

87.3079
JYD
2

87.3079
JYD
2

公路技术资料



人民交通出版社

87.3079
JYD
2

公路技术资料

(2)

钢筋混凝土二铰平板拱桥专辑

人 民 交 通 出 版 社

1975年·北京

公路技术资料

(2)

钢筋混凝土二铰平板拱桥专辑

山东省交通局测设队等单位 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 5.25 字数: 110 千

1975 年 6 月 第 1 版

1975 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—13,000 册 定价(科三): 0.43 元

(只限国内发行)

内 容 提 要

钢筋混凝土二铰平板拱桥是近几年来从实践中发展起来的一种桥型。这种桥型具有节省钢材，施工简便，易为群众掌握，并且外形平坦，轻型美观，建筑高度小。在山区的宽浅河床和平原地区路堤不高地段，当建筑高度受到一定限制时，可采用这种桥型。本辑系介绍二铰平板拱桥的设计、计算、施工方法，同时还介绍了一些桥的静载试验情况。可供公路桥涵设计、施工人员参考。

毛主席语录

一切真知都是从直接经验发源的。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

目 录

概 述	1
第一章 二铰平板拱桥的构造	3
第一节 上部构造	3
第二节 下部构造	9
第二章 二铰平板拱桥设计计算	16
第一节 抛物线二铰拱内力计算	16
第二节 连拱计算	24
第三节 桥台计算	39
第三章 二铰平板拱桥的施工	46
第一节 平板拱整体现场浇筑	46
第二节 平板拱桥面的预制安装	50
第三节 墩台施工中需要注意的问题	52
第四章 二铰平板拱桥的静载试验	53
第五章 设计算例	61
第一节 空心二铰平板拱设计算例	61
第二节 中墩盖梁设计算例	89
第三节 钻孔桩设计算例	103
第四节 桥台设计算例	112
设计图	123
编 后	133
附 录	135
本书所用符号一览表	159

概 述

在无产阶级文化大革命和批林批孔运动中，我省公路战线的广大职工，受到了深刻的思想和政治路线方面的教育，促进了思想革命化，激发了社会主义建设的热情，使公路工程建设呈现出一派生气勃勃的新气象。遵照伟大领袖毛主席制定的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线的精神和“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，广大建桥职工为用较少的钱和材料修建较多的桥，多快好省地进行桥梁建设，认真的研究了公路桥梁采用较多的板式桥和梁式桥，在继承祖国砖石拱桥的宝贵经验的基础上，利用拱的作用，改善板（梁）的受力状况，以达到节约钢材的目的。经过多次的试验，不断地总结经验，群策群力，钢筋混凝土二铰平板拱桥终于胜利建成。

二铰平板拱桥的桥面是一块平坦的钢筋混凝土板拱，两端拱脚有两个平铰，定名为钢筋混凝土二铰平板拱桥。它的外形平坦，轻型美观，结构简单，施工简便，易为群众所掌握，它的建筑高度较小，在山区的宽浅河床和平原地区路堤不高地段，当建筑高度受到一定限制，不宜修建矢度较大的拱桥时，修建这种型式的桥梁，比修建钢筋混凝土简支板桥约可节省钢材50%。

二铰平板拱桥自1966年开始修建，几年以来，山东省共建成192座这种型式的桥梁，总长12,178米，其他各省市有关单位也很重视，并且也建造了不少座，在结构上还有所改进。在这些已建成的二铰平板拱桥中，跨径最小的是4米，

最大的是15米；有一孔的小桥，也有连续三四十孔四百余米长的大桥；有实心平板拱，也有空心平板拱；大都是与水流正交的，但也有与水流斜交的，有不漫水的，也有允许漫水的。通过已建成的这些桥梁的通车使用情况以及近十次的静载实验的结果来看，证明平板拱桥具有足够的承载能力和安全性，强度和刚度均能满足设计和使用要求。

平板拱由于矢度平坦，水平推力较大，在多孔连拱的二铰平板拱桥中，能否在不设置体积庞大的单向推力墩的情况下，达到一孔破坏，邻孔不塌的效果呢？经探讨研究，认为只要在墩台盖梁上设一小台阶，用以支承拱体，是可以解决这一问题的，因而扩大了这种桥型的使用范围。

毛主席教导我们：“一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。”二铰平板拱桥的发展过程，就是实践、认识、再实践、再认识的过程。从建造第一座试验桥起，经过反复实践，反复试验，不断调查研究，不断总结经验，方使我们的认识得到逐步提高，设计计算方法也不断地改进，但是人们对于真理的认识，都是相对的，我们对二铰平板拱的认识，也是不全面的，还存在一些问题，例如：有的二铰平板拱桥面支点处局部下沉，桥台需要较大的圬工体积，对于斜桥，防爬，防扭的问题等，尚未得到彻底解决。我们深信，只要遵照毛主席“实践的观点是辩证唯物论的认识论之第一的和基本的观点”的教导，不断地实践，不断地总结经验，钢筋混凝土二铰平板拱桥的修建技术和尚存的不足之处，定能得到逐步地提高，改进，日臻完善。

第一章 二铰平板拱桥的构造^①

二铰平板拱桥的上部构造（桥面）是一块上平下曲的板，板的两端以斜面（平铰）支承于下部构造（墩台）的侧面上，它是一次超静定结构。参看图1-1。

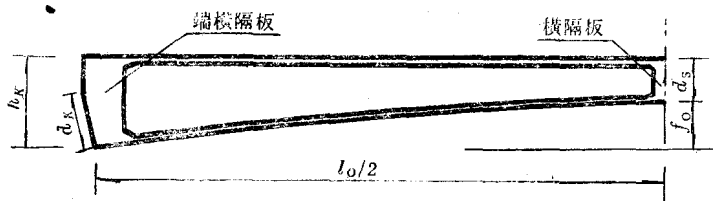


图1-1 (甲) 空心矩形平板拱桥半纵断面

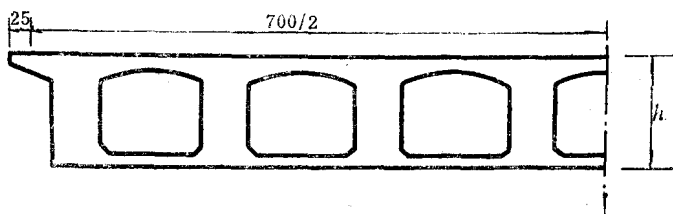


图1-1 (乙) 空心箱形平板拱桥半横断面

尺寸单位：厘米

第一节 上部构造

二铰平板拱桥与一般拱桥不同之处，是拱上建筑的体积小，用与拱体的同样材料浇成一个整体，共同受力；两端拱脚各有一个平铰与墩台帽的侧面接触，平铰上有一竖直缝用

① 本书所述内容系依据《公路桥涵设计规范》讨论稿，使用时应以现行规范为准。

一层油毡或用沥青麻絮填满，铰的斜面上一般不垫任何东西与墩台帽混凝土直接接触。但有时根据不同要求，平铰斜面也可涂油或石蜡以减少温度变化和混凝土收缩对平板拱的影响。

二铰平板拱桥的上部构造，有实心矩形与空心箱形两种。实心矩形重量较重，用材料较多，但施工较简便。空心箱形重量较轻，用材料较省，施工不如实心的简便。跨径4米至8米的平板拱，尺寸不大，用空心节省体积很少，多用实心矩形。跨径10米及以上的，用空心箱形，参看图1-1。

为了节省圬工，并使外形美观，在横桥方向两侧可用悬臂挑出，悬臂的长度，可根据有无人行道而不同，但不宜太长。

空心箱形的平板拱，在横向分箱，箱间有肋。箱顶板做成拱形，以改善受力状况，用抛物线或圆弧形均可。在纵向，应设置横隔板以加强横向刚度和整体性，跨径在16米以内的，可在拱顶和两拱脚共设置横隔板三道。

平板拱桥上部构造，采用分块预制安装时，可用铰接装配式，两块连接处做成企口（参看图1-2），安装后填筑现场混凝土，如桥面铺装也用水泥混凝土时，应与铺装一并浇注。



图1-2 企口图

一、跨径的选择

跨径的选择应根据地形、地质，施工设备及结构受力和经济指标综合考虑。现已建成的平板拱桥跨径有4、6、8、10及15米几种，由于平板拱桥只适宜于宽浅的河流和路堤不高或不便修建矢度较大的拱桥的路段上，它的建筑高度小，

跨径大了则不相称，在宽浅河床上，水不深，修筑桥墩也不困难，因而没有修建大跨径桥梁的必要。由计算可知，平板拱桥的跨径不宜过大（一般不宜大于16米）跨径大于16米时，一孔破坏，余孔呈简支状态，所需钢材较多，且桥台体积过于庞大而不经济。

从受力情况来看，二铰平板拱桥是利用拱脚的水平推力，减少正弯矩。在恒载作用下，产生较大的轴向力，而弯矩较小，以节约钢材。跨径小，恒载小，节省得少；跨径大，恒载大，节省得多。在同一矢跨比的情况下，温度应力随跨径增大而增大，但增大的比例比跨径增大的比例小，小跨径的还要相对地多修桥墩，泄水情况也相对地不利；所以，跨径也不应选得过小。目前，建成的平板拱桥跨径多数是8米或10米，上下部构造综合考虑以10米跨径空心平板拱较经济，几种不同跨径平板拱桥经济指标见表1-1。

几种跨径平板拱桥上部构造
每米桥长所用钢材和混凝土数量表

表1-1

跨 径 (米)	8.0	10.0	13.0	16.0
矢跨比	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{25}$
施工方法	整体浇筑	整体浇筑	整体浇筑	整体浇筑
钢材 (公斤)	63.8	71.9	86.9	106.2
混凝土体积 (立方米)	3.61	2.59	3.34	3.41

注：1. 上表是以桥面净宽7.0米附2×0.25米缘石，荷载标准为汽车—15，挂车—80的设计图上摘录的。

2. 8米跨径为实心平板拱，其它跨径为空心箱形平板拱。

多孔平板拱桥，各孔的跨径可以不等，也可以用不同的矢跨比，这只在河床地质情况变化很大，为了便于墩基的施工或其他特殊的原因方有此需要。但是，这些情况在宽浅河床上是很难遇到的。所以都是修等跨、等矢度的二铰平板拱桥，结构又简单，计算又方便。

二、矢跨比的选择

平板拱桥拱矢度平坦，矢跨比一般在 $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{25}$ 之间选用。现用的矢跨比有 $\frac{1}{15}$ ， $\frac{1}{20}$ ， $\frac{1}{25}$ 三种。一般当墩身较矮时（3米以下）采用 $\frac{1}{25}$ 的矢跨比较好，因为此时若采用 $\frac{1}{15}$ 的矢跨比使桩墩配筋过多而不经济。当墩身较高时（3米以上）采用 $\frac{1}{15}$ 的矢跨比，桩墩配筋不多，而且桥台圬工体积也较小是合理的。

矢跨比的大小，对上下部构造的受力情况大致有如下关系：

1. 矢跨比越小，荷载产生的水平推力越大，恒载与活载产生的截面偏心矩越小。

2. 多孔平板拱桥，矢跨比越小，上部构造刚度越大，连拱作用后桥墩受力越小，因为平板拱矢跨比在 $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{25}$ 之间，故上下部构造刚度相差悬殊，因而不论采用 $\frac{1}{15}$ 还是 $\frac{1}{25}$ 的矢跨比，连拱作用后活载对拱的受力变化较小。

3. 矢跨比越小, 弹性压缩, 温度变化和混凝土收缩等引起的附加力越大。

4. 矢跨比越小, 桥台承担的水平力越大, 桥台圬工体积庞大, 为了便于选择矢跨比, 对跨径、墩高、桩径、拱厚、地质完全相同的两种矢跨比 $\left(\frac{1}{15}, \frac{1}{25}\right)$ 的平板拱桥进行了较详细的计算比较, 现将成果列入表 1-2 供参考。

$$L_0 = 10.0 \text{ 米 } 7 \text{ 孔}$$

钢筋混凝土二铰平板拱桥工程数量表

表 1-2

项 目		M-200 钢筋混凝土平板拱 (7 孔)	M-200 钢筋混凝土盖梁 (6 个)	M-200 钢筋混凝土灌注桩 (12 ϕ 70 厘米)	桥台 (2 个)	合 计
$\frac{f_0}{l_0} = \frac{1}{25}$	混凝土体积 (立方米)	181.02	26.16	87.72	14.10	309.00
	钢筋 (吨)	5.03	0.83	1.40		7.26
	圬工砌体 (立方米)				358.00	358.00
$\frac{f_0}{l_0} = \frac{1}{15}$	混凝土体积 (立方米)	203.35	31.44	92.40	16.72	343.91
	钢筋 (吨)	5.33	0.82	2.43		8.58
	圬工砌体 (立方米)				237.70	237.70

注: 1. 上表是根据桥面净—7.0 米附 2×0.25 米缘石, 荷载标准为汽车—15, 挂车—80, 全桥以 7 孔 10.0 米平板拱桥计算的。

2. 桥墩为 2 根直径 70 厘米的钻孔桩, 墩高冲刷前为 2.0 米, 冲刷后为 6.0 米, 土质为中等土壤。

3. 各部尺寸可参见设计算例

三、拱轴线的选择

选择拱轴线的原则和一般拱桥一样，应尽量使设计拱轴线与恒载压力相符。平板拱由于跨径不大，矢度平坦，拱上建筑又与板拱浇成整体，刚度较大，不象一般空腹板拱容易变形，因而认为选择平板拱的拱轴线，其重要性不如一般拱桥。拱上建筑与板拱浇成整体后，实际的拱轴线也不一定与设计计算的拱轴线完全相符。现用的拱轴线有二次抛物线和圆弧线两种，二次抛物线线形比较美观，计算方便，采用较多。

四、二铰平板拱的二个铰

二铰平板拱桥的二个铰采用平铰，其特点如下：

1. 平铰对拱脚转动有一定的约束，能改善平板拱的受力^①。

2. 采用平铰后，当在一孔遭受破坏时，可使平板拱桥面，支承在墩台帽设置的小平台上，呈现出简支状态，不致于引起余孔倒塌。

3. 平铰施工简便。

4. 使用平铰，当桥面混凝土收缩受到活载压力时，桥面会产生下滑，这虽可降低一些温度应力，但必须加以控制，使只能产生微小的下滑，甚至不下滑，以免影响行车的舒适。

五、断面尺寸的拟定

断面尺寸主要与荷载标准，桥跨，所用材料等因素有

① 平铰实非理想铰，理想铰对转动没有约束，而平铰对转动有一定约束，从而使拱脚合力作用点随荷载大小和位置不同而发生偏离。故平铰介于无铰和双铰之间而更近于双铰。

关，各项尺寸应满足强度、刚度和抗裂要求。

拱顶断面高度 d 。一般在 $\left(\frac{1}{20} \sim \frac{1}{30}\right) l_0$ 之间， l_0 为净跨径。

拱脚断面高度为拱顶高度和净矢高之和。

空心箱形的底板厚度，一般不少于8厘米。分几个箱，须根据桥面宽度，适当安排。箱少，箱的跨径大，上顶板要厚，肋也相应的厚些。箱多，肋多，相对的薄，施工不太方便，七米宽的桥面，可以用10个左右的箱，顶板的厚度一般不小于8厘米。肋宽不宜小于14厘米，拱顶的横隔板可用20厘米厚，两拱脚处的横隔板，不小于30厘米。

六、桥面铺装

平板拱桥桥面铺装，可用水泥混凝土，沥青混凝土和沥青表面处治，也可下层用水泥混凝土，上层做沥青表面处治，沥青路面具有防水的作用，水泥混凝土的铺装可与现场浇注整体式的平板拱桥面一并浇注。

第二节 下部构造

二铰平板拱桥上各种荷载所产生的垂直压力和水平推力，都是通过墩台传递到地基和台背填土上。拱形结构的一个显著特点，就是有水平推力，平板拱的水平力大，并由于连拱作用，在桥墩上依据墩的刚度进行分配，桥台承受较大的水平力，所以平板拱桥的下部构造有其特殊的重要性，对于墩台的设计和施工，都必须认真对待，不能忽视。

一、桥墩形式

平板拱桥跨径不大，建筑高度矮，适用于宽浅河床，因而建成的平板拱桥绝大多数是多孔的，甚至多达三、四十孔，需要修建不少的桥墩，桥墩形式，目前采用较多的有钻孔灌注桩的柱式桥墩和石砌桥墩两种。

(一) 钻孔灌注桩柱式桥墩

钻孔灌注桩是一种先进的基础结构形式和新的施工方法，施工设备简便，造价低，进度快，在我国的桥梁工程中，已普遍地推广应用，用于平板拱桥，特别在覆盖层较厚，能满足桩尖嵌固要求的情况下，更为适宜；当冲刷后覆盖层不能满足嵌固要求时，只要有适当机具，钻入岩层一定深度，满足最小嵌固深度即可。

一座桥墩用几根灌注桩，应根据桥面宽度每根承担的荷载，结合桩顶盖梁设计来考虑。现建成的双车道7米净宽的平板拱桥，都用二根灌注桩，称双柱式，三车道宽12米的，用了三根。

当桥墩高度大于1.5倍桩距时，桩间设置横系梁，以加强联系。

平板拱的水平推力大，灌注桩的刚度又小，连拱作用甚为明显。多孔平板拱桥一般都是等跨的，由于相邻的恒载水平推力相等相消，桩墩不承受恒载水平推力。活载产生的水平推力，由于连拱作用，分配全桥承担，因此，桩墩承受的活载推力也不大；桩墩能承受的水平推力大小，与桩径、桩高有关，桩径越大，桩高越矮，桩承受的活载水平力越大，反之越小。在多跨桥中，由于连拱作用，常常使近台第一或第二排桩受力最大。因而各排桩墩应根据不同的受力情况，计算需要的配筋，其计算结果若不需要配筋的，亦须按构造

配筋（见设计算例）。

由于桩顶的嵌制作用，桩顶受到较大的弯矩，桩的全部受力钢筋应伸入盖梁内，其长度不应小于30倍钢筋直径。

桩高和桩径的大小，对上下部构造的受力大致有如下关系：

1. 桩高越大，上部构造加载孔正弯矩增加，邻孔负弯矩减少，桩承受的水平力越小。桩高大小对上部构造内力配筋影响不大，而对桩的影响较大。不同桩高对上下部构造的影响见表1-3。

2. 桩径增大，上部构造加载孔正弯矩减少，邻孔负弯矩增加，桩承受的水平力也增加。桩径的大小，对上部构造内力及配筋影响很小，而对桩的内力影响较大，对配筋影响不大（因桩径大，内力大，能承担的内力也大，故对配筋影响不大）。不同桩径对上下部的影响见表1-4。

因此桩径的选择与荷载大小，跨径，矢跨比，墩高，地质等因素有关，并以能承受最大垂直力而且桩又不过长为原

不同桩高（桩径为70厘米）

平板拱桥上下部构造的内力及配筋比较表

表1-3

项 目 \ 桩 高		$h_0 = 2.0$ (米)	$h_0 = 3.0$ (米)	$h_0 = 4.0$ (米)	$h_0 = 5.0$ (米)	$h_0 = 6.0$ (米)
上 部 造 (跨中每米宽)	M (吨一米)	16.33	16.63	16.84	16.97	17.06
	H (吨)	13.72	13.28	12.98	12.79	12.66
	A_g (平方厘米)	12.80	13.20	13.30	13.40	13.70
桩 (桩顶)	M (吨一米)	21.63	17.46	14.02	11.36	9.24
	H (吨)	58.73	58.73	58.73	58.73	58.73
	A_g (平方厘米)	32.20	13.60	按构造配筋	按构造配筋	按构造配筋