

文章编号: 1000-7598-(2006) 增-0539-04

软土地基水闸的基础防渗问题及处理

张 挺^{1, 2}, 詹杰民¹, 谢应恩², 李 川², 戴呈祥²

(1. 中山大学 应用力学与工程系, 广州 510275; 2. 广东省水利水电科学研究院, 广州 510610)

摘 要: 软基上的水闸基础多采用端承桩, 由于地基为相对弱透水的软土层, 容易忽略闸基的防渗处理, 水闸建成后两侧填土发生沉降, 带动地基土层沉降造成基础脱空, 形成渗水通道, 危及水闸以及大堤安全。本文针对该问题提出前截式防渗墙的加固方案, 取得了较好的防渗效果。

关 键 词: 水闸; 软土; 地基; 渗流

中图分类号: TV 223.4

文献标识码: A

Seepage prevention and reinforcement for sluice foundation on soft soil

ZHANG Ting^{1,2}, ZHAN Jie-min¹, XIE Ying-en², LI Chuan², DAI Cheng-xiang²

(1. Department of Applied Mechanics and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510610, China)

Abstract: End-bearing piles are usually used in sluice foundation of soft soil. The soft soil is aquitard. Therefore seepage prevention is easy to be ignored in foundation design. In fact, the settlement of filled soil often caused undercutting in foundation soil. So as to decrease the safety of sluice and embankment, a reinforcement scheme of fore-interception seepage prevention wall is proposed to solve this problem. Engineering application of this method shows good results in seepage preventing.

Key words: sluice; soft soil; foundation; seepage

1 前 言

三角洲地区河网众多, 修建的水闸也较多, 地基又以软土为主。软土层含水量较高, 强度较低, 为满足地基承载力要求, 基础多采用端承桩。由于地基为相对弱透水的淤泥或淤泥质土, 容易忽略闸基的防渗处理, 水闸建成后两侧回填土发生沉降, 带动建筑物地基土层沉降, 而建筑物由于有端承桩支承, 沉降较小, 结果造成基础脱空, 形成渗水通道, 危及建筑物以及大堤安全, 由此原因已引起多起的渗漏险情甚至溃堤险情。

2 工程概况

2005 年 6 月广东省西江流域发生超百年一遇的特大洪水, 最高洪水位 5.11 m (珠基, 下同), 超过百年一遇设计洪水位 (5.07 m) 0.04 m。这场

特大洪水适逢下游天文大潮顶托, 两座水闸出现基础渗漏险情, 给西江沿岸堤围带来极大的威胁, 经党政军民奋力抢险, 保住了水闸及其堤围的安全, 取得抗洪抢险的胜利。

工程场地淤泥质土厚 30 m 左右, 灰黑色, 饱和, 流~软塑, 含水率为 40~50 %, 标贯平均 1~2 击, 地基强度较低。水闸基础采用 $\Phi 400$ mm 混凝土预制管桩, 为端承桩基础, 为防止两侧填土产生的软土侧压力对管桩的破坏, 采用密排的 $\Phi 500$ mm 搅拌桩进行支撑, 同时起基础防渗作用, 搅拌桩顶部与基础底板只是接触性连接, 未进行相嵌或植筋等搭接处理, 基础平面见图 1。

3 闸基渗漏原因分析

3.1 探地雷达探测

险情发生后, 广东省水利水电科学研究院采用

探地雷达对水闸进行基础隐患探测,发现水闸闸室基础普遍存在淘蚀脱空现象,脱空深度超过 20 cm,见图 2,闸室两侧墙附近存在不同程度的淘蚀现象,形成疏松渗漏带(图略),在高水位作用下极易产生渗漏通道,危及建筑物和大堤安全。

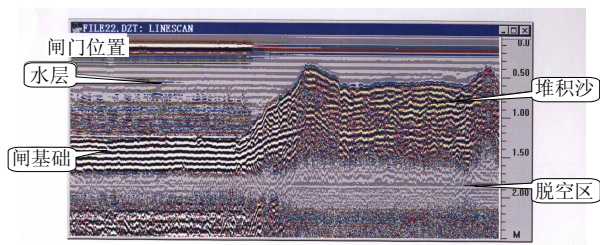


图 2 水闸基础雷达探测剖面图

Fig.2 Cross-section of the sluice foundation by ground penetrating radar

3.2 水闸与堤身沉降差

水闸两侧基本都是开挖施工后新回填的堤身,填土厚度约为 4 m,地基淤泥质土厚 30 m,层顶埋深为 2.5 m,层底埋深为 32.5 m,水闸两侧填土

引起的沉降按下式估算:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_i + \sigma_{i-1})(z_i - z_{i-1})}{2E_i} \quad (1)$$

式中: S 为沉降量; σ 为水闸侧面填土作用下基底的竖向附加应力; z 为软土地层的深度; E 为软土变形模量,对于含水量为 40~50 % 的软土变形模量 E 取 1.2 MPa,填土重度 γ 取 19 kN/m³。计算得 $S = 0.32$ m。

水闸的基础采用 $\Phi 400$ mm 混凝土预制管桩,为端承桩基础,沉降相对较小,可忽略不计,因此水闸与两侧堤身的沉降差约为 30 cm。根据对水闸及其附近堤顶高程测量结果,水闸左右两侧堤顶与建筑物的沉降差为 10~20 cm,由于淤泥质土的固结沉降还未完成,今后还有约 10 cm 的沉降。

在两侧堤身填土沉降的带动下建筑物地基土层也随之发生沉降,造成闸底脱空,搅拌桩防渗墙随地基土层一起下沉,其防渗作用失效,从而造成闸底渗漏,发生险情。

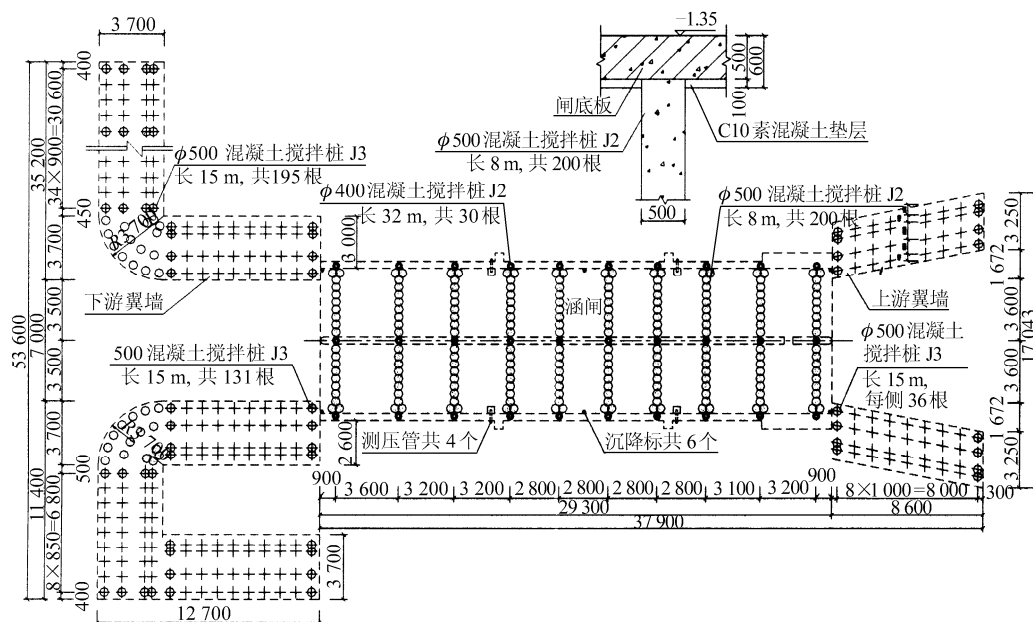


图 1 水闸基础平面布置图

Fig.1 Layout of sluice foundation

3.3 渗漏原因分析

根据雷达探测结果、沉降计算分析以及堤顶沉降观测结果,水闸基础渗漏原因主要有:

(1) 地质原因。本工程场地淤泥质土厚 30 m 左右,含水率 40~50 %,标贯平均 1~2 击,在上覆 3~4 m 堤身填土荷载的作用下会发生较大的沉

降。

(2) 水闸和堤基基础处理原因,水闸采用 $\Phi 400$ mm 混凝土预制管桩的端承桩基础,基本没有沉降,而大堤堤基未进行处理,堤身会有较大沉降,从而造成水闸结构与地基土层有较大的沉降差。

(3) 水闸基础防渗措施失效,水闸采用密排的

Φ 500 mm 搅拌桩进行基础防渗处理, 搅拌桩与基础底板未进行有效的搭接处理, 随地基土层一起下沉, 其防渗作用失效。

4 基础防渗加固处理

为应急需要, 汛期对水闸基础进行灌浆充填处理, 由于灌浆只在浅层(闸底板以下 3 m)施灌, 软土层的强度指标未得到提高, 还未完成的沉降仍将继续发生, 而施灌后增加的灌浆体荷载, 亦会造成地基土体沉降量的增加。因此汛后必须对水闸进行长期有效的基础防渗处理, 避免基础渗漏险情的发生。

4.1 防渗加固处理方案比较和选择

4.1.1 摆喷防渗墙方案

采用高压摆喷墙进行防渗加固处理, 在地面钻孔施工, 不需拆除涵闸铺盖和翼墙, 施工方便, 造价便宜, 但是高喷墙与闸室底板只能刚性接触, 施工后, 砼会发生收缩, 即使在墙顶预埋管进行二次注浆, 也不能保证防渗墙与闸底板紧密相连, 而且防渗墙有可能随闸底地基土层一起沉降从而造成闸底脱空, 防渗效果不能满足要求。

4.1.2 搅拌桩防渗墙方案

采用搅拌桩防渗墙进行防渗加固处理, 需拆除部分涵闸铺盖和翼墙, 以便清出施工场地, 搅拌桩施工后, 需采用桩顶连系梁通过凿毛植筋与原闸底板连成一体, 由于搅拌桩施工机械要求施工场地较大, 难以满足施工场地的要求。

4.1.3 钢板桩防渗墙方案

采用钢板桩防渗墙进行防渗加固处理, 需拆除部分涵闸铺盖和翼墙, 以便清出施工场地, 钢板桩施工后, 采用桩顶连系梁通过凿毛植筋与原闸底板连成一体, 本方案施工速度快, 墙体完整性好, 防渗效果有保证, 但要做好钢板桩的防腐工作。

4.1.4 钢筋砼连续墙方案

采用钢筋砼连续墙进行防渗加固处理, 需拆除部分涵闸铺盖和挡土墙, 清出施工场地, 连续墙施工后, 通过凿毛植筋与原闸底板连成一体, 本方案墙体完整性好, 防渗效果有保证, 但造价较高, 施工速度慢。

比较以上方案的安全性、防渗有效性、经济合理性以及施工方便性和施工工期, 考虑到施工场地的限制、防渗效果要求以及施工工期的紧迫性, 选择钢板桩防渗墙方案对基础进行防渗加固。

4.2 防渗加固处理方案设计

钢板桩防渗墙布置在建筑物基础临江侧, 深度为基础底板以下 6 m, 进入相对不透水的淤泥质土层, 钢板桩间均以锁扣连接, 有效地防止水流渗透。桩顶设置锁口梁, 通过对基础底板砼进行凿毛植筋将锁口梁与基础底板连成一体, 使其成为基础底板的一部分。

为防止绕渗, 左右两侧还需伸出建筑物以外各 5 m。同时为了防止该处钢板桩随堤身填土一起下沉, 与闸室位置的钢板桩形成沉降差, 使钢板桩发生扭曲开裂形成渗漏通道, 在两端各布置一根钻孔灌注桩, 对防渗墙起支撑作用。

为防止江水沿涵闸侧壁下渗至基础底板以下脱空部位, 在闸后引起渗漏险情, 在大堤前坡铺设防渗土工膜, 土工膜铺设范围为涵闸以上堤身以及两侧各 5 m 的区域, 要求与周边砼和堤身填土搭接紧密。

通过闸前防渗墙防止基础渗漏, 通过涵闸两侧防渗墙以及周边土工膜防止绕渗和侧漏, 形成一个完整的基础防渗体系, 保证水闸基础防渗的安全。设计立面图见图 4。

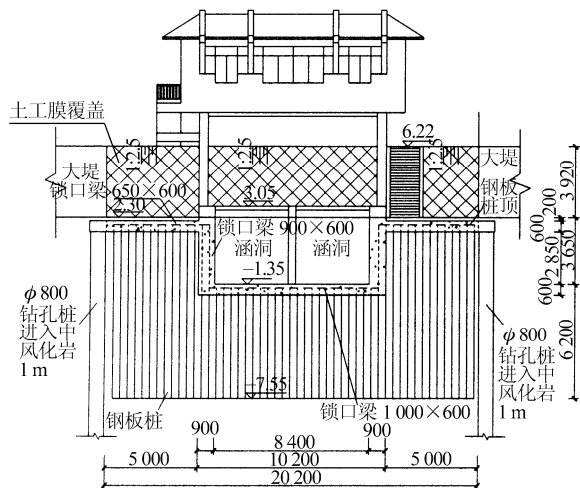


图 4 水闸防渗加固设计立面图

Fig.4 Cross-section of seepage prevention reinforcement design for the sluice (unit: mm)

4.3 防渗加固处理方案效果分析

防渗加固后, 基础防渗径(考虑地基土层沉降)为 $5 \times 2 = 10$ m, 两侧绕渗径也为 $2 \times 5 = 10$ m, 水闸设计防洪水位 ($P=1\%$) 为 4.72 m, 校核防洪水位 ($P=0.5\%$) 为 4.874 m, 闸后设计止排水位 0.7 m, 设计防洪水位条件下闸基渗流坡降 $J = (4.72 - 0.7)/10 = 0.402$, 校核防洪水位条件下闸基渗流坡降

为 $J = (4.87 - 0.7)/10 = 0.417$ 。地基土层为淤泥质土, 根据《水闸设计规范》(SL265—2001)^[1], 软粘土出口段允许渗流坡降为 0.60~0.70, 防渗设计可以满足规范要求。加固工程完成后经历了 2006 年汛期洪水的考验, 闸后未发现有渗漏现象。

5 结 论

(1) 软基上修建水闸为满足地基承载力要求, 多采用端承桩基础, 水闸两侧回填土后发生沉降, 易造成基础脱空, 形成渗水通道, 危及建筑物以及大堤安全, 应在设计阶段充分考虑水闸的防渗措施。

(2) 对水闸基础脱空部位采用浅层灌浆充填处

理, 软土层的强度指标未得到提高, 未完成的沉降仍会继续发生, 并且施灌后增加的灌浆体荷载, 亦会造成地基土体沉降量的增加, 有可能形成新的脱空带, 不能起到长期有效的防渗效果。

(3) 对采用端承桩基础的水闸可采用前截式防渗墙进行防渗处理, 防渗墙应与闸室底板紧密连接, 还应防止绕渗和侧漏。

(4) 软基上的水闸基础可以考虑采用复合地基, 使闸室与地基土体一起沉降, 保证闸室底板与地基土体紧密接触, 并通过设置齿墙进行防渗处理。

参 考 文 献

- [1] SL265-2001, 水闸设计规范[S].