

水泥混凝土路面裂缝断板成因分析及对策

蒋晓玲

(荆州市城市建设投资开发公司,湖北荆州 434000)

摘要: 该文通过对水泥混凝土路面裂缝断板的成因进行分析,提出了对水泥混凝土路面裂缝及断板的预防措施,以期在混凝土路面的施工和养护方面有一定的参考意义。

关键词: 水泥混凝土路面;裂缝断板;成因分析; 预防处理

中图分类号: U416.216 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-7716(2007)01-0022-04

0 引言

水泥混凝土是我国路面工程中用量较多的一种路面结构材料,由于它具有许多优点:强度大、耐久性好、整体性好、养护费用少、利于夜间行车、能适应重载、通行能力大等,是一种刚度大,扩散能力强,稳定性好的路面结构,在我国大部分城市道路、工矿道路、停车场和机场跑道广泛采用。但它也存在一些弱点,如均匀性差、离散性大,在反复重交通荷载及露天环境条件等外部作用下,致使混凝土路面使用性能下降,部分路面可能出现各种类型的损坏。其中以“裂缝断板”现象尤为严重,且由于水泥混凝土路面强度高,损坏修复比较困难且影响交通,该现象已成为道路建设者们普遍关注的问题。下文结合笔者的工程实践经验,对水泥混凝土路面裂缝、断板产生的原因进行分析,并对相应的防治措施谈几点看法,以供业内同行在有关设计、施工、养护等环节中参考。

1 水泥混凝土路面裂缝、断板种类

收稿日期:2006-09-28

作者简介:蒋晓玲(1974-),女,湖北荆州人,工程师,副总经理,从事市政道桥项目管理工作。

理不到位等原因,也出现了沥青混凝土路面常见的拥包、反射裂缝、局部坍陷等病害。同步设施(如供电、自来水等)不同步施工,这些设施往往在改性沥青混凝土路面整体形成后再施工,给路面整体性造成缺陷,另外,部分构筑物的邻边施工不仔细等,也给改性沥青混凝土路面带来不利影响。因此,通过对沥青进行掺加聚合物添加剂等改性材料,虽然改善了沥青的某些力学性能,但丝毫不能对施工操作、配用材料、碾压温度、基础处理等有半点马虎,相反对施工工序、温度控制等有更严格的要求,只有严格按改性沥青的操作要求施工,才能达到使用改性沥青的预期效果。

武汉的气候特点具有一定的代表性,夏季炎热

裂缝是水泥混凝土路面的一种常见病和多发病,严重的导致断板。病情绝大多数是由施工阶段的问题引起的,后期养护、排水不良也可导致裂缝、断板。

(1) 从路面的平面上分为规则裂缝和不规则裂缝。

规则裂缝即在设计的纵缝、横缝(缩缝、施工缝)底部产生裂缝;不规则的裂缝即在规则裂缝以外产生的裂缝,大体可分为横向不规则裂缝、纵向不规则裂缝、角隅裂缝。规则裂缝是人为地使面板在指定的位置产生裂缝;不规则裂缝可能出现在板的各个部位,分析原因的目的就是要让其尽量减少或不产生不规则裂缝。

(2) 从面板裂缝的横断面上可分为板顶裂缝、底部裂缝和整体断裂。

板顶裂缝、底部裂缝是指板顶或板底纵横交错表面无规则的裂缝,即龟裂。其特征是裂缝没有贯通全厚板面,只是板块局部不规则的细小裂纹。整体断裂的裂缝贯通板面全厚,将面板完全断开,形成断板。断板又分为施工期断板(即混凝土面板未完全硬化和开放交通前而出现的断板)和使用期断板(即路面开放交通后出现的断板)。整体断

难耐,春夏雨水充沛,冬季又特别阴冷,这种气候特点对改性沥青混凝土路面是一个严峻的考验。改性沥青混凝土路面在武汉地区具有良好的适应性,对其它地方也有一定的借鉴性。值得注意的是,在使用改性沥青混凝土铺筑路面的施工过程中,要特别注意温度控制(包括拌合物用料)。尤其在冬季施工时要特别注意施工现场拌合料的温度量测控制,在旧有水泥路面上加铺改性沥青要特别注意处理好破损板块的基础和纵横板缝。改性沥青混凝土路面在使用过程中,要避免在已铺筑完好的整体路面上进行管线沟槽开挖,同时,对路面出现的诸如裂缝、局部松散等要及时做到“三养”:即养早、养小、养好,以保持路面完好率的持续时间,延长其使用寿命。

裂按其损坏程度又可分为轻度断裂、中度断裂和严重断裂。轻中度断裂如不及时处理,将发展为重度断裂,影响行车安全。分析原因的目就是要让其尽量减少或产生整体断裂,并控制其发展。

2 水泥混凝土路面裂缝、断板成因分析

水泥混凝土路面产生裂缝断板的原因是由多种因素造成的,且往往不是单一的因素,而是由几种原因组合而成。如温度应力和超载应力超过混凝土的抗拉强度,地面的不均匀沉降,车辆荷载的多次重复作用面产生的重复超载应力超过了混凝土的疲劳强度等,但都可将其归纳为一点,即面板所受的拉应力超过了混凝土面板可承受的抗弯拉应力,致使面板产生裂缝。现就主要原因分述如下:

(1) 施工材料质量引起的裂缝及断板。

混凝土主要由水泥、砂、骨料、拌和水及外加剂组成。配置混凝土所采用的材料质量不合格,可能导致结构出现裂缝及断板。

水泥:水泥安定性不合格,水泥中游离的氧化钙含量超标。氧化钙在凝结过程中水化很慢,在水泥混凝土凝结后仍然继续起水化作用,可破坏已硬化的水泥石,使混凝土抗拉强度下降;水泥出厂时强度不足,水泥受潮或过期,可能使混凝土强度不足,从而导致混凝土开裂;当水泥含碱量较高(例如超过0.6%),同时又使用含有碱活性的骨料,可能导致碱骨料反应。

砂、石骨料:砂石粒径太小,级配不良,空隙率大,将导致水泥、拌和水用量加大,影响混凝土的强度,使混凝土收缩加大;砂石中云母的含量较高,将削弱水泥与骨料的粘结力,降低混凝土强度;砂石中含泥量高,不仅将造成水泥、拌和水用量加大,而且还降低混凝土强度和抗冻性、抗渗性;砂石中有机质和轻物质过多,将延缓水泥的硬化过程,降低混凝土强度,特别是早期强度;砂石中硫化物可与水泥中的铝酸三钙发生化学反应,体积膨胀2.5倍。

拌合水:采用碱泉水拌制混凝土,可能对碱骨料反应有影响。

(2) 混凝土面板施工工艺质量引起的裂缝及断板。

施工质量控制差,任意套用混凝土配合比,材料计量不准,造成水灰比偏大,水泥用量过多,粗细集料过多或过少,结果都会造成混凝土强度不足和其它性能(和易性、密实度)下降,导致裂缝产生。

混凝土搅拌、运输时间过长,使水分蒸发过多,引起混凝土塌落度过低,使得在混凝土体积上

出现不规则的收缩裂缝。

混凝土振捣不密实、不均匀,出现蜂窝、麻面、空洞;振捣时间过长导致混凝土离析、分层,粗骨料下沉,细料和水泥上浮,造成强度不均匀,表面收缩、裂缝,从而成为其荷载裂缝的起源点。

施工不连续或新旧混凝土浇灌时未按施工缝处理也是裂缝与断板产生的原因。为保证混凝土不分层、不离析、不漏浆,混凝土从搅拌机卸出后到浇筑完的连续时间 ≥ 60 min。由于运输机械、电源动力等发生故障时,造成混凝土施工长时间间断不连续,前后浇筑的混凝土凝结时间不同,结合不良,收缩不一致造成整体性不好,形成裂缝断板。

缩缝切割的时机未掌握好。缩缝切割过早,混凝土粗骨料会从砂浆中跳脱,切缝就残缺不齐;过迟会由于温度应力的变化而引起混凝土面板早期裂缝。

阻板影响。在双幅路施工中,已浇灌的一边缩缝已断开,气温下降时,断裂的缩缝两边路面板收缩,后浇灌的还未切缝的路面板受到较大的拉力,就在先浇灌的板缩缝的对应处产生不规则的裂缝。

混凝土养护不科学、不及时。尤其是天气炎热、风速大、初期养护时急剧干燥,使得混凝土与大气接触的表面上出现不规则的收缩裂缝。

混凝土养护期未到,其强度尚未达到设计强度,便过早开放交通。

(3) 施工期间温度与湿度引起的裂缝。

在施工中混凝土由最高温度冷却到运转时期的稳定温度,往往在混凝土内部引起相当大的拉应力,这种情况下就很容易产生裂缝。混凝土浇筑后4~5 h左右,由于混凝土硬化期间水泥放出大量的水化热,内部温度不断上升,出现泌水和水分急剧蒸发,混凝土失水收缩,在表面引起拉应力。后期在降温过程中,由于受到基层的约束,又会在混凝土内部出现拉应力。气温的降低也会在混凝土的表面引起很大的拉应力,当这些拉应力超出混凝土的抗裂能力时,即会出现裂缝。许多混凝土的内部湿度变化很小或变化较慢,但表面湿度可能变化较大或发生剧烈变化,如突降大雨、冷空气侵袭、日夜温差大等。如果养护不周,时干时湿,表面干缩形变受到内部混凝土的约束,也往往导致裂缝的产生。

(4) 基层或路基施工工艺质量引起的裂缝。

路基不均匀沉降引起的裂缝及断板。施工阶段路基压实度没达到标准,长期湿度条件的变化和行车超载使用,使水泥混凝土路面在通车后,其路基产

生不均匀沉降,从而导致裂缝及断板的产生。

基层强度不足或不均匀造成断板。现在我们多用水泥稳定砂砾作基层,它强度高、整体性好,但施工中如不按规范操作,也很难达到规定的密实度(一般为97%)。另外,基层强度不均匀,比如软土地基、地下管道(线)等处,如处理不当,极易造成断板。

基层不平整致使路面厚度不一样,有厚、有薄,在混凝土收缩时,路面板与基层产生强大的摩阻力,在较薄弱处易开裂;再者进行面层施工时,基层干燥也会造成板面断裂,基层干燥会吸收面层混凝土的水分,使面层底部混凝土失水,强度降低导致开裂。

(5) 由于超出设计载荷的重型车辆行驶而引起水泥路面板底产生的拉应力超过了设计的抗拉能力而产生裂缝。

(6) 路中检查井处削弱混凝土板块局部强度,造成裂缝及断板。城市道路下面埋设的各种管线都会在水泥混凝土面板上留下各种检查井,有检查井的水泥混凝土板块在检查井处强度被大大削弱,在各种荷载和应力的作用下,成为裂缝的起源点。

3 水泥混凝土路面裂缝、断板病害预防及处理措施

裂缝及断板,做为混凝土路面的主要病害,从以上的成因分析可以看出,在设计、施工、养护以及各个方面都可能发生,但大部分都是可以避免和预防的。

(1) 严把水泥混凝土路面的设计关。为了防止水泥混凝土路面的断板,各有关部门应认真及时地组织设计人员和有关专家,对水泥混凝土路面的设计理论及规范要求,进行深入细致地研究和讨论,根据当地的地理位置、环境、地形、沿线工程地质和水文地质,特别是交通量的组成和车辆的类别以及地方材料的供应情况,提出符合实际的轴载设计参数、路面结构、材料组成、路基填料、碾压方案和要求,以设计出适宜的水泥混凝土面板以及完善的排水系统,提出合理经济的水泥混凝土配比设计及要求。

设计的混凝土路面要有足够的强度保证可能出现的最大交通和承受最大的荷载,其最小厚度不得 $<18\text{ cm}$ 。

板块设计不宜过大,一般为 $4\sim5\text{ m}$,最大不超过 6 m ,且板长与板宽之比为 $1:1.0\sim1:1.3$ 为宜。

在局部强度薄弱或可能受弯拉处如角隅或检查井处,设钢筋补强。

路基排水设施要完善,高程要因地制宜,干湿类型应尽量控制在中湿甚至干燥状态,避免路基湿度过大软化。

(2) 严把材料质量关,是保证混凝土质量的前提。材料是构成混凝土路面的主体,如果由于施工中管理不严,购进材料质量低劣,那么这样的材料组成的混凝土路面面板的弯拉应力就达不到设计要求,必然在施工期间产生不规则断裂,或在使用过程中出现更多的病害。

水泥:要使用性能稳定且有出厂合格证的水泥,最好选用强度高、稳定性好的普通硅酸盐水泥。不得使用超过三个月及受潮水泥或混合使用不同厂家、不同标号、不同产期的水泥。水泥标号一般为混凝土强度的 $0.9\sim1.5$ 倍。

砂石料:石料强度要达到混凝土强度的两倍以上,严禁采用强风化的机轧石子。选用含水、泥、有机质含量达标的砂石料,对于不合格的粗、细集料严禁使用。

水:采用饮用水拌合,采用非饮用水时,须经过化验,确保硫酸盐、硫化物、PH值等不超标。

要严格按照要求进行二次化验、配比试验等。

(3) 严把工程施工质量关。水泥混凝土路面的施工质量是保证工程质量的关键,要预防混凝土路面裂缝断板,就要切实把好施工质量关。在施工中预防断板的措施有以下几个方面:

a. 严格控制混合料组成配合比,应适时测定现场骨料的含水率,将设计配合比换为施工配合比,作为混凝土配料依据。

在施工中要经常检查骨料的级配和杂质,发现所购进的骨料级配与原试验级配不符时,必须及时调整施工配合比,同时还要检查含泥量,使其不能超过3%。

在施工中最应注意的是水灰比的控制,根据现场集料的含水量及时调整拌合水用量,保证合理准确的水灰比。如果水灰比忽大忽小,在摊铺时又不注意摊铺的均匀性,就会造成水灰比的不同片块,在其交界结合部,由于凝固收缩率或受热膨胀率不同,在结合部位形成裂缝和断板的情况;如果水灰比过大,混合料便偏稀,在其凝固成形时,收缩率就大,一旦缩缝设置和施工仍按正常进行,就会造成缩缝间距相对过长,从而易在较大的收缩应变作用下形成裂缝,如果进一步发展,还可以形成贯通的混凝土路面断板,因此,在施工中要严格把住混合料的配比关,特别是水灰比。另外,在浇筑混凝土时,要及时湿水使基层保持潮湿状态,以免底部混凝土失水,强度降低导致开裂。

b. 在施工中水泥混凝土必须振捣均匀密实。如果水泥混凝土振捣不均匀, 将造成水泥混凝土的密实度不均匀。在密度小的区域内混凝土面板下部多成蜂窝和空洞状, 形成承受应力的薄弱部位或区域, 从而易使面板产生裂缝断板。

c. 在混凝土浇筑过程中, 要始终保持施工作业的连续性, 若遇特殊原因, 被迫临时停工, 中断施工的那块混凝土板, 应用湿布复盖, 在初凝时间内恢复施工时, 应将此处混凝土耙松补浆后再继续浇筑。若停工时间超过初凝时间, 必须设置一道施工缝, 施工缝应设在缩缝处, 若无法设在缩缝处, 其位置应设地板的正中位置, 并布置传力杆, 以防止因不设施工缝而出现断板的现象。

d. 施工中及时正确地切缝是预防断板的有效措施。当水泥达到终凝后, 水泥混凝土即告凝固成形, 这时水泥混凝土体收缩变形仍在不断进行, 并产生了较大的拉应力。当混凝土路面面板与基层之间的摩擦力大于这个成形凝固产生的收缩拉应力时, 在混凝土面板承受拉应力最薄弱的位置就会被拉断而产生断板。而如果能够及时准确地切缝, 就能引导混凝土面板凝固收缩力在切缝处有规则地拉断面板, 避免在其他位置产生断板。

切缝深度一般约为板厚的 $1/4$, 不宜浅于 4 mm, 同时切缝的时间也要及时, 一般当混凝土达到设计强度 25% ~ 30% 时采用切缝机进行切割, 碎石混凝土切割抗压强度以 6 ~ 12 MPa、卵石混凝土切割抗压强度以 9 ~ 12 MPa 为宜, 它可以比较有效地引导裂缝在预定的切缝位置上产生断裂, 避免不规则断板。

另外, 还需根据气温和昼夜温差调整切缝时间, 气温高, 混凝土强度增长快, 切割时间要提早; 温差大, 切缝时间要提早; 当遇刮大风或气温突变时, 切缝时间也要提早。

e. 在混凝土表面修整过程中, 要及时进行养护, 并严格控制开放交通的时间。混凝土路面浇筑完毕后必须达到设计强度并完成灌缝后, 方可开放交通, 且在养护期内必须及时进行养生、洒水、清扫, 确保混凝土路面湿润、整洁, 防止因缺水养生而产生干缩裂缝或断板。养护期一般为 14 ~ 21 d, 冬季养护时间不应少于 28 d。

f. 在施工中尽量避免产生较大的温差效应。温差效应过大或突变, 容易造成混凝土面板各处强度的形成不同步。当气温高时, 上部强度的形成比下部要快。在这样的情况下, 面板强度的形成不同步, 容易出现翘曲变形。在强度较低的部位一旦有不规则裂缝发生, 这些裂缝就会迅速发展为拉断开裂, 形成

不规则断板。所以在施工中要注意尽量避免在温差大的天气或大风天气施工, 或者当混凝土浇筑完毕后采取立即遮阳, 表面无浮水和用手指压无痕时喷洒养护剂或初凝后及时洒水, 终凝后及时覆盖潮湿的麻布和其它遮盖物等措施, 使混凝土体的表面始终保持潮湿, 保证水蒸发不间断, 水在汽化时吸收大量的汽化热, 降低表面温度, 以确保昼夜温差不至太大, 以预防面板断裂。

g. 正确地在纵坡变化处、平曲线与柔性路面相接处、板厚改变断面处及与构造物结合部等部位设置胀缝, 是预防断板的有效措施。这些部位都是应力应变集中的位置, 在此处设置胀缝, 是减少或释放应力应变的最佳方案, 它可以大大降低在此处的断板率。

h. 正确安装传力杆可以防止断板。传力杆的安装必须遵照规范要求, 按设计进行, 使传力杆与道路中心线及路面平行。如果传力杆安装偏斜, 则在传力过程中会将混凝土顶破, 从而形成裂缝而断板。

i. 施工时要严格控制路基的施工质量, 避免路基的不均匀沉降。路基填筑时要层层压实, 层层检测, 确保压实度达到设计要求, 使路基有足够的强度; 对于软土路基要彻底处理, 而且要经过一定时间的沉降, 沉降稳定后才可以施工路面结构层。

j. 施工时要严格控制基层的施工质量, 避免基层强度不足或不均匀造成裂缝及断板。

k. 在基层施工中, 使基层表面平整, 也是预防混凝土路面断板的一个措施。当基层表面凹凸不平, 不仅会使面板与基层间的摩擦力增大, 而且使面板下面的摩阻力形成不均匀的片状区, 这样在不均匀片状区的边缘部位和摩阻力集中的区域就最容易形成断板; 另一方面, 当基层标高低时, 浇筑的混凝土面板就偏厚, 而切缝深度又是按正常板厚实施的, 此处缝底下的板厚与面板内较薄的部分相比, 可能相当甚至至偏厚, 原来人为在切缝底设定的薄弱环节就会转移到板内较薄的部位, 这样在混凝土凝固过程中产生的拉应力的作用下, 本应在缝底产生的不规则裂缝就会转移到板内较薄的部位, 使面板相对比较薄的部分产生了不规则裂缝。因此把基层的标高控制准确, 表面平整光滑是预防裂缝断板的一个措施。

(4) 针对目前汽车的超载现象, 宜相应地提高路面的强度和厚度, 并加大对超载和超限的车辆整治力度。

(5) 加强路面接缝的养护和路面排水系统的疏通整治, 以防止地表水及地下水渗入或浸入路基, 造成基层软化, 影响其稳定性。

鱼腹式箱梁横向受力的数值分析

张 慧¹, 贡 力¹, 刘涇堂²

(1. 兰州交通大学, 甘肃兰州 730070; 2. 甘肃省交通规划勘察设计院有限责任公司, 甘肃兰州 730030)

摘 要:介绍了箱梁横向受力的解析法与有限元分析法的特点。结合工程实例,对预应力混凝土鱼腹式连续箱梁的横向受力进行数值模拟,通过多工况计算分析,找出了最不利荷载分布模式,得到了各工况应力、内力以及裂缝开展的规律。计算表明,若桥面板横向不配置预应力钢束,则可能导致箱梁横向开裂,且裂缝超过规范容许值,从而影响整体结构的耐久性,该文计算方法是桥梁纵向设计计算的必要补充,所提出的合理化建议已被采纳,经试验及工程实践验证取得了良好的效果。

关键词:鱼腹式箱梁;横向二次内力;数值模拟;预应力

中图分类号:U441 文献标识码:A 文章编号:1009-7716(2007)01-0026-05

0 前言

鱼腹式箱梁,又称为流线型箱梁。在国外,早在 1966 年,英国一座跨度为 988 m 的 Serven 桥上就首次采用了这种流线型扁平钢箱梁技术^[1]。作为一种新型的结构形式,鱼腹式箱梁除了具有普通箱梁在抗扭、抗弯上的优势以外,其边腹板的流线型设计使得它较之普通箱梁,风载体型系数更低,特别是满足了大跨度桥梁对于抗风性能的要求^[2]。

国内对鱼腹式箱梁的认识,始于 90 年代初,但发展迅速。目前我国已经在十余座大跨度桥梁的设计中采用了该项技术,一些跨径不大的城市高架道路桥中也相继开始引入。但有关鱼腹式箱梁的结构分析却鲜有报道。

对于箱梁结构,设计中通常的做法是在计算时使用横向分布系数分析结构的空效应^[3],再按最不利荷载对梁体进行设计计算和配筋,对横向应力则往往是根据工程经验估计配筋或进行简化

的闭合框架分析^[2]。对于鱼腹式箱梁结构而言,其边腹板为曲面,结构的受力相当复杂。特别是当箱梁宽度接近其跨径时,各箱各室和桥面板将共同参与工作。在自重以及车轮荷载作用之下,结构表现出了明显的空间变形和受力特性。此外钢筋混凝土梁在外荷载作用下的横向受力性能将直接影响到箱梁顶板、腹板的配筋计算与结构尺寸的确定,只考虑纵向而粗略或简化进行横向影响分析的做法显然已经不能满足设计要求,特别是对于多车道的城市桥梁。因此必须利用不同的计算模型和计算软件对其进行全面的力学分析,掌握其横向受力特点,确保工程建设的可靠性。

本文针对鱼腹式箱梁的特点,建立了横向受力分析的全三维有限元模型,进行了箱梁横向内力的多工况分析,获得了各工况内力和应力分布规律,找出了最不利荷载工况及对应的应力分布,发现了原设计可能产生横向裂缝的现象,并提出了增加横向预应力的建议,提高了工程建设的质量,本文计算方法是对桥梁杆系结构纵向分析设计计算的重要补充,对同类桥梁的建设具有参考价值。

1 基本分析理论

收稿日期:2006-08-30

作者简介:张慧(1979-),女,甘肃兰州人,助教,从事桥梁结构教学研究工作。

不规则裂缝作为水泥混凝土路面的一种病害,只要采取相应的预防措施,是可以达到减少甚至不产生的目的。一旦出现,就应及时对其进行处理。一般来讲,对于 5 mm 以下的非扩展性裂缝可以用低粘性沥青(渣油、胶乳)、或环氧树脂等材料灌注。对于中度及重度断裂,一般采取切缝后拆除补新(一般为矩形),至于基层或路基是否需要补强或处理,就要根据现场情况而定了。

4 结语

一条城市道路从建成到通车,裂缝及断板形成的原因多种多样,牵涉到各个部门,如设计单位、施

工单位、监理单位、城市道路管养单位、交警部门等。城市道路是露天结构物,气候条件是城市道路病害产生的客观重要因素,科学合理的设计、施工工艺和日常的养护管理也是防治城市道路病害的必要条件。因此,严格按照国家有关规范、技术标准进行设计、施工、监理,是保证水泥混凝土路面质量的关键。在运营的过程中,管养部门的日常管养也相当重要。城市道路管理要加强超载的整治力度,避免路面负荷超设计使用,也是至关重要的。我们只有在生产实践中多观察、多比较,出现问题后要多分析、多总结,结合多种预防处理措施,才能行之有效地防治水泥混凝土路面的主要病害,更好地为经济建设服务。