

# 我国预应力混凝土连续梁桥的发展与工程实践

李 坚

**【摘要】** 本文从桥梁设计技术、施工技术和预应力材料等方面简要介绍了我国预应力混凝土连续梁桥的发展,重点对预应力混凝土连续梁桥工程实践中出现的主要问题、形成原因、敏感性分析及设计对策探讨等作了简要分析和论述。

**【关键词】** 预应力 连续梁桥 技术发展 工程实践 主要问题 敏感性分析设计对策

## 1. 概况

自60年代中期在德国莱茵河上采用悬臂浇筑法建成Bendorf桥以来,悬臂浇筑施工法和悬臂拼装施工法得到不断改进、完善和推广应用,从而使得预应力混凝土连续梁桥成为许多国家广泛采用的桥型之一。

我国自50年代中期开始修建预应力混凝土梁桥,至今已有40多年的历史,比欧洲起步晚,但近20年来发展迅速,在预应力混凝土桥梁的设计、结构分析、试验研究、预应力材料及工艺设备、施工工艺等方面日新月异,预应力混凝土梁

桥的设计技术与施工技术都已达到相当高的水平。

预应力混凝土连续梁桥是预应力桥梁中的一种,它具有整体性能好、结构刚度大、变形小、抗震性能好,特别是主梁变形挠曲线平缓,桥面伸缩缝少,行车舒适等优点。加上这种桥型的设计施工均较成熟,施工质量和施工工期能得到控制,成桥后养护工作量小。预应力混凝土连续梁的适用范围一般在150m以内,上述种种因素使得这种桥型在公路、城市和铁路桥梁工程中得到广泛采用。目前我国已建成的有代表性的大跨径

表1 我国已建成的大跨径预应力混凝土连续梁桥

序号	桥名	主桥跨径(m)	桥址	建成年份
1	南京长江二桥北汉桥	90+165×3+90	江苏	2000
2	六库越江大桥	85+154+85	云南	1995
3	黄浦江奉浦大桥	85+125×3+85	上海	1995
4	常德沅水大桥	84+120×3+84	湖南	1986
5	东明黄河公路大桥	75+120×7+75	山东	1993
6	凤陵渡黄河大桥	87×5+87+114×7+87	山西	1994
7	沙洋汉江大桥	63+111×6+63	湖北	1985
8	珠江三桥	80+110+80	广东	1983
9	宣城汉江公路大桥	55+100×4+55	湖北	1990
10	松花江大桥	59+90×7+59	黑龙江	1986

李坚:上海市城市建设设计研究院高级工程师

公路和城市预应力混凝土连续梁桥如表1所示。

虽然本文论述的重点是设置支座的预应力混凝土连续梁桥,但有必要简要介绍一下由T型刚构体系与连续梁体系结合而成,采用薄壁柔性桥墩、墩梁固结的预应力混凝土连续刚构桥。这种桥型上部结构的受弯性能与连续梁基本相同。由于墩梁固结,主墩不设支座,顺桥向抗弯刚度和横桥向抗扭刚度较大,能满足特大跨径桥梁的受力要求,从而使得预应力混凝土梁桥的跨径运用范围从连续梁桥的150m左右,发展到300m以上。表2列出目前世界上已建成的大跨径预应力混凝土连续钢构桥。

## 2. 我国预应力混凝土连续梁桥的发展

### 2.1 桥梁设计技术

#### 2.1.1 主要设计规范

a. 1978年交通部颁布了我国第一部《公路预应力混凝土桥梁设计规范》,该规范按单一系数极限状态设计理论编制,比以往采用的破坏阶段理论规范前进了一步。

b. 1985年交通部颁布了《公路桥涵设计规范》,其中《公路钢筋混凝土预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ023—85)将单一系数改成多系数,以塑性理论为基础作强度极限计算,以弹塑

性或弹性理论为基础作正常使用极限计算。

85规范原则上是参照1978年CEB—FIP的《国际标准规范》,即《Model Code for concrete Structures》编制的。

c. JTK023—85规范允许桥梁构件按部分预应力混凝土(PPC)设计。

- A类构件——在短期荷载作用下截面受拉边缘允许出现拉应力,但拉应力值不超过规范中的规定限值,如有些箱梁的顶板横向预应力是按A类构件设计的。

- B类构件——在短期荷载作用下,截面受拉边缘允许出现裂缝,即拉应力值超过规范中的规定限值,目前在大跨径预应力箱梁桥设计中未见采用。

- PPC构件具有节约钢材、降低造价、能减少由预应力引起的反拱度、改善结构受力性能等优点,已在一般公路桥梁和城市桥梁工程中逐步推广应用。

#### 2.1.2 桥梁结构分析专用软件和CAD技术

a. 自70年代后期以来,我国桥梁结构分析专用软件和CAD技术得到大力开发和应用。其中包括采用有限元法编制的桥梁通用综合程序以及许多桥梁专用程序,实现设计、计算、绘图一

表2 世界已建成的大跨径预应力混凝土连续钢构桥

序号	桥名	主跨(m)	桥址	建成年份
1	Stolmasunder 桥	301	挪威	1998
2	Rafisunder 桥	298	挪威	1998
3	虎门大桥辅航道桥	270	中国	1997
4	Gateway (门道桥)	260	澳大利亚	1986
5	Varodd 桥	250	挪威	1994
6	Talubergang Schottwien 桥	250	奥地利	1989
7	Ponte Sjoao 桥	250	葡萄牙	1991
8	Skye 桥	250	苏格兰	1995
9	Confederation 桥	250 × 43	加拿大	1997
10	重庆嘉陵江黄花园桥	250 × 3	中国	1999
11	黄石长江大桥	245 × 3	中国	1995

体化,大大提高了计算精度和速度,特别是用于大量重复计算、局部应力分析、设计方案优化。大跨径预应力混凝土桥梁的结构分析设计软件开发和推广,适应了我国桥梁建设高速发展的需要。

b. 计算机技术已被广泛应用于大跨径预应力混凝土连续梁桥的施工控制。使得成桥后的线型平顺,符合桥梁的纵向设计标高;桥梁结构的受力状态能与设计计算一致。

## 2.2 桥梁施工技术

2.2.1 在我国中小跨径的预应力混凝土连续梁桥施工中,除了最古老的支架现浇法外,还采用了先简支后连续、顶推法、移动模架逐孔浇筑法、移动导梁逐孔拼装法和梁体预制吊浮安装法等施工技术。

2.2.2 平衡悬臂拼装施工法和平衡悬臂浇筑施工法的采用促进了预应力混凝土连续梁桥的发展。

大跨径预应力混凝土连续梁桥大多采用悬臂浇筑法施工。根据连续梁桥的特点,采用逐段平衡悬臂浇筑,先形成T构,再逐跨合龙,逐跨释放临时固定支座,完成体系转换,最终形成多跨预应力混凝土连续梁桥。

大跨径预应力混凝土连续箱梁广泛采用挂篮进行悬臂浇筑施工。常用的挂篮形式有桁架式和斜拉式。随着施工技术的进步,挂篮结构向着轻型化的方向发展,尽可能采用构造合理、受力明确、自重轻、利用系数高、使用安全方便,具有良好技术经济指标的挂篮。例如,上海黄浦江奉浦大桥等工程采用的定型挂篮就是其中之一,该挂篮总重仅50t,利用系数为4.0。

2.3 高强度预应力钢材、高标号混凝土和大吨位预应力锚固体系的研制开发和应用,促进了大跨径预应力混凝土连续梁桥的发展。

在80年代后期,国内开始生产1860MPa的低松弛预应力钢绞线,加上与其配套的大吨位预应力锚具和张拉设备的研制成功,C50与C60混凝土的应用,使得预应力连续梁桥结构轻型化,跨越能力得到很大提高。在这以前,我国大量采用1600MPa $\phi$ 5的高强度碳素钢丝和与其配套的钢质锥形锚(即F式锚具)。这种锚具的张拉吨位小,使用时的控制张拉力仅565kN,每张拉10kN预应力需要的布束面积约为0.255cm<sup>2</sup>/kN;若采用 $\phi$ 15.2~12型的锚具,张拉10kN预应力所需的布束面积约为0.096cm<sup>2</sup>/kN;采用 $\phi$ 15.2~22型的锚具时,张拉10kN预应力所需的布束面积约为0.067cm<sup>2</sup>/kN。三者的比例为1:0.38:0.26,由此可以看到,采用大吨位预应力锚具体系后,使得预应力箱梁布束范围内的顶板、腹板和底板尺寸,设计时由原来的布束控制改为受力控制和按构造要求控制,这样,大大减小了箱梁断面的尺寸,减轻了上部结构的自重。

箱梁混凝土及钢绞线的用量能够大大减少,从而使得预应力结构设计更趋合理、经济。若采用以往的钢质锥形锚具,预应力混凝土连续梁的跨越能力大多在100m左右。随着1860MPa钢绞线和大吨位预应力锚固体系的应用,建桥施工技术的发展,目前,我国连续梁桥的最大跨径已达165m,连续刚构桥的最大跨径达到270m,从而使得我国预应力混凝土梁桥的设计、施工技术进入世界先进行列。

3. 预应力混凝土连续梁桥工程实践中出现的主要问题、形成原因、敏感性分析和设计对策探讨

3.1 预应力混凝土连续梁桥使用过程中存在的主要问题

在预应力混凝土连续梁桥,特别是大跨径连续梁桥的施工或使用过程中,部分桥梁有时会出

现这样或那样的问题,其主要问题是箱梁混凝土出现了不同性质的裂缝。

根据作者所知,在已建成的连续梁桥中,某些桥梁上部结构曾出现了部分裂缝,主要有箱梁顶板和底板的纵向裂缝;箱梁腹板的斜向裂缝。特别是靠近边跨现浇箱梁端部范围的两侧腹板,出现近45°的斜向裂缝。现举例如下:

3.1.1 某公路大桥为三跨预应力连续梁结构。在中跨跨中近60m范围内,箱梁底板下缘、合龙段上缘出现纵向裂缝,最多的一个截面有10多条,连续贯通,裂缝宽度0.1~0.4mm。在两只中墩左右的1号节段底板,各有1条长2m对称的纵向裂缝,裂缝宽度0.2~0.3mm。在边跨近桥台的4~5个箱梁节段底板,出现不连续、较短的纵向裂缝,裂缝宽度0.1~0.2mm。

3.1.2 某公路大桥为连续刚构——连续梁桥结构。该桥在每孔1/4梁跨处的上、下游箱梁内侧腹板处,发现与顶板呈25°~45°的斜向裂缝。成桥4年后共发现百余条裂缝,最长约4m,最大裂缝宽度达1.8mm。

3.1.3 某公路特大桥,在两岸跨箱梁现浇端15m范围的上、下游腹板内外侧,对称出现近45°的斜向裂缝,数量较多,最大裂缝宽度0.4mm。

3.1.4 某大桥连续梁结构部分采用单箱多室横断面,该桥箱梁集中在中间两道竖腹板靠根部处出现100多条斜向裂缝。这些裂缝中,沿腹板厚度方向有一部分是贯穿的。其中缝宽0.2~0.58mm的有20多条。

从以上几座预应力混凝土桥梁的裂缝来看,其性质大部为受力裂缝,且宽度较大。为保证这些桥梁的安全性和正常使用,以及结构的耐久性,有关方面曾对裂缝的成因作过一些分析。我们也可从中吸取教训,以提高对这类问题的认识和重视,为今后从事预应力混凝土桥梁的设计、

施工、管理和监理工作采取相应的对策。

### 3.2 裂缝形成原因分析

3.2.1 目前我国大跨径预应力混凝土连续梁桥的设计,大多是按照全预应力结构设计,即在理论上要求结构不出现拉应力。

针对预应力混凝土连续箱梁结构而言,裂缝形成的原因,主要有以下几方面:

- a. 在主桥总体设计中,跨径比例、箱梁截面尺寸的拟定不合理;
- b. 结构设计抗弯剪能力不足;
- c. 对由预应力钢束引起的附加力估计不足;
- d. 对温度应力重视不够;
- e. 施工质量不好,其中包括混凝土浇筑与养生;施工顺序与施工精度;预应力钢束的保护层厚度达不到设计要求;支架与模板变形过大;预应力张拉力不足;灌浆不及时或其他质量问题等。
- f. 材料质量——如混凝土的水泥及骨料品种、材料级配及计量误差等问题。

3.2.2 预应力混凝土桥梁工程中产生的裂缝,由于各种因素的相互影响,十分复杂。一般应对设计、施工及材料质量等方面着手调查分析,看问题发生在哪一个环节上,并根据结构裂缝的位置、方向、缝宽、裂缝长度与深度、裂缝间距等现象作为依据,进行分析。

本文重点谈一下如何从设计方面进行检查分析,其中主要有:

- a. 对可能产生结构裂缝原因的应力进行复核,诸如混凝土的拉应力、压应力、剪应力、主拉应力及局部应力等。
- b. 应力复核结果是否超过设计规范规定的使用荷载作用下混凝土的法向应力、主拉应力值。

c. 裂缝的部位和方向是否与所计算的应力方向一致。

d. 对控制预应力混凝土箱梁设计的一些主要内容进行敏感性分析, 如对纵向预应力束束设计方案、竖向预应力、箱梁高度、腹板高度、温度应力等。

### 3.2.3 混凝土主拉应力斜裂缝问题

预应力混凝土结构同普通钢筋混凝土结构一样, 在受弯构件正截面强度有足够保证的情况下, 仍有可能沿斜截面破坏。在斜截面破坏前, 总会先出现由弯矩和剪力引起的主拉应力斜裂缝。预应力混凝土受弯构件由于预应力的存在, 特别在纵向和竖向预应力的共同作用下, 箱梁内的主拉应力大大降低, 从而使得斜截面的抗裂性比普通钢筋混凝土好。在合理进行纵向预应力钢束布置和竖向预应力钢筋设计的情况下, 可以把使用荷载作用下的主拉应力控制在小于规范规定的混凝土抗拉强度(主拉应力)范围内。然而设计人员必须注意到: 一旦结构出现斜裂缝, 其承载能力将会降低, 甚至会突然破坏。所以当主拉应力  $\sigma_{zL} > 0.5R_t^0$  (荷载组合 I) 或  $\sigma_{zL} > 0.5R_t^0$  (荷载组合 II 及组合 III) 时, 必须按规范规定设置由计算所需的抗剪钢筋。

### 3.2.4 预应力混凝土连续箱梁桥的敏感性分析

#### a. 纵向预应力钢束布置方案

预应力混凝土箱梁通过纵向预应力钢束提供构件各截面的预压应力, 以保证各个截面的正截面强度。设计时通过对纵向预应力钢束的合理布置, 以提供和提高箱梁的斜截面强度。纵向预应力设计是预应力混凝土连续梁桥的核心问题。在敏感性分析中, 通过对增加一对底板钢束或减少一对底板钢束的计算分析, 结果表明: 对结构截面正应力的影响程度较大, 而对腹板加腋处主拉应力的影响不显著。可以这样讲, 纵向预应力直

线钢束的多少主要关系到箱梁正截面强度的大小。敏感性分析同时表明, 由于纵向预应力对各个截面应力状态的影响程度及其规律并不完全一致, 设计时应给予充分重视。除了对各控制截面进行应力验算外, 还应做好对纵向预应力钢束束束方案的优化和比较。

#### b. 竖向预应力

通过对某大桥箱梁截面的竖向预应力敏感性分析表明: 当设计的竖向预应力为100%时, 在使用荷载组合 III 作用下, 该截面中和轴处的主拉应力  $\sigma_{zL} = -0.75\text{MPa}$ 。竖向预应力损失 50% 时, 在使用荷载作用下,  $\sigma_{zL} = -1.90\text{MPa}$ , 其值大于  $0.5R_t^0 = 0.55 \times 3.0 = 1.65\text{MPa}$  (注: 50号混凝土)。此时应按  $\sigma_{zL} = -1.90\text{MPa}$  来配置箍筋, 而不能按构造布置箍筋。若竖向预应力不起作用, 即为零时,  $\sigma_{zL} = -3.00\text{MPa}$ , 不能满足 JTJ023-85 规范中  $\sigma_{zL}$  值小于  $0.9R_t^0 = 2.79\text{MPa}$  的要求。按该规定, 应加厚腹板尺寸, 重新设计。这就是说, 在不考虑按构造配置箍筋的作用时, 竖向预应力对主拉应力的影响很大。

#### c. 箱梁高度

预应力混凝土变截面连续箱梁桥, 一般支点截面梁高取  $H_x = (1/6 \sim 1/20)L$ , 跨中截面梁高取  $H_m = (1/30 \sim 1/50)L$ 。通过变化梁高, 使截面刚度随着变化, 箱梁结构的整体刚度也相应变化。梁高增加后, 截面内的剪应力和主拉应力均有一定下降。

#### d. 腹板厚度

预应力混凝土箱梁的腹板受力状况很复杂, 其中有影响主拉应力的正截面法向应力和剪应力; 由剪力滞和畸变产生的法向应力和剪应力; 由竖向预应力钢筋产生的混凝土竖向预压应力; 由箱梁扭转产生的剪力流等作用。由于箱梁腹板厚度尺寸一般较小, 设计时取用腹板厚度应慎

重。

通过对腹板厚度的敏感性分析计算,得知它对箱梁截面应力状态的变化十分敏感。当腹板厚度稍有增加时,截面的正应力、剪应力和主拉应力均可得到较大改善。

#### e. 温度应力

根据气温变化对桥梁结构的作用,可划分为体系温差和温度梯度(日照温度差)两种。体系温差对静定结构只引起结构的变位而不引起结构的温度次内力或温度应力;但对超静定结构,将引起温度次内力。

温度梯度对混凝土梁桥的影响较大,除了与结构截面形状和尺寸、桥面铺装层材料和厚度有关外,还与太阳辐射强度、桥址位置和方向、大气层透明度、风速、地形地貌等诸多因素有关。JTJ203-85规范中仅规定T形混凝土连续梁由于日照引起桥面与其他部分的温度差而引起的内力。在缺乏实测资料时,可假定温度差 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (桥面板上升 $5^{\circ}\text{C}$ ),并在桥面板内均匀分布。但规范对箱形截面连续梁桥的温度应力及温度梯度的取值未作明确规定和说明。该规定主要参照了日本桥规,我国规范偏于简单化,未对温度梯度进行系统的实测研究,制定出相应的温度梯度曲线,计算结果往往偏于不安全。然而分析温度应力对预应力混凝土连续箱梁桥的设计十分重要,例如,对同一座桥梁采用不同的温度梯度模式计算得到的架内温度应力相差很大,甚至会出现异号应力。如果温度梯度模式选用不当,即使增大温度差设计值,也不能保证结构的抗裂性。

温度应力在桥梁设计中占有相当的比例,例如,上海一座 $40\text{m}+65\text{m}+40\text{m}$ 的三跨连续箱梁桥,在活载+恒载+支座沉降工况下,跨中下缘混凝土最终应力为 $10\text{MPa}$ 的压应力;而在活载+恒载+支座沉降+顶板均匀升温 $5^{\circ}\text{C}$ 的工况下,跨

中下缘混凝土最终应力为 $-0.8\text{MPa}$ 的拉应力。计算表明由温度梯度产生的应力比活载产生的应力还要大。又如70年代后期建成的加拿大格朗梅尔大桥,为三跨连续刚构,中跨 $181.4\text{m}$ ,在该桥加固阶段设计中计算得出: $10^{\circ}\text{C}$ 的线性温差在桥梁跨中产生的正弯矩值相当于中跨两条车道布载所产生的正弯矩。

本文由于篇幅关系,仅对上述几个主要方面作了敏感性分析。

### 3.3 设计对策探讨

预应力混凝土连续梁桥的裂缝问题涉及到设计、施工、监理等各方面,本文仅从设计方面作对策探讨。

#### 3.3.1 桥梁跨径布置和箱梁截面尺寸拟定

##### a. 桥梁跨径布置

预应力混凝土连续梁桥的边跨与主跨比选用是否恰当直接影响到结构受力的合理性。若边跨太大,则这跨支架现浇梁段长度偏长,施工时要防止支架不均匀沉降。边跨一长其整体刚度偏小,在恒载与活载作用下,现浇段会出现较大的主拉应力,容易发生混凝土开裂;当在边跨加载时对中跨箱梁的受力不利。若边跨与中跨之比过小,则边跨支点可能会出现负反力,使得边墩与边跨受力不合理。

在连续梁桥设计中,一般可以通过调整各跨的刚度,即合理取用相邻跨长的不同比值来调整各截面的内力,以满足设计的要求。对中小跨径的连续梁桥而言,边跨与主跨比一般取用 $0.5\sim 0.8$ ,这样可以使中跨跨中不致产生异号弯矩,边墩支点也不会出现负反力。对采用满堂支架施工的连接梁桥,边跨取中跨长度的 $70\%\sim 80\%$ 是经济合理的。但对采用挂篮悬臂浇筑法施工的大跨径预应力混凝土连续桥而言,边跨总有一段需采用支架现浇。为使连续梁结构的内力变化较

合理和减少支架长度,设计时边跨长度一般选用中跨长度的65%左右为宜。结合国内外部分大跨径连续梁桥的工程实践,作者建议边跨与中跨的长度比一般控制在0.55~0.65。

#### b. 箱梁断面尺寸拟定

自大吨位锚具、1860MPa钢绞线和高强度混凝土在大跨径预应力混凝土桥梁中采用以来,箱梁的自重大大减轻,使得上部结构有条件向轻型化方向发展。现行公路桥梁设计规范是采用极限状态设计的,结构均应通过承载能力极限状态和正常使用极限状态的计算。除此,对构造上及施工工艺方面的要求必须得到满足。从作者了解到的一些出现裂缝的桥梁来看,有一些是与箱梁所选用的断面尺寸安全储备偏小有关。通过主拉应力的敏感性分析得知,若不设置竖向预应力钢束或者竖向预应力失效,则必须加大腹板厚度尺寸,重新设计。若竖向预应力只考虑50%的效果时,计算所得的主拉应力仍会出现大于规范规定值的情况。这说明与腹板厚度尺寸的选定有一定的关系。另外现行设计规范中与此有关部分的公式一般“仅适用于等高度的简支梁”,若用于连续梁时,应考虑一定的安全系数。这样按公式计算得到的斜截面抗剪强度  $Q_m+Q_w$  值应当折减。反过来折减后的  $Q_m+Q_w$  值对腹板厚度又有所要求。作者建议选定箱梁断面尺寸时,除了注意梁高 ( $H_x$  和  $H_w$ ) 的因素外,还应该重视腹板尺寸的优化。

#### 3.3.2 纵向预应力布束方案与预应力储备

##### a. 纵向预应力布束方案

在本文3、1中列出的几座出现剪切裂缝的预应力混凝土箱梁桥中,发现这样一个共同点,就是在纵向预应力钢束布置时往往偏重施工方便的要求,而忽视了对腹板下弯束和边跨现浇箱梁端部一定范围内腹板弯起束的有效利用问题。由

于采用了在箱梁顶板和底板布置直线束,仅靠设置竖向预应力钢筋来克服结构剪应力的布束方案,这必须建立在充分保证竖向预应力能够达到设计要求的前提下。实际上箱梁腹板内竖向预应力钢筋长度一般较短,钢筋的张拉伸长量较小,施工时若发生少量的压缩变形,将会产生较大的预应力损失;加上锚固系统和施工操作上的问题,一般很难保证设计所要求的预应力度。从对竖向应力的敏感性分析来看,若箱梁断面尺寸偏小一点,一旦竖向预应力不到位,则结构的主拉应力将超过规范的许可值,从而使结构应力处于不利状态。

工程实践证明:在采用直线束布置方案的同时,有必要在靠近箱梁支点附近的节段内,在腹板内布置部分下弯束,但吨位不宜太大,如用  $\Phi 15.2-7$  或  $\Phi 15.2-12$ ,并同时在边跨现浇段端部腹板内布置部分弯起束。由于这类预应力钢束通过腹板,使得预压应力容易均匀分布到全断面上,是克服剪应力最有效的合理的布束形式,并可达到免费提供预剪力的效果。设计工程师可以通过合理布置纵向预应力钢束,来改善箱梁腹板的受力状态;同时建议在边跨箱梁端部将腹板的箍筋适当加密,直径适当放大一些,这些措施对克服腹板的斜向裂缝是十分有效的。

##### b. 预应力储备

由于理论计算模式和计算结果往往与工程实际情况存在差异,加上一些在设计时难以计入的因素,因此在设计过程中,有必要考虑结构各个截面的应力要有一定的安全储备,即对使用荷载作用下截面的正应力和混凝土主拉应力,提供一定的应力储备,以便在设计上带来可靠保证。

#### 3.3.3 预应力混凝土连续梁桥的设计要重视温度应力

计算表明桥面局部升温或降温将会在结构中

引起较大的内力变化,虽然这部分内力不是永久的,但是不可避免的。若考虑不当,温度应力会造成支点附近和跨中断面的裂缝。即使这些细微裂缝不至于影响结构的正常使用,但设计时必须给予重视。除了对这些截面进行必要的应力验算满足规范要求外,有必要采取一些构造措施,如在验算截面附近布置一定数量的非预应力钢筋,使得温度应力分布均匀,控制温度裂缝的产生或发展。另外还得考虑在支点和梁端处的腹板和底板内布置足够的纵向钢筋和箍筋,因为对于箱梁横截面,腹板和底板在温度作用下混凝土容易开裂。

### 3.3.4 重视箱梁结构非预应力钢筋的配置

纵向分布钢筋或受力钢筋,特别是箍筋对构件的抗剪、斜截面强度和主拉应力的贡献很大。尤其在采用高强度混凝土情况下,箍筋的套箍作用十分显著。

### 4. 结语

预应力混凝土连续梁桥在我国的发展与应用虽然只有20余年历史,但如今在公路、城市道路和铁路建设中广泛采用。目前我国无论在设

计、施工、预应力材料和设备上取得了很大进步和一定成就,然而与国际先进水平仍存在一定差距。今天,我们需要不断地总结经验、吸取教训,在设计理论、设计规范、预应力材料和施工技术上不断完善、不断发展、勇于创新。相信通过大家共同努力,在21世纪一定能将我我国预应力混凝土梁桥的设计、施工水平推向更新的高度。

### 参考文献

- [1] 范立础. 预应力混凝土连续梁桥. 北京: 人民交通出版社, 1988
- [2] 预应力工程实例应用手册(桥梁结构篇). 北京: 中国工业出版社, 1996
- [3] 王文涛. 刚构—连续组合梁桥. 北京: 人民交通出版社, 1995
- [4] 李坚. 上海预应力混凝土连续梁桥的发展. '95 预应力混凝土连续梁和刚构桥学术会议论文集. 上海: 同济大学出版社, 1995
- [5] 杨军, 李坚. 预应力混凝土箱梁桥常见结构裂缝分析与设计对策. 上海公路, 1997年增刊, 1997
- [6] 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范. 1985

注: 本文原载于《第十四届全国桥梁学术会论文集》(上册)

## 柳州建机获广西高新技术企业认定证书

日前, 柳州市建筑机械总厂获得了广西壮族自治区科技厅颁发的“高新技术企业认定证书”。新的证书统一编号为: 9394502A0007, 有效期两年。

据广西壮族自治区科技厅《关于2000年高新技术企业资格复审结果的通知》(桂科高字(2001)82号), 广西科技厅是根据国家有关高新企业认

定条件和办法和《广西高新技术企业认定办法》的有关规定, 对广西2000年底认定的301家高新技术企业进行了严格审查认定。这次复审, 包含柳州建机在内的254家企业因为重视产品的研究开发工作, 加强技术创新, 规范经营管理, 积极开拓市场, 经营情况良好, 符合高新技术企业条件, 而被同意通过高新技术企业资格复审。

(何晓斌)