

86.564

T 27.00

鐵路橋墩台檢算及实例

鐵道部第一設計院

1958

前 言

在桥梁設計中，桥墩台檢算是一項繁重而重要的工作，它对多快好省的修建铁路具有重要意义。为了便于桥梁設計人員研究比較，鼓初学桥梁設計人員能尽快掌握墩台設計計算要領，从而提高質量，加速进度，特將我院1957年在西北各綫中，对各式实体桥墩台檢算实例（图号1桥参030）加以整理，并附經驗总结一并付印，主要目的是希望能对今后的桥墩台檢算工作創造一些有利条件，虽在实际运算上已不断簡化，而在理論分析上仍可起到一定的参考作用。

一年来，特别是在1958年大跃进中，有关墩台檢算的各项規定，修改变动很多，計算方法上也有很多改进的地方，除將有关补充和修正規定附入外，因限于時間，在內容上未作相应修改，参閱本書算例时，請特別注意結合现阶段簡化后情况，对照研究！

由于我們水平关系，在理論及計算方面难免存在片面性，甚至錯誤之处，敬希指正！

鐵路桥墩台檢算及实例

鐵道部第一設計院編

目 錄

前 言	
第一章 桥墩台檢算經驗	 (1)
第一节 桥墩部分	 (1)
第二节 桥台部分	 (19)
第二章 有关墩台檢算的各项規定	 (42)
一、有关檢算規定的补充与修正	 (24)
二、有关墩台檢算的各项規定	 (27)
第一节 总則	 (27)
第二节 計算荷載	 (27)
第三节 墩台身檢算的一些規定	 (36)
第四节 墩台基础檢算的一些規定	 (42)
第五节 有关地震的一些規定	 (49)
第六节 容許应力之規定	 (52)
第三章 桥墩算例	 (57)
第一节 跨度16M鉸梁尖端形桥墩算例	 (57)
第二节 跨度16M鉸梁双綫尖端形桥墩算例	 (70)
第三节 跨度32M鋼鉸梁十16M 鉸梁圓端形桥墩算例	 (82)
第四节 跨度23.9M預施应力墩梁圓形桥墩算例	 (93)
第五节 跨度23.9M預施应力 鉸梁十16M鉸梁矩形桥墩算例	 (111)

第四章	桥台算例	(129)
第一节	双孔0.75M石砌明渠算例.....	(129)
第二节	跨度2.0M 铰钣梁轻型桥台算例.....	(140)
第三节	跨度16M铰梁U形桥台算例	(147)
第四节	跨度16M铰梁双綫L形桥台算例	(174)
第五节	跨度23.9M預施应力铰梁T形桥台算例	(192)
第六节	跨度16M铰梁双綫T形桥台算例	(216)
第七节	跨度16M铰梁T形桥台切削和錯台算例	(233)
第八节	跨度23.9M預施应力 铰梁巨頂埋置式桥台算例.....	(245)
第九节	跨度16M铰梁十字形桥台算例.....	(261)
第十节	跨度16M铰梁 3M 寬埋置式桥台算例.....	(308)
附录一	桥墩截面面积模量及重新分配压应力系数表.....	(319)
附录二	建議采用之墩台个别檢算空白表格.....	(327)

第一章 桥墩台檢算經驗

第一节 桥墩部分

一、活載布置

(一) 活載布置原則

桥墩檢算中，活載应按設定林(56)字第1141号函及設定梅(57)字第1560号函之規定布置；即將中載重分段作为二个連挂的抽象機車，只允許在距第一軸18公尺及37.5公尺兩处，以及代表列車的均匀活載的任意处所截断。（这只是在計算桥墩时的一种假定，因此，只能适用于桥墩的計算，其他情况，均不能应用）。

(二) 决定活載控制位置

正确地决定活載位置，找出活載在梁上布置的控制情况，是桥墩檢算中的一項重要步驟。在决定活載控制位置时系將上述的二个連挂的抽象機車，分別按向桥墩方向及相反方向，在梁上前后移动，求出活載产生的支点反力与垂直力矩。当某一活載位置产生的垂直力偏心对截面为最大时即 $-\frac{\Sigma M}{\Sigma N} = \text{最大时}$ ，則該活載位置即墩身檢算的控制位置。

同样，当某一活載位置产生的基底压应力为最大时，即

$$\frac{\Sigma N}{F} + \frac{\Sigma M}{W} = \text{最大时，則該活載位置，即基础檢算之控制位置}$$

（但岩石基底的基础，系偏心控制設計时，其活載控制情况与墩身同）。由于决定活載控制位置这一工作，是一个繁瑣的計算过程，往往在推求中，花去很多時間。又因为隨各种跨度各种墩身高的不同，活載控制位置亦隨之而异。因此，为了提高工作效率，茲就我們几年来

已作过的資料，將桥墩檢算的活載控制位置及各种为計算所需的数
据，制成一表，供檢算时使用。

使用上表的几点說明：

1. 表中同一跨度而活載的布置有兩種情况者，表示因墩身高度不同活載控制位置有所变化，故在設計时，应注意按兩種可能进行比较；

2. 制动力系按設技黎(57)字第1775号函及技黎(57)字第1766号函之規定計算；即用石棉垫的銻梁、按梁每端的支座各負担全部制动力之50%計算。其他弧形及平鉸支座均按固定端負担制动力的100%，活动端負担制动力50%的規定，照規程指示办理。同时，計算中將制动力移至支座鉸中心处，因移动制动力所引起的附加垂直反力均不予計算。

3. 地震力欄內，各項数字应根据結構物之高度及地震烈度选用 α 及 K_c ，再乘以表內数值 P ，即 $S = \alpha \cdot K_c \cdot P$

4. 当載重等級为中—22級时，則將表列与活載有关数值均乘以 $\frac{22}{26}$ 系数即得。

二、墩身截面檢算

(一) 墩身截面檢算的目的与要求

墩身截面檢算的目的，在于求得經濟合理的断面尺寸，其結果应滿足以下三点要求：

1. 基頂以上每一截面垂直力的偏心均需在規程允許範圍之內，即偏心不大于寬度的 $\frac{1}{4}$ 。
2. 基頂以上每一截面压应力均不超过圬工允許承压应力。
3. 桥墩之穩定須符合規程要求。

(二) 控制墩身檢算的外力組合情况

在明确了墩身檢算的目的与要求后，应当知道，無論偏心，应力或穩定性，均应就所有外力，擇其最不利的受力情况进行檢算。因此，首先遇到的就是外力組合問題。但究竟何種受力情况最为不利，

往往不能很快得知。然而，恒載是固定不變的，故只須考慮各種活載情況中與恒載及附加力組合後造成最不利的情況進行計算即可。根據過去檢算的經驗，一般說來，外力組合對墩身控制的情況如下：

1. 墩身截面一般均系主力與附加力合併計算控制。
2. 檢算橋墩縱向時，以一孔輕載控制偏心。但在八度以上地震力合併作用下，由於活載及梁重所生的地震力很大，此時，往往雙孔活載控制偏心。截面壓應力系雙孔活載或一孔輕載控制。
3. 檢算橋墩橫向時，如橋梁在直線上，為雙孔空車控制偏心，雙孔活載控制壓應力。如橋梁在曲線上，為雙孔活載控制偏心及壓應力。

(三) 各種外力的求算辦法

恒載、活載、制動力、地震力等可參看表一。

1. 制動力系按梁上活載的10%計算，作用點移至支座鉸中心。

2. 地震力：恒載地震力作用於梁中心，以恒載的分數表示。

活載地震力：縱向，作用於支座鉸中心，以全梁活載的分數表示。

橫向，作用於軌頂以上2公尺處，以支點活載反力的分數表示。

在七度地震時，由於對橋墩的影響不大，一般可以不必要檢算地震力。

3. 離心力：曲線上的橋墩所受離心力系水平橫向均布載重，作用於軌頂以上2公尺處，其大小以換算均布活載的百分數表示：

$$\text{干綫橋梁} \quad C = \frac{12000}{R}, \text{ 但不大於 } 15\%.$$

$$\text{支綫橋梁} \quad C = \frac{9000}{R}, \text{ 但不大於 } 10\%.$$

在實際計算中，可直接在表一中，查出雙孔活載產生的支點反力以該反力的百分數表示即可，不外另行計算換算均布活載。

4. 風力計算：按規程，採用125公斤/公尺²（橋上有車時）或

225 公斤/公尺² (桥上无車时) 計算, 將墩身側面受風面積求出, 分別情況, 乘以上述數字即得。

5. 車輛橫向搖擺力: 為活動的均布的橫向力, 作用於軌頂平面上, 按活載的 5 % 計算, 一般均小於橫向風力, 可不計算。

6. 浮力: $P = K \cdot V$ 。V 為浸在水中之墩身及基礎體積; K = 係數, 詳第 30 頁。

7. 冰壓力: 按 1956 年蘇聯標準軌距鐵路橋涵設計準則附錄 12 計算。

(四) 墩身截面尺寸之擬定

墩身截面尺寸, 由經濟條件決定。一般墩身設計, 均系垂直力偏心控制, 故須自頂帽底面算起, 按墩身高度每隔 2~3 公尺檢算一個截面, 每一截面的垂直力偏心均需在容許範圍內。其截面尺寸的擬定辦法如下:

1. 經濟比較: 先按規程, 將頂帽放至最小尺寸。根據頂帽尺寸, 擬定墩身坡度, 進行檢算, 得出一個方案。然後, 將頂帽尺寸稍微放大 10~20 公分, 按放大後的頂帽尺寸, 再擬定墩身的另一坡度 (比第一方案坡陡), 再進行檢算, 得出另一方案。不同的頂帽尺寸, 與不同的墩身坡度, 得出不同的圬工體積, 視何者經濟, 最後決定採用。

2. 檢算中, 應注意找出控制截面。由經驗得知, 橋墩墩身截面檢算, 往往只受某一斷面的偏心控制 (該斷面偏心最大)。一般的規律是當橋墩較高時, 該斷面的位置大約在墩身高為 9~15 公尺之間。當墩身高度在 12 公尺以下時, 該斷面位置多半發生在墩身與基礎相連的斷面上。因此, 在擬定墩身坡度後, 應當首先在上述範圍內, 每公尺檢算一個截面, 從而決定墩身坡度是否擬定得合理經濟。如不合理, 立即重新假定坡度再計算。這樣, 可避免或少走彎路。

(五) 墩身截面應力檢算

墩身截面壓應力按照下列公式進行計算:

$$\sigma = \frac{\Sigma N}{F} \pm \frac{\Sigma M}{W}$$

式中, ΣN 系截面以上垂直力总和;

ΣM 系截面以上力矩总和;

F 系截面面积;

W系截面模量。

σ 之值, 不得大于圬工允许承压应力, 当垂直力偏心超过断面核心而产生拉应力时, 即 $\frac{\Sigma N}{F} - \frac{\Sigma M}{W} = \text{负值}$ 时, 则假定截面中有断缝出现, 不计其拉应力, 截面压应力应进行重分布, 其计算公式如下:

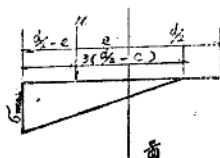


圖 1

1. 当截面为矩形时:

$$\sigma_{max} = \frac{2N}{3(d/2 - e)B}$$

式中 N 为截面以上总垂直力;

d 为截面宽度;

B 为截面长度。

2. 当截面为尖端形或圆端形时

$$\sigma_{max} = \lambda \frac{N}{F}$$

式中, λ 为系数, 可查附录一。

(六) 桥墩墩身截面的稳定

因墩身已满足规程规定之容许偏心限度 $e = 1/4d$, 故无须另行计算稳定。

(七) 桥墩墩身核算的几点注意事项

1. 核算墩身时, 不计浮力及水柱重, 受低水位控制, 此时墩身受风面积最大。

2. 圆形桥墩于核算偏心及压力时须将纵横向主力与一个方向的

附加力合并（即迭加）计算。

设圆墩的纵向弯矩 M_x ，横向弯矩 M_y 。

则合并计算之弯矩为

$$\Sigma M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

垂直力偏心 $e = \frac{\Sigma M}{N}$ 此种偏心的容许值为 $\frac{D}{4}$

如 $\frac{D}{4} > e > \frac{D}{8}$ ，垂直力偏心已在核心之外需要重新分配压力。

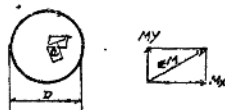


图 2

在直线上圆墩断面还较经济，在曲线上由于横向离心力很大远超过纵向的力矩，往往由于横向的要求使得墩身截面相当庞大，在这种情况下有时采用斜交的流线形（即圆端形或尖端形）桥墩是比较经济的。

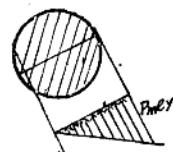


图 3

在检算斜交的圆端形桥墩时，亦应就墩身对称轴的两个方向分别计算其最不利的情况，其外力矩；

$$M_x' = M_x \cos \alpha + M_y \sin \alpha$$

$$M_y' = M_x \sin \alpha + M_y \cos \alpha$$

注：计算 M_x ， M_y 时只能考虑一个方向的附加力

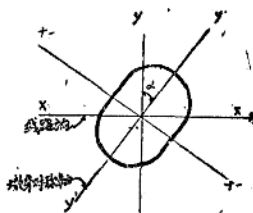


图 4

3. 与桥台毗邻的第一号桥墩或第末号桥墩，其墩身侧面受到桥台椎体填土的水平推力，此种水平推力的计算一般形状可按苏联铁路员工技术

手册第四卷一册内所列办法计算，如形状不规则或比较复杂时可参照本例办法，即假定破裂角 α ，计算崩裂面上的土重由已知的内摩擦角求得土推力与土重的关系，这样可以得到土推力为崩裂角的函数，设土推力为 P ，崩裂角 α

则

$$P = f(\alpha)$$

(1)

因崩裂角时所产生的土推力为最大故

$$\frac{dP}{d\alpha} = 0 \quad \text{即} \quad \frac{df(\alpha)}{d\alpha} = 0$$

解方程式可求出崩裂角 α ，代入 (1) 式可求得土推力 P ；土推力的作用线系通过崩裂体的重心且平行于崩裂面者。

由于侧面土壤水平推力的影响墩身需相应伸出若干，籍重力对截面底面中心的力矩以平衡此水平推力所产生的力矩，因此墩身两面对中轴成为不对称的形状，犹如埋置桥台的前墙伸出一样。

三、基礎設計

(一) 基礎設計應滿足的条件

1. 基底以上垂直力偏心在容許范围以内，即岩石基础偏心不大于宽度的 $1/5$ (坚質岩石为 $1/4$)，土壤基底基础偏心不大于宽度的 $1/6$ 。
2. 基底的垂直压应力在土壤容許范围以内。
3. 傾倒及滑走稳定均符合規程要求。

(二) 控制基礎檢算的外力組合情况

根据过去檢算經驗，外力組合对基础的控制情况大約如下：

1. 当基底为岩石，其承载力較高，基础一般按偏心控制設計：

(1) 直綫綫路上，以縱向單孔輕載的主力与附加力合并計算控制偏心，以縱向双孔活載的主力与附加力合并計算控制基底压应力。

(2) 曲綫綫路上，以橫向双孔活載的主力与附加力合并計算控制垂直力偏心及基底压应力。

2. 当基底为一般土壤时，系受基底土壤承载力控制設計：

(1) 直綫綫路上，以縱向双孔活載的主力与附加力合并計算控制基底压应力。

(2) 曲綫綫路上，以橫向双孔活載的主力或主力与附加力合并計算控制基底压应力。

个别情况当基底土壤承载力較高，基础設計受垂直力偏心控制时，外力組合情况与岩石基底相同。

3. 檢算基底的垂直力偏心及最大垂直壓应力時均不計水柱重及水浮力，受低水位控制。

4. 檢算傾倒穩定時，受高水位控制（即考慮水的浮力）

滑走穩定，由於橋墩的水平推力（風力、制動力、離心力等）較其垂直力小得很多，一般可不必要檢算，但地震計算烈度為8~9度的高墩，由於地震力的巨大作用，需加檢算。

（三）基礎經濟尺寸之擬定及設計方法

在基礎設計中，如何用最快的辦法擬定出一個最經濟的尺寸，是一個十分重要而又現實的問題。往往由於設計時考慮不周或未經必要的經濟比較，同一個壓力的基礎，其圬工數量可差到數十立方公尺之多。因此，基礎設計的經濟問題，應當重視。茲將在這一點工作中的點滴體會介紹如下：

1. 首先確定控制設計的方向（順橋或橫橋方向），一般情況直綫綫路上為縱向，曲綫綫路上為橫向，如前所述。

2. 擬定尺寸時，應盡先放大控制方向的尺寸，然後放大另一方向這樣截面模量最大。

3. 尺寸應盡先放大底層，然後放大上層。

4. 當基礎厚度為數層時，應盡量保持最下一層或數層按剛性角 30° 放至最大。

5. 當基礎尺寸不需要擴大時，可不按每層放台，但應注意符合施工規程的要求，台階尺寸不應小於20公分。

茲以下列示意圖為例，將尺寸之擬定方法說明如下：

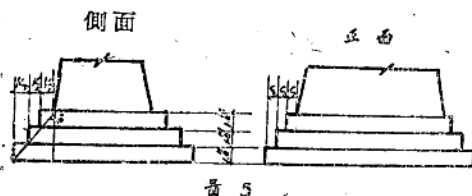


圖 5

設桥梁位于直綫綫路上：已知縱向控制設計，則开始拟定基础尺寸时，系

1. 假設 $K_3 = K_2 = K_1 = 0.57M$, $C_3 = C_2 = C_1 = 0.57M$

此时，若基础尺寸嫌大，則

2. 假設 $K_3 = K_2 = K_1 = 0.57M$, $C_3 = C_2 = 0.57M$, $C_1 \geq 0.20M$ 。

若基础尺寸仍嫌大，則

3. 假設 $K_3 = K_2 = K_1 = 0.57M$, $C_3 = 0.57M$, $C_2 = C_1 \geq 0.20M$ 。

若基础尺寸仍嫌大，則

4. 假設 $K_3 = K_2 = 0.57H$, $K_1 \leq 0.20M$, $C_3 = 0.57M$, $C_2 = C_1 \leq 0.20M$ 。

若基础尺寸仍嫌大，則

5. 假設 $K_3 = 0.57M$, $K_2 = K_1 \leq 0.20M$, $C_3 = 0.57M$, $C_2 = C_1 \leq 0.20M$ 。

上述方法，仅系示意，表示尺寸的变化，应当按此原則进行設計，至于具体数字則視实际需要而定。亦可假定 $C_2 = 0$ 或 $K_2 = 0$ ，而不一定每层放台。但应当記住，無論如何，基础尺寸应当先放下层，后放上层。先放控制方向，后放非控制方向，基础尺寸与压力成反比。尺寸愈大，压应力愈小；尺寸愈小，則压应力愈大。

(四) 基底压应力

1. 基底应力檢算公式，与墩身同，当基底出現拉应力（岩石基底的基础允許的垂直力偏心为宽度的 $\frac{1}{5}$ 或 $\frac{1}{4}$ ，超出基底面核心，故产生拉应力）时，应进行应力重分布的計算，使重分布后最大压应力不超过土壤允許承载力，其計算办法与墩身同。

2. 圓形桥墩基底压应力檢算：

圓墩基底压应力須將縱橫方向主力及一个方向的附加力合并計算。

設綜合之外力为 ΣN M_x M_y

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma N}{F} \quad \sigma_2 = \frac{M_x}{W_x}$$

$$\sigma_3 = \frac{M_y}{W_y}$$

則最大压力发生在 A 点或 B 点

对正八角形基础 σ_{max}

$$= \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \left(\frac{0.5}{1.207} \right)$$

$$\text{或 } \sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_2 \left(\frac{0.5}{1.207} \right) + \sigma_3$$

$$\sigma_{min} = \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 \left(\frac{0.5}{1.207} \right)$$

$$\text{或 } \sigma_{min} = \sigma_1 - \sigma_2 \left(\frac{0.5}{1.207} \right) - \sigma_3$$

如果計算結果 $\sigma_{min} < 0$ 即发生拉应力。

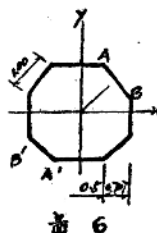
此时已違反桥涵設計規程第356条的規定应予放大基底尺寸，斜交的圓端形桥墩基础压力的求法与其墩身压力的求法相同，对于基底截面对称軸的两个方向分別計算不相合并。

四、不等跨桥墩頂帽計算

設計不等跨桥墩时，由于墩上的兩孔梁長度与重量均不相同，因而在拟定尺寸时，不能按等跨情况处理。关键的問題，又在于能設計出一个合理的頂帽，使整个桥墩既符合規程要求，又达到經濟合理的目的。

(一) 頂帽構造尺寸的拟定

1. 拟定頂帽尺寸时，应結合墩身的經濟情况进行比較而定，不宜只顧頂帽尺寸最小。有时，將頂帽尺寸稍微加大，往往得到較經濟的墩身。因为頂帽大小与墩身坡度有关，頂帽愈大，墩身坡度愈陡；頂帽愈小，墩身坡度愈緩。



2. 頂帽各部尺寸須符合規程的要求，其計算原則，詳見我院1958年編制的 I 桥定051之設計說明書。

3. 兩不等跨梁的支点反力之合力，应尽量接近于桥墩中心，以减小垂直力偏心。这样，墩身截面就有可能减小，达到节省圬工的目的。

(二) 計算方法

1. 找出不等跨桥墩檢算最不利的活載控制位置（可查表一）算出支点反力。

2. 將恒載与活載支点反力按靜力学原理，求合力的着力点，使該点与桥墩中綫，尽量接近以至重合。

3. 照上述步驟，將活載按相反的方向布置，再求出支点反力，按上述方法再进行靜力学計算，得出另一个合力的着力点。

4. 將兩合力着力点，进行适当調整，使截面偏心在兩方向布置活載时，均接近相等。这时，該不等跨桥墩为最經濟。兩合力着力点重合为一点。

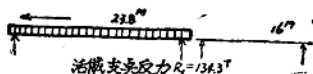
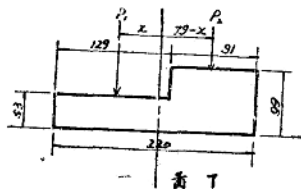
(三) 計算举例

資料： $L_p = 16M + 23.8M$ 梁，頂帽縱向尺寸 $220cm$ 系經濟比較后决定。

$p_1 = 23.8M$ 梁支点反力。

$p_2 = 16.0M$ 梁支点反力。

墩身高假設为 $10M$ ，墩身圬工重 $200T$ 。



1. 当火車向大梁（ $23.8M$ ）方向前进时：

梁重及活載支点反力 $P_1 = 243.3T$ $P_2 = 82.35T$

$$P_1 x = P_2 (79 - x) \quad \text{注: 79 為兩支座中}$$

心間距由計算得來

$$x = \frac{P_2 \times 79}{P_1 + P_2} = 20CM$$

活載所生的制動力 $T = 26.86T$

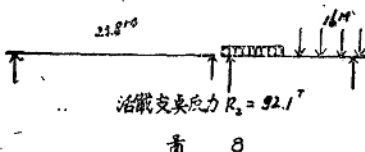
墩身高 10M 圬工重 200T

則 基頂以上垂直力 $\Sigma N = 243.3 + 82.35 + 200 = 525.7T$

如合力着力點與墩中心重合，則 $\Sigma M = 26.86 \times 10.53 + 243.3 \times 0.20 - 82.35 \times 0.59 = 282.6T - M_0$

垂直力偏心 $e_1 = \frac{\Sigma M}{\Sigma N} = 0.539M$

2. 當火車向小梁 (16.0M) 方向前進時，梁重及活載支点反力；



$$P_1 = 109T \quad P_2 = 174.45T$$

$$P_1 x = P_2 (79 - x)$$

$$x = \frac{P_2 \times 79}{P_1 + P_2} = 48.7CM$$

活載所生的制動力 $T = 21.87T$

基頂以上垂直力 $\Sigma N = 109 + 174.45 + 200 = 483.45T$

如合力着力點與墩中心重合，則 $\Sigma M = 21.87 \times 10.99 + 174.45 \times 0.303 - 109 \times 0.487 = 240.13T - M_0$

垂直力偏心 $e_2 = \frac{\Sigma M}{\Sigma N} = 0.497M$

調整 x ，令 $x = 28CM$ ，目的在於求得 e_1 與 e_2 接近相等。

則得以下算式：