

锚杆加固技术在城市河道整治中的应用

岑威钧¹, 沈长松¹, 张乃国²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学设计院, 江苏 南京 210098)

摘要 介绍土层锚杆技术在某城市河道边坡加固工程中的设计和施工技术. 工程实践表明, 锚拉工字钢支护方案与传统加固方案相比具有可控安全度高, 施工场地要求低, 噪音及干扰小等优点, 可广泛应用于边坡加固等工程中.

关键词 河道治理, 锚杆, 边坡加固, 工字钢支护桩, 等值梁法

中图分类号: TV554⁺.12

文献标识码: B

文章编号: 1006-764X(2002)07-0036-03

某城市河道治理工程, 建成后具有城市排洪和美化城市环境的功能. 根据该河道综合治理规划要求, 设计河宽为 10 m, 河床底部高程为 0.0 m. 该河远离多层建筑物部分的整治工程已前期完成, 剩余部分地处居民生活区且紧邻多层建筑物, 地形地质条件复杂, 需采取合理的整治方案, 以防施工过程中岸坡失稳影响多层建筑物的安全. 该剩余河段全长约 200 m, 河道沿线有 2~5 层不等的居民楼, 河岸边坡离居民楼很近, 最窄处仅 2 m, 最宽处只有 3 m, 且岸坡较陡. 常规的浆砌石挡土墙岸坡治理形式要求有较大的施工空间, 开挖和回填工程量大. 若采用灌注桩方案, 则造价昂贵, 故需研究新的治理方案, 以解决空间狭小、边坡变形难以控制等问题.

1 工程地形地质条件

整个治理河段由于地处生活区, 沿线堆积有较多的建筑和生活垃圾. 地层变化复杂且土质变化大. 根据地质勘察报告, 在支护结构埋深范围内, 土层分为 3 层.

a. 淤泥及素填土. 河道部分水面以下为淤泥, 含有有机质及部分建筑生活垃圾, 厚度在 1.5 m 以内; 岸坡部分为素填土, 灰色, 土的成分以粉质黏土及粉土为主, 上段含碎砖等杂物, 松密不均, 层厚 3 m 左右. 天然容重 $\gamma = 16.4 \text{ kN/m}^3$, $\omega = 64.4\%$, $e = 1.74$, $c = 4.0 \text{ kPa}$, $\varphi = 4.5^\circ$.

b. 粉土. 上段为灰黄色, 下段为青灰色, 稍密~中密, 很湿, 含云母碎片及礞结石, 层厚 1.5~3 m. 天然容重 $\gamma = 19.01 \text{ kN/m}^3$, $\omega = 52.2\%$, $e = 1.37$, $c = 4.8 \text{ kPa}$, $\varphi = 27.2^\circ$.

c. 黏土. 上段为深灰色, 可塑为主, 层厚 2.3~5.2 m; 下段黄褐色, 硬塑为主, 层厚为 2.0~4.0 m. 天然容重 $\gamma = 19.92 \text{ kN/m}^3$, $\omega = 30.5\%$, $e = 0.87$, $c = 45.6 \text{ kPa}$, $\varphi = 15^\circ$.

勘察表明, 第二层土层为含水层, 其地下水属潜水类型, 水位受大气降水蒸发等因素影响. 勘察期间实测稳定水位在 2.3 m 高程附近. 附近地区无明显污染源, 初步判定此地下水对混凝土无腐蚀性.

2 设计方案选择

综合考虑河道沿线地形地质等条件, 拟采用下列两种设计方案: ①混凝土灌注桩支护结构, 灌注桩直径 1 m, 间距 2 m, 3.5 m 高程以下至河床底以下埋深 4 m 浇注灌注桩, 3.5 m 高程以上采用常规挡土墙, 典型断面型式见图 1(a), 工程造价约 125 万元; ②锚拉工字钢支护结构, 40C 工字钢作为挡土支护结构, 锚杆采用 $\varnothing 36$ III 级螺纹钢, 典型断面见图 1(b), 工程造价约 95 万元.

综合考虑施工条件等因素后, 经分析比较, 确定采用锚拉工字钢支护结构作为最终设计方案.

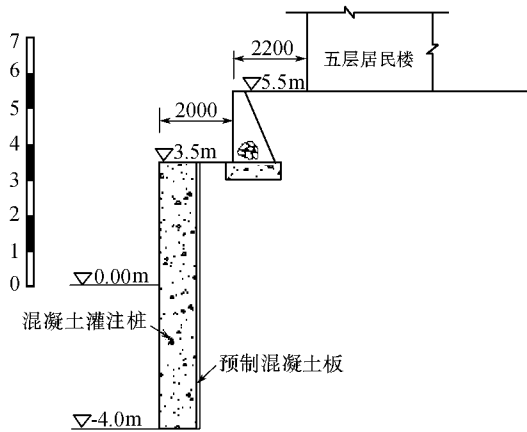
3 支护结构设计

3.1 计算模式

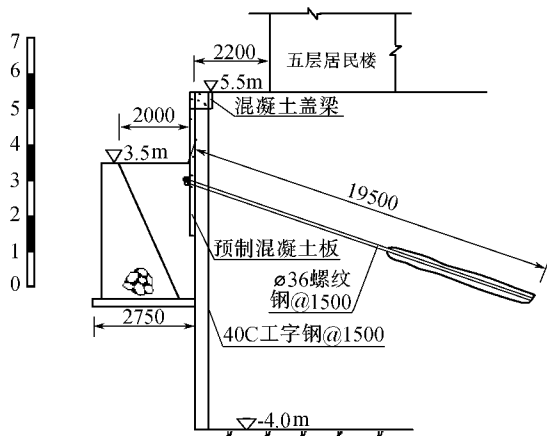
单排锚拉支护结构根据支护桩插入基坑底(本工程为河床底部, 下同)以下的深度不同, 分为浅埋和深埋两种不同力学模型, 可分别采用静力平衡法和等值梁法计算支护桩的插入深度和锚杆的水平锚固力.

3.2 荷载及其计算

整个支护结构主要受力部分为工字钢支护桩和



(a)混凝土支护结构方案



(b)锚拉工字钢支护结构方案

图1 支护结构典型断面(单位:mm)

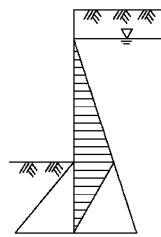
锚杆。锚杆所受荷载是通过支护桩的平衡关系得到的,因此必须正确分析计算工字钢支护桩所受的荷载。本工程中主要为土压力和水压力,考虑当地气候水文条件,忽略浪压力、冰压力等的作用。

a. 土压力。一般黏土应采用固结快剪法提供的强度参数 c, φ 值的峰值来计算土压力。本工程地质勘察报告所提供的 c, φ 值为不排水剪,计算时做适当调整。由于计算范围内有3层土层,为简化计算,对参数采用加权平均法,转化为单一土层,即 $c = \sum c_i h_i / \sum h_i, \varphi = \sum \varphi_i h_i / \sum h_i$ 。由于朗肯土压力理论未考虑桩土间的摩擦力,即桩土间摩擦角 $\delta = 0^\circ$,其计算结果为:主动土压力偏大,而被动土压力偏小。为了既考虑 c 的作用,又要计及 δ 的影响,故在计算过程中采用修正系数法,即对主被动土压力系数分别乘以某一系数调整。为了慎重起见,对主动土压力系数不予折减。

b. 水压力。当土层中有地下水时,工程界常采用水土合算或水土分算来考虑地下水的作用。本工程采用水土分算的计算方法,并采用静水压力全水头,水压力采用三角形分布,如图2所示。

3.3 结构设计与防腐设计

支护结构的土压力和水压力已按上述方法求得,叠加后得到侧压力分布图。经初步计算,工字钢按预计插入深度4.0m时为深埋式锚拉支护结构,宜采用等值梁法计算。该法假定在支护图2 水压力分布桩的反弯点处是一个铰,其以上部分视为简支梁,并保持反弯点两侧弯矩相等,等值梁法由此得名。根据上述简化,按一般结构力学的方法即可求解。由于反弯点接近土压力零点,因此工程计算中将土压力零点代替反弯点。反弯点以下支护桩插入深度可按反弯点两侧弯矩相等的条件求得,进一步可计算锚杆的水平锚固力 T_h 。



3.3.1 支护桩的设计

支护桩的计算插入深度为 l_1 ,考虑实际施工等因素影响,设计插入深度取为 $(1.1 \sim 1.2)l_1$,因此支护桩的设计长度为 $l_t = l_0 + (1.1 \sim 1.2)l_1$,其中 l_0 为基坑底以上支护桩的长度。经计算,本工程工字钢设计长度为 $l_t = 9.0 \sim 10.0\text{m}$,其中插入河床底深度为4.0m,因地面高程有所变化,河床底以上部分工字钢设计长度作相应变化。

支护桩的强度应满足:

$$\sigma_{\max} = \sum M_{\max} / W_x \leq [\sigma] \quad (1)$$

式中: $\sum M_{\max}$ 为支护桩所受的最大弯矩,可由侧压力分布图计算得到; W_x 为支护桩的截面系数; $[\sigma]$ 为支护桩的允许应力。

3.3.2 锚杆的结构设计

a. 锚杆设计轴力 N_t 。设锚杆水平间距为 l_h ,安设角为 θ ,则锚杆设计轴力为

$$N_t = \frac{T_h l_h}{\cos \theta} \quad (2)$$

式中: T_h 为锚杆水平锚固力。经计算,本工程中锚杆最大设计轴力 $N_t = 170.57\text{kN}$ 。

b. 锚杆选材。根据锚杆设计轴力,由式(3)计算所需钢筋截面积:

$$A_s = \frac{KN_t}{f_{pyk}} \quad (3)$$

式中: A_s 为钢筋截面积, mm^2 ; K 为基坑安全系数,本工程取2.2; f_{pyk} 为钢筋强度标准值。经计算,锚杆选取 $\varnothing 36$ III级热轧螺纹钢。

c. 锚杆设计长度 L_t 的计算。锚杆设计长度 $L_t = L_a + L_1 + L_2$ 。圆柱形锚固体土层锚杆的锚固段长度为

$$L_a = \frac{KN_t}{\pi D q_s} \quad (4)$$

式中: q_s 为土体与锚固体间的粘结强度; D 为锚固体直径. 参数 q_s 的大小直接影响锚杆的受力部分锚固段的长度, 其值与钻孔方法、岩土性质、灌浆压力等因素有关. 初步设计时, 因附近无相似工程参考值, 因此参照《土层锚杆设计与施工规范》初选 $q_s = 80 \text{ kPa}$. 后经锚杆抗拔试验反算, 此值偏大, 故重取 $q_s = 50 \text{ kPa}$, 由此得锚固段计算长度 $L_a = 12 \text{ m}$.

锚杆自由段长度 L_1 取 6 m . 锚头段长度 L_2 可根据锚头结构形式确定, 这里取 1.5 m . 锚杆设计长度 $L_t = 19.5 \text{ m}$.

d. 锚固体上部覆盖土层厚度验算. 为了保证锚杆受力时不引起上部覆盖土层掀动, 锚固体上部覆盖厚度应满足下式:

$$L_1 \sin \theta + y_D \geq 4.0 \text{ m} \tag{5}$$

式中 y_D 为锚固点离土层顶部的距离. 经验算满足上述要求.

e. 锚杆整体稳定性验算. 通过上述计算可保证锚杆有足够的安全系数, 但挡土桩、锚杆和土体组成的结构有可能出现整体稳定性破坏, 因此还需进行整体稳定性校核. 稳定性校核采用克兰茨图解法, 见图 3. 锚杆承受的最大拉力 $R_{t\max}$ 与锚杆设计轴力 N_t 之比就是锚杆的稳定安全系数 K_s , 一般取 1.5 , 即 $K_s = (R_{t\max}/N_t) \geq 1.5$. 图 3 中, G 为深部破裂范围内土体重量; E_a 为作用在桩上的主动土压力的反力; E_1 为作用 cd 面上的主动土压力; F 为 bc 面上反力的合力; φ 为土的内摩擦角; δ 为桩土间的摩擦角; θ 为锚杆的安设角; α 为深部破裂面与水平面的夹角. 经计算, 本工程整体稳定安全系数 $K_s = 3.45$.

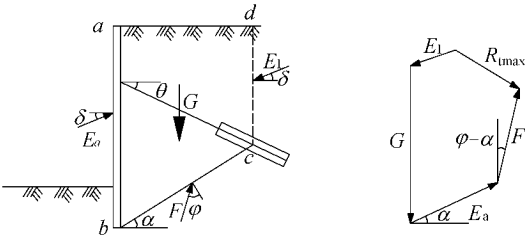


图 3 单层锚杆深部破裂面

3.3.3 锚杆的防腐设计

由于本工程不同于通常的基坑支护, 为永久加固工程, 且主要支护结构常年与水接触, 因此锚杆的防腐设计显得尤为重要. 本工程附近地区无明显污染源, 为一般腐蚀环境, 设计锚杆为永久性锚杆, 故进行双层防腐. 其中锚杆自由段钢筋涂防腐漆, 然后包裹塑料布, 在塑料布上再涂防腐漆, 最后装入塑料套管中, 形成双层防腐. 外露锚头部分涂以沥青等防腐材料, 再用盒具密封, 盒具内用润滑油充填.

综合以上设计, 锚拉工字钢支护结构典型断面图如图 4 所示.

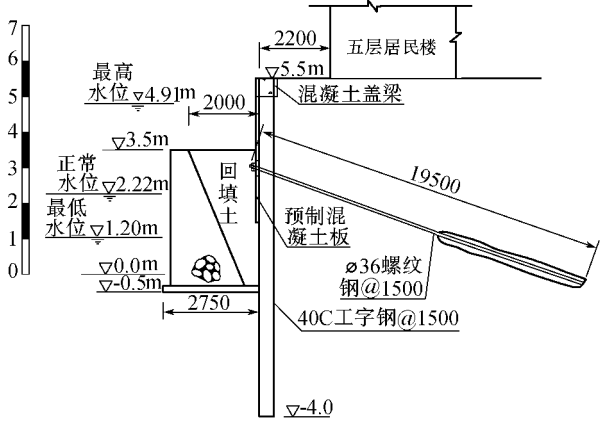


图 4 锚拉工字钢典型断面(单位: mm)

3.4 施工要点

a. 打工字钢时应采取隔桩施工, 沿工字钢轴线每隔 1.5 m 用打桩机将工字钢打至设计高程 -4.0 m , 沿桩轴线方向桩位偏差 2 cm , 桩垂直度允许偏差为 5% . 桩顶高程应略低于原地面高程 $5 \sim 10 \text{ cm}$.

b. 锚杆钻孔前应根据设计图纸定出孔位, 水平和垂直向孔位偏差不应大于 5 cm , 钻孔底部的偏斜尺寸不应大于锚杆长度的 3% , 钻孔深度不得小于锚杆设计长度. 钻孔中若有塌孔现象, 应使用带有套管跟进作业功能的土锚专用钻机.

c. 灌浆浆液采用 $1:1$ 水泥砂浆, 水灰比 $0.38 \sim 0.45$. 水泥采用 425 号普通硅酸盐水泥, 砂选最大粒径小于 2 mm 的中细砂, 拌制水为饮用水.

d. 当锚固体强度大于 15 MPa 或灌浆 10 d 后可正式张拉, 以 $20 \sim 30 \text{ kN}$ 的轴向力对锚杆预张拉 2 次, 使各部位接触紧密, 杆体完全平直. 张拉和锁定程序应遵循规范要求. 锚杆锁定后若发现明显应力损失, 应进行补偿张拉.

4 结 语

本文将土层锚杆技术应用于城市河道的边坡加固中, 成功地解决了实际工程中河道边坡紧邻多层建筑物、施工空间狭小、地质条件复杂、噪音扰民等问题, 具有良好的社会效益和经济效益.

参考文献:

[1] 陈仲颐, 叶书麟. 基础工程学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990. 375 ~ 391.
 [2] 余志成. 深基坑支护设计与施工[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997. 68 ~ 81.
 [3] 黄强等. 深基坑支护工程实例集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997. 51 ~ 58.
 [4] 彭振斌. 锚固工程设计计算与施工[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 40 ~ 47.

(收稿日期 2002-01-14 编辑 张志琴)