

# 圆形混凝土结构模板支撑方案探讨

高峰

(中铁十八局集团有限公司华南工程公司,广西南宁 530022)

**【摘要】** 通过与传统的圆形混凝土模板支撑结构的对照,分析了传统支撑方案的不足,着重介绍了使用新的支撑结构进行加固的施工工艺,该方案主要是通过现有的材料进行模板支撑,材料可以重复利用,进而降低了混凝土模板支撑费用,减少了工程成本,提高了施工速度,更重要的是保证了圆形混凝土结构的施工质量。

**【关键词】** 圆形混凝土模板; 支撑; 施工方案

**【中图分类号】** TU755.2+2

**【文献标识码】** B

## 1 新型圆模板支撑方案简介

在常规的圆形混凝土结构施工过程中,模板支撑主要是采用钢管、方木做圆形或折线型加固,这是一个相当复杂的、花费时间又多的施工环节,并且经常会出现扣件松动或破坏,造成混凝土施工时经常会出现爆模的情况,严重影响圆形混凝土构筑物的外观和内在质量,无法满足目前工程工期紧、质量要求高的需要。

在实践工程中经过摸索,改为使用钢筋做成圆形的钢筋箍,直接使用圆形钢筋箍和钢管及对拉螺杆加固模板。该方法不仅施工速度快、循环周期短,而且材料浪费少。

在实践工程中经过摸索,改为使用钢筋做成圆形的钢筋箍,直接使用圆形钢筋箍和钢管及对拉螺杆加固模板。该方法不仅施工速度快、循环周期短,而且材料浪费少。柳江县拉堡污水处理厂近期处理能力为  $25 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ ,远期处理能力为  $50 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ ,主要圆形混凝土构筑物有两个二沉池(直径32 m)和两个氧化沟的半圆弧段(直径6 m)。二沉池池壁高度为4.6 m,氧化沟池壁高度为6 m。在这几个水处理结构使用新的模板支撑结构,取得了较好的经济和社会效益。

## 2 圆形混凝土构筑物模板支撑设计

根据柳州当地材料的实际情况及图纸设计,采用木板加对拉螺杆制作模板。对拉螺杆使用  $\phi 10$  螺杆间距为50 cm(宽)  $\times$  60 cm(高),钢管  $\phi 48$  间距为20 cm,环形钢筋箍使用  $\phi 20$  间距为60 cm。构筑物内部加钢管斜顶,竖向间距为1.5 m,水平间距2 m,效果图如图1、图2。



图1 内支撑效果

### 2.1 对拉螺杆的强度验算

计算假设条件:混凝土为液体  $\rho = 2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  混



图2 外支撑效果

土直到浇筑完成后才凝固,对拉螺杆为  $\phi 10$  圆钢,并设置止水环。

分析:根据以上假设条件,肯定是接近池底的螺杆受力最大,若要出现断裂,肯定是这一圈的对拉螺杆先出现问题,然后才会涉及更上一层的螺杆,越接近池顶面对拉螺杆的受力越小,也就越安全。

计算对拉螺杆可以承受的拉力:

$$F_1 = [\sigma] \times A = 235 \text{ MPa} \times 0.001^2 \times 3.14 \div 4 = 184.5 \text{ kN}$$

最下层螺杆受混凝土的压力:

$$F_2 = \rho gh = 2.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/m} \times 4.6 \text{ m} = 112.7 \text{ kN}$$

式中: $\rho$  为液体的密度; $h$  为液体高度。

我国目前市场上最常用的的振动棒正常的最大频率应在9 000 ~ 12 000次/分钟之间,作用直径约计1 m。

$F_3 = (W/ge) \times \omega^2$  (参考偏心结构插入式振动器研究,刘习军)

振动棒激振力的计算:

[定稿日期]2011-02-23

[作者简介]高峰(1977~),男,河北定州人,工程师,研究方向:土建工程。

$$F_3 = \frac{W}{ge} \times \omega^2 = [1.5 / (9.8 \times 0.0015)] \times [(2 \times 3.14 \times 12000) / 60] = 128 \text{ kN}$$

式中:  $W$  为振动器的输入功率;  $e$  为振动器偏心距离, 本次计算  $e=0.0015 \text{ m}$ ;  $\omega=2\pi n/60$  ( $n$  为振动频率);

由于对拉螺杆在设计尺寸是  $50 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ , 那么每  $1 \text{ m}^2$  受力为  $F_3$ , 单根对拉螺杆的受力  $F_3/2=64 \text{ kN}$ 。

$$F_1 = 184.5 \text{ kN} > F_2 + F_3 / 2 = 176.7 \text{ kN}$$

因此对拉螺杆在理论上设计是安全的, 实际上通过现场实际检验, 也是安全的。

## 2.2 环形钢筋箍的强度验算

环形钢筋箍因为不是一根整体的钢筋箍, 因此对环形钢筋箍的检算主要是检算钢筋箍的焊接点和焊接长度能否满足要求。钢筋箍设计为双面  $15d$  搭焊。假设条件与上述 2.1 条相同。当混凝土浇筑完成后靠近底板的箍筋受力肯定是最大的, 因此只要这道箍筋的焊接强度能满足要求, 其他的箍筋肯定可以达到要求。

单位弧度压力如图 3。计算简图如图 4。计算钢筋箍的内应力:

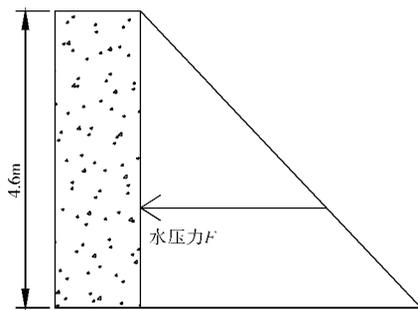


图 3 受力分析简图

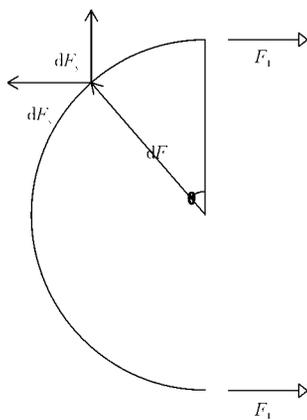


图 4 计算简图

$$dF = \frac{1}{2} \times \rho gh \times h = 105.8 \text{ kN/m (单位弧度应力)}$$

$$dF_x = dF \times \sin\theta$$

$$F_1 = \int_0^{\pi/4} \frac{1}{2} \times \rho gh \times h \times \sin\theta \times dx =$$

$$\int_0^{\pi/2} \frac{1}{2} \times \rho gh \times h \times \sin\theta \times R \times d\theta =$$

$$\frac{1}{2} \times \rho gh \times h \times R = 1692.8 \text{ kN}$$

焊接缝的拉应力: 钢筋使用  $\phi 20\text{HRB335}$  钢筋, 焊条使用 E4303 焊缝厚度为  $8 \text{ mm}$  双面焊, 其熔敷金属抗拉强度为钢筋抗拉强度的  $0.85$ , 钢筋的抗拉强度为  $490 \text{ kN}$  (查材料力学附表)。

$$\text{焊缝的面积为 } 2 \times 300 \times 8 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$F_2 = 490 \times 4800 \times 0.85 = 1999.2 \text{ kN}$$

$F_2 = 1999.2 \text{ kN} > F_1 = 1692.8 \text{ kN}$ , 因此钢筋箍也是稳定的。

## 2.3 整体刚度的验算

分析: 混凝土内支撑如图 1, 其 3 根内斜撑中距池底最近的那根受力最大, 越接近池顶受力越小, 因此只要这根支撑不变形, 其余支撑肯定不会变形, 整个支撑结构也就是安全的。

压杆受力及变形临界压力计算: 通过上述 2.2 条计算可以知道, 单位长度环形钢筋箍受力为  $105.8 \text{ kN/m}$ , 环型钢管支撑间距  $2 \text{ m}$ , 因此单根钢管受力为  $f_1 = 105.8 \text{ kN}$ 。

钢管受压力变形保持平衡状态临界最小轴向压力:

$$P_{CR} = \pi^2 EI / (2l)^2 \text{ (欧拉公式)} =$$

$$3.14^2 \times 210 \times 3.14 \times (0.024)^4 / (2 \times 2)^2 = 134.75 \text{ kN}$$

式中:  $E$  为钢材弹性模量;  $I$  为钢管惯性距,  $I = \pi d^4 / 64$ ;  $l$  为钢管的长度;  $P_{CR} > f_1$ , 说明该钢管是稳定的, 因此整个支撑结构也是稳定的。

## 2.4 新老支撑方案经济效益对比

根据在施工过程中的经验, 支撑材料费用、支撑材料人工加工费、后期费等几方面区别比较大, 而支撑结构安装使用人工费相差不多, 所以人工费也就不再比较了。比较结果见表 1。

表 1 两种方案比较

名称	所需材料	材料加工人工费	后期费用	总计	备注
新方案	钢筋弯曲 10 t	$10 \times 450 = 4500$	拆除钢筋人工, 损失 10% 的钢筋, 约计 4500 元	9000 元	钢筋可以重复利用
常规方案	钢管弯曲 40 t	$40 \times 1700 = 68000$	恢复弯曲钢管刚费用 300 元/t $\times 40 = 12000$ 元	80000 元	钢管有部分不能复原, 直接报废

通过表 1 的比较不难发现, 新方案需要的费用仅是旧方案的  $12\%$ , 直接节省工程成本, 减少浪费, 是一种比较经济、节约、环保的方案。

## 3 应用实例

水处理结构施工对结构物表面及结构物的防渗漏能力的要求很高, 因此模板及模板支撑的设计和施工就非常重要, 既要保证模板支撑的力学要求, 又要确保模板的形状、尺寸、位置、连接等要求, 因此怎样设计模板支撑结构显得十分重要。因为支撑结构的复杂程度直接决定整个工程的工期和造价, 笔者的拉堡污水处理厂二沉 (下转第 184 页)

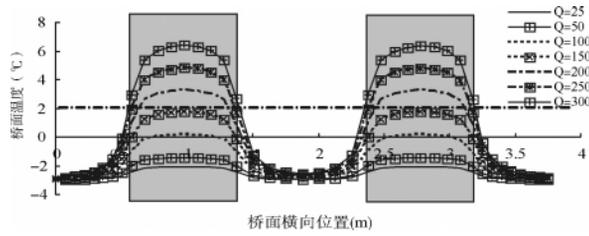


图6 环境温度-3℃ 环境风速 3.0 m/s 轮迹线加热后桥面温度分布情况

(2) 采用只对轮迹带加热的方式 不论是加热升温过程, 还是稳态加热保温过程均是可行的, 而且可以减少加热电缆的铺设成本。但这种加热方式与全车道加热方式相比, 对车辆的通行能力有一定的影响。

(3) 为了在给定的环境下使加热升温过程既满足具体工程对升温时间(一般要求 3~5 h)的要求, 又要满足桥梁工作状态的要求, 不因加热引起超过规范规定的温差, 同时使整个加热融冰雪过程的能耗最低, 桥面加热除冰雪在各加热阶段的理想加热功率如表 3 所示。

表 3 不同环境下各加热阶段的理想加热功率表

环境温度(°C)		-1			-3			-5		
环境风速(m/s)		0.0	1.5	3.0	0.0	1.5	3.0	0.0	1.5	3.0
升温阶段	加热功率(W/h)	200	200	250	300	350	400	400	450	500
	升温时间(h)	2.56	2.87	2.81	2.73	2.37	2.79	2.76	3.26	3.25
	升温能耗(kW)	0.51	0.57	0.67	0.82	0.95	1.14	1.10	1.30	1.30
稳态阶段	建议加热功率(W/h)	75+P	100+P	125+P	100+P	150+P	200+P	125+P	200+P	250+P
	对应稳定温度(°C)	2.5	2.3	2.3	2.3	2.6	2.7	3.9	2.8	2.4

参 考 文 献

[1] 唐祖全, 李卓球. 导电混凝土电热除冰化雪的功率分析[J]. 重庆建筑大学学报 2002 24(3): 102-105  
 [2] 国锐. 发热电缆用于桥面融雪化冰的系统研究[D]. 北京建筑工程学院 2006

(上接第 180 页) 池模板支撑方案设计, 通过现场施工的应用和检验得出, 该模板支撑方案设计是合理可行的。图 4 是柳江县拉堡污水处理厂二沉池在使用该支撑方案后的实物照片, 通过这张照片可以很清楚地看到, 混凝土构筑物基本没有蜂窝麻面等质量通病。当然产生混凝土的蜂窝麻面质量通病的原因不是唯一的, 但模板是最主要的因素之一。

4 经验总结

在拉堡污水处理厂施工过程中, 有 6 m 和 4.6 m 两种混凝土壁板, 经过实践得出了一些数据, 详见表 2。

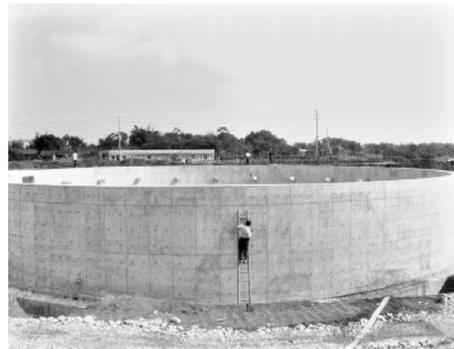


图 4 柳江县拉堡污水处理厂二沉池浇筑完成后实物图

表 2 实际施工数据

墙高(m)	使用拉杆直径及设置密度	环形筋设置直径	内外支撑	备注
<5	φ10 密度: 50 cm×60 cm	双筋间距 60 cm, 建议直径 ≥18	内支撑须与底板连接, 外支撑基本不需要	内支撑需要 3 道钢管
5 ≤ h ≤ 8	φ10 密度: 40 cm×50 cm	双筋间距 50 cm, 建议直径 ≥20	内支撑须与底板连接, 外支撑根据现场实际情况确定是否需要	内支撑需要满堂架

参 考 文 献

[1] 孙卫丁, 李建军. 混凝土梁板改造加固技术的应用[J]. 工程建设与设计 2004(8)

[2] 王金妙, 曹大斌. 模板支撑体系倒塌事故的原因和预防[J]. 建筑安全 2005(8)  
 [3] 林璋璋, 杨俊杰. 多层模板支撑体系的实测分析[J]. 施工技术 2005(3)  
 [4] 叶权良, 刘书记. 多层模板支撑体系受力机理及其管理要点[J]. 建筑安全 2006(3)