

贺庄水库溢洪闸膨胀岩问题及工程措施

李继珍 张海涛 刘善良

(山东济宁市水利勘测设计院, 山东 济宁 272019)

摘要 分析了贺庄水库溢洪闸闸底板开裂损坏原因,重点讨论闸室基岩的胀缩、渗透、湿度、特性及闸底板的混凝土、配筋、裂缝状况等问题。指出基岩由中风化转变为强风化到松散岩块、粒隙的水体物化过程是闸底板开裂的主要原因,提出了采用防洪墙和置换非膨胀材料等工程措施对闸基进行处理。

关键词 溢洪闸 膨胀岩 地基加固 贺庄水库

中图分类号:TV66

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2007)S2-0112-03

膨胀岩土是自然地质形成过程中产生的一种超固结、多裂隙且有显著胀缩特性的地质体,其主要由含亲水矿物的蒙脱石组成,有吸水膨胀软弱、失水收缩硬裂的胀缩可逆性^[1],且极易在外界条件(如水、气候、作用压力等)变化作用下,引起地基的长期不稳定变形。膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土^[2],我国对膨胀岩的研究已有 40 多年的历史,1987 年国家制定了膨胀土地区建筑技术规范^[3],但对膨胀岩的研究资料较少,也无规范可循,尤其在水利工程建设方面的资料更缺乏。随着我国基础能源设施建设的力度不断加大,膨胀岩对工程建设的影响日益明显,尤其体现在水工构筑物中,为此,通过山东泗水贺庄水库溢洪闸改建工程,从分析溢洪闸底板开裂损坏状况、基岩的风化、膨胀、渗透等特性,以及两层之间接触带的岩性演变出发,提出膨胀岩基上建水工构筑物的处理方案和工程措施。

1 工程概况

贺庄水库位于山东泗水县泉林镇泗河干流上游,属淮河流域沂沭泗河水系,其控制流域面积 174 km²,总库容 0.997 亿 m³,是一座以防洪灌溉为主,兼顾水产养殖、发电及人畜饮水等综合利用的中型水库。水库溢洪闸位于主坝西南侧,建于溢洪道桩号 0+137.8 m,平均高程 161 m 原小山丘处,1970 年开工建设,1972 年底建成,基岩层为第三纪紫红色粉砂岩。水闸总长 95.7 m,由闸室和上、下游连接段组成,闸孔净宽 4×10 m,闸室净宽 48.6 m,挡水高

度 7 m。闸室底板用 170 号钢筋混凝土大、小底板组成,大底板位于闸墩下部,宽 4.9 m、厚 1.5 m,小底板位于跨中,宽 6.6 m、厚 0.5 m,大、小底板间均由 65-1 型橡胶止水带连接。闸室上下游铺盖、护坦均为 170 号厚 0.5 m 钢筋混凝土结构。溢洪闸于 1975 年初在底板、闸墩、铺盖、护坦以及泄槽段混凝土部位相继发现裂缝,也曾采用环氧树脂对开裂部位进行补强维护,但到 1981 年又从原裂缝处断开,至 2000 年 7 月,裂缝总长度发展到 700 多 m,最大裂缝宽 12 mm,下沉错位达 50 mm,其中 70% 为贯穿性裂缝。

2 溢洪闸底板损坏原因分析

2.1 基岩特性

溢洪闸基岩层为第三纪紫红色粉砂岩,其总厚度较大,下部为中风化砂层。

a. 基岩的膨胀性。原闸底板下潜伏风化砂岩,其膨胀性矿物蒙脱石含量是随着深度的变化而减弱的,其中,强风化砂岩蒙脱石质量分数为 14.2%~18.2%,线膨胀率为 0.92%~2.76%。GB50021—2001《岩土工程勘察规范》条文说明 6.7.1 条^[2]和《工程地质手册》^[4]中把蒙脱石含量大于 10% 的定义为一般的膨胀性软岩,故溢洪闸基的强风化砂岩属于膨胀岩。中风化砂岩内含蒙脱石质量分数为 8.5%~11.2%,线膨胀率 0.15%~0.65%,同样判为膨胀岩。本区的红色粉砂岩分布较广,其节理裂隙发育,且为稳定的基岩,勘探资料表明其总厚度大于 180 m。

b. 基岩的渗透性。根据抽水试验, 闸基混凝土底板下强风化粉砂岩渗透系数为 $1.5 \times 10^{-2} \sim 2.19 \times 10^{-4} \text{cm/s}$, 其岩心在水中 2 h 内迅速崩解, 属中强等级透水体; 中风化砂岩的渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, 属微弱等级透水体。

c. 基岩的强度特性。根据闸基岩抗压强度试验, 在天然的状态下, 强风化砂岩强度为 $0.1 \sim 0.78 \text{MPa}$ (平均 0.26MPa), 中风化砂岩为 $0.6 \sim 5.9 \text{MPa}$ (平均 2.39MPa), 而在饱和状态下, 强风化砂岩随即迅速崩解, 无法制样。

2.2 闸混凝土底板问题

2.2.1 闸基底板混凝土强度老化

经勘探取样, 底板混凝土密实, 未见空洞和明显裂缝, 经试验各部分混凝土强度、碳化度均满足设计要求。底板钢筋锈蚀主要出现在开裂混凝土中, 未出现因钢筋锈蚀产生的混凝土顺筋裂缝。因此排除混凝土强度、碳化或因钢筋锈蚀而引起混凝土老化开裂损坏对溢洪闸底板开裂的影响。

2.2.2 闸基混凝土配筋情况不足

原设计计算的底板、铺盖和护坦均按构造配筋, 按现行 SL/T191—96《水工混凝土结构设计规范》^[5] 均不符合最小配筋率要求。

2.2.3 混凝土底板裂缝

a. 上下游裂缝多于闸室底板裂缝。闸室上游铺盖裂缝 48 条长 324.2 m, 下游护坦裂缝 59 条长 328.1 m, 远大于闸室底板 30 条长 94.1 m, 主要是因为墩底大底板处混凝土较厚, 相对抗裂能力强, 小底板处次之, 而铺盖和护坦处抗裂能力弱, 大、小底板处下部强风砂岩厚度较薄, 基础相对比较好, 铺盖护坦处强风砂岩厚度较大, 基础也比较差, 大、小底板处有墩基分段隔离, 墩基埋深大, 限制了裂缝的发展; 大、小底板上部荷载大, 抵抗来自地基的作用力强, 铺盖护坦上部荷载抵抗来自地基的作用力相对弱。

b. 横向裂缝多于纵向裂缝。底板横向裂缝(垂直水流方向)共 75 条总长 469.3 m, 大于纵向裂缝 62 条总长 277.2 m。说明裂缝的伸展方向主要沿垂直水流方向。这主要是因为闸底板上、下游方向地势开阔, 混凝土厚度内两侧砂岩风化强烈松散, 裂缝张开受到约束较小。

c. 裂缝上下贯穿, 修补后又反复出现。现场查勘大多数裂缝处有明显渗水痕迹, 裂缝处有杂草生长, 说明裂缝已贯通, 混凝土中的配筋已拉断, 底板已失去其功能。从第一次发现裂缝至今的 30 年中, 历次反复修补的缝隙, 均过不久又重新裂开, 说明修补、加固是消除不了裂缝的。

2.3 混凝土底板与基岩中间接触带岩土层状况

钻孔揭示混凝土底板与强风化砂岩中间有一层明显松散状砂岩块, 岩石密实度差。抽水试验表明补给充分, 现场测得孔内稳定水位均与库水沟通。该层强度极低, 在饱和状态下无法制样, 在天然状态下测得强度在 $0.1 \sim 0.3 \text{MPa}$ 之间。

2.4 防渗布置不合理和基础处理不当

原溢洪闸布置是从闸室安全稳定的角度考虑的。在闸室底板上游设 27 m 混凝土铺盖, 闸室底板下游护坦设 4 排 $\varnothing 50$ 反滤排水孔。这种布置形式减小了闸室底板下的渗透压力, 但库水是沿着底板与基岩之间的接触面由上游逐渐渗向下游, 从护坦排水孔排出, 由于接触面膨胀岩土含水量不断变化, 在施工过程中又未作封闭保温处理, 中风化砂岩逐渐风化成强风化砂岩, 导致闸基岩土胀缩不均, 致使闸底板开裂。

2.5 底板开裂原因综合分析

综上所述, 引起闸底板损坏和变形是有其内因和外因的。工程建设未考虑膨胀岩的作用, 选择防渗布置不合理, 底板混凝土强度和配筋不足, 不能抵御外来拉应力和剪应力, 缺乏抗裂能力是其内因。而工程建筑中虽清基开挖到中风化层(由高程 161 m 挖到 144.5 m), 但底板下潜伏风化砂岩, 是一种超固结富含蒙脱石矿物质、具有较大膨胀势的岩体, 溢洪闸关闸蓄水或汛期关闸错峰, 闸上游渗水通过与底板下接触带面及基岩节理和裂隙, 成为地下水活跃地带, 亲水性极强的蒙脱石吸水膨胀、崩解; 汛后或枯水季节, 因基岩原始结构已遭受破坏, 使原隐微裂隙扩大, 与小裂隙节理连通, 多次反复后逐渐成为大裂隙, 裂隙成为渗水通道, 破坏了岩体的完整性, 削弱了岩粒间联结力, 加剧了岩体湿胀干缩循环。这种干湿交替、胀缩可逆变化使基岩密度很不均匀, 以及在遭受剧烈气温变化和库水位升降潜蚀、渗压的作用下, 使基岩变形长期不能稳定, 由于岩体四周和下部受到限制, 膨胀势向上直接作用于混凝土底板上, 两者之间缺乏过度与缓冲带则是外因。水闸底板就是在这种内、外因的共同作用下, 常呈正向反向挠曲的交替和不断地产生不均匀升降和胀缩不一的变形, 并且不断发展, 导致闸底板开裂, 底板一旦开裂渗水极易携同溶于水的胶质, 带走较细小的黏粒岩土颗粒, 造成岩土空隙不断加大, 逐渐开成闸底板与强风化砂岩之间的 $0.1 \sim 0.6 \text{m}$ 松散岩块、粒隙夹层。只要不消除膨胀岩的作用, 对底板的处理与修补都无济于事。

3 改建闸基处理工程措施

3.1 防渗和排水措施

为了减小水库渗水对基底岩上的干湿交替变化的影响,防渗布置安排在溢洪闸混凝土铺盖上游段齿墙下部和铺盖、护坦底板及护坦两侧下部,设置混凝土防渗墙。溢洪闸基采取截渗措施后,截渗墙下微量渗水通过下游护坦部分设置的排水设施排出,而两侧翼墙部位的地表和地下渗水则通过闸室边墩后挡土墙及翼墙下部设置的排水廊道排入下游。

3.2 换基与保湿措施

采用换填非膨胀层是消除地基岩土의 胀缩性能对闸底板影响的最好方法。根据本地区大气影响,地基急剧胀缩变形层为 1.8 m,在此深度以下,土层的含水量和变形量均趋于较稳定状态,故本工程使换填土穿过急剧膨胀变形层(1.8 m),采用深度 2~2.5 m,此深度也已进入地基的中风化层。该措施减小了地基胀缩变形总量,使地基剩余胀缩变形量在允许范围内。此外,在开挖至设计高程后,立即用水泥砂浆封闭,截断外界因素对地基水分的影响,保证地基中水分的稳定,防止中风化砂岩在施工过程中由于暴露大气层时间过长或进水而进一步风化。在封闭层上部做厚浆砌块石,作为下部岩基的缓冲层,缓冲层上部设碎石土充填层(见图 1)。

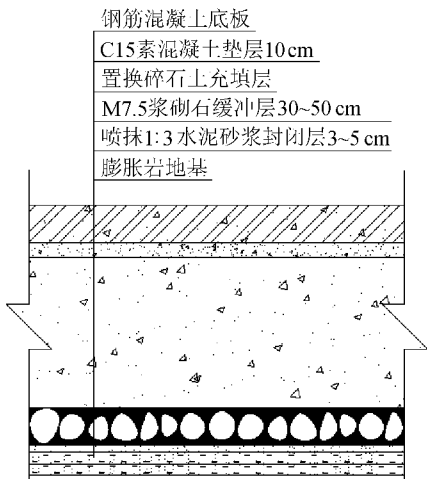


图 1 换基示意图

3.3 结构措施

a. 沉陷缝设置。溢洪闸属改建工程,因闸室挡土墙、两岸翼墙不拆除,故闸室选用分离式底板形式,纵向沉陷缝设于跨中,闸底板与铺盖、护坦设横向沉陷缝,上游铺盖、下游护坦的沉陷缝设于翼墙和底板转折部位,并与前后纵缝错开。

b. 结构加固。采用铺盖、护坦、闸底板的双向、双层配筋,以适应地基和温度应力的变化。对于闸室上部结构,由于闸室荷重大,基础埋置深,结构本

身强度大,对地基不均匀变形适应性较好,故仅考虑按规范要求配置钢筋,除闸墩门槽缩颈部分加强横向拉筋外,一般不再作特殊处理。

c. 施工组织措施。在施工的整个过程中,始终把防水和尽量减少基岩暴露于大气中时间放在第一位,避开雨季施工,如果避不开雨季,必须作好防水、排水处理,保证水不进入开挖的工地。

d. 保护生态环境措施。闸外围植树造林、封山育林可防水保湿,防止水流冲蚀,又可起到美化环境、净化空气、调节气温作用,有利于闸基稳定。

4 结 语

a. 膨胀岩是一种对气候和环境(尤其水)变化非常敏感的特殊岩层,山东泗水贺庄水库溢洪闸基岩在短短二三十年中,由于水库渗水和大气的作用,有开挖时的中风化砂岩演变为强风化砂岩,而且对构筑物的开裂损坏很大。对挡水建筑物基础采用垂直截渗、水平封闭库水和大气的影响以防止基岩的进一步风化的措施是恰当的。

b. 置换地基采用高标号砂浆封闭层、砌石变形缓冲层、碎石土充填层,改变了地基的性质,提高了抗压强度,减小了渗透系数,加大了抗滑稳定系数。

c. 各种水工构筑物的作用不同,在处理地基方法上的选择应强调针对性,每一种方法应达到其特殊的功能。

参考文献:

[1] 郑健龙,杨和平.膨胀土处治理论与实践[M].北京:人民交通出版社,2004.
[2] 中华人民共和国建设部.岩土工程勘察规范(GB50021—2001)条文说明[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
[3] GBJ112—87 膨胀土地区建筑技术规范[S].
[4] 本书编委会.工程地质手册[M].4版.北京:中国建筑工业出版社,2007.
[5] SL/T191—96 水工混凝土结构设计规范[S].

(收稿日期 2006-10-17 编辑 熊水斌)

