

有机高分子改性土动力特性试验研究

李玉锋

(重庆甲多公路设计咨询有限公司, 重庆 400039)

韩会增

(西南交通大学 地质工程系, 四川 成都 610031)

摘要: 翻浆冒泥是铁路路基主要病害之一。由于翻浆冒泥造成基床的软化和道碴板结引起道床整体弹性的降低, 直接影响列车安全运营。实践证明用化学灌浆方法整治这种病害可取得良好效果。为评价选用的有机高分子浆液对路基基床上的改性效果, 模拟现场土性条件、应力条件、列车循环动力条件和排水条件, 进行了室内循环动三轴试验。试验结果表明, 有机高分子浆液改性土动强度显著提高, 动力特性明显改善。改性效果在工程实践中得到验证。

关键词: 高分子改性土, 循环荷载, 动强度, 动力特性

中图分类号: TU 472.34 **文献标识码:** A

作者简介: 李玉锋, 男, 23 岁, 硕士研究生, 地质工程专业, 研究方向为岩土工程技术。

Experimental study on dynamic properties of soil modified by superpolymer

Li Yufong

(Chongqing Jiaduo Highway Design-consultative Co. Ltd, Chongqing 400039, China)

Han Huizeng

(Department of Geotechnical Engineering, South-West Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Mud boil, one of the main railway roadbed diseases, has a direct effect on the safe run of trains, because it may cause the decline of roadbed elasticity through softening of bed and hardening of ballast. It is proved practically that chemical grouting can do with it. For evaluating the positive role of the selected superpolymer to the soil in roadbed, this paper operates the dynamic triaxial test by simulating the properties of soil, the static stress, the cyclic dynamic stress and drainage condition in site. The results show that dynamic strength of the modified soil by superpolymer increases in a considerable degree. The dynamic properties also get a conspicuous reformation. Subsequently the positive role is affirmed in engineering practice.

Key Words: soil modified by superpolymer, cyclic loading, dynamic strength, dynamic properties

1 试验意义

翻浆冒泥是指土质路基或道床中的土受雨水或地下水的浸湿饱和后, 在列车动荷载作用下形成泥浆沿道床内道碴的空隙向表面涌出的一种路基病害现象。翻浆冒泥不仅使铁路线路的技术状态发生急剧变化, 严重影响线路质量, 使线路维修工作量增加, 线路上部建筑材料使用寿命缩短, 造成劳动力和材料的极大浪费; 而且由于基床的软化和道碴板结使道床的整体弹性降低, 影响列车的安全运营。特别是在当今高速重载列车飞速发展和运量日益增长的形势下, 其危害性也显得愈来愈大。

翻浆冒泥产生的主要原因有: 不良地质条件(土性、水文条件)、道床污染、动荷载以及施工质量等因素。其中列车运行的循环动荷载对基床面有拍打抽吸作用, 使软化层形成泥浆上冒, 软化层被挤出后, 轨下陷槽加大, 雨水积存, 更加速了道床软化, 形成恶性循环。因而, 用动三轴试验来研究路基基床土在动荷载作用下的动强度及动力特性对于评价有机高分子浆

液对基床土的改性作用显得很重要, 也可作为化学灌浆整治路基翻浆冒泥提供试验依据。

2 试验设计^[1]

文中采用限定轴对称固结应力状态、轴向动应力控制激振、等频幅的往返荷载和饱和和不排水条件下的常规动三轴试验。试验时应力状态如图 1 所示, 施加应力为等频幅动应力, 测记的动应变一般规律见图 2。试验仪器为 Model DTC-306, Series No. 1 SEIKEN INC。

2.1 土性条件

取样地点: 襄渝线 K538+544 原状土的物理力学性质见表 1。

2.2 改性材料及制样

本次试验选用的改性材料为丙烯酸钙和脲醛树脂, 浆液配比参照室内试验最佳配比, 并与现场灌注时的配比一致, 见表 2。

收稿日期: 1999-06-08

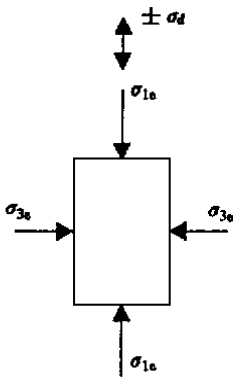


图 1 常规动三轴试验应力条件

Fig. 1 Stress condition of conventional dynamic triaxial tests

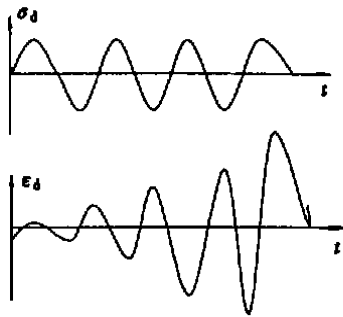


图 2 动应力、动应变时程记录

Fig. 2 Time-process records of stress and strain

表 1 原状土物理力学性质表

Table 1 Physico-mechanical indexes of undisturbed soils

取样地点	土样分类	天然含水量 k %	天然重度 V /k N° m ⁻³	干重度 V _d /k N° m ⁻³	比 重 /kg° m ⁻³	孔隙比 e	饱和度 G /%	渗透系数 /10 ⁻⁵ cm° s ⁻¹	无侧限抗压强度 /k Pa
K 538+ 544	含砾石粘土	17. 0	20. 6	16. 6	2. 66	0. 51	88. 7	3. 86	58

表 2 改性高分子浆液的配比

Table 2 Mixture proportion of the superpolymer

改性材料	土重 /g	改性材料 比例 %	引发剂 /ml	促凝剂或 固结剂	增韧剂 /%
丙烯酸钙	400	8	2	(1+ 1) ml	
脲醛树脂	400	8		0. 3%	2. 5

表 4 最大应力重复频率与时速的关系

Table 4 Relationship between repetition frequency of maximum stress and speed

时速 /k m° h ⁻¹	25	70	100	150
频率 f ₀ /Hz	3. 8	10. 5	15. 0	22. 6

制备试样过程为: 将原状土烘干、碾碎后过 2 mm 的筛,称 400 g 与配制好的浆液充分拌和,在改性材料起作用前,用标准制样器制备粒度、密度、饱和度、均匀性尽量与现场一致的圆柱形试样。试样尺寸直径 5 cm,高度 10 cm

2.3 初始应力、动应力及频率

根据火车荷载作用下路基应力状态的变化规律, I 级次重型线路火车时速按 70 km /h 计算,动、静应力值见表 3

表 3 钢轨下不同基床深度动应力和静载应力值

Table 3 Dynamic and static stresses at different roadbed depths under rails

深度 /m	动应力 ε _d /k Pa	静载及土自重应力 /k Pa			动、静总附加 应力 /k Pa
		轨道重	土自重	合重	
0	69. 2	15. 4	0	15. 4	4. 49
0. 3	57. 5	15. 4	5. 7	21. 1	2. 73
1. 0	37. 37	13. 68	19. 0	32. 68	1. 14
2. 0	20. 18	11. 45	38. 0	49. 65	0. 41
3. 0	10. 90	9. 5	57. 0	66. 5	0. 16
4. 0	5. 88	7. 65	76. 0	83. 65	0. 07
5. 0	3. 18	6. 4	95. 0	101. 4	0. 03

路基顶面荷载作用的反复性和周期性依赖于机车车辆转向架轴间的距离和列车运行速度,当轴间距为 1. 85 m 时,路基顶面最大应力的重复频率与时速的关系如表 4。文中由于试验条件所限,采用频率 1. 0 Hz

3 试验结果及分析

3.1 动应变

试样在动荷载作用下的变形通常用对应不同循环动应力 ε_d 的轴向应变 X₀ 与振动次数 N 的关系曲线表示,如图 3 所示(实线代表丙烯酸钙改性土样,虚线代表脲醛树脂改性土样,下同)。从图中可以看出,随振次的增加,应变逐渐加大;振次一定时,动应力愈大,则产生的动应变也愈大。

3.2 动强度

土样动强度指一定振次 N 下产生某一破坏应变所需的动应力,用 ε_d-N 关系曲线表示。因本次试验的改性土试样的静强度较高,试验中试样的动应变较小,且受试验仪器、时间所限,故拟选用某一指定动应变下的典型 ε_d-N 曲线相互比较动强度(文中选用动应变为 0. 3%)。由图 4 可见,脲醛树脂改性土动强度较高,但丙烯酸钙改性土的韧性更好,脲醛树脂中加入增韧剂对其韧性有所改善。

3.3 动应力-动应变关系(骨干曲线、滞回曲线)

某一振次下的试样 ε_d-X₀ 骨干曲线见图 5,骨干曲线可用双曲线很好地拟合^[2],根据骨干曲线可得到 E_d-X₀ 曲线(图 6),得到土的动模量和动剪切模量。滞回曲线是动应力作用的一个循环圈,是各时刻的动应力与相应动应变的关系曲线,由滞回圈面积及应力-应变三角形面积可计算土的阻尼比。土的阻尼比 D 定义为土的阻尼系数与临界阻尼系数之比,是表征土体粘

性的一个参数。本次试验的滞回曲线见图 7 由图可看出,两种改性土的动模量较原状土均有较大的提高,由

滞回曲线的斜率亦可看出这一点。

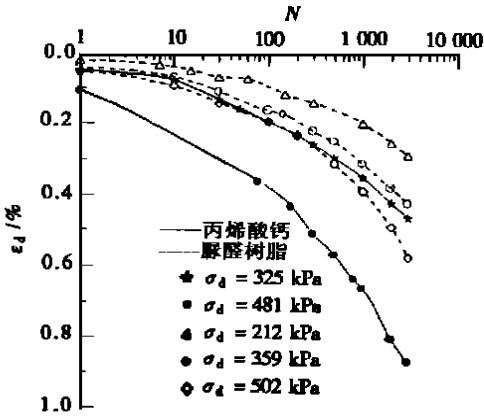


图 3 改性土样的 σ_d -lgN 曲线

Fig. 3 σ_d -lgN curves of soils modified by superpolymer

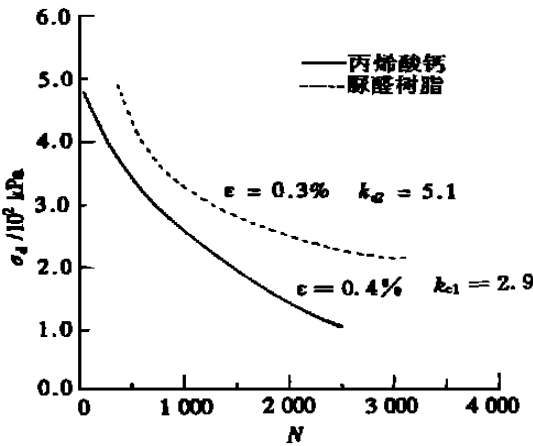
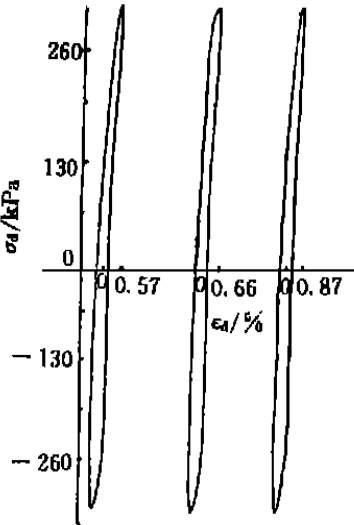
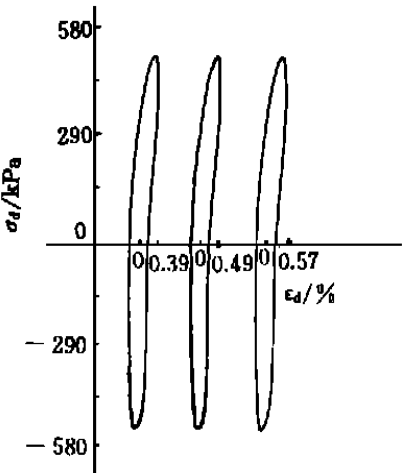


图 4 改性土样的 σ_d -N 曲线

Fig. 4 Cyclic strength curves of soils modified by superpolymer



(a) 丙烯酸钙 ($N = 500, 1\,000, 2\,000$ 次; $k_c = 7$)



(b) 脲醛树脂 ($N = 1\,000, 2\,000, 3\,000$ 次; $k_c = 10$)

图 7 改性土样滞回曲线

Fig. 7 Hysteresis curves of soils modified by superpolymer

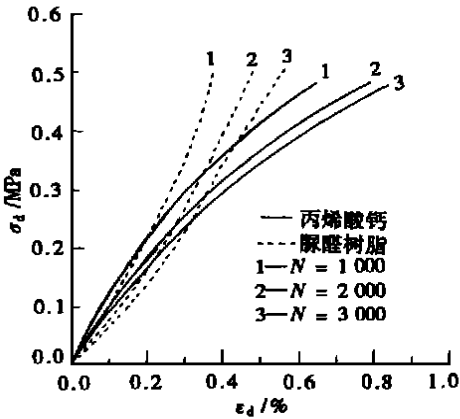


图 5 改性土样 σ_d - ϵ_d 关系曲线

Fig. 5 Dynamic stress-strain curves of soils modified by superpolymer

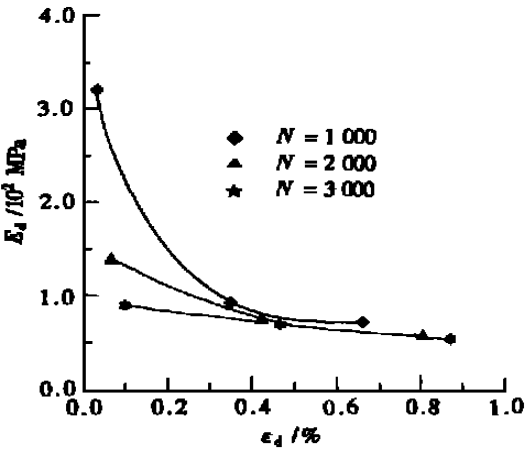
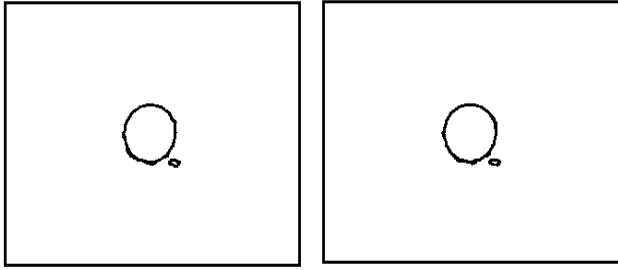


图 6 改性土样(丙烯酸钙)的 E_d - ϵ_d 关系曲线

Fig. 6 Dynamic elastic modulus-strain curves of soils modified by superpolymer



(a) 工况 (1)

(b) 工况 (3)

图 6 受拉区

Fig. 6 Tensile zones

5 结 论

(1) 计算时考虑或不考虑膨胀岩的膨胀效应,会
使洞周围岩应力场、位移场的分布有比较明显的区别。
最大位移分布有从不考虑膨胀时的洞底中部向考虑膨
胀时的洞底的右侧转移的趋势。考虑膨胀时的受拉破
坏区、塑性屈服区范围都比不考虑膨胀时大。

(2) 对围岩支护以后,其位移量与应力值都比不
支护时大大减小,而且支护单元的应力值与位移值很

低,说明采用设计的支护效果很好,有足够的安全储
备。

(3) 进行参数敏感度分析时,无论是 E, c, h 值的
减小,还是膨胀岩膨胀力的增加,围岩的应力与位移值
都有比较明显的增大。从这两种情况下的屈服区与受
拉区来看, E, c, h 对围岩的屈服区影响较大,而最大膨
胀力对围岩的受拉区影响明显。

(4) 由于岩层产状倾斜,各种情况下的应力场、位
移场都呈非对称分布。

参 考 文 献

- 1 张玉军,孙 钧. 锚固岩体的流变模型及计算方法 [J]. 岩
土工程学报, 1994, 16(3): 33~ 45
- 2 唐仪兴,张玉军. 近距离双隧道开挖与支护稳定性有限元
计算 [J]. 岩土力学, 1999, 20(1): 87~ 91
- 3 唐仪兴. 膨胀岩的特性研究与数值模拟 [硕士论文 D]. 武
汉: 中国科学院武汉岩土力学研究所, 1998.
- 4 孙 钧. 地下工程设计理论与实践 [M]. 上海: 上海科学技
术出版社, 1996. 191~ 210

(上接第 158页)

4 结 论

(1) 丙烯酸钙和脲醛树脂改性土的动应变随振动
次数的增加而逐渐增大,初始时以弹性应变为主,随
后塑性应变逐渐累积,曲线斜率逐渐增大;动应力愈
大,一定振次下的动应变也愈大。但改性土试样的总
应变较小,远未达到破坏,属小变形范畴。说明用同一
试样逐级增大动荷载的方法是可行的。

(2) 丙烯酸钙和脲醛树脂改性土试样的动强度随
振次的增加而逐渐趋于一稳定值。

丙烯酸钙改性土在初始静应力为 490 kPa,动应
力为 480 kPa 下,振动 3 000 次试样的动应变为
0. 87 % ;脲醛树脂改性土在初始静应力为 520 kPa,
动应力为 500 kPa 下,振动 3 000 次时动应变为

0. 57 % ;二者均远未达到破坏应变,其动强度均很高。

相互比较来看,丙烯酸钙改性土的韧性较好;脲
醛树脂改性土呈脆性,可加增韧剂提高韧性。两种改
性土强度较原状土强度均有明显的提高,满足整治病
害的强度要求。

(3) 丙烯酸钙和脲醛树脂改性土的动力特性指标
亦满足改性要求。

参 考 文 献

- 1 姜 朴. 现代土工测试技术 [M]. 北京:中国水利水电出版
社, 1996. 69~ 80
- 2 谢定义. 土动力学 [M]. 西安:西安交通大学出版社, 1988.
126~ 162