

鋼筋混凝土橋樁墩設計

А. Я. 茹拉夫列夫著

全雪華譯
黃京群校

人民交通出版社

鋼筋混凝土橋樁墩設計

A. Я. 茹拉夫列夫著

全雪華譯 黃京群校

人民交通出版社

本書主要是介紹柔性樁墩的計算、鋼筋混凝土樁墩的結構及其施工指示，并附有各種實用的圖表。可供橋梁工程人員學習和參考。

統一書號：15044·1176-京

鋼筋混凝土橋樁墩設計

А.Я.ЖУРАВЛЕВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ ОПОР

АВТОТРАНСИЗДАТ

МОСКВА 1955

本書根據蘇聯汽車運輸與公路部出版社1955年莫斯科俄文版本譯出

全雪華譯 黃京群校

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

新華書店發行

公私合營慈成印刷工廠印刷

1957年2月北京第一版 1957年2月北京第一次印刷

開本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張：1張

全書：40,000字 印數：1—4900冊

定價(10)：0.28元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號)

目 录

前 言

第一章 柔性樁墩桥梁图式 13

第二章 柔性樁墩的計算 7

§ 1. “A”型一段式桥樁墩的計算 8

§ 2. “B”型二段式桥和“B”型多段式桥

边段樁墩的計算 14

§ 3. “B”型多段式桥中段樁墩的計算 17

§ 4. “Г”型一段式桥樁墩的計算 17

§ 5. “Д”型二段式桥和“E”型多段式桥

边段樁墩的計算 22

§ 6. “E”型多段式桥中段樁墩的計算 24

§ 7. 三段式桥樁墩的靜力計算示例 24

第三章 鋼筋混凝土樁墩的結構 36

§ 1. 樁 36

§ 2. 横系梁（盖梁） 39

§ 3. 樁墩桥梁与岸的銜接 44

§ 4. 采用樁墩桥梁的規定 44

§ 5. 樁墩防流冰的設施 45

第四章 樁墩施工的几点規定 47

附 錄

1. 各种樁截面和墩高用的 K 系数值表 53

2. 各种樁截面和墩高用的 m 系数值表 54

3. 樁上容許垂直荷載表 55

4. 樁錘技术特性 55

5. 組織水冲的施工技术指标表 56

前 言

近年来，在公路上修建小跨徑桥梁中，广泛采用柔性桩墩，这种桩墩是由頂面連以鋼筋混凝土橫系梁（常称为盖梁）的鋼筋混凝土桩組成的。

桩墩的优点是：結構在材料用量方面經濟，修建簡單，适于快速工业化施工要求，因此，决定了它比其它体系的墩台应用得更多。

虽然桩墩桥梁已經修建了很多，但在工程实践中还未定出合理的設計方法。特别是在桩墩靜力計算中还容許很多假定。

通常，桩墩在跨徑不超过15公尺的装配式鋼筋混凝土上部構造的棧桥式中型桥中采用。这些上部構造往往沒有支座，或有不完善型的支座。在这两种情况下，采用柔性桩墩时，上部構造在支座上不会发生移动，上部構造的溫度位移便由墩樁弯曲而抵消。这就决定了在柔性桩墩的靜力計算中必須考虑桩墩同时共同承受作用于桥梁上的水平力。在近年来的設計中，通常是考虑共同受力的，但是考虑得不够充分，而且往往未必正確。原因是至今采用的柔性桩墩桥梁的計算图式还不够明確。

本書的目的，是使广大的桥梁工程师熟习国家設計院“全苏公路設計院”于1954年制定的柔性桩墩桥梁設計的新原則。这些原則規定了图式的合理組合和柔性桩墩靜力計算的方法。

第一章 柔性樁墩桥梁圖式

到目前为止，在設計和施工方面采用得最多的有兩種樁墩桥梁圖式（圖1），按技術經濟指标和樁墩計算原則來說，這兩種圖式是截然不同的。

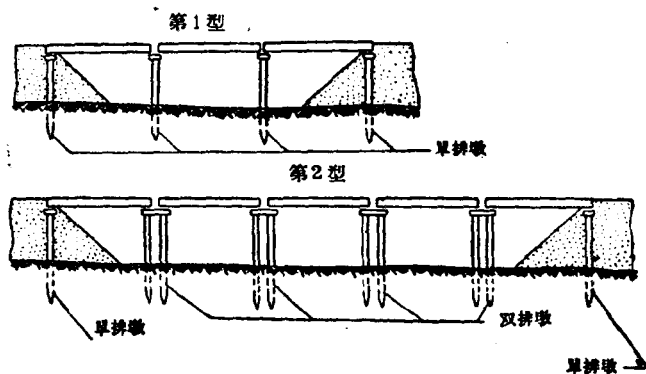


圖1 樁墩桥梁圖式

第1型桥梁圖式規定全部樁墩皆用單排，當各墩高度相差很小而桥梁長度達30~40公尺時，采用第1型桥梁圖式最為適宜。在更長的桥梁中，邊墩的樁內由於上部構造溫度變形而產生很大的彎曲力矩，因此，這種圖式在實際上不能采用。由於當地條件，墩高彼此差別極大時，第1型桥梁圖式也不能采用。此時在最低的樁墩中剛性較大，由於制動力便產生很大的彎曲力矩。

第2型桥梁圖式規定中間墩為雙排，邊墩為單排。

双排墩在順桥向的水平力作用下，像具有极剛性的橫系梁的框架那样变形；双排墩的剛性比單排墩的剛性要大很多倍。当上部構造温度变形很大时，双排墩的很大剛性妨碍了墩的弯曲，結果，虽然沒有支座，仍使上部構造沿支承垫石滑动，因此，要全部墩台共同受力是不可能的事。双排樁墩在材料消耗上不經濟，施工繁重，且比單排樁墩更挤束了河流断面。

因此，建議第2型图式只在跨徑大于15公尺、在樁上荷重和支座布置条件方面不能应用單排墩的桥梁中才采用。

第1型桥梁使用范围的狹隘和第2型桥梁的不經濟，就决定了必須尋求一种新方案，借以尽量消除这些缺点。这方案現已找到，就是將桥梁沿桥長划分成互不相連的單个分段，并在这些分段銜接地点設置由两个互不相連的相鄰近的單排墩組成的專用双排墩。这种墩在1953年由M.P.格甫利洛夫工程师提出，并称其为温度墩。

將桥梁划分成数段，究竟有些什么优点呢？

首先，这使樁間水平力的分布明显，扩大了樁墩的使用范围。除此之外，在分成数段的桥梁中，可利用各分段長度的不同来調整樁內由于制动力和上部構造温度变化所产生的弯曲力矩值。这样，一方面可能减小樁的截面，而另一方面便可統一樁截面的構造尺寸，这对于工业化施工尤为重要。

由于桥位处当地条件的多样性，使我們不能規定适用于各种情况下的各段最适宜長度和各段內的孔数。这一課題每一次都要根据河床外形和方案的技術經濟比較个别地予以解决；但是，在原則上不同的图式不会有那末多。

經過国家設計院“全苏公路設計院”于1954年进行設計研究的結果，查明了六种樁墩分段式桥梁的合理图式，計可分成兩組。

第一組包括圖 2 所示的橋梁。

第一組的橋梁圖式可分成三種型式：一段式（“A”型）、二段式（“B”型）、多段式（“B”型）。這組橋梁的主要區別是每一段的全部橋墩均為單排墩。

在墩高（自蓋梁頂面至橋入土的嵌固水平面）不大於4~5公尺時，宜採用“A”、“B”和“B”型圖式。在由一些單排墩組成的分段的墩高較高時，由於橋的柔性大，在活載制動力作用下引起橋梁縱向搖擺不定，所以不能採用。

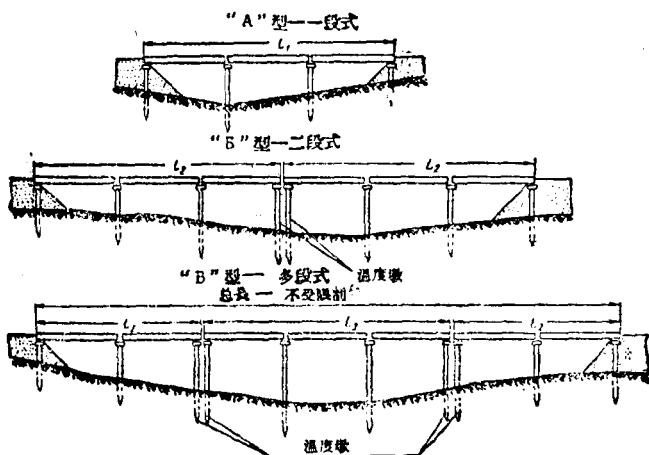


圖2 建議的第一組橋梁圖式

“A”型圖式實際上就是重復了至今仍採用的第1型圖式（圖1），建議不管跨徑的大小和孔數，將其應用於長達40~45公尺（ L_1 ）的橋梁中。

“B”型圖式由兩段組成。其中每一段的長度（ L_2 ）不應大於35~40公尺。各段內的孔數可根據當地條件規定為一孔至三、四孔，並且左右兩段內的孔數不必相同。在某些情況下，

“B”型桥梁图式采用于短桥中以代替“A”型图式也是合理的，例如，在边墩与中间墩的高度相差悬殊情况下。

“B”型图式由两个边段和至少一个中段组成。边段与“B”型图式内所示分段完全相同。在中段总长（ L_3 ）不大于40~50公尺时，中段可设一孔到四孔。

第二组规定为图3所示的桥梁。在这些桥梁中，每一段均有一个双排的刚性较大的墩墩。

在墩高超过4~5公尺时，宜采用“Г”、“Д”和“Е”型图式的桥梁。因为每一段内的一个刚性双排墩保证了桥梁不致纵向摇摆不定。

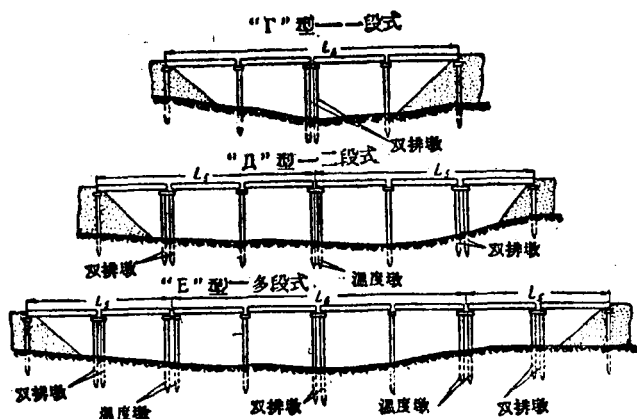


图3 建桥的第二组桥梁图式

“Г”型图式应用于桥梁全长（ L_4 ）不超过80~85公尺的桥梁中。根据美学上来考虑，建议将孔数规定为偶数，以便使双排墩对两岸来说能对称地布置。

在“Д”型图式内，分段长度（ L_5 ）应不大于50~60公尺。通常，靠近岸墩的墩墩应规定为双排墩。为了尽可能更多

地減輕單排邊墩所受的溫度力、制動力和土壓力，所以必需這樣做。

“E”型圖式內的邊段與“H”型圖式內的分段完全相同。中段與“Γ”型一段式橋梁相同，建議設計不大於85~90公尺長的中段（ L_6 ），孔數為偶數。

很多構造物的設計表明，在墩高達8公尺時，可採用“Γ”、“H”和“E”型橋梁圖式，這是合理使用樁墩的範圍。

必須指出，在很多情況下根據當地條件可能採用無雙排墩的第一組分段與第二組分段混合的橋梁圖式；例如，可以很容易地提供一種橋梁二段式圖式，其中一段按“E”型設計，而另一段則按“H”型設計。

以上所述，十分清楚地說明了具有柔性樁墩和無完善支座的橋梁圖式的組合原則。

還應着重指出分段式橋梁的一些優點。分段體系可應用來設計有不同跨徑而在跨徑銜接地點無須設置一定外形的蓋梁的橋梁。這便減少了基地和工廠內制作的構件項目。

在分段式橋梁中，建議每段內跨徑的大小均設計成相同。

第二章 柔性樁墩的計算

正如上所述，樁墩多半應用於無十分完善支座的小跨徑橋梁中。這些支座使上部構造不能沿支承墊石移動。由於這種情況，柔性樁墩與設於其上的上部構造便成為一具有極剛性的橫系梁（它與固定在下方的立柱相鉸接）的多跨框架了。這種體系可作為下述計算原則的基礎。這一計算原則只適用於在水平力作用下上部構造不沿支承墊石移動的情況。反之，則此處敘述的計算原則須加以校正。對這問題的研究表明，在無支座的

上部構造的分段式桥梁中，或在分段長度不超过第一章規定的滑动支座的分段式桥梁中，上部構造已沒有活动的可能了。

虽然第一章內建議的各种桥梁图式的計算原則相同，但其中每一种均具有某些个别的特点。因此，对于每种图式的計算方法都要依次地加以說明。

§ 1. “A”型一段式桥墩墩的計算

采用的符号：

$h_1, h_2, \dots, h_6$ ——墩高（自盖梁頂面至桩入土的嵌固水平面）；嵌固水平面深度可采取天然地面以下1~1.2公尺处（图4）。当土壤上层很松软时（如淤泥或泥炭），則嵌固水平面应按松软土层厚度以下計算。

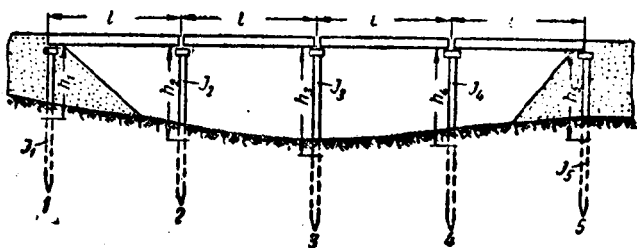


圖4 “A”型一段式桥的計算圖式

$I_1, I_2, \dots, I_6$ ——桩墩的慣性力矩；

l ——桩墩中心綫間的跨徑。

引起桩墩內力的外界因素是：

- 1) 上部構造的重量；
- 2) 上部構造上的垂直活載；
- 3) 破坏稜体上有活載时对左右兩岸边墩的主动土压力和破坏稜体上无活載时对左右兩岸边墩的主动土压力；

- 4)制动力(制动力的大小按荷載長度等于分段全長計算;
- 5)上部構造內的溫度变化。

樁墩的垂直力只須根据自重、上部構造重和活載来决定。其它因素对垂直力值的影响极微小。垂直力用一般方法,即用簡支式上部構造的桥梁所用的方法推求,因此,此处对推求垂直力的方法不加以研究。

墩內的弯曲力矩是由于土压力、制动力和上部構造溫度变化而产生的。由于垂直荷載(多半是活載)施力的偏心作用产生的弯曲力矩,也必須加以考虑。

下面依次地研究推求由各种力作用于墩上所产生的弯曲力矩的方法。

1. 推求土压力产生的力矩

土压力作用于埋于錐形溜坡的边墩上,其大小用一般方法推求。施于破坏稜体上的活載影响,可十分准确地認為等于均布于破坏稜体上的等代土层影响,所以在各种情况下樁墩荷重图为梯形。把全部樁的厚度之和增大1.5倍作为承受土压力的牆的計算寬度。作用于盖梁和上部構造端部的土压力,以及在該图式內作用于左、右墩上的土压力之差可不加考虑,因为这些土压力被桥梁另一边的土抗力所抵消。

在推求土压力产生的力矩时,可把直接承受压力的边墩作为下部固定、上部自由支承的梁来看待,因为上部構造在支承处不可能移动,所以这是容許的。边墩的計算图式,如图5所示。

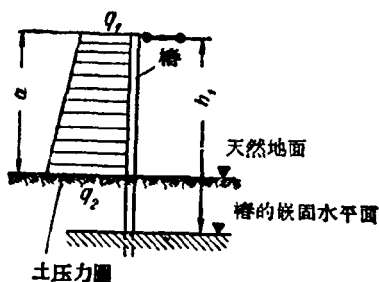


圖5 一段式桥梁边墩土压力产生的荷重圖式

边墩 1 的弯曲力矩（见图 4）在樁的嵌固处等于：

$$M_1 = \frac{(q_2 - q_1)a^2}{30h_1^2} \times \left(5h_1^2 - 3a^2 \right) + \frac{q_1 \times a}{4 \times h_1} \left(h_1^2 - \frac{a^2}{2} \right) \quad (1)$$

土压力不作用于分段的中墩上。

墩 5 内的力矩也按此公式计算，惟须代以它本身的 q 、 h 和 a 值。

2. 推求制动力产生的力矩

根据下列假设推求制动力产生的力矩。

制动力（ T ）作用于分段的所有樁墩上，致使樁墩同时发生偏移，其值相同。考虑到这点，并把所有樁墩作为悬臂梁来看待，便可写成

$$P'_1 = \frac{3EI_1\Delta}{h_1^3}; \quad P'_2 = \frac{3EI_2\Delta}{h_2^3}; \quad \dots\dots P'_5 = \frac{3EI_5\Delta}{h_5^3};$$

因为 $P'_1 + P'_2 + \dots\dots + P'_5 = T$ ，考虑到 E 和 Δ 值为均等，因此，便可认为制动力系与樁墩惯性力矩对其高度立方之比成比例地分布在各樁墩间。这一比例表征了樁墩的刚性，并用字母 K 表示。

$$\text{取} \quad K_1 = \frac{I_1}{h_1^3}; \quad K_2 = \frac{I_2}{h_2^3}; \quad \dots\dots K_5 = \frac{I_5}{h_5^3}$$

墩內由于制动力产生的弯曲力矩等于：

$$M'_1 = \frac{TK_1}{\Sigma K} \times h_1; \quad M'_2 = \frac{TK_2}{\Sigma K} \times h_2 \dots\dots$$

$$M'_5 = \frac{TK_5}{\Sigma K} \times h_5 \quad (2)$$

式中： T ——总的計算制动力，按荷載長度等于桥梁全長求得；
 $\Sigma K = K_1 + K_2 + \dots\dots + K_5$ ——所有樁墩的刚性指数的总和。

3. 推求上部構造內温度变化产生的力矩

由于上部構造不能在支座上活动，所以在温度影响下上部構造長度的变化便引起樁墩的弯曲，此时，樁墩的变形决定着它的弯曲力矩值。

在推求变形和弯曲力矩时，所有樁墩皆作为悬臂梁来看待。

任何一墩由于上部構造温度变形产生的偏移值，是与此墩和分段所有其它樁墩的刚性密切相关的。因此，在推求樁墩变形时，必須从推求分段內温度作用下位移等于零的横截面位置开始。

推求此截面的位置，按下列程序进行。

先随意地定一零点截面位置 O —— O ，取一边墩至它的距离等于 l 。以 $\Delta_1, \Delta_2, \dots\dots \Delta_5$ 表示温度变化时樁墩的偏移（图 6）。樁墩由于温度变化的变形为 $\Delta L \alpha_t t$ 。

式中： L —— O —— O 截面至相当墩的距离；

α ——线膨胀系数；

t ——計算温度变化。

令 $\alpha t = C$ ，則：

$$\Delta_1 = x \times C; \quad \Delta_2 = (l - x) \times C; \quad \Delta_3 = (2l - x) \times C;$$

$$\Delta_4 = (3l - x) \times C; \quad \Delta_5 = (4l - x) \times C,$$

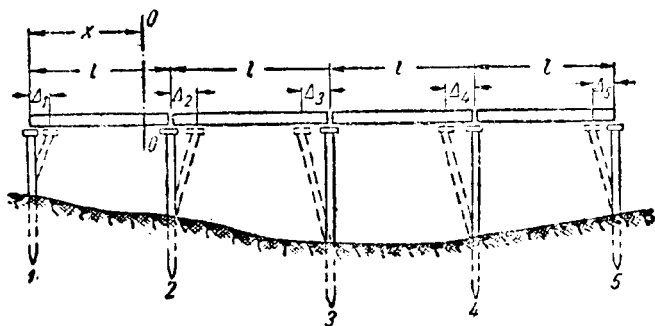


圖8 一段式橋由溫度變化產生的樁墩變形圖式

由此， $\frac{\Delta_1}{C} = x$ ； $\frac{\Delta_2}{C} = l - x$ ； $\frac{\Delta_3}{C} = 2l - x$ ；

$$\frac{\Delta_4}{C} = 3l - x； \quad \frac{\Delta_5}{C} = 4l - x；$$

同時，將樁墩作為懸臂梁計算，按撓度公式得：

$$\Delta_n = \frac{P'' h_n^3}{3EI_n} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta_n}{C} = \frac{P'' h_n^3}{3EI_n C}。$$

取 $\frac{h_1^3}{3EI_1 C} = m_1$ ； $\frac{h_2^3}{3EI_2 C} = m_2 \dots \dots \frac{h_5^3}{3EI_5 C} = m_5$ ，

以 m_n 和 P''_n 表示 $\frac{\Delta_n}{C}$ 值（此處 P''_n —— 作用於樁墩頂面而引

起塔墩变形 Δ 所需的力)，使得：

$$P_1'' \times m_1 = \chi; \quad P_2'' \times m_2 = l - \chi; \quad P_3'' \times m_3 = 2l - \chi;$$

$$P_4'' \times m_4 = 3l - \chi; \quad P_5'' \times m_5 = 4l - \chi;$$

$$\begin{aligned} \text{則 } P_1'' \times m_1 &= l - P_2'' \times m_2 = 2l - P_3'' \times m_3 = 3l - P_4'' \times m_4 \\ &= 4l - P_5'' \times m_5. \end{aligned}$$

以 P_1'' 表示 P_2'' 、 P_3'' 、 P_4'' 和 P_5'' 各力之值，得：

$$P_2'' = \frac{l - P_1'' m_1}{m_2}, \quad P_3'' = \frac{2l - P_1'' m_1}{m_3}, \quad P_4'' = \frac{3l - P_1'' m_1}{m_4},$$

$$P_5'' = \frac{4l - P_1'' m_1}{m_5}.$$

按照图 6 所示体系平衡的条件来说， P'' 力总和应等于 0。
因此，可写成：

$$\begin{aligned} P_1'' - \frac{l - P_1'' m_1}{m_2} - \frac{2l - P_1'' m_1}{m_3} - \frac{3l - P_1'' m_1}{m_4} - \\ - \frac{4l - P_1'' m_1}{m_5} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

由此式便得力 P_1'' ，此后，也就很容易地求出 P_2'' 、 P_3'' 、 P_4'' 和 P_5'' 各力。

墩內由溫度變化產生的力矩等於：

$$\left. \begin{aligned} \text{墩 1} & \text{——} M_1'' = P_1'' \times h_1 \\ \text{墩 2} & \text{——} M_2'' = P_2'' \times h_2 \\ & \dots\dots\dots \\ \text{墩 5} & \text{——} M_5'' = P_5'' \times h_5 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

4. 推求垂直荷重產生的力矩

由於垂直荷重對樁墩中綫的偏心作用，便產生由垂直荷重引起的力矩。此時，可將樁墩作為下部固定、上部自由支承及在不固定端承受等於樁墩垂直壓力乘以偏心距的彎曲力矩（ M_B ）的梁來看待。

此時，嵌固處樁墩的力矩 $M''' = 0.5 M_B$ 。

推求由在計算中常考慮的各種外力作用產生的墩樁彎曲力矩的方法，至此已告結束。

樁的計算力矩，用上述方法求得的在各個荷載作用下的力矩總和 $M_n' + M_n'' + M_n'''$ 來決定，而樁的計算則在若干力矩與最大和最小法向力最不利組合的情況下進行的。尤其是對於邊墩，一定要驗算樁的只由土壓力產生的力矩，因為這種組合考慮的是主力。

§ 2. “B”型二段式橋和“B”型多段式橋

邊段樁墩的計算

分段圖式如圖 7 所示。

推求“B”和“B”型圖式橋梁邊段樁墩由垂直荷重、制動力和上部構造溫度變化產生的法向力和力矩的方法和公式，