

老挝 Nam Ngum 5 水电站拱坝碾压混凝土施工技术

苟仕文, 谭万开, 谢力

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要:通过老挝 Nam Ngum 5 水电站大坝碾压混凝土施工技术的应用,总结了碾压混凝土施工中采用的各项技术参数、技术要求和注意事项,可为今后类似工程借鉴。

关键词:碾压混凝土;拱坝;施工;Nam Ngum 5 水电站

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)05-0054-03

1 工程概况

Nam Ngum 5 水电站位于老挝北部山区 Nam Ngum 河上游右岸支流 Nam Ting 河上,装机容量为 2×60 MW,拦河坝为碾压混凝土重力拱坝,坝顶高程 1 103 m,最大坝高 99 m,坝顶宽度为 6 m,拱冠梁底宽 42 m,拱冠梁厚高比为 0.424,坝顶中心线弧长 234.85 m,弧高比为 2.42,顶拱中心角为 92.794° 。碾压混凝土重力拱坝混凝土总量约 33.24 万 m^3 ,其中碾压混凝土总量约为 29.8 万 m^3 。

2 碾压混凝土坝施工的前期准备工序

2.1 骨料生产加工系统

由于 Nam Ting 河上游段工程区处的河床比较窄,水流湍急,河床内分布的沙滩少且零散,缺乏天然砂料;下游的 B. Xiangdet 村附近虽有大量的天然砂料,但其含泥量较大,砂料级配不良,故混凝土施工所需的砂石料均由石料场开采合格的毛料经机械破碎加工提供,料场位于坝址下游左岸 3 km。

2.2 拌和系统

该工程混凝土制备选用一套型号为 HL180-2S2000L 的混凝土拌和楼作为碾压混凝土的主要生产设备,配置 2 台 $3 m^3$ 的强制式搅拌机,混凝土额定生产量为 $180 m^3/h$,实际产量可以满足 $120 m^3/h$ 的强度需求。

2.3 碾压混凝土现场生产性试验及施工参数

(1) 试验内容。

试验块规格为 $20 m \times 12 m$,沿长度方向分成两区,试验块分三层碾压,每层厚 30 cm,现场生

收稿日期:2017-08-20

产性试验的主要工作为:

- ①原材料的检测、拌和机的配料速度、拌和数量及拌和时间;
- ②碾压混凝土配合比复核及调整等;
- ③拌和机出口入仓碾压时 V_c 值的测定,找出 V_c 值损失与仓面的风速、气温及运输时间的关系,提出控制 V_c 值的措施;
- ④摊铺碾压方式试验,接缝、层间结合与变态混凝土结合部位的碾压试验;
- ⑤碾压后的混凝土容重、弹性模量、抗压强度、抗渗、极限拉伸值、层面抗剪断强度及层间抗渗等。

(2) 确定主要施工参数。

由试验确定的碾压参数为:入仓时的 V_c 值为 5~9 s,铺料厚度为每层 34 cm,压实厚度为 30 cm, BW202AD 型振动碾静压 2 遍,振动碾压 8 遍,再静压 2 遍。BW75S 型手扶式振动碾静压 2 遍,振动碾压 8 遍,再静压 2 遍。振动碾行走速度 ≤ 1.5 km/h。碾压混凝土初凝时间为 6~8 h。

(3) 碾压混凝土施工配合比。

碾压混凝土在满足设计要求的强度、耐久性和施工要求的和易性条件下,通过选择设计参数、计算、试拌和必要的调整,经济合理地确定碾压混凝土单位体积中各种组成材料的用量。配合比设计由中水十局公司中心试验室进行,所确定的施工配合比见表 1。

2.4 混凝土运输及入仓

采用 14 台 15 t 自卸汽车运输混凝土,并在自卸汽车上设置遮阳、防雨措施以减少外界环境对混凝土 V_c 值的影响。为了控制骨料分离,卸料斗

表 1 碾压混凝土配合比

混凝土强度等级	水泥	粉煤灰	砂	小石	中石	大石	水	FS-G-Ⅲ缓凝高效减水剂	FS 引气剂
C ₁₈₀ 20W ₈	72	107	800	658	658		93	1.25	0.036
C ₁₈₀ 20W ₄	61	92	733	431	575	431	83	1.08	0.031
C ₁₈₀ 15W ₄	49	92	760	427	569	427	82	0.99	0.028

的出料与自卸汽车之间的自由落差不大于 1.5 m。进仓口道路段铺设 15 cm 厚碎石路面,并在距入仓口 20 m 的道路上设置高压水枪冲洗轮胎;路面铺设 8 mm 厚花纹钢板以利于脱水。在仓面上,严禁汽车急刹车和急转弯,避免破坏强度还不高的混凝土表面、影响层面胶结。

大坝高程 1 006 ~ 1 045 m 采用钢栈桥汽车直接进入仓的方式。钢栈桥规格为:4 根 I56 工字钢,栈桥仓面端用 1.5 m × 0.3 m × 0.5 m 预制混凝土支垫,另一端与原施工道路用垫渣的方式与仓面适时升高,混凝土垫块与下游设计边线距离 ≥ 50 cm,仓面栈桥影响部位混凝土采用变态混凝土,以保证该部位混凝土质量。

大坝高程 1 045 ~ 1 095 m 左岸采用真空溜槽。由于地形原因,右岸高程 1 070 ~ 1 095 m 采用混凝土输送带至溜槽入仓。

2.5 模 板

坝体模板采用可调弧翻身钢模板,单块模板规格为 3 m × 1.8 m,可进行正、反调弧及调坡。

两层或三层联合使用,最底层通过拉筋附着在已浇筑混凝土面,承载上层模板重量及混凝土侧压力。坝体下游坡面每一升层相邻两块模板间顶部缝隙为 1.6 cm,模板间缝隙用抛光木条填充。为保证混凝土成型外观质量,每上升四层模板后重新进行找平、拼装以减小模板间的缝隙。模板安装主要采用 8 t 汽车吊完成。汽车直接进入仓口用小模板随钢栈桥的上升而及时补齐缺口。

3 碾压混凝土施工方法

3.1 卸料与摊铺

卸料前,在仓内作出二、三级配分界线标识,混凝土自上游向下游分条带进行,采用汽车入仓、两点叠压式卸料和串链摊铺法人工辅助分散集中的粗骨料铺料,铺料厚度为 34 cm。

高程 1 025.5 m 以下采用平层通仓法,混凝土入仓强度能够满足浇筑要求。

高程 1 025.5 m 层仓号面积达 2 900 m²。时值 2010 年 4 月下旬,午时温度已达 34 ℃。根据老挝以往的气候特点此时已进入雨季施工,对碾压混凝土施工干扰较大,对碾压混凝土施工质量的控制非常不利。为缩短层间间隔时间,采用斜层平推法施工。实践证明:斜层平推可以用较小的混凝土土入仓浇筑能力浇筑较大面积的仓面,即达到减少投入、提高工效、降低成本和改善层面结合质量的目的。尤其在气温较高的季节,采取这种施工方法效果更为明显。另外,避免在坡脚部位形成薄层尖角并严格清除二次污染物是保证斜层平推法施工质量的两个关键问题。因薄层尖角部位的骨料易被压碎,我们采用在坡脚预留出一个平段垫层、边缘预留 30 ~ 50 cm 与下层平段垫层一起碾压及尽量减少振动碾在新、老混凝土间来回移动的方式是避免形成薄层尖角的一个有效的方法。

摊铺、碾压以固定方向逐条带进行,施工层次分明,层间间隔时间容易控制,便于有序施工。条带宽度为 5 ~ 6 m,摊铺使用 CAT 平仓机,反铲挖掘机配合施工,人工分摊因机械施工时造成的骨料堆积并对仓面进行局部平整;平仓厚度控制在 34 cm 左右,边摊铺边检查,以保证碾压层厚度均匀。根据施工实践:压实厚度为 30 cm 时,采用推土机将混凝土料推离卸料位置平仓,平仓厚度为 34 cm 时可达较好的改善分离状态的效果。

3.2 碾 压

混凝土碾压采用 BW-202AD 和 BW-75S 手扶式振动碾。大型振动碾靠近变态混凝土周边进行碾压,而小型振动碾主要碾压变态混凝土及其与碾压混凝土间大型振动碾无法碾压的混凝土。碾压方向垂直于水流方向,可以避免碾压条带接触不良而形成渗水通道。碾压条带相互搭接,端头部位搭接的长度应保证振动碾的前后轮均进入搭接范围,其具体长度根据所选用的振动

碾轴距决定。压实容重的数值是碾压混凝土是否压实的主要标志,故在施工过程中应尾随碾压作业进行检测。当所测容重低于规定指标时应增加碾压遍数,仍达不到规定指标时应分析原因,采取相应的措施并调整混凝土参数。为避免因拌和物放置时间过长而引起的混凝土质量问题,对拌和物自拌和到碾压完毕的时间有所限制,具体应根据不同天气条件下混凝土 V_c 值变化情况和对压实容重的影响来确定。一般情况下,碾压工作应在混凝土拌和后 2 h 内完成;对于气温较高的天气还应缩短;低温或多雨天气可适当延长。对于与下一条带同时碾压的部位,完成碾压的时间应严格控制在能够满足结合部位混凝土施工质量的最大层间间隔时间内。

3.3 层、缝面的处理

为了确保混凝土层间结合良好,必须控制施工层间的间隔时间。层间间隔时间控制在 6 ~ 8 h。当层面施工时间超过两倍混凝土初凝时间时为冷缝,它是一个薄弱环节,往往形成渗漏通道,影响抗滑稳定,必须进行认真处理。施工缝和冷缝经过毛面处理并冲洗干净后,表面比较粗糙,为了保证垫层能在表面充分填充并有相当的富裕度,应使用 1 ~ 1.5 cm 厚的砂浆,其配合比应比碾压混凝土高一个等级。砂浆层铺完应紧接着摊铺混凝土,防止已铺的砂浆失水干燥或初凝。碾压混凝土停止铺筑时,停止铺筑处的坡面应不陡于振动碾施工的最陡坡度(1:4),并将斜坡上的混凝土碾压密实,清除坡脚处厚度小于 10 ~ 15 cm 的尖角部分。

3.4 变态混凝土施工

大坝变态混凝土范围为:上游结构线 0.5 m 内,下游结构线 0.55 m 内,左、右岸与边坡垂直 0.5 m,变态混凝土随碾压混凝土浇筑逐层施工。变态混凝土施工在碾压前进行,其层高较碾压混凝土铺料厚度薄 3 ~ 5 cm。浆液的制备由设在左岸的制浆站供应,采用泼洒的方式,将浆液均匀注入混凝土,浸泡约 10 min 后用 $\phi 100$ 插入式振捣器振捣。插点分布均匀,振捣密实,满足质量和外

观要求。

3.5 养护与防护

碾压混凝土是干硬性混凝土,受外界条件的影 响很大,因此,在仓面上要求对混凝土保持湿润。碾压混凝土单位用水量少,早期强度较低,为防止裂缝的发生,养护时间比常态混凝土长;因其棱角部位容易发生裂缝和损坏,须加强养护及保护。

4 特殊条件下的混凝土施工

4.1 高温条件下的混凝土施工

高温天气施工,保证施工质量最根本的途径是大幅度削减层间间隔时间,同时应采取控制和补偿表面水分蒸发散失的措施。具体采用的措施有:拌和混凝土掺高效缓凝减水剂、改平层通仓法为斜层平推法施工、施工仓面喷雾、适当调整出机口的 V_c 值等。

4.2 雨天施工

在降雨强度小于 3 mm/h 的条件下,可以采取有效措施继续施工。当降雨强度达到或超过 3 mm/h 时,应停止拌和,迅速完成尚未进行的卸料、平仓和碾压作业,并采取防雨和排水措施。

5 结 语

碾压混凝土施工技术在老挝 Nam Ngum 5 水电站的应用,体现了碾压混凝土的优点:工艺程序简单,施工速度快,提前发挥工程效益;胶凝材料用量少,薄层大仓面浇筑,使混凝土水化热温升大大降低,简化了温控措施;可使用大型通用机械设备,提高混凝土运输及浇筑工效,降低工程造价和提高经济效益等。

参考文献:

[1] 水工碾压混凝土施工规范,DL/T5112-2009[S].

作者简介:

苟仕文(1968-),男,四川都江堰人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

谭万开(1978-),男,四川中江人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

谢力(1980-),男,四川三台人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)