

# 40m 后张法预应力工型梁张拉及抗侧弯措施

刘 森

(辽宁省路桥建设三公司, 沈阳 110021)

**摘 要** 本文论述了减小 40m 后张法预应力工型梁产生侧弯的张拉程序及施工安装过程中因工型梁侧向刚度不足采取的抗侧弯技术措施。

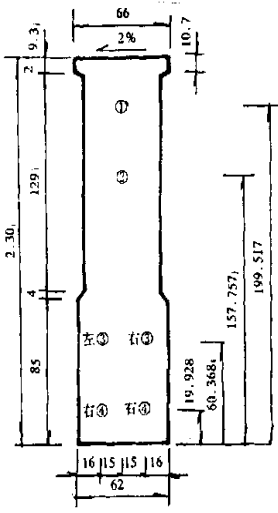
**关键词** 张拉程序 侧弯 措施

## 1 概述

四台子大桥位于丹—本高速公路第八合同段, 全长 1693m, 中心桩号 K50 + 151. 255, 上部结构为 41 孔 40m 预应力工型组合梁, 每孔半幅 6 片梁, 全桥共有 40m 预应力工型梁 492 片。工型梁预应力筋采用  $\phi 15$  钢绞线, 标准强度  $R_y^b = 1570\text{Mpa}$ , 钢束张拉采用两端同时张拉, 8 股钢绞线控制张拉力 1259. 9kN, 9 股钢绞线控制张拉力 1417. 39kN, 工型梁需待梁体混凝土强度达设计强度 (50Mpa) 100 % 方可张拉钢束。

## 2 控制工型梁预应力张拉产生侧弯的施工程序

### 2.1 工型梁产生侧弯原因



根据设计文件要求 (见张拉顺序表), 马蹄位置上下 4 根钢束需两两同时张拉, 由于 3 # 及 4 # 束设计中心间距为 30cm, 而国产 250T 千斤顶数柳州产 YCW250B 型千斤顶体积最小 (外径 34. 4cm), 重量最轻, 仍无法满足 分别同时张拉的要求, 所以只能单一 分批进行钢束张拉。这样张拉, 主梁处于偏心受力状态, 故张拉过程产生侧弯。

### 2.2 张拉控制程序

分批张拉钢束, 如一次完成一侧钢束张拉至锚固, 由于侧向张拉力不平衡造成侧向弯矩很大, 为防止工型梁产生横向压屈, 马蹄位置 4 根钢束需分 2 步进行张拉, 即每次张拉结束后工型梁中心两侧预应力差为设计张拉力的 1/3, 从理论上讲, 张拉次数越多, 接近左、右两根钢束同时张拉的受力情况, 但考虑到施工工序繁琐及超过 2 次张拉夹片的使用性能将受到不良影响, 直接影响到对钢绞线的锚固性能, 所以施工中采用分 2 步张拉的施工程序较为合理。施工中将张拉力分解, 并变更张拉顺序, 详见设计张拉顺序表和施工张拉顺序表。

设计张拉顺序表

张拉顺序	钢束号
1	左 4 # , 右 4 #
2	1 # , 2 #
3	左 3 # , 右 3 #

施工张拉顺序表

张拉顺序	钢束号	控制张拉力
1	左 4 #	$F_k/3$
2	右 4 #	$2F_k/3$
3	左 4 #	$F_k$
4	右 4 #	$F_k$
5	1 #	$F_k$
6	2 #	$F_k$
7	右 3 #	$F_k/3$
8	左 3 #	$2F_k/3$
9	右 3 #	$F_k$
10	左 3 #	$F_k$

$F_k$  为设计张拉力

由于混凝土的弹性压缩造成钢束的预应力损失  $s_4$  为:

$$s_4 = 5 \times N_Y \times h_l \quad s_3 = 0$$

$$\text{右}4 = 4 \times N_Y \times h_1 \quad \text{右}3 = N_Y \times h_1$$

$$\text{左}4 + \text{左}3 = \text{右}4 + \text{右}3$$

式中:  $N_Y$ —预应力钢绞线与张拉时混凝土的弹性模量之比。

$h_1$ —第  $i$  批钢束张拉后钢束重心处产生的混凝土压应力。

由上式可以看出,由于混凝土弹性压缩工型梁两侧钢束预应力损失相等,无侧向弯矩。

### 2.3 分 2 步张拉工型梁侧弯值分析

分步张拉程序实施前实测 40 - 2 工型梁张拉完成后侧弯值为 5cm。

分步张拉程序实施后实测 78 片工型梁侧弯值如下:

$$\bar{f} = 1.3\text{cm}$$

$$f_{\max} = 2.4\text{cm}$$

$$f_{\min} = 0$$

通过实测侧弯数据可以看出,实行分步张拉程序控制,张施工后工型梁侧弯值明显减小,达到了预期目的。

### 3 工型梁安装过程中抗侧弯措施

由于 40m 预应力工型梁侧向刚度小,经计算侧向毛截面惯性矩为  $7.4 \times 10^5 \text{cm}^4$ ,因此预应力钢束施工偏差会使工型梁产生较大的侧弯,给预应力工型梁施工带来很多不便。

#### 3.1 钢束孔道偏差造成的工型梁侧向挠度值

根据施工规范要求,钢束垂直于梁体方向允许偏差为 5mm,考虑最不利因素即左 3、右 3、左 4、右 4,钢束偏于一侧,则张拉完成后横向弯矩值为:

$$2 \times 1417.39 \times 10^3 \times (30.5 - 29.5) / 100 = 28347 \text{N} \cdot \text{m}$$

工型梁侧向挠度值:

$$\begin{aligned} f &= M L^2 / 8 E_h \cdot I_j \\ &= 28347 \times 40^2 / 8 \times 3.5 \times 10^4 \times 10^6 \times 739584 \times 10^{-8} \\ &= 2.2\text{cm} \end{aligned}$$

式中:  $f$ —工型梁侧向挠度值;

$L$ —工型梁梁长;

$E_h$ —混凝土弹性模量,查表  $E_h = 3.5 \times 10^4 \text{Mpa}$

$I_j$ —净截面工型梁横向惯性矩

工型梁如不采取侧向加固措施,张拉完成工型梁起吊后,由于失去支承,侧向挠度达 5cm 左右,且梁体摆动较大,为防止梁体开裂,采取加固措施是必

要的。

#### 3.2 抗侧弯措施

龙门架吊装扁担梁,加固用  $I_{32a}$  工字钢捆绑在扁担梁上,工字钢顶面按横隔梁间距焊接 45° 角斜钢板,钢板厚 2cm,斜钢板上安装丝扣,丝扣与预制横隔梁间夹 2cm 厚钢垫板,安装时旋进丝扣可以将工字钢牢牢地卡在工型梁上。

加固用工字钢长度:

$$L = L_1 + L_2$$

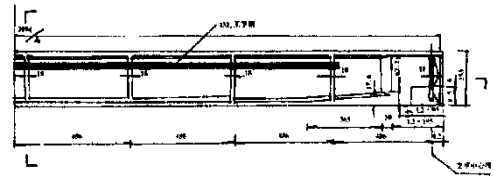
$$L = 29.16 + 0.84 = 30\text{m}$$

式中:  $L_1$ —工型梁两端第二道横隔梁间距

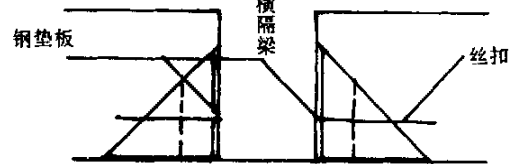
$L_2$ —施工预留长度

工型梁安装结束后,即可拆除工字钢,随运梁平车带回预制场地。

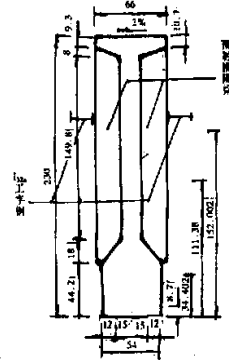
立面图



大柱图



断面图



#### 3.3 加固前后工型梁侧弯值比较

##### 3.3.1 理论值

安装工字钢后侧向惯性矩增加值:

$$\begin{aligned} I &= 2 \times [67.05 \times (33 + 16)^2 + 11075] \\ &= 344124 \text{cm}^4 \end{aligned}$$

合计惯性矩:

$$I = I_1 + I = 739584 + 344124 = 1083708 \text{cm}^4$$

工型梁侧向挠度值:

(下转第 12 页)

重型压路机也难以靠近,使用人工或小型机械夯都很难达到规范要求。而往往工序安排台后填土处于工期末期,被迫赶等都容易造成台后压实不足,形成较大的沉降。

(3)台后填料不当、浸水变形。桥台均属刚性结构受水作用后不会产生沉降,但对于土类填料浸水后易产生软化导致变形。即使填料为砂砾,仅仅有利于水的下渗,对于不加固的地基也会造成软化,加速地基变形。

### 3 公路桥头及伸缩缝处跳车的危害

所谓桥头和桥梁伸缩缝处跳车是指公路桥头和桥梁伸缩缝处出现了台阶。这种台阶带来的危害是很大的。

(1)影响行车舒适,当台阶小于 2cm 时,对行车影响不大,当台阶大于 4cm 时影响较大。这些台阶轻的使车辆通过时产生跳动和冲击,使司乘人员感到颠簸不适,严重的使通过的车辆大幅度减速,有的甚至造成交通事故,影响了公路的正常营运。

(2)减少道路桥梁的使用年限增加养护费用。由于这些台阶的形成,使车辆通过桥梁时,产生巨大的冲击荷载,对桥梁和路基均产生破坏作用,缩短了桥梁的使用年限,进而加剧了养护费用的增加。

### 4 跳车的防治措施

#### 4.1 桥头跳车的防治措施

(1)地基加固处理。尤其对特殊地基如软土地基、湿陷性黄土地基、洪积物地基等需进行特殊处理。如对软土地基采取插塑料板、袋装砂砾、挤密桩等方法,对黄土地基注意排水,对洪积物地基进行地基渐变的加固处理方法等。使台后地基与桥台地基的沉降趋于一致。

(2)台背填料的选择。尽量采用粗颗粒的材料填筑桥涵两端的路基,台背填料应选用石渣、砂砾等内摩擦角较大的优质材料。

(3)台背填方的碾压方法。应在施工中尽量扩大施工场地,充分发挥大型压实设备的作用,受条件限制时采用小型压实设备配合人工夯实方法,可采用横向压实法,严格控制每层压实厚度不大于 15cm,最终满足设计要求。

(4)设置完善的排水设施。设计施工中采取设置垫层、盲沟、排水管、外部防护等措施,使地面水不渗入台后填土内,保证台后路基不沉陷。

(5)设置过渡段。在桥头侧暂修建过渡性路面,待路基沉降完成后再铺设原设计路面;还可设置搭板,可以使在柔性结构路段产生较大的沉降逐渐过渡到桥涵构造物上,从而使沉降均匀分布,实现柔刚之间的缓和过渡。

#### 4.2 桥梁伸缩缝处跳车的防治措施

(1)提高伸缩缝安装质量。要求预埋件位置准确、到位、过渡段混凝土精心施工,保证标号,准确控制伸缩缝的间距,保证焊接牢固、不漏焊。

(2)合理选用伸缩缝。主要考虑伸缩装置本身的刚度和质量。应满足梁与梁之间的位移要求,锚固可靠、经久耐用、行车平稳、安装方便、简单,易于检查养护。

(3)合理的设计。充分考虑梁端部要有足够的刚度;采用恰当的伸缩间距;伸缩缝的锚固宽度以 50cm 为宜,以保证锚固稳定;锚固钢筋应对于每片梁中心对称埋置,不要对称于桥中心而造成每片梁的预埋件位置都不同。施工难以控制。

### 5 结语

桥头和桥梁伸缩缝处跳车属公路施工中存在的质量通病。桥头和桥梁伸缩缝处跳车是可以通过设计、施工及管理等方面采取措施加以预防和解决的。随着科技的不断进步和施工质量的不断提高,桥头和伸缩缝处跳车问题在不久的将来一定得以解决。

(上接第 14 页)

$$\begin{aligned} f &= M L^2 / 8 \cdot E_h \cdot I \\ &= 28347 \times 40^2 / 8 \times 3.5 \times 10^4 \times 10^6 \times 1083708 \\ &\quad \times 10^{-8} \\ &= 1.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### 3.3.2 实测侧弯值

加固前 40-2 工型梁吊装过程中侧弯值为 8.2cm,采取加固措施后实测 78 片,工型梁吊装过程中侧弯值如下:

$$\begin{aligned} \bar{f} &= 2.1 \text{ cm} \\ f_{\max} &= 4.2 \text{ cm} \\ f_{\min} &= 1.2 \end{aligned}$$

可以看出,通过两侧用工字钢加固,工型梁侧向挠度值减小原来的 70%,且加固后吊装工型梁过程侧向左右摆动明显减小。

到 2000 年 5 月 25 日,四台子大桥已预制 40m 预应力工型梁 133 片,实践证明,我处采取的张拉施工控制程序及加固方案是有效的,也是可行的。