

混凝土沥青心墙坝配合比设计及优化

武英杰¹ 蒲升阳¹ 陈亮² 古丽贤·吐尔逊拜¹

1. 新疆水利水电科学研究院 新疆 乌鲁木齐 830049

2. 昌吉州水利局 新疆 昌吉 831100

摘要: 混凝土沥青心墙坝的主要优点是受恶劣环境变化影响较小, 沥青混凝土的摊铺、压实的施工施工工艺相对简单, 具有良好的可塑性与抗老化性。并且由于材料的特性, 其具有较好的抗震性。因此沥青混凝土心墙坝的迅速发展, 配合比的设计也显得尤为重要。本文针对新疆伊宁县某水库碾压式混凝土沥青心墙坝, 通过改变骨料级配指数、填料含量和沥青掺量等配合比参数, 进行水工沥青混凝土配合比设计, 筛选出较优配合比, 并进行沥青混凝土单轴压缩、小梁弯曲、水稳定性、静三轴性能试验进行验证, 是否满足施工要求, 对所提出的沥青心墙配合比设计, 为后续严寒地区相似工程提供理论依据和实践参考。

关键词: 混凝土; 沥青心墙; 配合比; 设计; 优化

引言

混凝土沥青心墙坝具有变形能力较强, 构成简单、对骨料级配要求不是很高、建造经济合理等突出特点^[1]; 并且通过抗老化措施, 使其有很好的耐久性; 同时受气候等条件的影响小, 可以随坝壳材料同步施工, 提高施工进度^[2]; 对于地基变形和适应坝体和的能力较强, 水库蓄水后, 心墙一般不会发生水力劈裂^[3]; 若坝体设计合理, 地震区的混凝土沥青心墙具有较强的自愈能力^[4]。对高寒区、高震区、深厚覆盖层地质条件下筑坝, 具有较好的推广价值^[5]。同时还需就配合比对混凝土沥青心墙工作性状的影响^[6]、碾压式沥青混凝土应力应变关系、心墙细部结

构、在材料试验、设计理论、施工工艺方面不断完善^[7]。

本文通过改变骨料级配指数、填料含量和沥青掺量等配合比参数进行沥青配合比相关性能试验研究, 验证混凝土沥青心墙配合比的适用性, 优选出适合新疆伊宁县某水库混凝土沥青心墙坝配合比。研究成果为工程设计和施工中混凝土沥青材料选择提供可靠的理论依据和实践经验。

1 试验原材料

1.1 沥青

本次配合比试验所采用的沥青为克拉玛依石化公司生产的70号水工石油沥青, 其技术性能检验结果见表1。

表1 70号水工石油沥青技术性能检验结果

检测项目	针入度0.1mm	延度cm	软化点°C	密度g/cm ³	薄膜烘箱			
					质量损失%	针入度比%	延度cm	软化点升高°C
技术指标	40~80	≥ 150	48~55	/	≤ 0.2	≥ 68	≥ 80	≤ 5
检验结果	67	> 150	49	0.99	0.12	79	> 80	2

1.2 粗、细骨料

本试验所用砂石骨料为伊宁市卓峦建材部砂石料场生产, 各种粒级的颗粒级配曲线见图1, 图2, 其技术性能检测结果符合《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》(DL/T5411-2009)技术要求。

1.3 填料

本次试验采用的填料为特克斯鑫疆水泥厂有限责任公司砂石料场生产的矿粉, 其技术性能检测结果见表2。

中央引导地方科技发展专项资金项目: 寒旱环境混凝土结构抗裂关键技术研究创新基地(项目编号: ZYYD2023B04)

2 配合比设计方案

2.1 沥青心墙混凝土配合比正交试验方案

选择沥青混凝土配合比的三个参数: 即不同矿料级配指数、不同填料用量、不同沥青含量, 共组成9种配合比进行试验研究, 矿料级配指数r: 0.37、0.40、0.43; 填料用量: 14%、12%、10%; 沥青含量: 6.1%、6.6%、7.1%^[8]。分析在马歇尔试验中对沥青混凝土的孔隙率、稳定性和流值的影响^[9]。

本次试验沥青混凝土为碾压式, 试件尺寸采用直径101.6mm, 高63.5mm的圆柱体试件, 将沥青混凝土成型于试模中。根据《水工沥青混凝土试验规程》(DL/

T5362-2018) 规定, 测定马歇尔稳定度及流值时, 试验要求为于60°C±1°C恒温水槽中, 放置30min~40min。成型马歇尔试件, 测定成型后试件的各项指标: 尺寸、密度、孔隙率、马歇尔稳定度及流值。测定沥青混凝土密

度是为了评价沥青混凝土的密实程度, 计算沥青混凝土孔隙率等。马歇尔稳定度取值方法依据《水工沥青混凝土试验规程》(DL/T 5362-2018) 的规定, 流值为试验合格试件测定的平均值。

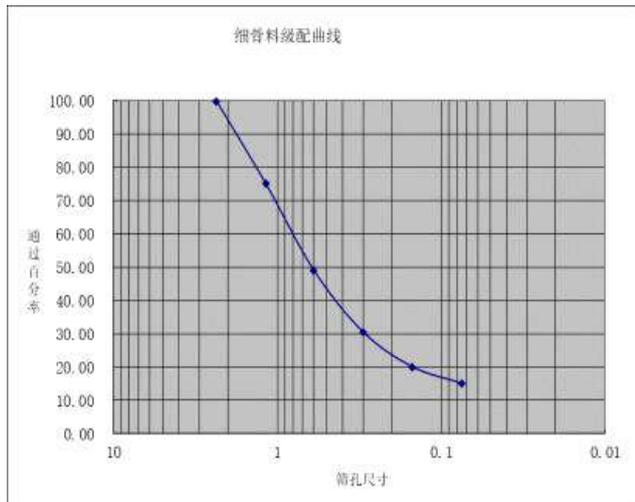


图1 粗骨料级配曲线

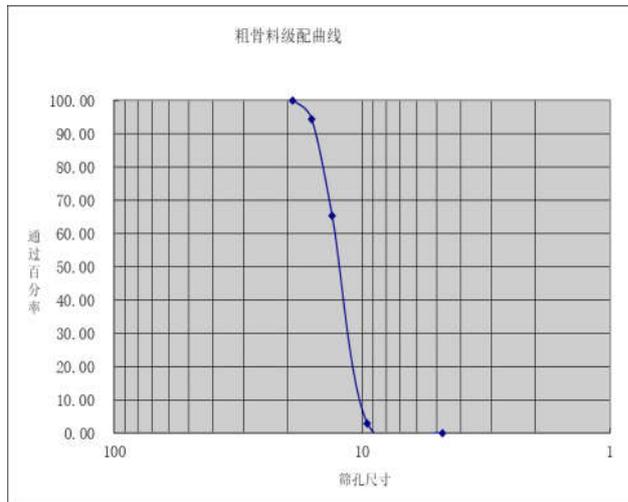


图2 粗骨料级配曲线

表2 填料技术性能检测结果

检验项目	表观密度g/cm ³	亲水系数	含水率%	细度		
				< 0.6mm	< 0.15mm	< 0.075mm
技术指标	≥ 2.5	≤ 1.0	≤ 0.5	100	> 90	> 85
矿粉检验结果	2.72	0.74	0.2	99.9	99.4	87.1

2.2 沥青混凝土马歇尔稳定度试验结果分析

①孔隙率对沥青混凝土性能影响。填料含量固定时, 随着级配指数增大, 孔隙率逐渐增大。同一级配指数的孔隙率, 填料含量14%时最大、12%时最小。根据极差分析结果, 级配指数对孔隙率的影响程度较大, 填料对孔隙率的影响次之, 沥青含量影响程度相对较小, 孔隙率试验误差为0.19%。

②流值对沥青混凝土性能影响。随着填料含量减小, 当级配指数为0.37时, 流值逐渐增大; 当级配指数为0.40时, 流值先增大后减小; 当级配指数为0.43时, 流值逐渐减小。随着级配指数的增加, 沥青用量与流值变化成反比; 根据极差分析结果, 沥青含量对流值的影响程度较大, 级配指数对流值的影响程度次之, 填料用量对流值的影响程度相对较小, 流值试验误差估计0.28mm。

③稳定度对沥青混凝土性能影响。随着级配指数的增大, 稳定度最大值出现在: 填料含量12%、沥青用量为6.6%; 填料含量10%、沥青用量为6.1%; 填料含量12%、沥青用量为6.1%; 根据极差分析结果, 沥青含量对稳定度影响程度较大, 对稳定度的影响程度相对较小的是级配指数和填料用量, 稳定度试验误差估计1.05kN。

通过方差分析所得的试验误差σ和变差系数Cv值来分析, 流值的试验变差系数为9.92, 误差略大, 而稳定度、孔隙率的试验准确度较高, 误差较小, 试验变差系数分别为: 4.86、4.39, 变差系数Cv值小于5%。

由9组试验结果分析, 混凝土沥青心墙的稳定度都满足设计及规范要求; 9组孔隙率均达到 ≤ 3%的要求; 依照设计、规范要求和沥青混凝土稳定度、流值综合分析, 以及工程需求方面考虑, 推荐配合比为: 石子粒级用量重量比分别为: (19-16) mm为6%; (16-9.5) mm为18%; (9.5-4.75) mm为17%; (4.75-2.36) mm为15%; 砂子 (2.36-0.75) mm为32%; 矿粉填料为12%; 70号水工石油沥青为6.6%。

3 推荐配合比混凝土沥青心墙性能试验

在配合比初选的基础上, 对推荐的混凝土沥青心墙配合比进行验证。以下试验方法均按照《水工沥青混凝土试验规程》(DL/T5362-2018) 进行^[10]。

3.1 单轴压缩

单轴压缩是测定沥青混凝土的轴向抗压强度、相对应的应变和轴向压缩变形模量。将沥青混合料采用击实方法制作成直径100mm, 高度100mm试件3个。将制备

好的试样在常温下放置24h,再放入恒温箱调节到25℃,恒温时间不少于4h,将试件安装到试验机上,使试件轴心与底座压板的中心重合,然后进行抗压,取其三个试件平均值,各参数的结果值为:密度2.410g/cm³;孔隙率1.31%;最大抗压强度1.38MPa;最大抗压强度时应变8.65%;受压变形模量18.1MPa。

3.2 小梁弯曲试验

将沥青混合料采用静压法制作成Φ100×300mm试件,加工成250mm×35mm×40mm的小梁弯曲试件三个。将制备好的试样放入恒温箱调节到14.4℃(设计要求)的试验温度,恒温不少于3h,然后进行弯曲试验,求其三个试件的平均值为:最大荷载206.8N;抗弯强度1.11MPa;最大荷载时挠度6.707mm;最大弯拉应变4.024%;挠跨比3.353%。

3.3 沥青混凝土水稳定性试验

沥青混凝土水稳定性试验是将同一条件下制备好的6个试件分成两组,每组3个试件,分别测定这两组试件的密度和孔隙率。两组试件的处理方法分别为:1组试件置于60℃的水中浸泡48小时后,再在20℃的水中恒温4小时,然后进行压缩试验。另一组试件置于20℃的空气中恒温48小时后,无需处理直接进行压缩试验。沥青混凝土水稳定试验结果浸水时:密度2.411g/cm³;孔隙率1.25%;最大抗压强度1.44MPa;不浸水时:密度2.413g/cm³;孔隙率1.20%;最大抗压强度1.45MPa;最终水稳定系数为0.99。

3.4 沥青混凝土静三轴试验

(1) 试件尺寸要求:直径Φ100mm,高度200mm,使用三轴仪进行测定,试验过程需保持室温恒定在5.0℃±0.5℃。三轴试验要求绘制5个不同围压σ₃下的莫尔圆,得出不同种材料在不同应力条件下的摩尔圆及强度包线,如图3所示。

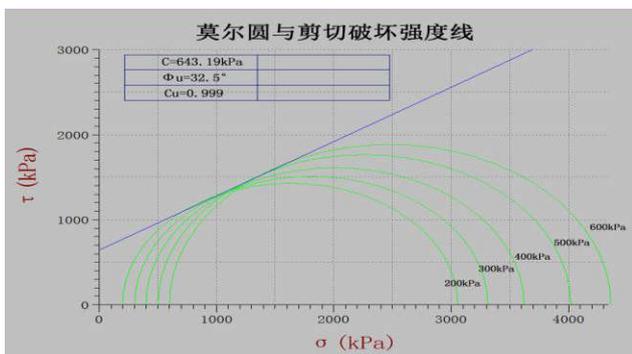


图3 不同围压下莫尔圆

结论

(1) 结合规范和工程实际需求,混凝土沥青心墙最

优配合比为沥青用量:6.6%,级配指数:0.40,填料含量:12%。

(2) 混凝土沥青心墙的推荐配合比设计所得的,沥青混凝土混合料所涉及到的参数:单轴压缩、小梁弯曲试验、水稳定性试验、静三轴试验的结果均符合设计及《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》(DL/T5411-2009)^[1]要求。

(3) 随着级配指数的增加,沥青用量最大时,流值最大;填料含量固定时,随级配指数的增加,孔隙率逐渐增大。级配指数从0.37增大到0.43时,沥青混凝土的孔隙率随级配指数的变化成正比增长,马歇尔稳定度及流值变化规律不明显。

参考文献

- [1]朱晟,闻世强.当代沥青混凝土心墙坝的进展[J].人民长江,第35卷第9期.
- [2]Asphaltic Concrete Cores,Hydropower and Dams[M].Wallington,UK:Word Atlas & Industry Guide,2009.741第6期.
- [3]CREEGAN.J,MONISMITHCL.Asphalt-Concrete Water Barriers for Embankment Dams[M].USA:American Soci-ety of Civil Engineers,1996.
- [4]岳跃真,郝巨涛.水工沥青混凝土防渗技术[M].北京:化学工业出版社,2007.
- [5]杨华全,王晓军,邓建武.三峡茅坪溪防护大坝心墙沥青混凝土配合比试验研究[J].长江科学院院报,2000.
- [6]邓铭江,于海鸣,李湘权.新疆坝工技术进展[J].岩土工程学报,2010,32(11):1678-1687.
- [7]李江,柳莹,何建新.新疆碾压式沥青混凝土心墙坝筑坝技术进展[J].水利水电科技进展,2019(1),39卷第1期.
- [8]侯程,张新标,胡成陶.沥青混凝土心墙材料配合比设计及性能试验研究[J].四川水利,2023(10),第44卷第5期.
- [9]Uspenskii VV,Kuznetsov EI. Analysis and Prediction of Asphalt-Concrete Core Wall Settlement of the Bouchany HPP Rockfill Dam During the Period of Construction Completion[J]. Power Technology and Engineering,2017,50(5):501-505.
- [10]中国长江三峡工程开发总公司,长江水利委员会长江科学院,西安理工大学,等.水工沥青混凝土试验规程(DL/T5362-2006)[S].北京:中国电力出版社,2007.
- [11]中国水电顾问集团华东勘测设计研究院、西安理工大学.土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范(DL/T5411-2009)[S].北京:中国电力出版社,2009