

预应力锚拉桩板墙在高边坡支护中的应用

冯玉国¹, 隋永波², 周万东²

(1. 山东科技大学 土建学院, 山东 泰安 271000; 2. 山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250014)

摘 要 城市道路边坡支护在考虑其稳定性的同时, 还要考虑其景观绿化。以昆明市昆洛路高边坡支护工程为例, 介绍了一种与景观绿化融为一体的边坡支护结构——预应力锚拉桩板墙及其在高边坡支护中的应用。

关键词 预应力锚拉桩板墙 高边坡支护 预应力锚索 锚杆 挖孔桩 挡板 景观绿化

中图分类号 U417.1 **文献标识码** B **文章编号** 1672-7428(2005)S1-0127-03

1 工程概况

昆洛路改扩建工程为连接昆明市区和呈贡新区的城市 I 级主干道。工程位于云南省昆明市滇池东岸, 南北走向, 全长 22.75 km, 规划红线宽 80 m, 机动车双向 10 车道、加非机动车道和人行道。昆洛线 K1+440~780 边坡位于云南省昆明市呈贡县北, 边坡长 400 m, 支护部分边坡高 7.56~15.33 m。边坡原貌见图 1。山体顶部为自然上延的边坡。道路的建设必然影响到山体及其顶部的稳定性, 在无支护结构的条件下边坡稳定性不能满足要求。



图1 边坡原貌

边坡采用预应力锚拉桩板墙, 将结构和景观绿化融为一体, 是国内外第一次出现的新型支护结构, 是设计理念上和结构形式上的创新。

2 工程地质条件

边坡主要为剥蚀丘陵而形成的斜坡地貌, 自然坡度最大可达 35°。地层为寒武系沧浪铺组 ($\epsilon_1 c^1$) 全、强和中风化砂岩、泥岩互层, 厚度 > 20 m, 各土层分布不均。整体以零散分布的散状土层为主, 工程性质差且结构不均匀, 遇水软化。按照其成因和岩性自上而下为: 风化残积土 (Q_{el})、全风化砂泥岩 ($\epsilon S_s + sh$)、强风化砂泥岩 ($\epsilon S_s + sh$) 和中风化砂泥岩 ($\epsilon S_s + sh$)。场地地下水埋藏较深, 勘探范围内未

见地下水。

3 边坡支护方案

采用人工挖孔桩预应力锚索支撑, 桩顶之间用冠梁 (80 cm × 50 cm) 连结, 支护桩之间为现浇混凝土挡板多排锚杆拉设。除顶部混凝土挡板为直立外, 其余为部分直立、部分曲线型, 混凝土挡板左右两侧镶嵌在支护桩内, 曲线挡板上部凹处填充种植红粘土做边坡绿化, 边坡效果图见图 2。预应力锚拉桩板墙结构见图 3~5。



图2 昆洛线 K1+440~780 高边坡效果图

根据设计要求, 本工程共设计支护桩 72 根, 锚索 221 根, 锚杆 937 根, 挡板 1316 m。

支护桩分 2 型、3 型、4 型 3 种, 断面尺寸为 1.50 m × 2.50 m, 即平行于道路方向为 1.50 m, 垂直于道路方向为 2.50 m, 桩长为 12.58~22.30 m。锚固段长分别为 5、6、7 m。所有支护桩均通长配筋, 桩身混凝土强度等级为 C30。

预应力锚索分 A 型、B 型、C 型 3 种, 每排孔数分别为 2、3、4, 长度分别为 20、25、25 m, 锚固段长均为 10 m。

收稿日期 2005-06-30

作者简介 冯玉国(1961-), 男(汉族), 山东泰安人, 山东正元建设工程有限责任公司(原山东岩土工程勘察总公司)副总工程师、高级工程师、注册监理工程师、注册建造师, 山东科技大学在读工程硕士, 探矿工程专业, 山东省济南市山师东路 14 号, 13964116932, fengyuguo@126.com, fnet@beelink.com。

开挖,随挖随装随运。边坡垂直开挖呈马蹄型,横向尺寸 $2.8 + 0.2$ m。中风化砂泥岩采用风镐开挖。裸露土体均匀较稳定时,采用素喷 40 mm 水泥砂浆保护坡面。裸露土体松散有掉块时,挂网喷射 80 mm 的细石混凝土保护坡面。

(3) 采取跳跃间隔方式人工挖孔,地上采用固定人工挖孔机架,地下人工挖土,基岩段采用风镐振碎、人工清渣,用机架钢丝绳吊土(岩渣)至地表。裸露土体松散时,须喷射 20 mm 的细石混凝土保护孔壁。上部 1 m 需支模板用细石混凝土护壁,护圈高出地面 20 cm,宽度 20 cm。

(4) 坡用三面支模(见图 7),坡壁与柱间间隙用 C30 混凝土充填捣实。模板坡面方向用土钉拉结。



图 7 支护桩

(5) 按设计图纸要求在孔内就地制作钢筋骨架。为便于挖出混凝土挡板嵌槽,钢筋骨架两侧绑扎塑料泡沫。按锚索类型安设 $\varnothing 140$ mm 钢管,作为锚索孔施工的预留通道。

(6) 桩身采用整体式浇筑,浇筑过程连续。浇筑的混凝土用振动棒及时振捣。

4.2 锚索、锚杆施工

(1) 采用 KSZ100 型潜孔钻机,气动潜孔锤成孔,VY-12/7-B 型空压机冲孔,钻压为 6~10 kN,转速为 30 r/min,风压为 0.7~1.1 MPa,风量为 12~15 m³/min。实际终孔深度大于设计 0.5 m。

(2) 锚杆定位器采用 $\varnothing 6.5$ 钢筋制作,并与主筋焊接。 $\varnothing 28$ II 级螺纹钢筋与网筋和加强筋焊接。 $\varnothing 14$ 钢筋网眼 12.5 cm。锚杆头部加强筋 $\varnothing 20$ ($l = 50$ cm)。为防止推送钢绞线时变形,可用 $\varnothing 6.5$ 钢筋斜拉定位器作支撑。

(3) 锚索、锚杆在放入钻孔之前,应平直、除锈,下料长度大于设计长度 2 m。导向帽采用波纹管制作,隔离。对中支架采用硬质塑料制作,间距 1.0~1.5 m,锚固段不少于 3 个隔离支架,自由张拉段全长设置。

(4) 清孔完毕后立即将灌浆管与锚杆钢筋同时放至钻孔底部,每隔 2 m 设置一个支架,然后用砂浆泵将灰砂比 1:1、水灰比 0.45 的 M30 水泥砂浆用

BW-150 型砂浆泵注入锚孔,注浆压力 < 0.5 MPa。当孔口流出浆液时,封堵孔口,一次注浆结束。注浆量根据理论计算和抽拔钢绞线看其实际压浆长度后确定。如发现浆液减少或收缩时,应及时补浆。一次注浆结束 12 h 后进行二次压力注浆,待压力表下降(卸荷)时终止。注浆压力 < 3.0 MPa。二次注浆管用透明胶带绑扎,以便顶开。

(5) 锚索注浆体养护 9~12 天后张拉至设计值的 110%,接着实施自由段注浆。正式张拉前,取 20% 的设计张拉荷载对其预拉一次,使其各部位接触紧密,然后按设计预应力的 50%、75%、100% 和 110% 四级进行张拉,张拉应力误差 $\neq 5\%$,每级之间稳定时间 ≥ 10 min,最后一级张拉完毕后拧紧螺帽。24 h 后进行补偿张拉,以减少预应力损失。经检测符合要求后拧紧螺帽,最后锁定。每孔锚索预应力锁定值为 320 kN

4.3 挡板施工

(1) 按设计要求将桩侧清理出凹槽,挡板内层钢筋网在相应的位置与桩钢筋骨架焊接,调整钢筋网片的曲率,准确测量出每排锚杆的焊接位置后将钢筋网片与锚杆焊接。重复上述工作,完成外层钢筋网片的制作安装。

(2) 靠近路一面采用整块模板,另一面采用单块就位组拼。先做好模板定位基准工作,桩凹槽部清扫干净、支撑稳固,弹出板的外边线和板中防线,挡板的两面模板就位并组拼好,校正调整模板角度,位置正确,并固定。然后以第一段模板为基准,用同样的方法组拼第二段模板,直到全部完成。曲线模板单独设计加工。

(3) 采用常规浇筑法浇筑混凝土。浇筑过程中每隔 0.5~1.0 m 进行振捣,并从外部辅助振捣。

5 抗拔试验与变形观测

5.1 抗拔试验

选择土层和岩层各 1 根支护桩做锚索抗拔试验。土层锚索抗拔试验见图 8,岩层锚索抗拔试验结果尚未得出。

5.2 变形观测

由于边坡较长,在坡顶共布置观测点 8 个,用全站仪每周对边坡变形观测 2 次。施工期间,未发现大的变形。

6 结语

(下转第 133 页)

表1 锚杆拉伸试验检查情况汇总表

锚杆 编号	设计荷载 /kN	测试 方法	最大拉伸 量/mm	最大回弹 量/mm	鉴定 结果
东侧 D7	30	分 20、30、40、 50 kN 共 2 ~ 4 个 的 循 环 进 行 试 验,每 个 循 环 内 再 按 照 20、30 kN、…、30、20 kN 的 要 求 进 行 张 拉,稳定 后 记 录 拉 伸 量,千分表测 读	0.037	0.016	合格
东侧 D12	30		0.610	0.200	合格
东侧 C16	30		0.659	0.230	合格
东侧 C7	40		0.918	0.755	合格
东侧 C12	40	按照 20、30 kN、…、30、20 kN 的 要 求 进 行 张 拉,稳定 后 记 录 拉 伸 量,千分表测 读	1.188	0.503	合格
东侧 C16	40		1.056	0.411	合格
西侧 D12	30		0.927	0.430	合格
西侧 D5	40		1.171	0.750	合格
西侧 D12	40	按照 20、30 kN、…、30、20 kN 的 要 求 进 行 张 拉,稳定 后 记 录 拉 伸 量,千分表测 读	1.455	0.107	合格
西侧 D16	40		1.050	0.387	合格
西侧 B125	120		1.943	1.129	合格
西侧 B20	50		1.775	1.255	合格

6 完成情况

锚固工程于 2004 年 5 月 19 日开始施工,8 月 3 日完工。共完成锚杆支护 243 根,灌注水泥浆 53.52 m³,砼喷射 63.36 m³。工程质量评定中单元工程全部达到优良标准,加固后的墙体变形得到了明显改善。

7 工程施工技术难点

(1)施工空间受到较大限制,施工区窝挤在溢洪道底面内,段面上游紧邻其它作业区,下游侧即为陡坡段,对施工、设备及人员的安全等带来较大不便。

(上接第 129 页)

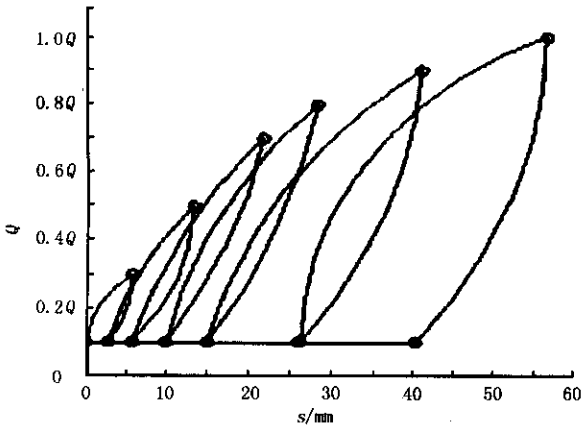


图8 锚索抗拔试验结果

预应力锚拉桩板墙突破了垂直边坡支护结构不与景观绿化联系的传统观念,将垂直边坡支护结构

(2)在拱箱体内的填土由于为粉砂土体,钻孔中成孔护壁难度较大。

(3)锚固孔向控制的难度大。砼拱片向内倾斜角度约 20°,加之钻孔为 15°的斜孔,使得其钻杆角度仅 55°,而砼拱片砼层的硬度大,钻进时孔向易偏离,很不好控制。

(4)同国内许多 20 世纪 50 ~ 60 年代建设的小型水库一样,在有关设计、施工、运行等方面的资料与记录欠缺不全,使得工程设计、施工中常带来诸多的不便。

8 结语

本次工程采用预应力土体锚固的方法对工程进行加固处理,针对具体的情况,由于及时地进行了工程变更设计,保障了工程的加固效果。采用的预应力土锚技术明显地具有工程成本降低、施工条件简单的优点。

参考文献:

[1] 程良奎,范景伦,等. 岩土锚固[M]. 北京:中国建筑工程出版社,2003.
[2] 闫莫明,徐祯祥,等. 岩土锚固技术手册[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
[4] GB 50086 - 2001,锚杆喷射混凝土支护技术规范[S].
[5] CECS 22 :90,土层锚杆设计与施工规范[S].

和景观绿化有机地融为一体,在结构安全、整体性、外观得到加强和改善的同时,利用结构空间置土绿化,形成结构与景观绿化的和谐统一,充分发挥城市道路集交通、开发、景观、绿化等为一体的重要基础设施的功能,作为一种新型的边坡支护结构,解决了安全与景观绿化问题,会有较好的应用前景。

参考文献:

[1] 梁炯望. 锚固与注浆技术手册[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
[2] 李海光,等. 新型支挡结构设计工程实例[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
[3] 梅益生,马建林. 景观锚桩板支护——一种新型的融结构和景观绿化为一体的城市道路垂直高边坡支护结构[J]. 岩土工程界,2005,(4).