

土木工程建筑中混凝土结构的施工工艺分析

裴天瑞

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250014

摘要: 混凝土结构施工是土木工程的核心环节,其工艺水平直接影响工程整体质量与耐久性。本文系统分析混凝土施工全流程,涵盖材料选择、配合比设计、搅拌运输、浇筑振捣及养护等关键工艺。针对大体积混凝土温控、高强度混凝土配制及裂缝防治等难点,提出精细化控制措施。结合智能化施工装备与绿色材料创新,探讨混凝土施工技术的升级路径,为提升工程质量提供理论支撑与实践参考。

关键词: 土木工程;混凝土结构;施工工艺;技术创新;裂缝控制

引言:混凝土结构在土木工程建筑中占据核心地位,其施工质量关乎建筑整体安全性与耐久性。随着建筑规模扩大、结构复杂程度提升,对混凝土结构施工工艺要求愈发严格。从施工前的精心筹备,到核心工艺的精准把控,再到关键技术的突破创新,每一步都影响工程品质。深入剖析混凝土结构施工工艺,对推动土木工程发展意义重大。

1 混凝土结构施工前的准备工作

1.1 材料选择与性能要求

水泥作为混凝土胶凝核心,需结合工程结构特性与施工环境挑选适配品种。普通硅酸盐水泥凝结硬化均衡,适用于多数常规混凝土结构;低热水泥水化热释放平缓,能有效控制大体积混凝土温度应力。水泥强度等级需与结构设计需求精准匹配,既满足承载能力要求,又避免强度冗余造成资源浪费。骨料质量直接影响混凝土密实度与力学性能,粒径级配需符合连续级配标准,确保颗粒间空隙合理填充^[1]。含泥量需严格控制在规范范围内,过量泥质会削弱骨料与胶凝材料粘结力。骨料坚固性需通过试验验证,保证长期使用中不发生显著风化破碎。外加剂选用需针对性改善混凝土性能,减水剂可在不增加用水量前提下提升流动性,缓凝剂能延长凝结时间适配特殊施工场景,引气剂可形成微小气泡增强抗冻抗渗能力。外加剂掺量需通过试验确定,精准控制用量避免影响改性效果。拌合用水需满足严格水质标准,pH值需保持合理区间,过酸过碱会影响水泥水化反应。氯离子含量必须严格管控,过量会加速钢筋锈蚀,有害杂质需符合规范要求。

1.2 配合比设计原则

配合比设计需实现工作性与强度等级的动态平衡,坍落度与流动性需适配施工工艺,保证混凝土能充分填充模板且不发生离析泌水。强度等级需遵循设计文件

要求,通过调整胶凝材料用量、水胶比等参数确保硬化后达标。耐久性设计需结合使用环境采取针对性措施,抗渗设计提升密实度,抗冻设计优化气泡结构,抗碳化设计减缓侵蚀速度,确保结构在设计使用年限内保持稳定。经济性优化需在满足性能要求前提下实现资源高效利用,通过优化骨料级配降低空隙率,减少胶凝材料用量,合理选用高性价比材料组合控制施工成本。

1.3 施工设备与模板系统

搅拌设备选型影响混凝土拌合物质量,强制式搅拌机通过叶片强制搅拌实现材料均匀混合,提升匀质性。设备产能需匹配工程规模与进度,定期检修维护确保搅拌效果稳定。运输设备需满足输送能力与时间控制要求,泵车适用于长距离高高度浇筑,罐车通过罐体旋转防止混凝土离析。运输时间需严格把控,避免初凝影响浇筑质量,运输过程中采取保温保湿措施。模板体系选择需综合刚度与周转性,钢模板刚度大变形小,能保证结构尺寸精度,周转次数多;木模板重量轻加工便捷,适配复杂造型但周转次数有限。模板拼接处需严密处理,防止漏浆。支撑系统稳定性与施工效率关乎施工安全与进度,脚手架需进行承载力验算,确保立杆横杆间距合理、节点连接牢固。早拆体系可加快模板周转提升效率,但需严格控制早拆时间避免结构变形。

2 混凝土结构的核心施工工艺

2.1 混凝土搅拌与运输

混凝土搅拌工艺是确保混凝土质量均匀稳定的关键环节。合理的投料顺序至关重要,一般先投入水泥、砂、石,进行初步干拌,使骨料表面裹上一层水泥浆,再加入水和外加剂继续搅拌。这样的投料顺序能让各组充分混合,避免水泥浆局部集中或分散不均。搅拌时间也需精准把控,可根据混凝土类型调整,抗渗等特殊混凝土需适当延长搅拌时长,确保改性材料均匀分散;

时间过短,混凝土各组分无法充分融合,影响强度与工作性;时间过长,则可能导致水泥水化过度,降低混凝土流动性,甚至产生离析现象。混凝土运输过程中,避免离析是核心要求。罐车接料前需用水湿润罐体并排净积水,运输途中保持适宜转速,通过旋转使混凝土不断翻滚,防止固体颗粒下沉。运输时间也有限制,若运输距离过远或途中耽搁时间过长,混凝土可能因初凝而失去工作性,无法满足浇筑要求。若已出现离析,浇筑前需进行二次搅拌。在运输前需根据路程、交通状况等因素合理规划运输路线与时间,确保混凝土在初凝前到达施工现场。

2.2 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑方法直接影响结构质量。分层浇筑时,每层厚度需适宜,一般控制在30-50cm,过厚不利于振捣密实,过薄则增加施工工序与时间。分层浇筑时要注意上下层衔接,在新浇混凝土初凝前完成上层浇筑,避免出现冷缝^[2]。分段浇筑则适用于长度较长的结构,分段处需做好处理,保证整体性。振捣技术是保证混凝土密实性的重要手段。插入式振捣器使用时,插入深度要合适,一般插入下层混凝土5cm左右,确保上下层混凝土结合紧密。振捣点布置采用梅花形,间距均匀,以振捣器作用半径的1.5倍为宜,避免漏振或过振。特殊部位如钢筋密集区、预埋件周围,因空间狭窄,振捣难度大,需采用小型振捣器或人工插捣,确保混凝土振捣密实,不出现空洞、蜂窝等质量问题。

2.3 混凝土养护与温度控制

混凝土养护方式多样,自然养护时,在混凝土表面覆盖保湿膜,防止水分过快蒸发,保持混凝土表面湿润,促进水泥水化反应。蒸汽养护则适用于低温季节或对早期强度要求较高的工程,通过蒸汽加热提高混凝土养护温度,加速强度增长。养护时间有明确标准,普通混凝土养护时间不少于7天,抗渗混凝土因对耐久性要求更高,养护时间不少于14天。大体积混凝土温度控制也不容忽视,需布设测温点实时监测,由于水泥水化产生大量热量,内部温度升高,与外部形成温差,易产生温度裂缝。因此需采取措施限制内外部温差,一般控制在25℃以内,可通过埋设冷却水管、表面保温等措施实现,保障结构整体稳定性。

3 混凝土结构施工中的关键技术要点

3.1 大体积混凝土施工

大体积混凝土施工面临的主要问题是收缩裂缝的产生,为有效应对这一难题,分层浇筑与跳仓法得到广泛应用。分层浇筑将大体积混凝土分成若干薄层依次浇

筑,每层浇筑完成后,在混凝土初凝前进行下一层浇筑,通过这种方式,能降低混凝土内部水化热积聚,减少温度应力,进而减少收缩裂缝。跳仓法则是将大体积混凝土结构划分成若干仓块,间隔浇筑,待先浇筑的仓块混凝土收缩基本稳定后,再浇筑相邻仓块,利用混凝土早期弹性模量低、变形能力强的特点,释放部分收缩应力,避免裂缝出现。冷却水管布置与温控监测在大体积混凝土施工中也至关重要。冷却水管通常采用钢管或塑料管,按一定间距和走向埋设在混凝土内部。在混凝土浇筑过程中及浇筑完成后,通过循环冷却水带走混凝土内部热量,控制内部温度梯度,防止因内外温差过大导致裂缝产生。温控监测则借助温度传感器实时监测混凝土内部温度变化,根据监测数据及时调整冷却水流量和温度,确保混凝土内部温度处于合理范围。

3.2 高强度混凝土施工

高强度混凝土施工的关键在于低水胶比设计与高效减水剂的使用。低水胶比能减少混凝土内部孔隙,提高混凝土密实性和强度,一般将水胶比控制在0.35及以下。高效减水剂能在显著降低用水量的同时,保持混凝土良好的工作性,减少水泥用量,进一步提高混凝土强度和耐久性。原材料选用需严格把控,水泥需选择强度等级适配的品种,骨料需保证洁净度与级配合理性,避免有害杂质影响结构性能。振捣与抹面工艺的精细化对高强度混凝土质量影响显著。振捣时,采用高频插入式振捣设备,控制振捣时间和插入深度,确保混凝土振捣密实,无气泡和空洞。抹面工艺则需进行二次抹压,在混凝土初凝前进行第一次抹面,消除表面泌水和不平整;在混凝土终凝前进行第二次抹压,进一步消除表面裂缝,提高混凝土表面质量。施工过程中需避免环境温度剧烈变化,高温时采取遮阳保湿措施,低温时做好保温防护。

3.3 预应力混凝土施工

预应力混凝土施工中,预应力筋张拉顺序需严格遵循对称张拉原则。张拉前需对设备进行校验标定,确保张拉力值精准,张拉过程中实时监测预应力筋伸长量,与理论值对比分析,及时调整施工参数。对称张拉能避免因张拉顺序不当导致结构偏心受力,使结构在张拉过程中受力均匀,保证结构安全。孔道压浆密实性是预应力混凝土施工的重要环节。真空辅助压浆技术能有效提高孔道压浆密实性,该技术先利用真空泵将孔道内空气抽出,形成负压,再通过压浆泵将水泥浆压入孔道,在负压作用下,水泥浆能充分填充孔道,排出空气,避免孔道内出现空洞,保障预应力筋与混凝土之间的粘结性

能。水泥浆需优化配合比设计,保证流动性与凝结时间适配施工需求,压浆完成后做好养护工作。

3.4 混凝土裂缝控制技术

设计阶段,通过合理设置构造配筋和伸缩缝来控制裂缝。构造配筋需根据结构受力特点优化布置密度与规格,增强混凝土抗裂能力,伸缩缝则需按结构长度与环境条件科学设置间距,能释放混凝土收缩应力,减少裂缝产生。施工阶段,采用跳仓浇筑方式,与大体积混凝土施工中的跳仓法类似,释放收缩应力;延长养护时间,保证混凝土充分水化,提高强度和抗裂性;严格控制温度,避免因温度变化导致裂缝出现^[3]。同时需优化混凝土浇筑速度与振捣质量,避免骨料堆积或振捣不足引发内部缺陷,浇筑后及时覆盖保湿材料,维持表面湿润环境。

4 混凝土结构施工技术的创新方向

4.1 绿色混凝土技术

在环保理念日益深入人心的当下,绿色混凝土技术成为混凝土结构施工技术创新的重要方向。再生骨料的应用是绿色混凝土技术的关键举措之一。建筑垃圾经过破碎、筛分等一系列处理工序后,可转化为再生骨料。这些再生骨料部分或全部替代天然骨料用于混凝土制备,不仅能减少天然骨料的开采,降低对自然资源的依赖,还能有效解决建筑垃圾堆积占用土地、污染环境等问题。通过合理调配再生骨料的粒径和比例,可制备出满足不同工程需求的绿色混凝土,实现建筑垃圾的资源化利用。低碳水泥的研发也是绿色混凝土技术的重要突破点。硫铝酸盐水泥具有快速硬化的特性,相较于传统水泥,在生产过程中能耗更低,碳排放更少。这种水泥在短时间内能达到较高强度,能缩短施工周期,提高施工效率。而且,硫铝酸盐水泥的耐久性良好,适用于对早期强度要求较高且对耐久性有严格要求的工程,如抢修工程、海洋工程等,为绿色混凝土的发展提供了新的材料选择。

4.2 智能化施工装备

随着科技的飞速发展,智能化施工装备在混凝土结构施工中发挥着越来越重要的作用。3D打印混凝土技术为复杂结构节点的施工带来了革命性变化。传统施工中,复杂节点往往需要大量模板和复杂的钢筋绑扎工艺,施工难度大、周期长。而3D打印混凝土技术通过计

算机精确控制打印路径和材料挤出量,能够实现复杂节点的精准成型,无需模板,大大简化了施工流程,提高了施工精度和效率,还能减少材料浪费。物联网监测系统的应用则为混凝土结构施工的质量控制提供了有力保障。在混凝土浇筑和养护过程中,通过在混凝土内部和表面布置传感器,可实时传输温度、应力等数据。施工人员根据这些数据及时调整施工参数,如养护温度、湿度等,确保混凝土在适宜的环境中硬化,避免因温度应力导致裂缝产生,提高混凝土结构的质量和耐久性。

4.3 高性能混凝土材料

高性能混凝土材料的研发是混凝土结构施工技术创新的又一重要领域。自修复混凝土是一种具有创新性的材料。通过在混凝土中添加微生物胶囊或纤维增强等材料,当混凝土出现裂缝时,微生物胶囊破裂释放出修复物质,或纤维在裂缝处发挥桥接作用,实现裂缝的自愈合^[4]。这种自修复能力延长了混凝土结构的使用寿命,减少了维修成本,提高了结构的可靠性。超高性能混凝土(UHPC)以其超高强度和优异耐久性受到广泛关注。UHPC的强度远高于普通混凝土,能满足大型、重载结构对材料强度的要求。其耐久性良好,能抵抗恶劣环境的侵蚀,适用于桥梁、高层建筑等对结构性能要求极高的工程,为混凝土结构的发展开辟了新的空间。

结束语

混凝土结构施工工艺涵盖多方面内容,从施工前准备到核心工艺实施,再到关键技术要点把控,各环节紧密相连。绿色混凝土技术、智能化施工装备及高性能混凝土材料等创新方向,为行业发展注入新活力。施工者需不断探索优化工艺,提升技术水平,保障混凝土结构质量,推动土木工程建筑持续进步。

参考文献

- [1]潘腾飞.土木工程建筑中混凝土结构的施工工艺[J].建材发展导向,2025,23(6):40-42.
- [2]尚同悦.土木工程建筑中混凝土结构的施工工艺分析[J].价值工程,2025,44(21):24-26.
- [3]马龙.土木工程建筑中混凝土结构的施工工艺[J].四川建材,2024,50(3):103-105.
- [4]辛彬.土木工程建筑中混凝土结构的施工工艺[J].工程技术研究,2025,7(7):227-229.