

预应力技术在大跨径 ① 钢管混凝土系杆拱桥中的应用

2000(5)
2-4

梁智涛 赵伟封

66448.225

66448.385.5

【摘要】 本文结合江苏邳州市京航运河特大桥施工图设计, 对大跨径自锚(自平衡)提篮式钢管混凝土中承式系杆拱桥中的预应力体系进行了介绍, 并阐述了预应力技术在桥梁建设中的重要作用。本文中还对该桥所采用的预应力新材料和新的锚固系统进行了简要介绍。

【关键词】 钢管混凝土 预应力 系杆拱桥 锚具

随着现代预应力技术的飞速发展和桥梁施工工艺的日趋完善, 拱桥这一古老而造型优美的桥梁结构体系也焕发出勃勃生机。特别是钢材强度及韧性的提高, 使得钢管混凝土大跨径拱桥近几年在我国的发展十分迅速, 这都归结于钢管的吊装重量轻、钢与混凝土组合构件承压能力的提高及施工过程中的模板作用。山区地基基础可以承受水平推力的钢管混凝土拱桥, 国内已修建了60余座。平原区地基基础不能抵抗水平推力的情况下, 利用内力平衡原理, 已修建了自锚式“飞燕”形中承式钢管混凝土系杆拱桥, 以其造型优美、受力明确、跨度能力大, 特别适合于抵抗水平力差的平原区地质土层, 国内已建成和在建的有9座。其结构水平推力由预应力体系来平衡。

1. 工程概况

京航运河特大桥位于邳州市城南约四公里处, 是江苏省境内连(云港)一徐(州)高速公路上唯一一座特大型桥梁。该桥全长2577m。其中主桥全长350m, 主跨跨径为235m。结构型式为三跨“飞燕”形自平衡提篮式钢管混凝土中承式系杆拱, 两拱肋分别由四根直径 $\Phi 85\text{cm}$ 钢管与腹杆钢管和上下平联形成一根平行四边形格构

桁架, 其外形尺寸为 $370\text{cm} \times 200\text{cm}$ 。两倾斜的拱肋之间由七根平行的钢管桁架和两个K形桁架横撑相连接, 横撑外形尺寸为 $300\text{cm} \times 285\text{cm}$, 四角钢管直径为 $\Phi 55\text{cm}$, 腹板钢管直径为 $\Phi 35\text{cm}$ 。两边跨为钢筋混凝土上承式箱型拱, 跨径为57.5m, 箱型拱肋外形尺寸为 $200\text{cm} \times 250\text{cm}$, 两倾斜的箱型拱肋之间由三道平行的预应力混凝土箱形横撑和一道端横梁相连接。引桥为30m等跨径预应力混凝土连续组合箱梁。主、边跨拱肋矢跨比分别为1/4、1/8。拱轴系数分别为1.33、1.30。桥型总体布置图见图一。桥梁横向拱肋在承台顶面宽度为36.579m, 拱顶两肋宽度为16m, 桥面板全宽33.5m。桥梁横断面组成见图二。

此种结构型式的拱桥, 在拱脚处产生的横向推力使桥梁整体的横向预应力体系发生了变化。与平行拱肋相比较, 其优点在于桥梁的整体刚度大, 稳定性好, 抗震性能强。这一桥梁结构型式目前在国内尚属首次采用。

2. 预应力钢材

根据该桥的空间受力特性及构件所处的不同部位, 分别设置了柔性系杆拉索、支撑桥面板的横梁、抵抗桥梁横向推力的系梁、横撑预应力索和吊杆预应力索。拉索采用热挤PE钢绞线拉

梁智涛: 中交第一公路勘察设计研究院
赵伟封: 西安公路交通大学

拉索体系

索、横梁、系梁、边跨横撑采用的预应力钢绞线均应符合美国ASTM A416-97标准规定的270级高强低松弛钢绞线。单根钢绞线直径为 $\Phi 15.24\text{mm}$ ，标准强度 $R_b = 1860\text{Mpa}$ ，弹性模量 $E_s = 1.95 \times 10^5\text{Mpa}$ 。吊杆拉索采用PE热挤拉索PES5-163，钢束面积为 32.00cm^2 ，标准强度 $R_b = 1670\text{Mpa}$ 。

3. 预应力索的布置

3.1 系杆预应力索

置于桥面两侧的柔性系杆由保护箱和PE钢绞线组成，其作为连接主跨、边跨的纽带，在桥面与拱肋相交处，分别与桥梁纵轴线相平行，并置于横梁之上，来平衡由主跨拱肋产生的强大水平推力。在边跨拱肋端部将系杆拉索分别进行平弯及竖弯后，锚固在边跨端横梁外侧。本桥系杆为了避免与主拱肋、边拱肋相交使其结构受力复杂化，采用热挤PE平行钢绞线拉索，以适应平面内的弯曲变化。其锚固顺序与拱肋吊装施工加载顺序相对应，系杆拉索需按编号进行张拉锚固。成桥后，系杆连同其保护箱一同隐藏于桥面

板的实心板之内，成为永久保护。全桥系杆拉索共由32孔 $27\Phi 15.24\text{mm}$ 的预应力钢绞线组成。施加的总预应力达8226吨，柔性系杆还有利于解除因其与拱肋刚接而产生的受力复杂化，使桥面及拱圈受力明确，构造处理简单化，由于系杆预应力束位于保护箱内，然后加以封闭，因此这部分预应力筋可以认为是体外预应力。

3.2 横梁预应力索

桥面系和垂直吊杆相交处的横梁为预应力混凝土箱型梁，其外形尺寸为 $100\text{cm} \times 209\text{cm}$ 。腹板厚度为 18cm ，顶、底板厚度分别为 13cm 和 15cm 。横梁内预应力钢束分别布设在两侧腹板上，在靠近横梁两端部的区段内钢束孔道竖弯后锚固于其端部。横梁预应力钢筋均分为两批张拉，即在施工阶段张拉第一批，然后在桥面系槽形板架设之后再张拉第二批。这种施工方法的主要目的是降低横梁高度以减轻桥梁整体结构自重和节约材料，同时在满足桥梁安全适用的前提下也降低了桥梁整体结构造价。由于桥面系槽形板的跨径不同，其横梁的预应力配筋根数也各不相同

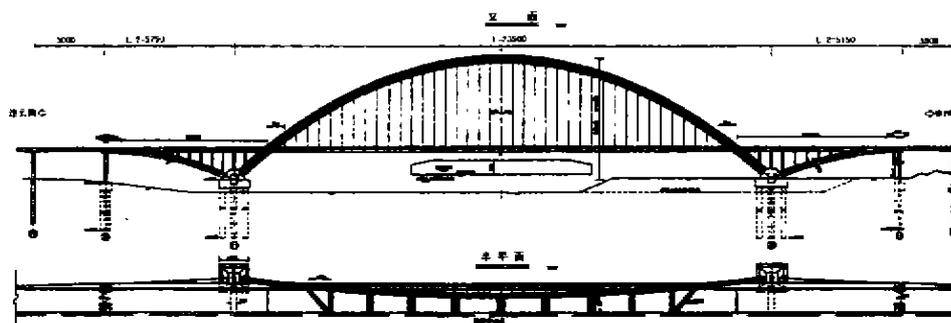


图1 主桥桥型总体布置图

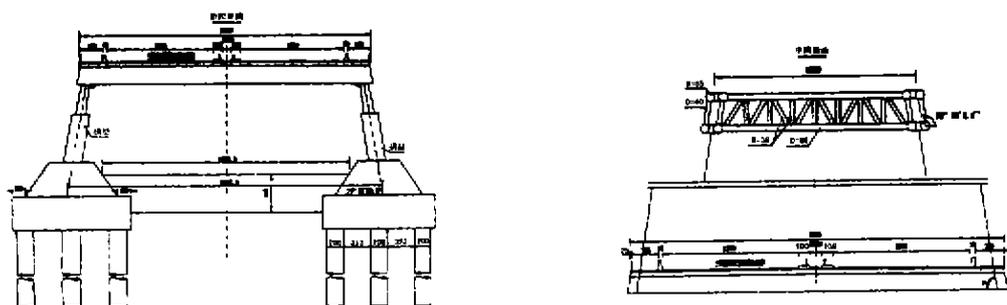


图2 桥梁横断面

拉索体系

同,但各横梁预应力孔道数均为六孔,孔内钢绞线股数有 $5\Phi^{15.24}$ 、 $12\Phi^{15.24}$ 和 $16\Phi^{15.24}$ 三种类型。预应力管道成型采用钢波纹管。

3.3 横撑、系梁预应力索

横撑、系梁内预应力筋的主要作用是克服由于提篮式拱肋产生的横桥向水平推力和结构本身自重产生的梁体下缘弯曲拉应力。此处所指的横撑均为两边跨拱肋之间的横撑,该部分横撑将边跨两条拱肋通过预应力筋有机地连为整体,从而达到承受拱上建筑和汽车荷载的作用。系梁位于两拱脚横向两承台之间,梁体截面为矩形箱式断面,其外形尺寸为 $300\text{cm}\times 450\text{cm}$,腹板、顶底板厚度分别为 50cm 和 160cm 。通过对系梁施加横向预应力使之与拱肋产生的横向水平推力平衡。

横撑、系梁预应力体系均为后张法,张拉后通过对管道压浆和封锚进而形成为有粘结预应力混凝土结构体系。每孔钢绞线股数均设置成 $12\Phi^{15.24}$,以减少孔道的种类,根据各梁体的受力不同,其预应力孔道数也各不相同。

3.4 吊杆

作为将桥面荷载传递于拱肋的吊杆,由PE镀锌高强平行钢丝束组成,工厂化制作。吊杆直径为 9cm ,其面积为 32.00cm^2 ,镀锌平行钢丝数为163丝,镀锌及外包PE材料的作用是免遭吊杆钢丝受到锈蚀,全桥吊杆采用同一型号,该部分预应力属体外预应力系统。

4. 预应力锚固系统

预应力的施加离不开可靠的锚固系统,锚固系统的质量直接影响着结构物和施工的安全性。因此选择锚固系统时必须高度注意产品质量的可靠性。该桥在预应力锚固系统的设计方面,既考虑了锚具的锚固性能,又考虑采用一些技术领先,锚固质量优良的新型锚具。该桥所采用的锚具为OVM系列产品(或性能完全一致的同类锚具)。

系杆锚具采用OVMXG15—17型,备用孔采用OVMXG.T15—27型。该锚具的特点是在低应

力状态下具有可靠的锚固性能和整体结构具有可靠的防腐措施。这两种锚具分别为永久性和可换索式锚固结构。

吊杆锚具采用OVMSDK可调式锚具,分别将平行钢丝束锚固于主拱肋的上缘板及横梁的下缘,并以横梁的下端作为标高调整端。该锚具主要应用于各种类型的中、下承式系杆拱桥。其特点是能够适当地自行调整高度和位移,且能缓解由于温差和安装误差给桥梁造成的不良影响。

横撑、横梁、系梁及引桥中的预应力锚具均采用OVM常规系列群锚和与其配套的相应设备。所采用的锚具种类有OVM15-5、OVM15-12和OVM15-16三种类型。预应力管道成孔采用钢波纹管,波纹管的直径有 $\Phi 67\text{mm}$ 、 $\Phi 92\text{mm}$ 和 $\Phi 102\text{mm}$ 三种类型。

5. 结语

钢管混凝土混合材料结构的发展使超长跨径拱桥建造技术迈进了一个全新领域。预应力技术的应用使平原区地基基础难以承受拱桥推力的情况下,建造造型优美的超大跨径自平衡钢管混凝土拱桥成为现实。目前,自平衡“飞燕式”平行拱肋钢管混凝土拱桥由广东三山西大桥的主跨跨径 200m 发展到主跨 360m 已经合拢的丫髻沙大桥。“提篮式”钢管混凝土自平衡拱桥以本文所介绍的京航运河特大桥为代表,其造型更加优美,整体稳定性更好。该桥的设计和施工难度相当复杂,有许多设计和施工方法上的独特创新,为以后设计更大跨径的同类型桥梁积累了经验。当然,这种新桥梁结构的产生很大程度上归结于现代预应力技术的发展,也体现了预应力体系在大跨径桥梁建设中的决定作用。

参考资料

- 1.《公路桥涵设计规范》(合订本) 人民交通出版社 1995.8
- 2.《钢管混凝土拱桥设计与施工》 陈宝春 编著 人民交通出版社 1999.9

注:本文原载于2000年5月《第六届后张预应力学术交流论文集》