

# 高原斜坡软土路基施工试验研究

## Study on construction test of embankment on soft clay of plateau slope

尤昌龙<sup>1,2</sup>, 赵成刚<sup>1</sup>, 张焕城<sup>2</sup>, 刘宏文<sup>2</sup>

(1. 北方交通大学土木工程学院, 北京 100044 2. 中铁十四工程局, 济南 250014)

**摘 要** 高原斜坡软土是一种罕见的地质现象,是在特定的地质条件和气候条件下形成的具有特殊性质的软土,在高原斜坡软土地基上修筑公路、铁路都将面临路基稳定这一课题。通过内昆铁路老锅厂—李子沟区间斜坡路基施工试验研究,提出了“强基固本”、“治软抗滑”确保斜坡路基稳定性的技术措施,所得出的研究结论对类似工程具有一定的参考价值。

**关键词** 高原斜坡软土, 路基, 强基固本, 治软抗滑

**中图分类号** :TU 471

**文献标识码** :A

**文章编号** :1000-4548(2002)04-0503-06

**作者简介** 尤昌龙(1964-)男,山东泗水人,北方交通大学博士生,中铁十四局高级工程师,从事岩土工程施工与科研工作。

YOU Chang-long<sup>1,2</sup>, ZHAO Cheng-gang<sup>1</sup>, ZHANG Huan-cheng<sup>2</sup>, LIU Hong-wen<sup>2</sup>

(1. College of Civil Engineering, Norther Jiaotong University, Beijing 100044 2. No. 14 Bureau of China Railway, Jinan 250014, China)

**Abstract** The soft clay of plateau slope formed under specific climatic and geologic environment and with peculiar properties is an unusual geologic phenomenon. The problem of the stability of embankment will confront us when highway or railway is constructed on the soft clay. By research of construction test of the slope embankment in Laoguochang-Lizigou of the Neijiang-Kunming railway line, the measure of “strengthening foundation and body” and “consolidating soft clay and preventing landslide” is presented to ensure the stability of embankment. The conclusion has referential value to the similar project.

**Key words** plateau slope soft clay, embankment, strengthening foundation and body, consolidating soft clay and preventing landslide

## 1 前 言\*

内昆铁路李子沟至老锅厂区间广泛分布着高原斜坡软土,因其工程地质的特殊性和对既有路基工程建设的危害性而被铁路工程界专家誉为“罕见的地质现象”,是在特定地质条件、气候条件下形成的具有特殊性质的高原斜坡软土。其特点呈现为成分复杂性、顺坡性、隐蔽性、膨胀性和流滑性,其对边坡稳定、路堤填筑施工、路堑开挖、隧道进洞等均造成了一定的困难。经过三年多的工程实践和现场试验施工研究,基本上掌握了其工程性质特点,提出了以“强基固本、治软抗滑”为主题的路堤施工关键技术,消除了斜坡软土的工程危害性,为今后类似工程提供了典型的工程案例和可资借鉴的经验。

## 2 高原斜坡软土的成因和特点

### 2.1 高原斜坡软土的成因

高原斜坡软土的形成主要受乌蒙山系地质构造和当地特有的多雾潮湿气候影响,含煤炭质页岩、泥质灰岩等强风化软质岩,经长期地质作用,其风化物在缓坡及横向沟谷中堆积,形成了较厚的坡残积、坡洪积的粘土、砂粘土、碎块石等,受大气压较低的影响,表土多松散,大气降水迅速渗入,浸泡松软地基,下部土体较密实,颗粒细小,滞水性强,渗透系数小,形成了相对透水

性差的隔水层,且纵坡较缓,第四系孔隙水主要以水平运移为主,排泄缓慢,形成了坡地饱水带,使得土体长期浸水。

岩石风化、地下水的长期浸泡、较低的大气压和多雾潮湿气候的影响,造就了软粘土的基本性质和赖以存在的基本条件,地质结构的变迁使得软土的分布和物理力学性质具有其特殊性。

### 2.2 高原斜坡软土的特殊性

根据资料<sup>[1]</sup>,本段斜坡软土不同于目前已知的湖相、海相和三角洲相的软土,在相关国外资料中也未见类似报道,具有其特殊性。

#### (1) 软土成分复杂性

本地区斜坡软土的组成多以坡残积土为主,同时包括斜坡上横向沟谷及溶蚀洼地的坡洪积、重力堆积的物质,以及含煤炭质页岩、泥岩质灰岩,其成分具有多样性、复杂性,软土土质不纯,成分复杂,既有较长距离搬运的粘土、砂粘土,还有未经搬运的残积土,甚至还有仍保持母岩结构的碎屑、碎片的基岩风化层。

#### (2) 软土分布的不均匀性

本段软土分布在剖面上具有不连续性和不均匀性,在老—李段斜坡上,时断时续,成片状分布,局部成块状,因地形、地貌条件不同,软土厚度的变化极大,从

\* 收稿日期 2001-10-08

表 1 高原斜坡软土与内地软土物理力学性质比较

Table 1 The comparison between the physical mechanical properties of soft clay of plateau slope and other soft clays

软土名称	所在地区	$w$ /%	$\gamma$ ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	$e$	$w_L$ / %	$I_p$	$I_L$	$F_s$	有机质 含量 / % ( $\times 10^{-7}\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )	$k_v$ / $\text{MPa}^{-1}$	$a_v$ / $\text{MPa}^{-1}$	天然快剪 $c_u$ / $\text{kPa}$ $\varphi_{cu}$ ( $^\circ$ )	
泻湖相软土	宁波	50.0	17.0	1.40	39.0	17.0	1.45				0.95		
滨海相软土	天津	47.0	17.7	1.31	42.0	22.0	1.33		5~10	2.00	0.97	12.7	2.1
三角洲相软土	上海	50.0	17.2	1.37	43.0	20.0	1.16			6.00	1.24	16.0	6.0
	内昆铁路 <sup>1</sup>	40.5	17.8	1.14	53.2	23.0	0.61	31	7	1.32	0.71	14.6	6.2
高原斜坡软土	内昆铁路 <sup>2</sup>	65.3	16.3	1.84	66.1	34.7	1.00	50			0.99	17.2	11.6
	内昆铁路 <sup>3</sup>	131.0	13.3	3.07	135.0	72.9	1.00	68	21	6.38	2.67	10.7	5.2

注 :内昆铁路<sup>1</sup> 淤泥质粘土 ,位置 DK428 + 821 ;内昆铁路<sup>2</sup> 软粘性土( 膨胀土 ) ,位置 DK428 + 924 ;内昆铁路<sup>3</sup> 泥炭质膨胀土 ,位置 DK437 + 968 右 40 m。

1~7 m 到最厚达 30 m 不等 ;由于组成物质来源不同 ,其颜色、成分在各地也具有较大的差异 ,有棕黄色软粘土、灰黑色、灰白色淤泥质土、黑色泥炭质土 ,还有黄白相间的膨胀性淤泥质软土。

(3) 软土具有膨胀性

本段软土具有膨胀性 ,这又是有别于内地软土的不同特点 ,软土的膨胀性使其在受到扰动后突出表现为较强的粘滞性和较小的内摩擦角 ,在受到扰动后尤其在雨水的作用下极易发生流动变形 ,表现为强烈的流滑性 ,因此在有临空面时 ,容易产生蠕动作用 ,软土顺坡面缓慢流动状下滑 ,遇有阻挡时容易在地表形成台阶状。

(4) 软土具有隐蔽性

本段软土主要分布在老—李段斜坡上 ,不仅局部洼地、沟谷中有分布 ,而且多数埋藏于斜坡坡面之下 ,还有的分布在斜坡上突起的山梁和台地上 ;由于地表长期与周围大气环境相连 ,形成的地表硬壳层使得斜坡软土更具有隐蔽性 ,不经勘探或人为破坏地表 ,很难发现 ,这与内地肉眼即见的特点形成了明显的反差。

(5) 高原斜坡软土的物理力学性质特殊性

由于软土成因和分布的不均匀性 ,其物理力学性质相对内地软土也具有其特殊性 ,如表 1 所示。

3 高原斜坡软土对路基工程的危害

导致斜坡软土工程病害的原因通常是人工活动及自然的作用。

3.1 自然的作用

通常最容易诱发病害的原因是雨水的作用。土体的受力状态最容易受水的影响 ,水是造成软土形成的主要原因 ,当土体受雨水浸蚀作用时 ,自然张开裂隙的土体会因雨水的浸注而湿化、软化、泥化 ,进而诱使原已稳定或处于极限平衡状态的土体在重力作用下沿一定的破裂面下滑 ,诱发工程滑坡 ,具有膨胀性的软土则会因土体吸水膨胀自身抗剪强度降低 ,更易导致滑坡

等病害发生。

在对既有滑坍破坏现象的分析中发现 ,凡发生坍塌的地段多因地下水的出逸而致 ,通常这些部分在一定地层范围内存在水浸流滑面 ,这些滑面容易因水浸被激活 ,而在未施工时其自然坡度与周围形态均是一致的。

3.2 施工的因素

本区段滑坡大多在自然条件下接近于极限平衡状态 ,其自稳性及对自然条件的适应性因其自身植被及受力条件而异 ,处于似稳定状态但自身仍具有缓慢的自然蠕变特点的坡体 ,稍加外力 ,其自然平衡就有可能被打破。计算分析表明 ,处于极限平衡状态的坡体 ,在路堤填筑施工时 ,会因路堤的重力作用诱发滑裂破坏。

从对本地区斜坡软土的调查分析表明 ,处于凸起部分的斜坡软土其稳定性相对高于低洼地带或谷地中的软土。

此外 ,由于软土自身的蠕滑作用 ,路基填筑后会造成软土的侧向剪切挤出破坏 ,这种现象在平原地区软基中已屡见不鲜。平原及沿海软土路基破坏通常是对称性的 ,但在本地区 ,则具有倾向性 ,通常软基上路基的下滑具有顺坡性 ,一般发生在顺水流方向沉积的坡积层软土中 ,尤其是较厚淤积的沟谷地区 ;另一种现象则发生于顺碳质页岩的分界处 ,此类滑坡通常伴随路基填筑 ,造成地下水滞回 ,强风化炭质页岩浸水后流滑性增强 ,土体下滑力增加 ,分界处蠕滑性增强 ,上覆路基似乎座在“ 滑梯 ”上 ,稍微增大下滑力就可能触发其滑动破坏。

为研究地基处理效果、路堤施工及工后稳定性 ,并确定填筑速率等关键参数 ,在本区段选取了一典型地段进行施工试验研究。

4 施工试验区地质地貌特点

4.1 地貌特点

本试验段位于斜缓坡地上 ,坡面倾角为 12.5 ~

30°坡地上长满喜水植物,为坡前或坡边缘湿地,雨季常见地下水出逸。

## 4.2 地层分布特点

其地层特点如图1所示。

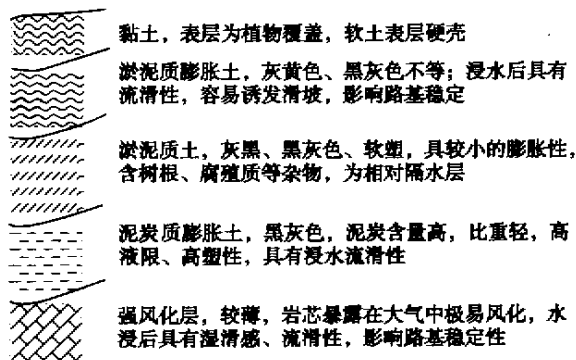


图1 试验区地质剖面图

Fig.1 The geological profile of the test area

## 5 室内模拟试验和施工试验关键工序

### 5.1 室内模拟试验

#### (1) 强风化炭质页岩风化试验

采取强风化层中品质较好的炭质页岩,制成体积相近、几何尺寸相近的2组共10个试件,每组5个,在实验室和施工现场分别作风化试验,试验时间选在7月16日~8月16日,这期间施工现场降雨比较频繁,降雨频度约3d一次,每次降雨历时20min以上;实验室采用每天洒水一次,每次洒水15min,两者的风化量对比曲线如图2。

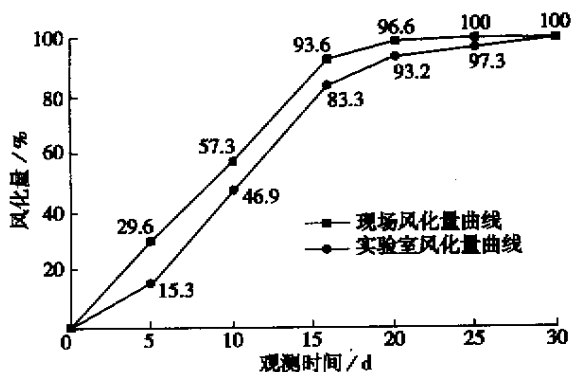


图2 炭质页岩风化量与时间关系曲线

Fig.2 The curve of the variation of efflorescing quantity of carbonaceous shale with time

试验结果表明,以炭质页岩、泥岩为主要成分的强风化岩,遇水软化后具流滑性,炭质页岩暴露于空气中15d左右即完全崩解泥化。

#### (2) 模拟滑块试验

由于本地区斜坡软土尤其是淤泥质炭质软土具有流滑性,为判别软土层厚度对斜坡上路基稳定性的影

响,在工地实验室模拟进行了以泥炭质软土为滑层的滑动试验。在坡度为15°的坡体模型中,滑坡面上涂以不同厚度的泥炭质软土土膏,上部模拟路堤的形状作滑块,利用弹簧秤测量其下滑力,绘制不同土膏厚度对应的下滑力与滑块重量比的曲线,试验结果表明,下滑力随土膏厚度的增大而增大,随土膏厚度增大,滑块稳定性降低。

### 5.2 施工试验关键工序

#### (1) 铺设支撑渗沟及横向排水盲沟

根据试验观测和计算分析<sup>[2]</sup>,平原软土地区路基填筑完成后,地基土的固结沉降变形如图3所示;模拟计算分析表明,斜坡软土地基在路基本体填筑完成后,会形成一凹型沉降区,如图4。

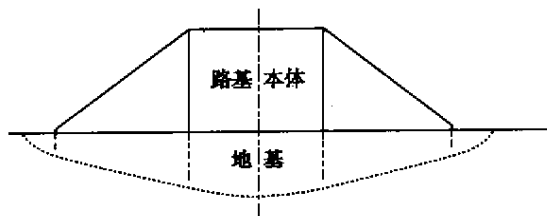


图3 坡度为零时路基基底变形示意图

Fig.3 Settlement of the horizontal subgrade

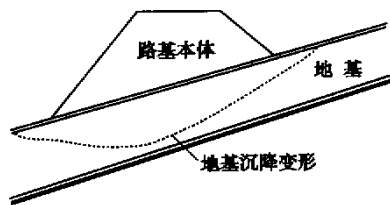


图4 斜坡上地基沉降示意图

Fig.4 Settlement of the sloping subgrade

由碎石桩排出的水会在凹处积聚并浸泡路基本体和下伏地基,但地基处理中往往忽视此因素的影响,考虑到软土吸水膨胀性影响,本施工试验区段安排了两个区,即A区和B区。

A区:在地基沉降变形线底部沿线路纵向方向设置渗水盲沟,与横向设置的渗水盲沟相连,连通于顺坡体方向设置的支撑渗沟,渗水盲沟深2.5m,宽1.5m,排至坡体下游。如图5所示。B区:未加设渗水盲沟的试验区。

#### (2) 孔隙水压力仪布置

孔隙水压力仪分别埋设于A区和B区,分别埋设1组,每组3个,其埋设深度分别为3.0、4.5、7.0m,分别位于淤泥质膨胀土、淤泥质软土、泥炭质膨胀土中。

#### (3) 碎石桩施工

碎石桩桩径80cm,间距180cm,梅花形布置。

施工中,当坡度较缓时,先两边后中间;当坡度较

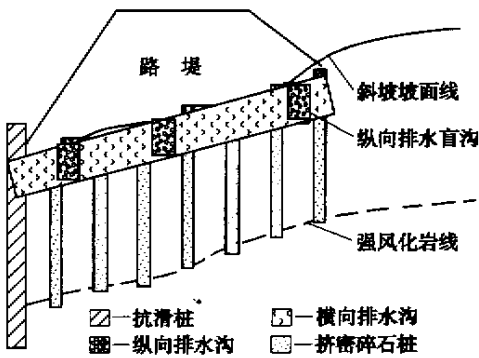


图 5 排水沟部分剖面图

Fig.5 Drain trench under embankment

大时,先坡外后坡里。

地基处理后,A区按试验方案完成主渗水盲沟和支撑渗沟的施工,B区按设计拱度做好路拱。

(4) 载荷载板试验

载荷载板试验为  $K_{30}$  和  $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$  的大载荷载板试验,大载荷载板试验用来对  $K_{30}$  载荷载板试验进行校核。

(5) 沉降观测设备埋设

观测设备在地基处理完成后埋设。

(6) 抗滑桩及桩板墙施工

地基处理后进行抗滑桩施工及桩板墙施工。抗滑桩施工完毕后布设土压力盒。

(7) 路基填筑施工

其施工参考内地软土地基上路基填筑施工的工艺进行。

6 施工试验成果分析

6.1 地基处理试验成果分析

(1) 载荷载板试验成果分析

分别在 A 区和 B 区做  $K_{30}$  载荷载板试验。

针对软土地基受扰动后强度降低、随固结度增大强度增长的特点<sup>[3]</sup>,先后在地基处理后第 2、5、10、16、22、27、32 天对桩间土做了  $K_{30}$  载荷载板试验,用以判断地基土强度变化的趋势,并在第 30 天做了  $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$  的大载荷载板试验,以检验复合地基的承载力。

试验成果表明,A区和B区的  $K_{30}$  载荷载板试验成果在后期存在一定差异,即 A 区地基强度及恢复值大于 B 区的强度和恢复值。

由图 6 可见,B区的强度恢复增长值低于 A 区强度恢复值,从时间上看,B区强度恢复增长值滞后于 A 区约 6 d,增设渗水盲沟对桩间土的承载力影响较大,两者载荷载板试验强度最大相差 36.9%。

比较 A 区、B 区碎石桩强度载荷载板试验,发现两区基本相似。

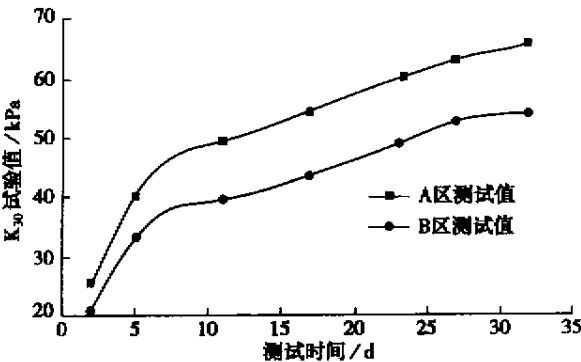


图 6 A 区、B 区载荷载板试验值与测试时间关系曲线

Fig.6 The curve of test value vs time in test area A and B

通过试验,A区和B区第 32 天桩间土强度分别为  $\sigma_{sA} = 65.6\text{ kPa}$  和  $\sigma_{sB} = 53.8\text{ kPa}$ ,碎石桩的承载力  $\sigma_p = 272\text{ kPa}$ ,按复合地基强度理论,地基土的复合强度  $\sigma_{sp} = m\sigma_p + (1 - m)\sigma_s$ ,其中  $m$  为置换率,取 0.1792。

考虑到下覆强风化层地基承载力为  $300\text{ kPa}$ ,显然地基承载力最大为  $\sigma_{smax} = 107.6\text{ kPa}$ ,按设计要求,地基处理后地基承载力  $[\sigma] \geq 200\text{ kPa}$ ,显然地基承载力不能满足设计要求,因此在此基础上铺设土工格栅和  $60\text{ cm}$  的碎石砂垫层,经检算并通过  $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$  的大型载荷载板试验验证地基承载力满足设计要求。

(2) 地基处理后抗剪强度分析

考虑到膨胀土的自身强度随含水量的增大而减小的特点和表 2 所列本区段膨胀性软土的固结快剪强度高于其天然快剪的强度的特点,因而利用碎石桩处理该类型软土可加速土体固结,提高土体及复合地基强度。设置渗水盲沟的 A 区,由于地下水位明显低于 B 区,因而其表层土的抗剪强度将明显高于 B 区,这与试验结果是一致的。同时碎石桩深入至碳质风化页岩面层,破坏了滑裂面,因而可加强滑裂面处抗剪强度,提高路基的稳定性。

碎石挤密桩处理地基后第 32 天的测试结果表明,桩间土的内摩擦角、凝聚力均有一定程度的提高,但复合地基的凝聚力有所降低,内摩擦角增大,取碎石桩  $c_p = 0$ ,  $\varphi_p = 35^\circ$ ,如表 3 所示。

表 2 膨胀性软土天然快剪强度与固结快剪强度比较

Table 2 Comparison of shear strength of expansive soft soil obtained by quick and consolidated quick direct shear test

取样编号	土名	取土深度 /m	天然快剪		固结快剪		/ $F_s$ /%
			$c/\text{kPa}$	$\varphi/^\circ$	$c/\text{kPa}$	$\varphi/^\circ$	
①	淤泥质膨胀土	5.4~5.8	9.0	6.7	16.5	12.0	45
②	淤泥质膨胀土	3.0~3.9	5.9	9.5	17.1	18.3	40
③	泥炭质膨胀土	3.6~4.0	10.7	5.2	33.3	10.3	68
④	泥炭质膨胀土	6.7~7.1	19.1	20.9	27.1	29.8	57

注:  $F_s$  为自由膨胀率。

表 3 地基处理后复合地基抗剪强度增量

Table 3 The shear strength increment of composite foundation

试验区	桩间土 $\varphi / ^\circ$	桩间土粘聚力 $c / \text{kPa}$	$\varphi_{sp}$ 增量 / %	$c$ 增量 / %
A 区	15.52	5.50	63.40	-7.0
B 区	14.80	5.33	55.84	-9.6

6.2 路基填筑施工试验结果分析

根据观测资料分析整理,得如图 7、8 所示的填土高度、沉降量、孔隙水压力与时间的关系曲线,试验结果表明:

(1) 在路基初始填筑时地基土沉降量偏大,达 5.2 cm,坡脚桩位移最大达 8 mm/d。分析认为,造成沉降量过大的主要原因是施工机械动荷载和填土荷载的共同作用,相当于对路基施加初始瞬时荷载。后续的观测资料表明,地基的沉降变形主要与填土厚度有关。因此建议在路基施工初始阶段,尽量采用轻中型施工机械,然后逐渐采用中、重型施工机械。

(2) 填筑速率按 20 cm/d/层控制,地基的最大沉降速率控制为 13 mm/d。从图 8 分析可得,当路基填筑至 3.2 m 时,最大填筑层厚度为 25 cm,对应的最大沉降速率 13 mm/d。

从抗滑桩侧向位移随填土高度逐渐变化的观测数据分析可知,开始时其侧向变形增大,尔后随填筑高度的增大即填筑面的上移逐渐减小。控制填筑速率并采用间歇施工是降低斜坡地基土侧向变形的较好方法。

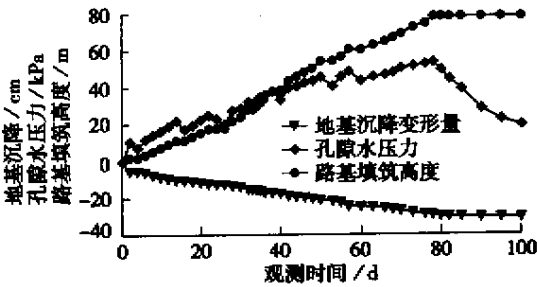


图 7 A 区路基填筑高度、地基沉降量和孔隙水压力随时间的变化曲线

Fig.7 The curve of the height of embankment, settlement of foundation and pore water pressure vs time in test area A

综合 A 区、B 区的试验观测资料,认为在路基填筑工程中必须严格控制加荷速率。控制加荷速率为 20 cm/d 是合适的。

(3) 从孔隙水压力增长与消散曲线来看,开始时孔隙水压力增长较快。A 区孔隙水压力消散较快,增长幅度较 B 区小。随路基填筑间歇时间衰减,B 区孔隙水压力变化曲线增幅稍大于 A 区。随路基填筑的间歇基本上无衰减,且在同一填筑高度对应的孔隙水压力均高于 A 区。

上述分析表明,A 区施加渗水盲沟的排水固结效果

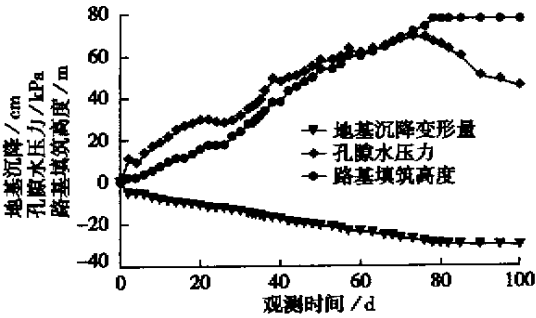


图 8 B 区路基填筑高度、地基沉降量和孔隙水压力随时间的变化曲线

Fig.8 The curve of the height of embankment, settlement of foundation and pore water pressure vs time in test area B

明显好于 B 区。

(4) A 区的地基固结速度大于 B 区,孔隙水压力的变化表明,A 区相对 B 区地基沉降稳定时间提前约 20 d。但两者的最终沉降量相近,两个雨季后的沉降观测表明,A 区的固结沉降量只比 B 区的固结沉降量大 12 mm。

(5) 抗滑桩桩顶位移曲线表明,A 区的计算值(m 法)基本上和 B 区的计算值接近,实测的 A 区桩顶最大位移为 19 mm,B 区为 26 mm。

图 9 表明,计算值和试验观测值相差较大,桩顶初始观测位移较大,尔后趋向于稳定。分析认为,碎石桩处理软土地基后,复合地基的抗剪强度和抗滑能力随土体固结度增大而提高,路基对桩的压力逐渐趋于稳定。

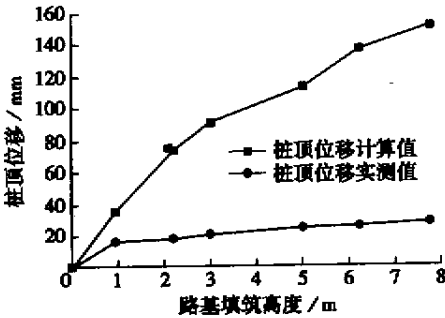


图 9 抗滑桩桩顶实测位移和计算位移

Fig.9 The measured and computed displacement at the top of the anti-slide pile

(6) 路基填筑完成后的孔隙水压力检测表明,A 区 3 m 附近的孔隙水压力稳定在 8 kPa,而 B 区则稳定在 22 kPa 左右,这说明 A 区的地下水位低于 B 区。从现场试验来看,A 区的排水出口位于主排水渗沟底部,而 B 区则位于原地面,后在 B 区适当位置改设排水沟,降低其地下水位,效果较好。

(7) 桩所受到的土压力观测资料表明,桩所受到的最大的土压力来自于下伏淤泥质软土层部分。

实测桩间土压力分别位于桩顶下 2、4、5、6、8 m 处,实

测值与计算值的比较见表 4。

表 4 桩间土压力计算值与实测值比较

Table 4 Comparison of computed and measured earth pressure between piles

土压力盒埋深/m	2	4.5	6	8
计算值/kPa	153.3	160.3	170.4	166.8
实测值/kPa	146.4	180.3	145.6	152.0

(8) 模拟分析和路基顺坡向的横向变形观测资料表明, 增加抗滑桩后, 滑动面的位置由坡体逐渐向路基本体转移, 同时由于路基顺坡面方向的斜坡坡度较大, 滑裂面容易在路堤坡体中产生。

因此, 施工中除注重并加强土工格栅的处理外, 对路基本体统一按重型击实标准压实度大于 90% 控制填筑施工。

实践证明: “强化地基”、“强化路基本体”、“强化整体性”即“强基固本”、“治软抗滑”是斜坡软土地区路堤填筑施工中的主题。

## 7 结 论

(1) 利用挤密碎石桩处理斜坡软土可以增加复合地基的抗剪强度、地基承载力, 加快地基固结速度, 增强滑裂面上的抗滑能力, 提高斜坡软土路基稳定性。

(2) 土工格栅与碎石桩共同形成的复合地基, 有利于

提高路基本体与地基的整体稳定性。

(3) 渗水盲沟的铺设有力地加速了地基土的固结, 降低了地下水位, 加强了复合地基的整体作用, 提高了地基土的填筑速率。

(4) 碎石桩嵌入风化层中, 可有利地破坏原滑裂面的蠕变特性, 延迟或消除斜坡的滑动性。利用碎石桩只能部分地提高路基稳定性, 只有和抗滑桩结合才能彻底约束坡体顺坡向滑移, 增强路基稳定性。

(5) 抗滑桩改变了斜坡路基滑裂面的位置, 使滑裂面沿路基上移, 因此除加强斜坡地基的处理外, 还应提高路基本体的强度, 建议在斜坡软土路基填筑中采用大于 90% 的压实度 (重型击实标准) 控制路基本体的填筑施工。

(6) 路基本体填筑应采用间歇法施工, 其分层填筑高度可采用 0.20 m/层, 每填筑 1 m, 应间歇 5 ~ 10 d, 雨季时可采用 10 d, 旱季时可采用 5 d。

### 参考文献:

- [1] 《岩土工程手册》编写委员会. 岩土工程手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [2] 尤昌龙, 石俊峰. 京沪高速铁路济德段松软土路基工后沉降分析及对策 [A]. 2000 年海峡两岸交通大学交通与环保学术研讨会 [C]. 成都: 西南交通大学, 2000.
- [3] 尤昌龙, 徐秀良. 强夯置换在软土地基处理中的应用 [J]. 路基工程, 1998 (4): 53 - 57.

## 《铁道学报》简介

《铁道学报》英文名称 Journal of the China Railway Society 是中国铁道学会主办的学术期刊。1979 年创刊。1996 年改季刊为双月刊, 1999 年改为 A4 开本, 2001 年改为 120 页。逢双月 15 日出版。

本刊主要刊登铁路运输与经济、机车车辆、通信信号、铁路工程及其相关学科的学术论文、综述等, 注重论文的科学性与创造性, 旨在交流铁路同行间的科学研究成果, 互相启发与借鉴, 共同进步, 为铁道科技的发展服务。

为了保证刊登论文的高质量与高水平, 论文均需经资深专家、学科带头人评审通过才能发表。经过主办单位、审稿专家、作者的共同努力, 本刊赢得了学术界的承认, 被列在中国核心期刊铁路运输类期刊的首位; 入选科技部中国科技信息研究所《中国科技论文统计分析》源刊; 中国科学院文献情报中心《中国科学引文数据库》来源期刊; 被国务院学位委员会、国内铁路大学推荐为高水平学术刊物和国内重要学术刊物。同时, 也被美国 Ei Page One、剑桥科学文摘 (CSA)、中国学术期刊文摘等国内外文摘及数据库所收录, 被

众多的图书馆、科技情报中心、资料室所收藏。值得铁路科技人员阅读。

本刊以《铁道学报》印刷版、《中国学术期刊》(光盘版)、万方数据电子期刊、中国期刊网的形式与读者见面。

编辑部地址: 100844 北京复兴路十号中国铁道学会《铁道学报》编辑部; 电话: (010) 51842631, 51847501; 传真: (010) 51842631; E-mail: tdx@periodicals.net.cn 或 tdx@chinajournal.net.cn, tdx@public.sti.ac.cn。网址: 1. http://www.wanfangdata.com.cn 或 http://tdx.periodicals.net.cn; 2. http://www.china.journal.net.cn 或 http://tdx.china.journal.net.cn。

订购部门: 全国各地邮局 (邮发代号 2—308)《铁道学报》编辑部、发行代理等。订价: 全年 6 期共 90 元人民币, 15 元/册 (含邮资)。国外发行代理: 中国国际图书贸易总公司 (100044 北京 399 信箱) 代号 BM287; E-mail: BK@mail.cibtc.com.cn, http://www.cibtc.com.cn。