

# 大跨度多孔现浇箱涵模板支撑体系稳定性分析

张江华

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710100

**摘要:** 大跨度现浇模板工程, 由于容易出现质量和安全事故受到高度关注。大跨度现浇模板, 指的是有下列任一情况: 模板的支撑高度超过8m; 模板的跨度大于18m; 施工时施加在模板上的均布荷载超过15kN/m<sup>2</sup>; 模板上的线荷载超过20kN/m。这种大跨度现浇模板结构施工的关键因素是模板安全和架体的搭设。

**关键词:** 大跨度; 多孔; 支撑体系; 稳定性

## 1 引言

现浇钢筋混凝土大跨度结构具有高度超高、跨度大以及重量大等显著特点, 施工技术较为复杂。因此, 本研究拟以某大跨度多孔现浇箱涵支撑体系工程为例, 对现浇结构大跨度模板支撑体系进行计算分析, 并以此分析结果为其他类似工程提供参考。

## 2 工程概况

某大跨度多孔现浇箱涵全长176m, 共3孔; 单孔宽和高净尺寸分别为6m、4.5m; 底板、顶板厚度为0.8米, 相邻孔之间侧墙厚度为0.6m, 外侧墙厚度0.8m; 浇筑混凝土采用C40高性能混凝土。该箱涵顶板施工时需搭设满堂支架, 经对支架危险性分析计算, 其施工总荷载  $\geq 15\text{kN/m}^2$ , 集中线荷载  $\geq 20\text{kN/m}$ 。本箱涵顶的模板支撑体系属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。

## 3 箱涵模板支撑体系技术参数

(1) 本箱涵的支架搭设可调底座采用 $\Phi 38 \times 5 \times 650$  (底座规格为 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 5\text{mm}$ ) 的标准型底座; 基座 (焊接有连接盘和连接套管, 底部插入可调底座, 顶部可插接立杆的竖向杆件。) 采用 $\Phi 48.3\text{mm}$ 、壁厚 $3.25\text{mm}$ 、长 $30\text{cm}$ 的承插型标准杆件; 立杆 (焊接有连接盘和连接套管的承插型盘扣式钢管脚手架的竖向杆件) 采用 $\Phi 48.3\text{mm}$ 、壁厚 $3.25\text{mm}$ 承插型盘扣式钢管; 横杆 (两端焊接有扣接头、可与立杆上的连接盘扣接的水平杆件) 采用 $\Phi 48.3\text{mm}$ 、壁厚 $2.75\text{mm}$ 承插型盘扣式钢管; 斜杆 (两端装配有扣接头、可与立杆上的连接盘扣接的斜向杆件) 采用 $\Phi 42.4\text{mm}$ 、壁厚 $2.75\text{mm}$ 盘扣

式配套钢管; 可调顶托 (插入立杆顶端可调节高度的托撑) 杆件规格为 $\Phi 38\text{mm} \times 5\text{mm} \times 650\text{mm}$ 、托座尺寸为 $20\text{cm} \times 15\text{cm} \times 5\text{mm}$ ; 主梁采用I14工字钢, 沿支架纵向布置与顶托上, 小梁采用I10工字钢, 水平垂直于主梁布置, 间距 $60\text{cm}$ 。剪刀撑和作业架斜撑采用 $\Phi 48\text{mm}$ , 壁厚 $2.75\text{mm}$ 的普通钢管。

(2) 支架立杆纵向按间距 $0.9\text{m}$ 布置, 横向一般段按间距 $0.9\text{m}$ 布置, 靠将侧墙的相邻两排立杆横向间距为 $0.6\text{m}$ , 立杆步距 $1.5\text{m}$ 。对于曲线段的立杆纵横间距不变, 可根据箱涵曲线要素和结构特点适当调整立杆纵向走向, 使其满足箱涵曲线走向即可。

(3) 作业脚手架为双排脚手架, 宽度 $0.9\text{m}$ , 立杆纵向间距 $1.5\text{m}$ , 步距 $1.5\text{m}$ 。作业层高度不应小于 $1.7\text{m}$ , 且不宜大于 $2.0\text{m}$ 。

(4) 立杆底部安装可调底座和基座, 上部安装可调顶托, 顶托上安装I14工字钢横梁作为主梁, 主梁上铺设10#槽钢作为小梁, 小梁上铺设定型刚模板版作为箱涵底模板。

## 4 支撑体系稳定性分析

### 4.1 计算依据

- (1) 《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162-2008
- (2) 《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231-2021
- (3) 《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010
- (4) 《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
- (5) 《钢结构设计标准》GB 50017-2017

### 4.2 工程属性

表1 工程属性表

新浇混凝土板计算厚度 (mm)	800	模板支架高度H (m)	4.5
模板支架纵向长度L (m)	6	模板支架横向长度B (m)	6

### 4.3 荷载设计

表2 荷载设计表

名称		数值	备注
模板及其支架自重标准值 $G_{1k}$ (kN/m <sup>2</sup> )	面板	0.5	
	面板及小梁	0.75	
	面板和小梁及主梁	1.1	
混凝土自重标准值 $G_{2k}$ (kN/m <sup>3</sup> )		24	
钢筋自重标准值 $G_{3k}$ (kN/m <sup>3</sup> )		1.1	
施工人员及设备产生的荷载标准值 $Q_{1k}$ (kN/m <sup>2</sup> )		2.5	
泵送、倾倒混凝土等因素产生的水平荷载标准值 $Q_{2k}$ (kN/m <sup>2</sup> )		0.502	
风荷载标准值 $\omega_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	基本风压 $\omega_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	0.4	根据GB 50009-2012
	地基粗糙程度	0.2	B类(城市郊区)
	模板支架顶部距地面高度(m)	4.1	
	风压高度变化系数 $\mu_z$	1	根据JGJ/T 231-2021附录A表A.0.1
	风荷载体型系数 $\mu_s$	0.52	JGJ/T231-2021第4.2.4条取值
风荷载作用方向		沿模板支架纵向作用	

## 4.4 模板体系设计

(1) 模板体系设计参数如表3所示。

表3 模板体系设计参数表

名称	数值/说明	备注
结构重要性系数 $\gamma_0$	1.1	根据《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJT231-2021第4.4.3条“脚手架结构重要性系数,安全等级为I级时,取1.1;安全等级为II级时,取1.0。”取值
脚手架安全等级	I级	支撑脚手架的搭设高度、荷载设计值中任一项不满足安全等级为I级的条件时,其安全等级划为I级。
主梁布置方向	平行立杆纵向方向	
立杆纵向间距 $l_a$ (mm)	900	
立杆横向间距 $l_b$ (mm)	900	
顶层步距 $h'$ (mm)	500	
步距 $h$ (mm)	1500	
支架可调托座支撑点至顶层水平杆中心线的距离 $a$ (mm)	325	
小梁间距 $S$ (mm)	600	
小梁最大悬挑长度 $l_1$ (mm)	150	
主梁最大悬挑长度 $l_2$ (mm)	100	
承载力设计值调整系数 $\gamma_R$	1	根据《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJT231-2021第4.4.3条“承载力设计值调整系数,根据脚手架重复使用情况取值,不小于1.0”取值

(2) 设计简图如下:

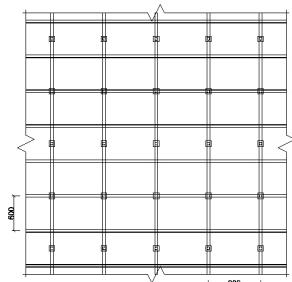


图1 模板设计平面图

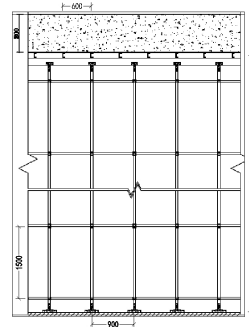


图2 纵向剖面图

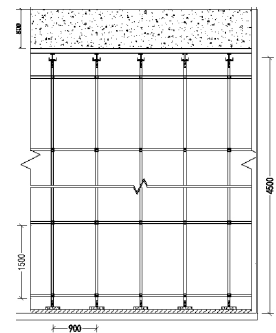


图3 横向剖面图

4.5 主梁验算

4.5.1 抗弯验算

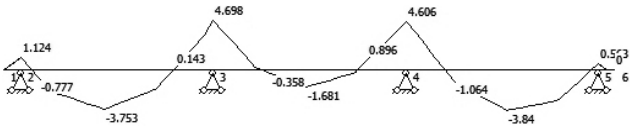


图4 主梁弯矩图一 (kN·m)

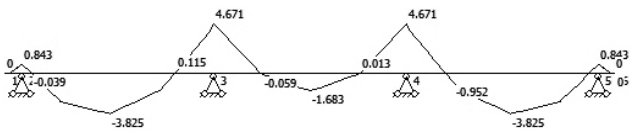


图5 主梁弯矩图二 (kN·m)

$$\sigma = M_{\max}/W = 4.698 \times 10^6 / 102000 = 46.056 \text{ N/mm}^2 \leq [f]$$

$$\gamma_R = 205/1 = 205 \text{ N/mm}^2$$

满足要求!

4.5.2 抗剪验算

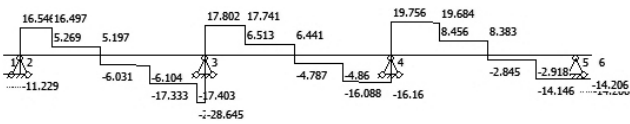


图6 主梁剪力图一 (kN)

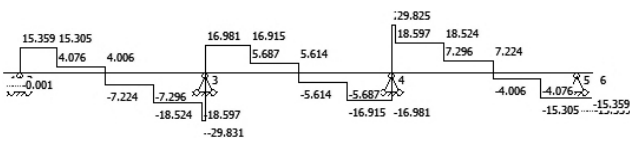


图7 主梁剪力图二 (kN)

$$\tau_{\max} = V_{\max} [bh_0^2 - (b-\delta)h^2] / (8I\delta)$$

$$= 29.831 \times 1000 \times [80 \times 140^2 - (80 - 5.5) \times 121.8^2] /$$

$$(8 \times 7120000 \times 5.5)$$

$$= 44.066 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] / \gamma_R = 125/1 = 125 \text{ N/mm}^2。$$

满足要求!

4.5.3 挠度验算



图8 主梁变形图一 (mm)



图9 主梁变形图二 (mm)

跨中  $v_{\max} = 0.192 \text{ mm} \leq [v] = \min\{900/150, 10\} = 6 \text{ mm}。$

悬挑段  $v_{\max} = 0.056 \text{ mm} \leq [v] = \min(2 \times 100/150, 10) = 1.333 \text{ mm}。$

满足要求!

4.5.4 支座反力计算

承载力极限状态

图一: 支座反力依次为  $R_1 = 27.798 \text{ kN}$ ,  $R_2 = 46.446 \text{ kN}$ ,  $R_3 = 47.145 \text{ kN}$ ,  $R_4 = 25.459 \text{ kN}$ 。

图二: 支座反力依次为  $R_1 = 26.612 \text{ kN}$ ,  $R_2 = 46.812 \text{ kN}$ ,  $R_3 = 46.812 \text{ kN}$ ,  $R_4 = 26.612 \text{ kN}$ 。

因此主梁传递至立杆的集中力:  $R_{\max} = \text{Max}[R_1, R_2, R_3, R_4] = 47.145 \text{ kN}。$

4.6 高宽比验算

根据《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231-2021 第6.2.1条“支撑架的高宽比宜控制在3以内”。

$$H/B = 4.5/6 = 0.75 \leq 3$$

满足要求!

5 结束语

综上所述,模板支撑体系对于建筑的经济性、安全性有着重要的影响。在合理设计的基础上,还应注重模板支撑体系施工过程中的细节,严把质量关。这样才能确保体系的强度、刚度和稳定性,才能更好地促进我国建筑总体质量与安全的提升。

参考文献

- [1]张其镇.浅析建筑高大模板支撑施工工艺[J].江西建材,2016(01):67.
- [2]《关于印发危险性较大的分部分项工程专项施工方案编制指南的通知》(建办质〔2021〕48号).
- [3]《施工脚手架通用规范》(GB 55023-2022).
- [4]《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012.