

预应力加固法

杨文渊 徐 霖

摘 要 本文介绍了几种常用的预应力加固法的内容、用法、适用条件和应用。

关键词 预应力 加固 补强拉杆

一、预应力加固法的基本概念

预应力加固是指运用预应力原理,在增设的构件(以下简称“加固件”)或原有构件(如主梁梁体)中,施加了一定初始应力(即预应力)的一种加固方法。

对于钢筋混凝土或预应力混凝土梁板,采用对受拉区施以预加压力的加固,可以抵消部分自重应力,起到卸载作用,从而能较大幅度地提高梁的承载能力。

用预应力方法加固桥梁结构时,应考虑的主要问题有:施加预应力的方式方法;预应力损失的估计和减少预应力损失的措施;以及预应力加固件的计算等。

(一)施加预应力的常用方法

用预应力法加固钢筋混凝土或预应力混凝土梁板,其加固件一般采用钢杆、粗钢筋或钢丝索等钢材。施加预应力的方法有纵向张拉法、横向张拉法和绞紧钢丝束等。纵向张拉法在施加的预应力数值较小时可采用螺栓、丝杆、花篮螺丝等简易拉紧器进行张拉。在施加的预应力较大时,可采用手拉葫芦、千斤顶张拉或电热法张拉。横向张拉法基本原理是在钢拉杆中部施加较小的横向外力,从而可在钢拉杆内获得较大的纵向内力。由于横向张拉外力一般并不很大,采用螺栓、丝杠、花篮螺丝等简易工具即可。采用撬棍等工具绞紧钢丝绳束亦可产生预拉应力。

(二)预应力损失的估计和减少预应力损失的措施

预应力损失是影响到预应力加固的适用范围和加固后工作状态的重要问题。预应力损失可由

加固件本身和承受加固件作用的结构两方面的变形而产生,主要的因素有:

1. 基础的徐变和地基沉降;
2. 被加固构件的收缩和其它变形;
3. 加固件本身的徐变;
4. 加固件节点和传力构造的变形;
5. 温度应变。

预应力加固件在使用过程中,由于基础沉降、温度应变、新浇混凝土徐变等具体原因将产生较大预应力损失,这时,为减少预应力损失以保证加固效果,必须在加固过程中,预留构造措施,以便在使用过程中及时调整加固件的工作应力数值。

(三)预应力加固设计计算

预应力加固的设计计算应首先绘制加固前后结构受力图形,分析内力的变化。加固件中工作应力数值应满足原有结构加固的需要。加固件中施加的预应力数值应为工作应力和预应力损失数值之和。预应力损失值在具备一定经验和资料时可由计算确定,在经验和资料尚不充分时宜在加固前用试验测定。

预应力加固法具有许多优点,如加固效果好,工作可靠,可以减少或限制结构的裂缝和其它变形;对桥梁营运使用的影响较小,可在不限制通行的条件下完成加固施工;在人力、物力和资金消耗方面也具有明显的经济合理性。因此,预应力加固法既可作为桥梁通过重车的临时加固手段,又可作为永久性提高桥梁荷载等级的措施。

二、预应力拉杆加固钢筋混凝土梁板

钢筋混凝土梁板是受弯或以受弯为主的横向

受力构件。其预应力补强加固一般采用预应力拉杆,常用的拉杆体系有三种:水平的预应力补强拉杆、下撑式预应力补强拉杆以及组合式预应力补强拉杆。各种拉杆体系的结构和加固原理分述如下:

(一)水平的预应力补强拉杆加固法

对于钢筋混凝土或预应力混凝土的T梁或工字梁桥,可采用在梁断面的受拉侧,即在梁底下加设预应力水平拉杆的简易补强方法进行加固。加固结构如图1所示。

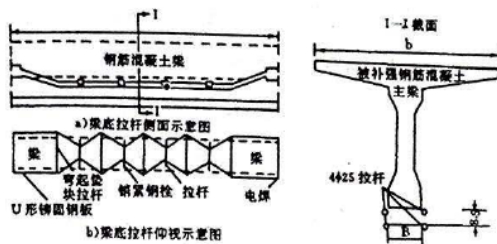


图1 水平的预应力补强拉杆加固法(单位:cm)

从图1中可以看到,当拉杆安装并通过紧钢栓实施横向拉力后,钢拉杆内将产生较大纵向拉力,于是,梁受拉区就受到拉杆顶压应力的作用,梁中受拉应力也就相应减少。

从加固的原理上看,这种补强加固法可提高梁构件正截面抗弯承载力,但不能提高支座附近斜截面抗剪承载能力。

(二)下撑式预应力补强拉杆加固法

将水平的补强拉杆在接近支座处向上弯起,锚固于梁板支座的上部,弯起点处增设传力构造,再施加预拉应力。这种加固装置即为下撑式预应力补强拉杆的加固方法。

在桥下净空许可的条件下,可采用如图2所示的下撑式补强拉杆加固梁式钢筋混凝土梁的方法。

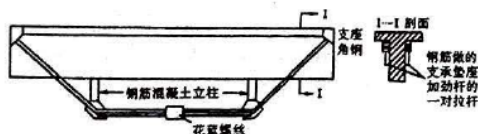


图2 下撑式加劲拉杆加固钢筋混凝土梁

这种加固法的预应力补强拉杆用钢材做成,拉杆弯起点设立柱,立柱用钢筋混凝土或混凝土做成。立柱一般设在1/4跨径的地方,以使预应力

加固的斜拉杆与水平线的角度为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

预应力加固件的斜拉杆,装在被加固的梁的两端。在钢筋混凝土梁上凿开一个安放垫座的位置,割去一部分梁的钢筋箍和竖钢筋,将用角钢或槽钢做成的支承垫座安放在凿好的洞内,并与斜拉杆成垂直角。斜拉杆的一端插入支承垫座内用螺帽扣紧,另一端在立柱下面用一对节点板和水平拉杆结合。装好之后,用花篮螺丝把加劲的水平拉杆拧紧。为减少对桥下净空的影响,预应力补强拉杆也可布置在主梁腹部的两侧(中和轴以下)。图3(a)和(b)为两种不同的布置形式。

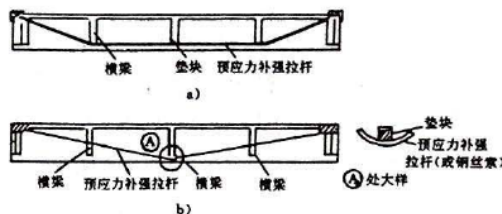


图3 下撑式补强拉杆的布置形式

为使补强拉杆锚固于梁腹板,形成整体,锚固的方法有多种。图4(a)为用夹具锚固的情况;图4(b)为用钢板套箍锚固的情况。

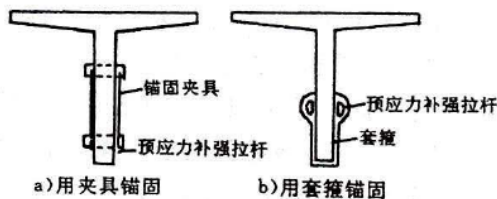


图4 补强拉杆锚固于梁腹的方法

由于下撑式预应力补强拉杆布置较为合理,拉杆中施加预应力后,通过拉杆弯起点的支托构件传力,于梁结构产生作用力,起到卸载的作用。这种加固方法的优点是可对受弯构件垂直截面上的抗弯强度和斜截面上的抗剪强度同时起到补强作用。此法加固效果显著,构造妥善时可将原结构的承载能力增大一倍。

(三)组合式预应力补强拉杆加固法

这是既布置有水平补强拉杆,也布置有下撑式补强拉杆的组合式预应力加固方法,其示意图见图5。

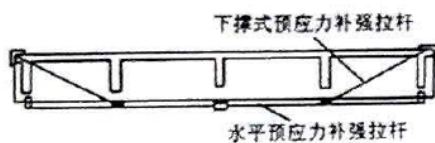


图5 组合式预应力补强拉杆加固钢筋混凝土梁

组合式预应力补强拉杆的加固法既具有下撑式预应力补强拉杆可同时提高抗弯、抗剪强度的优点,又可在必要时将通常安设的两根拉杆增加到四根(两根为水平拉杆),从而可更大幅度地提高承载能力。

上述三种预应力补强拉杆加固法的采用,可根据具体情况进行选择。从补强的内力种类来看,当梁板跨中受弯强度不足而斜截面上抗剪强度足够时,可考虑采用水平的预应力拉杆及其它两种拉杆。当梁板支座附近斜截面抗剪强度不足时,则应采用下撑式和组合式预应力拉杆。从要求补强的数量大小来看,承载力增加较小时可采用水平的或下撑式拉杆,要求补强加固后承载力能提高较大时,宜采用组合式补强拉杆。此外,三种拉杆的选择均须考虑施工的方便与可能。

三、预应力补强加固设计与应用实例

(一)预应力补强加固的设计

采用预应力补强拉杆加固桥梁构件,应事先进行必要的设计计算。由于加固后预应力拉杆与钢筋混凝土梁板构件将组成一个整体并共同工作。因此,补强拉杆与被补强梁板组成了个新的复合体系,这样就改变了结构原来的静力图形,并且提高了它的承载能力。

预应力补强加固设计计算步骤和方法如下:

1. 计算求出被补强构件提高荷载等级前所受荷载及其引起的内力。包括恒载内力和活载内力计算两项内容。方法与通常桥梁设计时的内力计算相同,不再赘述。

2. 计算提高荷载标准后的活载内力,并由恒载与活载的组合验算加固的必要性。

3. 由上面二项之差得出内力的提高值(需补强加固的抵抗力矩及剪力等),估算出补强拉杆应有的横截面面积。如图6,由 $\sum M' = 0$,得 $M' = A_y \cdot R_y(h_y - x')$,即 $A_y = \frac{M'}{R_y(h_y - x')}$,式中: M' 为需

补强加固的抵抗力矩; R_y 对于软钢,估算时可采用容许应力值; $(h_y - x')$ 为补强钢筋重心到构件中和轴的高度。

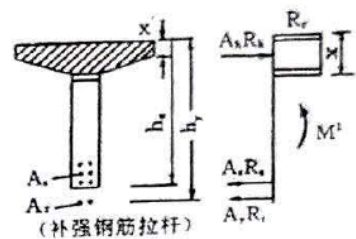


图6 T梁补强拉杆截面计算图式

用此法估算求得的补强拉杆横截面面积,通常是很充裕的,因为构件受拉杆的作用后已成为偏心受压构件。因此,在大多数情况下所求出的 A_y 值,在最终计算之后甚至可以减少一些。

4. 估算求出提高拉杆效率所必需的预施拉力值 $N_{预}$ 。

5. 用补强后增大的荷载及内力复核已加强的构件。

(二)加固实例

某桥为装配式钢筋混凝土T梁桥,梁长14.06m,桥面宽9m,原设计标准为汽-18,拖-80。现因通过重车,需要提高至挂-300平板车载重150t重物的荷载等级。

根据验算,确定提高荷载等级后承载力不足,必须予以加固。加固时采用了下撑式预应力拉杆的加固方法,拉杆用螺栓端杆纵向电热张拉。在梁的两侧安设两根 $\Phi 25$ 冷拉IV级水平钢筋,斜筋部分采用14号槽钢。斜筋和水平筋的连接部位则焊接一个钢箱进行转折过渡,并在第一内横梁上设置钢承托,如图7。该桥加固后进行的荷载试验表明情况正常。通过150t载重货车后结构并无异常现象。

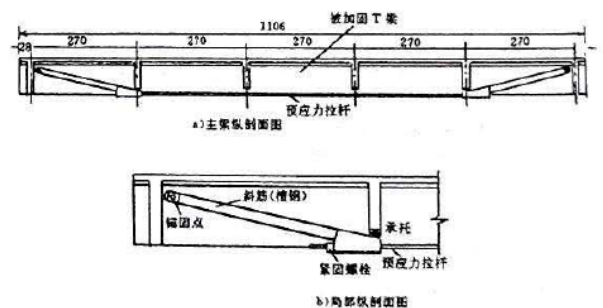


图7 某桥采用预应力补强加固示意图