

加筋土挡墙在深圳河ⅢB治理工程中的应用

贾义斌^{1,2}, 徐胜林^{1,3}, 张可能¹

(1. 中南大学地学与环境工程学院 湖南 长沙 410083; 2. 广东省深圳市瑞沃工程有限公司 广东 深圳 510083; 3. 广东省深圳市西伦土木结构有限公司 广东 深圳 518034)

摘要 结合加筋土挡墙在治理深圳河ⅢB工程中的成功应用,介绍了加筋土挡墙的作用机理、施工工艺、质量控制和施工中应注意的问题。

关键词 加筋土挡墙;作用机理;施工工艺;质量控制

中图分类号 :TV543 **文献标识码** :B **文章编号** :1672-7428(2006)08-0028-04

加筋土挡墙是由墙面板、拉筋和填料3部分组成的复合结构,依靠填料与拉筋之间的摩擦力,平衡墙面板所受的水平土压力(称为加筋土挡墙的内部稳定),并以这一复合结构抵抗拉筋尾部填料所产生的土压力(称为加筋土结构的外部稳定),从而保证了整个结构的稳定。加筋土挡墙的主要优点是施工简便、造价低廉、少占土地、环境影响小、造形美观。在欧美、日本等国早已广泛使用,鉴于加筋土挡墙的突出优点,近年来我国已逐步推广使用,特别是在公路工程中已有许多成功应用的范例。2004~2005年在深圳河ⅢB治理工程成功地修筑了一条高约7 m、长357 m的加筋土挡墙,为了积累加筋土挡墙的设计和施工经验,我们对此进行总结,希望对有关单位和类似工程有所参考和借鉴作用。

1 工程概况及工程地质条件

1.1 工程概况

深圳河是深圳和香港的界河,原河道蜿蜒曲折,河床淤积浅窄,在施工过程中,经常需对沿河两岸软弱地基进行加固处理,以便修筑护岸河堤及其附属构筑物。

在深圳河南岸(香港侧)CH10+020.581~169.788和CH10+537.9~716长约357 m河堤段,原河道淤积浅窄,按设计裁弯取直后,河堤靠近山脚,设计中河堤需兼作港方巡逻路。为防止河道取直拓宽后新河堤遇山洪冲刷及海潮涨落影响,坍塌滑移,进而引发山体滑坡,原设计考虑采用 $\varnothing 2.8 \sim 3.0$ m大口径钻孔灌注桩直立挡墙护岸。

该河段原设计大口径钻孔灌注桩因施工场地狭

小,施工机械难以布置,护壁泥浆池在河边,容易对河道造成污染,施工所需建材均须由北岸深圳侧运至南岸,在航道没有形成之前跨河施工难度较大,且影响正常通航。经综合技术经济分析比较,最终采用加筋土挡墙施工方案替代大口径钻孔灌注桩的设计方案。

1.2 工程地质条件

加筋土挡墙位于河道南岸山体坡脚附近,与山脚间隔一条约4 m宽港方临时巡逻路。根据补充钻孔所揭露的地层从上至下为:人工填土、第四系冲洪积层、坡积层及残积层、下伏基岩为石炭系下统测水组粉砂岩。各层特征分述如下:

(1)人工填土(Q^{ml}):灰黄色、褐黄色为主,主要由亚粘土堆填而成,含少量风化岩碎块,分布不均,欠固结,松散,分布厚度0.20~1.50 m,平均0.5 m。

(2)第四系冲洪积层(Q^{al+pl})

①淤泥质粉土,灰色、灰黑色,含有机质约2.2%,土质粘滑,湿,松散,分布厚度介于0.20~1.40 m,平均0.6 m;

②淤泥质中细砂,灰黄色、灰白色,粘性土含量20%~35%,岩心呈团块状、散粒状,手压易散,含少量砾石,饱和,松散~稍密状,分布厚度0.20~0.80 m,平均0.4 m。

(3)第四系坡积层(Q^{dl})含砾亚粘土:砖红色、黄色为主,含少量小砾及结核,呈次棱角状,分布不均,土质粘性好,稍湿,可塑~硬塑状, $W=24.0\%$, $\rho=0.698$, $I_L=0.30$, $a_{1-2}=0.28$ MPa⁻¹, $E_s=6.8$ MPa,厚度0.80~1.95 m,平均1.09 m。

(4)第四系残积层(Q^{el})亚粘土:砖红色、褐黄

收稿日期 2006-2-15

作者简介:贾义斌(1972-)男(汉族),湖南人,广东省深圳市瑞沃工程有限公司工程师,岩土工程专业,从事岩土工程技术工作,广东省深圳市福田区彩田路中深花园B-30(0755)82996666 转 702 jyb8888@126.com。

色为主,稍湿,可塑~硬塑状,由粉砂岩风化残积而成,原岩结构可见,局部含少量风化岩碎块及夹风化岩透镜体, $W=29.4\%$, $e=0.866$, $I_L=0.45$, $a_{1-2}=0.37\text{ MPa}^{-1}$, $E_s=5.63\text{ MPa}$,分布厚度 $0.50\sim 2.50\text{ m}$,平均 1.01 m 。

(5)下伏基岩为石炭系测水组粉砂岩(C_{1dc})层状结构,块状构造,在钻探深度内,按其风化程度不同,可分为全风化、强风化、中风化、微风化4个带。

①全风化粉砂岩,桔黄色、浅红色,岩心呈坚硬土状,土质较硬,含少量风化碎块,稍湿,坚硬,标贯试验32次,校正后 N 值 $18\sim 50$ 击,平均38.4击,揭露厚度 $1.40\sim 3.50\text{ m}$,平均 2.37 m ;

②强风化粉砂岩,桔黄色为主、夹浅红色,岩心上部呈坚硬土状,中下部呈碎块混土状,碎块手折可断,风化裂隙发育,岩石质量较差,现场有效标贯试验89次,校正后 N 值 $43\sim 128$ 击,平均70.3击,揭露厚度 $0.50\sim 14.90\text{ m}$,平均 7.25 m 。

1.3 水文地质条件

根据岩心观察及钻孔水位观测,场地地下水主要赋存在第四系冲洪积砂层和基岩裂隙中,砂层(粉细砂)含孔隙水,其富水性及透水性较强,属潜水类型,但在场地呈零星分布,厚度小,其富水性受一定限制。强、弱风化岩含风化裂隙水,富水性较弱。其余各岩、土层属弱含水层。地下水补给来源于大气降水入渗补给。

2 加筋土挡墙河堤设计

2.1 加筋土挡墙作用机理

本工程加筋土结构主要由砂性填料、镀锌金属加筋条和面板3个主要部分组成。镀锌金属加筋条带被安放在砂性填料之中与之共同形成加筋体。

加筋体产生的应力通过砂性填料与金属加筋条间摩擦作用传递到加筋条,并由加筋条承担砂性填料颗粒与加筋条之间的摩擦力,这样就可以将所有的砂性填料颗粒都约束在加筋体内形成一个整体,类似于增大填料间粘结力,从而形成可以支挡和支撑较大荷载的挡土结构物。混凝土面板用在加筋土体外层表面,是为了防止填料倒塌,同时对加筋土结构提供一个美观、完整的表面。从概念上讲,本加筋土挡墙类似于钢筋混凝土挡墙,它是一种比较经济的提高土体力学性质的方法。

2.2 加筋土挡墙构造特点及优点

本方案中,加筋土挡墙具有较高的整体稳定性、抗倾覆及抗滑动稳定性,满足工程要求。设计时没

有将加筋土挡墙高度设计到原地面高,而是在离原地地面 3.22 m 高度处,在河道临水面现浇薄壁钢筋混凝土L形挡土墙,墙内填筑普通土料,这样挡墙在满足抗滑功能的同时,减低加筋体高度,能很大程度地节约工程造价,可以为其它类似工程起借鉴作用。

与原设计钻孔灌注桩相比,本加筋土挡墙施工更加快捷、经济、环保、可控。加筋土挡墙施工不但简单快捷,其质量在施工前、中、后均具有可视性,可以按照规范要求进行直接检验和测试。加筋土现场施工时没有混凝土的浇筑、钢筋的绑扎以及立脚手架等工作,施工场地比较干净、整齐有序,噪声及大气污染可以减少到最低程度,为现场的施工管理人员及工人提供了一个安全、舒适的工作环境,对环保要求较高的香港,其优点将更加显著。

2.3 加筋土挡墙平面设计

本工程加筋土挡墙按原设计要求进行布置,桩号范围为CH10+020.581~169.788和CH10+537.9~716,约 357 m 。加筋土墙面与原设计大口径灌注桩墙面齐平,以保持河道过水面积不变。

2.4 加筋土挡墙结构设计

加筋土挡墙墙身高度设计最大为 6.96 m ,最小为 4.48 m 。加上加筋土挡墙上部的L形混凝土挡墙,总的设计墙高最大为 10.18 m ,最小为 8.40 m 。

加筋土面板的厚度设计为 290 mm ,为增加其抵抗渔船或其它水上运动的意外碰撞能力,在面板表面增加肋。金属加筋条与混凝土面板的连接采用 $50\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的拉条。拉条做成环形,可以为加筋条提供双倍的抗剪强度。

加筋条采用镀锌金属加筋条,截面尺寸设计为 $45\text{ mm}\times 6\text{ mm}$;加筋条的高度设计为每隔 750 mm 铺一层,水平间距设计为挡墙底部加筋条8根/ 3 m ,挡墙顶部6根/ 3 m 。每条加筋条的容许抗拉强度 $T_t=29.63\text{ kN}$ 。

加筋土填料必须为砂性填料(内摩擦角大的土料),可由开挖出来的自然材料或经过加工的材料组成,不能含有淤泥、植被等有机土质。最大粒径 $> 50\text{ mm}$,均匀系数 ≥ 5 。

2.5 加筋土挡墙过滤层和排水系统设计

加筋土挡墙的整个排水系统是由4个主要部分组成,分别是底部排水系统(2条聚乙烯多孔排水管)、背部排水系统(过滤土工布)、倾斜排水系统(碎石排水垫层)及顶部排水系统。

2.6 加筋土挡墙结构稳定性分析

加筋土挡墙是根据香港土木工程署(GEO)认可

的技术合格证 RF3/00 和最新的 Geoguide 6——加筋土结构和边坡设计指导进行设计的,挡墙的外部稳定性及内部稳定性均已经过计算分析,满足要求。

本工程加筋土挡墙典型断面见图 1。

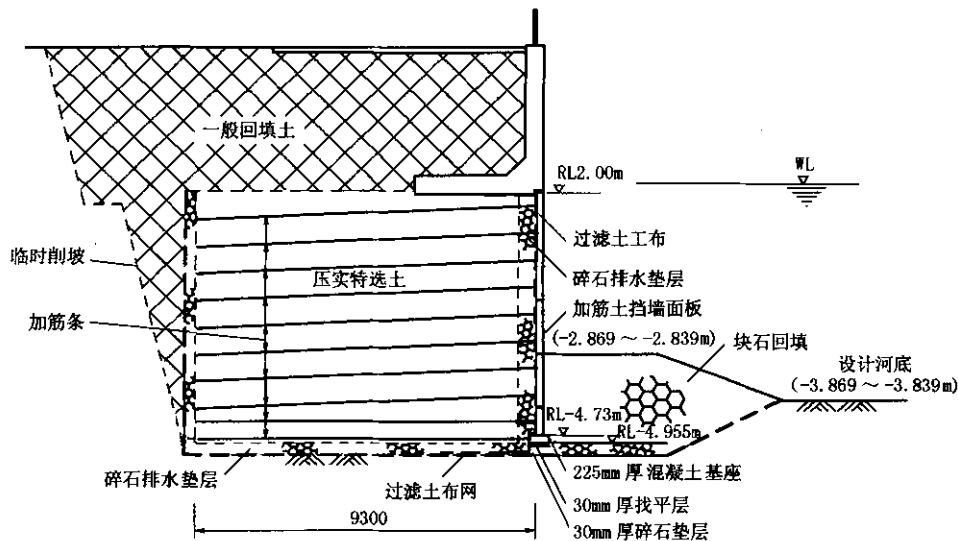


图1 加筋土挡墙典型断面示意图

3 加筋土挡墙施工工艺及操作规程

3.1 施工准备

3.1.1 施工围堰

根据施工要求,加筋土施工前需做好止水围堰(采用筑岛围堰)。施工时将围堰基础开挖至残积土层,再用粘土土料分层填筑,其顶高程需加宽加高填筑至高程 2.5~3.0 m,顶宽 6 m 兼作便道使用,填筑坡度 1:1.5~1:2。

3.1.2 边坡防护

因施工是选在干燥少雨的冬季,考虑到加筋土作业方便、快捷、工期短的特点,结合工程地质条件及施工场地情况,开挖背坡除 10+565~665 采用 45°削坡及土钉支护、10+685~716 采用钢板桩及土钉支护外,其余部分均采用 30°临时削坡。

3.1.3 基坑开挖

基坑开挖采用 KATO750 型挖掘机、PC220 型挖掘机各 1 台,15 t 自卸汽车陆上运输至弃土场。

基坑开挖采取分段、分层开挖方式。每层开挖深度控制在 2.0~2.5 m,分段长度 20~40 m,相邻两段须间隔开挖。对需防护部位每开挖一段则立即进行边坡防护。

3.2 面板安装

加筋土面板安装分为以下工序:浇筑混凝土基垫、设置及支撑第一层面板、填入及压实填料到最底层加筋条上面、把加筋条柱接到面板上、填土填到半嵌板的顶部、安装第二道面板、重复循环以上施工工程

序、竖立顶部面板、移除所有的木楔及夹板。

首先需对开挖验收合格的基础进行整平、碾压。基底整平完成后,根据要求,铺设土工布及碎石垫层等排水系统。

浇筑混凝土基垫,按照图纸走向和标高标准地进行挡板基础混凝土的浇筑,混凝土完工面必须平整,浇筑至少在安装前 24 h 完成。在基垫的表面弹墨线,并在面板外侧安装木条,作为面板施工控制线。

面板采用 40 t (400 kN)履带吊机吊装就位,面板施工从最低处的基垫开始,安装次序为 C→A→B (见图 2)。

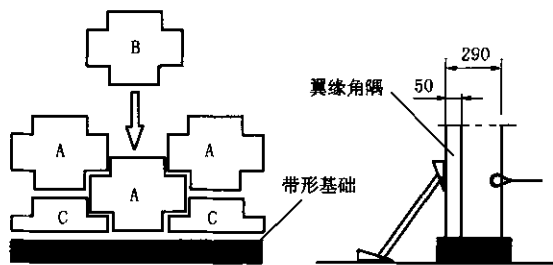


图2 面板安装次序及临时支撑图

整个施工中,面板的设置都是分级安装的。在下一层面板墙后填筑未完成前,不得安装上一层面板。在第一层施工工序完成后,应从开始施工的第一块面板的上面开始施工第二道工序及以后工序。

安装垂直接缝材料。垂直接缝材料采用聚酯泡沫板,以防止墙背填土颗粒流失,同时可以允许水自由排出(板间接缝处理要求见图 3)。

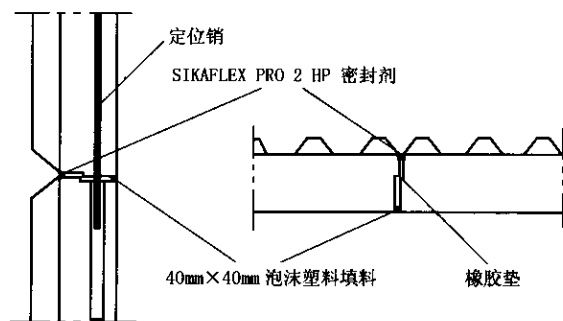


图3 接缝处理示意图

安装同层相邻面板水平误差 ≥ 7 mm, 轴线偏差每 20 延米不大于 10 mm。安装时面板可预留内倾斜度 $1/100 \sim 1/200$, 作为土方回填压实时面板外倾的预留度。

3.3 加筋条铺设

加筋条采用有肋钢带, 宽度 45 mm (误差 $+2.0$ mm、 -0.5 mm)。表面镀锌防腐。加筋条使用螺栓与预埋在面板内的系条(系条与面板保持垂直, 且最小弯曲半径为 300 mm)连接。加筋条应平顺铺设于已压实整平的填料上, 不得弯曲或扭曲。

3.4 加筋土填筑

加筋土填料的摊铺及压实要沿与墙面平行的方向进行, 并根据加筋带竖向间距进行分层摊铺及压实。填筑层厚要与所使用的压实设备相适应。加筋土填筑在基坑底 300 mm 厚碎石垫层完成后进行。

填料填筑压实时, 应随时检查其含水量是否满足压实要求。每层土料摊铺完成要及时进行碾压。加筋土的填料应严格分层碾压, 碾压遵循先轻后重的原则。压路机不得在未经压实的填料上急剧改变运行方向和急刹车。压实由筋带中部开始, 逐步碾压至筋带尾部, 最后碾压靠近面板部位, 但距面板不得小于 1.5 m。

靠近面板 1.5 m 范围内的碾压, 采用小型振动压路机(自重 ≥ 1000 kg)和振动夯进行。

摊铺厚度须均匀, 除在每日完成最后的填土层因排水需要(防止“粘结”)进行整形外, 每层填筑都需要保证水平。须使加筋带刚好在所需的标高上, 与压实顶面不形成任何空隙, 且筋带上填土不足 15 cm 时, 不允许履带式机械或车辆在上方操作。

面板后铺设土工织物, 过滤层采用粒径 20 ~ 40 mm 碎石, 厚度 50 cm, 其施工随填筑同步进行。

挡墙的高度施工到一半之前或者挡墙的高度 < 5 m 之前, 必须施工好反压平台或者回填好基坑。

在一些区域, 由于挡墙转弯的原因, 同一层的加

筋条交叠在一起, 必须保证用填料将加筋条分开, 距离至少 150 mm。加筋土挡墙施工完后, 应设置水准点和测斜管进行沉降和位移监测, 以检测加筋土的边坡稳定。

4 工程质量检测

本工程完工已 6 个多月, 经受涨落潮冲刷, 特别是刚完工不到 1 个月便连续 2 次经受住了大洪水的考验。

通过对施工时设置的水准点进行沉降监测, 结果显示, 加筋土挡墙在墙脚处的沉降最大, 墙体中部较小, 顶部最小。测点显示的最大沉降量为 24 mm, 最小沉降量为 4 mm, 同一水平位置不同截面处的最大差异沉降量为 18 mm, 现挡墙沉降已基本趋于稳定。表明加筋土挡墙具有控制总沉降量, 平衡不均匀沉降的效果。

通过对施工时设置的测斜管进行位移监测, 结果显示, 加筋土挡墙在墙脚处和墙顶部的侧向位移都不大, 最小侧向位移几乎为零, 最大侧向位移为墙脚处 8.72 mm, 且发生在加筋土挡墙完工, 进行墙顶一般回填土施工后期, 后虽经洪水冲击, 侧向位移仍没有增大。这表明加筋土挡墙的侧向位移主要发生在填筑施工期。

5 结语

本工程在方案选定前, 对所拟不同方案在工程造价方面进行了比较, 加筋土挡墙方案工程造价仅为钻孔灌注桩工程造价的 53%, 为衡重式挡土墙工程造价的 68%。其经济效益明显优于钻孔灌注桩和衡重式挡土墙, 尤其在缺少石料的平原地区, 其经济性更为突出。

本工程的建设已经显示出加筋土挡墙在技术效果方面的优越性, 具有施工简便、快速、工期短, 对地基要求低、节约建材, 适用性强、施工限制少、占地少, 结构新颖、造形美观、利于环保等方面的特点。

通过加筋土挡墙在深圳河 III B 治理中成功应用, 可知在施工现场地狭小, 施工材料运输与存贮困难, 工期紧, 施工条件要求较为苛刻时, 采用加筋土挡墙不失为一种经济省时的方法, 可在河岸整治、防洪及道路路基等工程中推广应用。

参考文献:

- [1] 何光春. 加筋土工程设计与施工[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.