

石漫滩水库工程混凝土裂缝成因浅见

周怡生

(水利部淮河水利委员会 安徽 233001)

TV33

摘要 简要介绍了石漫滩水库工程垫层常态混凝土和碾压混凝土裂缝的特点、成因和处理措施,指出“补偿收缩混凝土”抑制常态混凝土裂缝的产生是一个发展方向,碾压混凝土的裂缝是可以避免的,关键在于加强养护。

关键词 碾压混凝土 水工结构 裂缝 补偿收缩 垫层 水库

石漫滩水库工程位于河南省舞钢市境内的滚河上,为国家“八五”期间重点治淮工程之一,是一座以防洪为主,兼有工业供水、灌溉、水产和旅游等综合效益的大型水利工程。工程采用国际上较先进的靠碾压混凝土自身防渗的全断面碾压混凝土重力坝坝型,最大坝高40m,混凝土总量约34万 m^3 ,其中碾压混凝土约27万 m^3 。工程由国家与河南省共同投资建设,1993年9月15日正式开工。工程在混凝土浇筑完后,基础垫层补偿收缩常态混凝土和碾压混凝土均产生裂缝。本文就裂缝的特点、成因和处理措施等作一简要分析。

1 基础垫层混凝土裂缝

1.1 所用材料及施工经过

基础混凝土设计上采用了“补偿收缩混凝土”,水泥为荆门矿渣大坝425#水泥外掺氧化镁。设计要求掺量6%(总含量),工地取样检测值与要求基本吻合。

根据修改后的施工图,垫层混凝土厚1.0m,上游加深2.0m形成齿槽,下游在溢流坝段加深1.0m形成下齿槽。整个垫层混凝土除设横缝(间距20m左右,最宽处为25m)外,在顺水流向长30m的底板上未设纵缝。

基础混凝土于1994年4月16日正式开盘浇筑。由于基础岩石极为破碎,开挖清理难

度远超出预想,主汛期为保证安全,仍冒着高温抢浇混凝土,入仓温度最高时达30℃(预埋了一期冷却水管)。主汛期过后,继续推进,直到12月份河床段全部复盖完毕。整个基础垫层混凝土浇筑经历了春夏秋冬四季。

1.2 裂缝特点

混凝土浇完后,除17#和18#坝段外,其余各坝段都陆续发现程度不一的裂缝,且大都贯穿至基岩。有的较细,为“发丝”缝;有的较宽,最宽处超过4mm。但大部分都是垂直水流向的,即使平行水流向,也多发生在水下游侧,未发现上游劈头裂穿的缝。随着时间的推移,裂缝不断增多,陆续出现了不规则的龟裂。

1.3 裂缝处理

对于基础混凝土产生的裂缝,采取了严格的处理措施:①沿缝掘三角槽,并盖上钢板,作为灌浆用的排气槽(或者用预缩砂浆回填,另设排气系统);②上扣直径为200mm的半圆钢管,内填预缩砂浆;③进行灌浆,时间选在冬季混凝土温度较低时。灌浆材料一般为水泥,通向上游的裂缝采用化学灌浆。对纵向通缝及平行水流向的上游侧缝端,打孔灌注化学材料“聚胺脂”(水溶性)加以封堵;④在半圆钢管上铺设两层限缝钢筋。处理的效果是好的,通过一年多的观测,未发现裂缝向上延伸,达到了预期的目的。

1.4 对裂缝成因的几点认识

a. 基础垫层混凝土产生裂缝的原因,除混凝土本身内部水化热温升、基础起伏差过大、不利的结构形状和长间歇等通常因素外,主要是对“补偿收缩混凝土”期望过高。从石漫滩水库工程来看,“补偿收缩”的效果不理想,未收到预期的效果。按“补偿收缩”的初衷,混凝土应单向性膨胀,并使混凝土具有一定的预压应力。但实际上混凝土仍收缩,如19#坝段,浇筑后不到两个月时间(设计龄期为90d),便发现横缝处与邻块坝段脱开,缝宽约1.0mm,且随时间推移不断增长。所用水泥掺有氧化镁,未起到应有的作用。作为发展方向的“补偿收缩”,尚待进一步研究。

b. 在结构方面,作为碾压混凝土所必须的基础垫层,目前还只能采用常态混凝土浇筑。设计时应在结构分块、施工季节、层厚等方面多作比较,选取较佳方案。施工应考虑要连续上升,间歇期要短,除作为“填塘”性质的基础混凝土间歇期应长一些外,应尽快复盖上层混凝土,使高、长比达到0.4以上。石漫滩水库工程基础混凝土不论是何时浇筑,也不论入仓温度是否合适,无一例外都产生了裂缝。而17#坝段在5月份气温较高的情况下,进行了碾压混凝土试验,使层厚增加了2m,却无裂缝产生(16#坝段也进行了碾压试验,但层厚只增加了1.0m),说明结构因素对裂缝的产生作用大于其它因素。

c. 上游适当深挖形成齿槽,对扼制顺水流向裂缝向上游的发展势头,避免产生渗水通道是十分有效的。齿槽本身也增加了大坝的稳定安全度。然而,齿槽本身也是产生裂缝的结构因素,使得混凝土更易开裂。因此,凡设置了齿槽的基础垫层混凝土,应重点从结构上及施工安排上考虑防裂措施。

2 碾压混凝土上的裂缝

2.1 裂缝开展情况

大坝碾压混凝土于 1994 年 10 月份正式
开始,至 1995 年 5 月底上升了 12 m,达到

87.0m高程,满足了当年工程安全渡汛的基本要求。随后,因夏季气温高,不适宜碾压混凝土的施工,工程被迫暂停。

一个多月后,发现碾压混凝土表面出现了一些裂缝,并随着时间推移,裂缝越来越多,深度及缝宽、缝长都不断加大。据统计(不计 9# 坝段)主要裂缝共有 80 条,最大缝深为 2.5m(1 条),其次为 2.0m(1 条)、1.0m(1 条)、0.8~1.0m(5 条),其余均小于 0.7m;缝宽大于 0.3mm 的有 12 条,最大缝宽 2.78mm,其中 3# 坝段较集中且较宽,为 7 条,其余分布在 5 个坝段(每条坝段各 1 条)。所有裂缝均属表面裂缝。

2.2 裂缝成因简析

碾压混凝土裂缝产生的原因较多,也较复杂。不同类型的裂缝其影响因素和所起作用的大小也不尽相同。但主要还是混凝土内表温差、混凝土自身体积变形为干缩、混凝土的施工质量、养护状况、结构形状五大因素。

所有裂缝可分为以下四种类型。

a. 3[#]坝段下游裂缝。5,6,7,9号四条裂缝将坝段大致分割成四块。9号裂缝的产生是由于3[#]坝段与4[#]坝段之间未打横缝诱裂孔,受4[#]坝段的影响拉裂,其缝宽、缝深均是80多条裂缝中最大者。至于5,6,7号裂缝的成因,一是下部混凝土龄期较长(间歇40d,混凝土弹模已达到了设计值),对上部新碾压的混凝土有一定的约束作用;二是上部混凝土入仓温度较高(达25℃),又是暂停施工前的最后一仓,处理略差一些;三是养护不够,仅养护

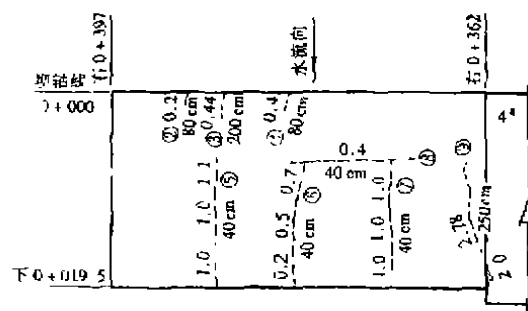


图1 3[#]坝段碾压混凝土裂缝

裂缝上、下的数字分别为缝宽和缝深,缝宽单位:mm

了15d(然后让位于右岸边坡混凝土喷锚施工场地用),并长期暴露;四是遇气温骤降,混凝土表面未加保护而致开裂。这种类型的裂缝特点是“均布”。

b. 9#坝段的裂缝(见图2)。缝宽在1.0mm以下,缝深大多大于100cm。9#坝段底部设有检查廊道、集水井等结构,其顶端距混凝土表面约6m(见图中虚线部分),集水井内又有两支管道(排水管和通风管)垂直向上延伸,因此在气温骤降时,先从管口部位开始裂开一个口子,然后迅速向上、下游和左右方向延伸,直到上、下游面。另外,在15#坝段设有一倒垂孔,亦从孔边裂开,直至横缝终止。

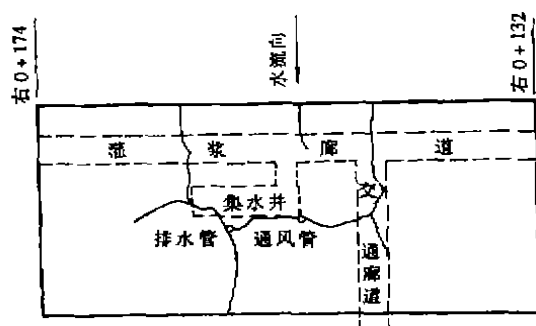


图2 9#坝段碾压混凝土裂缝

这类裂缝的成因,可能是由于孔洞等薄弱部位的存在,造成应力集中,加上气温骤降时,孔洞周围混凝土的内表温差诱导了裂缝的产生。

c. 上、下游边的棱角裂缝(见图3)由于上、下游边缘两面外露,因此内表温差较中部大一些,遇气温下降便产生了棱角缝。另一方面,混凝土的施工质量对这类缝的产生有一定的影响。该部位在施工时,振动碾无法碾到,不得已采用了加浆振捣工艺施工。如加浆较多,或浆液较稀,混凝土中水份含量便增多,也就易产生裂缝。有不少坝段上、下游侧棱角缝较少,或无此类裂缝,便说明混凝土的质量起到了一定的作用。此类裂缝缝深均不超过25cm。

d. 其它裂缝。除上述三种类型的裂缝外,其余产生于坝块中部的裂缝左

冲右突,一般呈无规则的龟裂(见图4)。估计主要原因是混凝土表面长期暴露间歇,未加保护,遇冷空气来临时受冷激而产生的表面裂缝。此类裂缝的特点是浅而密,一般深度不超过40cm。

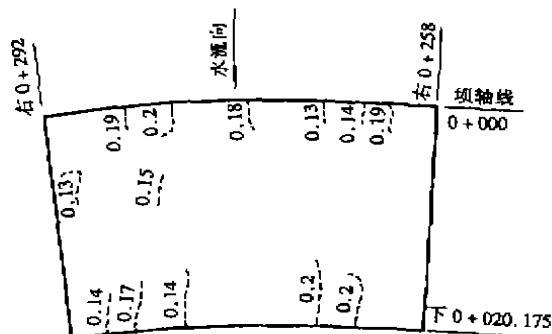


图3 6#坝段碾压混凝土裂缝分布

图中裂缝上的数字为缝宽,单位:mm

另外,石漫滩地处中原,气候条件与南方地区相差较大。夏天同南方同样炎热,但大气中水汽含量少,较干燥,即便在夜间也是如此,对混凝土的养护要求高;冬季则较南方冷得多,常受寒流侵袭,气候亦非常干燥。北方几座碾压混凝土坝工程,出现裂缝情况都较南方碾压混凝土工程严重得多,其中对气候条件的影响重视不够,不能说不是一个重要因素。

2.3 裂缝处理

工程对碾压混凝土裂缝的处理是十分慎

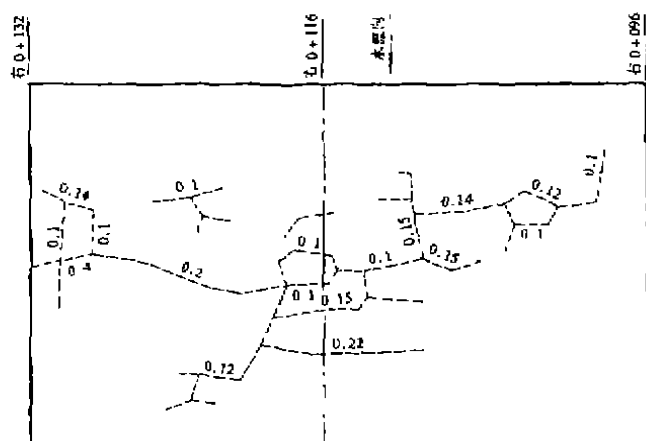


图4 10#、11#坝段碾压混凝土裂缝分布

图中裂缝上的数字为裂缝宽度,单位:mm

重的。首先对裂缝进行普查,编号记录,然后根据设计代表的意见,对9#坝段裂缝采取了两期化学灌浆、上扣半圆钢管、铺两层 $\phi 28$ 的阻裂钢筋等措施。对通向上游面的裂缝,自顶面钻1~2个骑缝孔至缝的底部,孔内灌注水溶性聚胺脂化学材料封堵;对于其它裂缝,凡深度小于20cm的,开挖三角槽并涂注环氧基液,或用风镐人工挖除,然后用干硬性砂浆回填,并视裂缝情况铺适量阻裂钢筋。对于深度在20~50cm的裂缝,处理措施同上,并铺一层阻裂钢筋,必要时埋管化学灌浆。深度在50~100cm的裂缝,处理措施同9#坝段;深度大于1.0m的裂缝,则需专题研究处理措施。另外,对于通向上游面的“劈头缝”,在上游面凿三角槽,回填SR防渗材料后,用环氧材料封堵以防渗。

2.4 小结

a. 石漫滩水库工程碾压混凝土的裂缝均属表面裂缝,虽较多,密度也较大,但缝宽、缝深都不大,且未发现水平裂缝,因而对结构的影响不大,经过慎重的处理,完全可以满足

结构要求。

b. 对于一般碾压混凝土坝,宜于一个枯水季节一次完成。如做不到而被迫长间歇,则即使时处夏季,也要采取措施保护,以防气温骤降导致混凝土开裂。尤其是北方地区,昼夜温差大,加上碾压混凝土早期强度低,内部升温过程又长,不加保护是极其危险的。对结构上存在孔洞等不利部位处,更应采取加强保护措施。

c. 碾压混凝土养护也是防裂的重要措施之一。北方地区气候干燥,即使是夜间,亦应专人养护,防止混凝土失水造成质量缺陷。长间歇混凝土的养护期限,规范规定不少于28d,笔者认为是不够的,应养护至设计龄期(一般为90d)。

d. 加浆振捣工艺生产的碾压混凝土,虽然单位用水量较多,但只要认真操作,严格控制浆液配比,也能保证混凝土的质量,从而减少或避免产生裂缝。

(收稿日期:1996-01-11)

(上接第45页)

的瞬间,预裂缝首先形成,接着掏槽孔爆破,在隧洞中部掏出临空面,挨着掏槽孔外围的梯段孔分别起爆。这样,全断面爆破将完成一次进尺循环。

c. 竖井段。在导流隧洞内用柱架钻向上打孔,钻孔布置和爆破方法同于洞身段。通过隧洞出碴。

2.4 溢洪道混凝土施工方法

左岸溢洪道全长432m,其中进口明渠段252m,为矩形断面,底板净宽22m,底板和侧墙厚度均为1m,渠底纵坡1:3.5,进口段设有两孔平板闸门。隧洞段长120m,纵坡1:12.5,隧洞断面为马蹄形,底板净宽10m,顶拱半径5m,侧墙净高6m,衬砌厚度均为1m。出口段长60m,纵坡1:12.5,断面为矩形,由10m底宽渐变到20m,末端设有挑流鼻坎。

a. 明渠段混凝土浇筑。底板混凝土和侧墙混凝土浇筑采取流水作业,先浇底板,后浇侧墙。底板中心顺水流方向分一条纵缝,垂直水流方向每隔12m分一条横缝,从上游向下游进行跳仓浇筑。侧墙高4m,分两层浇筑。混凝土熟料采用6m³混凝土搅拌车送入混凝土输送泵直接进入仓浇筑。

b. 隧洞段混凝土浇筑。隧洞段的混凝土浇筑由下而上逐段浇筑,每段浇筑长度为10m,先浇底板,次浇边墙,后浇顶拱。顶拱模板采用钢模台车,由混凝土输送泵直接入仓,插入式振捣器振实,待顶拱混凝土达到设计龄期后,进行回填灌浆,灌浆范围为顶120度,灌浆分两序孔自下而上进行,两序孔灌浆间隔72h,灌浆浓度和压力由小逐渐加大,直至达到设计值。

(收稿日期:1996-05-11)