

公路路基路面 常见病害与处置指南

王晓琴 李成才 编著
刮俊 刘 崭



人民交通出版社
China Communications Press

Gonglu Luji Lumian Changjian Binghai yu Chuzhi Zhinan

公路路基路面 常见病害与处置指南

王晓琴 李成才 编著
刮俊 刘 翥

人民交通出版社

内 容 提 要

本指南主要介绍公路路基路面病害与处置的相关问题。内容包括:路基翻浆、路基沉陷、路基滑坡、挡土墙损坏、涎流冰等公路路基常见病害与处置对策;沥青路面裂缝、龟裂与不规则裂缝、路面坑槽、路面车辙等沥青路面常见病害与处置对策;断板、表面裂缝、起皮(亦称脱皮)、坑洞等水泥混凝土路面的常见病害与处置对策以及水泥混凝土路面的“白改黑”技术等。

本书可供公路养护技术人员使用,也可供相关管理与技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路路基路面常见病害与处置指南 / 王晓琴等编著

— 北京:人民交通出版社,2011.10

ISBN 978-7-114-09400-2

I. ①公… II. ①王… III. ①公路路基-维修-指南
②路面-维修-指南 IV. ①U418-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 189626 号

书 名:公路路基路面常见病害与处置指南

著 作 者:王晓琴 李成才 刮 俊 刘 崧

责任编辑:郑蕉林

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)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:3.75

字 数:83 千

版 次:2011 年 10 月 第 1 版

印 次:2011 年 10 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-09400-2

印 数:0001-2000 册

定 价:15.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



序

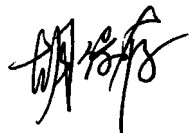
随着公路网的建成和完善,维护公路完好并保持良好技术状况,确保路网正常运营,就成为公路管理者的优先目标。与公路建设一样,公路养护有其特殊的规律。从技术上不断总结并深入研究公路养护的规律,对取得公路养护工作的美好效果至关重要。

公路路基路面的病害处置,是公路养护的重点和主要内容。如何处置这些病害,涉及对病害成因的正确分析、处置方案的经济有效、资源的充分利用以及环境保护等诸多方面的问题。西安公路研究院道路养护研究所技术人员在积累多年经验和研究的基础上,多方搜集资料,分析整理,编写出这本《公路路基路面常见病害与处置指南》小册子,提供了路基路面常见病害处理的基本思路和解决方案。

需要说明的是,公路养护涉及公路所处的自然条件、建设质量及当前的技术状况、道路运营状态等,路基路面病害处置方案除与当地气候地理条件、筑路材料、施工技术条件和经验等有关外,还与当时的交通特点有关。因此,这本小册子的作用只是提供一个思路和若干可能的方案,实际操作中,重要的是要结合实际去选择。

西安公路研究院道路养护研究所的技术人员重视公路养护中的路基路面病害处置问题,并把他们研究总结的心得、成果和经验提供给大家分享,这是一件非常有意义的事情。

陕西省交通运输厅副厅长



2011年7月

前 言

路基路面是公路最重要的组成部分,也是公路养护的重点内容和部位。由于其病害的发生,直接影响公路的使用功能,所以备受公路界的重视。

公路路基路面病害的处置约占养护费用的 80% 以上,处置效果除施工质量等因素外,往往因不能对症下药而效果甚微,得不偿失。所以,公路界多年来从未间断对此研究,不断地丰富和积累研究资料与技术。本指南编著者通过多年的研究与实践,写出这个小册子,旨在供同行进行此类养护工作时参考。

公路养管部门因施工环境、作业习惯、资源配置的不同,往往采用不同的病害处置方案,这是客观存在的。本指南采用从病害的表征特点、成因分析、处置方案的选择和处置病害注意事项几方面进行阐述的编写思路,给阅读者以明晰的方案选择。

本指南编著者均为西安公路研究院道路养护研究所人员。尽管多年来致力于公路养护技术研究,积累了一些养护技术的经验,写出了这个小册子,但难免有井蛙之见,望诸位同仁予以斧正。

编著者
2011 年 7 月

目 录

1	公路路基路面病害处置的相关问题	1
1.1	公路路基路面病害处置的基本原则	1
1.2	公路路基的基本要求	2
1.3	公路路面的基本要求	2
1.4	公路路面的结构形式与病害类型	3
1.5	其他相关事宜	3
2	公路路基常见病害与处置对策	4
2.1	路基翻浆	4
2.2	路基沉陷	7
2.3	路基滑坡	13
2.4	挡土墙损坏	17
2.5	涎流冰	19
3	沥青路面常见病害与处置对策	21
3.1	沥青路面裂缝	21
3.2	龟裂与不规则裂缝	23
3.3	路面坑槽	25
3.4	路面车辙	27
4	水泥混凝土路面的常见病害与处置对策	31
4.1	水泥混凝土路面的病害类型	31
4.2	断板	31
4.3	表面裂缝	36
4.4	起皮(亦称脱皮)	38
4.5	坑洞	38
4.6	水泥混凝土路面的“白改黑”技术	39
	参考文献	49

1 公路路基路面病害处置的相关问题

1.1 公路路基路面病害处置的基本原则

1.1.1 准确分析病害成因

公路路基路面病害成因具多样性。有的成因比较单一,有的成因则具有综合性因素,要具体问题具体分析,明确主要因素与次要因素,“对症下药”,确定行之有效的处置方案。总体来说,公路路基路面病害成因有以下几个方面。

1) 水损坏(亦称水破坏)

水损坏是危及路基路面最突出、损坏最严重的病害成因。路基路面翻浆、路基滑坡、路基湿软、路面破损等往往与水损坏密切相关。在分析病害成因时,应首先察看有无水损坏。这应该成为分析和处置公路路基路面病害必须考虑的问题。

2) 路基或路面强度不足

路基或路面强度不足是路基路面产生病害的又一重要成因。这里所指的强度不足,不包括因水损坏造成强度下降的因素。有的道路因经济条件的限制,设计与施工中就已经“先天不足”,在使用中因强度不足而病害频繁。陕西省 S207 线是在“民工建勤”的基础上修建的公路,其建成虽已数十年,然路基(路面)病害频繁发生,致路面坑槽与裂缝病害突出。对这类病害处理,应首先考虑补强处置方案。

3) 荷载作用——超载与重载交通

超载和重载交通是促使路基路面病害发生的因素之一。重载交通是我国目前比较普遍的现象,而近几年又有相当的车辆超载,加速了路基路面病害的产生与破坏。在交通量发生较大变化的路段,荷载作用可能成为病害主要成因之一。陕西省府(谷)店(塔)一级公路建成数年间,已达到和超过设计荷载轴次数,车辙严重,不得已于 2010 年进行了路面大、中修,像这样的事例屡见不鲜。

4) 特定因素

特定因素是指病害发生所必备的特定条件。比如,路基滑坡和路基翻浆尽管有水损坏的外因伴随,但因产生的内在因素不同,表现的病害形式也不同。在分析病害成因时,必须具体问题具体分析,查找各病害产生的特定因素。

5) 其他因素

路基路面病害成因除前述因素外,尚包括设计不到位、施工控制差、环境因素等等。比如,陕西省 20 世纪 80 年代建成的某公路高填方路段采用原轻型击实标准控制压实度,已竣工 20 余年,然由于设计与施工的种种原因,至今路基仍在缓慢沉降,路基路面病害年年发生,不能彻底根治,这就是一个典型的例子。

1.1.2 基于病害成因的路基路面处置方案的确定

路基路面的病害处置,必须从病害成因入手,遵循有的放矢的原则。若病害成因单一,则

处置方案宜简单、实用、可行;若病害成因较多,则宜采用综合性处置方案。

路基路面病害处置是个系列工程,往往具有综合治理的特点。在分析路面病害成因、制订处置方案时,要考虑有无路基因素;要考虑路面各层次的影响。对于水损坏引起的病害,往往具有综合性病害的特点,必须采取彻底的防治和根治措施。

1.1.3 处置方案与病害处置者的资源配置相协调

确定病害处置方案,还应与病害处置者的资源配置相协调。要考虑管理方和/或施工方的技术资源(含作业习惯与施工方法)、设备资源、材料资源与施工作业环境,尽可能采用施工者熟悉的处置方案与施工方法。

由于承担的公路运输状况不同,对于高速公路,其病害处置以选择快捷、“彻底”、方便机械化作业为首要原则,经济性次之。对于一般公路,除前述原则外,还必须考虑经济性,且往往将其置于首要位置。

1.2 公路路基的基本要求

路基是公路的重要组成部分,是路面的基础,必须满足以下基本要求。

1) 强度要求

公路路基必须具备在最不利条件下承受包括汽车荷载在内的公路所有荷载的能力,并有一定的安全储备,这是路基质量的核心。为此,在路基修建过程中,必须选择合格填料,规范施工,消除可能降低路基强度的因素,选择满足强度(CBR 值)的填料、完善排水工程、采用强夯消除和缓解黄土湿陷性等等,对可能产生路基病害的因素予以消除或控制。在公路养护中,则应对已经出现的或可能出现的病害因素予以消除或控制,保持路基的足够强度。

2) 稳定性要求

路基必须具备稳定性。对滑坡、推(滑)移等予以治理和控制。

3) 耐久性要求

路基的耐久性与强度密切相关,必须具备承受包括水损坏为重点的各种外来侵害的能力。公路路基不满足上述任何一种要求,就可能产生路基病害。

1.3 公路路面的基本要求

路面是公路最重要的组成部分,直接承受行车荷载,必须满足以下基本要求。

1) 强度要求

强度是路面质量的核心,必须满足设计周期内的荷载行驶要求。路面在使用过程中,强度会逐渐衰减而不能满足行车荷载要求,这必然产生路面病害,所以必须进行处置。

2) 耐久性要求

路面的耐久性也与强度密切相关,必须具备抗御包括水损坏在内的各种外来侵害的能力。为此,在处置路面病害、选择路面结构时,必须结合道路所处自然环境,考虑水稳性、抗冲刷能力等因素,提高路面的耐久性。

3) 平整度与抗滑要求

这两项是路面使用质量的基本要求。前者是道路使用者对路面行车舒适性的要求,它的优劣直接涉及道路服务的感观质量,因此亦应作为路面的基本要求之一;后者是道路使用者对路面行车安全性要求。这是公路服务质量最直接的体现。

当今社会,人们不但要求有通畅的通行条件,而且对舒适性与安全性有强烈的要求。因此,公路技术状况评定将这两项作为重要的检测指标。在公路建设和养护中,都应将其作为重要的检测和质量控制内容。

路面不满足前述1)、2)基本要求的,则可能产生病害。对于路面平整度和抗滑性能,应采取相应措施加以改善和提高,以提供给顾客安全、通畅、舒适的行车环境。

1.4 公路路面的结构形式与病害类型

公路路面按结构形式,分为沥青路面与水泥混凝土路面两大类。

沥青路面又称黑色路面,行车舒适性好,是高速公路(一级公路)路面结构的首要选择。其病害(损坏)按现行养护规范分为裂缝类、变形类、松散类和其他类四种。

水泥混凝土路面亦称白色路面,其行车舒适性不及沥青混凝土路面,但其力学性能好、抗水破坏能力强,具有造价低、刚度大、强度高、耐久性好和养护工作量小的优点,成为二级及以下等级公路、特别是农村道路路面结构的首要选择。它的主要病害包括断板、脱空唧泥、表面裂缝、起皮、坑洞和平整度差等。平整度差是施工控制不严造成的,主要影响行车舒适性,对路面结构及其他使用性能无较大影响,而且对这种刚性路面平整度差的问题,需改造才能根除,故除特殊需要,一般不进行处置。

因上述两类路面结构不同、病害有异,故分章分类表述。

另外,还存在砂石路面和土路面(无路面),其病害处置不在本指南之列,此类道路路基路面产生病害,可参照本指南有关章节进行处置。

1.5 其他相关事宜

路基是路面的基础。本指南所指的路面病害,是指非路基原因引起的路面病害。因路基原因引起的路面病害,应主要处置路基病害,重铺路面结构层。

2 公路路基常见病害与处置对策

2.1 路基翻浆

路基翻浆主要发生在季节性冰冻地区的春融时节。按现行《公路养护技术规范》(JTG H10—2009)的定义,翻浆是“季节性冰冻地区,春融时路基或路面基层含水率过大,强度急剧降低,在行车作用下造成路基湿软弹簧、路面破裂、冒出泥浆等的现象”。路基土质不良、公路经过湿地或路基坡脚存有积水的路段容易出现翻浆病害,盐渍土和沼泽地是翻浆病害的重灾区。春融期间,由于土基含水过多,强度急剧降低,再加上重复行车的作用,路基发生的弹簧、鼓包、裂缝、冒浆、车辙等现象,称为翻浆。

路基翻浆的过程大致如下:秋季(聚水)—冬季(冻结)—春融(含水率增加)—强度降低、因行车荷载产生翻浆。

非春融的雨季,如果路面密水性差,导致降水浸入路基,造成路基或路面基层含水率过大,也可能造成翻浆。翻浆时沉降与隆起并存,路基路面往往倒置,结构混淆。

2.1.1 路基翻浆的成因分析

水损坏(水破坏)是翻浆的根本成因。春融期间,昼夜温差较大,土壤的解冻在由地表向下逐渐发展的过程中,路基的冻融现象交替出现,路基含水率较大的路段在一定深度内形成冰晶水。这时,土基因含水率偏大而出现弹软现象。有行车荷载作用时,路面就会凸凹不平,在行车带处形成车辙,路面表面的裂缝内出现湿痕,这样就形成了翻浆。根据导致翻浆的水类来源不同,可将翻浆分为五个类型,即地下水类、地面水类、土体水类、气体水类和混合水类。

路基翻浆由以下因素产生:

(1)地下水、地表水和汽化水是影响路基翻浆的内在因素。当公路穿过湿地时,由于长期受到地下水影响,通过土壤的毛细作用,土基含水率偏高,土质潮湿,从而引起翻浆;另外,进入雨季,公路边沟往往存有大量地表水,在路基排水不畅的地段形成积水泡,由于水压的作用,路基含水率增高,也会导致翻浆。

(2)公路施工和交通量等是影响路基翻浆的外在因素。公路施工时遇到降雨,路基土层的含水率由于雨水的渗透而增高。尽管会有蒸发,但其含水率高于路基施工时的含水率指标,引起路基翻浆。此外,交通量增大也是产生公路翻浆不可忽视的因素之一。一般地,交通量越大,公路产生翻浆的可能性就越大。

(3)土质:细粒土中的粉性土是最容易翻浆的土;粗粒土(砂砾类土)基本上不产生翻浆病害;巨粒土(片石、漂石类)不翻浆。

(4)温度:一定的冻结深度和一定的冷量(冬季各月负气温的总和)是形成翻浆的重要条件。

(5)人为因素:设计不当、施工质量有问题和养护不当都会引起路基翻浆。

翻浆的产生是一个复杂的过程,是路基含水率、公路交通量和公路建筑材料诸多因素共同影响的结果。

2.1.2 路基翻浆的处置对策

诸多研究提出,翻浆的治理与预防可采用换填土、隔水层、隔温层、降低水位、改善路面结构等方法。在发生翻浆病害时,宜采用综合处置方案。

(1) 春融时的翻浆处置。这种翻浆基本上都存在补给水,宜采用如下处置对策:

挖除翻浆→手摆片石或换填砂砾→铺筑土工膜→铺筑路基路面
盲沟(渗沟)

春融时翻浆处置方案步骤如下。

①采用盲沟排除底下补给水,这是预防翻浆再发生的关键。盲沟可采用传统的片石盲沟,而土工合成材料盲沟施工更加方便。土工合成材料盲沟示意图如图 2-1 所示。

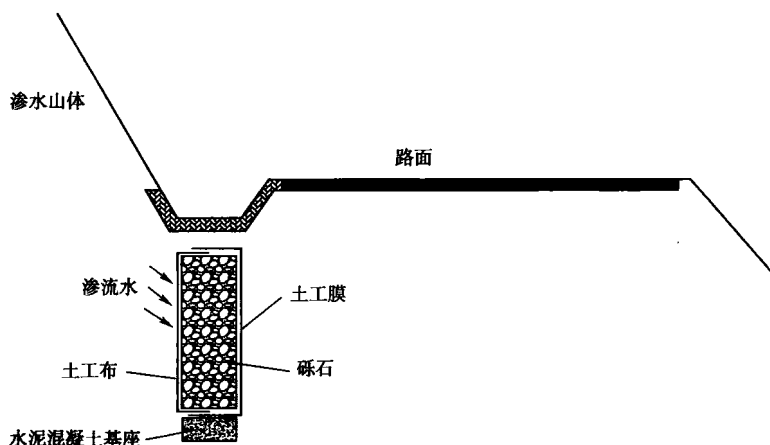


图 2-1 土工合成材料盲沟示意图

纵向盲沟深宜为 100 ~ 150cm,宽 40 ~ 60cm,盲沟底部采用 C15 或 C20 水泥混凝土基座。盲沟靠山体一侧采用土工布,靠路基一侧和顶部采用土工膜。盲沟填料采用砾石。砾石粒径宜为 5 ~ 15cm,断级配,以充分透水为佳。

盲沟以排除地下渗水为目的,平面布置不受路线限制。纵向盲沟长度不宜大于 50m。纵向盲沟长度过长时,宜在适当位置设置横向盲沟,将地下水排出路外。

横向盲沟可参照纵向盲沟修筑。横向盲沟全部采用土工膜包裹,填料、深度与纵向盲沟相同。纵向盲沟出水口应采用长度不小于 60cm 的浆砌片石外包砌体,采取干砌片石封口。

②彻底挖除翻浆,挖除深度应满足土中含水率不大于最佳含水率 3% 为宜。处理原则为“挖大不挖小,挖深不挖浅”。若翻浆过深,宜整平开挖底面,采用手摆片石隔离层。手摆片石设置如图 2-2 所示。

③手摆片石用于翻浆较深地段,其作用在于隔离毛细水和补强。片石最大长度尺寸不宜超过 30cm,以不规则形状(俗称“狗头石”)为佳。摆放时切忌大面朝下,“直立”挤嵌紧密,在顶部采用碎石、砾石嵌缝。

对于翻浆较浅地段,可采用砂砾换填。砂砾中细粒土的含量不宜超过 5%,以预防毛细水上升祸害路基。换填砂砾厚度不宜小于 60cm。

④应在手摆片石或换填砂砾之上铺筑一层土工膜,目的在于隔离毛细水和防止路基填料掉入手摆片石或砂砾层。土工膜可采用一布一膜规格,也可以采用廉价的“彩条布”替代。

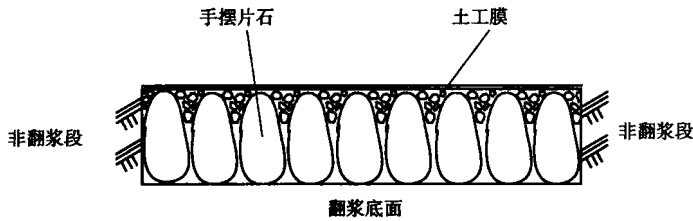


图 2-2 手摆片石设置示意图

⑤在完成上述作业后,再行铺筑路基路面。

采用这样的处置方案,效果明显,处置彻底,广泛被二级及以下等级公路所采用。高速公路和一级公路在不影响车辆通行的情况下,也可以采用这种方法处置翻浆。

对于高速公路和一级公路,可采用如下处置方案:

干拌水泥碎石桩排水固结→铺筑透水性材料→铺筑路基路面
盲沟(渗沟)└┘

这种方法特别适用于补给水丰富地段。干拌水泥碎石桩是在碎石桩的基础上,加进一些砂和水泥混合拌制而成的、吸水后具有一定黏结强度的低强度桩。它具有挤密置换作用、复合地基作用、吸水作用和加筋作用等结构机理。铺筑透水性材料和手摆片石作用相同,可选用碎石或砾石。

(2)由于地表水的渗入产生的翻浆病害,处置妥善后基本上无补给水,可选用以下两种方法。即:

①挖除翻浆→手摆片石或铺填透水性材料→填筑路基路面。

②挖除翻浆(至非塑状土)→石灰挤密桩→无机结合料→铺筑路基路面。

无补给水的翻浆处置方法较为简易。这里与前述法用区别的是加入了石灰挤密桩,石灰挤密桩以生石灰粉填料较为理想。这种处置方法仅适宜于地表水渗入路基引起的翻浆。

石灰挤密桩有以下几个优越性:①生石灰消解过程中吸收周边土体水分,降低土体含水率。②生石灰消解时体积膨胀,压缩和挤密周边土体。③桩体周边土体逐渐钙化。上述三个方面都提高了地基承载力,对路基起到补强作用。

(3)土工合成材料隔离处置法。土工合成材料的隔离材料一般采用土工布或土工膜,它们的基本功能是约束和隔离,同时具有加筋、补强和(土工布)返虑等作用。

土工布是透水的布状织物,而土工膜与土工布的区别在于土工布透水而土工膜不透水。采用土工布或土工膜隔离,是将土工布或土工膜平铺于翻浆部位顶面,然后分层铺筑填料,用压路机稳压,待填筑体逐层稳定后采用土工布或土工膜包裹砂砾换填加固,而后按正常路基施工处理。巴布亚新几内亚环岛公路路线多穿越沼泽地,就是采用土工布隔离、先换填约 100cm 砂砾处置的;靖(边)王(圈梁)高速公路建设中处置盐渍土翻浆采用了土工膜隔离,铺筑约 60~80cm 砂砾的处置方案。这些沼泽地或盐渍土地区为预防翻浆,往往需要加载反压一定时间,待沉降量(总沉降量和沉降速率)达到设计控制要求、沉降固结后再清除反压材料。反压材料一般采用筑路材料,如路基填料、路面材料等等,反压完成后可以继续使用。

这种方法的优点是造价经济、施工方便;缺点是需要一定的处置高度,对含水率高(含水率大于最佳含水率5%)的地段还需要一定的沉降固结期。

这种方法对过湿地段的处置很有成效。处置时可以直接在处置位置顶面采用土工膜包裹无机结合料(石灰稳定土经济且施工方便)40~60cm板体加固,而后按正常路基施工。对此类地段处理时,不应扰动原状土。

(4) 直填骨架材料、沉降固结处置法。

对于大面积的沼泽地或盐渍土地区,建设方往往采用直接填筑骨架材料,稳定表层,而后填筑普通填料,固结沉降,逐渐形成稳定路基。骨架材料一般采用片块石、砂砾、碎石等材料。开始填筑时采用轻型压路机稳压,逐层填筑、逐层稳压,待基本稳定后再按路堤填筑规范正常施工。

这样的处置方法需要一定的沉降固结期。为稳妥计,路基填筑应预留沉降高度,在沉降期加载预压,待路基稳定后再清除预压材料。预压材料一般采用筑路材料,如路基填料、路面材料等等,预压完成后可以继续使用。

青海省国道315线察汗诺至德令哈段一级公路一期工程采用上述方法经济实用,效果好,二期工程亦拟采用上述方法修建沼泽地与盐渍土地段路堤。

2.1.3 路基路面翻浆处置的有关要求与注意事项

(1) 翻浆防治的基本途径是防止地面水、地下水或其他水分在冻结前或冻结过程中进入路基上部,可将聚冰层中的水分及时排除或暂时蓄积在透水性好的路面结构层中;改善土基及路面结构;采用综合措施防治。

(2) 正确的分析翻浆成因是处置翻浆的前提。翻浆是因水而生,要准确分析水损坏类型,分清地表水与地下水、临时性浸水(如水管爆裂)还是长期补给水,由此决定处置方案。

处置的根本出发点在于根治和预防水患。要依据工程实际分析,提出有针对性的根治和预防水损坏措施。

(3) 和修补坑槽一样,翻浆的处置亦宜采用矩形修补,各边分别垂直或平行于路线中线,用以增强界面结合。

(4) 处置方案的选择应充分考虑经济性、可行性及技术资源配置等方面的因素,综合选择最为理想的处置对策。

2.2 路基沉陷

路基(涉及和连同路面)近似于垂直状态的下沉,称作路基沉陷。2010年8月18日暴雨,造成陕西省S310线K25+700~K25+730(属汉阴县)段右侧出现断裂性沉陷,如图2-3所示。该沉陷处于U形沟之间,其沉陷断裂面最大高差40cm,道路几乎中断。

2.2.1 路基沉陷的成因分析

路基沉陷的成因是多方面的,归纳起来有以下主要

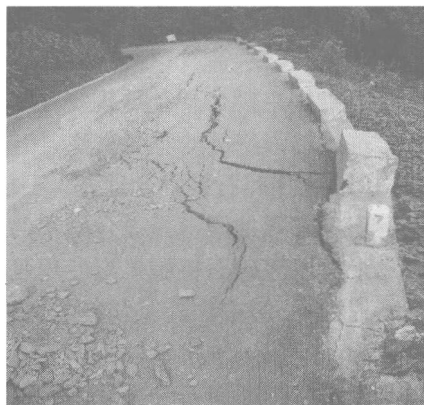


图2-3 断裂性沉陷示意图

成因。

(1)水损坏。同翻浆一样,水损坏是路基沉陷最主要的原因。水的浸入使土体填料强度降低,抗剪能力减弱,在沉降体周边形成薄弱面而沉陷。这类沉陷在黄土地区多有发生,表现出明显的水浸湿附加下沉(湿陷)特性。

水损坏有地下水(裂隙水、空隙水、渗水)的长期作用,也有如暴雨、地下水管爆裂之类的临时性浸入。前者沉陷形成速度缓慢,后者则具有突发性。

(2)路堤压实不足、填挖交界处理失当是沉陷产生的又一原因。这类沉陷在地方道路多有发生。前述的华龙山路段是当年“民工建勤”修筑的路基,先天压实不足,工后沉降大。

填挖边界是路基施工中的重要部位。除了填方压实度必须满足设计要求外,填挖边界的处理是否得当也相当紧要。现行路基施工技术规范规定,搭接台阶宽度不小于2m,较原规范严格而实用。填挖边界还要采用各种工程措施消除压实盲区,消除工后压缩沉降。如果工程措施不得力或有所疏漏,则可能造成填挖边界产生沉降。

(3)湿软地未经彻底处理而填筑路基,则可能产生较大的工后沉降或局部沉陷。盐渍土、沼泽、稻田地常常因施工中未彻底处置而发生沉陷。

(4)构造物附近的填土因刚柔过渡处理不当或不彻底而产生较大的工后沉降。这类沉降常有发生,而且在所难免。只有刚柔过渡处理得当时产生的沉降才能不影响行车或行车舒适性。桥涵台背和挡土墙背(俗称“三背”)就是经常发生沉降的部位。

(5)V(U)形沟填方因坡积层沿土石界面滑移而致路基滑移沉陷。这类沉陷的发生与水(降水浸入或山体渗水)关系极大,水的浸入成为滑移沉陷的润滑剂。

(6)其他成因。基底未被发现的墓穴、窑洞等导致工后沉陷。在城市附近,也有20世纪六七十年代修建防空洞地段和地下管线沟槽失稳而发生沉陷的。

2.2.2 路基沉陷的处置对策

路基沉陷的处置有两种对策:返修或补强修复。

路基沉陷时常伴随水损坏处置,带有综合处置的性质。

1) 返修

返修适用于小面积非水损坏造成的沉陷处理。这类沉陷,宜将沉陷路段挖除至干燥、密实度较高(92%及以上)的层位,分层夯实(压实)至路基顶面再修筑路面。采用压路机压实时,压实度应不小于同类公路等级的路床压实度;边角部位采用小型机具压实时,压实度不应小于92%。

2) 加固桩复合地基处理

这是补强修复的主要方法,然修复费用较高。

(1) 干拌碎石桩复合地基。

干拌碎石加固桩是复合地基的一种,主要应用于软弱地基沉陷处置,具排水固结作用。

干拌水泥碎石桩施工有专用设备,分振动法和锤击法两种成孔成桩形式。振动法施工工艺流程如下,锤击法施工与其相仿,不予赘述。

测量定位→桩机就位→复测桩位→开始振动沉管→边沉管边灌碎石至设计深度→边拔管边振动边继续灌碎石→振动沉管→灌碎石→边拔管边振动边继续灌碎石→振动拔管→成桩

碎石桩桩径一般为60~70cm。桩间距一般为100cm,按三角形或梅花形排列,桩长按持

力层深度等状况确定,一般宜穿透持力层 $\geq 1\text{m}$ 。碎石桩材料可采用碎石或砾石,粒径 $2\sim 5\text{cm}$,含泥量 $\leq 5\%$ 。碎石(砾石)中可掺加 20% 的中粗砂,但桩顶必须采用 $2\sim 5\text{cm}$ 碎石(砾石)。

(2) 干拌水泥碎石桩复合地基。

干拌水泥碎石桩是在碎石桩的基础上,加进一些砂及水泥混合拌制而成的一种吸水后具有一定黏结强度的低强度桩。它具有置换挤密、吸收水分和加筋作用,是一种施工方便、应用较为广泛的复合地基。

这种方法亦适用于含水率较多地段的地基处理。桩孔位按梅花形布置,桩距一般为 1.0m ,排距 0.87m ;桩径(成桩后) 22cm 。

干拌碎石水泥桩有专门的施工设备,碎石桩采用振动沉管成孔的方法,桩长根据相应软土深度确定,确保桩端穿过软土层。与干拌碎石桩成孔成桩工艺相似,对原材料的要求除碎石外,尚需要加入占集料质量 5% 的水泥,也可以掺加占集料总量约 20% 的中粗砂。

(3) 灰土(石灰)挤密桩复合地基。

①灰土挤密桩是石灰土桩复合地基。它可以利用沉管、冲击或爆扩等方法在地基中挤土成孔,也可以采用“洛阳铲”成孔,然后向孔内夯填灰土成桩。成桩时,通过成孔过程中的横向挤压作用,桩孔内的土被挤向周围,使桩间土得以挤密,然后将备好的灰土分层填入桩孔内,并分层捣实至设计高程。灰土挤密桩与桩间土组成复合地基,共同承受基础的上部荷载。

灰土挤密桩法适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基。灰土挤密桩复合地基能提高承载能力,在湿陷性黄土地区用于消除黄土湿陷、提高地基承载力。当地基土的含水率大于 24% 、饱和度超过 65% 时,由于无法挤密成孔,故不宜选用上述方法。

灰土挤密桩桩孔直径宜为 $300\sim 450\text{mm}$,桩孔之间的中心距离可为桩孔直径的 $2.0\sim 2.5$ 倍。灰土挤密桩处理地基的深度,应根据建筑场地的土质情况、工程要求和成孔及夯实设备等综合因素确定。对湿陷性黄土地基,应符合现行的国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)的有关规定。桩体的压实度不应小 0.96 。消石灰与土的体积配合比宜为 $2:8$ 或 $3:7$ 。也可以采用质量比,按内掺法的配合比宜为 $12:88\sim 15:85$ 。

②对过湿地段,采用石灰挤密桩工程效果更好。这种方法早在建筑行业应用。采用石灰挤密桩,就是将填料由灰土变更为石灰(生石灰)。它具有以下3个优点:生石灰吸收周边土体水分,土体承载力提高;生石灰消解体积扩大,对周边土体产生挤密作用;周边土体钙化,承载力增加。采用石灰挤密桩,有时可以使地面隆起,承载力显著增加。

石灰挤密桩的填料采用生石灰,生石灰的最大粒径不得大于 5cm 、以生石灰粉为佳。为密实计,采用生石灰块时,可掺加中粗砂。石灰挤密桩的桩径(洛阳铲成孔)不应小于 15cm ,桩间距宜为桩径的 $2.5\sim 3$ 倍。桩长按过湿深度选用。

灰土(石灰)挤密桩不能用于有补给水地段。因为石灰受水长期浸泡而成为石灰膏,承载力下降。

③在某些地区,尚有采用土桩加固地基的,但因节省费用有限而过程效果不如灰土挤密桩和石灰挤密桩,故应用范围有限。其施工工艺与灰土挤密桩完全相同,故不再赘述。

3) V(U)形槽沟填方路基沉陷处置

V(U)形槽沟填方路基沉陷处置应综合进行,通常采用以下几个方法。

(1)采用土工合成材料盲沟或渗沟排除山体渗水。这是处置存在山体渗水沉陷的前提和先决条件。

土工合成材料盲沟可参考2.1.2节所述方法设置,它适用于宽度(路线纵向)超过30m的槽沟。渗沟适用于宽度(路线纵向)较窄的槽沟。渗沟要易于“收水”、排水。渗沟可采用片石填充,忌小颗粒碎石进入。这是因为小颗粒材料易阻滞集泥、堵塞渗沟。

(2)挖除湿软填料,回填合格填料。

V(U)形槽沟若有水的渗入,会导致填料湿软,强度降低。因此,应挖除后置换填料。回填的填料以颗粒材料如碎石、砂砾、砂砾土为最佳。这是因为即使进行了防止山体渗水处理,路基中仍可能存在残留水分;若防止措施失效,亦可因水而祸及路基。此类透水性强的材料强度高,受水浸湿强度损失小,有利于防患。为节约费用,路床应采用砂砾类颗粒材料填筑,进行路基补强和隔离毛细水。

4)注浆法与旋喷桩处置沉陷

这两种处置方法不需要开挖地基的沉陷,无建筑垃圾,利于环保,且基本保证正常通车,在高速公路中经常应用。

(1)注浆法。

①注浆法是通过钻孔和利用注浆设备,运用液压、气压或电化学原理,通过注浆管将浆液分层均匀地注入地层中,浆液以填充、渗透和挤密等方式排出土颗粒间裂隙中的水分和空气,并占据土颗粒间的空间,使路基孔隙比减少,强度提高,经过一段时间水泥凝结后,浆液将原来松散的土颗粒或裂隙胶结成一个整体,形成一个强度大、防水性能高和化学稳定性好的结合体,从而达到加固路基的目的。

②注浆的机理主要有渗入性注浆、劈裂注浆和压密注浆三种。公路养护中常使用渗入性注浆,其压力不大,一般控制在2MPa以内;采用水泥浆液。注浆法加固台(墙)背填土是以渗入性注浆为主,利用注浆设备将配制好的水泥浆液通过注浆管注入沉陷的路基或台(墙)背填土,浆液在压力作用下渗入填土的孔隙中,与土体的土粒骨架产生固化反应,使路基或台(墙)背填土的密实度进一步提高,减少填土与台(墙)之间的刚度差,消除填土的继续沉降。

③注浆有专用设备,注浆机具的选择有纯压式注浆和循环式注浆两种。一般土体注浆吸浆量大,采用纯压式注浆即可。

④注浆材料的选定:浆液必须满足的可灌性条件,因此正确地选用注浆材料是确保注浆效果的关键。土质条件是选定注浆材料的关键,其次是环境条件、注浆的目的及预期的效果等因素。

注浆材料由主剂、溶剂及各种外加剂混合而成,根据所需处理路段的工程概况和注入机理,通常所采用的浆材种类主要为水泥类浆液。

由于纯水泥浆液的凝结时间长,易受水的冲刷和稀释,有时在水泥浆液中加入使浆液凝固时间短的速凝剂,一般加入3%(水泥质量)的水玻璃或5%~25%(水泥质量)的石灰。

⑤主要注浆施工工艺如下。

a. 注浆孔的布设常用方格形、梅花形和六角形。方格形的主要优点是便于补加注浆孔,在复杂的地区宜采用这种方法,而梅花形和六角形布孔的主要缺点是不便于补加注浆孔,预计注浆后不需补加孔的地基多采用这种形式。

b. 注浆施工技术要点:

(a) 采用“围、挤、压”的原则,即先将注浆区围住,再在中间插孔注浆挤密,最后逐序压实,这样易于保证注浆质量。最好采用分序注浆的办法。

(b) 在可能的情况下,以采用较大的压力为好。

(c) 注浆以稀浆开始,采用逐步加稠的方法。

c. 注浆液的要求:

(a) 初始黏度要低,流动性好,可注性强。

(b) 固结后具有一定的抗压及抗拉强度,抗渗性好,抗冲刷,耐老化性能好。

(c) 凝结时间可调整度大,并能准确控制。

(d) 稳定性好,容易储存和运输。

(e) 无毒,不污染环境,对注浆设备和管道等无腐蚀性。

d. 注浆控制:

注浆的过程控制相当重要,它直接影响到注浆的质量,因此应采用注浆压力参数及注浆量双指标控制。注浆控制以注浆压力的控制为主,注浆过程中采用间歇多次注浆工艺,注浆压力逐次提高,稳定压力应在 1MPa 以上。注浆过程要注意边坡冒浆及边坡外撒。注浆完成后,注浆管留在路基内,可起到对路堤的加固作用。

⑥施工注意事项:

在不需要补注的情况下,注浆孔平面尽可能按梅花形均匀分布,钻孔深度可根据填土的高度及现场实际填料的密实度、压实度确定;注浆的顺序是先注边缘孔、后中间孔,同排注浆,实行跳隔(至少两孔)施工;施工边孔时,应注意观察路基或构造物的稳定。浆液选用水灰比(质量比)应为水:水泥=0.5:1~0.9:1,所用的水泥采用 42.5R 普通硅酸盐水泥;为使注浆流畅,注浆孔应至少长出注浆管 25cm;注浆管与注浆孔间孔隙必须用水泥封堵,封堵长度不小于 30cm,待封堵孔隙水泥终凝后才可注浆。

注浆技术由于设备简单,施工方便,在山区公路路基沉陷的病害处治中,是一种很有效的方法。施工过程中,应加强施工质量的控制与监督,确保注浆质量达到预期的效果。

多年来陕西境内注浆材料主要为水泥、粉煤灰浆液。水泥与粉煤灰的质量比一般为,水泥:粉煤灰=7:3~5:5,主要采用纯压式设备注浆。

(2) 高压旋喷桩。

高压旋喷桩是把注浆管插入预定地层中,由下而上进行喷射作业。其施工基本工序主要为:布孔—钻机就位—钻孔—注浆—清洗器具。

①布孔。处理孔的数量根据桩径、地质及旋喷目的等确定,施钻前先进行放线,准备定出各孔位中心,并作出醒目标记,以便于施钻过程中寻找。

②钻机就位。根据设计所提供的桩号,将钻机就位,距孔中心最大不超过 5cm。就位时机座要平稳,调平机架,立轴或转盘要与桩心对正,施工中通过观察重锤的垂直度来判断钻机是否安放水平,垂直度误差控制在 1.5% 以内。

③钻孔。钻机采用专用设备(如 GJ—30 液压钻机)成孔,用清水做冲洗液,钻孔必须达到设计孔深。

④注浆。应有专人负责浆液配比,通常采用的水灰比为 0.8:1。搅拌好的水泥浆泵送前