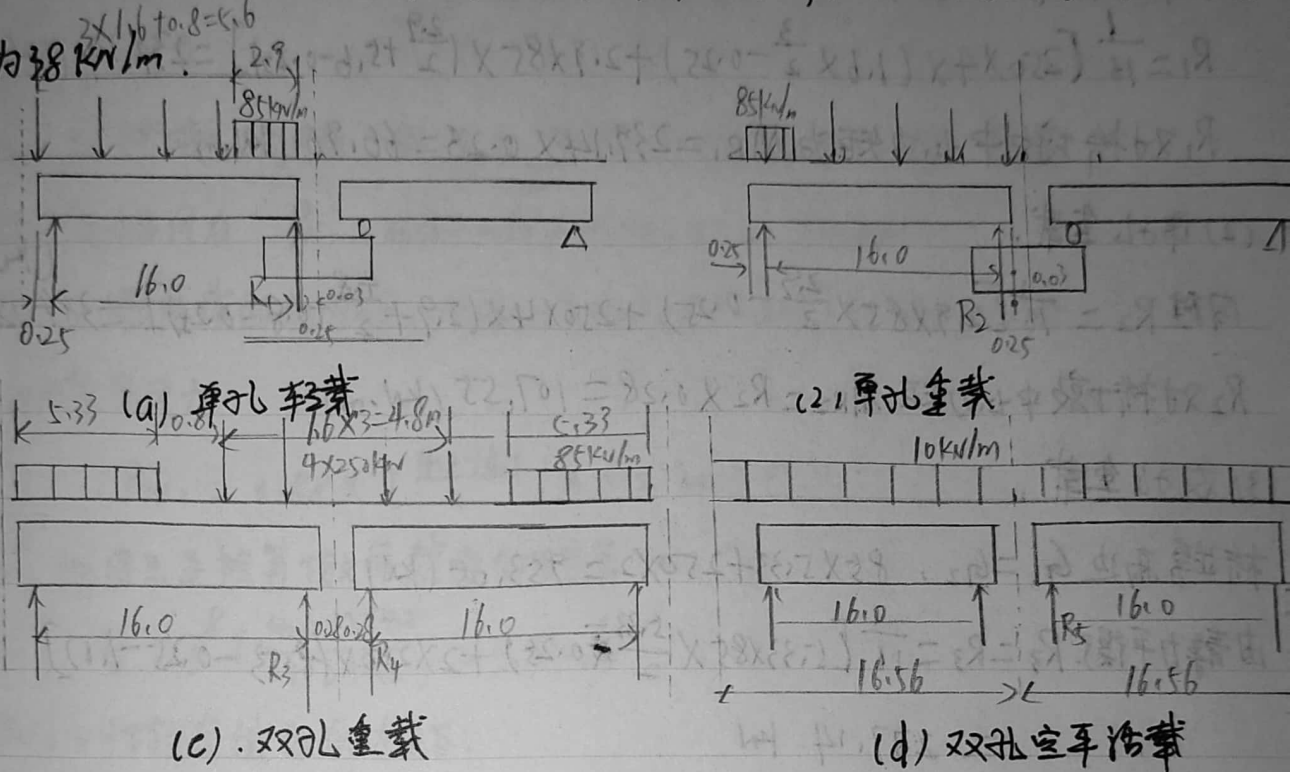
桥跨结构：等跨的L=8m预制桥面钢筋混凝土桥，梁全长16m，梁缝0.06m，轨底至梁底的高度为1.75m，轨底至桥墩支承垫石顶面高度1.84m。平板支座，支座全高0.09m，支座中心距支承垫石面为0.043m。每孔梁重（包括支座）1447.8KN。梁上采用水泥混凝土桥面及双侧1.05m宽的人行道，其重量为38KN/m。



1. 恒载

(1) 由桥跨结构传递的恒载压力

恒载压力 $N_{t}=447.8+38\times16.56=1077.08$ (KN)

(2) 顶帽及墩身

顶帽体积 $V_{2-1}=(\pi\times0.85^2+2\times0.85\times2.7)\times0.5=3.43$ (m^3)

顶帽重 $N_{2-1}=V_{2-1}\cdot\gamma_{钢混}=3.43\times25=85.75$ KN

墩顶面积 $A_1=\pi\times0.75^2+1.5\times2.7=5.82$ (m^2)

墩底面积 $A_2=\pi\times0.95^2+1.9\times2.7=7.97$ (m^2)

墩身体积 $V_{2-2}=\frac{H}{3}(A_1+A_2+\sqrt{A_1A_2})=54.83\ m^3$

墩身重 $N_{2-2}=V_{2-2}\times\gamma_{混}=54.83\times23=1263.38$ (KN)

墩底席臂面以上桥墩自重 $N_2=N_{2-1}+N_{2-2}=85.75+1263.39=1349.14$ KN

2. 竖直静活载：

分别计算单孔轻载，单孔重载，双孔重载和双孔空车活载。

(1) 单孔轻载，由 $\Sigma M=0$，可得支点反力 R_1

$$R_1=\frac{1}{16}\left[250\times4\times\left(1.6\times\frac{3}{2}-0.25\right)+2.9\times85\times\left(\frac{2.9}{2}+5.16-0.25\right)\right]=239.14\ (KN)$$

R_1 对桥墩中心力矩为 $M_{R_1}=239.14\times0.28=66.96$ KN·m

(2) 单孔重载：

$$\text{同理 } R_2=\frac{1}{16}\left[2.9\times85\times\frac{2.9}{2}-0.25)+250\times4\times\left(2.9+\frac{4.8}{2}+0.8-0.25\right)\right]=384.12\ (KN)$$

R_2 对桥墩中心力矩 $M_{R_2}=R_2\times0.28=107.55\ (KN\cdot m)$

(3) 双孔重载，

桥跨两边 $G_1=G_2$，$85\times5.33+250\times2=953.05\ (KN)$

由静力平衡 $R_3=R_3=\frac{1}{16}\left[5.33\times85\times\frac{5.33}{2}+0.25)+2\times250\times(8.53-0.25-1.1)\right]$

$=277.14$ KN

桥墩受力静载：$R_3+R_4=554.28\ (KN)$

$R_3=R_4$，$M_{R_{3-4}}=0$

(4) 双孔空车活载

桥墩所受压力 $R_{空}=2R_{空}=2\times\left(10\times\frac{16.56}{2}\right)=165.6\ (KN)$

$M_{R_{空}}=0$

3. 制动力：

(1) 单孔轻载与单孔重载的梁上竖向静活载相同，故制动力也相等：

$P_{制}=(4\times250+85\times2.9)\times0.1=124.65\ (KN)$

对墩身底部的力矩 $M_{P_{制}}=P_{制}(H+0.6+0.043)=1077.35\ (KN)$

(2) 双孔生产的制动力

$P_{t1}=953.05\times0.1\times100\%=95.31$ (KN)　$P_{t2}=953.05\times0.1\times50\%=47.65$ (KN)

$P_t=P_{t1}+P_{t2}=142.96$ KN $>P_{tmax}=124.65$ kN

故，P_t 对墩底截面的力矩 $M_{Pt}=124.65\times(18+0.6+0.043)=1977.35$ kN·m

4. 纵向风力

有车时桥墩纵向风压：$W=k_1k_2\,800Pa=1.1\times1.0\times0.8=0.88$ (kPa)

(1) 顶帽风力　$P_{W1}=WA=0.88\times4.4\times0.5=1.94$ kN

P_W 对墩底截面的力矩：$M_{PW1}=1.94\times(18+0.25)=16.01$ (kN·m)

(2) 墩身风力

$$P_{W2}=0.88\times\left(\frac{4.2+4.6}{2}\right)\times8=30.98\ (KN)$$

P_{W2} 作用点至桩等墩底截面的距离：

$$y'=\frac{8}{3}\left(\frac{4.6+2\times4.2}{4.6+4.2}\right)=3.94\ m$$

P_{W2} 对墩底截面的力矩：

$$M_{PW2}=P_{W2}\cdot y'=122.06\ (KN\cdot m)$$

桥墩风力　$P_W=P_{W1}+P_{W2}=1.94+30.98=32.92$ (KN)

P_W 对墩底截面的力矩

$$M_{PW}=M_{PW1}+M_{PW2}=16.01+122.06=138.07\ (KN\cdot m)$$

5. 横向风力

有车时，横向风压：$W_{有}=k_1k_2\times0.8=0.3\times1\times0.8=0.24$ (kPa)

无车时，横向风压：$W_{无}=k_1k_2\times1.4=0.3\times1\times1.4=0.42$ (kPa)

有车时，列车及梁上横向风压：$W_{有梁}=k_1k_2\times0.8=1.3\times1\times0.8=1.04$ (kPa)

无车时梁上横向风压 $W_{无梁}=k_1k_2\times1.4=1.3\times1\times1.4=1.82$ (kPa)

桥上有车横向风力

项目 \ 力和力矩	风力=风压强度×受风面积	风力对墩底的力矩=风力×力臂
列车	$P_{列}=1.04\times16.56\times3=52.66$	$MP_{列}=52.66\times(2+0.15+1.84\times0.6+16)=1084.2$
梁	$P_{梁}=1.04\times16.56\times(1.84+0.15-0.09)=32.72$	$MP_{梁}=32.72\times(\frac{1.84+0.15-0.09}{2}+0.09+0.6+16)=577.18$
顶帽	$P_{W1}=0.24\times0.5\times1.7=0.2$	$MP_{W1}=0.2\times(\frac{0.5}{2}+16)=3.25$
墩身	$P_{W2}=0.24\times[\frac{1}{2}(1.5+1.75)\times5]=1.95$	$MP_{W2}=1.95\times(\frac{5}{3}\times\frac{1.75+2\times1.5}{1.75+1.5}+3)=10.6$
合计	$P_W=86.54$	$MP_W=1654.92$

桥上无车横向风力

项目 \ 力和力矩	风力=风压强度×受风面积	风力对墩底的力矩=风力×力臂
梁	$P_{梁}=1.82\times16.56\times(1.84+0.15-0.09)=57.26$	$M=57.26\times(\frac{1.84+0.15-0.09}{2}+0.09+0.6+16)=1020.07$
顶帽	$P_{W1}=0.42\times0.5\times1.7=0.36$	$M=0.36\times(\frac{0.5}{2}+16)=5.85$
墩身	$P_{W2}=0.42\times[\frac{1}{2}\times(1.5+1.75)\times5]=3.14$	$M=3.14\times(\frac{5}{3}\times\frac{1.75+2\times1.5}{1.75+1.5}+3)=18.54$
合计	$P=60.76$	$M=1034.46$

6. 流水压力

桥墩阻水面积 $A=(\frac{1.75+1.9}{2})\times3=5.48\ (m^2)$，$K=0.6$

桥墩流水压力 $P=KA\frac{\gamma_w V^2}{2g}=0.6\times5.48\times\frac{10\times3^2}{2\times10}=14.80\ (kN)$

P对墩底截面力矩 $M_P=14.8\times2=29.6\ (kN\cdot m)$

(二) 墩身底部截面的检算

墩底面积 $A_2=\frac{\pi}{4}\cdot d^2+ad=\frac{\pi}{4}\times1.9^2+2.7\times1.9=7.97\ m^2$

截面绕水平轴的惯性矩 $I_y=\frac{\pi d^4}{64}+\frac{ad^3}{12}=\frac{\pi}{64}\times1.9^4+\frac{1}{12}\times2.7\times1.9^3=2.18\ m^4$

截面抵抗矩 $W_y=\frac{I}{\frac{d}{2}}=2.30\ (m^3)$

2. 墩身受压稳定性偏心检算. 计算长度 $l_0 = 2 \times 18 + 0.61 = 17.2$ (m)

活载情况	单孔轻载		单孔重载		双孔重载	
力及力矩	N(KN)	m(KN·m)	N(KN)	m(KN·m)	N(KN)	m(KN·m)
主力 竖向恒载 N_1	1077.08					
活载压力 R	239.14					
墩顶合力(N及M)	1316.22					
墩顶压力对墩偏心距 e_0	$66.96 \div 1316.22 = 0.05$					
墩顶面积 A_1	$\pi \cdot 0.75^2 + 1.5 \times 2.7 = 5.82$					
墩身截面惯性矩 I	$\frac{\pi}{64} \times 1.5^4 + \frac{1}{12} \times 2.7 \times 1.5^3 = 3.01$					
墩底面积 A_2	$\pi \times 1.95^2 + 1.9 \times 2.7 = 7.97$					
墩底截面惯性矩 I	$\frac{\pi}{64} \times 1.9^4 + \frac{1}{12} \times 2.7 \times 1.9^3 = 2.18$					
$m(\frac{2r_0}{d})$	$\frac{2r_0}{d} = 0.463$		查表得 $m = 1.87 + \frac{0.3}{0.1} \times 0.063 = 1.185$			
墩身平均面积 A_0			$A_0 \approx \frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{5.82 + 7.87}{2} = 6.9$			
计算长度 l_0(m)			$2 \times 8 + 0.61 = 17.2$			
$\lambda = \frac{0.1}{0.24\sqrt{\frac{E_0}{m}}} + 0.16$	$\frac{0.1}{0.24\sqrt{\frac{24 \times 10^4}{1.185}}} + 0.16 = 0.54$		24×10^4	0.51		0.66
$\frac{0.1}{\lambda} \frac{4mE_0 I}{l_0^2} = X$	1.379×10^6		1.379×10^6		1.378×10^6	
λ	74466		70329		91014	
$N_{cr} = \lambda X \cdot [\frac{1}{1.2} + \frac{1}{0.1} \frac{A_0}{A_1}]$	71880		71583		73278	
主力 $\frac{KN}{N_{cr}}$	2502.72		3082.46		3763.24	
主力 $\eta_{max} = 1 - \frac{KN}{N_{cr}}$	1.003		1.045		1.054	
主十附 KN	2002.17		2465.97		3010.59	
主十附 η_{max}	1.002		1.036		1.043	

合格