

滞洪水库退水闸沉降问题的分析

楼望俊

(北京市水利局 100036)

摘要 永定河滞洪水库退水闸在边墩、翼墙后填土不久，发现两条长度贯穿铺盖、消力池和护坦的钢筋混凝土板，走向和翼墙外边沿基本平行的弧形连续裂缝。分析了退水闸沉降的原因，并提出了处理措施。

关键词 滞洪水库 退水闸 沉降

TV 6 B

1 工程概况

永定河滞洪水库退水闸位于滞洪水库末端，是永定河洪峰过去以后，滞洪水库向永定河宣泄滞洪水量的控制建筑物，最大泄流能力为 $400m^3/s$ 。

退水闸底板面高程 45.8m，闸墩顶面高程 52.5m。8 孔弧形门，单孔宽 7m，高 5.2m。每 2 孔为 1 段，8 孔闸分为 4 段。闸室段总宽 72.2m，中间有 3 个厚 $2m \times 1m$ 的缝墩，4 个厚 1.2m 的中墩，两端为基座宽 2.7m 的边墩。闸底板长 18m，厚 1.2m，上下端各有深 0.8m 的齿坎。上游设 15m 长，0.5m 厚的钢筋混凝土铺盖，下游设长 15m，厚 0.8m 的钢筋混凝土消力池，长 15m 厚 0.7m 的钢筋混凝土护坦，长 40m 的浆砌石海墁，长 20m 的抛石防冲槽。退水闸顺水流方向总长 168m。退水闸地基原地面高程 47m，为第四系全新统冲积层，自上而下分别为细砂、壤土和砂砾石层。在初设地质工作基础上，技设阶段又作了补充地质勘探。

勘探报告指出：细砂层厚 8.5m，表层细砂为松散～稍密状，内磨擦角 25° ，孔隙比 $0.75 \sim 0.85$ ，天然密度 $1.53 \sim 1.62kg/m^3$ ，承载力标准值 $120kPa$ ；下层细砂为稍密～中密状，内磨擦角 27° ，承载力 $160kPa$ ；壤土层顶面高程大约为 38.5m，层厚约 20m，天然密度 $1.88 \sim 2.18kg/m^3$ ，孔隙比 $0.41 \sim 0.89$ ，凝聚力 $120 \sim 210kPa$ ，内磨擦角 $18.7^\circ \sim 24.8^\circ$ ，承载力 $180kPa$ ；砾卵石层，饱和，密实，承载力 $400kPa$ 。

按设计要求，对地基作如下处理：闸室、边墩和上、下翼墙地基表层 2m 细砂以砂砾料置换；在闸室上、下游齿坎和翼墙下设置厚 0.3m，深 6.3m，插入壤土层的混凝土连续墙。施工对地基用震动碾进行了压实。

退水闸地下连续墙于 2001 年 10 月下旬到 11 月上旬抓斗成槽浇灌混凝土。砂砾料换基于 11 月上旬到 2002 年 2 月下旬施工。闸底板混凝土于 3 月 24 日完成。闸墩和翼墙混

凝土施工 7 月 7 日浇灌完毕。左右翼墙外面的土方填筑 8 月 4 日开始，9 月 2 日完成。闸底板在浇灌后 1 个多月平均沉降了 20mm。

8 月 16 日，发现消力池底板出现裂缝。8 月 24 日，开裂进一步严重。两条裂缝出现在铺盖、消力池、护坦东西两边，距离翼墙 6m 左右，形成大致与翼墙边沿平行弧线。其最大宽度达 $2 \sim 3mm$ ，局部地段沿主缝附近还有与其平行的细缝。3 个缝墩中，中间 1 个没有变化。靠东、西两边的 2 个，墩顶伸缩缝张开 $20 \sim 30mm$ ，可以插进手去。东边缝墩上游的塑料止水片，高出闸墩混凝土部分，中间撕开张着嘴。

施工单位 9 月初测量了一下。边墩、翼墙以及与其相连的铺盖、消力池、护坦边沿部位，沉降最大，达 $8 \sim 9cm$ ，铺盖、闸室、消力池、护坦中间部位以及中墩一般沉降 $2 \sim 3cm$ 。边墩向外倾斜近 $2cm$ 。

较长的水闸混凝土闸墩，由于底板约束，往往在墩中间下部出现开裂；较大尺寸的基岩薄板混凝土衬砌，由于岩石约束，也容易在中间发生裂缝。退水闸铺盖、护坦都是相当厚的钢筋混凝土，平面尺寸不算大，浇灌在砂基上，收缩不受约束，是什么原因，造成这种特别的开裂？

勘探、设计、监理、施工单位有关人员报告了自己的工作情况。勘探单位认为地质报告的结论与数值是有可靠依据的，均匀地基为什么出现不均匀沉降？设计单位认为对闸基的处理是慎重研究过的，边墩向填土方向倾倒，需要克服巨大的被动土压力，哪儿来这么大推力？监理和承建单位认为施工过程认真按照设计要求、技术规范实施。似乎大家都没什么过错。

分析现在的施工技术，对防止软基钢筋混凝土护面出现裂缝，已经不算难事。退水闸出现这样特殊的裂缝，有

其特殊原因。应该认真分析研究,吸取有益的经验教训。准确的分析与结论,理应待继续观测一段时间以后,请设计者提出。笔者初步分析,认为退水闸所以裂缝,皆因细砂地基所致。地质报告指出,地基表面是8.5m厚的松散、稍密到中密的细砂层,其天然容重为 $1.53\sim1.62\text{g/cm}^3$,相对密度只有 $0.6\sim0.65$ 。这种砂层在承载之后,一定产生加密和沉降。闸的中间只有1层厚度0.5m、0.7m、0.8m最大1.2m的混凝土底板,荷载小,地基还做了砂砾料置换,闸室下面又有混凝土连续墙的支撑,沉降比较小。闸的两端堤防填土高度5.5m,压力近90kPa,沉降比较大。边墩、翼墙受到回填区较大沉降的牵连,其沉降值当然会明显大于闸的中部,水闸横断面由于不均匀沉降,形成“ \wedge ”状。

如果地基砂层的密实度比原来提高1.5%,干容重亦不过达到约 $1.55\sim1.64\text{g/cm}^3$,相对密度不过 $0.65\sim0.70$,沉降值达到128mm。而闸的中间部位沉降一般只有 $20\sim30\text{mm}$ 。

边墩及翼墙外的填土和闸的主体给予地基的重力荷载存在巨大的差值,不均匀荷载使地基(地基还算均匀,但却比较松散)产生不均匀沉降,这就是边墩、翼墙向外倾斜、靠边的缝墩上口张开、紧靠翼墙的那块铺盖、消力池、护坦出现平行翼墙的弧形裂缝的原因。边墩与翼墙和填土整体随地基而倾斜,不存在克服被动土压力问题。

建议在得到相当时间的监测记录,基本掌握裂缝发展情况后,请设计单位对退水闸裂缝的产生原因、可能后果、处理方案拿出意见。

2 裂缝观测

退水闸的沉降观测自2002年9月5日正式开始,到2003年2月9日的数值是:东西边墩沉降值达 $75\sim130\text{mm}$,中墩沉降只有 $0\sim36\text{mm}$,呈“山”形。铺盖、消力池、护坦地段,东、西翼墙前趾沉降达 $79\sim127\text{mm}$,中间大多为 $20\sim30\text{mm}$,呈“ \wedge ”形。自8月中—9月初,为沉降最快时期,完成占总沉降量的70%左右,到10月底完成总沉降量的90%左右,到12月底,沉降速度显著变慢,但不能说已经稳定,仍然在微微缓慢下沉。如果增加新的荷载,又会开始新一轮沉降过程。承载后明显而缓慢地沉降,饱和水还会地震液化,这是均匀松散细砂地基的致命特点。测得的铺盖、闸墩、消力池、护坦的沉降值和时间过程,见表1、表2、表3。

3 处理措施

沉降量尚在设计规范的允许值范围内。不均匀沉降使边孔的闸墩与门槽呈非铅垂状态,影响闸门启闭操作。不过孔口仍然是正方形,可以在启闭机安装上作适当调整,而且钢丝绳也有一定的适应能力,不致于影响正常运用。地基密实度较低,今后可能还会继续发生进一步的沉降,因此设计应在屋顶、止水、伸缩缝等结构上采取措施,使

表1 铺盖、消力池、护坦的沉降值

(2003年2月9日测)

/mm

项目	西翼墙	各块底板						东翼墙							
铺盖	79	69	24	21	32	38	36	15	29	47	81	101			
消力池	98		47	30		33		39		49		102			
护坦	90		75	33	15	11	20	33	32	26	32	38	49	110	127

表2 闸墩的沉降值

(2002年12月13日测)

/mm

西边墩	西缝墩		中缝墩		东缝墩		东边墩	
	缝西	缝东	缝西	缝东	缝西	缝东		
上游端	75	36	28	15	11	27	22	99
下游端	106	36	20	0	0	15	14	130

表3 铺盖、闸墩、消力池、护坦沉降的时间过程

/mm

观测日期	铺盖东边翼墙前趾	闸室段东边墩上端	闸室段东边墩下端	消力池东翼墙前趾	护坦段东翼墙前趾
2002-09-05	69	63	94	77	98
2002-09-15	75	69	103	83	108
2002-09-23	82	78	115	88	100
2002-10-09		88	121		
2002-10-23	90	87	121	88	110
2002-11-03	92	88	121	88	112
2002-11-17	94	89	123	90	113
2002-11-24	95	89	124	91	124
2002-12-1	96	91	123	92	121
2002-12-13	99	92	126	94	125
2003-01-04	99	96	125	98	122
2003-01-19	100	100	127	102	125
2003-02-09	101	99	130	102	127

其能够适应这一要求。启闭机室最好采用轻型结构,闸的旁边不要再放置建筑物,尽量减少出现新的沉降因素。对已有裂缝做好处理,以免腐蚀钢筋,影响外观。

通过永定河滞洪水库退水闸的裂缝,应该得到一个重要教训:水工规范中对均匀粉细砂作地基和填筑材料的严格限制是十分正确和必要的,对它的特性和弱点要有充分认识,应尽可能避开它。滞洪水库退水闸遇上这种细砂地基,实属无奈,不能不对其多加小心,不仅注意地基承载力是否满足要求,还应对地基的变形进行推算与分析,对其可能出现的问题采取可靠预防措施,避免给建筑物带来危害。

(责任编辑:林跃朝)