

文章编号: 0451-0712(2004)12-0102-04

中图分类号: U414. 103

文献标识码: B

# 堤土强度特性和变形特性的试验研究

任新玲

(山西省交通规划勘察设计院 太原市 030012)

摘要: 对有代表性路堤填土(低液限粘土)进行了大量的室内试验,并以室内试验结果为基础,研究分析了压实度和含水量对堤土强度特性和变形特征的影响。

关键词: 压实度; 含水量; 变形; 强度

公路路基是公路的重要组成部分,其强度特性和变形特性是确定路面结构类型及厚度的重要依据,又是保证路面稳定性的基础。在山区公路建设中,遇到大量的高填方路堤,其稳定性直接依赖于填料压实后的强度与变形特性。因此,研究路堤填土(简称堤土)的强度特性与变形特性,对路堤的稳定性有着重要意义。

## 1 堤土物理参数试验

堤土的物理参数试验依据《公路土工试验规程》(JTJ 051-93)进行,试验结果见表1。按塑性图,该堤土为低液限粘土,对其进行了重型击实试验,最大干密度为1.98 g/cm<sup>3</sup>,最佳含水量12.75%。

## 2 压实度和含水量对强度特性的影响

根据击实试验结果,制备不同含水量 $\omega$ 、不同压

表1 堤土物理参数试验结果

比重 g/cm <sup>3</sup>	液限 $\omega_L$ %	塑限 $\omega_P$ %	塑性指数 $I_P$ / %	最大干密度 $\rho_{dmax}$ / (g/cm <sup>3</sup> )	最佳含水量 $\omega_{op}$ %
2.71	28.7	15.0	13.7	1.98	12.75

实度 $K$ 的试件,进行饱水与不饱水情况下的直剪快剪试验,试验结果(内聚力 $c$ 、内摩擦角 $\varphi$ 值)见表2。

将表2中的 $K$ 值分别与 $c$ 、 $\varphi$ 值进行线性回归,可以得到 $c \sim K$ 、 $\varphi \sim K$ 的关系式,见表3。

由表3可知:

(1)除个别外, $c \sim K$ 、 $\varphi \sim K$ 有较好的线性关系,即 $c$ 、 $\varphi$ 随着 $K$ 的增加而增加, $c \sim K$ 关系的斜率明显大于 $\varphi \sim K$ 关系的斜率,说明压实度 $K$ 对内聚力 $c$ 的影响比对内摩擦角 $\varphi$ 的影响大;

(2)不饱水情况下 $c \sim K$ 关系的斜率大于饱水情况下的斜率。当 $\omega$ 小于最佳含水量时,不饱水情况

收稿日期:2004-06-10

保持了原样,而中面层混合料向孔心位置流动,孔径明显减小。对该段处理采用改性沥青AC-20S混合料作中面层,上面层采用Superpave12.5,经过2个高温季节,特别是2003年7月下旬至同年8月上旬持续38~42℃高温天气和重载交通的考验,仍然保持良好的使用状态。

### 3.3.2 局部路段车辙

在某些局部路段也出现了车辙,通过调查施工原始记录和现场取芯,发现这些路段存在一些共同问题:一是拌和机质量不稳定,不能有效地控制级配,主要是细集料偏多,沥青混合料空隙率偏低,少数地方石油比偏高;二是碾压方式不合适,没有采用重型轮

胎压路机或振动式压路机碾压,以致不能发挥集料的嵌挤作用;三是车辆超载严重,根据2003年交通量调查结果,发现载重车普遍超载,平均轮胎气压达到0.8 MPa,最大1.2 MPa,最大轴重达到42 t,最大整车重达到106 t,交警检查发现有1台车严重超载,货物竟然需要7台车才能安全转运。

## 参考文献:

[1] 湖北省京珠高速公路沥青路面结构与施工工艺研究报告[R]. 2003.  
[2] 余叔藩,译. Superpave 水准1 沥青混合料设计[M]. 1997.

表 2 堤土抗剪强度参数 $c$ 、 $\varphi$ 值试验结果					
含水量 $\omega$ %	压实度 $K$ %	不饱水		饱水	
		$c/\text{kPa}$	$\varphi/(\text{^\circ})$	$c/\text{kPa}$	$\varphi/(\text{^\circ})$
7.3	90	238.41	26°40'	20.59	24°27'
	92	291.79	33°44'	14.4	26°50'
	94	283.83	86°02'	20.14	28°51'
	96	232.54	37°22'	29.67	28°06'
	98	256.87	48°25'	25.48	29°23'
	100	326.77	49°45'	34.78	31°01'
10.0	90	141.65	29°37'	17.96	28°58'
	92	129.07	33°12'	14.82	30°08'
	94	120.18	42°11'	29.52	29°37'
	96	160.90	39°40'	39.17	30°06'
	98	228.85	40°10'	33.82	30°48'
	100	209.48	47°42'	56.05	30°50'
12.4	90	86.83	30°00'	28.38	26°15'
	92	110.11	31°39'	28.38	27°41'
	94	125.69	33°18'	39.09	28°47'
	96	130.17	34°30'	56.30	29°41'
	98	136.83	35°01'	63.87	33°05'
	100				
15.4	90	64.28	28°11'	42.84	23°53'
	92	61.19	28°42'	39.01	27°08'
	94	81.83	30°57'	49.66	30°40'
17.6	86	16.47	22°35'	19.71	23°58'
	88	30.38	22°22'	27.03	23°35'
	90	53.65	24°20'	42.14	29°58'
	92	42.16	22°23'	36.76	25°05'

表 3 饱水与不饱水情况下的  $c \sim K$ 、 $\varphi \sim K$  关系

含水量 %	不 饱 水		饱 水	
	$K \sim c(\varphi)$ 关系	相关系数 $R$	$K \sim c(\varphi)$ 关系	相关系数 $R$
7.3	$c = -370.64 + 6.66 K$ $\varphi = -179.87 + 2.8 K$	$R = 0.664$ $R = 0.968$	$c = -130.16 + 1.62 K$ $\varphi = -28.31 + 0.59 K$	$R = 0.829$ $R = 0.954$
10.0	$c = -897.99 + 11.29 K$ $\varphi = -124.79 + 1.74 K$	$R = 0.899$ $R = 0.867$	$c = +364.01 + 4.21 K$ $\varphi = 12.55 + 0.18 K$	$R = 0.903$ $R = 0.799$
12.4	$c = -446.40 + 6.0 K$ $\varphi = -18.4 + 0.55 K$	$R = 0.950$ $R = 0.988$	$c = -419.18 + 4.92 K$ $\varphi = -45.36 + 0.79 K$	$R = 0.965$ $R = 0.954$
15.4	$c = -334.55 + 4.99 K$ $\varphi = -27.55 + 0.62 K$	$R = 0.788$ $R = 0.918$	$c = -113.02 + 1.71 K$ $\varphi = -131.0 + 1.72 K$	$R = 0.692$ $R = 1.00$
17.6	$c = -410.85 + 5.02 K$ $\varphi = 15.54 + 0.08 K$	$R = 0.819$ $R = 0.216$	$c = -263.45 + 3.31 K$ $\varphi = 3.24 + 0.23 K$	$R = 0.856$ $R = 0.767$

下  $\varphi \sim K$  关系的斜率大于或接近于饱水情况下的斜率;而当  $\omega$  大于最佳含水量时,不饱水情况下  $\varphi \sim K$  关系的斜率小于饱水情况下的斜率。

由表 3 还可得出各种压实度情况下,抗剪强度指标  $c$ 、 $\varphi$  与含水量  $\omega$  的关系曲线,如图 1~5 所示。

由图 1~5 可得出一些结论。

(1)在不饱水时, $c \sim \omega$  曲线和  $\varphi \sim \omega$  曲线总的趋势是随含水量的增加而下降,即含水量增加,内聚力  $c$  和内摩擦角  $\varphi$  减小,当含水量较大时,对  $\varphi$  的影响减弱。

(2)饱水后, $c \sim \omega$  曲线和  $\varphi \sim \omega$  曲线总的趋势是随含水量的增加有所增加,但幅度很小。当含水量较低时,饱水对  $c$ 、 $\varphi$  值有较大影响,而当含水量较高时,影响就甚微了。总之,在饱水后,各种含水量试样  $c$ 、 $\varphi$  值均有减小。在最佳含水量或稍偏大 1%~2% 处, $c$ 、 $\varphi$  值最大,说明其强度最高。小于最佳含水量的试样,其强度降低幅度远远高于大于最佳含水量的试样。

(3)在压实度  $K$  相同的情况下,不饱水时,小于最佳含水量试样的  $c$ 、 $\varphi$  值比大于最佳含水量试样的  $c$ 、 $\varphi$  值大,也就是说,前者比后者较容易获得更高的强度,而当饱水时,在最佳含水量或偏大 1%~2% 处强度最大。

3 压实度和含水量对变形特性的影响

根据击实试验结果配制不同含水量、不同压实度的试件,采用单轴固结仪法进行压缩试验,试验结果如图 6~9 所示。

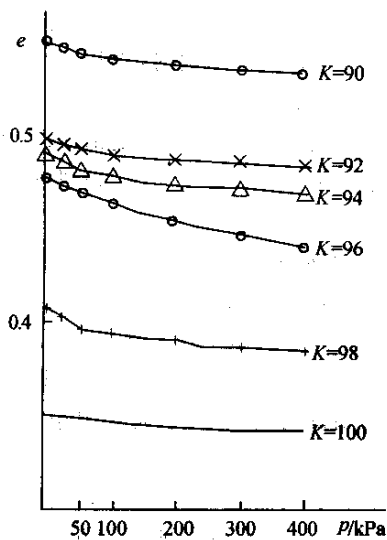


图 1  $\omega=7.3\%$  的  $e \sim p$  曲线

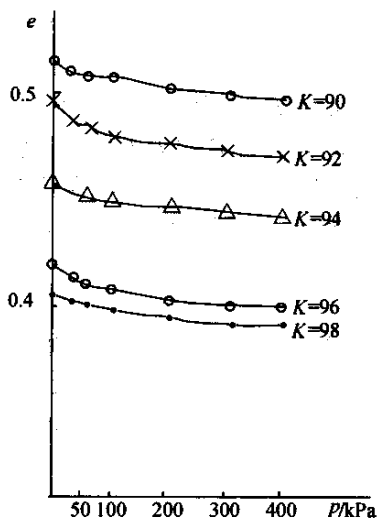
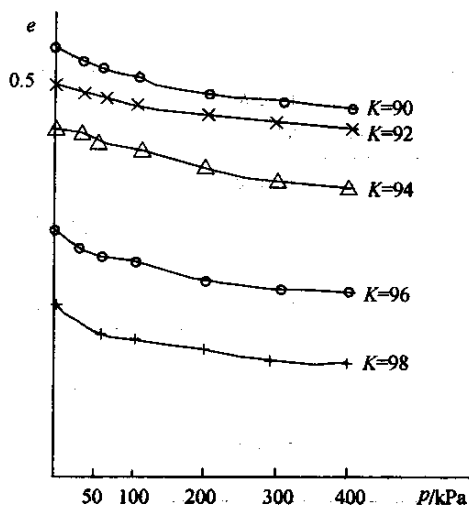


图 2  $\omega=10.0\%$  的  $e \sim p$  曲线



万方数据

图 3  $\omega=12.4\%$  的  $e \sim p$  曲线

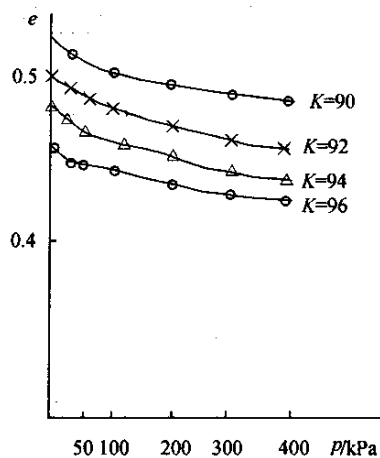


图 4  $\omega=15.4\%$  的  $e \sim p$  曲线

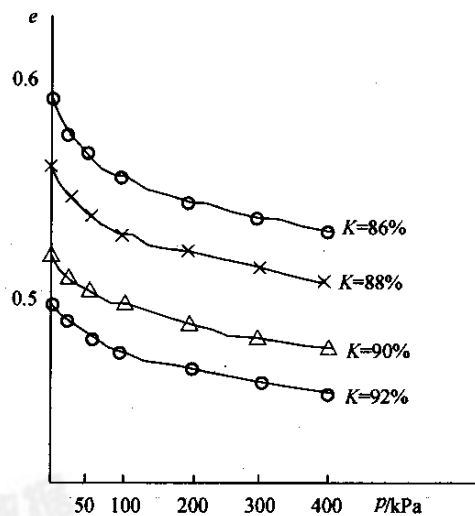


图 5  $\omega=17.6\%$  的  $e \sim p$  曲线

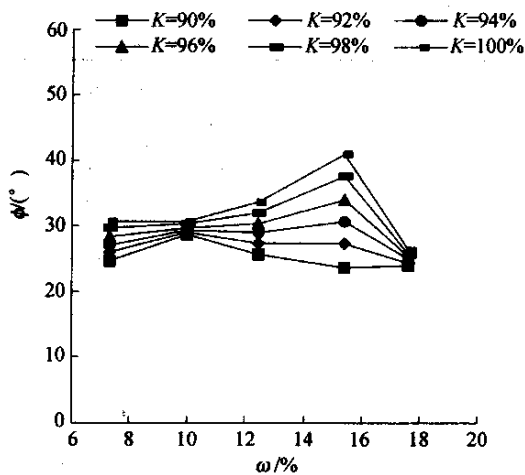


图 6 饱水  $\phi \sim \omega$  关系曲线

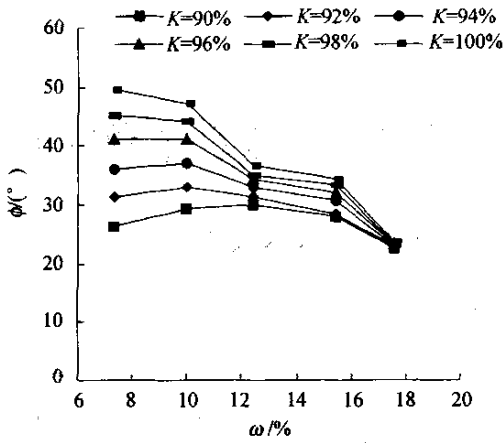


图 7 不饱水  $\phi \sim \omega$  关系曲线

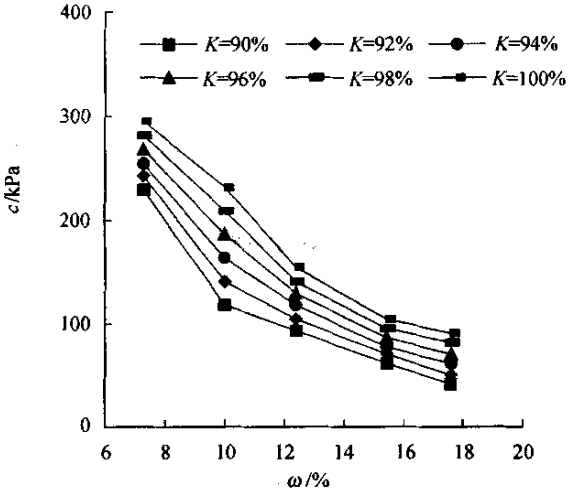


图 9 不饱水  $c \sim \omega$  关系曲线

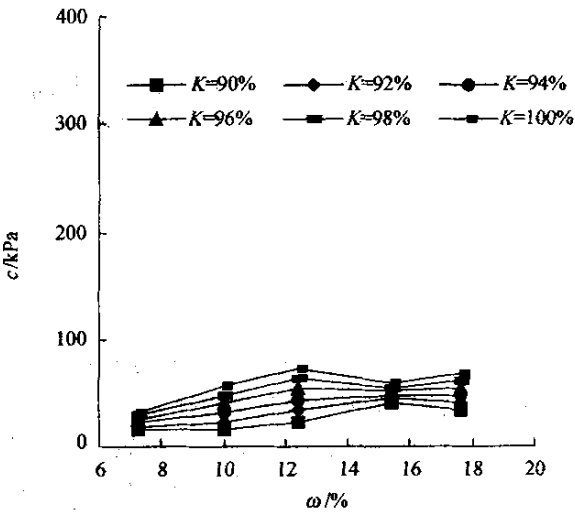


图 8 饱水  $c \sim \omega$  关系曲线

比较同一含水量不同压实度试样的  $e \sim p$  曲线, 可以看出它们  $e \sim p$  曲线是极为相似的(除极个别情况)。根据这些特点, 可得出如下一些规律。

- (1) 相同含水量下, 孔隙比随压实度的增加而减小, 同样  $e \sim p$  曲线斜率随压实度的增加而减小, 压实度越大,  $e \sim p$  曲线越平坦, 压缩性越小。
- (2) 相同含水量下, 不同压实度的  $e \sim p$  曲线的斜率基本一致。
- (3) 相同压实度下,  $e \sim p$  曲线斜率随含水量增加而增加, 含水量越大, 曲线越陡, 压缩性增大, 表明

在相同压力变化范围内, 土的孔隙比减小得越多则土的压缩性越高。

(4) 在不同压实度下,  $e \sim p$  曲线总的趋势是随着压力  $p$  的增加, 孔隙比  $e$  越靠近, 即压力  $p$  较小时, 压实度对压缩性的影响较大, 当压力  $p$  较大时(如高填土路基)影响减弱。

(5) 土的沉降量不仅随其压实度的降低而增大, 而且还随其含水量的增大而增大。

4 结语

- (1) 对于不受浸水影响的路堤压实施工, 宜将含水量控制在最佳含水量处或小于最佳含水量 2%~3% 处, 这样便于机械碾压, 并易达到所要求的压实度和路堤的稳定。
- (2) 对于易受浸水影响的路堤施工宜将含水量控制在最佳含水量处和稍大于最佳含水量 2%~3% 处。这样可确保路堤浸水后, 堤土强度降低的幅度不致过大。
- (3) 在路堤设计时, 就路堤的稳定和变形特性而言, 不仅要以压实度作为控制标准, 严格控制堤土的含水量也是保证堤土稳定的关键, 这是因为路堤土的沉降量不仅随其压实度降低而增大, 而且随其含水量的增加而增加。