

等应力束加固方法在东洋河大桥上的应用

曾海 顾松

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:为解决具有深绞缝的预应力混凝土简支变连续梁桥的升级加固中存在的锚固装置多、构造复杂、造价昂贵以及易对梁产生损伤的问题,河北省交通规划设计院邢现军高工提出了“等应力束技术”的设想。本文介绍了预应力等应力束在东洋河大桥加固工程中的设计和实施方法,指出该等应力束加固法可有效节约预应力钢材,减少锚具用量,并对桥梁的整体结构受力十分有利。

关键词:等应力束 纵向张拉 横向张拉

1 等应力束理论的提出

在以往具有深绞缝的预应力混凝土简支变连续梁桥的升级加固中,需要新增预应力钢束,以补足所需的预加应力。为了提高预应力钢束的使用效率,钢束长度一般只跨越两跨,以减少钢束的摩阻损失,这样锚固在旧梁上的锚固装置就存在着数量多、构造复杂和造价昂贵等缺点,并且太多的锚固点对梁体产生了一定的损伤。最好的方案是设置与连续梁等长的预应力束,这样仅需两个锚固点。但对于多跨连续梁,若采用这样通长的曲线束,用常规的工艺难以实现,原因之一是预应力摩阻损失大,钢绞线强度得不到发挥;原因之二是钢束孔道或波纹管要占据绞缝内较大的空间,绞缝混凝土也无法浇筑和振捣。

为了克服上述弊端,将预应力有效的施加在旧梁上,河北省交通规划设计院邢现军高工提出了“等应力束技术”的设想,即设想钢束布置在已凿好的绞缝上方,在连续梁的两端各设置一台保持恒定张力并能使所张拉的钢束沿受力方向自由移动的千斤顶,将钢束水平纵向张拉到设计的恒定拉力值(如图1),然后在钢束中间的适当位置挂上索夹,在绞缝内进行有序向下的横向张拉,以形

成钢束曲线,完成对旧梁的预应力施加。在横向张拉过程中,在梁负弯矩位置做减阻处理,并保证钢束水平纵向张拉的恒定拉力值(如图2)。这样通过上述方法处理的预应力钢束,钢束各截面拉应力基本相同,几乎没有预应力损失,故称为等应力束。

2 加固设计

丹拉高速公路东洋河大桥建于1996年,该桥全长431.79米,宽12米,与东洋河成夹角60度。上部结构为17跨25米先简支后连续预应力混凝土空心板梁桥,横桥向由7块空心板梁组成,原设计荷载为汽车-20级,挂车-100,按照河北省交通厅和丹拉公路张家口高速公路管理处的有关指示精神,对其进行加固设计,将使用荷载提高到汽车-超20级,挂车-120。

经验算,将使用荷载由汽车-20级,挂车-100提高到汽车-超20级,挂车-120后,东洋河大桥上部结构需加固,下部结构基本满足要求。故设计原则为依据计算结果加强上部结构,但尽量不增加上部结构重量。技术人员经多次现场考察,认为对东洋河大桥上部结构进行补足预应力的工作是必要的,决定在桥梁空心板绞缝内增设

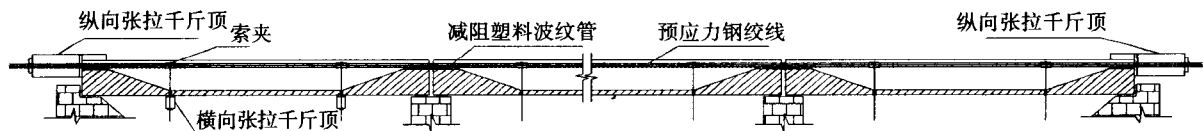


图1 纵向张拉示意

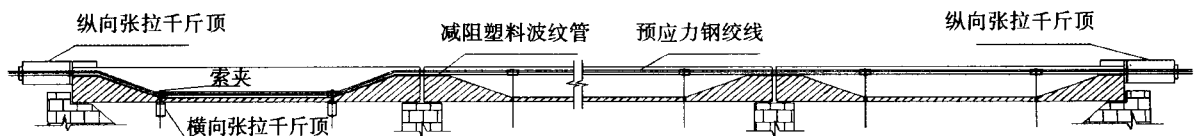


图2 横向张拉示意

预应力钢束,提高预应力储备,以满足加固后的使用荷载要求。在现场施工中发现,由于绞缝宽度变化较大,最窄处仅有3.5厘米,如采用常规工艺,即在绞缝内埋置波纹管然后穿束张拉,其施工难度大,质量不易保证,且过多地埋设锚垫板对裸梁易造成损伤,对桥面施工也会产生不利的影 响。相比之下,采用等应力技术是适宜的,采用等应力技术不需波纹管,全桥仅在桥台两端设置8个锚垫板。全桥采用通长束布置,由于消除了钢束的摩阻损失,预应力能高效地施加到上部结构上。由于绞缝凿除异常困难,仅在中间4道绞缝内各布置一束预应力钢束,每束钢束由5根高强度钢绞线组成。

钢绞线采用高强度低松弛270级 $\Phi_j15.24\text{mm}$ 的钢绞线,锚具及配套产品采用柳州欧维姆机械股份有限公司特制的锚具及其配套锚垫板、塑料波纹管等。

3 等应力加固实施

首先是大桥桥面和绞缝的清理工作。采用空压机加长冲击钻头进行凿除,并在每跨绞缝需要横向张拉的位置向梁底凿穿了一个直径3CM的圆洞,作为预留横张孔。在张拉前对绞缝内壁和横张预留孔进行清渣打磨处理,使等应力束在张拉转向过程中能够自由地滑动,以降低钢束和孔道之间的摩擦系数,让张拉控制力能够准确地反映在张拉读数上。图3为清理后的绞缝。



图3 清理后的绞缝

由于是旧桥改造,为减少工程成本,保留了大桥桥台位置的伸缩缝,这样,每端纵向张拉的空间就只有1.3m左右,常规情况下,千斤顶和张拉撑脚都无法安装就位。为此我们设计了一套张拉偏转装置,使预应力束向上偏转 12° ,避开后方的伸缩缝(如图4)。偏转器对钢绞线的摩阻,在实验室和现场都进行了测试,测试的动摩阻率为4.5%~6%,钢绞线受力越大,摩阻越大。钢束锚固端的约束圈和锚垫板孔槽,在张拉时也对钢束产生摩阻,根据经验分析和现场观察,这些摩

阻较小,可以不计。所以,纵向张拉时,可认为钢束的摩阻率约为5%。后面的施工证明这样的假设是正确的。经计算,钢束的实际伸长量与理论伸长量的偏差都在 $\pm 3.3\%$ 以内,符合规范要求。



图4 纵向张拉偏转装置

纵向张拉控制实行张拉油压、钢束伸长值和应变仪测量三种方式控制,张拉前将绞缝上的横向钢筋每半米对向掰弯,做为等应力的安全钢束罩,防止钢绞线张拉意外断裂上蹦。张拉时以每5MPa一个台阶按两端对称加载。张拉伸长量计算时,由于预应力钢束较长(含工作长度有425m),位于自由段的钢束垂度较大,使得张拉力在 $30\% \sigma_K$ 以前的钢束,未处于完全的弹性伸长阶段,因此我们用钢束 $30\% \sigma_K \sim 60\% \sigma_K$ 的伸长值和 $60\% \sigma_K \sim 90\% \sigma_K$ 的伸长值的平均值代替 $0\% \sigma_K \sim 30\% \sigma_K$ 的伸长值来进行计算。纵向张拉采用超张拉 $105\% \sigma_K$,这样可以抵消偏转器5%摩阻损失。绞缝的钢束应力约为 $100\% \sigma_K$,持载5分钟,然后千斤顶油压放张至 $90\% \sigma_K$ 进行横张,由于偏转器的摩阻是双向的,这样绞缝的钢束都能保持 $90\% \sim 95\% \sigma_K$ 的应力,符合设计纵向应力要求。

纵张完成后进行横张,横张的应力控制一般以张拉油压和伸长量测量为准,横张施工从大桥中间第9跨开始,在第9跨横张完毕后,可单向或双向向大桥两端,逐个横张。横向张拉过程中,当索夹在横张千斤顶的牵引下,带动钢束向下移动(如图5),同时钢束伸长量增加,张拉力传导到纵向张拉千斤顶上,应力读数反映在张拉油表及在千斤顶安装应变片的应变仪上,这样纵向张拉千斤顶的操作人员根据等应力束受力情况,及时调整千斤顶油压,将纵向张拉力始终控制在 $90\% \sim 95\% \sigma_K$ 的应力范围内,横张作用力一般为12到14吨,在这样的作用力下一般能将横张接头拉至设计标高。横张至设计标高后,利用横张锚具锁紧固定,然后卸除横张千斤顶进行下一点

张拉。横张在梁底进行,由于两梁底部高低不同,为了保证横向张拉轴线竖直,可垫以钢板找平。值得注意的是,横张时,横张接头(索夹)与钢绞线有摩擦和滑动,可适当在横张接头处的钢绞线上涂上润滑剂以减小摩擦力,这样横张接头滑动时较为平顺,不会突然跳动,张拉施工也较为安全。



图5 索夹

由于绞缝凿除困难,工期又紧,所以绞缝内表面壁上和槽底都遗留一些砣块和钢筋头,并且绞缝有的相邻错位,使得钢束不居中。下移时,很容易挂上砣块和钢筋头,引起单根或几根钢绞线受剪,钢束受力不均,容易产生断丝现象。如果是新桥施工时,绞缝未浇筑混凝土,这种断丝现象可大大减少。

在张拉时,等应力束挤压墩柱处的砣面并做水平移动,与该处的外露钢筋头摩擦,摩阻较大,易挫伤钢束,处理不好,极易产生断丝现象。施工时,铺垫塑料波纹管以减少摩阻,从现场来看,效果还是可以的,在纵横张时钢束在其上移动平顺,每根钢绞能均匀挤压砣面,并且,横张受力后,方便滑动。

每一束钢束横向张拉完后,要进行纵向锚固,纵向张拉千斤顶将钢束拉力升至 $100\% \sigma_k$,持荷5分钟后安装工作夹片,完成等应力束张拉施工。

此次预应力施工的监控工作由国家交通部公路检测所承担,检测内容有三项:一、钢束应变检测;二、扰度观测;三、裂缝观测。在张拉受力撑脚上粘贴应变片,边孔的跨中的上下缘各贴纵向和横向的应变片和安装位移计,预应力施加之前、钢束纵向张拉后和每孔横张完成时都要检测一次,并记录汇总。测试结果表明:在张拉过程中,钢束的预应力值均能保持在 $90\% \sim 95\% \sigma_k$ 的应力范围内,当千斤顶张拉到位时,各梁的下缘混凝土预应力与计算值吻合较好,上缘混凝土应力值本身较小,测试值波动较大;实测上拱度

与计算值吻合很好,说明桥梁各区段所获得的预应力与理论预期值相符合,而常规后张预应力混凝土梁其张拉到位时的上拱度实测值和计算值常常存在明显的差异,原因在于预应力钢束与预埋孔道间摩擦的不确定性导致了梁体各区段所受预应力与理论值的差异,而等应力束处理的混凝土梁避免了此种不确定因素。

4. 结语

等应力束在本桥上的成功应用证明,其张拉施工工艺并不是很复杂,并且在以后的桥梁施工中可以改进和简化。例如当横向张拉力不大时,在明槽处预留插销孔,以梁底为反力承压面沿竖向张拉预应力钢束,横张至张拉位置时,插入钢插销以锁定预应力钢束的位置。这样索夹和横张锚具都可以反复利用(如图6),施工更为经济。

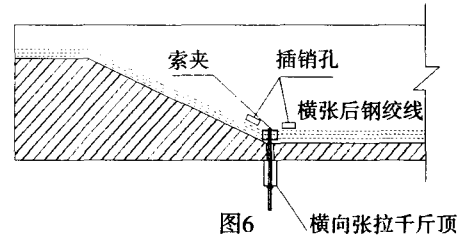


图6 横向张拉千斤顶

等应力束技术融合了预应力先张、后张、横张法和体外束的优点,使全桥锚固点减少,桥梁的连续性结构有可靠的保证,节省了钢绞线、波纹管、灌浆料、锚具、锚下加强钢筋,部分可降低主梁造价,具有明显的经济效益。以灌注明槽混凝土取代了孔道灌浆,易于保证梁体质量和耐久性,具有明显的技术效益。由于张拉时钢束大部分不与混凝土面接触并采取了必要的减阻措施,避免了管道摩阻引起的预应力损失,可使有效预应力提高 $10\% \sim 20\%$,相应的张拉控制应力可由常规张拉的 $0.8 f_{pk}$ (含超张拉)降低到 $0.6 f_{pk}$ 以下,提高了钢束张拉的安全储备。以一次张拉浇注代替多次张拉浇注,降低了工程造价,缩短了工期,提高了工效,具有良好的社会效益。因此,等应力束方法如果能在预应力混凝土简支连续梁桥旧桥加固和新桥施工中的得到推广应用,将创造良好的综合技术经济效益。

参考文献

- [1] 周志祥, 范亮, 吴海军. 预应力混凝土桥梁新技术—探索与实践. 北京: 人民交通出版社, 2005(1)
- [2] 蒙云, 卢波. 桥梁加固与改造. 北京: 人民交通出版社, 2004(11)
- [3] 邢现军, 等应力束技术的设想与实现. 公路交通技术, 2003(3)