

重庆嘉华嘉陵江大桥设计

章曾焕 臧瑜 孙巍 方亚非 戴建国

(上海市市政工程设计研究总院 上海 200092)

摘要:介绍重庆嘉华嘉陵江大桥的主要设计标准,主桥结构和施工方案,阐述了大桥采用的关键技术。

关键词:嘉陵江大桥 设计 连续刚构 薄壁箱型单墩

1 概况

1.1 工程位置、范围和规模

跨越嘉陵江的嘉华大桥,是《重庆市城市总体规划》中联系重庆市南北主轴上的重要节点,同时是主城区道路网络体系中4条纵向主干道居中的1条主要道路动脉干线。它的建设不仅具有交通功能,同时也将是嘉陵江沿岸的标志性景观之一。

相关工程从李家坪立交,通过嘉陵江大桥、华村立交、大坪隧道至黄沙溪立交,全长约4.35km。道路等级为城市快速路,设计车速80km/h。嘉华嘉陵江大桥设计荷载为公路一级。航道标准为三级航道,通航净空高度10m,主通航孔净宽180m。

1.2 工程场地自然条件

桥址区为嘉陵江河谷,嘉陵江由西向东,河谷走向较平直,呈壮年期河谷地貌,河谷呈不对称“U”形。

(1) 气象。沿线属亚热带湿润气候,日最高气温42.2℃,日最低气温-1.8℃。多年平均相对湿度79%左右,最大风速为26.7m/s。

(2) 工程地质。基岩为侏罗系中统沙溪庙组陆相沉积岩层,主要岩性为泥岩夹砂岩。弱风化基岩是该场地基础持力层。其地质断面情况见图1。

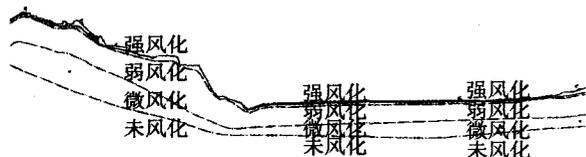


图1 地质断面示意

(3) 水文。百年一遇洪水位为194.23m,洪水时最大表面流速为5m/s。大桥所在河段在三峡水库建成后一般仍接近天然河道特征,河道基本维持现状。

(4) 地震。桥位区地震基本烈度为VI度。

(5) 沿线水系、河流概况。枯水期桥位处江面宽约400m,洪水期江面宽约700m。

2 主要设计技术标准

(1) 道路等级:城市快速路。

(2) 设计车速:80km/h。

(3) 设计荷载:嘉华大桥正桥公路为一级,人群荷载3.0kN/m²。

(4) 地震荷载:抗震按7度设防。

(5) 桥梁宽度:桥梁分左右两幅,单向4车道;检修道;单幅桥宽0.5m,(防撞栏杆)+0.5m(路缘带)+2m×(3.75m+3.5m)(车行道)+0.5m(路缘带)+1.5m(人行道)+0.3m(人行道栏杆)=17.8m,两幅桥间净距2.0m。

(6) 航道标准:三级航道,通航净空高度10m。通航要求主航道大于180m,辅航道要求大于80m。经通航尺度专题论证,主跨≥250m。

(7) 通航水位:最高通航水位为195.93m,最低通航水位为160.12m。

(8) 设计水位及流速:设计水位为195.93m,洪水时最大流速为5m/s。

(9) 设计风速:最大风速为26.7m/s。

(10) 设计基准期:100年。

3 桥梁总体布置

嘉华嘉陵江大桥为预应力混凝土连续刚构

桥, 桥长528m, 双向8车道, 全桥宽35.6m; 两个主桥墩均设置在河道内, 主跨252m, 北侧边墩上岸, 边孔跨越北滨路, 南侧边墩也设置在河道

内, 南侧接华村立交。南北边孔孔径为138m, 对称布置。主桥横坡2%, 纵坡1.9%。见图2。

桥梁横断面中央设分隔带, 构成双幅桥面。

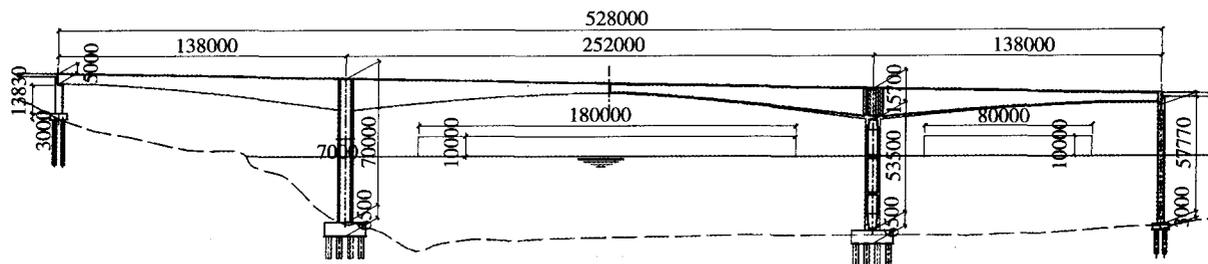


图2 桥梁总体布置示意

4 主桥结构

4.1 基础

主墩基础采用24根直径2.5m的挖孔桩基, 上下行主墩承台形成整体, 承台厚6.5m。南侧边墩基础采用12根直径1.8m的挖孔桩基, 上下行承台分离, 承台厚3.0m。基础采用C30混凝土材料, 设计以持力层为弱风化基岩。承台埋入河床以下。基础采用土石围堰施工。

4.2 下部结构

主桥桥墩采用薄壁箱型单墩, 在全国同类桥梁中罕见, 其主墩断面见图3。主墩采用C55混凝土材料。顺桥向宽度7.0m, 横桥向(不包括分水尖)宽9.8m, 壁厚分别为80cm和100cm。上下游设分水尖(防撞及导流构造)与桥墩相结合成整体, 墩壁四周设泄水孔, 以保持内外水压力的平衡。墩身内设隔板, 墩底设圆弧倒角。边墩采用C40混凝土材料, 边墩墩身形式与主墩相同, 为单薄壁墩, 顺桥向宽度3.5m, 横桥向(不包括分水尖)宽9.8m, 壁厚分别为50cm和60cm。墩身内设隔板。桥墩采用翻模法进行施工。

4.3 上部结构

上部构造为变截面单箱单室, 垂直腹板。单箱顶宽17.8m、底宽9.8m, 翼缘板长4m。箱梁根部梁高15.5m, 为主跨的1/16.3; 跨中处梁高5m, 为主跨的1/50; 梁底按1.5次幂曲线变化。箱梁横断面见图4。腹板变厚度100(支点)~45cm(跨

中), 主梁0号梁段各断面尺寸适当增大。底板变厚度110(支点)~32cm(跨中)。顶板箱室内厚度30cm, 悬臂端厚20cm, 根部厚55cm。设支点横隔梁, 0号段墩顶处横隔梁厚度为100cm, 梁端横隔梁厚度为150cm。中跨跨中设横向隔板40cm。0号块长度12m, 每个主墩悬臂施工形成T构, 每侧33个节段, 节段划分为3m、3.5m和4m三种, 边跨现浇段长度11m, 中、边跨合龙段长度均为2m。悬臂浇筑最大浇筑重量350t。箱梁采用C55混凝土, 箱梁顶面设2%单向横坡, 腹板上设通气孔。

箱梁采用三向预应力体系。纵、横向预应力钢束采用 $\phi^s 15.2$ mm高强度低松弛钢绞线, 标准强度 $f_{pk}=1860$ MPa, 预应力锚具纵向束采用 $\phi^s 15.2\sim 9$ mm(12、15、17)型群锚体系, 横向束采用15BM-3型扁锚, 预应力管道采用PE波纹管, 真空压浆工艺。纵向预应力钢束采用平、

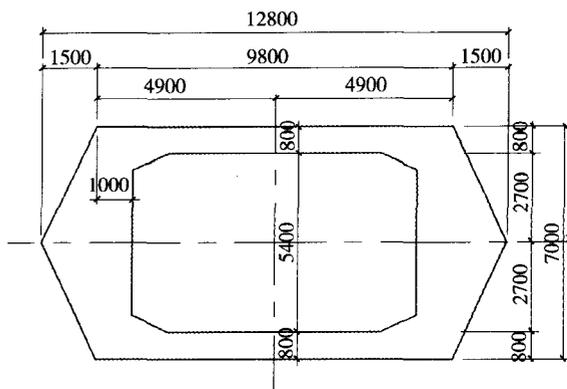


图3 主墩断面示意

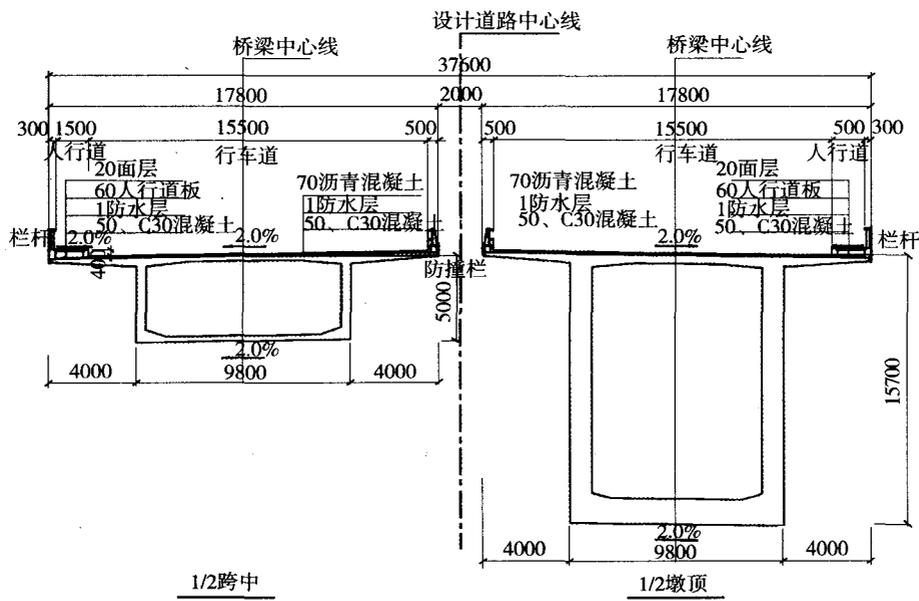


图4 箱梁横断面示意

竖弯相结合的方式布置, 横向预应力钢束布置于顶板上缘, 束距为50cm, 两端张拉。竖向预应力钢筋采用直径32mm精轧螺纹钢($f_{pk}=785\text{MPa}$)和 $\phi^{15.2}\text{mm}$ 高强度低松弛钢绞线。以直线形式布置于腹板, 纵向间距一般为50cm, 双排布置, 下端预埋, 上端张拉。

0号块在横隔板及腹板处布置横、竖向预应力钢束。在底板与桥墩转角处设置圆弧倒角。在中孔合龙段布置抗剪预应力钢筋, 中间用连接器连接。梁端设置托梁安装伸缩缝。为应对不可预测的下挠等现象, 箱梁内预留体外预应力孔和锚垫块。

主梁采用对称挂篮悬臂浇筑法施工。

5 混凝土的耐久性设计

5.1 混凝土原材料和配合比

5.1.1 主梁

采用C55的高性能混凝土。其收缩率控制在 2×10^{-4} 以下, 若采用微膨胀混凝土(补偿混凝土), 膨胀率为 2×10^{-4} ; 若采用泵送混凝土, 坍落度 $< 16 \sim 18\text{cm}$ 。

最大水胶比 < 0.4 , 胶凝材料应 $> 350\text{kg/m}^3$ 和 $< 500\text{kg/m}^3$ 。

为了控制混凝土早期强度的过快发展, 水泥

中的 C_3A 含量不超过8%、水泥细度(比表面积)不超过 $350\text{m}^2/\text{kg}$ 、游离氧化钙不超过1.5%、最大氯离子含量为0.06%。

采用低碱水泥, 混凝土总的含碱量(包括所有原材料)不超过 1.8kg/m^3 , 或使用非碱活性集料。

5.1.2 掺和料和外加剂

混凝土掺加剂应符合现行《混凝土外加剂》(GB 8076)的规定, 保证混凝土具有良好的抗离析性能, 保持其均匀性。

5.1.3 骨料

粗骨料的抗压强度应大于混凝土强度的2倍、压碎性指标 $< 7\%$ 、空隙率 $< 40\%$ 、最大粒径 $< 2.5\text{cm}$ 、含泥量低于0.5%、针状和片状颗粒含量 $< 5\%$ 。

细骨料的含泥量低于1%。采用粗砂或中粗砂(如简阳砂等)。

5.1.4 保护层垫块

混凝土保护层垫块的强度、密实度和耐久性应高于构件本体混凝土。绑扎垫块的铁丝头不得伸入保护层内, 不得使保护层垫块成为钢筋腐蚀通道。垫块数量应保证所有钢筋的保护层均满足设计要求。

5.2 结构构造

(1) 腹板和底板的厚度变化采用线性变化, 避免刚度突变。

(2) 箱梁腹板、底板和墩身设置100mm直径的通风孔, 增量内部的通风, 减小内外温差, 降低温度应力。

(3) 箱梁表面设置可靠的防水层。

(4) 适当加密箱梁钢筋间距, 采用100mm×100mm的钢筋间距, 以防止表面裂缝的产生。

(5) 三向预应力均采用塑料波纹管和真空压浆技术, 以增加管道的密封性、水泥浆的密实性和确保预应力束防护的可靠性。

6 主桥施工方案

连续刚构施工是全桥工期的控制工程, 要在1.5年内完成242个梁段的施工, 技术难度较大, 尤其是在不影响通航的情况下要把混凝土、钢筋、预应力筋运至4个T构上, 况且连续刚构悬臂施工中又要经受酸雨天气等很多的不利因素。因此, 必须制定切实可行的施工方案, 并采取相应的组织和技术措施, 以确保4个T构同时施工时的质量和安全情况下, 缩短连续刚构的施工周期。

嘉陵江江面开阔, 三峡水库正常蓄水前, 枯水期水深一般较浅, 约小于3m, 副通航孔船只极少, 采取搭栈桥的施工方法。施工中可保留主通航孔, 对江中船只通航不会有影响。

由于枯水期桥墩处水较浅, 根据已建桥梁的成熟经验, 选择筑岛大开挖方案, 变水上施工为陆上施工。桩基础均采用挖孔灌注桩。主墩采用翻模法进行施工。

主桥连续梁采用对称挂篮悬臂浇筑法施工。0号段长度为12m, 在主墩上搭设扇形支架现浇; 1~33号段利用挂篮悬臂施工, 每段长为3~4m; 边跨现浇段在支架上浇注, 最后利用吊支架施工2m长合龙段。施工合龙顺序是首先边跨合龙形成单悬臂结构, 然后, 中跨合龙形成3跨连续刚构。为抓紧工期, 要求上、下行两幅桥同时平行对称施工, 全桥共需8副挂篮。

节段越重, 挂篮自重也相应增加。为了减

小悬臂端由挂篮自重引起的挠度, 每只挂篮混凝土节段的浇筑长度为3~4m, 挂篮总重量(含挂篮自重、模板重量及其他辅助设备重量)设计控制值为1400kg, 挂篮必须具有足够的强度、刚度和稳定性。为避免底板中出现裂缝的常见弊病, 底板上不设吊点。挂篮前、后支承中心点应与箱梁肋板对中, 并直接传力至肋板(不得通过翼板传力)。

7 关键技术

(1) 主桥桥墩采用全国同类桥梁中罕见的薄壁箱型单墩, 同时, 桥墩两侧设分水尖(防撞及导流构造), 与桥墩相结合成整体。既在造型上有所创新, 同时提高了桥墩的防撞等级。

(2) 为努力克服国内同类桥存在的结构裂缝及梁体结构下挠问题, 在设计理论、技术措施、施工方法上采用多种对策进行有效控制。

1) 采用高性能混凝土, 进行混凝土的耐久性设计, 对各类参数提出了科学系统的要求。施工时采用混凝土自动喷淋养护系统, 确保混凝土的高性能。

2) 根据大跨径连续刚构的受力特点, 进行全方位的构造优化, 完善结构性能。

3) 为应对可能出现的不可预见的下挠等现象, 箱梁内预留体外预应力系统。

4) 进行严格的建设管理、严密的施工监控, 通过参数敏感分析技术、合理的预拱度设置、关键参数的识别修正、合龙前千斤顶对顶等措施, 确保成桥线形和内力状态符合设计要求。全桥合龙精度平均为4mm(上游6mm、下游2mm)。

5) 优化挂篮工艺, 对挂篮的传力、锚固、行走等系统作了多项改进, 使施工临时荷载对永久性结构的影响降到最低。

8 结语

正桥于2004年12月开工, 2007年6月建成通车。至今未发现结构裂缝, 工程质量受到业主及相关质检部门的充分肯定。