

混凝土面板堆石坝坡面固坡技术初探

卢照辉¹, 张志强²

(1. 陕西理工学院土木工程系, 陕西 汉中 723003; 2. 武警水电一总队第一支队, 河南 鹤壁 458006)

摘要:针对混凝土面板堆石坝垫层料上游保护的常规施工费工、费时、费料等不足, 借鉴巴西 ITA 等高坝的工程经验, 在垫层坡面采用挤压混凝土边墙(挡墙)技术, 通过对河南省盘石头水库工程混凝土面板堆石坝进行碾压试验, 利用特制的移动式模板, 对挤压混凝土边墙技术进行验证, 结果表明: 该挤压混凝土边墙技术是经济有效和切实可行的。

关键词:混凝土面板堆石坝; 固坡技术; 零坍落度贫混凝土; 盘石头水库

中图分类号:TV641.4+3

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2004)01-0027-02

混凝土面板堆石坝垫层料常规施工方法工序复杂、干扰大、施工速度慢、投入机械设备多、费用高、工期长, 鉴此, 1999 年巴西 ITA 面板堆石坝建设首先采用一种挤压成型设备和对垫层料填筑及坡面保护的新技术, 其施工方法是在铺筑垫层前先在上游侧浇筑一道混凝土边墙, 再进行垫层料铺筑压实, 垫层料与边墙同步上升, 从而达到及时保护坡面的目的。作为可行性研究, 笔者利用特制的移动式模板, 应用零坍落度贫混凝土, 对国外该固坡新技术进行了现场生产性试验, 对零坍落度贫混凝土在混凝土面板堆石坝固坡技术中的应用进行了初步设想和探索, 验证了其可行性。笔者于 2001 年 9 月对河南省盘石头水库工程混凝土面板堆石坝进行碾压试验, 于同年 11 月在工地进行了中间生产性试验, 结果表明此方法是行之有效的。

1 混凝土固坡技术简介

混凝土面板堆石坝垫层材料位于混凝土面板之下, 由于垫层料的填筑与面板混凝土浇筑之间有一段时差, 在施工期间要暴露在外一段时间, 难免受雨水的冲刷, 同时应大坝导流的需要, 大坝垫层一般都有临时挡水或过水要求, 也会受到波浪的冲刷与掏蚀, 所以, 一般都要做保护处理。目前保护处理常见的做法有: 乳化沥青保护; 低标号干硬性碾压砂浆保护; 喷射混凝土保护。不论哪种护坡方法, 其施工工序都为: 超填垫层料→人工顺坡扒平或激光控制的伸臂削坡→斜坡碾压→选用适宜的坡面保护。这些方法工序复杂、干扰大、施工速度慢、投入的机械设

备多、费用高、工期长。国外已有采用挤压成型机, 通过地面的定位标志或利用激光束控制, 沿上游坡面修筑和垫层填筑厚度同高的混凝土边墙, 然后铺设垫层和过渡料, 平土机整平后用 4 t 振动碾碾压密实, 使垫层料一次达到设计坡面且不必进行后期坡面保护, 坝工界称这一技术为混凝土挤压式边墙技术, 见图 1。

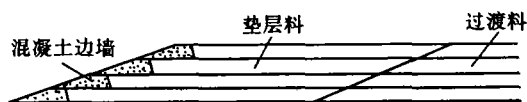


图1 混凝土挡墙、垫层料横断面

2 对固坡用混凝土的基本要求

采用垫层料的坡面混凝土保护边墙作为永久的面板基层和施工时临时保护措施, 要求该种混凝土具有抗倾覆、可振密实、低弹模、适中的渗透性、施工快捷和安全等特性。

a. 及时有效地限制垫层料侧向(向上游)位移。实际施工中, 大坝填筑要求固坡混凝土施工与垫层料填筑施工平行上升, 根据施工面情况, 先做混凝土固坡, 再填筑垫层料(ⅡA料)。为了不影响填筑, 这就要求固坡混凝土强度应在短时间内尽可能达到足以抵抗垫层料碾压时机械对其部位的侧压力, 即凝固早, 强度上升快。

b. 较小的变形模量。在混凝土面板坝技术中, 如何防止面板裂缝是关键技术之一, 面板基础的约束强度对面板裂缝的影响是重要的。有研究表明^[1], 综合温差、徐变变形、基础约束以及混凝土面板线膨

胀系数都对面板温度收缩有显著的影响,而基层的阻力系数 C_x 是重要因素之一(C_x 为产生单位位移的剪应力), C_x 值随基层的变形模量增加而增加,随基层的塑性变形(粘弹性)增加而减少。阻力系数 C_x 对面板不开裂允许变形的最大值有显著的影响,为尽可能地减小这种影响,就要求固坡混凝土有较小的弹性模量,一般 7d 的弹性模量应小于 10000 MPa。

c. 可振性。固坡混凝土由于有短时间成形的要求,故应尽量减小水灰比,坍落度尽可能的小,但也应当适应在特制的移动式模板内机械振捣密实的要求,以使自身结构稳定。

d. 经济、快捷、安全、美观。固坡技术之所以能代替常规方法,是因为其自身的经济性,它比常规方法省去了超填、削坡、整坡及斜坡碾压等中间工序,从而节省人工和机械耗费,且安全、快捷,避免了上游边坡上滚石及斜坡碾压所带来的危险作业,缩短了施工上升周期;同时由于在上游坡面形成了平整、规则的坡面,减少了垫层料在填筑过程中的垫层料骨料分离,故固坡技术也可用于常规保护,避免雨水的冲刷,也为钢筋混凝土面板浇筑施工带来了极大的方便。

3 零坍落度贫混凝土

用来固坡的混凝土应具有干硬性、零坍落度、少的(贫)胶凝材料等特点,适合这种要求的混凝土就是零坍落度贫混凝土。零坍落度贫混凝土广泛应用于碾压混凝土筑坝。

3.1 配合比设计原则

零坍落度贫混凝土作为面板堆石坝的基层,从本身强度要求方面考虑,应速凝、早强;从防止面板裂缝方面考虑,应低强、低弹模;从可振性方面考虑,应考虑以粉煤灰代替部分水泥;从面板堆石坝渗透结构设计方面考虑,应是半透水的且胶凝材料少(贫)。

3.2 配合比的设计及选用

根据实际情况,固坡用的零坍落度贫混凝土应按一级配设计,坍落度为零,胶凝材料一般为 $70 \sim 100 \text{ kg/m}^3$ ^[2],为了减小其弹性模量、增加塑性、增加混凝土的可振性,考虑用粉煤灰替代一部分水泥,28d 抗压强度在 5 MPa 以内,渗透系数在 $0.01 \sim 0.001 \text{ cm/s}$ 之间,外加剂采用有速凝和早强作用的复合型外加剂 SNQ。配合比应根据优化和实际应用选择,室内选用配合比如下:胶凝材料为同力 32.5 水泥 + II 级粉煤灰, 105 kg/m^3 ;生活用水 80 kg/m^3 ; $5 \sim 20 \text{ mm}$ 粗骨料 1400 kg/m^3 ;人工砂 600 kg/m^3 ;外加剂选用 SNQ 剂 5% ~ 8%;平均强度 7d 为 3.8 MPa,28d 为 5.2 MPa。

4 现场应用情况

在河南省盘石头水库工程混凝土面板堆石坝碾压试验中,笔者在室外做了大型生产性试验。现场面板及其下游的垫层料横向(宽度方向)采用 1:1 比例按照大坝设计实际进行模拟,纵向布置 50 m。固坡边墙结构应满足以下要求:①上游面大坝设计坡面高度与垫层料填筑厚度一致,以便于垫层料的碾压;②在垫层料填筑碾压过程中保持自身稳定,且有利于垫层料上游边缘的碾压密实;③保证人员及碾压设备的安全。根据以上要求,设计边墙断面为梯形,结构尺寸为:高 40 cm,顶宽 20 cm,上游坡 1:1.4,下游坡 8:1,底宽 81 cm,见图 2。

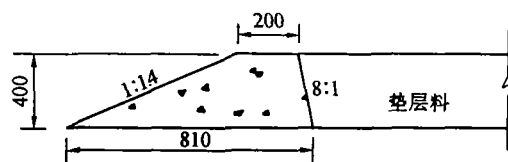


图2 混凝土边墙结构

现场立模用特制的移动式模板,每延米 0.20 m^3 ,用 4t 卡车运输零坍落度贫混凝土,人工辅助入仓, $\phi 70$ 振动棒振捣,移动速度控制为 40 m/h。施工程序为:①平整场地,用灰线放出移动式模板行走路线;②模板就位安放挡头;③混凝土入仓并掺入液态外加剂 SNQ;④振捣;⑤前移继续③。在试验过程中,施工人员站在振捣完 30 min 的混凝土边墙上面而不致塌坍,亦即 2 h 可摊铺下游垫层料,摊铺、整平垫层料后,用 10.5 t 自行碾进行碾压(国外采用 4.5 t 碾),位移很小,不超过 6 mm;在 4 h (20°C) 碾压后检测,侧向位移不大于 2 mm,没有被振松的现象,证明这种零坍落度贫混凝土有良好的抗侧压性能,拆模后,混凝土表面平整光滑、整洁美观。成型后混凝土边墙、垫层料的位置关系如图 1 所示。与国外现有挤压设备相比,可接近国外的 40 ~ 60 m/h 的速度,有较高的实用价值。从经济角度分析,比常规方法多了零坍落度贫混凝土施工费用,但是节省了超填、削坡、护坡、斜坡碾压等费用,有一定的推广价值。

5 结论

a. 零坍落度贫混凝土在混凝土面板堆石坝固坡技术与传统施工技术相比有明显的优越性,能提高工程质量,加快进度,增加施工进度安全性,并能简化施工工序,降低施工成本。该技术可用于混凝土面板堆石坝固坡。

b. 零坍落度贫混凝土的设计必须针对混凝土面板堆石坝这一基本应用对象及施工特点,遵从速

(下转第 54 页)

元大 15 ~ 20 m³,这也说明粉细砂亚层对地基土的固结是有较大影响的。

表 3 加固前、后十字板强度检测结果

深度 /m	加固前强 度/kPa	加固后强度/kPa			
		孔 1	孔 2	平均值	增幅比例/%
1.0	7.7	15.6	37.0	26.3	340
2.0	3.8	15.0	18.0	16.5	430
3.0	2.9	21.6	22.5	22.1	760
4.0	22.2	26.7	46.5	36.6	160
5.0	5.6	38.2	46.3	42.3	750
6.0	23.3	53.0	53.0	53.0	230

2.4 泥封层的处理

密封泥层厚度的选择原则是使其固结与软土地基的固结基本同步,即寻找一个合理的吹填厚度,使软土地基达到设计固结度要求而密封泥层不漏气,其本身又能达到一定固结度要求.该厚度的选择不仅与密封泥层本身的物理性质、施工工期的长短有关,也与施工区的环境气候有直接的关系.根据该专利技术的技术要求,密封泥层的渗透系数要小,因此一般用淤泥作密封泥层。

天津的气候干燥,当密封泥层吹填完成后,自密封泥层表面明水排净算起,经过 30 ~ 35 d,密封泥层表面开始出现细小裂缝,随时间推移,裂缝迅速扩大、加深,在 60 ~ 70 d 时,其深度可达到 0.5 m 以上,表面处的宽度可达 5 ~ 10 cm.温州地区气候湿润,且多连续阴雨天,在此试验工程中,密封泥层表面出现细小裂缝的时间为 35 ~ 40 d,在 80 ~ 90 d 时,其深度达到

(上接第 28 页)

凝、早强、低强、低弹模、可振、胶凝材料少(贫)的原则。

c. 零坍落度贫混凝土技术参数应进一步的细化、优化,更好地改善混凝土面板的工作条件。

参考文献:

[1] 杨德服,马锐玲.混凝土面板堆石坝面板裂缝相关参数设计[A].见:中华人民共和国水利部,国家电力部,长江三峡工程开发总公司,等.CFRD,2000 混凝土面板堆石坝国际研讨论文集[C].北京:中国电力出版社,2000.154 ~ 161.

[2] Fernando R. IPA 方法——混凝土面板堆石坝面板过渡层施工新技术[A].见:中华人民共和国水利部,国家电力部,长江三峡工程开发总公司,等.CFRD,2000 混凝土面板堆石坝国际研讨论文集[C].北京:中国电力出版社,2000.371 ~ 381.

(收稿日期:2003-03-17 编辑:张志琴)

0.5 m.可见,温州地区密封泥层出现裂缝的时间较天津地区晚 5 ~ 10 d.在工程后期整形其间,正赶上梅雨季节,密封泥层在雨水浸泡下,裂缝重新弥合,密封泥层含水量加大,承载力降低,对工程整型有较大的负面影响.因此在南方进行施工时,要尽量避开雨季,若在雨季施工,密封泥层的厚度要适当减小。

3 结 语

a. 此工程是低位真空预压软土地基加固技术首次在南方地区应用,结合南方和北方的不同气候特点,即南方较北方多雨,蒸发量较小,淤泥不易自然固结,因此对此技术可做适当的调整,适当减小密封泥层的厚度。

b. 在应用低位真空预压加固软土地基技术时,要仔细分析地基土的地质特性,当待加固地基土含有砂层时要注意砂层对地基土固结的影响。

低位真空预压法在温州经济技术开发区纬五路地基工程的施工中始终得到河海大学张志铁教授的悉心指导,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 钱家欢.土力学[M].第二版.南京:河海大学出版社,1995.87 ~ 108;236 ~ 241.

[2] 姜炎.真空排水预压法加固软土技术[M].北京:人民交通出版社,2002.14 ~ 22.

(收稿日期:2003-05-09 编辑:张志琴)

(上接第 26 页)

参考文献:

[1] 任旭华,李同春,陈祥荣.锦屏二级水电站深埋引水隧洞衬砌及围岩结构分析[J].岩石力学与工程学报,2001(1):16 ~ 17.

[2] 丁隆灼.水下岩塞爆破及其在水电工程中的应用[J].四川水力发电,1998(3):12 ~ 16.

[3] 徐守刚,余常新,江贤群.岩塞爆破对响洪甸大坝性态的影响[J].水利水电技术,2000(2):61 ~ 63.

[4] 程润虎,李国桢,唐纯伟,等.汾河水库岩塞爆破工程地质问题分析[J].山西水利科技,1995(增刊):43 ~ 46.

[5] 程润虎.汾河水库岩塞爆破工程地质问题研究与防护[J].水文地质工程地质,1995(5):25 ~ 29.

(收稿日期:2003-03-31 编辑:傅伟群)