

# 软土地基小箱梁式隐式盖梁临时支架体系研究

徐声亮<sup>1</sup>, 王康宇<sup>2</sup>, 宁英杰<sup>3</sup>, 叶经斌<sup>1</sup>

(1. 宁波市政工程建设集团股份有限公司, 浙江 宁波 315000; 2. 浙江工业大学, 浙江 杭州 310014;

3. 浙江交工集团股份有限公司, 浙江 杭州 310051)

**摘要:** 小箱梁式隐式盖梁设计因为取消了盖梁, 在施工过程中要使用临时支架将小箱梁支撑到浇筑位置, 因此在桥跨结构施工完成之前, 所有上部结构的重量都需要通过临时支架结构来承担。基于浙江宁波环城南路西延工程, 针对施工过程中地基承载力差、主梁重量大和盖梁跨径大的问题, 通过不同临时支架体系的方案比选, 研发了适用于软土地基小箱梁式隐式盖梁施工的临时支架体系。该体系在快速路既有承台间上设置临时支架, 支架主体为可回收利用的钢结构, 在施工周期与工程造价方面有较大优势。该体系在满足有效、安全、可靠的建设要求的基础上, 能够有效控制施工区域的沉降, 控制整体结构不均匀沉降的同时降低总沉降量。

**关键词:** 小箱梁; 隐式盖梁; 软土地基快速路; 临时支架; 大跨径钢梁支承

中图分类号: TU473.14

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0202-04

## Research on Temporary Bracket System of Small Box Beam Hidden Bent Cap in Soft Soil Foundation

XU Shengliang<sup>1</sup>, WANG Kangyu<sup>2</sup>, NING Yingjie<sup>3</sup>, YE Jingbin<sup>1</sup>

(1. Ningbo Municipal Engineering Construction Group Co., Ltd., Ningbo 315000, Zhejiang, China; 2. Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China; 3. Zhejiang Traffic Engineering Construction Group Co., Ltd., Hangzhou 310051, China)

**Abstract:** In the design of small box beam hidden bent cap, the temporary brackets are used to support the small box beam to the pouring position during construction because the bent cap is removed. Therefore, before the completion of the construction of the bridge span structure, the weight of all superstructures needs to be borne by the temporary bracket structure. Based on the Zhejiang Province Ningbo South Ring Road West Extension Project, aiming at the problems of poor foundation bearing capacity, heavy girder weight and long bent cap span in the process of construction, a temporary bracket system suitable for the construction of small box beam hidden bent cap in soft soil foundation has been developed through the comparison of different temporary bracket systems. The temporary bracket is installed between the existing base slabs on the expressway in this system. The main body of the bracket is a recyclable steel structure. There are significant advantages in construction period and engineering cost. On the basis of meeting the requirements of effective, safe and reliable construction, this system can effectively control the settlement of the construction area, control the uneven settlement of the overall structure, and reduce the total settlement.

**Keywords:** small box beam; hidden bent cap; expressway on soft soil foundation; temporary bracket; support of long-span steel girder

## 0 引言

在城市快速路建设中, 预制小箱梁因经济效益好、作业标准化, 以及施工质量与工程安全管控更容易控制的优点, 现已逐步替代现浇箱梁成为城市快速路高架的主流结构形式<sup>[1]</sup>。然而, 采用预制小箱梁设计会影响地面车辆的通行净空。为解决该问题, 部分专家学者提出了将预制小箱梁与盖梁置于

同一平面内的“预制小箱梁+隐盖梁”模式<sup>[2]</sup>。采用隐式盖梁的设计不仅能够解决净空问题, 还能有效增强小箱梁之间的联系, 使结构连续呈“连续梁体系”增强了结构的整体性<sup>[3]</sup>。但隐式盖梁设计因为取消了盖梁, 在施工过程中要使用临时支架将小箱梁支撑到浇筑位置。因此, 在桥跨结构施工完成之前, 所有上部结构的重量都需要通过临时支架结构来承担<sup>[4]</sup>。因此采用小箱梁式隐式盖梁的设计对于施工地段的地基承载力有较高要求, 同时搭建临时支架还要考虑地基沉降问题。尤其是在位于软土地基上的小箱梁式隐式盖梁工程项目中, 如何选择临

收稿日期: 2024-01-31

作者简介: 徐声亮(1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁工程设计与施工管理工作。

时支架体系是工程建设的核心与关键。

本文以浙江宁波环城南路西延工程隐式盖梁段为研究背景,通过对比不同方案来探讨一种适用于地基承载力差、主梁重量大、盖梁跨径大的隐盖梁临时支架体系,在满足安全有效、方便可靠的基本建设要求的同时,以期为类似的工程项目提供一定的参考依据。

## 1 工程概况与施工难点

### 1.1 工程概况

浙江省宁波市环城南路西延工程项目中的预制小箱梁式隐式盖梁段北起HCNP37#墩,南至HCNP48#墩,总共涉及6联11跨(3跨简支,2联3跨,1联2跨)12个墩。工程红线宽度68~76.5 m不等。该项目的建设标准为“主线快速路+地面主干路”,设计速度分别为80 km/h与50 km/h。隐式盖梁在伸缩层区域宽1.5 m,在中支点连续处宽2.5 m;隐盖梁梁高以2.2 m为主,预制小箱梁高度为1.6 m。

### 1.2 施工难点

浙江省宁波市环城南路西延工程项目中的预制小箱梁式隐式盖梁段施工范围内主要是淤泥质粉质黏土(土层厚度20 m以上),桩侧摩阻力标准值 $q_{si}$ 不大于20 kPa,土体的压缩模量 $E_s$ 不超过2.4 MPa,地基承载力 $f_a$ 不超过40 kPa。地质条件差,在搭建临时支架时无法直接选用既有地基作为支承基础。同时该工程段主梁重量大,单梁重量达到了80~96 t,且盖梁跨径大,连续段跨径达24 m,悬臂段跨径逾9.0 m,远超类似的工程案例,为临时支架的设计带来难题。

## 2 荷载计算与临时支承梁选择

### 2.1 荷载计算

临时支架体系主要承担预制小箱梁自重、隐盖梁自重、施工荷载(作业人员及小型作业机械)及支架体系自重4个部分。经计算,该工程预制小箱梁式隐盖梁施工阶段临时荷载集度在390~490 kN/m间,其中HCNP43#墩最大(490 kN/m),HCNP41#墩最小(390 kN/m);预制小箱梁的荷载集度占比58.54%~62.21%,HCNP40#墩最大,HCNP39#墩最小;横桥向连续段最大跨径23.2 m(42#墩),连续段最小跨径13.9 m(41#墩,不计柱间跨径),悬臂段最大跨径10.623 m,悬臂段最小跨径6.485 m。因此,在进行方案评估时以连续段跨径最大的HCNP42#墩为基准,采用荷载最大的HCNP43#墩的荷载集度,来评估临

时支架体系的强度、刚度、稳定性及经济性。

### 2.2 临时支承梁选择

常见的支承梁包括贝雷桁架与实腹式型钢两类<sup>[5]</sup>。尽管临时支承梁的类型与规格取决于临时下部结构,考虑到临时荷载的规格远大于普通施工荷载,抗剪承载力、结构变形等常规工程的非控制性要求或成为关键因素,故按自重、抗弯承载力、抗剪承载力3个指标来选择临时支承梁。本工程临时荷载集度较大,支承梁存在侧向稳定问题,故选用实腹式型钢双拼构件组成箱型构造,既可实现施工临时措施结构的使用要求,又允许单梁拼装、整梁使用,便于现场的接长施工。

## 3 临时支架方案评估

### 3.1 地基处理类方案

地基处理类方案的核心思路是提高地基承载力,采用扩大基础,以控制支承梁的跨径。地基处理类方案主要可分为换填地基处理与复合地基处理。换填地基是以高承载力的石方替代表层软弱土,并通过提高换填土层厚度将临时支架结构的荷载扩散,以减少下卧层的地基应力<sup>[6]</sup>。复合地基方案的核心思路,是在既有软弱土层中增设散体材料增强体或有黏结强度增强体,提高表层地基的承载力 $f_{ak}$ 与压缩系数 $E_s$ ,以控制地基沉降<sup>[7]</sup>。

经计算,换填地基与复合地基方案都无法满足施工地段的沉降要求,容易发生主线跳车的情况,影响行车速度与舒适性。

### 3.2 临时桩基础支承方案

临时桩基础方案是把桩基础穿透土质较差的软弱地基层,直接打入土质较好的持力层的方案。该方案将上部支架结构的荷载直接传递到土质更好的持力层,不仅满足了地基承载力的要求,而且控制了地基的沉降。临时桩基础方案主要分为3类:PHC管桩支承、钢管桩支承和钻孔灌注桩支承。

PHC管桩支承是在复合地基方案的基础上打入PHC管桩作为加固桩以减轻地基沉降的支承方案。钢管桩支承是钢管桩支承方案的核心思路,是选择循环使用频率更高的钢管替代一次性投入的PHC管桩,同时通过增加支承桩的入土深度以提高单桩承载力,减少支承桩数量。钻孔灌注桩支承方案的核心思路,是将支架结构的支承梁当作主体,将减少支承梁跨径作用的支承墩设置在永久桥墩立柱间,支承墩下方的钻孔灌注桩打入到坚实的持力层中,为

上部结构提供支撑的同时也能控制地基沉降。

其中钢管桩支承方案只能通过振动锤来进行钢管桩的插打、拔除施工<sup>[8]</sup>。必须要有足够的施工净空条件来支持振动锤的吊装施工作业,但在上部小箱梁架设完成后,就没有足够用来拔除的施工净空条件。

### 3.3 临时钢盖梁方案

临时钢盖梁方案是将临时支架体系全部设置在既有承台上,临时支架上的荷载通过既有承台直接传递至地面,采用大跨径钢结构作为临时盖梁支承预制小箱梁及隐盖梁等。

### 3.4 方案比选

综上所述,在该工程中,只有PHC管桩支承方案、钻孔灌注桩支承方案与临时钢盖梁方案具备可行性。

PHC管桩支承方案需要换填地基施工周期较长且PHC管桩、钢筋混凝土承台及预埋件都是一次性使用无法周转,综合成本较高。建设完成后还需对PHC管桩做后续处理,且复合地基沉降显著高于既有承台,尤其在永久结构周边区域,复合地基因应力集中导致沉降偏高,导致主梁体系产生次内力。

钻孔灌注桩支承方案施工周期更短,其中钻孔灌注桩、钢筋混凝土承台及预埋件无法周转,综合成本较PHC管桩支承方案低。建设完成后也需对管桩做后续处理,且桩基础深度与既有承台相近,承载力相仿,但单桩承担的反力高于永久桩基础,故临时支点区域的沉降量高于永久承台,容易导致支承梁出现次内力。

临时钢盖梁方案依托于既有承台建设,结构主体为钢结构,只有少量预埋件无法回收周转,且主要施工时间为支架搭设及拆除,在施工周期与施工成本上优于其他方案。在建设过程中,上部结构荷载均作用于既有承台处,且总荷载值低于运营荷载,不存在不均匀沉降,且总体沉降低。综合考虑,应选择临时钢盖梁方案施工。

## 4 临时支架总体设计

临时钢盖梁方案仅在既有承台上设置支承柱,同时仅依靠支承梁自身刚度承担临时荷载。支承梁、支承柱的构造尺寸依据计算设计确定。其中,主、边墩支承柱的规格宜不同,边墩仅设置单个支承点,以避免边墩支点出现负反力,如图1所示。

采用MIDAS Civil模拟支承梁与支承桩在不同工

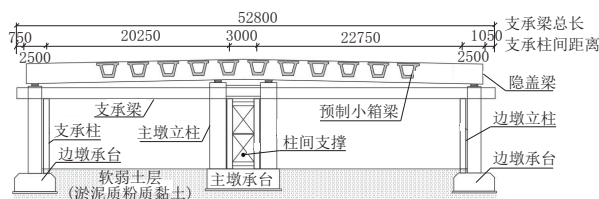


图1 横断面构造

况下的内力及反力。其中,临时支承荷载,预制小箱梁范围内按490 kN/m计,预制小箱梁以外按186 kN/m计,支承梁的反力、弯矩、剪力如图2至图4所示。

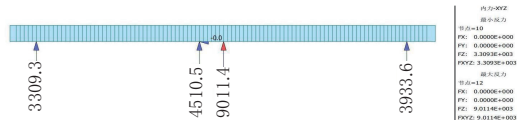


图2 支承反力统计(峰值反力9 011.4 kN)

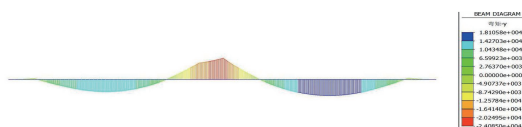


图3 峰值弯矩统计(峰值弯矩为24 085 kN·m)



图4 峰值剪力统计(峰值剪力为6 430 kN)

主墩处支承柱峰值轴力按4 505.7 kN(支承梁分布在主墩两侧,取单侧计算,下同)计,选用φ800×14 mm钢管,立柱高度按7.5 m。经验算,支承桩的容许轴力满足规范要求。支承梁采用Q345B钢材制作,梁高取2.0 m,翼缘宽度取1 200 mm,翼缘板厚25 mm,腹板厚14 mm。经验算,支承梁构造满足要求:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{12\,042.5 \text{ kN} \cdot \text{m}}{68\,339 \text{ cm}^3} = 176.1 \text{ MPa} \leq [\sigma] = 210 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{V \times S}{I_0 \times t_w} = \frac{3\,215 \text{ kN} \times 37\,230 \text{ cm}^3}{6\,839\,900 \text{ cm}^4 \times 16 \text{ mm} \times 2} = 54.7 \text{ MPa} \leq [\tau] = 140 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} = 199.93 \text{ MPa} \leq 1.1 \times [\sigma] = 231 \text{ MPa}$$

支承梁挠度由MIDAS Civil分析确定,主梁峰值挠度为63.33 mm,对应支承梁跨度为22.75 m,挠跨比1/359.4,满足规范要求。

## 5 结 语

本文基于浙江宁波环城南路西延工程隐式盖梁段这一工程实例,针对施工过程中地基承载力差、主梁重量大和盖梁跨径大的问题,通过对比不同临时支架体系方案,研究了适用于软土地基小箱梁式隐式盖梁施工的临时支架体系。

(1)换填地基方案能够满足承载力要求,但无法满足变形要求;复合地基方案可满足地基承载力要求及地基沉降要求,但使用后清除不具备可行性。

(2)钢管桩支承方案没有足够的施工净空条件;PHC管桩支承方案与钻孔灌注桩支承方案施工周期长且综合成本较高,在施工完成后都需要进行桩清除且区域内有不均匀沉降。

(3)大跨径钢梁支承体系以既有承台为基础,未在永久道路范围内设置桩基础,临时支架体系主体为钢结构,在施工周期与建设成本上有较大的优势。在建设过程中,上部结构荷载均作用于既有承台处,且总荷载值低于运营荷载,不存在不均匀沉降且总体沉降量低。

综合考虑,临时钢盖梁方案更加适用于软土地基小箱梁式隐式盖梁施工。该方案满足了安全有效、方便可靠的基本建设要求,而且具有较好的经济

效益,能够为类似的软土地基小箱梁式隐式盖梁工程项目选择临时支架体系时提供一定的参考依据。

参考文献:

[1] 郭守傲. 中小跨度带翼小箱梁的特点及应用现状[J]. 四川建筑, 2007(4): 122-123, 127.  
[2] 游新. 公路和城市桥梁盖梁选型探讨[J]. 青海交通科技, 2017(5): 84-86.  
[3] 林威. 带隐形盖梁的装配式小箱梁桥力学特点研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2023.  
[4] 史贤豪, 谢波, 肖海波. 预制小箱梁中隐盖梁设计关键技术研究[J]. 城市道桥与防洪, 2020(10): 81-83.  
[5] 张晓振. 贝雷桁架与钢立柱在桥梁施工中的组合应用[J]. 四川建筑, 2020, 40(3): 278-280.  
[6] 鲍娇. 换填法地基加固施工技术在建筑工程中的应用[J]. 砖瓦, 2023(1): 133-135.  
[7] 张爱军. 复合地基优化的理论与措施研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2008.  
[8] 谭斌, 徐本春, 刘德风, 等. 关于几种钢管桩拔桩方法的讨论[J]. 黑龙江工业学院学报(综合版), 2018, 18(10): 45-50.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: [roadfloodbridge@163.com](mailto:roadfloodbridge@163.com)

