

公路桥梁设计与施工中裂缝成因及预防

邓存武

中南勘察设计院集团有限公司, 湖北 武汉 430070

[摘要]裂缝是公路桥梁最常见的一种病害,严重降低了桥体结构的安全性和耐久性。文中介绍了裂缝的危害以及其产生的原因主要有变形收缩、应力集中、施工缺陷和自然灾害四大因素,在此基础上提出了控制温度变化、保证材料均匀密实度、改进结构形式、做好地基处理和加强抗灾性能这五点预防方法,总结出应对裂缝要贯穿设计和施工全过程中,坚持“以防为主”的思想。

[关键词]公路桥梁; 裂缝成因; 预防措施; 混凝土; 结构耐久性

DOI: 10.33142/ec.v9i7.20063

中图分类号: U445

文献标识码: A

Causes and Prevention of Cracks in Highway Bridge Design and Construction

DENG Cunwu

Central South Survey Design Institute Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430070, China

Abstract: Cracks are the most common disease in highway bridges, seriously reducing the safety and durability of the bridge structure. The article introduces the hazards of cracks and their main causes, including deformation shrinkage, stress concentration, construction defects, and natural disasters. Based on this, five prevention methods are proposed, including controlling temperature changes, ensuring uniform density of materials, improving structural forms, doing a good job in foundation treatment, and strengthening disaster resistance performance. It is summarized that dealing with cracks should run through the entire design and construction process, adhering to the idea of "prevention first".

Keywords: highway bridges; cause of crack formation; preventive measures; concrete; structural durability

引言

公路桥梁在长期使用期间,在荷载作用、环境条件以及施工质量等多种因素的作用下,容易在混凝土构件内产生裂缝,而裂缝的发生不但破坏了公路桥梁的外观美感,同时也降低了公路桥梁的实际承重性能、加速了钢筋生锈速度从而降低寿命。我国现有公路桥梁中有超过 60%均存在不同程度开裂病害的现象,并且很多已经危及到正常使用。裂缝形成的原因是多方面的,有材料、设计、施工、环境等多种因素综合作用的结果,其产生的机理复杂并且互相联系。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》明确规定了裂缝宽度不允许超标,但实际上由于各个方面的种种原因导致其超标的情况屡禁不止。所以,从工程的角度剖析裂缝的原因并采取相应的防范措施,对提高公路桥梁工程质量有着很重要的实际价值。

1 公路桥梁施工裂缝的危害

公路桥梁工程中产生的裂缝影响主要是从结构安全方面考虑的。裂缝会导致混凝土有效受力面积缩小,使钢

筋应力增加,在外力作用下容易产生裂缝发展或出现脆断现象。裂缝的存在会影响道路桥梁使用寿命和承载性能,不同宽度的裂缝带来的危害也不一样,轻微的裂缝会影响司机驾驶体验,大的裂缝会造成行车和人员安全隐患;另外,裂缝会成为侵蚀性介质进入的入口,空气中的二氧化碳、氯离子等透过裂缝进入钢筋表面,氧化膜遭到破坏,造成钢筋锈蚀,而钢筋锈蚀生成物会使裂缝继续扩大,加剧结构侵蚀损伤。裂缝还易引发其它病害,例如钢筋锈蚀、冻融破坏等。而此类病害又会导致裂缝加剧。对桥梁耐久性造成极大损害。同时,裂缝还会破坏桥面防水层,使水分渗透到梁内,在寒冷地区会造成冻融剥落现象。所以裂缝防治是桥梁工程质量控制的重要方面之一。

2 公路桥梁设计与施工中裂缝的常见成因

2.1 变形和收缩

变形、收缩是造成混凝土裂缝的主要内力原因,在混凝土凝固期间,水泥水化放出大量的热能使得结构体内部温度增高,表面散热快,从而产生温度差,引起温度拉应

力,当温度拉应力大于混凝土抗拉强度时就会出现温度裂缝;混凝土桥中温度裂缝占了较大的比例,从分析其产生原因及其机理出发,提出了对桥梁维护工作中治理的方法建议,可以作为混凝土桥梁维护工作的参考依据之一。另外,混凝土在干燥状态下水分蒸发产生干缩,在塑性状态下过快脱水也会带来塑性收缩裂缝。混凝土的膨胀及收缩均会受到骨料的限制而形成一种强制应力,如果这种强制应力大于当时混凝土抗拉强度,就会产生裂缝。大体积混凝土构造物例如桥梁墩柱,基础承台由于大量的水泥水化反应放出大量的热量引起温差过大而产生的温度裂缝很严重,而收缩裂缝往往发生在板梁及桥面板等薄壁构件上。

2.2 应力集中

应力集中是指桥梁结构在荷载作用下某一局部区域应力值大大高于平均应力的现象,在一定程度上也是导致产生裂缝的一个重要原因,桥梁结构里有很多几何突变的位置,比如截面变化位置、孔口附近区域、支座垫石周边、预应力锚固位置等等,在汽车荷载或者温度荷载的作用下都会出现应力峰值,很容易导致裂缝的发生。预应力混凝土空心板梁桥的受力清晰明了,构造比较简单、易于施工,是中小跨径桥梁中最常用的几种形式之一,但是由于早期空心板小较缝等一些较弱的横向连接构件,在建设使用过程中经常会出现损坏问题^[1]。研究者通过对于全国各地 13 个省份中的 1200 座混凝土桥梁进行重点调研后得知(见表 1),空心板梁桥常见的病症有板底纵向开裂和较缝损坏两种形式,导致较缝损坏的主要原因是车辆荷载下较缝受力情况和空心板不相同、较缝共同作用效果不好以及较缝连接方式不合理等;还有就是预应力钢筋设置不合理及锚固区钢筋量少引起局部拉应力大而引起的劈裂裂

缝现象。

2.3 施工缺陷

施工质量缺陷属于人为因素造成的裂缝,包括材料、配合比、浇筑、养护等各个方面,其中设计配合比不当或者施工配合比严重脱离设计要求,则浇筑过程中会出现混凝土振捣不实或过振,易产生蜂窝、麻面等问题,这些都是引起裂缝的原因;在现场施工时,为了加快进度往往会出现水灰比过大或者骨料掺泥过多、振捣不到位或者过度的情况^[2]。混凝土拌制、运输时间过长、水分流失过多会导致坍落度降低从而产生不规则的表面收缩裂纹;在混凝土凝结过程中养护不及时导致表面水分快速蒸发,使混凝土暴露在空气中部分易产生不规则收缩裂纹。模板偏位、过早拆模、支架不均匀沉降等施工环节出现问题也会产生早期裂缝。还有就是预应力张拉时混凝土强度不足、张拉顺序不对等也都会引起裂缝问题的发生。

2.4 自然灾害

自然灾害属于导致桥梁出现裂缝的非预期性的外在原因。除了上述比较常见的路桥病害之外,还存在一些难以预料的自然因素造成的路桥损害情况,如洪水、泥石流、酸雨等,这些都需要道路工程建设人员予以关注,提前预防。地震的作用会产生很大的惯性力使桥墩、梁体以及结合处产生剪切裂缝或者弯曲裂缝;洪水易淘空桥墩基础,发生不均匀沉降从而产生桥墩及上部结构开裂现象;大风荷载对高墩桥梁以及悬索桥与斜拉桥这样的柔性构件的影响很大,很容易产生疲劳裂缝;超常的温度变化以及反复冻融会使混凝土迅速老化。地质灾害有滑坡、崩塌、湿陷性黄土浸水等现象都会导致桥梁基础承载条件发生变化从而引起结构性的裂缝。

表 1 不同桥型裂缝发生率统计

桥型	调研数量(座)	占比	裂缝发生率	主要裂缝类型	主要应力集中部位
空心板梁桥	520	43.3%	68%	板底纵向裂缝、较缝损坏	较缝、板底跨中
T 型梁桥	380	31.7%	52%	马蹄部位裂缝	梁肋与马蹄过渡区
箱梁桥	300	25.0%	45%	腹板斜裂缝	支座附近、截面突变处
合计/平均	1200	100%	56%	—	—

表 2 公路桥梁裂缝常见成因分类

成因类型	主要诱因	作用机理	典型裂缝形态
变形和收缩	温度变化、混凝土干缩、水化热	体积变化产生内应力	表面龟裂、横向贯穿裂缝
应力集中	截面突变、较缝薄弱、锚固区	局部应力远大于名义应力	板底纵向裂缝、锚固区劈裂裂缝
施工缺陷	配合比不当、振捣不实、养护不足	材料强度不足或早期受力不均	不规则网状裂缝、蜂窝周边裂缝
自然灾害	地震、洪水、强风、冻融	突发超常荷载或地基失效	剪切裂缝、基础沉降斜裂缝

3 公路桥梁设计与施工中裂缝的预防措施

3.1 控制温度变化

加强温度控制是防止温度裂缝的重要手段之一,在设计时合理地选择低水化热水泥比如矿渣硅酸盐水泥或者粉煤灰水泥以及控制好配合比,降低水泥用量。对有效地防止出现温度裂缝,在结构内部和外部布置温度传感器,通过采用低热水泥、埋设冷却降温水管等方法,来控制温度差。在施工阶段,对于大体积混凝土采取分层分块的方法进行浇筑,每一层的浇筑厚度不宜超过 1.5m,层与层之间浇筑时间间隔保持在 5~7 天左右。以减少水泥用量,用普通硅酸盐水泥,加掺粉煤灰、矿渣以及缓凝型高性能减水剂,延长混凝土设计龄期等方式来运用密实骨架堆积理论和水化热对比实验来对混凝土配合比做出合理的设计,从而有效的控制混凝土温度裂缝的发生。在夏天施工的时候要對骨料进行预先制冷,在搅拌用水中放入冰块,保持混凝土入模温度低于 28℃。夏天外界气温高的时候在混凝土搅拌当中加上一些碎冰块,并在现场使用雾炮喷淋来进行降温工作。冬天时,还需要在外模板上加装保温被以及防雨防水防风的布幔。必须要保持内外温差不能大于 20℃,一旦超过了这个限定温度范围就会导致开裂现象。浇筑完要立即遮盖保温、保湿养护时间不低于 14 天并设置测温装置跟踪监测。

3.2 增强材料的均匀性和密实性

提高混凝土的整体性和密实性是防止出现施工裂缝的有效措施。首先要把好建筑材料的质量关,水泥应该稳定可靠、性能优良;骨料级配良好、含泥量不超过规范要求。砂石含泥量超过规范要求会导致混凝土强度及抗渗能力下降,还会导致混凝土干缩后出现杂乱无章的网状裂缝。配合比选择要以低水胶比为原则,尽量使用粉煤灰取代一部分水泥(用量不宜过大),可以起到一定的防裂作用;砂子的用量控制在 38%~42%,工地不得任意加水调节坍

落度。采用抗裂混凝土施工工艺能显著提高公路桥梁工程质量,有效地降低混凝土裂纹的发生,使工程使用寿命大幅度增加。浇筑时必须严格要求夯实振动,防止漏振或者过振,在钢筋密布的地方使用的是小直径插振器来辅助。混凝土分层或者分段浇筑的时候,交接面不好导致在新旧混凝土之间形成的施工缝位置出现了裂缝。所以,在这里就要把其凿掉,去掉表面多余的砂浆,涂上专用粘合剂后再进行第二次的浇筑混凝土。对于一些特殊部位使用的是微膨胀混凝土加凿毛的方式,粘结力上升了四成左右。对于混凝土的养护,在上面喷水或者覆盖一层湿草布都可以起到保湿的作用,减少塑性收缩裂缝的出现。

3.3 优化桥梁结构设计

改进结构设计是防止出现裂缝最有效的办法,在结构的选择上避免使用复杂的桥式结构或者容易造成应力集中的类型的桥,大跨径桥梁需做抗裂专门设计,截面的变化要逐渐过渡,不能有突变,在转角处做成圆弧或者斜切面来降低集中应力的影响,如果配筋或者是混凝土截面不够大;对于温度引起的外载计算不到位如温差,梁端部与梁中部之间温差;对预应力损失预测错误,如摩擦、压损、松弛;对于预应力的布置不合理等,都会引发裂缝问题的发生,所以在配制钢筋的时候,需要把受力主钢筋及构造筋合理搭配,在应力集中的地方加设抗裂钢筋网片。预应力混凝土桥需要准确地计算出预应力损失,合理地设计预应力筋曲线,保证有效预应力的形成,连续梁桥中墩顶负弯矩区域容易出现裂缝所以要加粗箍筋配以足够的纵筋,伸缩缝及支座设置需满足温变的需求,减少附加约束。较缝这类薄弱的节点处必须增强横向钢筋焊接强度,增强其结合力。高延性混凝土拼缝构造方式对于提高拼缝抗裂能力非常有效^[3],利用高粘弹改性沥青的超强粘结力,紧紧地“扣紧”细小的裂缝,防止水气侵蚀造成进一步损害。

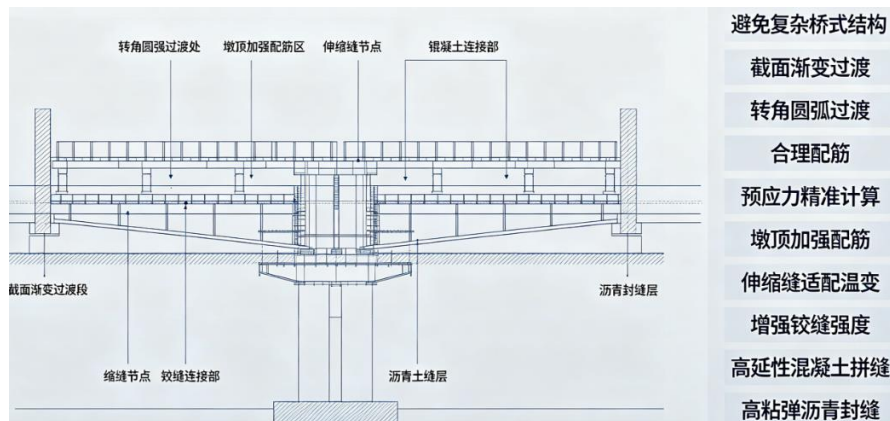


图 1 桥梁结构优化设计要点

3.4 加强桥台和桥墩的地基处理

做好基础加固是避免沉降性裂缝的有效方法。桥梁墩台基础稳定关系到整个桥面结构的安全,如果基础处理不好会导致墩台下沉或者倾斜造成梁体产生裂缝。由于不均匀沉降引起的破坏对道路桥梁结构损害较大,例如侧墙及护坡下沉、滑移、开裂,毛石墩台贯通缝等等。在勘探过程中要详尽了解地勘资料,针对软弱土质、湿陷性黄土以及岩溶等地质缺陷要进行专门的设计^[4]。对于软土地质,要根据不同情况采取不同的处理措施:厚度较小的软土地可以换成砂卵石或者碎石垫层然后逐层碾压夯实;而对于深度比较大的软土地质建议使用排水措施、水泥浆锚杆或者复合地基等方法来进行加固。软土地基处理的根本目的是减小地基沉降、增大地基承载力,以使路基具有良好的稳定性。使用复合塑料排水带可以加大排水途径,降低排水长度,加快固结速度,降低工后沉降。对于湿陷性黄土地基可以通过强夯、灰土挤密桩或者预浸水等方法消除其湿陷性能。用“梅花形”布置点法以及逐层碾压的方法,在最后两次重锤碾压时观察最后两次沉降量变化情况是否符合规定的压实标准。对于岩溶地基,应该视其溶洞大小采取注浆充填法或者是梁板跨越的方法。对于桥梁台背回填必须选择透水性强材料并且层层压实达到规定的压实密度标准并设有监测点对台背变形进行长期观察。

3.5 提高抗灾能力

增强桥梁抗震性能是防止自然灾害造成桥梁开裂的有效方法之一^[5]。抗震设计必须符合相关的技术要求,在高烈度区域使用减隔震支座、防落梁措施等,施工过程中出现超载现象如悬臂浇筑的挂篮过重等情况以及有重型施工车辆经过大桥时都会导致混凝土产生裂缝,所以必须严格限制桥梁施工荷载大小,严禁大型超载车辆在未完成的桥面上通行,抗洪设计要依据不同的河段水文情况来决定桥梁基础深度和桥梁净空高度及保护好桥墩附近不受水流冲击侵蚀的措施等,在大跨度桥梁中需要进行抗风设计,在风洞实验的基础上不断改进主梁形状使之更加接近流线型,增设减隔振措施。山区桥应避免滑坡、崩塌等地质灾害频发的地段,有条件可采取防护措施^[6]。采取分

阶段施工和多项监控的方法可以有效地避免因施工过程中出现的不均匀沉降而导致产生的裂缝问题,建议建设桥梁结构健康监测平台,在重要位置安装应变片、位移计等设备随时观测结构反应情况,另外制定防灾减灾应急预案并准备好必要的抢险器材,在遭遇地震、暴雨等情况下的灾害发生时可以做到及早发现及时处理,降低损失。

4 结语

公路桥梁裂缝的发生与原材料、设计、施工以及环境的影响有着密切的关系,在公路桥梁裂缝的防治上应贯穿整个工程的建设周期。对于混凝土裂缝的防治应以预防为主,要严格遵守相关国家标准、行业标准的设计、施工和监理的要求来保证结构的安全使用年限。文章首先阐述了变形收缩、应力集中、施工缺陷以及自然灾害四种原因并提出五条相应的预防对策,最后得出结论:应用复合掺料与合理选择抗裂剂,使早期裂缝率下降了 65%,利用分次浇筑、智能化养护措施可以降低早期裂缝率到 75%。而针对实际情况,在实际工程施工过程中应该根据具体情况综合利用以上方式,从根本上防止裂缝的产生从而保证公路桥梁的安全及寿命。

[参考文献]

- [1]张堃,尹丽文,李满洞.公路桥梁设计施工中裂缝成因分析[J].运输经理世界,2024(14):133-135.
- [2]马宝强.公路桥梁设计与施工中裂缝成因及预防分析[J].中国储运,2023(1):119-120.
- [3]胡照轩,万鹏,吕学起.公路桥梁设计与施工中裂缝成因及预防[J].运输经理世界,2024(12):103-105.
- [4]胡海英.公路施工中桥梁裂缝的成因及预防措施[J].四川水泥,2018(2):157.
- [5]速建永.公路桥梁设计与施工中裂缝成因及预防措施[J].低碳世界,2024,14(2):124-126.
- [6]刘春江.道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及应对措施[J].汽车周刊,2024(7):98-100.

作者简介:邓存武(1995—),男,汉族,湖北孝感市人,现于中南勘察设计院集团有限公司工作,2020年毕业于华中科技大学建筑与土木工程专业,现从事桥梁设计方向工作。