

波形钢腹板体外预应力箱梁的工程应用

李华萍 华剑平 石伟 赵靖钊 郑国坤 廖松山

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:将波形钢腹板应用在无背索斜拉桥中,是波形钢腹板体外预应力箱梁应用领域的又一次新的突破。本文结合亚洲最大的无背索斜拉桥—新密溱水路大桥,阐述了波形钢腹板体外预应力混凝土组合箱梁的优点,具体介绍了该桥波形钢腹板的构造以及体外预应力体系的设计,为该组合箱梁结构在我国的推广应用奠定了基础。

关键词:波形钢腹板 体外预应力 组合箱梁 无背索斜拉桥 新密溱水路大桥

1 引言

波形钢腹板体外预应力箱梁结构是近年来国内外新兴的一种新型桥梁结构。该结构以波形钢腹板代替混凝土腹板或纵向加劲的平面钢腹板作为箱梁的腹板,并配用体外预应力技术,实现了主梁的轻量化,增大了梁的跨越能力^[1]。这种新颖的桥型一出现就引起了许多工程师和学者的关注。

这种桥型首先在国外发展起来,自2005年以来,国内已经建成的波形钢腹板混凝土PC组合箱梁桥已有数十座,目前在建的和设计中的桥梁也有十余座。本文既以在建的河南新密溱水路大桥为例,介绍这种波形钢腹板体外预应力箱梁的应用。

2 工程概况

河南新密溱水路大桥桥位以南是规划的汉风公园,溱水路又为城市主干道,因此对大桥的景观要求较高,经研究分析,采用独塔无背索斜拉桥。无背索斜拉桥造型新颖,结构优雅。为突出技术进步和科技创新,针对该桥桥宽、跨小的特点,采用了国内独创的波形钢腹板无背索斜拉桥^[2];为了更进一步的减轻主梁的自重,降低斜塔的高度,配以体外预应力技术。整个桥梁的设计是以主梁受压、斜拉索受拉、斜塔平衡部分主梁自重的结构体系。其主梁压力由混凝土承担,主梁剪力由波形钢腹板承担。主桥跨径为30m+70m+30m(见图1)。

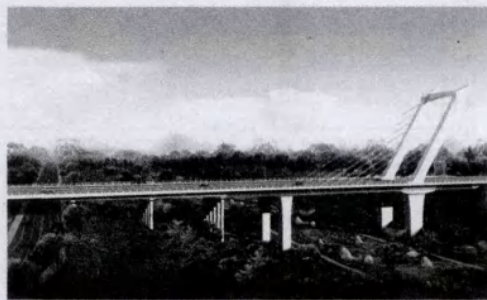


图1 新密溱水路大桥效果图

3 波形钢腹板体外预应力混凝土结合箱梁

3.1 结构特点

波形钢腹板体外预应力混凝土组合箱梁构造简单(见图2^[3]),不仅受力合理,而且具有明显的经济效益,主要表现为:

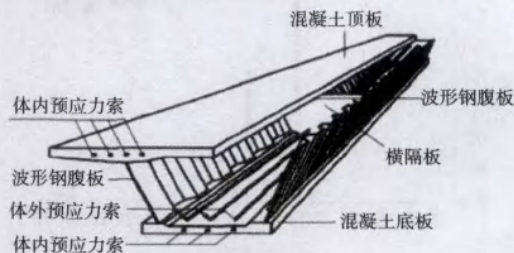


图2 体外预应力波形钢腹板混凝土组合箱梁

(1) 波形钢腹板不承受纵桥向的轴力,纵向刚度很低,不易开裂,既克服了平钢腹板易开裂的致命缺点,又减轻了因采用平钢腹板需增加加劲肋而增加桥梁重量的缺点。波形钢腹板具有很好的折叠性,在桥纵向可以自由伸缩,使施加于主梁上的预应力更有效的作用在箱梁的顶底板,不被腹板吸收,提高了预应力的效率。

(2) 采用波形钢腹板代替混凝土腹板,在

施工过程中可以相应的减少大量的模板、支架和混凝土的用量，波形钢腹板可以工厂化生产，方便了施工，缩短了工期，减少了施工成本；

(3) 体外预应力技术的应用，进一步减轻了桥梁的自重，方便了维护和更换，使桥梁在长期的运营过程中始终处于良好的服役状态，延长桥梁的使用寿命，增强结构的耐久性。

(4) 此结构让各构件（包括混凝土、波形钢腹板、体外索）各尽所能，充分发挥了其效率。

3.2 波形钢腹板的设计

波形钢腹板的设计是根据腹板受力情况、桥

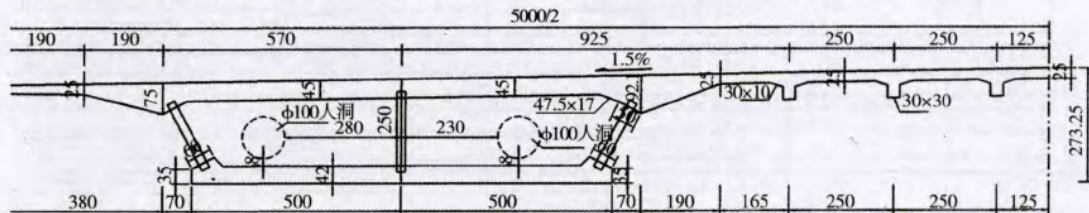
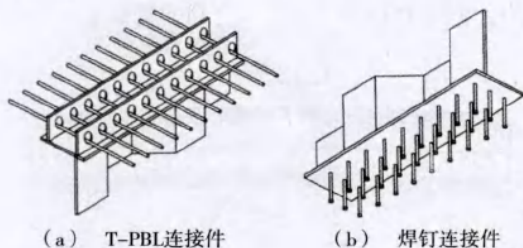


图3 1/2波形钢腹板箱梁标准段断面图

3.3 连接件

波形钢腹板体外预应力箱梁桥结构设计中，波形钢腹板与混凝土顶底板之间采用的抗剪连接件连接是设计的关键环节，它直接关系到整个组合梁桥的承载能力^[5]。

本桥波形钢腹板与混凝土顶板连接采用“T-PBL”连接件，底板连接采用焊钉连接件，见图5。采用参数如下：开孔钢板及翼缘板厚14mm，贯穿孔直径：60mm，间距150mm，贯穿钢筋： $\phi 22\text{mm}$ （HRB335）；焊钉采用M22的普通螺钉，焊钉高150mm。腹板和连接件采用MC-TL-2型焊缝。边腹板钢板对接焊缝采用MC-BV-B1型焊缝，中腹板用10.9级M22的高强螺栓进行连接，并进行焊脚尺寸为10mm的贴脚焊接。



(a) T-PBL连接件 (b) 焊钉连接件

图5 连接件形式

梁横向刚度、压力机的制作能力、运输尺寸的限制、现场吊装和拼装要求以及经济性、景观性等因素确定的^[4]。

本桥主梁采用分离式单箱双室波形钢腹板整体箱梁（见图3），梁宽50m，梁高2.5m~3.5m，波形钢腹板采用Q345C钢，抗拉强度200MPa、抗剪强度120MPa，波长1200mm，波高200mm，直板段水平长度330mm，斜板段水平长度为270mm，水平折叠角度为 36.5° ，内径R为200mm，钢板厚度12mm，经工厂加工成型，运送到施工场地的波形钢腹板一个标准段长为3600mm。

4 体外预应力的设计

体外预应力是将预应力钢束布置在主体结构外部的预应力，是后张预应力体系的重要分支之一^[6]，与体内预应力结构相比，其预应力筋位于承载结构主体截面之外，通过与结构主体截面直接或间接相连接的锚固区与转向块来传递预应力。

本桥体外预应力体系由索体、锚固系统和转向装置组成，结构见下图6：

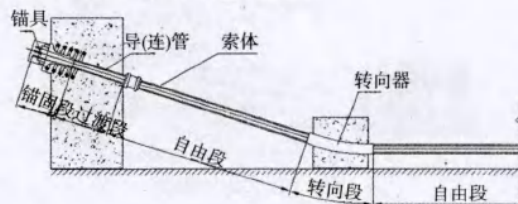


图6 体外预应力体系示意图

4.1 体外预应力束的布置

本桥预应力配筋采用体内及体外预应力的混合形式，体外索比例约为30%，体外预应力束全桥共计16根，每箱室各配置4根，布置在主跨箱梁内，采用主跨通长束，见图7。

4.2 体外预应力索体

本桥索体全部采用19- $\phi 15.2\text{mm}$ OVM.S6型环

氧喷涂无粘结筋成品索，是由单丝涂覆环氧钢绞线、防腐油脂和PE护套组成的多层防护索体（见图8），其防腐性能更加优越。该索体自由段不灌浆，其标准抗拉强度 $f_{pk}=1860\text{MPa}$ ，张拉控制应力 1116MPa （ $0.6f_{pk}$ ）。

该索体结构符合国际标准fib-2005《预应力拉索推荐性验收规范》中4.3.3条规定，其中环氧涂覆钢绞线符合国家标准GB/T25823-2010《单丝

涂覆环氧涂层预应力钢绞线》的规定。环氧喷涂是一种高环保无污染高近点喷涂技术，是将环氧树脂粉末喷射到钢绞线上，然后加热熔融、固化、冷却，从而在钢绞线表面形成的一层环氧涂层。该保护层具有防腐性能优良、耐曲折度优良、抗冲击性优良、耐高温性能优良等优点；其环氧层较薄，且厚度均匀，夹片咬透环氧层直接夹持在钢绞线母体上，与锚固单元的匹配性优良。

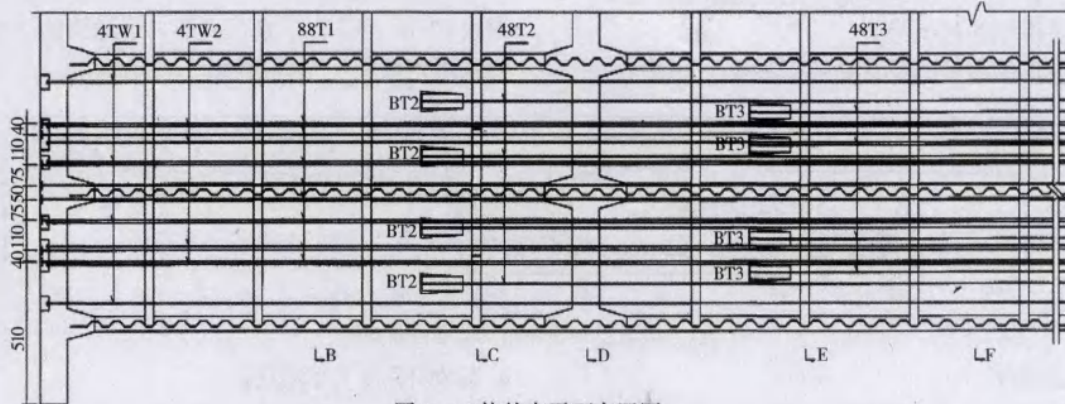


图7 1/2体外束平面布置图

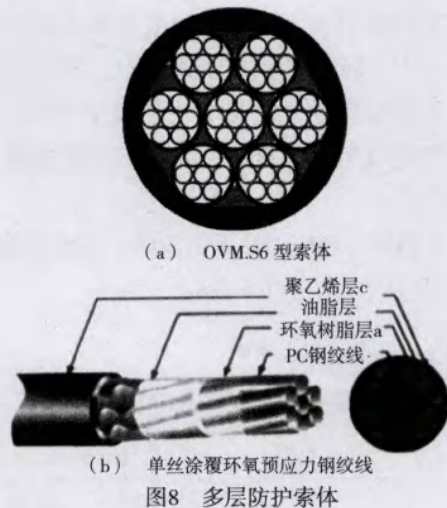


图8 多层防护索体

4.3 体外预应力转向装置

在体外预应力混凝土结构中，体外预应力筋通过转向装置改变方向从而形成预应力折线配筋，体外预应力筋对混凝土体的作用也是通过转向装置传递。转向装置是一种特殊构造，它是除锚固构造外，体外预应力索在跨内唯一与混凝土体有联系的构件，是体外预应力混凝土结构中最重要、最关键的构造之一^[7]。

转向装置主要分为散束式转向器和集束式转向器两种，本桥采用集束式转向器（见图9），转向器采用符合GB/T8163-2008《输送流体用无缝钢管》中规定的无缝钢管和内衬HDPE组成，钢管的作用是提供设计要求的体外束转向的角度和弧度，HDPE管主要起隔离索体与钢管的作用，为防止体外束索体与钢管接触而磨损HDPE外套，提高索体的耐久性。规范^[8]规定体外索在每个转向器处的弯折转角不应大于 15° ， $19-\phi 15.2$ 型的体外索最小弯曲半径是 3.0m ；本桥的转向器处的弯折转角在 $5.45^\circ \sim 14.09^\circ$ 之间，体外索的转角半径在 $3.5\text{m} \sim 8\text{m}$ 之间。转向器出口圆滑过渡，可消除安装、施工的误差所产生的附加应力，同时可以减少HDPE套管的磨损。

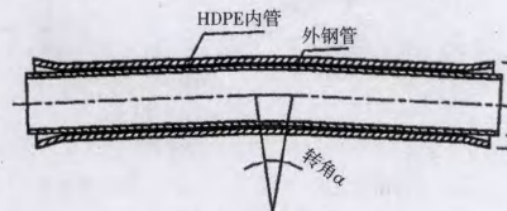


图9 转向器构造大样

4.4 体外预应力锚固系统

在锚固端,钢绞线处于裸露状态,既无油脂防护,又无PE层的防护,防腐条件较差。本桥体外预应力锚固体系采用配套的 OVM.TT型预应力锚具,该锚具设计了双层喇叭口管结构(见图10),锚具内部设计了内衬套等隔离装置,装置内可灌注水泥砂浆、环氧砂浆或油脂。这种结构可以整体取出隔离装置实现换索的功能,又可以借助砂浆的握裹力提高整个体系的锚固性能,且对裸露的钢绞线起到加强防腐的作用。

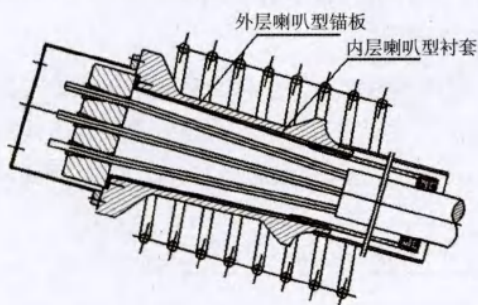


图10 锚固系统

5 结语

波形钢腹板体外预应力这一独特的组合箱梁,有着比传统的预应力混凝土箱梁和平钢腹板

的组合梁更好的力学性能和优点,充分发挥了各材料的性能:混凝土抗弯,波形钢腹板抗剪,波形钢腹板的折皱效应提高了预应力的应用,体外索的可换性提高了桥梁的耐久性。在新密溱水路大桥设计中,首次将波形钢腹板箱梁应用在无背索斜拉桥结构中,进一步的推动了波形钢腹板组合箱梁在我国桥梁中的应用,为今后这种新结构的发展提供了更有力的支持。

参考文献

- [1] 宋建水,王彤,张树仁. 波形钢腹板体外预应力混凝土组合箱梁[J]. 东北公路,2002,25(1):38-40
- [2] 李宏瑾. 新密溱水路大桥波形钢腹板无背索斜拉桥总体设计[J]. 华北水利水电学院学报, 2009,30(6):4-7
- [3] 王圣保. 波形钢腹板对箱梁预应力效率的影响[J]. 钢结构, 2011,7(26):7-11
- [4] 刘岚,崔铁万译. 本谷桥的设计与施工-采用悬臂架设施工法的波形钢腹板预应力混凝土箱梁桥. 国外桥梁, 1999,(3):18-25
- [5] 吴继峰. 波形钢腹板PC组合箱梁无背索斜拉桥的设计[J]. 公路, 2011,2:54-58
- [6] 宾帆. 体外预应力钢箱-混凝土结合梁桥发展与应用[J]. 山西建筑, 2011,37(27):185-186
- [7] 杨明,黄侨,叶见曙等. 波形钢腹板体外预应力箱梁钢制块式转向装置力学性能[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2011,41(1):174-180
- [8] JGJ 92-2004 无粘结预应力混凝土结构技术规程[S].

信息视窗

欧维姆公司被新认定为 自治区级研发中心

近日,广西壮族自治区工业和信息化委员会、广西壮族自治区科学技术厅、广西壮族自治区发展和改革委员会联合发文,公布了2013年新认定广西壮族自治区级研发中心名单,欧维姆公司从2012年的100家自治区级研发中心重点培育企业中脱颖而出,被新认定为“自治区级研发中心”。这是继公司获国家企业技术中心、广西预应力机具工程技术研究中心等荣誉后,获得又一研发资助的认可。

研发中心是企业技术创新体系的核心,是企业

业技术进步和技术创新的主要技术依托,是增强企业市场竞争能力、经济效益和发展后劲的根本所在。欧维姆公司被认定为自治区级研发中心,标志着我公司以企业研发中心为平台的自主研发创新体系基本建成,有助于提升公司核心竞争力,并将对公司未来的技术创新起到积极作用。公司将以此为契机,继续加大技术创新投入,进一步提升公司的技术领先优势,促进公司持续健康发展。

(陈艺玲)