

富浆碾压混凝土的应用前景

杨超 编译

(国家电力公司西北勘测设计研究院, 陕西 西安 710065)

中图分类号: TV544+.921

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2001)06-0066-03

自1982年第一座碾压混凝土(RCC)坝竣工以来,已有许多种用于RCC坝上、下游坝面的施工方法。迄今,最常用的方法是设置插入振捣的常规混凝土面层与坝体RCC同时浇筑。其它方法包括:在坝面铺设预制混凝土面板;在RCC施工前或施工后在坝面浇筑钢筋混凝土;在预制混凝土面板背面铺设PVC薄膜,或者敷设在坝面上,直接与库水接触;上、下游坝面用RCC铺筑。

设置面层的主要目的是为了使坝面坚固耐久,并提高建筑物的整体防渗性能,因为模板形成的RCC坝面的工作性能相对较差,孔隙率相当高,且强度低,耐久性差。但如果利用小型振动碾或振动板分层严密压实,则和易性较好的RCC混合料在脱模后可形成符合技术要求的坝面,正如西班牙一些RCC坝所采用的施工方法一样。

采用振捣的常规混凝土做面层,并与坝体RCC同时浇筑上升,存在的一个主要问题是RCC与常规混凝土的界面难以得到充分压实,结果是RCC材料可形成多孔隙的软弱带(如一些坝曾出现的),两种混凝土界面形成一条纵向裂缝。

增加水泥灰浆调整RCC配合比,可使RCC的稠度更具和易性,这样使得RCC能像常规坍落度混凝土那样按常规方法通过内部振捣来使之有效地固结。该施工方法在澳大利亚新近完工的卡迪安古隆(Cadiangullong)坝和新西兰的霍斯舒本德(Horseshoe Bend)坝也获得了成功。此外,阿尔及利亚的贝尼哈隆(Beni Haroun)坝目前也正在运用该项技术。

目前已有一个专门术语来描述RCC加浆可进行振捣的混凝土,即GE-RCC(富浆碾压混凝土)或称GEVR(富浆振捣碾压混凝土)。

1 GE-RCC的优点与局限性

GE-RCC的主要优点是:①脱模面光洁度高;

②耐用性好;③防渗性能好;④与相邻的RCC趋于均质化,形成整体;⑤易于施工;⑥只需使用一个拌合运输系统,即RCC的拌合运输系统;⑦灰浆可以人工拌合,也可用搅拌机拌合;⑧钢筋和止水片等可以一并置于RCC内;⑨可用于连接坝肩岩石和RCC坝体,使两者得以良好的结合,对所有的岩石孔洞和不规则凹凸面等进行回填;⑩费用低。

GE-RCC的主要技术要求及其局限性如下:

①基质RCC需要的是中高稠度的拌合料,并具有一定的和易性(V_{eBe} 约20s);②质量控制取决于认真严格的检查,以及从事灰浆铺筑和压实作业的施工人员对技术要求的了解;脱模后,任何明显的缺陷区可容易地修复;③与任何常规混凝土浇筑层面一样,需对层间接缝进行处理;④表面抹光慢平,比如暴露的台阶面,不能像处理常规混凝土那样容易,因其和易性较差。

2 GE-RCC的操作程序

所需灰浆用量可以通过实验室或现场试验确定。在实验室进行试验,采用一面为有机玻璃、边长0.5m的大型容器可以对要达到布满整个容器的灰浆用量作出目测估计。通常,基质RCC胶结材料含量约 $160 \sim 180 \text{ kg/m}^3$,0.3m厚、0.4m宽的RCC浇筑层只需约8L/m的灰浆就足够了。使灰浆的水灰比与RCC的水灰比保持一致,两种材料就可以达到同样的抗压强度。如需要,也可在灰浆中掺加各种外加剂,如减水剂、缓凝剂、加气剂和增塑剂。灰浆既可用于下面的GE-RCC浇筑层表面,也可用于已摊铺的新浇RCC层的顶部,或者两者同时施用,也可用于正在铺筑的RCC浇筑层本身。

在插入振捣期间,往往会有部分灰浆浇筑在已摊铺的RCC层面上,那么其粘度应能让灰浆流进疏松的RCC,而不是滞留在层面上。碾压时,GE-RCC

层面应给人脚下有种流动感,这表明正在进行的碾压是有效的.如果操作人员感觉不明显,那么需要增加灰浆量.一旦拔出插入式振捣器,它留下的孔洞应夯实填平,或者增加灰浆量.

插入式振捣器的尺寸取决于骨料的最大粒径、原 RCC 的和易性、灰浆的用量等.我国 131 m 高的江垭坝于 1996 年至 1999 年采用 4 台直径为 150 mm 的振捣器,安装在 1 台移动式装置的横梁上.该装置原先是供大体体积常规混凝土用的,因此用它来配合 300 mm 厚的 GE-RCC 浇筑绰绰有余.此外,澳大利亚 43 m 高的卡迪安古隆坝于 1997 年至 1998 年使用的振捣器直径很小,仅有 50 mm,运用也很成功.

灰浆可采用人工方式进行搅拌.在卡迪安古隆坝,最初是把 40 kg 袋装水泥配以所需的水量分别在装载机料斗或小型手推车内进行拌合的.此后,阿尔及利亚 123 m 高的贝尼哈隆坝(1999 年)等一些坝,灰浆都是在拌合楼里搅拌好后,用管道输送至坝面.这样,灰浆的拌和很彻底,材料配合比的控制也很好,但应用率难以评定.如前所述,在卡迪安古隆坝,灰浆的铺筑范围均以料斗本身的长度、宽度为限,其拌合、浇筑和碾压仅需 3 名施工人员就可跟上 RCC 的铺筑速度.

每铺筑完一段 GE-RCC 后,便用大型振动碾对 RCC 进行碾压,一直碾压到已碾压好的区域,如果模板允许,也可超过这一范围.这样,两种混凝土的结合部位可得到充分压实.如果 GE-RCC 的灰浆量过多,就会被碾子挤出来.只要灰浆浇筑厚度不超过 10~20 mm,这无多大关系.否则,就得减少灰浆,并使用大型插入式振捣器对 GE-RCC 进行内部振捣.

层间接缝处理取决于层面的龄期和层面有多少浮浆.一般而言,浮浆并非是常规混凝土所产生的那种“泌水”,而是一种其水灰比与 RCC 类似的糊状物.现在有一种按一定间隔配置有活动槽板或“出入口”的模板系统,可以有多个孔口,使得浇筑层面能够使用高压水冲洗,且容易将污物通过孔口冲离坝面.如果下一个浇筑层能在规定时间内浇筑,就无需作任何特殊处理.

在卡迪安古隆坝,整个 RCC 浇筑层面均铺筑 1 层 6 mm 厚、坍落度为 150 mm 的垫层砂浆.在摊铺过程中,上、下游坝面处的垫层砂浆趋向加厚到 20 mm 以上.在摊铺的 RCC 层顶部施用一定量的灰浆,沿 GE-RCC 层面得到了很好的结合.为了使坝面具有抗冻融性能,新西兰新近完工的 14 m 高的雷斯舒本德坝(1999 年竣工),在砂浆中掺入了大量的加气剂,使 GE-RCC 坝面混凝土内的残余气量达到了 3%~4%.

现场曾做过一些试验,但没有成功,因为高度发

泡后的浆液无法渗入摊铺的 RCC 层.将加气灰浆铺设在浇筑层底部,在碾压过程中可使浆液向上流动布满 RCC,效果可能会更好些.

压实后,要对 GE-RCC 取样作坍落试验(一般为 5~10 mm),并制作试件进行抗压强度等试验,这应作为质量保证计划的一部分.通过对坝面(浇筑层本身或其接缝部位)的水平取样,将证实 GE-RCC 的均质性、密度、GE-RCC 和层间接缝的强度.同时,还可以进行垂直取芯样.

3 GE-RCC 的其它用途

我国大朝山坝溢洪道陡槽的台阶是用 GE-RCC 建造的,每个台阶高 0.9 m.为了保证良好的混凝土质量,整个区域均用草垫覆盖,并不断洒水养护.由于溢洪道泄水流速很高,陡槽抹面质量和定线对设计人员是一个重要的问题.

过去,在常规混凝土内设置横向收缩缝止水片一直是惯用的做法.如果安装不正确,RCC 与常规混凝土之间会出现薄弱区或空隙,导致渗水绕过止水片.澳大利亚的卡迪安古隆坝和新西兰的雷斯舒本德坝,止水片被置入 GE-RCC 中.在上述工程中,GE-RCC(取代了常规混凝土)已用于坝肩与 RCC 的结合部位.在需要布设钢筋的部位(如廊道入口)和 GE-RCC 替代常规混凝土的部位,在 GE-RCC 中布设的钢筋,其效果似乎与在常规混凝土中布设的一样好.这表明在上述部位及其它部位(例如,在一些高坝的上游坝面)将钢筋布置在 RCC 内是可行的.这样,就能使有可能产生的任何裂缝均布在横向接缝之间.

4 GE-RCC 在坚打坝的应用

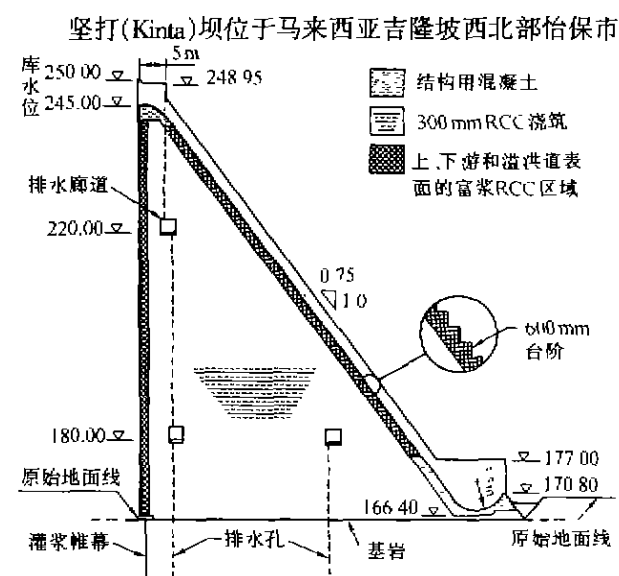


图1 Kinta 坝典型断面

附近,是马来西亚第一座 RCC 坝。1999 年 4 月对投标的承包商进行了资质预审,施工合同于 1999 年 11 月签订。该坝坝高 85 m,碾压混凝土方量约 100 万 m³。

该坝将全部采用碎石花岗岩作 RCC 骨料,最大粒径 62 mm,粒径小于 75 μm 的细骨料占 6%~8%,均取自大坝附近拟开采的石料场。大坝 RCC 浇筑计划于 2000 年 5 月开始,工期 12 个月。

大坝的典型横断面(图 1)将利用 GE-RCC 浇筑整个上、下游坝面,包括 100 m 宽的台阶式溢洪道、两岸坝肩接头和横缝止水片嵌入部位。

溢洪道是一个自流式反弧形溢流堰,能够宣泄可能最大洪水 2 250 m³/s,其下泄水流由大坝下游的台阶面实施消能,而设在坝趾处的水辊式消力屏吸收剩余能量。台阶消能率在较小流量时约为 90%,在可能最大洪水时约为 60%。反弧形溢流堰顶、溢洪道边墙、水辊式消力屏、引水道、泄水建筑物以及

基础平整和填塘混凝土工程是该坝仅有的需要使用常规混凝土的部位。

为了提高 RCC 层间的结合力,要求承包商在所有超过初凝的 RCC 浇筑层而铺筑 6 mm 厚、和易性好、精心摊铺的垫层砂浆。允许在 RCC 中使用缓凝剂,这一做法是在新近采用的 RCC 斜层浇筑施工法中提出的。运用这种施工方法,便可从一个坝肩到另一个坝肩以每层 300 mm 的厚度连续浇筑,而且每一浇筑层可在未缓凝的初凝时间(约 2 h 内)浇筑完毕。

向世武同志对本文进行了校阅,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] Brian Forbes. Grout enriched RCC: a history and future[J]. International Water Power and Dam Construction, 1999(6): 34~38.
- [2] 凌玉标,凌正. 碾压混凝土施工新技术——斜层平推铺筑法[J]. 水利水电科技进展, 2001, 21(1): 43~44.

(收稿日期: 2000-06-13 编辑: 马敬峰)

·简讯·

我国“九五”期间风力发电的发展

“九五”期间我国风电的发展主要表现在:①风电装机容量迅速增加。1996 年至 2000 年期间,我国风力发电装机容量的增长情况如表 1 所示,其中新增装机占目前风电总装机容量的 88.67%,到 2000 年底,各风电场所属省(区)及装机容量如表 2 所示。总装机容量为 344.8 MW,约占全国发电装机总容量的 0.1%。②单机容量增大。“九五”期间,风电场建设的综合技术水平有了较大的提高,单机容量的增大成为重要特点之一。表 3 分别列出了 1995 年底和 2000 年底我国风电机组容量的分布情况。③其它方面。在“九五”期间,风电场综合造价也有一定程度的降低。“八五”及“九五”初期,风电场平均综合造价约为 10 000 元/kW,而“九五”末期的风电场平均综合造价降到了 8 500 元/kW,约降低 15%。同时上网电价也有了一定的下降,目前的电价水平约为 0.60~0.70 元/kW·h。另外,投资主体也已初步形成并且已趋于多元化,风机国产化水平有一定程度提高。在国家科技部“九五”科技攻关项目的支持下,我国自主开发的 200~300 kW 风电机组,其样机国产化率已达 95%,主要零部件包括叶片、电机和齿轮箱等也已具备批量生产能力。在国家计委“乘风计划”的支持下,我国相继成立的中德合资西安维德风力发电机制造有限公司和中西合资洛阳一拖美德风力发电机制造有限公司,目前这两家合资企业已具备 600 kW 级商业化风力发电机组的生产能力,已分别批量生产出 40%国产化率的 600 kW 和 660 kW 风力发电机组。

尽管如此,我国的风电产业的发展还面临着一系列的障碍和问题。其中既有政策问题,也有技术问题;既有机制问题,也有认识问题;其中最核心的是上网价格过高的问题。上网电价大大超过当地燃煤电厂的平均上网电价,致使风力发电发展受阻。因此,研究分析风电上网电价及其影响因素、提出相应的降价措施和政策,是促进我国风电产业发展的一项紧迫任务。另外,缺乏明确具体的经济扶持政策也对风电的发展造成不利影响。我国计划“十五”期间,在华

北、东北和西北地区建设 480 MW;在东南沿海地区建设 283 MW。争取在 2005 年底我国风电累计总装机容量 1 200 MW 左右,约占全国电力总装机容量的 0.3%。“十五”期间,我国将进一步开展风力发电及相关技术的研究;扩大风电开发规模,不断降低发电成本;进一步完善政策体系,促进能源结构的调整,从而实现发展与环境并重的可持续发展目标。

表 1 我国“九五”期间风电装机年增长情况

年份	新装机/MW	年增长/%	年份	新装机/MW	年增长/%
1996	23.30	59.7	1999	43.75	19.5
1997	83.65	134.2	2000	76.44	28.5
1998	78.60	53.8			

表 2 2000 年中国风电场装机的分布情况

省份	风电场数	风电机组台数	装机容量/MW	省份	风电场数	风电机组台数	装机容量/MW
新疆	3	155	72 950	福建省	2	26	13 055
广东省	2	153	69 980	河北省	1	24	98 50
内蒙古	5	135	56 905	河南省	1	19	8 755
辽宁省	5	86	46 005	山东省	2	14	5 675
浙江省	3	62	30 355	甘肃省	1	4	1 200
吉林省	1	49	30 060	合计	26	727	344 790

表 3 风电机组容量分布情况

风机额定功率 P/MW	机组台数		总容量/MW		所占比例/%	
	1995 年	2000 年	1995 年	2000 年	1995 年	2000 年
< 100	30	30	1.31	1.31	3.48	0.38
100~200	46	53	5.94	6.99	15.78	2.03
200~300	55	91	12.7	21.6	33.73	6.27
300~400	49	85	14.7	25.9	39.07	7.54
400~500	0	3	0	1.35	0	0.39
500~600	6	52	3.0	27.95	7.97	8.11
600~700	0	364	0	219.66	0	63.75
700~800	0	53	0	39.75	0	11.54

注:表中数据主要来源于风力与潮汐发电发展研讨会会议资料。

(潘文霞供稿)