

高速公路路桥(涵)过渡段回填 分析方法及应用技术

*GAOSE GONGLU LUQIAO (HAN) GUODU DUAN HUI TIAN
FENXI FANGFA JI YINGYONG JISHU*

黄晓明 等著



人民交通出版社

China Communications Press

Gaosu Gonglu Luqiao (han) Guoduduan
Huitian Fenxi Fangfa Ji Yingyong Jishu

高速公路路桥(涵)过渡段 回填分析方法及应用技术

黄晓明 等著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是针对高速公路桥头跳车等问题而编写的专著。本书全面介绍了高速公路路桥(涵)过渡段回填的分析方法及应用技术,主要包括路桥(涵)过渡段回填变形试验研究、路面结构受力数值模拟、回填特性分析、差异沉降控制标准、回填材料优化与设计等关键技术。

本书适合高速公路研究、设计、施工等技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路路桥(涵)过渡段回填分析方法及应用技术/
黄晓明等著. —北京:人民交通出版社, 2007.3.
ISBN 978-7-114-06469-2

I. 高... II. 黄... III. 高速公路—公路桥—桥头—回填
IV. U448.145.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第041596号

高速公路路桥(涵)过渡段

书 名: 回填分析方法及应用技术

著 作 者: 黄晓明 等

责任编辑: 毛 鹏

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) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 16.75

字 数: 418 千

版 次: 2007年4月 第1版

印 次: 2007年4月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-06469-2

印 数: 0001 — 3000 册

定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

随着我国经济建设的高速发展,西部开发战略的实施,公路网的建设已向西部延伸,高速公路的建设重心逐步西移。为了提高西部地区交通基础设施建设的整体水平和质量,提高西部地区基础设施建设的科技含量,降低工程造价;加大科技投入,解决交通建设和发展中的关键技术问题和技术难点,从2001年初开始,交通部每年安排专项资金,用于西部交通建设科技攻关。

我国地域辽阔,不同的气候、水文、地质条件造成了复杂的地形地貌,在地势不平坦地区修筑公路时常建造桥梁以跨越沟、谷的阻隔,这就形成了桥台后回填材料路堤变形及稳定问题。桥台后回填材料由于受桥台的水平挤压与竖向摩阻作用,以及桥台后回填材料压实困难等诸多因素的影响,致使回填材料的应力变形具有特殊性质。桥台通常建立于坚实地基,或采用桩基础形式将上部荷载传递给承载力高的硬土层,从而满足桥台容许变形小的设计要求;而填土及其下地基在自重和附加应力作用下的工后沉降相对较大。路桥过渡段差异沉降发展至一定程度就会导致“桥头跳车”现象的发生。尤其在软土地区,在路堤荷载作用下地基沉降大,变形稳定历时长,同时还存在桥涵(通道)前后区域软土塑性剪切区因贯通而发生滑动失稳破坏的可能。

由路桥过渡段两端的差异沉降引起的跳车现象对于道路、桥梁、车辆和驾乘人员都有不同程度的影响与危害。首先,桥头的差异沉降使得车辆通过桥涵结构物时,对结构物产生不小的冲击荷载,路桥结合处的损害严重,尤其对伸缩缝的破坏显著。为了维护高速公路的良好使用状态,对桥涵两端的差异沉降要及时进行维修,不断的维修不仅要耗费大量的人力、财力和物力,而且也产生了不良的社会影响。其次,桥头跳车对车辆的损害也相当大,它加剧了机件、轮胎的磨损和行车的油耗。另外,桥头的差异沉降会导致车辆行驶至桥头时不得不减速通过,引起车辆振动,影响了车辆的行驶速度。对于高速公路来说,桥头跳车对行车质量的影响尤为明显,降低了驾乘人员的行驶舒适性。据有关资料分析,在美国每年因桥头跳车而花费的养护、修理费用高达1亿美元以上。我国每年也要花费大量的人力、物力和财力来处理桥头跳车。桥头跳车已成为高速公路运营中迫切需要解决的世界性难题,因而有必要对桥头跳车的机理进行分析研究,从而有利于消除或减少桥头跳车的发生。

为了深入分析路桥过渡段差异沉降的产生机理,交通部西部项目管理办公室经过专家讨论同意立题开展《公路三背回填材料及稳定性研究》。

内蒙古赤峰市公路勘察设计院与东南大学等单位通过投标联合承担了2002年度交通部西部交通建设科技项目《公路三背回填材料及稳定性研究》(项目编号:2002 318 000 32)课题。在项目负责单位赤峰市公路勘察设计院的周密安排和项目组全体研究人员的密切合作下,研究工作于2004年底全部完成,并于2004年底顺利通过了交通部西部交通建设科技项目管理办公室和专家组组织的鉴定。本书的顺利成稿得益于课题组的全体成员,在此特别感谢课题组长赤峰市公路勘察设计院院长陈璞高级工程师、副院长苏伟光高级工程师及白立新、王伟亚高级工程师,内蒙古工业大学苏跃宏副教授、王岚副教授及闫景晨、崔亚楠讲师,东南大学朱湘副教授等所做的大量研究工作。

在课题研究过程中,先后有本人指导的三位博士生进行了相关专题的研究,主要是葛折圣博士的博士论文《公路桥涵台背回填材料和工程处理措施的优化研究》、刘萌成博士的博士论文《桥台后回填差异沉降控制标准及设计方法研究》及陶向华博士的博士论文《路桥过渡段差异沉降控制标准与人车路相互作用》,本书是在以上三篇博士论文的基础上,经过总结提炼而完成的,在此一并表示感谢,同时葛折圣博士、刘萌成博士及陶向华博士也是本书的合著者。

本书的主要参考文献列于书后,但在书中没有具体列出引用位置,如读者要知道具体引用位置,可以查阅以上三篇博士论文,在此表示歉意。

著 者

2006年8月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 路桥(涵)过渡段回填工程使用效果调查.....	2
第二节 路桥(涵)过渡段的差异沉降.....	9
第三节 回填材料变形特性	17
第四节 路桥(涵)过渡段回填变形计算方法	26
第五节 人车路相互作用	29
第二章 路桥(涵)过渡段回填变形试验研究	34
第一节 粒状材料静力和动力三轴试验设备	34
第二节 粒状材料的静三轴试验	37
第三节 粒状材料的动三轴试验	50
第四节 陶粒粉煤灰混凝土性能试验	57
第五节 材料本构模型及试验验证	60
第六节 回填变形离心模型试验	69
第三章 过渡路段路面结构受力数值模拟	89
第一节 ABAQUS 几何建模与数值模拟技术	89
第二节 车辆荷载作用模式	92
第三节 水泥混凝土路面板在车辆动荷载作用下的解析解	94
第四节 车辆单次荷载作用下沥青路面动响应有限元隐式分析方法	100
第五节 车辆荷载循环作用下沥青路面动响应有限元显示分析	113
第四章 路桥(涵)过渡段回填特性分析	118
第一节 路桥(涵)过渡段回填土压力分析	118
第二节 路桥(涵)过渡段回填稳定性极限分析	124
第三节 路桥(涵)过渡段回填工后沉降影响因素分析	133
第四节 路桥(涵)过渡段回填沉降分析	137
第五章 人车路系统垂向振动分析模型及其数值解法	142
第一节 路面不平整模型	142
第二节 车辆垂向振动分析模型	146
第三节 行驶舒适性的评价标准	149
第四节 人车路系统垂向振动方程及求解过程	153
第五节 过渡段路段行驶舒适性数值分析	160
第六节 过渡段路段车辆动荷载分析	169
第七节 动荷载系数的取值	179
第六章 过渡路段差异沉降控制标准	181
第一节 差异沉降结构性控制标准	181
第二节 差异沉降功能性控制标准	189
第三节 考虑公路等级差异的差异沉降控制标准	193

第四节	差异沉降控制标准的适用性分析	195
第七章	车辆荷载作用下桥台后回填长期变形计算方法	198
第一节	弹性半平面内移动条形荷载的动力响应	198
第二节	平面应变下弹性多层体系解答	202
第三节	交通荷载作用下长期变形计算方法	206
第四节	永久变形计算程序与算例分析	208
第五节	自重应力作用下路堤压缩变形计算方法	209
第八章	路堤荷载作用下桥台后成层地基固结变形计算方法	212
第一节	桥台后地基附加应力计算	212
第二节	粘弹性层状地基固结变形控制方程及其 Laplace 变换解答	214
第三节	考虑分层填筑的路堤荷载及其 Laplace 变换	218
第四节	Laplace 逆变换下粘弹性层状地基固结变形解	220
第五节	粘弹性层状地基沉降计算程序与算例分析	222
第九章	路桥(涵)过渡段回填材料优化与设计	226
第一节	优选的目标函数和决策变量	226
第二节	比较优选	228
第三节	神经网络和遗传算法相结合的优化方法	229
第四节	路桥(涵)过渡段回填材料和处理措施的推荐	234
第五节	回填设计计算方法与实例分析	235
参考文献		244

公路桥台、挡土墙和涵洞(通道)是公路的主要构筑物。这三类构筑物背后的回填是一项容易被忽视又不容易做好的工作,常常因为多种原因而严重影响公路的使用性能。对公路桥台和涵洞(通道)主要是公路路面施工完成后桥涵构筑物本身及路桥(涵)过渡段继续沉降,致使路桥(涵)过渡段与构筑物连接处出现台阶,车辆通过时容易产生腾空现象,工程界通常称之为“跳车”;对挡土墙主要是路桥(涵)过渡段材料在雨水的浸泡下容易改变原有的土的特性参数而使挡土墙出现倾覆、滑动等现象。

总结已有的公路三背构筑物的主要病害产生的原因主要有以下几点:

在构造方面:由于桥台、挡土墙和涵洞(通道)与道路的分界十分明显,分界线前后一侧是刚体、另一侧是柔性体,在结构刚度上产生很大差异。

设计方面:由于桥台、挡土墙和涵洞(通道)构筑物分别按各自的标准进行设计,没有统一的标准,加之在结构上又没有进行特殊设计,所以从设计上分析,以上构筑物连接处没有共同的设计参数控制,是间断连续的。

施工方面:构筑物的施工属于分段浇筑或拼装砌筑而成,其构造是相对均匀的等密体,整体性好。而其后的填土,尤其是在构筑一定范围内的填料,在实际施工中往往是薄弱环节,主要表现在:

①没有严格按照要求进行施工。有些施工队伍认为路桥(涵)过渡段回填无关紧要,加之设置搭板等附加设施,不会影响大局。由于桥台和涵洞(通道)构筑物未按要求施工,其过渡段一方面在自重的作用下产生部分沉降,另一方面在行车荷载的冲击作用下也会影响沉降,从而产生差异沉降。

②施工机具不合理。路桥(涵)过渡段回填采用的施工机具有人工夯锤、蛙式大夯机和压路机,人工夯锤难以保证压实度的均匀性。结构物基础开挖时,未考虑回填空间的可操作性,导致无法采用机械进行夯实或压实。

③施工材料选择不合理。路桥(涵)过渡段回填的压实度要求只是缩小路桥(涵)过渡段塑性变形的一个方面,不同的材料达到同一压实度时在同一荷载作用下的塑性变形是不同的,强度低、刚度小的材料的塑性变形相对较大。因此选用强度相对较高、压缩性较小、刚度较大的材料,以缩小路桥(涵)过渡段回填的塑性变形。

④施工安排时间不合理。

为了有效地减少路桥(涵)过渡段的差异沉降,先后有本人指导的三位博士生进行了相关专题的研究,主要是葛折圣博士的论文《公路桥涵台背回填材料和工程处理措施的优化研究》、刘萌成博士的论文《桥台后回填差异沉降控制标准及设计方法研究》及陶向华博士的论文《路桥过渡段差异沉降控制标准与人车路相互作用》。本书的基础就是通过总结三位博士生的论文,对路桥(涵)过渡段的技术现状、材料选择、施工技术和分析方法进行了全面深入的研究。

由于本书主要内容涉及路桥(涵)过渡段的沉降分析与处理技术,基本没有涉及挡土墙的回填问题,因此,书名取为《高速公路路桥(涵)过渡段回填分析方法及应用技术》。

第一节 路桥(涵)过渡段回填工程使用效果调查

在研究工作开始前,研究人员首先进行了国内部分高速公路回填设计方法及部分高速公路回填使用效果的调查。

一、沪宁(上海—南京)高速公路江苏段

沪宁高速公路江苏段一期工程全长 248.21km,西起南京马群,东至昆山花桥与上海段相接,是江苏省的第一条高速公路。该路于 1992 年 6 月 14 日开工建设,1996 年 9 月 15 日建成投入营运。2000 年的交通量为 20198 辆/日,2010 年的预估交通量为 36602 辆/日。南京地区年平均降雨量 1013.4mm,年平均气温(7 日平均气温)26.4℃。

1. K275 + 655 九香河大桥台背回填

1) 设计方案

南京岸桥台采用承台分离式桥台,搭板长 8m,台背回填示意图见图 1-1。

上海岸桥台采用 20 号片石混凝土砌筑的重力式 U 形桥台,搭板长 8m,台背回填示意图见图 1-2。

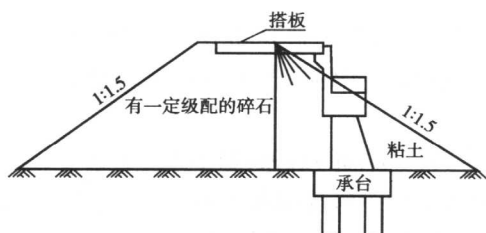


图 1-1 南京岸承台分离式桥台台背回填

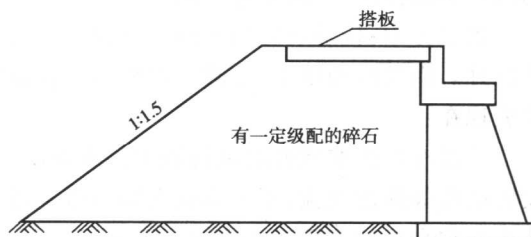


图 1-2 上海岸重力式 U 形桥台台背回填

2) 回填施工

沪宁高速公路南京段桥涵台背回填的显著特点为:构造物在路基填筑前施工,台背回填也在路基填筑前施工,从而形成如图 1-1 和图 1-2 所示的台背填筑方式。本桥台台背采用有一定级配的碎石,每 40cm 一层夯实;回填范围:顶面延路线纵向超出搭板 2m,以 1:1.5 放坡至承台或基础顶面。

3) 使用现状与评价

主要破坏现象如图 1-3 ~ 图 1-5 所示。

由图 1-3 可见,回填区路面虽经多次修补,仍然破坏严重。由图 1-4 可见,在交通荷载的重复作用下,搭板与桥头连接处的路面破碎严重。由图 1-5 可见,由于车辆荷载的冲击与压密作用,使搭板末端与路基交界处有 2.5cm 的差异沉降。因此,设置桥头搭板不能根除桥头跳车问题,只是将跳车的位置后移。另外,现场观测发现,南京岸桥台承台分离式

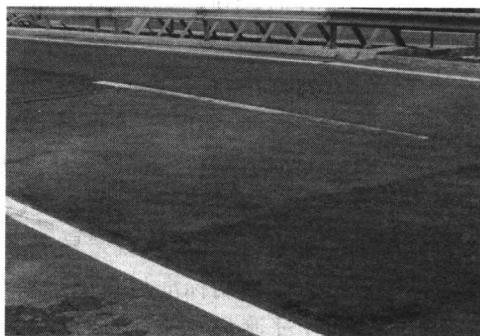


图 1-3 回填区路面破坏

桥台回填区破坏比上海岸重力式 U 形桥台回填区的破坏更加明显。



图 1-4 搭板与桥头连接处严重破碎

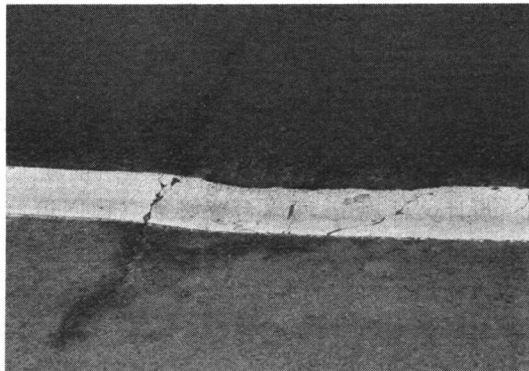


图 1-5 搭板末端与路基交界处的差异沉降

2. K267 + 520 其林中桥台背回填

1) 设计方案

采用桩柱式桥台，搭板长 8m，台背回填示意图见图 1-6。

2) 回填施工

台背回填施工方法与九香河大桥相似，台背回填也在路基填筑前施工，采用有一定级配的碎石，每 40cm 一层夯实，顶面延路线纵向超出搭板 2m，以 1:1.5 放坡至锥坡基础顶面。

3) 使用现状与评价

主要破坏现象如图 1-7 所示。

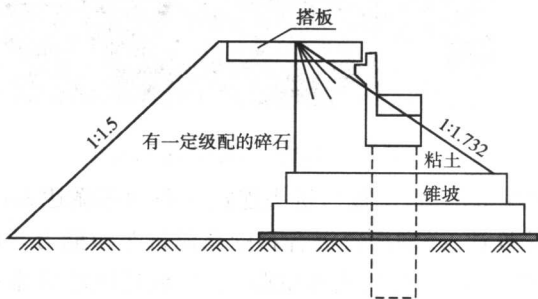


图 1-6 桩柱式桥台台背回填示意图

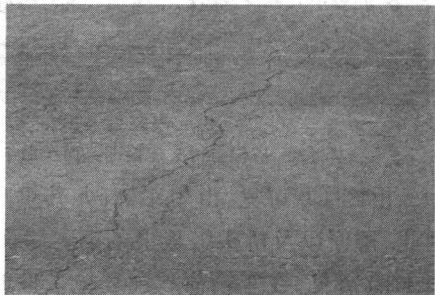


图 1-7 搭板末端与路基交界处的横向裂缝

现场观测发现，桥头搭板末端与路基交界处的路面有 1.0cm 的差异沉降，且有明显的横向裂缝。

二、合徐(合肥—徐州)高速公路南段

合肥至徐州高速公路是北京—福州国道主干线的重要路段。全长 270km，南段 2001 年 7 月 1 日建成通车。合徐路南段是安徽省第一条严格施工的沥青混凝土路面的高等级公路，也是安徽省以合肥为中心的“十字”主干道南北贯通的重要路段，它对提高合肥至皖北及我国西北部的综合运输网有着极为重要的意义。

合徐高速公路南段目前日平均交通量 7000 辆，其中重车(> 10t)3000 辆。

1. K103 + 500 淮南铁路立交桥台背回填

1) 设计方案

采用片石混凝土重力式桥台，桥台基础软基用水泥粉喷桩加 20cm 的碎石垫层进行处理。

台后填筑 5% 的石灰土,台前和两侧采用素土夯实。在路面基层下设置了碎石排水垫层和粘土隔水层,并设置了横向片石排水盲沟。图 1-8 给出了台背回填的布置方案。

2) 回填施工

与沪宁路江苏段相同,合徐路构造物在路基填筑前施工,台背回填也在路基填筑前施工。

设计文件规定,两岸台背必须对称回填,台后填土分层夯实,填筑密实度 $\leq 95\%$,不得采用大型机械填土筑高的办法。

实际施工中,两岸台背对称回填 5% 的石灰土,机械拌和并采用蛙式打夯机分层夯实,每层夯实厚度按 15cm 控制,压实度达到 93% 以上。

3) 使用现状与评价

本桥台台背回填主要病害如图 1-9 和图 1-10 所示。

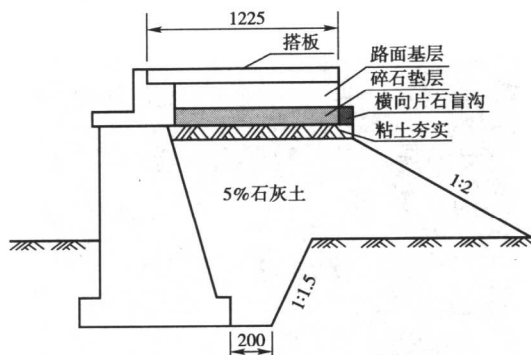


图 1-8 合徐路淮南铁路立交桥台背回填方案(尺寸单位:cm)

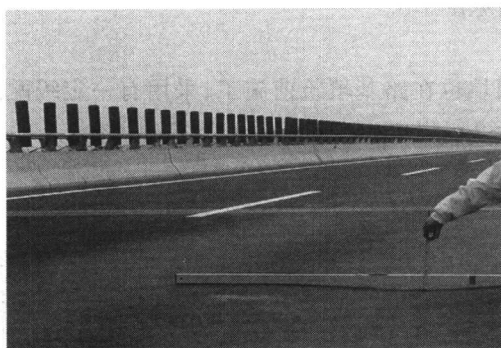


图 1-9 搭板与桥头连接部路面车辙

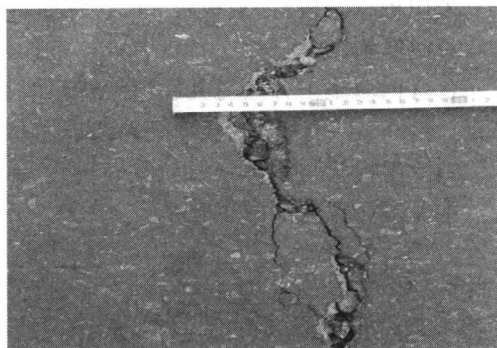


图 1-10 回填区末端路面横向裂缝

由图 1-9 可见,由于车辆(尤其重车)荷载的冲击作用,搭板与桥头连接部路面车辙达 3cm。因此,桥面以及桥头搭板上的沥青路面应作特殊设计,提高沥青混合料的高温抗车辙能力。由图 1-10 可见,在车辆荷载和环境条件的共同作用下,回填材料发生沉降变形,致使回填区末端横向开裂,裂缝宽 5 ~ 10cm。

2. K95 + 200 武店中桥台背回填

1) 设计方案

采用片石混凝土重力式桥台,台后填筑 5% 的石灰土,台前和两侧采用素土夯实。在路面基层下设置了碎石排水垫层和粘土隔水层,并设置了横向片石排水盲沟。台背回填方案见图 1-8。

设计要求:两岸台背必须对称回填,台后填土分层夯实,填筑密实度 $\leq 95\%$ 。

2) 回填施工

两岸台背必须对称回填 5% 的石灰土,机械拌和并采用蛙式打夯机分层夯实,每层夯实厚度按 15cm 控制,压实度要求达到 93% 以上。

3) 使用现状与评价

主要病害如图 1-11 所示。

现场观测发现,由于车辆荷载的冲击与压密作用,使搭板末端与路基交界处有 2.5cm 的差异沉降,并伴有明显的开裂和唧泥现象。由此进一步说明,设置桥头搭板不能根除桥头跳车问题,只是将跳车的位置后移。

3.K31 + 100 圆管涵背回填

1)设计与施工

涵顶与两侧回填 5% 的石灰土,机械拌和并采用蛙式打夯机分层夯实,每层夯实厚度按 15cm 控制,压实度要求达到 93% 以上。

2)使用现状与评价

主要病害如图 1-12 所示。

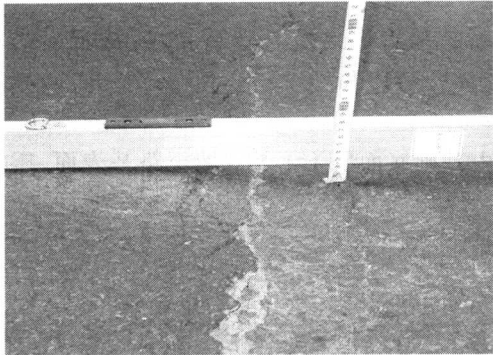


图 1-11 搭板末端路面横向开裂并下沉

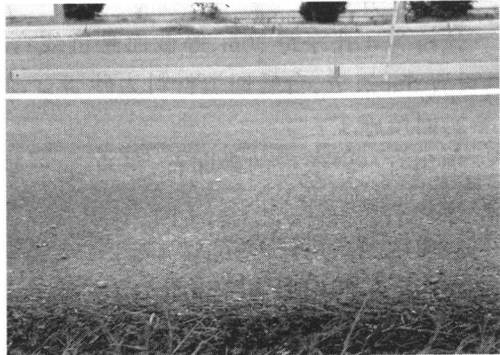


图 1-12 涵顶加铺后又明显下沉

现场观测发现,涵顶虽经多次加铺,又明显下沉约 5cm,总沉降近 20cm。

三、宁镇(南京—镇江)公路

宁镇(南京—镇江)公路 K2 + 560 ~ K3 + 170 在老路基边缘加宽时,部分路段设置了悬臂式挡土墙。K2 + 560 ~ K3 + 170 悬臂式挡土墙回填方案为:在墙壁与回填材料之间设置 EPS 竖向排水体;在老路基上挖台阶;回填区底部(宽度小于 350cm)填筑有一定级配的碎石;回填区上部填 5% 的石灰土(如图 1-13 所示)。

回填区底部(宽度小于 350cm)的碎石填筑采用小型机具夯实;回填区上部 5% 的石灰土用压路机碾压。该段挡土墙的使用现状如图 1-14 所示。

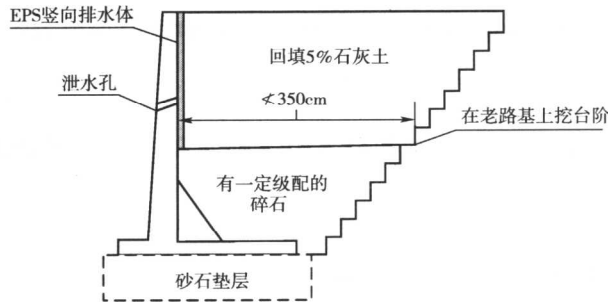


图 1-13 宁镇(南京—镇江)公路悬臂式挡土墙回填方案

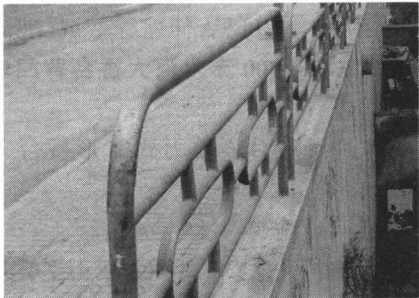


图 1-14 高路堤挡土墙

现场观测发现,由于在墙壁与回填材料之间设置 EPS 竖向排水体,有利于回填材料的排水,并减小了回填材料对挡土墙的土压力,该工程的使用状况良好。

四、成渝(成都—重庆)高速公路

成渝高速公路全长 340.2km,原设计成都、重庆两端 88km 为一级汽车专用公路,其余 252km 为二级汽车专用公路。1990 年 9 月 25 日正式开工,1992 年初决定全线改为按四车道、全封闭、全立交的高速公路建设。设计时速 80~100km/h。1993 年 5 月 1 日成都至简阳建成通车;1994 年 10 月 18 日重庆至荣昌建成通车。全线于 1995 年 9 月 21 日竣工通车。成渝高速公路大部分路段属于山岭重丘区,部分路段下覆浅层软基。成都、重庆两端目前日平均交通量达 15000 辆以上。

1. K296+225“七一水库”桥台背回填

1) 设计方案

该桥为 4 孔净跨 30m,等截面悬链线弯坡石拱桥。采用重力式 U 形桥台,明挖重力式基础,设置 5m 搭板,台后回填材料为砂卵石,回填设计如图 1-15 所示。

2) 回填施工

采用有一定级配的砂卵石,每 40cm 一层夯实,由基础底面以 1:1.5 放坡至路基表面,压实度控制在 93% 以上。

3) 使用现状与评价

使用现状和主要病害如图 1-16 和图 1-17 所示。

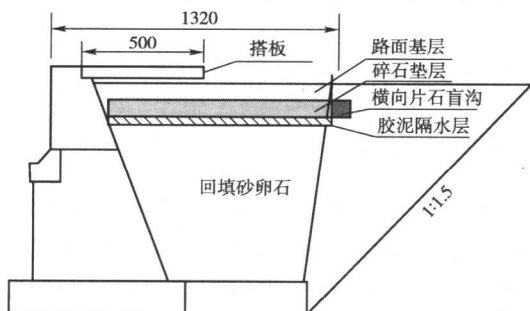


图 1-15 重力式 U 形桥台回填设计图(尺寸单位:cm)



图 1-16 桥台翼墙边缘路面开裂

由图 1-16 可见,由于台背回填材料的沉降变形,致使桥台两侧翼墙边缘路面纵向开裂,裂缝宽约 2cm。

由图 1-17 可见,伸缩缝下沉、破碎严重,虽经多次养护,最终采用沥青混凝土罩面覆盖。

2. K43+700 赤水河大桥台背回填

1) 设计方案

采用浆砌片石重力式 U 形桥台,设置 3m 搭板,台后回填材料为泥质页岩,回填设计如图 1-18 所示。

2) 回填施工

回填泥质页岩,每 40cm 一层夯实,由基础底面以 1:1.5 放坡至路基表面。

3) 使用现状与评价

主要病害如图 1-19 和图 1-20 所示。

由图 1-19 可见,搭板末端路面下沉 3cm,路面局部网裂。再一次说明桥头搭板无法根除桥头跳车现象,仅将差异沉降位置后移,搭板末端与路基交界处仍然有明显的跳车现象。

由图 1-20 可见,由于台帽浆砌片石松散,伸缩缝下沉 5cm,伸缩缝和搭板破坏严重,车辆通过时,路面振动明显。

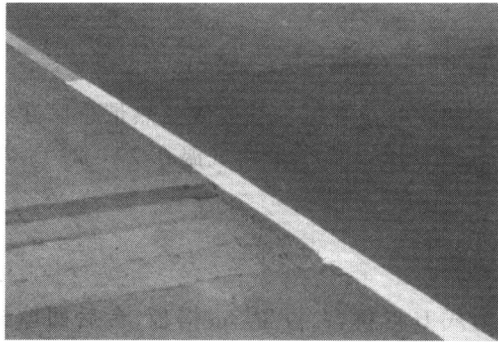


图 1-17 伸缩缝破坏后被覆盖

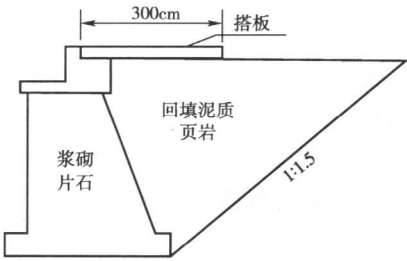


图 1-18 桥台回填设计图

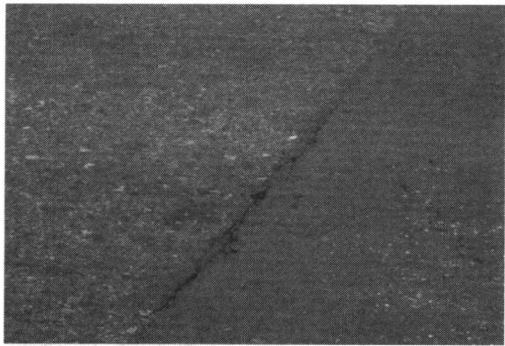


图 1-19 搭板末端路面明显下沉



图 1-20 伸缩缝下沉

3. K48 + 300 桥台背回填

1) 设计方案

桥台下覆浅层软基,采用片石挤淤。浆砌片石重力式 U 形桥台,设置 3m 搭板,台后回填材料为泥质页岩,回填设计如图 1-18 所示。

2) 回填施工

回填泥质页岩,每 40cm 一层夯实,由基础底面以 1:1.5 放坡至路基表面。

3) 使用现状与评价

主要病害如图 1-21 和图 1-22 所示。



图 1-21 桥头路面和护栏明显下沉

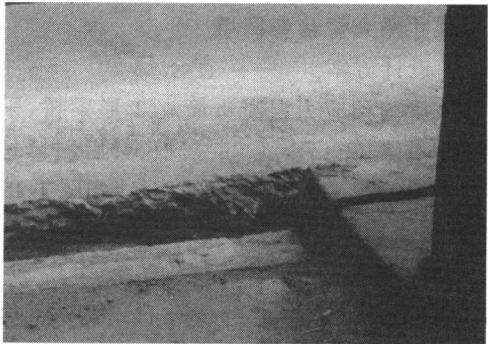


图 1-22 桥头路面加铺层

由图 1-21 和图 1-22 可见,桥台下覆浅层软基,虽经片石挤淤,但软基处理不够彻底,造成大量的工后沉降,致使桥头路面和护栏明显下沉(图 1-21),桥头沥青路面加铺罩面 3 次共约 15cm(图 1-22)。

五、渝长(重庆—长寿)高速公路

渝长高速公路全长 80km,2000 年 7 月通车。全线属山岭重丘区。气候属亚热带季风性湿润气候,年平均气候在 18°C 左右,冬季最低气温平均在 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$,夏季平均气温在 $27\sim 29^{\circ}\text{C}$,常年降雨量 1000~1400mm,春夏之交夜雨尤甚。

1. 双龙堡大桥台背回填

1) 设计方案

该桥为钢筋混凝土箱形拱桥,采用浆砌片石重力式 U 形桥台,设置 3m 搭板,台后回填材料为有一定级配的砂砾石,回填设计如图 1-18 所示。

2) 回填施工

回填有一定级配的砂砾石,每 20cm 一层夯实,由基础底面以 1:1.5 放坡至路基表面。

3) 使用现状与评价

主要病害如图 1-23 和图 1-24 所示。



图 1-23 桥头水泥混凝土铺装层断裂

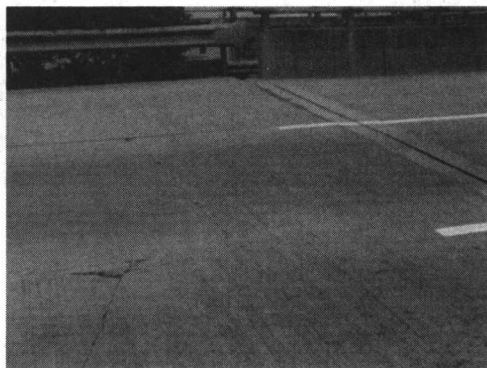


图 1-24 搭板末端水泥混凝土面层托空、错台、断裂

由图 1-23 可见,桥头伸缩缝明显下沉,桥头水泥混凝土铺装层断裂。由图 1-24 可见,搭板末端水泥混凝土面层托空、错台、断裂。因此,高填方路段和软基路段(尤其是重载交通路段)的路桥过渡段,由于地基和回填材料的沉降变形,路面的破坏在所难免。该路段宜采用沥青路面,便于维修、养护。

2. 寸滩大桥台背回填

1) 设计方案

该桥为预应力混凝土简支 T 形梁桥,采用承台分离式桥台,设置 8m 搭板,台后回填材料为有一定级配的砂砾石,回填设计如图 1-25 所示。

2) 回填施工

回填有一定级配的砂砾石,内摩擦角 $> 35^{\circ}$,每 20cm 一层夯实,由承台顶面以 1:1.5 放

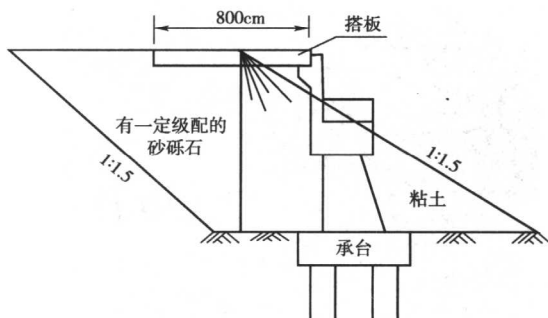


图 1-25 承台分离式桥台回填设计图

坡至路基表面。

3)使用现状与评价

现场观测发现,由于桥面铺装层排水孔位置过高,无法排除铺装层路面结构水,致使桥头沥青混凝土铺装层多处坑洞。另外,由于回填区下沉,搭板上覆沥青路面已罩面,加铺层厚4cm。

第二节 路桥(涵)过渡段的差异沉降

路桥(涵)过渡段的差异沉降是引起桥头跳车的主要因素。为了有效地控制差异沉降,技术人员采取了许多有效的措施,并为此制定了一些技术标准。

一、路桥(涵)过渡段差异沉降影响因素

路堤最终沉降由填筑期沉降和工后沉降两阶段组成,而近桥台处的工后沉降大小是决定路桥(涵)过渡段发生桥头跳车与否的主要因素。工后沉降主要取决于回填区土的蠕变沉降和地基的固结沉降等。

在沪宁高速公路软基沉降规律的研究中,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。而陈景杨等则认为,只要稳定不受影响,适当加快填筑速率,可以减少路堤预压稳定所需的总工期。徐泽中等从减小桥基侧推力的角度出发,认为桥头填土速率应按一般路堤允许沉降速率的1/2控制。此外,填土重度、强度与回弹模量也是影响路堤工后沉降大小的重要因素。国内外学者 Horvath J. S、Duskov M.、张忠坤、杜嫔和马时冬等研究认为:为了有效控制桥后填土工后沉降,在降低回填材料重度(如轻质填料 EPS、SLS、粉煤灰等)、减少软基内附加应力的同时,不应降低回填材料的变形模量。

变形稳定是指路堤自身的变形和外荷载引起的地基变形小到不至于引起行车安全,或满足某一确定的值以保证路面平整度时的变形状态。关于近桥台处差异沉降方面(见图 1-26),徐泽中等从设计及施工两方面论述了减少或消除高速公路路桥(涵)过渡段不均匀沉降的预防措施。基于软土地区桥台与桥涵之间产生较大的差异沉降,陈少平提出采用沉降拟合方法,即根据复合地基的设计思想,通过在桥台与桥涵部位采用不同置换率,调整沉降量,以达到减少沉降差的目的。

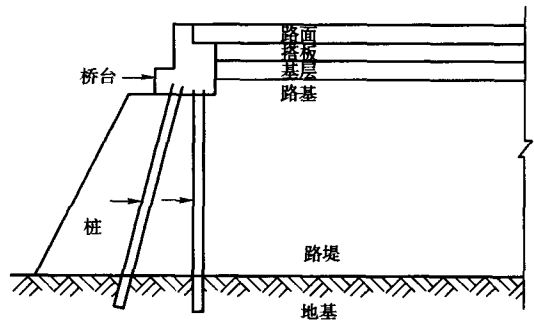


图 1-26 近桥台处回填

能有效解决桥台差异沉降难题。蔡大胜结合多处高速公路软基沉降实测资料,从分析软土路基沉降及差异沉降规律入手,讨论了路基沉降对基底附加压力的两点影响,对 Balight 大面积堆载的一维理论作了更便于工程应用的修正,并将其推广到适用于路基等有不均匀沉降时的情况。蔡大胜等定量地进行了填土路基不均匀沉降的机理分析,通过这一分析,得出了关于路基压实及其含水量对沉降影响的一些结论。李云飞对杭甬高速路望童桥桥头的沉降进行了有限元分析,通过比较相同状态下分别用 EPS、粉煤灰、一般粘土作填料时的路堤沉降值,认为 EPS 材料在减少路桥(涵)过渡段与路堤的差异沉降方面具有明显的优越性。

二、常用工程技术措施

为了减少桥头差异沉降,技术人员采取了许多有效的技术措施,下面是几种典型的方法。

1. 桥头搭板

目前,为防止路、桥衔接处的差异沉降,高速公路的桥涵设计中均加设钢筋混凝土搭板。其作用的原理为:搭板支承在路基与桥台之间,形成一段过渡性的梁板,当路基下沉后,搭板平顺了路桥之间的沉降差。

湖南大学刘代全(2001)采用半刚性挤密桩复合地基加固桥头搭板枕梁下路堤,实现路与桥的刚柔过渡方法,并在湖南长常高速公路益常段进行了试验研究。研究认为,桥头搭板可以平顺差异沉降引起的路基纵坡的变化,延缓桥头跳车的产生。

然而,当桥头路基出现局部凹陷时,搭板下部脱空,形成了一个类似于简支梁的结构,随着凹陷范围的扩大,搭板下部的脱空长度也不断加大,在行车荷载的作用下,简支梁的最大弯矩超过极限值,搭板底部开裂乃至搭板折断,此时完全失去了桥头搭板的功能。因此,桥头搭板只是一种临时补救措施,没有改变路桥(涵)过渡段回填区的沉降变形特性。

2. 地基处理

对于软土地基上的桥台,地基处理是防止桥头跳车的关键。表 1-1 列出了高速公路常见的软土地基处理方法及其特点和适用条件。

常见软土地基处理方法

表 1-1

分类	处理方法	适 用 情 况						加 固 效 果				最大有效 处理深度 (m)	高路堤工 程的应用
		淤泥 质土	人工 填土	粘性土		无粘 性土	湿陷性 黄土	降低 压缩性	提高 抗剪 强度	形成 不透 水性	改善 动力 特性		
				饱 和	不 饱 和								
1	换填法	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	3	
2	强夯法		✓		✓		✓	✓	✓		✓	10	
3	挤密砂桩法		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	20	✓
4	碎石桩法		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	18	✓
5	灰土桩法		✓		✓		✓	✓	✓		✓	20	
6	石灰桩法	✓		✓	✓			✓	✓			20	✓
7	砂井塑料排水法	✓		✓			✓	✓				18	✓
8	真空预压法	✓		✓				✓	✓			15	
9	降水预压法	✓		✓				✓	✓			30	
10	电渗排水法	✓		✓				✓	✓			20	
11	灌浆法	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	20	
12	硅化法			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	20	
13	高压喷射注浆法	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		20	
14	水泥搅拌法	✓		✓	✓			✓	✓	✓		18	✓
15	粉喷桩法	✓		✓	✓			✓	✓			16	✓
16	堆载预压法	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				30	✓

同济大学旷开萃(2002)结合苏(州)嘉(兴)杭(州)高速公路的工程实例对桥头地基处理方