

# 直立高边坡逆作法装配式锚索挡土墙施工技术

邢 民<sup>1</sup>, 王述红<sup>1</sup>, 许春兴<sup>1,2</sup>

(1. 东北大学 资源与土木工程学院, 沈阳 110819; 2. 中冶沈勘工程技术有限公司, 沈阳 110016)

**摘 要:**在边坡工程中, 直立高边坡的施工和围护是施工的一个难点, 随着经济建设的发展, 越来越多的地区出现高边坡施工。大连沿海城市商业经济培训中心及周边地块改造项目南侧挡土墙工程, 是一个土质和强风化岩的直立高边坡工程, 边坡最大深度为 11.2 m, 部分段采用现浇钢筋混凝土挡土墙施工。开挖支护过程中出现过塌方事故, 文章分析了事故出现的原因, 并阐述具体处理措施, 并以此具体工程为背景, 提出一种新型逆作法装配式锚索挡土墙的施工技术方法, 以不同种类的装配块间的组装作为挡土墙, 并设置预应力锚索加固, 采用逆作法自上向下逐步施工, 底部挡土墙和地梁一起整体采用现浇钢筋混凝土, 提高整体稳定。该方法减少工程风险, 加快施工速度, 为以后直立高边坡施工提供一种借鉴的方法。

**关键词:**高边坡; 逆作法; 装配式; 锚索挡土墙; 施工技术

**中图分类号:** TU745.9    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1674-4764(2015)S1-0164-04

## Construction technique of vertical high slope top-down method assembly type anchor retaining wall

Xing Min<sup>1</sup>, Wang Shuhong<sup>1</sup>, Xu Chunxing<sup>2</sup>

(1. College of Resource and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, P. R. China;

2. MCC Shen Kan Engineering Technology Co. Ltd., Shenyang 110016, P. R. China)

**Abstract:** In slope engineering, construction and building of vertical high slope is a difficult construction, along with the development of economy, more and more high slope construction area. Coastal city of Dalian Business Economics Training Center and surrounding land south of the retaining wall reconstruction project engineering, this project is an earth and strongly weathered rock vertical high slope, the slope of the maximum depth of 11.2 m, paragraph using situ reinforced concrete retaining wall construction. The process of excavation and support occurred one collapse accident, this article discusses the specific treatment measures, and with a specific project as an example, proposed the new construction technology top-down method assembly type anchor retaining wall, In the assembly of different kinds of block as a retaining wall, and set the pre-stressed reinforcement, the top-down construction gradually from top to bottom, bottom retaining wall and beam integrally using cast-in-place reinforced concrete, improve the overall stability. The method to reduce the project risk, accelerate the construction speed, to erect high slope construction provides a reference method.

**Key words:** high slope; top-down method; assembly type; anchor retaining wall; construction technique

**收稿日期:** 2015-11-10

**基金项目:** 国家自然科学基金 (51474050、51179031); 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室 (SKLGP2014K011); 辽宁省高等学校优秀人才支持计划 (LN2014006); 国家高端外国专家项目 (GDT20142100008、GDW20142100050)。

**作者简介:** 邢民 (1989-), 硕士生, 主要从事地下工程信息化研究, (E-mail) xingmin\_neu@163.com。

随着工程建设的大力发展,为了适应地区和建设要求,修建边坡挡土墙,挡土墙是边坡工程防护常采用的一种工程措施<sup>[1]</sup>。在许多地区出现了直立高边坡锚索挡土墙,土质直立高边坡的施工方法对工程建设的影响因素较大,逆作法具有保护环境、节约社会资源、缩短建设周期、控制坡体情况等诸多优点,同时它也克服了常规性的临时支护存在的诸多不足之处<sup>[2]</sup>。

以大连沿海城市商业经济培训中心及周边地块改造项目南侧挡土墙工程为例,介绍了直立高边坡逆作法锚索挡土墙施工技术,对其他类似工程有所裨益。

## 1 工程概况

拟建的项目地处位于大连市八一路与滨海西路及滨海中路交叉路口大连嘉汇阳光学校的南侧。为保证边坡内部建筑条件,保护直立高边坡稳定,修建挡土墙进行边坡支护,支护范围为A~B段、B~F段,挡墙全长295.60 m,拟建场地原地貌属山麓斜坡地貌。地势高差相互差距较大,最大的高差为12.71 m。边坡现场图如图1。

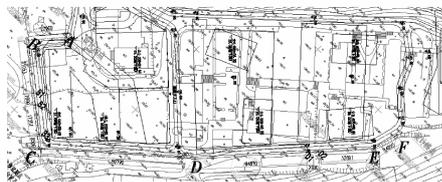


图1 边坡现场图

场平高程采用园区规划道路高程,分述如下:

A—B段长22.1 m,场平高程高于场地外地面高程,采用毛石砌筑重力式挡墙进行支护,墙高2.0 m。

B—F段长273.5 m,场平高程低于场地外地面高程,采用锚索挡墙进行支护,墙高3.7~11.2 m。本工程边坡支护为永久性支护,使用年限设计为50年。

## 2 地质与水文条件

### 2.1 地质条件

根据勘探结果可知:

1)杂填土(Q4ml)为杂色,稍湿,松散,稍密,该层场地均有分布,层厚为2.30~10.40 m,层底埋深2.30~10.40 m。

2)碎石(Q3dpl)为黄褐色,稍湿,中密,碎石主要为石英岩及板岩,层厚0.50~1.30 m,层底埋深3.50~10.90 m。

3)强风化板岩(Zc)为灰黄色,板状构造,主要矿物成分绢云母、绿泥石等,岩芯呈碎片状,属软岩,破碎,节理裂隙较发育,节理面平整光滑,手折易碎。层厚0.40~1.50 m,层底埋深3.00~11.50 m。

4)中风化板岩(Zc)为灰褐色,板状构造,主要矿物成分为绢云母、绿泥石等,岩芯呈碎块状、饼状,属软岩,较完整,节理裂隙较发育,锤击易碎。最大揭露厚度5.0 m。具体边坡岩土构成及特性见表1。

表1 边坡岩土构成及特性

岩土类型	天然密度/ ( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力/ kPa	内摩擦角/ $(^\circ)$
杂填土	19	5	15
碎石	20	15	18
强风化岩	21	25	22
中风化岩	22	50	30

### 2.2 水文条件

根据现场实际勘察结果,地下水主要是基岩裂隙水为主,具有季节性。施工时期,正处于雨季,岩体渗水现象比较严重,对挡土墙施工有一定的影响。

## 3 开挖中出现的事故及处理

### 3.1 事故发生概况

该现场塌方位置发生在边坡设计红线DE段中间附近,造成长度约20 m,宽度约3 m的土方向下滑移导致塌方,损坏上方建筑物。未造成施工现场的人员伤亡,此处塌方导致上方红砖平房损坏大致四间左右,造成靠近一面墙体随土石方滑移而被动拉坏,由于该处已经挂设铁丝网和喷射混凝土以及嵌入锚索并注浆,所以此处已经造成了大面积的毁坏。现场塌方破坏图如图2所示。



图2 现场塌方图

### 3.2 事故原因分析

此处经过现场观察和事故的影响程度进行的分析塌方原因的可能情况。经过检测,该处的岩石节理方向大致为竖直走向,并非为大多数的横向,所以比较容易大面积塌方,此处已开挖至地面标高,完成了近几天时间未出现裂缝等塌方的征兆,所以并非单一由于岩石节理导致,通过现场钩机的油锤凿石发现塌方处的岩石较软越靠近 E 点处的岩石风化程度较低,所以该处的岩石风化程度也影响了塌方的出现。由于此处白天期间第二排锚索完成了注浆,但是在注浆期间从塌方段到 D 点方向的所有钻孔中均出现了较多的水。同时上方建筑物距离开挖面仅仅 1 m 距离,边坡所受荷载较大。所以该事故塌方原因是由于注浆孔内水影响渗透导致塌方处滑移层面间摩擦力减小,上方建筑物促使受荷增大导致该处的塌方。

### 3.4 事故处理措施

此处开挖深度大致为 5 m 多,而且土层为强风化岩,所以此处施工设计方法是直接开挖至标高底部,采用顺作法从底部进行支模,现浇钢筋混凝土挡土墙,最后张拉预应力锚索。由于事故的发生,影响此处的施工方法,处理措施是,用挖掘机把塌方的岩石块体凿碎挖走,清理塌方处岩体坡面,然后在坡面上挂网并喷射混凝土以控制边坡继续塌方<sup>[3]</sup>。在该处标高底部进行地梁的施做,并在挡土墙双侧进行支模,挡土墙厚度为 400 mm,采用分层浇筑,分层厚度不超过 2 m,待养护好后,填充墙背后的土体,进行锚索的张拉,按照此工序,直至顶部标高,挡土墙后的土体随着分层浇筑高度而填充墙背后的回填土,使之密实。

## 4 逆作法装配式锚索挡土墙施工技术

### 4.1 设计概况

根据设计高标,C-D 段开挖最深为 11.2 m,在 C-D 段施工方法采用逆作法装配式锚索挡土墙工艺,该处的锚索孔上下左右均设为 2 m,所以装配式挡土墙块的尺寸选为 2 m×4 m 钢筋混凝土板与 2 m×2 m 正方形钢筋混凝土板,厚度选为 400 mm,每块板周围均设有凹凸槽,以便预制块体之间互相有效的连接,平面布置如图 3 所示。

### 4.2 逆作法装配式施工方案的确定

与传统的施工方法比,采用逆作法施工有很多的优点,在直立高边坡中可以节省开挖后大多数的挂钢丝网和喷射混凝土支护,同时也可以节省工期,

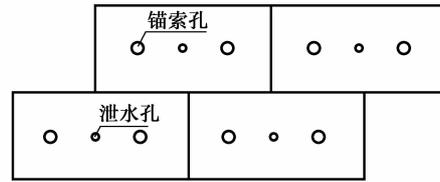


图 3 预制混凝土块平面布置

对于开挖深度越深的工程越明显<sup>[4]</sup>。还可以有效的控制边坡的位移,保持边坡整体的稳定。

装配式挡土墙不同于一般整体现浇的钢筋混凝土挡土墙,优点在于可装配、有益于缩短工期,即挡土墙面板采用工厂化标准预制、现场安装施工,缩短了建设工期,预制施工质量易于控制;且墙身轻巧、占地较少,地基承载力要求较低,条件较差和石料缺乏地区均可采用,特别对于本工程高边坡施工。缺点是装配式挡土墙面板需另设场地和模板做标准化预制,并须经过转运、吊装和连接等;工序较多,投资比普通挡土墙大<sup>[5]</sup>。

工程 C-D 段中土体的最大开挖深度为 11.2 m,如果采用顺作法,必须开挖至基底标高,可能造成该处边坡塌方或者要进行加固支护措施,所以本施工段采用一种逆作法装配式锚索挡土墙施工的新型边坡施工方法。

### 4.3 逆作法装配式挡土墙施工技术

高边坡逆作法装配式锚索挡土墙的施工主要包括开挖、钻孔、锚索安置、注浆、预制块体安装、锚索的张拉等几个重要的环节<sup>[6]</sup>。

4.3.1 开挖 该环节主要就是边坡土体的开挖,因预制钢筋混凝土板为 2 m×4 m,挖掘机每次开挖深度将近 2 m,底部保持 20 cm 左右人工配合挖土,侧壁和底部严禁超挖,开挖过程中按照分层分皮对称开挖的原则,避免土压力不平衡造成挡土墙垂直度的影响<sup>[7]</sup>。同时工作平面水平开挖 5 m 左右,为后续钻孔和安装张拉提供场地。

4.3.2 钻孔 直立高边坡钻孔时,必须注意避免对周围边坡岩体造成影响,保护周围岩体的稳定。锚索孔的钻孔方式采用干钻,不采用水钻的方法。每次钻孔位置为开挖深度的中心位置,锚索孔水平和上下均相距 2 m,钻孔机每次钻孔深度约为 15 m,钻孔的孔径约为 150 cm。钻孔后专门组织检查人员进行验孔,严格控制成孔质量。现场钻孔图如下图 4。

4.3.3 锚索安置 锚索应预先截断长度每根 16 m 左右,距离头部 1 m 处自由段应套 5 m 左右的塑料



图4 现场钻孔

套管,钢绞线采用每束3根 $7\phi 5$ 高强度低松弛无粘结预应力钢绞线。钢绞线端部隔1 m左右位置套5 m长的塑料套管并进行抹油,作为预应力锚索的自由段,防止自由段钢绞线被浆体固定。钢绞线之间每隔2 m设置一支架,连接好后整体放入锚索孔中,端部伸出长度约1 m左右。

4.3.4 注浆 注浆的浆体采用的是通过实验室确定配合比的水泥砂浆。注浆时注浆管最好深入锚索孔底部,到孔周围有浆液溢出停止注浆,注浆过程中采用二次注浆,前后注浆的时间间隔不宜超过12 h。

4.3.5 预制块体安装 预制块体吊装过程中应该准确控制同时伸出的锚索穿过预制块体的锚索孔,预制块体应按距离尺寸精准定位。每块块体两侧均设有凹凸槽,相邻块体之间接口处应接触完好并固定。

4.3.6 锚索张拉、锁定 锚索的张拉应该先通过现场抗拉拔试验,确定锚索的承载能力,锚索合格后方可进行张拉和锁定。锚索的张拉及锁定分级进行,必须锚索的张拉操作规程严格执行,然后按设计要求加以锁定和封锚,将锚索外露钢绞线剪断,端部宜留50~100 mm<sup>[8]</sup>。

锚索结构防腐采用灌注防腐材料的方式进行,保证锚索结构的有效性<sup>[9]</sup>。在沿着边坡方向上每一层可以进行分段施工,进行流水作业。第一层分段的预制钢筋混凝土挡土墙安装完成之后,开挖第二层土方,重复之前的各个工序,按照每个施工环节,严格施工,特别是预制块体之间的连接必须做到准确精细。锚索张拉过程中,一定会造成应力损失,通过补偿张拉,能明显提高锚索的预应力值<sup>[10]</sup>。依次循环施工到边坡设计标高底部,底部一般剩有不足2 m,最后采用现浇钢筋混凝土连同地梁一同整体浇筑,完成施工。

4.3.7 地梁与底部施工 由于预制块体的尺寸为2 m×4 m,在施工作业面上只能施工5排预制块。

最后部分开挖至设计标高,把地梁和剩余部分一同采用钢筋混凝土现场浇筑施工,这样可以保证下方整体的稳定性。

## 5 结 语

通过大连一直立高边坡工程中一起小的事故的发生,以具体事例为主,分析了本直立边坡工程中产生塌方的一些原因和解决方法,为类似高边坡支护工程起借鉴参考意义。同时提出一种新型的逆作法装配式锚索挡土墙的施工技术方法。在直立高边坡支护中能够起到良好的效果。通过数值模拟结果得出在直立高边坡中,直立直接开挖的边坡破坏危险程度要大于分层逆作法施工的5倍左右。逆作法施工不仅可以缩短工期也可以节约造价和人力资源,同时可有效控制坡体位移,减小一些不必要的塌方事故的发生。通过装配式锚索挡土墙可以为今后直立高边坡等类似工程的应用提供一种参考。

## 参考文献:

- [1] 宋从军,周德培,鄢宏庆. 软质岩路堑高边坡的加固与防护技术研究[J]. 岩土力学,2003(Sup2):245-248.
- [2] 苏伟,张明,叶磊等. 新型逆作法施工关键技术的研究与应用[J]. 施工技术,2015,44(1):52-56.
- [3] 郝世俊,李雄伟,韩仕洲,等. 土质直立深基坑逆作法支护过程中塌方处理施工实践[J]. 煤田地质与勘探,2005,33(Sup1):109-111.
- [4] 朱锦峰. 某大型深基坑逆作法施工技术[J]. 施工技术,2013,42(1):65-70.
- [5] 张程宏. 装配式挡土墙设计特点及其在市政道路中的应用[J]. 城市道桥与防洪,2012(4):30-32.
- [6] 李德胜. 高边坡锚索框架施工[J]. 黑龙江交通科技,2014(3):28-30.
- [7] 王美华,季方. 超大面积深基坑逆作法施工技术的探讨[J]. 地下空间与工程学报,2005(4):599-602.
- [8] 李凯,华国辉,郭永成. 高边坡预应力锚索施工技术[J]. 现代矿业,2012(6):99-101.
- [9] 聂彪,王建松,高和斌等. 高边坡锚索结构预应力检测及补强修复技术的应用[J]. 岩土工程学报,2011(Sup1):239-241.
- [10] 张永安,李峰,蒋鸥. 泥岩高边坡锚索预应力变化规律分析[J]. 岩石力学与工程学报,2007,26(9):1888-1892.