

软基大跨度现浇梁复合支撑体系设计与应用

王润喆

中铁五局集团第一工程有限责任公司 湖南 长沙 410002

摘要：本文针对软基条件下大跨度现浇梁施工的技术难题，提出了一种基于桩基+条形基础+钢管柱+贝雷梁+盘扣支架的复合支撑体系，并以成渝扩容高速公路跨线大桥工程为工程背景，详细阐述了该体系的结构设计、施工工艺及质量控制措施。研究结果表明，该体系有效解决了软基承载力不足、沉降量大等问题，具有显著的安全性、经济性和适用性，为类似工程提供了参考。

关键词：软基；大跨度；现浇梁；钢管桩；贝雷片；盘扣组合支架

引言：近年来，随着高速公路路网体系的持续完善，大跨度现浇混凝土梁因其结构优势，在各类桥梁建设项目中的使用频率显著提升。然而，在软土地基上施工大跨度现浇梁时，传统支架体系往往面临地基承载力不足、沉降量大、稳定性差等技术难题。这些问题不仅影响施工质量和安全，还可能导致工期延误和成本增加。因此，研究一种适用于软基条件的大跨度现浇梁支撑体系具有重要的工程意义。

1 研究意义

本文提出的桩基+条形基础+钢管柱+贝雷梁+盘扣支架复合支撑体系，通过优化支架结构设计，充分利用了桩基的高承载力、条形基础的稳定性、钢管柱的支撑能力、贝雷梁的跨越能力和盘扣支架的灵活性，有效解决了软基大跨度现浇梁施工中的技术难题。该体系的研究不仅丰富了软基大跨度现浇梁支架体系的设计理论，还为类似工程提供了实用的技术参考，具有重要的理论价值和实践意义。

2 工程概况与地质条件

2.1 工程概况

G85G76重庆（川渝界）至成都高速公路扩容工程ZCB4合同段起止里程为K106+300~K114+300，线路全长8km，设置枢纽互通1处，包括2座主线桥，13条匝道桥，以中和枢纽互通现浇梁左幅第六联为例，该工程桥跨布置为50m+48m，现浇梁宽度30.90~32.75m，高度2.6m，混凝土方量约2900m³。桥址处为软土地基，深度2.0~9.0m，地基承载力不足120kPa，地下水位较高，施工难度大。

2.2 地质条件

工程场地地质条件复杂，主要为第四系冲积层，以淤泥质粘土、粉质粘土为主，具有高含水量、高压缩性、低强度等特点。同时，地下水位较浅，受季节影响大，对施工有较大影响。

3 支架体系结构设计方案

3.1 支架体系方案比选

在桥梁支撑体系方案论证过程中，对盘扣式满堂支架与复合支撑体系支架两种技术路径进行了综合比选。

比选维度	满堂支架方案	复合支撑体系	胜出方案
地基适应性	需大面积处理	桩基穿透软弱层	复合体系
施工周期	45天/跨	27天/跨（-40%）	复合体系
经济性	33万元/跨	37.6万元/跨（+14%）	满堂支架
安全风险	地基沉降风险高	节点失稳风险	复合体系
适用跨径	< 30m	30~60m	复合体系

满堂支架与复合支撑体系支架综合比选论证结果

传统满堂支架方案存在地基处理需求较高、经济成本较大及施工周期偏长等局限，尤其在软弱地基和大跨度工况下适用性受限。与之形成对比的复合支撑体系（包含桩基、条形基础、钢管柱、贝雷梁及盘扣支架的模块化组合），凭借其显著的结构承载力优势、整体稳定性能以及广泛的地质适应性等特点，经技术经济综合

评估后，最终被确定为该工程实施的优选方案^[1]。

3.2 支架体系结构设计

3.2.1 桩基设计

桥位区广泛分布软弱土层，为针对性解决软基承载力不足问题，本项目采用摩擦桩形式进行桩基设计，穿透软弱层，将荷载直接传递至下部稳定的强风化层，从根本上解决软基承载力不足、沉降过大等问题。钻孔灌

注桩需穿透强风化层且进入深度不小于2m,单桩实际桩长将根据现场钻进过程中揭示的地质条件动态调整确定;桩基采用7根直径1.0m的钻孔灌注桩,按5m间距布置,设计桩长范围为10m~12m,要求桩端须穿透强风化层并深入中风化岩层以确保足够承载力;混凝土采用C30水下浇筑工艺。

3.2.2 条形基础设计

条形基础沿桥梁横向布置,长度32m,设置4排,中心间距13.5m+15m+15m,采用C30钢筋混凝土浇筑,宽度为1.5m,高度为1.5m,以分散上部结构荷载,减少地基应力。

3.2.3 钢管柱设计

钢管柱采用 $\phi 609 \times 16$ mm标准规格,支墩布置实施差异化设计:1#、4#支墩沿横向轴线按3.5~4.0m中心距渐变式分布,共布设9根;2#、3#支墩采用2.0~2.5m动态调节间距,加密布置12根。柱体高度根据高程数据进行实时调整,高程控制误差 $\leq \pm 5$ mm,确保贝雷梁安装面达到设计标高。柱间稳定性控制采用[16型钢横向连系梁(间距 ≤ 4 m)构建空间桁架体系,所有节点采用双面角焊缝(焊缝等级二级)进行刚性连接,形成整体受力框架。

3.2.4 贝雷梁设计

贝雷梁采用321型,长度45m,翼板双排单层布置,腹板、顶底板三排单层布置(腹板间距0.45m,顶底板间距0.9m),间距0.9m。以形成连续梁体系分散荷载。贝雷梁之间通过45型和90型花架连接,梅花形布置,确保结构整体稳定性。

3.2.5 分配梁设计

贝雷梁安装完成之后,采用114工字钢作为横向分配梁,顺桥向布置,间距0.9m。

3.2.6 盘扣支架设计

贝雷桁架上盘扣脚手架高度按2m高度考虑,立杆布置在114工字钢上,横向间距腹板0.6m $\times$ 0.6m,顶底板0.9m $\times$ 0.9m,纵向间距0.9m $\times$ 0.9m,步距1.5m,顶部设置横向分配梁,采用I12a工字钢。

3.3 有限元分析

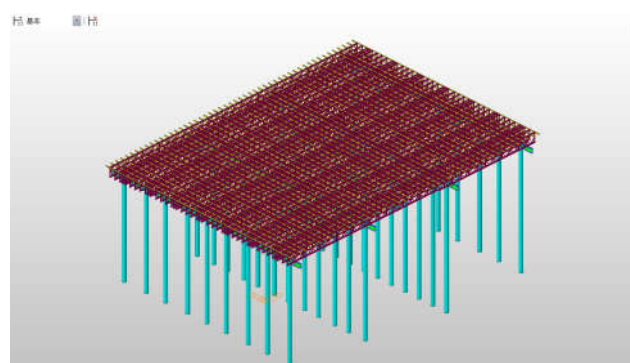
利用Midas/Civil软件建立有限元分析模型,重点分析结构变形、内力分布,验证承载能力。分析结果表明,最大沉降量为18mm,贝雷梁弦杆最大应力为227MPa,均满足规范要求,验证了支架体系的安全性。

3.3.1 迈达斯建模

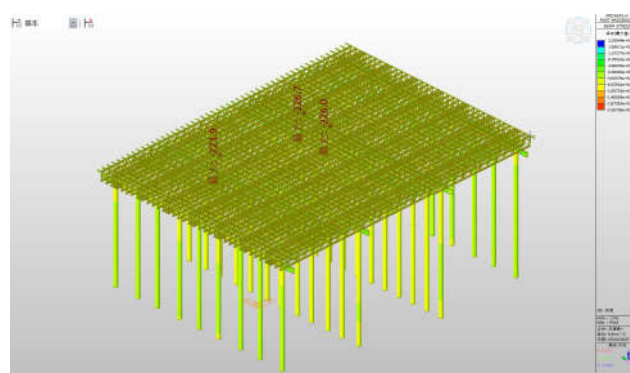
3.3.2 贝雷梁最大应力Midas计算结果

现浇梁支架共计采用43片贝雷片,最大组合应力详见下图,从图可知贝雷片最大组合应力在贝雷片与双拼

I56b工字钢横梁交接位置处,此处组合应力为227MPa,根据《钢结构设计标准》GB 50017-2017钢:抗拉、抗压、抗弯强度设计值 $f = 305$ MPa。强度满足受力要求。



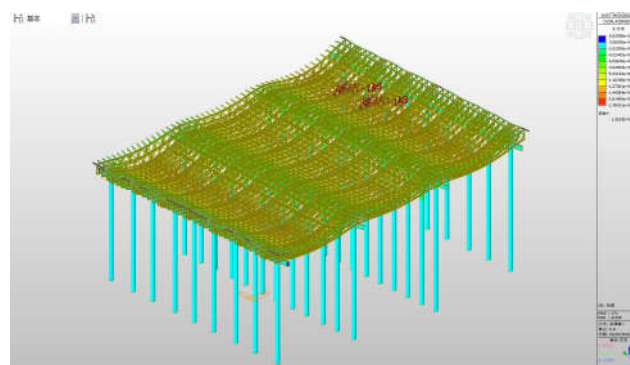
Midas整体模型标准视图



贝雷梁组合应力图(单位:MPa)

3.3.3 贝雷梁最大变形Midas计算结果

贝雷梁变形图如下图,从图得知,贝雷梁承受最大挠度 $f = 18\text{mm} < [f] = 15000/400 = 37.5\text{mm}$ (满足规范要求)。



贝雷梁变形图mm

4 施工工艺与质量控制

4.1 施工工艺流程

施工工艺流程包括桩基施工、条形基础施工、钢管柱安装、贝雷梁架设、盘扣支架搭设、模板安装、钢筋施工、混凝土浇筑等步骤。桩基施工采用旋挖钻机成

孔,钢筋笼分段制作,履带吊吊装垂直就位后浇筑混凝土;条形基础采用挖掘机土方开挖,人工配合修整基地,模板支撑牢固后浇筑混凝土;钢管柱采用50t履带吊配合全站仪安装,确保垂直度;贝雷梁分段模块化拼装,采用50t汽车吊双机抬吊整体就位;盘扣支架自下而上逐层搭设,首层设置扫地杆;模板采用15mm竹胶板作为现浇底模,连接缝隙处理严密,加固防止开裂;钢筋施工按设计图纸进行,确保型号、尺寸准确;混凝土浇筑分层进行,振捣密实,防止开裂^[2]。

4.2 质量控制要点

质量控制要点包括材料检验、构件加工精度、安装垂直度、连接牢固性等方面。在材料检验过程中严格落实项目部质量目标控制措施,确保桩基混凝土强度、钢管柱壁厚等符合规范;采用工厂预制、机器人焊接等先进工艺确保构件加工精度和焊接缝质量以确保贝雷梁弦杆直线度、钢管柱垂直度等满足要求;钢管柱、贝雷梁安装施工过程中采用徕卡全站型测量机器人以保证垂直度安装精度;连接牢固性采用自动化数字型扭矩扳手对每个连接螺栓进行检查,确保螺栓安装质量,确保扭矩合格率100%^[3]。

5 应用效果分析

5.1 沉降监测

通过布置沉降观测点对复合支撑体系进行沉降监测,在监测周期内测得最大沉降量为25mm,满足规范要求($\leq L/400 = 1500/400 = 37.5\text{mm}$),验证了该复合支撑

体系在软基大跨度现浇桥梁应用的有效性。

5.2 应力监测

应力监测结果表明,贝雷梁弦杆最大应力为235MPa,小于容许应力305MPa,确保了结构的安全性。

5.3 工期与成本

与传流盘扣支架方案相比,本复合支撑体系充分利用了各支撑模块的优越性,使安装工期缩短了整整10天,仅支撑体系一项的成本就降低了8%,实践应用结果表明,该复合支撑体系在软基大跨度现浇桥梁支撑体系中具有显著的经济效益优势^[4]。

结束语:桩基+条形基础+钢管柱+贝雷梁+盘扣支架组合体系在软基大跨度现浇梁施工中表现出显著的成本优势和安全优势,便于工厂预制加工,确保安装精度,同时能够有效解决软基承载力不足、沉降量大等问题,具有安全性高、经济性好等优点。

参考文献

- [1]雷海斌.软基及跨公路的大跨度连续梁现浇支架设计[J].价值工程,2022(17):62-64.
- [2]陈云辉.大跨度钢管桩贝雷梁组合支架设计与受力分析[J].西部交通科技,2014(7):23-25,68.
- [3]刘玉明路一.牛腿贝雷梁支架在软弱地基施工中的应用[J].安徽建筑,2014(1):101.169.
- [4]中华人民共和国交通运输部.公路桥涵施工技术规范(JTG/T 3650-2020)[S].北京:人民交通出版社,2020.