

Research on the Performance of Foamed Light Soil Treating Abutment Jump

Chen LI¹, Shaolong Han¹, Zhenyu Li², Chen Huo³, Mingxiao Shi⁴

¹School of Civil Engineering and Architecture, Shandong University, Jinan Shandong

²Great Wall Street Primary School, Heze Shandong

³School of Management, Shandong University, Jinan Shandong

⁴College of Education, Shandong Normal University, Jinan Shandong

Email: 505790133@qq.com

Received: Mar. 9th, 2018; accepted: Mar. 21st, 2018; published: Mar. 29th, 2018

Abstract

The abutment jump is one of the common problems in highway construction, which seriously affects the driving comfort, reduces the vehicle's traveling speed and the capacity of the road. It is one of the important hidden dangers of traffic safety and damages to the highway society and economic benefits. Based on a large number of relevant literatures on foam concrete, this paper combines a number of existing achievements and carried out a series of experimental studies around the management of bridgehead jumping. First of all, it establishes several feasible mix proportions. Secondly, it explores the strength and stability of water experimentally, and determines the influence of various factors on its property.

Keywords

Abutment Jump, Foam Light Soil, Mix Proportion, Property

应用于治理桥头跳车的泡沫轻质土性能研究

李 晨¹, 韩少龙¹, 李振玉², 霍 晨³, 时明晓⁴

¹山东大学土建与水利学院, 山东 济南

²山东省菏泽市鄄城县陈王街道长城街小学, 山东 菏泽

³山东大学管理学院, 山东 济南

⁴山东师范大学教育学院, 山东 济南

Email: 505790133@qq.com

收稿日期: 2018年3月9日; 录用日期: 2018年3月21日; 发布日期: 2018年3月29日

摘要

桥头跳车是目前公路建设中常见的通病之一, 严重影响了行车舒适性, 降低了车辆的行驶速度和道路的通行能力, 是道路交通安全的重要隐患之一, 损害了公路的社会效益和经济效益。本文在大量泡沫混凝土相关文献的基础上, 结合已有成果, 围绕治理桥头跳车开展了一系列试验研究工作。首先, 确立了泡沫轻质土的几种可行的基准配合比。其次, 通过实验探究了其强度与水稳定性, 确定各因素对其性能的影响规律。

关键词

桥头跳车, 泡沫轻质土, 配合比, 性能

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

桥头跳车是指桥台构筑物与台后填土衔接处存在差异沉降, 使得路面形成台阶或显著纵坡变化, 从而导致高速行驶的车辆通过台背回填处产生颠簸跳跃的现象。“桥头跳车”现象产生的直接原因是刚性桥台和柔性路堤在荷载作用下由于刚度的较大差异而引起的显著差异沉降导致的[1]。桥头跳车是目前公路建设中常见的通病之一, 其严重影响了行车舒适性, 降低了车辆的行驶速度和道路的通行能力, 是道路交通安全的重要隐患之一, 损害了公路的社会效益和经济效益[2]。

控制桥头跳车的工程措施主要有: 通过提高路基填土压实度、换填砂砾材料、采用土工加筋材料等措施来减小路基压缩变形; 通过设置桥头搭板、渐变桩等沉降过渡措施减小沉降变形差; 通过对地基处理、轻质填料等减少地基附加应力来控制地基沉降; 通过在路面设置反向预坡度等措施平衡台背沉降[3]。

目前常用的路基回填材料有级配砂砾、土工泡沫 EPS 及无砂大孔隙混凝土等。但是级配砂砾造价较高、对台背的附加应力大、压实施工难度高; 土工泡沫 EPS 的浮力抵抗能力差, 水位的变动对路基的稳定性影响大, 不能耐高温, 受油污和紫外线的影响大, 施工单价较为昂贵, 而且目前对 EPS 在长期荷载作用下的性能缺乏深入的了解[4]; 无砂大孔隙混凝土造价也比较高, 且属于一门新兴技术, 对治理桥头跳车的效果还不明朗。

泡沫轻质土是一种新型轻质环保回填材料, 其流动度高、轻质、自立性好, 且容重和抗压强度可自由调节[5]。其不仅可以减少路基回填部分的自身压缩变形, 而且减少了地基附加应力, 降低了地基沉降变形。

本文围绕治理桥头跳车开展试验研究, 确立了泡沫轻质土的几种可行的基准配合比, 通过实验探究了其力学性能与路用性能, 确定各因素对其性能的影响规律, 为泡沫轻质土的工程施工奠定了理论基础。

2. 试验材料及试验方案

2.1. 试验原材料与试件制备

水泥: 本次试验采用山东山水水泥集团有限公司生产的标号为 P.O 42.5 的普通硅酸盐水泥。

粉煤灰：山东省莱芜电厂生产的二级粉煤灰。

原料土：山东省境内黄河流域地区的粘质粉土。

发泡剂：市售动物蛋白发泡剂。

水：自来水。

搅拌机：浙江省永康市伟旺工具有限公司生产的中永 ZY-20 工业级水泥搅拌机。

发泡机：合肥立创节能建材开发有限公司生产的泡沫发生器。

干燥箱：上海姚氏仪器设备厂生产的 YHG-9245A 台式电热恒温干燥箱。

压力机：长春科新试验仪器有限公司生产的 WDW300 型微机控制电子式万能试验机。

使用发泡机将一定稀释倍数的发泡剂溶液制成泡沫；称取水泥、粉土加入搅拌机中，慢搅 30 s，快搅 90 s；称取水加入搅拌机中，慢搅 30 s，快搅 30 s；称取泡沫加入搅拌机中，快搅 120 s。将浆体浇入模具中，移入标准养护室，1~2 d 后脱模，之后将试块密封，在标准养护室或试验条件中继续养护至试验龄期。

2.2. 试验方案设计

2.2.1. 无侧限抗压强度

研究泡沫轻质土作为路基填料的抗压性能，以不同粉土掺量作为分组依据，分别为 30%、40%、50%、60%、70% 五组，采用 $100 \times 100 \times 100$ 试件。制备成型后在标准养护条件(温度为 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 90% 以上)下养护 24 h，脱模后继续在标准养护条件下养护至 3 d、7 d、28 d，测定其无侧限抗压强度，并将试验后的试件全部或部分立即称取质量，然后在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘至恒质，计算其含水率。

无侧限抗压强度测试试验按照泡沫混凝土(JG/T 266-2011)性能试验规范进行。抗压强度按如下计算：

$$f = \frac{F}{A}$$

式中：

f ——试件的抗压强度，单位为兆帕(MPa)，精确至 0.001 MPa；

F ——最大破坏荷载，单位为牛(N)；

A ——试件受压面积，单位为二次方毫米(mm^2)。

含水率测试是在以上试验结束后称取试件碎片质量，然后将其放入电热鼓风干燥箱内，在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下烘至恒质。

按如下计算：

$$W_s = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100$$

式中：

W_s ——含水率，%；

M_0 ——试件烘干后质量，单位为克(g)；

M ——试件烘干前质量，单位为克(g)。

2.2.2. 抗折强度

研究泡沫轻质土作为路基填料的抗折性能，以不同粉土掺量作为分组依据，分别为 40%、50%、60%、70% 五组，采用 $100 \times 100 \times 400$ 试件。制备成型后在标准养护条件(温度为 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 90% 以上)下养护 24 h，脱模后继续在标准养护条件下养护至 28 d，测定其抗折强度。

抗折强度测试试验按照蒸压加气混凝土性能试验方法(GBT 11969-2008)进行。抗折强度按如下计算:

$$f_f = \frac{p \cdot L}{b \cdot h^2}$$

式中:

- f_f ——试件的抗折强度, 单位为兆帕(MPa);
- p ——破坏荷载, 单位为牛(N);
- b ——试件宽度, 单位为毫米(mm);
- h ——试件高度, 单位为毫米(mm);
- L ——支座间距即跨度(mm), 精确至 1 mm。

2.2.3. 养护条件对无侧限抗压强度的影响

研究养护条件对泡沫轻质土抗压强度的影响规律, 本次试验选择 40℃水浴养护与标准养护后的泡沫轻质土试块作对比。制备成型后在标准养护条件下养护 24 h, 脱模后进行 40℃水浴养护, 而对照组继续进行标准养护。当龄期分别到达 3 d、7 d、28 d 时同时进行无侧限抗压强度测试。

2.2.4. 水胶比对无侧限抗压强度的影响

研究水胶比对泡沫轻质土无侧限抗压强度的影响规律, 本次试验采用水胶比为 0.43、0.45 和 0.48 的泡沫轻质土试块, 养护至试验龄期后进行无侧限抗压强度测试。

2.2.5. 泡沫轻质土的水稳定性

研究泡沫轻质土作为路基填料的水稳定性, 以不同粉土掺量作为分组依据, 分别为 30%、40%、50%、60%、70%五组, 采用 70 × 70 × 70 试件。制备成型后在标准养护条件(温度为 20℃ ± 2℃, 相对湿度为 90%以上)下养护 24 h, 脱模后继续在标准养护条件下养护至 28 d, 然后进行水浴(温度为 20℃ ± 2℃)养护, 水面高出试件 1/3 h, 分别测试试件的水浴养护时间为 0 d、7 d、14 d、18 d、3 M 的无侧限抗压强度。

3. 试验结果与分析

3.1. 粉土掺量对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响

图 1 为不同粉土掺量试块随养护龄期变化的无侧限抗压强度变化规律。由图中可以看出, 泡沫轻质土的无侧限抗压强度随着养护龄期的增加而增加, 但早期强度增长幅度不大, 3 d 时达到最高强度的 25% 左右, 7 d 时可以达到最高强度的 50% 左右; 而且随着粉土掺量的增加, 无侧限抗压强度逐步减小。抗压强度逐步减少是因为粉土所占比例增加, 而水泥比例减少引起的强度下降。粉土掺量为 40% 时的 28 d 无侧限抗压强度可达 10.2 Mpa, 而粉土掺量为 70% 时的 28 d 无侧限抗压强度只有 1.73 Mpa。

半刚性底基层下回填作为路面结构的主要承重层, 没有足够的强度, 就不可能满足路面结构使用耐久性的要求。而《公路路面基层施工技术规范》对高速公路和一级公路的底基层抗压强度要求为 1.5~2.5 MPa, 试验证明泡沫轻质土的粉土掺量为 30%~70% 时均可满足要求。

3.2. 泡沫轻质土试块的含水率随龄期的变化规律

图 2 为不同粉土掺量试块随养护龄期变化的含水率变化规律。从图中可以看出不同掺量粉土的泡沫轻质土含水率相差不大, 均为 28% 左右。而随龄期的增加, 含水率逐渐降低, 在养护龄期为 7 d 时, 含水率降至 27% 左右。一方面是因为水泥的水化反应消耗了试块中的水分; 另一方面随着水泥水化反应的进行, 试块表面及内部更加密实, 降低了水的转移速度。在这两方面的作用下, 到达 28 d 时, 试块的含水率仅有 22% 左右。

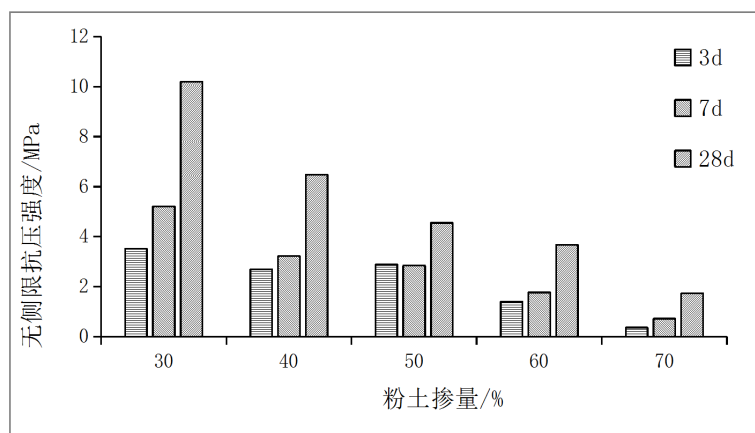


Figure 1. Influence of silt content on unconfined compressive strength of foamy light soil

图 1. 粉土掺量对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响

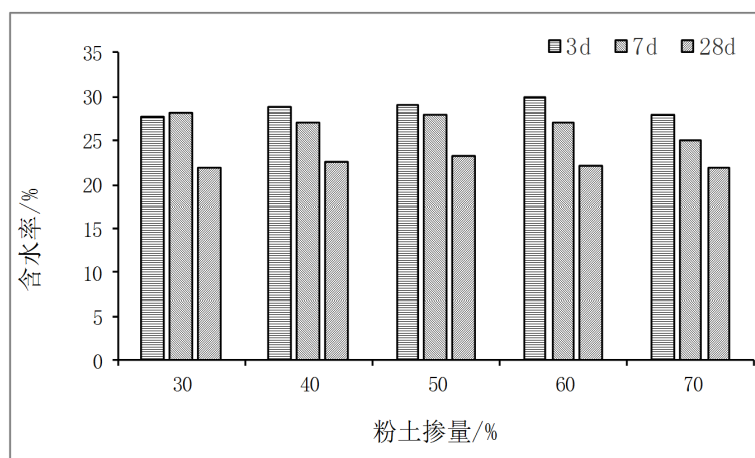


Figure 2. Moisture content of foam light earth test block changes with age

图 2. 泡沫轻质土试块的含水率随龄期的变化规律

3.3. 养护条件对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响

图 3 为养护条件对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响规律。在高温水浴的养护条件下,当养护龄期为 3 d 时,无侧限抗压强度由 3.72 MPa 增至 7.15 MPa;当养护龄期为 7 d 时,无侧限抗压强度由 5.59 MPa 增至 7.97 MPa 当养护龄期为 28 d 时,无侧限抗压强度由 10.28 MPa 增至 10.99 MPa。

由此可见,在到达最高强度之前,高温水浴养护下的试块的无侧限抗压强度均有较大的提高。而随着龄期的增加,提高的幅度不断减少,这说明高温水浴养护不能提高泡沫轻质土的最高强度,只能促进水泥的水化反应,不能加深水泥水化的程度。此外,本次试验还测试了一组 60℃ 水浴养护试块的无侧限抗压强度,试验结果显示 60℃ 水浴养护试块的无侧限抗压强度高于 40℃ 水浴养护的试块。说明在一定范围内,提升水浴养护的温度可以提高泡沫轻质土的早期强度。

3.4. 水胶比对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响规律

三种水胶比的泡沫轻质土试块的无侧限抗压强度分别为 4.18 MPa、3.10 MPa 和 2.51 MPa。说明在一定范围内,随着水胶比的增大,泡沫轻质土的无侧限抗压强度会增加(图 4)。

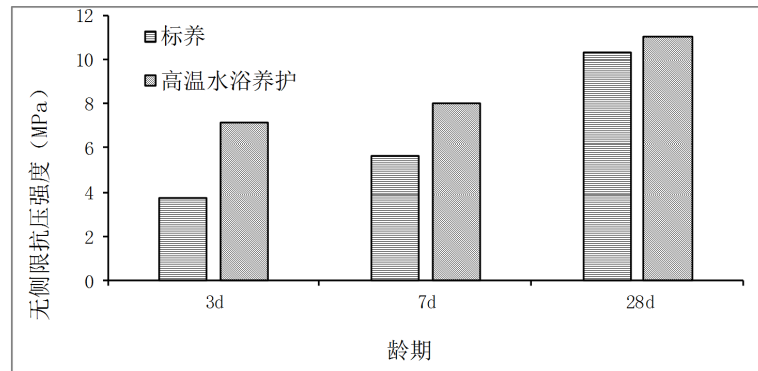


Figure 3. Influence of curing conditions on unconfined compressive strength of foam light soil

图 3. 养护条件对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响

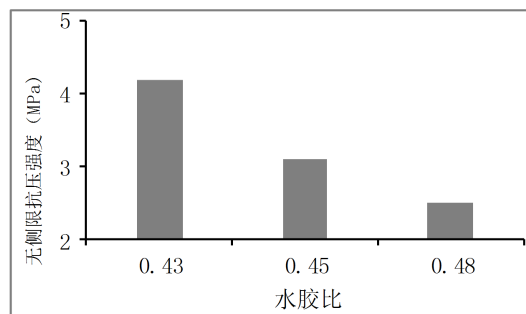


Figure 4. Moisture content of foam light earth test block changes with age

图 4. 水胶比对泡沫轻质土的无侧限抗压强度的影响规律

随着水胶比的增大,一方面会使泡沫轻质土浆体流动性改善,泡沫在浆体中更容易分散均匀,气孔趋于圆滑,从而提高泡沫轻质土的强度;另一方面也会让泡沫轻质土硬化成型过程的水分散失加剧,水分蒸发后会留下缺陷更多,而且浆体稠度过小会使泡沫浮出浆体,干料沉积,硬化后的泡沫轻质土上部松软、下部坚硬,这些因素会对泡沫轻质土的强度造成不利影响。在本次试验中,泡沫轻质土的强度呈下降趋势,说明大水胶比的不利影响多于有利影响。

3.5. 水稳定性

从图 5 中可以看出,试块在标准养护 28 d 后进行水浴养护,其强度仍有小幅提升。随着粉土掺量的减少,这种强度增幅越大。由于泡沫轻质土内部多孔隙的存在,它在受到水的侵蚀之后强度维持能力需要深入研究。其作为路基填料将可能长期处于湿润状态,它的抗水性能对使用寿命和路基的稳定性有重大的影响。而且半刚性底基层下回填作为路面结构的主要承重层,其强度在湿润状态下如不能保持长久稳定,就不可能满足路面结构使用耐久性的要求。

3.6. 粉土掺量对泡沫轻质土的抗折强度影响规律

图 6 为不同粉土掺量试块随养护龄期变化的抗折强度变化规律。由图中可以看出,随着粉土掺量的增加,抗折强度逐步减小。抗折强度逐步减少是因为粉土所占比例增加,而水泥比例减少引起的强度下降。粉土掺量 50% 组的抗折强度略高于粉土掺量 40% 组,是因为试件制备的误差导致 50% 组的试件容重较大,正常情况下 50% 组的抗折强度低于 40% 组。

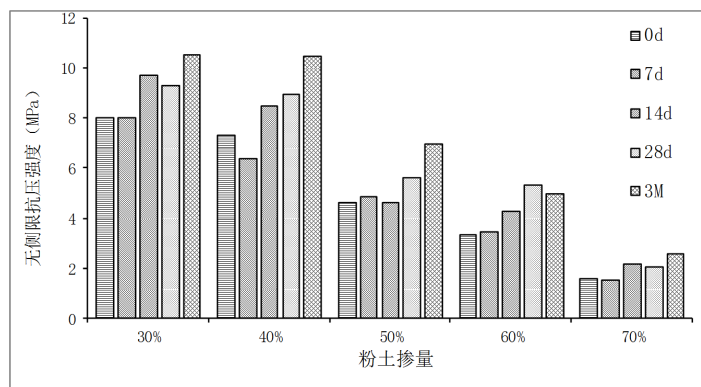


Figure 5. Water stability of foam light soil

图 5. 泡沫轻质土的水稳定性

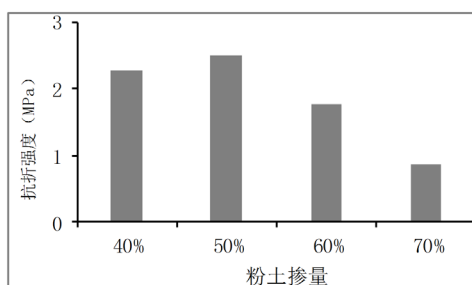


Figure 6. Influence of silt content on the fracture strength of foam light soil

图 6. 粉土掺量对泡沫轻质土的抗折强度的影响

4. 结论

A) 泡沫轻质土的抗压强度和抗折强度随着粉土掺量的增加而逐步减小。泡沫轻质土的无侧限抗压强度随着养护龄期的增加而增加，但早期强度增长幅度不大；3 d 时达到最高强度的 25% 左右，7 d 时可以达到最高强度的 50% 左右。随龄期的增加，含水率逐渐降低。高温水浴养护不能提高泡沫轻质土的最高强度，只能促进水泥的水化反应，不能加深水泥水化的程度。在一定范围内，随着水胶比的增大，泡沫轻质土的无侧限抗压强度会增加。

B) 泡沫轻质土在长期处于湿润状态下具有很好的水稳定性，强度会小幅增加。且随着粉土掺量的减少，这种强度增幅越大。

C) 泡沫轻质土的力学性能和路用性能均可满足使用要求，且造价低廉、施工迅速，具有广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 徐士翠. 气泡混合轻质土在台背回填中的应用[J]. 城市道桥与洪, 2016, 8(8): 305-307.
- [2] 陈文平, 谭存茂, 杨和平. 气泡混合轻质土在台背回填施工中的应用[J]. 公路, 2012(11): 162-166.
- [3] 李明杰. 桥头跳车病害分析及防治技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2004.
- [4] 王庶懋. 砂土与 EPS 颗粒混合的轻质土(LSES)动力特性的试验研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 河海大学工程研究所, 2007.
- [5] 竺万发, 张业红, 苏英, 何浩, 卢超. 我国泡沫混凝土的研究进展及工程应用[J]. 材料导报, 2013, 27(s1): 000317-000320.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3458，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org