

三、锚固区的加强钢筋

后张法预应力混凝土构件的端部锚固区,应力非常集中,在锚具附近不仅有很大的压应力,还有很大的拉应力。因此,为防止锚具附近混凝土裂缝,必须配置足够的钢筋予以加强。在锚具下面应设置厚度不小于 16mm 的垫板或采用具有喇叭管的锚具垫板。锚垫板下应设间接钢筋,加强钢筋网的网格约为 100mm × 100mm。锚下设置不小于 16mm 的钢垫板与 Φ9 的螺旋筋,以提高混凝土的抗裂性能。配置加密钢筋网的范围一般是 1 倍于梁高的区域。

四、钢筋的混凝土保护层

为了防止钢筋受到大气影响而锈蚀,并保证钢筋与混凝土之间的黏着力充分发挥作用,钢筋到混凝土边缘需要设置保护层。若保护层厚度太小,就不能起到以上作用,太大则混凝土表层因距离钢筋太远容易破坏,且减小了钢筋混凝土截面的有效高度,受力情况也不好。因此,《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)规定:普通钢筋和预应力直线形钢筋的最小混凝土保护层厚度(钢筋外缘或管道外缘至混凝土表面的距离)不应小于钢筋公称直径,后张法构件预应力直线形钢筋不应小于其管道直径的 1/2,且应符合表 1-0-1 的规定。

普通钢筋和预应力直线形钢筋最小混凝土保护层厚度(mm) 表 1-0-1

序号	构件类别	环境条件		
		I	II	III、IV
1	基础、桩基承台: (1) 基坑底面有垫层或侧面有模板(受力主筋); (2) 基坑底面无垫层或侧面无模板(受力主筋)	40	50	60
		60	75	85
2	墩台身、挡土结构、涵洞、梁、板、拱圈、拱上建筑(受力主筋)	30	40	45
3	人行道构件、栏杆(受力主筋)	20	25	30
4	箍筋	20	25	30
5	缘石、中央分隔带、护栏等行车道构件	30	40	45
6	收缩、温度、分布、防裂等表层钢筋	15	20	25

注:对于环氧树脂涂层钢筋,可按环境类别 II 取用。

当受拉区主筋的混凝土保护层厚度大于 50mm 时,应在保护层内设置直径不小于 6mm、间距不大于 100mm 的钢筋网。

公路桥涵应根据其所处环境条件进行耐久性设计。结构耐久性的基本要求,应符合表 1-0-2 的规定。

结构耐久性的基本要求 表 1-0-2

环境类别	环境条件	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m³)	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量(%)	最大碱含量 (kg/m³)
I	温暖或寒冷地区的大气环境、与无侵蚀性的水或土接触的环境	0.55	275	C25	0.30	3.0
II	严寒地区的大气环境、使用除冰盐环境、滨海环境	0.50	300	C30	0.15	3.0
III	海水环境	0.45	300	C35	0.10	3.0
IV	受侵蚀性物质影响的环境	0.40	325	C35	0.10	3.0

注:①有关现行规范对海水环境中结构混凝土的最大水灰比和最小水泥用量有更详细规定时,可参照执行;
②表中氯离子含量系指其与水泥用量的百分率;
③当有实际工程经验时,处于 I 类环境中结构混凝土的最低强度等级可比表中降低一个等级;
④预应力混凝土构件中的最大氯离子含量为 0.06%,最小水泥用量为 350kg/m³,最低混凝土强度等级为 C40 或按表中规定 I 类环境提高三个等级,其他环境提高两个等级;
⑤特大桥和大桥混凝土中的最大碱含量宜降至 1.8kg/m³,当处于 III 类、IV 类或使用除冰盐和滨海环境时,宜使用非碱性集料。

受弯构件的钢筋净距应考虑浇筑混凝土时,振捣器可以顺利插入。

各主钢筋间横向净距和层与层之间的竖向净距,当钢筋为三层及以下时,不应小于 30mm,并不小于钢筋直径;当钢筋为三层以上时,不应小于 40mm,并不小于钢筋直径的 1.25 倍。对于束筋,此处直径采用等代直径。

五、钢筋焊接

在焊接钢筋骨架时,为保证焊接质量,使焊缝处强度不低于钢筋本身强度,焊缝的长度必须满足下述要求:

- (1)对于利用主钢筋弯起的斜筋,在起弯处应与其他主筋相焊接,可采用每边各长 2.5d 的双面焊缝或一边长 5d 的单面焊缝(图 1-0-8)。弯起钢筋的末端与架立钢筋(或其他主筋)相焊接时,采用长 5d 的双面焊缝或 10d 的单面焊缝(图 1-0-8)。其中,d 为受力钢筋直径。
- (2)对于附加的斜筋,其与主筋或架立筋的焊缝长度,采用每边各长 5d 的双面焊缝或一边长 10d 的单面焊缝。
- (3)各层主钢筋相互焊接固定的焊缝长度,采用 2.5d 的双面焊缝或 5d 的单面焊缝(图 1-0-8)。

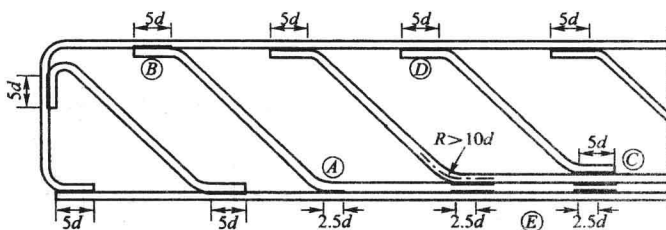


图 1-0-8 焊接钢筋骨架焊缝尺寸图
(图中尺寸为双面焊缝,单面焊缝应加倍)

1.0.3 识读、审核施工图纸

一、案例简介

某桥梁起点桩号为 DK0 + 997.470, 终点桩号为 DK1 + 288.470, 全长 291.0m。桥梁跨径为 (4-25m) + (25m + 2 - 30m + 25m) + (3 - 25m)。本桥为单幅桥, 各联上部结构均为现浇预应力混凝土连续箱梁。

本桥平面位于 $R = 300\text{m}$ 的左偏圆曲线上, 桥面横坡为 6%。桥梁纵断面处在 3.5%、-3.5% 及竖曲线半径 $R = 5000\text{m}$ 的凸形竖曲线上。桥梁横坡依箱梁顶底板斜置形成, 腹板铅垂, 纵坡以墩柱不等高调整。

混凝土: 预应力现浇箱梁采用 C50 混凝土, 桥面铺装为 10cm 沥青混凝土。砂、石集料宜就地取材, 但应经过试验, 并符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000) 有关条款的要求。

预应力钢材: 采用通过省部级鉴定的专业厂家生产的产品, 符合国家标准和行业规范的规定。

普通钢材: 除特殊要求外, 普通钢筋应满足直径 $\geq 12\text{mm}$ 者采用 HRB335 钢筋, 直径小于 12mm 者采用 R235 钢筋。钢板采用 16Mn 或 A3 钢板。

预应力锚具: 现浇箱梁采用圆锚 (如 OVM15 系列锚具) 及其配套锚垫板、螺旋圈; 千斤顶采用锚具生产厂家指定型号; 预应力管道采用预埋金属波纹管成孔。

伸缩装置: 桥台采用 D80 型异型钢桥面伸缩装置; 各连接墩采用 D160 型异型钢桥面伸缩装置。

支座: 均采用盆式支座。

伸缩装置及支座必须是通过省部级鉴定的专业厂家的产品。

二、设计要点

(1) 各联桥结构形式为连续箱梁, 悬臂长 2.50m, 为单箱双室箱梁, 支座处箱梁底设承托调平纵坡, 保证支座平置。

(2) 各联桥箱梁一次浇筑完成, 预应力连续箱梁采用“桥梁综合计算程序”, 对上部结构整体分析, 对各受力阶段进行内力、应力、位移等校核。桥梁所受荷载除结构自重、活载外还考虑了二期恒载 (桥面铺装、防撞护栏等)、温度、不均匀沉降、混凝土收缩、徐变等。

三、图纸识读、审核 (图 1-0-9 ~ 图 1-0-16)