

道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及应对举措

文 / 吴一凡 济南黄河路桥建设集团有限公司

王金鑫 济南黄河路桥建设集团有限公司

摘要：在社会经济快速发展的背景下，我国道路桥梁施工技术得到了显著提升，大体积混凝土在桥梁结构中的应用愈发广泛。然而，混凝土裂缝问题也随之而来，这不仅影响工程的外观质量，还可能严重削弱结构的承载能力，威胁到道路桥梁的安全性和耐久性。因此，深入探究混凝土裂缝的成因，并采取相应的应对举措，对于保障道路桥梁工程的施工质量和使用寿命具有重要意义。

关键词：道路桥梁施工；混凝土裂缝成因；应对举措

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.050

引言

道路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分，对于社会经济的发展起着关键作用。混凝土因其良好的性能在道路桥梁施工中得到广泛应用，但混凝土裂缝问题却时常出现。这些裂缝不仅影响道路桥梁的外观，更可能对其结构安全和耐久性造成威胁。因此，深入研究道路桥梁施工中混凝土裂缝的成因并提出有效的应对举措具有重要的现实意义。

一、道路桥梁裂缝危害

道路桥梁裂缝问题绝不容忽视，其产生的负面影响广泛且深远。它不仅在直观上影响工程的美观，更对结构完整性构成严重威胁。倘若未能及时采取有效的控制与处理措施，极有可能造成无法挽回的巨大损失。一方面，裂缝若贯通发展，最终致使混凝土断裂（如图 1a 所示），这将直接破坏道路桥梁的结构稳定性。

道路桥梁作为重要的交通基础设施，一旦出现这种情况，交通必然受阻，严重时甚至会引发道路桥梁的倾覆坍塌。这不仅会对过往的车辆和行人的生命安全造成毁灭性打击，还会带来难以估量的财产损失。另一方面，众多裂缝的发展蔓延会形成“蜘蛛网”般的路面（如图 1b 所示）。这种状况给行人的出行带来极大不便，行走时需格外小心，增加了摔倒受伤的风险。对于车辆而言，行驶在这样颠簸的路面上，操控难度增大，不仅影响行车舒适性，还极易因车辆失控等原因引发交通事故。

此外，从工程结构性能角度深入剖析，裂缝的存在犹如一颗“定时炸弹”，极易引发一系列次生危害，严重降低结构的工程性能。例如，裂缝就像是一条条畅通无阻的渗水通道，外界的水分会顺着裂缝源源不断地渗入混凝土结构内部。水分与钢筋接触后，会加速钢筋的锈蚀过程，削弱钢筋的承载能力。而且，裂缝的出现使得混凝土与空气中 CO₂ 的接触面积大幅增加，这将加速混凝土的碳化进程。混凝土碳化会削弱其对钢筋的保护作用，使得钢筋更容易受到外界因素的侵蚀，进而缩短整个道路桥梁工程的使用寿命。



(a) 裂缝贯穿 (b) “蜘蛛网”路面

图 1 道路桥梁裂缝

二、道路桥梁裂缝类型

(一) 按裂缝深度分类

1. 表面裂缝

表面裂缝通常较浅，一般出现在混凝土表面。这类裂缝主要是由于混凝土表面水分蒸发过快、温度变化等原因引起的。在高温干燥环境下，混凝土表面水分迅速散失，导致表面收缩而内部未同步，形成裂缝。虽然它对结构的承载能力影响较小，但裂缝会使外界水分、有害物质更容易侵入，可能影响混凝土的外观和耐久性，加速混凝土老化。

2. 深层裂缝

深层裂缝深度较大，深入到混凝土内部，但未贯穿整个结构。深层裂缝可能是由于混凝土内部水化热过大、混凝土收缩等原因导致的。在混凝土浇筑后，内部水化反应产生大量热量，内外温差形成温度应力。同时，混凝土自身收缩也会产生应力，当这些应力超过混凝土的抗拉强度时，就会出现深层裂缝。这对结构的性能有一定影响，可能降低结构抗渗性等，需要及时处理。

3. 贯穿裂缝

贯穿裂缝是指裂缝贯穿整个混凝土结构，从结构的一侧延伸到另一侧。贯穿裂缝往往是由于结构受到过大的外力作用、不均匀沉降等因素造成的。一旦出现，结构的整体性被严重破坏，应力分布发生改变。这对结构的承载能力和稳定性影响极大，严重威胁结构安全，随时可能导致结构局部或整体破坏，必须采取紧急措施进行处理。

(二) 按裂缝成因分类

1. 温度裂缝

由于混凝土在水化过程中会产生大量的热量，导致

混凝土内部温度急剧升高。当混凝土内部与表面温差过大时,巨大的温度应力便会产生。一旦温度应力超过混凝土的抗拉强度,就会出现温度裂缝。这类裂缝一般在混凝土浇筑后的早期出现,形状多不规则,宽窄不一,严重时会影响结构的耐久性和稳定性。

2. 收缩裂缝

混凝土在硬化过程中会发生收缩,包括塑性收缩、干燥收缩等。塑性收缩发生在混凝土浇筑后的塑性阶段,此时水分蒸发过快,混凝土表面失水收缩而内部仍处于塑性状态,致使表面出现裂缝。干燥收缩则是在混凝土硬化后,水分逐渐散失,体积缩小而产生。收缩裂缝通常呈平行排列或网状分布,影响混凝土外观和结构性能。

3. 荷载裂缝

荷载裂缝是由于结构承受外部荷载而产生的裂缝。当结构所受荷载超过其设计承载能力时,混凝土内部会产生拉应力或剪应力。一旦应力超过混凝土的极限强度,裂缝就会出现。荷载裂缝的方向和形态与荷载的类型、大小和作用位置有关,比如受弯构件的裂缝多垂直于受力方向,直观反映结构受力异常情况见图2。



图2 荷载裂缝

4. 化学反应裂缝

化学反应裂缝是由于混凝土中的某些成分与外部环境中的物质发生化学反应而引起的。例如,碱骨料反应,当混凝土中的碱与骨料中的活性成分发生反应时,会产生膨胀,导致混凝土出现裂缝。化学反应裂缝通常发展较为缓慢,但一旦出现,处理难度较大,因其涉及材料内部的化学反应机制,修复需要从根源解决问题。

三、道路桥梁裂缝成因

(一) 材料因素

1. 水泥质量

水泥的安定性、强度等性能对混凝土裂缝有重要影响。若水泥安定性不合格,在混凝土硬化后,内部持续的化学反应会致使混凝土体积不稳定,进而产生裂缝。另外,水泥强度等级若选择不当,早期水化热过大,巨大温差形成温度应力,最终引发温度裂缝。

2. 骨料质量

骨料的粒径、级配、含泥量等会影响混凝土的性能。骨料粒径过小、级配不良,会让混凝土和易性变差,施工时需增加用水量,导致混凝土收缩增大。而骨料含泥量过高,会削弱其与水泥浆的粘结力,降低强度与耐久性,增加裂缝出现几率。

3. 外加剂使用不当

外加剂在混凝土中起着改善性能的作用,但如果使用不当,也可能导致裂缝。比如减水剂掺量过多,会大幅增加混凝土坍落度,水分快速蒸发后就易出现塑性收缩裂缝。缓凝剂缓凝时间过长,打乱混凝土正常凝结硬化节奏,显著提升裂缝产生风险。

(二) 施工因素

1. 混凝土配合比设计不合理

混凝土配合比设计直接影响混凝土的性能。若配合比中水泥用量过多,水化热增大,后期收缩也大,极易出现裂缝;水灰比过大,会降低混凝土的密实度与强度,增大收缩量。此外,砂率选择不当,会破坏混凝土内部结构平衡,影响和易性与工作性能,最终引发裂缝。

2. 混凝土搅拌与运输

混凝土搅拌不均匀会导致混凝土各部分性能不一致,影响其强度和耐久性。在运输过程中,如果时间过长,混凝土中的水分和成分会发生变化,运输方式不当则会加剧离析、泌水现象。这些问题使混凝土工作性能变差,内部结构不稳定,增加裂缝产生的可能性。

3. 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑时,如果高度过高、速度过快,混凝土在重力作用下各组分分离,导致离析。振捣不密实会使混凝土内部出现孔洞、蜂窝等缺陷,严重影响强度与抗渗性。而过度振捣使表面形成浮浆,水分快速蒸发,表面因收缩产生塑性收缩裂缝。

4. 混凝土养护不当

混凝土养护对其强度增长和耐久性至关重要。养护时间不足,混凝土水化反应不充分,强度无法正常增长,收缩却不受限。养护温度和湿度不合适,会打乱水化进程。如高温干燥时水分蒸发快,不及时养护,混凝土表面就易因失水产生裂缝。

(三) 环境因素

1. 温度变化

环境温度的剧烈变化会对混凝土产生较大影响。夏季高温时,混凝土浇筑后内部水化热大量积聚且不易散发,温度急剧攀升,而表面受环境散热影响温度快速下降,形成较大温差,这种温差应力极易催生温度裂缝。冬季低温时,混凝土水化反应迟缓,强度增长受限,收缩却因低温而增大,裂缝产生风险大增。

2. 湿度变化

湿度变化会导致混凝土发生干燥收缩。在干燥环境中,混凝土内水分持续快速散失,致使体积不断收缩,一旦收缩受到周边结构等约束,就会产生裂缝。而且湿度频繁波动,会让混凝土内部反复承受不同应力作用,不断累积下加速裂缝发展,严重影响结构完整性。

3. 地基变形

道路桥梁的地基如果发生不均匀沉降,会使上部结构产生附加应力,导致混凝土出现裂缝。地质条件复杂,如存在软弱土层等,会使地基承载能力不均;地基处理不当,未能有效增强地基稳定性;地下水位变化引起地基土的湿陷等,这些都可能引发地基沉降,进而危害上部结构。

(四) 设计因素

1. 结构设计不合理

结构设计时, 如果对道路桥梁的受力分析不准确, 结构形式选择不当, 可能导致结构在使用过程中出现应力集中现象, 容易引发裂缝。例如, 在设计中未充分考虑实际荷载分布, 致使结构某些部位承受远超预期的应力。结构刚度突变、截面尺寸变化过大, 会打破应力平衡, 使局部应力过度聚集, 最终引发裂缝。

2. 配筋设计不合理

配筋的数量、间距和布置方式对混凝土的抗裂性能有重要影响。若配筋不足, 混凝土在承受拉应力时, 因缺乏足够的钢筋分担拉力, 极易开裂。配筋间距过大, 无法紧密约束混凝土收缩, 为裂缝出现创造条件。此外, 钢筋锚固长度不足, 削弱结构整体性, 降低抗裂能力, 增加裂缝隐患。

四、道路桥梁施工中混凝土裂缝的应对举措

(一) 裂缝预防措施

1. 优化材料选择

选择质量稳定、安定性良好的水泥, 根据工程实际情况合理选择水泥强度等级。严格控制骨料的质量, 确保骨料的粒径、级配符合要求, 降低含泥量。对外加剂进行严格的质量检验, 根据混凝土的性能要求合理选择外加剂的品种和掺量。

2. 合理设计混凝土配合比

根据道路桥梁的设计要求和施工条件, 通过试验确定合理的混凝土配合比。在保证混凝土强度和工作性能的前提下, 尽量降低水泥用量和水灰比, 选择合适的砂率。同时, 考虑添加适量的矿物掺合料, 如粉煤灰、矿渣粉等, 改善混凝土的性能, 降低水化热。

3. 加强施工过程控制

在混凝土搅拌过程中, 确保搅拌时间充分, 使混凝土搅拌均匀。合理安排混凝土的运输路线和时间, 避免混凝土在运输过程中出现离析和泌水现象。在浇筑混凝土时, 控制浇筑高度和速度, 分层浇筑、分层振捣, 确保混凝土振捣密实。加强混凝土的养护, 根据环境温度和湿度条件, 采取适当的养护措施, 保证养护时间和质量。

4. 考虑环境因素影响

在施工前, 充分了解施工现场的环境条件, 制定相应的施工方案。在高温季节施工时, 采取降温措施, 如对原材料进行遮阳降温、在混凝土中添加缓凝剂等。在低温季节施工时, 做好保温措施, 如对原材料进行加热、对混凝土浇筑后的结构进行覆盖保温等。对于地基, 要进行充分的勘察和处理, 确保地基的稳定性。

5. 优化设计方案

在结构设计阶段, 对道路桥梁的受力情况进行详细分析, 选择合适的结构形式, 避免结构出现应力集中现象。优化配筋设计, 根据结构的受力特点合理确定钢筋的数量、间距和布置方式, 确保钢筋的锚固长度符合要求。同时, 在设计中考虑设置伸缩缝、后浇带等构造措施, 以减少温度和收缩应力对结构的影响。

(二) 裂缝处理措施

1. 表面处理法

对于表面裂缝, 可采用表面处理法进行修复。常用的方法有涂抹水泥砂浆、涂抹环氧胶泥等。首先将裂缝表面清理干净, 去除灰尘、油污等杂质, 然后涂抹修补材料。涂抹时要注意厚度均匀, 确保修补材料与混凝土表面粘结牢固。

2. 压力灌浆法

压力灌浆法适用于处理较深的裂缝。将灌浆材料通过压力注入裂缝中, 使其填充裂缝并固化, 从而恢复混凝土的整体性和抗渗性。常用的灌浆材料有水泥浆、环氧树脂浆等。在灌浆前, 需要对裂缝进行封闭处理, 设置灌浆嘴, 然后按照规定的压力和顺序进行灌浆。

3. 填充法

对于较宽的裂缝, 可采用填充法进行处理。先将裂缝清理干净, 然后用水泥砂浆、细石混凝土等材料填充裂缝。为了提高填充材料与混凝土的粘结性能, 可在裂缝表面涂刷一层界面剂。填充后要对填充材料进行养护, 确保其强度和耐久性。

4. 结构加固法

对于影响结构安全的严重裂缝, 需要采用结构加固法进行处理。常见的加固方法有粘贴碳纤维布、粘贴钢板、增设预应力筋等。这些方法可以提高结构的承载能力和抗裂性能, 确保结构的安全使用。在进行结构加固时, 需要由专业的设计和施工单位进行操作, 严格按照相关规范和标准执行。

结语

道路桥梁施工中混凝土裂缝问题是一个复杂的综合性问题, 其成因涉及材料、施工、环境和设计等多个方面。通过对裂缝危害、类型和成因的深入分析, 我们提出了一系列针对性的预防和处理措施。在实际工程中, 应加强对道路桥梁施工全过程的质量控制, 从材料选择、配合比设计、施工工艺到养护等各个环节都要严格把关, 尽可能预防裂缝的产生。对于已经出现的裂缝, 要根据裂缝的类型、严重程度等因素选择合适的处理方法, 及时进行修复, 以确保道路桥梁的结构安全和耐久性, 为交通运输事业的发展提供可靠的保障。

参考文献

- [1] 刘文昌. 道路桥梁施工中混凝土裂缝成因及应对举措 [J]. 运输经理世界, 2024, (32): 119-121.
- [2] 郑彩竹. 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, (10): 94-96.
- [3] 李文超. 道路桥梁设计问题与施工中裂缝成因分析 [J]. 汽车周刊, 2024, (09): 86-88.
- [4] 田永军. 道路桥梁工程施工中的混凝土裂缝成因与防治策略探讨 [J]. 中华建设, 2024, (08): 124-126.
- [5] 刘培龙. 道路桥梁工程施工中的混凝土裂缝成因及其应对措施 [J]. 汽车画刊, 2024, (07): 196-198.
- [6] 谢建武. 道路桥梁混凝土裂缝问题及处理措施 [J]. 四川水泥, 2022, (07): 278-280.
- [7] 史继成. 道路桥梁沉降施工中混凝土裂缝成因分析及应对措施 [J]. 运输经理世界, 2022, (17): 104-106.