

DOI: 10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2021.02.18

桩板墙不同类型挂板的技术经济比较

李菊芳

(中铁西北科学研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 桩板墙是边坡和滑坡治理工程中常用的支挡结构形式, 不同类型的挂板方式在结构受力、经济效益和环境保护等方面有显著差异。针对西部山区城市土地开发过程中的工程滑坡治理问题, 基于技术经济比选阐明了桩板墙挂板类型和适用性。以兰雅星河湾项目为依托, 分析了该滑坡的变形特征和治理工程总体设计, 重点对桩板墙挂板方式优化比选进行详细阐述。

关键词: 边坡; 滑坡; 桩板墙; 挂板方式; 优化

中图分类号: P642.4

文献标志码: A

文章编号: 1003-8035(2021)02-0135-08

Technical and economic comparison for different types of hanging board method of pile sheet wall

LI Jufang

(Northwest Research Institute Co. Ltd., of CREC, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Pile sheet wall is a common retaining structure in slope and landslide treatment engineering. There are significant differences in structural stress, economic benefits and environmental protection between different types of hanging plate. In view of the landslide treatment project in the process of land opening in western mountainous areas, the types and applicability of pile sheet wall hanging plate are expounded based on technical and economic comparison. Based on Lanya Xinghewan project, this paper analyzes the deformation characteristics of the landslide and the overall design of the treatment project, focusing on the optimization comparison and selection of pile sheet wall hanging plate methods.

Keywords: slope; landslide; pile sheet wall; hanging board method; optimization

0 引言

近年来, 我国的经济建设取得了突破性的成就, 同时也面临各种自然灾害日益加剧的问题, 造成严重损失。防灾减灾已经成为保障我国经济建设的重要任务。其中, 滑坡治理一直是我国灾害治理的主要工作。例如: 四川省阿坝州茂县高位滑坡, 导致 10 人死亡、3 人受伤、73 人失踪^[1]; 西藏拉萨市墨竹工卡县特大高位山体滑坡, 造成 66 人死亡, 17 人失踪; 贵州安顺市关岭县大寨村山体滑坡, 造成 99 人死亡^[2]。

为了减少滑坡造成的损失, 学者们在治理滑坡方面进行了深入研究。桩板墙是一种治理滑坡的常见方式,

已被广泛应用于各类边坡和滑坡工程治理中, 效果很好。杲斐^[3]提出基于土拱效应的合理桩间距取值范围, 采用数值模拟方法分析了黄土边坡的稳定性, 讨论了抗滑桩和桩板墙模型中桩土应力变形特征对桩间距的影响。李婷等^[4]采用弹性力学理论分析了桩间土拱效应, 计算确定出土拱的平面形态呈中间凸起两侧略微凹陷的曲线特征, 按空间土压力分布模式与矩形简支板模型计算挡土板。黄治云^[5]设计了大型推力试验, 分别对桩前挂板与桩后挂板两种方案的桩间土拱效应与桩板土压力的变化规律进行了研究。肖双松^[6]通过在桂林及简阳两个高速铁路路肩式桩板墙现场工点布置多种仪器进行现场观测, 对抗滑桩板墙的侧向位移与墙背土压力影响因素进

收稿日期: 2020-09-28; 修订日期: 2020-11-04

作者简介: 李菊芳(1983-), 女, 陕西宝鸡人, 硕士, 工程师, 主要从事地质灾害防治和工程造价方面的工作。E-mail: 1062759551@qq.com

行了探讨。张建云^[7]利用 ABAQUS 研究桩板墙工程中土拱效应的三维空间分布特性,应用土拱效应的原理通过室内模型试验和数值分析对桩板墙做构造上的优化。曹利宏^[8]参照哈牡客专某深路堑桩板墙支挡工程,利用有限元软件进行数值模拟,对深路堑桩板墙结构进行了优化设计研究。张燕^[9]提出了斜插式桩板墙的设计计算方法,提出了预制绿化槽的斜插板墙体绿化方式。陈雷^[10]提出了斜插式桩板墙新型结构形式,分析了抗滑桩起锚点问题。

虽然在边坡和滑坡的治理方面已经取得了很多的研究成果,但是对治理工程结构类型的经济效益评价方面文献较少。因此本文主要采用桩板墙支挡结构进行西部山区城市土地开发过程中的工程滑坡治理问题,并且基于技术经济比选阐明了桩板墙挂板类型和适用性。以兰雅星河湾项目为依托,分析了该滑坡的变形特征和治理工程总体设计,重点对桩板墙挂板方式优化比

选进行详细阐述。

1 桩板墙挂板类型和适应性

在边坡和滑坡治理工程中常用的抗滑支挡结构种类较多,如抗滑桩、抗滑挡墙、预应力锚索等,桩板墙也是其中之一。为了有效支挡抗滑桩桩间土体在不良条件下发生滑塌,需要在抗滑桩之间加设墙或板,当采用桩间挂板或搭板时就形成桩板墙^[11]。桩板墙支挡结构在我国已经有近 40 年的历史,被广泛应用于公路、铁路路堑和路堤的支挡,也可用于滑坡等特殊路基的支挡。被誉为“精美的百叶窗”的南昆铁路石头寨车站锚拉式桩板墙,就是一种将桩板墙与锚拉设施结为一体的创新结构^[11]。据桩体与挂板设置方式的差异,可以分为:桩后挂板式、桩前挂板式、桩间挂板式和斜插板式。不同类型的挂板方式在结构受力、经济效益和环境保护等方面有显著差异(表 1)。

表 1 桩板墙类型及适用条件
Table 1 Types and applicable conditions of sheet pile wall

类型	挂板特征	工程效果	适用条件
桩后挂板	(1)挡土板置于桩背;(2)挡土板长度=桩净间距+搭接长度 (3)挖方边坡中,土体开挖量过大,且开挖土体位于墙背及上部边坡坡脚,易引起山体扰动	桩与桩之间空隙较大,影响道路美观	多用于填方边坡
桩前挂板	(1)挡土板置于桩前;(2)挡土板长度可整板浇筑而成,预留相应伸缩缝;(3)土体开挖量不大,对山体扰动少	需将桩体本身用素混凝土浇筑平顺,以图美观	多用于挖方边坡
桩间挂板	(1)挡土板置于桩间;(2)挡土板长度=桩净间距; (3)土体开挖量介于桩后与桩前挂板之间,可引起小范围溜塌	需将桩间挡土板端头间空隙用素混凝土浇筑平顺,以图美观	多用于填、挖方边坡
斜插板	(1)挂板以一定的角度斜插于桩之间,夹角布置; (2)桩与板的连接有多种形式,可通过预埋钢筋连接或在桩上设置斜托或设置支撑块固定	桩顶可设置植生槽种植藤蔓、垂吊植物,以提高桩板墙整体绿化效果	多用于绿化要求高的填、挖方边坡

1.1 桩板墙挂板类型和特征

(1)桩后挂板式桩板墙

桩后挂板式桩板墙就是在抗滑桩的后面设置挡土板(图 1)。该支挡结构多用于填方边坡,若地段平缓,桩后挂板方式在工程中操作空间大,施工方便。在挖方边坡若采用桩后挂板方式,须在抗滑桩之间进行大量的人工或机械开挖,且开挖部位位于墙背的边坡坡脚,若土体性质较差,开挖后,没能立即采取挂板支挡,很容易出现溜塌破坏边坡稳定性,造成二次灾害。因此桩后挂板式桩板墙支挡结构用于填方边坡,则充分避免了上述问题。

(2)桩前挂板式桩板墙

桩前挂板式桩板墙即在抗滑桩的前面设置挡土板(图 2)。该支挡结构多用于挖方边坡,与桩后挂板相比而言,土体开挖量不大,对山体扰动小,且不受施工场地

限制,便于人员和机械操作。但也有不足之处,桩与板之间的连接是用预埋在抗滑桩中的钢筋连接,通过焊接使桩与板紧密贴合。若贴合不到位出现缝隙,遇雨水天气,则会使桩与板之间的钢筋腐蚀。为避免钢筋腐蚀,如果条件允许,建议可采用 CFRP(碳纤维)和 BFRP(玄武岩纤维)等复合材料筋作为预埋构件。

(3)桩间挂板式桩板墙

桩间挂板式桩板墙是很多学者总结了前两者结构类型的优点并在此前基础上发展起来的一种新型支挡结构(图 3)。可分 a 和 b 两种,其中 a 型为“植筋或预埋筋”的桩间挂板,其桩身预埋连接钢筋需按照设计的桩间挡土板位置严格定位,以免受力时产生扭曲。当然这种挂板类型仍存在预埋筋耐久性的问题。b 型为“T”型截面的翼缘式桩板墙,挂板设置两桩之间并搭在连接两桩翼缘板上。翼缘式桩板墙桩间挂板方案结合了桩

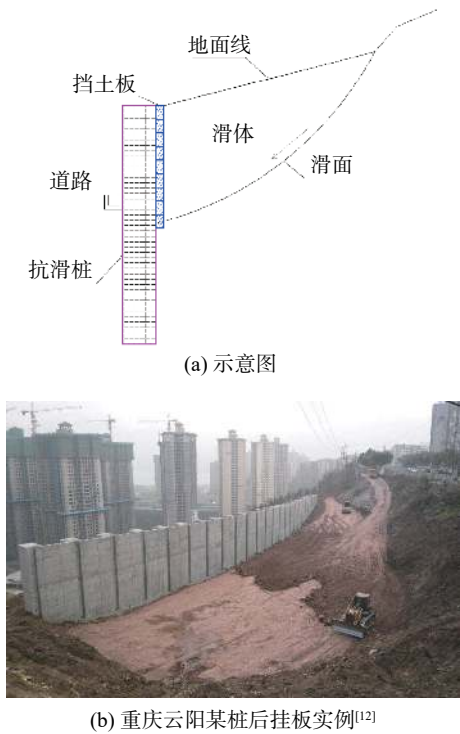


图 1 桩后挂板式桩板墙示意图和实例

Fig. 1 Form and application example of the back hanging slab of the shoulder pile sheet wall pile

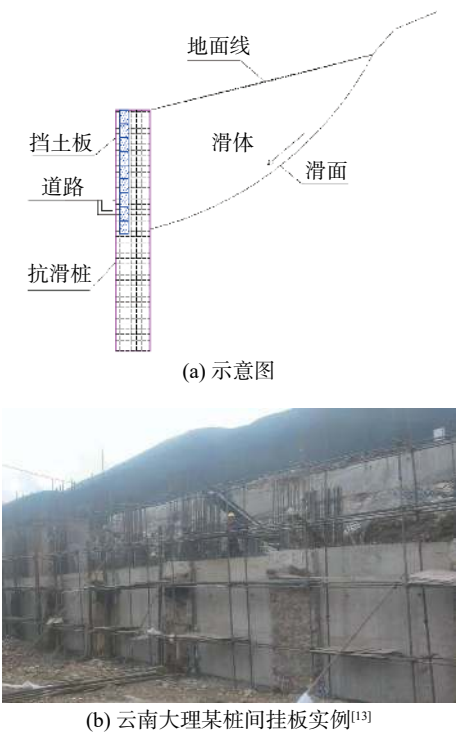


图 3 桩间挂板式桩板墙示意图和实例

Fig. 3 Form and application example of hanging slabs between piles and wall

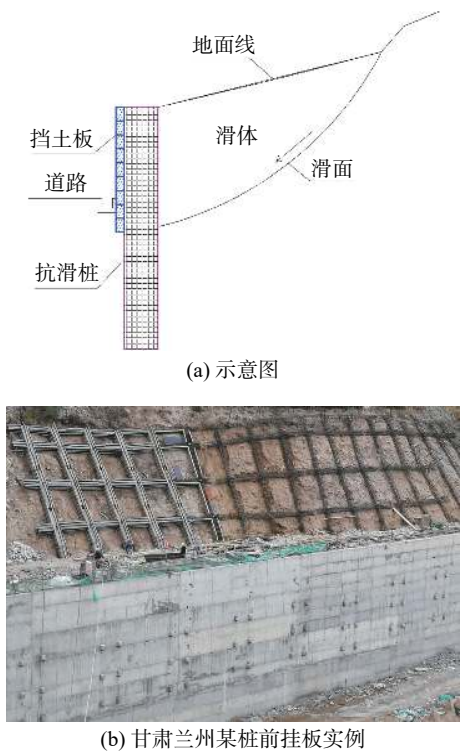


图 2 桩前挂板式桩板墙示意图和实例

Fig. 2 Form and application example of the front hanging slab of the cutting pile sheet wall pile

前、桩后两种挂板形式的优点,它不仅解决了桩后挂板开挖土体较多,也解决了桩前挂板易造成连接处钢筋腐蚀的问题,但由于该技术要求高,难度大,一般应用较少。

(4)斜插板式桩板墙

将挂板以一定的角度斜插于桩之间就形成斜插板式桩板墙(图 4)。与传统桩板墙结构相比,它是一种新型支挡结构,不但可以满足工程安全的需要,而且可在斜插板槽内种植绿色植物,从而达到与周围环境整体协调和谐美观。相比较而言,斜插板式桩板墙具有与生俱来的优越性,将板周围的土体可通过斜插板让土体变形加以释放,并且墙背后水体也可顺势流出,几乎可不考虑墙后水压力作用。这种特点相对于传统桩板墙则受力小,技术可靠。

1.2 不同挂板方式的经济社会效益分析

桩前、桩后挂板式是常规桩板墙的施作方式,长期以来工程师们积累了丰富的经验,其操作简便,易于施工,得到了广泛应用。填方边坡多设置成桩后挂板方式,可以很好降低滑坡造成的危害,被广泛应用到公路、铁路和市政工程中。挖方边坡可以设置成桩前挂板方式,桩前挂板式可以很好抑制坡体土体的变形,施工快捷、外型构造平整美观,运营后养护维修费用低。但这两种挂板方式均需要合理的调节优化上部结构的

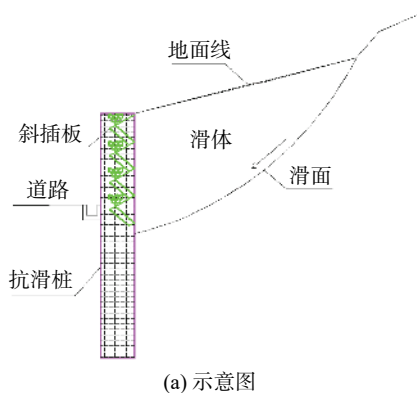


图 4 斜插式桩板墙示意图和实例

Fig. 4 Form and application example of oblique inserted pile sheet wall pile

形式并调整挂板的位置,从而达到增大结构安全性和合理优化工程投资的效果。

桩间挂板式桩板墙具有良好的实用性和适应性,针对相对复杂的施工条件或施工场地,结合当地具体地形,桩间挂板式桩板墙能够发挥出其自身优越性。该结构形式仅针对桩间岩土体进行补充防护,在实际工程中可以有效节约材料、降低投资,具有良好效果。但采用桩间挂板对桩身表面通常要进行二次维修,需要增加维护成本。

斜插板式桩板墙作为一种新型边坡支挡方式,绿色工程比较显著。整体的安全性能可行,有利于墙面的整体绿化,外型构造美观,具有较好的推广价值。斜插板式桩板墙具有结构轻型化、节省材料和工程数量少等优点,总体有利于节省工程投资,特别在地层稳定性较好的城市如高密度开发区,这类结构型式适用性较强。

2 案例分析

兰雅星河湾住宅小区位于兰州市城关区徐家湾^[15]。该住宅小区依白塔山而建,位于黄河北岸Ⅱ级及Ⅲ阶地以上,面朝黄河,背靠白塔山,小区北侧建筑物紧临山体坡脚。小区内包括 18 栋楼房和商业区、公共活动区、地下车库及设备房组成,总用地面积约 $4.65 \times 10^4 \text{ m}^2$,总

建筑面积约 $17.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。

2.1 滑坡概况

老滑坡为一中型滑坡,具有明显的滑坡地形地貌特征。在老滑坡前缘坡脚,因建住宅楼基坑开挖,致使老滑坡前缘坡脚临空面较大,导致老滑坡局部复活,发生滑动,形成新滑坡,为一小型滑坡。新、老滑坡性质均属于牵引式、破碎岩石滑坡,滑坡体主要由强风化的片麻岩及部分坡积碎石土构成,其滑动面主要位于强风化片麻岩泥质软弱夹层,滑坡全貌见图 5。



图 5 滑坡全貌图

Fig. 5 Landslide panorama

2.2 治理工程总体设计

坚持科学、合理地利用场地,不侵占基坑红线并确保地下工程作业空间,动态设计、信息化施工的原则。同时坚持以人为本、预防为主,结合水土保持、场外排洪考虑,避让和治理相结合的原则。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)本次治理工程的设计年限为 50 年。

本次治理工程分为两个阶段^[16],即一期工程和二期工程,治理工程措施有锚固支挡工程、排水工程及坡面绿化工程。其中锚固支挡工程有:预应力锚索抗滑桩+挡土板、锚索框架和锚杆框架;排水工程有:截排水沟、平台硬化。主要治理工程在一期完成,部分锚索(杆)框架、截排水沟工程要在二期完成。工程布置平面如图 6 所示。

2.3 桩板墙挂板方式经济性分析与实施

为防止桩间土及桩顶土滑塌,本工程原设计在桩与桩之间和桩顶设置钢筋混凝土挡土板。挡土板由 3.6 m (长)/ 4.6 m (长) $\times$ 0.3 m (宽) $\times$ 1.0 m (高)的构件组成。安装挡土板前,先要把挡土板安装范围内的地基表层浮渣,松散物清除干净并夯实,达到一定的地基承载力,然后再用 M7.5 浆砌片石找平各凹凸处。其次,板与桩连接采用预留构件或植筋来完成,施工前应将桩与板的连

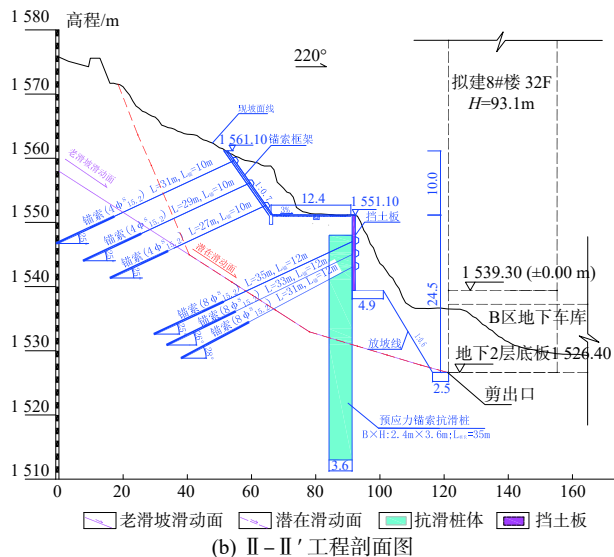
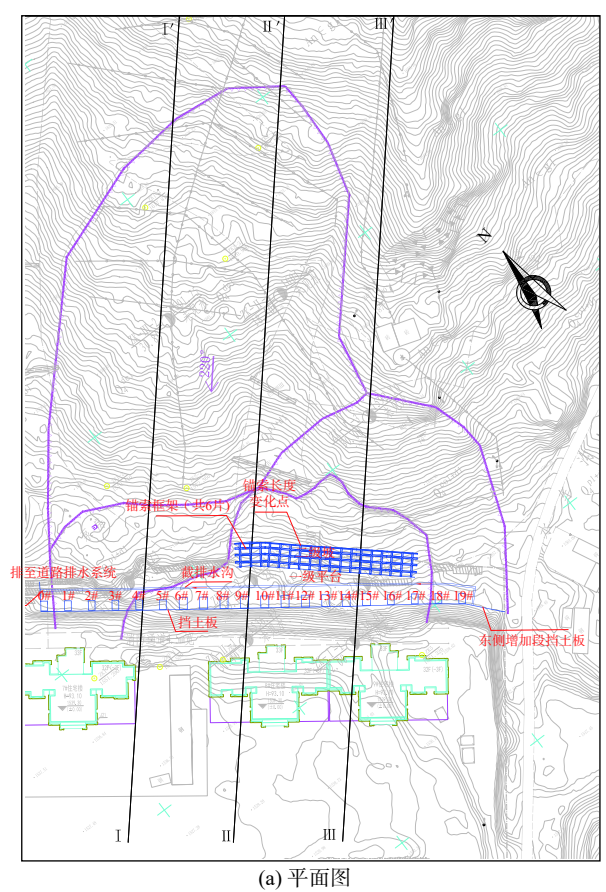


图6 治理工程布置平面和断面图

Fig. 6 Layout plan and sectional view of project

接部分和预埋钢筋清理干净,预埋钢筋和板的连接钢筋采用双面焊接。施工挂板前应凿除桩侧护壁,板紧贴桩侧。桩身混凝土强度达到设计强度的75%以上时,进行挡土板施工,挂板材料采用C30钢筋混凝土浇筑而成。具体桩间挂板配筋图如图7所示、直接工程费用如

表2所示。

但后经建设单位、设计单位、监理单位、施工单位等人员多次现场踏勘,考虑到原设计桩间挂板施工的可能性,各方对桩间挂板实施提出了合理化的建议,将桩间挂板移至桩前实施。挂板总面积1625 m²,厚0.3 m,紧贴护壁。每12 m一条伸缩缝,伸缩缝设置在抗滑桩前。板与桩连接采用预留构件或植筋来完成,单元配筋图是以高1.0 m作为标准。具体桩前挂板配筋图如图8所示。

从直接工程费增量分析表(表3)中所示,该工程总投资上千万元,通过方案优化采用桩前挂板,仅仅增加了工程投资的1%,可以说对该工程建设并无实质性影响。从工程要求来分析,该边坡承受荷载大,安全性要求高。两方案的安全系数均可以满足规范要求。从工期和成本控制来看,根据各项工程开工情况,同步施工,交叉作业,保证工程质量,项目合同工期8个月,采用桩前挂板方案后,工期节省近一半;且采用桩间挂板对桩身表面要进行二次维修,大大增加了后期维护成本。从施工条件来看,该处坡形不规整,现场条件不好,小区北侧建筑物紧临山体坡脚,很不利于大型机械和人员施展,桩前挂板则避免了以上的困扰(图9)。另桩前挂板也避免了桩间及桩后土体的大量开挖,减少山体扰动。从加固效果来看,桩前挂板保护了护壁的完整性及工程整体的美观性,与周围环境和谐自然,有利于小区工程建设及后期居住环境的改善,更有利于开发商楼盘的出售(图10)。

虽然桩前挂板方案的直接工程费增加了,但通过对两方案在工程要求、节约工期和成本、施工条件、加固效果等方面的对比分析,表明采用桩前挂板作为该滑坡的加固支护方案技术经济优势较明显^[17-22]。

3 结论

针对西部山区城市土地开发过程中的工程滑坡治理工程,依托典型案例进行方案的技术经济优化,获得了以下两方面有益认识:

(1)阐述了边坡和滑坡治理工程中桩后挂板、桩前挂板、桩间挂板和斜插板式四类桩板墙的结构型式和差异性,着重从工程技术和经济角度综合分析了各自的适用性。填方边坡多设置成桩后挂板方式,可以很好降低边坡造成的危害,工程中操作空间大,施工方便。挖方边坡可以设置成桩前挂板方式,外型构造平整美观,运营后养护维修费用低。针对技术要求高,难度大的填、挖方边坡,桩间挂板结构方式仅针对桩间岩土体进行补充防护,在实际工程中有效节约材料、降低投资,

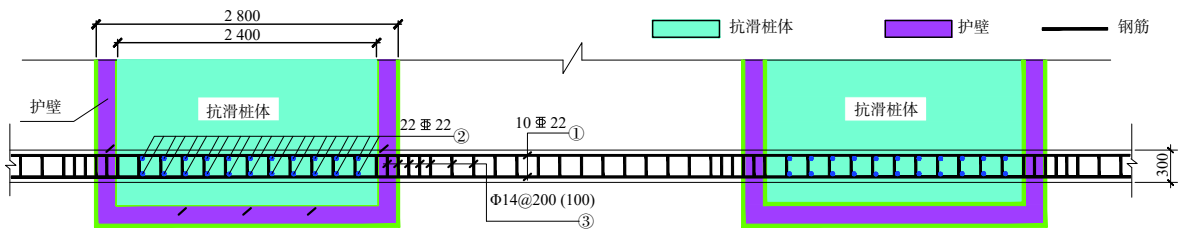


图 7 桩间挂板配筋图 (单位: mm)

Fig. 7 Reinforcement drawing of plate between piles(unit: mm)

表 2 桩间挂板工程量及直接工程费表

Table 2 Analysis of quantities and direct engineering cost of hanging plate between piles

工程名称: 兰雅星河湾住宅小区8#楼北侧滑坡治理工程				标段: 未命名						
项目编码		010101002003		项目名称		挖一般土方		工程量		799.5 m³
定额编号	定额名称	定额单位	数量	单价/元			合计/元			
				人工费	材料费	机械费	人工费	材料费	机械费	
1-9	人工挖土方 四类土 深度 1.5 m以内	m³	1.00	24.45	0.00	0.00	24.45	0.00	0.00	
1-87	土方运输 运输距离 500~1000 m	m³	1.00	6.11	0.00	16.14	6.11	0.00	16.14	
小计							30.56	0.00	16.14	
分项直接工程费合计/元							46.70			
项目编码		010505003003		项目名称		现浇C30混凝土挡土板		工程量		327.06 m³
定额编号	定额名称	定额单位	数量	单价/元			合计/元			
				人工费	材料费	机械费	人工费	材料费	机械费	
借3-357	现浇混凝土构件 挡土板 混凝土	10 m³	0.10	922.91	3 487.43	0.00	92.29	348.74	0.00	
借3-358	现浇混凝土构件 挡土板 模板	10 m²	0.59	214.27	215.11	90.08	125.95	126.44	52.95	
小计							218.24	475.19	52.95	
分项直接工程费合计/元							746.38			
项目编码		010515001003		项目名称		现浇构件钢筋		工程量		59.24 t
定额编号	定额名称	定额单位	数量	单价/元			合计/元			
				人工费	材料费	机械费	人工费	材料费	机械费	
5-4	现浇构件非预应力钢筋 螺纹钢Ⅱ级	t	0.20	695.4	4 318.45	116.61	139.10	863.84	23.33	
5-5	现浇构件非预应力钢筋 螺纹钢Ⅲ级	t	0.80	709.31	4 506.67	116.61	567.42	3 605.18	93.28	
小计							706.53	4 469.02	116.61	
分项直接工程费合计/元							5 292.16			

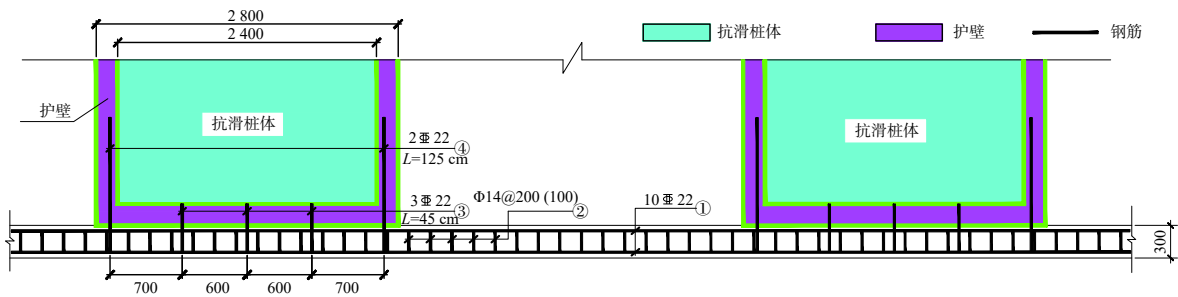


图 8 桩前挂板配筋图 (单位: mm)

Fig. 8 Reinforcement drawing of pile front plate (unit: mm)

表 3 桩前挡板直接工程费增量分析
Table 3 Direct engineering cost increment analysis

序号	项目名称	增量	计算方式	单价	直接工程费/元
1	挖一般土方	-799.5 m ³	/	46.70元/m ³	-37 336.65
2	增加现浇挡土板(C30砼量)	160.44 m ³	125 m×13 m×0.3 m(总体积)-327.06 m ³ (原工程量)	746.38元/m ³	119 749.21
3	增加现浇钢筋(Φ22、14钢筋)	29.06 t	88.3 t(参考原设计)-59.24 t(原工程量)	5 292.16元/t	153 790.17
总计					236 202.73



(a) 钢筋笼和预留锚索孔



(b) 桩前挂板砼浇注

图 9 桩板墙施工过程

Fig. 9 Construction process of sheet pile wall



图 10 施工后照片

Fig. 10 Photos after construction

具有良好效果。斜插板式桩板墙外型构造美观,多用于绿化要求高的填挖方边坡。

(2)以兰雅星河湾项目为依托,分析了该滑坡的变

形特征和治理工程总体设计,重点针对桩前挂板和桩间挂板两种方式进行了优化比选,实践表明该工程最终采用的桩前挂板加固方案较好的解决了坡体稳定性问题,工程整体与周围环境和谐自然。

致谢:感谢兰雅星河湾项目技术人员对本人的技术指导和建议!

参考文献 (References) :

[1] 董国良,党立平,廖文春. 地质灾害治理中边坡稳定问题及滑坡治理方法分析 [J]. 工程建设与设计, 2018(22): 47-48. [DONG Guoliang, DANG Liping, LIAO Wenchun. Analysis of slope stability problems and landslide treatment methods in geological hazard control [J]. Engineering Construction and Design, 2018(22): 47-48. (in Chinese with English abstract)]

[2] 郑亮亮. 基于GIS的勉县滑坡危险性评价研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2014. [ZHENG Liangliang. GIS-based risk evaluation for landslide in Mianxian County [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2014. (in Chinese with English abstract)]

[3] 杲斐. 黄土路堑边坡桩板墙桩间距研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2014. [GAO Fei. Pile-sheet retaining wall spacing research in loess cutting slope[D]. Lanzhou: Lanzhou university, 2014. (in Chinese with English abstract)]

[4] 李婷,肖世国. 考虑土拱效应的抗滑桩桩间挡土板压力计算方法 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2019, 30(4): 85-91. [LI Ting, XIAO Shiguo. Calculation method of earth pressure on retaining plates between adjacent stabilizing piles considering potential soil arching effect [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2019, 30(4): 85-91. (in Chinese with English abstract)]

[5] 黄治云. 抗滑桩桩间拱效应与桩板土压力研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014. [HUANG Zhiyun. Research of arch effect between Anti-slide piles and soil pressure on pile sheet[D]. Chongqing: Chongqing university, 2014. (in Chinese with English abstract)]

[6] 肖双松. 高速铁路陡坡地基路肩式桩板墙现场测试分析 [D] 成都: 西南交通大学, 2013. [XIAO Shuangsong. The scent test and analysis of shoulder type pile-plank wall on the sheep slope foundation of high-speed railway[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013. (in Chinese with English

- abstract)]
- [7] 张建云. 基于土拱效应的桩板墙与岩土体相互作用及其优化设计研究[D]. 西安: 长安大学, 2017. [ZHANG Jianyun. The interaction between sheet-pile wall and rock-soil body and its optimization research based on the soil arching effect[D]. Xi'an: Chang'an University, 2017. (in Chinese with English abstract)]
 - [8] 曹利宏. 深路堑桩板墙受力特性分析与优化设计研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2019. [CAO Lihong. Research on stress characteristic analysis and optimization design of deep cutting pile wall[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2019. (in Chinese with English abstract)]
 - [9] 张燕. 斜插式桩板墙在边坡支护中的运用[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2008. [ZHANG Yan. The application of sheet-pile retaining wall with prefabricated panels trough in slope[D]. Chongqing: Chongqing jiaotong University, 2008. (in Chinese with English abstract)]
 - [10] 陈雷. 桩板式挡土墙在公路、市政工程中的优化研究 [J]. 公路, 2017, 62(5): 34-38. [CHEN Lei. Study on optimization of pile-slab retaining wall in highway and municipal engineering [J]. Highway, 2017, 62(5): 34-38. (in Chinese with English abstract)]
 - [11] 李海光, 等. 新型支挡结构设计与工程实例[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004. [LI Haiguang, et al. Design and engineering example of new retaining structure[M]. Beijing: People's Communications Press, 2004. (in Chinese)]
 - [12] 朱必龙. 重庆建工市政交通工程有限责任公司-二环聚居区互联互通供水工程(西永段)青凤标段顺利进场[EB/OL]. (2019-12-02). <http://www.cqszt.com/news.asp?sid=14&id1564>. [ZHU Bilong. Chongqing Construction Engineering Municipal Transportation Engineering Co. Ltd., - Qingfeng bid section of 2nd ring residential area interconnection water supply project (Xiyong section) successfully entered the site[EB/OL]. (2019-12-02). <http://www.cqszt.com/news.asp?sid=14&id1564>. (in Chinese)]
 - [13] 张志. 昆明军龙岩土工程有限公司-中梁大理壹号院项目动态图[EB/OL]. (2018-09-30). http://www.kmjlyt.com/case_show.aspx?id=6475 [ZHANG Zhi. Dynamic diagram of Kunming Junlong Geotechnical Engineering Co. Ltd., - Zhongliang Dali No.1 institute project[EB/OL]. (2018-09-30). http://www.kmjlyt.com/case_show.aspx?id=6475. (in Chinese)]
 - [14] 掌上五指山. 众志成城夺天工, 五指山下架彩虹! 海南琼乐高速即将于9月底通[EB/OL]. (2018-09-23). https://www.sohu.com/a/255742062_751997. [Wuzhishan on the palm. Work together to win Tiangong, Wuzhishan under the frame rainbow! Hainan qiongle expressway will be connected at the end of September[EB/OL]. (2018-09-23). https://www.sohu.com/a/255742062_751997. (in Chinese)]
 - [15] 中铁西北科学研究院有限公司. 兰雅·星河湾住宅小区8#楼北侧滑坡治理工程地质勘察报告[R]. 兰州: 2017. [Northwest Research Institute Co. Ltd., of CREC. Ecological investigation report on Landslide Treatment Engineering in the north of Building 8 of LANYA·Xinghewan residential district [R]. Lanzhou: 2017. (in Chinese)]
 - [16] 中铁西北科学研究院有限公司. 兰雅·星河湾住宅小区8#楼北侧滑坡治理工程施工图设计[R]. 兰州: 2017. [Northwest Research Institute Co. Ltd., of CREC. Construction drawing design of landslide treatment project in the north of Building 8 of LANYA·Xinghewan residential district [R]. Lanzhou: 2017. (in Chinese)]
 - [17] 王雷, 吴君平, 赵冰雪, 等. 基于GIS和信息量模型的安徽池州地质灾害易发性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2020, 31(3): 96-103. [WANG Lei, WU Junping, ZHAO Bingxue, et al. Susceptibility assessment of geohazards in Chizhou City of Anhui Province based on GIS and informative model[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2020, 31(3): 96-103. (in Chinese with English abstract)]
 - [18] 王齐鑫, 王龙平, 王泽宇. 安徽阜阳中心城区地面沉降灾害风险评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2019, 30(4): 32-39. [WANG Qixin, WANG Longping, WANG Zeyu. Risk assessment of land subsidence in central area of Fuyang City, Anhui Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2019, 30(4): 32-39. (in Chinese with English abstract)]
 - [19] 方然可, 刘艳辉, 苏永超, 等. 基于逻辑回归的四川青川县区域滑坡灾害预警模型[J]. 水文地质工程地质, 2021, 48(1): 181-187. [FANG Ranke, LIU Yanhui, SU Yongchao, et al. A early warning model of regional landslide in Qingchuan County, Sichuan Province based on logistic regression[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2021, 48(1): 181-187. (in Chinese with English abstract)]
 - [20] 郭伟, 王晨辉, 李鹏, 等. 基于LoRa的地质灾害分布式实时监测系统设计[J]. 水文地质工程地质, 2020, 47(4): 107-113. [GUO Wei, WANG Chenhui, LI Peng, et al. Design of the distributed real-time monitoring system for geological hazards based on LoRa[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2020, 47(4): 107-113. (in Chinese with English abstract)]
 - [21] 张茂省. 发挥新型举国体制优势 提高地质灾害防治能力[J]. 西北地质, 2019, 52(2): I - II. [ZHANG Maosheng. Maximising the advantages of the new national system for improving the ability to prevent and mitigate geological disasters[J]. Northwestern Geology, 2019, 52(2): I - II. (in Chinese with English abstract)]
 - [22] 张茂省, 薛强, 贾俊, 等. 山区城镇地质灾害调查与风险评价方法及实践[J]. 西北地质, 2019, 52(2): 125-135. [ZHANG Maosheng, XUE Qiang, JIA Jun, et al. Methods and practices for the investigation and risk assessment of geo-hazards in mountainous towns[J]. Northwestern Geology, 2019, 52(2): 125-135. (in Chinese with English abstract)]