

钻孔灌注桩基础挡土墙在惠州大堤的应用

方振端

钟惠明

1P
1-8-6°TV871.1
TU476.4

(惠州市水电勘测设计院 广东惠州 516001) (珠海市水利局 珠海 519000)

摘要 介绍在惠城区段惠州大堤的规划设计过程中,对在软弱地基上建造挡土墙应用钻孔灌注桩基础的一些设计思路和体会,着重介绍该工程设计时,对桩基承载力尤其是存在负摩擦力的桩基竖向承载力的计算方法,结合该工程的实际情况提出减少挡土墙水平推力的具体工程措施:挡土墙墙身布设排水孔、选择合理的墙背回填材料和设置卸荷平台等。

关键词 钻孔灌注桩;挡土墙;软弱地基;桩基;堤防修理

惠州大堤西枝江左岸惠城区段,东起西枝江大桥,西至水门桥,全长 1400 m 均为土堤。由于历史原因,该堤段堤身质量差,防洪标准低。“八五”期间,惠州市有关部门根据市政府“现代化,高标准”的城市规划要求,提出采用堤路结合的方式综合开发和改建该堤段的规划设想。该堤段下游段约 650 m 地基为软弱地基,按照规划方案,必须在此地基上建造高达 8.5 m 的护堤挡土墙。由于该地基软弱夹层较厚,承载力和摩擦系数均较低,无法满足天然地基的挡土墙的承载力和稳定要求。经过分析比较,结合规划要求和施工条件,选择钻孔灌注桩作为该段挡土墙的基础。

1 挡土墙结构型式的选定

1.1 城市规划要求

惠城区段惠州大堤位于城区中心的西枝江畔,外为美丽清澈的西枝江,内为市政建设初具规模的下埔、南坛新区。城区中堤围要求必须同时满足防洪和城市规划的双重需要。为此,结合防洪、城建及土地开发利用需要,规划将原堤线向江边滩地适当外移,修建护堤挡土墙,采用堤路结合的方式,利用旧土堤外坡位置修建沿江路,旧土堤内坡和部分堤身则进行土地开发和市政公共设施建设;堤外结合河道清障,拆除河边形同乡野且阻碍行洪的违章建筑物。这样既能使堤围防洪标准达到 100 年一遇的标准,又能使堤路结合,把堤段建设成为与周边的现代化建筑相得益彰的沿江景观。此外,为少占河滩,多利用土地,规划还要求挡土墙顶部外悬 3 m 作为行人道的一部分。因此,设计中护堤挡土墙优先考虑采

用钢筋混凝土或混凝土结构。

1.2 地形地质条件

选定的堤线位于旧堤外侧河滩,地面标高除部分鱼塘较低外,其余均在 8~13 m 之间。结合部分采用填沙造滩抬高地面后,挡土墙的高度为 6~8.5 m。各段挡土墙依地形分别按 6 m、7.3 m 和 8.5 m 进行布置。软弱地基段挡土墙高度均为 8.5 m。

地质钻探资料表明,全堤段长 1440 m 均位于西枝江下游与东江汇流区的冲积平原,上部为第四系冲洪积层,下部为第三系粉砂岩,局部为砾砂岩。整个堤段中,除部分地基较坚硬采用天然基础的堤段外,软弱地基的典型工程地质条件是:表层为约 0.5 m 厚的回填粘土层,其下为约 10 m 厚的黑色淤泥层,淤泥层下面是中粗砂(含砾)和基岩。软弱地基典型工程地质条件见图 1。

1.3 挡土墙墙身和基础型式的选定

选择挡土墙墙身型式时,结合全堤段的地质条件和挡土墙的高度,分别就扶壁式、悬臂式和半重力式挡土墙进行比较。计算结果表明,当挡土墙高度小于 9 m 时,悬臂式挡土墙单位长度造价最为经济。故全堤段挡土墙均选用悬臂式挡土墙。

选定了挡土墙型式后,根据各堤段的地质条件,分别确定挡土墙的基础型式,对于软弱地层埋藏较浅且厚度较薄的堤段,通过比较论证,采取置换砂基础的办法进行简单处理。

对于如图 1 所示地基条件的堤段,由于软弱夹层较厚,不具备置换砂基础的条件。通过对各种墙身型式的挡土墙进行计算分析,选择了人工基础。结合施工条件,选择钻孔灌注桩作为该段挡土墙的基础。

厚度	柱状图	地质描述
0.5 m		人工填粘土
1.0 m		淤泥、灰黑色,成份以粘粒、胶粒、粉粒为主,软塑
3.5 m		中细砂,灰白色,含少量砾石、中密
2.2 m		砂卵石,中密

图1 软弱地基典型地质剖面

2 桩基承载力的计算

2.1 单桩竖直承载力的计算

一般认为,在下列情况,桩周围土的压缩对于桩身有可能产生向下的位移,而其对桩身表面的摩擦将产生向下的附加压力即负摩擦力:①软粘土、淤泥和湿陷性土地基;②地面有大面积堆荷的地基;③大量汲取地下水的地基;④其它一切压缩性高的地基,且采用了端承桩的地基等。

本工程中桩周围土淤泥较厚,达10m,且挡土墙墙背回填土属大面积的填土荷载,符合上述条件①和②。因此,单桩竖直承载力按考虑负摩擦力的桩基计算公式计算^[1],即满足下式:

$$\frac{R_p + R_F}{P + P_F} \geq 1.2 \quad (1)$$

式中: P 为桩顶处所受的竖直荷载; R_p 为桩尖处的地基极限承载力; R_F 为桩周正摩擦力产生的支承力, $R_F = P_F^+$; P_F^- 为负摩擦力。

正、负摩擦力按下列公式计算:

$$P_F^+ = \lambda u \int_{L_n}^{L_c} f_u dz \quad (2)$$

$$P_F^- = \lambda u \int_0^{L_n} f_u dz \quad (3)$$

式中: λ 为桩的形状系数; u 为桩的周长; f_u 为单位桩表面积的摩擦力; L_n , L_c 分别为桩顶至桩周围土相对位移为零的中性点和压缩土层底的距离。

根据上述公式和工程的地基条件,按拟定的桩长16m,桩径60cm,计算得单桩的容许竖直承载力 $P = 270$ kN,而计算得的单桩负摩擦力 P_F^- 高达590 kN,占单桩正摩擦力和桩端承载力之和($P_F^+ + R_p$)的57%。由此可见,对于上述四种地基,负摩擦

力不容忽视。

2.2 单桩水平承载力的校核

单桩水平承载力按桩顶同时承受水平推力和轴向压力的公式进行计算^[2],即:

$$H \leq \frac{1}{\eta} \cdot H_a \cdot \left(1 + \frac{0.9 N_1}{\gamma R_f A_n}\right) \quad (4)$$

式中: H 为单桩水平承载力; η 为偏心距增大系数; N_1 为桩顶轴向压力; γ 为桩截面抵抗距的塑性系数; R_f 为混凝土的抗裂设计强度; A_n 为钢筋混凝土桩身换算截面积; H_a 为桩顶自由且无轴向压力下试桩的单桩容许水平承载力。

计算时参考有关资料,取 $H_a = 100$ kN,并按式(4)校核不同水位条件下各桩实际所承受的轴向压力和水平推力。满足要求后,根据最不利的轴向压力和水平推力组合,反求出桩顶在自由和无轴向压力下的单桩容许承载力 H_a 值,作为施工时静荷试验检验单桩水平承载力时参考。

3 减少挡土墙水平推力的措施

为了增加挡土墙的稳定性和结合挡土墙的布置,设计采取了下面三种减小挡土墙水平推力的措施。

3.1 挡土墙墙身布设排水孔

鉴于堤路结合的防洪堤建成后,旧土堤基本保留,经论证其挡水防洪的作用仍可继续发挥。在挡土墙墙身上布设排水孔,使挡土墙只发挥挡土护堤作用,而挡水防洪的任务则由墙背回填土和旧土堤共同承担。设置排水孔后,外江水位涨落时,挡土墙墙背水位基本与外江水位持平,只按经验考虑当外江水位急剧下降时,墙背水位因渗透阻力影响滞后下降所产生的水位差0.8m的水压力。因此,设置排水孔后,大大减少了挡土墙的水平水压力。

3.2 选择合理的墙背回填材料

按照土压力计算理论,挡土墙墙背选用质轻、内摩擦角大的回填材料,可以减少水平土压力。结合挡土墙只挡土不挡水和工程所在地砂料丰富的特点,选择了在挡土墙墙背土楔滑裂面范围内回填中粗砂的做法,既增加了回填材料的内摩擦角,减少了水平土压力,又提高了回填材料的透水性能,当外江水位下降时,使墙背地下水位迅速消退而减小了水平水压力。在土楔滑裂面以外,则选择回填粘性土,发挥其与旧土堤相结合的挡水防洪的性能。

3.3 设置卸荷平台

桩基段挡土墙考虑其基底桩周围土为淤泥质土,桩的水平承载力有限。结合桩基竖直承载力相对较高的特点和利于平衡各桩竖直压力,在挡土墙墙背设置了卸荷平台,有效地减小了水平土压力。

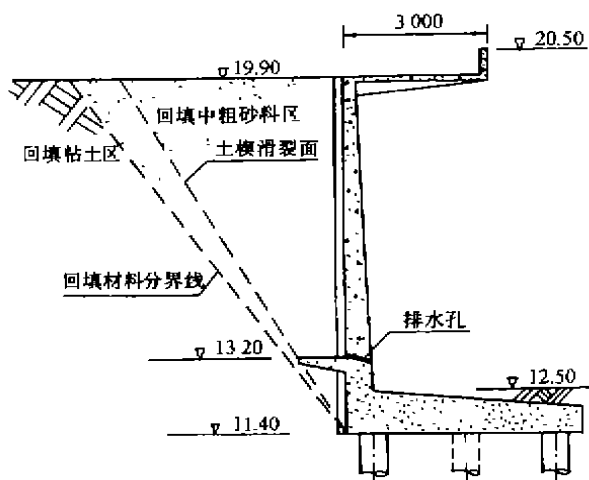


图2 桩基挡土墙断面布置

按照带卸荷平台的挡土墙土压力的计算方法,卸荷平台减少水平土压力最有效的位置是在挡土墙的1/2高度处。我们结合桩基挡土墙的特点和规划要求(墙顶外悬3m行人道),计算比较后卸荷平台位于挡土墙下部约1/5墙高处(1.8m),较未设置平台减小水平土压力约33%。且卸荷平台上竖直土压力与外悬行人道荷载、挡土墙墙背水平推力等相互平衡,使得在不同水位情况下基底各桩竖直荷载分配比较均匀(见表1),各桩均不出现拉拔力。

表1 不同水位情况下各桩荷载 kN

外江 水位	设置平台			未设平台		
	水平 推力	墙趾侧桩 竖直压力	墙踵侧桩 竖直压力	水平 推力	墙趾侧桩 竖直压力	墙踵侧桩 竖直压力
没水	77.5	141.5	255.7	116.4	260.9	~12.6
最高水位	76.6	175.5	43.7	97.0	238.8	~98.0

采取上述措施后,桩基挡土墙的断面布置如图2所示。

4 结 语

西枝江左岸惠城区段惠州大堤挡土墙,1993年初建成,至今虽未经受设计标准洪水的考验,但挡土墙建成后墙背回填土及时回填完成,在墙前无水压力的情况下(汛期也存在水压力,只是远未达设计标准),即在桩基水平荷载和挡土墙墙踵侧桩基竖直荷载达到设计最大值条件下运行了5年。5年来,挡土墙运行情况良好,没有出现不均匀沉陷,水平位移也极小,说明设计所采取的减小水平压力的工程措施是有效的,对桩基承载力尤其是对负摩擦力的估算是合理的,对桩基水平承载力的计算也是安全可靠的。

在工程的设计和本文的撰写过程中,承蒙惠州市水利局黄一阳高级工程师的指导,在此表示感谢!

参考文献

- 1 华东水利学院主编. 水工设计手册. 北京: 水利电力出版社, 1983. 1~595
- 2 沈杰编. 地基基础设计手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 185

(收稿日期: 1998-09-24 编辑: 张志琴)

· 简讯 ·

射水法建造混凝土地下连续墙技术

射水法建造混凝土地下连续墙技术是福建省水利水电科学研究所于1982年开始研究的,最早针对的是我国江河堤防普遍存在并亟待解决的堤基渗漏问题。经过几年不断的研究与试验,实现该项技术所用机械已从第一代产品发展到第三代产品,应用范围也从单纯的防洪堤堤基防渗发展到水库防渗、地下截水墙、围堰、工业与民用建筑的深基坑开挖支护及地下室防渗墙建造等方面;适用地质范围也从粒径小于2mm的砂土、壤土、黏土扩展到粒径在100mm以内的砂砾石地层。该项技术在1991年获水利部科技进步二等奖,1992年获国家科技进步三等奖,1992年作为国家重点新产品被列为国家“八五”科研成果重点推广项目,并获中国实用新型专利。几年来该项技术在全国各类工程项目中建造地下连续墙70多万m²。特别是在长江洪湖大堤田家口险段和黄河郑州花园口南月堤险段上的成功应用,为保护大江大河两岸人民群众的安全度汛发挥了重要作用,也为我国地下连续墙的施工开辟了一条新的途径。

射水法造墙机工作原理是利用水泵及成型器中的射水喷嘴形成高速泥浆水流来切割破坏土层结构、水土混合回流,同时利用卷扬机带动成型器上下往返运动,进一步破坏土层并由成型器下沿刀具切割修整孔壁形成具有一定规格尺寸的槽孔,槽孔由一定浓度的泥浆固壁,溢出或抽吸出与泥浆混合一起的土、砂、卵石等流入沉淀池,土、砂、卵石沉淀,泥浆水循环使用。槽孔成型后采用导管法水下混凝土浇筑建成混凝土或钢筋混凝土单槽板,并在施工中采用平接技术,将单槽板相互紧密衔接,建成混凝土地下连续墙体。

该技术适用于砂土、壤土、黏土和粒径小于100mm的砂砾石地层。墙体厚度22~45cm,深度可达30m,垂直度小于1/300,整体抗渗系数小于10⁻⁷cm/s,混凝土墙体强度根据设计要求确定,造墙工效根据不同的地层情况为100~200m²/d。

射水法造墙机具设计合理,结构严密,性能稳定,操作方便,是国内首创,与同类产品相比属领先水平。采用射水法造墙技术建造混凝土地下连续墙能根本解决江河堤基渗漏、管涌问题。

(福建省水利水电厅科教处供稿)