

公路工程八大通病 分析与防治

GONGLU GONGCHENG BADA TONGBING FENXI YU FANGZHI

● 山西省公路局 主编



● 人民交通出版社

公路工程八大通病分析与防治

山西省公路局 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

公路工程病害不仅影响公路工程的使用寿命和行车质量,还给公路工程的维护和保养带来无穷无尽的麻烦。为此,作者在实践的基础上,总结出公路工程八大通病及防治措施,经验全面,剖析透彻,方法具体,效果显著,具有很好的实用性。

图书在版编目(CIP)数据

公路工程八大通病分析与防治/张利民等编. - 北京:
人民交通出版社, 1999

ISBN 7-114-03406-7

I. 公… II. 张… III. 道路工程-工程质量-质量管理
IV. U415.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 25087 号

公路工程八大通病分析与防治

山西省公路局 主编

版式设计: 周 园 责任校对: 杨 杰 责任印制: 张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京京华印刷制版厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 5 字数: 127 千

1999 年 7 月 第 1 版

2000 年 8 月 第 1 版 第 3 次印刷

印数: 10501~15500 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-114-03406-7

U · 02443

《公路工程八大通病分析与防治》

编委会

主任委员:宋元林

副主任委员:王义堂 惠高峰 张利民

主 编:王义堂

副 主 编:惠高峰 张利民(常务)

顾 问:杨金泉 范景相 鄂俊太
钱恒达 詹克灿

编委会成员:(排名不分先后)

王义堂	张利民	赵玉生	李引娥
周明二	刘玉柱	赵队家	侯学礼
宋丽红	康海湘	刘 军	吴玉敏
焦建民	刘 杰	李建东	

前言

公路是国民经济的重要命脉,由于其特有的优越性和灵活性,发挥着其他运输方式所不可替代的作用。公路建设又是国家最主要的基础产业之一,它的迅速发展,对于促进国民经济的发展,拉动其他相关产业发展具有非常重要的意义。

国内外对公路的发展非常重视。世界上许多发达国家如美国、德国、法国等,公路运输占有相当重要的地位,特别是美国,被誉为“绑在汽车轮子上的国家”。我国在改革开放以来,特别是“八五”以来,公路建设取得了长足的发展,通车里程大幅度增加,技术等级不断提高,一个以高等级国家干线为骨架,连接大、中、小城市、辐射乡村的公路网正在中国大地上形成。公路事业的发展,为振兴经济,提高全国各族人民的物质文化生活水平,起到了极大的推动作用。近两年来,党中央、国务院为应对亚洲金融危机的冲击,保持国民经济的持续、快捷、健康发展,做出了扩大内需、加快基础设施建设的重大决策,加大了对公路建设的投入,迎来了公路建设的又一个春天。

质量是公路建设永恒的主题。在公路建设投资大幅度增加,建设步伐不断加快的新形势下,如何能够确保工程质量,确保党中央战略决策的顺利实现,是一个非常突出且非常急迫的问题。党中央、国务院及交通部领导对此问题非常重视,多次明确强调质量问题的重要性,阐述“质量责任重于泰山”、“百年大计,质量第一”的意义,从制度上强化了各方面的管理,对出现质量问题的项目一查到底,并公开曝光。这一系列措施的实施对规范公路建设市场,净化施工环境,确保工程质量具有重大而深远的现实意义。

本书针对公路建设中常见的“八大通病”,组织有关工程技术

人员,依据现行的《公路工程技术标准》,提出了相应的原因分析与防治措施,希望能对公路工程质量有所提高,有所促进,对正在全国开展的“公路建设质量年”活动起到推动作用。

全书共分八章,编写分工如下:

第一章 王义堂、康海湘;第二章 刘少文;第三章 刘军、赵玉生;第四章 宋丽红、张利民;第五章 李引娥、吴玉敏;第六章 周明二;第七章 刘玉柱、刘杰、焦建明;第八章 侯学礼。

审稿分工:

全书第一章、第三章由詹克灿审改;第二章、第六章由钱恒达审改;第四章、第七章由鄂俊太审改;第五章、第八章由范景相审改。

全书统稿工作由王义堂、张利民进行。

王义堂、惠高峰、张利民对本书进行了二审。

杨金泉、宋元林对全书统审定稿。

在本书的编写过程中得到了山西省交通厅、山西省公路局及其他有关专家的支持和帮助,人民交通出版社韩敏、孙玺等同志给予了具体指导,在此一并致谢!

本书在编写过程中参考、参阅了大量技术文献,恕不一一列出,谨对有关作者致以感谢!

由于编写水平有限,谬误之处在所难免,请读者给予批评指正。愿本书能对提高公路工程施工质量有所帮助,起到“抛砖引玉”的作用。

《公路工程八大通病分析与防治》编委会

一九九九年一月二十日

目 录

第一章 水泥混凝土路面断板原因与处治	1
第一节 概述	1
第二节 水泥混凝土路面断板分类	1
第三节 水泥混凝土路面断板原因	2
第四节 水泥混凝土路面断板预防措施	7
第五节 断板的处理与修复	11
第二章 沥青路面早期病害与防治	17
第一节 概述	17
第二节 沥青路面早期病害因素的分析	19
第三节 预防沥青路面早期病害的措施	26
第四节 沥青路面早期病害的处理措施	37
第三章 路面产生不平整的原因及处理措施	39
第一节 路面不平整产生的主要原因	39
第二节 提高路基及路面基层平整度的措施	47
第三节 沥青路面的施工工艺及平整度控制	53
第四节 水泥混凝土路面施工工艺及平整度控制	63
第五节 路面不平整的处理措施	72
第四章 软土地基处理	74
第一节 概述	74
第二节 砂垫层、置换填土、抛石挤淤法	76
第三节 加固土桩法	78
第四节 土工布加固地基、路堤	81
第五节 碎石桩	83

第六节	砂桩、袋装砂井、塑料排水板、反压护道、柴木梢排	86
第五章	公路桥头及桥梁伸缩缝处跳车的防治措施	94
第一节	概述	94
第二节	公路桥头及桥梁伸缩缝处跳车台阶产生的原因	96
第三节	防治跳车的基本措施	102
第四节	产生跳车台阶的补救措施	108
第五节	桥头、桥梁伸缩缝处跳车台阶的修补标准	110
第六章	小型预制构件与防护工程表面粗糙的成因及修补对策	112
第一节	小型预制构件	112
第二节	防护工程	115
第七章	隧道防排水设计及防水技术	119
第一节	概述	119
第二节	常见衬砌裂缝成因分析及防治	122
第三节	防排水工程设计	123
第四节	施工防排水措施	127
第五节	衬砌防水工程质量控制	128
第六节	隧道渗漏水处理	129
第八章	高填方路基的下沉与处理	134
第一节	高填方路基的基本概念	134
第二节	高填方路基的病害	134
第三节	高填方路基下沉的原因	135
第四节	高填方路基的设计	136
第五节	高填方路基的施工	140
第六节	处理路基下沉的措施	145
参考文献		150

第一章 水泥混凝土路面 断板原因与处治

第一节 概 述

作为高级路面两大类型的沥青混凝土(黑色)路面和水泥混凝土(白色)路面,各有其优点和不足。在世界各国长期存在着所谓“黑白之争”。我国的公路路面一直以黑色(沥青)路面为主。由于我国沥青资源有限,沥青含蜡量高,用于重交通的道路石油沥青大量依靠进口。90年代以来,根据我国的资源条件和公路事业发展需要,交通部提出了“黑白并举”的路面发展战略。对发展水泥路面又采取了“因地制宜,积极稳妥,确保质量,加快发展”的16字方针,水泥混凝土路面的发展速度明显加快。据统计,1994年以来,每年的修建里程超过了10 000km,到1997年达到了68 740km。在水泥混凝土路面修建技术不断提高的同时,也出现了一些开裂、断板、沉陷、错台等病害,给养护、修复带来了极大的困难。尤其是断板病害已经成为公路工程的通病之一,必须引起重视,认真分析其原因,积极采取措施加以防治。

第二节 水泥混凝土路面断板分类

由纵向、横向、斜向裂缝发展而产生的已完全折断成两块以上的水泥混凝土路面板,称为断板。其特征是裂缝贯通全厚和板面。但斜向裂缝虽垂直通底,而其从角隅到断裂两端的距离等于或小于板边长度一半的称为板角断裂。

混凝土路面板浇筑完成后,未完全硬化和开放交通就出现的

断板称为早期断板或施工断板。

混凝土路面开放交通后出现的断板称为使用期断板或后期断板。

断板的计量方法是不论一块板上有多少处断裂,均按一块板计算。

水泥混凝土路面的断板率是已完全折断成两块以上的水泥混凝土路面板的块数与路面板的总块数的比值,以百分数表示。

水泥混凝土路面断板按其损坏程度分为三类:

1. 轻微断裂:裂缝无剥落或轻微剥落;未封缝的裂缝宽度小于 3mm;已封缝的裂缝宽度不限,但封缝良好。
2. 中等断裂:裂缝处有中等程度剥落;未封缝的裂缝宽度为 3~25mm;已封缝的裂缝无剥落或轻微剥落,但填缝料明显损坏;板被分割成 3 块以内,但均属轻微裂缝。
3. 严重断裂:裂缝处有严重剥落;未封缝的裂缝宽度大于 25mm;板被分割成 3 块以上,裂缝损坏在中等程度以上;有错台,裂块已开始活动。

按断板形式又可分为纵向断板和横向断板两类。

1998 年颁布的《公路工程质量检验评定标准》(JTJ071-98)指出:“混凝土板的断裂属路面质量不合格问题,应该是不允许出现的,多数施工单位均作返工处理。但据国内外资料,个别断板尚难以避免”。故规定“混凝土板的断裂块数,高速公路和一级公路不得超过评定路段混凝土板总块数的 2‰,其他公路不得超过 4‰。对于断裂板应采取适当措施予以处理。”

第三节 水泥混凝土路面断板原因

温度应力与荷载应力超过混凝土的抗拉强度,水泥混凝土路面就会产生断裂并发展为断板。这些断裂,有的是在施工期间由于混凝土的初期收缩受到阻碍而产生的拉应力超过了混凝土的抗拉强度而引起的横向裂缝;有的是由于板块尺寸过大所产生的

温度翘曲应力超过了混凝土的抗弯拉强度而引起的横向裂缝;有的是由于地基的不均匀沉降或地基受侵蚀而使板底出现脱空后,致使应力增加而引起的纵向、横向或角隅断裂;有的是由于车辆荷载的多次重复作用,所产生的重复荷载应力超过了混凝土的疲劳强度而引起的纵向或横向裂缝。

有的研究认为:水泥混凝土路面开裂的主要原因是混凝土的自身收缩(包括干燥收缩和温度收缩)及其与基层间的强大的摩阻力(包括静摩擦力和层间粘结剪应力),因此减少或改善混凝土的自身收缩及其与基层的摩阻力,就能有效地防止开裂。

下面将早期开裂断板和使用期开裂断板的原因作以下分析:

一、早期开裂断板原因

1. 原材料不合格

(1)水泥安全性差,强度不足。水泥中的游离氧化钙($f\text{-CaO}$)在凝结过程中水化很慢,水泥凝结硬化后还在继续起水化作用,当 $f\text{-CaO}$ 超过一定限量时,就会破坏已经硬化的水泥石或使抗拉强度下降。水泥强度不足也会影响混凝土的初期强度,使开裂断板的机率大大增加。水泥的水化热高、收缩大,也易导致开裂。

(2)集料(砂、碎石等)含泥量及有机质含量超标。水泥混凝土中水泥石与骨料的界面粘结不良,往往是产生初期开裂的薄弱部位。集料的含泥量和有机质含量超过规范要求,必然会造成界面缺陷,容易开裂。另外,有资料表明,在同样的水灰比条件下,石灰岩、石英岩等亲水性骨料与水泥石界面粘结力大,花岗岩等亲水性差的骨料则反之。

2. 基层标高失控和不平整

(1)基层标高失控,造成路面厚度不一致,过薄或厚薄交界处将成为薄弱断面,在混凝土收缩时,难以承受拉应力而开裂。

(2)基层不平整会大大地增加其与混凝土界面的摩阻力,易在较薄弱路面开裂。

(3)用松散材料处理基层标高失控或不平整时,上层混凝土拌

和物的水分或砂浆会下渗或被基层吸收,使下部混凝土变得疏松,强度下降。

(4)基层干燥会吸收混凝土拌和物中的水分,使底部混凝土失水,强度降低,导致开裂。

3. 混凝土配合比不当

(1)单位水泥用量偏大。混凝土中引起收缩的主要是水泥石部分,过多的水泥用量,必然会导致较大的收缩。

(2)水灰比偏大。水泥完全水化的最低水灰比约为 0.26 ~ 0.29,施工中采用较高的水灰比是为了满足和易性需要。但偏大的水灰比,增大了水泥水化初期骨料表面的水膜厚度,影响了混凝土强度。

(3)施工中计量不准,尤其是未根据集料中的含水量及时调整用水量,会影响混凝土的配合比的准确性,从而影响其初期强度。

(4)一般情况下,混凝土配合比按“饱和面干”状态设计,如使用长期在日光曝晒下的过干骨料,会大量吸收拌和用水而影响水灰比的准确性,影响混凝土强度。

4. 施工工艺不当

(1)搅拌不足或过分,振捣不密实,形成的混凝土强度不足或不均匀,易导致早期开裂断板。振捣时间不易过长,否则会造成分层,粗骨料沉入底层,细骨料留在上层,强度不均匀,表面收缩裂缝增加。

(2)混凝土拌和时,如果水泥或集料温度过高,再加上水泥的水化热,会使混凝土拌和物的温度很高,在冷却、硬化过程中会使温差收缩加大,导致开裂。

(3)混凝土浇筑间断。因停电、机械故障、运输不畅、气候突变、停料等原因使混凝土浇筑作业中断,再浇筑时未按施工缝处理,新旧混凝土由于结合不良和收缩不一致会形成一条不规则的接缝。

(4)养生不及时或养护方法不当。尤其是气温高,湿度小,风速大的不利条件下,就会使混凝土表面水分蒸发太快,从而形成干

缩裂缝。

(5)切缝不及时。由于机具故障或操作人员切缝时间掌握不准确或切缝深度不足,造成混凝土内应力集中,在混凝土板的薄弱处形成不规则的贯穿裂缝。

(6)施工车辆过早通行。某些施工作业面,由于受到地理条件的限制或因混凝土养护作业需要在混凝土强度不足条件下过早地通车,产生荷载应力,这是产生裂缝的又一个原因。

(7)采用真空吸水工艺时,如果因两吸垫之间未重叠而导致漏吸,则漏吸处水灰比较两侧大,混凝土强度较低,收缩也大,会形成薄弱环节而开裂。

(8)传力杆安装不当,上下翘曲,则在混凝土伸缩和传力过程中混凝土就会被破坏,形成裂缝损坏。

(9)在日温差较大的季节和地区,混凝土表面修整过程中,要避免阳光直射,整修后要及时覆盖养生,防止混凝土白天过多的升温,造成夜间降温时收缩过大。

5. 边界原因

(1)在双幅路面施工中,已浇筑一边的缩缝在另一边未开始浇筑前已经裂通,气温下降一定幅度时,断裂的缩缝两边混凝土板收缩,这样后浇筑还未切割的混凝土板受到较大的拉应力,而这时其混凝土强度还较低,当拉应力大于混凝土初期抗拉强度时,就会在先浇筑板缩缝对应位置发生不规则裂缝。

(2)有中央分隔带路缘石等的高速公路和街道施工中,路缘石常设有混凝土平基背座,由于路缘带先于路面施工,当温度下降时路缘带本身会收缩,路缘带下半部具有粗糙面会带动初期强度很低的混凝土面板在路缘带裂缝处产生边界裂缝。

(3)同样原因,如果基层稳定层已经发生裂缝,裂缝两边基层在气温下降时收缩,由于摩擦力作用,同样也会带动上面初期混凝土面板开裂。

二、使用期开裂断板原因

1. 设计不当

(1)路面厚度偏薄。根据美国的研究资料,路面的使用寿命与路面厚度成5次方关系,如果设计时交通量调查不准,路基、基层、底基层的模量和材料参数选用不当等原因而使路面厚度偏薄,就会使路面寿命缩短,过早地出现开裂、断板。

(2)板块平面尺寸不当。

(3)混凝土原材料的配合比不当,混凝土产生碱-集料反应或抗冻融差等耐久性问题。

(4)排水设计不当。

水泥混凝土路面直接暴露在大氣之中,一年四季大氣温度、湿度周期性的变化,以及每一昼夜气温的变化,都会使得混凝土路面板在不断的伸缩和翘曲中处于拉应力和压应力的反复交替作用状态,此拉、压应力称为温度应力。混凝土板越长,温度应力就越大。若设计时板块过长或长宽比例不当,温度应力超出容许范围,路面板即产生开裂断板。

2. 超重车的影响

由于交通运输业的迅速发展,大吨位车辆逐年增多,单轴轴载比原设计计算轴载增加几倍,由于轴载等效换算系数 $f = (\frac{P_i}{P_0})^{16}$,即超重轴载与标准轴载换算成16次方关系,所以,超重车的增加是水泥混凝土路面使用期开裂断板的重要原因。

3. 路基不均匀沉降

路基不均匀沉降主要发生在:

(1)填挖相交断面处,半填半挖结合处,新老路基交接处,土基密度不同部位;

(2)软弱地基、湿陷性黄土以及采空区、陷穴等特殊路段;

(3)桥涵、构造物附近压实机械难以施工的部位;

(4)路基不同填料的界面或层面;

(5) 压实度不足。

压实不均匀路段,在路面长期使用过程中,由于水温条件的变化和行车荷载作用,路基产生不均匀沉降,致使沉降量不同的结合面产生错台,面板由于荷载作用导致断裂。

4. 基层失稳

(1) 基层施工质量不好,强度不均匀或较低,使用中基层松散或在渗水作用下材料被吸往一边,面层脱空,当受到的弯拉应力大于混凝土板强度时面板即发生断裂。

(2) 面层接缝填封料失效,板的弯沉使空隙内的积水变成有压水,侵蚀冲刷基层,并沿接缝缝隙喷出,即产生唧泥。如果唧泥现象不断产生,面板边缘部分将失去支承,在荷载作用下产生断裂。

5. 初期微裂缝的扩展

初期混凝土收缩形成未反映到表面的微小裂缝,使用一段时间后,受行车荷载及温度应力的双重作用,部分裂缝将逐渐增长、变深,以至造成面板断裂。

6. 排水不良

(1) 路基及基层排水不良,长期受水浸泡,引起路基失稳或强度不足,使路面产生不规则断裂。

(2) 裂隙水或边沟水等渗入路基、基层和底基层,冬季冻胀时使路面产生纵向开裂。

7. 桥(涵)面铺装损坏

钢筋混凝土盖板桥涵上的水泥混凝土路面铺装层,由于厚度不足或与盖板、涵台结合部处理不当,在行车作用和盖板胀缩下,产生层间搓动和面板断裂。

某些产生初期断板的原因也会在使用期继续强化,导致路面开裂、断板或使病害程度更趋恶化。

第四节 水泥混凝土路面断板预防措施

针对上节中造成水泥混凝土路面断板原因的分析,采取行之

有效的、全面的预防措施,可减少断板数量,延长混凝土路面的使用年限,提高行车的舒适性。

一、早期开裂断板的预防

1. 合格的原材料是保证混凝土质量的必要条件

(1)对于安定性差、游离氧化钙(CaO)超标及强度不足的水泥应禁止使用;不同标号、不同厂家、不同种类、不同批产的水泥严禁混合使用;尽量采用旋转窑生产的发热量少、收缩量小的硅酸盐道路水泥或普通硅酸盐水泥。

(2)集料(砂、碎石)含泥量超标时应更换料源,选择合格的、含泥量较少的材料,或将其认真冲洗至达到要求方可使用。对有机质含量超标的集料应严格禁止使用。

2. 基层标高、平整度的控制

(1)严格控制基层顶面标高,确保混凝土路面板厚度的均匀一致。

(2)按水泥混凝土路面平整度要求控制基层平整度,采取加铺塑料薄膜等方法减少水泥混凝土路面板与基层的摩阻力。

(3)对于标高不足的基层应坚决返工重做,禁止采用抛撒松散基层材料填补标高的方法。

(4)加强基层养护工作,保持基层湿润状态,直至浇筑水泥混凝土路面板。

3. 严格控制混凝土配合比

(1)按试验混凝土配合比准确配料;单位水泥用量要精确称量,误差值控制在1%以内。

(2)集料的含水量要及时试验取得,控制适宜的用水量,保持水灰比准确;为减少用水量,改善和易性可使用合适的外掺剂;用水量误差不超过1%,外加剂控制在2%以内。

(3)采用电子秤或其他现代化配料机械设备准确配料,尽量不采用人工手推车按车计量的配料方法;集料称量误差控制在3%以内。

4. 施工工艺的控制

(1)混凝土的拌和时间要根据机械性能准确掌握,最长拌和时间不应超过最短拌和时间的3倍;振捣应均匀密实,避免漏振或超振现象产生。

(2)混凝土拌和时,若集料温度过高,应采用降温措施后再配料拌和。若采用撒水降温方法,应及时测定含水量,调整拌和水用量,保证水灰比值不致增大。

(3)混凝土路面施工开盘前,要仔细检查发电机、振动梁、运输车辆等机具设备,确保其完好。现场中要有备用机具,严禁故障机具施工,并检查施工运料道路是否通畅,确保施工的连续性。配料、拌和、运输、摊铺作业面要有序配合,对于气候突变、停电、停料等情况,应提前做好准备工作,调整工序,暂停面板施工。重新铺装时应按施工缝处理接缝。

(4)重视混凝土面板养生,采用优质养护剂,或湿法养护,不要采用没有覆盖物仅洒水的养生方法。

(5)及时切缝,根据施工现场气温及水泥品种试验确定最早切缝时间,一般应采用多台切缝机同时作业,以保证切缝及时。切缝深度为混凝土板厚的 $1/3$ 至 $1/4$,不宜切缝太浅(少于 $1/4$)或太深(多于 $1/3$),剩余断面部分能吸收由于高温产生的内应力。有资料表明,软切缝工艺可提前切缝时间,预防水泥混凝土路面断板。

(6)控制交通车辆,避免在混凝土强度不足的条件下,过早开放交通,养护车辆也应尽量避免直接在面板上通行。

(7)采用真空吸水工艺时,一定要注意两吸垫之间重叠足够尺寸,避免漏吸。

(8)正确安装传力杆,防止上下翘动,可采用双模板控制。浇筑下一混凝土板时要按设计要求安设塑料套管和涂沥青隔层。

(9)在昼夜温差较大的季节或地区,混凝土表面修整过程中,要设遮阳棚、避免阳光直射,修整完成后要覆盖养生,以保持温度变化不致太大。

5. 边界影响的控制