

沥青心墙与混凝土基座连接材料研究

何建新, 杨武, 柴龙胜, 伦聚斌, 韩梦雪

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 在沥青混凝土心墙坝中,混凝土基座与沥青心墙结合能力直接影响着坝体的安全和防渗系统。通过模拟混凝土基座与沥青混凝土心墙的结合方法,分别选取沥青砂浆、沥青玛蹄脂、冷底子油以及不做处理4种不同的连接施工工艺进行研究,采用直接剪切的方法测试其强度。结果表明:在正应力相同的条件下,采用沥青玛蹄脂处理结合面的施工方法抗剪强度最大,同时具有一定的抗变形能力。因此,推荐采用沥青玛蹄脂的施工方法,为沥青混凝土心墙坝混凝土基座与沥青心墙的连接施工方法提供了一定的参考依据。

关键词: 沥青心墙; 混凝土基座; 连接材料; 沥青玛蹄脂; 抗剪强度

中图分类号:TV431⁺.5; TV543⁺.8

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2017)05-0219-04

Study on the connection material between asphalt core wall and concrete base

HE Jianxin, YANG Wu, CHAI Longsheng, LUN Jubin, HAN Mengxue

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: In the asphalt concrete core dam, the combination of the concrete base and the asphalt core wall has a direct impact on the safety and seepage control system of the dam. By simulating the combination of concrete base and asphalt concrete core wall, four kinds of different construction technology are selected, which are asphalt mortar, asphalt mastic, cold base oil and no treatment. The strength was measured by the direct shear method, and the results show that under the condition of the same normal stress, the construction method of asphalt mastic has the maximum shear strength, and it also has certain anti deformation ability. Therefore, it is recommended to use the construction method of asphalt mastic, which provides a theoretical basis for the construction of asphalt concrete core wall dam.

Key words: asphalt core wall; concrete pedestal; connection material; asphalt mastic; shear strength

1 研究背景

沥青混凝土心墙作为土石坝的防渗系统在世界范围内得到广泛应用,其具有良好的变形适应能力,抗冲蚀、抗老化的能力,同时对坝体堆石骨料要求不高,对地形条件适应能力强,已成为国际大坝委员会(ICOLD)推荐的坝型。目前,对沥青混凝土心墙坝的研究也越来越广泛,主要包括沥青混凝土材料、配合比、应力应变等性能^[1-3]。在沥青混凝土心墙坝中,大多采用心墙直接坐落在混凝土基座上构成防渗结构,坝基混凝土防渗墙与沥青混凝土心墙之间采用心墙混凝土基座连接。张奇^[4]提出在混凝土基座与大坝心墙结合处增加锚筋,以增强结合面强度。沥青心墙与混凝土基座的连接能力直接影响着

大坝的应力与变形,进而影响到整个防渗系统甚至大坝的安全^[5]。王晓东^[6]在冶勒水电站大坝中,设计了几种不同的基座形式,目的就是希望能够更加安全稳固地提高沥青心墙与混凝土基座的结合能力。孔宪京等^[7]通过试验得出随着沥青玛蹄脂层的厚度增加和心墙两侧的压力差的增大,其错动和倾斜逐渐增大。张应波^[8]对冶勒大坝基座与沥青心墙的结构进行设计,得出沥青玛蹄脂随着垂直压力的增大,剪应力增加明显,说明沥青玛蹄脂具有承受很大的剪应变和剪应力的能力。有关规范^[9-10]规定混凝土基座与沥青心墙的结合方法,但施工工艺相对繁琐,增加了施工难度,导致工程施工进度较慢。

在沥青混凝土心墙坝中,高坝的建设越来越普

收稿日期:2017-04-07; 修回日期:2017-05-31

基金项目:新疆维吾尔自治区高校科研计划科学研究重点项目(XJEDU2014I016)

作者简介:何建新(1973-),男,河南扶沟人,硕士,副教授,硕士生导师,研究方向为水利水电工程。

遍,水荷载也不断增大,因而沥青心墙与混凝土基座的结合不仅需要满足强度的要求,同时也需要有一定的变形能力。本文通过对结合面进行涂抹沥青砂浆、沥青玛蹄脂、冷底子油 3 种不同的处理方法,并采用直接剪切试验,研究沥青心墙与混凝土基座的结合方法,为沥青混凝土心墙坝的施工提供参考依据。

2 工程概况

新疆某水利枢纽工程由大坝、泄洪洞、溢洪洞、引水发电系统、电站厂房等建筑物组成。其中泄洪洞布置在右岸,与导流洞结合;发电洞、厂房布置在右岸;溢洪洞布置在右岸坝肩。大坝校核洪水标准为 2000 年一遇($1\,158\text{ m}^3/\text{s}$)。挡水建筑物为沥青混凝土心墙坝,坝顶高程 $1\,507.4\text{ m}$;坝顶宽度为 10.0 m ,最大坝高 101.0 m ,坝长 345.0 m 。坝顶采用沥青路面,厚 0.2 m 。坝顶路面向下游单向倾斜,坡度为 2% 。坝顶上游侧设置 L 形 C25 钢筋混凝土防浪墙,防浪墙顶高程 $1\,508.6\text{ m}$,墙高 3.1 m ,墙顶高出坝面 1.2 m 。防渗体:沥青混凝土心墙为垂直式,从下向上分段等厚设计($1505.5\sim 1485.5\text{ m}$ 心墙厚度为 0.5 m , $1485.5\sim 1462.5\text{ m}$ 心墙厚度为 0.7 m , $1\,462.5\sim 1\,435.5\text{ m}$ 心墙厚度为 0.9 m , $1\,435.5\text{ m}\sim$ 底部心墙厚度为 1.1 m)。

3 材料及试件制备

3.1 试验材料

试验所用混凝土配合比采用基座基础配合比,骨料采用当地河床料,基座混凝土 C20;水泥强度为 42.5 MPa ;卵石混凝土粗骨料最大粒径 20 mm ,坍落度 $35\sim 50\text{ mm}$;混凝土配合比为 $0.47:1:1.342:$

3.129 ;砂率 30% ;水灰比: 0.47 。用此配合比拌合好后,放入 $150\text{ mm}\times 150\text{ mm}\times 150\text{ mm}$ 的立方体试模中,但为了满足中型直剪仪尺寸要求,试件在试模中的混凝土高度为 $60\sim 80\text{ mm}$ 不等,其中采用涂刷冷底子油方式的混凝土基座试件高度为 80 mm ,采用涂抹沥青砂浆、涂抹沥青玛蹄脂的混凝土基座试件高度为 60 mm 。在初凝过后,除对其表面进行凿毛外,不做其它任何的处理。见图 1。



图 1 混凝土制备

本次试验沥青混凝土采用心墙沥青混凝土配合比进行制备,原材料为心墙沥青混凝土所用材料,包括:中国石油克拉玛依石化公司生产的 70 号(A 级)道路石油沥青,沥青技术性能见表 1。

粗骨料由破碎碱性灰岩料加工而成,破碎经筛分后得到粗骨料粒径为 $2.36\sim 4.75$ 、 $4.75\sim 9.5$ 、 $9.5\sim 19\text{ mm}$ 的试验用料;细骨料为粒径为 $0.075\sim 2.36\text{ mm}$ 的人工砂;填料(矿料)为破碎筛分的灰岩石粉,骨料技术性能见表 2。沥青混凝土材料配合比见表 3。

表 1 沥青技术性能

项 目	技术要求	实测值
针入度(25°C , 100g , 5s)/ 0.1 mm	$60\sim 80$	71.8
延度($5\text{cm}/\text{min}$, 10°C)/ cm	≥ 25	> 100
软化点(环球法)/ $^{\circ}\text{C}$	≥ 46	49.5

表 2 沥青混凝土骨料的技术性能

项 目		技术要求	石粉 $<0.075\text{ mm}$	细骨料 $0.075\sim 2.36\text{ mm}$	粗骨料 $2.36\sim 19\text{ mm}$
超逊径率/%	超径	≤ 5		2.10	
	逊径	≤ 10			3.20
表观密度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$		≥ 2.6	2.65	2.69	2.70
黏附性		≥ 4			5.00
水稳定等级		≥ 6		10.00	
针片状含量/%		≤ 25			6.60
压碎值/%		≤ 30			14.60
吸水率/%		≤ 2.0	0.6	0.70	0.30
石粉含量/%		≤ 0.5		0.40	0.40
坚固性/%		≤ 12		5.20	3.10

表 3 沥青混凝土各项材料的配合比 %

砂石材料粒径/mm					沥青
9.5 ~ 19	4.75 ~ 9.5	2.36 ~ 4.75	0.075 ~ 2.36	<0.075	
22	19	20	28	11	

为了更加紧密结合工程实际,其中,沥青砂浆、沥青玛蹄脂、冷底子油配比采用新疆多数工程所用配比。采用的沥青砂浆配比为沥青:细砂:石粉=1:3:5;沥青玛蹄脂的配比为沥青:细砂:石粉=1:1:2;冷底子油配比为沥青:汽油=3:7,将汽油倒入装有沥青的容器中,充分搅拌,使沥青溶于汽油中。

3.2 试件制备

对混凝土试件外部装上 150 mm × 150 mm × 150 mm 的钢制试模,防止在沥青混凝土击实时产生变形(为确保沥青混凝土与连接材料更好的粘接及保证沥青混凝土自身的孔隙率一致的前提下,确定沥青混凝土击实次数的方法为:采用成型沥青混凝土马歇尔试件击实次数和击实锤质量得出击实功换算质量得出)。

试件制备 1:将事先准备好的混凝土试件上表

层清理干净,将加热至 150℃ 的沥青砂浆充分搅匀,分别对各个混凝土试件进行涂抹,厚度为 20 mm,对沥青砂浆进行击实处理,待温度冷却至 120℃ 时,将搅拌机中加热搅拌好的沥青混凝土装进试模中,进行插捣-击实,冷却后进行拆除试模;试件制备②:以试件制备①同样的方法将沥青玛蹄脂在试模中成型;试件制备③:将按比例配制好的冷底子油均匀的涂抹在混凝土试件上,待其汽油充分挥发后,将沥青混凝土装入,并插捣-击实;试件制备④:将加热的沥青混凝土直接在混凝土上插捣-击实。从试验操作的难易程度上,最困难的是采用沥青砂浆的这种试件,这是由于沥青砂浆相比于沥青玛蹄脂来说,沥青砂浆更难控制其厚度,其余方式均较为容易。4 种材料形式见图 2。



(a) 沥青砂浆连接形式 (b) 沥青玛蹄脂连接形式 (c) 冷底子油连接形式 (d) 不做处理连接形式

图 2 不同连接形式图片

4 试验结果及分析

利用中型直接剪切试验仪,样筒尺寸为 150 mm × 150 mm × 150 mm,将制备好的试样放入中型直接剪切仪中,为了保证在受剪切面剪切力的均匀传递,在放入试件后采取水平测量,保证每个试件的破坏面在结合处,顶部加装顶盖。试验方法采用等应变控制,剪切速率为 0.2 mm/min,30 s 计一次数据,荷载传感器最大量程 10 kN。将 4 种连接形式的试样分别装入应变控制式直剪仪中,每组不少于 5 个试样,试验结果取平均值。4 种形式的剪切特性试验结果见表 4。4 种连接形式的应力应变曲线见图 3。剪切破坏后的试件见图 4。

从表 4 中可以看出,结合面从采用沥青玛蹄脂到沥青砂浆再到冷底子油的连接形式其最大剪应力

逐渐减小。与不做处理的连接形式相比采用沥青玛蹄脂的最大剪应力为其 2.5 倍,沥青砂浆的为其 2.0 倍,冷底子油的为其 1.67 倍。可以得出在处理过的任何方法中,其最大剪应力都有很大的改善;从表 4 中也可得出任何连接形式的剪应变水平都大大提升。所以,无论采用哪种连接形式,对于混凝土与沥青混凝土的连接都有所改善。

表 4 4 种形式的剪切特性

结合面方法	最大剪应力/MPa	剪应变/%
沥青砂浆	0.12	1.00
沥青玛蹄脂	0.15	1.01
冷底子油	0.10	0.67
不做处理	0.06	0.21

从图 3 中可以看出,采用沥青砂浆与沥青玛蹄

脂的连接形式所能承受的抗剪切能力基本没有差别,这两种形式的粘结能力都很强,采用沥青玛蹄脂这种形式其抗剪切强度稍高于采用沥青砂浆这种形式,说明沥青玛蹄脂这种形式能够和沥青混凝土更好地融合;同时从剪应力来说,两种连接形式均有很强的变形能力,说明沥青砂浆与沥青玛蹄脂有一定的抗变形能力。采用冷底子油这种形式所能承受的

抗剪切强度没有其他两种形式的大,而且剪应变也比其他两种形式的小,主要是因为冷底子油这种形式在浇筑上层沥青混凝土时,汽油已经挥发,只在基座上保留一层很薄的沥青层,故其承受变形的能力及其强度均较弱。不做处理的这种连接方式,仅表面凿毛,沥青混凝土很难与混凝土连接,黏接效果不佳。

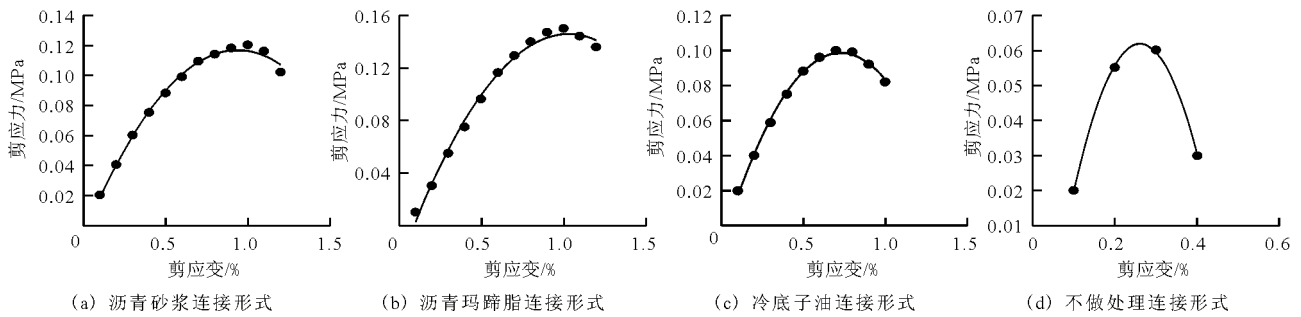


图3 不同连接形式的应力—应变曲线

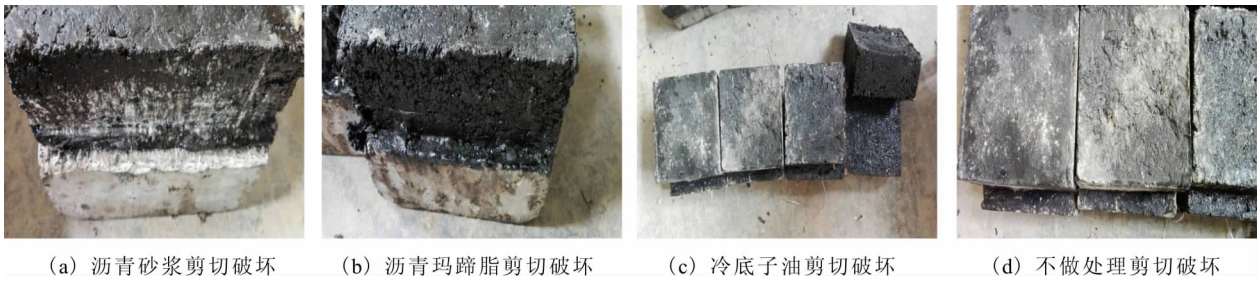


图4 剪切破坏后的试件

在实际工程中,采用沥青玛蹄脂这种连接形式,相对操作性更好,施工更方便,故推荐此类型。在试验时采用的是涂抹 10 mm 沥青玛蹄脂这种连接形式。对采用这种形式的连接方式又做了厚度分别 5、10、15、20 mm 的沥青玛蹄脂试验,试验结果见表 5。

表5 不同厚度玛蹄脂的剪切特性

玛蹄脂涂抹厚度/mm	最大剪应力/MPa	剪应变/%
5	0.16	0.92
10	0.16	0.97
15	0.15	1.00
20	0.15	1.01

从试验结果来看,采用沥青玛蹄脂作连接,随着厚度的增加,最大剪应力有所降低,剪应变增加,但剪应力—应变结果差异并不明显,说明结合面涂刷沥青玛蹄脂的厚度基本不会影响采用这种连接方式的剪切强度。

5 结 论

通过试验研究,采用沥青玛蹄脂作为混凝土基座与沥青心墙的连接材料,其抗剪断强度及变形能力优于其它连接形式,同时也表明采用沥青玛蹄脂这种形式有很好的粘结性,有利于沥青心墙的防渗,所以对于混凝土基座与沥青心墙的连接,本文推荐采用沥青玛蹄脂形式;从施工的难易程度上来说,采用沥青玛蹄脂形式相比于沥青砂浆来说施工较为容易;同时,对刷沥青玛蹄脂的厚度可以不必控制的十分准确,涂抹厚度在 5~20 mm 范围内,其强度差异不大。

在此沥青混凝土心墙高坝中,推荐结合面采用沥青玛蹄脂这种连接形式,施工工艺简便,可提高施工效率,加快施工进度。同时为其它工程的混凝土基座与沥青心墙的结合面施工提供了一定的参考依据。

(下转第 231 页)

- 固效应评价方法[J]. 水利学报, 2012, 43(7): 852 - 859 + 868.
- [8] 王宁, 沈振中, 徐力群, 等. 基于模拟退火层次分析法的病险水库除险加固效果评价[J]. 水电能源科学, 2013, 31(9): 65 - 67 + 219.
- [9] 徐冬梅, 李璞媛, 王文川, 等. 基于改进灰色聚类的震损水库等级评价及除险加固顺序[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(1): 173 - 178.
- [10] 李影. 基于组合赋权 - 正态云的大坝安全评价模型[J]. 人民黄河, 2017, 39(4): 94 - 98.
- [11] 侯炳江. 基于组合赋权的水质综合评价云模型及其应用[J]. 水电能源科学, 2016, 34(8): 24 - 27.
- [12] 吴焕新. 病险水库除险加固治理效果综合评价体系研究[D]. 济南: 山东大学, 2009.
- [13] 黄显峰, 黄雪晴, 方国华, 等. 基于 GA - AHP 和物元分析法的水库除险加固效益评价[J]. 水电能源科学, 2016, 34(10): 141 - 145.
- [14] 李德毅, 刘常昱, 杜鹞, 等. 不确定性人工智能[J]. 软件学报, 2004, 15(11): 1583 - 1594.
- [15] 李德毅, 刘常昱. 论正态云模型的普适性[J]. 中国工程科学, 2004, 6(8): 28 - 34.
- [16] 魏光辉, 董新光. 基于云模型的区域水资源开发利用评价[J]. 水资源与水工程学报, 2014, 25(2): 71 - 74 + 80.
- [17] 刘丽, 张礼兵, 金菊良. 基于遗传算法的组合评价模型[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2004, 27(8): 899 - 902.
- [18] 孟宪萌, 胡和平. 基于熵权的集对分析模型在水质综合评价中的应用[J]. 水利学报, 2009, 40(3): 257 - 262.
- [19] 王芳, 冯艳芬, 卓莉, 等. 基于改进遗传算法投影寻踪的大城市郊区耕地安全综合评价[J]. 热带地理, 2013, 33(4): 373 - 380 + 406.
- [20] Peng Tao, Zuo Wanli, Liu Yilin. Genetic algorithm for evaluation metrics in topical web crawling[J]. Computational Methods, 2006(30): 1203 - 1208.
- [21] 丁昊, 王栋. 基于云模型的水体富营养化程度评价方法[J]. 环境科学学报, 2013, 33(1): 251 - 257.

(上接第 222 页)

参考文献:

- [1] 郭鹏飞, 何建新, 刘亮, 等. 采用天然砾石骨料的浇筑式沥青混凝土配合比设计及性能研究[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(3): 148 - 150.
- [2] 赵科. 水工沥青混凝土力学性能试验研究[D]. 武汉: 长江科学院, 2014.
- [3] 谭凡. 沥青混凝土心墙材料力学性能研究[D]. 武汉: 长江科学院, 2012.
- [4] 张奇. 下坂地坝基混凝土防渗墙与坝体沥青心墙结合面施工技术[J]. 中国水能及电气化, 2013(10): 2 - 4 + 8.
- [5] 许诏君. 沥青混凝土心墙坝心墙与基座接头抗震研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2012.
- [6] 王晓东. 冶勒水电站大坝心墙与防渗墙连接混凝土基座设计[J]. 水电站设计, 2013, 29(2): 9 - 11 + 50.
- [7] 孔宪京, 许诏君, 邹德高, 等. 沥青混凝土心墙坝心墙与基座模型抗震试验研究[J]. 大连理工大学学报, 2013, 53(4): 559 - 564.
- [8] 张应波. 冶勒水电站沥青混凝土心墙与混凝土基座接头试验研究[J]. 四川水力发电, 2003, 22(4): 45 - 46 + 53.
- [9] 中华人民共和国水利部. SL514 - 2013. 水工沥青混凝土施工规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.
- [10] 中华人民共和国水利部. SL501 - 2010. 土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.