

## 一. 荷载计算

### 1. 恒载

#### 1.1 由桥涵结构传来的恒载压力

等跨梁的桥墩，桥涵在沿桥墩的恒载压力  $N_k$  为单孔梁全宽左右孔梁跨路中之间  $(16.5 + 0.06 \times 2 = 16.56m)$  的梁上线路设备、人行道的重量，即

$$N_k = 447.8 + 38 \times 16.56 = 1077.08 (kN)$$

#### 1.2 顶、侧及墩身重

顶帽为圆端形，其体积

$$V_1 = (\pi \times 0.85^2 + 2 \times 0.85 \times 2.7) \times 0.5 = 3.43 (m^3)$$

顶帽重  $N_{顶} = V_1 \times \gamma_{钢筋混凝土} = 3.43 \times 25 = 85.7 (kN)$

墩顶面积  $A_1 = \pi \times 0.75^2 + 1.5 \times 2.7 = 5.82 (m^2)$

墩底面积  $A_2 = \pi \times 0.95^2 + 1.9 \times 2.7 = 7.97 (m^2)$

墩身体积  $V_2 = \frac{H}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) = \frac{8}{3} \times (5.82 + 7.97 + \sqrt{5.82 \times 7.97})$   
 $= 54.93 (m^3)$

墩身重  $N_{墩} = V_2 \times \gamma_{混凝土} = 54.93 \times 23 = 1263.39 (kN)$

墩底截面以上桥墩自重

$$N = N_{顶} + N_{墩} = 85.75 + 1263.39 = 1349.14 (kN)$$

### 2. 竖向净活载

#### 2.1 单孔轻载，活载布置如图示

由  $\sum M = 0$ ，可得支点反力  $R_1$

$$R_1 = \frac{1}{16} [250 \times 4 \times (1.6 \times \frac{3}{2} - 0.25) + 10.9 \times 85 \times (\frac{10.9}{2} + 5.6 - 0.25)]$$
$$= 759.76 (kN)$$

$R_1$  对桥墩中心力矩为

天才就是百分之九十九的汗水加百分之一的灵感。——爱迪生



$$M_{R_1} = 759.76 \times 0.28 = 212.73 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

2) 单孔主梁，活载布置如图(b)

$$\begin{aligned} \text{支点反力 } R_2 &= \frac{1}{16} \times [6.9 \times 85 \times (\frac{10.9}{2} - 0.25) + 250 \times 4 \times 6.9 + \frac{4.8}{2} + 0.8 \times 0.25] \\ &= 1166.74 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$R_2 \text{ 对桥墩中心的力矩为: } M_{R_2} = 1166.74 \times 0.28 = 326.69 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

3) 双孔主梁，活载布置如图(c)

对于等跨桥墩，产生最大活载布置

$$\text{可由 } \frac{G_1}{L_1} = \frac{G_2}{L_2} \Rightarrow G_1 = G_2$$

$$\text{故 } G_1 = G_2 = 85 \times 13.33 + 250 \times 2 = 1633.05 \text{ (kN)}$$

利用静力平衡可得活载压力

$$\begin{aligned} R_3 = R_4 &= \frac{1}{16} (13.33 \times 85 \times (\frac{13.33}{2} - 0.25) + 2 \times 250 \times (16.53 - 0.25 - 1.6)) \\ &= 913.03 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\text{桥墩所受压力 } R_{3-4} = R_3 + R_4 = 1826.06 \text{ (kN)}$$

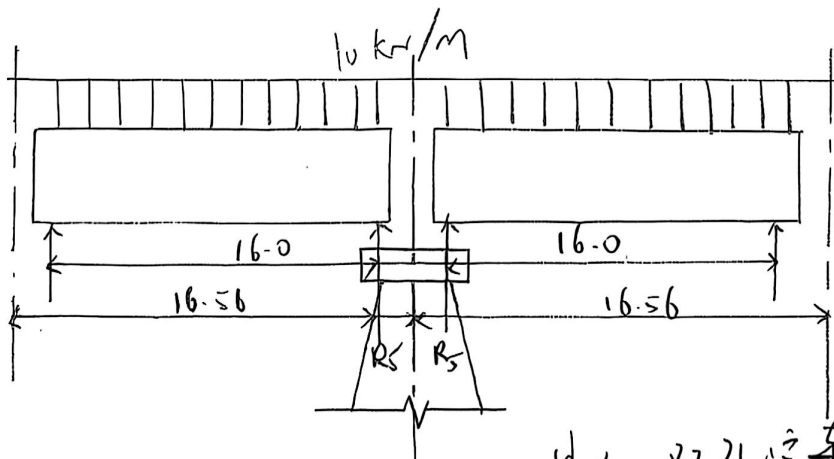
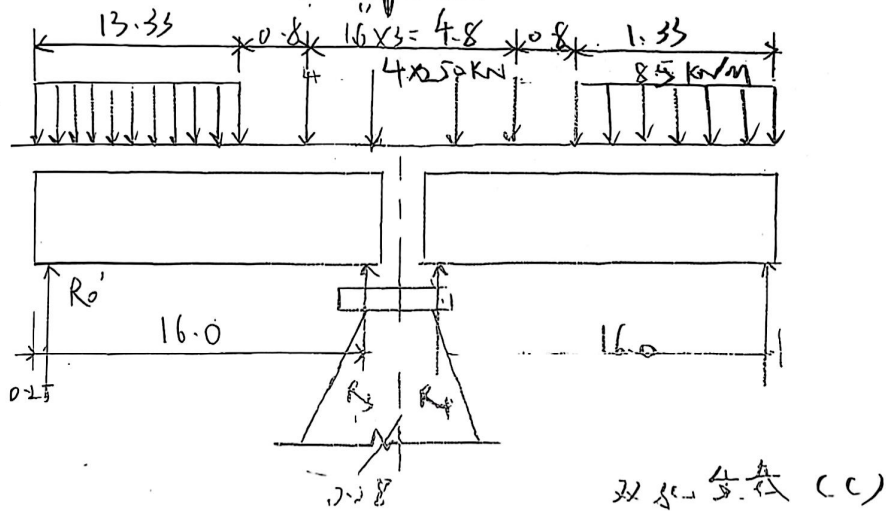
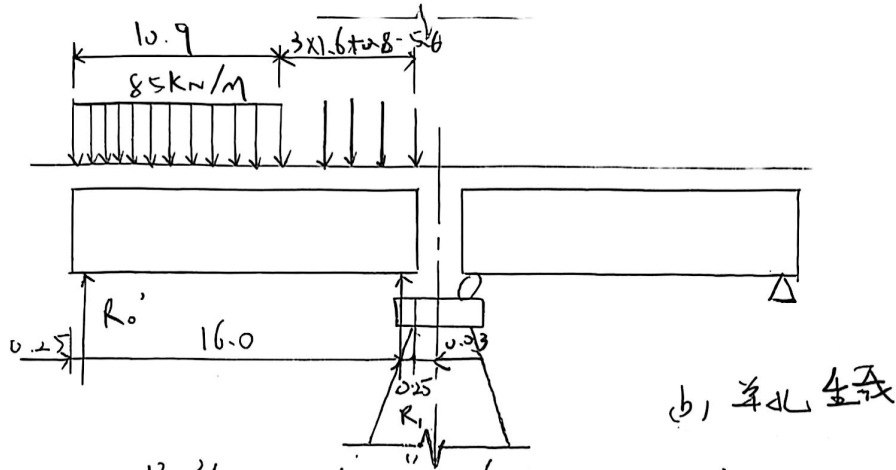
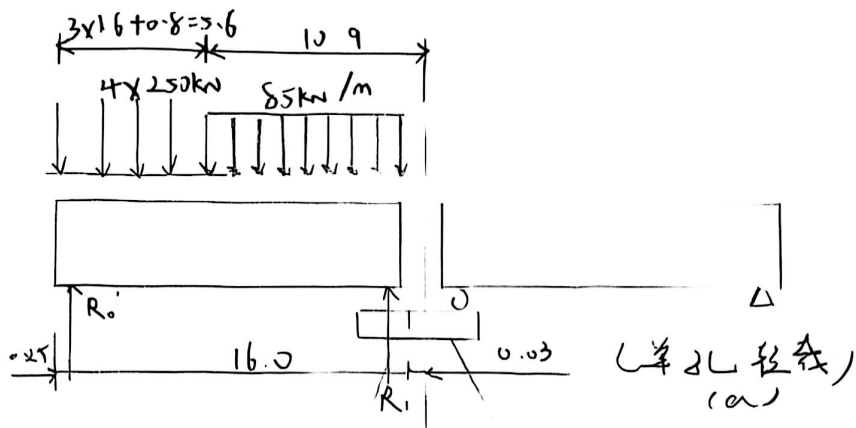
活载压力对桥墩中心的力矩，由  $R_3 = R_4$  得

$$M_{R_{3-4}} = 0$$

4) 双孔空车活载，活载布置如图(d)所示。

$$\text{桥墩所受压力 } R_{3-4} = 2R_5 = 2 \times (10 \times \frac{16.56}{2}) = 165.6 \text{ (kN)}$$

$$R_{3-4} \text{ 对桥墩中心的力矩: } M_{R_{3-4}} = 0$$



天才就是百分之九十九的汗水加百分之一的灵感。——爱迪生



### 3. 制动力

1) 单孔轻载与单孔重载的梁上竖向静荷载相同，故其制动力也相等

$$P_t = (4 \times 250 + 85 \times 0.9) \times 0.1 = 192.65 \text{ (kN)}$$

$P_t$  对墩身底截面的力矩为

$$M_{Pt} = P_t (H + 0.6 + 0.043) = 192.65 \times (8 + 0.643) = 1665.07 \text{ (kN)}$$

式中  $(0.6 + 0.043)$  为支座中心至顶帽的距离。

2) 双孔重载的制动力

$$P_{t1} = 1633.05 \times 0.1 \times 100\% = 163.31 \text{ (kN)}$$

右梁孔为滑动平板支座传递的制动力

$$P_{t2} = 1633.05 \times 0.1 \times 50\% = 81.65 \text{ (kN)}$$

传到桥墩上的制动力： $P_t = P_{t1} + P_{t2} = 163.31 + 81.65 = 244.96 \text{ (kN)} > P_{tmax} = 192.65$

式中  $P_{tmax}$  为单孔梁上满载时经固定支座传递的

制动力，其数值上  $P_t = P_{tmax} = 192.65 \text{ kN}$ 。

$P_t$  对墩底截面的力矩为： $M_{Pt} = 192.65 \times (8 + 0.6 + 0.043) = 1665.07 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$

### 4. 纵向风力

有车时桥墩纵向风压为

$$W = k_1 k_2 800 P_a = 1.1 \times 0.8 \times 1.0 = 0.88 \text{ (kPa)}$$

1) 顶帽风力

$$P_{w1} = W/A = 0.88 \times 4.4 \times 0.5 = 1.94 \text{ (kN)}$$

$P_{w1}$  对墩底截面的力矩  $M_{Pw1} = 1.94 \times (8 + 0.25) = 16.01 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$

2) 墩身风力

$$P_{w2} = 0.88 \times \left( \frac{4.1 + 4.6}{2} \right) \times 8 = 30.98 \text{ (kN)}$$

$P_{w2}$  作用点至墩身墩底截面的距离为

学习的三个条件是：多观察、多听、多问



$$y' = \frac{8}{3} \times \left( \frac{4.6 + 1 \times 4.2}{4.6 + 4.2} \right) = 3.94 \text{ (m)}$$

$$M_{P_{w2}} = P_{w2} \cdot y' = 30.98 \times 3.94 = 122.06 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$\text{桥墩风力 } P_w = P_{w1} + P_{w2} = 1.94 + 30.98 = 32.92 \text{ (kN)}$$

$$M_{P_w} = M_{P_{w1}} + M_{P_{w2}} = 16.01 + 122.06 = 138.07 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

5. 横风风力

$$\frac{1}{b} > 1.5, \text{ 查表可得 } K_1 = 0.3$$

有车时桥墩横风压

$$W_{\text{有墩}} = K_1 K_2 \times 0.8 = 0.3 \times 1 \times 0.8 = 0.24 \text{ (kPa)}$$

无车时桥墩横风压

$$W_{\text{无墩}} = K_1 K_2 \times 1.4 = 0.3 \times 1 \times 1.4 = 0.42 \text{ (kPa)}$$

有车时列车<sup>及梁上</sup>横风压 取  $K_1 = 1.3$

$$W_{\text{有梁}} = K_1 K_2 \times 0.8 = 1.3 \times 0.8 \times 1 = 1.04 \text{ (kPa)}$$

无车时梁上横风压

$$W_{\text{无梁}} = K_1 K_2 \times 1.4 = 1.3 \times 1 \times 1.4 = 1.82 \text{ (kPa)}$$

设计频率水位时桥墩所受洪水压力较桥墩横风影响为大，故将桥墩横风力计算至设计频率水位处。并按有车、无车分别计算：

桥上有车横风力

部位	风力 (kN)	风力对墩底的力矩 (kN·m)
列车	$P_{B1} = 1.04 \times 16.56 \times 3 = 51.67$	$M_{B1} = 51.67 \times (2 + 0.15 \times 1.84 + 0.6 \times 0.8) = 650.53$ $M_{B2} = 32.72 \times [2 + (1.84 + 0.15 \times 0.09) + 0.09 + 0.6 + 8] = 315.42$
梁	$P_{B2} = 1.04 \times 16.56 \times (1.84 + 0.15 \times 0.09) = 32.72$	
风帽	$P_{w1} = 0.24 \times 0.5 \times 1.7 = 0.20$	$M_{P_{w1}} = 0.20 \times \left( \frac{0.5}{2} + 8 \right) = 1.65$
桥身	$P_{w2} = 0.24 \times [2 \times (0.5 + 1.75) \times 5] = 1.95$	$M_{P_{w2}} = 1.95 \times \left( \frac{1.75 \times 2 \times 1.5}{1.75 \times 1.5} + 3 \right) = 10.6$
合计	$P_{w1} = 86.54$	$M_{P_w} = 978.2$

天才就是百分之九十九的汗水加百分之一的灵感。—— 爱迪生





### 桥上车撞风风力

力、力矩	风力 (kN)	风力对墩底的力矩 (kN·m)
风	$P_w = 1.82 \times 16.56 \times (1.84 + 0.15 - 0.09) = 57.26$	$M_{w1} = 57.26 \times \left( \frac{1.84 + 0.15 - 0.09}{2} + 0.6 + 8 \right) = 551.79$
顶风	$P_{w1} = 0.42 \times 0.5 \times 1.7 = 0.36$	$M_{w1} = 0.36 \times \left( \frac{0.5}{2} + 8 \right) = 2.97$
墩身	$P_{w2} = 0.42 \times 1.5 \times (1.5 + 1.75) \times 5.7 = 3.14$	$M_{w2} = 3.14 \times \left( \frac{1.75 + 1.5}{2} + 3 \right) = 18.54$
合计	$P_w = 60.76$	$M_{Pw} = 573.5$

### 6. 流水压力

设计频率水位高出地面 3m。设计流速  $V = 3m/s$ ，此时桥墩阻水面积

$$A = \left( \frac{1.75 + 1.9}{2} \right) \times 3 = 5.48 (m^2), \text{ 查表得 } k = 0.6$$

故设计频率水位时的桥墩流水压力

$$P = K A \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2g} = 0.6 \times 5.48 \times \frac{10 \times 3^3}{2 \times 10} = 14.80 (kN)$$

流水压力作用点在设计频率水位以下 3m 深处 (即  $\frac{1}{3} \times 3 = 1m$ )，流水压力

作用点至桥身底部的力臂为  $3 - 1 = 2m$ ， $P$  对墩底的力矩为

$$M_P = 14.80 \times 2 = 29.60 (kN \cdot m)$$

二、墩身底部截面验算

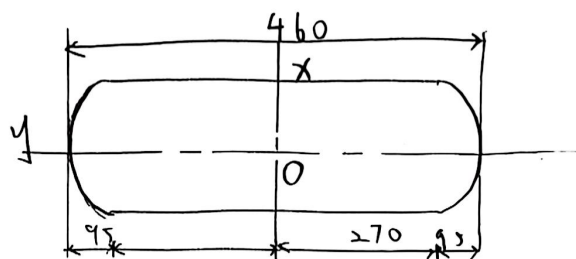
#### 1. 墩底的截面特性

$$\text{墩底面积 } A_c = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 + a \cdot d = \frac{\pi}{4} \times 1.9^2 + 2.7 \times 1.9 = 7.97 (m^2)$$

截面绕垂直弯矩作用面的形心轴惯性矩

$$I_c = \frac{\pi}{64} d^4 + \frac{1}{12} a d^3 = \frac{\pi}{64} \times 1.9^4 + \frac{1}{12} \times 2.7 \times 1.9^3 = 2.18 (m^4)$$

$$\text{截面抵抗矩 } W_c = \frac{I_c}{\frac{1}{2}d} = \frac{2.18}{\frac{1}{2} \times 1.9} = 2.30 (m^3)$$



墩身底面截面尺寸 (cm)

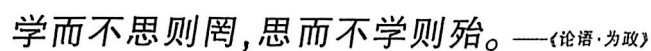
## 2. 墩身受压稳定性计算

桥墩受压稳定性计算的计算长度  $l_0 = 2 \times (8 + 0.6) = 17.2 \text{ m}$

从图中桥墩可能产生弯曲失稳的方向与弯矩作用平面的方向一致。可直接进行截面强度计算，不再验算在弯矩作用面内的屈曲，受压稳定性验算如下表：

验算情况	单孔轻载		单孔重载		双孔重载	
力、力矩 N	N (kN)	M (kN·m)	N (kN)	M (kN·m)	N (kN)	M (kN·m)
墩底恒载	1677.08		1677.08		1677.08	
活载压力 R	759.76	212.73	1166.74	326.69	1826.06	0
墩底合力	1836.84	212.73	2243.82	326.69	2903.14	0
墩底截面核心距 $e_0$	$\frac{212.73}{1836.84} = 0.116$		$\frac{326.69}{2243.82} = 0.146$		$\frac{0}{2903.14} = 0$	
墩顶 面积 $A_1(\text{m}^2)$	$\pi \times 0.75^2 + 1.5 \times 2.7 = 5.82$					
墩底截面 惯性矩 $I_1(\text{m}^4)$	$\frac{\pi}{64} \times 1.5^4 + \frac{1}{12} \times 2.7 \times 1.5^3 = 1.01$					
墩底面积 $A_2(\text{m}^2)$	$\pi \times 0.95^2 + 1.9 \times 2.7 = 7.97$					
墩底截面 惯性矩 $I_2(\text{m}^4)$	$\frac{\pi}{64} \times 1.9^4 + \frac{1}{12} \times 2.7 \times 1.9^3 = 2.18$					
$M(\text{kN}\cdot\text{m})$ 验算	$\frac{I_0}{I_2} = \frac{1.01}{2.18} = 0.463$ 查表得 $m = 1.87 + \frac{0.13}{0.1} \times 2.063 = 1.95$					
墩身平均 面积 $A_0(\text{m}^2)$	$A_0 \approx \frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{5.82 + 7.97}{2} = 6.90$					
计算长度 $l_0(\text{m})$	$2 \times (0.6 + 8) = 17.2$					

天才就是百分之九十九的汗水加百分之一的灵感。——爱迪生



计算结果表明:墩身受压始终为双孔生载力桥路长载的主力组合控制,不过安全储备很大,不控制桥墩的截面设计。