

大跨度型钢混凝土转换梁施工技术

林建刚

深圳市前海产城发展有限公司, 广东 深圳 518000

摘要 : 现代建筑中, 大跨度型钢混凝土转换梁施工技术为核心, 广泛应用于桥梁工程。该结构力学性能和经济效益佳, 但施工复杂、风险高、控制难。具有高强度、抗震性、耐久性和抗腐蚀性等优点。通过对前海控股桂湾汇施工总承包项目的深入分析, 了解大跨度型钢混凝土转换梁在增强建筑结构和确保工程质量上的明显优势, 揭示了位于结构首层的大跨度型钢混凝土转换梁的施工重难点, 为相似项目的建设提供了宝贵的参考和实践方向。

关键词 : 结构首层; 大跨度型钢混凝土转换梁; 施工重难点

Construction Technology of Large-Span Steel Reinforced Concrete Transfer Beam

Lin Jiangang

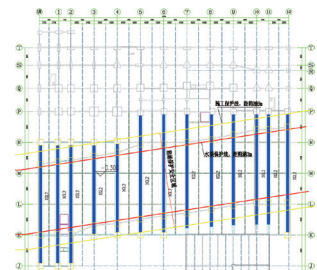
Shenzhen Qianhai Industrial and City Development Co., Ltd. Shenzhen, Guangdong 518000

Abstract : In modern architecture, the construction technology of large-span steel reinforced concrete transfer beams serves as a core component, widely utilized in bridge engineering. This structural configuration excels in mechanical properties and economic benefits, yet it poses challenges due to its complexity, high risk, and difficult control during construction. It offers advantages such as high strength, seismic resistance, durability, and corrosion resistance. Through an in-depth analysis of the Qianhai Holding Guiwanhui general construction contracting project, this paper provides insights into the significant advantages of large-span steel reinforced concrete transfer beams in enhancing building structural performance and ensuring project quality. Furthermore, it reveals the key construction difficulties and focal points of large-span steel reinforced concrete transfer beams located on the first floor of the structure, offering valuable references and practical guidance for similar projects.

Keywords : first floor of the structure; large-span steel reinforced concrete transfer beam; key construction difficulties and focal points

引言

前海控股桂湾汇施工总承包项目因地下存在一条20.5m宽的排水箱涵横穿地块, 为了保护箱涵, 结构采用型钢混凝土转换梁对箱涵保护区域内的结构竖向构件进行转换, 转换梁位于首层地面以下, 共13根跨箱涵型钢混凝土转换梁, 转换梁总长34.3m~46.8m, 转换梁尺寸为1800mmX3600mm, 其中型钢尺寸为1000mmX3000mm, 单根型钢梁重75t~102t, 型钢混凝土转换梁通过1000mmX1000mmX1300mm H型钢抗剪键与 $\phi 1800$ 的旋挖灌注桩相连, 为了防止整体土方开挖卸载过大而引起排水箱涵上浮, 13根转换梁需按照相应施工工序逐一进行施工(土方开挖→抗剪键区域抽芯→转换梁底筋绑扎→转换梁吊装→临时支撑加固→转换梁上部钢筋绑扎→砖胎膜砌筑→土方回填→混凝土分层浇筑), 施工作业场地狭小, 转换梁内钢筋分布密集, 桩于梁及柱与梁节点钢筋交错复杂, 桩头处理耗时较长, 尺寸精度要求高, 钢梁吊装、钢梁固定、钢筋绑扎、模板搭设及混凝土浇筑施工难度很大。



一、工程概况

前海控股桂湾汇施工总承包项目位于深圳市前海自贸区, 东临月亮湾大道, 北接桂湾三路, 南临桂湾四路; 西临怡海大道、平南铁路和规划中的深惠、深莞城际铁路。占地面积约26846 m², 总建筑面积约61502 m², 本工程主要功能为仓储式商业和机动车库。地上三层, 层高分别为首层6.55m, 一层夹层4.1m, 二层8.95m, 三层3.9m。局部地下室功能为设备消防水池, 层高4.35m。结构形式为钢筋混凝土框架结构。本工程相对标高±0.000相当于绝对标高7.000。

二、型钢混凝土结构特征

(一) 型钢混凝土结构概述

型钢混凝土结构是以型钢为骨架并在型钢周围配置钢筋和浇筑混凝土的埋入式组合结构体系, 为混凝土内配置型钢和钢筋的型钢混凝土组合结构, 由混凝土、型钢、纵向钢筋和箍筋组成, 型钢可采用轧制型钢或焊接型钢。由于型钢混凝土的内部型钢与外包混凝土形成整体, 共同受力, 其受力性能优于这两种结构的简单叠加, 具有较高的强度和抗震性能, 同时具备一定的耐久性

能和良好的经济优势。尤其在大跨度结构转换项目中，型钢混凝土结构能够有效地保证结构的强度、稳定性和耐久性^[1]。

(二) 实腹式与空腹式配钢型混凝土结构

型钢混凝土结构可根据内部配钢形式的不同分为实腹式和空腹式两大类。实腹式型钢通常采用由钢板焊接拼制成或直接轧制而成的工字型、H型、口字型、十字型截面等；空腹式型钢一般由缀板或缀条连接角钢或槽钢构成空间桁架式骨架。由于空腹式截面抗震性能较差，在实际设计中较少采用，而实腹式截面强度和抗震性更高，在大型建筑中广泛应用。和常规钢筋混凝土结构比，型钢混凝土结构由于使用型钢作为结构钢骨架，可以用于框架结构、剪力墙结构及筒体结构中的梁、柱、节点中，使结构强度、刚度及整体稳定性明显增加，而且很好的提高了结构延性，结构抗震性能明显提高。

三、本工程大跨度型钢混凝土转换梁施工技术

(一) 施工平面布置

本工程施工中，平面布置严格依总承包单位安排，结合现场实际及工期、工序要求科学合理规划。依据招标图纸、文件、答疑，现场及周边调研信息与相关标准规范。要考虑施工通道、周边交通、可利用场地、人车分流、车车分流及“三防”。要合理布局现场，设计进出路径，不扩大用地，规划流程与场地，减少施工道口交通及周边影响，充分利用现有场地潜力。该结构受力、抗震、经济优势明显，是广泛应用的新型结构设计体系。布置施工设备和材料堆场遵循“就近堆放”“及时周转”原则。道路两侧建筑等分类处理并预留安全疏散空间。人员与施工车辆进出口分开设置，人员穿工作服进入并保持安全距离。不同交通工具分大门进出，确保车车分流。加强施工现场安全管理，保障人员及周边居民生命财产安全，防止火灾事故。现场防火、防水、防盗措施完备且布局合理，消除潜在不稳定因素。400t履带吊沿承台8.1m保护线行走，履带吊行走及站位区域地基土压实处理，原状地基土承载力 $f_{ak1}=80kpa$ ，压实后达 $f_{ak2}=120kpa$ 。

(二) 现场临水临电布置

据现场考察，依工程按期建成原则，统一规划施工总平面，合理布置使其紧凑；临时性建设及水、电等线路布置不影响正常施工；编制前海控股桂湾汇施工总承包首层转换梁安全专项施工方案，外购材料场外加工成品后再进场，减小临时堆放场地面积。临时用水、电布置，工程从总包指定给水点接入水源，做水表并供消防、施工用水，引出给水管绕一周，主管引两路横干管至生活区，按用水点预留甩口，按间距布置消防栓。临时用电从总包配电房接入，采用三级配电系统。

(三) 构件进场施工

(1) 土方开挖

根据抗浮验算，单次开挖长度不大于51m即可局部开挖。因此，本工程箱涵区域共分为3段进行施工，土方开挖跟随转换梁分为3段有序施工。土方开挖用3台反铲挖掘机开挖，开挖前做好标高的复测工作，土方外运由西侧临时施工道路进行外运。开挖时，应注意运输道路的通畅，如遇到软土或车辆陷轮，应采取措

施，用钢板铺路等。土方开挖按1:1.29放坡开挖。土方开挖至设

(2) 抗剪槽钻孔施工

跨箱涵型钢砼转换梁两端皆焊接H型钢锚入灌注桩作为转换梁抗剪键，其截面为1000mmX1000mmX1300mm的H型钢。桩头抗剪槽需后期钻孔抽芯凿除，施工工序繁杂，钻芯截面尺寸与标高控制难度大，单个抗剪件施工周期约为4天（涵盖钻芯、找平、清理等工序）。需先把桩头破除至设计标高并平整，然后通过钻孔抽芯的方式开凿出抗剪槽，抗剪槽洞口抽芯完成后再由人工进行精细修整找平。

(3) 施工场地部署

为了便利钢梁现场拼装，于场地北侧设置2个50m×4m的拼装场，场地平整至底板底标高。拼装场地地基处理后采用200mm厚的C30素混凝土硬化，经验算后满足地基承载力要求。在钢梁拼装前设置好临时支撑胎架，由于钢梁截面较大，为了拼装过程中焊接方便，现场采用钢梁卧式拼装焊接。

(4) 转换梁底部钢筋铺设

转换梁柔性结构配筋密集、钢材用量大，钢筋主筋直径为C16和C25，箍筋直径C12，拉筋直径为C6。钢筋在现场加工制作，成型后由汽车吊配合塔吊吊运箱涵转换梁施工区域进行绑扎施工。C16及以上钢筋采用直螺纹连接。

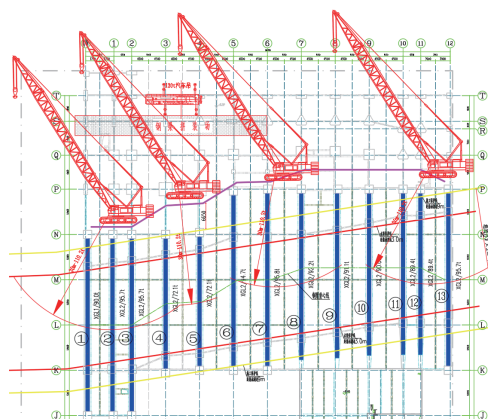
考虑到现场时间条件受限，并征求设计同意后，转换梁箍筋采用开口形式，先绑扎完成转换梁下部纵筋及下U型箍，然后吊装钢梁，最后搭设操作架体，再继续绑扎完成剩余转换梁上部钢筋。转换梁拉筋加工时，需设置为一端弯钩，现场穿腹板绑扎完成后在进行直段弯曲。转换梁箍筋设置钢筋PVC垫块或水泥砂浆垫块，避免砖胎模侧壁回填时挤压砖胎模，导致保护层厚度减小。

转换梁钢筋绑扎采用盘扣式脚手架搭设而成，主要用于人员上下操作及外防护。立杆纵距1500mm，横距600mm，步距1500mm。

操作架每两跨设置抛撑，即用一根斜钢管，一端用旋转扣件连接在立杆上，另一端斜撑在周边边坡坚硬土面上，与地面的倾角在45°~60°之间，保证操作架安全可靠。

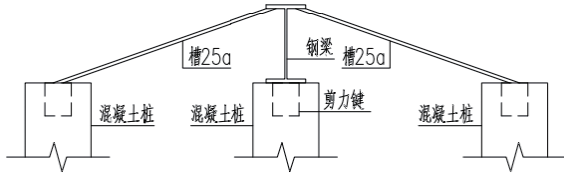
(5) 钢梁吊装

单根钢梁最大重量约为100t，钢梁现场拼装完成后采用400t履带吊进行整体吊装。涵北侧设置拼装场地及20mm厚钢板路面供履带吊行走吊装。13条钢梁最大吊装半径30m，钢梁钢筋约35t。400t履带吊在42m超起重型主臂，大臂倾角52°，240t超起重工况下额定吊重165t，满足吊装要求。



(6) 型钢梁侧向稳定加固施工

为了防止首条钢梁在安装过程中发生倾覆,需对钢梁进行侧向加固。加固采用 C25 槽钢,一端焊接在钢梁上翼缘边缘处,另一端固定在灌注柱的埋板上。其余型钢梁安装就位后吊装机械不松钩,用 C25 槽钢将钢梁与相邻已经稳固的型钢梁刚接,C25# 拉结钢梁共设三道。



(7) 砖胎膜砌筑及混凝土浇筑

转换梁侧模及承台用预制砖胎膜,转换梁吊装、钢筋绑扎后分阶段砌筑。因转换梁中间设计有次梁,砖胎膜和混凝土浇筑以次梁底 2100mm 高为界分两次,单次混凝土分层浇筑,上层初凝前完成,下料钢筋两侧对称,振捣对称,用低水化热水泥、低收缩率混凝土,粗骨料粒径不超过 25mm。 $0 < h \leq 1100$ 时砖胎膜厚 400mm, $1100 < h \leq 2100$ 时厚 200mm,砌到 2100mm 高时回填土方,首次回填后浇转换梁混凝土,再砌砖胎膜, $2100 < h \leq 2500$ 时厚 400mm, $2500 < h \leq 3420$ 时厚 200mm,此时二次回填,待次梁土方开挖、砌筑砖胎膜及完成次梁和转换梁上部钢筋绑扎后,一起浇筑梁与转换梁混凝土。劲性结构构件浇筑后加强养护,可全覆盖塑料薄膜,养护不少于 14 天。

(四) 钢梁安装布置

横跨箱涵的钢梁共 13 根,为了保护箱涵,避免钢梁施工过程中对箱涵产生损坏,钢梁需整根吊装。根据钢构件重量、截面尺寸及现场情况,拟在现场箱涵保护线外北面布置一台 400t 履带吊,履带吊沿箱涵保护线行走,将拼装好的钢梁整根吊装就位。由于本工程地下水位较高,钢梁下方箱涵在施工过程中有上浮风险,所以钢梁需分批次安装,待先装钢梁浇筑砼并填土完成后方可开挖下一批钢梁地基土。根据现有工程资料,本项目 13 根超大尺寸型钢梁拟分两个批次进行安装。钢梁安装顺序从中间往两边分两个阶段进行。

(五) 钢梁安装施工技术

钢梁安装时要清理表面污物,吊装前对连接板和摩擦面除锈。测量校正时确保标准框架整体精确,吊具与钢柱平行以防钢梁弯曲变形。安装后检查贴合方向,按钢柱吊装顺序操作以构建框架并保证垂直。梁端及支座焊接部位加强处理。吊装定位确保方向和水平正确,起吊时将钢梁端部绑牢,定位后用冲钉和常规螺栓紧固。钢梁起吊要水平且与地面保持距离,工厂加工时设吊装孔或吊耳,大跨度大吨位钢梁用焊接吊耳技术^[9]。

钢梁到预定位置后迅速固定连接板,对轻微孔洞偏差用冲钉调跨度,再用安装螺栓紧固,偏差大可适当处理。规定安装螺栓数不低于节点总数 30% 且不少于 2 个。钢梁工厂加工时焊吊耳,用卸扣连接,禁用钢丝绳捆扎起吊,同时每隔 3 米设 1.2 米脚手架管支撑安全绳并悬挂 $\phi 9$ 钢丝绳,施工人员带双钩安全带经外筒钢柱进入操作区,安装后立即拉设安全绳以便施工人员挂安全带确保施工安全。

(六) 钢结构焊接施工技术

上下柱的工地连接采用全熔透焊接。当框架梁高不大于 800mm 时,宜带出一段悬臂段再进行梁梁拼接,该悬臂段长度从柱端算不少于 $L_n/10$ 及 1 倍梁高 (L_n 为梁净跨),悬臂段与柱的连接采用全熔透等强度焊接。箱型截面(含型钢混凝土柱的箱形钢骨)组装焊接时应设置足够刚度的内隔板(含组装过程临时内隔板件)以保证箱体的坚固性,组装过程临时设置内隔板件(工艺板),现场拼接接头处每段箱型截面端部应设置内隔板,永久内隔板结合节点区详图所示的要求确定,当其间距大于 6m 时应加设内隔板,对于箱型截面矩形钢管混凝土构件,内隔板应设置浇灌孔和排气孔,通常箱型截面内隔板按下表取值(B 为较小边),在节点区,隔板和壁板的焊接应使用完全熔透的焊缝,而对于那些不能手动焊接的焊缝,建议使用熔嘴电渣焊,并确保焊缝的对称布局与焊接同步进行。

(七) 梁柱节点焊接施工技术

本工程钢梁翼缘板焊接时应力变形大。若先焊后栓,焊接翼缘板会导致腹板变形使高强螺栓难穿过;若先初拧高强螺栓再焊翼缘板,焊接变形会使腹板摩擦面滑移致螺栓受剪且轴力减少,故柱梁连接栓焊组合节点采用先终拧高强螺栓后焊接的方法。栓焊组合节点焊接采用上下翼缘轮换法,可减小厚板变形和内应力,步骤为:先焊下翼缘至 1/3 焊缝高度,再焊上翼缘至 1/3 焊缝高度,接着焊下翼缘至完成,最后焊上翼缘至完成。柱梁全焊组合节点中,H 型钢梁全焊节点焊接步骤是先焊下翼缘至 1/3 焊缝高度,再焊上翼缘至 1/3 焊缝高度,然后焊腹板至 1/3 焊缝高度,再焊下翼缘至完成,再焊上翼缘至完成,最后焊腹板至完成;型钢梁全焊节点焊接步骤是先焊腹板至 1/3 焊缝高度(两侧腹板同时对称焊),再焊下翼缘至 1/3 焊缝高度,接着焊上翼缘至 1/3 焊缝高度,然后焊腹板至完成,再焊下翼缘至完成,最后焊上翼缘至完成。柱梁全焊节点焊接时上下翼缘要多次轮换且严控层间温度,每步焊接前需重测焊道温度,低于则加热至最低预热温度才可继续焊接。

四、结束语

大跨度型钢混凝土结构融合型钢、钢筋和混凝土,形成一个坚固结构体系,具有良好的抗震和耐久性,经济优势显著。该结构适应性强,稳定性高,在大工程中扮演关键角色,尤其适合应用于大跨度的结构体系中,推动了建筑行业向更高标准发展。随着需求变化和科技进步,大跨度型钢混凝土转换梁施工技术有望进一步优化创新。

参考文献

- [1] 陈琦. 大跨度型钢混凝土梁的有限元分析[J]. 安徽建筑, 2024, 31(3):59-61.
- [2] 罗玉龙, 王林, 王东. 高空间大跨度型钢混凝土梁施工技术[J]. 建材与装饰, 2019(27):30-31.
- [3] 武永丽, 刘鹏云, 李芳军, 等. 大跨度型钢混凝土梁承载力及影响因素分析[C]. // 第二十二届现代结构工程学术研讨会论文集. 2022:267-272.