

公路工程设计计算实例之一

公路小桥涵洞设计 计算实例

苏清洪

一九九一年七月

前 言

应公路测设、养护、施工及管理部门基层技术工作者的要求，组织编写了这套由四册组成的《公路工程设计计算实例》，作为内部技术参考资料铅印交流。本套实例按照交通部最新颁布的规范、文件和规定演算。各册实例内容如下：

《公路小桥涵洞设计计算实例》。列举了钢筋混凝土和预应力混凝土管涵、拱涵、箱涵，正、斜交板涵和桥(涵)台，八字翼墙等工程的设计计算实例。由苏清洪付教授编算。

《公路桥涵地基基础设计计算实例》。列举了刚性扩大基础、桩基础、沉井基础以及地基加固中的砂桩、砂井和砂砾垫层、常用挡土墙等工程的设计计算实例。由赵家行付教授编算。

《公路路基路面工程设计计算实例》。列举了路基横断面、路基排水、路基防护、路堤边坡及稳定，软土地基的路基工程设计及沉降量计算。路基爆破及柔性路面(新建和改建补强)，水泥混凝土路面及路面养护等工程的设计计算实例。由文德云高级讲师编算。

《公路工程概算预算计算实例》。列举了线路工程、独立大、中桥工程的计算实例。对具体工程在编制概预算列项时，应如何使用现行定额，有关定额的补充、抽换、审核和补充计算工程量的方法、材料平均运距等的计算，结合典型实例演算并作了详尽说明。由杨子敏讲师编算。

本套实例由袁浦霖付教授校阅。它是编者结合自己的工程实践经验和教学中积累的资料编成。它汇集了常见中小型公路工程各类结构物，各个设计环节的设计计算方法，步骤和最新规范、规定、手册条文的具体运用。引用典型实例作出演算以成范例，脉络清晰易于领会。它将成为公路工程测设、养护、施工及管理部门、具有一定实践经验的基层技术人员，掌握公路工程设计计算的一套实用性参考资料。它还将成为有关专业大专和中专学生课程作业、毕业设计和未来工作中的宝贵技术资料。也可供有关院校的专业教师参考。

本册实例由苏清洪主编，苏栓、邓家祚等同志参加了具体计算、制图等。在计算实例中引用了以下规范：

- [1]、公路桥涵设计通用规范JTJ021-85。
- [2]、公路砖石及混凝土桥涵设计规范JTJ022-85。
- [3]、公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范JT。

[4]、公路桥涵地基与基础设计规范JTJ024—85。

在进行计算中不再逐一说明，仅按以上编号标出，以省篇幅。例如：[3](4·2·3)——表示引用“公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范”第四章第二节第三条。又如“符合[2](表3·0·2-1)规定”——表示符合“公路砖石及混凝土桥涵设计规范”中第三章(表3·0·2-1)的规定。再如“按[1](2·3·6-2)公式”是指按照“公路桥涵设计通用规范”中第二章第三节第六条中的(3·2·6-2)公式……等。

由于作者水平有限，不妥之处敬希读者批评指正，并请寄长沙交通学院153信箱。

“公路工程设计计算实例”编写小组

目 录

一、混凝土圆管涵	1
二、钢筋混凝土圆管涵	4
三、预应力混凝土圆管涵	8
四、现浇钢筋混凝土简支板桥	17
五、预制装配式钢筋混凝土简支板桥	23
六、现浇钢筋混凝土斜板桥	39
七、预制装配式钢筋混凝土斜板桥	47
八、钢筋混凝土箱涵	55
九、钢筋混凝土简支空心板桥	73
十、装配式钢筋混凝土T梁桥	84
十一、拱涵	110
十二、拱涵涵台	125
十三、八字翼墙	129
附录：预应力混凝土简支T梁桥	133

一、混凝土圆管涵

要求内径 $\geq 250\text{mm}$, 填土高 $H=1.5\text{m}$ 、土容重 $\gamma_1=18\text{KN/m}^3$, 基底为老粘性土

[60]=380kpa. 双车道、汽—15、挂—80。

解: 外径采用常用尺寸400mm, 壁厚 $t=60\text{mm}$, 即外半径 $R=200\text{mm}$, 内半径 $r=140\text{mm}$ (内径为280mm $>250\text{mm}$)。

混凝土采用C20级 ($\gamma_2=24\text{KN/m}^3$)

1、恒载计算

填土垂直压力, $q_{\pm}=H \cdot \gamma_1=1.5 \times 18=27\text{KN/m}^2$

管节垂直压力, $q_{\text{管}}=\gamma_2 \cdot t=24 \times 0.06=1.44\text{KN/m}^2$

故 $q_{\text{恒}}=q_{\pm}+q_{\text{管}}=28.44\text{KN/m}^2$

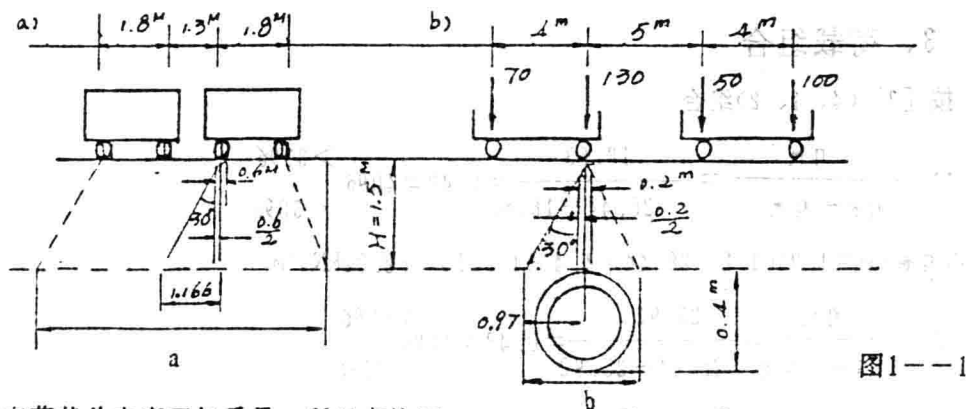
2、活载计算

1)、汽车荷载

查[1], 汽—15重车后轮着地宽0.6m, 长0.2m, 按[1](2、3、7)规定计算荷载分布宽度,

一个后轮单边荷载分布宽度

$$\text{横向: } \frac{0.6}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ = 1.166\text{m} \quad \begin{matrix} > \frac{1.3\text{m}}{2} \\ > \frac{1.8\text{m}}{2} \end{matrix} \quad (\text{见图1--1})$$



故各轮垂直荷载分布宽互相重叠, 所以应按图1--1, a)、所示, 荷载横向分布宽度 a 按二辆重车后轮外边至外边计算, 即

$$a = \left(\frac{0.6}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + (1.3 + 2 \times 1.8) = 7.23 \text{ m}$$

$$\text{纵向: } \frac{0.2}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ = 0.97 \text{ m} < 4 \text{ m}$$

故前后轮垂直荷载分布长度不相重叠, 如图1-1、b)所示

$$b = \left(\frac{0.2}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 = 1.93 \text{ m}$$

$$\therefore q_{汽} = \frac{2 \times 130}{7.23 \times 1.93} = 18.63 \text{ kN/m}^2$$

2)、挂车荷载

查 [1], 挂--80 车轮着地宽 0.5 m, 长 0.2 m, 同理

$$\frac{0.5}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ = 1.116 > \frac{0.9 \text{ m}}{2}$$

$$\therefore a = \left(\frac{0.5}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 3 \times 0.9 = 4.93 \text{ m}$$

$$\frac{0.2}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ = 0.97 \text{ m} > \frac{1.2 \text{ m}}{2}$$

$$\therefore b = \left(\frac{0.2}{2} + 1.5 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 1.2 = 3.13 \text{ m}$$

$$\therefore q_{挂} = \frac{2 \times 200}{4.93 \times 3.13} = 25.92 \text{ kN/m}^2$$

3、荷载组合

按 [3] (4、1、2) 组合

$$\therefore \frac{q_{汽}}{q_{恒} + q_{汽}} = \frac{18.63}{28.44 + 18.63} = 0.40 = 40\% \begin{matrix} > 33\% \\ < 50\% \end{matrix}$$

$$\therefore q_{恒+汽} = 1.03(1.2 \times 28.44 + 1.4 \times 18.63) = 62.02 \text{ kN/m}^2$$

$$\therefore \frac{q_{挂}}{q_{恒} + q_{挂}} = \frac{25.92}{28.44 + 25.92} = 0.48 = 48\% \begin{matrix} < 60\% \\ > 45\% \end{matrix}$$

$$\therefore q_{恒+挂} = 1.02(1.2 \times 28.44 + 1.1 \times 25.92) = 63.89 \text{ kN/m}^2$$

$$\therefore q_{恒+挂} > q_{恒+活}$$

∴ 荷载组合按 [1] (2、1、1) 组合Ⅲ办。

4、强度验算

荷载在混凝土圆管涵上产生的效应(环向压应力)用厚壁圆筒公式计算, 即

$$Q = \frac{2R^2}{R^2 - \gamma^2} \cdot \sum q$$

按 [2] (3、0、1) 式表达为, $\gamma_s \cdot \gamma_m \cdot Q \cdot \sum q \leq R_a$
即:

$$1.4 \times 1.54 \times \frac{2 \times 200^2}{200^2 - 140^2} \times 63.89 \times 10^{-3} = 0.54 \text{ map}$$

查 [2] (表 2、0、5-2)

$$R_a = 14 \text{ mpa} > 0.54 \text{ mpa} \quad (\text{安全})$$

5、地基应力验算

按 [4] (2、1、4), 本题地基土承载力不作修正, 即取 $[\sigma] = [\sigma_0]$ 。

按 [4] (3、2、2), 本题基础按承受中心荷载计算

$$q'_{\text{恒}} = (1.5 + 0.4) \times 18 + 24 \times 0.06 \times \pi = 38.72 \text{ KN/m}^2$$

$$\frac{q_{\text{挂}}}{q_{\text{恒}} + q_{\text{挂}}} = \frac{25.92}{38.72 + 25.92} = 0.40 < 45\%$$

$$\therefore q'_{\text{恒+挂}} = (1.2 \times 38.72 + 1.1 \times 25.92) = 74.98 \text{ KN/m}^2$$

$$\therefore \sigma_{\text{max}} = \frac{N}{A} = 74.98 \text{ kpa} < [\sigma] = [\sigma_0] = 380 \text{ kpa}$$

二、钢筋混凝土园管涵

双车道、汽-20、挂-100荷载，要求管内径 $\geq 1\text{m}$ ，填土高 $H=1.2\text{m}$ ，土容重 $\gamma_1=18\text{KN/m}^3$ 管节下砂垫层 1m 厚，内摩擦角 $\phi=35^\circ$ ，容许承载力 $[60]=150\text{KPa}$ 。

解：设管壁厚 0.1m ，内径 1m ，外径 1.2m ，每节 1m 长，混凝土C15级 I级钢筋。

1、恒载计算

填土垂直压力， $Q_{\pm}=H \cdot \gamma_1=1.2 \times 18=21.6\text{KN/m}^2$

管节自重垂直压力， $Q_{\text{自}}=\gamma_2 t=25 \times 0.1=2.5\text{KN/m}^2$

2、活载计算

1)、汽车荷载

查[1]，汽-20重车后轮着地宽 0.6m 、长 0.2m ，按[1](2、3、7)规定计算荷载分布宽度；

一个后轮单边荷载分布宽度(参见图1-1)

$$\text{横向: } \frac{0.6}{2} + 1.2 \times \tan 30^\circ = 0.99\text{m} \begin{matrix} > 1.3\text{m}/2 \\ > 1.8\text{m}/2 \end{matrix}$$

故各轮垂直荷载分布宽度互相重叠，所以荷载横向分布宽度 a 按两辆重车后轮外边至外边分布宽度计算

$$\therefore a = \left(\frac{0.6}{2} + 1.2 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + (1.3 + 2 \times 1.8) = 6.88\text{m}$$

$$\text{纵向, 同理 } \frac{0.2}{2} + 1.2 \times \tan 30^\circ = 0.79\text{m} > \frac{1.4\text{m}}{2}$$

$$\therefore b = \left(\frac{0.2}{2} + 1.2 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 1.4 = 2.98\text{m}$$

$$\therefore Q_K = \frac{4 \times 120}{6.88 \times 2.98} = 23.41\text{KN/m}^2$$

2)、挂车荷载

查[1]，挂-100车轮着地宽 0.5m 、长 0.2m ，

同理，横向

$$\frac{0.5}{2} + 1.2 \times \tan 30^\circ = 0.94\text{m} > \frac{0.9\text{m}}{2}$$

$$\therefore a = \left(\frac{0.5}{2} + 1 \cdot 2 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 3 \times 0.9 = 4.58 \text{ m}$$

纵向

$$\frac{0.2}{2} + 1 \cdot 2 \times \tan 30^\circ = 0.79 \text{ m} > \frac{1.2 \text{ m}}{2}$$

$$\therefore b = \left(\frac{0.2}{2} + 1 \cdot 2 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 1.2 = 2.78 \text{ m}$$

$$\therefore q_{\pm} = \frac{2 \times 250}{4.58 \times 2.78} = 39.27 \text{ kN/m}^2$$

3、荷载组合

各项荷载产生的内力效应按如下计算，

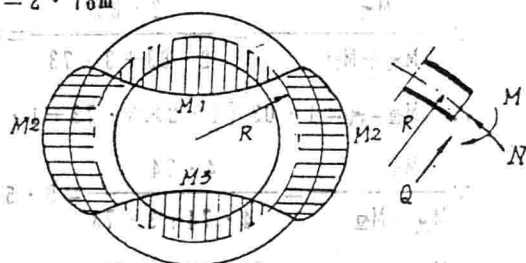


图2-1

忽略管壁环向压力及径向剪力N和Q，仅考虑管壁上的弯矩(见图2-1)

填土重产生的弯矩， $M_1 = M_2 = M_3 = 0.137 q_{\pm} R^2 (1 - \lambda)$

管壁自重产生的弯矩

$$M_1 = 0.304 q_{\text{自}} R^2, \quad M_2 = 0.337 q_{\text{自}} R^2, \quad M_3 = 0.369 q_{\text{自}} R^2$$

车辆荷载产生的弯矩

$$M_1 = M_2 = M_3 = 0.137 P R^2 (1 - \lambda), \text{ 式中,}$$

$q_{\pm}$ 、 $q_{\text{自}}$ ——填土、管自重产生的垂直压力

R ——管壁中线半径

λ ——土的侧压力系数， $\lambda = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$

ϕ ——土的内摩擦角

P ——车辆荷载产生的垂直压力

故恒载产生的最大弯矩为：

$$M_{\text{恒}} = 0.137 \times 21.6 \times 1.1^2 \times \left[1 - \tan^2(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}) \right] + 0.369 \times 2.5 \times 1.1^2$$

$$= 3.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

汽车荷载产生的弯矩为：

$$M_{汽} = 0.137 \times 23.41 \times 1.1^2 \times \left[1 - \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}) \right] = 2.83 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

挂车荷载产生的弯矩为

$$M_{挂} = 0.137 \times 39.27 \times 1.1^2 \times \left[1 - \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}) \right] = 4.74 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

按 [3] (4、1、2) 组合:

$$\therefore \frac{M_{汽}}{M_{汽} + M_{恒}} = \frac{2.83}{2.83 + 3.73} = 0.43 > 33\%$$

$$\therefore M_{恒+汽} = 1.03 [1.2 \times 3.73 + 1.4 \times 2.83] = 8.69 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\therefore \frac{M_{挂}}{M_{汽} + M_{恒}} = \frac{4.74}{4.74 + 3.73} = 0.56 < 60\%$$

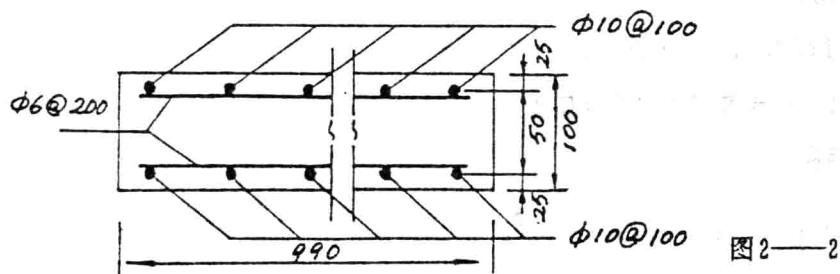
$$\therefore M_{恒+挂} = 1.02 [1.2 \times 3.73 + 1.1 \times 4.74] = 9.88 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\therefore M_{恒+挂} > M_{恒+汽}$$

故按 [1] (2、1、2、) 组合 III 计算, 即 $M_j = 9.88 \text{ KN} \cdot \text{m}$

4、强度和裂缝宽度计算

管节留接缝宽1厘米, 故实际预制管节长为99厘米, 承受1m长度内的荷载。考虑任一位置都可承受正、负弯矩, 故布置双层钢筋 $\phi 10 @ 100$ [3] (6、6、1), 截面如图2—2



其各项构造按 [3] (6、6、1, 6、1、2, 6、1、3, 6、1、5, 6、6、2) 办。

由 [3] (4、1、6, 4、2、5) 公式按单筋截面 (不考虑受压钢筋) 计算

$$x = R_g A_g / b R_a = 240 \times (11 \times 0.785) / 99 \times 8.5 = 2.46 \text{ 厘米}$$

$$h_0 = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ 厘米}$$

$$h_0 \xi_{jg} = 7.5 \times 0.65 = 4.88 \text{ 厘米} > x \text{ 符合 [3] (4、1、6-3) 规定,}$$

由 [3] (4、1、6-1)

$$\frac{1}{r_c} R_a b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \frac{1}{1.25} \times 8.5 \times 990 \times 24.6 \times \left(75 - \frac{24.6}{2} \right)$$

$$= 10.38 \text{ KN} \cdot \text{m} > M_j = 9.88 \text{ KN} \cdot \text{m} \text{ 满足强度要求。}$$

由 [3] (4、2、5-1)

$$\mu = Ag / bh_0 = 11 \times 0.785 / 99 \times 7.5 = 0.0116$$

$$\sigma_g = \frac{M}{0.87Ag h_0} = \frac{9.88 \times 10^6}{0.87 \times 11 \times 78.5 \times 75} = 175.5 \text{ mpa}$$

$$C_1 = 1.4 (\text{光面钢筋})$$

$$C_2 = 1 + 0.5 \times \frac{2.61 + 1.12}{2.61 + 1.12 + 4.74} = 1.22$$

$$C_3 = 1.15$$

$$\begin{aligned} \therefore \delta_{fmax} &= C_1 C_2 C_3 \frac{\sigma_g}{E_g} \left(\frac{30 + d}{0.28 + 10\mu} \right) \\ &= 1.4 \times 1.22 \times 1.15 \times \frac{175.5}{2.1 \times 10^5} \left(\frac{30 + 10}{0.28 + 10 \times 0.0116} \right) \\ &= 0.166 \text{ mm} < 0.25 \text{ mm} \quad \text{满足 [3] (4、2、6) 规定。} \end{aligned}$$

5、基底应力验算

由前项计算得知本题由组合 III 控制计算土压力

$$Q_{\pm} = 18(1.2 + 1.2) = 43.2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{恒}} = 25 \times 0.1 \times \pi = 7.8 \text{ kN/m}^2$$

$$a = 3 \times 0.9 + 2 \times \left(\frac{0.5}{2} + 2.4 \times \tan 30^\circ \right) = 5.97 \text{ m}$$

$$b = 1.2 + 2 \times \left(\frac{0.2}{2} + 2.4 \times \tan 30^\circ \right) = 4.17 \text{ m}$$

$$\therefore Q_{\pm} = \frac{2 \times 250}{5.97 \times 4.17} = 20.08 \text{ kN/m}^2$$

$$\therefore \frac{Q_{\text{挂}}}{Q_{\text{挂}} + Q_{\text{恒}}} = \frac{20.08}{20.08 + 43.2 + 7.8} = 0.28 < 45\%$$

$$\text{故 } Q_{\pm + \text{恒}} = (43.2 + 7.8) \times 1.2 + 1.1 \times 20.08 = 83.29 \text{ kN/m}^2$$

由 [4] (2、1、4) 知, 本题地基容许承载力不需修正, 由 [4] (3、2、2-1)

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} = 83.29 \text{ kpa} < [\sigma] = [\sigma_0] = 150 \text{ kpa}$$

三、预应力混凝土圆管涵

设计荷载 汽车—20、挂车—100 双车道。倒虹吸管水头高差 $H_0=6\text{m}$ ，要求管内径 $\geq 1\text{m}$ ，

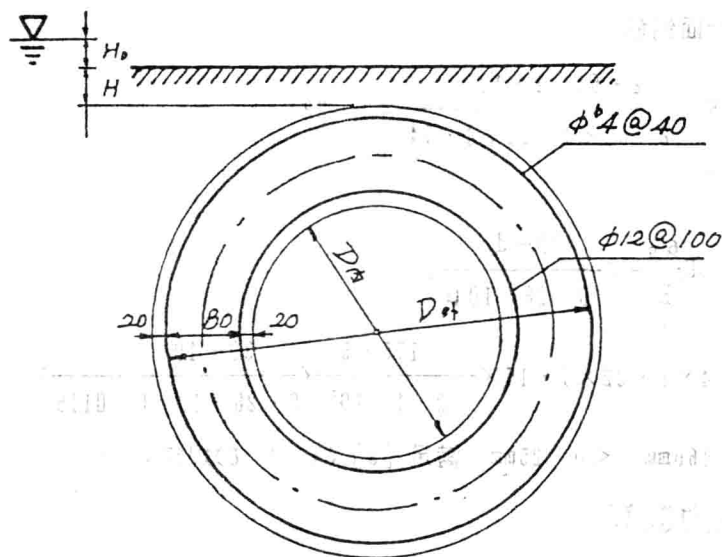


图3—1

填土厚度 $H=0.75\text{m}$ ，土容重 $\gamma_1=18\text{KN/m}^3$ ，土的内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 。基底为中密细砂 $[\sigma_0]=200\text{kPa}$ 。

解：考虑到水头高差大，涵管壁拉应力较大，设计成预应力混凝土管涵：混凝土C30级，预制钢筋混凝土管，内径 $D_i=1.1\text{m}$ ，壁厚 0.1m ，内壁环向钢筋 $\phi 12 @ 100\text{mm}$ ，外缠冷拔低碳钢筋I组 $\phi 4 @ 40\text{mm}$ ，墩头锚，外表喷涂 20mm 厚砂浆保护层。

1、恒载计算，

填土产生的垂直压力， $q_{\pm} = \gamma_1 H = 18 \times 0.75 = 13.5\text{KN/m}^2$

管节自重产生的垂直压力， $q_{\text{自}} = \gamma_2 t = 25 \times 0.12 = 3\text{KN/m}^2$

水头差在管壁上产生的拉力，

$$q_{\text{水}} + q_{\pm} + q_{\text{自}} = 16.5\text{KN/m}^2$$

$$N_{\text{水}} = \frac{P \cdot D_i}{2} = \frac{1}{2} [(6 + 0.75 + 1.34/2) \times 10] \times 1.1 = 40.81\text{KN/m}$$

2、活载计算

1)、汽—20 (参见图1—1)

查 [1], 汽—20 重车后轮着地宽 0.6m, 长 0.2m, 按 [1] (2、3、7) 规定计算荷载分布宽度;

一个后轮单边荷载分布宽度

$$\text{横向: } \frac{0.6}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ = 0.73\text{m} > \frac{1.3\text{m}}{2} < \frac{1.8}{2}$$

故考虑相邻两列汽车后轮轮距, 即荷载横向分布宽度为

$$a = \left(\frac{0.6}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 1.3 = 2.77\text{m}$$

$$\text{纵向, 同理 } \left(\frac{0.2}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ \right) = 0.54\text{m} < \frac{1.4\text{m}}{2}$$

$$\therefore b = \left(\frac{0.2}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 = 1.07\text{m}$$

$$\therefore q_{\text{汽}} = \frac{130}{2.77 \times 1.07} = 43.86 \text{ kN/m}$$

2)、挂车—100

同理, 横向

$$\frac{0.5}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ = 0.68\text{m} > \frac{0.9\text{m}}{2}$$

$$\therefore a = \left(\frac{0.5}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 + 3 \times 0.9 = 4.07\text{m}$$

纵向

$$\frac{0.2}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ = 0.54 < \frac{1.2\text{m}}{2}$$

$$\therefore b = \left(\frac{0.2}{2} + 0.75 \times \tan 30^\circ \right) \times 2 = 1.07\text{m}$$

$$\therefore q_{\text{挂}} = \frac{250}{4.07 \times 1.07} = 57.41 \text{ kN/m}$$

3、荷载组合

荷载效应计算参见“二、钢筋混凝土圆管涵”, 不赘述。

$$\lambda = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}) = 0.333$$

$$M_{\pm} = 0.137 \times 13.5 \times (\frac{1 \cdot 1 + 1 \cdot 3}{2})^2 \times (1 - 0.333)$$

$$+ 0.369 \times 3 \times 1 \cdot 2^2 = 3.37 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{汽}} = 0.137 \times 43.86 \times 1 \cdot 2^2 \times (1 - 0.333) = 5.77 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{挂}} = 0.137 \times 57.41 \times 1 \cdot 2^2 (1 - 0.333) = 7.55 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

由 [3] (4、1、2)

$$\therefore \frac{M_{\text{汽}}}{M_{\text{汽}} + M_{\text{恒}}} = \frac{5.77}{5.77 + 3.37} = 0.63 > 50\%$$

$$\therefore M_{\text{恒}+\text{汽}} = 1 \cdot 2 \times 3.37 + 1 \cdot 4 \times 5.77 = 12.12 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{\text{挂}}}{M_{\text{挂}} + M_{\text{恒}}} = \frac{7.55}{7.55 + 3.37} = 0.69 < 90\%$$

$$> 60\%$$

$$\therefore M_{\text{恒}+\text{挂}} = 1.03 \times [1 \cdot 2 \times 3.37 + 1 \cdot 1 \times 7.55] = 12.72 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

故由组合Ⅲ控制设计, 即

$$M_j = 12.72 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$N_j = 0.9 \times 40 \cdot 81 \text{ KN} = 36.73 \text{ KN} \quad [3] (4、1、2-5)$$

4、截面性质计算

按1m长涵管扣除1cm接缝计算(b=990mm), 不考虑缠绕预应力钢丝后喷涂20mm厚砂浆, 如

图3—2所示

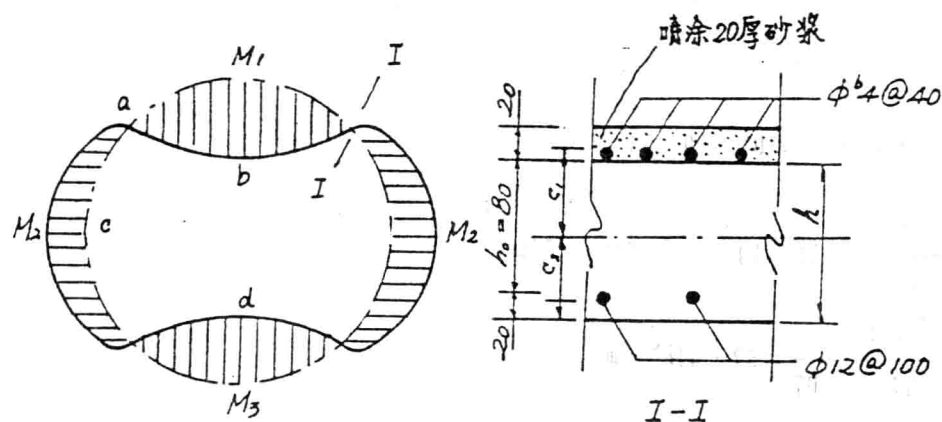


图3—2

$$\text{设 } M_1 = M_2 = M_3$$

$$A_y = \left(\frac{b}{a} + 1 \right) \times a_y = \left(\frac{990}{40} + 1 \right) \times 12 \cdot 57 = 25 \times 12 \cdot 57 = 314 \text{ mm}^2$$

$$A_g = \left(\frac{b}{a} + 1 \right) \times 113 \cdot 1 = 10 \times 113 \cdot 1 = 1131 \text{ mm}^2$$

$$n_y = \frac{1 \cdot 8 \times 10^5}{3 \times 10^4} = 6, \quad n_g = \frac{2 \cdot 1 \times 10^5}{3 \times 10^4} = 7$$

$$C_2 = \frac{(7-1) \times 1131 \times 20 + 6 \times 314 \times 102 + 990 \times 100 \times 50}{(7-1) \times 1131 + 6 \times 314 + 990 \times 100} = 49 \text{ mm}$$

$$C_1 = 100 + \frac{4}{2} - 49 = 53 \text{ mm}$$

$$A_0 = (7-1) \times 1131 + 6 \times 314 + 990 \times 100 = 107670 \text{ mm}^2$$

$$I_0 = \frac{990 \times 100^3}{12} + 990 \times 100 \times \left(\frac{100}{2} - 49 \right)^2$$

$$+ (7-1) \times 1131 \times (49-20)^2 + 6 \times 314 \times 53^2 = 93598182 \text{ mm}^4$$

5. a截面强度和裂缝验算

墩头锚具变形产生的预应力损失 [3] (5、2、7)

$$\sigma_{s2} = \frac{1 \times 1 \cdot 8 \times 10^5}{25 \times 1304 \times \pi} = 1 \cdot 8 \text{ mpa}$$

钢丝松弛产生的预应力损失 [3] (5、2、10-3, 5、2、1-1)

$$\sigma_{s4} = 0 \cdot 75 R_y^b = 525 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{s5} = 0 \cdot 07 \times 525 = 36 \cdot 8 \text{ mpa}$$

环形缠绕钢丝, 混凝土局部挤压产生的预应力损失 [5] (95)

$$\sigma_{s7} = 30 \text{ mpa}$$

混凝土收缩徐变产生的预应力损失 [3] (附录四、附录九)

$$u = \pi (1100 + 1300) = 7540 \text{ mm}$$

$$A_h = \pi (1300^2 - 1100^2) / 4 = 376991 \text{ mm}^2$$

$$\frac{2A_h}{U} = 100, \quad \text{湿度取 } 75\%$$

$$\therefore \phi(t_\infty, \tau) = 1 \cdot 9$$

$$\varepsilon(t_{\infty}, \tau) = 0.21 \times 10^{-3}$$

$$e_k = \frac{52 \times 1131 \times (49 - 20) - 6 \times 314 \times 53}{7 \times 1131 + 6 \times 314} = 13.2 \text{ mm}$$

$$\sigma_{yI} = \sigma_k - \sum \sigma_{sI} = 525 - 1 \cdot 8 - 36 \cdot 8 - 30 = 456 \cdot 4 \text{ mpa}$$

$$\sigma_h = \frac{A_y \sigma_{yI}}{A_0} \left(1 + \frac{A_0 C_1 e_A}{I_0} \right) = \frac{314 \times 456 \cdot 4}{107670} \left(1 + \frac{107670 \times 53 \times 13 \cdot 2}{93598182} \right) = 2.4 \text{ mpa}$$

$$\mu = (A_y + A_g) / A_0 = (1131 + 314) / 107670 = 0.0134$$

$$r^2 = I_0 / A_0 = 93598182 / 107670 = 869 \text{ mm}^2$$

$$\rho_A = 1 + e_A / r^2 = 1.20$$

$$\sigma_{s6} = \frac{6 \times 2 \cdot 4 \times 1 \cdot 9 + 1 \cdot 8 \times 10^5 \times 0.21 \times 10^{-3}}{1 + 10 \times 0.0134 \times 1 \cdot 2} = 56 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{yII} = \sigma_{yI} - \sigma_{sII} = 456 \cdot 4 - 56 = 400 \text{ mpa}$$

$$\therefore \sigma_{ye} = \sigma_{yII} + n_y \cdot \frac{N_j}{A_0} = 400 + 6 \times \frac{36 \cdot 73 \times 10^3}{107670}$$

$$= 402 \text{ mpa} < 0.7 R_y^b = 490 \text{ mpa} \quad \text{符合 [3] (5、2、25-3) 规定}$$

$$\sigma_{h'} = \frac{A_y \sigma_{yII}}{A_0} \left(1 + \frac{A_0 C_1 (C_1 - \frac{d}{2})}{I_0} \right) = \frac{314 \times 400}{107670} \left(1 + \frac{107670 \times 53 \times (53 - 2)}{93598182} \right) = 4.8 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{hs} = \sigma_{h'} - \frac{N_j}{A_0} = 4 \cdot 8 - \frac{36 \cdot 73 \times 10^3}{107670} = 4 \cdot 5 \text{ mpa}$$

$$< 0.6 R_a^b = 12 \cdot 6 \text{ mpa} \quad \text{符合 [3] (5、2、21-2) 规定}$$

$$\sigma_g = \frac{n_g A_y \sigma_{yII}}{A_0} \left(1 - \frac{A_0 C_1 (C_2 - a_g)}{I_0} \right) = \frac{7 \times 314 \times 400}{107670} \left(1 - \frac{107670 \times 53 \times (49 - 20)}{93598182} \right) = -6.3 \text{ mpa (拉)}$$

$$\sigma_{ge} = \sigma_g - n_g \frac{N_j}{A_0} = -6 \cdot 3 - 7 \times \frac{36 \cdot 73 \times 10^3}{107670} = -8 \cdot 7 \text{mpa (拉)} < R_g \text{安全}$$

由 [3] (5、2、34)

$$\begin{aligned} \sigma_{hl} &= \frac{A_y \sigma_{yII}}{A_0} \left(1 - \frac{A_0 \cdot C_1 \cdot C_2}{I_0} \right) - \frac{N_j}{A_0} \\ &= \frac{314 \times 400}{107670} \left(1 - \frac{107670 \times 53 \times 49}{93598182} \right) - \frac{36 \cdot 73 \times 10^3}{107670} = -2 \cdot 7 \text{mpa (拉)} \end{aligned}$$

$$[\sigma_{hl}]_{\sigma_{hl}} = 3 \cdot 2 + 4 \times \frac{1131}{990 \times 100} \times 100 = 7 \cdot 8 \text{mpa (拉)}$$

$\therefore$ 裂缝宽 $\delta < 0 \cdot 1 \text{mm}$

按 [3] (4、2、5-1) 之非预应力钢筋应力增量验算裂缝宽度

$$C_1 = 1 \cdot 4, \quad C_2 = 1 + 0 \cdot 5 \frac{3 \cdot 37}{3 \cdot 37 + 7 \cdot 55} = 1 \cdot 15$$

$$C_3 = 1 \cdot 15, \quad d = 12 \text{mm},$$

$$\mu = \frac{1131}{990 \times 80} = 0 \cdot 014 \quad \sigma_{ga} = 8 \cdot 7 \text{mpa}$$

$$\therefore \delta_{\max} = 1 \cdot 4 \times 1 \cdot 15 \times 1 \cdot 15 \times \frac{8 \cdot 7}{2 \cdot 1 \times 10^5} \left(\frac{30 + 12}{0 \cdot 28 + 10 \times 0 \cdot 014} \right) = 0 \cdot 01 \text{mm}$$

6、b、d 截面强度和裂缝宽度验算

按 [3] (5、1、15) 偏心受拉截面计算

$$e_g = \frac{M_j}{N_j} - (C_2 - a_g) = \frac{12 \cdot 72 \times 10^3}{36 \cdot 73} - (49 - 20) = 317 \text{mm}$$

$$\sigma'_{ya} = R'_y - \sigma'_g - n_y \sigma_{hl}'$$

$$= 700 - 400 - 6 \times \frac{A_y \cdot \sigma_{yII}}{A_0} \left(1 + \frac{A_0 \times C_2^2}{I_0} \right) = 270 \text{mpa} \quad [3] (5、1、4-2)$$

中性轴位置 [3] (5、1、15-5)

$$R_g A_g e_g - \sigma'_{ya} A_y' e_y' = R_a b x \left(e + h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

$$240 \times 1131 \times 144 - 270 \times 314 \times (144 + 80 + 2) = 17 \cdot 5 \times 990 \times x \times \left(144 + 80 - \frac{x}{2} \right)$$

$$\therefore x = 5 \text{mm} < \xi_y h_0 = 0 \cdot 45 \times 80 = 36 \text{mm} \text{符合 } [3] (5、1、6-3) \text{规定}$$