

室外高边坡两种防护结构的变形监测分析

汤赛¹ 冯强¹ 孙云皇¹ 曹二浩¹ 杜福民¹ 巩世林² 于奉涛² 杨铭竹¹ 通讯作者

1. 青岛业高建设工程有限公司; 2. 青岛慧睿科技有限公司

摘要: 不同边坡防护型式的安全度、对变形的控制是不同的, 基坑变形监测是检验不同防护型式的实际效果的一种重要手段。微型桩锚杆防护与格构梁锚杆防护是两种北方比较常用的防护型式, 在某一工程实例中同时进行了应用, 并对两种防护型式的部位进行了变形监测, 通过监测对比来分析两种防护结构的差异, 推荐不同条件下的防护型式选择。

关键词 微型桩; 格构梁; 变形监测

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.05.009

前言

高边坡防护工程是一项系统工程, 主要包括设计、施工和监测, 是一项综合性很强的工程。设计与施工不仅与工程地质水文地质条件有关, 还与相邻建(构)筑物和地下管线的位置、抵御变形的能力、重要性, 以及周围场地条件等有关, 边坡开挖势必引起周围地基地下水位的变化和应力场的改变, 导致周围地基土体的变形, 对周围建(构)筑物和地下管线产生影响, 严重的将危及其正常使用或安全。因此, 保护相邻建(构)筑物和市政设施的安全往往是基坑工程设计与施工的关键。另外, 由于基坑防护体系是临时结构, 安全储备较小, 具有较大的风险性。因此, 开挖施工过程中应进行监测, 对变形、位移以及应力进行监控, 利用监测信息及时掌握防护结构及周边环境的变化趋势, 合理地指导后续施工, 以及制定相应的应急措施, 践行边坡工程动态设计、信息化施工的原则。

随着岩土工程技术的不断发展, 高边坡防护技术也日新月异, 各种防护型式层出不穷, 不同防护型式的安全度、对变形的控制是不同的, 边坡变形监测也是检验不同防护型式的实际效果的一种重要手段^[1]。微型桩锚杆防护与格构梁锚杆防护是两种北方比较常用的防护型式^[2], 在某一工程实例中同时进行了应用, 并对两种防护型式的部位进行了变形监测, 通过监测对比来分析两种防护结构的特点。

一、工程概况

该项目位于青岛市某核心地段, 开挖周长1520m, 高差12.6~36.5m, 属高边坡。场区西侧临近道路, 车道边线距离拟建地下车库轮廓最近距离约18.6m, 该侧临近基坑的建(构)筑物包括1栋宾馆、1栋1层砖房及其地下200T水箱和某小区。

场区第四系主要由全新统人工填土层(Q4m1)、全新统洪冲积层(Q4a1+p1)及上更新统洪冲积层(Q3a1+p1)组成, 场区基岩主要由燕山晚期粗粒花岗岩组成, 穿插有后期呈脉状侵入的煌斑岩、细粒花岗岩等, 局部地段发育碎裂岩等。场区地下水以基岩裂隙水为主, 局部含有第四系孔隙潜水。第四系孔隙潜水主要

含水层为第(12)层砂土; 基岩裂隙水主要含水层为构造(脉岩、节理带等)分布区, 其次为基岩各风化带, 在场区主要以层状、带状赋存于基岩中。

二、两种防护型式

基坑西侧为开挖最深处, 划分为防护1单元和防护2单元, 采用了两种防护模式: 三级微型桩锚杆防护, 格构梁防护+二级微型桩锚杆防护。

1单元三级微型桩锚杆防护:

1单元开挖深度36.5m, 时建青岛最深基坑。第一级开挖范围地层以素填土、花岗岩强风化带、花岗岩中风化带为主, 第二级和第三级开挖范围为花岗岩微风化带, 基底以下为花岗岩微风化带。设三级钢管桩, 第一级钢管桩深度13.5m, 其中嵌固错台以下2.2m, 间距1.0m; 第二级钢管桩深度12.5m, 其中嵌固错台以下2.2m, 间距1.0m; 第三级钢管桩深度14.5m, 其中嵌固基底以下1.5m, 间距1.25m。钻孔直径均为150mm, 钢管直径均为108mm, 两级错台宽度均为1.5m, 预应力锚索结合粘结锚杆锚拉混凝土腰梁防护, 锚杆水平间距第一级和第二级均为2.0m, 第三级水平间距2.5m, 锚杆竖向间距1.5~3.0m。详见图1。

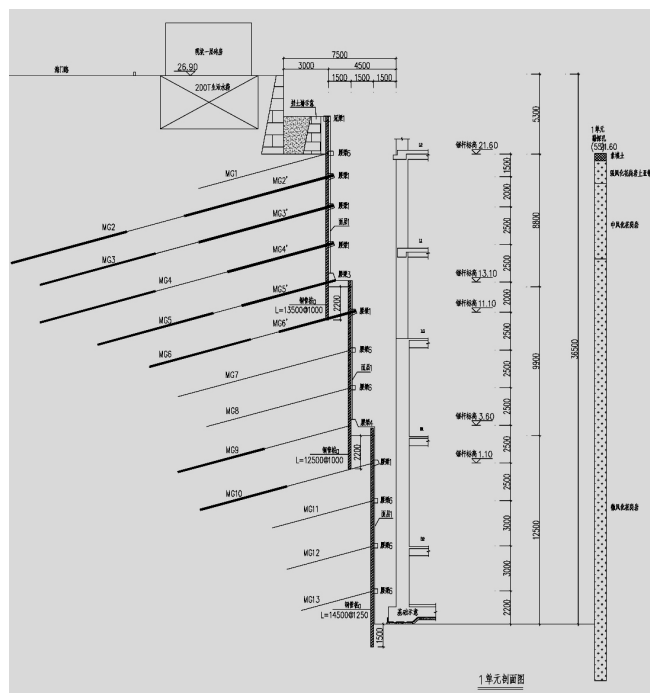


图1 1单元防护剖面图

2单元格构梁防护+二级微型桩锚杆防护:

2单元相比1单元的主要变化是, 有一定的放坡空间, 上部深8m范围放坡后格构梁锚杆防护, 下部二级微型桩锚杆防护。详见图2。

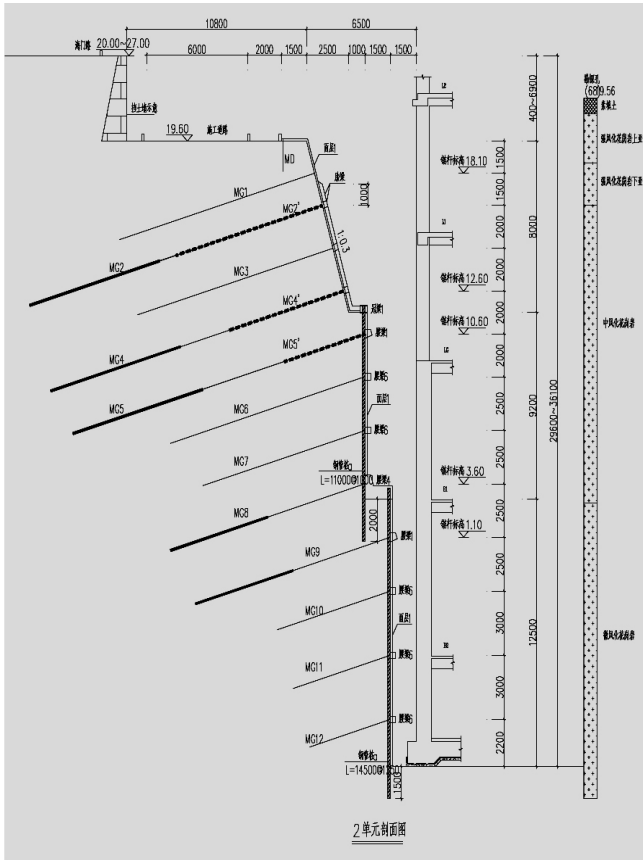


图2 2单元防护剖面图

三、变形监测方案

(一) 监测内容

根据本基坑防护结构形式、施工方法、地质条件、环境条件的特点，依据基坑工程设计文件及相关规范要求，设置以下监测内容：坡顶水平位移监测；坡顶垂直位移监测；深层水平位移监测；预应力锚杆轴力监测；周边地表及建筑物沉降监测；地表裂缝监测。测量点布置相见图3。

(二) 变形报警值

根据基坑设计文件及相关规范，该测量工程提出以下变形报警值（表1）：

表1 变形报警值

测量内容	变化速率	累计变化量报警
水平位移	$\geq 3\text{mm/d}$ 或连续3天 $\geq 2\text{mm/d}$	开挖深度的1%
垂直位移	$\geq 3\text{mm/d}$ 或连续3天 $\geq 2\text{mm/d}$	$\geq 30\text{mm}$
深层水平位移	连续3天 $\geq 3\text{mm/d}$	$\geq 50\text{mm}$
锚杆轴力	达到构件承载力设计值的80%	
周边地表	$\geq 3\text{mm/d}$ 或连续3天 $\geq 2\text{mm/d}$	$\geq 30\text{mm}$
周边建筑物	$\geq 2\text{mm/d}$	$\geq 10\text{mm}$

(三) 测量仪器

位移测量设备主要采用高精度全站仪^[3]，主要仪器见表2：

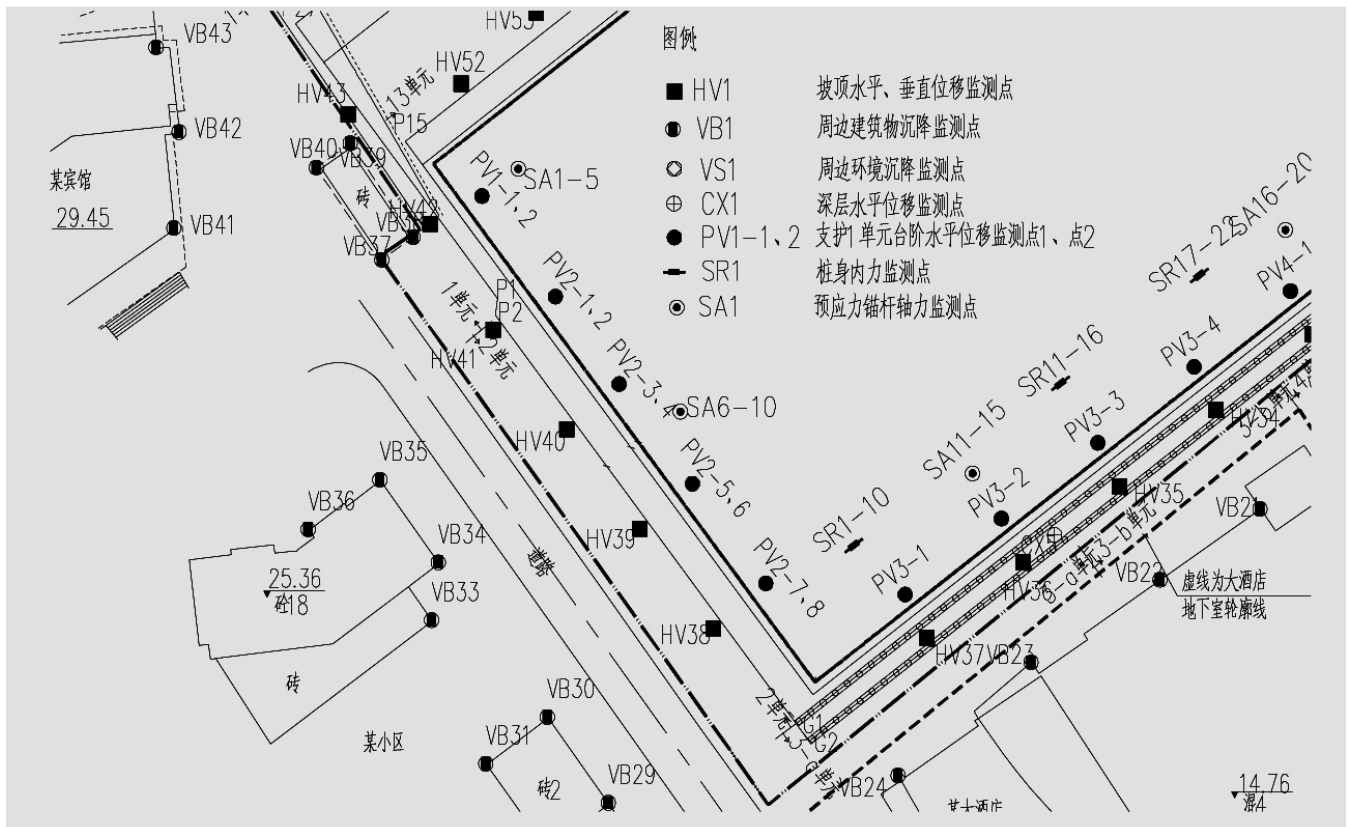


图4 变形测量点平面布置图

表2 主要测量仪器表

名称	规格	设备、仪器精度
全站仪	徕卡TS11	±0.5", 1mm+1ppm
电子水准仪	天宝Dini03	±0.3mm
锚索测力计	VHLC	分辨率: ≤0.08F·S

四、变形测量情况分析

(一) 坡顶水平位移数据分析

1单元各测量点最大位移10.2-11mm, 2单元各测量点位移18.1-30.2mm, 1单元变形控制明显优于2单元, 详见表3。

表3 坡顶水平位移测量点成果表

单元号	测量点号	最终位移量 (mm)
1单元	HV42	11.0
	HV43	10.2
2单元	HV38	30.2
	HV39	18.1
	HV40	22.8
	HV41	15.0

(二) 坡顶竖向位移数据分析

1单元各测量点最大位移1.3-2mm, 2单元各测量点位移6.2-13.6mm, 1单元沉降控制明显优于2单元, 详见表4。

表4 坡顶竖向位移测量点成果表

单元号	测量点号	最终位移量 (mm)
1单元	HV42	-1.3
	HV43	-2
2单元	HV39	-13.6
	HV40	-6.2
	HV41	-12.6

(三) 预应力锚杆轴力数据分析

1单元各测量点最大变化值0.43-18.56kN, 2单元各测量点位移0.63-106.79kN, 其中2-2号点是由于第一次锚杆张拉没有到位, 进行了第二次张拉, 到基坑开挖后期及使用过程中, 锚杆轴力测量情况趋于稳定。最终变化量详见表5。

变形监测总体分析:

(1) 根据基坑变形监测数据, 基坑坡顶水平位移变形主要出现在基坑开挖初期和中期, 基坑在开挖过程后期垫层施工后至基坑回填曲线趋于平缓, 基坑趋于稳定。

(2) 坡顶水平位移和竖向位移最终均控制在了基

表5 预应力锚杆轴力测量成果表

位置	轴力初始值 (kN)	最终测试值 (kN)	累计变化值 (kN)
1-1	236.94	255.50	18.56
1-2	301.00	301.43	0.43
1-3	296.28	307.95	11.67
1-4	105.94	111.81	5.87
1-5	221.85	219.43	-2.42
2-1	320.71	320.08	-0.63
2-2	341.78	234.99	-106.79
2-3	226.87	238.85	11.98

坑深度的1%以内, 变形控制的比较理想。

(3) 1单元的变形控制明显优于2单元。

五、总结与体会

经对两种防护型式进行变形监测分析, 对于基本直立开挖的岩质超深基坑, 采用多级微型桩锚杆防护或格构梁锚杆防护+多级微型桩锚杆防护均能保证基坑的稳定性^[4]。采用微型桩超前防护的型式, 比格构梁锚杆防护的型式, 在控制坡顶变形方面有明显的优势。对于坡顶有变形控制要求的基坑或边坡, 建议选用有超前防护结构的防护型式。对于坡顶变形控制要求不太高的基坑或边坡, 可以选择经济性更好的格构梁锚杆防护。

参考文献

[1] 张芳茹, 张启军. 紧邻地下管线条件下深基坑防护设计与施工[J]. 现代矿业, 2009, (5), 134-137.

[2] 何小勇, 张芳如. 钢管桩结合预应力锚杆在超深基坑防护工程中的应用[J]. 现代矿业, 2009, (10), 123-126.

[3] 兰徽. 全站仪水准法在基坑沉降监测中的分析与应用[J]. 福建建材, 2020(8): 20-21.

[4] 张启军, 冯雷等. 岩质基坑过大变形分析与加强防护设计[C]. 中国岩土锚固协会第21次学术研讨会论文集, 人民交通出版社, 2012.10, 146-151.

作者简介: 汤赛(1993年3月18日), 男, 汉族, 江苏省徐州市, 工程师, 主要从事市政工程、水文地质与工程地质。

通讯作者简介: 张启军(1974年10月25日), 男, 汉族, 山东省青岛市, 正高级工程师, 硕导, 主要从事水文地质与工程地质专业研究与应用。