

浅析永定河滞洪水库

工程地质问题

对环境的影响

郭铁柱

(北京市水利规划设计研究院, 100044)

Tv62 B

1 区域地质概况

永定河滞洪水库区属山前沉降型平原河谷地貌, 永定河全新世以来在场区附近多次摆动、改道, 至公元 1698 年筑成系统堤防后, 方被挟制于堤内。永定河大堤内为永定河现漫滩及河床, 滞洪水库即建在永定河右侧河漫滩上。库区内均被第四系冲洪积层所覆盖, 下伏早第三系粘土岩及碎屑岩。库区钻孔揭露的地层主要为第四系全新统冲洪积物。自上而下共分细砂层、中砂层、壤土层、卵砾石层 4 层。

工程区位于中朝准地台、华北迭断陷, 坳里—丰台迭凹陷内, 近场区存在有黄庄—高丽营断裂, 八宝山断裂, 永定河断裂, 前门—良乡断裂, 南苑—通县断裂, 良乡北断裂。但第四纪以来断裂活动强度很低, 活动时代较早, 多为早、中更新世。仅黄庄—高丽营断裂的芦井—晓幼营段(长达 15 km)晚更新世时期仍有明显活动。工程区地震基本烈度为 8°。

库区含水层主要由第四系全新统冲洪积(al-plQ₄)中细砂、砾石、卵石组成; 相对隔水层主要为第三系(E_{2c})基岩及第四系全新统冲洪积壤土及砂壤土。地下水类型以孔隙水为主, 局部基岩出露地区为孔隙裂隙水。基岩区地下水高程 46.0 m 左右, 向南地下水水位逐渐降低为 45.0 m 左右, 地下水总体流动趋势为由北向南, 至库区下游, 地下水高程降至 35.0 m。

2 土地沙化与水库的互相影响

滞洪水库建于永定河右河漫滩上, 永定河自 1956 年以

来基本处于干涸状态, 河滩地生长着各类树木约 37 万棵, 这些树木对水土保持起了一定作用, 使风沙危害得到了一定程度的控制。由于水库开挖对滩地表面进行了扰动, 致使处于地表面相对稳定的植被平衡遭到破坏, 项目区年平均大风日 20~30 d, 且多为西北风, 大风日的 60%~70% 集中在植被生长较差的冬季和春季。且地表地层岩性以粉细砂为主, 含水量低, 粘粒含量少, 粘聚力差, 松散, 所以在水库建设过程中极易造成土地沙化。

滞洪水库的特点和功能决定了大多数时间处于空库状态。而无水状态的库区, 在建成初期的 1~2 年中, 其潜在的风蚀危害是不容忽视的。这段时间内由于植被尚未完全恢复, 大片的裸露沙地在表土含水量不高, 尤其是在冬春两季, 地表植被稀疏, 表土层抗风蚀能力较弱, 一遇风天, 就会给周边地区尤其是丰台区和大兴区带来风沙, 影响首都的大气质量。

为防治土地沙化, 除在库区两岸造林护堤, 库底种草固沙外, 根据水库区地层岩性特征, 库区范围内广泛存在一层壤土, 该层壤土在马厂水库厚度为 7.70~20.10 m, 层顶高程 43.68~34.02 m, 由连通闸至退水闸埋深逐渐加大, 厚度逐渐变厚, 在稻田水库厚度 5.50~8.80 m, 厚度自西向东逐渐变薄至尖灭, 层顶高程 48.84~41.38 m。根据室内渗透试验, 壤土层渗透系数 $K=1.98 \times 10^{-5} \sim 4.67 \times 10^{-6}$ cm/s, 具微透水性, 是良好的隔水层。因此在设计库底高程以下, 壤土层连续的部位, 再下挖 2 m 左右, 并做好垂直防渗至壤土层, 这样在不影响水库有效库容的前提下, 可存蓄洪水或由三家店放水, 在滞洪水库区形成一定规模的水面。这样既可为植树造林提供充足的水源, 又可改善京西环境, 减少风沙危害。

3 水库渗漏问题及其对环境的影响

水库蓄水后, 库区周围土体浸润、饱和形成地下水位上升, 大量的库水源源不断地渗漏, 是引起地下水浸没的先决条件。当地下水在径流的下游无良好排泄出路时, 或当库区周围地下水深度小于土体的毛细上升高度与安全超高时, 便存在产生地下水浸没的可能。

由水库设计库容减去库底暂时性渗漏量即为水库内剩余库容, 根据库容与水位关系可知库底饱和和后库内水位。稻田水库设计库容为 $3008.0 \times 10^4 \text{ m}^3$, 饱和库底后剩余库容为 $2417.2 \times 10^4 \text{ m}^3$, 查库容—水位曲线, 库水位为 52.5 m, 库内水深约 4.5 m。马厂水库设计库容为 $1381.0 \times 10^4 \text{ m}^3$, 饱和库底后剩余库容为 $641.1 \times 10^4 \text{ m}^3$, 查库容—水位曲线, 库水位为 48.6 m, 库内水深约 1.6 m。

由设计部门提供资料, 洪水入库后, 滞洪时间最长为 10 d, 根据地下水渗流理论, 10 d 后水库渗漏回水范围由

公式 $L=4\sqrt{at}$, 其中 $a=\frac{KM}{\mu}$, 则 $L=4\sqrt{\frac{KMt}{\mu}}$ 计算。式中

L 为 t 天回水范围(m); a 为传导系数; M 为平均含水层厚度(m); K 为渗透系数(m/d); t 为回水时间(d)。

由库内向库外渗漏的主要地层为中细砂、砾石及砂壤土层, 采用公式 $q = K \frac{H_1 - H_2}{L} \cdot \frac{M_1 + M_2}{2}$, $Q = B \cdot q$ 计算漏水段单宽渗漏量。式中 M_1 为库内含水层厚度(m); M_2 为库外含水层厚度(m); H_1 为水库水位(m); H_2 为库外地下水水位(m); Q 为渗漏量($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$); B 为漏水段长度(m)。

根据野外渗水试验、室内试验成果及经验数据, 综合考虑, 中细砂渗透系数取值 50 m/d , 砾石层渗透系数取值 75 m/d 。由计算结果, 稻田水库右岸渗漏量为 $0.20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 左岸渗漏量为 $26.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。马厂水库右岸渗漏量为 $3.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 左岸渗漏量为 $1.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。总渗漏量 $32.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。对本水库而言, 由于滞洪时间不超过 10 d , 水库右堤 10 d 的回水长度仅在马厂~小马厂村北($5+820 \sim 9+520 \text{ m}$)段超出右堤外, 回水距离为 276.3 m 左右, 该堤段沿中细砂向库外渗漏, 右堤外堤脚处渗漏后水位达 44.5 m 左右, 该水位上覆土层为砂壤土, 其毛细上升高度为 $2.0 \sim 3.0 \text{ m}$, 安全超高为 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}$, 取保守值, 地面高程在 48.0 m 之上, 就不会出现浸没现象。马厂~小马厂村北一带地面高程均低于 48.0 m , 经计算, 沿右堤堤脚外 $50 \sim 100 \text{ m}$ 范围内会出现暂时性浸没现象, 范围 0.27 km^2 。

由此可见, 水库渗漏引起的浸没危害与水库滞洪时间的长短有关, 水库建成运行后, 只要合理调度, 就可避免产生浸没危害。若结合防治沙漠化而长期蓄水, 浸没面积将进一步扩大, 则应做好右堤防渗, 在渗漏较严重的地段, 可采用地下连续墙进行防渗处理。

4 库岸渗透稳定问题

水库两岸均为人工堤防, 堤高 $6 \sim 8 \text{ m}$, 边坡 $1:4.5$, 边坡较缓, 不存在塌岸问题。堤基为细砂层, 抗冲刷能力较差, 除须采取防冲刷措施外, 还需考虑其渗透稳定问题。根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB50287—99), 附录 M 流土和管涌应根据土的细粒含量, 采用下列方法判定: (1) 流土:

$$\rho_c > \frac{1}{4(1-n)} \times 100, (2) \text{管涌: } \rho_c < \frac{1}{4(1-n)} \times 100, \text{ 式中}$$

中 ρ_c 为土的细颗粒含量, 以重量百分比率计(54); n 为土的孔隙率(0.50)。计算结果, $\frac{1}{4(1-n)} \times 100 = 50$,

$$\rho_c = 54 > \frac{1}{4(1-n)} \times 100. \text{ 细砂层渗透破坏类型为流土。}$$

根据土的物理指标, 按公式 $J_{\#} = \frac{G_s - 1}{1 + e}$ 计算细砂层临界水力坡降。式中 G_s 为土的比重(取最小值 2.62);

e 为土的孔隙比(取最大值 0.99)。得出细砂层临界水力坡降 $J_{\#} = 0.81$, 按安全系数为 2, 允许水力坡降为 0.4 左右。此为理论计算值, 根据工程实例类比, 允许水力坡降为 0.15~0.25。

综上所述, 永定河滞洪水库在正常蓄水情况下, 堤基细砂层可能发生流土破坏, 在工程中可采用加宽堤防或加设压渗平台增大渗径的方法, 防止发生渗透破坏。

5 地震液化问题

滞洪水库在蓄水过程中将饱和库底以下土体使其呈饱和状态, 判定结果全新统细砂层在饱水情况下地震烈度为 8°时, 可能产生液化危害, 存在液化问题的主要建筑物有连通闸、退水闸、新建左堤, 液化深度见表 1、表 2。

表 1 闸基液化深度一览表

| 建筑物名称 | 液化土层岩性 | 液化底高程(m) | 液化深度(m) |
|-------|--------|----------|-----------|
| 连通闸 | 细砂 | 43.00 | 6.00~8.00 |
| 退水闸 | 中砂 | 38.50 | 6.50~8.50 |

表 2 滞洪水库左堤液化土层分段一览表

| 桩号 | 液化段长度(m) | 液化土层岩性 | 液化底高程(m) | 液化深度(m) |
|--------------|----------|--------|-------------|---------|
| 0+360~1+000 | 640 | 中砂 | 52.50 | 3.50 |
| 1+000~1+680 | 680 | 中砂 | 50.10 | 6.00 |
| 2+840~4+240 | 1400 | 细砂 | 47.80~49.66 | 4~5 |
| 4+240~6+560 | 2320 | 细砂 | 42.80~46.17 | 5~6 |
| 6+560~7+120 | 560 | 细砂 | 45.60~46.82 | 3~4 |
| 7+120~10+480 | 3360 | 细砂 | 41.51~45.64 | 4~5 |

砂层液化将完全丧失抗剪强度和承载能力使上部建筑物失稳, 因此必须采取工程措施, 如换基、围封、振冲等消除液化危害, 保证建筑物安全。

6 结语

综上所述, 永定河滞洪水库的修建对控制官厅山峡洪水, 减免右岸长辛店地区及小清河分洪区近 30 万人的防洪避险, 减少小清河分洪区及永定河下游泛区的淹没损失有着十分重要的意义。但对修建和运行过程中可能产生对周边环境造成的不利影响同样应予以重视。通过必要的工程和绿化措施, 合理调度, 使水库达到最佳运行状态, 尽量减少水库对环境的影响, 做到兴利除害、造福人民。

(责任编辑: 梁延丽)