

# 公路工程路桥施工中混凝土施工技术研究

金涛

房县公路养护中心 湖北 十堰 442100

**摘要:** 在公路工程路桥施工中,混凝土施工质量至关重要。本文详细阐述了混凝土材料特性与选择,涵盖原材料物理化学特性、外加剂功能及特殊环境材料策略;介绍了施工工艺体系,包括模板、钢筋、制备运输等环节;探讨了施工质量控制要点,如过程监控、裂缝控制与耐久性提升;还分析了智能化装备、绿色施工及数字化管理等新技术发展,为路桥混凝土施工提供全面参考。

**关键词:** 公路工程;路桥施工;混凝土施工技术;质量控制;新技术发展

引言:公路工程路桥建设是交通基础设施的关键部分,混凝土作为路桥施工主要材料,其施工技术水平直接影响工程质量与使用寿命。随着交通需求增长与工程技术进步,对混凝土施工提出更高要求。不仅要满足强度、耐久性等基本性能,还需适应复杂施工环境与多样化工程需求。在此背景下,深入研究混凝土施工技术,探索新材料、新工艺与新技术应用,对提升路桥建设质量、推动行业可持续发展具有重要意义。

## 1 混凝土材料特性与选择

### 1.1 混凝土原材料的物理化学特性

水泥作为混凝土的关键胶凝成分,其强度等级直接决定混凝土最终能达到的力学性能。不同强度等级水泥,在矿物组成与细度上存在差异,这些差异导致水泥水化反应速率与程度不同。低强度等级水泥水化反应相对缓慢,早期强度增长平缓,适用于对早期强度要求不高、需长时间养护的工程部位;高强度等级水泥水化反应剧烈,早期强度发展迅速,能满足对早期承载能力要求苛刻的结构施工需求<sup>[1]</sup>。骨料在混凝土中占据较大体积,其物理特性对混凝土性能影响显著。粒径大小不同的骨料相互搭配形成合理级配,能有效填充混凝土内部空隙,减少用水量,提升混凝土密实度。骨料坚固性反映其抵抗外界破坏的能力,坚固性差的骨料在混凝土硬化及使用过程中,易因受力或环境作用发生破碎,导致混凝土内部缺陷增多,强度降低,影响结构耐久性。

### 1.2 外加剂的类型与功能

混凝土配合比设计需综合多方面因素。强度与耐久性平衡是重要原则,过高强度要求可能需增加水泥用量,这不仅提高成本,还会加大混凝土收缩,对耐久性产生不利影响。因此,需根据工程实际需求,合理确定强度指标,通过优化骨料级配、掺加矿物掺合料等方式,在满足强度要求同时提升耐久性。工作性优化旨在

使混凝土满足施工操作要求。不同施工工艺对混凝土工作性要求不同,如泵送施工需混凝土具有良好流动性与可泵性,避免堵塞管道;振捣施工则要求混凝土具有一定粘聚性,防止振捣时出现离析现象。通过选用合适外加剂、调整水胶比等措施,可有效改善混凝土工作性。经济性考量贯穿配合比设计全过程。在保证混凝土性能前提下,应尽量降低材料成本。

### 1.3 特殊环境下的材料选择策略

高温施工条件下,水泥水化反应加速,混凝土凝结时间缩短,易出现施工困难与质量缺陷。此时应选用水化热较低水泥,减少混凝土内部温升,同时采取降温措施,如对骨料喷水降温、使用低温拌合水等。低温施工时,混凝土早期强度增长缓慢,易受冻害影响。应选用早强型水泥,适当提高混凝土入模温度,加强保温养护,确保混凝土在负温环境下仍能正常硬化。腐蚀性环境中,混凝土中的水泥石与骨料会受到化学侵蚀,导致结构性能劣化。应根据腐蚀介质类型,选用具有相应抗腐蚀性能的水泥与骨料,必要时掺加抗腐蚀外加剂,提高混凝土抗腐蚀能力。大体积混凝土因体积庞大,水泥水化热不易散发,内部温度显著升高,产生较大温度应力,易引发开裂。应选用低热水泥,优化配合比减少水泥用量,埋设冷却水管等措施降低混凝土内部温度,满足抗裂需求。

## 2 混凝土施工工艺体系

### 2.1 模板工程技术

模板材料性能对混凝土成型质量起着基础性作用。优质模板材料应具备足够刚度,能在混凝土侧压力作用下保持形状稳定,避免出现过大变形影响构件尺寸精度;同时要有良好强度,抵抗施工过程中可能遭受的碰撞与冲击,防止模板破损导致混凝土漏浆。模板设计需严格遵循规范要求,依据构件形状、尺寸及受力特点进

行合理布局,确保模板安装后具有足够稳定性与承载能力。安装精度方面,模板位置偏差应控制在极小范围内,垂直度、平整度等指标需满足高标准,为混凝土表面质量提供保障。模板拆除时机选择至关重要,过早拆除可能使混凝土强度不足,导致构件受损;过晚拆除则可能增加拆除难度,甚至影响模板周转使用。拆除方法应根据模板类型与结构特点确定,确保安全高效完成拆除作业。

## 2.2 钢筋工程与预应力技术

钢筋加工需严格按照设计要求进行,确保钢筋尺寸、形状准确无误。连接工艺选择要综合考虑钢筋规格、施工条件等因素,保证连接质量可靠<sup>[2]</sup>。预应力筋布置需遵循一定原则,根据结构受力特点合理确定预应力筋位置与数量,使其能有效抵抗结构荷载,提高结构承载能力与抗裂性能。张拉与锚固系统操作要点在于精确控制张拉力大小与张拉顺序,确保预应力筋在结构中建立准确预应力值。锚固系统要保证锚固可靠,防止预应力筋滑移,保证结构长期使用安全。

## 2.3 混凝土制备与运输

搅拌设备选型应根据混凝土生产规模、质量要求等因素确定,确保设备性能满足搅拌需求。参数控制方面,搅拌时间、投料顺序等需严格把控,保证混凝土各组充分混合均匀,达到良好工作性与力学性能。运输过程中要采取有效质量保持措施,防止混凝土离析、泌水等现象发生。现场二次搅拌技术要求对因运输时间过长或其他原因导致工作性下降的混凝土进行适当调整,通过添加外加剂或少量水等方式,恢复混凝土良好工作性,满足施工要求。

## 2.4 浇筑与振捣技术

分层浇筑厚度控制是保证混凝土浇筑质量关键环节。合理分层厚度能使混凝土充分振捣密实,避免出现内部空洞。一般来说,分层浇筑厚度不宜超过300mm。振捣设备选型需根据混凝土类型、构件尺寸等因素确定,确保振捣效果良好。操作规范方面,振捣棒插入深度、间距及振捣时间需严格控制,使混凝土内部气泡充分排出,达到密实状态。振捣棒插入深度应不小于50mm,间距不宜大于300mm,振捣时间一般为20-30s。特殊结构部位施工方法需针对不同结构特点制定,如薄壁结构需加强振捣防止漏振,大体积混凝土需采取措施控制温度裂缝等。

## 2.5 表面处理与接缝技术

抹面与拉毛工艺能改善混凝土表面外观质量,增强表面耐磨性与抗滑性。切缝时机选择要依据混凝土强度

发展情况确定,过早切缝可能破坏混凝土整体性,过晚切缝则可能因混凝土收缩产生不规则裂缝。切缝深度控制需满足设计要求,保证切缝能有效释放混凝土内部应力。胀缝与缩缝构造设计要根据结构受力特点与环境条件进行,合理确定缝宽、缝深及填缝材料,防止混凝土因温度变化或收缩产生裂缝,保证结构正常使用功能。

## 3 混凝土施工质量控制要点

### 3.1 过程监控指标体系

在混凝土施工过程中,坍落度动态调整是保障工作性的关键<sup>[3]</sup>。因原材料质量波动、环境条件变化,混凝土坍落度会改变。施工人员要依据实时检测结果,在合理范围灵活调整用水量或外加剂掺量。坍落度过小,混凝土流动性差,浇筑与振捣困难;坍落度过大,则易离析、泌水,影响强度与耐久性。浇筑温度控制范围对混凝土质量影响大。温度过高会加速水泥水化,缩短凝结时间,增加施工难度,还可能引发内部温升过大导致温度裂缝;温度过低会使早期强度增长缓慢甚至受冻。所以,要根据季节与气候,将浇筑温度控制在适宜区间,夏季遮阳、洒水降温,冬季加热拌合水、预热骨料。振捣密实度检测方法多样。用插入式振捣棒振捣时,可通过观察混凝土表面气泡排出、听振捣声音判断密实程度,气泡基本不冒、声音沉闷即表明密实。还可采用超声波检测等无损技术,精准检测混凝土内部密实度,确保质量达标。

### 3.2 裂缝控制技术

塑性收缩裂缝预防需从多方面入手。混凝土浇筑后,表面水分蒸发过快会引发塑性收缩裂缝。应及时对混凝土表面进行覆盖保湿,如采用塑料薄膜、草帘等材料,减少水分蒸发。同时,合理安排施工时间,避免在高温、大风天气进行大面积混凝土浇筑。温度裂缝抑制措施主要针对混凝土内部与表面温差过大问题。大体积混凝土浇筑后,水泥水化热使内部温度急剧升高,而表面散热较快,形成较大温差,产生温度应力,导致裂缝产生。可通过埋设冷却水管、采用低热水泥、优化配合比减少水泥用量等方式降低混凝土内部温升,缩小内外温差。干缩裂缝补偿技术通过添加膨胀剂实现。膨胀剂在水化过程中产生体积膨胀,补偿混凝土硬化过程中的收缩,减少干缩裂缝产生。需根据混凝土性能要求与使用环境,合理确定膨胀剂掺量,确保补偿效果。

### 3.3 耐久性提升策略

抗渗等级保障措施包括优化混凝土配合比、选用优质原材料等。降低水胶比可减少混凝土内部孔隙,提高抗渗性能。掺加矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉等,能

改善混凝土孔隙结构,增强抗渗能力。同时,加强混凝土振捣与养护,保证混凝土密实度,进一步提升抗渗等级。抗碳化防护体系构建需考虑混凝土碳化机理。碳化会使混凝土碱性降低,破坏钢筋表面钝化膜,引发钢筋锈蚀。可通过提高混凝土密实度、增加混凝土保护层厚度、涂刷防护涂料等方式,阻止二氧化碳侵入混凝土内部,延缓碳化进程。抗化学侵蚀处理方案应根据侵蚀介质类型制定。对于酸性环境,可选用耐酸水泥或添加耐酸外加剂;对于碱性环境,则需采取相应防护措施,如涂刷耐碱涂料等。通过针对性处理,提高混凝土抗化学侵蚀能力,延长结构使用寿命。

#### 4 混凝土施工新技术发展

##### 4.1 智能化施工装备应用

自动温控系统为混凝土施工温度控制带来革新。借助高精度传感器,能实时感知混凝土内部及环境温度,通过智能调控装置精准调节加热或冷却设备运行<sup>[4]</sup>。在寒冷天气,及时为混凝土供暖防冻;高温时段有效降温,避免温度应力导致开裂,保障混凝土质量稳定。智能振捣设备革新了混凝土振捣作业模式。其内置智能芯片可依据混凝土状态自动调整振捣参数,如频率与振幅。当检测到混凝土密实度达标,便自动停止或转移振捣位置,防止过振骨料离析、漏振密实不足,提升混凝土均匀性与强度。3D打印模板技术为混凝土模板制作开辟新径。利用计算机设计三维模型,3D打印设备直接将模型转化为实体模板。能轻松制作复杂异形模板,缩短制作周期,减少材料损耗,提高模板重复利用率,降低施工成本。

##### 4.2 绿色施工技术创新

再生骨料利用技术推动混凝土绿色发展。将废弃混凝土经处理得到的再生骨料,部分或全部替代天然骨料用于混凝土生产。减少天然砂石开采,缓解资源压力,实现建筑垃圾资源化,降低对环境的影响。低碳水泥研发进展助力混凝土行业低碳转型。科研人员优化水泥生产工艺、调整原料配方、添加矿物掺合料,降低水泥生产能耗与碳排放。新型低碳水泥在保证性能的同时,减少二氧化碳排放,符合可持续发展要求。废水循环利用

系统在混凝土施工中实现节水环保。施工废水经沉淀、过滤、消毒等处理后,重新用于混凝土搅拌、设备清洗等环节。提高水资源利用率,降低用水成本,减少对周边水环境的污染。

##### 4.3 数字化管理平台建设

BIM技术集成应用为混凝土施工管理提供全面信息支持。建立三维建筑信息模型,集成设计、施工、运维等信息。施工前虚拟建造,提前发现并解决问题;施工中实时监控,实现精细化管理。物联网监测系统为混凝土施工过程提供实时数据。在关键环节布置传感器,采集温度、湿度、应力等数据并传输至管理平台。管理人员依数据调整施工参数,确保施工质量。大数据分析质量预警借助大数据技术挖掘分析施工数据<sup>[5]</sup>。建立质量预警模型,提前预警可能影响混凝土质量的因素,为施工人员提供决策依据,预防质量问题发生。

#### 结束语

公路工程路桥施工中混凝土施工技术涵盖多方面内容,从材料选择到施工工艺,再到质量控制与新技术应用,每个环节都紧密相连、相互影响。通过科学合理选择材料、严格把控施工工艺、加强质量控制以及积极应用新技术,能够有效提高混凝土施工质量,增强路桥结构稳定性与耐久性。在实际施工中,需结合工程具体情况,灵活运用各项技术与措施,不断总结经验,推动混凝土施工技术持续进步,为公路工程路桥建设提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]简旭.公路工程路桥施工中混凝土施工技术应用探讨[J].建材与装饰,2026,22(10):145-147.
- [2]尹松.公路工程路桥施工中混凝土施工技术研究[J].建筑与装饰,2025(22):181-183.
- [3]张慧宝.公路工程路桥施工中混凝土施工技术分析[J].汽车博览,2024(1):118-120.
- [4]谢景.公路工程路桥施工中混凝土施工技术分析[J].奥秘,2024(10):64-66.
- [5]徐犇.公路工程路桥施工中混凝土施工技术探究[J].越野世界,2024,19(7):57-59.