

桥梁工业化设计审查的思考

张伟¹, 刘安双², 黄刚²

[1. 重庆达士施工图审查有限公司, 重庆市 401121; 2. 林同校国际工程咨询(中国)有限公司, 重庆市 401121]

摘要: 设计审查是工程质量控制的核心环节, 桥梁工业化设计核心理念有别于常规的桥梁设计, 审查的重点也应有所不同。从技术性审查(构件拆分合理性、耐久性、过程安全性、抗震设计、施工方案)和政策性审查(装配率指标、信息化技术运用)2个方面, 总结了桥梁工业化设计审查的重点。不断完善设计技术标准, 健全设计审查体系, 桥梁工业化将会迎来更广阔的发展前景。

关键词: 桥梁工业化; 设计审查; 技术性审查; 政策性审查; 装配率; 信息化技术

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)09-0223-03

Reflections on Design Review of Bridge Industrialization

ZHANG Wei¹, LIU Anshuang², HUANG Gang²

[1. Chongqing Dashi Construction Drawing Review Co., Ltd., Chongqing 401121, China; 2. T.Y. Lin International Engineering Consulting (China) Co., Ltd., Chongqing 401121, China]

Abstract: Design review is a core link to control the engineering quality. The core concept of industrialized bridge design is different from that of conventional bridge design, and the focus of the review should also be different. From the perspectives of technical review (including the division rationality, durability, process safety, seismic design and construction schemes of the components) and policy review (such as assembly rate indicators and the application of information technology), the key points of industrialized design review for bridges are summarized. By constantly improving the design technical standards and perfecting the design review system, the industrialization of bridges will enjoy a broader development prospect.

Keywords: bridge industrialization; design review; technical review; policy review; assembly rate; information technology

0 引言

我国桥梁建设已取得了举世瞩目的成就, 无论是数量还是跨度, 都已跻身世界前列。但占我国90%以上的中小桥梁和城市桥梁, 仍采用传统建造方式。随着我国对桥梁工程高品质的日益追求、人口红利的消失及国家环保的严格要求, 传统桥梁建造方式所面临的资源、环境、人力等制约问题将愈发凸显, 难以满足新时代桥梁建造的发展。桥梁工业化技术应运而生, 其主要特征是桥梁设计标准化、构件生产工厂化、现场安装机械化、组织管理信息化、运营养护智能化^[1]。

收稿日期: 2025-04-29

基金项目: 重庆市建设科技计划项目, 桥梁工业化设计审查机制研究(城科字2022第1-11号)

作者简介: 张伟(1980—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事桥梁设计、审查工作。

1 设计审查概述

设计审查是为确保工程项目的安全性、可靠性、经济性和合规性而建立的一套规范化、系统化的技术监督体系, 是工程质量控制的核心环节, 包括初步设计审查和施工图审查等。常规的桥梁设计是建造优先, 侧重于结构的安全性和经济性, 讲究定制化和现场适应性。而桥梁工业化设计是制造优先, 侧重于全产业链协同, 即设计—制造—装配一体化, 讲究标准化、模块化和可复制性。桥梁工业化设计核心理念有别于常规的桥梁设计, 其设计审查关注的重点也应有所不同。

2 桥梁工业化设计审查思考

2.1 技术性审查

2.1.1 构件拆分合理性审查

为便于工业化生产, 桥梁的预制构件设计应体

现标准化设计理念,一般需满足构件标准化,尺寸模数化,以及制造、运输、安装等施工要求^[2]。

审查时,应重点关注以下4个方面。

(1)拆分应确保结构的整体稳定性和安全性,接缝应位于受力较小的部位。

(2)尽量统一同类构件的规格,减少构件种类,统一规格的构件可以减少模具和材料的浪费。

(3)充分考虑起重设备能力,工厂和现场的起重设备能力对拆分有重要影响,需确保构件重量在设备承载范围内。

(4)满足运输限制,构件的尺寸和重量需符合运输车辆、道路、桥梁、隧道、桥孔通航等的限制。

2.1.2 耐久性设计审查

工业化桥梁是通过预制构件拼装形成,接缝多且易成为受力性能和耐久性能的薄弱部位。

审查时,应重点关注以下几个方面。

(1)材料的选择,如混凝土、钢筋、钢材和连接材料等是否满足相关规范要求。

(2)连接设计,如采用的连接方式是否合适,连接的构造设计是否满足相关要求,连接节点和接缝是否满足承载力、抗裂性和延性等要求,必要时,可通过足尺试验验证连接节点可靠性。

(3)连接部位的防腐措施和防水密封设计是否恰当。

2.1.3 过程安全性审查

不同于常规的现浇桥梁,桥梁工业化设计还应考虑预制构件在吊装、存放、运输、安装等过程的安全性,如吊点和吊孔的布置和设计、多层堆放时支点的设置、预制墩柱的翻转设计等。

审查时,应重点关注以下4个方面。

(1)位置布置的合理性,既要保证构件在操作过程中受力均匀,减少内部应力集中,同时也要防止偏心受力引发倾覆或扭曲变形。

(2)除需对构件在受拉、受剪和拉剪耦合作用下的自身强度进行验算,还需保证吊件的锚固,不能出现锚固破坏^[3]。

(3)危大工程范围与内容是否完整,保障工程周边环境安全和工程施工安全的措施建议是否合理有效;需进行第三方监测的是否明确监测要求。

(4)应阐述新技术、新工艺、新材料、新设备的应用情况,并提出保障工程周边环境安全、施工作业人员安全和预防生产安全事故的措施建议。采用四新技术的部位或结构需开展专题论证与技术评审。

2.1.4 抗震设计审查

大量桥梁震害表明,地震作用下桥梁桥墩是地震易损部位,因此,预制拼装桥墩也应是桥梁抗震设计审查的重点部位^[4]。

审查时,应重点关注以下4个方面。

(1)需满足抗震设防烈度要求,重点核查桥墩节点区域的抗震构造措施,包括钢筋锚固长度、套筒连接可靠性等。

(2)验算桥墩在不同地震作用下的位移角限值、残余变形及承载力,确保满足“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防目标。

(3)对于8度及以上地区建议采用减隔震设计,审查时应检查减隔震装置的类型和布置是否合理、连接节点是否与减隔震装置协同工作、减隔震装置是否有效延长结构自振周期、增加阻尼比,并降低地震作用下的墩顶位移响应等。

(4)对于高墩建议开展专题研究。

2.1.5 施工方案设计审查

桥梁工业化设计中,设计单位应在设计文件中根据技术条件和特点编制针对性的施工组织设计、施工方案和施工技术要求。内容包括构件的制作、养护、运输、吊装、安装的施工方案、质量检验标准、施工监控技术要求及施工安全控制措施等。

审查时,应重点关注以下7个方面。

(1)总体施工方案、施工流程是否合理、可行。

(2)构件的制作要求、养护要求、质量验收标准、存放、运输要求等是否满足相关规定。

(3)预制构件吊装方案,包括临时支撑设置是否安全可靠,定位精度及灌浆料养护要求等是否满足相关规定。

(4)是否提出了对灌浆饱满度等进行检测的要求。

(5)是否明确施工监控技术要求。

(6)是否考虑了施工安全操作和防护的要求,涉及施工安全的重点部位和环节,是否对防范安全生产事故提出指导意见。

(7)建议增加施工工艺专项评审,可邀请一些制造厂家和吊装厂家一起参加,以确保施工方案的可行性和最优性。

2.2 政策性审查

2.2.1 装配率指标审查

装配式建筑的评价标准作为指导装配式建筑发展的一种政策措施,是实现建筑工业化的重要保障,

而装配率是评价装配式建筑的重要指标,也是各级政府制定装配式建筑扶持政策的主要依据。国务院办公厅 2016 年在《关于大力发展装配式建筑的指导意见》中提出,力争用 10 a 左右的时间,使装配式建筑占新建建筑面积的比例达到 30%。虽未明确桥梁单项指标,但桥梁作为重点推广领域,需参照该方向执行。部分政府制定的桥梁装配式政策目标详见表 1。

表 1 部分政府制定的桥梁装配式政策目标汇总

各级政府	桥梁装配式政策目标
上海	政府投资类新开工交通建设工程项目中,单跨跨径 100 m 以下桥梁工程,承台顶面以上构件的预制装配率达 45%(2016 年)、55%(2017 年)、65%(2018 年)
天津	试点示范期(2017 年底前)推进装配式建造。普及推广期(2021—2025 年)基本实现装配式建造
重庆	重点发展区域从 2018 年 3 月 1 日起,积极发展区域从 2019 年 1 月 1 日起,鼓励发展区域从 2020 年 1 月 1 日起,应为装配式建筑或采用装配式建造方式

设计审查时建议提交装配率评分表,未达标项目不得通过审查。装配率指标计算可参考《装配式桥梁评价标准》(T/CSUS 43—2022)^[5]。

(1) 上部结构装配率

$$q_t = \frac{A_t}{A} \times 100\%$$

式中: q_t 为上部结构的装配比例; A_t 为上部结构中预制构件的水平投影面积之和, m^2 ; A 为上部结构平面总面积, m^2 。

(2) 下部结构装配率

$$q_u = \frac{V_u}{V} \times 100\%$$

式中: q_u 为上部结构的装配比例; V_u 为下部结构中预制混凝土体积之和, m^3 ; V 为下部结构混凝土总体积, m^3 。

(3) 附属结构装配率

$$q_w = \frac{L_w}{L} \times 100\%$$

式中: q_w 为附属结构的装配比例; L_w 为附属结构中预制构件的长度之和, m ; L 为附属结构的总长度, m 。

2.2.2 信息化技术运用审查

BIM 技术作为一种高端的信息集成技术,在工程建设领域得到了越来越多的推广应用,而这种信息集成,契合桥梁工业化体系发展需求,真正实现全产业链协同,即设计—制造—装配一体化。桥梁工业

化设计过程中运用 BIM 技术,可通过三维建模,提高桥梁设计的精确度,减少施工过程中的误差。可模拟施工过程,提前发现潜在问题,优化施工方案。BIM 平台支持多专业协同工作,促进了设计、制造、安装和管理团队之间的信息共享和沟通,有助于实现资源合理配置。

住建部等 9 部委 2020 年联合发布《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》,要求加快推进 BIM 技术在新型建筑工业化全寿命期的一体化集成应用。充分利用社会资源,共同建立、维护基于 BIM 技术的标准化部品部件库,实现设计、采购、生产、建造、交付、运行维护等阶段的信息互联互通和交互共享。各级政府也相继发文对 BIM 技术的使用做出相应规定,详见表 2。

表 2 部分政府制定的信息模型技术应用的实施意见汇总

各级政府	信息模型技术应用的实施意见
安徽	2026 年 1 月 1 日起,新立项的轨道交通、城市互通立交、国家高速公路等的设计、施工全部应用 BIM 技术;2027 年 1 月 1 日起,新立项的大型房屋建筑及市政工程等全面应用 BIM 技术,推动 BIM 技术在建筑全生命周期应用
深圳	2022 年 1 月 1 日起,新建(立项、核准备案)市区政府投资和国有资金投资建设项目、市区重大项目、重点片区工程项目全面实施 BIM 技术应用
重庆	2018 年 5 月 1 日起报初步设计审批的主城各区范围内政府投资、主导的轨道交通工程,大型道路、桥梁、隧道和三层及以上的立交工程项目等,在设计阶段应采用建筑信息模型(BIM)技术

设计审查时建议采用一票否决制,即桥梁工业化设计未采用 BIM 技术的不得通过审查。

3 结 语

坚持设计施工一体化,以标准化设计保障工业化建造,不断完善设计技术标准体系,健全设计审查体系,未来,随着科技的发展和建筑业的转型升级,桥梁工业化将会迎来更广阔的发展前景。

参考文献:

[1] 卢永成. 桥梁工业化建造综述[J]. 城市道桥与防洪, 2024(11): 4-8.
[2] 卢永成. 桥梁预制拼装技术[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2021.
[3] JTG/T 3365-05—2022, 公路装配式混凝土桥梁设计规范[S].
[4] T/CCES 31—2022, 预制拼装混凝土桥墩技术规程[S].
[5] T/CSUS 43—2022, 装配式桥梁评价标准[S].