

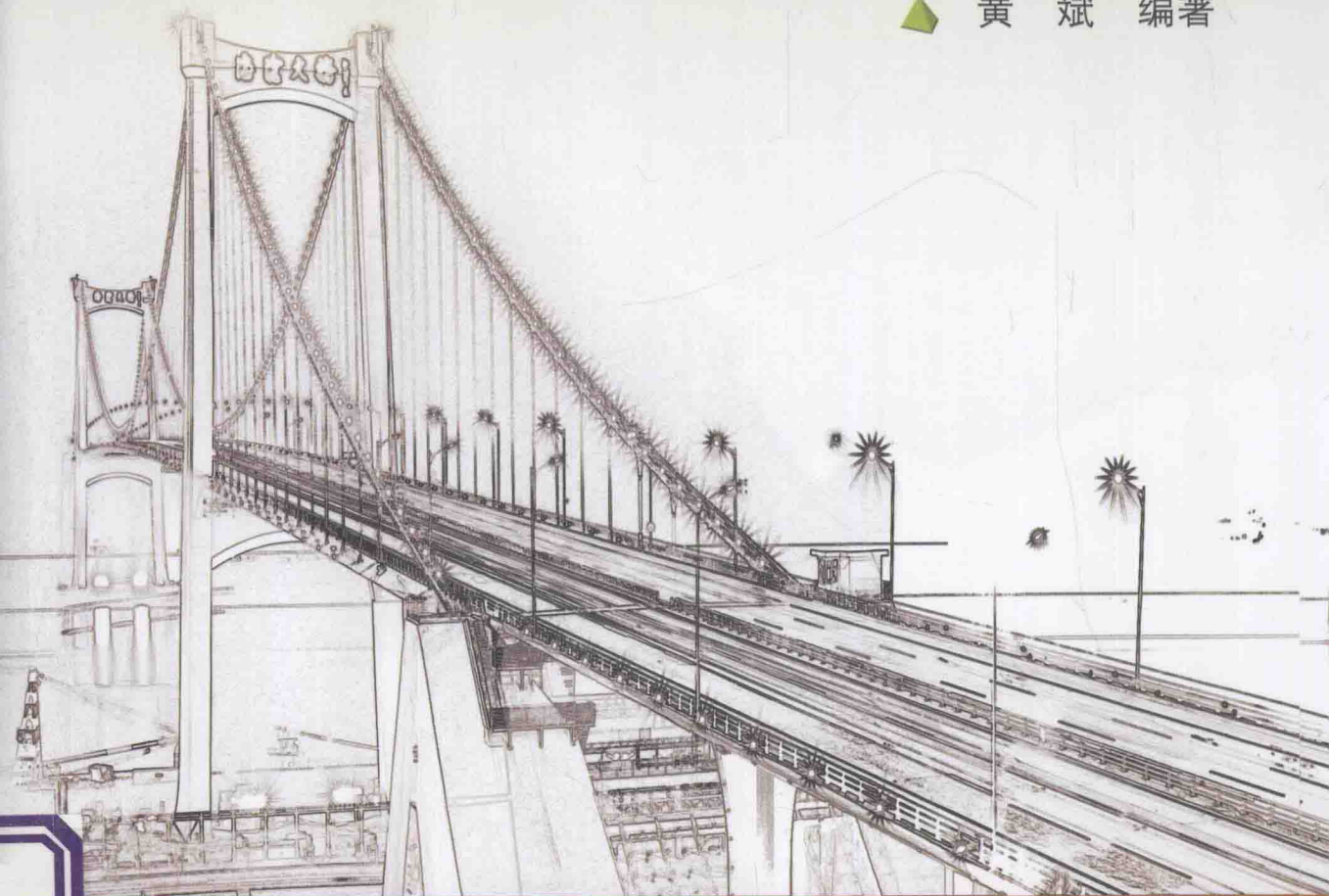
LUQIAO GUODUDUAN

SHEJI SHIGONG YU BINGHAI FANGZHI

路桥过渡段

设计施工与病害防治

▲ 黄 斌 编著



人民交通出版社
China Communications Press

LUQIAO GUODUDUAN

SHEJI SHIGONG YU BINGHAI FANGZHI

路桥过渡段

设计施工与病害防治

▲ 黄 斌 编著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书是针对公路桥头跳车等问题而编写的专业参考书。该书系统地介绍了路桥过渡段及沉降理论研究和发展现状,全面阐述了公路路桥过渡段沉降施工控制、病害预防和处治等关键技术。

全书内容分为四个部分,共8个章节。第1~4章介绍了路桥过渡段、桥台施工和过渡段沉降观测及病害检测。第5章阐述了路桥过渡段的具体施工方法。第6~7章为本书的主体部分,从不同角度分别对路桥过渡段病害预防与处治施工工艺、施工要点等进行了较为详细的描述。第8章为本书总结。

本书适合从事公路工程技术研究、设计、施工、养护、监理等技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

路桥过渡段设计施工与病害防治/黄斌编著. —北京:人民交通出版社, 2013. 10
ISBN 978-7-114-10917-1

I. ①路… II. ①黄… III. ①道路工程—工程施工②桥梁工程—工程施工 IV. ①U415②U445

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第232450号

书 名: 路桥过渡段设计施工与病害防治

著 作 者: 黄 斌

责任编辑: 刘永芬

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11.75

字 数: 270千

版 次: 2013年10月 第1版

印 次: 2013年10月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10917-1

定 价: 32.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

目 录

第1章 绪论	1
1.1 桥台与过渡段	1
1.2 桥台及过渡段病害	6
1.3 路桥过渡段概况	7
1.4 路桥过渡段病害的危害	10
1.5 过渡段常用数值方法	11
1.6 过渡段病害处治方法	12
第2章 桥台及过渡段设计与施工	13
2.1 桥台计算	13
2.2 桥台施工	20
2.3 路桥过渡段设计	22
第3章 路桥过渡段沉降规律	23
3.1 岩土本构关系	23
3.2 土的压缩与固结	24
3.3 路桥过渡段静力及动力特性分析	36
3.4 桥台背路基沉降机理	38
3.5 路桥过渡段差异沉降特性及其控制指标	40
3.6 工程实例	44
第4章 路桥过渡段沉降观测及病害检测	46
4.1 路桥过渡段沉降观测基本内容	46
4.2 路桥过渡段差异沉降观测方法	52
4.3 加速度传感器量测	56
4.4 路桥过渡段沉降观测资料整理	57
4.5 过渡段病害检测	60
4.6 地质雷达无损检测	61
4.7 过渡段检测实例	62
第5章 路桥过渡段施工	64
5.1 路桥过渡段施工方法	64
5.2 伸缩缝施工	71
5.3 施工质量控制	73

第 6 章 路桥过渡段病害的预防	87
6.1 传统强夯法	87
6.2 高速公路桥台台背液压夯实补强技术	92
6.3 冲击碾压	108
6.4 路桥过渡段排水	110
6.5 桥台背回填材料	116
6.6 加筋土(土工合成材料)	122
6.7 整体式桥台	131
6.8 半柔性路面	135
第 7 章 路桥过渡段病害及处治措施	137
7.1 路桥过渡段主要病害及原因分析	137
7.2 桥头跳车病害处治方式	140
7.3 过渡段维修加固	144
7.4 桥头搭板	147
7.5 注浆法	153
7.6 过渡段刚柔过渡处治	161
7.7 过渡段病害综合处治	162
7.8 特殊岩土体路基过渡段病害处治	164
7.9 不同桥梁结构处治跳车的技术措施	170
7.10 过渡段养护	173
第 8 章 总结	174
参考文献	177

第 1 章 绪 论

1.1 桥台与过渡段

墩台是桥梁的重要结构,支撑着桥梁上部结构的荷载,并将它传给地基基础。桥台是支承桥梁上部结构和桥、路之间的连接构造物。桥台主要由台帽、台身和基础三部分组成,如图1-1所示。从路、桥之间的关系来看,桥台是路堤中断处的挡土墙,在靠路堤的一面要承受路堤土对它的侧压力。此外汽车制动力、温度等因素将产生水平方向的力作用到桥台上来;在有弯道的桥上,汽车转弯时要产生离心力;考虑偶然作用力的影响,桥台也不可避免地经受地震力的影响等。桥台就是把以上这些外力在可能同时发生时,也即是在最不利的情况下作用时,组合以核验和计算自身所需要的强度和稳定性,并把它连同自重一起最后传递给地基,由天然地基或经过人工处理的地基安全地来承担^[1]。桥台采用圬工结构时,利用桥台的体型和重量使上述各力和地基反力取得平衡,所以建造得很重,称为重力式桥台^[2]。

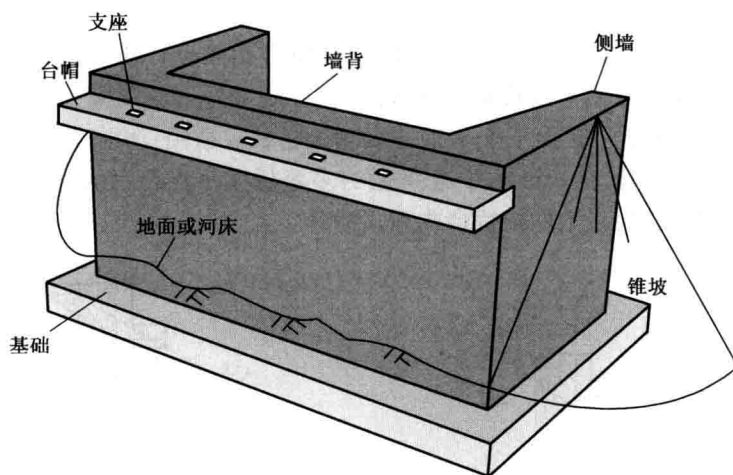


图 1-1 U 形桥台示意图

1.1.1 实体(重力式)桥台

实体(重力式)桥台为就地建筑的整体式结构,主要靠自重平衡背后的土压力。桥台台身多数为石砌墙或混凝土,石料缺乏地区也有用砖砌筑的。按照构造可分为:U 形桥台(图 1-2)、埋置式桥台、八字形桥台、拱形桥台及其他类型。材料:天然石材或片石混凝土。适用性:地基良好的大、中型桥梁,流冰、漂浮物较多的河流中,以及砂石料运输较方便的小桥。

1. U 形桥台

U 形桥台是路桥工程中最常用的桥台形式,其组成为:台帽、台身和基础三部分。材料:台身多采用石砌、片石混凝土或混凝土等圬工材料。适用:填土高度在 4 ~ 10m 以下或跨度稍大,地基条件较好的桥梁。

其中拱桥桥台因受到拱圈传来的较大的单向拱推力,受力复杂,体积较大,多采用刚性圬工实体式桥台。由于拱桥桥台拱座位置较低,所以拱脚以上的台身部分多以挖空来减轻自重,一般拱桥桥台,如图 1-3 所示。

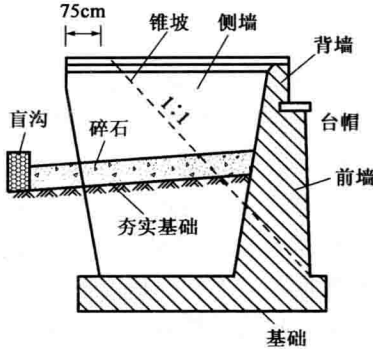


图 1-2 U 形桥台示意图

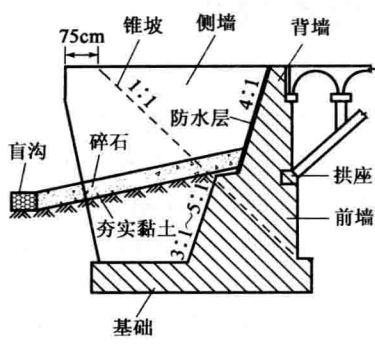


图 1-3 拱桥桥台示意图

2. 埋置式桥台

将台身埋置于台前溜坡内,不需要另设翼墙,仅由台帽两端耳墙与路堤衔接,如图 1-4 所示。材料:台身多用片石混凝土或浆砌块石,台帽和耳墙采用钢筋混凝土。特点:圬工数量较省,但由于溜坡伸入桥孔,压缩了河道,有时需要增加桥长。适用:河滩宽浅,地质良好,河床稳定,一般在台后填土高度小于 10m 的中等跨径的多跨桥梁。当跨径大且台后填土高度超过 10m 以上时,常采用钢筋混凝土框架桥台或箱式桥台。

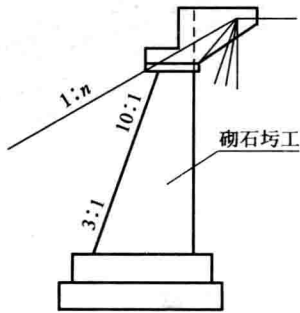
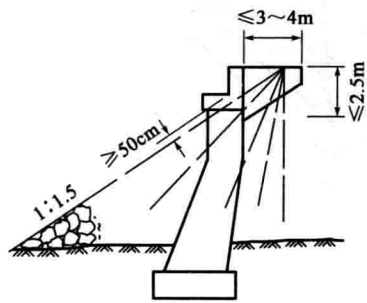


图 1-4 埋置式桥台示意图

3. 八字形、一字形桥台

台身两侧为独立的翼墙,一般将台身与翼墙分开砌筑。翼墙张开的角度一般为 30° ~ 45°,并可根据需要适当变动角度,如图 1-5 所示。

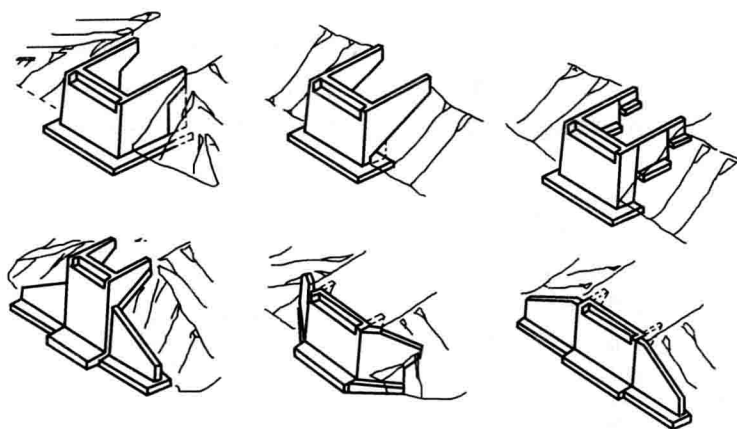


图 1-5 八字、一字形桥台示意图

1.1.2 轻型桥台

轻型桥台体积轻巧,自重小,借助结构物的整体刚度和材料强度承受外力,从而可节省材料,降低对地基强度的要求和扩大应用范围。轻型桥台适用于小跨径桥梁,桥孔孔数与轻型桥墩配合使用时不宜超过 3 个,单孔跨径不大于 13m,多孔全长不空大于 20m^[3]。刚度小,受力后允许在一定范围内发生弹性变形。

1. 支撑梁轻型桥台

轻型桥台之间或台与墩之间设置 3~5 根支撑梁,桥台与支撑梁及上部结构形成四铰框架,如图 1-6 所示。适用:单跨或少跨的小跨径桥梁,桥跨孔数与轻型桥墩配合使用时不宜超过 3 个,单孔跨径不大于 13m,全长不大于 20m。

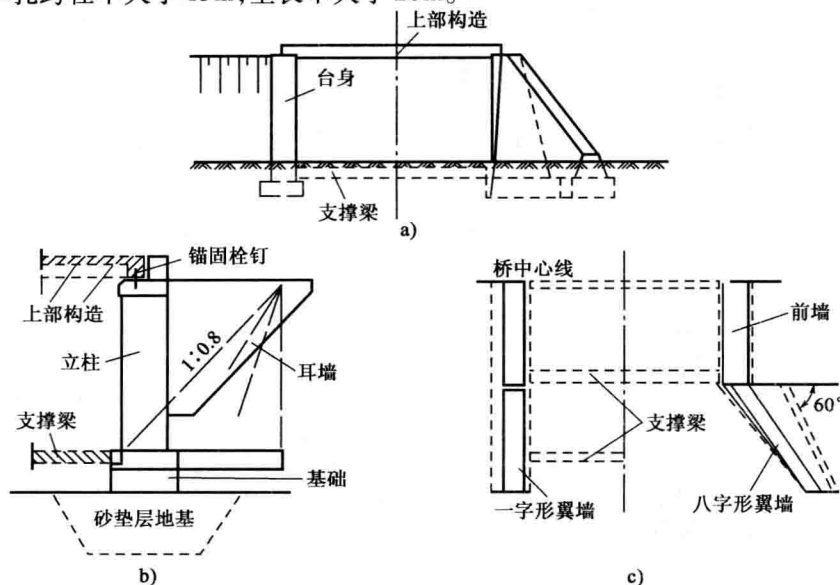


图 1-6 支撑梁式轻型桥台示意图

2. 钢筋混凝土薄壁桥台

钢筋混凝土薄壁桥台由扶壁式挡土墙和两侧的薄壁侧墙组成。两侧薄壁可与前墙垂直(U形),也可做成与前墙斜交(八字形),如图 1-7 所示。特点:减少圬工体积,自重轻,构造和施工比较复杂,钢筋用量较多。适用:软弱地基。常用形式:悬臂式、扶壁式、撑墙式及箱式等,如图 1-8 所示。

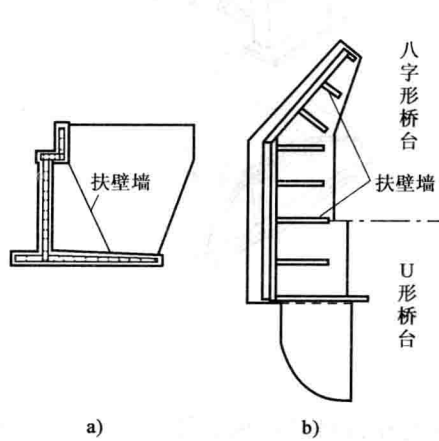


图 1-7 薄壁桥台

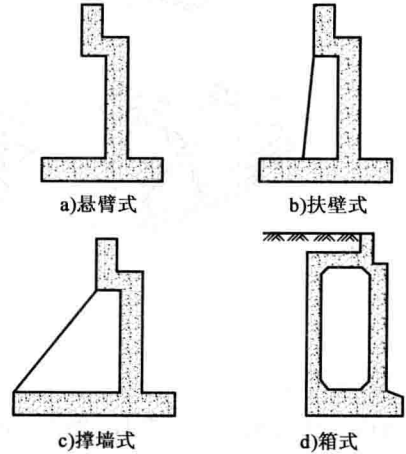


图 1-8 桥台常用形式

3. 埋置式轻型桥台

将台身埋在锥形护坡中,只露出台帽在外,以安置支座及上部构造。按台身的结构形式,埋置式桥台可分为桩柱式、框架式和肋形埋置式,如图 1-9 所示。

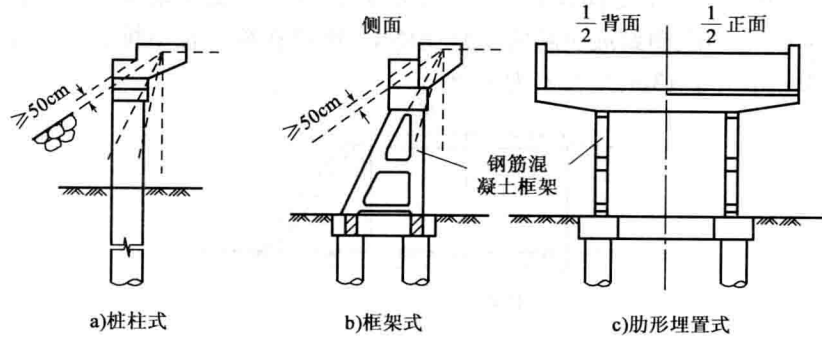


图 1-9 埋置式轻型桥台

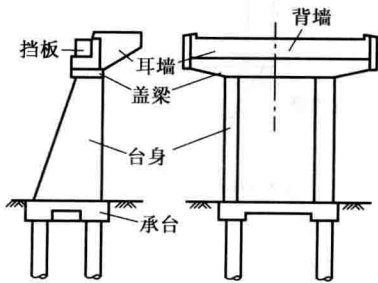


图 1-10 框架式桥台

1.1.3 框架式桥台

框架式桥台是一种桩基轻型桥台,适用于地基承载力较低、台身较高(4m 以上)、跨径较大(10m 以上)的桥梁,如图 1-10 所示。其构造形式一般为双柱式、四柱式、墙式、构架式及半重力式等。

双柱式(或四柱式)一般在填土高于 5m 时采用。为了减少桥台水平位移,也可先填土后钻孔。填土高大于 5m 时采用墙式(或构架式),墙厚一般为 0.4~0.8m,设少量钢

筋。半重力式构造与墙式相同,墙较厚,不设钢筋。

1.1.4 过渡段

公路和铁路都不可避免地遇到道路与桥梁(涵洞)端头连接处的过渡段,如图 1-11 所示。过渡段除具备路基的所有特征外,还有其本身的特殊性。由于组成线路的结构物——桥梁、涵洞等在同路基相连接地段,强度、刚度、变形、材料等方面的差异巨大,以及较大差异沉降的产生和存在(图 1-12 为由于差异沉降产生的裂缝)。这必然会引起道路或者轨道的不平顺,车辆通过路桥(涵)过渡段时常会产生跳车现象,大大降低了车辆运行的安全性、舒适度和经济性。桥头“跳车”范围,对于通道、涵洞一般在台后 5m 左右,对于大中桥而言,往往在 10 m 或更长,甚至可能达到 20m。

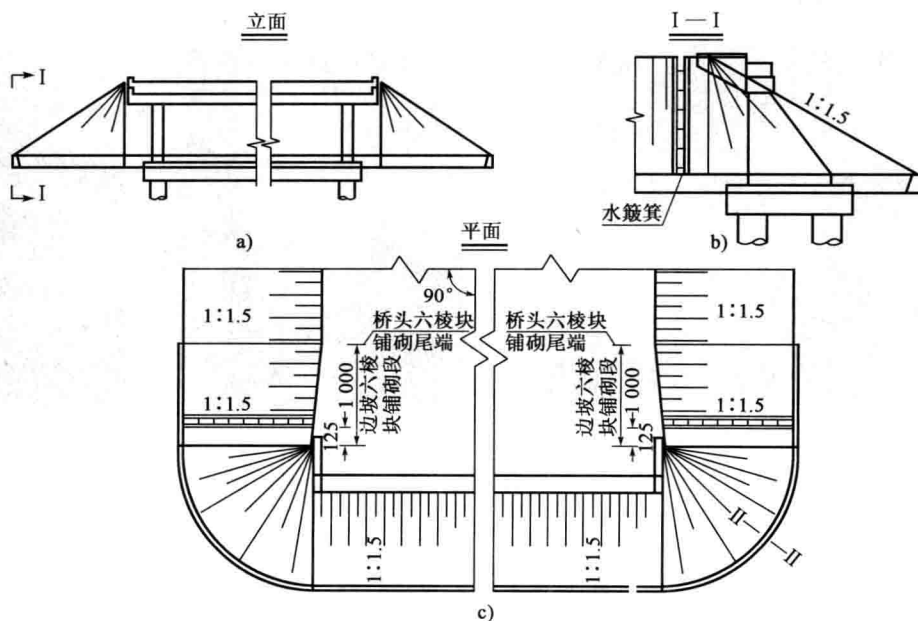


图 1-11 路桥过渡段结构组成示意图

刚性桥台与柔性路堤衔接处是公路工程中的一个较为薄弱部位,如不进行特殊处理将产生不均匀沉降,最终产生桥头跳车是不可避免的。桥头跳车的根本原因是桥台与邻接路段的沉降差异超过一定的界限值。致使车辆在通过桥梁时产生颠簸、不稳,甚至会影响行车安全^[4]。路桥过渡段对行车安全性、舒适性及道路车辆的经济型带来了巨大的危害。因此,从设计到施工,采取多种措施,如对过渡段进行单独设计、单独施工,以达到减少或消除过渡段的不均匀沉降对线路行车影响的目的,使修建的高速公路会更快捷、更舒适。

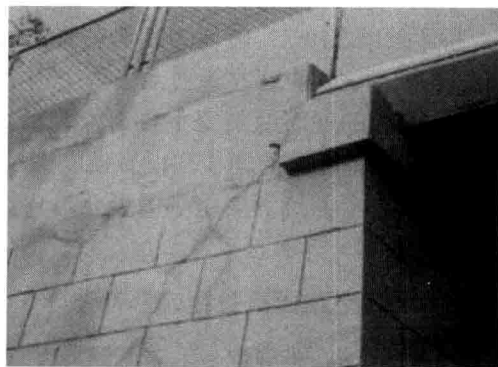


图 1-12 桥台开裂

1.2 桥台及过渡段病害

与桥台及过渡段有关的工程问题,主要包括:路面沉降,桥(涵)头跳车,桥梁伸缩缝变形、破坏,混凝土路面板裂缝、破碎、渗水等。下面分别对这几个方面进行简要说明。

1.2.1 路面沉降

路面竖向位移下沉,低于相邻路面板,呈下凹状。部分路面板断裂,接缝(裂缝)扩大或有错台现象,如图 1-13 所示。产生原因主要为路基压实不足或软基处理不彻底而引起,多发生在软基及高填土路段,特别在高填土路段地基、填土不密实,在土体自重及行车荷载作用下,继续压密,导致路面下沉。常用的处治方法为化学(压力)灌浆、加筋土填筑等。

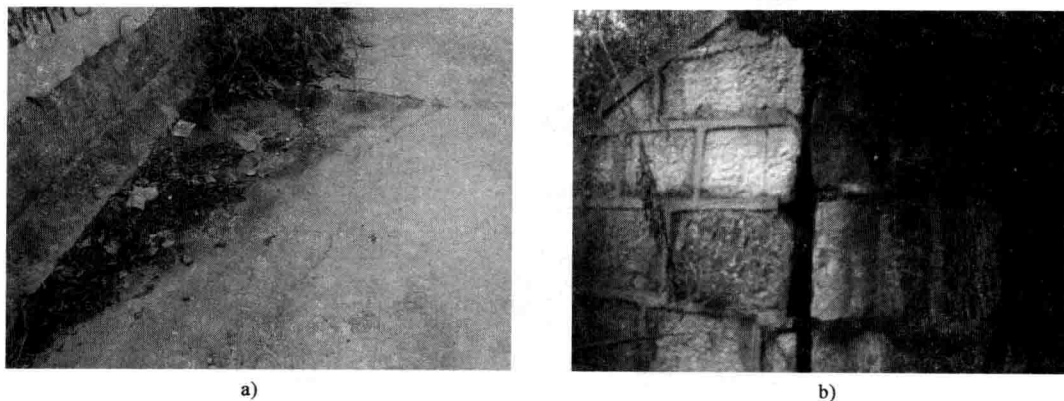


图 1-13 路面沉降及桥台错位病害

1.2.2 错台及纵坡变化超标

桥头跳车的表面特征体现为桥头路面板下沉,部分断板,车辆过桥跳车,如图 1-14 所示。产生原因主要是桥头填土压实不足,通车后由于土体下沉而连带桥头搭板一端的钢筋混凝土垫梁下沉;搭板底下脱空;在重车作用下板体断裂。

1.2.3 桥梁伸缩缝变形、破坏

桥梁伸缩缝变形、破坏表现为伸缩缝橡胶板变形、破损、脱出、伸缩缝漏水、跳车。产生的原因主要为:破坏的伸缩缝类型主要为橡胶板式伸缩缝;因橡胶板伸缩缝的锚栓和板身强度不足、安装不牢;在高速车辆特别是重车的碾压冲击下损坏脱落,如图 1-15 所示。

1.2.4 混凝土路面板裂缝、破碎、渗水

板表面有纵向、横向、斜向或交叉裂缝,板断裂成 2 块或 2 块以上。产生的主要原因为:重复

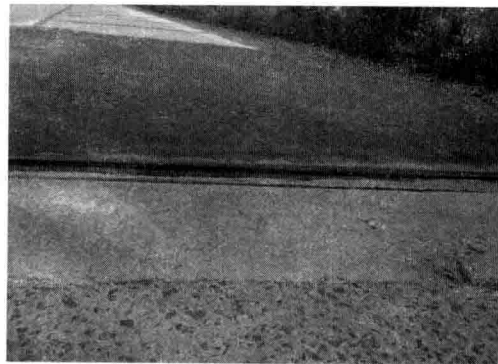


图 1-14 路面不均匀沉降

荷载应力、翘曲应力及收缩应力等综合作用;水的浸入及过大的竖向位移,使板底产生脱空(如桥头、软基下沉、填挖交界处);土基和基层强度不够或混凝土原材料质量差、施工操作不当、养生不好,如图 1-16 所示。混凝土路面纵、横施工缝两侧各 10 cm 范围内边角挤碎剥落,缝隙扩大乃至漏水,如图 1-17 所示。产生的原因为:施工缝未切口填缝。由于后续混凝土路面施工时混凝土浆与前序混凝土板顶面边缘搭接,板顶面沿施工缝局部范围形成薄弱混凝土薄层;在重车碾压及振动冲击力作用下,薄层脱落,造成崩边;锥坡渗水将引起局部滑塌,从而增加桥头路堤的沉降,因此,对锥坡应做好防护措施。



图 1-15 伸缩缝处破损



图 1-16 桥台渗水

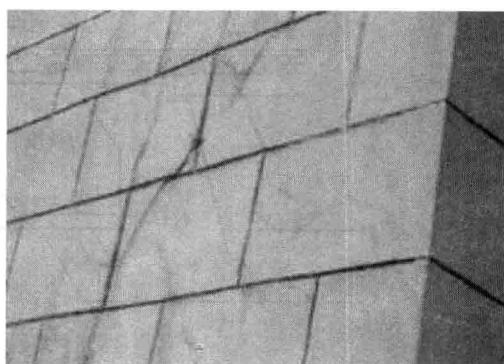


图 1-17 桥台翼墙、挡块开裂

1.3 路桥过渡段概况

1.3.1 公路桥涵过渡段概况

随着公路建设的日益发展,人们对公路质量的要求越来越高,公路的安全性、舒适性、经济性将凸显其重要性。但路桥过渡段不均匀沉降,即桥头跳车现象已经成为公路最常见的质量缺陷之一。据文献调查,有过不少学者对公路路桥过渡段沉降、桥头跳车及处治方法进行了研究。叶见曙在设置桥头搭板时桥台基础和引道土体之间差异沉降分析的基础上,讨论并建议桥头容许纵坡变化值为 0.4%,提出了桥头引道容许工后沉降估算方法和控制标准^[5]。赵献

福分析了道路与桥梁过渡段不均匀沉降的原因,并提出了土工合成加筋土、长短逐渐过渡的深层搅拌桩、EPS 轻型材料填筑法等有效措施^[6]。尹自永结合公路与桥梁过渡段的设计与施工实践,从理论上分析路桥过渡段不均匀沉降的原因,并从设计与施工两方面提出了有效的改进措施,以减少路桥过渡段的不均匀沉降^[7]。

路桥过渡段处治或防治研究方面:董鹏分析了桥头过渡段(设置搭板与不设置搭板)沉降差异产生的原因及危害,提出了台背地基处理、桥头路堤的填料与压实,以及路面要求等降低沉降差异的具体措施^[8]。俞永华等运用 MARC 软件并编辑子程序对桥头搭板及过渡段沉降进行了模拟研究^[9],结果表明:8m 长度的搭板适用于处理地基沉降在 4cm 以内的桥头路段,而 10m 搭板适用于处理地基沉降在 5cm 以内的桥头路段。

1.3.2 铁路桥涵过渡段概况

在铁道工程中,桥梁过渡段是一项很重要的工程,它直接影响行车的颠簸和平安。桥梁过渡段是路基和桥梁的过渡结构,是完成路基刚性颠簸过渡的要害部位,如图 1-18 所示。我国铁路系统对普速铁路过渡段的处理一直未加重视。过渡段设计基本上还处于经验设计阶段^[26]。施工中,铁路路桥过渡段很难达到压实标准。大量的调查分析表明,我国铁路路桥过渡段的病害广泛而严重,经常的维修使一些线路桥台后的路基道砟囊深度达 2~3 m,纵向延伸达 10~30m^[10]。随着近年来我国武广(深)、京沪、京武、沪昆等高速铁路的快速发展,对路桥过渡段的要求也随之增大,这类问题必须引起足够的重视。

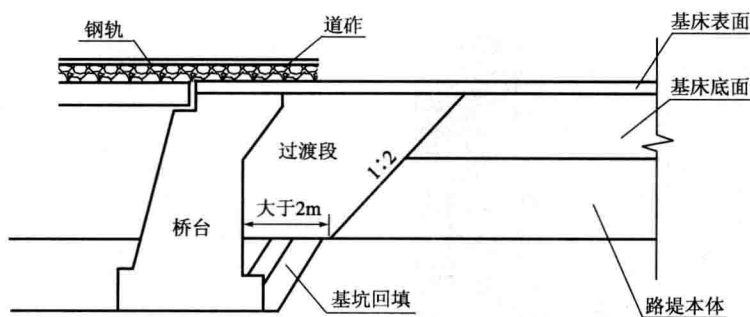


图 1-18 铁路桥梁过渡段

过渡段沉降规律及处治方法研究方面:陈果元等针对高速铁路路桥过渡段沉降问题开展研究^[11]。根据现场测试结果及理论分析,得到了列车荷载作用下级配碎石路桥过渡段、土工格栅路桥过渡段的沉降规律,得出采用土工格栅的路桥过渡段对减小沉降有很好的效果。姜良分析了路桥过渡段差异沉降产生的危害和原因,比较了不同的处理方法^[25]。并对 CFG 桩地基加固处理路桥过渡段差异沉降,进行了二维非线性有限元分析,得出 CFG 桩能有效缓解过渡段的沉降。杨广庆等对高速铁路路基与桥梁过渡段技术措施进行了分析^[33],介绍,世界高速铁路国家(包括国内京沪高速铁路)在该部位的处理措施,并对各种方法的使用进行了探讨。赵洪勇通过对秦沈客运专线路桥过渡段不同过渡方式的过渡段沉降实测资料的对比分析,归纳总结出过渡段在施工阶段的变形规律,并对路桥过渡段中的应力与变形进行了理论分析,通过对路桥过渡段复合基底沉降的有限元数值计算,并与实测结果进行了对比分析,得出

相应的结论并给出建议^[26]。刘伟以胶新铁路路桥过渡段实测沉降数据为基础,研究了路桥过渡段各参数对沉降的影响^[12]。由于铁路运营的特殊性,其铁路桥梁过渡段动力学特性研究显得尤为重要。李祁伟以车辆—轨道耦合动力学理论和车辆—桥梁耦合振动理论为基础,建立了路桥过渡段车—线—桥相互作用的耦合动力学分析模型^[13],分析了线路随机不平顺、路桥过渡段行车速度、过渡段沉降值和过渡段长度的变化,对车辆、轨道和桥梁的影响,进行理论分析与研究。王梦根据建立的竖向振动分析模型,以秦沈客运专线 32m 单线简支箱梁桥为例,对模型进行竖向自振特性分析,列出了前六阶竖向自振频率和相应的振型图,得出了各种因素对列车运行的影响规律;给出了不同行车速度下无砟轨道路桥过渡段设置长度的建议值,计算结果正确可靠^[14]。罗强全面分析了路桥过渡段轨面弯折变形、轨道基础刚度变化、行车速度、车辆驶向等因素,对高速铁路路桥过渡段动力学特性的影响规律,提出了针对不同速度等级的路桥过渡段结构设计与技术标准,并对过渡段土工格栅加筋砾石土变形特性进行了试验研究,得出土工格栅加筋砾石土能有效减小过渡段的沉降^[15]。

1.3.3 过渡段沉降现状

路桥过渡段不平顺的根本原因是由于路基与桥台的刚度差异悬殊,路基填料固结程度差,强度相对较低。要改善二者的刚度差,使桥台、路基的刚度均匀渐变。此外,地基土的性质及结构不同,所产生的沉降和沉降达到稳定所需要的时间也不同。对于粉质土地基和中、低压缩性的黏土地基,其全部完成沉降需要几年时间;对于高压压缩性黏土地基、饱和黏土地基,则全部完成沉降需要十几年甚至几十年时间。所以,路基工后沉降是造成桥头跳车的成因。

1. 沉降计算

地基沉降是指外荷载(如交通荷载、填土荷载和建筑荷重)引起的地基附加应力作用下的竖向变形。一般认为,地基沉降分为三个部分:初始沉降、主固结沉降和次固结沉降。据文献调查对于路桥过渡段沉降的计算国内有不少学者进行过研究。陈振建等从 Biot 固结方程获得饱和半无限弹性地基中任意分布荷载下的初始沉降与孔压分布解答,从而考虑孔压对土体变形的影响^[16]。姚久阳等从沉降计算分析入手,分析了路桥过渡段产生不均匀沉降的主要原因,路桥过渡段的结构设计措施及施工控制进行了探讨^[17]。

2. 差异沉降

在路桥过渡段,路堤荷载作用产生的地基附加应力分布并不均匀。旷萃云推导了半无限路堤荷载作用下可供桥台后路堤沉降计算的地基附加应力计算公式^[18]。殷宗泽等认为减小填筑速率,延长预压时间,可使软土在填筑期有充裕的时间固结压缩,从而减小填土工后沉降量^[19]。徐洋中从设计及施工两方面论述了减少或消除高速公路路桥过渡段不均匀沉降的预防措施^[20]。陈少平基于软土地区桥台与桥涵之间产生较大的差异沉降采用沉降拟合方法,提出有效地解决桥台差异沉降难题的方法^[21]。关于这方面的影响因素、差异沉降观测及控制将在下文给出。

1.3.4 桥头跳车处治及预防现状

如前所述,产生桥头跳车的主要原因是过渡段间不均匀沉降。通过对大量桥头跳车病害的调查,国内外学者针对由于不均匀沉降产生的桥头跳车病害提出了一些预防措施。这些措

施从理论上归纳起来有三类:减小路基的压缩变形;使过渡段的沉降逐渐过渡;减小地基沉降。具体施工措施,有台背回填控制、桥头搭板的使用、碾压夯实、土工合成材料的使用、土工格网加筋和台背路基注浆施工等。

采用桥头搭板来防止桥头跳车现象是目前比较常见的一种处治方法。搭板设计的基本思路是将桥台与路堤衔接处因较大差异沉降引起的路面纵坡突变,通过设置桥头搭板进行缓和和过渡,将路面纵坡变化限制在容许范围内,从而达到消除桥头跳车的目的。王康将搭板的计算分为均匀沉降和局部脱空两种,搭板适宜长度在 $5 \sim 8\text{m}$ ^[22]。郑传超分析了搭板几何参数对搭板应力和宽度的影响^[23]。

土工网处理桥头跳车的作用机理是:一方面,利用锚固的加筋材料的一端张拉作用,在台背局部范围分层阻止填料沿台背的沉降;另一方面,由于土工网的作用,土颗粒受到约束,土体本身颗粒之间以及土颗粒与土工网接触面之间的摩擦咬合作用增强。我国《土工合成材料应用技术规范》(GB 50290—98)中给出了桥头路堤加筋的两种形式^[91]。其中土工格栅底部最小长度取 $2.5 \sim 4\text{m}$,并从下至上 $1:1$ 的坡度延长,还给出了垂直方向的布置间距计算公式。

轻质填料的使用可显著减小地基的附加应力,从而减小地基的沉降量,且其具有足够的承载力,能满足上部路面结构层和行车荷载作用的强度要求,并且符合刚度要求。刘松对粉煤灰中掺入一定剂量的石灰和水泥填筑桥(涵)台背来防止桥头跳车的新方法进行论述,提出技术可行、经济合理的配合比,在黄黄高速公路一座大桥台背用此方法处理,取得了良好的效果^[24]。

采用柔性桥台结构来降低桥台的刚度,缩小桥台和路堤的刚度差,使其衔接处的行车荷载压缩变形和填土固结沉降均匀过渡,达到消除路面纵坡突变防止桥头跳车的产生。此外,土工格室是一种用于过渡段的新型土工合成材料。这是一种高分子聚合物宽条带,经强力焊接而形成的三维网状结构,它伸缩自如,运输时可缩叠起来,使用时张开,并在格室中充填砂、碎石或泥土等材料,构成具有强大侧向限制和大刚度的结构。利用土工格室与填料组成的复合体具有较大的弯拉刚度、抗剪强度的特性,从而达到消除桥头跳车的目的。这部分的详细内容将在下文中过渡段病害的处治及预防中提及。

1.4 路桥过渡段病害的危害

1.4.1 影响安全性

路桥过渡段存在差异沉降时,极易产生跳车现象,并产生很大的冲击荷载,根据结构动力学分析,动载的力学效应一般为静载的几倍以上。这对桥梁墩台、伸缩缝等损害较大,同时也加剧了车辆的损坏。在斜交桥若过渡段存在病害则有翻车的危险^[25]。

1.4.2 影响舒适性

车辆通过路桥过渡段台阶时,产生的跳动冲击,车辆颠簸,造成乘客及驾驶员乘坐不适,降低了车辆行驶的舒适性。同时桥头跳车还会对周围的居民造成噪声污染,引起社会的不良反响^[26]。

1.4.3 影响经济性

桥头跳车危害不仅会加剧汽车的损耗,增大油耗,加大尾气排放,污染环境,更严重的是路桥过渡段的病害现象若不及时养护维修,车辆对路面、路基、伸缩缝等冲击破坏作用愈加严重,若影响了桥涵的正常使用,就会使道路的养护费用加倍。

1.5 过渡段常用数值方法

时至今日,路桥过渡段及路基沉降课题一直困扰着土木工程技术人员。就一般的土木工程而言,仍在普遍沿用 K. Terzaghi 等人建立的经典分析方法,在实际计算中,工程人员的素质和工程测试手段往往起着关键的作用。诚然,路桥过渡段及路基沉降是很复杂的课题,对此,纯经验或纯理论的观点都是不可取的。有限元技术的发展为人们研究解决路桥过渡段及路基沉降课题带来了希望,并给与许多启迪和想象。随着科学技术特别是计算机技术的快速发展,商用的结构、岩土计算软件纷纷涌现,如 FLAC、ABAQUS、ANSYS、ADINA 等,据文献调查其均可用于路桥过渡段及沉降分析。

针对台背回填带来的回填区路面严重破坏;搭板与桥头连接处路面发生车辙、开裂等病害,结合长株高速公路实体工程,易勇等采用 ANSYS 软件对台背回填路基的土后沉降进行了数值模拟^[27]。结果显示采用石灰土进行台背回填,回填部分具有很好地承载能力,能很好地满足性能要求。相比风积砂、黏性土、砂砾而言,大大提高了回填部分的整体承载能力,表现出更优良的力学能力。搭板在衔接桥梁与路基中起着至关重要的作用,它是解决桥头跳车的关键构件之一。王智德利用 ANSYS 软件对不同结构形式的搭板分别建立结构模型且进行分析计算^[28],为工程的施工和设计提供了技术上的指导和设计参考依据,同时也为驾驶员的行车安全和乘客的舒适度提供保障。刘峰利用 FLAC 数值分析软件与 GEO 数值分析软件中 SIGMA 模块数值分析,研究了二级搭板的可行性与适用范围^[29]。俞永华基于 Visual Fortran 平台,对大型通用有限元 MARC 软件进行了深度二次开发^[30],研编了二维、三维的接触面单元、非线性邓肯-张模型、脱空区材料模型、地基沉降模拟等用户子程序,同时结合工程实际,进行了系统的现场试验和观测。实体工程观测资料表明,楔形柔性搭板能够较好地协调桥台与路堤的沉降差,从而消除桥头跳车现象。针对深厚软土地区既有铁路和高速公路桥台广泛存在的病害,以及目前桩基桥台设计和施工方面存在的问题,聂如松利用 ADINA 有限元计算程序研究了路基与其下的地基之间剪应力的分布规律、承台底面与地基之间的剪应力分布规律、台背土压力以及桩间土拱和台后路基土拱效应,并与实测结果进行对比分析^[31]。同样,为了解决桥头跳车问题,鲁明通过 ABAQUS 软件编译相应程序对搭板与填土间的不同接触状态和地基不同沉降模式进行模拟,运用得到的计算分析方法对上海地区某工程实例进行验证,并预测其工后沉降值,进行优化设计,取得了较为理想的结果^[32]。

与此同时,过渡段病害处治方面,土格室加筋构成的柔性搭板在处治桥头跳车问题上有较好的效果。耿福志运用分析软件 ADINA,通过调整地基刚度(采用小同的地基沉降量表示)来模拟小同的地基条件,分析了小同地基条件下的桥头路基的应力和位移变化规律,研究了土工格室柔性搭板在处治桥头跳车中的作用机理^[33]。姜良利用有限单元法对 CFG 桩地基加固处理路桥过渡段差异沉降,进行了二维非线性有限元分析,给出了过渡段需要加强的范围,进而提出了过渡段路基的加强措施^[34]。

1.6 过渡段病害处治方法

台背过渡段的差异沉降是众多因素的影响而形成的,要解决这个问题,就必须从多个方面入手,对于不同的影响因素采用相应的方法解决。

1.6.1 复合地基(换填)

复合地基中桩体(或柱体)通过置换、挤密作用对土体进行加固^[35]。复合地基有以下几种:水泥、灰土桩类(如深层搅拌桩、粉喷桩、夯实水泥土桩、灰土桩、二灰桩等)复合地基,混凝土桩类(如混凝土桩、CFG桩)复合地基,散体材料桩类(如碎石桩、砂桩、钢渣桩、矿渣桩等)复合地基,柔性桩复合地基,半刚性桩复合地基,散体桩复合地基和刚性桩复合地基。

采用轻质换填路基材料来缓解软土地基上路桥过渡段的沉降差异是较常见的方法,换填材料目前有:EPS轻质块体、EPS颗粒混合轻质土、气泡混合轻质土及工业废弃物(如粉煤灰、矿渣等)^[36]。这部分内容将在本书第6章介绍。

1.6.2 桥台搭板

在路桥搭接处设置钢筋混凝土搭板,搭板一端连接在桥台上方,另一端搁置在路基上,下端一般搭配枕梁,形成路桥过渡段平滑过渡,以防止桥头错台式跳车现象^[37-39]。桥头搭板放置在桥头路堤上,除了经受各种荷载作用之外,还与地基互相作用,而且搭板两端有无约束或者约束条件是否正常,都会影响搭板的使用。所以在进行搭板设计与计算时,必须考虑各种影响因素。这部分的具体设计施工措施将在本书第7章进行介绍。

1.6.3 台背地基处理

人工地基指过于软弱或有不良地质情况的天然地基土进行人工加固或处理后才能满足工程需要的地基。在这里,台背地基处理是作为一种综合处理的方法,包括复合地基(换填)法、排水固结法、高压喷射注浆法、振动碎石桩法以及超载预压法、深层搅拌桩法、挤密砂桩法等方法^[40]。

1.6.4 加筋或级配粗粒料填筑处治

土工合成材料加筋土(GRS)由于其施工简单、经济等原因,常在路桥过渡段填料中铺设加筋材料,可以增强路基强度,提高路基刚度,显著减少路基本体的变形。同时GRS桥台结构把桩基础的刚性结构变为土工合成加筋土的柔性结构,与桩基础的桥台结构相比,有着比较明显的优势^[41]。级配粗粒料填筑处治能减少路堤自身的压缩性,降低其工后沉降。该方法设计意图明确,是通过使用级配粗粒料来减小路基自身的压缩性^[42]。

1.6.5 压浆处理技术

大量工程实践表明,压力注浆技术加固桥台台背路基是防止桥头跳车较好的技术处理措施。采用注浆法加固高速公路高填方路堤,进行路面局部塌陷的处理,无论是时间上还是经济上都有很好的效果。灌浆技术的关键是灌浆压力的选择和控制、浆材配比和灌浆工艺;此外灌浆参数的选择是一个复杂的问题,只有通过现场试验才能切实确定^[43-45]。

有关过渡段病害预防处治的具体方法将在本书第6章和第7章详细说明。