

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2014.05.035

五一水库天然砾石骨料在沥青混凝土心墙中的适用性研究

王文政,唐新军,何建新,张涛,朱西超
(新疆农业大学 水利与土木工程学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:以新疆五一水库砂砾石坝沥青混凝土心墙为例,进行了天然砾石骨料与沥青的黏附性试验、天然砾石骨料沥青混凝土配合比试验以及压缩试验、渗透试验、小梁弯曲试验、水稳定性试验,并与碱性白云岩骨料沥青混凝土相关性能进行对比。结果表明,以水泥作为填料又兼做提高沥青与骨料黏附力的措施,可明显改善天然砾石骨料与沥青胶浆的黏附性,使天然砾石骨料沥青混凝土各项性能指标满足规范要求,且近似达到碱性白云岩骨料沥青混凝土的性能。

关键词:天然砾石骨料;黏附性;沥青混凝土心墙;适用性;试验研究

中图分类号:TV642

文献标识码:A

文章编号:1672-1144(2014)05-0172-04

Study on Applicability of Natural Gravel Aggregate in Asphalt Concrete Core Wall of Wuyi Reservoir

WANG Wen-zheng, TANG Xin-jun, HE Jian-xin, ZHANG Tao, ZHU Xi-chao

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

Abstract: Taking the asphalt concrete core wall of Wuyi reservoir sand gravel dam as research object, the adhesion experiment between natural aggregate and asphalt, mixture ratio designing of natural gravel aggregate, asphalt and concrete, compression test, penetration test, trabecular bending test as well as water stability test were conducted. Then the results were compared with the related data of alkaline dolomite aggregate asphalt concrete. The result suggest that cement, as filler and the improvement medium, can significantly improve the adhesion between natural gravel aggregate and asphalt. On this account, the natural gravel aggregate asphalt concrete can meet the requirements of design specifications, and it is almost as good as alkaline dolomite aggregate asphalt concrete.

Keywords: natural gravel aggregate; adhesion; asphalt concrete core wall; applicability; experimental study

新疆迪那河五一水库挡水坝为碾压式沥青混凝土心墙砂砾石坝,原设计心墙沥青混凝土骨料为碱性骨料,但坝址区附近无碱性岩石料源,若采用碱性岩石骨料,则需从距离工地 180 km 以外的库尔勒市采购运输,这不仅会给施工造成不便,也会大大增加工程造价。然而,五一水库坝址区附近分布有大量的天然砾石骨料,开采方便。如能就地取材,使用天然砾石作为沥青混凝土心墙的骨料,可以方便施工、降低工程造价^[1-3]。为探讨该工程天然砾石是否适合作为沥青混凝土心墙的骨料,本文通过对五一水库天然砾石骨料的矿物组成及其酸碱性进行测定和

分析,评价其酸碱性;通过进行天然砾石骨料与沥青的黏附性试验,探讨改进黏附性的措施;通过进行天然砾石骨料沥青混凝土配合比设计和优选及相关沥青混凝土性能试验^[4-7],评价天然砾石骨料在沥青混凝土心墙中的适用性。

1 天然砾石骨料的岩石种类及其化学成分分析

对五一水库天然砾石骨料的岩石种类及成分进行分析、鉴别后表明,该工程天然砾石骨料主要岩石种类为凝灰岩、斑状安山岩和花岗岩,三种岩石所占

骨料总量的比例分别为 75%、17%、8%，见表 1，其化学成分及含量如表 2。根据凝灰岩、安山岩、花岗岩三类岩石的化学成分，按《水工碾压式沥青混凝土施工规范》^[8] (DL/T5363 - 2006) 中规定的骨料碱度模数计算公式及酸碱性评定标准，得到的结果是：凝灰岩碱度模数为 $M = 0.63$ ，属于中性岩石，安山岩碱度模数为 $M = 0.09$ ，属于酸性岩石，花岗岩碱度模数为 $M = 0.22$ ，属于酸性岩石，见表 3。即五一水

库天然砾石骨料 75% 呈中性，25% 呈酸性。

表 1 骨料中各岩石所占比例 单位：%

岩石种类	各岩石所占比例		平均值
	第 1 组	第 2 组	
凝灰岩	73	76	75
斑状安山岩	16	18	17
花岗岩	11	5	8

表 2 骨料中各类岩石化学成分及含量 单位：%

岩石种类	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	全铁	烧失量
安山岩	73.22	3.76	1.60	3.25	1.13	3.15	4.29
花岗岩	62.53	9.91	1.80	1.64	2.15	2.82	8.36
凝灰岩	43.14	21.70	2.36	1.55	2.98	3.40	16.29

表 3 碱度模数计算结果

矿料种类	占骨料总质量百分比/%	碱度模数 M	酸碱性判别
凝灰岩	75	0.63	中性
斑状安山岩	17	0.09	酸性
花岗岩	8	0.22	酸性

骨料颗粒与沥青的黏附性试验结果进行对比，试验结果如图 2 所示。

2 天然砾石与沥青的黏附性试验

本文依据《水工沥青混凝土试验规程》^[9] (DL/T 5362 - 2006) 中规定的水煮法进行黏附性试验，为更清楚的观察不同岩石骨料与沥青黏附性的差别，在试验中将水煮时间延长到 15 min，分别进行凝灰岩、安山岩、花岗岩三种骨料颗粒与纯沥青的黏附性试验，观察并记录骨料沥青膜剥落面积随时间的变化情况。

五一水库凝灰岩、安山岩、花岗岩三种天然砾石骨料颗粒以及作为对比的白云岩碱性骨料颗粒与沥青的黏附性试验结果如图 1 所示。从图 1 可以看出，在浸煮时间 3 min 时，各种岩性的天然砾石与白云岩骨料颗粒上的沥青膜剥落面积都很接近，均小于 10% (满足试验规程中骨料黏结力 ≥ 4 级的要求)；当延长浸煮时间至 15 min 时，显现出三种天然砾石骨料沥青膜剥落面积均明显大于白云岩骨料，说明在延长浸煮时间的情况下，天然砾石骨料颗粒与纯沥青的黏附性要明显弱于白云岩骨料。

为探讨在沥青中掺入水泥对改善天然砾石骨料黏附性所产生的效果，本文在沥青中加入占沥青质量 2% 的 42.5 普通硅酸盐水泥制成沥青胶浆^[10-13]，分别进行凝灰岩、安山岩、花岗岩三种骨料颗粒与沥青胶浆的黏附性试验，并与白云岩碱性

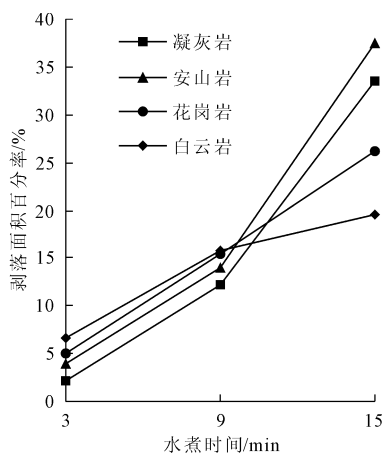


图 1 不同岩石骨料上沥青膜剥落面积随浸煮时间的变化

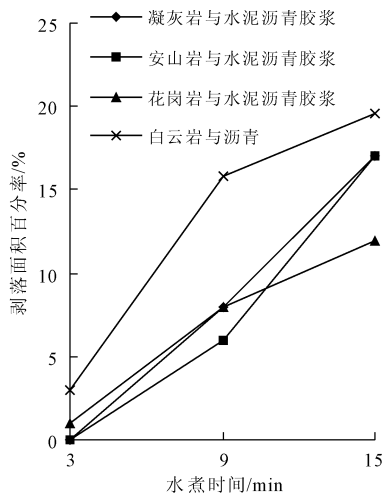


图 2 不同岩石骨料上添加水泥沥青胶浆膜剥落面积随浸煮时间的变化

从图 2 可以看出,在浸煮时间 ≤ 9 min 时,三种天然砾石颗粒上的沥青胶浆剥落面积均小于 10% (满足试验规程中骨料黏结力 ≥ 4 级的要求),且小于白云岩颗粒的剥落面积;当延长浸煮时间至 15 min 时,天然砾石骨料与水泥沥青胶浆的黏附性仍然要好于白云岩与沥青的黏附性。这说明在沥青中加入水泥对于五一水库天然砾石骨料与沥青的黏附性具有明显的改善效果,且改善之后天然砾石与沥青胶浆的黏附性甚至略好于白云岩与沥青的黏附性。

3 天然砾石骨料沥青混凝土配合比设计及优选

采用正交设计试验方法进行天然砾石骨料沥青混凝土配合比设计,选定粗骨料最大粒径为 19 mm,拟定级配指数、填料用量、沥青用量为三个因素,每个因素取 3 个水平值,以马歇尔稳定度、流值、试件的密度、孔隙率为考核指标,优选出最优配合比。根据前述黏附性试验结果,该工程采用水泥作为填料兼做改善骨料黏附性的措施。

根据《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》^[14](SL501-2010)中的相关要求,参考新疆地区气候特点和新疆已建沥青混凝土心墙坝工程的实践经验,对该工程心墙沥青混凝土提出的控制指标为:孔隙率小于 2%,马歇尔稳定度 ≥ 5.0 kN,流值为 4 mm~10 mm。试验温度取 40℃。初选配合比设计

中三个参数,级配指数取 0.36、0.39、0.42,填料用量取 11%、13%、15%,沥青用量取 6.4%、6.7%、7.0%。根据 L9(34)均匀正交表设计 9 组试验配合比,如表 4 所示。根据表 4 中 9 组初选配合比制作沥青混凝土试件并进行马歇尔试验,试验结果如表 5 所示。从表 5 数据可以看出,9 组配合比的沥青混凝土均可达到相关指标要求。

为适当减小流值、进一步增加沥青混凝土的稳定度,改善其力学性能,本文补充进行了第 10 组配合比试验,参数的取值为:最大粒径 19 mm,级配指数 $n = 0.36$ 、填料用量 $F = 11\%$ 、沥青用量 $B = 6.4\%$,对该配合比试件进行马歇尔试验,试验结果如表 6 所示。

表 4 沥青混凝土试验配合比

试件编号	最大粒径/mm	级配指数	填料用量/%	油石比/%
1	19	0.36	15	7.0
2	19	0.39	15	6.4
3	19	0.42	15	6.7
4	19	0.36	13	6.4
5	19	0.39	13	6.7
6	19	0.42	13	7.0
7	19	0.36	11	6.7
8	19	0.39	11	7.0
9	19	0.42	11	6.4

表 5 沥青混凝土试验用配合比及试验结果

试件编号	级配指数	填料用量/%	沥青用量/%	实测密度值/($g \cdot cm^{-3}$)	孔隙率/%	流值/mm	稳定度/kN
1	0.36	15	7.0	2.47	0.26	8.57	7.83
2	0.39	15	6.4	2.49	0.35	6.01	7.95
3	0.42	15	6.7	2.48	0.36	7.36	7.99
4	0.36	13	6.4	2.48	0.33	6.08	7.98
5	0.39	13	6.7	2.47	0.38	6.84	7.85
6	0.42	13	7.0	2.46	0.30	7.99	7.54
7	0.36	11	6.7	2.46	0.98	6.54	8.17
8	0.39	11	7.0	2.46	0.49	7.01	7.94
9	0.42	11	6.4	2.48	0.58	6.50	8.17

表 6 补充配合比马歇尔试验结果

试件编号	级配指数	填料用量/%	沥青用量/%	实测密度值/($g \cdot cm^{-3}$)	孔隙率/%	流值/mm	稳定度/kN	备注
10	0.36	11	6.4	2.47	0.75	5.33	9.43	40℃

从表 6 可看出,该配合比沥青混凝土试件的稳定度为 9.43 kN,较前 9 组大,流值较小,且密度、孔

隙率均满足要求。因此,将第 10 组配合比作为本工程心墙沥青混凝土的推荐配合比。

4 天然砾石骨料沥青混凝土相关性能试验

以上述选定的第10组配合比(级配指数为0.36、沥青用量为6.4%、填料用量为11%),制作沥青混凝土试件,进行天然砾石骨料沥青混凝土的压缩试验、渗透试验、小梁弯曲试验、水稳定性试验,并

与碱性白云岩骨料沥青混凝土相关性能进行对比^[15-16],结果见表7。从表7中数据可以看出,天然砾石骨料沥青混凝土的各项性能指标均满足规范要求,且与碱性白云岩骨料沥青混凝土的性能指标相接近。这说明使用水泥作为填料(兼做提高沥青与骨料黏附力的措施)在优化配合比设计的条件下,天然砾石可以作为五一水库心墙沥青混凝土的骨料使用。

表7 砾石骨料沥青混凝土与白云岩骨料沥青混凝土性能试验结果对比

试验名称	指标名称	砾石骨料沥青混凝土试验结果	白云岩骨料沥青混凝土试验结果	规范要求
压缩试验	最大抗压强度/MPa	1.82	2.18	—
	最大抗压强度时应变/%	5.95	5.64	—
渗透试验	渗透系数/(cm·s ⁻¹)	5.17 × 10 ⁻⁹	5.50 × 10 ⁻⁹	≤ 1.00 × 10 ⁻⁸
小梁弯曲试验	抗弯强度/MPa	0.87	1.10	≥ 0.40
	最大弯拉应变/%	2.168	4.240	≥ 1.000
水稳定性试验	水稳定系数	0.99	1.02	≥ 0.90

5 结论

(1) 五一水库天然砾石的主要岩石种类为凝灰岩、斑状安山岩和花岗岩,其中75%呈中性,25%呈酸性,为非碱性骨料。该天然砾石骨料与纯沥青的黏附力弱于碱性白云岩骨料,但在沥青中掺入水泥之后,天然砾石骨料与沥青胶浆的黏附力得到明显提高,其与沥青胶浆的黏附性可以与白云岩媲美。

(2) 经过系统的配合比设计与优选,对五一水库天然砾石骨料沥青混凝土提出的最优配合比参数为级配指数0.36、沥青用量6.4%、填料用量11%,在该配合比情况下,天然砾石骨料沥青混凝土的各项性能指标符合规范要求,且可近似达到碱性白云岩骨料沥青混凝土的性能。

(3) 使用水泥作为填料(兼做提高沥青与骨料黏附力的措施)在优化配合比设计的条件下,天然砾石可以作为五一水库心墙沥青混凝土的骨料使用。

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] 刘建林,马斌,薛富平.沥青混凝土面板施工质量控制研究[J].水利与建筑工程学报,2008,6(4):58-60.

[3] 郭鹏飞,何建新,刘亮,等.浇筑式沥青混凝土配合比设计优选方法研究[J].水利与建筑工程学报,2012,10(4):42-46.

[4] 慈军,李双喜.掺不同细骨料的碾压式沥青混凝土的力学试验研究[J].水利与建筑工程学报,2012,10(2):

50-51.

[5] 张娜,厉建远.花岗岩沥青混合料水稳定性能改善试验研究[J].水利与建筑工程学报,2011,9(2):106-109.

[6] 何建新,郭鹏飞,刘录录,等.阳离子乳化沥青混凝土配合比设计的优选方法研究[J].水利与建筑工程学报,2013,11(3):96-98.

[7] 韩树峰.沥青混凝土路面压实性能影响因素分析[J].水利与建筑工程学报,2013,11(1):158-160.

[8] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.DL/T5363-2006.水工碾压式沥青混凝土施工规范[S].北京:中国电力出版社,2006.

[9] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.DL/T 5362-2006.水工沥青混凝土试验规程[S].北京:中国电力出版社,2006.

[10] 钱晓鸥.抗剥落剂改善沥青与青海地区酸性石料黏附性的研究[J].中国市场,2011,(45):24-28.

[11] 许云.青海常见石料与沥青粘附性对比分析[J].公路与汽运,2010,(6):78-82.

[12] 姜新.水煮法沥青与粗集料的粘附性试验的探讨[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2005,7(1):8-9.

[13] 李剑飞,盛晓军,刘黎萍,等.水煮法定量研究初探[J].公路工程,2009,34(5):112-129.

[14] 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.

[15] 张应波,王为标,兰晓,等.土石坝沥青混凝土心墙酸性砂砾石料的适用性研究[J].水利学报,2012,43(4):460-466.

[16] 章志明,杨树萍,鹿中山,等.沥青混合料水稳定性试验研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2003,26(4):562-566.