

文章编号: 1005-0523(2004)04-0015-04

软岩填筑路基模型试验研究

熊跃华, 刁心宏, 郑明新

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 采用相似材料模型试验方法, 对长衡客运专线用千枚板岩填筑路基进行了机制性试验研究, 结果表明用全风化的千枚板岩填筑路基是可行的, 并根据试验结果提出了保证填筑路堤稳定性的工程措施和要求。

关键词: 模型试验; 软岩; 路基

中图分类号: U41

文献标识码: A

1 引言

随着我国经济建设的快速发展, 铁路作为国民经济的运输大动脉, 向高速重载发展是大势所趋, 部分既有干线虽然历经四次提速改造, 但仍不能满足客运快速、安全、舒适的要求。因此, 铁道部在开通广深准高速与秦沈客运专线的基础上, 计划陆续增加客运专线新线建设项目, 长衡(长沙—衡阳)客运专线即为拟建项目之一。因为客运专线对路基填料及其填筑的标准要求较一般铁路路基高, 而长衡客运专线沿线多为软岩或极软岩, 从而使得优质填料相对不足, 如果沿线软岩能够或部分能够用于填筑路基, 则不仅可以减少了弃方、节省大量工程投资, 并且有利于环境保护, 社会效益显著。为此, 经铁道部立项, 开展了长衡客运专线软岩填筑路基的试验研究, 以为整个京广客运专线的设计施工提供依据。

长衡客运专线沿线为白垩系及下第三系, 元古界泥质粉砂岩、泥岩、含砾砂岩、泥质板岩、千枚状板岩等全风化及强风化软岩弃碴, 多为软岩或极软岩, 其特点是: 强度低, 抗风化能力、抗水性、以及抗

变形能力均较差, 风化后强度急剧降低。是否可用这些风化岩石填筑路基, 需要对其物理力学性质进行全面的试验分析。如果试验表明可以作为填料使用, 则需研究填筑路基的工艺技术; 如果不适宜作为填料使用, 则需研究必要的改良措施。

2 试验目的及指导思想

室内相似材料模型试验是“长衡客运专线软质岩块填筑路基的室内实验研究”的一部分, 其目的是研究用千枚板岩等软质岩块填筑路基时, 路基的稳定状况, 外界因素特别是水对路基性状的影响, 为选择和确定软岩填筑路基的工艺技术如施工工艺、施工参数、质量检验方法等提供依据。

试验的指导思想是, 采用从现场采集的软岩土样, 模拟现场填筑路基的工艺过程, 在实验装置上构筑小比例路基模型, 然后根据列车的运行状况对模型施加荷载, 通过观察路基模型中的应力大小、分布规律和路基模型沉降, 分析千枚板岩在最优含水率和饱和含水率(或接近饱和含水率, 模拟路基在雨水浸泡下的自然状态)情况下路基的稳定状态, 进而判断软岩填筑路基的可行性或是否需要改良等。

收稿日期: 2004-04-10

基金项目: 铁道部科技研究开发项目(2003G019)“长衡客运专线软质岩块填筑路基的试验研究。”

作者简介: 熊跃华(1977-), 男, 江西南昌人, 华东交通大学硕士生。

3 模型试验方案设计

路基的稳定性取决于填筑材料物理力学性质和填筑工艺技术、环境因素(如风化和雨水等)和外力荷载对路基稳定性的影响。而填筑材料的块度级配和碾压力、碾压遍数、松铺厚度决定了路基填筑的压实度,进而对路基的稳定性有重大影响。所以,模型试验原则上应当考虑上述所有因素。但是,由于试验条件限制,该模型试验考虑的主要因素是填筑材料的含水率。

填筑材料的含水率考虑两种情况,即最优含水率(根据击实试验和三轴压缩试验结果确定)和饱和含水率。考虑到实际情况和方便试验进行,饱和含水率取值接近于饱和时的含水率,实际取值比饱和含水率小5%左右。

模拟长衡客运线为双线,路基顶部宽度取11 m,边坡坡度为1:1.5,路基高度平均为8 m。由于路基在一个方向上(路基延伸方向)远大于横向尺寸,其受力状态可以认为是平面应变,故模型试验按照平面应变问题处理。同时,考虑到路基横剖面的对称性(横剖面的中垂线为对称轴),取其一半进行研究。

模型试验的力学模型可简化为图1所示。

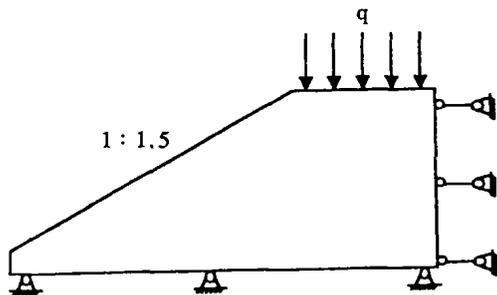


图1 简化力学模型

4 模型试验

4.1 实验装置和模型相似参数、模型尺寸

模型试验在华东交通大学土木工程实验室“岩土工程地质力学模型试验装置”上进行。该装置可以进行试验的模型最大尺寸为:长1.6 m、宽1.6 m、厚度0.4 m,可以在模型的两侧和顶部施加均布荷载、线性荷载等,底部施加均布荷载,施加压应力最大可达5 MPa。当模型前后不加约束时,可进行平面应力问题的研究;当模型前后约束时,可进行平面

应变问题的研究。加载系统为油压自动控制,最小油压分辨率为0.2 MPa。

根据工程实际尺寸(即路基横剖面尺寸)和模型试验装置尺寸,确定模型与原型的几何比例为1:10。因此,模型中路堤高为0.8 m,路堤顶面宽度为0.55 m,底面宽度为1.6 m,模型厚度0.4 m,相当于4 m长的一段路堤。

为了较真实地反映路堤对环境和荷载的效应,模型试验中路堤的填筑材料直接选用现场采集的岩土,所以模型与原型的重度比为1。

根据相似理论,模型的沉降与原型的沉降比例等于模型与原型的线度比,即1:10,侧向膨胀变形也与此相同。模型中的应力与原型中的应力之比等于线度比与重度比的乘积,即两者的应力之比也为1:10。

4.2 材料制备与模型填装

填筑模型所用材料全部采用现场采集的岩土,实验时对采集的岩土材料进行破碎、筛分处理。假设现场填筑路基时的最大岩块尺寸为40 cm,40~10 cm为大块岩石,10~2 cm为中等粒度岩石,2 cm以下为细粒土,根据模型的相似比例,将岩土材料按照40~10 mm、10~2 mm和2 mm以下三种粒度进行筛分,并按照大块:粗骨料:细骨料比例为15:35:50进行实验。

模型填装时根据试验确定的压实密度和分层高度计算填筑分层的材料用量。根据路基填筑施工中采用的分层高度,并考虑模型填装的方便,模型填筑的分层高度取8 cm。整个路堤模型高度为80 cm,共分10层进行填装。

根据试验确定的最优含水率和饱和含水率,以及填筑材料的自然含水率,计算出模型填筑材料的用水量。将水均匀地喷洒在混合后的岩土材料中(边翻动便喷淋3~4遍),然后养护1~2小时,使填料充分、均匀地吸收水分。

根据计算的分层填料用量称量填料重量(包括含水量),将称量好的材料装入模型,摊均抹平,用压实工具碾压至预定高度位置,即其密度用填料重量和分层高度控制。每分层填筑后,布置压力观测元件或沉降观测元件,直至整个模型填筑完毕。

4.3 边界条件及边界影响的处理

该模型试验是将实际工程问题简化为平面应变问题后,取其一半进行研究,所以模型前后施加约束,不允许在厚度方向(即路基延长线方向)产生变形,底部为全部约束,路基中垂线即模型垂直侧

面横向变形也约束, 路基坡面为自由表面, 路基顶部施加荷载, 模型填筑时, 在模型前后侧面和垂直侧面(路基横截面中垂线)铺设两层塑料薄膜, 以便减小摩擦力造成的夹制作用和边界效应, 防止模型的沉降变形受到显著影响.

4.4 模型加载

列车作用在路基上的压力是通过钢轨、轨枕和道渣传递到基床和路基的. 实践经验表明, 通过轨枕和道渣作用在基床上的压力大致是均匀分布的, 所以在模型试验中将作用在路基表面的压力视为等效均匀分布, 压力大小根据列车作用在钢轨单位长度上的重量, 以及轨道、轨枕及道渣沿路基延伸方向单位长度重量, 并考虑 0.5 的动载系数确定. 据此计算, 作用在路基表面的压力大约为 0.05—0.1 MPa. 模型试验中, 用钢板铺在模型顶部, 上部千斤顶的荷载通过传力垫块作用在钢板上. 施加在模型顶部的压力以 0.01 MPa 为起点, 每级荷载增量为 0.03 MPa.

4.5 压力与变形观测

为了研究路堤模型在外荷载和环境作用下的状态变化及其失稳破坏过程, 需对模型状态变化的有关参数进行观测, 最常用观测项目有应力、应变、变形、空隙水压力等. 根据实验室试验条件和研究目的, 本试验选择对模型中的压力和沉降进行观测.

模型中压力观测采用 JXY-5 型振弦式土压力盒配 SS-II 型频率检测仪进行观测. 压力盒主要布置在顶部作用荷载的下方, 兼顾边坡下部压力观测, 每隔一层(16 cm)布置 2—3 个压力盒. 最上一层压力盒布置在距模型顶部 8 cm 深处, 最下一层压力盒布置在距模型顶部 72 cm 深处, 每层间隔 16 cm, 共布置 5 层 12 个压力盒.

模型沉降采用预置在模型中的自制测点配合百分表或直尺进行观测. 沉降测量层与压力测量层间隔布置, 最上一层沉降测点布置在距模型顶部 16 cm 深处, 最下一层沉降测点布置在距模型顶部 64 cm 深处, 每层间隔 16 cm, 共布置 4 层 11 个沉降测点.

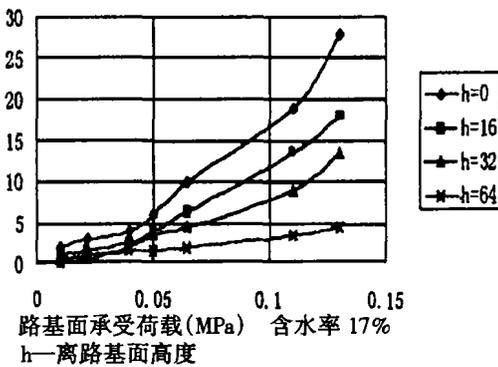


图 2 沉降—荷载变化曲线

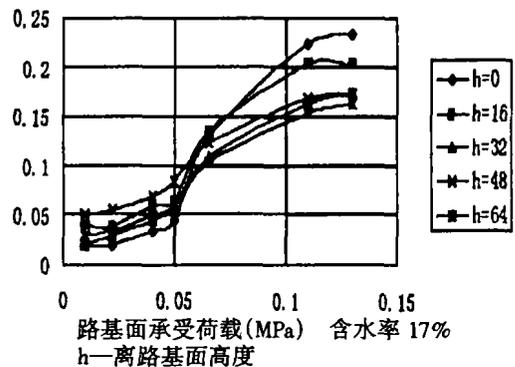


图 3 压力—荷载变化曲线

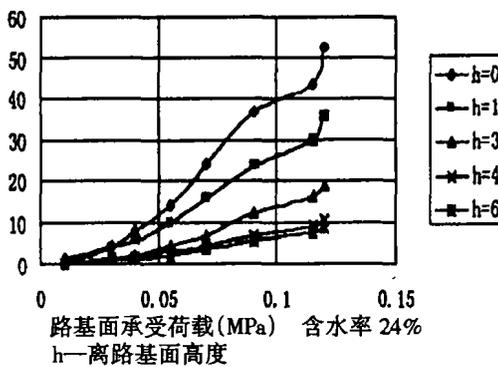


图 4 沉降—荷载变化曲线

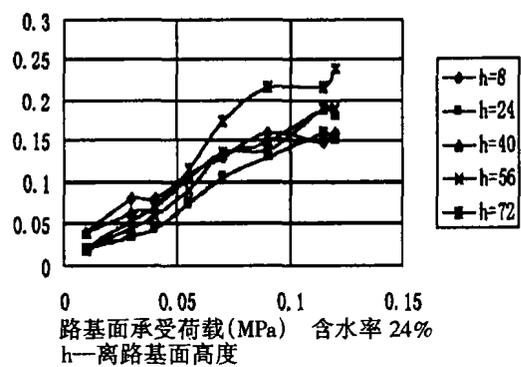


图 5 压力—荷载变化曲线

5 试验结果与分析

按照试验方案, 共进行了 6 个有效试验, 为了便于进行比较分析, 将各模型试验的沉降观测结果和模型内部压力观测结果列表并作曲线图, 曲线图包

括路基沉降随荷载变化曲线图和路基内部压力随荷载变化曲线图.

图 2—图 5 所示的是填料级配(粗粒:中粒:细粒)为 15:35:50 含水率分别为 17%(最优含水率)和 24%(饱和含水率)时, 路基沉降随荷载变化曲线和路基内部压力随荷载变化曲线(图中 h 表示距路基

顶距离)。

试验结果表明:

1) 路基沉降随着作用在路基上的荷载的增加而增加,但不是线性增加。当荷载大于 0.04~0.05 MPa 时,沉降增加的速率变大。

2) 最优含水率(17%)条件下,当荷载为 0.13 MPa 时,路基最大沉降为 28 mm,相当于实际路基沉降 28 cm;在填料含水率接近饱和(24%)的情况下,当荷载为 0.12 MPa 时,路基最大沉降为 52.5 mm,相当于实际路基沉降 52.5 cm,后者比前者增加约一倍。根据规范要求,当路堤高度为 8 m 时,路基沉降应小于 13 cm。根据实验结果,最优含水率条件下,要满足沉降要求,作用在路基顶面上的荷载不应大于 0.08 MPa;在填料含水率接近饱和的情况下,要满足沉降要求,作用在路基顶面上的荷载不应大于 0.05 MPa。在实际情况下,列车对路基施加的荷载一般不会超过 0.05 MPa,所以从室内实验结果和路基沉降量控制角度看,用该种岩石填筑路基基本可以满足要求,但仍需考虑两点。一是现场填筑路基的施工质量缺陷,二是室内实验未考虑其它复杂情况如岩石风化后性质的劣化,以及实验中没有使填料完全饱水所造成的误差。

3) 最优含水率情况下,荷载较大时压力随深度的增加而有所减小,在接近饱和含水率情况下,荷载较大时压力随深度增加而有所增加。一般情况下,内部压力是随深度增加而升高的,出现压力随深度增加而减小的现象,可能是由于应力扩散和模型前后约束造成的边界效应引起。含水率较大时,填料的塑性和流动性加大而夹制性减小,荷载能够

顺利传递下去,所以应力随深度增加而有所升高。

4) 最优含水率情况下,上部荷载为 0.05 MPa 时,路基内部压力增量明显加大。这种现象可能是超过该荷载时模型的边界效应被克服之故,并不说明其他问题。当含水率较大时,上述现象消失,也恰证明了这一点。因为当含水率较大时,模型的边界效应会减小甚至消失。

6 结 论

根据室内模型试验,可以得到以下初步认识:

1) 用室内模型试验研究路基填筑工艺和路基稳定性是一种可行的研究方法,它具有成本低廉,周期短,可以反复进行试验等优点。

2) 水对路基的稳定性有显著影响,在实际工程施工中应采取有效措施防水浸入路基。

3) 填筑路堤时应适当增加粗骨料的比例,以增强路基的稳定性,细颗粒填料的重量比应小于 50%。

4) 用风化的千枚状板岩填筑长衡客运专线路堤是可行的,但在施工中应控制好填筑质量,并采取措施防水。

参考文献:

- [1] 姚谦峰,陈平. 土木工程结构试验[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [2] 周瑞忠. 土工实验的模型相似律和应力比值法[J]. 福州大学学报,1997,2.
- [3] 王永顺. 软岩作为铁路路堤填料的施工技术[J]. 铁道标准设计,2003,5.

Model Test on Constructing Roadbed with Softrock

XIONG Yue-hua, DIAO Xin-hong, ZHENG Ming-xin

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong Uni., Nanchang 330013, China)

Abstract: Using similar materials for simulation test, the Mechanism study in constructing roadbed with weathed phyllite in the passenger transport railway from Changsha to Hengyang has been carried out. The results indicate that constructing roadbed with weathed phyllite is viable. According to test results, measures and requirements are put forward in order to ensure the stability of the roadbed.

Keywords: model test; soft rock; roadbed