

单斜岩质地层重力式挡墙抗滑移合理性设计

文继涛

(自贡市城市规划设计研究院有限责任公司, 四川 自贡 643000)

摘要: 基于西南山地较为常见的单斜岩质地层上修建重力式挡墙的情况, 通过对水平基底、倾斜基底、锚杆基础、台阶基础、加大埋置深度、台阶和锚杆联合基础六种基础处理方式, 分析各种方案的优缺点, 提出了合理化的基础抗滑移设计方案。

关键词: 单斜地层; 重力式挡墙; 基础处理; 抗滑移; 经济性

中图分类号: U417.1+1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)04-0042-03

0 引言

在中国西南地区, 岩石高边坡是工程建设中的主要地质环境和工程载体^[1], 受多期构造地质作用和强烈的河谷动力学过程, 边坡形成了众多特殊的变形破裂现象^[2], 而受河流下切和地质构造影响外部影响, 岩体风化、卸荷和地下水等因素内部影响, 单斜顺层破碎构成了该类岩体的主要特征。四川大渡河流域畔的汉源新县城是该类地质条件的典型的代表。对于该类岩质地层情况下, 重力式挡墙结构设计基本由抗滑移控制, 故做好挡墙的抗滑移构造设计是决定挡墙工程安全、经济的主要因素, 为使设计更加经济合理, 在挡墙设计时对挡墙抗滑移进行了多方案的比选, 提出更为合理的技术措施, 为以后类似工程积累经验。

1 模型建立

首先建立以 12 m 高的衡重式路肩挡墙为模型, 考虑土压力、场地顶部荷载的工况: 土压力水平分力 (E_x+E_{x1}) 为 345.7 kN, 土压力竖向分力 (E_y+E_{y1}) 为 178.6 kN, 挡墙加衡重台上填土总重力 ($W+W_1$) = 828.6 kN, 基底摩擦系数取 $f=0.5$; 基底以中风化岩石为持力层。

1.1 挡墙基底为水平基底

计算挡墙示意图 1。

抗滑移力 = $(W+W_1+E_y+E_{y1}) \cdot f = (178.6+828.6) \cdot 0.5 = 503.6$ kN,

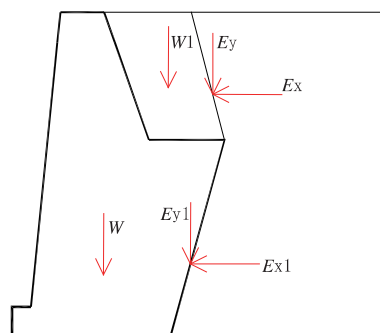


图1 水平基底衡重式挡墙抗滑计算

滑移力 = $E_x+E_{x1}=345.7$ kN,

抗滑移系数 = 抗滑移力 / 滑移力 = $503.6/345.7 = 1.458$ 。

1.2 挡墙基底为倾斜基底

对于带单向外倾的岩质地层往往发育有一定程度的软弱结构面, 为减小挡墙自重和水平推力在顺层方向的分力, 避免沿软弱夹层滑动, 挡墙基底倾斜度不宜太陡, 经验算取 1 : 0.1 较合适, 即倾斜基底与水平面夹角为 5.71° , 计算示意图 2。

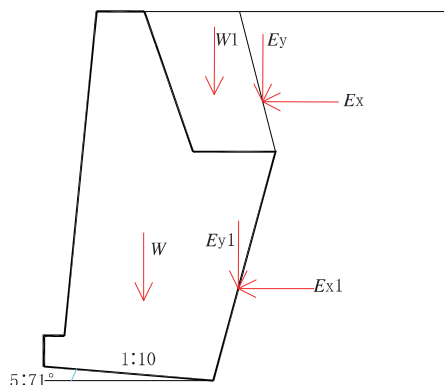


图2 倾斜基底衡重式挡墙抗滑计算示意图

抗滑移力 = $[(W+W_1+E_y+E_{y1}) + (E_x+E_{x1}) \cdot \tan\alpha] \cdot f = (178.6+828.6+345.7 \cdot 0.1) \cdot 0.5 = 538.2$ kN,

收稿日期: 2020-10-12

作者简介: 文继涛(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 副总工程师, 从事道路桥梁设计工作。

滑移力 = $E_x + E_{x1} - (W + W_1 + E_y + E_{y1}) \cdot \tan \alpha = 345.7 - 1\,007.2 \cdot 0.1 = 245 \text{ kN}$,

抗滑移系数 = 抗滑移力 / 滑移力 = $538.2 / 245 = 2.196$ 。

通过对挡墙基底为水平和倾斜时的抗滑移计算看出,采用倾斜基底可以大大的增加挡墙的抗滑移稳定性,故也是目前国内挡墙设计时采取最为广泛和最有效的保证措施。

1.3 挡墙基底为台阶基底

根据汉源新县城工程地质报告:“场地内基岩主要为三叠系上统须家河组(T3X)砂岩、页岩和碳质页岩和奥陶系下统(O1)砂岩夹泥岩,浅表部岩体内层间错动带局部较发育,深部微新岩体内错动带闭合不显现,中等风化下限以上岩体受风化卸荷等改造,局部错动带弱化形成软弱夹层,在三叠系砂页岩中等风化岩体内为泥夹碎屑型夹层,奥陶系砂岩中等风化下限以上局部存在紫红色泥岩软弱夹层。拟建场地为顺向坡,岩体以薄层~中厚~厚层状砂岩和泥质砂岩为主,岩层倾角在 $10^\circ \sim 15^\circ$,矿物成份以长石、石英为主,次为岩屑及云母碎片,泥质胶结,节理裂隙发育,结构面可见铁、锰质浸染,所取岩芯大部呈碎块状,部份地段有软弱夹层(泥质或泥夹碎屑)存在^[3]。”

由以上地质报告内容可见,场地的岩土均为单向、倾斜并带有软弱结构面的斜坡地层,其岩层倾角在 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。该特殊的地质构造就决定了实际施工不能达到设计要求的挡墙基底为水平或倾斜的状态。在工程施工过程中由于岩体本身的层状特性,挡墙基槽很难形成满足设计要求的倾斜基底,实际开挖基槽多形成台阶状,见图3。由1.2挡墙基底为倾斜基底计算可以看出,倾斜基底确实为挡墙抗滑移的非常有效措施,但由于单斜地层往往层厚较薄、岩体内部节理裂隙发育,施工中难以形成逆坡。台阶基础衡重式挡墙抗滑计算示意图见图4。



图3 挡墙基槽开挖后基底图

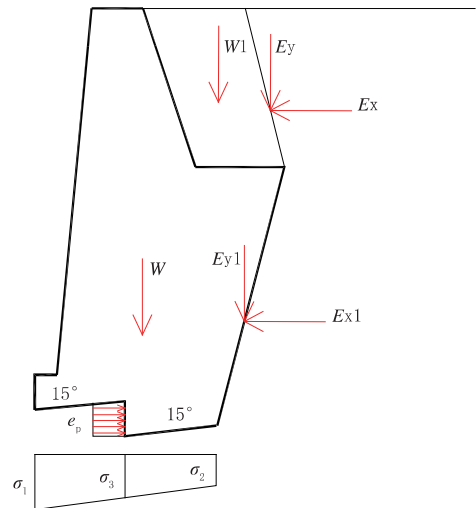


图4 台阶基础衡重式挡墙抗滑计算示意图

抗滑移力 = $(W + E_y) \cdot f + e_p \cdot h = (828.6 + 178.6) \cdot 0.5 + 287.3 \cdot 0.4 = 618.52 \text{ kN}$, $e_p = 0.5\lambda(\sigma_1 + \sigma_2) \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 0.5 \cdot 0.3 \cdot (395 + 243.3) \cdot \tan^2(45^\circ + 15^\circ) = 287.3 \text{ kN/m}$, 滑移力 = $E_x + W \cdot \sin 15^\circ = (295.7 + 828.6 \cdot 0.259) = 510.3 \text{ kN}$, 抗滑移系数 = 抗滑移力 / 滑移力 = $618.52 / 510.3 = 1.21$ 。其中:凸榫提供抗力: $\sigma \cdot h = 316.9 \cdot 0.4 = 126.8 \text{ kN}$, 由于基底为顺向坡增加滑移力: $W \cdot \sin 15^\circ = 828.6 \cdot 0.259 = 214.5 \text{ kN}$ 。

上述公式中: h 为台阶高度, 取 0.4 m ; λ 为被动土压力系数, 取 0.3 ; σ_1 、 σ_2 、 σ_3 分别为墙趾、墙踵、台阶处基底的压应力 (kPa); ϕ 为台阶处地基土的内摩擦角($^\circ$), 取 30° 。

1.4 挡墙基底为锚杆基础

在挡墙基底增加锚杆, 既可以增加挡墙基础抗滑移阻力, 同时又可以加固地基多层岩层的整体性。

采用 $\phi 25$ 的锚杆, 沿挡墙轴线方向间距 1.5 m 、共布置 4 排, 锚入基岩 3 m 、挡墙 1.5 m 。故 4 根锚杆截面积 $A_g = 1962.5 (\text{mm}^2)$ 。

锚杆增加的抗滑力: $N_g = A_g \tau_g / 1.5 = 1962.5 \cdot 120 / (1000 \cdot 1.5) = 157 \text{ kN}$

其总的抗滑力为: $(W + E_y W) \cdot f + N_g = (178.6 + 828.6) \cdot 0.5 + 157 = 660.6 \text{ kN}$,

抗滑移系数 = 抗滑移力 / 滑移力 = $660.6 / 510.3 = 1.29$ 。

锚杆基础衡重式挡墙抗滑计算示意图见图5。

1.5 增加基底埋置深度

假设增加 1.5 m 的埋置深度:

抗滑移力 = $(W + E_y W) \cdot f + E_p = (178.6 + 828.6) \cdot 0.5 + 196.6 = 700.2 \text{ kN}$,

增加 1.5 m 的埋置深度所增加的墙前被动土压

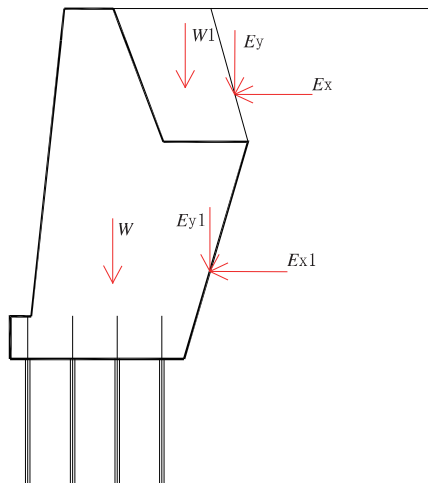


图5 锚杆基础衡重式挡墙抗滑计算示意图

力:

$$E_p = 1/2 \gamma h_2 (h_2 + 2d) \tan^2(45^\circ + \phi/2) = 0.5 \cdot 25 \cdot 1.5 \cdot (1.5 + 2 \cdot 1) \cdot \tan^2(45^\circ + 15^\circ) = 196.6 \text{ kN/m}。$$

$$\text{抗滑移系数} = \text{抗滑移力} / \text{滑移力} = 700.2 / 510.3 = 1.37。$$

式中: γ 为地基土容重, 取 25 kN/m^3 ; h_2 为假设地面下的埋置深度, 取 1 m ; d 为假设地面的深度, 取 1 m 。

1.6 挡墙基底为台阶加锚杆联合基础

由于台阶式基础抗滑移稳定性不足, 拟增设 $\phi 25$ 的锚杆, 沿挡墙轴线方向间距 1.5 m 、共布置 2 排, 锚入基岩 3 m 、挡墙 1.5 m 。故 2 根锚杆截面积 $A_g = 981.3 (\text{mm}^2)$ 。

$$\text{抗滑移力} = (W + E_y) \cdot f + e_p \cdot h + N_g = (828.6 + 178.6) \cdot 0.5 + 287.3 \cdot 0.4 + 78.5 = 697 \text{ kN},$$

$$\text{锚杆增加的抗滑力: } N_g = A_g \tau_g / 1.5 = 981.3 \cdot 120 / (1000 \cdot 1.5) = 78.5 \text{ kN}$$

$$\text{抗滑移系数} = \text{抗滑移力} / \text{滑移力} = 697 / 510.3 = 1.37。$$

上述公式中所有符合意义同前。

台阶加锚杆基础衡重式挡墙抗滑计算示意图见图 6。

2 比较结果

通过以上计算结果可得出:

(1) 由于于汉源新县城特殊的地质情况, 采用水平基底和倾斜基底均很难达到设计的要求, 故不能适用于汉源新县城单倾地层的地质特点。

(2) 采用台阶基底时不能满足规范要求的抗滑移系数, 若采用增加挡墙重力来解决, 则需要增加 4 m^3 毛石混凝土, 每延米增加造价 1880 元 。

(3) 采用 $\phi 25$ 的锚杆, 纵向 1.5 m , 横向 4 排的锚杆基础时, 每延米增加造价 1566 元 。

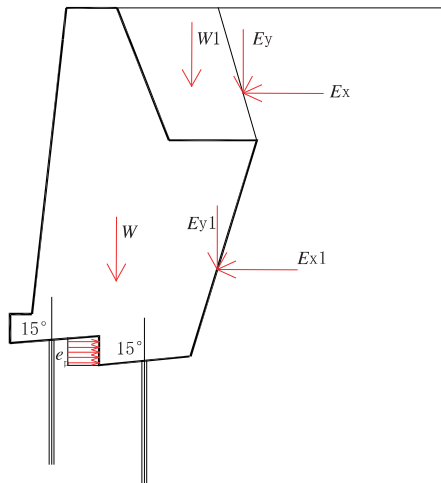


图6 台阶加锚杆基础衡重式挡墙抗滑计算示意图

(4) 通过增加基底埋置深度 1.5 m 时, 每延米增加 9.2 m^3 毛石混凝土, 每延米增加 4324 元 。

(5) 若结合台阶基础和锚杆联合使用, 每延米增加造价仅 783 元 , 取得的经济效益是十分显著的。根据对新县城总长 15 km 高度超过 12 m 的挡墙统计, 采用台阶和锚杆基础联合处理的方式, 相对传统的依靠增加挡墙重力的方式, 可以节约投资约 1600 万元 。

3 结 论

(1) 许多地质和设计人员在现场验槽工作中, 发现现场开挖地质情况比原设计较差时, 大多处理方式均是要求下挖, 通过本文计算表明, 该处理方式值得商榷, 由于土压力随挡墙高度成平方关系增加, 而被动土压力所作贡献仅为 $10\% \sim 30\%$, 增加投资 $30\% \sim 80\%$ 。故加深基础埋深不是较好的方式, 建议超挖深度不宜大于 2 m 。

(2) 锚杆基础不仅可以适当增加抗滑力, 且可增加抗倾覆力矩, 根据 12 m 高衡重式挡墙, 基底增设 2 排锚杆的计算结果: 锚杆可增加 18% 的抗滑移富裕度, 增加 16% 的抗倾覆富裕度, 增加地锚后占造价比例仅为 4.6% 。因此, 对于单斜地层应推广使用。

(3) 通过对六种基础处理的技术经济性比较可以得出: 对于一般地质情况, 采用倾斜基底的经济性和安全性最好, 其次为台阶式, 加大埋置深度经济效益最差; 对于单斜地层, 台阶和锚杆联合使用的方式经济性和安全性最好, 其次是锚杆基础式, 加大埋置深度的处理方式经济效益任然最差。

4 结 语

本文是作者根据汉源新县城挡墙设计时的一些

(下转第 48 页)

表1 区域交通协调优化系统与 Scats 系统对比表

交通量 /(pcu·h ⁻¹)	网格化区域每周期平均排队长度/(pcu/cycle)	
	实时道路路口数据	区域协调控制系统
<850	4.50	4.56
900	5.84	5.93
950	7.85	7.93
1 000	8.73	8.35
1 050	13.07	12.56
1 100	15.85	14.78
1 150	21.08	20.53
1 200	24.23	22.07
1 250	29.30	27.32
1 300	34.20	31.50

4 结 语

通过提出区域交通协调优化控制系统构成及模型建立的方法,依据上海道路合杆整治工程实际采集的检测数据作为模型训练样本,用于计算网格化

区域的区域交通协调优化控制系统预测结果,并与实际路况采集数据进行对比,得出以下结论:

(1)采用区域交通协调优化控制系统,经实际工程采集的数据验证是可行的,可供类似工程参考。

(2)采用区域交通协调优化控制系统,通过区域交通流预测用以调节最优绿信比与信号周期,在更大的时空范围内,对于现状路况进行信息服务的科学决策,对车流量进行更加智能的控制。

参考文献:

[1] 基于流量预测的城市单交叉口多相位交通信号的控制技术[D]. 石家庄:河北工业大学,2008.

[2] 基于模糊理论的若干城市交通问题研究[D].长沙:长沙理工大学,2008.

[3] 基于模糊神经网络的城市轨道交通行车间隔时间优化研究 [D].重庆:重庆交通大学,2013.

[4] 张康,魏武,李春元.基于模糊神经网络的交叉路口信号控制方法[J].公路与汽运,2007(5):39-42.

[5] 马庆禄,斯海林,郭建伟.物联网环境下城市交通区域联动的云控制策略[J].计算机应用研究,2013,30(9):2711-2714.

[6] Araghi S, Khosravi A, Creighton D. Intelligent Cuckoo search optimized traffic signal controllers for multi-intersection network[J].Expert Systems with Applications,2015,42(9):4422-4431.

(上接第44页)

体会和总结,工程设计中对于处理挡墙抗滑移方式是多样的,这里不在赘述,但应提醒的是挡墙抗滑移方式对于不同地质条件均有一定的适应性,应注意区分对待,不可盲目套用标准图集,应在实际工程中,结合工程地质情况,选择较为合理的基础处理方式。由于作者水平有限,错误之处难免,欢迎指正。

参考文献:

[1] 黄润秋.岩石高边坡发育的动力过程及其稳定性控制[J].岩石力学与工程学报,2008,27(8):1525-1544.

[2] 宋胜武,巩满福,雷承第.峡谷地区水电工程高边坡的稳定性控制研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(2):226-234.

[3] 中国水电顾问集团成都勘测设计研究院,四川省地质工程勘察院.汉源新县城乱石岗滑坡影响区治理工程设计专题报告[R].2008.

[4] 李文纲,陈卫东,张廷柱,等.西南山区复杂岩土工程研究与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2016.

[5] 中交第二公路勘察设计研究院有限公司.公路挡土墙设计与施工技术细则[M].北京:人民交通出版社,2008.

[6] 交通部第二公路勘察设计研究院.公路路基设计手册-路基(第二版)[M].北京:人民交通出版社,1997.

[7] JTG D30—2004,公路路基设计规范[S].