

陈村拱坝 105 缝对坝体异常变形影响成因分析

⑥

陆绍俊 沈长松

TV678.11

23-2513°

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘要 结合陈村重力拱坝原型观测资料,对带缝坝体异常变形成因进行分析。研究表明:陈村拱坝 105 裂缝扩展、左坝肩基岩相对软弱、大坝所处高温低水位不利运行工况以及坝体特殊结构型式是产生异常变形的原因。建议实际运行时应调控水位,避免不利运行工况。

关键词 混凝土坝 拱坝 变形 裂缝 运行工况 断层

坝身出现裂缝是混凝土坝较普遍的问题。坝体带缝运行时出现异常变形的情况也时有发生。如陈村混凝土重力拱坝,在 20 多年运行过程中,坝体切向变形出现三次较明显变化,基础也似产生一定相对变形。这些异常变形发生的原因以及它们对大坝安全的影响,是工程单位十分关心的,也是设计和科研部门必须从理论上分析和加以解决的。因此,找出大坝发生异常变形的原因,从而在运行时采取相应的水位调控措施及工程处理措施,对保证大坝安全和提高设计理论水平有重要现实意义。

1 陈村重力拱坝概况

陈村混凝土重力拱坝,最大坝高 76.3 m,坝顶高程 126.3 m,坝顶弧长 419 m,共分 28 个坝块(自左至右编号 3~30 坝块)。1972 年大坝浇注至原设计坝顶高程 125.0 m,即发现下游坝面 105.0 m 高程处出现水平裂缝(以

下简称 105 裂缝),它横跨 5~28 坝块,长度超过 300 m(见图 1)。经超声波探测,缝深在 5 m 以上。

陈村坝地质条件复杂,断层分布广泛。两坝肩岩体风化破碎,且左岸较右岸严重。

大坝变形观测主要布置在拱冠 18 坝块以及左、右 1/4 拱处的 8 和 26 坝块。由于大坝 18 坝块以左建在 F_{11} 断层上,为监测坝基工作性态,在 F_{11} 断层上、下盘设置了 8 倒 2 和 8 倒 3 测点,见图 2。

陈村拱坝 20 多年运行过程中,坝体切向变形出现过 3 次明显变化,见图 3(图中切向变形以 1972 年 7 月 15 日测值为基准,为 105 m 高程相对坝基的变位)。

第一次:1977~1978 年,18、26 坝块切向变形向左变化,8 坝块向右变化。至 1978 年底,26 坝块向左位移增量为 2.03 mm,8 坝块向右位移增量为 1.54 mm。拱冠 18 坝块 1977 年底进入向左变位阶段,至 1980 年春末,向

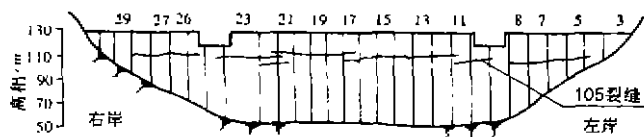


图 1 陈村拱坝下游坝面 105 裂缝分布

第一作者简介:陆绍俊,男,博士,讲师,从事土工抗震及大坝安全监控研究。

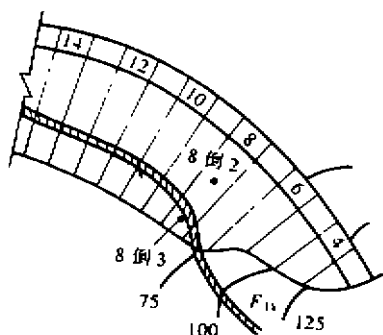


图2 坝基变形测点布置

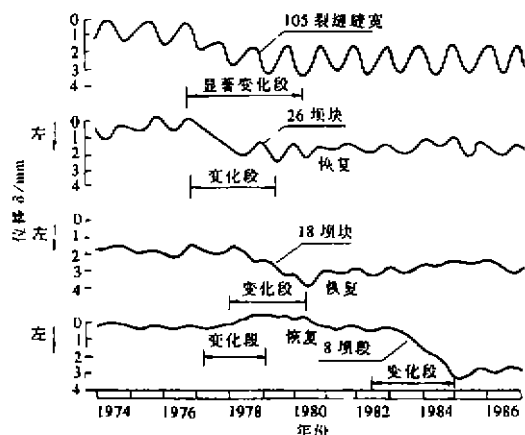


图3 105m 高程拱坝切向位移、105 裂缝开度过程线
左切向位移增量达 3.07 mm。

第二次:1980 年底至 1981 年春,坝体切向变形向 1977 年初位置方向做了一次较小恢复。

第三次:1982 年 5 月 31 日至 1984 年 12 月 24 日,8 坝块产生明显的向左切向变形,此阶段内向左位移增量为 3.08 mm。

监测 F_{11} 断层上、下盘相对变形的 8 倒 2 和 8 倒 3 测点,观测结果反映出两测点有一定相对变位。

2 坝体及坝基异常变形成因分析

坝体和坝基异常变形的出现,表明大坝结构性能发生了变化,因此应从运行过程、外荷载变化和坝体受力变形特征以及裂缝扩展变化等方面分析异常变形的成因。

2.1 第一次切向位移变化成因

大坝蓄水运行后,由于左岸基岩较右岸相对软弱,坝体产生缓慢趋向左岸的变形。自

1976 年 7 月开始,大坝第一次处于高温低水位运行状态(库水位低于设计死水位 101.0 m,自 1976 年 7 月 25 日至 1977 年 3 月 30 日),最低库水位达 93.7 m。由于混凝土温度变化滞后于气温变化,当气温开始降低时,坝体混凝土实际上处于温升状态,坝体产生相对向上游的变形,而低水位运行也促使坝体变形趋向上游,因此 105 裂缝出现张开趋势。恰巧在 1976 年底至 1977 年初,坝体经受了一场寒潮侵袭,此时段内最低气温达 -7.8°C 。较相应该时段的多年平均气温降低 9.0°C 。气温的降低使下游坝面 105 裂缝缝面附近的混凝土迅速收缩,裂缝宽度随之增大。

综合上述两方面影响,105 裂缝缝宽较 1976 年年底前增大大约 1.0 mm,见图 4。这表

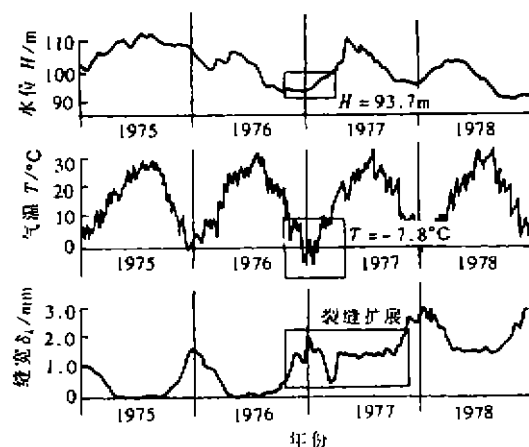


图4 库水位、气温、105 裂缝缝宽过程线
明 105 裂缝发生扩展。裂缝的扩展削弱了梁向刚度,经拱梁荷载重调整使拱向荷载增大,拱向两岸的推力相应增加。承受拱端推力作用的左岸基岩虽相对软弱,但弹模也有 10 GPa,右岸相应部位弹模为 13 GPa(由于溢洪道分割坝体,113.0 m 高程以上坝体不具有整体作用,不传递拱荷载,故只考虑 113.0 m 高程以下承受拱作用的坝肩基岩)。因此,左岸基岩有一定承受拱端推力的能力。由于左右两岸基岩的约束作用,使坝体开设溢洪道的左右 1/4 拱部位成为相对薄弱环节,8、26 坝块恰好处于两个溢洪道的左侧和右侧(见图 1)。由于结构的变形总是在相对薄弱处

首先产生,因此在拱荷载作用下,8坝块和26坝块产生突向上游库区的变形,即8坝块径向向上切向向右变形,26坝块径向向上切向向左变形。

1976年底至1977年初的寒潮过后,坝体又两次处于高温低水位运行状态(1977年8月29日至1978年2月24日及1978年6月22日至1979年4月2日),使105裂缝进一步扩展,坝体变形趋向上游^[1]。从拱圈角度看,拱圈整体向上游变形,使两岸坝块产生向河床的切向变形,即8坝块切向向右变形,26坝块切向向左变形。18坝块位于拱圈对称轴右侧4度,也产生向左切向变形,但其变形值较小。

综合以上分析,18、26坝块产生向左切向变形,8坝块切向变形向右变化。

2.2 第二次切向位移变化成因

1980年春至1981年底,库水位保持在110.0m左右,大坝处于正常运行状态。1977~1978年所发生的第一次切向变形变化并非全部为塑性变形,其中的弹性部分会产生恢复。1980年底至1981年春发生的变形即为1977年初发生变形的弹性恢复。

对这一时段坝体切向变形所建的数学模型也反映出:18、26坝块切向变形与时效的简相关系数为负值,即向右恢复;而8坝块切向变形与时效呈正相关,即向左恢复。数学模型的分析结果与弹性恢复的解释相一致。

2.3 第三次切向位移变化成因

坝体向左岸的变形,并不是所有坝块向左岸的平移。这是因为:大坝113.0m高程以下具有整体作用,各坝块在向左变形的同时,也产生对向左推力的抵抗作用,从而使坝体向左岸的变形呈现出一个演变过程。伴随着105裂缝扩展,位于右侧的26坝块首先出现显著向左变位阶段,1977年该坝块几乎呈直线趋势向左变形。1977年底,拱冠18坝块进入显著向左变位阶段。右侧及河床部位坝块向左变形的巨大压力,迫使左侧坝块也随之产生显著向左变位阶段。因此,1982年5

月31日至1984年12月24日,左侧8坝块产生明显的向左切向变形。

与左坝肩相接的3坝块受挤压上抬过程也从一个侧面说明了坝体向左岸变形的演变过程(见图5)。

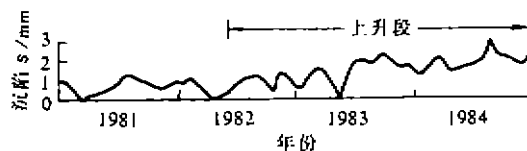


图5 3坝块坝顶沉降过程线

2.4 F₁₁断层上、下盘相对位移分析

F₁₁断层上、下盘变形测点数学模型分析表明:8倒2和8倒3的径向位移时效分量均趋向上游,这一方面是渗透力使上游浅层坝基向上游变形,造成坝体下部变形也趋向上游,另一方面是受105裂缝扩展影响,坝体上部趋向上游变形,通过整体作用带动坝体下部向上游位移;切向变形时效分量,8倒2趋向右岸,8倒3趋向左岸,此变形状态与它们的受力情况相一致。

观测资料反映出8倒3相对8倒2径向向上游、切向向左岸变形。从这一结果看,F₁₁断层上、下盘似有一定程度的相对位移,即下盘相对上盘径向向上游、切向向左岸位移。但8倒2及8倒3的观测高程(68.0m)与坝基面(54.0m)之间有十几米厚的混凝土层,而且两倒垂钻孔在基岩中的深度又较浅,因此这一相对位移也包含混凝土厚层的变形及浅层坝基变形的可能性,故对F₁₁断层上、下盘的错动问题需积累资料,做进一步研究。

3 结 语

105裂缝扩展、左坝肩基岩相对软弱、高温低水位不利运行工况及大坝特殊结构型式是产生异常变形的根本原因。异常变形的发生,使8坝块和26坝块产生突向库区的变形,由于105裂缝影响,坝顶相对105.0m高程的坝头变形明显倾向上游。裂缝扩展与坝体向上游变形相互影响,在高温低水位不利条件下,由于梁向刚度的削弱(下转第30页)

和有关部门积极进行开发性移民研究,通过广泛的社会经济调查,结合当地的自然资源、人力资源以及设备条件进行了深入细致的移民安置规划。如淮安市城东乡除拟建大型养鸡场和快速养猪厂外,具有厚实基础的化工业更是他们的优势,储量丰富的地下盐矿已有四口深井开采出卤,更为其发展化工产品创造了极好的机会。苏嘴镇正在积极筹办中外合资的金辉蛋品有限公司扩建项目,扩建棉织品股份合作公司,新建系列化冷库以充分开发利用当地丰富的鸭、猪资源;顺河乡引进五粮液酒厂的生产技术,已建成具有一定规模的古顺河酒厂……各乡镇都在为妥善安置移民积极发展乡镇企业,开发劳动密集型的产业,尽量拓宽就业之路,使移民安居乐业。规划中应给予扶持和帮助。

c. 结合航运业发展地区经济。数以万计的移民安置,将集中兴建移民的生产、生活设施和基础设施,将出现许多经济小区和居住小区,同时将有大量的工业产品和农副产品源源不断地输送到外地。由于地理、资金等诸方面的条件限制,到目前为止,渠北只有一条等级较低的公路通往各乡镇,严重制约了该地区的经济发展。“要想富、先修路”说明了交通在地方经济发展中的巨大作用。横贯东西的人海水道规划成优良航道后,可充分利用它改变渠北交通落后的状况。1994年4月21日,江苏省水利厅会同淮河水利委员会、淮河水利委员会水利勘测设计院及江苏省水利勘测设计院以及淮阴市和有关部门的领导、专家在淮安商讨了淮河入海水道的标准和规模,通过方案比选,决定以深泓排涝泄洪方案取代原漫滩泄洪方案。深泓方案的实施,开辟了一条沟通洪泽湖(淮河水系)与滨海中山港的大运河,将

对渠北乃至淮河流域的水运事业发挥较大的作用。如在淮安枢纽工程中,拟建的船闸与入海水道土方工程同步实施,使入海水道通过船闸与京杭大运河沟通,建立在各排涝河口上的挡洪闸留足通航孔,将使该地区的水上运输四通八达,无疑将为各类产品的流通增大幅射面而提供极为有利的条件,对该地经济发展将发挥巨大作用。

d. 保障上游安全,兼顾下游发展。渠北人民曾为开挖苏北灌溉总渠作出了巨大的牺牲,由于没有彻底解决排水出路问题,使农业生产长期低而不稳,工业生产也受到一定影响;当地群众的经济收入低于本市人均水平。在以往的历年汛期,由于群众负担的抽水费用难以征收而常常延误开机抽水的时间,致使大片农田深受涝渍之害。淮河入海水道又使渠北失去数万亩耕地,移民数万人,将给移民和安置区群众带来较大的困难,他们在生产、生活的恢复期将无力负担洪水抽排的费用。为使移民安置工作顺利进行,使移民的安置区群众迅速恢复和发展生产,入海水道工程规划应考虑减轻渠北群众经济负担,尽量扩大自排范围,把入海水道涉及的抽水工程设施归入淮河入海水道管理机构统一管理,以减轻群众负担,同时有利于统一领导,统一调度。既保证上游防洪安全,又照顾下游人民的生产和生活。

淮河入海水道是解决淮河下游洪水又一条出路的战略性工程,只要将工程规划与移民安置规划有机结合起来,它将为保障上广大人民群众安全财产的安全发挥巨大的作用,也将为下游地区的经济发展创造优越的自然环境。

(收稿日期:1996-12-10 编辑:熊水斌)

(上接第25页)

将加剧坝头倾向上游变形,对坝头稳定产生极不利影响。因此,在运行中需注意调控水位,避免出现高温低水位运行状态,经保证大坝安全。条件适当时,对105裂缝进行处理

是必要的。

参考文献

- 1 邢林生.陈村拱坝下游坝面105m高程附近水平裂缝的性态分析.水力发电学报,1988(4):66~74

(收稿日期:1996-12-17 编辑:张志琴)