

# Design and Calculation of Cast-in-place Box Girder Door Hole Bracket Across the Intersection

Jiajia Zhang

Shanghai Urban Construction Municipal Engineering (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

## Abstract

In the construction of urban elevated bridge, it is often used to cross the intersection by cast-in-place box girder. According to the needs of traffic organization, it is the focus of the intersection to ensure the safety of existing roads in the construction. In this paper, the design and calculation of the cast-in-place box girder door hole bracket across the intersection are carried out to provide reference for similar construction situations.

## Keywords

elevated bridge; cast-in-place box girder; door hole bracket

## 跨路口现浇箱梁门洞支架设计及计算

张佳佳

上海城建市政工程（集团）有限公司，中国·上海 200000

## 摘要

城市高架桥梁的施工中经常会以现浇箱梁方式跨越通过路口的情况。根据交通组织需要，部分路口保障既有道路行车安全畅通是施工中关注的重点。论文通过工程实例，进行跨路口现浇箱梁门洞支架的设计及计算，为类似施工情况提供参考。

## 关键词

高架桥梁；现浇箱梁；门洞支架

## 1 引言

随着中国城市基础建设的快速发展，混凝土预应力现浇箱梁由于其施工的便捷性、结构的整体性、施工过程中的安全性、使用的耐久性，相较于挂篮悬浇箱梁施工速度快的优势，在城市基建项目中得到了广泛的应用。但在实际施工过程中，会遭遇横跨既有道路必须进行保通的情况。为保证既有的交通畅通，减少对居民的出入影响，通常以搭设门洞+满堂支架的形式来降低新建桥梁工程对原有公路交通的影响。

## 2 工程概况

杭州某大道工程第 7 联现浇箱梁上部为现浇预应力简支箱梁由一个单箱多室的箱梁组成，边、中腹板均为直腹板，两翼悬臂长 3.5m。箱梁横向为等高度截面，桥面横坡由顶底板弯折调整。箱梁根部断面梁高 3.8m（高跨比 1/15.8），跨中和边跨现浇梁段梁高 2.0m（高跨比 1/30），箱梁梁高及底板尺寸均以 2 次抛物线变化<sup>[1]</sup>。

【作者简介】张佳佳（1990-），男，中国江苏溧阳人，本科，工程师，从事土木工程研究。

①顶板厚度：中横梁两侧各 4m 范围内由 60cm 按直线变化至 30cm；端横梁内侧 4m 范围内由 60cm 按直线变化至 30cm，其他范围均为 30cm。

②底板厚度：中横梁两侧各 4m 范围内由 110cm 按直线变化至 52.7cm，在 23.5m 范围由 52.7cm 按照 2 次抛物线变化至 30cm；端横梁内侧 4m 范围内由 60cm 按直线变化至 30cm，其他范围为 30cm。

③腹板厚度：中横梁两侧各 4m 范围内由 100cm 直线变为 80cm。9m 长腹板厚度为 80cm，4m 长腹板厚度由 80cm 直线变为 50cm；端横梁内侧 4m 范围内厚度由 80cm 直线变为 50cm，其他范围厚度为 50cm。

## 3 门洞支架设计

结合现场情况、该联现浇箱梁路口交通繁忙，车流量及人流量较多，无法进行封闭，必须进行保通<sup>[2]</sup>。拟采取梁一柱一贝雷式门洞支架方案进行施工。根据保通要求，单侧门洞机动车道 7m，非机动车道 2.5m，机非分隔带用机非分隔护栏分开，所有门洞限高 4.5m。

门洞基础结构形式为钢筋混凝土条形基础，条形基础宽度为 0.9m，基础高度为 0.7m。条形基础混凝土等级为

C30, 主筋采用  $\phi 16$  钢筋, 间距 30cm, 箍筋采用  $\phi 12$  钢筋, 间距 20cm。为保证基础与钢管柱的有效连接, 在基础施工过程中预埋钢筋。基础完成施工后, 两侧用黑黄油漆涂刷。

门洞钢管柱采用壁厚为 8mm 的  $\phi 609$  钢管, 间距 3m, 钢管立柱间用 10# 钢槽进行对角连接作为剪刀支撑, 钢管立柱底端焊接 20mm 厚的钢板, 四角采用膨胀螺栓固定。为加强钢管立柱的稳定, 在钢管立柱端部设三角板作为加劲板。

钢管柱上横向分配梁采用双拼 I50a 工字钢, 横向分配梁上沿门洞方向设置三排单层或双排单层“321”型贝雷作为盘扣支架的受力梁, 现浇箱梁门洞贝雷梁顶设置 16# 工字钢分配梁, 并且在工字钢顶满铺模板, 防止东西坠落。

#### 4 支架受力计算

计算书以箱梁最大断面处进行荷载分析, 箱梁高度为 2.223m, 断面尺寸如图 1、图 2 所示。

##### 4.1 16# 工字钢计算

根据荷载分区原则, 恒载分项系数取 1.2, 混凝土自重  $q_1=26\text{kN/m}^3$ , 模板及支架自重取  $q_2=1\text{kN/m}^2$ 。

活载分项系数取 1.4, 施工人员及设备活载  $2.5\text{kN/m}^2$ , 泵送、倾倒混凝土活载  $2\text{kN/m}^2$ , 活载  $q_3=4.5\text{kN/m}^2$ 。

$$\begin{aligned} \text{QA 区} &= (q_{\text{恒}}) \times 1.2 + (q_{\text{活}}) \times 1.4 = \\ & (1.225 \times 26/3.5 + 1) \times 1.2 + 4.5 \times 1.4 = 18.42\text{kN/m}^2 \\ \text{立杆布置为: } & 1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \\ \text{单根立杆受力为: } & N = 1.2 \times 1.2 \times 18.42 = 26.52\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QB 区} &= (q_{\text{恒}}) \times 1.2 + (q_{\text{活}}) \times 1.4 = \\ & (2.4 \times 26/1.4 + 1) \times 1.2 + 4.5 \times 1.4 = 60.99\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{立杆布置为: } & 0.6\text{m} \times 1.2\text{m} \\ \text{单根立杆受力为: } & N = 0.6 \times 1.2 \times 60.99 = 43.91\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QC 区} &= (q_{\text{恒}}) \times 1.2 + (q_{\text{活}}) \times 1.4 = \\ & (2.61 \times 26/3.85 + 1) \times 1.2 + 4.5 \times 1.4 = 28.65\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{立杆布置为: } & 1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \\ \text{单根立杆受力为: } & N = 1.2 \times 1.2 \times 28.65 = 41.26\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QD 区} &= (q_{\text{恒}}) \times 1.2 + (q_{\text{活}}) \times 1.4 = \\ & (3.01 \times 26/2 + 1) \times 1.2 + 4.5 \times 1.4 = 54.46\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{立杆布置为: } & 0.6\text{m} \times 1.2\text{m} \\ \text{单根立杆受力为: } & N = 0.6 \times 1.2 \times 54.46 = 39.21\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{QE 区} &= (q_{\text{恒}}) \times 1.2 + (q_{\text{活}}) \times 1.4 = \\ & (2.7 \times 26/4 + 1) \times 1.2 + 4.5 \times 1.4 = 28.56\text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{立杆布置为: } & 1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \\ \text{单根立杆受力为: } & N = 1.2 \times 1.2 \times 28.56 = 41.13\text{kN} \end{aligned}$$

以最不利工况下对工字钢进行受力验算: 最大荷载为  $60.99\text{kN/m}^2$ , 最大跨径为 1.1m。

##### 4.1.1 最大弯矩、剪力计算

$$M_{\text{max}} = 0.1ql^2 = 0.1 \times 60.99 \times 1.1 \times 1.1 = 7.38\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$Q_{\text{max}} = 0.6 \times q \times l = 0.6 \times 60.99 \times 1.1 = 40.25\text{kN}$$

##### 4.1.2 抗弯强度验算

$$\begin{aligned} \text{抗弯截面模量: } & W = 141000\text{mm}^3 \\ \sigma &= M/W = 7.38 \times 10^6 / 141000 = 52.34\text{MPa} < 205\text{MPa} \end{aligned}$$

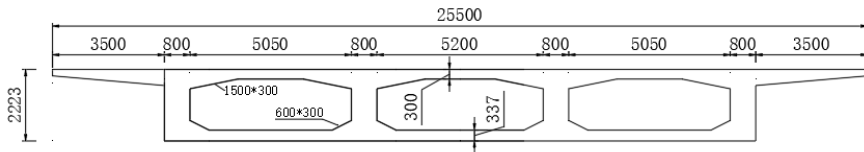


图 1 箱梁最危险截面

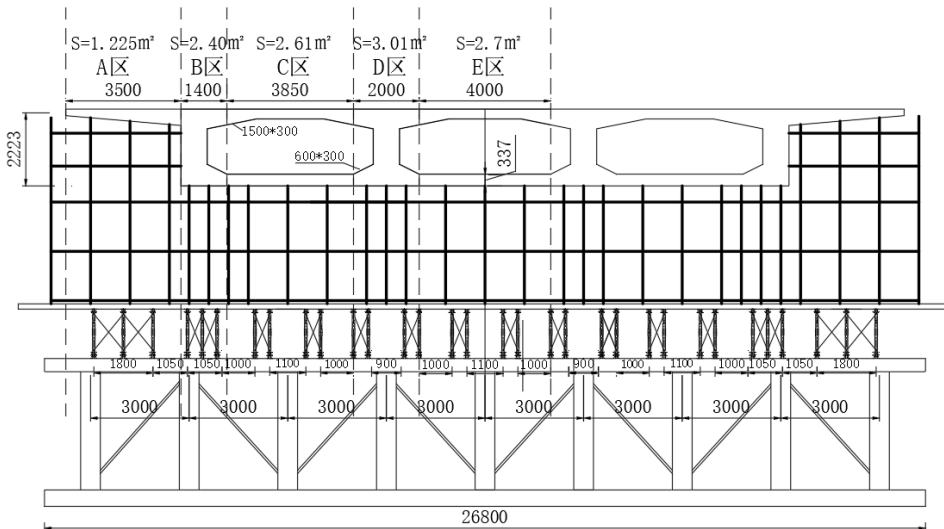


图 2 计算断面荷载分区图

满足强度要求。

### 4.1.3 抗剪强度验算

$$\tau = Q S_{x\max} / I_x d$$

查型钢表可知, 16# 工字钢  $I_x/S_x=139\text{mm}$ 。

$$\tau = 40.25 \times 1000 / 139 / 6 = 48.26\text{MPa} < 125\text{MPa}$$

### 4.1.4 挠度验算

$$Y_{\max} = 0.677 q l^4 / 100EI$$

$$= 0.677 \times 60.99 \times 1250^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 1130 \times 10^4)$$

$$= 0.433\text{mm} < L/400 = 3.5\text{mm}$$

## 4.2 贝雷片计算

各区域贝雷梁长度方向受力情况如表 1、表 2 所示:

表 1 各区域贝雷梁长度方向

部位	贝雷形式	贝雷组数	分区混凝土面积	分区宽度	每组长度方向所受荷载
A 区	三排单层	1	1.225m <sup>3</sup>	3.5m	64.47kN/m
B 区	三排单层	1	2.4m <sup>3</sup>	1.4m	85.38kN/m
C 区	双排单层	2	2.61m <sup>3</sup>	3.85m	55.15kN/m
D 区	双排单层	2	3.01m <sup>3</sup>	2m	54.45kN/m
E 区	双排单层	2	2.7m <sup>3</sup>	4m	57.12kN/m

表 2 各区域贝雷梁受力情况

贝雷形式	最大弯矩 (kN·m)	允许弯矩 (kN·m)	最大剪力 (kN)	允许剪力 (kN)
三排单层	1187.33	2246.4	577.7	698.9
双排单层	766.33	1576.4	372.86	490.5

$$q_A \text{ 区} = 1.2 \times (q_1 + q_2)b + 1.4 \times q_3b = 1.2 \times (26 \times 1.225 + 1 \times 3.5) + 1.4 \times 4.5 \times 3.5 = 64.47\text{kN/m}$$

$$q_B \text{ 区} = 1.2 \times (q_1 + q_2)b + 1.4 \times q_3b = 1.2 \times (26 \times 2.4 + 1 \times 1.4) + 1.4 \times 4.5 \times 1.4 = 85.38\text{kN/m}$$

$$q_C \text{ 区} = 1.2 \times (q_1 + q_2)b + 1.4 \times q_3b = 1.2 \times (26 \times 2.61 + 1 \times 3.85) + 1.4 \times 4.5 \times 3.85 = 110.307\text{kN/m}$$

$$q_D \text{ 区} = 1.2 \times (q_1 + q_2)b + 1.4 \times q_3b = 1.2 \times (26 \times 3.01 + 1 \times 2) + 1.4 \times 4.5 \times 2 = 108.91\text{kN/m}$$

$$q_E \text{ 区} = 1.2 \times (q_1 + q_2)b + 1.4 \times q_3b = 1.2 \times (26 \times 2.7 + 1 \times 4) + 1.4 \times 4.5 \times 4 = 114.24\text{kN/m}$$

由表 1 分析可知, 当贝雷片为三排单层时每组贝雷所受荷载最大为 88.5N/m。

双排单层时每组贝雷所受荷载最大为 57.12N/m。

弯矩、剪力计算: 对三排单层贝雷片进行验算, 利用结构力学求解器对模型进行受力分析计算, 得最大剪力为 567.54kN, 最大弯矩为 905.26kN·m。

由表 2 可知, 三排单层:

$$Y_{\max} = 0.677 q l^4 / 100EI$$

$$= 0.677 \times 88.5 \times 10500^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 5.01 \times 10^9)$$

$$= 7.06\text{mm} < L/400 = 26.25\text{mm} \text{ (符合要求)}$$

双排单层:

$$Y_{\max} = 0.677 q l^4 / 100EI$$

$$= 0.677 \times 57.12 \times 10500^4 / (100 \times 2.06 \times 10^5 \times 5.01 \times 10^9)$$

$$= 4.55\text{mm} < L/400 = 26.25\text{mm} \text{ (符合要求)}$$

## 4.3 双拼 50a 工字钢计算

### 4.3.1 荷载分析

对双拼 50a 工字钢上部每个区域贝雷片进行分析, 求出作用于工字钢的支反力, 通过结构力学求解器计算得出弯矩最大值为 414.261kN·m, 剪力最大值为 1134.37kN。

### 4.3.2 抗弯强度验算

抗弯截面模量:

$$W = 2 \times 1.86 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

$$\sigma = M/W = (414.261 \times 103/2 \times 1.86 \times 10^{-3}) \times 10^6 = 111.36\text{MPa}$$

钢材抗弯设计强度:

$$f_{jm} = 215\text{MPa}$$

$\sigma < f_{jm}$ , 满足强度要求。

### 4.3.3 抗剪强度验算

查型钢表:

$$50a \text{ 工字钢: } I_x = 46470\text{cm}^4, S_x = 1084.1\text{cm}^3, d = 12\text{mm}$$

$$\tau = Q S_{x\max} / I_x d = 1134.37 \times 1000 \times 1084.1 \times 1000 /$$

$$(46470 \times 1000 \times 120 \times 2) = 110.26\text{MPa} < f_v = 125\text{MPa}$$

## 4.4 $\phi 609$

钢管立杆计算: 单根钢管长度取 4m, 钢管受力简图根据工钢支点支反力进行分析, 根据结构力学求解器得单根钢管最大受力为  $F = 1530.97\text{kN}$ 。

长细比  $\lambda = L/i = 4000/211.07 = 18.95$ , 根据《钢结构设计规范》GB50017—2017, 查附录 G, 按 b 类构件(焊接钢管): 轴心受压构件的稳定系数, 得  $\psi = 0.963$ 。

则  $\sigma = N/(\psi \cdot A) = (1530.97 \times 1000) / (0.963 \times 18818) = 84.48\text{MPa} < [\sigma] = 205\text{MPa}$  (符合要求)。

## 4.5 地基承载力计算

单侧基础受力根据上部钢管支反力可知  $F = 11127.73\text{kN}$ 。

单侧条形基础长 26.8m, 宽 0.9m, 基础混凝土自重  $Q = 0.9 \times 26.8 \times 26 = 627.12\text{kN}$ 。

单侧基础受力  $N = 11127.73 + 627.12 = 11754.85\text{kN}$ 。

混凝土基础扩散到基础顶面有效受力面积为  $26.8 \times 2 = 53.6\text{m}^2$ 。

则基础下路面所受压力  $f_a = 11754.85 / 53.6 \times 0.9 = 243.68\text{kN/m}^2$ 。

## 5 结语

本工程实例的跨线桥施工采用钢管柱支架工字钢的支架形式, 门洞支架的设计得当, 力学计算普遍, 施工简单, 且安全可靠, 成效明显, 对类似工程的施工有借鉴意义<sup>[3]</sup>。

### 参考文献

- [1] 周水兴, 何兆益, 邹毅松. 路桥施工计算手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] JTG/T F50—2011 公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] 江正荣, 朱国梁. 简明施工手册[M]. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.