

文章编号: 0451-0712(2005)07-0068-03

中图分类号: U488.345.71

文献标识码: B

# 混凝土桥梁裂缝成因分析

马文田<sup>1</sup>, 仲咏梅<sup>2</sup>

(1. 广州市建设委员会 广州市 510032; 2. 中交公路规划设计院珠海分院 珠海市 519000)

**摘 要:** 就混凝土桥梁裂缝产生原因展开分析, 并提出设计、施工、监理、管理各部门应注意的相关工作。

**关键词:** 混凝土桥梁; 裂缝; 成因分析

在桥梁建造和使用过程中, 有关因出现裂缝而影响工程质量甚至造成桥梁垮塌的报道屡见不鲜。混凝土桥梁开裂可以说是“常发病”, 经常困扰着桥梁工程技术人员。现就混凝土桥梁裂缝的成因进行分析。

## 1 混凝土桥梁裂缝种类及成因

混凝土桥梁裂缝的种类, 就其成因, 大致可分为以下几种。

### 1.1 荷载引起的裂缝

混凝土桥梁在常规静、动荷载及次应力下产生的裂缝称荷载裂缝, 归纳起来主要有直接应力裂缝、次应力裂缝两种。

#### 1.1.1 直接应力裂缝

是指外荷载引起的直接应力产生的裂缝, 其产生的原因如下。

(1) 设计计算阶段, 结构计算时不计算或部分漏算; 计算模型不合理; 结构受力假设与实际受力不符; 荷载少算或漏算; 内力与配筋计算错误; 结构安全系数不够。结构设计时未考虑施工的可能性; 设计断面不足; 钢筋设置偏少或布置错误; 结构刚度不足; 构造处理不当; 设计图纸交代不清等。

(2) 施工阶段, 不加限制地堆放施工机具、材料; 不了解预制结构结构受力特点, 随意翻转、起吊、运输、安装; 不按设计图纸施工, 擅自更改结构施工顺序, 改变结构受力模式; 不对结构做机械振动下的疲劳强度验算等。

(3) 使用阶段, 超出设计载荷的重型车辆过桥; 受车辆、船舶的撞击; 发生大风、大雪、地震、爆炸灾害等。

#### 1.1.2 次应力裂缝

是指由外荷载引起的次生应力产生裂缝, 其产生的原因如下。

(1) 在设计外荷载作用下, 由于结构物的实际工作状态同常规计算有出入或计算考虑不周, 从而在某些部位引起次应力导致结构开裂。例如两铰拱桥拱脚设计时常采用布置“x”形钢筋、同时削减该处断面尺寸的办法设计铰, 理论计算该处不会存在弯矩, 但实际该铰仍然能够抗弯, 以至出现裂缝而导致钢筋锈蚀。

(2) 桥梁结构中经常需要凿槽、开洞、设置牛腿等, 在常规计算中难以用准确的图式进行模拟计算, 一般根据经验设置受力钢筋。研究表明, 受力构件挖孔后, 力流将产生绕射现象, 在孔洞附近密集, 产生巨大的应力集中。在长跨预应力连续梁中, 经常在跨内根据截面内力需要截断钢束, 设置锚头, 而在锚固断面附近经常可以看到裂缝。因此, 若处理不当, 在这些结构的转角处或构件形状突变处、受力钢筋截断处等容易出现裂缝。

在设计上, 应注意避免结构突变(或断面突变), 当不能回避时, 应做局部处理, 如转角处做成圆角, 突变处做成渐变过渡, 同时加强构造配筋, 转角处增配斜向钢筋, 对于较大孔洞有条件时可在周边设置护边角钢。

## 1.2 温度变化引起的裂缝

混凝土具有热胀冷缩性质, 当外部环境或结构内部温度发生变化, 混凝土将发生变形, 若变形受到约束, 则在结构内将产生应力, 当应力超过混凝土抗拉强度时即产生温度裂缝。引起温度变化主要因素如下。

(1)产生年温差。一年中四季温度不断变化,但变化相对缓慢,对桥梁结构的影响主要是产生纵向位移,一般可通过桥面伸缩缝、支座位移或设置柔性墩等构造措施相协调,只有结构的位移受到限制时才会引起温度裂缝,例如拱桥、刚架桥等。

(2)日照。桥面板、主梁或桥墩侧面受太阳曝晒后,温度明显高于其他部位,温度梯度呈非线性分布。由于受到自身约束作用,导致局部拉应力较大,出现裂缝。

(3)骤然降温。突降大雨、冷空气侵袭、日落等可导致结构外表面温度突然下降,但因内部温度变化相对较慢而产生温度梯度。骤然降温和日照是导致结构温度裂缝的最常见原因。

(4)水化热。出现在施工过程中,大体积混凝土(厚度超过2.0 m)浇筑之后由于水泥水化放热,致使内部温度很高,内外温差大,致使表面出现裂缝。施工中应根据实际情况,尽量选择水化热低的水泥品种,限制水泥单位用量,减少骨料入模温度,降低内外温差,并缓慢降温,必要时可采用循环冷却系统进行内部散热,或采用薄层连续浇筑以加快散热。

(5)蒸汽养护或冬季施工时施工措施不当,混凝土骤冷骤热,内外温度不均,易出现裂缝。

(6)预制T梁之间横隔板安装时,支座预埋钢板与调平钢板焊接时,若焊接措施不当,铁件附近混凝土容易烧伤开裂;采用电热张拉法张拉预应力构件时,预应力钢材温度可升高至350℃,混凝土构件也容易开裂;由火灾等原因引起高温烧伤的混凝土强度随温度的升高而明显降低,钢筋与混凝土的粘结力随之下降,混凝土温度达到300℃后抗拉强度下降50%,抗压强度下降60%,光圆钢筋与混凝土的粘结力下降80%;由于受热,混凝土体内游离水大量蒸发也可产生急剧收缩。

### 1.3 收缩引起的裂缝

在实际工程中,混凝土因收缩所引起的裂缝是最常见的。在混凝土收缩种类中,主要有塑性收缩和缩水收缩(干缩),另还有自生收缩、炭化收缩。

(1)塑性收缩。发生在施工过程中、混凝土浇筑后4~5 h左右,此时水泥水化反应激烈,分子链逐渐形成,出现泌水和水分急剧蒸发,混凝土失水收缩,同时骨料因自重下沉,因此时混凝土尚未硬化,称为塑性收缩。为减小混凝土塑性收缩,施工时应控制水灰比,避免过长时间的搅拌,下料不宜太快,振捣要密实,竖向变截面处宜分层浇筑。

(2)缩水收缩(干缩)。混凝土结硬以后,随着表层水分逐步蒸发,湿度逐步降低,混凝土体积减小,称为缩水收缩(干缩)。因混凝土表层水分损失快,内部损失慢,因此形成表面收缩大、内部收缩小的不均匀收缩,表面收缩变形受到内部混凝土的约束,致使表面混凝土承受拉力,当表面混凝土承受拉力超过其抗拉强度时,便产生收缩裂缝。

(3)产生混凝土收缩裂缝的主要因素如下。

①水泥品种、标号及用量。矿渣水泥、快硬水泥、低热水泥混凝土收缩性较高,普通水泥、火山灰水泥、矾土水泥混凝土收缩性较低。另外水泥标号越低、单位体积用量越大、磨细度越大,则混凝土收缩越大,且发生收缩时间越长。

②骨料品种。骨料中石英、石灰岩、白云岩、花岗岩、长石等吸水率较小、收缩性较低;而砂岩、板岩、角闪岩等吸水率较大、收缩性较高。另外骨料粒径大收缩小,含水量大收缩越大。

③水灰比。用水量越大,水灰比越高,混凝土收缩越大。

④外掺剂。外掺剂保水性越好,则混凝土收缩越小。

⑤养护方法。养护时保持湿度越高、气温越低、养护时间越长,则混凝土收缩越小。蒸汽养护方式比自然养护方式混凝土收缩要小。

⑥振捣方式及时间。机械振捣方式比手工捣固方式混凝土收缩性要小。振捣时间应根据机械性能决定,一般以5~15 s/次为宜。时间太短,振捣不密实,形成混凝土强度不足或不均匀;时间太长,造成分层,粗骨料沉入底层,细骨料留在上层,强度不均匀,上层易发生收缩裂缝。

⑦外界环境。大气中湿度小、空气干燥、温度高、风速大,则混凝土水分蒸发快,混凝土收缩越快。

### 1.4 基础变形引起的裂缝

由于基础竖向不均匀沉降或水平方向位移,使结构中产生附加应力,超出混凝土结构的抗拉能力,导致结构开裂。基础不均匀沉降的主要原因有:地质勘察精度不够、试验资料不准;地基地质、结构荷载、结构基础类型差异过大;基础分期建造;地基冻胀等。

另外,桥梁建成以后,原有地基条件变化也会引起基础变形产生裂缝。比如:大多数天然地基和人工地基浸水后,尤其是素填土、黄土、膨胀土等特殊地基土,土体强度遇水下降,压缩变形加大;在软土地

基中,因人工抽水或干旱季节导致地下水位下降,地基土层重新固结下沉,同时对基础的上浮力减小,负摩阻力增加,基础受荷加大;有些桥梁基础埋置过浅,受洪水冲刷、淘挖,基础可能位移。

### 1.5 钢筋锈蚀引起的裂缝

若混凝土质量较差或保护层厚度不足,易引起钢筋中铁离子与侵入到混凝土中的氧气和水分发生锈蚀反应,其锈蚀物氢氧化铁体积比原来增长约2~4倍,从而对周围混凝土产生膨胀应力,导致保护层混凝土开裂、剥离,沿钢筋纵向产生裂缝,并有锈迹渗到混凝土表面。由于锈蚀,使得钢筋有效断面面积减小,钢筋与混凝土握裹力削弱,结构承载力下降,并将诱发其他形式的裂缝,加剧钢筋锈蚀,导致结构破坏。

要防止钢筋锈蚀,设计时应根据规范要求控制裂缝宽度、采用足够的保护层厚度(当然保护层亦不能太厚,否则构件有效高度减小,受力时将加大裂缝宽度);施工时应控制混凝土的水灰比,加强振捣,保证混凝土的密实性,防止有害物质侵入,同时严格控制含氯盐的外加剂用量,沿海地区或其他存在腐蚀性强的空气、地下水地区尤其应慎重。

### 1.6 施工工艺及施工质量引起的裂缝

(1)混凝土振捣不密实、不均匀,出现蜂窝、麻面、空洞,导致钢筋锈蚀或其他荷载裂缝的起源点。

(2)混凝土保护层过厚,或乱踩已绑扎的上层钢筋,使承受负弯矩的受力筋保护层加厚,导致构件的有效高度减小,形成与受力钢筋垂直方向的裂缝。

(3)混凝土浇筑过快,混凝土流动性较低,在硬化前因混凝土沉实不足,硬化后沉实过大,容易在浇筑数小时后发生裂缝,即塑性收缩裂缝。

(4)混凝土搅拌、运输时间过长,水分蒸发过多,引起混凝土塌落度过低,使得在混凝土上出现不规则的收缩裂缝。

(5)用泵送混凝土施工时,为保证混凝土的流动性,增加水和水泥用量,或因其他原因加大了水灰比,导致混凝土凝结硬化时收缩量增加,使得混凝土体积上出现不规则裂缝。

(6)施工时模板刚度不足,在浇筑混凝土时,由于侧向压力的作用使得模板变形,产生与模板变形

一致的裂缝。

(7)施工质量控制差。任意套用混凝土配合比,水、砂石、水泥材料计量不准,结果造成混凝土强度不足和其他性能(和易性、密实度)下降,导致结构开裂。

(8)安装顺序不正确,对产生的后果认识不足,导致产生裂缝。如钢筋混凝土连续梁满堂支架现浇施工时,钢筋混凝土墙式护栏若与主梁同时浇筑,拆架后墙式护栏往往产生裂缝;拆架后再浇筑护栏,则裂缝不易出现。

(9)混凝土分层或分段浇筑时,接头部位处理不好,易在新旧混凝土和施工缝之间出现裂缝。如混凝土分层浇筑时,后浇混凝土因停电、下雨等原因未能在前浇混凝土初凝前浇筑,引起层面之间的水平裂缝;采用分段现浇时,先浇混凝土接触面凿毛、清洗不好,新旧混凝土之间粘结力减小,或后浇混凝土养护不到位,导致混凝土收缩而引起裂缝。

(10)施工时拆模过早,混凝土强度不足,使得构件在自重或施工荷载作用下产生裂缝。

(11)施工前对支架压实不足或支架刚度不足,浇筑混凝土后支架不均匀下沉,导致混凝土出现裂缝。

(12)装配式结构,在构件运输、堆放时,支承垫木不在一条垂直线上,或悬臂过长,或运输过程中剧烈颠簸;吊装时吊点位置不当,T梁等侧向刚度较小的构件,侧向无可靠的加固措施等,均可能产生裂缝。

### 1.7 其他因素

此外,施工材料质量差、天气冻胀也是造成桥梁混凝土产生裂缝的原因。

## 2 结语

设计考虑不周、施工质量低劣、监理力度不够、运营管理不善均可能引发混凝土桥梁裂缝。因此,应严格按照国家有关规范、技术标准进行设计、施工和监理,并在运营管理过程中加强巡查和管理,及时发现和处理问题,将能有效地防止和控制混凝土桥梁裂缝的产生。