

鹤山大堤纸厂堤段技术咨询

李德吉 杜秀忠 杨光华 谢应恩
(广东省水利水电科学研究院, 广州, 510610)

1 工程概况

鹤山大堤纸厂堤段(桩号 14+015~14+161)达标加固建设采用悬臂式挡土墙结构,基础采用 400mm 的预制管桩,沿堤轴线方向管桩间距 2m,共布置 4 排桩。

在挡土墙已基本施工完成后,遇到下雨或临水侧施工抛石时,墙身就向临水侧发生明显位移,墙后堤顶出现与堤线平行的裂缝。由于挡土墙位移不断发展,堤防目前的安全性需要评估。受鹤山市鹤山大堤管理处的委托,我院承担了鹤山大堤纸厂堤段(桩号 14+015~14+161)技术咨询任务。通过对该段堤防的稳定性及变形进行计算分析,对挡土墙产生位移及其后填土产生裂缝的原因进行分析。根据分析结果提出必要的加固处理方案。

2 工程地质情况

场地在钻探深度范围内自上而下埋藏有人工填土(Q^s)、第四系冲淤积层(Q^{al})、第四系残积层(Q^{el})及燕山期($^{52(3)}$)风化花岗岩等。

2.1 筑填土

分布于堤内外,厚 3.9~6.3m,堤内上部由花岗岩风化土回填而成,经压实,作标贯试验 1 处, $N=20$ 击;下部由块石、杂物组成,较松散。

2.2 淤泥质土

厚度 8.1~11.5m,饱和,流塑。标贯平均 2.1 击,含水量 $w=36.5\sim 40.4\%$,孔隙比 $e=1.032\sim 1.106$,液性指数 $I_L=1.24\sim 1.40$,压缩系数 $a_{v1-2}=0.406\sim 0.604\text{MPa}^{-1}$,压缩模量 $E_s=3.13\sim 4.75\text{MPa}$,粘聚力 $c=9.38\sim 11.3\text{kPa}$,内摩擦角 $\varphi=10.6\sim 14.7^\circ$ 。

2.3 粉质粘土

厚度 0.7~4.5m。饱和,可塑,局部硬塑。标贯平均 13.8 击。

2.4 残积土

由中粗砂及粘性土组成,厚度 0.6~2.5m。饱和,密实或硬塑。标贯平均 25.5 击。

2.5 强风化花岗岩

厚度 3.0~3.7m,岩性为粗粒花岗岩。

2.6 微风化花岗岩

仅于堤外 ZK4 钻孔揭露到,揭露厚度 1.5m,岩性为粗粒花岗岩,合金钻头可钻进。

3 整体稳定性分析

鹤山大堤纸厂堤段临江侧岸坡高差大,地形陡。以断面 14+061 为例,堤顶与临水坡坡底高差约 21m,坡分上下两级,其坡比分别约为 1:2 和 1:3。堤基广泛分布深厚的淤泥质土层,该土层物理力学性质较差,是影响堤防稳定性的主要因素。

根据地形测量结果及地质报告,选取位 14+061 断面进行稳定性验算。经计算,堤防的整体抗滑稳定安全系数为 1.058。

4 挡土墙位移分析

挡土墙基础为管桩,其后填加筋土,厚约 4.8m。该加筋土对挡土墙的侧压力很小,但作用在管桩上的软土侧压力较大,因此,计算挡土墙位移实质是计算管桩的位移。

沿堤轴线方向取每延米作为计算宽度,每米宽度内有前后两条外径 400mm、内径 95mm 的 PCA

型管桩，计算时内侧管桩受主动土压力，受力宽度按两倍桩径考虑，外侧管桩受到土的抗力以土弹簧模拟。两桩桩顶与底板按铰接考虑。经计算，管桩桩顶位移为 62mm，桩内弯矩为 58kN·m。

5 挡土墙位移及填土出现裂缝原因分析

根据整体稳定计算结果，本堤段的整体稳定安全系数仅为 1.058，说明该堤岸目前是安全的，但整体稳定性安全系数偏低。因此，对稳定不利的荷载作用于岸坡时，堤基土易产生较大的塑性变形。

根据挡土墙位移计算结果，在填土所产生的软土侧压力的作用下，挡土墙位移为 62mm，桩内弯矩为 58kN·m，该管桩的极限弯矩为 77kN·m，目前，管桩仍是安全的。但是，由于填土、淤泥质土力学性质较差，且临江侧为较陡的岸坡，在桩发生位移时，抵抗桩发生位移的土压力很小。由计算结果中桩两侧的土压力分布图可知，提供抗力一侧的桩顶以下的全部填土和大部分淤泥质土的土压力已达到被动土压力，即填土和大部分软土的抗力已得到完全发挥。如果此时桩内侧土压力稍有增大，则管桩及挡土墙就会发生较大位移。

根据施工过程记录和挡土墙位移观测结果可知，当下雨或抛石固脚时，挡土墙就会发生明显位移，堤后填土出现沿堤轴线方向的裂缝。下雨时，堤顶非饱和土吸水容重增加，相当于堤顶荷载增加。抛石固脚是护第一级坡的坡脚，高程 0.5m 左右，水平位置也位于最危险滑弧的圆心位置。抛石位置正是第二级坡的坡顶，抛石荷载导致临江侧淤泥发生位移，进而降低临江侧土对管桩的抗力。

由以上分析可知，本堤段的整体稳定性较低、土对管桩的抗力较小，是挡土墙发生位移及其前后堤面发生裂缝的内在原因。当下雨、抛石等不利荷载稍有增加，挡土墙就会随着管桩发生明显位移。由于土的变形以塑性变形为主，当不利荷载消失时，挡土墙已发生的位移无法得到恢复，因此位移方向为单向且不断累积。当地基软土发生竖向压缩和水平位移时，堤面发生沉降和水平位移，在刚度发生变化处易产生裂缝。堤后填土及堤前干砌石护面产生裂缝均为沿堤轴线方向，该裂缝的出现是因为挡土墙底板边缘的刚度突变。

6 加固处理方案

根据计算结果，虽然目前堤和管桩都是安全的，但是不利荷载稍有增加，桩和挡土墙的位移就会明显增大，位移不断累积，挡土墙位移过大时，管桩存在破坏的隐患。因此，建议对挡土墙基础进行加固。方案是在桩号 14+025~14+150 段的挡土墙临江侧紧贴挡土墙底板外沿施工钻孔灌注桩，桩直径为 0.8m，间距为 4m，桩顶高程 2.4m，桩底要求进入强风化岩 4m 或入中、微风化岩 2m。桩顶设宽 0.8m、高 0.8m 的压顶梁。每条桩在桩顶的压顶梁处设一条预应力锚索，采用 4 束 7-5 钢绞线，倾角为 30°，锚索要求入强风化岩 8m 或中、微风化岩 3m，预应力为 250kN。

7 结论和建议

(1) 本堤段堤基软土深厚、外坡较陡，填土荷载使软土发生侧移，导致挡土墙位移及其前后堤面出现裂缝。

(2) 实测结果表明，挡土墙位移仍在发展，还未稳定。为安全起见，建议对挡土墙基础进行加固。

(3) 建议采用文中的桩锚方案进行加固。

(4) 建议分段施工，并在施工期间对挡土墙及其前后地面进行连续、精密的变形监测。施工完成后仍应定期观测挡土墙变形情况，以检验加固效果。