

强夯法在西沥水库大坝加固工程中的应用

15
50-51.56

龚利民, 张广松

(深圳市水务局, 广东深圳 518001)

TV223.23

TV698.23

摘要:深圳市西沥水库大坝加固工程中采用强夯法加固坝基,通过强夯试验确定最佳的强夯参数和方案.经过将近三年的正常运行,大坝几乎没有产生位移,坝体渗流量比以前明显减少,可见坝基是稳定和密实的,坝内的防渗墙也完好无损,说明强夯法加固水中填筑混合料坝基是安全、有效的.

关键词:强夯法;试验参数;加固技术;坝基;渗流 水库 大坝加固

中图分类号:TV223

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)02-0050-02

深圳市西沥水库是一座中型水库,始建于1959年,采用水中填土建成.后几经加固培厚,上游坝坡为1:1.8,下游坝坡为1:2.4~1:3,在坝轴线上有一道塑性混凝土防渗墙.建坝时未做认真的清基处理,上游坝坡较陡,坝坡稳定无法保证,多年来水库一直在低水位运行.1995年12月对大坝上游坝坡进行加固培厚,当时考虑水库供水调度要求,水位必须保持在22.5 m高程左右,在23.00 m高程以下填筑以块石、石碴为主的混合料,形成一个平台,作为平台上部坝体加固培土的基础.平台长370 m,宽21 m,深度约3~7 m(图1).地质资料表明,抛填地面线下约有1~2 m深的淤泥.按设计要求,必须对填筑坝基进行加固处理,以达到一定的密实度和承载力,保证平台上加填土后坝体能保持足够的稳定.若采用围堰方法进行填筑,由于水位较深,围堰工程造价太大;若采用水中抛填,则水中填筑的混合料厚度较大,干填层的振动碾压影响深度有限,无法保证坝基平台整

体的密实度.强夯法有足够的影晌深度,且工期短,工程造价低,压实效果明显.但也担心强夯产生的冲击波可能破坏原坝体内的防渗墙,为保证安全和有效,先进行强夯试验,以确定最佳的施工参数和方案.

1 强夯参数和方案的确定

强夯法又称动力固结法,是法国 Menard 技术公司于1969年首创的一种地基加固方法.它通常以100~400 kN的重锤从6~40 m的高处落下,对地基产生冲击力和振动,不仅能提高地基土的强度并降低其压缩性,而且还能改善砂土的振动液化条件和消除土的湿陷性.

1.1 工艺参数选择

1.1.1 夯击能

首先根据 Menard 教授提出的经验公式(式(1)) and 需要加固的土层厚度,估算出所要求的夯击能(锤

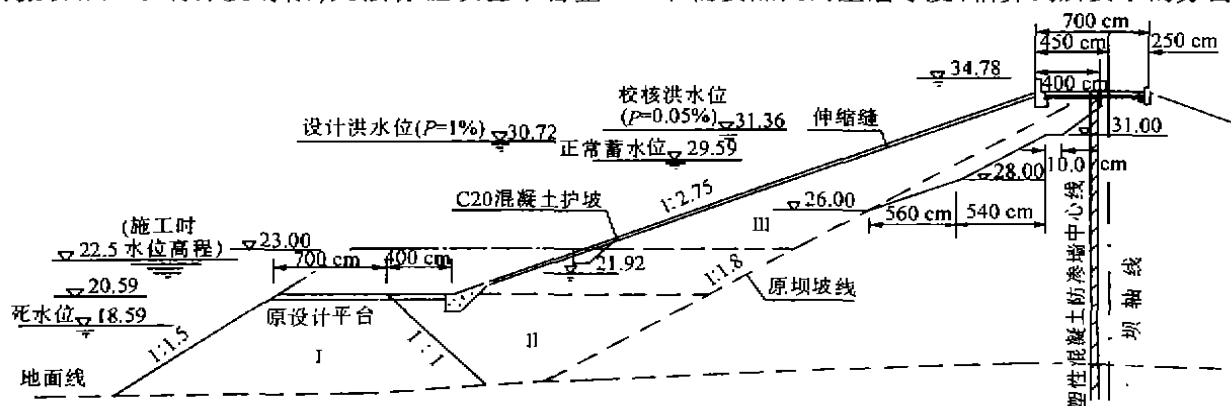


图1 西沥水库大坝剖面示意图

作者简介:龚利民(1970—),男,工程师,从事水利工程建设管理工作.

重×落距),从而选定较为合理的锤型、锤重和落距.

$$H = \alpha W h / 10 \tag{1}$$

式中: H 为加固影响深度, m; W 为锤重, kN; h 为落距, m; α 为系数, 其值为 0.5~1.0.

由于在大坝轴线上有一道 60 cm 厚的塑性混凝土防渗墙, 未进行过抗震设计, 强夯时产生的冲击波, 可能会对防渗墙造成影响. 为确保强夯时不损坏防渗墙, 确定其抗震烈度的标准在原理论值 6 度的基础上减少 1.5 度, 即定为 4.5 度. 按 GB6722-89《爆破安全规程》的安全振动速度标准, 以及广东省地震局的研究成果, 烈度 4.5 度对应的振动速度为 1.5 cm/s, 据此, 确定西沥水库大坝安全振动速度值不能大于 1.5 cm/s.

试验结果表明: ①经过夯击之后, 试夯点地基均有不同程度下沉, 单击能量越大, 夯沉量越大, 强夯提高了地基的密实度; ②第一、二击夯沉量较大, 以后夯沉量逐渐减小, 可见达到一定程度的夯击次数, 再增加夯次, 地基加密效果的继续提高已不再显著; ③异型锤较平型锤的夯沉量大, 说明异型锤的影响深度较大.

为大坝安全起见, 在强夯试验中对强夯产生的振动冲击波进行了测试, 将测试设备置于坝面防渗墙顶进行观测, 试验参数及结果见表 1.

表 1 强夯振动测试值

测点位置	强夯点序	测点距离 /m	重锤类型	重锤能级 /(t·m)	振动频率 /Hz	振动速度 /(cm·s ⁻¹)
A	1	10.5	异型	110	5.93	0.1
A	2	10.5	异型	204	3.32	0.2
A	3	10.5	异型	230	8.80	0.3
A	4	6.5	平型	120	6.25	0.3
A	5	6.5	平型	160	8.40	0.4
A	6	19.0	平型	165	6.01	0.5
A	7	6.5	平型	120	7.03	0.8
A	8	6.5	平型	98	6.25	0.7
A	9	19.0	平型	98	5.73	0.5
A	10	10.5	异型	230	7.23	0.3
A	11	6.5	平型	98	7.23	1.1
A	12	6.5	平型	135	7.23	1.7
A	13	10.5	异型	136	6.64	0.4

振动测试的分析结果表明: ①同样类型的锤, 同样的能级, 在不同的地点可能产生不同的振动速度; ②异型锤在整个实验过程中, 不管能级大小, 夯击所产生的振动速度均小于最初确定的振动安全速度; ③平型锤夯击, 虽然能级不大, 但所产生的振动对大坝影响较大, 如果场地较密实, 也可能产生接近或大于最初确定的振动安全速度值, 如表 1 中第 11 和第 12 夯击点的观测结果.

1.1.2 夯点布置和夯击遍数

根据试夯的实际情况, 显示出夯击后地面围绕夯坑中心出现同心圆裂缝, 裂缝波及范围自夯点中心外 3~3.5 m, 夯坑直径达 3.5~3.6 m. 以此采用了夯点间距为 3~3.5 m 的方格网布置, 以保证强夯的挤密效果. 本工程采用了两遍夯击, 先进行间夯, 再进行满夯的方法.

1.2 强夯施工方案的确定

平台靠水边部位虽然填料较厚, 但如果采用异型锤夯击可能导致滑坡, 而近坝坡处地基较浅, 夯击能不能太大, 故采取平台两侧用平型锤, 中间部位用异型锤夯击的方案.

整个坝基平台分为两个工区: A 区, 刚回填的含水量较大的软基区, 距离涵管中心 8~68 m 范围内, 长 60 m; B 区, 从距离涵管中心 68 m 处至坝左端, 长 288 m(图 2).

先进行 A 区间夯, 每排 5 个夯击点, 中间 3 个点采用异型锤, 夯击能 2 000 kN·m, 8 击; 两边 2 个点用平型锤, 夯击能 1 100 kN·m, 不少于 4 击, 以最后两击沉降差小于 10 cm 为收锤标准. 然后, 进行 B 区的间夯, 同样每排 5 个点, 近坝坡一点和近水区两点用平型锤, 中间两点用异型锤, 夯击方法与 A 区同. 完成 A 区和 B 区间夯之后, 把整个场地平整, 再进行满夯. 满夯也分两个区, 靠坝边 3.5 m 区, 夯击能为 700 kN·m, 近水边 15 m 区, 夯击能为 1 000 kN·m, 且前后左右夯击点搭接长度大于 30 cm, 同样不少于 4 击, 以最后两击沉降差小于 10 cm 为收锤标准.

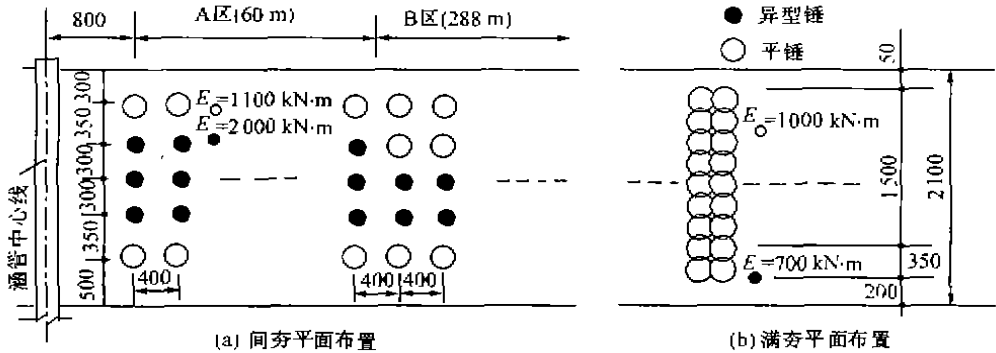


图 2 强夯夯点布置(单位: cm)

(下转第 56 页)

此试验测得的单桩承载力比未加固前的单桩承载力提高了4~10倍。

d. 公式验算. 灌注桩直径1.0 m, 桩周长为3.14 m, 面积0.78 m²; 旋喷桩直径1.2 m, 3根交圈, 桩周长8.5 m, 面积2.55 m². 将以上各值代入公式计算单桩承载力标准值为

$$R_k^d = \sum_{i=1}^n q_{si} u_i h_i + \alpha A_p q_p = 2587 \text{ kN}$$

实测 $R_k^d = 2600 \text{ kN}$, 与理论计算值相差很小. 这表明整个实测过程数据可靠, 故确定单桩承载力为2600 kN, 满足设计要求, 达到了预期加固目的。

3 结 语

纵向加固体系可广泛应用于新建工程及工程事

(上接第51页)

2 强夯效果及效益分析

平台地基混合料的颗粒间孔隙大, 颗粒位置不稳定, 在较大的动力和静力作用下容易位移, 因而产生较大的沉降, 特别在振动力作用下更为显著, 其体积可减少20%以上. 异形锤施工时, 打完第一、二击, 地基中即形成一个深坑, 用粒径不大于40 cm的石料填满, 再夯下一击, 如此反复, 异形锤的冲击荷载将块石挤压入土中, 形成了大直径的密实块石桩. 由于挤密块石在成桩过程中, 桩管对周围土层产生很大的横向挤压力和冲击波, 桩管将地基中等于桩管体积的块石, 挤向桩管周围的土层, 使桩管周围的土层孔隙比减小, 密度增大. 因而强夯特别是使用异形锤的强夯收到了显著的加固效果, 具体为: ①使混合料地基挤实到临界孔隙比以下, 在块石桩和混合料之间形成复合地基, 提高了承载力和地基的整体稳定性, 防止地基产生滑动破坏; ②形成了高强度的挤密块石桩, 提高了坝基的抗剪强度和水平抵抗力; ③加固后的坝基大大减少了工后固结沉降; ④由于施工时的挤密作用, 以及第二遍是以较低的夯击能进行满夯, 彼此重叠搭接, 因而使坝基变得十分均匀和具有较高的密实度。

对场地夯前和夯后平均标高的水准测量表明, 强夯后, 回填部分普遍下沉60~70 cm, 最大沉降达100 cm. 由此可见, 强夯法加固坝基的效果是很明显的。

用强夯法加固地基, 影响有效加固深度的因素很多, 除了锤重和落距以外, 还有地基土性质、不同土层的厚度以及其它强夯参数等. 选定合适的夯击能、击数、遍数等参数是强夯施工的关键。

故处理中, 本文就灌注桩与高压旋喷桩形成的复合桩形式, 经理论分析计算并运用于实际工程事故处理中, 得到了预期加固效果, 它利用高压旋喷注浆法, 采用复喷等特殊工艺, 使两种加固体紧密结合, 施工简便, 对周围环境振动影响小. 另外, 纵向加固体体系的应用还可以节省投资, 经济合理。

本文在撰写过程中得到张志铁副教授的悉心指导, 在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 《地基处理手册》编委会. 地基处理手册[Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.

(收稿日期: 1998-10-06 编辑: 张志琴)

工程设计原拟采用围堰方法填筑坝基平台, 经核算, 工程造价太高, 工期又较长, 影响工程进度和投资计划. 采用强夯法加固后, 经比较, 工程造价降低了近1000万元, 工期也缩短了2个月. 可见强夯法在本工程中产生了显著的经济效益。

3 结 语

西沥水库大坝加固工程于1996年12月竣工验收, 经过将近三年的正常运行, 大坝几乎没有产生位移, 坝体渗流量比以前明显减少, 可见坝基是稳定和密实的, 坝内的防渗墙也完好无损, 说明所选的强夯参数是基本准确的. 实践证明, 在西沥水库大坝加固工程中采用强夯法加固坝基是正确的。

参考文献:

- [1] 《地基处理手册》编委会. 地基处理手册[Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.

(收稿日期: 2000-01-20 编辑: 马敬峰)

