

右江大桥群桩承台计算分析

陶真林, 薛翠芳

(长沙理工大学, 湖南 长沙 410004)

摘要: 以主跨 88 m+152 m+88 m 的田东平洪右江预应力砼连续箱梁桥为例, 针对主墩群桩承台, 从承台底面单桩竖向力设计值计算、群桩承台承载力验算两方面进行结构安全计算, 提出该桥主墩群桩承台配筋方案。

关键词: 桥梁; 连续箱梁; 群桩承台; 单桩竖向力

中图分类号: U441

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)05-0115-03

1 工程概况

田东平洪右江大桥是巫溪(重庆)至友谊关(广西)公路平洪至福兰(田东段)上的一座预应力砼连续箱梁桥, 在田东县平洪跨越右江, 中心桩号为 K2+363.00。该桥位于鱼梁航运枢纽附近, 桥位处水位及通航孔径受其影响较大, 在综合考虑防洪、通航、地形、地质等因素后, 拟定主桥 88 m+152 m+88 m 现浇连续箱梁的桥型方案, 南北两岸各接一 30 m 预应力砼小箱梁, 桥梁全长 396.40 m。

主桥 2[#]、3[#] 桥墩采用实体墩, 墩厚 4 m, 桥墩横桥向两端设半圆倒角以减小水流冲刷及船舶碰撞力; 桥墩下接 5 m 厚承台, 承台横桥向宽 13.5 m, 顺桥向宽 17 m; 主墩基础采用 6 根 D250 cm 群桩, 按摩擦桩设计。1[#]、4[#] 交接墩采用 2 根 D220 圆柱墩、2 根 D250 cm 桩基础。

2 承台底面单桩竖向力设计值计算

根据 JTG D62-2012《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》, 承台底面单桩竖向力设计值按下式计算(见图 1):

$$N_{id} = \frac{F_d}{n} \pm \frac{M_{xd}y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_{yd}x_i}{\sum x_i^2}$$

式中: N_{id} 为第 i 根桩的单桩竖向力设计值(kN); F_d 为由承台底面以上的作用产生的竖向力组合设计值(kN); n 为承台下面桩的数量(根); M_{xd} 、 M_{yd} 分别为由承台底面以上的作用绕通过群桩形心的 x 轴、 y 轴的弯矩组合设计值(kN·m); x_i 、 y_i 分别为第 i 根桩中心至 x 轴、 y 轴的距离(m)。

该桥桩基承台的设计参数见表 1。计算得单桩最大竖向力设计值 $N_{dmax} = 24\ 769.7$ kN。

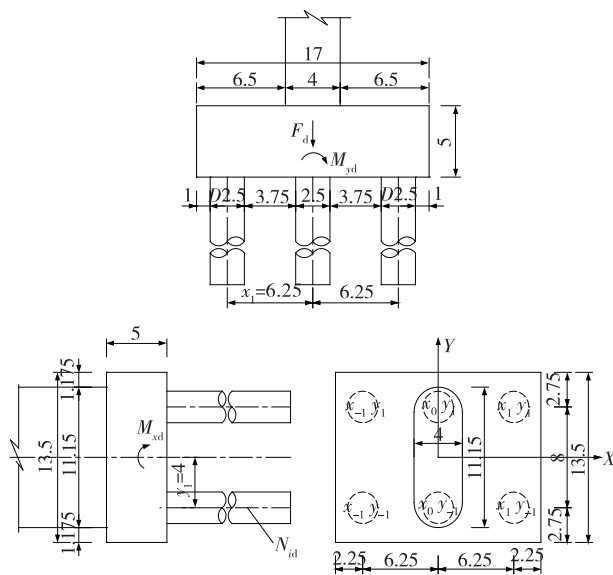


图 1 右江大桥桩基承台计算示意图(单位:m)

表 1 右江大桥桩基承台的设计参数

参数名称	设计值	参数名称	设计值	参数名称	设计值
x_{-2}	0	y_{-2}	0	横桥向桩数量/根	2
x_{-1}	-13.5	y_{-1}	-4	纵桥向桩数量/根	3
x_0	0	y_0	0	n /根	6
x_1	13.5	y_1	4	F_d /kN	123 412.70
x_2	0	y_2	0	M_{xd} /(kN·m)	51 750.00
$\sum x_i^2$	1 093.5	$\sum y_i^2$	64	M_{yd} /(kN·m)	78 286.25

3 群桩承台承载力验算

该桥群桩承台的设计参数见表 2, 承台承载力按撑杆—系杆体系验算(见图 2)。

3.1 撑杆抗压承载力验算

$3D = 3 \times 2.5 = 7.5$ m < 8 m; 承台截面计算宽度

表2 右江大桥群桩承台的设计参数

参数名称	设计值	参数名称	设计值
砼等级	C30	纵桥向 x_1 /m	2.25
承台厚 h /m	5	横桥向 y_1 /m	2.75
承台宽 B /m	13.5	桩径 D /m	2.50
钢筋层数	3	桩距/m	8
钢筋层距/m	0.15	N_{id} /kN	24 769.7
钢筋类型	HRB335	γ_0	1.1
钢筋直径 d /mm	32	每排桩数/根	2
每层钢筋数量/根	110	柱或墩台作用面积 b_y (横桥向尺寸)/m	7.15
钢筋底层至承台底的距离/m	0.15	柱或墩台作用面积 b_x (纵桥向尺寸)/m	4

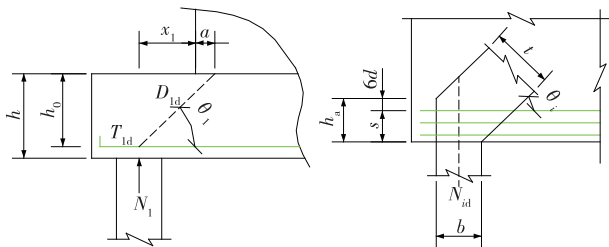


图2 右江大桥群桩承台承载力验算示意图

h 为承台厚度(m); h_0 为承台有效高度(m); a 为撑杆压力线在承台顶面的作用点至墩台边缘的距离(m); D_{id} 为撑杆压力设计值(kN); T_{id} 为与撑杆对应的系杆的拉力设计值(kN); t 为撑杆计算高度(m); s 为系杆钢筋的顶层钢筋中心至承台底的距离(m); d 为系杆钢筋直径(m); θ_1 为撑杆压力线与系杆拉力线的夹角; b 为桩的支撑宽度(m)。

图2 右江大桥群桩承台承载力验算示意图

(撑杆计算宽度) $b_s = 13.5 - (8 - 3D)(n - 1) = 13$ m; 桩的支撑宽度 $b = 0.8 \times 2.5 = 2$ m。当外排桩中心距墩台身边缘等于或小于承台高度时,承台短悬臂按撑杆一系杆体系计算: $h_0 = 4.7$ m; $s = 0.45$ m; $h_a = s + 6d = 0.642$ m; $a = 0.15 \times h_0 = 0.705$ m。撑杆压力线与系杆拉力线的夹角 $\theta_1 = \arctan[h_0/(a + x_1)] = 1.009 52$ rad = 57.841 5°; 砼轴心抗压强度 $f_{cd} = 13.8$ MPa; 砼立方体抗压强度 $f_{cu,k} = 30$ MPa; 砼轴心抗拉强度 $f_{td} = 1.39$ MPa; 钢筋抗拉强度设计值 $f_{sd} = 280$ MPa; 砼弹性模量 $E_c = 30 000$ MPa; 钢筋弹性模量 $E_s = 200 000$ MPa。撑杆抗压承载力应满足下式:

$$\begin{aligned} \gamma_0 D_{id} &\leq t b_s f_{cd,s} \\ \gamma_0 D_{id} &= \gamma_0 n N_{id} / \sin \theta_1 = 1.1 \times 2 \times \\ &247 69 / \sin 57.841 5^\circ = 64 367 \text{ kN} \\ t &= b \sin \theta_1 + h_a \cos \theta_1 = 2 \times \sin 57.841 5^\circ + \\ &0.642 \times \cos 57.841 5^\circ = 2.035 \text{ m} \\ \text{撑杆计算宽度 } b_s (\text{系杆计算宽度}) &\text{范围内系杆钢} \end{aligned}$$

筋截面面积为:

$$\begin{aligned} A_s &= (\pi \times 32 \times 32 / 4 / 1 000 000) \times \\ &(110 / 13.5 \times 13) \times 3 = 0.255 572 053 \text{ m}^2 \\ \text{系杆拉力设计值为:} \\ T_{id} &= n N_{id} / \tan \theta_1 = 2 \times 247 69 / \tan 57.841 5^\circ = \\ &31 146 \text{ kN} \\ \epsilon_1 &= [T_{id} / (A_s E_s) + 0.002] \cot^2 \theta_1 = 0.001 031 454 \\ \text{撑杆砼轴心抗压强度设计值为:} \\ f_{cd,s} &= f_{cu,k} / (1.43 + 304 \epsilon_1) = 17.2 \text{ MPa} > 14.4 \text{ MPa} \\ t b_s f_{cd,s} &= 2.035 \times 13 \times 14.4 \times 1 000 = \\ &380 952 \text{ kN} > 64 367 \text{ kN} \\ \text{撑杆抗压承载力富余 } &491.8\%。 \end{aligned}$$

3.2 系杆抗拉承载力验算

系杆抗拉承载力需满足下式:

$$\begin{aligned} \gamma_0 T_{id} &\leq f_{sd} A_s \\ \gamma_0 T_{id} &= 1.1 \times 31 146 = 34 261 \text{ kN} \\ f_{sd} A_s &= 280 000 \times 0.255 572 = \\ &71 560 \text{ kN} > 34 261 \text{ kN} \\ \text{系杆抗拉承载力富余 } &108.9\%。 \end{aligned}$$

3.3 斜截面抗剪承载力验算

斜截面抗剪承载力需满足下式:

$$\gamma_0 V_d \leq 0.9 \times 10^{-4} (2 + 0.6P) \sqrt{f_{cu,k}} b_s h_0 / m$$

式中: P 为斜截面内纵向受拉钢筋的配筋百分率; m 为剪跨比。

$$\begin{aligned} \gamma_0 V_d &= \gamma_0 n N_{id} = 1.1 \times 2 \times 24 769 = 54 492 \text{ kN} \\ P &= 100 \rho = 100 A_s / (b_s h_0) = 100 \times 0.255 572 / \\ &(13 \times 4.7) = 0.418 \end{aligned}$$

$$m = a_{xi} / h_0 = (2.25 - 2/2) / 4.7 = 0.27 < 0.5$$

式中: a_{xi} 为沿 x 轴墩台边缘至计算斜截面外侧第 i 排桩边缘的距离(m)。

m 取 0.5, 得:

$$\begin{aligned} [0.9 \times 10^{-4} (2 + 0.6P) \sqrt{f_{cu,k}}] b_s h_0 / m &= \\ 135 595 \text{ kN} &> 54 492 \text{ kN} \end{aligned}$$

斜截面抗剪承载力富余 148.8%。

3.4 冲剪承载力验算(角桩、边桩向上冲切承台)

3.4.1 角桩的验算

角桩需满足下式:

$$\begin{aligned} \gamma_0 F_{ld} &\leq 0.6 f_{td} h_0 [\alpha'_{px} (b_y + a_y / 2) + \\ &\alpha'_{py} (b_x + a_x / 2)] \\ b_y &= b_x = (13.5 - 1 \times 8 + 2) / 2 = 3.75 \text{ m} \end{aligned}$$

式中: b_y 、 b_x 为柱或墩台作用面积的边长。

$$h_0 = 4.7 \text{ m}; 0.2 h_0 = 0.94 \text{ m}; a_x = 2.25 - 2/2 =$$

1.25 m < 4.7 m, $a_y = 2.75 - 2/2 = 1.75$ m < 4.7 m (a_x 、 a_y 为冲跨,即柱或墩台边缘到桩边缘的水平距离)。 a_x 取 1.25 m, a_y 取 1.75 m, 冲跨比 λ_x 、 λ_y 为:

$$\lambda_x = a_x / h_0 = 0.265\ 957\ 447$$

$$\lambda_y = a_y / h_0 = 0.372\ 340\ 426$$

冲切承载力系数 α'_{px} 、 α'_{py} 为:

$$\alpha'_{px} = 0.8 / (\lambda_x + 0.2) = 1.717$$

$$\alpha'_{py} = 0.8 / (\lambda_y + 0.2) = 1.398$$

$$0.6 f_{td} h_0 [\alpha'_{px} (b_y + a_y / 2) + \alpha'_{py} (b_x + a_x / 2)] = 55\ 096\ \text{kN}$$

$$\gamma_0 F_{ld} = 1.1 \times 24\ 769 = 27\ 246\ \text{kN} < 55\ 096\ \text{kN}$$

角桩冲剪承载力富余 102.2%。

3.4.2 边桩的验算

方桩直径 b_p 取圆桩直径的 0.8 倍, 即 $b_p = 2.5 \times 0.8 = 2$ m。边桩冲剪承载力验算如下:

$$\gamma_0 F_{ld} \leq 0.6 f_{td} h_0 [\alpha'_{px} (b_p + h_0) + 0.667 \times (2b_x + a_x)] = 67\ 967\ \text{kN}$$

$$\gamma_0 F_{ld} \leq 0.6 f_{td} h_0 [\alpha'_{py} (b_p + h_0) + 0.667 \times (2b_y + a_y)] = 60\ 893\ \text{kN}$$

$$\gamma_0 F_{ld} = 27\ 246\ \text{kN} < 60\ 893\ \text{kN}$$

边桩冲剪承载力富余 123.5%。

3.5 冲剪承载力验算(柱、墩台向下冲切承台)

冲剪承载力需满足下式:

$$\gamma_0 F_{ld} \leq 0.6 f_{td} h_0 [2\alpha_{px} (b_y + a_y) + 2\alpha_{py} (b_x + a_x)]$$

$b_x = 4$ m; $b_y = 7.15$ m; $h_0 = 4.7$ m; $0.2h_0 = 0.94$ m; $a_x = 2.25 - 2/2 = 1.25$ m < 4.7 m; $a_y = 2.75 - 2/2 = 1.75$ m < 4.7 m。 a_x 取 1.25 m, a_y 取 1.75 m, 得冲跨比:

$$\lambda_x = a_x / h_0 = 0.266, \lambda_y = a_y / h_0 = 0.372$$

冲切承载力系数为:

$$\alpha_{px} = 1.2 / (\lambda_x + 0.2) = 2.575$$

$$\alpha_{py} = 1.2 / (\lambda_y + 0.2) = 2.097$$

$$0.6 f_{td} h_0 [2\alpha_{px} (b_y + a_y) + 2\alpha_{py} (b_x + a_x)] =$$

$$265\ 982\ \text{kN}$$

$$\gamma_0 F_{ld} = 135\ 753.948\ \text{kN} < 265\ 982\ \text{kN}$$

冲剪承载力富余 95.9%。

3.6 验算结果(见表 3)

表 3 群桩承台承载力验算结果

验算内容	设计值/ kN	允许值/ kN	富余量/ %
撑杆抗压	64 367.0	380 952	491.8
系杆抗拉	34 261.0	71 560	108.9
斜截面抗剪	54 491.8	135 595	148.8
角桩向上冲剪承台	27 245.9	55 096	102.2
边桩向上冲剪承台	27 245.9	60 893	123.5
柱、墩台向下冲剪承台	135 753.9	265 982	95.9

4 结论

根据上述验算结果, 得以下结论: 1) 加大承台尺寸, 截面惯性矩加大, 相应承台承载能力提高, 相对而言, 改变承台高度提高承载力的效果更好。2) 承台冲剪最为不利, 一般情况下, 若承台冲剪承载力满足规范要求, 则其他也相应满足规范要求。

参考文献:

- [1] 邵旭东, 程翔云, 李立峰. 桥梁设计与计算[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [2] JTG D62—2012, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] 邵旭东. 桥梁工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [4] 程翔云. 梁桥理论与计算[M]. 北京: 人民交通出版社, 1990.
- [5] 中国建筑标准设计研究院. 桩基承台[M]. 北京: 中国计划出版社, 2006.

收稿日期: 2018-05-18

(上接第 114 页)

of segmental concrete bridges[S].

- [2] CJJ/T 111—2006, 预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程[S].
- [3] 何旭辉, 马广. 预应力混凝土箱梁短线法节段预制线形控制[J]. 桥梁建设, 2009(5).
- [4] 李甲丁, 刘钊. 短线法节段预制拼装桥梁线形控制探讨

[J]. 现代交通技术, 2009(6).

- [5] 侍钢, 徐霞飞, 伍贤智, 等. 基于非线性最小二乘的短线法节段预制线形控制研究[J]. 世界桥梁, 2014(6).
- [6] 谭坤, 周玲敏, 葛斌斌. 短线匹配节段梁预制及架设的线形偏差调整[J]. 铁道建筑技术, 2015(5).

收稿日期: 2018-03-12