

# 小跨度预应力混凝土盖梁优化为钢筋混凝土盖梁的可行性分析

王荣喜

中铁二十三局集团第三工程有限公司

**[摘要]**目前在高速公路桥梁设计中存在为解决盖梁跨度较大和节约高耗能材料等因素而使用预应力混凝土盖梁,但预应力混凝土盖梁在施工进度、施工质量、经济效益方面均存在较大风险,如预应力盖梁往往设计需要分两阶段进行张拉,混凝土浇筑后拆底模支架前进行部分钢束张拉,待梁板架设及湿接缝施工完成后在进行剩余钢束张拉,则造成人员设备的多次周转,功效较低,施工成本增加。所以对小跨度预应力混凝土盖梁优化采用非预应力的钢筋混凝土盖梁有一定意义,为后续混凝土盖梁设计的优化和施工组织提供参考。

**[关键词]** 预应力混凝土盖梁; 二次张拉; 安全; 经济效益

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.10.1449

## 前言:

在楚大高速公路施工中,部分桥墩盖梁设计为预应力混凝土盖梁,需要分两阶段进行张拉,混凝土浇筑后拆底模支架前进行部分钢束张拉,待梁板架设及湿接缝施工完成后在进行剩余钢束张拉,同时因受复杂地形限制和梁板吊装完成后交叉作业影像等,则造成人员设备的多次周转,功效较低,安全风险增加,若优化为普通钢筋混凝土盖梁将显著提升方便施工。

## 一、工程概况

国家高速公路网楚大高速公路工程,接在建的杭瑞国家高速公路网杭瑞国家高速公路大理至瑞丽段,全长195.563km。

采用双向六车道高速公路标准建设,设计速度100km/h,路基宽度33.5m,桥涵设计汽车荷载等级采用公路-I级,其他技术指标按《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)执行。桥梁为跨越山间冲沟而设置,桥梁孔径布置及桥长受水文及流量控制,同时根据两侧地形。结合桥位处地形、地质和场地条件等特点,考虑工程的安全性、经济性、施工可行性及景观性,桥梁上部结构采用预应力混凝土先简支后结构连续T梁。桥墩采用柱式墩、空心墩、桩基础;桥台采用柱式台、U台桩基础;桥台处采用FD-80伸缩缝,桥墩联间采用QMSF-160型伸缩缝。部分桥梁盖梁为预应力混凝土盖梁,施工时注意安全及质量控制,钢绞线分两次张拉,注意钢绞线张拉顺序及张拉力和伸长值的质量双控。张拉时盖梁混凝土强度必须达到100%,且养护不少于14天,首次张拉的N1钢束在上部结构T梁吊装前张拉完成。二次张拉的N2钢束在T梁吊装完成且湿接缝施工完成后,10cm混凝土桥面施工完成前进行张拉压浆施工。各束张拉完成后及时完成压浆。

## 二、受力检算可行性分析

本文以承载能力简算为例,拟定盖梁设计参数,如调整盖梁几何尺寸、调整混凝土强度、调整配筋设计、调整墩柱尺寸改变跨径等条件,对小跨径预应力盖梁优化为普通钢筋

混凝土盖梁进行可行性分析,论证说明其从结构设计和荷载受力方面具备调整的条件。

### (一) 荷载计算

1. 上构恒载标准值计算:此类型盖梁上承14片T梁,一个中横梁,12道湿接缝,60道横隔板。

其中:

(1) 边跨边梁2片:安装重量127.75t+128.1t=255.85t;约130t/片

(2) 边跨中梁5片:安装重量641t;约128t/片

(3) 中跨边梁2片:安装重量258.5t;约130t/片

(4) 中跨中梁5片:安装重量642.6t;约128t/片

主梁汇总:130x2+5x128=900t

(5) 中横梁1道:C50砼44m<sup>3</sup>,钢筋3818kg;重:118.2t

(6) 湿接缝12道:C50砼56.8m<sup>3</sup>;钢筋10403kg;重158.1t

(7) 横隔板60道:C50砼15.3m<sup>3</sup>;钢筋3722kg;重43.5t

横隔梁重量汇总:G<sub>2</sub>=118.2+158.1+43.5≈320t

(8) 桥面铺装C50混凝土:80m\*16.5m\*0.1m=132m<sup>3</sup>,重330t

(9) 沥青混凝土:80m\*15.5m\*0.1m=124m<sup>3</sup>,重297.6t

(10) 防撞护栏:160延米:C30砼72m<sup>3</sup>;带肋钢筋17200kg,重197.2t。

铺装防撞栏汇总:G<sub>3</sub>=330+297.6+197.2=824.8t

### 2. 活荷载计算:

车道荷载集中力:P<sub>1</sub>≈2(40+130)=340KN;

车道荷载支座处反力:P<sub>2</sub>=340+40x10.5=760KN >550KN(设计重车荷载)

### (二) 盖梁参数:

1. 原预应力混凝土盖梁断面设计参数:盖梁长16m,宽2.35m,高1.9m,跨径7.1m,混凝土为C50。[参1.]

2. 拟定非预应力钢筋混凝土盖梁断面设计参数:

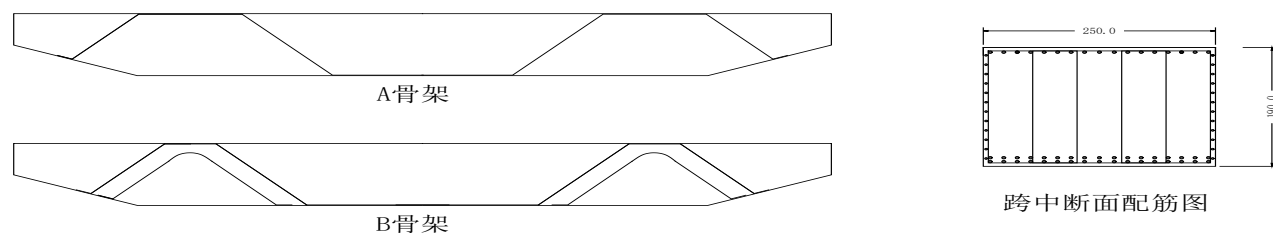


图2.2.1 非预应力钢筋混凝土盖梁配筋断面示意图

长16m，盖梁加宽到2.5m，高1.9m，混凝土为C50，主筋为HRB400C32mm钢筋骨架A和骨架B组成，箍筋为6肢HRB400C16mm三级钢筋，箍筋间距10cm。

(三) 检算模型及内力组合

用正版Midas/civil 2019v2.2版建立检算模型如下

图：

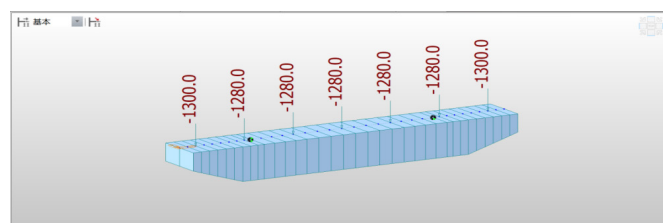


图2.3.1 检算模型示意图

将上述荷载按最不利的基本组合进行建模计算：

(1.2 (恒载) + 1.4 (汽车))；

计算结果如下：

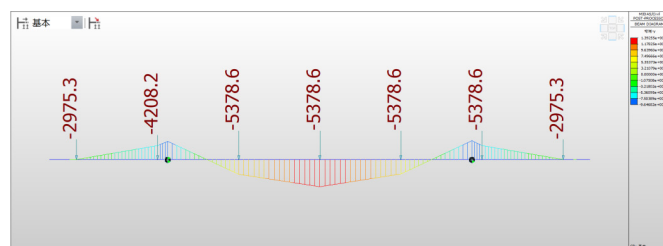


图2.3.2 基本组合弯矩分布图

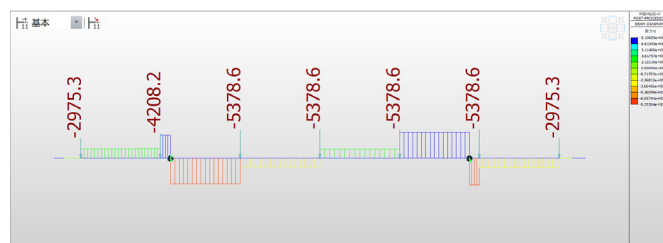


图2.3.3 基本组合剪力分布图

基本组合跨中最大正弯矩13925.5KN.m，支点最大负弯矩-9646.8KN.m，支点最大剪力8106.9KN；

(四) 承载能力极限状态验算

1. 跨中抗弯强度简算

A. 受压区高度：

$$x = f_{pd} A_p / (f_{cd} b) = 400 \times 34 \times 804.3 / (22.4 \times 2500) = 195.3\text{mm} [\text{参}2.]$$

$$M = f_{cd} b x (h_0 - 0.5x) = 22.4 \times 2500 \times 195.3 \times (1900 - 138 - 195.3/2) / 1000000$$

$$= 18202.7\text{KN}\cdot\text{m} > 13925.5\text{KN}\cdot\text{m} [\text{参}3.]$$

按单筋截面保守验算，跨中抗弯强度满足规范要求。

2. 支点抗弯强度简算。支点处受拉区钢筋配筋布置参数同跨中，则其可提供的抗弯强度较大于9646.8KN.m，支点抗弯强度满足规范要求。

3. 支点抗剪强度简算。盖梁上下共配34根HRB400C32mm钢筋，箍筋为6肢HRB400C16mm三级钢筋，箍筋间距10cm。

a. 纵筋配筋率：

$$\rho = 100 A_s / b h_0 = 100 \times 34 \times 804.3 / (2500 \times 1712) = 0.64 [\text{参}4.]$$

$$b. \text{配箍率 } \rho_{sv} : \rho_{sv} = A_{sv} / S_v b = 6 \times 201.1 / (100 \times 2500) = 0.0048$$

$$c. \text{抗剪承载力} : V_c = 0.45 \times 10^{-3} \alpha_s \alpha_s \alpha_s b h_0 \sqrt{(2+0.6\rho) \sqrt{f_{cd,s}} (\rho_s f_{st})}$$

$$= 0.45 \times 1.25 \times 2500 \times 1.712 \sqrt{(2+0.6 \times 0.64) \sqrt{50} \times 0.0048 \times 330}$$

$$= 2407.5 \times 5.167 = 12440.5\text{KN} > 8106.9\text{KN}, \text{抗剪强度满足规范要求。}$$

综上，同等上部结构设计条件下，将盖梁宽度增加后采用普通钢筋配筋方式也可满足其力学要求，将原设计预应力盖梁可以优化为非预应力钢筋混凝土盖梁。

(五) 施工进度分析比较

预应力盖梁施工工艺：支架搭设→铺设盖梁底模→安装钢筋→波纹管定位安装预应力钢绞线→安装侧模预埋件→浇筑砼→拆除侧模→N1、N3、N5钢绞线张拉、压浆→施工垫石→上部结构施工（吊装T梁、施工湿接缝）→N2、N4钢绞线张拉、压浆→预应力槽口封端。

非预应力盖梁施工工艺：支架搭设→铺设盖梁底模→安装钢筋→安装侧模预埋件→浇筑砼→拆除模板

表1. 预应力盖梁及非预应力盖梁施工工序及资源对比表

序号	工序名称	工期(天)		投入人员(个)		投入主要设备(台套)	
		预应力盖梁	钢筋砼盖梁	预应力盖梁	钢筋砼盖梁	预应力盖梁	钢筋砼盖梁
1.	支架搭设	0.5	0.5	3	3	汽车吊1	汽车吊1
2.	铺设底模	0.5	0.5	3	3	汽车吊1	汽车吊1
3.	安装钢筋	1	2	4	4	汽车吊1	汽车吊1
4.	钢绞线安装	1	无	1	无	汽车吊1	无
5.	安侧模预埋件	0.5	0.5	4	4	汽车吊1	汽车吊1
6.	浇筑砼	1	1	3	3	汽车吊1	汽车吊1
7.	拆除侧模	0.5	0.5	3	3	汽车吊1	汽车吊1
8.	等砼强度	间隔≥14	间隔≥12				
9.	首次张拉压浆	2	无	3	无	张拉压浆设备2 汽车吊1	无
10.	施工垫石、拆模	2	2	3	3	汽车吊1	汽车吊1
11.	上部结构施工	间隔≥15					
12.	二次张拉压浆	2	无	3	无	张拉压浆设备2 汽车吊1	无
13.	槽口封端	2	无	3	无	汽车吊1	无

通过上述表1可对比出预应力盖梁和普通钢筋混凝土盖梁的施工,因工序不同导致的工期进度差别,单个预应力盖梁施工需有效时间及间隔时间合计不小于42天,但普通钢筋混凝土盖梁施工仅需要19天,工期优势明显。

可见产生工期差别的主要原因是预应力盖梁张拉压浆工序导致的:因预应力混凝土盖梁需分别在混凝土浇筑后拆底模支架前进行部分钢束张拉,以及待梁板架设及湿接缝施工完成后在进行剩余钢束张拉,两次张拉作业时间上间隔在1-2个月,形成施工不连续,与非预应力普通钢筋混凝土盖梁施工相比施工时间较长。

(六) 安全质量控制的分析比较

因预应力混凝土盖梁钢束二次张拉时无稳定有效的操作平台,且作业空间狭小,千斤顶等设备自重较大,上顶、卸顶操作难度大,风险高。另外张拉属于关键工序,其施工安全风险较高,人员设备作业安全风险显著升高。

预应力施工工序繁多且质量要求较高,施工现场容易出现钢束锚下混凝土不密实,钢束锚固头挤压不合格,波纹管进浆,每根钢束张拉受力不均,压浆不通等质量通病,质量隐患较大。但非预应力钢筋混凝土盖梁施工从钢筋下料、连接质量均容易控制,且施工成品速度快、工艺成熟简单,作业人员容易掌握,质量人员容易把控。

(七) 经济成本分析比较

经济成本方面,预应力混凝土盖梁使用预应力材料成本

较高,外委检测费用增加,施工专用设备增加(张拉压浆设备,锚固挤压设备等);另外钢束二次张拉受复杂地形限制和梁板吊装完成后交叉作业影响,则造成人员设备的多次周转,功效较低,施工不能连续,间隔时间不小于20天,对施工组织不利,施工成本和管理成本显著增加。

综上所述,从结构设计、施工工期、安全质量、经济效益等方面分析说明小跨度预应力混凝土盖梁优化调整为钢筋混凝土盖梁是可行的。设计时可以考虑并进行进一步的优化,增加一定的安全富余系数,在满足功能和各项技术标准的前提下,对于项目的组织实施从工期、成本等方面有显著保证,有助于项目的顺利实施和各项资源的节约。

参考文献:

[1] 中交公路规划设计院. 楚大高速两阶段施工设计图-桥梁通用图(SQT6)(2019年1月). 北京. P1-P4;  
 [2] 杨文渊. 实用土木工程手册[M]. 北京. 人民交通出版社. 2000年. 第3版. P1373;  
 [3] 翟爱良, 郑晓燕. 钢筋混凝土结构计算与设计[M]. 中国水利水电出版社. 北京. 2000年3月第2版, P10;  
 [4] 周水兴, 何兆益, 邹毅松. 路桥施工计算手册[M]. 北京. 人民交通出版社. 2001年10月第1版, P781、P782、P785;