

文章编号: 1005-0523(2010)04-0026-03

路基处治土回弹模量预估

夏 宁, 黄琴龙

(同济大学 道路与机场工程系, 上海 200092)

摘要:路基土回弹模量对路面设计具有重要意义。采用水泥砂作为路基处治土, 通过室内回弹模量试验, 基于试验数据, 建立水泥砂的回弹模量与压实度、水泥含量的预估方程, 为其回弹模量的预估提供参考方法。通过室内试验进行验证, 结果表明: 实测值与预估值较好吻合。

关 键 词:道路工程; 长江口细砂; 水泥砂; 回弹模量

中图分类号: U414

文献标识码: A

路基是路面结构的支撑体, 行车荷载通过路面结构传递至路基, 路基的应力应变特性对于道路结构的强度和刚度起着重要的作用。在我国现行的沥青路面设计规范中, 路基的回弹模量作为表征路基应力应变特性的力学参数指标, 它反映路基的抗变形能力, 其取值直接影响到路面的设计厚度。

国内外学者对各种工况下路基土的回弹模量进行了大量研究^[1-8], 结果表明: 湿度、压实度、土质类型等是影响路基土回弹模量的重要因素。但是对于路基处治土的回弹模量研究却较少, 尤其是关于路基处治土回弹模量预估方面的研究。

本文通过室内试验, 对长江口细砂-水泥(简称水泥砂)这种路基处治土的基本力学性能进行研究; 基于试验数据, 建立了水泥砂的回弹模量与压实度、水泥含量的预估方程, 并通过试验进行验证。

1 试验

1.1 试验材料

试验依托长江公路通道工程(上海段), 该工程是在长江口一条完整的上海经崇明至江苏的越江通道。该工程考虑崇明岛土源匮乏, 而工程靠近海边, 离码头不远, 运输便捷, 结合细砂具有水稳性好、沉降均匀, 施工时受水和不利季节的影响小等特点, 采用长江口细砂作为路堤填料。

长江口细砂组成主要集中在砂类土中的细砂组, 即粒径大于 0.074 mm 颗粒含量多于总质量的 75%^[9], 其主要物理力学性质参数如表 1。

表 1 路基土物理力学性质参数

材料名称	最大干密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	最佳含水量/%	土类
长江口细砂	1.62	13.4	粗粒土

1.2 试验方案

按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ 057-94)^[10]中所述回弹模量室内试验方法进行试验, 试验方案简要步骤如下。

1.2.1 试件制备

根据高速公路要求的压实标准(如表 2), 试验中试件压实度分别取 96%, 98%, 100%; 试件的水泥含量(占试件总质量的比重)以及设计含水量如表 3 所示, 含水量为最佳含水量附近所取; 试件成型方式采用静压成型, 这样便于控制试件的压实度。

收稿日期: 2010-05-21

中国知网 <https://www.cnki.net>

作者简介: 夏宁(1985—), 男, 硕士研究生, 研究方向为道路路基与机场工程。

表 2 高速公路压实标准

项目类型	路槽以下深度/m	压实/%
上路床	0.0~0.3	≥96
下路床	0.3~0.8	≥96
上路堤	0.8~1.5	≥94
下路堤	1.5 以下	≥93

表 3 设计含水量

水泥含量/%	试件设计含水量/%
4	18
5	18
6	18
15	18
25	18

1.2.2 养生

养生时间是需要而定,作为工地控制,通常都只取 7 d,整个养生期间的温度,在北方地区应保持 20℃±2℃,在南方地区应保持 25℃±2℃。试验中取 7 d 和 28 d 两种养生试件。将试件在养生的最后一天浸润在常温水后中再取出试验。

1.2.3 逐级反复加卸载

本实验中选用 0.2 MPa 为加载板上的计算单位压力的选定值,以此算得试验施加荷载为 1.5 kN。将施加荷载分成 5 个等分,作为每次施加的压力值。实际施加的荷载应较预定级数增加一级。施加第 1 级荷载,待荷载作用达 1 min 时,记录仪器电子显示屏上的压力和位移读数,同时卸去荷载,让试件的弹性形变恢复。待卸载完成后,稳定 30 sec 记录仪器电子显示屏上的压力和位移读数。按照上述过程反复加卸载 5 级,最后将数据进行处理。

2 试验结果与分析

通过试验结果,具体从水泥含量、龄期和压实度三个方面分析对水泥砂的回弹模量影响,并建立回弹模量与水泥含量、压实度的预估方程。

2.1 处治土回弹模量和水泥含量及龄期之间的关系

水泥砂试件在不同水泥含量、龄期下的回弹模量测试结果(96%压实度)如图 1 所示。由图所示,水泥砂试件的回弹模量随着龄期、水泥含量的增大而增大,龄期、水泥含量对回弹模量有着重要的影响。水泥含量在 4%~6%时,无论是 7 d 龄期还是 28 d 龄期下的回弹模量,都在一个小范围内波动,相差不大;在水泥含量显著上升,达到 15%甚至 25%时,回弹模量就有了显著的增加。这就说明随着水泥含量的增加,回弹模量是不断增加的,但是在水泥含量并不高的情况下,随着水泥含量的增加回弹模量的增幅并不大,当水泥含量达到较高水平时,即对回弹模量产生显著的影响。

同时,由两种龄期下的回弹模量强度可以看出,龄期也是影响回弹模量的重要因素。水泥在不同龄期下的强度是不同的,这就影响水泥砂的强度。28 d 的回弹模量要显著大于 7 d 的。

经回归分析,水泥砂回弹模量 M_r (MPa) 与水泥含量 x (%) 之间存在着指数关系,拟合出如下方程:

7 d 龄期: $M_r=53.72e^{0.0508x}$ (1)

28 d 龄期: $M_r=93.468e^{0.047x}$ (2)

用以上两式预估 M_r 值,其预估值与实测值偏差 5%,3%。

2.2 回弹模量和压实度之间的关系

试验中取 4%与 5%水泥含量的 28 d 龄期的水泥砂试验结果来说明压实度对回弹模量的影响,并建立其相应水泥含量下的回弹模量值预估方程。28 d 龄期下 4%与 5%水泥含量的回弹模量试验结

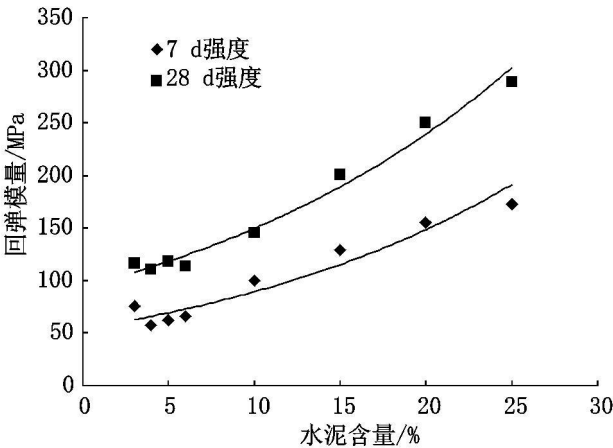


图 1 水泥含量与回弹模量关系图

果如图2所示。

由图2可以看出:随着压实度、水泥含量的增加,回弹模量也显著增加,在压实度达到100%时,回弹模量达到最大;无论水泥含量多少,压实度 $y(\%)$ 与回弹模量 $M_r(\text{MPa})$ 存在指数关系。

经回归分析,水泥砂回弹模量 $M_r(\text{MPa})$ 与压实度 $y(\%)$ 之间存在着指数关系,拟合出如下方程:

$$4\% \text{ 水泥含量: } M_r = 0.2946e^{0.0546y} \quad (3)$$

$$5\% \text{ 水泥含量: } M_r = 1.8505e^{0.0367y} \quad (4)$$

用以上两式预估 M_r 值,其预估值与实测值偏差5%,5%。

4 结论

本文通过试验,研究了水泥砂这种路基处治土回弹模量的变化规律,发现回弹模量与水泥含量、压实度成指数关系,并建立预估模型。通过室内试验验证,预估模型具有较高的准确度。但由于室内试验条件限制以及室内与现场的差异性,预估模型存在一定问题,需要再进一步通过大量室内试验以及现场检测修正模型。

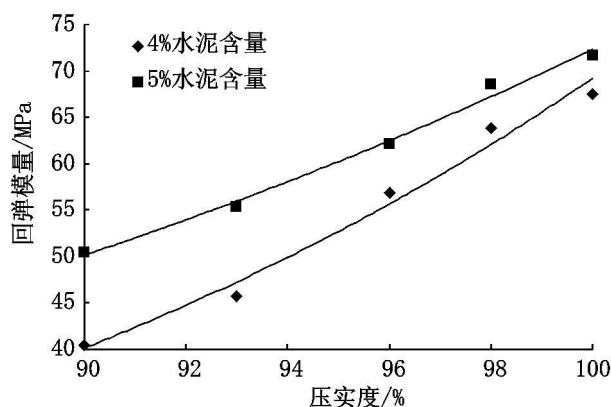


图2 压实度与回弹模量关系图

参考文献:

- [1] 凌建明,陈声凯,曹长伟.路基土回弹模量影响因素分析[J].建筑材料学报,2007,10(4):446-451.
- [2] 姚祖康.道路路基路面工程[M].上海:同济大学出版社,2001.
- [3] 保卫国.路基土吸力对其回弹模量的影响研究[J].民航科技,2001,88(6):63-66.
- [4] 谢华昌,凌建明.湿度和吸力对处治土路基回弹模量的影响[J].中国公路学报,2001,14(9):19-21.
- [5] RAO S. Analysis of in-situ moisture content data for Arkansas subgrades[D]. Arkansas:University of Arkansas,1997.
- [6] KSAIBATI A F. Effect of Moisture on the Modulus Values of Base and Subgrade Materials[C/CD]. 79th Annual Meeting of Transportation Research Board,2000.
- [7] ANDREW G H. Evaluation Of Seasonal Effects On Subgrade Soils[C/CD]. 82nd Annual Meeting of Transportation Research Board,2003.
- [8] PHILLIP S K. OOI A. Ricardo Archilla, Kealohi G. Sandefur. Resilient Modulus Models for Compacted Cohesive Soils[C/CD]. 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board,2004.
- [9] 张海霞,凌建明,蒋鑫,等.长江口细砂路用性能的试验研究[J].公路工程,2008,33(3):142-146.
- [10] JTJ 057-94,公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S].

A Method to Predict Resilient Module of Stabilized Soil Used in Highway Subgrades

Xia Ning, Huang Qinlong

(Department of Road and Airport Engineering, Tongji University, Shanghai, 200092, China)

Abstract: Resilient module of subgrade soil is significant to the pavement design. Based on laboratory results, an equation is developed to predict the resilient module of the sand-cement which is used as stabilized soil. The results of laboratory tests indicate that the predicted values are in good agreement with measured results.

Key words: highway engineering; Changjiang delta fine sand; sand cement; resilient module