

# T 型刚构桥梁的加固

单成林

(华南理工大学交通学院 广州市 510640)

**摘要:**对运营中带挂梁的预应力混凝土 T 型刚构桥的病害进行了分析,并结合实例提出了一些加固方法。

**关键词:**T 型刚构桥;加固方法

## 0 前言

在 20 世纪 70 年代末~90 年代初,我国修建的大跨梁式桥中,带挂梁的预应力 T 型刚构桥是主要的桥型之一。经多年使用,有相当一部分的这类桥由于各种原因出现了病害而不能正常使用,不得不进行加固维修。下面就这种桥型常见病害的产生原因作出分析,介绍一些加固方法,并通过实桥加固示例来说明加固效果。

## 1 T 型刚构桥梁的常见病害及产生原因

带挂梁的预应力混凝土 T 型刚构桥,一般采用悬臂浇注、悬臂拼装、支架现浇或在墩位处现浇后转体施工形成,常见的病害及原因如下。

(1)悬臂端部牛腿下挠过大。主要原因有梁的刚度下降、纵向预应力损失太多、施工质量差、材质差、超载和基础沉陷等。

(2)悬臂根部顶面开裂。主要原因为施工质量差、纵向预应力损失过大又严重超载造成强度不足。

(3)悬臂 1/2 跨附近腹板出现斜裂缝。该处虽不是剪力最大处,但变高度梁的腹板高度变化较大。主要原因为竖向预应力损失较大、腹板抗剪强度不够、超载等。

(4)悬臂端部两腹板跨中的牛腿横梁上的竖向裂缝。主要原因为牛腿横梁的横向预应力损失较大、超载等。

(5)T 构墩身出现水平裂缝较为难见,至于箱梁顶板跨中底面出现纵向裂缝与连续梁等其它箱形梁桥一样有类似的原因,这里不作评论。

总之,有相当一部分 T 型刚构桥刚竣工的时

候,没什么问题,使用一段时间后就出现一些病害。各方向的预应力损失过大与施工质量有很大关系,特别是为赶工期,施加预应力过早,混凝土徐变造成的预应力损失较大。另外,超载现象难以控制,实际使用中,超出设计活载标准的车辆时常过桥,特别是在经济发展快的地区,更是如此。

## 2 加固方法

对于端部牛腿下挠过大的问题,只有从改善 T 构的受力及提高刚度着手,相对有效而又简便的方法是在桥面增加预应力筋,以增加箱梁顶面抵抗负弯矩的能力。具体做法是:结合桥面的翻新改造,将原箱梁顶板面上的混凝土凿除,根据新增预应力筋的数量,在 T 构两端牛腿部位和靠近牛腿处的桥面板上凿出横向对称的纵向为 2~3 排深约 10 cm 的楔形锚坑,锚坑位置须避开原桥面预应力筋束位置。用高压空气将板面特别是锚坑的灰尘吹净,再用高压水冲洗干净。在桥面铺设穿有预应力筋的扁形波纹管或直接铺设无粘结预应力筋,预应力筋从 T 构牛腿附近的一端拉到另一牛腿附近端。在锚坑里用环氧砂浆埋设事先焊接好的锚座,以便安放扁型锚具,见图 1 和图 2。将近一半的锚板高度埋于箱梁顶板面以下,预应力筋套管或无粘结预应力筋紧贴箱梁顶板面,以便使顶板旧混凝土也承受一部分压力,待环氧砂浆固化后,穿索张拉至设计张拉力的 5%~10%,以使预应力筋拉直、拉紧定位。在锚头后纵向几米长的顶板上钻约 10 cm 深的孔,孔距大约在 20 倍孔径左右,孔位应避开原箱梁顶板纵向钢筋,呈梅花形分布在新布置的预应力筋四周。用高

压空气将孔洞和桥面吹干净,再用环氧胶液埋设按计算所需数量的直径不小于 16 mm 的倒 L 形抗剪栓,或采用其它植筋方法设置抗剪栓。按新的桥面线形支模板并铺设钢筋网,新浇桥面混凝土的预压力主要通过抗剪栓传递给箱梁顶板,并增强新旧混凝土的整体性。桥面混凝土采用钢纤维混凝土,标号不低于

原箱梁混凝土,以减小收缩、徐变,防止龟裂。为了保持桥面原有的线形,牛腿下凹处会因新浇注混凝土填层太厚,增加 T 构恒载负担。为此可在保证满足扁锚锚板局部承压强度所需的填层厚度以上部分,采用轻质骨料的混凝土或三角填层的空心板混凝土桥面。另外,保证箱梁顶板面的粗糙与洁净也很重要。

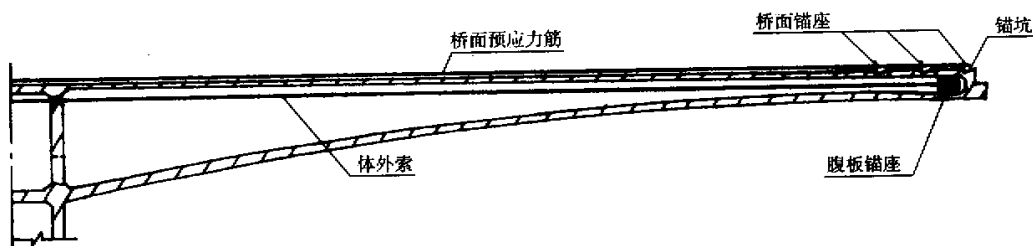


图 1

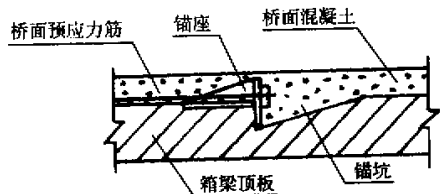


图 2

还有一种做法是,在 T 构两端靠近牛腿处的所有腹板两侧设置锚座,张拉体外预应力钢束,对于一箱多室的箱形梁也可只在几块中腹板两侧设体外索。采用此种做法时,因牛腿处腹板较矮,设置体外索有限,抵抗悬臂负弯矩的力臂减小,其效果不如在桥面增加预应力。但也有些优势,如不必凿除原桥面混凝土,不必中断交通,费用较低,施工方便,可换索或再次张拉。只有在牛腿下挠不大或提高旧桥荷载等级,且原桥面尚好、箱梁腹板较多的境况下采用。或者先在腹板两侧张拉体外索,再在桥面混凝土层里张拉体内索。体外索可采用环氧全涂装的无粘结 PC 钢绞线,若干根组成一束,或采用外有防护套管,管内有防腐填充材料的集束钢绞线或无粘结钢绞线。设置体外索的具体做法是:在靠近牛腿的腹板上,避开原腹板里的下弯索钻孔,把相应位置的腹板混凝土打毛后,将焊有体外索锚座的钢板孔眼与腹板上的混凝土孔对齐,穿高强螺栓并初拧,用两侧的钢板夹紧中间的混凝土腹板,钢板与腹板间留有 3~4 mm 的缝隙,灌环氧树脂胶液到缝隙中,将钢板粘贴在腹板两侧,胶液固化后,拧紧高强螺栓到

设计拉力。钢板大小及高强螺栓个数是根据环氧树脂胶液粘贴钢板和混凝土的实验抗剪强度计算出来的。体外索从 T 构牛腿一端拉到另一端,墩顶处穿过横隔板上预先钻好的孔洞,保持为一条直线,沿途以小于 5 m 的间距设支架将体外索夹紧固定,以减小自由长度,防止过大的振动(如图 1)。

对于箱梁裂缝较集中的部位,如凿除桥面铺装层后,墩顶处箱梁顶板上缘的横向裂缝、悬臂 1/2 跨附近腹板斜裂缝、牛腿端横梁竖向裂缝、箱梁顶板跨中下缘纵向裂缝等部位,可采用粘贴碳纤维片或粘贴钢板的方法,增强混凝土受拉区的抗裂性。粘贴用的环氧树脂胶液不限于某种型号的产品,只要经实验证明有足够的粘结性、渗透性、抗老化性即可,固化时间以能使施工操作完成为宜。对于粘贴碳纤维片的胶液,另有一些特殊要求。

### 3 加固实例

#### 3.1 工程概况

广东省南海市谢叠大桥全长 860 m,1994 年 9 月建成通车,全桥的构成为:简支梁+T 型刚构+简支梁+T 型刚构+简支梁,其中一个 T 构跨越河道,两悬臂端支座之间长 104 m,采用支架现浇施工,挂梁长 16 m,另一个 T 构跨越铁路,两悬臂端支座之间长 68 m,采用路边现浇后转体施工,挂梁长也是 16 m,两个 T 构的梁高按半立方抛物线变化。通车不久出现相同的病害,只是程度不同而已,现以跨河的 T 构为例介绍如下。

该 T 构半悬臂长 52 m,桥宽 21.5 m,采用单箱

三室断面,悬臂根部梁高 6.2 m,底板厚 60 cm,端部梁高 1.5 m,底板厚 15 cm,中间梁高及底板厚按半立方抛物线变化,顶板厚度均为 23 cm,在靠近牛腿 5.4 m 的一段腹板厚为 50 cm,其余为 30 cm。箱梁采用了三向预应力混凝土结构,纵向和横向预应力筋采用钢绞线,竖向采用无粘结钢绞线为预应力筋。加固前,桥梁的主要病害有:悬臂端部牛腿下挠近 20 cm,桥面及栏杆明显下凹似折线形,车辆通过时有明显的起伏危险感,墩顶桥面有横向裂缝。箱梁内的主要病害有:1/2 悬臂附近处几块腹板上均出现多条斜裂缝,箱梁顶板跨中下缘有较多纵向裂缝,牛腿处各横梁中部有多条竖向裂缝。静载实验时,各种裂缝仍在开展。

根据以上现象,按图纸尺寸及配筋验算后并没有什么问题,但从箱内施工留下的痕迹来看,箱内残留大量混凝土浮浆、模板等垃圾,腹板上有较多蜂窝麻面,多处有空洞、露筋现象,几个箱的牛腿处顶板有几束预应力筋套管外露,灌浆不可靠。经腹板钻孔后还发现腹板多处局部厚度比设计厚度薄,最多的差 8 cm。另据桥梁管理部门反映,当年施工时有严重赶工期情况。通过以上调查,施工质量较差是大桥出现病害的主要原因,超载是次要的原因。具体说来主要是浇注混凝土质量差,局部尺寸不够,预应力筋张拉过早,且质量不好。凿除桥面后看到有的竖向预应力筋锚头已松动。由此造成各方向的预应力损失过大,结构实际的抗力效应比设计小,而承受的应力比设计大,加上超载使用,出现这样那样的病害是必然的。

### 3.2 加固措施

该 T 型刚构桥梁采用前述方法加固。先将箱内混凝土浮浆及残渣凿除清理干净,每块中腹板两侧各设 9 根  $\phi 15.24$  mm 的无粘结钢绞线作为体外

索,索的外套为特制双层高密度 PE 套管,总厚度不少于 2 mm。具体设置方法如前所述(见图 1)。锚具规格采用 OVM 15-9。张拉后钢绞线留有一定长度,以便换索或再次张拉,锚头被一不锈钢盒子密封,其内填充黄油。至此,所有钢绞线及锚头均作了防护,锚座钢板也作防锈处理。加之箱内干燥,环境较好,防锈应有保证。

随后将桥面凿除,紧贴箱梁顶板面增设了计算所需的 100 根  $\phi 15.24$  mm 的一般无粘结钢绞线,锚具规格采用 BM15-5,去掉喇叭套及波纹管,每 5 根钢绞线为一组平行排列,分三个断面张拉锚固。具体施工方法如前所述,即先把钢索拉紧,在锚后的桥面钻孔,用环氧树脂埋设所需要的直径 20 mm 的抗剪栓,清洗桥面,立模、铺设钢筋网,浇注 50 号钢筋混凝土,待强度达到 90% 后,张拉无粘结钢绞线到设计拉力。

箱梁顶板下缘采用 200 mm $\times$ 5 mm 的 A3 钢板带横向粘贴,每米贴一条。钢板带长度比箱顶平面横向长度短 50 cm。箱梁腹板及牛腿端横梁裂缝,采用 200 mm $\times$ 12 mm 的 A3 钢板条水平方向上下多条粘贴,长度视具体情况而定。所有混凝土粘贴面均凿平打毛,钢板均作除锈清洗,粘贴后表面再作防锈处理。其它裂缝和空洞作环氧树脂灌浆处理。

该大桥于 1999 年 11 月加固竣工,通车一年多来,由观测记录表明,T 构悬臂端部的挠度随温度变化而平稳变化,桥面线形较好地保持了加固设计值。

### 4 结语

文中所述的 T 型刚构桥梁加固方法是目前桥梁加固新技术的一部分,通过实桥的应用证明技术上可行,所需设备也少,只要求设计考虑周到,施工认真仔细,效果还是理想的。

## Reinforcement of T-Shaped Rigid-Frame Bridges

SHAN Cheng-lin

(College of Communications, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The defects of the prestressed concrete T-shaped rigid-frame bridges with suspended beams in service are analysed, and some strengthening methods are proposed. In connection with the living examples, the feasible and effective methods are introduced.

**Key words:** T-frame bridge; strengthening methods