

# 大跨度现浇混凝土结构在市政桥梁与建筑裙楼中的联合应用技术

尚宏发

陕西勋兴建设工程有限公司, 陕西西安, 710000;

**摘要:** 随着城市空间集约化与复合化发展, 传统单一的交通或建筑功能体已难以满足现代都市的需求。将市政桥梁等大型交通基础设施与毗邻的建筑裙楼进行一体化规划、设计与建造, 形成“桥-建”共构体系, 成为提升空间效率、优化城市形态的重要方向。其中, 大跨度现浇混凝土结构凭借其良好的整体性、可塑性和经济性, 在该体系中扮演着核心角色。本文系统探讨了大跨度现浇混凝土结构在市政桥梁与建筑裙楼联合应用中的体系特征、面临的主要技术挑战, 并重点阐述了一体化协同设计关键技术(包括结构体系选型与创新、关键节点精细化设计、多专业协同设计平台应用)与联合施工及智能建造技术(涵盖施工总体部署与顺序优化、大跨度现浇混凝土关键施工技术、施工监测与控制、长期性能保障与运维管理)。研究表明, 通过跨学科、全生命周期的技术创新与管理协同, 能够有效实现结构安全、功能融合、建造高效与长期性能稳定的目标, 为未来城市复杂共生体的建设提供技术参考。

**关键词:** 大跨度现浇混凝土; 市政桥梁; 建筑裙楼; 桥-建共构; 一体化设计; 智能建造; 长期性能

**DOI:** 10.69979/3029-2727.26.03.026

## 引言

城市化进程的加速导致土地资源日趋紧张, 城市功能需求日益复杂。传统的市政桥梁与周边建筑往往独立设计、各自为政, 不仅造成空间割裂与资源浪费, 也可能引发相互干扰。将跨越道路、河流或山谷的市政桥梁与其下方或侧旁相连的商业、文化、交通枢纽等建筑裙楼进行物理与功能上的整合, 构建“上通下用”或“侧挂共生”的复合体, 已成为现代城市设计与工程建设的前沿领域。这种“桥-建”共构体系能够最大化利用立体空间, 增强区域连通性与活力, 塑造独特的城市地标。

在结构材料选择上, 现浇混凝土因其卓越的抗压性能、灵活的造型能力、良好的耐火与耐久性, 以及相对成熟的施工工艺, 在大跨度“桥-建”共构体系中具有显著优势。通过精心设计, 现浇混凝土可以实现从桥梁主体到建筑支撑体系的平滑过渡与整体受力, 避免了不同材料或预制构件连接带来的界面复杂性问题。然而, 这种联合应用也带来了前所未有的技术复杂性: 它不再是单一的桥梁工程或建筑工程, 而是涉及不同规范体系、荷载特性、功能需求和使用寿命预期的复杂系统工程。结构体系创新、超常规荷载作用分析、差异沉降控制、振动与噪声隔离、施工交叉影响、全生命周期性能保障等问题尤为突出。

## 1 大跨度现浇混凝土“桥-建”共构体系特征

大跨度现浇混凝土“桥-建”共构体系是高度集成的空间结构系统, 特征如下:

**结构功能复合化:** 体系中混凝土构件具多重功能, 如桥梁主梁或墩柱可作建筑裙楼屋顶承重结构等, 桥下空间被建筑利用, 围护与主体结构和桥梁下部结构协同受力, 致荷载传递路径复杂, 静力与动力荷载相互耦合<sup>[1]</sup>。

**力学行为空间化与耦合化:** 体系受力有显著三维空间效应, 桥梁纵向弯曲等与建筑竖向承载等相互影响, 桥梁活载影响上部建筑, 建筑不均匀荷载等也影响桥梁, 温度等作用差异效应更复杂。

**设计标准与性能目标的协同性:** 需统筹协调《公路桥涵设计规范》等不同体系设计要求, 性能目标要同时满足桥梁和建筑多方面要求, 寻找最优平衡点。

**施工过程的强交互性与时序敏感性:** 桥梁与建筑施工深度交叉、相互制约, 施工顺序等需精细策划, 以控制结构内力与变形, 确保符合设计预期。

## 2 大跨度现浇混凝土“桥-建”共构体系主要技术挑战

结构体系创新与分析方法挑战: 首要难题是选择或

创新能满足大跨度桥梁受力要求、高效支撑建筑空间且便于施工的结构体系（如巨型框架 - 桥梁组合体系等）。相应结构分析需突破传统单一分析模式，建立能精确模拟“桥 - 建”相互作用的三维精细化有限元模型，合理考虑施工全过程等复杂效应。

**关键节点设计与承载机制挑战：**“桥 - 建”结合部是应力集中等关键部位，承受复杂复合应力，钢筋密集、构造复杂，其受力机理等需要深入研究与精细化设计<sup>[2]</sup>。

**差异变形协调与控制挑战：**桥梁与建筑在多种作用下变形规律与幅度差异显著，核心问题是通过结构、材料措施或预应力技术协调差异变形，防止结构开裂和附加内力超限，保证体系正常使用。

**振动与噪声控制挑战：**桥梁交通荷载，特别是重型车辆通行，引起的结构振动会通过共构部分传递至建筑内部，影响建筑使用功能（如精密仪器操作、办公舒适度）甚至结构疲劳寿命<sup>[3]</sup>。同时，结构噪声的传播也需被有效隔离。这需要从振源（路面平整度、车辆减震）、传播路径（结构阻尼设计、隔震支座）和接收点（建筑楼板减振构造）多层面进行综合控制。

**一体化施工与长期运维挑战：**施工阶段，桥梁与建筑的作业面交叉，大型模板支撑体系、重型吊装设备的使用相互干扰，施工荷载的施加顺序对最终内力状态影响巨大。运营阶段，共构体系的检测、监测、维修加固策略需要统筹考虑，桥梁的检修通道、建筑的设备管线布置需与结构设计一体化考虑，运维管理界面复杂。

### 3 一体化协同设计关键技术

#### 3.1 结构体系选型与创新

体系选型是成功的基石。应基于项目具体条件（跨度、建筑功能、地质环境、景观要求等），进行多方案比选与创新。常见思路包括：（1）主次分明型：以桥梁结构为主体，建筑作为“悬挂”或“填充”体，适应于桥梁跨度大、建筑荷载相对较轻的情况。可采用空间桁架桥、拱桥等，将其部分杆件或桥面系扩展为建筑平台。

（2）整体巨构型：将桥梁与建筑视为一个整体巨型空间结构，如采用巨型门式框架跨越道路，框架内部分层设置建筑，桥梁行车位于框架顶部或穿行于框架之间。

（3）协同工作型：利用斜拉索、悬索等索系将桥梁与建筑主要受力构件联系起来，形成协同受力体系，优化内力分布。选型需综合运用概念设计、拓扑优化和参数

化分析工具，追求结构效率、建筑空间与美学价值的统一<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 关键节点精细化设计

节点是保证整体结构工作性能和安全的關鍵。设计应遵循“强节点、弱构件”和“变形协调”原则，采用精细化数值模拟（如实体有限元分析）与必要的试验研究相结合的手段。重点包括：（1）传力路径明确化：确保节点区域力流平顺，避免急剧转折。通过增设加腋、增设型钢或钢板、合理布置钢筋（包括预应力筋）等方式强化节点核心区。（2）变形能力保障：对于抗震设防区域，节点需具备足够的延性和耗能能力。可采用钢管混凝土、配置交叉斜筋、使用高延性混凝土等措施。（3）构造可行性：充分考虑钢筋碰撞、混凝土浇筑密实度、预应力张拉空间等施工因素，利用 BIM 技术进行三维碰撞检查与施工模拟。（4）连接方式选择：根据受力与变形需求，合理采用刚接、铰接或半刚性连接，对于需要释放一定约束的部位，可设置板式橡胶支座、球型钢支座或抗震支座。

#### 3.3 多专业协同设计平台应用

基于建筑信息模型（BIM）的协同设计平台是解决“桥-建”共构体系复杂性的必备工具。应建立包含桥梁、建筑、结构、机电、岩土、景观等多专业的统一三维数字模型。该平台实现：（1）信息集成与共享：所有专业在统一坐标系和数据标准下工作，实时更新与共享设计信息，避免“信息孤岛”。（2）冲突检测与协调：自动检测结构与建筑空间、设备管线之间的几何冲突，在设计阶段提前解决。（3）性能分析与优化集成：将 BIM 模型与结构分析软件（如 MIDAS、SAP2000）、能耗分析软件等无缝对接，进行多物理场耦合分析与性能优化。（4）设计与施工、运维衔接：模型可传递至施工阶段用于 4D/5D 施工模拟和预制加工，并作为运维管理的数字资产，为全生命周期管理提供基础。

### 4 联合施工与智能建造技术

#### 4.1 施工总体部署与顺序优化

必须编制详尽的一体化施工组织设计，核心是确定科学合理的施工顺序和工况。基本原则包括：（1）先主后次、先下后上：通常优先施工共用的基础及下部结构（如桩基、承台、共用墩柱），为上部结构提供稳定支撑。（2）变形预控与补偿：考虑桥梁预应力张拉、

建筑逐层加载引起的变形,通过设置预拱度、分阶段张拉、后浇带封闭时机控制等手段进行主动控制。(3)支撑体系一体化设计:桥梁现浇支架与建筑高大模板支撑体系可能需统筹设计,确保整体稳定,并规划好支架卸载顺序对结构内力的影响。(4)作业面与交通组织:合理安排桥梁与建筑的交叉施工流程,减少相互干扰,保障施工期间桥下或周边交通(如临时便桥、交通导改)<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 大跨度现浇混凝土关键施工技术

针对大跨度现浇混凝土结构:(1)高性能混凝土应用:采用高强、高性能混凝土(HSC/HPC)以减少构件尺寸,同时注重其工作性、低收缩徐变性能和耐久性。大体积混凝土(如大型承台、厚转换梁)需采取温控防裂措施。(2)模板与支撑技术:研发或采用承载能力强、变形小、可整体滑移或提升的大型化、工具化模板支撑系统,如盘扣式支架组合、大型钢桁架托架等。(3)预应力技术:广泛应用后张预应力技术以克服大跨度引起的过大弯矩和挠度。需精确布置预应力孔道,确保张拉控制力与伸长量双控,并做好孔道压浆密实度控制。(4)施工荷载严格控制:对施工阶段堆载、设备荷载进行严格规定与管理,避免超出设计允许的临时荷载。(5)特殊气候施工保障:制定冬期、雨季、高温季节专项施工方案,保证混凝土浇筑质量。

#### 4.3 施工监测与控制

实施贯穿施工全过程的智能监测与反馈控制,是确保成桥状态与设计相符的关键。监测系统包括:(1)几何监测:采用全站仪、GPS、静力水准仪等监测关键部位(如墩顶、主梁关键截面、建筑柱)的三维位移与沉降。(2)应力应变监测:在关键截面(控制截面、节点区域)埋设振弦式或光纤光栅传感器,监测混凝土与钢筋的应力应变发展。(3)温度监测:监测大体积混凝土内部温度场及环境温度。(4)索力/预应力监测:对于有索结构或预应力结构,监测索力或预应力损失情况。(5)振动监测:施工期间对敏感部位进行振动监测。基于监测数据,与理论计算值进行实时比对分析,一旦出现较大偏差,及时预警并调整后续施工参数(如张拉力、加载顺序),实现信息化施工与动态控制。

#### 4.4 长期性能保障与运维管理

项目交付后,需建立基于全生命周期理念的运维管理体系:(1)健康监测系统延伸:将施工期监测系统优化、扩展为永久性结构健康监测系统(SHM),长期监测交通荷载、环境作用下的结构响应,评估其服役状态。(2)一体化检测与评估标准:制定针对“桥-建”共构体系的特殊性检测内容、方法与评估标准,涵盖桥梁技术状况评定与建筑结构安全鉴定的交叉部分。(3)协同维修与加固策略:当需要进行维修加固时,需评估其对整体体系的影响,制定协同方案。例如,桥梁加固时需考虑对建筑使用的影响及临时支撑措施。(4)数字化运维平台:基于竣工BIM模型,集成健康监测数据、历史检测维修记录,构建数字化运维管理平台,实现资产可视化、状态可评估、风险可预警、决策可支持。

### 5 结语

大跨度现浇混凝土结构在市政桥梁与建筑裙楼的联合应用,是城市立体化、复合化发展产物,代表土木与建筑交叉融合前沿方向。该技术成功实施依赖全生命周期的一体化思维与协同创新,而非桥、建技术简单叠加。本文论述“桥-建”共构体系复合特征与技术挑战,提出以“一体化协同设计”和“联合施工与智能建造”为核心的关键技术体系。通过创新结构选型、精细设计节点及搭建BIM多专业协同平台,确保结构安全合理与功能融合;优化施工部署、精准实施关键技术及开展智能监测,将设计转化为实体工程。最后,经长期监测与一体化运维,保障复杂共生体全寿命周期的安全、耐久与功能完好。

#### 参考文献

- [1]管职亮.市政工程混凝土现浇箱梁施工技术研究[J].新城建科技,2025,34(12):134-136.
- [2]叶俊杰.探讨建筑现浇混凝土楼板裂缝控制措施[J].建设机械技术与管理,2025,38(06):159-161.
- [3]丁捷航.建筑工程铝模全现浇混凝土外墙施工技术应用研究[J].中国住宅设施,2025,(11):221-223.
- [4]谢华军.市政桥梁现浇混凝土箱梁预应力张拉施工技术研究[J].中国住宅设施,2025,(07):170-172.
- [5]杨庆锋.市政桥梁施工中现浇箱梁关键技术探究[J].建材发展导向,2024,22(22):126-129.