

# 滨海桥堤结合刚架桥设计

李志利

中交公路规划设计院有限公司浙江分公司 浙江 杭州 310000

**摘要：**滨海桥梁项目建设考虑景观及视野，统筹结合横断面布置采取桥堤平行方案，因而梁底标高无法满足高于百年一遇潮位要求。桥梁与海塘采取堤桥结合，考虑到海塘尚需填筑、加高，因此需应对海塘填筑及后期沉降对桥梁下部的不利影响。此外，桥梁位于海洋性环境中，采取有效措施保证结构的耐久性同样重要。以乐清市滨海大道工程为例，通过对几种拟定的上部结构形式的桥梁进行波浪力和浮托力分析，选取合理的上部结构形式。对于下部结构，桥墩高度较低，下部基础采用单排桩，以增加桥梁纵向柔度，同时桩基采用双护筒施工，释放桩基上部土层侧向挤压变形空间。因此合理的上下部结构设计及耐久性设计，对于确保滨海桥梁施工、成桥阶段的结构安全以及运营阶段的行车安全性和舒适性均具有重要意义。

**关键词：**刚架桥；桥堤结合；波浪力；浮托力；耐久性

## 1 工程概况

乐清市疏港公路胜利塘至经开区段（滨海大道）工程起于胜利北塘尾端，向南沿胜利塘规划安澜工程堤坝外侧平行展线，沿海洋公园外围穿过，向南至经济

开发区沿规划安澜工程堤坝内侧平行至纬十七路，车道均宽约22.5m，采用双向六车道一级公路兼顾城市主干路技术标准。其中堤坝平行段桥梁，宽度为41.5mm（见图1）。

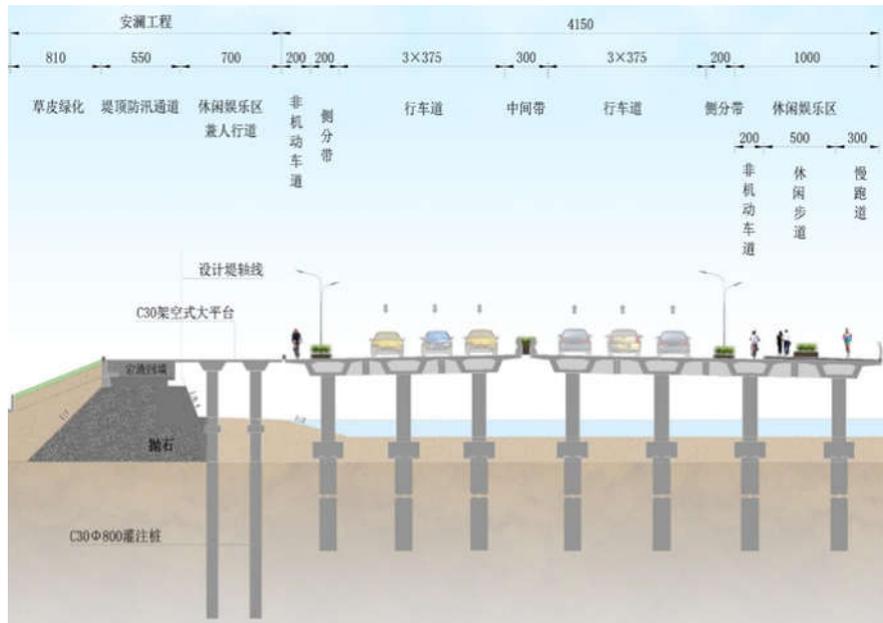


图1 桥堤结合段立面示意

乐清是台风灾害影响严重的地区，在该区域建设滨海大桥，桥梁结构抗风防浪设计至关重要。胜利塘河北侧与海堤平行段桥面高程与安澜工程改造后的海堤标高齐平，桥面高程为8.0m，在最高潮水位时，梁底与潮水位高差仅为0.91m，梁底标高无法满足高于百年一遇潮位及波浪要求，桥梁上下部设计需考虑能承受台风等极端天气下的海浪、潮位叠加冲击，且需要满足长期使用期

限内的耐久性要求。

同时设计目标要求桥梁与胜利海塘采取堤桥结合，两者之间距离较近，考虑到海塘安澜工程尚需填筑、加高，因此需应对安澜工程海塘填筑及后期沉降对桥梁下部的不利影响<sup>[1-2]</sup>。

此外大桥位于海洋性环境中，环境类别为Ⅲ类，结构耐久性是一个重要课题。为保证结构耐久性，节约工程

全寿命周期的总体成本,需在设计中充分利用新材料、新技术,为桥梁结构设计和施工提供指导。

## 2 高潮位、低纵断面情况下桥梁结构设计

根据项目建设要求,胜利塘北段范围桥堤平行,横断面布置统筹结合,即利用海塘安澜工程新增平台(7.5m宽)设置人行休闲带,主线右幅断面仅设置车行道和非机动车道;同时要求主线纵断面标高应与海塘安澜工程平台基本一致,以满足景观及视野通透以及断面布置人行道及非机动车道相结合的要求。若实现该功能目标,需解决以下困难问题:

(1) 胜利塘河北侧与海堤平行段桥面高程与安澜工程改造后的海堤标高齐平,则梁底标高无法满足高于百年一遇潮位及波浪要求,桥梁上下部设计需考虑能承受台风等极端天气下的海浪、潮位叠加冲击,且需要满足长期使用期限内的耐久性要求。

(2) 设计目标要求桥梁与胜利海塘采取堤桥结合,两者之间距离较近,考虑到海塘安澜工程尚需填筑、加高,因此需应对安澜工程海塘填筑及后期沉降对桥梁下部的不利影响。

针对以上两点难题,设计对策考虑了如下四个方面:

(1) 结构形式及结构体系选择上,与胜利海塘平行段采用刚架桥结构

允许在极端条件下梁底承受波浪冲击力及浮托力影响,舍去了支座,解决了水下支座的防腐问题;海堤平行段桥梁在极端条件下梁底低于水面,采取刚架桥体系,解决梁板在波浪冲击力、付托力下的稳定问题。

(2) 本项目主桥桩基采用双护筒施工,释放桩基上部土层侧向挤压变形空间;靠近海堤侧,主动设置应力释放孔;加强桩基、墩柱主要受力钢筋设计,提高抗推移抗裂能力;建议海塘堤坝结构先期开工,堤坝填筑在桩基施工前完成。

(3) 桥梁桩基设计应考虑一定的竖向承载力富裕,考虑周围结构物的沉降将在桥梁桩基周围产生竖向负摩阻力影响。

(4) 考虑与海堤平行段桥梁规模较大,应尽量采用工业化、预制化、拼装化手段,加快施工速度。

## 3 上部结构选择及波浪力分析

### 3.1 上部结构形式的拟定

刚架桥断面宜采用梁高比较低的流线型截面,因本项目主线桥宽较宽,考虑1.2m梁高的预制大箱梁、预制闭口大箱梁及脊骨梁截面(见图2-图4)进行波浪力分析,最终根据结构的受力、施工操作性、结构耐久性等方面,选取最优的断面形式。

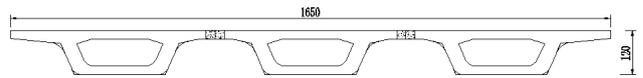


图2 预制大箱梁(单位:cm)

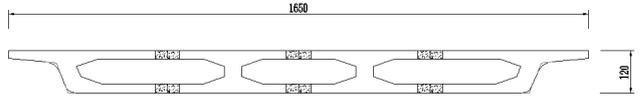


图3 预制闭口大箱梁(单位:cm)

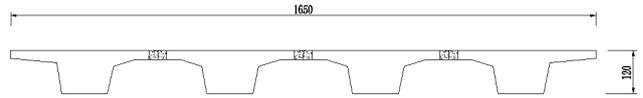


图4 预制脊骨梁(单位:cm)

### 3.2 上部结构波浪力计算条件及计算方法

根据初步调查的水文资料,桥位海床底标高-1m~0m,百年一遇高潮位5.79m,百年一遇波浪有效周期6.4s,百年一遇风速最大波浪高3.24m。

目前滨海桥梁上部结构波浪力的计算,在国内桥梁规范并没有明确的计算方法,国外对桥梁上部结构的波浪力研究相对较早,Douglass等提出了竖直方向和水平方向波浪力的经验公式。McPerson又通过试验研究并结合理论分析,对Douglass方法进行了改进,其提出的方法考虑了波浪淹没桥梁时,越浪对波浪力的影响,同时也考虑了梁肋间俘获空气对波浪力的加成<sup>[3-4]</sup>。

美国AAHSTO发布的沿海桥梁波浪力的计算规范,给出了三种荷载组合下的竖直、水平波浪力和弯矩计算公式,不仅考虑了桥址附近波浪的波高,周期和波长等波浪要素的影响,还考虑了桥型对波浪力的影响,是目前计算方法中最为全面的一种<sup>[3-4]</sup>。

### 3.3 上部结构波浪力计算结果及断面形式的确定

对于本项目拟定的三种结构形式,采用AAHSTO美国规范进行波浪力分析计算。波浪力计算结果见表1。

表1 波浪力计算结果

截面	竖向力kN/m		水平力kN/m	
	外侧	内侧	外侧	内侧
预制大箱梁	106.7	121.9	15.5	10.7
预制闭口大箱梁	134.1	78.2	13.9	2.0
预制脊骨梁	104.6	58.3	23.3	7.3

由计算结果可知,预制闭口大箱梁所受的竖向波浪力最大,预制大箱梁次之,预制脊骨梁最小,但预制脊骨梁所受水平力最大。

常规结构多采用单箱多室截面即闭口大箱梁截面,但其所受竖向波浪力较大,考虑到本桥较宽,单箱多室截面箱梁及大箱梁多采用少支架现浇施工,工期较慢。预制脊骨梁虽然受竖向波浪力较小,但其所受水平波浪

力较大,同时由于是实心结构,所用混凝土方量较大,经济性较差。

预制大箱梁所受竖向波浪力及水平波浪力均较小,施工时可以横向拆分为多个独立箱梁进行预制,再进行现场拼装,浇筑湿接缝和墩梁固结段,形成整体。预制与现浇结合,施工速度快、工厂化预制施工质量和混凝土外观好,桥梁耐久性更容易保证。

同过对三种上部结构进行综合比较,上部结构采用预制大箱梁为最佳选择。

#### 4 海洋环境下桥梁的耐久性问题

本项目桥梁位于海洋性环境中,环境类别为Ⅲ类,结构耐久性是一个重要课题。为保证结构耐久性,节约工程全寿命周期的总体成本,需在设计中充分利用新材料、新技术,为桥梁结构设计和施工提供指导。设计考虑根据结构各构件的不同材料类型和位置采取如下相应措施:

对于桩基、桥墩等不易维护,且难以替换的重要构件按设计寿命100年考虑。对于可以维护,易加固、替换的构件根据维护的难易程度选择合理的防护方案。

(1)桥梁上下部钢筋混凝土结构均采用海工耐久性混凝土,钢筋保护层厚度在满足相关耐久性规范的前提下,适当增加保护层厚度。

(2)建议混凝土浇筑时采用混凝土透水模板布,不仅能消除混凝土表面的气泡、砂线、砂斑等混凝土质量通病,从而使混凝土形成致密表面,提高混凝土表观质量;而且能进一步提高混凝土性能,改善混凝土耐久性,提高混凝土耐磨性、抗冻性、和表面抗拉强度。

(3)控制裂缝宽度,钢筋混凝土结构通过增加配筋,增大截面尺寸等措施限制裂缝宽度。

(4)利用施工结构作为第一道防腐屏障,如钻孔桩钢护筒。

(5)预应力采用真空吸浆施工工艺,确保压浆密实。

(6)应用阻锈剂,在承台混凝土和箱梁孔道浆体中加入阻锈剂。阻锈剂能有效阻止或延缓氯离子对钢筋钝化膜的破坏。

(7)由于墩身位于浪溅区,对其外表面进行防腐涂装。

(8)钢管桩防腐采用涂层与阴极保护联合防护的方式。

(9)临时外露普通钢筋、钢(铁)预埋件表面,均采用锌加保护防腐,永久外露的钢(铁)预埋件镀锌处理。

(10)加强运营期检测和养护措施,运营期间对各重要结构和关键构件建立健康监测系统,定期检查,发现问题,及时修复。

#### 5 结语

通过对乐清市疏港公路胜利塘至经开区段(滨海大道)桥堤结合段的桥梁设计中的涉及的特殊问题进行了研究,主要进行了如下几方面的设计:

(1)考虑极端条件下梁底承受波浪冲击力及浮托力影响结构形式及结构体系选择上,与胜利海塘平行段采用刚架桥结构。

(2)对选取的上部结构形式的桥梁进行波浪力和浮托力分析,兼顾结构的经济性和施工的便捷性,选取合理的上部结构形式。

(3)桥墩高度较低,为增加桥梁纵向柔度,下部基础采用单排桩,为了释放桩基上部土层侧向挤压变形空间,桩基采用双护筒施工。

(4)为使海洋性环境中桥梁结构的耐久性得到保证,同结构构造,材料选择,施工工艺及检测养护方面均采取了有效的措施。

因此合理的结构设计,很好地解决了滨海桥堤结合段桥梁设计的难题,对于确保桥梁施工、成桥阶段的结构安全以及运营阶段的行车安全性和舒适性均具有重要意义,为同类型桥梁设计提供参考。

#### 参考文献

[1]江泊涓,俞演名,宁顺理,张峻荣.深厚软基区海堤填筑下穿对既有桥梁桩基的影响[J].工程科学与技术,2020(第4期).

[2]官玉明,张超,尹利华.深厚软土地基超载预压对桥梁桩基负摩阻力的影响[J].路基工程,2019,(第5期).

[3]李东洋,郭馨艳,高康平,郭继业.波浪力作用下环岛桥梁受力特性研究[J].中外公路,2021(4).

[4]张家玮,祝兵,康啊真,黄博.跨海桥梁箱梁结构受波浪力作用试验研究[J].土木工程学报,2017(12).