

文章编号: 0451-0712(2005)11-0115-05

中图分类号: U412

文献标识码: B

# 软基处理路堤极限填高计算分析

柳雁玲, 佘磊, 江娟

(吉林大学建设工程学院 长春市 130026)

摘要: 根据吉林省东部山区广泛分布的草炭土软土层的力学特性, 针对反压护道、土工格栅、聚苯乙烯泡沫塑料块、砂桩、砂砾换填及土工格栅加聚苯乙烯泡沫塑料板等6种公路常用的软基处理措施, 对天然软土地基及处理后的地基用JANBU法进行稳定性计算, 得出指导施工快速填筑而不致失稳的路基极限填高。经过对数据进行分析比较, 发现处理此种软基最有效的方法是用砂砾换填, 处理后路基的极限填高可提高2.4 m; 其次是砂桩加复合土工布、土工格栅加聚苯乙烯泡沫塑料板, 极限填高可提高1.9 m; 而反压护道应根据不同的路基填高对其宽度进行必要的调整, 才能达到预期目的。

关键词: 软土地基处理; 砂桩; 土工格栅; 极限填高; 稳定性计算

软土地基具有天然含水量大、孔隙比大、压缩性高和强度低的特点, 在工程史上有过很多软土地基上路堤失稳的事例。路基的极限填高, 是指在天然的软土地基上, 基底不做特殊加固处理, 快速施工(即不控制填土速度)修筑路堤所能填筑的最大高度<sup>[1]</sup>。当路堤的设计高度超过此极限高度时, 地基必须采取加固处理, 或路堤填筑采取分级加载的形式, 以保证路堤的安全填筑和正常使用。

对软土路基进行路堤稳定性分析, 确定路基极限填高, 不仅可以为路基的设计提供参考数据, 还可

以指导路基施工。同时, 在保证路基稳定的前提下, 尽可能早地完成路堤填筑, 可以缩短工期, 并增加预压时间, 减少工后沉降。

## 1 路堤的稳定性计算方法

软土地基上路堤的稳定性分析, 通常采用圆弧条分法中的固结有效应力法。即假定路堤填土连同软土地基沿同一圆弧破裂面滑动, 计算作用在该圆弧上的总抗滑力矩和总滑动力矩, 或者计算作用在该圆弧上各点的总抗滑力和总滑动力, 求其稳定系数。

收稿日期: 2005-08-05

## 4 结语

本文研究了土工合成材料处治道路病害的选材原则, 并结合西部研究课题将其应用于宁夏黄土地区道路工程中。工程实例证明土工合成材料在宁夏黄土地区对加筋路堤、加筋沥青混凝土路面及防止路堤边坡破坏有显著效果。

## 参考文献:

[1] JTJ/T019-98, 公路土工合成材料应用技术规范[S].  
[2] Gurung N, Iwao Y. Pull-Out Test Analysis for Geo-Reinforcement [J]. Geotextiles and Geomembrances, 1999, 17(3).  
[3] Rowe R K, Skinner G D. Numerical Analysis of Geosynthetic Reinforced Retaining Wall Constructed on a Layered Soil Foundation [J]. Geotextiles and

Geomembrances, 2001, 19(7).  
[4] Ling H I, Cardany C P, Sun L X, Hashimoto H. Finite Element Study of a Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Wall with Concrete Block Facing [J]. Geosynthetics International, 2000, 7(2).  
[5] 杨果林. 现代加筋土技术应用与研究进展[J]. 力学与实践, 2002, 24(1).  
[6] 黄晓明, 朱湘. 公路土工合成材料应用原理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.  
[7] 宁夏公路勘测设计院. 宁夏黄土地区公路修筑技术与病害防治研究报告[R]. 2001.  
[8] 宁夏古王公路盐兴公路工程建设指挥部, 北京工业大学. 土工合成材料在黄土地区公路工程中的应用技术研究[R]. 北京: 北京工业大学, 2005.  
[9] 周志刚, 郑健龙. 公路土工合成材料设计原理及工程应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.



表 2 安全系数  $F_s$  计算结果

桩号	剪出层位置	工程处理措施	路堤填高/m	下列剪出口位置(坡脚外距离,m)的安全系数				
				1	3	5	7	10
K1+320~ K1+420	粘土层	天然软 土地基	2	3.714	3.307	3.321	3.461	
			6	1.475	1.452	1.448	1.454	1.507
			8	1.223	1.075	1.035	1.113	1.378
		反压护道	2	4.013	3.747	3.607	3.686	4.192
			6	1.658	1.634	1.629	1.647	1.705
			8	1.494	1.347	1.288	1.345	1.58
K1+420~ K1+560	粘土层	天然软 土地基		2	3.5	5	6.5	10
			2	4.113	3.767	3.795	4.125	
			6	1.498	1.489	1.511	1.525	
			7	1.396	1.39	1.353	1.439	
		风化软岩+ 土工格栅		1	2.5	4	6	
			2	4.927	4.535	4.562	4.747	
			6	1.581	1.585	1.581	1.596	
			7	1.44	1.425	1.455	1.498	
K1+840~ K1+920	粘土层	天然软 土地基		5	7	9	11	13
			2	3.226	2.689	2.379	2.381	2.49
			4	1.59	1.494	1.478	1.539	
			6	1.03	1.027	1.035		1.065
		风化软岩+ EPS 块		4	6	8	10	
			2	2.749	2.243	2.165	2.233	
				3.5	5	7	9	11
			4	1.578	1.461	1.441	1.459	1.469
K2+140~ K2+300	粘土层	天然软 土地基		1	3	5	7	10
			2	4.244	4.025	3.946	4.074	
			5	1.601	1.561	1.572	1.603	
			7	1.336	1.324	1.31	1.328	
		砂桩+复合 土工布	2	3.689	3.524	3.284	3.38	
			5	1.722	1.737	1.672	1.712	
			7	1.614	1.575	1.569	1.577	
K2+300~ K2+440	粘土层	天然软土 地基		1	3	5	6.5	8
			2	4.187	3.614	3.429	3.652	3.787
			6	1.594	1.589	1.507	1.551	
			7	1.563	1.492	1.496		
		砂砾换填	2	4.896	4.281	3.693	3.682	3.803
			6	1.798	1.774	1.689	1.773	
			7	1.843	1.718	1.687	1.785	

续表

桩号	剪出层位置	工程处理措施	路堤填高/m	下列剪出口位置(坡脚外距离,m)的安全系数				
				1	3	5	7	10
K2+440~ K2+520	粘土层	天然软土地基		1	3	5	7	9
			2	4.098	3.612	3.645	4.112	4.61
			6	1.341	1.322	1.325	1.348	1.372
			8	1.045	1.024	1.028	1.096	1.145
		土工格栅+EPS板		1	2	4	5	6
			2	5.114	4.917	4.714	4.716	4.887
			6	1.677	1.578	1.551	1.558	1.575
			8	1.308	1.283	1.279	1.291	1.322

以 K1+320~K1+420 为例,根据表 2 做出各级填高下安全系数  $F_s$  与剪出口距离  $B$  的关系曲线(图 3)。

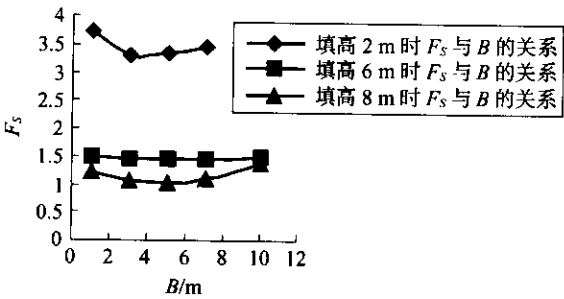


图 3 各级填高下安全系数  $F_s$  与剪出口距离  $B$  的关系曲线

根据图 3,找出填高为 2 m、6 m 和 8 m 时的最小安全系数  $F_s$ , 分别为 3.270、1.483 和 1.086, 给出  $F_s$  与填高  $H$  的关系曲线(图 4)。当  $F_s$  取 1.2<sup>[2]</sup> 时,对应的路堤极限填高是 7.1 m。

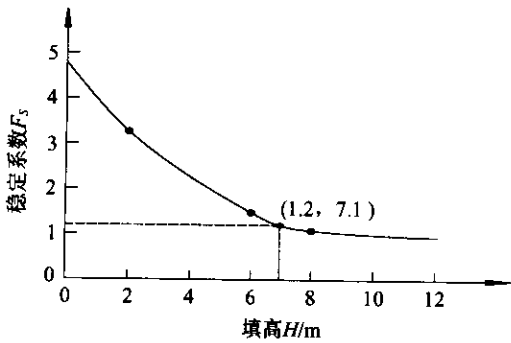


图 4 安全系数  $F_s$  与路堤填高曲线

3.3 路堤极限填高计算结果统计

路基顶部作用的车辆荷载是 7.875 kN/m, 据此换算出这相当于 0.38 m 的填土( $\gamma=2.1 \text{ g/cm}^3$ )高度产生的荷载。因而,路段的极限填高应该是上述研

究得出的高度减去 0.38 m, 各断面极限填高见表 3。

表 3 极限填高汇总

桩 号	处理措施	处理前极限填高/m	处理后极限填高/m	处理前后极限填高差/m
K1+300~ K1+420	风化软岩+反压护道	6.7	8.4	1.7
K1+420~ K1+560	风化软岩+土工格栅	7.3	7.8	0.5
K1+840~ K2+920	风化软岩+EPS块	4.5	5.0	0.5
K2+140~ K2+300	砂桩+复合土工布	6.8	8.7	1.9
K2+300~ K2+440	砂砾换填	10.3	12.7	2.4
K2+440~ K2+520	土工格栅+EPS板	6.3	8.2	1.9

4 结语

从计算结果统计表可以看出,采用风化软岩+土工格栅、风化软岩+EPS 块法进行软基处治后,路堤极限填高增加较小,仅提高 0.5 m,说明这 2 种处理方案对草炭土地基的稳定性提高作用不大。

风化软岩+反压护道法处理软基后,路堤极限填高增加 0.7 m,此结果是基于反压护道宽度为 3 m 的情况,在有条件的情况下,适当加宽反压护道宽度,对路基的稳定性提高影响较大。由于我国土地资源有限,公路建设要尽量少占土地,因此在公路工程中,反压护道法一般不宜大面积采用。

砂桩+复合土工布、土工格栅+EPS 板法进行软基处治后,路堤极限填高增加 1.9 m。显而易见,

这 2 种处理方案对提高草炭土地基的稳定性效果明显,而且砂桩还可加速地基的排水固结。有资料表明,采用砂桩处理 5 d,试验段草炭土层固结度就得到明显改善;30 d 时的固结度等值线图就相当于处理前 180 d 的固结度。

砂砾换填,就是用砂砾置换全部或部分草炭土。由于砂砾材料本身所具备的特性,因此计算结果与预期相一致,路堤极限填高增加最大,高达 2.4 m。但此种方法需将表层草炭土挖除弃掉,还需借回大量的砂砾材料进行换填,比较浪费资源,同时对自然环境的影响较大。若当地砂砾丰富,单价相对不太高,可以考虑砂砾换填,否则会很不经济。

在实际工程设计中究竟采用何种处治方法,还应根据当地材料来源、施工工期控制等诸多因素进

行经济比较后决定,推荐采用砂桩+复合土工布法。

参考文献:

[1] 交通部第二公路勘察设计院. 公路设计手册《路基》(第二版)[M]. 北京:人民交通出版社,1996.  
[2] JTJ 017-96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].  
[3] 冯立群,彭惠玲,李伟. 浅谈公路地基处理及沉降观测分析[A]. 2004 年道路工程学术交流会议论文集[C]. 北京:人民交通出版社,2004.  
[4] 王晓谋,袁怀宇. 高等级公路软土地基路堤设计与施工技术[M]. 北京:人民交通出版社,2001.  
[5] 饶波,魏丽敏. 一种填筑软土路基的稳定性控制方法[J]. 公路交通科技, 2005,122(2).

Calculation Analysis of Embankment Limit Height for Soft Soil Foundation Treatment

LIU Yan-ling, NIE Lei, JIANG Juan

(College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun 130026,China)

**Abstract:** According to the mechanics characteristics of grass carbon soil wide distributing in the eastern mountainous areas of Jilin Province, six measures are commonly used for soft soil foundation treatment, such as loading berm, geogrid, polystyrene plastic blocks, sand piles, sand-gravel replacement and geogrid with polystyrene plastic board, etc. Through analysis and comparison of the data, the most effective method for soft soil foundation treatment is sand-gravel replacement for limit height of embankment 2.4 m; then come the sand pile with compound geotextile and geogrid with polystyrene plastic board for limit height 1.9 m; as to the loading berm, its width should be adjusted in accordance with different fill height so as to meet the estimated purpose.

**Key word:** soft soil foundation treatment; sand pile;geogrid;limit height;calculation of stability