

# 重庆某高速公路深厚残坡积层地基滑坡处治设计研究

Design and Study on Landslide Treatment of Deep Qedl Foundation of a Certain Expressway in Chongqing

尚海  
SHANG Hai

(中交一公局第七工程有限公司 郑州 451452)

(No. Seven Engineering Co., Ltd. Of CCCC First Highway Engineering Co., Ltd. Zhengzhou 451452, China )

**摘要:** 对于公路行业来讲,重庆地区地质情况整体较差,特别是在遇见深厚残坡积地层时,公路设计、施工过程中,经常会遇见失稳、滑坡,滑塌等地质灾害。结合重庆某高速公路深厚残坡积地层滑坡处治的经验教训,总结研究勘察、设计过程中的经验参数、处治方案及注意事项,以期为以后的公路勘察、设计提供帮助。

**Abstract:** For the highway industry, the overall geological situation in Chongqing is poor, especially when encountering deep Qedl strata. During the design and construction process of highways, geological disasters such as instability, landslides, and collapses are often encountered. Based on the experience and lessons learned from the treatment of landslides in a deep Qedl formation on a certain expressway in Chongqing, this paper summarizes and studies the empirical parameters, treatment plans, and precautions during the survey and design process, in order to provide assistance for future highway survey and design.

**关键词:** 深厚残坡积层、滑坡处治、抗滑桩板墙、动态设计

**Key words:** Deep Qedl、Landslide treatment、Anti slip pile sheet wall、Dynamic design

## 1 引言

重庆山区地质复杂,且多以沉积软质岩为主,在公路工程的设计、施工过程中,需要储备较多的岩土知识和当地岩土参数的经验值或经验公式。特别是在滑坡处治过程中,岩土参数取值的合适与否,直接关乎滑坡处治的成败。

另外,滑坡处治施工过程中,设计人员、施工人员能否相互配合,根据现场实际情况,进行动态设计,同样关乎滑坡处治的成败。

本文以重庆某高速公路 ZK11+800 ~ZK11+920 段路基滑坡处治的过程为例,研究了适用于深厚残坡积层地基、新田沟组基岩、横向陡坡地面条件下的经验方案及计算方法,并且通过动态调整的结果,论证了复杂地层情况下,动态设计的重要性。以期提高设计、施工人员在施工过程中,对沟通、岩层校核的重视程度。

## 2 工程概况

ZK11+800 ~ZK11+920 段为填方分离式路基尾端,中央分隔带宽度 2~3m,右侧填高 5~6m,左侧为桩板墙路堤,桩顶填土高度 8m,坡率 1:1.5。桩板墙共设置抗滑桩 21 根,桩径 2 × 3m,桩中心间距 6m,最大桩长为 21m,最小桩长 7m,桩身埋深 4 ~ 11 米,桩身悬臂高度 3 ~ 10 米。路堤原地面线横向坡度约 1:2.5,右侧路堤坡脚存在沿水塘情况,左侧红线外分布梯田(水田)、水塘,路基整体属于穿冲沟而过。

该段路基在填筑完成一年后,在 2019 年 6 月当地连续降雨后突然发生路基失稳滑坡。路基左侧多根抗滑桩外倾,其中 9#、10#、11#抗滑桩位移最大,分别为 135cm、147cm、125cm,在路基左侧坡面中部、路床中分带附近出现大范围开裂,裂缝长近百米,宽 3 ~ 10cm,缝深最大可见深度 50cm,最大沉降 5cm。左幅路基红线外房屋多见竖向开裂,院侧水井开裂,井内水位下降。为此,对左幅路基进行了紧急卸载,卸载平均厚度 8m。

## 3 地质水文情况

### 3.1 地层岩性

结合原地质勘察资料和补勘结果,认为勘察区分布第四系全新统人工填土(Q4m1),残坡积(Q4e1+d1)含碎石粉质黏土、粉质黏土,基岩为侏罗系中统新田沟组(J2x)粉砂质泥岩、砂岩。

### 3.2 气候水文

勘察区属亚热带温暖湿润季风气候区,全年平均气温 18.0℃,多年平均降水量 1141.8mm,多年日最大降水量为 400mm(1979 年 8 月)。4~9 月降雨集中,高达 816.2mm,占全年降雨量的 76%。并且每年 6~8 月都有 1~2 次的暴雨或大暴雨,月降雨量达 50.9~195.3mm。滑坡区域勘察期间地表水、松散岩类空隙水、基岩裂隙水丰富。

## 4 处治方案设计 & 施工

### 4.1 滑坡专项勘察

滑坡经地质专勘后,认为滑坡总体平面形态近似呈扇形,滑坡前、后缘相对高差约 30m,滑坡宽约 95m,纵向长约 86m,面积约 8.0 × 10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>,桩前滑体平均厚度约 7.0m,桩后滑体平均厚度约 14.0m,体积约 6.5 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,为一中型土质滑坡。

边坡滑动变形主要由于基底下伏粉质粘土层较厚,抗滑桩桩底未有效嵌固至中风化层,路基基底横向坡度较大,在多日连续降雨影响下,粉质粘土层岩土参数降低,路基填料的荷载增大,从而形成了推移式滑坡,且滑动影响范围较大。

勘察在垂直路线方向共布设 3 个断面,其中以 2-2' 断面为主轴面。根据钻孔芯样和现场情况,共拟定两个滑面,滑面一为现状滑面位置,滑面二为潜在滑面位置,如图 1 所示。

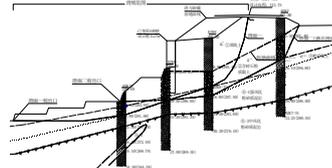


图 1 2-2' 断面滑面

按《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)传递系数法公式(7.2.2-1)、(7.2.2-2)反算滑面参数及规范要求安全系数下的下滑力,计算结果如表 1、2 所示。

表 1 2-2' 断面滑面一剪出口剩余下滑力 (KN/m)

工况	紧急卸载后	紧急卸载前
天然工况	2.9	465.9
暴雨工况	630.9	1100

表 2 2-2' 断面滑面二剪出口剩余下滑力 (KN/m)

工况	紧急卸载后	紧急卸载前
天然工况	457.3	755.2
暴雨工况	726.8	1026.6

(注:滑面二为潜在滑面,目前滑面并未贯通,上述数据为模拟滑面贯通后的数值。)

图 2 2-2' 滑面一各滑块

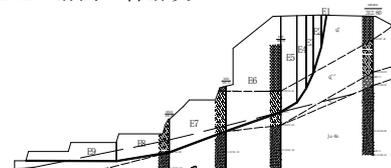


表 3 2-2' 断面滑面一各滑块剩余下滑力 (KN/m)

序号	安全系数	传递系数	剩余下滑力
1	1.15		111.04

2	1.15	0.915	606.88
3	1.15	0.952	1200.65
4	1.15	0.951	1902.24
5	1.15	0.809	2151.75
6	1.15	0.942	2346.70
7	1.15	1.004	2501.66
8	1.15	0.947	2001.58
9	1.15	0.959	1100.00

4.2 处治方案的确定

经分析比较,确定将滑面一暴雨工况条件下做为支撑设计控制滑面。综合考虑征地、造价、施工风险、难易程度后,决定在路基左侧再往下放两级边坡后,施做桩板墙支撑。

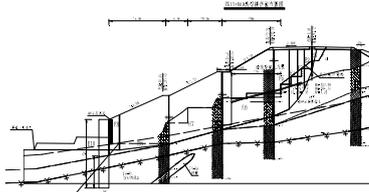


图3 主滑面处治横断面

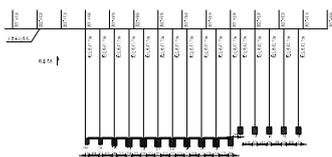


图4 滑坡处治布桩平面图

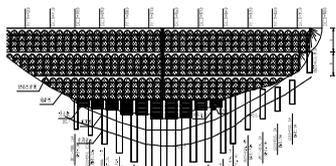


图5 滑坡处治布桩立面图

主要处治措施有:

(1) 桩板墙支撑。在主滑动区间内,路基放3级边坡后,设置桩板墙支撑;小桩号侧放坡2.5级后,即原9#滑块中部施做桩板墙支撑。抗滑桩桩径有三种,分别为1.5m×2.5m、2m×3m、2.5m×3.5m,共计新增16根抗滑桩。

该措施将抗滑桩设置在滑坡抗滑段尾部,充分利用抗滑段路基填土反压,在减少桩径尺寸的同时,有效减少了抗滑桩悬臂段的高度,减少了深厚层粉质粘土的影响。同时路基填土反压作用下,潜在滑面的稳定性进一步提高,经计算,潜在滑面稳定性满足规范要求。

(2) 清淤换填+开挖大型台阶+碎石盲沟排水措施。在新填路基基底进行清淤换填开山石渣;为增加横向稳定性,对横向陡坡地段开挖大型台阶;为增加基底排水能力,在基底铺设了横、纵向碎石盲沟。

(3) 拆除原抗滑桩桩间板,对内侧土体重新翻挖填筑。原桩板墙的挡土板是否拆除,实为两种受力模型,本方案为保证路基的整体性,受力的一致性,对桩间挡土板进行了拆除。

表4 设计方案的稳定性计算结果

计算内容	计算结果		规范要求值		备注
	天然工况	非正常工况 I	正常工况	非正常工况 I	
路堤堤身稳定	1.45	1.31	1.35	1.25	满足
沿原滑面稳定	1.5	1.38	1.3	1.2	满足
沿原地表	1.45	1.38	1.3	1.2	满足
路堤和地基整体稳定性	1.38	1.29	1.35	1.25	满足

其中,路堤堤身稳定性、路堤和地基整体稳定性宜采用简化 Bishop 法,考虑到本项目路堤填料和下伏含碎石粉质粘土层

碎石含量较大且不均匀,很难达到均质体标准,计算路堤和地基整体稳定性时建议采用似圆弧滑动滑面。路堤沿原地表稳定性计算采用不平衡推力法,即《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)中式(3.6.10-1)、(3.6.10-2)计算。

4.3 施工过程及动态设计

抗滑桩施工,采用了人工挖孔方式,十分有利于对孔底渣样的分析、检验和对孔壁基岩裂隙、岩层产状、地下水位的调查。

通过不断的对比分析发现:该地区新田沟组基岩互层频繁,裂隙发育,基岩面标高起伏程度较地勘判断的更大,原抗滑桩计算的结果需要调整。在动态设计过程中,施工、设计人员对每根桩每延米渣样进行了分析、鉴定,然后设计人员根据地质变化,对每根桩受力进行了计算,确定了不同的最终桩长。具体桩长变化如表5所以。

表5 设计桩长与终孔桩长对比表

桩号	设计桩长	增减桩长	最终桩长
1	8	10	18
2	8	6	14
3	10	6.5	16.5
4	13	4.5	17.5
5	16	1	17
6	18	0	18
7	21	-4	17
8	21	1	22
9	23	0	23
10	23	0	23
11	23	-1	22
12	21	2	23
13	18	6	24
14	14	4	18
15	12	2	14
16	10	2	12

(注:现场开挖实际情况发现,勘察阶段一个桩位钻孔钻到了大型孤石上。)

4.4 桩身位移检测

此滑坡处治过程中,为保证新设抗滑桩施工过程中的安全,增加新旧路基填筑的整体性,结合原卸载措施,对原抗滑桩内侧路堤进行了大规模开挖,使滑体在暴雨工况下,安全稳定系数也在1.1以上。所以本次监测,主要是对新建抗滑桩的位移进行了长时间的位移监测和周边房屋的裂缝监测。

待路基重新填筑成型,经过一个雨季后,对比监测数据发现,新设置的16根抗滑桩,桩顶位移量最多4.6cm,为10#桩,与计算的正常工况下的位移量5.7cm相近。

5 结论

经过该滑坡处治的勘察、设计、施工,总结经验如下:

(1) 在于新田沟组地层,考虑到砂泥岩频繁互层、裂隙发育等原因,其抗滑桩计算时,各岩层地基系数宜采用“m”法,且参数不宜取高。总结该地区多处抗滑桩设计数据后认为:滑面以上做为悬臂段考虑时,嵌入段长度不宜小于桩长1/2,且嵌入中风化层内长度不宜小于桩长1/3。

(2) 在残积体上填筑路基,除加强地质勘察外,还应加强路基+基底的整体稳定性验算,推荐采用简化 Bishop 法。在验算过程中,需根据残积体中各物质的含量多少,如碎石含量,确定是采用似圆弧滑面还是圆弧滑面。一般来讲,圆弧验算的安全系数值,较似圆弧的高。当残积体上碎石含量较多,路基填料也不均匀时,似圆弧折线滑面更接近实际。

(3) 在地质复杂区域,设计和施工需要加强沟通,特别是设计单位,应充分对实施过程加强调查,实施动态设计。

参考文献:

[1]中华人民共和国交通运输部.公路路基设计规范[M].北京:人民交通出版社,2015.  
 [2]吴万平.公路路基设计规范释义手册[M].北京:人民交通出版社,2015.  
 [3]中华人民共和国交通运输部.公路滑坡防治设计规[M].北京:人民交通出版社,2018.