

文章编号:1674-2869(2008)03-0040-04

## 石宝寨文物保护工程的施工监控

李元松<sup>1,2</sup>, 郭志明<sup>1</sup>, 王明华<sup>1</sup>

(1. 武汉工程大学环境与城建学院, 湖北 武汉 430074;

2. 武汉理工大学土木与建筑学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:**以不同的监测仪器,通过对T形桩、扶壁式挡墙结构内力、水平位移、垂直位移,墙内填土的水压力,以及边坡仰墙中锚杆应力的观测,对石宝寨文物保护工程的施工过程进行监测监控,为支护设计提供及时准确的反馈信息,同时对观测数据,结合施工过程进行理论分析,为同类工程提供有益的参考,也为工程竣工后的运营提供永久性安全监测奠定基础。

**关键词:**边坡;挡墙;施工;监控

**中图分类号:**TP 311

**文献标识码:**A

### 0 引言

岩土是极其复杂的自然介质,它具有许多不确定的力学特性,为检验认识与论断的正确程度,当出现不利情况时,进行恰当的补救,岩土工程必须进行信息化施工。信息化施工就是根据前一段施工期间监测到的岩土体内力、变形等各种行为表现,及时捕捉大量的岩土信息,并比较勘察设计所预期的性状与监测结果的差别,对设计成果进行评价,判断施工方案的合理性,同时通过反演计算和修正岩土力学参数,预测下一阶段可能出现的状态,为施工期间进行设计优化提供可靠的信息,对后续施工方案提出建议,预报险情,并采取必要的工程措施的过程<sup>[1~3]</sup>。由于信息化施工的核心内容是施工监测与参数调整,因此也称之为施工监控<sup>[4,5]</sup>。

### 1 工程概况

石宝寨位于重庆市忠县石宝镇,是国家级重点文物保护单位。三峡水库建成蓄水后,石宝寨将成为江心岛,由于年久失修,加之蓄水后水的冲刷、浸润及产生的动、静水压力,存在损毁的危险。因此国家文物部门投巨资进行修复与围护。该工程项目南北长约400 m,东西宽约500 m,总用地面积约0.2 km<sup>2</sup>。

#### 1.1 工程地质

场地为典型的丘陵地貌形态,石宝寨一带地形起伏大,寨顶呈长条形,长100 m左右,宽10~

20 m,寨顶四周悬崖峭壁,最高点为209.9 m,上部为陡崖,崖高20~25 m,中部为陡坡,下部为缓坡。场地地下水为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水,地下水的pH值为7.38,不具有侵蚀性。场地属抗震设防6度区,场地类别为Ⅱ类。不良地质作用:玉印山有33处危岩体,滑塌体5处,石宝寨库岸再造强烈段约600 m。

#### 1.2 设计概况

主体工程为临江围堤、背江侧护坡仰墙和道路交通系统。临江围堤上部采用扶壁式挡墙,下部为T形桩加支撑结构,两者之间采用减压板联接。墙顶高程为176.15~176.31 m。减压板底部高程为154.25~170.50 m。背江侧底部采用干砌块石护坡,中部为混凝土护坡,中部与底部之间设有排水廊道、排水廊道下设有灌浆帷幕,上部为100 cm厚混凝土仰墙并配有锚杆。背江侧护坡仰墙两侧设有防渗墙,连接背江侧防渗帷幕与临江侧混凝土防渗墙。临江侧与背江侧之间设有浆砌石左挡墙及右挡墙。其它构筑物有排水廊道,箱涵和集水井及钢筋混凝土刚架码头。石宝寨江心岛东北方向设有一座连续四跨人行吊桥。

### 2 监测设计

#### 2.1 监测项目

考虑保护工程的重要性,依据业主、设计院和施工单位的要求,确定施工监测项目如下:

a. 建立水准基准点与观测站,为进一步施工监测做好基础工作;

收稿日期:2007-10-12

作者简介:李元松(1964-),男,湖北应城人,副教授,博士研究生。研究方向:土木工程结构数值分析和土木工程施工监控技术研究。

- b. 建(构)筑物变形监测. 主要构筑物为扶壁式挡墙,在周边典型位置布置监测点,用水准仪和经纬仪观测挡墙顶面和边坡土体顶部的沉降与水平位移;
- c. 挡墙深层不同深度水平位移监测;
- d. 支护结构和锚杆受力监测. 布置钢筋计监测钢筋混凝土挡墙内的受力状态、锚杆应力计监测加锚仰墙结构中锚杆的受力状况;
- e. 孔隙水压力监测. 采用孔隙水压力计监测不同深度水压力的变化;
- f. 地下水位监测. 布置水位计和水压力表,观测水位变化及其压力.

2.2 工程量与设备仪器选型

监测工程量与监测仪器选型见表 1.  
表 1 监测工程量与监测仪器型号

Table 1 Instrument type and engineering quantity

序号	项目名称	代号	单位	数量	规格型号	备注
1	垂直位移测点	BM	个	10	不锈钢	
2	水准基准点		组	1	不锈钢	由三座水准标石组成
3	电子水准仪		套	1		含铟钢尺
4	测斜孔	IN	个	3		
4.1	测斜管		m	130	PVC 管	Φ71 mm
4.2	测斜仪		台	1	CX-03	
5	测压管	H	根	4		
5.1	电测水位		台	1	YB-2	
6	水尺	SC	m	20	CS	
7	钢筋计	R	支	15	BGK4911 20	Φ20 mm, Φ25 mm 与钢筋匹配
8	锚杆应力计	MR	支	3	BGK4911-25	Φ25 mm, 与锚杆匹配
9	渗压计		支	5	BGK4500S	2 支 0.5 MPa, 3 支 0.3 MPa

2.3 监测仪器的布置

监测断面及观测点的平面布置见图 1. 典型断面仪器的施工布置见图 2.

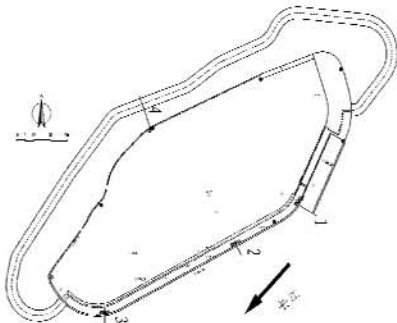


图 1 监测断面及观测点平面布置图  
Fig. 1 The plane layout of monitoring

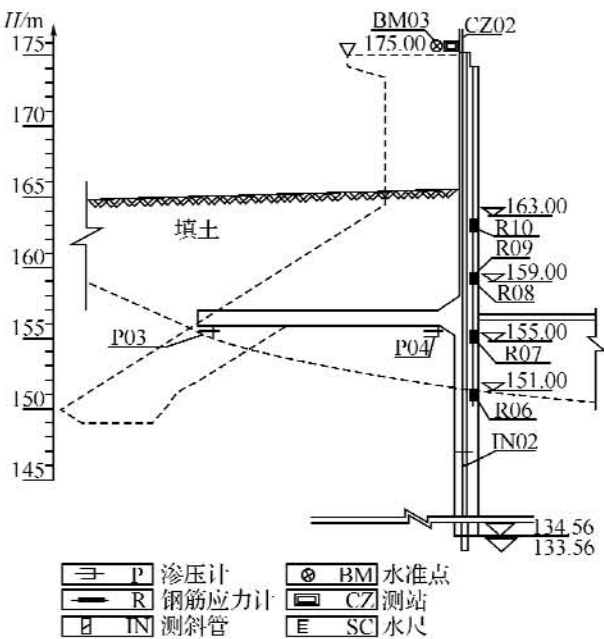


图 2 典型监测断面仪器布置示意图

Fig. 2 The instrument disposal in typical transects and measurement points

3 结果分析

四个监测断面中,第二断面开挖最深,基底地质条件最差,山体陡峭,且面临江面,其监测数据具有代表性,因此以第二断面的监测结果为例进行分析探讨.

3.1 内 力

为监控 T 形桩,扶壁式挡墙施工过程中结构应力变化,沿墙高布设四支竖向应力计,一支横向应力计. 随施工过程跟踪监测,其结果见表 2.

从表 2 结果可以看出,稳定时钢筋的最大正应力为 11.8 MPa,发生在标高为 151 m 的 R6 处,最小正应力为 6.70 MPa,发生在标高为 163 m 的 R10 处,最大负应力为 -6.90 MPa,发生在 R8 处. 若按设计墙顶标高 175 m,墙底标高 134 m,埋深约 40 m,混凝土平均容重 26 kN/m<sup>3</sup> 计算,则结构平均自重应力为 1.04 MPa,又混凝土的弹模与钢筋的弹模相差一个数量级,钢筋应力与结构平均自重应力相差一个量级,实测值 11.80 MPa 与此理论数据非常接近,因此可以判定结构竖向完全处于自重应力状态. 横向钢筋 R8 的最大拉应力为 -6.90 MPa,可以理解为主要是由回填土侧压力产生,与山体变形压力无关.

3.2 水平位移

根据施工特点,测斜仪以孔底为基点,孔底标高 132.27 m. 测斜用 PVC 管,直径 Φ76 mm,随施工过程逐节安装,每节 2 m,并按水利水电工程施工规范要求频次跟踪监测<sup>[6]</sup>. 监测结构见表 3.

表 2 钢筋应力计监测结果

Table 2 The results of reinforced bar meters

MPa

编号	2006 年				2007 年						
	9 月 15 日	10 月 15 日	11 月 15 日	12 月 15 日	1 月 15 日	2 月 15 日	3 月 15 日	4 月 15 日	5 月 15 日	6 月 15 日	7 月 15 日
R10				5.40	5.50	6.00	6.15	6.50	6.50	6.50	6.70
R9			6.20	6.80	6.50	6.90	7.00	7.15	7.50	7.80	7.80
R8			-5.50	-5.50	-5.60	-6.50	-6.50	-6.60	-6.80	-6.90	-6.90
R7		3.50	6.10	6.65	6.56	6.70	6.80	6.90	7.00	7.50	8.00
R6	9.79	10.10	10.20	10.50	11.00	11.05	11.10	11.20	11.30	11.50	11.80

注:表中正号表示压应力,负号表示拉应力。

表 3 断面 A2 测斜仪监测结果

Table 3 The data of measurement obliqueness instrument

cm

高程	2006 年						2007 年						
	7 月 15 日	8 月 15 日	9 月 15 日	10 月 15 日	11 月 15 日	12 月 15 日	1 月 15 日	2 月 15 日	3 月 15 日	4 月 15 日	5 月 15 日	6 月 15 日	7 月 15 日
175 m												4.50	4.50
170 m									4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
165 m						4.61	4.66	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
160 m					4.50	4.56	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
155 m				3.70	3.80	3.90	4.00	4.50	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
150 m			2.80	3.00	3.30	3.40	3.40	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
145 m		1.85	1.90	2.10	2.20	2.22	2.30	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
140 m	1.50	1.60	1.70	1.70	1.80	1.80	1.90	1.90	2.00	2.00	2.00	2.10	2.10
135 m	0.50	0.80	0.85	0.86	0.76	0.90	1.00	1.10	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

注:表中正号表示沿江心方向位移,负号表示向岩体内位移。

表 3 数据显示测孔位移自孔底向上逐渐增大,但至 155 m 以上位移稳定在 4.50 cm. 这可解释为墙体底部受土体侧压力作用下有向江心方向移动,随墙体增高,填土压力逐渐增大,至 156 m 处最大,其值为 4.6 cm. 随后由于减压板形成,其上填土不断没有增大墙体侧移,反而因填土重力产生反力矩,使墙体向内移动,因此 163 m 以上墙体位移稳定在 4.5 cm 之内。

应力与位移监测结果表明,扶壁式挡墙的设计与施工均处于安全稳定状态. 所有内力与变形均来自土体的侧压力与结构自重,与山体变形压力无关。

### 3.3 锚杆应力

为监测背江侧防渗墙底槽开挖对上部支护结构(混凝土仰墙+锚杆)的影响,在第四断面布设三支锚杆应力计. 应力计型号与锚杆直径匹配,对接,如图 3 所示. 监测结果见表 4。

结果表明:三支锚杆应力量级不高,MR3 的应力最大,其值为 7.90 MPa,位于支护结构的上部. MR1 的应力最小,其值为 6.0 MPa,位于支护结构的下部. 整个施工过程中应力变化不很明显. 说明防渗墙基槽开挖对上部围护结构影响不大. 同时也说明围护结构的设计与施工都很安全,山体处于稳定状态。

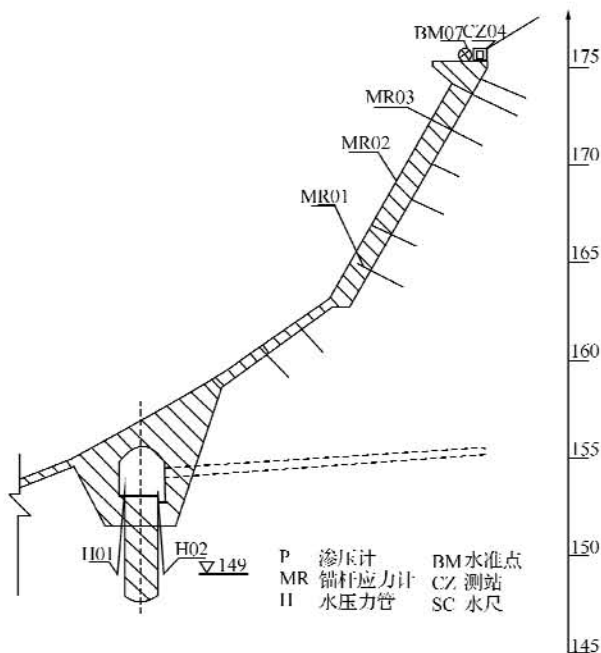


图 3 锚杆应力计布设示意图

Fig. 3 The layout sketch of rockbolt meter

### 3.4 地下水压力

为了解施工过程中,墙体内侧地下水的的影响,在临江侧三个断面分别埋设 5 支渗压计,背江一侧沿排水廊道两侧埋设 4 支测压管. 结果表明地下水压力均在 0.01~0.05 MPa 之间. 测压管水位均在孔底附近,未见渗流水。

表4 锚杆应力计监测结果

Table 4 The measurement results of anchor bar meters

MPa

编号	2006年					2007年						
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
	15日	15日	15日	15日	15日	15日	15日	15日	15日	15日	15日	15日
MR1	5.60	5.75	5.80	5.80	5.80	5.90	5.90	5.90	6.00	6.15	6.00	6.00
MR2	6.50	6.70	6.55	6.20	6.80	6.50	6.90	7.00	7.15	7.50	7.80	7.80
MR3	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.60	7.50	7.50	7.60	7.80	7.90	7.90

注:表中数据均为拉应力。

## 4 结 语

经四个典型断面支护结构的水平位移和内力监测,辅之以孔隙水压力和地下水位的观测,并在结构顶面布设多个水平及竖向位移观测点,基本掌握了整个山体的变形、受力和水环境情况。近一年半的施工与跟踪监测,可以得出以下结论:

a. 监测数据是有效的。所有数据都能得到合理的解释,并没有其它工程中常见的异常的波动,说明仪器性能稳定,精度可靠,安装合理,保护得当,完好率达95%。

b. 扶壁挡墙的水平位移与钢筋应力的测试结果表明,墙体施工过程中位移与内力均由自重与填土压力产生,与山体变形压力无关,围护结构与山体均处于稳定平衡状态;锚杆应力表明仰墙加锚杆的护坡方式是合理安全的。

所装仪器不仅有效地为施工监控提供有力保

证,同时为工程竣工后永久性安全监测打下良好基础。

## 参考文献:

- [1] 施亚霖,杨顺安. 多项监测和信息化施工在深基坑工程中的应用[J]. 西部探矿工程,2003,(5):13-15.
- [2] 朱合华,姜勇,夏才初,等. 复杂地质条件下隧道信息化施工综合技术研究[J]. 岩石力学与工程学报,2002,(2):2548-2553.
- [3] 陈勇鹏. 监控量测与信息化施工[J]. 铁道建筑技术,2004,(5):67-68.
- [4] 杨林德,潘洪科,王志义. 复杂工程地质条件下公路隧道开挖及其监控量测[J]. 中南公路工程,2006,(6):1-5.
- [5] 王浩,覃卫民,汤华. 关于深基坑施工期监测现状的一些探讨[J]. 岩土工程学报,2006,(5):1789-1793.
- [6] 二滩水电开发有限公司. 岩土工程安全监测手册[M]. 北京:中国水利水电出版,1999:350-400.

# Construction monitoring and measurement of Shibaozhai cultural relic protection project

LI Yuan-song<sup>1,2</sup>, GUO Zhi-ming<sup>1</sup>, WANG Ming-hua<sup>1</sup>

(1. School of Environmental and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, 430074, China;

2. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan, 430070, China)

**Abstract:** Different measurement instruments were used respectively to monitor the stresses, horizontal displacements and vertical displacements within T-Shape pile and retaining structure, the water pressure of filled soil inside the counterfort retaining wall and the rockbolt stresses in the up support retaining wall, etc. The monitoring and control were implemented in construction process of Shibaozhai cultural preservation project. A large amount of feedback information was provided for shoring design. These data have been analyzed and discussed based on the project characteristic and construction process. All these results provide the beneficial reference for the same kind of engineering and laid the foundation for permanent safety monitor after the project finished.

**Key words:** slope; retaining wall; construction; measurement and monitoring

本文编辑:萧宁