

# 复兴大桥现浇箱梁端部东西两幅后浇带西侧翼板 裂缝成因分析

邱祥林<sup>1</sup> 雷邱一<sup>2</sup>

1. 江诚骏建设工程有限公司; 2. 长沙理工大学

**摘要:** 金华复兴大桥项目施工时, 东西两幅桥梁后浇带施工后, 在箱梁端部后浇带西侧的翼板上出现了一些裂缝, 经受力分析与裂缝专项检测, 该裂缝为表面温度收缩裂缝, 通过裂缝的成因分析也证明此桥在设计上存在一些不足之处, 希望通过此文能让今后在类似的桥梁设计和施工中能有所借鉴。

**关键词:** 现浇箱梁; 翼板; 裂缝

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.065

## 一、工程概况

金华市复兴大桥位于金华市市区义乌江上, 桥梁南北走向。桥梁总长度为373.6m, 桥梁孔径布置为(3×20+54+72+72+54+3×20)m, 其中河面主桥为54+72+72+54m布置, 两侧引桥各60m, 桥梁纵坡3%。全桥横断面双幅布置, 中间悬臂采用后浇带刚性连接。

主桥采用三墩四跨V型墩预应力混凝土连续刚构, 采用C55混凝土。单幅桥采用单箱双室箱梁。箱梁采用预应力混凝土结构, 纵桥向预应力布置于腹板及顶底板, 为主要受力配筋; 腹板预应力束局部下弯形成竖向预应力体系; 主桥半幅采用三个V墩, 基础采用刚性扩大基础, 墩身为变宽度变厚度薄壁, 墩身内设局部竖向预应力以改善结构受力。

引桥采用三跨预应力混凝土连续箱梁, 共设置六道腹板, 顶部外侧箱梁挑臂2.5m, 箱梁顶板厚度22cm, 悬臂端部厚25cm, 根部65cm, 底板厚度20cm。箱梁采用预应力混凝土结构, 采用C50混凝土。

## 二、裂缝分布情况

桥梁在施工完成后, 现场检查发现, 西幅引桥东侧翼板近0#墩处出现1条斜裂缝, 长度0.5米; 西幅主桥东侧翼板近北侧伸缩缝处出现6条斜裂缝, 长度0.3~1.5米; 西幅主桥东侧翼板近南侧伸缩缝处出现4条斜裂缝, 长度0.97~1.5米; 西幅引桥东侧翼板近最南侧桥台处出现3条斜裂缝, 长度0.2~1.1米。裂缝分布在主桥及引桥南北两侧的最低点中间翼板上, 而且都在西半幅, 裂缝走向与桥梁中线大致呈25~35度角。

## 三、中间刚性连接后的翼板悬臂段受力验算

### 1、计算参数

桥面铺装采用8厘米C50钢筋防水混凝土(W6)+6厘米AC-20沥青混凝土结构+4厘米AC-13沥青混凝土结构, 混凝土与沥青混凝土间设置FYT-1改进型防水层。设计荷载按城-A级。车辆荷载按700kN重车考虑, 重车轴重、轴距及轮距如图1-1所示。验算箱梁悬臂板、横隔板、车道板时取车辆荷载, 冲击系数取1.3。

### 2、计算依据

[1] 《城市桥梁设计规范》CJJ 11-2011

[2] 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2004

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

### 3、箱梁间中间后浇车道板验算

两幅箱梁之间通过现浇带刚性连接, 可知两幅箱梁间车道板为单向板, 桥面铺装层厚度为18cm。

3.1 车道板板内力计算: 箱梁桥横截面如图4-1所示, 图中未示出人行道系构造, 箱梁间车道板取1m作为计算单元。

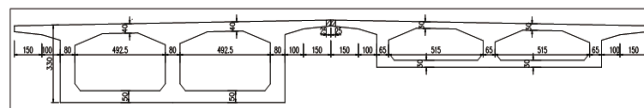


图 4-1 箱梁横截面 (单位: cm)

### 3.1.1 恒载内力计算

① 车道板桥面铺装层产生的恒载为:

$$g_1 = 0.18 \times 1 \times 25 = 4.5 \text{ kN/m}$$

② 车道板自重产生的恒载为: 14.5kN/m线性过渡到9kN/m到6.25kN/m

则: 桥面板根部和跨中截面的弯矩和剪力计算如下表:

表 4.1 恒载内力计算结果表

截面	弯矩 (kN·m)	剪力 (kN)
根部截面	-32.19	37.05
跨中截面	22.99	0.00

### 3.1.2 活载内力计算

① 汽车荷载按700kN的重车考虑, 其中、后轮着地尺寸(行车方向×横向)为a<sub>2</sub>×b<sub>2</sub>=0.25×0.6m, 考虑桥面铺装层扩散后直接作用在桥面板上的尺寸为:

$$a_1 = a_2 + 2H = 0.25 + 2 \times 0.18 = 0.61 \text{ m}$$

$$b_1 = b_2 + 2H = 0.6 + 2 \times 0.18 = 0.96 \text{ m}$$

当重车200kN的车轴在车道板跨中位置产生的有效宽度没有重叠, 故其荷载沿长度方向的有效宽度为下列值:

$$a = a_1 + l/3 = 61 + 180 = 241 \text{ cm} < 2l/3 = 360 \text{ cm}$$

所以, 汽车作用在桥面板跨中位置时单位面积的荷载为:

$$q_1 = \frac{P}{ab_1} = \frac{100}{3.6 \times 0.96} = 28.9 \text{ kN/m}^2$$

当采用140kN的车轴两根轴时, 有效宽度会重叠,

故其荷载沿长度方向的有效宽度为下列值：

$$a = 360 + 120 = 480\text{cm}$$

所以，汽车作用在桥面板跨中位置时单位面积的荷载为：

$$q_1 = \frac{P}{ab_1} = \frac{140}{4.8 \times 0.96} = 30.38\text{kN} / \text{m}^2$$

重车中、后轮在车道板支点位置产生的有效宽度没有重叠，故其荷载沿长度方向的有效宽度为下列值：

$$a = a_1 + t = 61 + 30 = 91\text{cm} < l / 3 = 180\text{cm}$$

所以，200kN汽车作用在桥面板支点位置时单位面积的荷载为：

$$q_2 = \frac{P}{ab_1} = \frac{100}{1.8 \times 0.96} = 57.87\text{kN} / \text{m}^2$$

当采用140kN的车轴两根轴时，有效宽度会重叠，故其荷载沿长度方向的有效宽度为下列值：

$$a = 180 + 120 = 300\text{cm}$$

则当采用140kN的车轴两根轴时，

$$q_2 = \frac{P}{ab_1} = \frac{140}{3 \times 0.96} = 48.61\text{kN} / \text{m}^2$$

根据影响线进行布载，布载时考虑两幅桥之间布置12cm厚的中央分隔栏杆。

可以得到根部截面和跨中截面的弯矩和剪力分别如下表4.2所示。

表 4.2 汽车荷载计算结果表

截面	弯矩 (kN-m)	剪力 (kN)
根部截面	-47.6	83.96
跨中截面	34.01	14.45

3.1.3 荷载组合计算

根据规范JTG D60-2004第4.1.6条和第4.1.7条得到悬臂板承载能力极限状态和正常使用极限状态设计时的内力如下表4-3。

表 4-3 计算单元控制截面荷载组合

内力及控制截面 单项内力	根部截面		跨中截面		
	剪力 (kN)	弯矩 (kN-m)	剪力 (kN)	弯矩 (kN)	
恒载	-32.19	37.05	22.99	0.00	
汽车荷载 (乘以冲击系数1.3)	-61.88	109.148	44.21	18.79	
承载能力 极限状态	基本组合	-125.26	197.27	89.48	26.31
正常使用 极限状态	短期组合	-65.51	95.82	46.80	10.12
	长期组合	-51.23	70.63	36.59	5.78

3.2 车道板抗弯承载能力验算

由悬臂板根部截面上下端配有直径16mm间距150mm的HRB400钢筋；跨中截面上下均配有直径16mm间距150mm的HRB400钢筋。抗弯承载能力验算见表4.4所示。

表 4.4 抗弯承载力计算结果表

截面	计算弯矩 (kN-m)	抗力值 (kN-m)	是否满足
根部截面	-125.26	-246.0	是
跨中截面	89.48	97.4	是

3.3 车道板抗剪承载能力验算

根部截面抗剪：

由规范JTG D62-2004第5.2.9和第5.2.10条得到：截面最小尺寸要符合：

$$V_d < 0.51 \times 10^3 \sqrt{f_{cu,k}} b h_0 = 0.51 \times \sqrt{55} \times 1000 \times 540 / 1000 = 2042.4\text{kN}$$

(满足)

截面不需要进行抗剪验算的条件：

$$V_d < 0.5 \times 10^3 f_{td} b h_0 = 0.5 \times 3.3 \times 1000 \times 540 / 1000 = 891 > Q$$

因此根部截面只需要按构造配箍筋，无须进行抗剪验算。

跨中截面抗剪：

由规范JTG D62-2004第5.2.9和第5.2.10条得到：截面最小尺寸要符合：

$$V_d < 0.51 \times 10^3 \sqrt{f_{cu,k}} b h_0 = 0.51 \times \sqrt{55} \times 1000 \times 210 / 1000 = 794.3\text{kN}$$

(满足)

截面不需要进行抗剪验算的条件：

$$V_d < 0.5 \times 10^3 f_{td} b h_0 = 0.5 \times 3.3 \times 1000 \times 210 / 1000 = 346.5 > Q$$

因此跨中截面只需要按构造配箍筋，无须进行抗剪验算。

4、验算结论

由上述计算结果可以得到下列结论：

中栏杆处由悬臂端后浇刚性连接的箱梁翼板满足承载能力的要求，因此可以排队由于截面尺寸过小或配筋原因而产生裂缝。

四、裂缝专项检测

1、裂缝检查情况

现场检查发现，西幅主桥东侧翼板近D007墩处出现4条斜裂缝，试验前利用裂缝宽度仪对裂缝宽度进行测试，并用油性笔绘制裂缝走向和在裂缝端头做标记，量取裂缝的长度。裂缝性状见下图2.1和表2.1所示。

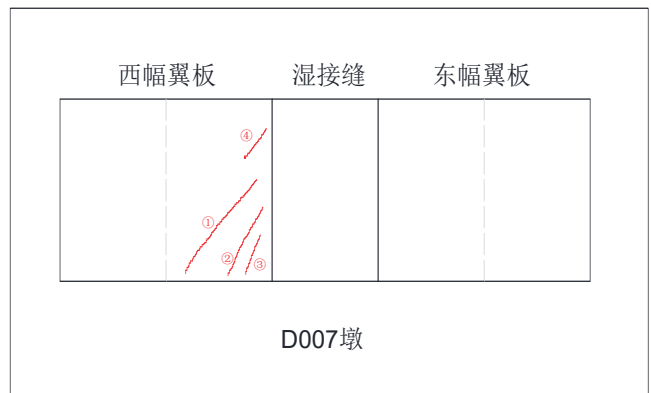


图 2.1 西幅主桥东侧翼板斜裂缝图

表 2.1 裂缝性状表

裂缝编号	最大缝宽 (mm)	裂缝长度 (cm)
①	0.08	134
②	0.10	137
③	0.10	150
④	0.12	97

2、裂缝加载试验

现场分别在东西幅主桥近D007墩处布置一辆加载车 (30t)，检测加载前后和加载过程中的裂缝变化情况，其中对①、③和④号裂缝梁端采用千分表裂缝引伸仪进行加载过程中的裂缝宽度监测，检测结果见表3所示。

- 工况1: 东幅主桥西侧翼板近D007墩处加载
- 工况2: 西幅主桥东侧翼板近D007墩处加载

表 3 工况 1、2 裂缝变化情况表

裂缝编号	裂缝初始宽度 /mm		加载后最大裂缝宽度 /mm		卸载后最大裂缝宽度 /mm		裂缝长度变化情况	
	工况 1	工况 2	工况 1	工况 2	工况 1	工况 2	工况 1	工况 2
1	0.080	0.080	0.086	0.084	0.080	0.080	无变化	无变化
2	0.100	/	/	/	/	/	无变化	无变化
3	0.100	0.102	0.104	0.103	0.102	0.102	无变化	无变化
4	0.120	0.122	0.125	0.124	0.122	0.122	无变化	无变化

后缝宽变化部分完全恢复，其次为④号裂缝，加载后缝宽变化为0.005mm，卸载后恢复了0.003mm。工况2加载后裂缝缝宽变化最大的为①号裂缝，变化了0.004mm，卸载后缝宽变化部分完全恢复，其次为④号裂缝，加载后缝宽变化为0.002mm，卸载后完全恢复，说明两个工况作用下对裂缝宽度开展影响较小。

(3) 现场加载试验完成后，对④号裂缝缝宽最大的部位进行局部开凿确认，检查结果表明裂缝最大深度为1.54cm，裂缝的深度范围在1.04cm~1.54cm之间，裂缝深度未及钢筋，说明本次检测的裂缝属于混凝土表面裂缝。

五、裂缝成因分析

经受力分析和现场裂缝专项检测试验，该裂缝属于表面裂缝，裂缝性质为收缩裂缝。

本桥呈南北走向，结构为现浇连续箱梁，东西两幅采用后浇带刚性连接，本桥的桥墩桥台座落在微风化粉砂岩地基上，地基的刚度很大，不利于桥梁热胀冷缩。本桥梁单幅桥梁的刚度较大，且桥梁长度达到252米，单联的体量过大，经观测伸缩缝的缝宽，本桥冬季与夏季长度差值达到10CM左右。又因桥梁施工完成投入使用的时间大致在7、8月份最热的季节，由于太阳西晒，西半幅桥梁结构温度明显比东半幅高，桥梁在温度应力作用下，使桥梁东西两幅的热胀冷缩不一致，产生微小的错动，在最薄弱的后浇带接缝边箱梁自由端的翼板产生了裂缝。

六、意见与建议

3、裂缝深度测试

现场加载试验完成后，对④号裂缝缝宽最大的部位进行局部开凿确认，检查结果表明裂缝最大深度为1.54cm，裂缝的深度范围在1.04cm~1.54cm之间，裂缝深度未及钢筋，说明本次检测的裂缝属于混凝土表面裂缝。

4、检测结论

由上述测试结果可以得到下列结论：

(1) 本次检测的裂缝，最大缝长150cm，最大缝宽0.12mm，最大裂缝深度为1.54cm；裂缝属于表面裂缝，裂缝性质为收缩裂缝；

(2) 在产生裂缝的翼板处布置加载车辆，对加载前后的裂缝性状的变化进行检测。检测结果表明，两个工况加载前后，裂缝长度未发生变化；工况1加载后裂缝缝宽变化最大的为①号裂缝，变化了0.006mm，卸载

1、本桥的地基为微风化岩石，地基刚度过大，桥梁的结构为三墩四跨V型墩预应力混凝土连续刚构现浇连续箱梁，桥梁的刚度也很大，刚对刚，不利于桥梁的热胀冷缩，因此在桥型的选则在存在一定的问题，如将刚性桥改为简支桥，情况就会好很多。

2、桥梁东西两幅各自的刚度大，而采用后浇带刚性连接，后浇带湿接缝过于薄弱，接缝处后期极易产生裂缝，因此不建议东西两幅刚性连接，让桥梁左右两幅单独受力就可以了，后期运营过程中如有必要也可以考虑切割分离。如东西两幅确有必要用湿接缝刚性连接，应使各桥墩及桥台上的盖梁也东西两幅相连接，并设置预应力，加大东西两幅桥梁的连接刚度。

在今后类似的桥梁设计和施工中，应考虑上述因素，避免出现类似的裂缝。

参考文献

[1] 余思军, 朱宇峰. 现浇预应力混凝土弯箱梁 2 × 35m 匝道桥优化分析 [J]. 交通科技, 2012 (1): 24-26.

[2] 曾爱. 小半径曲线匝道桥梁设计优化探讨 [J]. 山西科技, 2013, 28 (2): 89-90.

[3] 包启航. 现浇单箱多室宽箱梁横梁受力特性研究 [J]. 中外公路, 2018, 38 (6): 109-112.

[4] 贺亚林, 赵煜成, 田启军. 桥梁现浇支架整体平移施工关键技术研究 [J]. 中外公路, 2017, 37 (3): 157-160.