

体外预应力在桥梁加固中的应用

牛 宏 许宏元 陈常明 钱海丽

摘 要: 本文介绍深圳高速公路某桥箱梁的体外预应力加固情况, 以此为案例阐述体外预应力在桥梁加固中的应用及其效果。

关键词 体外预应力 桥梁加固

一、概述

体外预应力因其施工方便、快速高效、易于检测和更换等特点, 已被广泛的应用于建筑领域和桥梁工程, 在桥梁加固工程中更具优势。它不仅能改善结构的受力状态, 提高结构的刚度和承载力, 限制和减少结构的裂缝及变形, 同时施工操作对桥梁运营干扰较小, 具有良好的经济效益。下面仅对深圳高速公路一座桥箱梁的体外预应力加固情况予以介绍。

该桥位于深圳市高速公路 K12+535.91~K13+031.34 处, 跨径组成为三联 $4 \times 40\text{m}$, 桥梁全长为 495.43m, 共 12 孔。设计荷载为: 汽车——超 20 级, 挂车—120。上部构造为三联 $4 \times 40\text{m}$ 单箱单室预应力混凝土等截面连续箱梁, 箱梁采用满堂支架施工。下部构造为双支点盖梁独柱墩, 桩基础, 肋式及组合式桥台, 扩大基础及桩基础。该桥于 1995 年 5 月建成通车。

在大桥施工过程和竣工通车后, 箱梁混凝土部分箱体出现裂缝, 经对该桥裂缝及缺陷情况的全面复查, 结构开裂情况如下:

1. 箱梁底板——底板上出现比较有规律的横向裂缝、裂缝总数 91 条, 严重的裂缝已贯通底板, 并向腹板延伸, 最大裂缝宽度为 3.3mm。

2. 箱梁腹板——腹板裂缝主要集中在齿板锚固区域内, 总数为 189 条, 最大裂缝宽度约 3mm, 基本规律为沿 45° 方向延伸, 个别裂缝已经贯通;

3. 箱梁顶板——顶板裂缝主要出现在距齿板锚固端前 0~0.8m 范围内, 裂缝数量 128 条, 其长度较大者已在箱梁横向贯通, 最大裂缝宽度

约有 0.6mm。

4. 箱梁齿板——齿板裂缝在第二、三联比较普通, 尤以第三联特别严重, 裂缝主要分布在齿板端部, 以竖直向及 45° 斜方向发育, 裂缝宽度一般较小, 但数量达 321 条。

二、桥梁病害原因分析

该桥在施工过程中曾发生过支架坍塌事故, 施工过程中在齿板和墩顶位置增设过钢筋, 但在个别墩顶横隔板及腹板上仍然出现了裂缝。在浇筑主梁时支架未进行预压, 采用支架设预拱度的方法施工, 箱梁混凝土从墩顶开始现浇, 不符合现浇混凝土梁的常规施工顺序, 从现场观测到的情况来看, 墩顶处腹板出现上大下小的竖向裂缝, 而顶板处未出现明显裂缝, 说明在施工过程中支架已产生变形, 造成主梁腹板初应力过大, 导致早期裂缝的产生。

该桥上部结构的检算结果表明: 该桥极限承载力满足规范要求, 正常使用极限状态箱梁拉应力基本出现在主梁支点至弯矩零点范围内的下缘以及主梁跨中至顶底板钢束锚固端范围内主梁上缘, 说明主梁顶底板钢束布置不尽合理, 底板预应力束偏短, 顶、底板钢束锚固过于集中, 导致箱梁局部应力超限。检算时还选取两桥顶板齿板与底板齿板中锚固钢束最多的齿板进行验算, 采用空间实体单元模型分析其局部应力, 结果表明齿板顶缘一定范围内存在较大压应力, 在齿板前缘底板或底板内存在较大拉应力, 齿板外侧的最大拉应力已超出规范容许值。

该桥箱梁普通钢筋布置也不太合理, 其横向

钢筋配置偏于保守,纵向钢筋则明显偏少,对于预应力结构纵向受力主要由预应力钢束来承担,但也应配置相当数量的纵向钢筋,特别是在断面出现拉应力时更应如此。箱梁齿板配筋不足,加之钢束锚固过于集中,使得顶底板纵向钢筋更显不足。

三、加固设计基本原则

该桥在箱梁翼缘板、腹板、顶板、底板、齿板等部位分别产生了不同程度裂缝。依据对两桥裂缝大小、位置、性质的现场调查结果及结构计算分析结果,在加固中采取了箱内底板加体外预应力结合压注环氧浆液粘贴钢板条的方法进行加固处理。加固钢束数量以荷载组合Ⅲ下的全桥截面拉应力不超过 0.5MPa 为控制值。

四、加固施工工艺过程及要点

采用体外预应力加固桥梁能大幅度地改善和调整原结构的受力状况,显著提高结构刚度、抗裂性及结构承载能力,根据该桥现阶段的使用状况及应力验算结果,对底板采用箱内体外预应力束加固。本桥在每一联中支点左右 8~14 米范围内加预应力,预应力锚具采用 BM15-3 型,钢绞线采用标准强度 1860MPa,直径 $\Phi 15.24$ 高强低松弛无粘结钢绞线,其预应力布设方式见图 1。

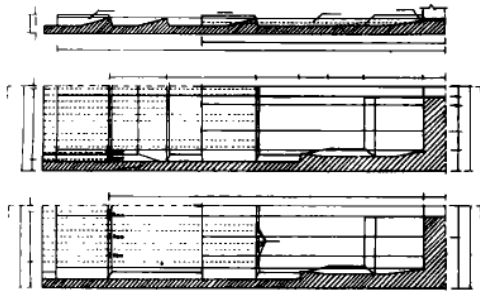


图 1 底板增布预应力束布置图

其施工工艺如下:

1. 测定箱梁原底板钢束位置

根据加固施工图设计图纸所标明的新增预应力束齿板在箱梁中的纵向位置,先用钢筋保护层

测定仪测出底板原预应力束在该处的横向位置(同时对照竣工图的标注),用红漆标明。

2. 新增齿板的放样

根据实际探明的原预应力束在新增齿板处的位置,适当调整束设计图所标明的新增锚块的横向位置,按加固施工图纸所给出齿板的位置及尺寸进行平面放样,并用绿漆标明。

3. 开凿底板

凿掉新增齿板块范围内底板混凝土保护层,使底板顶层纵向及横向构造钢筋露出,将凿掉的混凝土块及碎屑清除干净,露出新鲜混凝土表面,用钢刷对露出的纵向、横向钢筋进行除锈。

4. 钻孔及孔内处理

据加固设计施工图布置,在新增齿板的位置用冲击钻钻进深度不小于 20 厘米,直径约为 22 毫米的盲孔(不露出底板外),用压缩空气清除孔内浮尘。注意孔内浮尘的清理必须由孔底向孔口清理(硬质排气管插入孔底,再后拔 1~2 厘米)。

5. 种植门式锚筋

用植筋一号 Hilti HIT-HY150 种植门式锚筋。

5.1 注入 HIT 高强粘结剂

即将旋上搅拌头的药剂管置入注入注射器中,从盲孔底部开始,将药剂注入孔中。

5.2 植入锚筋

除去锚筋上的油漆及锈斑,将门式锚筋缓缓插入盲孔底,使其在盲孔内长度不小于 20 厘米,其它锚筋的植入方法同上。

6. 焊接齿板块构造钢筋

等 HIT 固化后(固化时间和施工环境的温度有关,一般需 20~60 分钟)用一根 $\Phi 16$ 钢筋(长度见施工图纸)沿底板纵向将齿板锚筋和底板原构造钢筋焊接起来,后绑扎齿板其余钢筋,形成齿板块骨架。

7. 浇筑新增齿板

骨架形成后,按照齿板的形状立模,注意 BM 锚具的正确位置,然后浇筑混凝土,形成齿板块。浇筑时,注意混凝土配合比,加强振捣使混凝土密实,避免孔洞及蜂窝麻面的发生。

8. 齿板块养生

浇筑好新增齿板后应加强养生,使其立方体强度达到 80% 以上后,方可进行张拉。

9. 穿布新增预应力束

预应力束选用环氧全涂装无粘结筋,采用OVM-ul型,即无粘结钢绞线束置于PE管中,管内填充环氧树脂被覆膜,高强钢丝之间涂一层油脂层。张拉端锚具采用BM15-3型;固定端锚具采用OVM15H-3型。因新增预应力束和底面基本等高,设计图中部分钢束的锚固点距底面15cm,故穿束时需在原底板齿板上开槽,以利于顺利穿束,开槽时注意不要扰动附近底板束,穿束时注意不要损坏钢绞线外的PE护套。

10. 张拉预应力束

预应力束穿束就位后,即可进行张拉,对同一齿板束预应力进行张拉时,为消除由张拉次序先后引起的预应力束的弹性压缩损失,宜采用超张拉式重复张拉的方法,调整各束的预加力,使得各根钢束的有效预加力基本相等,张拉过程中应对新增齿板区域及原底板裂缝进行观测,以防止意外发生并检验加固效果,如有异常情况发生,应立即停止张拉。

11. 封锚及体外预应力束防护

体外预应力束张拉完成后,应给张拉端套上凹形模套,然后按常规方法封锚。齿板中间悬空部分预应力束用聚乙烯带进行防护。

五、加固效果分析

1. 箱梁内体外预应力

在主梁支点附近增加体外预应力,可明显改善该桥主梁的受力状态,通过对主梁底板增加预

应力,达到降低主梁支点附近拉应力,限制底板裂缝的继续伸展,保证结构的整体受力,弥补原桥的先天不足。从计算结果可以看出,加固前在荷载组合I、II、III情况下,主梁上下缘均出现拉应力,以边跨距支点6米左右为最大,其值为1.72MPa。加固后该截面的拉应力降到0.19MPa,主梁上下缘的拉应力均小于0.5MPa。

2. 新增齿板应力验算

为了保证在增加预应力束后箱梁底齿板范围内底板有一定压应力储备,不至于因新增预应力束的张拉引起齿板附近底板产生新的裂缝,故应对箱梁齿板范围内的局部应力进行验算,根据新增齿板的实际位置建立的空间实体模型及计算结果如下。从计算结果看齿板上缘一定范围内存在较大的压应力,在齿板锚头处前缘底板出现部分拉应力,其最大拉应力未超出0.5MPa(不计普通钢筋作用),其它部分拉应力也未超出设计容许值,说明在新增预应力束张拉后,新增齿板及齿板附近底板处于良好的受力状态。

六、结语

该桥加固工程于1999年8月下旬正式开工,2000年1月上旬完成了全部主体工程。在加固过程中,由于采用了较先进的加固手段和施工工艺,在桥梁加固领域中具有一定的代表性。由于方法得当,措施得力,桥梁加固后刚度得到大幅度提高,箱梁通车运营时的振幅明显减少,改善了箱梁的运营环境,达到了设计加固目的。

(上接第15页)

3.1 建立塔索锚固区的有限元分析模型时,应考虑齿槽开挖和索孔倾斜的影响,这样才能较真实的反映塔前壁的应力分布。

3.2 在斜拉索力的作用下,塔前壁的受力最为不利,计算表明,鄂黄桥塔索锚固区采用横桥向布设的U形预应力束,保证了在此处有一定的压应力储备,这种布束能较好的满足设计要求。

3.3 塔前壁内侧锚固槽上缘最不利的受力状况(可能造成开裂),出现在预应力束部分张拉阶

段(工况二),而不是全部预应力束张拉完毕。这在施工过程中应引起注意。

3.4 从正应力和主应力的关系(图3.4)可知,塔索锚固区的受力以正应力为主,换句话说,只要控制塔索锚固区正应力分布,塔索锚固区的受力就可得到有效控制。

3.5 工况三表明,鄂黄桥塔索锚固区采用的预应力布束方式,预应力束张拉和斜拉索挂索可分别进行,方便了施工。