

膨胀土路基的常见病害及处理办法简介

明士金

华蓝设计(集团)有限公司

摘要: 膨胀土是一种含亲水性矿物(蒙脱石、伊利石等)组成的,具有明显的吸水膨胀和失水收缩特性的高塑性黏土。膨胀土对道路结构的损害非常大,而且变形破坏具有多次反复性,修复困难。在膨胀土地区,道路构筑物普遍出现开裂变形;膨胀土路基边坡经常大量出现溜塌、滑坡,有“逢壑必滑,无堤不塌”之说;道路路面经常大段出现随季节变化很大幅度的波浪变形。道路的损坏对道路交通安全造成很大的困扰。广西是膨胀土分布较广的省份,我们在设计及服务过程中经常碰到膨胀土处理问题,下面以《凭祥-宁明贸易加工区产业大道工程》为例,对膨胀土的一些常见病害及处理办法进行总结。

关键词: 膨胀土路基; 常见病害; 处理办法; 防水; 防风化; 控湿

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.06.050

一、项目概况

凭祥-宁明贸易加工区产业大道工程位于广西崇左市凭祥-宁明贸易加工区内新建道路,规划范围跨越凭祥市和宁明县两个行政区。产业大道总长16.398公里,红线宽度50米,属于城市主干路。

根据《凭祥-宁明贸易加工区产业大道岩土工程勘察报告》揭露,场地岩土层主要由上覆第四系残积黏性土和下伏三叠系泥质页岩、泥岩组成。据本次钻探揭露,主要的岩土层分布及特征分述如下:(1)黏土③(Q4e1):黄色、褐黄色、棕红色,稍湿,硬塑状态为主,局部为可塑状态,黏性高,切面较光滑,无摇振反应,韧性高,干剪强度高,属中等偏低压缩性土。该层作标准贯入试验79次,锤击数平均为11.3击。场地内均有分布,层厚为2.50~21.00米,平均层厚为5.39米。(2)泥岩④(E):青灰色、褐灰色,中风化,裂隙稍发育,泥质结构,巨厚层构造,稍具滑腻感,遇水易软化,与泥质粉砂岩及泥质粉砂岩互层,局部夹泥煤,岩芯呈短~长柱状,岩芯较完整,取芯率约80%,属极软岩,岩体质量等级为V级。该层作标准贯入试验36次,锤击数平均为39.7击。场地内均有分布,未予揭穿,揭露最大层厚为19.80米。(3)泥质粉砂岩⑤(E):青灰色、灰白色,中风化,粉砂质结构,厚层构造,裂隙稍发育,与泥岩、粉砂质泥岩互层,局部夹泥煤,岩芯呈短、长柱状,属极软岩,岩体较破碎,岩体质量等级为V级。该层作标准贯入试验19次,锤击数N=54.0~58.2击,平均为56.2击。本次钻探深度内仅在K5+500~K6+960有揭露,未予揭穿,揭露最大层厚为19.50米。

地勘地报告给出的结论是黏土③为中等膨胀土,采用无机结合料处治后可作路基填料;泥岩④为强膨胀土,不应用作路基填料;泥质粉砂岩⑤为弱膨胀土,采

取包边、加筋、设置垫层等物理处理措施后可采用于路堤范围的填料,采用无机结合料处治后可用于路床填料。

二、常见病害

(一)路面病害

(1)波浪变形:不经处理的挖方膨胀土路基或者用膨胀土回填的路基,由于路幅内路基含水量的不均匀变化,引起膨胀土的不均匀胀缩,在车辆的碾压下,易轮迹处产生幅度很大的横向波浪形变形。这种变形随季节和交通量大小而变化。

(2)溅浆冒泥:随着季节的变化,膨胀土路基受大气影响,路基湿度发生变化而使路基软化,在行车荷载作用下,基层开裂,路基部分土体湿度变大在反复碾压下形成泥浆,沿路基路面裂缝、伸缩缝溅浆冒泥。路面溅浆冒泥多在雨季发生,如有地下水或边沟水长期浸湿路基时,亦可在其他季节发生。

(二)路堑病害

(1)剥落:剥落就是路堑边坡开挖,未进行遮盖,长时间受日照风吹等作用,膨胀土表层风化使土块碎解成细粒状、鳞片状,在自重作用下沿坡面滚落的现象。剥落主要发生在秋季,干旱愈长,风化愈强烈,剥落愈严重。一般膨胀土胀缩性能越强剥落越多,阳坡比阴坡剥落要严重。路堑边坡剥落造成边坡凹凸不平,边坡防护困难,绿化植被生长困难,排水沟、边沟堵塞等现象。

(2)冲蚀:冲蚀是膨胀土边坡在风吹日晒后,边坡土层开裂,在雨水冲刷侵蚀作用下,沿坡面冲刷形成一条条小沟状的现象。冲蚀沟深0.2~0.6m,深者可达1.2m。冲蚀的发展使边坡变得支离破碎。冲蚀主要发生在夏季,特别是大雨或暴雨季节。冲蚀既破坏了坡面的完整性,也不利于植物的生长。冲蚀一般比剥落更严重。

(3)溜塌:边坡上松散的表层土体由于大量雨水的渗入、浸润,以致其饱和,使得土颗粒间的连接大大减弱,土体强度显著降低甚至土体成为流动状态,土体产生顺坡流动,这种破坏现象称为溜塌。溜塌是膨胀土边坡表层最普遍的一种病害,常发生在雨季,与降雨稍有滞后关系,可在边坡的任何部位发生,与边坡坡度无关,但顺坡土体更容易发生。溜塌部位上方有弧形小坎,无明显裂缝与滑面,塌体移动距离较短,且很快自行稳定于坡面。溜塌厚度受强风化岩层控制,大多在1.0m以内,不超过1.5m。

(4)滑坡:黏土滑坡具有弧形外貌,风化岩是顺层滑坡,都具有明显的滑床,主要受裂隙、层间隙控制。滑坡多呈牵引式出现,层叠状、成群发生,滑体呈纵长式,有的滑坡从坡脚可一直牵引到边坡顶部,具有很大的破坏性。滑体厚度大多具有浅层性,一般为

2.0~4.0m,多数小于6.0m,与大气风化作用层深度密切相关。膨胀土滑坡与边坡高度和坡度并无明显关系,主要与土的类型和土体结构密切相关。因此以放缓边坡来防治滑坡几乎是徒劳的,这是因为膨胀土滑面的参数往往只有5~7°,单独依据刷坡往往只能是越刷越坏。必须采取其他有效的防护加固措施。在产业大道工程就发生3处滑坡,产生的原因一是坡顶截水沟未能及时封闭,雨水顺着风化岩层或黏土层下浸,二是边坡坡向与岩层坡向相同,三是在顺坡岩层坡脚进行排水深基坑开挖。

(三) 路堤病害

(1) 沉陷:膨胀土具有显著的超固结性,往往施工时又施工不当,造成压实达不到标准。如果路堤用膨胀土填筑,压实不达标、又受大气物理风化作用和膨胀干缩效应,在上部路面、路基自重与汽车荷载的作用下,路堤易产生不均匀下沉,如伴随有软化挤出则可产生很大的沉陷量和拥抱。路堤愈高,沉陷愈大,沉陷愈普遍,尤其以桥头台背填膨胀土时的不均匀下沉更为严重。不均匀下沉导致路面的平整度下降,严重时可使路面变形破坏,甚至屡修屡坏。

(2) 纵裂:路堤路基两侧部位常因机械碾压不到或碾压不够,使填土达不到要求的压实度,因而工后沉降相对较大。同时因路堤两侧对大气物理作用特别敏感,干湿交替频繁,两侧土体失水收缩远大于堤身,故在路基两侧顺路线方向易产生纵向开裂,形成长数十米甚至上百米的裂缝。裂缝宽2~4cm,大多距外缘0.5~1.0m。

(3) 滑坡:路堤滑坡与填筑膨胀土的类别、性质、填筑质量、填方坡度以及基底土质等有关。若用强膨胀土填筑堤身,在大气影响深度范围,造成堤身强度减弱;同时填筑质量差,土块未按要求打碎;边坡坡度大于1:1.5;边坡防护工程施工不到位;边坡绿化表层破坏未及时整治等,都有可能产生滑动面,形成滑坡。因此,膨胀土路堤有从堤身滑动的,也有从基底滑动的。

三、膨胀土地区的设计原则及处理办法

(一) 设计原则

(1) 膨胀土地区路基纵断面设计应避免填筑高路堤和开挖深长路堑,宜采用低路堤或浅路堑。不能避免时,应与桥隧方案进行比选确定;以路基通过时,应采取采取措施保证路基稳定。

(2) 强膨胀土不能用作路基填料,中等、弱膨胀

土用作路基填料时,应通过室内试验和技术经济比较确定膨胀土填筑路堤的处理方案,并确定最佳配合比及处治后的强度控制指标。

(3) 膨胀土地区路基设计应以防水、防风化、控湿为主,结合路面结构,采取有效措施,减少湿度变化对膨胀土路基的影响,保证路基满足变形和强度的要求。膨胀土路基应连续、旱季施工,并及时封闭路床和坡面,控制膨胀土湿度变化在较小范围。

(二) 处理办法

(1) 换填法

换填法既适用于挖方膨胀土路基处理,也适用于低填方膨胀土路堤基底的处理,与其他方法相比,一般换填法的造价最低。在产业大道中,对中、弱膨胀土路段对应路床0.8m范围内的膨胀土进行超挖换填非膨胀土;对强膨胀土地挖方路基,换填深度应加深至1.5m。对低填方路基,应挖除地表0.6m的膨胀土地,用非膨胀土回填,路床范围内换填成粗颗粒的非膨胀土;低填方为强膨胀土路基,挖除深度达到大气影响深度。

(2) 包心法

包心法是通过控制膨胀土湿度的变化,保持路基中的水分少受蒸发及降雨渗入的影响,从而抑制路基土体胀缩变形。道路工程中主要采用全封闭法,又称为包盖法或包边路堤。

当膨胀土广泛分布,周边无填料可用,不得不采用弱膨胀土和中膨胀土填筑路堤时,则可用接近最佳含水量的中、弱膨胀土填筑路堤中心部位,用普通非膨胀土黏土或改性膨胀土作为路堤两侧边坡与基底及顶面的封层,从而形成包心填方,让膨胀土永久地封存在非膨胀土之中,避免膨胀土与外界大气直接接触,保持膨胀土湿度的稳定,使其失去胀缩性。该种封闭式填筑路基的方案在产业大道中有使用,如下图所示。在通常情况下,全封闭法仅适用于非浸水路堤。

(3) 改良法

改良法顾名思义就是在膨胀土中掺入其他材料,使其物理、力学特性得到改善,克服其不良的干湿敏感性,以满足工程材料的使用性能。膨胀土的改良法划分为物理改良法、化学改良法与综合改良法。

1. 物理改良法

物理改良法是在膨胀土中添加其他非膨胀性固体材料,通过改变膨胀土原有的土颗粒组成及级配,从而减弱膨胀土的胀缩能力,达到改善其工程特性的目的,常见的掺和料有风化砂、砂砾石、碎石与矿渣等。膨胀

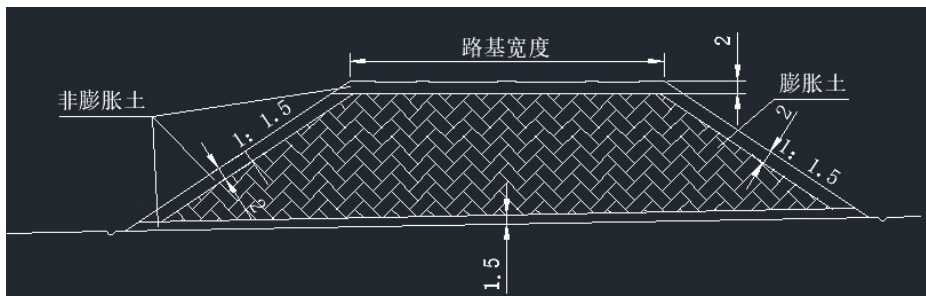


图1 产业大道包心法路堤结构

土改良最优掺砂量为20%~25%。物理改良一般用在弱膨胀土,在产业大道中,弱膨长土量较少,没有采用该方法。

2. 化学改良法

化学改良法是在膨胀土中加入石灰、水泥、粉煤灰、土壤固化剂等有机或无机材料,并使添加材料与膨胀土中的黏土颗粒发生某种化学反应或离子交换过程,以达到降低膨胀土膨胀潜势、增加强度和提水稳定性的目的。下面把常用添加剂的种类与施工工艺作简要概述。

①石灰改良

石灰改良膨胀土的主要作用是使膨胀土的液限、膨胀性与黏粒含量降低,显著提高土的塑限与强度,增大最佳含水量与最大干密度,从本质上改变膨胀土的工程特性。由于石灰能有效抑制膨胀土的胀缩潜势,又具有经济与实施方便的优点,在工程界应用十分普遍。

根据国内外资料,从降低膨胀土的膨胀性来看,一般加入2%~4%的石灰就能使其膨胀率和总胀率达到很小,而从提高土的强度角度考虑,在一定范围内石灰含量越高,改良土的强度越高,石灰含量超过一定限度后,改良土的强度会随石灰含量的增加而降低。考虑到在现场实际施工过程中,石灰和膨胀土掺和均匀度会比室内试验要差,一般加入6%左右的石灰,能获得较好的改良效果,至于具体的最佳掺石灰含量值,应根据膨胀土的胀缩等级通过试验来确定。在产业大道中,通过方案对比,借土回填比石灰改良更经济。

②水泥改良

水泥改良膨胀土主要是当水泥与水混合后,水泥遇水发生水化反应生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,土中的 Ca^{2+} 含量急剧增加,在反应后较短时间内土体中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 达到饱和。随着 Ca^{2+} 被大量释放,土体的黏结力增强从而实现对土体的加固。同时在后续过程中, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与空气中的二氧化碳发生氧化反应生成耐水性较强的碳酸钙,提高了膨胀土的强度。

水泥土与石灰土的不同之处在于,前者的早期效应比后者明显,且水泥可产生更大的凝聚作用,引起的凝聚反应使黏土层之间的胶结力增大,从而使土处于更加稳定的状态,其强度和耐久性比石灰土提高幅度更大,但就膨胀性而言,石灰是更好的掺和剂,水泥用于加固膨胀土的掺入量一般为4%~6%。

在工程实际应用中,常利用石灰与水泥混合添加剂改良膨胀土,充分发挥石灰显著降低土的膨胀性和水泥显著增加土的强度优势,二者比例视改良土要求而定。

③土壤固化剂改良

土壤固化剂是一种由多种无机、有机材料合成的用于固化各类土壤的新型节能环保工程材料。经过土壤固化剂处理过的膨胀土,其水稳性、强度、密实度、回弹模量、弯沉值、CBR、剪切强度等性能都得到了很大的提高。土壤固化剂是一种离子交换剂,通过离子交换将膨胀土由原来的亲水性改变成憎水性,加入土壤固化剂后,能显著降低土体膨胀潜势。目前,土壤固化剂种类

较多,每类类型都应控制加入土壤固化剂的剂量和配比度,根据自由膨胀率变化指标结合成本费用选定最优配合比。目前土壤固化剂处理膨胀土相对价格较高,使用土壤固化剂相对较少,一些地区使用在底基层材料中,有些与水泥、石灰综合使用。

3. 综合改良法

综合改良法就是利用物理与化学改良的综合运用,既改变膨胀土的物质组成结构,又改变其物理力学性质,达到改变膨胀土的亲水性、胀缩性及水稳性等效果。由于该法充分利用了一些固体废弃物与价格低廉的材料,如粉煤灰、石灰、水泥、矿渣与砂砾石及土壤固化剂等,有利于环境保护,且改良质量良好,在工程界得到了的普遍重视。当前在膨胀土工程建设中应用较多的有二灰土、矿渣复合料与石灰砂砾料等。

(4) 土工合成材料加固法

由于土工合成材料具有加筋、隔离、防护、防渗、过滤和排水等多种功能,工程界应用土工合成材料治理路堤及路堑边坡非常广泛,尤其是在膨胀土路基工程中的应用十分普遍,如土工膜、土工格栅、土工格室以及土工网垫等,主要用于治理膨胀土路堤路床与边坡浅层失稳。

(5) 路堑边坡柔性支护法

膨胀土路堑边坡一般采用1:1.5~1:2.5的坡率,但也出现不稳定,特别是边坡坡向与膨胀土岩层坡向一致时,边坡采用1:8也不稳定。膨胀土边坡处治贯彻截水优先,合理坡面防护与边坡支护相结合的原则。边坡施工前做好截水沟,截水沟要做好封闭,防止雨水下渗。边坡开挖做好保湿,用土工织物进行遮盖,并及时做好坡面防护。对边坡相对较高,顺层边坡要进行柔性支护,同时市政排水要放在逆坡一侧。

四、结语

膨胀土作为一种特殊性质的土,对道路路基、边坡和构筑物的危害极大,关系到道路的安全和正常使用。实践证明,结合当地膨胀的地基特性,采取切实可行的措施,严格遵守“防水、防风化、控湿”预防措施,完全可以避开它的危害。处理不是目的,预防才是关键。本文从膨胀土的一些常见病害到解决问题的一些办法,并对目前防治膨胀土的方法做了简单的介绍,希望工程技术人员在解决膨胀土问题时能有所启发,并能因地制宜,找出更经济、更合理的解决膨胀问题的方法。

参考文献

- [1] 孟长江. 膨胀土路基养护技术[J]. 科技创业家, 2011(8): 65.
- [2] 厉兰伯. 公路膨胀土路基处理方法[J]. 交通世界(建养·机械), 2013(6): 108-109.
- [3] 薛秀, 王金鹏. 广西古近系风化石岩改良膨胀土试验研究[J]. 西部交通科技, 2020(12): 53-56.
- [4] 刘清秉, 项伟, 张伟锋, 等. 离子土壤固化剂改性膨胀土的试验研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(8): 2286-2290.