

体外预应力加固新加坡阿裕尼立交桥

廖海学 周敏 编译

摘要:本文介绍了新加坡阿裕尼立交桥体外预应力加固的情况,讨论了体外索的防腐、锚固端的设计、索的约束和自然频率,以及梁托的生产和横隔的加固等课题。

关键词:体外预应力 体外索 防腐 自然频率 加固

介绍

过去40年里建造的桥梁及高架桥现在很多需要加固,主要是因为交通日益繁忙而引起活载的增加。为此,体外预应力技术是极有优势的,主要在于:

1. 比全方位的桥梁重建更快更便宜。
2. 检查、维护及修理都很容易。
3. 附加重量小。
4. 在施工期间,减少对交通造成的不便。

在新加坡西部,建于1981年的阿裕尼双车行道立交桥(如图1所示),是根据BS5400(1978)第二部分设计。每一车道由3个U型梁支撑,共13个跨,采用156根体外索加固。根据BD37/88新的规范,桥梁的活荷载增大了,因此需要加固。该加固工程于1999年10月完成。

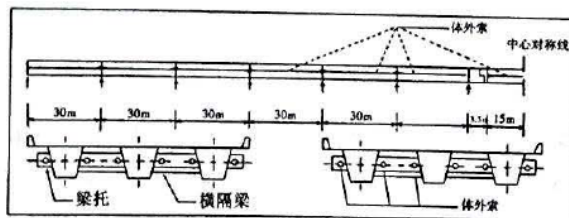


图1 加固阿裕尼立交桥(不按比例)。除中心跨是37米长,每边带3.5米长的悬臂外,其它每跨30米长。梁高1.7米。

本文针对与体外预应力有关的一些重要课题进行了讨论。如:

1. 体外索的防腐。
2. 锚固端的设计。

3. 索的约束和自然频率。
4. 梁托的生产和横隔梁的加固。

体外索的防腐

该桥的建设单位是新加坡陆路交通管理局,按其规定,所使用的体外索应能在对交通造成最小干扰的情况下进行检查、重拉、放张和单个更换:总包商维宝建筑私人有限公司指定预应力专业公司——新加坡OVM预应力私人有限公司为预应力分包商。新加坡OVM预应力私人有限公司提出五个方案供选择:

1. 光面钢绞线,灌注有机防腐混合剂,预先安装的管道,预埋在锚固端和转向装置的管。
2. 镀锌钢绞线或钢筋。
3. 涂有油脂和包有高密度聚乙烯的钢绞线。
4. 镀锌的和包有高密度聚乙烯的钢绞线。
5. 涂有油脂的和包有高密度聚乙烯的钢绞线,灌注涂上有机防腐混合剂,预先安装的管道,预埋在锚固端和转向装置的管。

第4个建议因最经济又很有效而被选中。因为,最近建造的广东汕头岩石斜拉桥,有大量剩余的Bridon高质镀锌的斜拉索。这些高质斜拉索平方米镀上170克的锌。锌的重量最小,再加上抗腐润滑保护,并且,每一根钢绞线上都包有一层最薄为1mm高密度聚乙烯。

钢绞线符合国际预应力协会的推荐要求。该桥用OVM15—7斜拉索系统,所使用的外露钢绞线均有油脂保护。体外索实际上就是一个无外套

的斜拉索系统。

锚固端的设计

根据 BS5400(1990)第4部分的规定,在有粘结的构件中,预应力索的张拉力作为锚固端的设计力。然而,根据英国高速公路管理局的设计手册 BD58/94,体外索的锚固端和转向装置要在极限状态下体外索的特征强度进行校核。关于挠曲开裂,使用活载的设计值要取在长期应力损失前的预应力索力。本桥有两种锚固端型式,一种是在横隔梁位置,另一种在其它地方。对前者,我们加固横隔梁以支承来自体外索的荷载,原来的和加固后的隔板(如图2,5,6)。其它部位的锚固端设计成梁托以支承体外预应力(如图3和图4)。

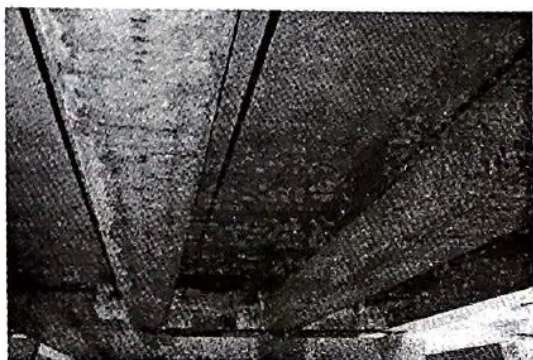


图2 梁间的体外索

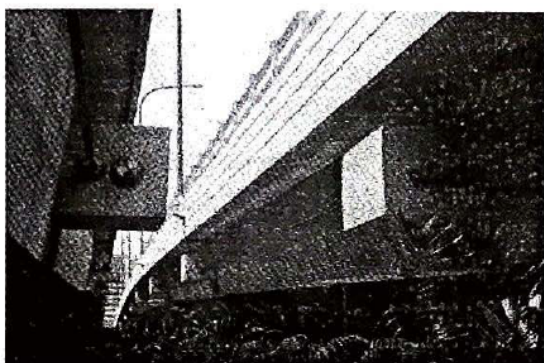


图3 体外索的外观。

锚固端设计成梁托,以支承体外预应力压力。

BD58/98 指出,体外预应力索需每隔一段距离就横向约束在混凝土结构上,以避免两个预应力索固定点间的由于梁挠曲引起的二阶影响。两个预应力索固定点的距离不能超过梁的最小高度的12倍。如预应力索固定点与点之间的距离横向超过12米,两个固定点间的预应力索振动的第一自然频率应在桥梁的0.8—1.2倍的范围间。

约束可是混凝土端块,转向装置及固定在梁上的U型螺栓。



图4 设计其中一个梁托支撑体外索

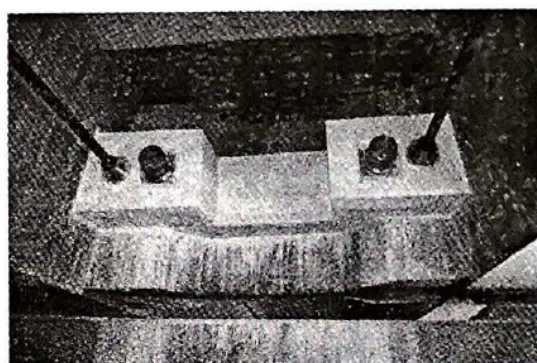


图5 梁间的体外索锚具

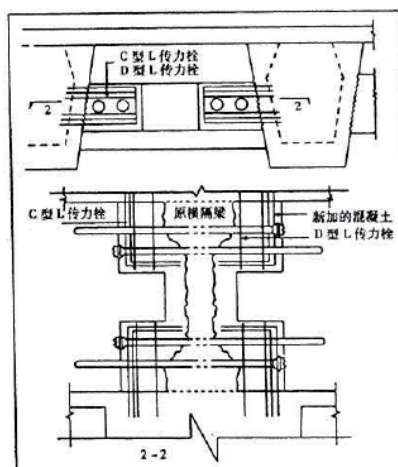


图6 加固的横隔梁

预应力索的约束和自然频率

体外索的自然频率 F 可从公式 $F = (T/4gL^2)'$ 算出:

F = 索上的预应力(N)

G = 索重(kg/m)

L = 索的自由段长度(m)

桥梁的自然频率可用公式

算 $F = [(48EL/L^3)/(g_1 + 17g_2/35)]^{1/2}/6.28$ 计算

E = 混凝土的弹性模量

I = 惯性矩

L = 跨度(m)

g_1 = 中心跨的附加重量(kg)

g_2 = 桥重(kg)

在这个工程中,体外索的自然频率是 6.04Hz,桥梁的自然频率 4.0Hz。因为两者的比率($6.04/4 = 1.5$)不在 0.8 - 1.2 的范围内,故不需要约束。但是,我们提供减振器以减少索的振动。

梁托的生产和横隔梁的加固

使用体外预应力加固桥梁,需生产梁托及加固原有的横隔梁以安装体外索。无论任一方法,钢筋条都须插入和连接到新的梁托或加固的横隔梁上。预应力的施加是逐跨进行的,每一条梁是有两根体外索锚固在横隔梁或梁托上。预应力张拉后,所有的跨由体外索通过梁托和横隔梁连接起来,因为原有钢筋和预应力钢筋的存在,打洞安装钢筋条可能会遇到困难。但洞深是很重要的,因为它决定了梁托和加固了的横隔梁的强度。来自体外预应力的弯矩和剪力必须由梁托或横隔梁支承,而梁托或横隔梁依赖于插入混凝土中的钢筋条。粘结强度也因此与索的强度一样重要,并取决于洞深、钢筋参数、现有混凝土强度和粘结剂。由于粘结强度如此重要,通常需要进行现场实验。

在这个工程中,钢筋条的粘结剂是 Hilti Hit

Hy 150 尿烷丙烯酸酯树脂和过氧化 dibenzoyl 的混合物。T25 2 类的螺纹钢埋置了 225mm 的长度。根据 BS5400(1990)第 4 部分,2 类螺纹钢粘结强度 = 3.3N/mm^2 。因此一根有 225mm 埋置深度的 T25 螺纹钢的极限抗拔强度为

$$v = udf_b = 58.3\text{kN}$$

u = 钢筋条参数

d = 有效粘结长度

而 T25 螺纹钢的破断力为 225.8kN。

四根有 225mm 埋置深度的 T25 钢筋条相当于一个完全粘结的 T25 以支承体外预应力增加的负载。我们使用了一个 30 吨的千斤顶来做三个埋置钢筋条的现场测试,结果显示一个 225mm 埋置深度的 T25 钢筋条至少有 75kN 拉拔抵抗力,完全满足要求。

其它课题

1. 有效的预应力应在 0.4 和 0.75 之间。在这个工程中,钢绞线被张拉至 0.73。

2. 体外预应力可缩短结构,致使相关的移动和可能损坏固定支座。在该桥中,一旦体外预应力完成,大多数的支座要更换。

3. 在原有的连续结构中,可能会产生由于体外预应力引起的拉力。

结论

使用体外预应力来加固原有结构具有不少优点,这种系统已引起了政府、研究院和预应力专家极大的兴趣。体外索在欧美已被广泛使用,我们相信体外索在亚洲也将会被大量采用。