

DOI: 10.11779/CJGE201403020

高速铁路路基沉降高聚物注浆修复后动力性能及长期耐久性的试验研究

边学成¹, 程 翀², 王复明³, 蒋建群^{2*}, 陈云敏¹

(1. 浙江大学软弱土与环境土工教育部重点实验室, 浙江 杭州 310058; 2. 浙江大学水工结构与水环境研究所, 浙江 杭州 310058;
3. 郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 高速铁路路基的过大沉降影响轨道结构耐久性和列车运行安全, 有必要及时通过抬升路基水平恢复轨道线路的垂向平整性。尝试通过在路基表层和轨道混凝土底座之间进行非水反应高分子聚合物填充注浆的方法实现轨道结构的整体均匀抬升。通过大型物理模型试验测试分析了抬升后轨道-路基的整体动力学性能及长期耐久性。通过定点循环激振试验对比分析了路基抬升前后的轨道整体刚度的变化规律, 发现抬升后整体刚度相比抬升前略有减小, 但对轨道-路基体系自振频率的影响有限; 模拟列车运行的大周次循环加载测试了抬升后路基的动力累积沉降和动刚度变化过程, 结果表明抬升后路基在列车长期荷载作用下具有较好的动力稳定性。

关键词: 高速铁路; 物理模型试验; 累积沉降; 路基抬升; 动力性能

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2014)03-0562-07

作者简介: 边学成(1976-), 男, 浙江诸暨人, 副教授, 博士生导师, 主要从事动力荷载作用下交通基础设施的动力特性和长期服役性能等方面的研究。E-mail: bianxc@zju.edu.cn。

Experimental study on dynamic performance and long-term durability of high-speed railway subgrade rehabilitated by polymer injection technology

BIAN Xue-cheng¹, CHENG Chong², WANG Fu-ming³, JIANG Jian-qun², CHEN Yun-min¹

(1. Key Laboratory of Soft Soils and Geoenvironmental Engineering of Ministry of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Institute of Hydraulic Structure and Water Environment, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 3. College of Water Conservancy and Environment Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The excessive settlement of high-speed railway subgrade will adversely affect the durability of railway structures and the safe operation of trains, therefore the uplift of track structures will be demanded to restore the vertical alignments of the railway. An engineering attempt with injection of polymer materials between the roadbed surface and the concrete base of the slab track is adopted to uplift the track structures uniformly. Large-scale physical model tests are performed to study the dynamic performance and long-term durability of the uplifted track-subgrade system. The change of stiffness of the track-subgrade system after the uplift process is investigated based on the fixed-point cyclic loading tests. The test results indicate that the stiffness of the track structures is slightly reduced after the uplift process, but the change of the natural vibration frequency of the track-subgrade system is very limited. The investigation on cumulative settlement and dynamic stiffness of the uplifted track structures under very large cycles of simulated train moving loads shows that the uplifted track has satisfactory dynamic stability.

Key words: high-speed railway; physical model test; cumulative settlement; track uplift; dynamic performance

0 引 言

无砟轨道具有高平顺性、高稳定性、低维护等优势, 是高速铁路的一种重要形式。无砟轨道本身具有一定的抗弯刚度性能, 对于下部路基出现的初始沉降具有一定的抵抗作用; 但是路基的不均匀沉降会引发高刚性的轨道板应力集中, 产生裂缝, 导致轨道板的

长期服役性能下降, 进而影响列车运行的舒适性和安全性。边学成等^[1]基于全比尺物理模型研究了路基土体在真实列车荷载下的沉降发展机理和发展规律, 提

基金项目: 国家自然科学基金项目(51178418, 51222803)

收稿日期: 2013-04-22

*通讯作者

出了一种列车荷载作用下高速铁路路基的累积沉降计算方法。周萌等^[2]将移动荷载和轨道-路基模型作为整体系统, 分析了不同路基沉降条件对板式轨道受力的影响, 认为 20 m 长 20 mm 深的沉降工况下部分混凝土底座拉应力已经达到极限强度。刘茹冰等^[3]、陈鹏等^[4]采用有限元数值方法分析了路基沉降对轨道板内力和砂浆层应力的影响, 认为路基沉降会导致轨道板内力显著增加。宋欢平等^[5]建立了列车-轨道的竖向耦合动力学模型, 分析了路基发生不均匀沉降条件下列车运行引起的无砟轨道动力响应。从既有研究可以知道一旦路基产生了过大的沉降, 势必会对车轨振动产生影响, 进而影响列车运行的舒适性甚至危及安全。因此必须采取合理的工程措施来抬升路基, 使得轨道结构恢复原有标高位置, 从而保证轨道结构的合理受力。

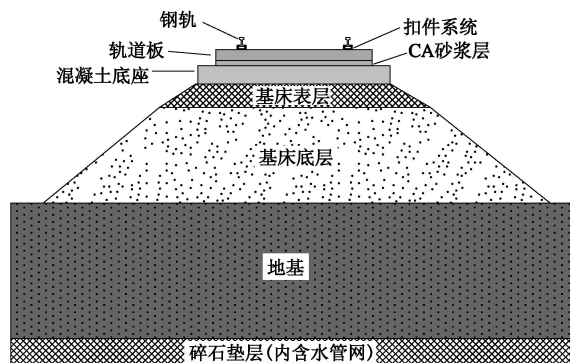
注浆加固在加固路基的同时又不影响正常通行, 非常适合于交通基础设施维护中应用^[6]。目前在路基加固处理中广泛采用水泥注浆^[7-9]来进行填充空洞、抬升沉降区域。但是传统水泥注浆加固方法存在水泥浆膨胀力小、硬化后转化为脆性材料等缺点, 在路基修复加固后的长期使用效果并不理想^[10]。近年来兴起的聚氨酯高聚物化学注浆方法具有膨胀压力控制好、路面抬升均匀等特点, 并且长期使用效果稳定^[11], 因此在国外道路、机场跑道等加固工程中得到了大量应用, 但在高速铁路工程中尚未有报道。高速铁路不均匀沉降路基的修复中要求抬升均匀, 同时对抬升后的路基动力特性要求非常高, 目前尚未有成熟的方法和技术可以借鉴, 拟通过大型物理模型试验开展研究探索, 为工程应用和进一步研究提供参考。

在已建立的全比尺高速铁路无砟轨道路基物理模型的基础上^[12], 在路基表层与混凝土底座之间进行非水反应高分子聚合物(聚氨酯甲酸乙酯)填充注浆, 从而实现对轨道的整体抬升处理。再通过动力试验测试抬升后轨道-路基体系的整体动力学性能及长期耐久性。首先, 通过单轴激振试验研究了路基抬升后的动力特性; 其次, 通过模拟大周期列车运行分析路基抬升后的长期沉降、动刚度变化以及内部土压力分布等的规律。

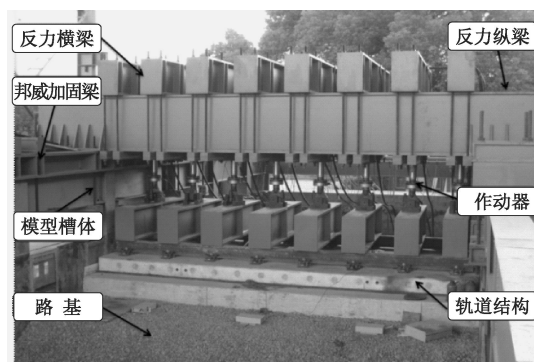
1 无砟轨道路基抬升试验和注浆材料

高速铁路无砟轨道路基动力模型是在浙江大学自行研制的大型物理模型试验系统内进行的, 该物理模型试验箱为一钢结构长方形箱体, 平面尺寸 15 m×5 m, 高 6 m。列车荷载模拟系统由反力系统和加载系统构成。建设完成的模型试验系统如图 1 所示, 其中

图 1(a) 为模型断面示意图, 图 1(b) 是路基上部结构和加载系统的实物图。每个作动器的最大激振荷载为 200 kN, 试验中采用的列车速度为 300 km/h。在此, 定义列车的转向架(列车轴重 17 t) 经过轨道板一次表示为循环加载一次。



(a) 无砟轨道路基模型断面示意图



(b) 无砟轨道路基模型照片

图 1 高速铁路无砟轨道路基动力模型

Fig. 1 Slab track-subgrade dynamic model of high-speed railway

物理模型进行一系列试验后路基的累积沉降超过 15 mm, 已经不满足中国高速铁路路基的沉降控制要求^[13]。在实际工程中为了保证列车的运行安全, 需要采取相应的路基抬升措施, 以满足运行高程要求。浙江大学与郑州大学合作在混凝土底座和路基表层之间进行高聚物的高压多点注浆, 达到整体抬升轨道结构高程的目的(如图 2 所示)。着重于对抬升后路基系统的动力试验, 从而明确轨道-路基体系动力特性、路基内部土压力和长期荷载作用下的动刚度和累积沉降等的变化规律。

试验中的填充材料为甲酸乙酯高聚物^[14], 其主要特点有: ①轻质, 密度变化范围在 150~300 kg/m³之间; ②施工速度快, 不需要养护; ③注浆孔径小(1.6 cm), 对路基结构影响小; ④耐久性, 材料在 10 a 内几乎不发生收缩和变质。郑州大学通过自行研制的高聚物注浆快速维修成套技术已将其应用于公路空洞填充、过渡段填充和大坝防渗处理等重要基础设施的维修上。该材料目前在国内外已经有成熟的制造工艺,

价格便宜、供应充足,采用该材料进行试验正是基于这方面的考虑,但采用该材料在铁路路基中填充后对轨道-路基体系动力特性的影响目前尚未见于报道。

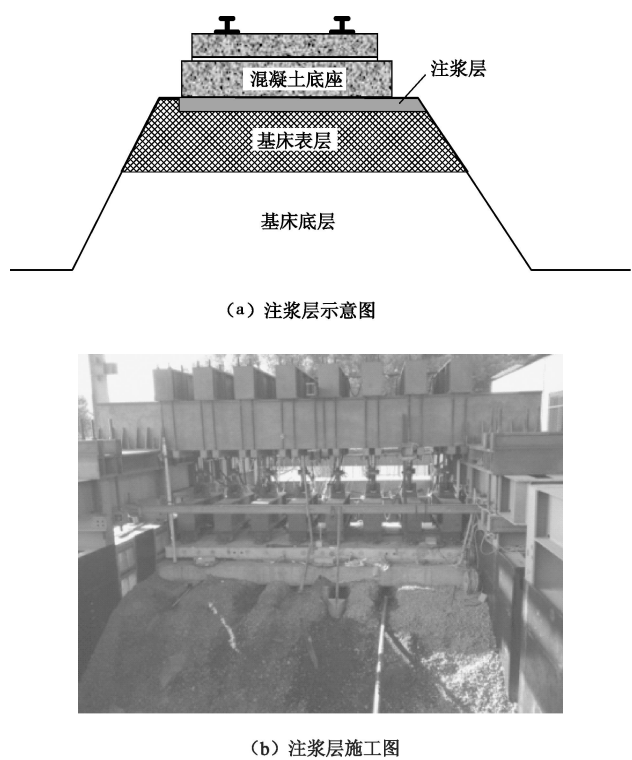


图2 混凝土底座与基床表层之间高压注浆抬升轨道高程
Fig. 2 Track uplift by high-pressure grouting between concrete base and roadbed

2 试验结果分析

2.1 抬升试验的高程检测

由于前期进行的一系列循环加载试验后路基累积沉降量已超过15 mm。因此在对路基注浆抬升时,考虑到化学注浆的初始压密特性,抬升高程应稍大于15 mm。试验过程轨道板的竖向位移监测结果见图3所示,循环加载前轨道板南北两侧竖向位移变化的测试结果如表1所示。在混凝土基座下方注浆前要先行成孔,钻孔过程中导致轨道板略有抬升,南侧抬升1.1 mm,北侧抬升0.6 mm。注浆完成后,南侧抬升12.6 mm,北侧抬升17.5 mm,相比钻孔前,两侧平均抬升15.9 mm,达到预期要求(稍大于15 mm),此时北侧比南侧累积高出4.4 mm;试验中采用一定的预加静压来消除钻孔和注浆带来的扰动影响。两次静压后北侧比南侧高0.7 mm,此时轨道板基本处于水平状态,对于实际工程可通过调节轨道扣件系统来消除该微小高差,但在文中主要关心沉降的发展,因此不做调整。在此基础上,进行了连续循环加载 42.5×10^4 次,其中 9.7×10^4 次激振后,南侧累积沉降1.9 mm,北侧1.3 mm;之后随着激振次数的增加,累积沉降逐渐趋于

稳定, 42.5×10^4 次激振后,轨道板南侧累积沉降2.4 mm,北侧1.9 mm,此时轨道板南北侧高程分别为9.2 mm和10.4 mm。循环加载后轨道板南北两侧高程变化的测试结果见表2,总体上总沉降得到了较好控制。

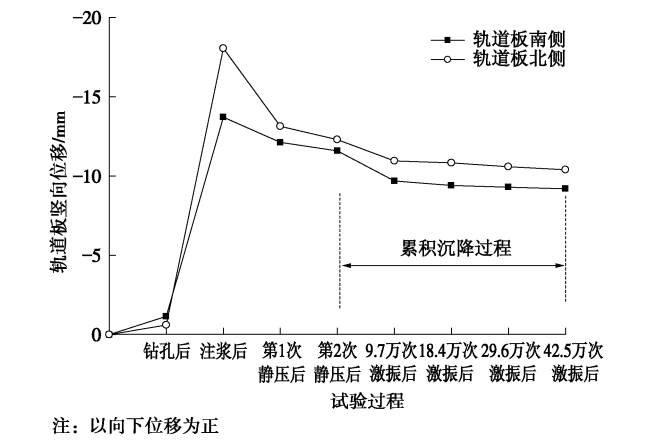


图3 试验过程的轨道板竖向位移变化
Fig. 3 Variation of elevation of track slab during tests

表1 循环加载前轨道板位移变化
Table 1 Elevation of track slab before long-term loading

试验过程	钻孔后	注浆后	第一次静压	第二次静压
竖向位移/mm	-1.1/-0.6	-13.7/-18.1	-12.1/-13.1	-11.6/-12.3

注:斜杠前后分别表示南侧和北侧的测试结果,以向下位移为正。

表2 循环加载时轨道板竖向位移变化
Table 2 Elevation of track slab during long-term loading

加载次数	9.7 万次	18.4 万次	29.6 万次	42.5 万次
	加载	加载	加载	加载
竖向位移/mm	-9.7/-11.0	-9.4/-10.8	-9.3/-10.6	-9.2/-10.4
累积沉降/mm	1.9/1.3	2.2/1.5	2.3/1.7	2.4/1.9

注:斜杠前后分别表示南侧和北侧的测试结果,以向下位移为正。

2.2 路基抬升前后的动力特性比较

通过如图4所示的定点循环激振方法来测试路基抬升后轨道-路基整体的动力特性。在轨道板中间位置施加幅值为90 kN的激振力,扫频范围为1~25 Hz。在轨道板和混凝土底座上布置振动传感器(图5所示),记录轨道结构的竖向振动响应。测试结果与抬升前的路基动力试验结果作对比,分析路基抬升后动力性能的变化。为了与实际新建线路的动力性能相对比,这里也给出新建模型的定点测试结果。

图6展示了3种路基状态下(新建路基、路基抬升前、路基抬升后)的轨道结构表面竖向位移响应:由于填充体在动荷载作用下的弹性变形导致了竖向位移幅值较抬升前有所增大;根据图6(a)测试结果确定新建路基、路基抬升前、路基抬升后3种工况下的

轨道-路基体系共振频率分别为 15.8, 15.3, 15.1 Hz。说明路基抬升后增加的填充层在一定程度上降低了路基的整体刚度, 但是对共振频率的影响还是有限的。



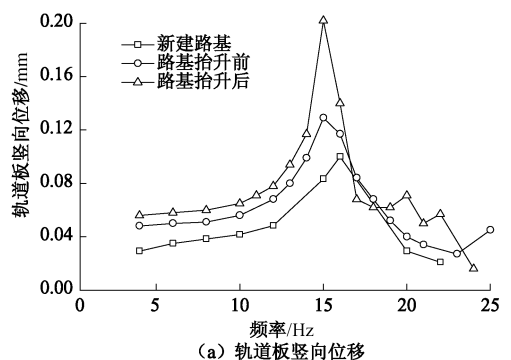
图4 单轴激振试验

Fig. 4 Uniaxial excitation test

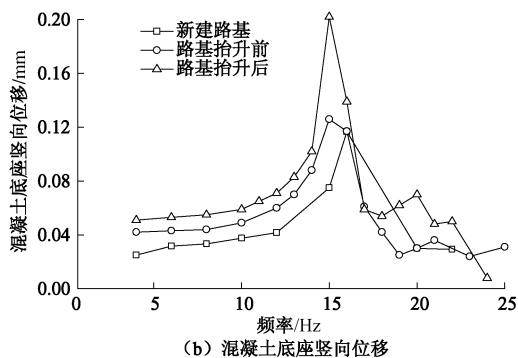


图5 传感器布置

Fig. 5 Layout of sensors



(a) 轨道板竖向位移



(b) 混凝土底座竖向位移

图6 路基表面竖向动位移比较

Fig. 6 Comparison of vertical dynamic displacement of subgrade surface

根据轨道板竖向位移与相应的激振力, 计算出路

基的动刚度响应曲线如图7所示。当激振频率小于共振频率时路基刚度随着激振频率的增加而增加, 当超过共振频率时路基刚度随着激振频率的增加而减小。从图7可知路基抬升后轨道系统的刚度平均约降低15%, 基本处于工程可接受的范围。

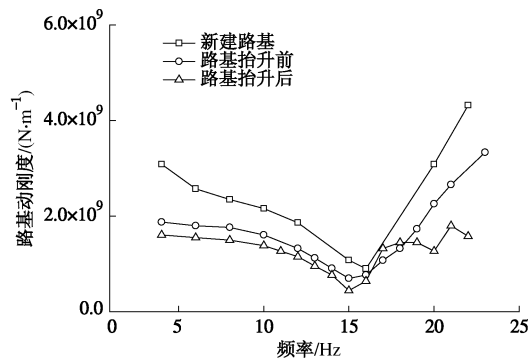


图7 轨道系统动刚度对比

Fig. 7 Comparison of dynamic stiffness of subgrade system

2.3 长期循环荷载作用下路基动力特性的比较

采用模拟列车移动轮轴荷载的方法来研究长期铁路运行条件下抬升后路基的沉降变形、路基内部土压力和轨道-路基体系动刚度的变化规律。图8中给出了抬升后路基的动刚度和累积沉降随循环振次的变化: 在循环初期 (1.1×10^4 振次) 时出现一个较大的初始沉降: 南侧 1.2 mm, 北侧 1.0 mm, 这部分沉降主要是由注浆填充材料在动荷载作用下产生的初始压缩变形。在对路基进行静压以外再进行若干次动荷载进行初始压密, 可消除这部分沉降。路基动刚度采用轨道板南北两侧沉降的均值进行计算, 在荷载循环初期出现了一个峰值, 这是由于路基初始压密后, 动刚度有所增加, 但随着振次的增加, 轨道-路基体系的整体动刚度逐渐减小。初始压密后的动刚度为 1.36×10^9 N/m, 经历 44.9×10^4 次轮轴荷载后趋于稳定, 动刚度减小为 1.09×10^9 N/m, 减小了 19.8%。

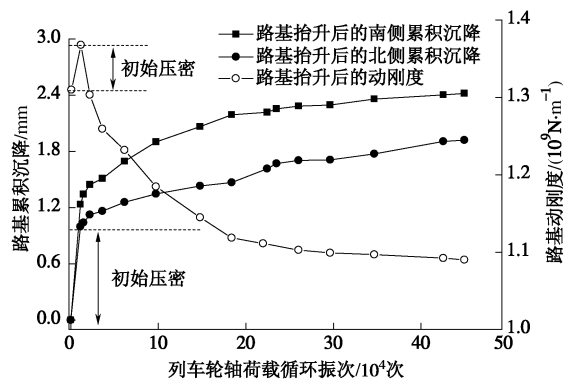


图8 轨道累积沉降和动刚度随振次的变化

Fig. 8 Variation of subgrade settlement and dynamic stiffness during long-term loading

图9中给出了消除填充体初始压缩变形后的累积

沉降和动刚度与路基抬升前的对比。从图 9 (a) 可知路基抬升前后路基沉降发展规律基本一致, 路基抬升后累积沉降比抬升前有所增加。经历 13.8 万次循环荷载后, 路基抬升后比路基抬升前增加了 8.6% (抬升前后分别沉降了 0.58 mm 和 0.63 mm), 但是累积沉降的绝对量都很小。图 10 (b) 反映了路基动刚度随着振次的增加逐渐减小, 路基抬升前后的刚度随循环轮轴荷载次数的变化规律是一致的。采用注浆抬升路基对路基刚度有一定的影响, 但是比较有限。

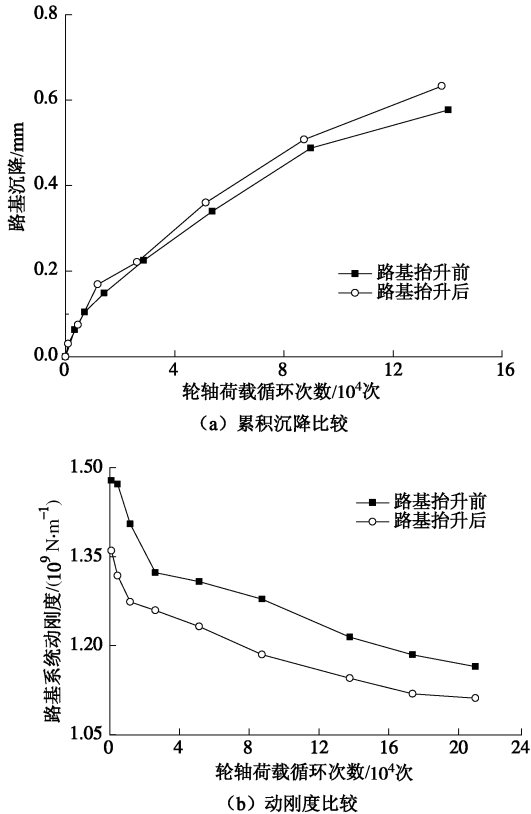


图 9 路基抬升前后的路基沉降和动刚度比较

Fig. 9 Comparison of settlement and dynamic stiffness of subgrade before and after polymer injection

图 10 中给出了不同列车速度下的路基内部土压力分布结果: 当列车速度为 110 km/h 时, 路基抬升前后轨道正下方的路基 0.4 m 深处土压力分别为 25.4 kPa 和 17.2 kPa, 路基抬升后土压力减小了 32.3%, 3.7 m 深土压力分别为 10.9 kPa 和 9.3 kPa, 路基抬升后减小了 14.7%; 列车速度为 360 km/h 时, 路基抬升前后的轨道正下方 0.4 m 深土压力分别为 29.3 kPa 和 23.4 kPa, 抬升后路基减小了 20.1%, 3.7 m 深的土压力分别为 15.1 kPa 和 12.2 kPa, 抬升后路基减小了 19.2%。路基抬升后路基内部的动土压力均有明显减小, 这是因为在混凝土底座下方进行注浆后, 相当于在底座下方增加了一个弹性减振层, 从而使得从混凝土底座传来的动荷载幅值降低, 并且分布更均匀。但是随着深度的增加, 这种差别会相对减小。

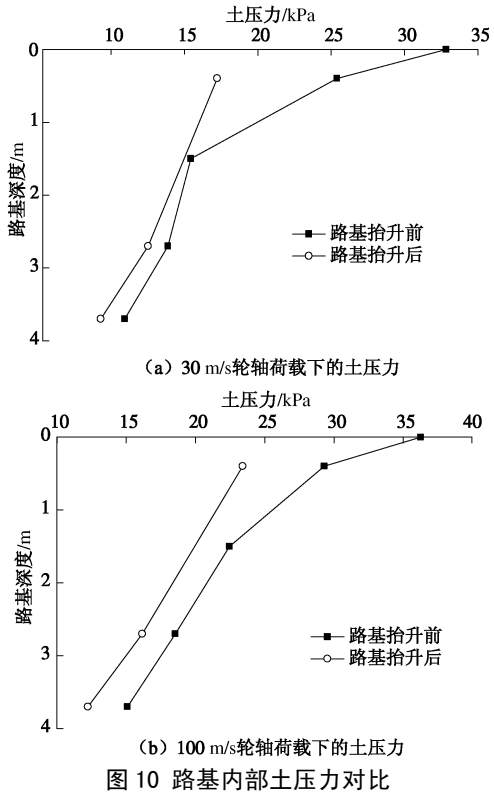


图 10 路基内部土压力对比

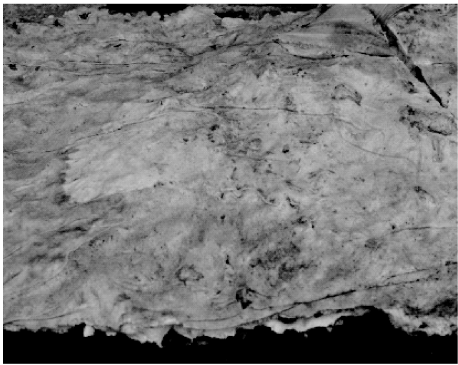
Fig. 10 Comparison of internal soil pressure of subgrade

2.4 试验完成后的填充料的模量测试

完成上述动力试验后, 对轨道结构进行拆卸检查试验过程中实际的注浆效果。图 11 给出了充满聚氨脂泡沫材料的土工布袋和在土工布袋间隙中填充的聚氨



(a) 土工布袋填充体



(b) 空隙填充体

图 11 填充体开挖照片

Fig. 11 Photos of polymer

脂泡沫。可见填充材料分布较为均匀,成型效果很好。对比动力试验前高压灌注的聚氨脂泡沫材料的密度实测为 0.263 g/cm^3 , 列车循环加载 42.5×10^4 次后,测得密度为 0.308 g/cm^3 。根据文献[15]中试验测得聚氨脂泡沫材料弹性模量和密度的关系,可得到循环加载前后的弹性模量分别为: 24.1, 46.7 MPa, 增加了 93.8%。结合图 8 中的试验结果也可知,该高聚物填充料存在一定的初始压密现象,但是在若干次初始加载后变形就很小,意味着其弹性模量也很快达到稳定状态,弹性模型接近试验完成时的弹性模量,总体上对路基的动力特性影响较小。

3 结 论

针对高速铁路中采用高聚物注浆抬升轨道高程后的轨道-路基体系力学特性改变的问题,实施了定点循环加振和模拟大周期列车运行的动力学试验,基于试验结果分析了抬升后轨道-路基体系的整体动力学性能和长期列车运行作用下的耐久性,得出了以下结论:

(1)单点激振试验表明路基抬升后轨道-路基体系的共振频率约为 15.1 Hz,和抬升前路基共振频率相比减小了约 0.2 Hz。表明路基经过抬升后轨道-路基体系的整体刚度发生了一定程度的弱化,但是减小幅度有限。

(2)通过初试的若干次循环加载消除填充体的初始压缩变形后,抬升后路基的累积沉降和动刚度的发展规律和抬升前基本一致,表明采用非水反应高聚物注浆来抬升高速铁路无砟轨道,基本不会影响路基的长期累积沉降特征。

(3)路基与混凝土底座之间填充注浆后形成一个相对刚度较小的弹性层,使得路基中的动应力有所减小,并且动应力在路基内部中分布更均匀。

(4)定点循环激振试验和长期列车循环加载试验结果初步表明应用非水反应高聚物注浆技术应用到高速铁路无砟轨道路基沉陷的修复(路基抬升)中是可行的,修复后轨道-路基系统的动力稳定性及耐久性基本能满足无砟轨道路基的技术要求;但在实际应用中还要综合考虑列车运行条件、路基自身特征以及注浆抬升高程紧密控制等方面的具体因素,进一步研究和完善施工工法。

参考文献:

- [1] BIAN X C, JIANG H G, CHEN Y M. Accumulative deformation in railway track induced by high-speed traffic loading of the trains[J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2010, 9(3): 319 - 326.
- [2] 周 萌, 宫全美, 王炳龙, 等. 无砟轨道路基基床动力特性的研究[J]. 铁道标准设计, 2010(10): 1 - 4. (ZHOU Meng, GONG Quan-mei, WANG Bing-long, et al. The influence of differential settlement value for the dynamic slab track response[J]. Railway Standard Design, 2010(10): 1 - 4. (in Chinese))
- [3] 刘茹冰, 张士杰. 路基沉降不均对板式轨道受力的影响分析[J]. 路基工程, 2009(1): 142 - 143. (LIU Ru-bing, ZHANG Shi-jie. The impact of uneven settlement of embankment to slab track[J]. Subgrade Engineering, 2009(1): 142 - 143. (in Chinese))
- [4] 陈 鹏, 高 亮, 马鸣楠. 高速铁路路基沉降限值及其对无砟轨道受力的影响[J]. 工程建设与设计, 2008(5): 63 - 66. (CHEN Peng, GAO Liang, MA Ming-nan. Limited value of subgrade settlement and its influence on mechanical characteristics of ballastless track in high-speed railway[J]. Traffic Engineering Design, 2008(5): 63 - 66. (in Chinese))
- [5] 宋欢平, 边学成, 蒋建群, 等. 高速铁路路基沉降与列车运行速度关联性的研究[J]. 振动与冲击, 2012, 31(10): 134 - 140. (SONG Huan-ping, BIAN Xue-cheng, JIANG Jian-qun, et al. Correlation between subgrade settlement of high-speed railroad and train operation speed[J]. Journal of Vibration and Shock, 2012, 31(10): 134 - 140. (in Chinese))
- [6] BEZINA Y, FARRINGTON D, PENNY C, et al. The dynamic response of slab track constructions and their benefit with respect to conventional ballasted track[J]. Vehicle System Dynamics, 2010, 48: 175 - 193.
- [7] 谢颖武. 注浆加固法在既有铁路路基施工中的应用[J]. 科技资讯, 2008(14): 4. (XIE Ying-wu. Grouting method in the railway embankment construction[J]. Information Technology, 2008(14): 4. (in Chinese))
- [8] 吕续臣, 于立俊. 既有铁路路基注浆加固技术[J]. 铁道建筑, 2006(4): 39 - 41. (LÜ Xu-chen, YU Li-jun. Railway embankment grouting technology[J]. Railway Engineering, 2006(4): 39 - 41. (in Chinese))
- [9] 李宗典, 刘世益, 尹立杰. 铁路路基道碴囊及路基空洞注浆加固治理[J]. 路基工程, 2007(6): 179 - 180. (LI Zong-dian, LIU Shi-yi, YIN Li-jie. Railway embankment ballast and subgrade empty grouting governance[J]. Subgrade Engineering, 2007(6): 179 - 180. (in Chinese))
- [10] 石明生, 马小跃, 王复明. 高聚物注浆技术在水泥混凝土道路维修中的应用[J]. 河南科学, 2010(1): 74 - 77. (SHI Ming-sheng, MA Xiao-yue, WANG Fu-ming. Application of

- polyurethane injecting method in cement concrete pavement road[J]. Henan Science, 2010(1): 74 - 77. (in Chinese))
- [11] 刘勇. 聚氨酯高聚物材料及其混凝土常用性能试验研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2009. (LIU Yong. The analysis of Polyurethane polymer material used in concrete[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2009. (in Chinese))
- [12] 边学成, 蒋红光, 金皖锋, 等. 板式轨道-路基相互作用及荷载传递规律的物理模型试验研究[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(8): 1488 - 1495. (BIAN Xue-cheng, JIANG Hong-guang, JIN Wan-feng, et al. Full-scale model tests on slab track-subgrade interaction and load transfer in track system[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2012, 34(8): 1488 - 1495. (in Chinese))
- [13] TB 10621—2009 高速铁路设计规范[S]. 2009. (TB 10621—2009 High-speed railway design specifications[S]. 2009. (in Chinese))
- [14] 刘志远. 高聚物注浆材料工程特性的试验研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2007. (LIU Zhi-yuan. The engineering analysis of polymer grouting material experimental study[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2007. (in Chinese))
- [15] 徐建国, 王复明, 钟燕辉, 等. 静动力荷载下土石坝高聚物防渗墙受力特性分析[J]. 岩土工程学报, 2012, 34(9): 1699 - 1704. (XU Jian-guo, WANG Fu-ming, ZHONG Yan-hui, et al. Stress analysis of polymer dishrag wall for earth-rock under static and dynamic loads[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering. 2012, 34(9): 1699 - 1704. (in Chinese))

第四届全国环境岩土与土工材料研讨会（一号通知）

第四届全国环境岩土工程与土工合成材料技术研讨会将于 2014 年在重庆召开。本届会议提出了“可持续发展与环境岩土工程问题”的主题，以期为全国从事环境岩土工程、土工合成材料技术研究和工程实践的学者和工程人员提供一个交流平台，研讨中国在城市化建设高速发展及自然灾害下引起的各种环境岩土问题，展示环境岩土工程和土工合成材料方面的发展，以推动中国新时期国家建设中环境岩土工程与土工合成材料技术的发展及应用。

会议议题：①城市建设引起的岩土工程问题；②自然灾害区域环境岩土工程问题；③城市垃圾及污染废弃物的处理技术；④污染土壤及修复技术；⑤环境岩土工程相关试验与监测技术；⑥地下工程施工中的环境问题；⑦土工合成材料在环境土工中的应用；⑧土工加筋与加固技术及其应用；⑨低碳环境与岩土工程。

会议地点：重庆大学

会议时间：2014 年 11 月 7 日～9 日。

主办单位：中国岩石力学与工程学会环境岩土工程分会，中国土木工程学会土力学及岩土工程分会，中国土工合成材料

工程协会，国家自然科学基金委员会工程与材料学部。

承办单位：重庆大学，解放军后勤工程学院，重庆交通大学，河海大学，山地城镇建设与新技术教育部重点实验室，岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室。

联系人：钟祖良，13594058380；卢谅，18602319075；梁宁慧，13452128802，023-65120728。论文提交邮箱：hjyt2014@126.com。联系地址：重庆市沙坪坝北街 83 号重庆大学土木工程学院（400045）。

论文征集：论文要求尚未公开发表，论点明确，论据可靠，数据准确，文字精练，引用文献明确出处，不得侵犯他人的著作权，字数控制在 6 个版面以内。论文格式一律按照《岩石力学与工程学报》的格式编辑排版。学术委员会将组织专家对所提交的论文进行审查，通过审查的论文在《岩石力学与工程学报》专刊和《地下空间与工程学报》专刊及增刊上正式发表。2014 年 6 月 30 日前提交论文全文（Word 格式电子版）；2014 年 7 月 31 日前返回评审结果和修改意见；2014 年 9 月 30 日前提交修改后论文（附 Word 格式电子版）。

（大会组委会 供稿）