

后张法预应力混凝土施工技术在桥梁工程中的运用

王以超 毛文江 叶兴成

1 工程概况

怀洪新河左岸在峰山至双沟段共有7条支流汇入,支流口仅靠小船摆渡,不仅安全隐患大,而且制约了当地的经济的发展。为改善沿线群众的交通条件,加快周边地区致富步伐,决定在其中6条支流口建桥连接交通。其中高怀新河桥、毛咀引河桥、豆怀新河桥、洪山河桥主跨均采用30m预应力混凝土T型梁,其横断面及钢丝束布置如图1。

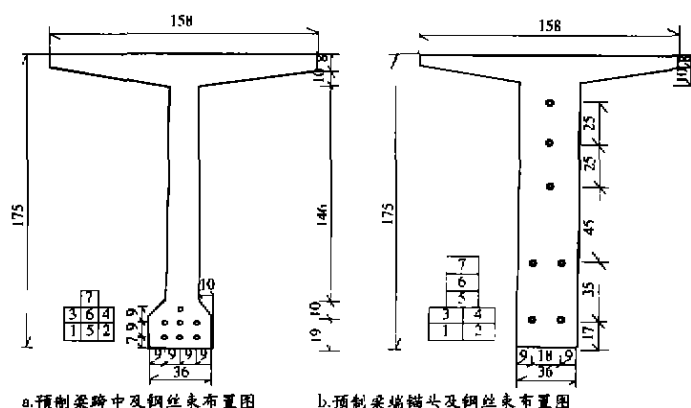


图1 混凝土T型梁断面图 单位:cm

桥梁设计荷载标准为:汽-20设计,挂-100校核,人群荷载 3kN/m^2 ;桥面净宽7m,两侧各有0.75m宽的人行道和栏杆扶手。承台为摩擦桩基础。

2 材料试验和张拉设备律定

2.1 材料试验

1. 高强钢丝:规格为 $\phi 5.00-1670-II$,抽样检查结果见表1及图2。

2. 水泥:525#普通硅酸盐水泥。抽样检验其体积安定性膨胀值3.0mm,合格;细度3.8%;标准稠度用水量25.2%;初凝2h31min,终凝

表1 高强钢丝基本特性表

物理特性	试验项目	单位	试样数	平均值
	直径	mm	6	4.99
力学特性	计算截面积	mm^2	6	19.63
	不圆度	mm	6	0.01
特性	反复弯曲 $r=15\text{mm}$	次	6	10
	屈服负荷	kN	6	33.09
	屈服强度	MPa	6	1690
	抗拉负荷	kN	6	34.95
	抗拉强度	MPa	6	1780
	弹性模量	GPa	6	203.50
	伸长率	%	6	6.30

3h23min,均符合GB175-92的规定。

3. 水泥浆水灰比为0.43,掺水泥用量万分之一的铝粉,使水泥浆具有微膨胀性,3h后泌水率小于2%。

2.2 张拉设备校验

张拉应力与油压表读数对应关系如表2。

3 施工设备和主要工艺流程

3.1 施工设备

1. 2B-500型油泵、油压表2台套、油压表最大压强60MPa,精度0.4级;YZ-85型千斤顶2台,最大作用力850kN。

2. 功率30kW发电机组1台套。

3. 配1t手动葫芦升降架2个,承载力0.2kN。

4. 压浆设备:1台活塞式泥浆泵、1台砂浆搅拌机、1只储浆桶。

3.2 工艺流程:

1. 做好高强钢丝、锚具、水泥检验及千斤顶与油泵校验工作,浇筑T型梁。

2. 按间距1.0~1.5m用铁丝把束束24根钢丝编束,防止钢丝散乱和

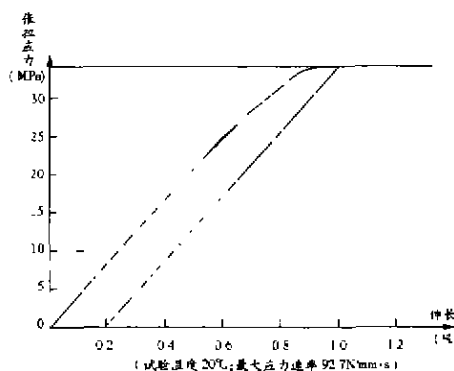


图2 钢丝应力-应变曲线

表2 张拉应力与油压表读数对应关系表

张拉应力 (MPa)	千斤顶压力 (kN)	油压表读数(MPa)			
		表号	顶号	表号	顶号
		465	1105	460	88
10% $\sigma_k=120$	56.5	3.4		3.9	
50% $\sigma_k=600$	282.7	15.8		16.1	
$\sigma_k=1200$	565.3	30.9		30.8	
105% $\sigma_k=1260$	593.6	32.4		32.2	

缠绕。

3. 预留孔道冲洗干净后穿束,装锚具、锚圈。纵向钢丝布置及特征位置见表3和图3;

继续加压,保证孔道中水泥浆在有压状态下凝结。

9. 封锚。将锚具周围冲洗干净并凿毛后,绑扎钢筋网和浇筑封锚混凝土。

7. 切割。钢丝束张拉24h后,无滑丝、回缩现象即可割去多余钢丝头。

8. 压浆。将拌好的水泥浆从孔道一端压入,至另一端有浓浆冒出,关闭出浆口

A_p —预应力筋的截面面积, mm^2 ;

E_s —预应力筋的弹性模量, N/mm^2 ;

L_T —从张拉端至计算截面的孔道长度, mm ;

K —摩擦影响系数;

μ —钢丝与孔道壁之间的摩擦系数;

θ —从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角, rad 。

进行伸长量计算,本工程取 $K=0.0008$, $\mu=0.19$,钢丝束理论伸长量为18.0cm,可测伸长量为 ΔL 的90%,等于16.2cm。

5 施工现场质量控制

为保证张拉、锚固质量,我们主要从以下几个方面进行现场控制:

1. 严把原材料设备进场关,检验不合格的坚决要求退场。

2. 保证T型梁浇筑质量。由于梁内布置了大量构造筋和7根波纹管,增加了浇筑时的难度,延长了浇筑时间,导致附着式振捣器对已初凝的混凝土进行反复振捣,从而影响大梁质量,通过研究,采取加快浇筑速度、插入式振捣器配合施工的方法来缩短浇筑时间,解决了复振问题。

3. 做好张拉准备工作。在距梁两端30cm处的混凝土底模上预留10cm缺口,减小张拉起拱时,底模对大梁的摩擦约束,防止应力集中损坏大梁。

4. 控制张拉过程。在试张拉中,多次出现断滑丝现象,其原因主要是:(1)楔块未塞好;(2)张拉速度太快;(3)由于锚下钢垫板不平,封锚时,锥形锚塞扎损钢丝。实施中主要做到:一是当 $\sigma=10\%\sigma_k$ 时,暂停张拉,仔细检查各楔块,并用锤敲紧;二是控制张拉速度,经过试验和过程比较,张拉速度以 $5\text{MPa}/2\text{min}$ 左右为宜;三是垫平锚具,封锚时认真观察锚塞是否与小顶同步移动,否则立即停止,采用超张拉把锚塞带出,重新调整位置的办法,确保不损伤钢丝。

5. 确保张拉到位。当 $\sigma=100\%\sigma_k$ 时测量两端伸长值(详见表4),钢丝

表3 钢丝束特征位置表

特征位置	坐标值	钢丝束号	N_1	N_6	N_5	N_4	N_2
跨中至钢丝束弯起点距(a)	42.7		23.0	417.2	978.8	1314.6	
跨中钢丝束至梁底高度(h_1)	25.2		16.0	7.0	16.0	7.0	
支点处钢丝束至梁底高度(h_2)	147.6		121.9	96.1	52.5	16.8	

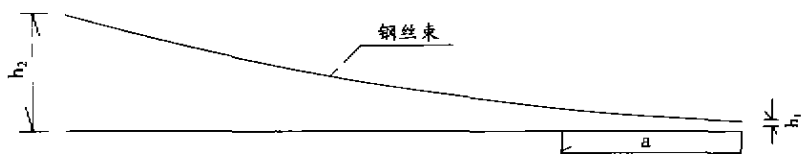


图3 钢丝束纵断面图

4. 装千斤顶。按顺序依次将钢丝嵌入锥形盘的凹槽内,用楔块卡紧,保证千斤顶、孔道、锚圈位于同一轴线上。

5. 张拉。两端同时张拉,当 $\sigma=10\%\sigma_k$ (σ_k 为设计控制应力), $\sigma=50\%\sigma_k$, $\sigma=100\%\sigma_k$ 时暂停,打紧楔块、调整张力和测量钢丝束伸长量,然后再进行超张拉,最终锚下控制应力不小于 σ_{ke} 。

6. 持荷5min后,顶锚塞,退楔块,逐一在锚圈口处的钢丝上做记号,以观察锚固后有无滑丝回缩现象。

土。

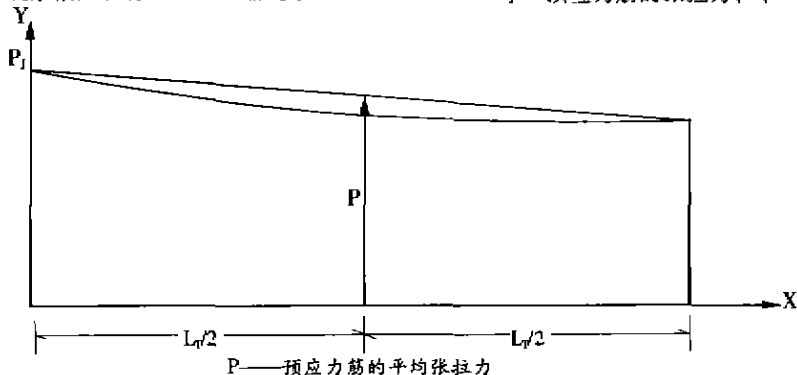
4 理论伸长量计算

按简化计算公式:

$$\begin{aligned}\Delta L &= \frac{P \times L_T}{A_p \times E_s} \\ &= \frac{L_T}{A_p \times E_s} \times \left[1 - \frac{P_1 + P_2}{2} \left(1 - \frac{KL_T + \mu \theta}{2} \right) \right] \\ &= \frac{P_1 \times L_T}{A_p \times E_s} \times \left(1 - \frac{KL_T + \mu \theta}{2} \right)\end{aligned}$$

式中: ΔL —曲线筋的张拉伸长值, mm ;

P_1 —预应力筋的张拉力, N ;



P —预应力筋的平均张拉力

图4 曲线筋张拉伸长值简化法计算简图

总伸长量在计算值的±6%范围内。否则认真分析,找出原因,予以处理。由表可知,同一片梁钢丝束的最大、最小伸长值相差较大,不同钢丝束平均伸长值相差也较大,其原因主要为钢丝束不是同一批,其伸长率不同。另外梁的强度、摩擦对伸长值也有一定的影响。采用两端张拉、超张拉等措施使最终锚下控制应力不小于 σ_s 。

6. 顶锚塞退楔块时，速度要慢，防止损伤钢丝，造成断丝。顶压力应

大于 $60\% \sigma_K$, 但也不宜过大。

7. 张拉结束 5d 内进行压浆, 压浆顺序先下后上, 严格控制水灰比和外加剂掺量, 水泥浆搅拌均匀过滤后使用, 每片梁的压浆必须一次完成, 压力控制在 0.5~0.7MPa, 使管道内水泥浆饱满密实。

8. 封锚混凝土尺寸位置准确,与梁体连接牢固,混凝土标号不小于 C_{40} 。

6 应用效果分析与评价

1. 张拉预应力混凝土能充分发挥高强钢丝的抗拉强度, 提高承载力, 减少钢材用量。

2. T型梁施加预应力后,受拉区混凝土受压,产生预压应力,构件承受使用荷载时,它消去了部分拉应力后,才使受拉区产生拉应力,提高了梁体的抗裂、耐久性能。

3. 后张法预应力混凝土,可增大桥梁跨度,减轻结构自重,减小恒载和活载的比值,提高承载标准。

4. 避免搭建脚手架,便于集中预制,将人工、模板费用减少至最低限度,不影响行洪和航运。

5. 减少工程投资, 比 15m/跨 $\times 2$ 跨普通钢筋混凝土 T 型梁节省资金 15%。

6. 缩短施工工期,后张法预应力混凝土 T 型梁预制受外界因素影响小,可搭棚施工。尤其对正常水面宽度在 30m 左右的河道,可一跨到边,容易建桥墩。本桥梁若采用普通混凝土 T 型梁,计划工期 120d,现采用后张法预应力混凝土 T 型梁,工期仅为 80d。

(作者单位:宿迁市水务局 223800)

表 4 张力等于控制应力时钢丝束伸长值统计表

梁号		1	2	3	4	5
桥名	内容					
高怀新河桥	最大值	16.8	15.7	16.4	15.9	16.3
	最小值	15.9	15.4	15.3	15.5	15.4
	平均值	16.2	15.6	15.8	15.7	15.7
毛咀引河桥	最大值	16.5	15.9	16.1	16.4	15.7
	最小值	15.5	15.2	15.4	15.2	15.2
	平均值	15.8	15.5	15.8	15.6	15.4
豆怀新河桥	最大值	17.2	16.6	17.0	16.6	16.9
	最小值	16.2	15.9	16.2	15.8	15.9
	平均值	16.6	16.1	16.6	16.3	16.4
洪山河桥	最大值	16.4	16.7	16.7	16.3	16.3
	最小值	15.9	16.1	16.0	16.6	16.0
	平均值	16.2	16.4	16.4	16.4	16.1

[illegible]

(上接第27页)点5m、10m处的振动速度。一段起爆为2~4发雷管,最大一次爆破炸药量为192g。经计算地震波振动速度 $V_5=0.44\text{cm/s}$ 、 $V_{10}=0.13\text{cm/s}$,结果在5m处爆破地震波振动速度小于国家规定 5cm/s ,10m内无振感。

2.3.2 胸墙爆破地震安全距离

按公式

$$R = (K/V)^{1/3} \times Q^{1/3} \times n(n_R) \text{ 计算}$$

式中 Q —最大一次爆破炸药量, kg;

R—距爆破点安全距离,m:

K、a—系数分别为150、1.5;

V —爆破地震波振动速度, cm/s ;

 n_8 —装药点距地面高度, m;

n —向下传播系数。

松动爆破控制最大速度 V 为 5cm/s 。
爆破装药距地面高度取 $n_1=n_{1m}, n_{2m}, n_{3m}, n_{4m}$ 时。向下传播系数 $n=0.8, 0.6, 0.5, 0.4$ 。胸墙爆破地震安全距离 $R=(150/5)^{1/3} \times 0.192^{1/3} \times 0.8 = 4.46\text{m}$ 。距爆

破处5m为安全距离,对建筑物无损坏。

2.3.3 胸墙飞石防护距离

按公式 $R = K_R \times q^{1/3} \times K_1 \times K_2$ 计算

式中 k_R —圓型拋擲,取96m;

R—飞石防护距离,m:

 q —单孔装炸药量, kg/孔;

K_1, K_2 —不同防护可衰减系数。

单孔最大装药量为48g,用水泥堵塞炮孔飞石可衰减系数 $K_1=0.4$,用草袋或胶皮覆盖飞石可衰减系数 $K_2=0.3$, K_R 圆型抛掷96m,经计算,飞石最远距离R为4.18m,不超过5m。

3 爆破施工

爆破手续齐全后,成立现场爆破拆除机构进行爆破施工。胸墙爆破拆除前,进行了试爆和地震波振动测试。测试结果 $V_s=0.43\text{cm/s}$,符合设计要求。10m处无明显震感。拆除施工时采用交叉作业法,1次拆除为5闸孔,分3次

完成。爆破施工前,先搭设好防护脚手及人工操作台,周围加防护网及竹笆。

按分层爆破的高度,先切断胸墙与闸墩连接部位,以减小爆破地震波对闸墩影响。同时进行布孔、钻孔、装炸药、联线检查,然后防护、警戒、爆破。一次爆破后需进行爆后检查,如发现瞎炮、盲炮进行处理后,再行清淤或下一层布孔、钻孔等作业。

4 小结

石梁河泄洪闸加固工程胸墙拆除采用在闸室内爆破的方法,经实践证明是可行的,全部胸墙拆除后,经对闸底板、闸墩等部位检查,未发现裂缝等破坏现象,爆破施工加快了拆除速度,保证了工程工期,节省了工程造价,达到较为理想的效果。

(作者单位:江苏省水利勘测设计
研究院 225009)