

路面土质底基层材料干缩试验方法研究

蔡晓飞

(南京交通职业技术学院, 江苏南京 211188)

【摘要】 路面土质底基层材料需具有良好的干缩性能, 对土质干缩试件的尺寸、试模及测试仪器的设计、试件的制作与养生进行了探讨, 论述了干燥收缩试验的机理、测试及计算方法, 并列举了干缩试验的实例, 提出了一种土质干缩试验方法。

【关键词】 道路工程; 干缩试验; 土质底基层; 试验方法

【中图分类号】 TU 411

【文献标识码】 A

doi: 10. 3969/j. jssn. 1007-2993. 2010. 03. 008

Research on Drying Shrinkage Experiment Method About Materials of Road Soil Subbase

Cai Xiaofei

(Nanjing Communications Institute Of Technology, Nanjing 211188 Jiangsu, China)

【Abstract】 Materials of road soil subbase need fine performance of drying shrinkage, this paper study on the size of specimen, designing of test mould and instrument, making and maintenance of specimen. Discussing the mechanism of drying shrinkage experiment, the method of testing and calculation, and the example of drying shrinkage experiment is enumerated, a drying shrinkage experiment method of soil is proposed.

【Key words】 road engineering; drying shrinkage experiment; soil subbase; experiment method

0 引 言

道路基层、底基层收缩主要分为干燥收缩和温度收缩两种, 干缩是评价道路基层、底基层材料使用性能的重要指标之一。目前, 水泥混凝土干缩试验方法比较成熟, 水泥胶砂干缩试验有可参考的行业标准, 而对于土质材料干缩试验方法没有统一的规范或标准可以参考, 本文通过分析研究提出了一种可供参考的土质材料干缩试验方法。

1 试件制作与养生

1.1 试件尺寸

目前, 混凝土干缩试验通常采用的试件尺寸为 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 515\text{ mm}$; 程箭^[1]制作的二灰土干缩试件、李芸^[2]制作的二灰碎石干缩试件都采用了上面尺寸; 《水泥胶砂干缩试验方法》(JC/T 603—2004)^[3]规定胶砂试体尺寸为 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 280\text{ mm}$; 对于道路土质类材料的干缩试件尺寸没有统一的规定, 《高等级公路半刚性基层沥青路

面》^[4]中提到了石灰粉煤灰稳定土的干缩试件采用 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 240\text{ mm}$ 的小梁试件, 王加龙^[5]等制作的稳定粉土干缩试件、杨波^[6]等制作的二灰碎石干缩试件都采用了这个尺寸。综合考虑土质材料的特性, 其干缩试件宜采用 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 240\text{ mm}$ 的小梁试件, 试件尺寸小时不易制作, 试件尺寸大时混合料拌合均匀性差, 影响测试数据的准确性。

1.2 试模与测试仪器

干缩试验采用 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 240\text{ mm}$ 小梁试件, 而目前市场上找不到制作这种尺寸试件的试模, 因此笔者设计并委托仪器厂家加工了这种试模, 试模外观见图 1。试模由四块钢板及若干螺栓组成, 内壁尺寸为 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 340\text{ mm}$, 试模两端配有 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 的正方体铁制压头。

试验采用自行设计并定制的立式试验装置测量干缩数据, 该仪器由底座、固定套、表架及百分表组成, 见图 2。

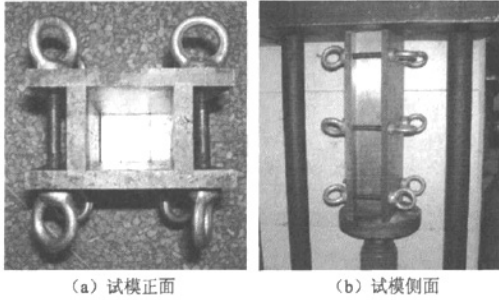


图1 试模外观照片

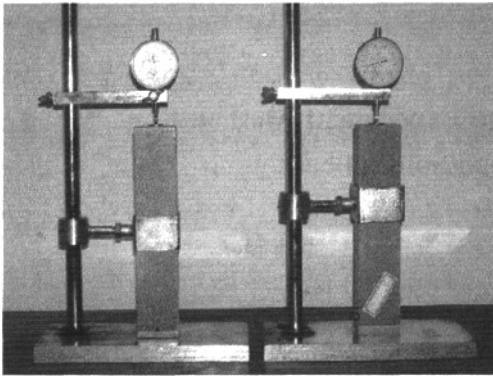


图2 干缩试件及试验装置

1.3 试件制作与养生

参照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ 057—94)^[7]中无侧限抗压强度试件制作的规定,首先进行混合料的击实试验得出最佳含水量和最大干密度,按《路面基层施工技术规范》(JTJ 034—2000)^[8]的要求根据实际情况取压实度,然后配制试件混合料并采用静力压实法制作试件,见图1(b)。拆模后取出试件,成型试件见图2。

试件制好后用塑料薄膜包裹,放到标准养护室中进行保温保湿养生,养生过程中要保持试件的原始含水量基本不变。对干缩试件的养生时间没有统一规定,而干缩应变和干缩系数受养生时间的影响,养生时间越长干缩量越小。养生时间可以根据所做试验的实际需要进行确定,通常养生7d,小梁试件养生期满后取出,然后暴露在室内自然环境下进行干缩试验。

2 干缩试验

2.1 试验机理

土和水经拌和、压实后,由于蒸发会使水分减

少。如果用稳定类材料还会在混合料内部发生水化作用而使水分减少。由于水分损失而发生毛细管作用、吸附作用、分子间力作用、材料矿物晶体或凝胶体间层间水作用和碳化收缩作用等引起混合料产生体积收缩^[4]。

室内小梁试件在一定程度上可以模拟现场路面土质基层材料的干缩失水状况,并通过干缩试验来评价土质基层材料的干缩特性。实际施工中的底基层材料会受到一定约束,而通常所做的干缩试验则研究试件的自由收缩,由于自由收缩比限制收缩大,所以试验所做的结果是偏于安全的^①。

2.2 测试方法

将干缩试件养生后取出安放在试验装置上(见图2),测试环境为室内自然温度和自然湿度。每种配合比的混合料做4根小梁试件,两根固定在试验装置上用来测量干缩值,通过百分表测每天同一时间的平均干缩量。为避免所测试件在反复移动称量中发生损坏,在同样环境下把另外两根试件放入托盘中,在读取试件收缩量的同时,测量其平均水分损失量,直到试件的含水量不再减少、百分表上的读数变化很小为止,测试时间受大气温度和湿度控制,一般在15d左右。

上面是测定干缩试验的一般方法,如果受试验时间的限制需要缩短试验周期,申爱琴^[9]等所做的含砂低液限粉土干缩试验方法提供了另外一种选择。具体方法是已将养生到期的试件称重并安装到干缩仪上,然后将干缩仪和平行对比试件放入到已恒温的烘箱中,温度控制在 $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$,记录各百分表初读数并测定平行试件初质量,然后每间隔2h分别记录各百分表读数并称平行试件质量,直到连续两次记录值无变化或接近,则试验结束。

2.3 计算及图表绘制

描述材料干缩特性的指标有干缩应变、干缩系数、干缩量、失水量、失水率和平均干缩系数^[2]。它们之间的关系如下:

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta l}{l} \quad (1)$$

$$\alpha_d = \frac{\varepsilon_d}{\Delta w} \quad (2)$$

式中: l ——试件的整体长度,mm;

Δl ——干缩量,指含水量损失时,小梁试件的整体收缩量,0.01mm;

① 江苏省高速公路建设指挥部,东南大学. 高速公路基层结构类型选择与优化设计研究报告[R]. 2002.

ϵ_d ——干缩应变,指由水分损失引起的试件单位长度的收缩量, $\times 10^{-6}$;

Δw ——失水率,指试件失水量与试件所用材料的干重之比, %;

α_d ——平均干缩系数,指某失水量时试件干缩应变与试件失水率之比, $\times 10^{-6}$ 。

小梁试件干缩试验的关系图包括:失水率与干缩应变的相关关系;失水率与平均干缩系数的关系

曲线等,具体的图表绘制见下节实例。

3 实例

参照本文干缩试验方法,对某 11% 石灰剂量的石灰土进行干缩试验,按表 1 所示格式记录干缩试验数据。干缩试件的长度为 240 mm,一个试件所用材料的干重为 987 g,测得干缩量、失水量后计算失水率,并按式(1)和式(2)计算干缩应变和平均干缩系数,干缩试验数据见表 1。

表 1 某 11% 石灰土干缩试验数据

时间/d	干缩量/0.01 mm	干缩应变/ $\times 10^{-6}$	失水量/g	失水率/%	平均干缩系数/ $\times 10^{-6}$
1	31.2	1300.0	22.7	2.3	564.7
2	72.7	3029.2	41.6	4.2	718.0
3	82.2	3425.0	54.6	5.5	618.6
4	85.2	3550.0	59.9	6.1	584.4
5	86.0	3583.3	63.9	6.5	553.0
6	88.4	3683.3	67.6	6.9	537.3
7	91.4	3808.3	69.7	7.1	538.8
8	93.4	3891.7	74.5	7.6	515.1
9	95.1	3962.5	78.5	8.0	497.8
10	98.3	4095.8	81.9	8.3	493.2
11	101.3	4220.8	86.0	8.7	484.0
12	103.6	4316.7	90.8	9.2	468.8
13	104.8	4366.7	93.2	9.5	462.0
14	105.9	4412.5	94.2	9.6	461.9
15	106.6	4441.7	95.5	9.7	458.6

根据表 1 所测得的数据,绘制失水率与平均干缩系数、干缩应变的关系图(见图 3)。从图 3(a)可以看出,平均干缩系数随失水率的增大而先升后降,在某个失水率时平均干缩系数会达到峰值。从

图 3(b)可以看出,干缩应变随失水率的增大而增大,在达到某一失水率(对应干缩系数最大时)之前,干缩应变增长很快,随后随时间呈缓慢增长。

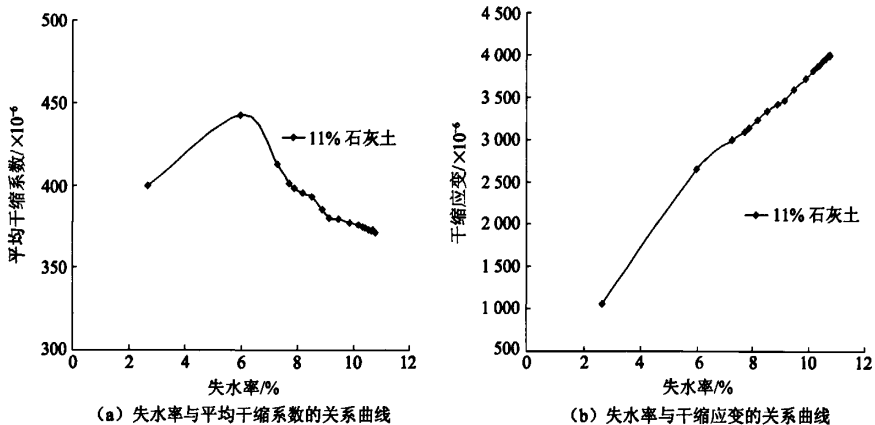


图 3 干缩试验结果分析图

实^[8]。随着水泥水化的进行,水泥中的铝酸三钙(C₃A)与高硫型水化硫铝酸钙作用,转变为低硫型水化硫铝酸钙(3CaO·Al₂O₃·CaSO₄·12H₂O)和水化铝酸四钙(4CaO·Al₂O₃·13H₂O)的六方板状固溶体,进一步提高了固化体的强度。

4 结论

1)在采用水泥基材料对有机质淤泥进行固化处理时,淤泥中的有机质显著影响了水泥水化的进程,养护期间固化体强度基本上没有增长,水泥大量掺入不能有效地提升固化体的强度。这是因为拥有极大比表面的有机质吸附在土颗粒上面,阻碍了水泥与土颗粒间的反应,影响了淤泥的固化效果。

2)碱性剂的加入会导致有机质的溶解,进一步削弱淤泥的固化效果,不同于以往加固非有机质土的情况。有机质的溶解使得原先覆盖包裹着土颗粒的有机质脱离土颗粒而后,覆盖包裹了拥有相对较大比表面的水泥活性胶凝颗粒,阻碍了水泥的水化作用。在采用水泥基材料固化有机质淤泥时,需要采用中性掺加剂作为外加剂。

3)淤泥中的有机质随着pH值增高而溶解,淤泥液、塑限、塑性指数降低,淤泥中自由水增多,当孔隙液中pH≥9时,有机质溶解基本稳定。

4)粘土和粉煤灰作为有机质吸附剂的对比试验发现,粉煤灰削弱了有机质对水泥水化的阻碍作用,有效提高了固化体的强度。但固化体强度仍处于一个较低的层次,需要采用复合固化材料才能取得理想的效果。

5)采用水泥-粉煤灰-硫酸钠复合固化材料,大幅度提高了固化淤泥的短期强度和长期强度。粉煤灰的加入提供了大量的钙离子,其掺量越大,固化淤泥无侧限强度后期增长率越大。

参考文献

- [1] 朱伟,张春雷,刘汉龙,等. 疏浚泥处理再生资源技术的现状[J]. 环境科学与技术,2002,25(4):39-41.
- [2] 范昭平,朱伟. 有机质含量对淤泥固化效果影响的试验研究[J]. 岩土力学,2005,26(8):1327-1334.
- [3] 陈志敏,赵德安,李双洋. 黄土及饱和黄土中水泥水玻璃注浆效果评价[J]. 兰州交通大学学报(自然科学版),2004,23(6):48-52.
- [4] Tremblay, Helene. Influence of the nature of organic compounds on fine soil stabilization with cement[J]. Canadian Geotechnical Journal,2002,39(3):535-546.
- [5] Leonard A, Oste Theo M Lexmond and Willem H. Van Riemsdijk. Metal Immobilization in Soils Using Synthetic Zeolites[J]. Journal of Environmental Quality,2002,31:813-821.
- [6] Lo, Irene M.-C. Solidification/stabilization of phenolic waste using organic-clay complex[J]. Journal of Environmental Engineering,1996,122(9):850-855.
- [7] 周红波,李恒. 高钙粉煤灰加固促淤地基机理和性状试验研究[J]. 岩土力学,2004,25(5):783-788.
- [8] F. M. Lea. 水泥和混凝土化学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1970.

收稿日期:2010-02-24

(上接第141页)

4 结论

路面土质底基层材料干缩试验可参考本文所举的试验方法。干缩试验宜采用50mm×50mm×240mm的小梁试件,本试验设计并定制了小梁试件的试模及测量干缩值的仪器。采用静力压实法制作试件,每种配合比混合料制4根试件,拆模后取出试件进行养护,养护期满后测试其中两根试件的平均干缩值,同时测量另两根平行试件的平均水分损失量,直到连续两次测量数据无变化或接近时为止。通过对干缩试验数据的计算得到干缩应变、平均干缩系数等能反映干缩特性的指标,最后绘制干缩试验图表进行分析。

参考文献

- [1] 程箭. 二次稳定膨胀土配合比设计方法与应用研究[D]. 南京:南京林业大学,2006.
- [2] 李芸,王元纲,许长青,等. 掺钢渣二灰碎石的干缩性能[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2006,30

(4):89.

- [3] 中华人民共和国建材行业标准. JC/T 603—2004 水泥胶砂干缩试验方法[S]. 北京:中国建材工业出版社,2005.
- [4] 沙庆林. 高等级公路半刚性基层沥青路面[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [5] 王加龙,何兆益,黄维蓉. 无机结合料和固化剂稳定粉土收缩性能研究[J]. 重庆交通学院学报,2005(4):84.
- [6] 杨波,雷婷,宋人武. 公路路面二灰碎石基层的收缩试验研究[J]. 铁道建筑技术,2006(3):41.
- [7] 中华人民共和国行业标准. JTJ 057—94 公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,1994.
- [8] 中华人民共和国行业标准. JTJ 034—2000. 公路路面基层施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版,2000.
- [9] 申爱琴,等. 加固的含砂低液限粉土收缩性能研究[J]. 建筑材料学报,2000,3(4):336.

收稿日期:2009-12-18