

张靖皋节段梁端模支架设计研究分析

刘维
中交武汉港湾工程设计研究院有限公司 海工结构新材料及维护加固技术湖北省重点实验室
DOI:10.12238/etd.v6i2.12971

[摘 要] 在桥梁工程中,节段梁的预制质量与模板系统的设计精密度紧密相关,其中端模系统的端模支架对整个预制过程中结构的稳定性起着非常重要的作用。本文以张靖皋节段梁为背景,对端模支架的设计进行了探讨分析,并设计了一套安全可靠的端模支架,提升了张靖皋节段梁的预制质量,为同类端模支架设计工程提供了参考。

[关键词] 节段梁预制; 模板系统; 端模支架

中图分类号: TU755.2 文献标识码: A

Research and analysis on the design of end-mold bracket for Zhang Jinggao segmental beams
Wei Liu

Cccc WuHan Harbour Engineering Design And Research Co.,Ltd. Hubei Provincial Key Laboratory of New Materials and Maintenance Reinforcement Technology for Offshore Structures

[Abstract] In bridge engineering, the prefabrication quality of segmental beams is closely related to the design precision of the formwork system, and the end formwork support of the end formwork system plays a very important role in the stability of the structure throughout the prefabrication process. This article discusses and analyzes the design of end formwork supports based on the Zhang Jinggao segmental beam, and designs a set of safe and reliable end formwork supports, which improves the prefabrication quality of Zhang Jinggao segmental beams and provides reference for similar end formwork support design projects.

[Key words] Prefabrication of segmental beams; Template System; End mold bracket

引言

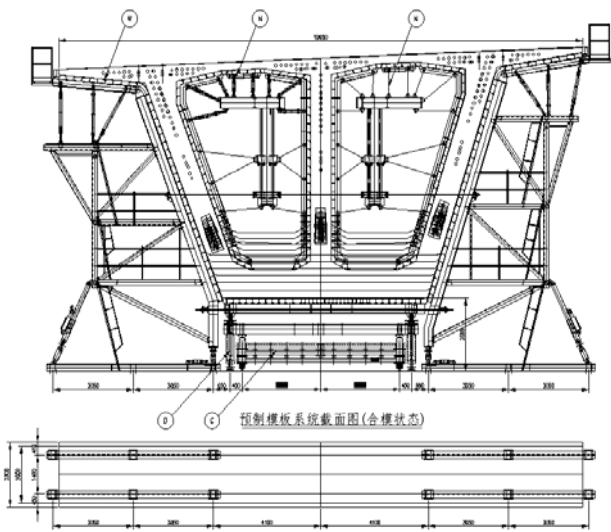
在桥梁工程中,节段梁的连续预制需要非常精密的模板系统,模板系统又包括底模、端模、外模及内模等,而对于超大型节段梁通常还需要各种支架系统作为辅助支撑,防止混凝土浇筑出现胀模现象,例如端模支架通常放置于节段梁端模之后,加强节段梁浇筑时端模的稳定性。而不同端模支架的结构设计,其呈现出来的安全性和稳定性效果也截然不同,因此对于节段梁端模支架的设计研究能有效提升节段梁的预制质量以及预制过程的安全性。本文以张靖皋长江大桥节段梁预制工程为背景,设计了一套端模支架系统,并通过有限元数值模拟检验其设计合理性,为同类工程提供借鉴意义。

1 工程概况

张靖皋长江大桥位于长江下游澄通河段如皋沙群段,在张家港和如皋、靖江境内跨越长江。其中张靖皋长江大桥南引桥总长533m,桥梁采用预应力混凝土连续刚构,为适应堤岸的走向,第二联跨堤桥采用左右幅错孔布置形式,左幅桥跨径布置为(4×63)+(70+135+76m),右幅桥跨径布置为(4×63)+(76+135+70m)。

上部结构采用节段预制工法进行施工,箱梁为预制结构,箱

梁采用单箱双室斜腹板型式,箱梁横坡通过变腹板高度形成,箱梁横断面中心线垂直于大地,中间墩箱梁中心线与桥墩中心线在一条直线上,过渡墩箱梁中心线与桥墩中心线在一条直线上。



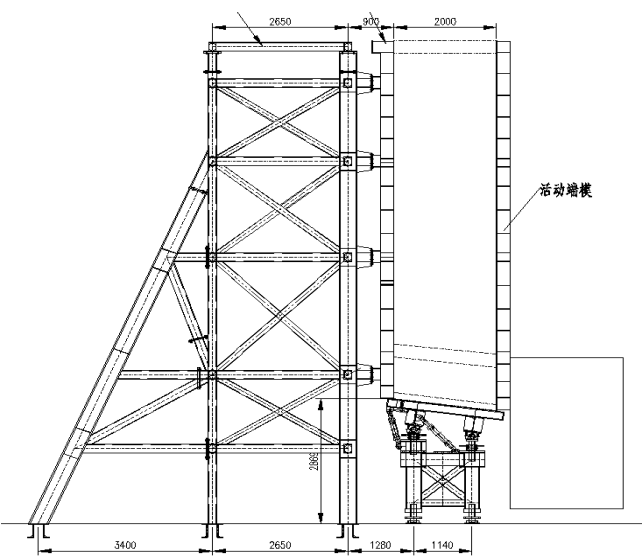


图1 节段梁预制示意图

主梁采用单箱双室变梁高预应力混凝土箱梁。桥梁总宽为40.6m,单幅箱梁宽度为19.95m,箱梁悬臂长度为3.275m。箱梁梁高为3.6~8.5m,梁底曲线和底板顶面曲线均为1.8次抛物线。箱梁采用斜腹板,箱梁底板宽取7.843m~11.3m。

本工程设计了一套模板系统预制2m长节段梁。其中对端模系统的端模支架进行设计及计算,节段梁预制示意图如图1所示。

2 节段梁端模支架设计

2.1 设计标准

本工程主要设计结构为模板系统中的临时支撑结构,其主要使用材料为Q235钢,根据《钢结构设计标准》引入表1作为主要材料强度和挠度标准容许设计值,后续结构计算不应超过表1中材料最大容许值。

表1 主要材料强度标准设计值

钢材牌号	钢材厚度 或直径 /mm	强度设计值			屈服强度 f_y	抗拉强度 f_u
		抗拉、抗压、抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压(刨平顶紧) f_{ec}		
碳素结构钢	Q235	$t \leq 16$	215	125	235	370
		$16 < t \leq 40$	205	120	225	
		$40 < t \leq 100$	200	115	215	

2.2 节段梁预制过程及原理

张靖皋节段梁主要预制流程如下:

(1) 根据梁型划分种类,例如有等宽等高标准节段梁、变宽节段梁及变高节段梁等类型;

(2) 根据《机械设计手册》要求以及梁型特点,设计相应梁型端模、内模、外模及底模模板;

(3) 根据《钢结构设计标准》规范及梁型特点设计外模支架、

底模支架、端模支架及内模台车等分别为外模、底模、端模及内模提供支撑作用;

(4) 将外模、底模、端模及内模安装好后,闭合成梁型“盒状”,再分别在其后安装对应支架以及对拉杆进行加固;

(5) 完成混凝土浇筑。

节段梁的预制过程中每一个模板系统的设计都关系节段梁预制质量的好坏,其中端模由下至上受混凝土的侧压力不同,容易出现胀模等现象,影响成品梁质量,因此本文以张靖皋节段梁为例对端模系统中的端模支架进行设计及分析。

2.3 端模支架设计

本节段梁为单箱双室结构,且垂直高度达到9m,根据梁型特点,在节段梁中腹板和边腹板后分别设置一根主立柱作为主要承受混凝土的侧压力构件。端模支架具体设计是端模架中间三根主立柱和主立柱间的平联均采用HW350×350型钢,左右两侧立柱采用HW250×250型钢。立柱间距分别为4.2m、3.8m、3.8m和4.2m。左右两侧立柱间的平联都采用2槽20a型材,斜撑则采用2槽14a型材,共布置2列,间距2.65m,双槽型钢材采取面对面焊接形式,三根主立柱后面连接三根HW350×350型钢作斜向支撑固定。具体端模架结构布置见图2:

3 数值分析及计算

3.1 工况分析

计算工况:按最不利原则,考虑结构所受各种荷载组合下对端模及端模架结构进行分析。

每个工况考虑两种荷载组合形式,即标准组合和基本组合。其中,标准组合计算结果用来评价刚度指标,基本组合计算结果用来评价结构强度及稳定性指标。各工况荷载组合原则如下:

标准组合 = $\sum$ 恒载 + $\sum$ 活载

基本组合 = $1.3 \sum$ 恒载 + $1.5 \times 0.9 \sum$ 活载

说明:0.9为考虑荷载使用年限的荷载调整系数。

3.2 计算载荷

在结构计算中考虑以下几种载荷:

(1) 架体结构自重 G_0 ; (2) 端模板悬挂自重 G_1 ; (3) 施工人员及设备荷载 $Q_1 = 2.5 \text{ kN/m}^2$; (4) 振捣荷 $Q_2 = 2 \text{ kN/m}^2$; (5) 新浇混凝土对模板的侧压力荷载 $Q_3 = 40 \text{ kN/m}^2$ 。

3.3 端模面板计算

端模面板厚度为 $h=10\text{mm}$,支撑网格大小为: $a=450\text{mm}$, $b=450\text{mm}$,按四面固定板计算:查《机械设计手册》P1.160,表1-1-109可知:

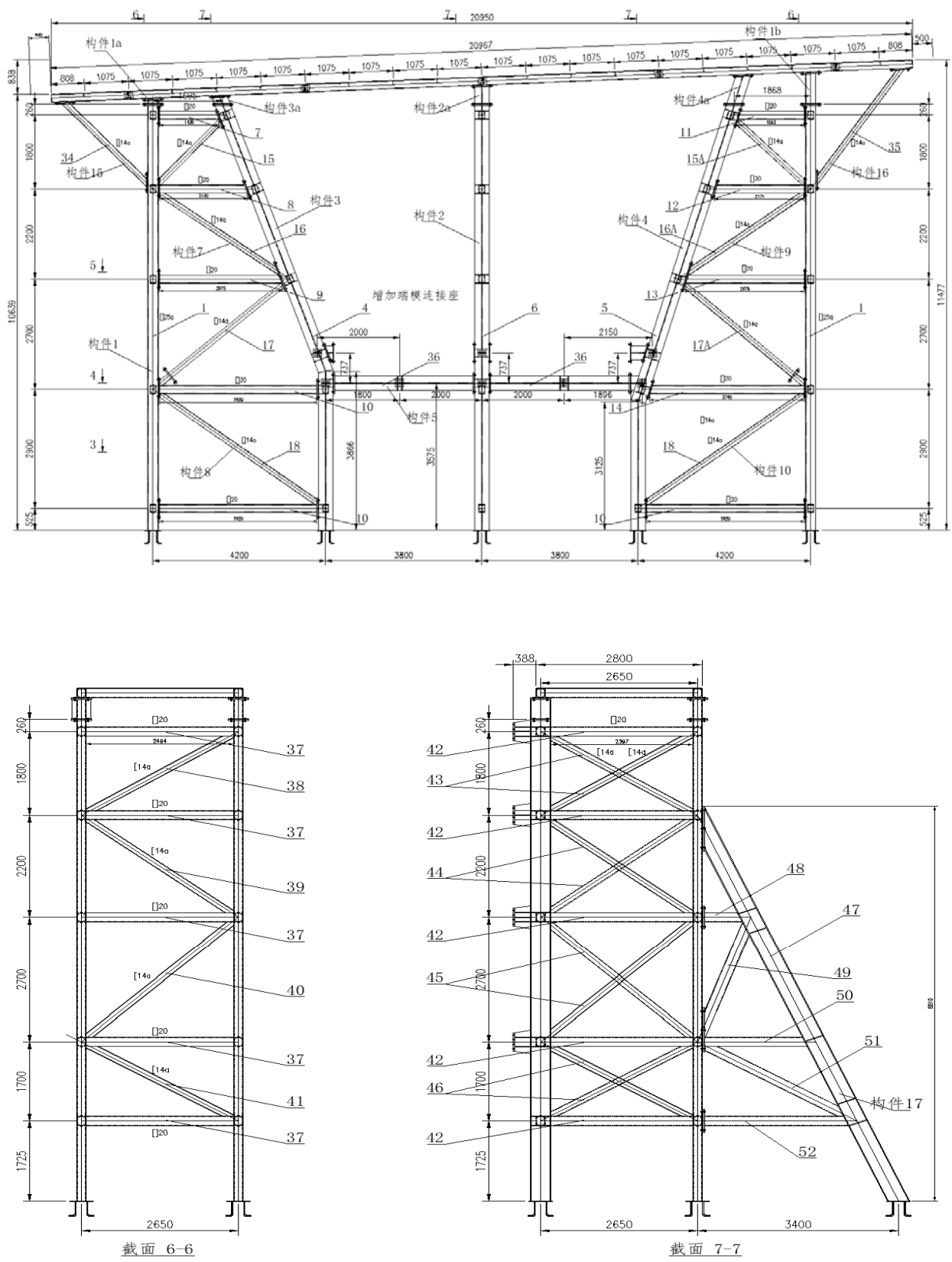
面板中心应力: $\sigma_{\max} = c_4 (\frac{b}{h})^2 q / c_5 (\frac{b}{h})^2 q$;

中心挠度: $f_{\max} = c_3 \frac{qb^4}{Eh^3}$

其中: $q = q_m = 40 + 2.5 + 2 = 44.5 \text{ kN/m}^2$

由 $a/b=1.0$,查《机械设计手册》P1.161,表1-1-111可知:

$c_4 = c_5 = 0.1374$, $c_3 = 0.0138$



面板中心应力:

$$\sigma_{\max} = 0.1374 \times \left(\frac{450}{10} \right)^2 \times 44.5 \times 10^{-3} = 12.4 \text{ MPa} < 215 \text{ MPa}$$

中心挠度:

$$f_{\max} = 0.0138 \times \frac{44.5 \times 10^{-3} \times 450^4}{210000 \times 10^3} = 0.12 \text{ mm} < 1.5 \text{ mm}$$

从上述计算可知,端模的面板强度、刚度均满足设计需求。

3.4 端模架计算

根据所设计的端模架结构建立有限元模型,边界条件设置立柱与斜支撑最底端与地面接触点为全约束。荷载有架体结构自重、节段梁混凝土对模板架体的侧压力荷载、模板自重荷载、人员设备荷载及振捣荷载。由于节段梁A类第一榀梁高度最高,宽度最窄,重量最大,因此选取此梁的混凝土荷载为最不利计算荷载施加。

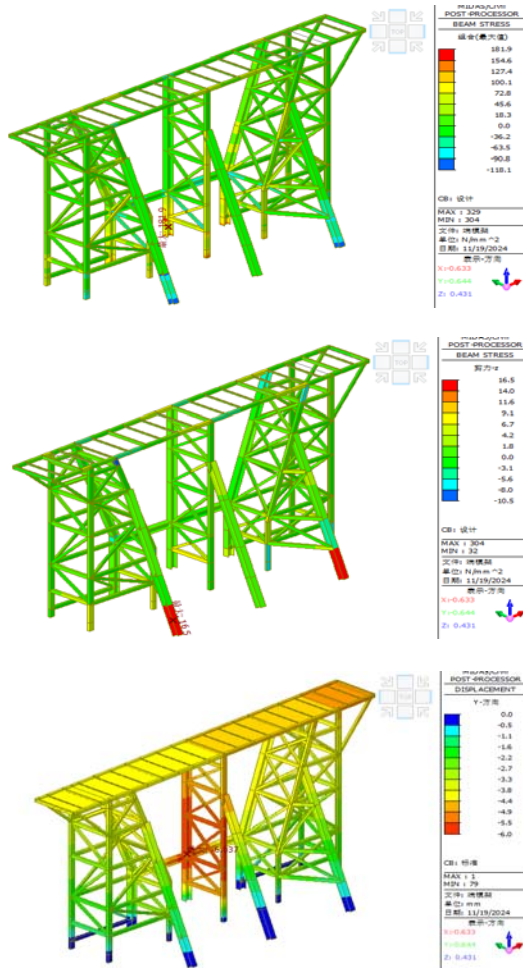


图3 最不利工况下的计算结果

端模架的计算主要从结构的计算应力、剪力和最大位移三个方面对设计结构的安全性进行评估,最不利工况下的计算结果如图3所示。

根据上述计算可知,最大组合应力为 $\sigma_{\max} = 181.9 \text{ MPa}$, $< 215 \text{ MPa}$ 位于端模架中间立柱的最底端;最大剪应力为 $\tau_{\max} = 16.5 \text{ MPa} < 125 \text{ MPa}$,位于端模架后斜支撑的最底端;最大水平位移为 $l_{\max} = 6 \text{ mm} < \frac{5000}{400} = 12.5 \text{ mm}$,位于

端模架中部横联上。端模支架的应力、剪力及挠度都满足设计要求,因此端模支架的设计合理有效。

4 结语

本文通过对张靖皋节段梁端模支架的研究分析,从支架的材料选型、结构设计到结构优化,设计了一种安全可靠的端模支架,为同类节段梁模板系统的端模支架设计提供重要的借鉴意义。

【参考文献】

- [1]王会丽,薛闯,潘伟.城市综合管廊节段拼装施工关键技术[J].中国市政工程,2018,(02):50-53+131-132.
- [2]黄国苏.预制混凝土综合管廊连接工艺解析[J].福建建筑,2019(9):122-126.
- [3]胡杰,罗能.综合管廊长线法节段匹配预制施工质量控制[J].工程质量,2020,38(z1):127-131.
- [4]许儒宁.节段箱梁短线法预制施工线形控制与力学特性研究[D].江西:华东交通大学,2021.
- [5]张鸿,向继华,唐如蜜,等.深水滑道井字梁自动化、数字化调位系统总体设计[J].中国工程机械学报,2016,14(4):323-326.
- [6]解兵林,余晓琳,胡雨,等.短线法节段梁预制拼装过程控制技术[J].铁道科学与工程学报,2020,17(6):1453-1461.
- [7]张玉龙,唐如蜜,谭永安.横向深水梳式滑道井字梁及轨道安装技术[J].水运工程,2015(8):144-147.
- [8]顾江淮.现浇箱梁满堂支架施工技术[J].居业,2024,(07):19-21.

作者简介:

刘维(1994—),男,汉族,湖北黄冈人,硕士,助理工程师,研究方向:桥梁结构设计。