

作用在桥墩台上的作用及组合

作用在桥墩台上的作用具体分为：

表 4.1.1 作用 分 类

编 号	作 用 分 类	作 用 名 称
1	永久作用	结构重力(包括结构附加重力)
2		预加力
3		土的重力
4		土侧压力
5		混凝土收缩及徐变作用
6		水的浮力
7		基础变位作用
8	可变作用	汽车荷载
9		汽车冲击力
10		汽车离心力
11		汽车引起的土侧压力
12		人群荷载
13		汽车制动力
14		风荷载
15		流水压力
16		冰压力
17		温度(均匀温度和梯度温度)作用
18		支座摩阻力
19	偶然作用	地震作用
20		船舶或漂流物的撞击作用
21		汽车撞击作用

注：组合式桥墩仍应考虑预加力，

1. 作用的计算

(1) 恒载和水的浮力

桥梁上部结构荷载传至墩台的计算值，由桥梁支座反力计算确定。对于墩台在水下和土中部分自重的计算方法，要根据地基土的性质加以考虑。

水下土的浮力计算是一个至今尚未完全解决的问题，其关键在于图的孔隙中能否传递静水压力。在考虑水的浮力时，对不同的土质和不同的计算内容作了不同的规定：

1 基础底面位于透水性地基上的桥梁墩台,当验算稳定时,应考虑设计水位的浮力;当验算地基应力时,可仅考虑低水位的浮力,或不考虑水的浮力。

2 基础嵌入不透水性地基的桥梁墩台不考虑水的浮力。

3 作用在桩基承台底面的浮力,应考虑全部底面积。对桩嵌入不透水地基并灌注混凝土封闭者,不应考虑桩的浮力,在计算承台底面浮力时应扣除桩的截面面积。

4 当不能确定地基是否透水时,应以透水或不透水两种情况与其他作用组合,取其最不利者。

(2) 侧向土压力

梁桥桥台的侧土压力,一般按主动土压力计算。当桥台刚度很大,不可能产生微量移动,滑动土体不可能形成时,可按静止土压力计算。

在计算倾覆和滑动稳定时,墩、台、挡土墙前侧地面以下不受冲刷部分土的侧压力可按静土压力计算。

静土压力的标准值可按式计算:

$$e_j = \xi \gamma h$$

$$\xi = 1 - \sin \varphi$$

$$E_j = \frac{1}{2} \xi \gamma H^2$$

式中 e_j ——任一高度 h 处的静土压力强度(kN/m²);

ξ ——压实土的静土压力系数;

γ ——土的重力密度(kN/m³);

φ ——土的内摩擦角(°);

h ——填土顶面至任一点的高度(m);

H ——填土顶面至基底高度(m);

E_j ——高度 H 范围内单位宽度的静土压力标准值(kN/m)。

主动土压力计算采用库仑土压力公式。计算土压力时,可按式计算:

1) 当土层特性无变化且无汽车荷载时,作用在桥台、挡土墙前后的主动土压力标准值可按式计算:

$$E = \frac{1}{2} B \mu \gamma H^2 \quad (4.2.3-4)$$

$$\mu = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (4.2.3-5)$$

式中 E ——主动土压力标准值(kN);

γ ——土的重力密度(kN/m³);

B ——桥台的计算宽度或挡土墙的计算长度(m);

H ——计算土层高度(m);

β ——填土表面与水平面的夹角,当计算台后或墙后的主动土压力时, β 按图 4.2.3-1(a)取正值;当计算台前或墙前主动土压力时, β 按图 4.2.3-1(b)取负值;

α ——桥台或挡土墙背与竖直面的夹角,俯墙背(如图 4.2.3-1)时为正值,反之为负值;

δ ——台背或墙背与填土间的摩擦角,可取 $\delta = \varphi/2$ 。

主动土压力的着力点自计算土层底面算起, $C = H/3$ 。

2) 当土层特性无变化但有汽车荷载作用时,作用在桥台、挡土墙后的主动土压力标准值在 $\beta = 0^\circ$ 时可按下式计算:

$$E = \frac{1}{2} B \mu \gamma H (H + 2h) \quad (4.2.3-6)$$

式中 h ——汽车荷载的等代均布土层厚度(m)。

主动土压力的着力点自计算土层底面算起, $C = \frac{H}{3} \times \frac{H + 3h}{H + 2h}$ 。

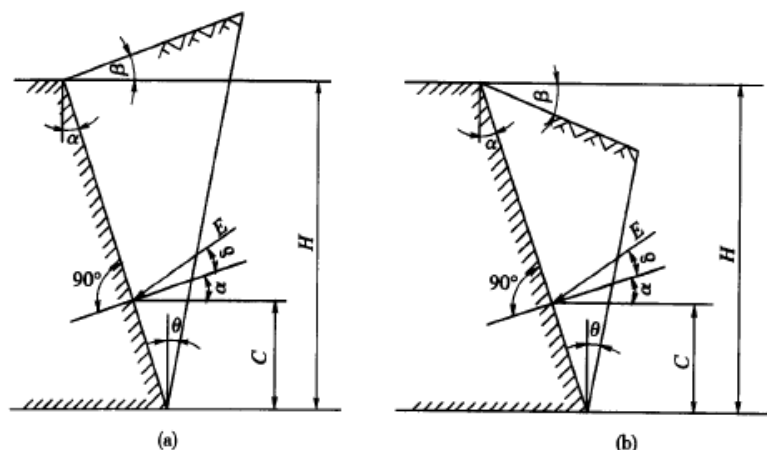


图 4.2.3-1 主动土压力图

3) 当 $\beta = 0^\circ$ 时,破坏棱体破裂面与竖直线间夹角 θ 的正切值可按式计算:

$$\tan \theta = -\tan \omega + \sqrt{(\cot \varphi + \tan \omega)(\tan \omega - \tan \alpha)} \quad (4.2.3-7)$$

式中 $\omega = \alpha + \delta + \varphi$ 。

5 承受土侧压力的柱式墩台,作用在柱上的土压力计算宽度,可按下列规定采用(图 4.2.3-2):

1)当 $l_i \leq D$ 时,作用在每根柱上的土压力计算宽度可按下式计算:

$$b = \frac{(nD + \sum_{i=1}^{n-1} l_i)}{n} \quad (4.2.3-8)$$

式中 b ——土压力计算宽度(m);

D ——柱的直径或宽度(m);

l_i ——柱间净距(m);

n ——柱数。

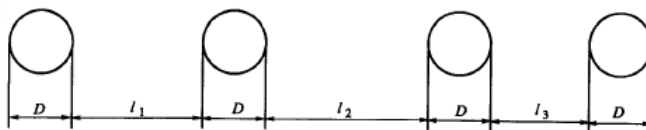


图 4.2.3-2 柱的土侧压力计算宽度

2)当 $l_i > D$ 时,应根据柱的直径或宽度来考虑柱间空隙的折减。

当 $D \leq 1.0\text{m}$ 时,作用在每一柱上的土压力计算宽度可按下式计算:

$$b = \frac{D(2n - 1)}{n} \quad (4.2.3-9)$$

当 $D > 1.0\text{m}$ 时,作用在每一柱上的土压力计算宽度可按下式计算:

(3) 汽车荷载冲击力

4.3.2 汽车荷载冲击力应按下列规定计算:

1 钢桥、钢筋混凝土及预应力混凝土桥、圬工拱桥等上部构造和钢支座、板式橡胶支座、盆式橡胶支座及钢筋混凝土柱式墩台,应计算汽车的冲击作用。

2 填料厚度(包括路面厚度)等于或大于 0.5m 的拱桥、涵洞以及重力式墩台不计冲击力。

(4) 汽车荷载的制动力

在计算梁式桥墩台时,制动力可移至支座中心(铰或滚轴中心)或滑动支座、橡胶支座、摆动支座的底座面上。

(5) 流水压力及冰压力

流水压力

流水压力合力的着力点,假定在设计水位线以下 0.3 倍水深处。

4.3.8 作用在桥墩上的流水压力标准值可按下式计算:

$$F_w = KA \frac{\gamma V^2}{2g}$$

式中 F_w ——流水压力标准值(kN);

γ ——水的重力密度(kN/m^3);

V ——设计流速(m/s);

A ——桥墩阻水面积(m^2),计算至一般冲刷线处;

g ——重力加速度, $g = 9.81(\text{m}/\text{s}^2)$;

K ——桥墩形状系数,见表 4.3.8。

冰压力

冰压力有竖向和水平向作用力,主要是水平向作用力。水平向作用力包括因风和水流作用于大面积冰层而产生的静压力、冰堆整体推移产生的静压力、河流流冰产生的动压力。

(6) 船只或漂流物的撞击力

4 漂流物横桥向撞击力标准值可按下式计算:

$$F = \frac{WV}{gT} \quad (4.4.2)$$

式中 W ——漂流物重力(kN),应根据河流中漂流物情况,按实际调查确定;

V ——水流速度(m/s);

T ——撞击时间(s),应根据实际资料估计,在无实际资料时,可用 1s;

g ——重力加速度, $g = 9.81(\text{m/s}^2)$ 。

5 内河船舶的撞击作用点,假定为计算通航水位以上 2m 的桥墩宽度或长度的中点。海轮船舶撞击作用点需视实际情况而定。漂流物的撞击作用点假定在计算通航水位线上桥墩宽度的中点。

(7) 地震力

4.4.1 地震作用

地震动峰值加速度等于 $0.10g$ 、 $0.15g$ 、 $0.20g$ 、 $0.30g$ 地区的公路桥涵,应进行抗震设计。地震动峰值加速度大于或等于 $0.40g$ 地区的公路桥涵,应进行专门的抗震研究和设计。地震动峰值加速度小于或等于 $0.05g$ 地区的公路桥涵,除有特殊要求者外,可采用简易设防。做过地震小区划的地区,应按主管部门审批后的地震动参数进行抗震设计。

桥梁抗震设计计算和设防可参照《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-02-2008)有关规定进行。

2. 作用效应组合

最不利效应组合:

(1) 只对可能在墩台上同时出现的作用进行效应组合,并分别针对纵向、横向和竖向的最不利作用效应进行组合。

(2) 当可变作用的出现对墩台的受力产生有利影响时,该作用不参与组合;

(3) 实际不可能同时出现的作用或同时参与组合的概率很小的作用,按表 2-7-2 规定不考虑其作用效应的组合;

(4) 施工阶段作用效应的组合,应按照计算需要及墩台所处的具体条件而定,桥梁结构上施工人员和施工机具设备作为临时荷载加以考虑;

(5) 多个偶然作用不同时参与组合。

桥梁墩台的计算与验算

一般重力式梁桥墩台的验算包括强度验算、偏心距验算和稳定性验算等;对于高度超过 20m 的重力式实体墩台、各种空心墩和桩,尤其是柱式轻型墩台,尚需要计算及验算墩台的弹性位移。

1. 重力式墩台的验算

(一) 截面强度验算

重力式墩台主要采用圬工材料建造，一般为偏心受压构件，根据《公路圬工桥涵设计规范》（JTGD61—2005），其设计过程采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，采用分项系数表达式进行计算。在不利荷载组合作用下，验算墩台各控制截面作用效应的设计值（内力）应小于或等于结构抗力效应的设计值，以方程式表示为：

$$\gamma_0 S \leq R(f_d, a_d)$$

式中：S—作用效应组合设计值，按（JTGD60-2004）的规定计算；

R(·) —构件承载力设计值函数；

f_d —材料强度设计值；

a_d —几何参数设计值，可采用几何参数标准值 a_k ，即设计文件规定值。

墩台截面的强度验算包括以下各项内容：

(1) 选取验算截面

1) 通常选取墩台身的基础顶面与墩台身截面突变处。

2) 采用悬臂式墩台帽的墩身，除对墩台帽进行验算外，应对墩台帽交界处墩身截面进行验算。

3) 当桥墩、桥台较高时，需沿墩台身每隔 2~3m 选取一个验算截面。

(2) 验算截面的内力计算

按照各种组合，分别计算各验算界面的竖向力、水平力和弯矩，得到 $\sum N$ 、 $\sum H$ 及 $\sum M$ ，并按下式计算各种组合的竖向力设计值：

$$N_j = \gamma_0 \sum N_d$$

式中： N_j ——各种组合中最不利的设计荷载效应（竖向力）；

N_d ——各种组合中按不同荷载算得的竖向力设计值；

其他符号意义同前。

(3) 砌体构件受压承载力计算

对砌体（包括砌体与混凝土组合）受压构件，根据《公路圬工桥涵设计规范》（JTGD61—2005），当构件受压偏心距在表 2-7-3 规定的限值范围内时，其承载力应按下列公式计算：

$$N_j \leq \varphi A f_{cd}$$

式中：

A——构件截面面积，对于组合截面按强度比换算，即 $A = A_0 + \eta_1 A_1 + \eta_2 A_2 + \cdots$ ， A_0 为标准层截面面积， A_1 、 A_2 、 $\cdots$ 为其他层截面面积， $\eta_1 = f_{cd1} / f_{cd0}$ 、 $\eta_2 = f_{cd2} / f_{cd0}$ 、 $\cdots$ ， f_{cd0} 为标准层轴心抗压强度设计值， f_{cd1} 、 f_{cd2} 、 $\cdots$ 为其他层的轴心抗压强度设计值；

f_{cd} ——砌体或混凝土轴心抗压强度设计值，应按本规范第 3.3.2 条、第 3.3.3 条及第 3.3.4 条的规定采用；对组合截面应采用标准层轴心抗压强度设计值；

φ ——构件轴向力的偏心距 e 和长细比 β 对受压构件承载力的影响系数，按本规范第 4.0.6 条和第 4.0.7 条计算。

偏心受压构件承载力影响系数 φ ，按下列公式计算：

$$\varphi = \frac{1}{\frac{1}{\varphi_x} + \frac{1}{\varphi_y} - 1}$$

$$\varphi_x = \frac{1 - \left(\frac{e_x}{x}\right)^m}{1 + \left(\frac{e_x}{i_y}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + \alpha\beta_x(\beta_x - 3)\left[1 + 1.33\left(\frac{e_x}{i_y}\right)^2\right]}$$

$$\varphi_y = \frac{1 - \left(\frac{e_y}{y}\right)^m}{1 + \left(\frac{e_y}{i_x}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + \alpha\beta_y(\beta_y - 3)\left[1 + 1.33\left(\frac{e_y}{i_x}\right)^2\right]}$$

具体计算可按《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)第 4.0.6 条和 4.0.7 条计算。

(4) 混凝土构件受压承载力计算

4.0.8 混凝土偏心受压构件,在本规范表 4.0.9 规定的受压偏心距限值范围内,当按受压承载力计算时,假定受压区的法向应力图形为矩形,其应力取混凝土抗压强度设计值,此时,取轴向力作用点与受压区法向应力的合力作用点相重合的原则(图 4.0.8)确定受压区面积 A_c 。受压承载力应按下列公式计算:

$$\gamma_0 N_d \leq \varphi f_{cd} A_c \quad (4.0.8-1)$$

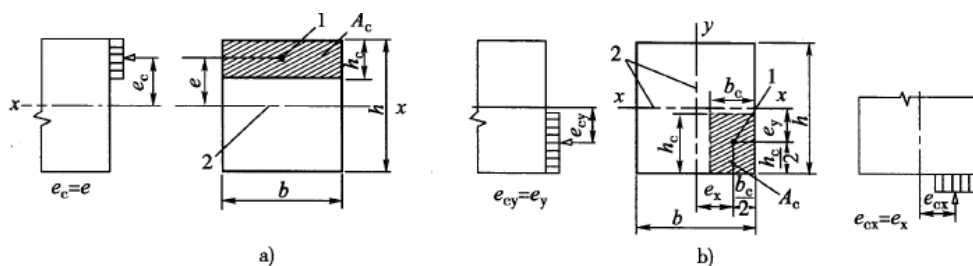


图 4.0.8 混凝土构件偏心受压

a) 单向偏心受压; b) 双向偏心受压

1-受压区重心(法向压应力合力作用点); 2-截面重心轴; e -单向偏心受压偏心距; e_c -单向偏心受压法向应力合力作用点距重心轴距离; e_x 、 e_y -双向偏心受压在 x 方向、 y 方向的偏心距; e_{cx} 、 e_{cy} -双向偏心受压法向应力合力作用点,在 x 、 y 方向的偏心距; A_c -受压区面积; h_c 、 b_c -矩形截面受压区高度、宽度

表 4.0.9 受压构件偏心距限值

作用组合	偏心距限值 e
基本组合	$\leq 0.6s$
偶然组合	$\leq 0.7s$

注:(1)混凝土结构单向偏心的受拉一边或双向偏心的各受拉一边,当设有不小于截面面积 0.05% 的纵向钢筋时,表内规定值可增加 0.1s。

(2)表中 s 值为截面或换算截面重心轴至偏心方向截面边缘的距离(图 4.0.9)。

(5) 截面偏心距验算

桥墩承受偏心受压荷载时,各验算截面在各种组合的偏心距 e_0 均不应超过表 4.0.9 中的限值。如超过,可按下式确定构件承载力:

$$\text{单向偏心: } \gamma_0 N_d \leq \varphi \frac{A f_{tmd}}{\frac{Ae}{W} - 1}$$

$$\text{双向偏心: } \gamma_0 N_d \leq \varphi \frac{Af_{tmd}}{\frac{Ae_x}{W_y} + \frac{Ae_y}{W_x} - 1}$$

式中 N_d ——轴向力设计值；

A ——构件截面面积,对于组合截面应按弹性模量比换算为换算截面面积；

W ——单向偏心时,构件受拉边缘的弹性抵抗矩,对于组合截面应按弹性模量比换算为换算截面弹性抵抗矩；

W_y 、 W_x ——双向偏心时,构件 x 方向受拉边缘绕 y 轴的截面弹性抵抗矩和构件 y 方向受拉边缘绕 x 轴的截面弹性抵抗矩,对于组合截面应按弹性模量比换算为换算截面弹性抵抗矩；

f_{tmd} ——构件受拉边层的弯曲抗拉强度设计值,按本规范表 3.3.2、表 3.3.3-4 和表 3.3.4-3 采用；

e ——单向偏心时,轴向力偏心距；

e_x 、 e_y ——双向偏心时,轴向力在 x 方向和 y 方向的偏心距；

φ ——砌体偏心受压构件承载力影响系数或混凝土轴心受压构件弯曲系数,分别见本规范第 4.0.6 条和 4.0.8 条。

2) 墩台整体稳定验算

(1) 抗倾覆稳定验算

扩大基础的墩台需以最不利组合,并考虑水的浮力验算,墩台的抗倾覆稳定性验算可按下式进行：

$$K_1 = \frac{M_{\text{稳}}}{M_{\text{倾}}} \geq K_{01}$$

式中： K_1 ——抗倾覆稳定安全系数；

$M_{\text{稳}}$ ——稳定力矩,如图 2-7-16 所示,其稳定力矩： $M_{\text{稳}} = s \sum P_i$ ；

s ——墩台基础底面重心至偏心方向外缘 (A) 的距离；

$M_{\text{倾}}$ ——倾覆力矩,当车辆荷载布置在后台破坏棱体时产生的最大倾覆力矩,则

$$M_{\text{倾}} = \sum P_i e_i + \sum H_i h_i ;$$

e_i ——各竖向力到底面重心的距离；

h_i ——各水平力到基础底面的力臂；

H_i ——作用在墩台上的水平力；

K_{01} ——抗倾覆稳定系数,具体取值见表 2-7-4。

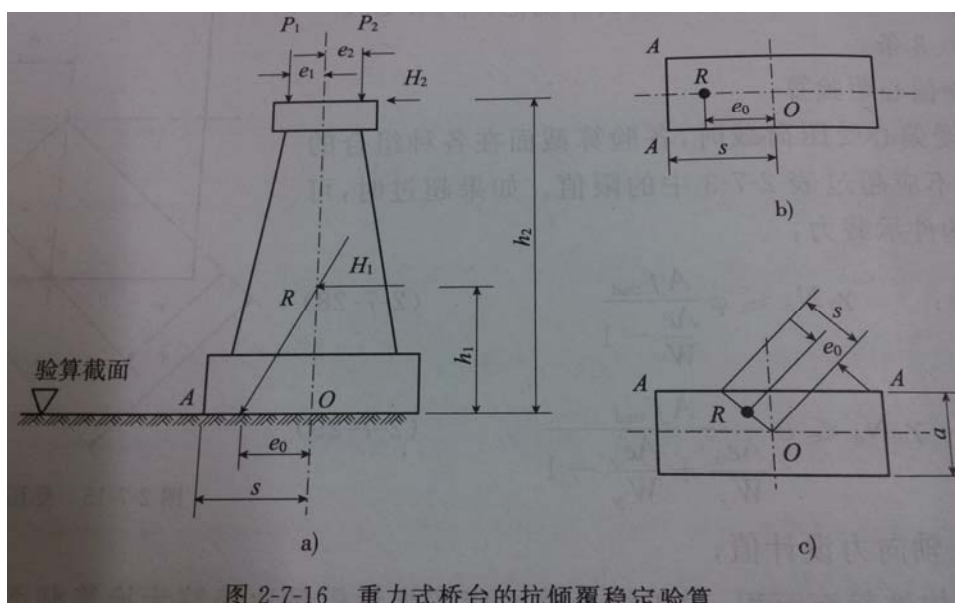


图 2-7-16 重力式桥台的抗倾覆稳定验算

桥墩抗倾覆验算时，一般只考虑桥墩在顺桥方向的稳定性。

(2) 抗滑移稳定验算

墩、台的抗滑移稳定验算，可按式下进行：

$$K_2 = \frac{\mu \sum P_i + \sum H_{ip}}{\sum H_{in}} \geq K_{02}$$

式中： μ ——基础底面与地基土之间的摩擦系数，通过试验确定；当无实际材料时，参照表 2-7-5；

$\sum P_i$ ——竖向力总和；

$\sum H_{ip}$ ——抗滑稳定水平力总和；

$\sum H_{in}$ ——滑动水平力总和；

K_{02} ——抗滑移稳定系数，具体取值见表 2-7-4。

在墩台抗倾覆、抗滑移稳定性验算时，应分别按最高设计水位和最低设计水位的不同浮力进行组合。

3) 墩台顶水平位移计算

(1) 水平位移的规定

对于高度超过 20m 的重力式墩台及轻型墩台，应验算顶端水平方向的弹性位移，并使其符合规定要求。墩台顶面水平位移的容许极限值为：

$$\Delta_y \leq 5\sqrt{L} \quad (2-7-47)$$

式中： L ——相邻墩台间的最小跨径，以米计。跨径小于 25m 时仍以 25m 计算；

Δ_y ——墩台顶水平位移值(mm)，它的数值应包括墩台水平方向的弹性位移和由于地基不均匀沉降而产生的水平位移值的总和。地基不均匀沉降所产生的水平位移值，可通过计算不均匀沉降引起的倾斜角求得。

(2) 水平弹性位移的计算

重力式墩台帽一般可不进行验算，支座垫石下的局部承压应力与支座计算的有关内容相

同。

2. 桩柱式墩台的计算

1) 盖梁计算

(1) 计算图式

双柱式墩台，当盖梁与桩柱的线刚度之比大于 5 时，为简化计算可忽略节点不均衡弯矩的分配及传递，对双柱式墩台盖梁可按简支梁计算，多柱式墩台盖梁可按连续梁计算；当线刚度小于 5 时，或桥墩承受较大横向力时，盖梁应作为横向刚架的一部分予以验算。

盖梁计算跨径与梁高之比 l/h ，当对简支梁有 $l/h \leq 2.0$ ，对连续梁 $l/h \leq 2.5$ 时，应按深梁计算；当对简支梁有 $2.0 < l/h \leq 5.0$ ，对连续梁 $2.5 < l/h \leq 5.0$ 时，应根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004) 中第 8.2 节计算；当对简支梁和连续梁 $l/h > 5.0$ 时，应根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004) 中第 5~7 章，按钢筋混凝土一般构件计算。

(2) 内力计算

公路桥梁桩柱式墩台的盖梁通常采用双臂式，计算时控制截面选取在支点和跨中截面。为了得到活载最不利横向布置，可先作出控制截面的内力影响线，活载通过上部结构的支点间接传递至盖梁顶面，然后通过活载横向布置，就能得到活载最不利横向布置系数，并根据最大活载支反力便能获得最不利活载内力。在盖梁内力计算时，可考虑桩柱支撑宽度对削减负弯矩尖峰的影响。桥墩台沿纵向的水平力及当盖梁在沿桥纵向设置两排支座时，上部结构活载的偏心力对盖梁将产生扭矩，应予以考虑。

桥台的盖梁计算，一般可不考虑背墙与盖梁共同受力，此时背墙仅起挡土墙作用。必要时也可考虑背墙与盖梁的共同受力，盖梁按 L 形截面计算。桥台耳墙视为单悬臂固端梁，水平方向承受土压力及活载水平压力。

(3) 配筋验算

盖梁的配筋验算方法与钢筋混凝土梁配筋类同，根据弯矩包络图配置受弯钢筋，根据剪力包络图配置弯起钢筋和箍筋。在配筋时，还应计算各控制截面扭矩所需要的箍筋及纵向钢筋。

2) 墩台桩柱的计算

(2) 内力计算

桩柱式墩台按桩基础的有关内容计算桩柱的内力和桩的入土深度。对于单柱式墩，计算弯矩应考虑两个方向弯矩的合力，纵、横方向弯矩合力值为： $\Sigma M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ 。

计算墙式台身内力时，应按盖梁底面、墙身中部、墙身底面、承台底面等分别进行内力计算和应力验算。

(3) 配筋验算

在最不利的内力组合之后，按钢筋混凝土偏心受压构件，先配筋再作验算。

3) 墩台顶部位移计算

详见课本。

3. 柔性墩的计算要点

详见课本。

4. 空心墩的计算特点

详见课本。