

# 广东某地高架桥西弯桥加固设计

钟勇<sup>1</sup>, 黄国兴<sup>2</sup>

(1、深圳市西伦土木结构有限公司, 广东深圳 518034; 2、深圳市市政工程设计院, 广东深圳 518035)

**摘 要:** 本文介绍了广东某地一连续弯梁桥的加固设计, 并提出了施工中的注意事项, 为类似桥梁的加固设计提供了借鉴。

**关键词:** 旧沥青混合料; 冷拌再生; 柔性基层; 配合比; 施工

**中图分类号:** U445.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)03-0031-03

## 1 概述

广东某地高架桥由西引桥、西弯桥、主桥和东弯桥 4 部分组成, 于 1990 年底建成通车, 车流量较大, 以轻型车和客车为主。其中西弯桥起于 2# 墩, 止于 7# 墩共 5 跨, 其跨长为  $21.4 + 3 \times 26.18 + 21.4 = 121.34\text{m}$ , 为对称性连续平面曲梁。两端跨呈直线, 各长 21.4m, 中间三跨呈圆弧形, 每跨圆弧中心角  $30^\circ$ , 圆弧中心线长 26.18m (曲线半径 50m)。桥面纵坡 6.5%, 横坡 2%。下部结构两端为双柱隐帽式盖梁, 上设  $\phi 500 \times 87\text{mm}$  四氟板式橡胶支座各 2 块, 中间为独柱, 上设  $\phi 900 \times 115\text{mm}$  板式橡胶支座各一块, 钻孔灌注桩基础。主梁采用 C35 混凝土满堂支架现浇, 普通钢筋混凝土构造。(见图 1、图 2)

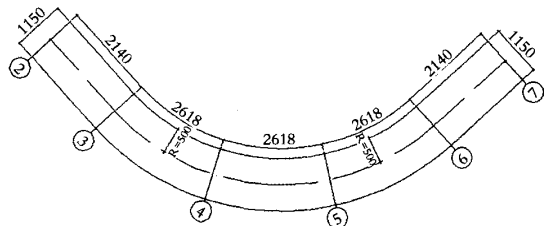


图 1 西弯桥平面图(单位:cm)

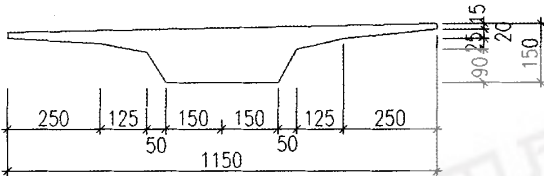


图 2 西弯桥主梁截面图(单位:cm)

根据总体规划要求, 尽可能减少 4#、5# 墩的墩身尺寸以保证桥下通道的净空。4#、5# 墩处梁底设单支座, 其余各墩处梁底均设双支座以提供抗扭约束, 协调梁内扭矩。

## 2 西弯桥的检测情况

1999 年对桥梁检验时发现西弯桥主要存在如下问题:

桥梁主梁下翼缘开裂, 裂缝分布较为均匀, 个别跨中附近的裂缝已延伸到上翼板, 裂缝的宽度最大已达 0.35mm, 梁体混凝土的碳化深度平均在 3.1mm 到 4.6mm 之间。同时刚性桥面多数开裂, 裂缝主要集中在跨中附近, 并已经渗水。

收稿日期: 2006-01-07

作者简介: 钟勇 (1977-), 男, 江西人, 工程师, 从事道桥工程设计工作。

## 3 加固设计资料

(1) 复核依据

a. 本桥原设计图纸;

b. 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62--2004);

(2) 技术标准

a. 荷载标准: 汽车 - 15 (按三列控制)、挂车 - 80;

b. 地震荷载: 地震动峰值加速度 0.1g;

## 4 主梁复核计算模型及参数

### 4.1 计算模型

采用“二、三维桥梁结构计算分析通用系统 ASBEST'98”建立空间块单元模型。块单元总数 2700 个。(见图 3)

### 4.2 计算参数

根据设计图纸及有关规范, 将主要设计参数取值如下:

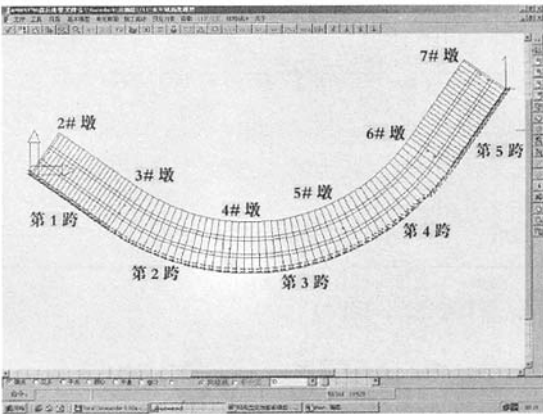


图 3 主梁复核计算模型

### 4.2.1 内部约定

(1) 单位: 长度为 m; 荷载为 t;

(2) 总体坐标系 Y 轴为铅直向上, X 轴为顺桥向, Z 轴为横桥向;

### 4.2.2 施工分段

见表 1。

表 1 施工分段表

施工阶段	施工描述
1	浇筑主梁
2	施加二期恒载
3	强迫位移、施加活荷载、温度荷载

4.2.3 主要材料特性

见表 2。

表 2 主要材料特性表

混凝土		钢筋(Ⅲ级)		
弹性模量(t/m <sup>2</sup> )	容重	线性膨胀系数	泊松比	设计强度(MPa)
3.15×10 <sup>6</sup>	2.5	1×10 <sup>-5</sup>	0.167	380

4.2.4 设计荷载

(1)恒载

a、自重;

b、二期恒载;

c、位移差,考虑 4# 墩产生不均匀沉降 5mm。

(2)活载

汽车-15,三列,含冲击系数与离心力;挂车-80,一辆;

(3)其他可变荷载

温度影响力,上下缘温差 12℃。

4.2.5 荷载组合

组合 1:自重+位移差+二期恒载+汽车;

组合 2:自重+位移差+二期恒载+汽车+正温差;

组合 3:自重+位移差+二期恒载+汽车+负温差;

组合 4:自重+位移差+二期恒载+汽车+正温差;

注:正温差一桥面板升温 12℃

负温差一桥面板降温 12℃

5 结论

5.1 验算复核。(见表 3)

表 3 荷载效应组合表(控制设计值) (单位:弯矩、扭矩:t-m;剪力:t)

	2# 桥墩	第一跨中	3# 桥墩	第二跨中	4# 桥墩	第三跨中	5# 桥墩	第四跨中	6# 桥墩	第五跨中	7# 桥墩
弯矩 M <sub>1</sub>	689.3	-1520.6	919.6	-1217.1	794.3	-1318.8	893.5	-1466.7	718.3		
剪力 Q <sub>1</sub>		-409.9		-262.7		272.8		397.1			
扭矩 M <sub>t</sub>	155.3	78.2	554.7	297.1	167.2	-81.7	-171.3	-285.6	-539.6	-78.1	-155.2

5.2 裂缝验算。(见表 4)

表 4 裂缝验算表 (单位:mm)

荷载组	2# 桥墩	第一跨中	3# 桥墩	第二跨中	4# 桥墩	第三跨中	5# 桥墩	第四跨中	6# 桥墩	第五跨中	7# 桥墩	允许值
组合 1	-	0.21	0.19	0.21	0.17	0.20	0.19	0.20	0.17	0.22	-	0.20
组合 2	-	0.21	0.19	0.21	0.17	0.21	0.19	0.21	0.17	0.22	-	0.25
组合 3	-	0.25	0.19	0.30	0.17	0.26	0.19	0.29	0.17	0.25	-	0.25
组合 4	-	0.20	0.22	0.21	0.19	0.20	0.21	0.20	0.20	0.21	-	0.25

5.3 组合支座反力验算。(见表 5)

表 5 组合支座反力验算表 (单位:t)

	位置	组合 1	组合 2	组合 3	组合 4
2# 桥墩	内侧	168.4/64.6	224.2/36.7	175.1/64.6	168.4/59.1
	外侧	172.4/69.3	228.0/40.6	192.9/69.3	172.4/52.5
3# 桥墩	内侧	410.8/194.1	409.5/197.9	410.8/22.1	565.4/194.1
	外侧	524.7/308.8	520.9/311.4	664.2/308.8	524.7/197.1
6# 桥墩	内侧	408.5/191.8	407.2/195.7	408.5/19.8	563.1/191.8
	外侧	509.8/295.1	507.2/297.7	649.4/295.1	509.8/183.4
7# 桥墩	内侧	171.4/66.5	224.0/40.2	178.1/66.5	171.4/61.0
	外侧	175.0/70.9	227.6/43.8	195.6/70.9	175.0/54.2

5.4 结论

由表中数值复核内力最大值截面抗弯和抗扭强度以及在组合荷载作用下多处裂缝的控制和组合支座反力验算,得以下结论:

(1)承载能力复核验算:主梁抗弯、抗剪强度均满足要求,抗扭承载能力基本满足,悬臂板在悬臂方向的强度满足要求。

(2)裂缝验算:多处截面在设计荷载条件下裂缝宽度超过允许值。

(3)支座反力验算满足要求。

5.5 分析意见和建议

通过对本桥的验算、检测及实地调查,分析意见如下:

承载能力问题:本桥混凝土外观质量较好,支座工作正常,实测混凝土强度 44.1MPa 远大于设计强度 C35 级的标准,钢筋保护层厚度底板在 2.8cm~3.8cm 之间,侧向为 3.1cm~5.7cm 满足要求,裂缝方向均为垂直行车方向,从验算等情况综合考虑本桥承载能力能满足要求。

5.5.1 支座脱空问题

本桥车流量较大,但以轻型车和客车为主,按汽—15 的标准,支座反力验算满足要求。

5.5.2 裂缝问题

主梁在验算中显示出多处截面裂缝宽度超过允许值,有些截面裂缝宽度达 0.3mm,在实际的观察中看到裂缝比较普遍,实测跨中最大裂缝达 0.35mm,翼板上多处裂缝已裂通。

(1)造成主梁裂缝多而大的原因是本桥是普通钢筋混凝土结构,普通钢筋混凝土结构受力后混凝土就开裂,即开裂是正常情况。但目前荷载尚未达到设计荷载标准,裂缝就达到 0.35mm 显然大于设计值,又超过标准较多(裂缝方向是垂直的),分析认为造成目前裂缝状况的原因是:a.钢筋太粗(采用了 Φ32)。b.采用了Ⅲ级钢,Ⅲ级钢筋强度与 C35 混凝土强度不匹配,在钢筋尚未达到设计强度时混凝土早就开裂了。c.据了解在主梁浇筑拆模时已发现混凝土有裂缝,混凝土养护不到位,混凝土收缩产生了前期裂缝。d.从裂缝的方向上分析,由于裂缝均为垂直裂缝,因此后期产生的裂缝主要是弯曲裂缝。

(2)造成翼板上的裂缝原因,除了同主梁上相同的原因外,还有一个重要原因是钢筋布置太稀,如悬臂板跨径方向(垂直行车方向)在离悬臂 2m 处,顶板 @20cm,底板 @30cm。垂直跨径方向(行车方向)顶板顶板 @25cm,底板 @50cm。

5.5.3 建议本桥加固处理裂缝问题

6 加固设计

加固设计是针对检测中发现的西弯桥存在的问题,根据不同的破损程度进行加固,采用以下加固处理方法:

6.1 桥面铺装层的加固

(1)将原有桥面铺装层全部凿除后,在主梁表面增加 30cm 长间距 40cm Φ8 短钢筋梅花型布置,短钢筋用喜利得 HY-150 方法植入主梁 15cm,外露 15cm,超出混凝土厚度将其弯折并与钢筋网点焊连接。

(2)裂缝加固

对主梁顶面混凝土裂缝进行灌缝处理,其施工工艺和验收标准按《混凝土结构加固规程》中的要求进行。

(3)化学灌浆

施工操作步骤如下:a.灌浆嘴定位、封缝;b.实施灌浆,根据裂缝不同部位和不同宽度确定相应型号 AB 灌浆树脂;c.确认灌浆完成,树脂初凝后卸除机具。

(4)主梁表面凿毛并清洗干净,对桥面各点标高参照相关的道路纵断面图及竖向设计图进行复核,根据实际情况调整

铺装厚度,然后浇筑碳纤维混凝土,碳纤维混凝土按如下办理:

碳纤维类别:剪切低碳结构片型(平直型)

碳纤维型号及名称:JG-N28

碳纤维截面尺寸(厚×宽): $0.4 \times 0.4 \sim 0.6\text{mm}$

碳纤维掺量: $120\text{kg/m}^3$ ,配合比设计按《碳纤维混凝土结构设计与施工规程》(CECS38:92)进行,碳纤维混凝土强度指标为抗压强度 $>46.5\text{MPa}$ ,抗折强度 $>6.3\text{MPa}$ 。

(5)涂刷 HM1500 防水层,浇筑 4cm 沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA-16)面层。

## 6.2 主梁裂缝的加固

### 6.2.1 混凝土修复

剔除劣化部位混凝土,并用不低于主梁混凝土设计强度的高标号聚合物砂浆修复。

### 6.2.2 裂缝加固

对主梁底和悬臂板底混凝土裂缝进行灌缝处理,其施工工艺和验收标准按《混凝土结构加固规程》中的要求进行。

施工操作步骤如下:(1)灌浆嘴定位、封缝;(2)实施灌浆,根据裂缝不同部位和不同宽度确定相应型号的 AB 灌浆树脂;(3)确认灌浆完成,树脂初凝后卸除机具。

### 6.2.3 粘贴碳纤维布

#### (1)基底处理

a、混凝土表层出现剥落、蜂窝、腐蚀等劣化现象的部位应予以凿除,对于较大面积的劣质层在凿除后应用聚合物水泥砂浆进行修复。

b、裂缝部分应首先进行封闭处理。

c、用混凝土角磨机等工具去除混凝土表面的浮浆、油污等杂质,把混凝土面的混凝土打磨除去约 1~2mm 厚的表面并打磨平整,尤其是表面的凸起部位要磨平。转角粘贴处要进行倒角处理并打磨成圆弧状( $R \geq 20\text{mm}$ )。

d、用吹风机将混凝土表面清理干净再用丙酮清洗干净并保持干燥。

#### (2)涂渗透液

a、按主剂:固化剂的比例将主剂与固化剂先后置于容器中,用搅拌机均匀搅拌,根据现场实际气温严格控制使用时间。

b、用滚筒刷均匀涂抹于混凝土表面,等胶固化后(固化时间视现场气温而定,以指触干燥为准),再进行下一步施工。

#### (3)用整平胶找平

混凝土表面凹陷部位要用整平胶填平,模板接头等出现高度差的部位应用整平胶填补,使粘贴面平整,最后再用丙酮清洗干净。

#### (4)粘贴碳纤维布

a、按设计要求的尺寸裁剪碳纤维布。

b、调配、搅拌粘结剂,使用方法同渗透液,然后均匀涂抹于所要粘贴的部位,在混凝土搭接、拐角等部位要多涂抹一些。

c、粘贴碳纤维布,用牙齿形滚筒反复沿纤维方向滚压,去除气泡,并使粘贴树脂充分浸透碳纤维布。粘贴第二层碳纤维重复第一层做法。最后再在碳纤维布的表面均匀涂抹一遍粘结剂。

施工工艺应严格按中国工程建设标准化协会标准《碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程》中的要求进行。为防止过往车辆对树脂固化产生不利影响,在施工过程中应对桥面的交通加以限制。

### 6.2.4 材料

碳纤维材料采用 FTS-C1-30 型碳纤维布及其配套树脂,灌缝用 AB 系列注浆树脂。

## 7 施工注意事项

(1)碳纤维布沿纤维方向的搭接长度不得少于 100mm。

(2)粘贴碳纤维布应尽量避免障碍物,如遇无法清除的障碍物而截断时,在截断部位要予以适当的处理,具体措施应视不同情况而定。

(3)粘贴碳纤维布应遵守以下安全规定:

a.裁剪及使用碳纤维布时应尽量远离电源,尤其是高压电线及输电线路。

b.碳纤维布的配套用胶要远离火源,避免阳光直接照射。

c.现场施工人员应穿工作服,同时还须佩戴口罩和手套,施工现场严禁出现明火,严禁在现场吸烟。

d.配制及使用胶的场所必须保持良好的通风。

## 8 结语

大量工程实践表明,由于工程结构的复杂性和多样性,产生裂缝的原因也是多种多样的,我们应该针对不同结构的不同情况,采用不同的防治措施,以最经济的方法取得最佳的效果。

本次加固设计针对普通钢筋混凝土桥梁结构主梁开裂是正常情况,但目前荷载尚未达到设计荷载标准,裂缝就达到 0.35mm 显然大于设计值,又超过标准较多(裂缝方向是垂直的)的实际情况,通过在主梁底面粘贴碳纤维布有效解决了主梁裂缝问题。本次加固设计的施工已完成,营运状况良好。通过这次加固设计,取得了较好的经济效益和社会效益,减少了由原设计造成的损失,得到了社会各界和同行的一致好评。

#### 参考文献:

[1] JTG D62—2004,《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》。

