

叶尔羌河中游渠首导流堤填筑料设计

陈增伟

(新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要 介绍粉细砂的工程力学特性, 探讨应用粉细砂修筑堤防存在的问题及其解决办法, 论述了选用粉细砂作为筑堤材料的可行性。工程实践证明, 采取合理有效的措施后叶尔羌河中游渠首导流堤工程采用粉细砂筑堤是可行的。

关键词 叶尔羌河; 填筑料; 粉细砂; 导流堤

中图分类号 :TV551.1+1; TU521.1 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2008)S1-0127-02

1 工程概况

叶尔羌河流域控制灌溉面积为 43.43 万 hm^2 , 是新疆第一大灌区, 全国第四大灌区。中游渠首工程控制灌区引水量, 为实现叶尔羌河向塔里木河多年平均输送 3.3 亿 m^3 生态水创造条件。渠首上下游设计了导流堤, 上游右岸及左岸导流堤长度均为 2.2 km, 堤高 5.5 m, 堤顶宽 6 m; 下游右岸及左岸导流堤长度分别为 200 m 和 300 m, 堤高 4.5 m, 堤顶宽 6 m。

枢纽区出露地层为第四系全新统松散堆积物, 冲洪积粉土、黏土层主要分布于河谷两岸 I ~ II 级阶地上部, 厚度 0.4 ~ 1.5 m。冲洪积粉细砂 ~ 细砂层广泛分布于河床两岸阶地下部、河床河漫滩上, 厚度约 45 m。粉细砂渗透系数为 $2 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。

2 导流堤填筑料的选择

如果填筑料选用黏土, 土料场位于枢纽区下游叶尔羌河右岸 II 级阶地上。土层较薄, 一般为 3 ~ 4 m; 地下水埋藏较浅, 一般为 5 ~ 6 m; 运距 9.1 ~ 12.0 km。可知料场需占用大量耕地, 地下水对土料的开采影响较大且运距较远。又因导流堤的填筑是在河流的枯水期进行, 选择黏土作为填筑料对工期的影响较大。因此如能利用河床内储量丰富的粉细砂筑堤, 对工程建设具有重要意义。本文通过分析论述了就近取河床开挖料粉细砂作为填筑料的可行性。

3 粉细砂的特性

3.1 颗粒组成

粉细砂土颗粒一般呈粒状, 接近于圆形, 其堆积

情况一般为单粒结构, 即单个颗粒之间互相支撑, 以保持稳定。实际的砂土大小颗粒混杂, 而且颗粒形状也不是圆形, 故孔隙比变化较大, 当细小颗粒多, 尤其是片状的颗粒较多时, 容易出现架空的现象, 此时土体多处于疏松状态。

本工程填筑料中粒径大于 0.075 mm 的颗粒的质量分数占 87.5% ~ 89.5%, 属于细砂。

3.2 工程力学特性

a. 无黏性。根据双电层和结合水的概念, 当 2 个颗粒互相靠近使颗粒的双电层互相重叠时, 这 2 个颗粒将共同吸引重叠区域的阳离子(包括阳离子所吸附的极性水分子), 颗粒与此阳离子和水分子的相互吸引作用使这两个颗粒连接起来, 从而产生黏性。当颗粒愈靠近、颗粒间距离愈小时, 颗粒对重叠区阳离子的引力愈大, 从而黏性也愈大。由于粉细砂中缺少带电特性的黏土颗粒组, 因而为无黏性状态。

b. 抗剪特性。粉细砂黏聚力 $c = 0$, 内摩擦角 φ 较大。由于粉细砂无黏性, 抗剪时表现为 $c = 0$ 。粒状土的摩擦性质涉及颗粒之间的相对移动, 其物理过程包括两部分: 一是颗粒的滑动, 产生滑动摩擦; 另一是颗粒与相邻颗粒脱离咬合而移动, 产生咬合摩擦。由于粉细砂颗粒较黏土颗粒大, 剪切时这两种摩擦力较大, 因而 φ 值较大^[1]。

c. 渗透系数。粉细砂土与水相互作用的程度表现为惰性。粉细砂呈散粒状, 单个颗粒浑圆, 矿物晶格活动性小, 颗粒比表面积小, 在土粒和水界面上的相互作用力主要是毛管张力(在饱和土中消失)且颗粒孔隙较大, 因而与黏性土相比具有较大的渗透系

数。本工程粉细砂的渗透系数为 $2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 。

d. 砂土的液化。饱和松砂受到地震时,原本稳定的结构遭到破坏,砂土颗粒悬浮于水中表现出类似液体特征的现象。事实上,不仅仅地震会引起砂土液化,机械振动、爆炸等都会引起砂土液化现象。

4 粉细砂筑堤存在的问题

粉细砂因其独特的性质,用于修筑均质堤防时存在着一些问题,直接影响堤防的安全。

a. 滑弧稳定性差。一般当相对密度为 0.6 时,粉细砂 φ 在 $20^\circ \sim 26^\circ$ 之间, $c = 0$,用于修筑均质堤防时易产生滑动。一般均质土堤边坡为 $1:2 \sim 1:3.5$,而淮河一些粉细砂堤防后坡比采用 $1:5$,辽宁省绕阳河部分粉细砂堤段边坡也采用 $1:5$ 。

b. 渗流稳定性差。粉细砂渗透系数较大,坡面出逸允许比降和建筑物接触冲刷的抗渗比降低,相同水头作用下浸润线逸出点高。由于以上物理力学特点,粉细砂堤防渗透稳定性差。若采用粉细砂修筑均质堤防,必须有足够的渗径长度和较缓的背水边坡,以满足出渗坡降要求,这就使得粉细砂堤防的断面较大。

c. 抗冲刷能力弱。粉细砂无黏聚力,抗冲能力弱,其允许抗冲流速为 $0.25 \sim 0.75 \text{ cm/s}$,堤前坡在水流作用下极易产生淘刷脱坡,即使坡上长草,由于根不深草极易被冲走。雨水顺坡的淋洗作用也易冲成沟,危及堤防安全。

由于这些问题的存在,用粉细砂修筑堤防必须采取一些合理有效的工程措施。

5 粉细砂筑堤技术

a. 粉细砂改性。粉细砂中细粒含量较少,因而表现出前面所述的特有工程特性。若在粉细砂中掺入细颗粒,其工程性质将得到改变。如德国拜恩州东北部弗尔兹坝坝区土料比较缺乏,心墙土料采用基岩风化而成的残积粉砂,细颗粒含量较少,渗透系数为 $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$,作为防渗体渗透系数偏大,由于坝区附近的天然砂场不能满足坝体抗渗要求,为加强心墙的防渗能力,采用了水泥土心墙。弗尔兹 1 号坝水泥土材料经多次试验后的配合比为:砂 1311 kg,粉碎黏土料 153 kg,水泥 90 kg,其混合料的干密度为 $1.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,每 1 m^3 混合料加 400 kg 水拌和,拌和料的密度为 $2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,坍落度较小,按此配合比水泥掺量为 4.5%。

除水泥外,其他掺合料还有黏土、粉煤灰、石灰、有机聚合物等。无论掺入何种材料,都是为了弥补

粉细砂中的粉粒(粒径 $0.075 \sim 0.005 \text{ mm}$)和黏粒(粒径小于 0.005 mm)含量不足,从而提高粉细砂的黏聚力。辽宁省水利水电科学研究院曾在新西小河左堤进行改性粉细砂填筑试验,掺入 1.5% ~ 2% 的水泥以改善粉细砂性质,试验取得了成功^[2]。

b. 放缓边坡。粉细砂堤防的坡比以往多在 $1:2 \sim 1:2.5$ 之间,即与黏土堤防坡比一致。实践证明,这样的堤防存在较大的隐患,淮河上的粉细砂堤防后坡比采用 $1:5$,现已推广到松花江、嫩江干流上的粉细砂堤防。

c. 包边盖顶。采用包边盖顶技术修筑粉细砂堤防在国内应用较广。在黄河部分堤段、松嫩平原的嫩江、泰来和杜蒙 3 个县的部分堤段,均采用了黏土包边盖顶的筑堤方案。堤顶与迎水坡应选用黏土,背水坡应符合设计坡比要求。

d. 加筋粉细砂。土体加筋就是在土内掺入或铺设适当的加筋材料,加筋材料与周围土体之间有一定的摩阻力和包裹作用,因此可不同程度地改善土体的强度,阻止土的侧向变形。利用加筋粉细砂修筑堤防,可获得稳定、较陡的边坡,从而减小堤防的断面。防渗问题可通过黏土斜墙或堤后排水等相应措施予以解决。加筋粉细砂筑堤技术已在辽河右岸李家窝棚古城子段实施,该技术完全满足工程需要,并节省了 20.6% 的工程投资,因此用粉细砂筑堤在技术经济上是可行的^[3]。

叶尔羌河中游渠首导流堤工程是在河流的枯水期施工,施工周期短,若采用改性粉细砂填筑需要做大量试验,试验周期较长,会延误工期,所以不选用改性粉细砂填筑。包边盖顶筑堤需要黏土料,而本工程料场运距远,土料开采受地下水影响较大,且占用耕地面积较多,故也不选用。采用加筋粉细砂筑堤需要放缓边坡同时采取排水措施,而本工程导流堤后为一级阶地,其高程比导流堤高,无法采取排水措施,因此不选用加筋粉细砂筑堤。采用粉细砂放缓边坡筑堤,粉细砂料在河床内开挖方便,且成本较低,河床内放缓边坡不会造成过多的征地费用,因此采用放缓边坡的办法较为经济合理。

根据填筑料粉细砂的特性,经水利水电边坡稳定程序 STAB 计算,上下游边坡均为 $1:2.5$ 时满足稳定计算要求。经水利水电渗流计算程序 STSE 计算,下游边坡为 $1:2.5$ 时不满足逸出点渗透允许比降的要求,因此采用试算法计算不同坡比的逸出点渗透比降,当下游坡比为 $1:5$ 时满足逸出点渗透允许比降的要求,因此选用 $1:5$ 的坡比修筑粉细砂导流堤。

(下转第 176 页)

应特别安排好原始记录和安全监测系统的规划、设计、实施、管理、信息采集和资料分析与整理工作,为推进材料、工艺改进和解决有关具体问题提供第一手资料。

c. 加强老水库特别是病险水库和水资源供需矛盾突出区域水库的调研工作。1949 年以来,我国先后建设了数以万计的水库工程,许多工程都有不同程度的老化或现有功能已不能满足发展需要。在现有水利水电工程加固或改(扩)建方案论证和决策过程中,可将大坝加高方案作为若干比较方案中的一项,结合老工程的改(扩)建和病险水库的加固提高工程效益。

参考文献：

[1] 李宁,黄继刚.浅议混凝土坝分期加高技术[J].东北水利水电 2002(4):25-26.
[2] 张国新,朱伯芳,吴志朋.重力坝加高的温度应力问题

[J].水利学报 2002(5):11-15.
[3] 李宁,庞海臻,赵剑.重力坝分期加高技术概述[J].水利水电技术 2004(3):22-23.
[4] 郭武山.南水北调中线及丹江口大坝加高工程施工难点[J].湖北水力发电 2006(4):8-11.
[5] 郭武山.丹江口大坝加高工程新老结合面键槽切割施工[J].人民长江 2006(11):1-2.
[6] 董福品,刘永林,朱伯芳,等.混凝土大坝加高设槽方案的优选及应力仿真分析[J].水利学报 2002(6):100-104.
[7] 邢德勇,徐三峡.三峡三期大坝工程大体积温控技术综述[J].水力发电 2002(10):14-16.
[8] 朱伯芳,买淑芳.混凝土坝的复合式永久保温防渗板[J].水利水电技术 2006(4):13-18.
[9] 朱伯芳,张国新,吴龙碑,等.重力坝加高工程全年施工可行性研究[J].水利水电技术 2006(10):29-32.
[10] 齐伟,陈珊,王丹萍.丹江口大坝加高工程安全监测问题的探讨[J].湖北水力发电 2002(3):26-29.

(收稿日期 2007-01-08 编辑 方宇彤)

.....

(上接第 155 页)

表 1 ADCP 与流速仪精确测量方法比测结果统计							
序号	测量时间	上游水位/m	下游水位/m	流量/(m ³ ·s ⁻¹)		ADCP 相对于流速仪偏差/%	
				流速仪	ADCP	流速仪	ADCP
1	07-22T06:40 ~ T09:10	12.37	12.13	5740	5665	-1.3	
2	07-25T08:40 ~ T10:20	12.17	11.91	5940	5374	9.5	
3	07-27T08:36 ~ T10:40	11.96	11.73	4950	4936	-0.3	
4	08-01T08:36 ~ T10:36	12.26	11.45	4580	4426	-3.4	
5	08-11T09:00 ~ T11:36	12.98	12.66	7620	7538	-1.1	
6	08-23T09:30 ~ T11:40	12.74	10.04	1940	2088	7.6	
7	08-26T09:45 ~ T11:30	12.49	10.86	3560	3546	-0.4	
8	08-29T12:40 ~ T14:20	12.45	10.83	3440	3442	0.06	
9	09-01T08:20 ~ T09:40	12.48	11.48	4820	4871	1.1	
10	09-02T08:40 ~ T09:54	12.48	11.49	4730	4820	1.9	
11	09-05T09:10 ~ T10:40	12.47	11.96	5850	5970	2.1	
12	09-06T07:50 ~ T09:30	12.43	12.10	6290	6259	-0.5	
13	09-16T08:40 ~ T10:20	12.43	11.95	5870	5954	1.4	
14	09-19T08:30 ~ T10:00	12.14	11.74	5180	5455	5.3	
15	09-21T08:30 ~ T09:50	12.66	10.87	3480	3476	-0.1	
16	09-27T14:10 ~ T16:25	12.77	10.65	3190	3153	-1.2	
17	10-14T09:00 ~ T11:00	12.76	11.41	4680	4660	-0.4	

总之,ADCP 在水文测验、水资源调查评价和防汛抗旱工作中应用的效益十分显著,应大力推广。

参考文献：

[1] 田淳,刘少华.声学多普勒测流原理及其应用[M].郑州:黄河水利出版社 2003.
[2] 长江水利委员会水文局.走航式声学多普勒流速剖面仪河流流量测验技术指南[R].武汉:长江水利委员会水文局 2005.
[3] GB50179—93,河流流量测验规范[S].
[4] SL337—2006,声学多普勒流量测验规范[S].
(收稿日期 2007-07-24 编辑 高建群)

(上接第 128 页)

6 结 论

工程实践证明,采取合理有效的工程措施后用粉细砂筑堤是可行的。当前堤防建设的发展趋势是就地取土,少占用耕地,保护生态环境。本工程采用粉细砂放缓边坡筑堤,占用的是河道,未占用耕地,从土堤资源开发利用和全局经济发展的角度考虑,采用粉细砂筑堤在技术、经济上均是可行的。

参考文献：

[1] 杨光照.粉细砂特性及工程措施[J].施工设计研究,1996(6):1-16.
[2] 张越,曲兴辉.改性粉细砂筑坝新技术研究[J].吉林水利 2006(7):8-10.
[3] 李敬库.加筋粉细砂筑坝技术在辽河防洪工程中可行性论证[J].吉林水利 2002(8):20-22.
(收稿日期 2008-05-07 编辑 骆超)

