

OVMAT矮塔斜拉桥拉索体系的研究与应用

李文献 赵靖钊 宋强 韦壮科

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要: 本文主要以福建樟洲战备桥和兰州小西湖黄河大桥为例介绍了OVMAT矮塔斜拉桥拉索体系的研制过程。采用分丝技术很好的解决了原拉索体系索鞍及抗滑锚存在的不足,结合矮塔斜拉的特点对梁端锚具进行优化设计,并很好的解决了拉索的防腐防水的问题。

关键词: 矮塔斜拉桥 拉索体系 分丝技术索鞍 节段模型试验 抗滑锚 抗滑移

1. 概述

矮塔斜拉桥为国内外新兴的一种桥型,1994年日本建成了第一座矮塔斜拉桥—小田原港桥之后,由于其兼有斜拉桥及连续梁的特点,刚柔相济的特性,符合结构受力特点,因此具有经济、造型美观、刚度大、施工方便等优点,得到了迅猛发展。至今日本已建成了这种桥梁20多座。我国借鉴日本经验于2001年建成首座真正意义上的矮塔斜拉桥——漳州战备大桥,感受了其很多优点之后,相继建成了厦门同文银湖大桥、兰州小西湖黄河大桥、常澄高速常州运河桥、太原西北绕城路汾河大桥、汾阳—瀛石矮塔斜拉桥、银川1号桥、广东中山市岐江大桥等13座矮塔斜拉桥。现在建的有株洲市芦淞大桥、柳州三门江大桥、山西晋济高速仙神河大桥等7座,规划的有9座,其发展潜力巨大,尤其适合于对刚度要求较高的桥,其拉索受力介于连续梁与斜拉桥之间,相当程度地弥补了连续梁与斜拉桥的不足,填补了跨度在100米~300米的梁桥与斜拉桥跨距的缺陷地带。其最主要的特点是:经济、美观,很适合我国社会主义初级阶段的要求。

2. 矮塔斜拉桥特征:

①所谓矮塔其塔高比过去斜拉桥降低一半以下,斜索长度短,索的垂度小,振动等引起次应力变动小。

②因对斜索依赖程度小,斜索应力变动可大幅度减小,抗疲劳性能提高。

③其综合了梁桥和斜拉桥的优点,梁高介于连续刚构箱梁桥和斜拉桥梁之间。结构上对斜索的依赖程度较少,斜索拉力变动对梁的影响较小,不需要再张拉,不象一般斜拉桥需要再张拉的斜拉索体系。

④与过去的斜拉桥相比,梁的刚度较大,挠度减小。

⑤与PC连续刚构箱梁桥相比,梁高较低的等断面柔细的上部结构,并减轻下部结构的负担。

⑥与PC连续刚构箱梁桥相比,因为有塔可创造出标志性景观,而且,又没有斜拉桥的塔高,作为市区的建设,少了些威压感,多了些亲近感。

⑦有一定程度的梁高,斜索的锚头可放在梁内,外观较整洁。适度的梁高(梁内人可立着步行),而且等高,施工和维修作业特别优越。

3. 矮塔斜拉桥拉索体系研究

矮塔斜拉桥拉索体系研究主要包括:矮塔斜拉桥拉索的索鞍研究、矮塔斜拉桥拉索的抗滑锚研究、矮塔斜拉桥的防腐系统研究、矮塔斜拉桥拉索锚具的研究等。

3.1 矮塔斜拉桥拉索鞍的研究

索鞍是矮塔斜拉桥的重要组成部分,它既有别于斜拉桥的塔上锚固区,也有别于悬索桥

鸣谢: OVMAT拉索体系的开发得到以下专家的大力支持,在此表示感谢!

铁道部第一勘察设计院. 张多平、李承根; 中交第二公路勘察设计院. 杨耀铨; 中交公路规划设计院. 李正榕; 西南交大土木工程设计有限公司广州分公司. 黄道沸; 上海市政设计院. 翁思榕、吴忠; 湖南省交通规划勘察设计院. 陈涛; 西北市政设计院武汉分院. 余勇强; 北京市政设计院. 惠斌、徐德标; 四川省交通规划公路勘察设计院. 黄道全。

的塔顶鞍座，有其独特的构造与设计的要求，所以对索鞍的研究是其设计重点所在。

3.1.1 福建樟洲战备桥的索鞍

福建樟洲战备桥由铁道第一勘察设计院设计，其借鉴日本矮塔斜拉桥的设计经验，结合我国的实际情况，于2001年建成。樟洲战备桥的建成，奠定了我国矮塔斜拉桥的设计基础。我公司对矮塔斜拉桥拉索体系的研究也就是从此时开始的。我公司为此桥提供了相关的拉索零部件并承担了拉索专项施工。福建樟洲战备桥的索鞍如图1所示：

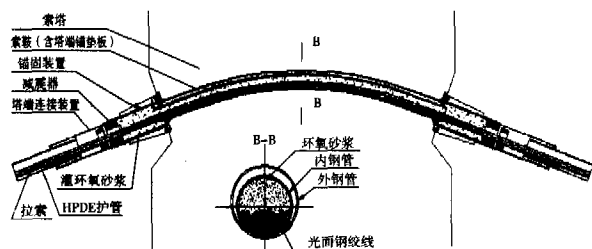


图1 内外管索鞍结构

樟洲战备桥索鞍结构采用日本当时的技术，即俗称内外管结构，外管预埋在塔上，与塔上混凝土粘结。内管套在外管中，可在外管里移动，通过其可移动实现以后的换索。拉索中的钢绞线在施工时单根按顺序依次穿过内管，其抗滑是通过在索塔两边的抗滑锚锚固装置里及内管里灌注环氧砂浆握裹整根拉索。拉索在抗滑锚锚固装置内和内管里均要剥去PE层。这个方案现国外一直在使用，有些桥虽然做了一些修改，但变化不大，基本还是原方案。

3.1.2 内外管索鞍存在的不足

经过我们的研究和实际工程应用，我们发现内外管索鞍存在如下不如意的地方：

1) 索过内管时容易打绞，施工存在一定的难度；

2) 内管下层钢绞线在张拉完成后，会受到上面几根和侧面钢绞线的挤压，受力情况很差，无法单根调索；

3) 由于内管灌浆后的情况无法检查，钢绞线的防腐质量难于保证；

4) 内外管设计由于接触面狭小带来了管下应力集中，有可能使混凝土开裂；

5) 换索复杂：双套管设计是利用内外管在同曲率条件下，内管可以从外管中旋出的原理实现换索的。为此，在设计中要考虑在内外管之间留有足够的间隙（内外管的直径差）以方便安装与更换。而目前我国有些桥的内外套管最大间隙不足2cm，致使现场套入施工就比较费劲，如果考虑钢管加工偏差和在长期运营后内管的变形，要想使内管从外管中旋出将十分困难，给后期换索带来很大麻烦。

以上问题已成为矮塔斜拉桥桥梁设计方及使用施工单位关注的焦点，能否在技术上解决以上问题成了以后矮塔斜拉桥设计的关键。

3.1.3 采用分丝技术的索鞍的研究

在福建樟洲战备桥建成之后，分析了成功的经验和具体的不足，我公司和铁道部第一勘察设计院进一步合作，决定对拉索体系进行改进和提高，做了很多的研究，进行了大量有效的工作，针对内外管索鞍存在的问题，项目组采用了化整为零的设计思路来研究鞍座，筛选了几个方案，其中采用分丝技术索鞍的方案获得在兰州小西湖黄河大桥上应用。该索鞍不仅能有效的解决以上问题，还能很好的改善桥塔塔内应力分布。并随后获得各设计院所的认同，并经过不断的改进优化，先后在漓石一汾阳矮塔斜拉桥、银川1号桥、广东中山岐江桥、北京潮白河桥、昆山吴淞江大桥上获得应用。现采用这种方案的矮塔斜拉桥越来越多。分丝技术索鞍结构如图2所示：

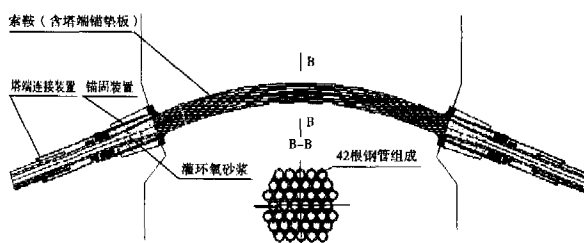


图2 分丝技术索鞍结构

其索鞍部分由分丝管组焊而成，导向钢管根据梁端锚具孔位来排布，拉索不是整束布置

在同一管中,而是拉索中每一根钢绞线独立穿过对应的导向钢管,形成分离布置,互不干涉,并承受钢绞线由于单根张拉先后造成相互之间的挤压。从中部断面图可以看出其是蜂窝状的,索鞍两端分别有两个抗滑锚,在锚固同里灌注环氧砂浆实现其抗滑目的。这种新型索鞍构造在国际上应用尚属首次。

分丝技术的索鞍的具有如下技术特点:

1) 由于索鞍内设置有可分丝的小钢管,容易穿索,施工非常便利。

2) 一根无粘结钢绞线只通过一个小钢管,不存在相互挤压问题,受力情况得到明

显改善;

3) 小钢管内的无粘结钢绞线不剥PE,索在索鞍里的防腐较好;

4) 索鞍起到分散、均匀传递载荷作用,转向鞍下部混凝土的应力分布比较均匀,无应力集中现象;

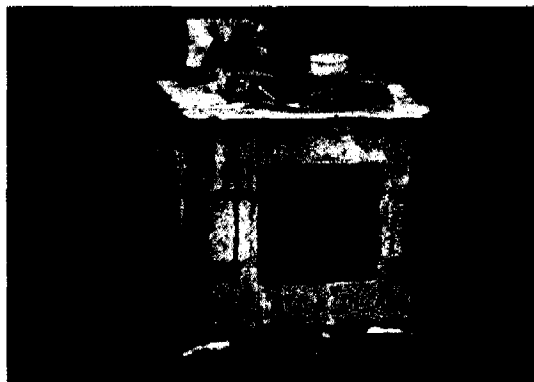
5) 换索及单根调索便利。

3.1.4 分丝技术的索鞍的试验研究

2002年2月我公司为兰州小西湖桥的索鞍做了一次节段模型试验,主要是为了验证分丝索鞍的刚度和强度是否满足要求,同时检验施工的可行性。试验取得了满意的效果。



模型加载现场



31孔分丝索鞍节段

图3 兰州小西湖大桥主塔鞍座处节段模型试验

为了更进一步检验新型索鞍构造的合理性,研究采用新型索鞍后主塔混凝土的内部压应力及劈裂应力的具体量值和分布规律,2004年4月,项目组与中山岐江大桥设计单位西南交大土木工程设计有限公司合作,在广州大学路顺道桥工程检测中心进行了大比例主塔鞍座处节段模型试验。

3.1.4.1 模型试验的主要目的:

1) 由于矮塔斜拉桥拉索张拉力大、夹角小,因此,索鞍下混凝土内部应力分布规律如何、混凝土是否会开裂、钢筋分布是否合理等问题就成了各方关注的焦点,而这一问题属复杂的接触受力范畴,准确的计算非常困难,需要通过理论研究探索;

2) 采用新型索鞍的机构是否合理,受力性能是否良好,是否存在其他需要注意的问题,

均需通过复杂的应力分析,甚至模型试验加以检验。

3.1.4.2 模型基本参数

模型基本参数的确定根据以下两个原则进行:

1) 统筹考虑索鞍转向器的规格,由于原型桥梁拉索为37- ϕ 15.24钢绞线,因此,根据OVM标准转向器的规格,模型可供选取的转向器有:37- ϕ 15.24、19- ϕ 15.24、7- ϕ 15.24,对应的几何相似比(模型/原型)分别为:1/1、1/1.4、1/2.3;

2) 系统考虑模型制作的方便性、准确性及加载试验的可实行性,若缩尺比例太小,则钢筋布置、混凝土浇筑均会存在困难,若缩尺比例太大,则会因拉索产生的上拔力太大而导致试验难以进行。

(未完待续)