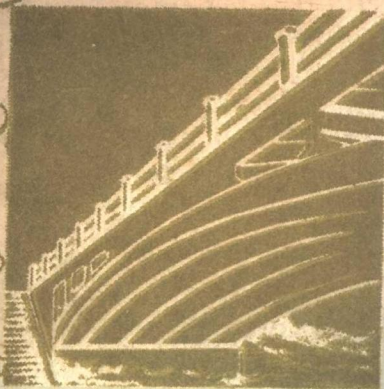


m 591943

5514
22447



微弯板坦肋拱桥

《微弯板坦肋拱桥》编写组



成都科学技术大学图书馆

基本馆藏

人民交通出版社

微弯板坦肋拱桥

《微弯板坦肋拱桥》编写组

人民交通出版社

微弯板坦肋拱桥

《微弯板坦肋拱桥》编写组

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: 787×1092 1/32 印张: 7.875 字数: 168 千

1980年8月 第1版

1980年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,300 册 定价: 0.64 元

内 容 提 要

本书是论述微弯板坦肋拱桥设计和施工经验的一本专门书籍。微弯板坦肋拱结构是在少筋微弯板组合梁结构和双曲拱结构的基础上综合发展起来的一种新结构。它具有矢跨比小、重量轻、节省钢材、施工方便等优点。本书着重从上、下部结构设计计算以及施工等方面加以介绍，并附录了设计计算用的图表。可供公路桥梁设计施工人员参考。

前 言

微弯板坦肋拱桥是综合“少筋微弯板组合梁桥”和“双曲拱桥”的优点而发展起来的一种新型拱桥结构。它具有矢跨比小、轻巧美观、节省钢材、施工简易等优点，是宽浅河滩中、小桥跨合理结构的一种型式。

为了互相交流经验，人民交通出版社委托甘肃省交通局会同西安公路研究所，组织甘肃省交通科学研究所、甘肃省张掖地区公路段成立编写小组，在张掖地区公路段主持下，总结了一九六六年以来甘肃省张掖地区、陕西省安康、商洛地区修建微弯板坦肋拱桥的经验和所做的一些试验资料，由谢惠钧、许超杰执笔编写了《微弯板坦肋拱桥》一书，同时汇编了《微弯板坦肋拱桥图集》，分别出版，以便供地、县从事公路桥梁设计、施工人员参考。

在《微弯板坦肋拱桥》一书中，主要介绍微弯板坦肋拱桥发展概况、结构特点和经济指标；叙述其构造和设计方法，列举出目前采用的计算方法；简要介绍已采用过的施工方法；书中还提供了一座4孔10米微弯板拱桥计算实例和有关计算图表。在《微弯板坦肋拱桥图集》中，汇集了十七座桥的结构设计图，跨径由6米到32米。

在本书编写过程中，有关地区和单位给予了大力支持，提供不少资料。杨大慰、周丰对初稿提出很多宝贵意见，在此谨表谢意。

由于编者水平所限，书中一定存在不少缺点和错误，请广大读者批评指正。

《微弯板坦肋拱桥》编写组 1978年

目 录

第一章 概述	1
第一节 微弯板坦肋拱桥的发展概况.....	1
第二节 微弯板坦肋拱桥的主要特点和经济 指标.....	2
第二章 微弯板坦肋拱桥的构造与设计	10
第一节 上部构造.....	10
第二节 下部构造.....	24
第三节 一般抗震措施.....	34
第三章 微弯板坦肋拱桥的计算方法	37
第一节 设计理论与计算方法.....	37
第二节 连拱计算.....	44
第三节 主拱圈截面强度及应力计算.....	54
第四节 下部构造计算.....	59
第四章 微弯板坦肋拱桥的施工	81
第一节 构件的预制.....	81
第二节 构件的运输与安装.....	86
第三节 拱上建筑的施工.....	104
第四节 墩台施工.....	105
第五章 微弯板坦肋拱桥的试验研究	113
第一节 试验研究概况.....	113
第二节 结构受力性能的分析.....	121
第三节 荷载横向分布规律的试验分析.....	124
第四节 石灰土的土抗力系数测定.....	125

第五节	温度对坦拱的影响·····	127
第六节	不均匀传递荷载影响台帽裂缝的分析·····	130
第六章	4孔10米微弯板坦肋拱桥计算示例·····	132
第一节	上部构造设计计算·····	132
第二节	中墩盖梁设计计算·····	155
第三节	钻孔桩设计计算·····	162
第四节	桥台计算·····	169
附录一	钢筋、混凝土计算强度表·····	179
附录二	二次抛物线双铰拱计算用表·····	180
附录三	悬链线双铰拱计算用表·····	182
附录四	计算矩形截面受挠构件 α 值表·····	188
附录五	计算梯形和三角形截面受挠及偏心受压 构件用的 A_0 值表·····	190
附录六	K 法计算桩基用图·····	195
附录七	悬链线双铰拱连拱影响线表·····	199

第一章 概 述

第一节 微弯板坦肋拱桥的发展概况

为了适应公路交通运输事业飞跃发展的需要,加快山前平原宽浅河床的桥梁建设,1966年西安公路研究所吸取“少筋微弯板组合梁桥”和“双曲拱桥”的优点,为了适应宽浅河床、低矮桥位的特点,试建了一座单孔五米新型拱桥结构——微弯板坦肋拱桥。

微弯板坦肋拱桥试建后,首先在甘肃省张掖地区应用。该地区大部分河流位于山前平原区,河床宽浅,桥位低矮。如果修建板、梁式桥梁,不仅耗用钢材,而且资金多,若修建矢跨比较大的拱桥与地形不相适应,并有碍景观。张掖地区公路总段为了加快公路桥梁建设的步伐,积极采用新的桥型结构,在西安公路研究所、甘肃省交通科学研究所的大力支援和密切协助下,从1968年开始,在宽浅河床上修建了不同跨径、不同孔数的微弯板坦肋拱桥多处。经过反复试验,不断实践,不断总结,使这种新型拱桥结构的构造、设计计算方法、施工工艺不断地得到了完善。

微弯板坦肋拱桥是由矢跨比较小的矩形实心拱肋与预制少筋微弯板拼装组合而成。这种桥型的矢跨比一般为 $1/12 \sim 1/20$,与一般拱桥相比,具有建筑高度低,上部构造轻,主拱圈轻巧,板与拱肋钢筋相连,整体性强,^①受力性能好,并同样具有构件采用预制装配,适合于施工装配化、机械化的优点。钢材用量与少筋微弯板组合梁桥相比可节省53~70%。

实践表明,这种桥型结构合理、轻巧美观、节省三材、施工简易,是在宽浅河床中修建小跨径桥梁的合理结构型式之一,因此得到了迅速发展。甘肃省其它地区和陕西省商洛地区近几年修建这种桥梁日益增多,使这种桥型由跨径5米的小桥发展到跨径32米的中桥,由单孔小桥发展到12孔25米跨径的多孔大桥。据不完全统计,甘肃省张掖地区已修建32座、总长1007米;甘肃省干线公路已修建72座、总长2527米。我国东北、华北、西北和南方一些省的有关单位对这种桥型修建也很重视,相继进行参观,探讨设计、施工方法。目前正在试建推广。

为了检验这种桥型的承载能力,探索更为合理的结构型式,验证这种桥型的设计方法和计算图式,从试建以来,用机测手段对十三座桥进行了荷载试验,还对一孔32米试验桥采用机测、电测两种方法进行静态荷载及动态荷载试验。并于1974年夏及1977年冬对张掖地区已修建的二十二座和陕西修建的三座桥梁的使用情况进行了调查。其中完好的二十二座占88.0%,肋、板、台帽由于施工不慎,分别开裂的三座(拱肋拱顶部位裂缝宽0.3毫米,台帽开裂0.7毫米,微弯板开裂0.1毫米),占12%。通过桥梁的静态荷载、动态荷载试验数据和多年行车的使用情况,表明微弯板坦肋拱桥具有足够的承载能力,强度、刚度和稳定性均能满足施工和使用的要求。

第二节 微弯板坦肋拱桥的

主要特点和经济指标

微弯板坦肋拱桥具有以下特点:

1. 矢跨比和建筑高度小,适用于宽浅河床建桥。

微弯板坦肋拱桥矢跨比和建筑高度小。净跨20米以内，矢跨比小于 $1/15$ 的坦肋拱桥，起拱线至桥面的标高和梁式桥建筑高度相比增加30~50厘米。净跨大于20米，矢跨比大于 $1/15$ 的坦肋拱桥，起拱线至桥面标高虽大于梁式桥的建筑高度，但微弯板坦肋拱桥拱脚未设置“铰”，允许被洪水淹没，只要满足拱顶肋底高于设计水位一米即可。而梁式桥梁底须满足高于设计水位0.5米的要求，因而跨径和矢跨比大于20米和 $1/15$ 的微弯板坦肋拱桥和梁式桥相比，桥面与设计水位的高差最多仅增加50厘米左右。与圬工板拱比较，能得到更平坦的矢跨比。与双曲拱相比，除矢跨比减小外，微弯板的高度也比拱波高度小。因此，在宽浅河床采用微弯板坦肋拱桥，不仅能与桥位处地形相适应，而且增加桥址附近的美观；还可减少接线引道土方工程数量。

2. 主拱圈刚度较小，附加内力小。

微弯板坦肋拱桥主拱圈由拱肋和微弯板组成，肋高约为 $0.02L_0$ 左右，微弯板高度20~22厘米，因此主拱圈的截面惯性矩比二铰板拱桥、双曲拱桥都小。能抵偿一部分因矢跨比减小而增加的由于温度变化或拱脚位移引起的附加内力。

3. 自重轻、桥台体积比其它圬工拱桥增加不多。

微弯板坦肋拱桥的上部构造轻，恒载推力小，虽因矢跨比减小而引起活载推力增加，但总的推力比矢跨比大的圬工拱桥增加不多，甚而还小（详见第二章，第二节表2~1）。因此，桥台体积与其它圬工拱桥相比无需增加很多，可采用轻型桥台或用于石台木面桥的改建。

4. 主拱圈整体性强，受力性能好，不易开裂。

前已述及，微弯板坦肋拱桥是综合微弯板组合梁桥和双曲拱桥的优点而产生的，与双曲拱桥拱波比较，微弯板虽稍多用了一些钢筋，但由此产生的效果是显著的。微弯板沿拱

弧的尺寸较长，比双曲拱桥拱波的接缝要少，且拱肋通过肋内伸出的钢筋与微弯板钢筋连结。因此，肋与板结合较好，使主拱圈的整体性较强。肋与板结合处的受力情况可以从下列分析看出。

拱顶区段径向拉力：

$$P = \frac{T}{R} + g_0 \cos \varphi$$

∴ R ——计算截面处拱圈曲率半径，当拱轴线为悬链线时，其值为 $\frac{H_g}{g_s}$ ；

$$\therefore P = \frac{T g_s}{H_g} + g_0 \cos \varphi$$

在矢跨比较小的坦拱中， g_s 值较小，而 H_g 值很大，因此径向拉力 P 值一般都很小，用两根 6 毫米、间距 25 厘米的箍筋， σ_s 一般为容许应力的 $\frac{1}{6} \sim \frac{1}{4}$ 。

拱脚区段的纵向剪应力：

$$\tau = \frac{Q S_0}{I_0 b} \leq [\tau]$$

式中： $Q_x = H \sin \phi_x - V \cos \phi_x$ 为计算截面处的最大径向剪力。

坦拱的拱轴系数较小，因此，在拱脚区段 $\sin \phi_x$ 值小，相应 $\cos \phi_x$ 值大。 Q_x 式中第一项虽然推力 H 值大，但 $\sin \phi$ 值小，第二项虽然 $\cos \phi_x$ 值大，但垂直力 V 值小，所以 Q_x 式右端的代数和并不大，如净跨 20 米，矢跨比 1/20 的甘俊桥 Q_x 只有 5.6 吨。因此 τ 值只有容许应力的 35%。

拱肋、微弯板、组合缝的混凝土均采用同一标号，一般

为 250 级混凝土，它的预制安装的面积占 80% 以上。因此主拱圈混凝土收缩小，在肋、板结合面不存在因混凝土标号、龄期不一而出现收缩差的问题。就微弯板而言，在组合梁桥的研究和使用过程中是经过考验的，在本桥型中因跨径方向存在推力，其双向受压的情况更为保证。例如，在西干渠试验桥中应变观测时，微弯板均受压，而且应变值不大。只要拱肋之间的横向联系得到保证，微弯板本身不易开裂。

5. 施工简易，装配化程度高，工序少，工期短。

微弯板坦肋拱桥主拱圈，在拱肋、微弯板安装完毕后，只需浇筑少量的组合缝混凝土即可完成。而拱上建筑的圬工数量小，故工序少，工期较短。由于拱肋为矩形截面，模板施工比梁桥简单，钢筋骨架只有纵筋、箍筋两种类型，骨架成型较梁式桥方便，而且可减少大量电焊工作量。坦拱的混凝土浇筑及拱上建筑施工也较陡拱方便。构件实行预制装配，装配率高达 80% 以上，加之构件数量少，吊装重量轻（一孔 15 米的微弯板坦肋拱桥的主拱圈，只需安装六根肋，35 块微弯板，构件最重的只有 3.41 吨），不需要起重能力较大的吊装机具，容易实现施工装配化，机械化。综上所述，在钢材较少的情况下中、小桥梁采用这种桥型结构，可以加快施工进度，满足快速施工和战备的要求。如张掖黑河大桥 12 孔 25 米，全长 337 米，上部构造从安装构件到铺装桥面通车只用了 60 天的时间。

微弯板坦肋拱桥的经济指标：

桥梁的经济分析包含的内容甚多，且与地区及施工队伍的技术力量关系较大，各种桥型之间不易作全面中肯的比较分析。单就材料消耗而论，本桥型与微弯板组合梁桥比较，因有推力的作用，钢材和混凝土用量都可减少。与双曲拱桥比较，节约混凝土用量是显而易见的，本桥型钢筋用量稍

单孔微弯板坦肋拱桥与其它桥型上部构造

项 目		净			
		8.0		10.0	
		数 量	百分比	数 量	百分比
钢 筋 用 量 (公斤)	微弯板坦肋拱桥	78.10	100.00	101.90	100.00
	微弯板组合梁桥	255.00	323.60	300.00	293.5
	钢筋混凝土装配式T梁桥			368.2 331.3	325.3
	双曲拱桥				
混 凝 土 体 积 (米 ³)	微弯板坦肋拱桥	1.833	100.00	2.103	100.00
	微弯板组合梁桥	2.54	138.57	2.59	123.15
	钢筋混凝土装配式T梁桥			3.08	146.46
	双曲拱桥				
建 筑 高 度 (米)	微弯板坦肋拱桥	101.3	($\frac{1}{15}$)	141.3	($\frac{1}{12}$)
	微弯板组合梁桥	0.78		0.88	
	钢筋混凝土装配式T梁桥			0.98	
	双曲拱桥				

每米净跨钢筋、混凝土数量比较表

表1-1

跨 [m]						备 注
15.0		20.0		32.0		
数 量	百分比	数 量	百分比	数 量	百分比	
121.06	100.00	128.86	100.00	150.96	100.00	1.微弯板坦肋拱桥跨径为净跨。板、梁桥为标准跨径,净跨8米每米材料用量按计算跨径7.7米折算,净跨15米用标准跨径16米的计算跨径15.5米折算,净跨10米用标准跨径10米的计算跨径9.7米折算。 2.各种桥型均按16锰钢,副筋t,折算,求得百分比。 3.装配式T梁桥中分子为t,钢数量,分母为16锰钢数量。
400.00	330.40					
$\frac{477}{439.3}$	362.88	$\frac{550}{465.50}$	361.24			
		112.80	87.53	151.40	99.71	
2.210	100.00	2.920	100.00	4.40	100.00	
2.82	127.60					
3.39	153.39	3.54	121.32			
		4.98	170.55	6.170	140.23	
1.68	$(\frac{1}{15})$	1.75	$(\frac{1}{20})$	3.486	$(\frac{1}{12})$	
1.08						
1.18		1.38				
		4.286	$(\frac{1}{6})$	6.139	$(\frac{1}{6})$	

多，但矢跨比较双曲拱桥为坦的因素不易剔出。

现将单孔微弯板坦肋拱桥与其它桥型的上部构造每米净跨混凝土用量及建筑高度〔注〕列入表 1-1。将多孔微弯板坦肋拱桥与微弯板组合梁桥上、下部构造钢筋、圬工体积比较列入表 1-2。

然而，虽然微弯板坦肋拱桥具有上述优点，但它矢跨比小，推力大，温度变化、混凝土的收缩，墩台位移对桥的受力影响仍然是较大的。因此必须合理的选择微弯板坦肋拱桥的矢跨比，采取各种有效措施，控制桥台位移不超过允许值。

表1-1中，微弯板坦肋拱桥数据摘自“微弯板坦肋拱桥图集汇编”。少筋微弯板 I 型梁组合梁桥上部构造数据摘自交通部公路规划设计院编制的设计图，图号 JT/GQB001-73；装配式 T 梁桥上部构造数据摘自交通部公路规划设计院编制的设计图，图号 JT/GQB008-73；双曲拱桥上部构造数据摘自交通部第二公路工程局设计处编制的公路桥涵标准图，图号 JT/GQB023-74。

表1-2中，1.微弯板坦肋拱桥各项工程数量及材料用量摘自甘肃省张掖地区崖子桥的资料，跨径为净跨，矢跨比1/12，建筑高度（起拱线至桥面）141.3厘米。

2.微弯板组合梁桥部构造采用 JT/GQB001-73 设计图，跨径为标准跨径，较坦肋拱净跨径小0.9米，建筑高度 88 厘米。

3.两种桥型主筋均为16锰钢，付筋均为 t_3 圆钢。

4.两种桥型桩的自由高度采用 6 米，台高采用 3 米。

5.桥面净宽为净—7 + 2 × 0.25。

注：微弯板坦肋拱桥的建筑高度，指起拱线至桥面（不包括桥面铺装）的高差。

多孔微弯板坦助拱桥与装配式T梁桥上、下部构造钢筋、混凝土、圬工数量比较表 表1-2

桥 型	孔数— 跨径	上部构造		灌注桩中墩		桥 台			合 计				土抗力 系数 (K)		
		钢 筋 (公斤)	混凝土 (米³)	钢 筋 (公斤)	混凝土 (米³)	浆砌 圬工 (米³)	钢筋(公斤)		混凝土(米³)		浆砌圬工 (米³)				
							数量	百分比	数量	百分比					
微弯板坦 助拱桥	4—10	5769.45	61.52	3628.0	67.87	—	200.99	205.06	9397.45	100.00	330.38	100.00	205.06	100.00	K = 130
微弯板组 合梁桥	4—10	12156.0	119.50	3706.2	81.28	4344.6	70.43	58.08	20206.8	215.02	271.21	82.20	58.08	28.30	K = 100

第二章 微弯板坦肋拱桥的 构造与设计

微弯板坦肋拱桥可修成单孔或多孔。上部构造由主拱圈、拱上建筑、防水层、栏杆系和桥面组成。下部构造桥台多采用轻型桥台，在台背土抗力得不到可靠保证时，采用重力式桥台。多孔桥的中墩一般采用柔性桩墩，在地下水不发育的河床，盛产石料的地区，宜优先采用石砌桥墩。

这里，可从多孔微弯板坦肋拱桥(图 2-1)、两孔微弯板坦肋拱桥(图 2-2)及单孔微弯板坦肋拱桥(图 2-3)看出全桥构造情况。

第一节 上部构造

微弯板坦肋拱桥的上部构造，是由预制或现浇实心肋与预制微弯板组合成主拱圈（跨径大于30米时，可考虑采用薄壁箱肋与微弯板组合成主拱圈）。拱上建筑、防水层、桥面系、栏杆系与一般拱桥相同。

一、跨径、矢跨比、拱轴线的选定

1. 跨径选定

跨径的选定应根据地形、地质、施工设备、结构受力、材料消耗和经济指标综合考虑。在宽浅河流上建桥，桥高受到限制，不宜用较大的跨径，以免造成与地形不相适应的建桥高度，和随之产生的推力加大，使得墩台问题难以处理。