

基于新型材料的绿色装配式边坡支护形式及施工技术研究

刘羽涵¹ 段富强² 王康³ 张乐² 高保转²

1 中国雄安集团基础建设有限公司, 河北 保定 071700

2 中国建筑土木建设有限公司, 北京 100073

3 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 200112

[摘要]随着我国经济社会的发展,各种工程项目如火如荼的进行。其中,建筑深基坑护坡领域颇受到人们的关注。文章中研究了基于新型材料的绿色装配式边坡支护的形式及施工方法,来替代以往施工过程中的在钢筋网片上喷射混凝土的支护形式。并且详细考察了绿色装配式防护坡面的抗拉强度、防水性能、及其可回收性质的研究。通过文章中的研究,证实了基于新型材料的绿色装配式边坡支护技术具有良好的工程质量和特性,满足工程需要,是一种替代采用钢筋网片上喷射混凝土的支护方法的有力技术手段。

[关键词] 基坑; 边坡支护; 绿色装配; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v3i10.2721

中图分类号: TU473

文献标识码: A

Research on Green Fabricated Slope Support Form and Construction Technology Based on New Materials

LIU Yuhan¹, DUAN Fuqiang², WANG Kang³, ZHANG Le², GAO Baozhan²

1 China XIONGAN Group Infrastructure Construction Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071700, China

2 China Construction Civil Engineering Co., Ltd., Beijing, 100073, China

3 China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Shanghai, 200112, China

Abstract: With the development of China's economy and society, various engineering projects are in full swing. Among them, the field of building deep foundation pit slope protection has attracted people's attention. In this paper, the form and construction method of green prefabricated slope support based on new materials are studied to replace the support form of shotcrete on steel mesh in the past construction process. In addition, the tensile strength, waterproof performance and recyclability of the green prefabricated slope were investigated in detail. Through the research in this paper, it is confirmed that the green prefabricated slope support technology based on the new material has good engineering quality and characteristics, and meets the needs of the project. It is a powerful technical means to replace the support method of shotcrete on steel mesh.

Keywords: foundation pit; slope support; green assembly; construction technology

引言

随着我国经济社会的发展,各种工程项目如火如荼的进行。其中,建筑深基坑护坡领域颇受到人们的关注^[1-3]。目前,在建筑基坑支护工程中,为了保护基坑周边环境的安全以及水土流失进行基坑支护。常见的普遍做法是在坑壁上铺设钢筋网片进行喷射混凝土,实际操作时既存在混凝土输送管爆管的风险,又容易引起大气污染,造成了人力物力的浪费。因此,寻求一种简易、轻便的边坡支护形式,特别是对环境的污染程度小,使工程进度加快,方便快捷,具有良好的经济效益和实用价值。

本文研究了基于新型材料的绿色装配式边坡支护的形式及施工方法,通过替代以往施工过程中的在钢筋网片上喷射混凝土的支护形式,可以避免混凝土输送管爆管以及环境污染。此外,鉴于该绿色装配式边坡支护的形式及施工方法,该新型施工工艺还可以缩短工期和节约资金。在本论文中,我们将重点研究绿色装配式防护坡面的抗拉强度。通过本文的研究,证实了基于新型材料的绿色装配式边坡支护技术具有良好的工程质量和特性,满足工程需要,是一种替代采用钢筋网片上喷射混凝土的支护方法的有力技术手段。

1 新型材料的绿色装配式边坡支护的形式及施工方法

本课题以雄安容东管廊项目为依托,来研究基于新型材料的绿色装配式护坡技术。

1.1 新型材料的绿色装配式边坡支护的形式

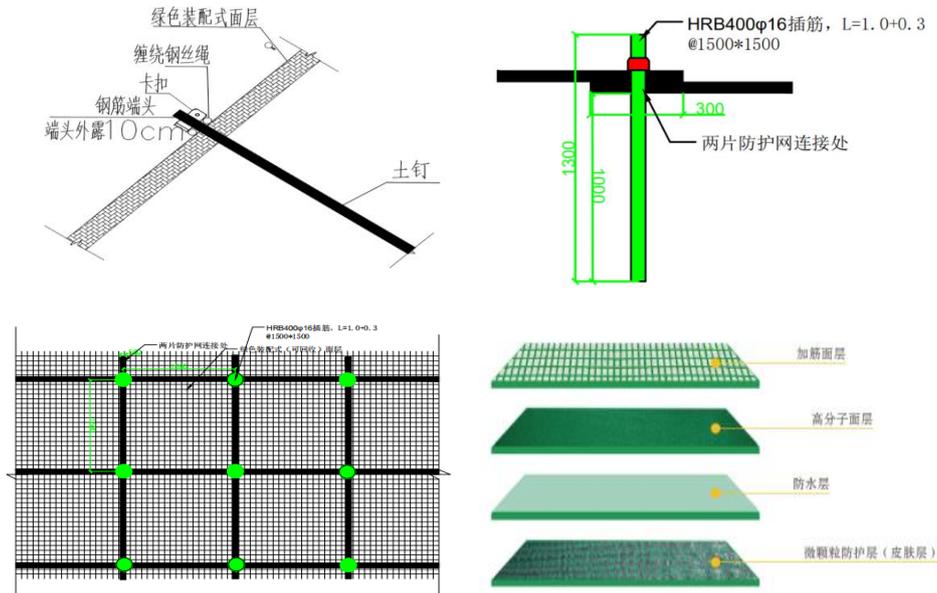


图1 新型材料的绿色装配式边坡支护的形式

图1给出了新型材料的绿色装配式边坡支护的形式。新型结构由土钉、面层、土钉卡扣、钢丝绳等组装而成。其中，绿色装配式面层由四层构成。从上至下分别是加筋面层、高分子面层、防水层以及微颗粒防护层（皮肤层）。

1.2 新型材料的绿色装配式边坡支护的施工流程

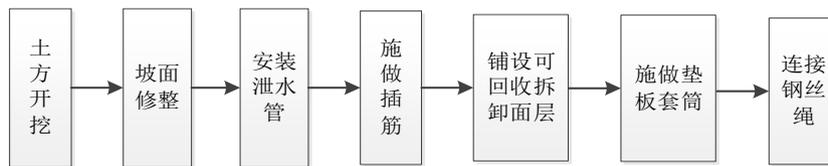


图2 新型材料的绿色装配式边坡支护的施工作业流程图

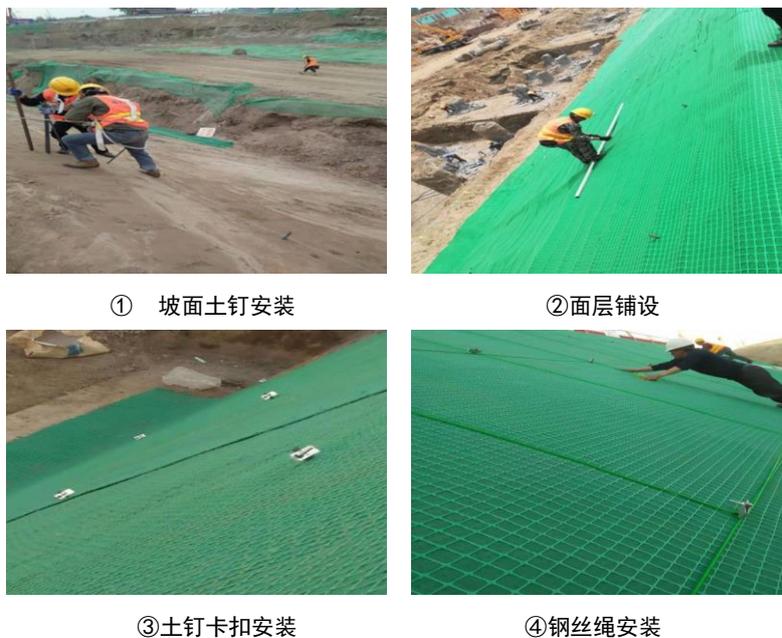


图3 新型材料的绿色装配式边坡支护的施工作业作业图

图 2 和图 3 给出了具体的新型材料的绿色装配式边坡支护的施工工序流程图。具体的工艺操作如下。

(1) 施工准备

根据设计坡度要求先用挖机挖坡修整，再人工修整剩余土体边坡，从而达到设计要求的坡度及平整度。

(2) 坡面修整

①机械修坡：根据设计坡度要求先用挖掘机挖坡再采取挖机端头焊接钢板的方式来刮平小坑洞，去除突出的部分；

②人工修坡：铺设前，人工再次修整边角部分；

③修坡质量达到验收标准，达到设计要求的坡度及平整度。

(3) 地锚施工

①坡顶及坡脚采用地锚固定，地锚采用螺纹钢筋、直径不小于 16mm，间距与土钉（锚杆）水平间距相同，土钉（锚杆）制作时应比设计长出 50~100mm，以满足锁定需要；

②坡脚采用混凝土与地锚连接进行压脚处理，混凝土截面尺寸 >300mm*80mm。

(4) 土钉（插筋）施工

①土钉（插筋）加工

A. 根据设计下料土钉（插筋）长度。

B. 安放时，土钉（插筋）外露孔口 50-100mm。

②插筋施工工艺流程

A. 土钉（插筋）施工工艺流程如下：测量放线定位—土钉（插筋）制作—土钉（插筋）打入—完成。

B. 技术要求

测量放线：测量组需对边坡按设计坡度进行放样，并用纵横交叉线拉直以便确定边坡修整的情况，且测量组需做好书面和现场的技术交底工作。

土钉（插筋）角度按图纸角度，土钉（插筋）水平方向、垂直方向钉距误差不得大于 20mm，土钉（插筋）偏斜尺寸不得大于长度的 3%，土钉（插筋）施工允许偏差见表 1：

表 1 土钉（插筋）允许偏差表

序号	项目	允许偏差值
1	长度	±50mm
2	间距	±100mm
3	倾角	±3%

③土钉（插筋）安置

土钉（插筋）杆体材料采用 HRB400 ϕ 16 螺纹钢筋，间距 1.5m，杆体制作时应比设计长出 50~100mm，以满足锁定需要。土钉（插筋）采用人工或机械直接打入土体。

(5) 绿色装配式（可回收）面层施工

根据现场情况，确定防水层及面层卷材尺寸，裁剪后予以试铺，裁剪尺寸要准确。检查搭接宽度是否合适，搭接处应平整，搭接宽度按设计要求（上幅面层+下幅面层宽度不小于 300mm），松紧适度，先铺设防水层，防水膜面朝外，再铺设格栅面层，注意防水层与面层搭接位置错开 500mm 以上。技术面层用人工滚铺，坡面要平整，并适当留有变形余量。技术面层的安装采用缝合的方法，缝合的宽度为 200mm 以上；或根据现场实际情况采用扎丝绑扎，绑扎间距不大于 150mm，确保搭接部位连接牢靠。

接缝须与坡面线相交；在坡面上，对面层的一端进行锚固，然后从坡面放下以保证面层保持拉紧的状态。

通过连接构件（ ϕ 6 钢丝绳）将土钉在纵向与横向连接，土钉端部用专用卡扣锁死。

面层的安装采用缝合的方法如图 1 所示，缝合的宽度为 0.2m 以上。接缝须与坡面线相交；与坡脚平衡或可能存在应力的地方，水平接缝的距离须大于 1.5m。通过连接构件（ ϕ 6 普通钢丝绳）将土钉（插筋）在纵向与横向连接，土钉（插筋）通过丝扣与土钉连接。

(6) 绿色装配式面层翻边施工

绿色装配式面层在距离边坡坡顶外至少 0.5m 范围进行翻边,插筋采用 1m 长、直径 16mm 的 HRB400 钢筋,间距 1.5m,并用钢丝绳连接,最后浇筑 8-10cm 厚 C20 混凝土硬化层,浇筑混凝土前先按照项目部工程部测量定出的混凝土顶面标高支模板,然后浇筑混凝土,最后进行混凝土的抹平及养护。

绿色装配式面层在距离边坡坡脚 0.3m 范围进行翻边,土钉采用 1m 长、直径 16mm 的 HRB400 钢筋,在距坡脚 0.3m 外位置处进行锚固,具体位置可根据实际情况进行微调,纵向间距 1.5m,并用钢丝绳连接,最后浇筑 8-10cm 厚 C20 混凝土。

1.3 新型材料的绿色装配式边坡支护的检验和验收标准

通过新型材料的绿色装配式边坡支护的外观观察来评价外观疵点,具体评价见表 2。

表 2 外观疵点的评定

序号	疵点名称	轻缺陷	重缺陷	备注
1	面不均、折痕	轻微	严重	
2	杂物	软质,粗 $\leq 5\text{mm}$	硬质;软质,粗 $> 5\text{mm}$	
3	边不良	$\leq 300\text{cm}$ 时,每 50cm 计一处	$> 300\text{cm}$	
4	破损	$\leq 0.5\text{cm}$	$> 0.5\text{cm}$;破洞	以疵点最大长度计

此外,我们还进行了新型材料的绿色装配式边坡支护的抗拉强度。

2 新型材料的绿色装配式边坡支护应用在容东片区一级放坡的验算与证实

我们首先对高分子复合材料进行检测,证实该面层材料的外观质量和断裂强度等性能指标符合施工要求。接下来,我们将基于新型材料的绿色装配式边坡支护技术应用到东片区一级放坡上,并对去进行了整体稳定验算、喷射混凝土面层计算、以及技术产品参数设计计算(土压力和轴向拉力计算)。图 4 给出了容东片区一级放坡示意图。

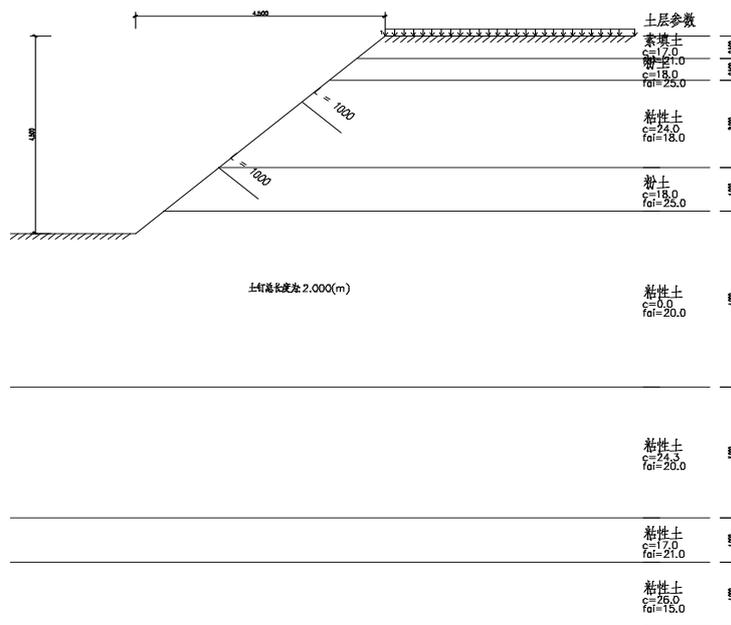


图 4 一级放坡示意图

2.1 整体稳定验算

整体稳定计算方法采用瑞典条分法,并考虑地下水作用。整体稳定验算的计算条件见表 4,结果如下表 5 所示。结

果表明，整体稳定性满足要求。

表 4 整体稳定验算的计算条件

整体稳定计算方法	瑞典条分法
考虑地下水作用的计算方法	总应力法
条分法中的土条宽度	0.500 (m)
基坑底面以下的截止计算深度	1.000 (m)
基坑底面以下滑裂面搜索步长	1.000 (m)
搜索最不利滑裂面是否考虑加筋	是
施工期整体稳定安全系数折减	1.000
整体滑动稳定安全系数	1.300

表 5 整体稳定验算结果

工况号	安全系数	圆心坐标 x (m)	圆心坐标 y (m)	半径 (m)
1	3.042	3.314	5.390	2.641
2	2.215	1.644	6.269	4.981
3	1.163	1.029	4.895	5.984

2.2 喷射混凝土面层计算

我们针对喷射混凝土面层进行了计算，如表 6 所示。结果表明，喷射混凝土面层的荷载值较高，满足要求。

表 6 喷射混凝土面层计算结果

编号	深度范围	荷载值 (kPa)	轴向	M (kN·m)	As (mm ²)	实配 As (mm ²)
1	0.00-1.50	0.0	x	0.000	238.3 (构造)	335.1
			y	0.000	238.3 (构造)	335.1
2	1.50-3.00	0.3	x	0.022	238.3 (构造)	335.1
			y	0.022	238.3 (构造)	335.1
3	3.00-4.50	26.3	x	2.179	238.3 (构造)	335.1
			y	2.179	238.3 (构造)	335.1

2.3 技术产品参数设计计算之土压力计算

根据放坡规律，土压力需坡度采取折减措施，坡面配筋抗拉也采取相应的折减方法。绿色面层所受的侧向平均主动土压力强度 P_{ks} 可按下式估算：

$$P_{ks} = \eta \cdot \xi \cdot p_{ak} \quad (1)$$

式中： η ——受土钉影响的主动土压力折减系数，根据土钉的间距和排距等确定，无经验时，可取 0.5~0.7，其中，黏聚力大的土体取大值，黏聚力小的土体取小值；

ξ ——坡面倾斜时的主动土压力折减系数；

p_{ak} ——土钉间计算单元中点处由支护土体自重及附加荷载共同引起的主动土压力强度标准值 (kPa)。

根据剖面情况及土体参数，计算侧向平均主动土压力强度为 15.8kPa。具体参数和计算结果如下表 7。

表 7 技术产品参数设计计算之土压力计算及相关参数

序号	坡段	坡比	土压力强度(坡面倾斜折减后)kPa	土拱折减	侧向平均主动土压力强度 kPa
1	第一坡段	1:1	26.3	0.6	15.8

2.4 技术产品参数设计计算之轴向拉力计算

绿色装配式面层的轴向拉力标准值可按下式计算：

$$N_{kx} = \frac{\lambda_x \times P_{ks} \times S_x \times S_z}{4\omega_x} \sqrt{1 + 16\omega_x^2} \quad (2)$$

式中： P_{ks} ——土钉间计算单元内的平均侧向主动土压力强度（kPa）；

ω ——装配式面层变形曲线矢高与土钉间距的比值（即矢跨比），其中， $\omega_x = f/S_x$ ， $0 < \omega_x < 1/8$ ；

$\cot \beta$ ——边坡坡比之倒数；

λ_x 、 λ_s ——分别为作用在装配式面层上的荷载在水平方向每边和坡度方向每边的分配系数。

图5给出了土钉间面层轴向拉力计算简图。根据上述计算公式，当 $\omega_x=0.1$ 时，计算面层的轴向拉力标准值约23.9 kN。结果表明面层的轴向拉力符号拉伸强度要求。

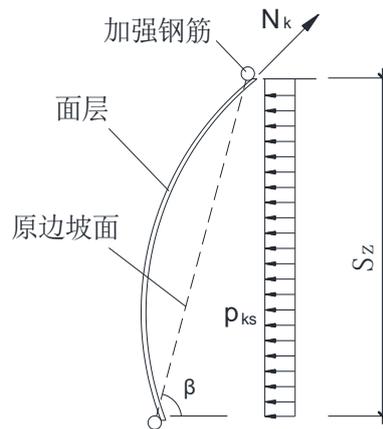


图5 土钉间面层轴向拉力计算简图

3 结束语

本文研究了基于新型材料的绿色装配式边坡支护的形式及施工方法。通过对绿色装配式防护坡面抗拉强度研究，获得的防护坡面抗拉强度较高提高了基坑整体结构的抗倾覆和稳定性。考虑到绿色装配式边坡支护技术的减小环境污染、节约资金、以及提高工作效率等优点，其必将成为未来发展的主流方法。

【参考文献】

- [1] 吴进松, 王棋杭, 王元顺. 新型装配式绿色建筑技术的运用研究[J]. 福建建材, 2018, 212(12): 45-47.
- [2] 薛海朋. 新型可回收基坑支护设计与数值模拟分析[D]. 河北: 河北大学, 2018.
- [3] 张寒松, 张嘉宸. 装配式可回收土钉墙基坑支护技术的研究与应用[J]. 建筑施工, 2018, 40(12): 68-70.

作者简介：刘羽涵（1984-），男，河南大学，本科学历，土木工程，中国雄安集团基础建设有限公司，高级业务经理，7年，中级职称。