

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.05.035

市政高架预制盖梁无支架拼装的方案优化

丁大卫

[中交三航第一工程(上海)有限公司, 上海市 201315]

**摘 要:** 马来西亚经济中心吉隆坡的市政建设发达, 高架桥应用非常广泛。由于其城市土地大多私有化开发的特点, 大量在密集城区、既有道路上新建市政高架的项目层出不穷。城市高架结构设计紧凑, 施工作业面狭小, 建设周期内, 受周边建筑物及现有交通的约束较多。依托公司承建的 DASH 高架快速路 CB3 标段项目, 重点介绍预制盖梁无支架式拼装施工方案的优化。

**关键词:** 市政高架桥; 盖梁; 节段拼装; 工艺优化; 无支架式

**中图分类号:** U445      **文献标志码:** B      **文章编号:** 1009-7716(2022)05-0138-04

1 工程概况

DASH 高架快速路 CB3 标段位于马来西亚雪兰莪州 Pataling Jaya 市 Damansara Perdana 区, 衔接 CB2 和 CB4 标段, 主线全长 1.9 km, 桥面宽 29.94 m, 双向 6 车道, 见图 1。其中包含一座 60 m+60 m 双幅现浇连续梁大桥, 斜跨污水处理厂, 一条匝道 RAMP 12/A 连接地面道路。高架主线 95% 以上建于既有地面道路, 下穿高压电缆, 横跨商业区、住宅楼。70% 以上同周边建筑物相邻, 最小距离仅 8 m。考虑到实际施工作业空间的有限性及复杂性, 结合地下管线探摸的结果, 项目采用了大量针对性的变更, 确保了项目的顺利实施。



图 1 DASH-CB3 航拍图

2 预制盖梁结构形式

本项目共计 46 榀预制盖梁, 每榀由 S1、S2L、S2R、S3L、S3R 五个块段预制拼装组成, 内设预应力孔道, 后期随上部结构施工后荷载的增加, 分阶段逐级张拉预应力钢绞线。标准断面见图 2, 各块段重量见表 1。

收稿日期: 2021-12-17  
作者简介: 丁大卫(1983—), 男, 学士, 工程师, 从事工程项目管理工作。

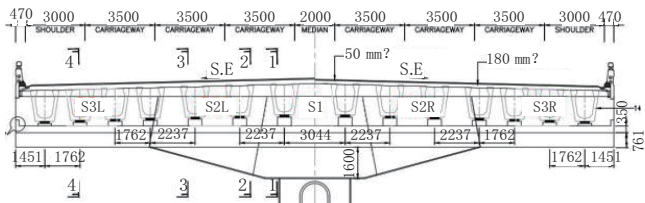


图 2 预制盖梁标准断面图(单位:mm)

表 1 各块段重量表

| 序号 | 构件名称    | 混凝土方量 /m <sup>3</sup> | 重量 /t   | 备注                |
|----|---------|-----------------------|---------|-------------------|
| 1  | S1      | 29                    | 77      | 250 t 汽车吊吊装       |
| 2  | S2L、S2R | 30                    | 79      | 360 t 汽车吊吊装       |
| 3  | S3L、S3R | 31 ~ 33               | 80 ~ 85 | 360 t、500 t 汽车吊吊装 |

预制盖梁块段采用长线法在预制场整榀分块段浇筑, 设计设置 S1 号块墩身固接节点留孔、块段吊点预留孔、盖梁内落水管道、体外临时锚固预埋、张拉锚具及灌浆孔道、截面齿块、高空作业临边围护、预应力施工平台锚固预埋件、测量控制点、安装就位对准线。

3 施工工艺概述

**S1 号块安装:** 场地处理(包括支架基础及通道地基), 号块支撑施工, S1 起吊就位, 对准落下, 测量复合控制点, 通过缆风调正位置角度, 通过支撑调整标高, 测量复合, 吊车松钩;

**S1 号块节点处理:** 盖梁与墩身连接处做补缝处理, 留孔内钢筋绑扎, 预应力波纹管安装, 落水管道安装、临时锚固预埋、混凝土浇筑、节点混凝土强度达 90% 后可拆除体外支撑架;

**S2L/R 号块安装:** S2L 块段运输到场(临时锚固用预埋件已安装), 落地后在块段截面涂抹环氧树脂, 安装预应力孔道防漏胶圈, 起吊就位对准, 连接并张

拉体外临时锚固精轧螺纹钢，吊车送钩，相同工艺安装 S2R 号块。两端安装预应力施工平台，穿钢绞线张拉灌浆，拆除体外临时固结。

S3L/R 号块安装：同 S2L/R 号块吊装。对穿预应力钢绞线，张拉悬拼索，拆除体外临时固结，待上部结构施工后，分阶段进行后张，最后灌浆、封锚。

4 施工方案的优化

本项目采用英国标准体系设计施工，即咨工只负责出施工图(Construction Drawing)，承包商负责根据拟定的施工方案细化施工图并出具分体系的 Shop Drawing，报咨工批复后方可施工，相关专业如预应力施工、支撑体系、临时锚固体系等还需配合认证工程师出具的计算书予以验证。项目部在细化施工方案的过程中，主要通过以下几个方面对施工图进行调整，从而达到了简化施工，加快工期、节约造价的目的。

(1)墩顶 S1 号块节点开孔布置调整

原施工图节点留孔见图 3，墩顶截面尺寸 3.6 m × 2.0 m，留孔下底尺寸 3.6 m × 2.0 m，且垂直设置留孔。桥面在转弯段横坡最大达 6%，盖梁安装即需找坡，预制盖梁并非与墩身垂直，如按图垂直设置预留孔，一侧垂直预留的钢筋就会发生碰撞，无法正常安装，且下口无法同水平墩顶贴合。

优化方案：对 S1 号块开孔重新设计，下底尺寸 3.6 m × 1.45 m，上底尺寸 4.1 m × 1.45 m，呈倒梯形，见图 3。

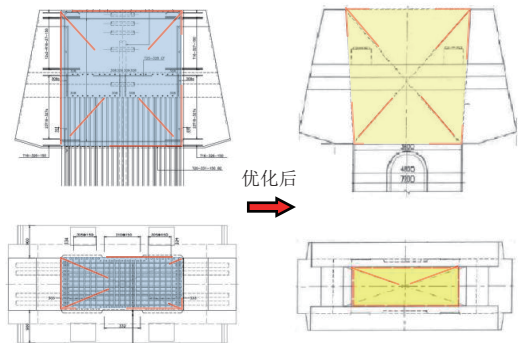


图 3 节点开孔优化图

(2)墩身预留筋的布置调整

墩顶和 S1 号块留孔内预留的节点锚固钢筋较多，预留筋沿墩顶截面布置，只有混凝土保护层和一层箍筋的间距，如钢筋预留位置或垂直度稍有偏差，安装时就会发生碰撞，无法正常安装。

优化方案：调整墩顶预留节点钢筋的布置，重新在内圈预埋竖向预留钢筋。根据新的预留位置重新

进行结构验算，调整预埋钢筋设置，见图 4。

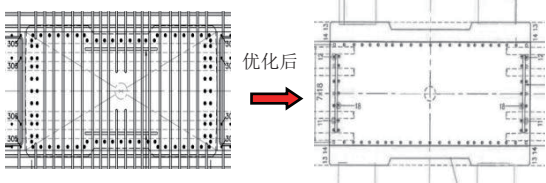


图 4 墩身钢筋预埋布置优化图

(3)以墩顶混凝土表面作为支撑，替代常规体外临时支撑支架；

原案 S1 号块留孔尺寸同墩身截面尺寸，既 S1 号块同墩顶截面无接触，需要靠体外临时支撑。为了满足施工工期的需求，现场至少需要 8 套支架流转施工，且 46 榀预制盖梁，每榀都需进行支撑架基础处理，安装和拆除，并需配置 8 × 4 = 32 个 50 t 螺杆式千斤顶。

优化方案：在调整墩顶预留钢筋后，大大增加了预留筋到墩顶边的空间，再次调整留孔尺寸，减小留孔下底尺寸，使 S1 号块同墩顶有足够的接触面积，并对墩顶接触面做找坡打磨处理，利用墩身自身支撑 S1 号块，取消体外临时支撑，见图 5。

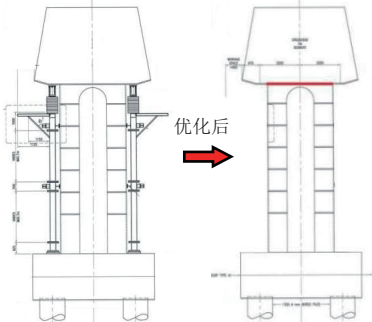


图 5 支架形式优化图

5 预制盖梁 S1 号块的无支架验算

验算规范：

BD37/01- 高速公路桥梁荷载

MS 1553:2002- 结构风荷载规范

WMO/TD-1555- 热带地区风载转换参考

BS 5975:2008- 临时施工和支撑设计规范  
荷载取值及计算模型<sup>[1]</sup>：

计算模型见图 6。

混凝土密度：25.0 kN/m<sup>3</sup>

施工荷载：1.0 kN/m<sup>2</sup>

横向风载<sup>[2]</sup>：1.11 kN/m<sup>2</sup>

纵向风载：1.42 kN/m<sup>2</sup>

竖向风载：0.69 kN/m<sup>2</sup>

\* 风载按 30 m 高取值

验算过程：

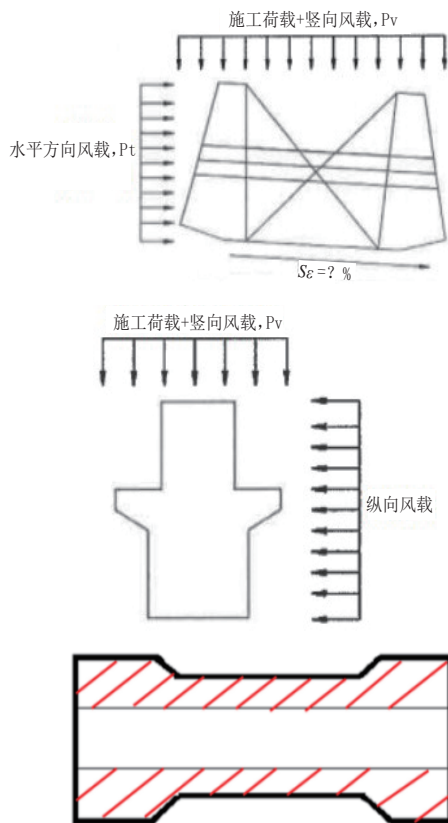


图6 计算模型

## (1) 墩身抗压强度验算

S1号块自重:  $29.3 \text{ m}^3 \times 25 = 732.5 \text{ kN}$

施工荷载:  $1 \text{ kN/m}^3 \times 7.2 \text{ m} \times 3.25 \text{ m} = 23.4 \text{ kN}$

竖向风载<sup>[3]</sup>:  $0.69 \text{ kN/m}^2 \times 7.2 \text{ m} \times 3.25 \text{ m} = 16.146 \text{ kN}$

小计:  $772.05 \text{ kN}$

接触面积:  $(2000 - 1450) \times (3600 - 1500) = 1.155 \text{ m}^2$

墩顶压强:  $772.05 \div 1.155 \div 1000 = 0.668 \text{ MPa}$

混凝土强度:  $0.4 \times 40 \text{ MPa} = 16 \text{ MPa} > 0.668 \text{ MPa}$

【PASS!】

## (2) 稳定性验算

[横向倾覆验算]

风载<sup>[3]</sup>:  $1.11 \text{ kN/m}^2 \times 8.215 \text{ m}^2 = 9.12 \text{ kN}$

倾覆弯矩:  $9.12 \times 1.966 \times 1.1 \times 1.1 = 21.7 \text{ kNm}$

抵抗弯矩:  $732.50 \times 1.8 \text{ m} = 1318.5 \text{ kN/m} >$

$21.7 \text{ kN/m}$

【PASS!】

[纵向倾覆验算]

风载<sup>[3]</sup>:  $1.42 \text{ kN/m}^2 \times 20 \text{ m}^2 = 28.40 \text{ kN}$

倾覆弯矩:  $28.40 \times 1.589 \times 1.1 \times 1.1 = 54.6 \text{ kNm}$

抵抗弯矩:  $732.50 \times 1.0 \text{ m} = 732.5 \text{ kN/m} >$

$54.6 \text{ kN/m}$

【PASS!】

## (3) 倾覆产生的额外压强验算

横向:  $21.7 \div 3.6 = 6.0 \text{ kN}$

纵向:  $54.6 \div 2.0 = 27.3 \text{ kN}$

墩顶边角压强:  $(772.05 + 27.3) \div 1.155 \div 1000 = 0.69 \text{ MPa} < 16 \text{ MPa}$

【PASS!】

## (4) 抗滑动验算(见图7)

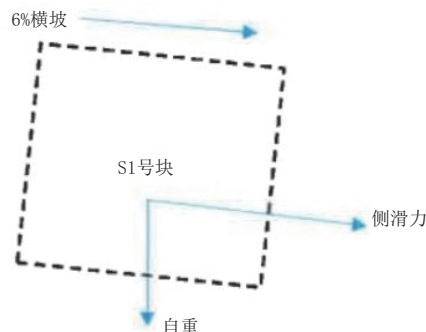


图7 抗滑动验算模型

盖梁最大横坡:  $6\% = 3.434^\circ$

垂直分力:  $732.5 \cos 3.434^\circ = 731.2 \text{ kN}$

滑动分力:  $772.5 \sin 3.434^\circ = 46.24 \text{ kN}$

[其他滑动分力组合]

风载:  $1.11 \text{ kN/m}^2 \times 8.215 \text{ m}^2 = 9.12 \text{ kN}$

2.5%垂直荷载:  $2.5\% \times 772 \text{ kN} = 19.30 \text{ kN}$

1%垂直荷载 + Pt:  $1\% \times 772 \text{ kN} + 9.12 = 16.84 \text{ kN}$

取上述3项最大值组合:  $46.24 + 19.30 = 65.54 \text{ kN}$

摩擦力:  $731.2 \text{ kN} \times 0.3 (\text{摩擦系数}) = 219.36 \text{ kN} > 65.54 \text{ kN}$

【PASS!】

验算全部通过,既取消体外临时支撑,靠墩顶接触面支撑盖梁S1号块的优化方案成立。

## 6 实施过程中的控制点

## 6.1 预制盖梁的控制

(1) 自建预制场预制,底胎膜按最长盖梁设置, S3号块长度不等,侧模外包端模调节长度;

(2) 长线法预制,整榀按块段划分分5次浇筑,块段端面涂隔离剂作为相邻块段端模;

(3) 场地内设各号块钢筋绑扎辅助架,成型后整体吊装入模;

(4) 盖梁内一应各系统众多,需事先模拟各个系统的空间位置,合理调整,避免碰撞;

(5) 各种预埋件数量繁多,位置方向各不相同,预制前做好台账,重点控制;

(6) 严格控制预制构件外形尺寸,监控底胎膜沉降及钢模维护;

(7)做好关键点检查记录,验收合格后方可出运。

6.2 墩顶施工的控制

(1)墩顶部保护层厚度不能过大,避免受压后开裂或缺角;

(2)严格墩身预留筋位置和垂直度,避免安装 S1 号块下落时发生碰撞;

(3)做好接触面预处理,测量放线后,切割、打磨或砂浆找平。确保接触面平整,标高坡度符合,并在墩顶标记对准线,方便安装。

6.3 安装时的测量控制

(1)在保证预制尺寸精度的前提下,30 m 长的预制盖梁仅在 S1 号块安装时有机会进行调整;

(2)在 S1 号块牛腿角点出设置测量观测控制点,用于复核安装精度;

(3)虽然规范允许的偏差为 5 mm,但由于 S2 及 S3 号块的不可调整性,如发生扭转偏差,S1 号块的安装偏差,到 S3 会发大 7~8 倍,故杜绝发生扭转偏差。

7 经济效益分析

无支架式支撑方案的优势在于,减少了临时体外支撑架搭拆的工序,取而代之用墩身墩顶同 S1 号块的接触面作为支撑。该工序在墩身拆模后,外走道脚手架拆除前即可穿插实施,既节约了工期,又节约了造价,其效益对比见表 2。

表 2 无支架式经济效益对比表

| 序号   | 名称               | 临时支架方案                                    | 无支架式支撑方案 |
|------|------------------|-------------------------------------------|----------|
| 1    | 支架采购(8套)         | 48 万元                                     | —        |
| 2    | 50 t 千斤顶采购(32 个) | 9.6 万元                                    | —        |
| 3    | 支架基础处理(压路机、钢板)   | 4.9 万元                                    | —        |
| 4    | 支架安拆(25 t、人工)    | 11.4 万元                                   | —        |
| 5    | 墩顶打磨(切割、打磨、人工)   | —                                         | 2.1 万元   |
| 6    | 预埋钢筋增加           | —                                         | 8 万元     |
| 小计   |                  | 73.9 万元                                   | 10.1 万元  |
| 成本优化 |                  | 73.9-10.1=63.8 万元×<br>1.6(汇率)=102 万元(RMB) |          |

8 结 语

综上,本项目共计 46 榀预制拼装盖梁,全部采用无支架式拼装方案,验收全部通过。该方案的优化,施工效果好,可大大简化施工流程、节约工期和成本,在市政高架工程范围内具有较好的推广价值,为类似工程提供借鉴。

参考文献:

[1] BS 5975:2008+A1:2011,Code of practice for temporary works procedures and the permissible stress design of false work[S].  
[2] WMO/TD-1555,Guidelines for converting between various wind averaging periods in tropical cyclone conditions[S].  
[3] MS 1553:2002,Code of Practice on Wind Loading For Building Structure[S].  
[4] 沈明锋,潘玉峰,陈春雷,等.城市高架桥盖梁节段预制拼装施工工艺[J].工程技术研究,2019(17):2.

(上接第 133 页)

[10] 尹文强,刘世伟,屈春来,等.南水北调中线磁县段污水管下穿公路顶管施工地表变形规律[J].科学技术与工程,2021,21(13): 5467-5473.  
[11] 张文瀚,谢雄耀,李攀.浅层顶管隧道施工对路基变形影响数值分析[J].地下空间与工程学报,2011,7(S2):1619-1624,1652.  
[12] 胡文.软土地区大断面矩形顶管浅覆土下穿高速变形控制分析研究[J].城市道桥与防洪,2021(4): 108-114,17.  
[13] 岳仁辉.大跨度市政公路隧道下穿既有有机场跑道方案研究[J].山西建筑,2021,47(14): 117-119.  
[14] 赵辰,章静.顶管下穿高速公路安全性分析[J].中国公路,2021(8): 103-105.  
[15] 王斌,陈帅,陶柏峰,等.顶管穿越路堤实测地基变形和扰动程度分析[J].岩石力学与工程学报,2010,29(S1): 2805-2812.  
[16] 陈鑫.大口径平行顶管施工对高速路面沉降的理论及实测分析

[J].城市道桥与防洪,2021(7): 188-192,21.  
[17] 魏纲,魏新江,屠毓敏.平行顶管施工引起的地面变形实测分析[J].岩石力学与工程学报,2006(S1): 3299-3304.  
[18] 笪伟,杨俊峰,曹广勇,等.多排平行顶管穿越公路相互扰动影响研究[C]//中冶建筑研究总院有限公司.2021 年工业建筑学术交流会论文集(上册).北京:工业建筑杂志社,2021: 264-268.  
[19] 笪伟.多排平行顶管下穿琼文大道地表沉降影响因素分析[D].安徽合肥:安徽建筑大学,2021.  
[20] 史恒豹.道路拓宽对邻近埋地管线的影响研究[D].江苏南京:东南大学,2019.  
[21] 廖隽.路基拓宽施工对既有管道的影响分析[J].兰州工业学院学报,2018,25(3): 27-30.  
[22] 安关峰,张洪彬,刘添俊.旋喷群桩复合地基承载特性的数值分析[J].岩土力学,2012,33(3): 906-912.