

文章编号:0451-0712(2007)03-0033-03

中图分类号:U416.1;TU472.1

文献标识码:B

高塑性土路基压实与压实标准

吴立坚¹, 陈礼彪², 张燕清³, 吴存兴³, 吴昌兴³

(1. 交通部公路科学研究院道桥部 北京市 100088; 2. 福建省高速公路建设总指挥部 福州市 350000;
3. 三明泉三高速公路有限责任公司 三明市 365000)

摘 要: 我国南方地区存在大量的高塑性土。高塑性土路用性能差,如何合理利用是公路建设者关注的课题。从路面对路基的要求出发,详细分析了高塑性土的路用特性,以确保路基的强度与稳定为目标,在总结多个工程实例与科研成果的基础上,提出了高塑性土的适用范围、压实标准与施工要点。

关键词: 高塑性土; 路用特性; 压实标准; 施工工艺

我国南方多雨潮湿,高塑性土分布广泛。我国《公路路基设计规范》(JTG D30-2004)规定,高速公路上路堤和下路堤的压实度分别不低于 94%和 93%,规范中也另注明当路堤采用特殊填料或处于特殊气候地区时,压实度标准可根据试验路的状况在保证路基强度要求的前提下适当降低。规范对压实度可降低多少没明确的说明,实际应用中可操作性差,这也显示了我国在这方面缺乏足够研究。高塑性土的天然含水量普遍高于最佳含水量,晾晒困难,压实度达到相应规范的要求(上路堤和下路堤的压实度分别不低于94%和93%)很困难,我国公路部门多采用废弃换填的方法处理,不仅增加了工程造价,且新征料场和弃土堆更占用了耕地,造成了资源的浪费。随着环保要求的提高,采用传统换填方法处理越来越不可行,高塑性土的利用难以避免。以往我国也有将高塑性土用于高速公路路基填筑的实例,如

泉厦高速公路、京福公路三明段、广东普惠高速公路等。这些公路均已建成通车,福建泉厦高速公路采用高塑性土填筑的路段,自 1997 年通车以来使用情况良好。因此,高塑性土在一定条件下是可以用于高速公路的路基填筑的,我国建筑部门也常利用高塑性土作为地基。利用高塑性土填筑路基的关键是掌握其特殊的路用特性,以满足路面对路基的使用要求为目标,提出科学合理的压实工艺与压实标准,确保路基的稳定。

1 高塑性土的路用特性

我国各地的高塑性土物理力学指标差别较大,如液限有 50%左右的,也有超过 100%的,各地高塑性土的粗颗粒含量也不同。

1.1 特殊的强度与水稳性

福建省某地高塑性土的基本物理力学指标见表1。

表1 福建省某地高塑性土的基本物理力学指标

土样	天然含水量 %	比重G	液限 ω_L %	塑限 ω_P %	塑性指数 I_P	颗粒分析/%		最佳含水量 %	最大干密度 g/cm ³
						>0.074 mm	<0.074 mm		
A	35~45	2.68	74.8	32.8	42.0	1.5	98.5	23.4	1.553

高塑性土与普通土的最大区别在于其特殊的水稳性,即其压实度曲线与浸水后的 CBR 强度(本文的强度指标均指 CBR 值,下同)曲线是两条分离的双驼峰曲线, CBR 值并不完全随着干密度的增加而增加,如图1所示。图1中两条曲线上的峰值点分

别对应着高塑性土的两个重要的指标:(1)击实曲线上的最大干密度和最佳含水量;(2)强度曲线上的最大强度及与此对应的最大强度含水量。这两个不同的指标对于指导高塑性土的碾压含水量与质量控制具有重要的意义。

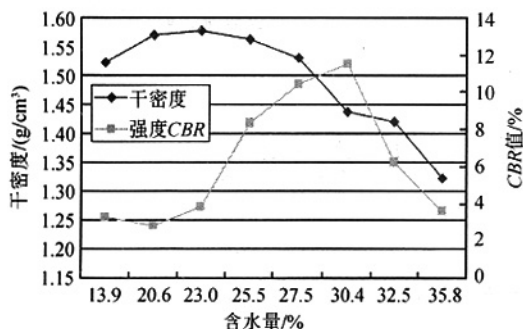


图1 密实度、强度 CBR 值与含水量的关系

1.2 击实功对压实效果影响明显

土的压实效果包括密度与强度两个方面。从图2、图3可以看出,击实功对土的密实度与强度有明显影响(图中 3×21 表示试件击实时分3层每层21击, 5×39 、 5×59 的意义与此相同,进行不同层数与击数的击实试验是为了分析高塑性土在不同击实功下的压实效果)。当土的含水量较低时,增加击实功可大幅提高土的密实度,但对强度的影响甚小。随着含水量的增加,击实功对密实度的影响减弱,但对强度有较大的影响。当含水量超过一定值时,增加击实功不会提高土的密实度,土的强度反而降低,表现出超压引起的“弹簧”现象,如图3中当含水量超过32%后,随着击数的增加,强度值降低。因此,对含水量较高的高塑性土,碾压时需控制压实功。

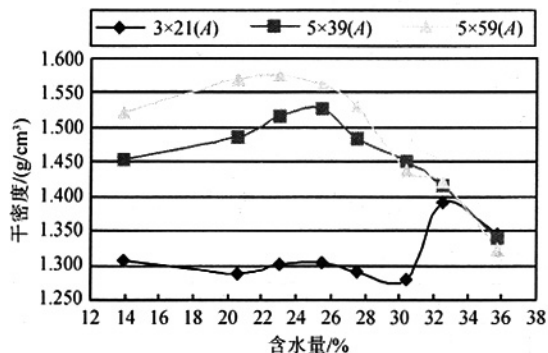


图2 不同击实功和含水量的干密度

从图2可知,在相同的击实功下,土的击实曲线非常平缓,即土的密实度对含水量的变化不敏感。从图3可知,在相同的击实功下,土的强度曲线变化远较密度曲线变化剧烈,强度对含水量的变化较为敏感,尤其是当含水量超过一定值后,强度迅速下降。因此,为保证路基的强度,宜将含水量控制在一个合理的范围内。

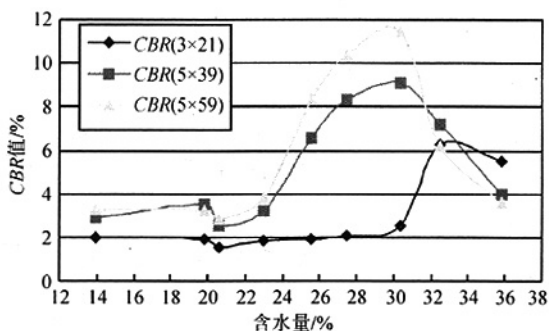


图3 不同含水量和击实功的 CBR 值

1.3 高天然含水量和低密度特性

液限是土在塑态与流态分界线上的含水量。高塑性土多分布于我国南方地区,与气候相适应,其天然含水量普遍介于35%~45%之间,远较最佳含水量(一般在20%~24%之间)高,晾晒慢,难以压实。而压实后高塑性土的干密实度则往往较低,一般在 $1.40 \sim 1.55 \text{ g/cm}^3$ 之间,其值远低于其他低塑性土($1.70 \sim 1.90 \text{ g/cm}^3$)。

1.4 结块成团翻拌困难

高塑性土尤其是高塑性粘土多结块成团,难以粉碎,晾晒时易出现外干内湿的现象。我国以往大多采用掺加生石灰的方法对高塑性土进行改良处理,由于不能翻拌均匀,导致路基出现不均匀的沉陷与隆起,从而引起路面的开裂,这方面的工程案例较多。若采用拌和机进行路拌,则由于路基填料可能含少量的碎石,对机械的损伤较大,施工单位多不愿采用,故我国目前采用石灰(水泥)改良的工程不是很普遍。

1.5 运营期的高塑性土路基存在稳定的含水量范围

高塑性土路基的变形与含水量密切相关,若含水量能保持稳定,则路基的性能亦将基本稳定。6条路段施工时或不利季节时(或1年后)测定的含水量、稠度、饱和度与压实度变化资料表明:当细粒土的天然含水量过高,经晾晒至最佳含水量附近,碾压达到重型压实标准后,其稠度平均值为1.2~1.5,经过雨季或1年以上自然环境的影响,含水量增加至塑限附近,稠度为1.0~1.1,饱和度达到90%左右,路基土体水分趋于稳定。因此,高塑性土路基存在一个相对稳定的含水量(稠度)范围。

2 高塑性土的压实标准

路面对路基的要求是整体稳定、强度高且工后

变形较小,密度(或压实度)指标对路面结构设计与路基的稳定分析不具有物理意义,只是一个控制路基压实质量的手段。从前面论述可见,高塑性土的强度与密度并不完全一致,即强度最高时其密度并不是最高。因此,从提高高塑性土路基强度的角度出发,不必过分强调高塑性土路基施工时的干密度,按最佳含水量碾压施工的高塑性土并不稳定,一场雨之后的压实度可降低10个百分点以上。

高塑性土的压实标准应根据室内外试验确定,具体步骤如下:(1)通过室内试验建立不同击实功(对应着不同的压实度)、不同含水量时的密实度与强度曲线,如图2、图3所示;(2)通过现场试验确定不同碾压遍数、不同含水量、不同松铺厚度、不同压路机时的压实度;(3)根据现场试验段土的压实度和含水量,与室内试验结果进行对比,为了确保路基的强度超过一定值(如CBR值大于3%),应确定相应的碾压含水量范围和压实度。

高塑性土碾压时的含水量应按最大强度含水量范围(稠度在1.0~1.3之间)控制,此时路基土的压实度一般大于87%、强度普遍较高(CBR值基本超过3%,甚至可超过8%)。此含水量范围也是细粒土的稳定含水量(接近塑限),水稳性好,能够确保运营期间路基的稳定,这已在多条高速公路上得到证实,如泉厦高速公路、京福公路三中段。

高塑性土对水较为敏感,外部环境的变化所引起的土性影响范围约在2 m以内,因此高塑性土路基的应用范围应限制在路堤填筑。

3 高塑性土的压实工艺与质量控制

(1) 晾晒。

由于高塑性土的天然含水量普遍较高,加之粘结成团的特点,因此对于高塑性土,晾晒是一个关键的步骤,直接关系到压实效果与施工进度。高塑性土晾晒的主要措施是翻拌,翻拌机械以采用平地机斜刮较为合适,也可采用五铧犁或旋耕机进行翻拌,各种机械必须保证能翻拌至层厚(一般为20 cm)。根据以往的经验,在天气较好的情况下路基土每天翻拌3

遍,含水量每天可下降约3%~4%。若能确定天气不下雨,为了降低料场土的天然含水量,可将料场的土事先予以翻松晾晒。对于天然含水量超过42%的高塑性土,每层土的晾晒时间一般需超过3 d;若路基的施工工期受限,施工速度要求高,则建议予以废弃换填。

(2) 层厚。

高塑性土每层填筑厚度不宜超过20 cm,过厚则会降低晾晒的速度,从而影响施工进度。

(3) 压实机械。

根据对比研究表明:不同吨位的压路机(静重12 t以上)对高塑性土的碾压效果基本相同(压实度相差在1%以内),故对压实机械可不作特别要求。对于采用冲击压路机进行补压的情况,则其碾压含水量宜在稠度1.1以上,否则易出现弹簧现象。

(4) 碾压遍数。

碾压遍数以6~8遍较为合适,8遍以后压实度的增加不明显。

4 结语

(1)高塑性土的强度与密度为分离的两条双驼峰曲线。

(2)高塑性土的压实标准包括碾压含水量(稠度)和压实度两个控制指标,压实标准应通过室内外试验确定。

(3)一般高塑性土的碾压含水量稠度范围应位于1.0~1.3之间,压实度大于87%,此时的路基强度CBR值可基本满足大于3%的要求,稳定性较好。

(4)高塑性土的天然含水量在某种程度上决定其可否利用,天然含水量高于42%时的土一般应予以废弃换填。

(5)翻拌晾晒是利用高塑性土的关键步骤。

参考文献:

- [1] JTJ 033-95,公路路基施工技术规范[S].
- [2] JTJ 051-93,公路土工试验规程[S].
- [3] JTG D30-2004,公路路基设计规范[S].