

膨胀土地区地裂的形成发育 及其危害防治

耿建彬

(总后建筑设计研究院, 北京 100036)

【摘要】我国膨胀土多分布在丘陵、岗地。膨胀土地区地裂发育强烈地带, 严重危害工业民用建筑的安全使用。通过调查研究, 对膨胀土地区地裂的形成发育, 勘察评价及防治进行了探讨。

【关键词】原生地裂 次生地裂 地裂的勘察 地裂的防治 非饱和土。

【Abstract】 Expansive Soil is distributed through our country and severely endanger many buildings safe. In this paper, the preliminary study is introduced through the investigation and Engineering practice.

【Key words】 Primary taphrogeny Secondary taphrogeny taphrogenic Investigation prevention of taphrogeny unsaturated soil

0 前言

地裂是膨胀土地区特有的不良地质现象。它的形成与发育是由膨胀土特有的矿物成分和外部环境因素所决定。膨胀土富含蒙脱石、伊利石、高岭石和小于 2μ 粒径的粘粒, 所以颗粒细, 比表面积大, 亲水性强; 再加上上面一面叠聚体层状的微观结构, 在非饱和状态下具有吸水膨胀和失水收缩往复变形的工程特性。在气候、地形地貌和人为因素影响下, 造成膨胀土分布地区地面裂缝的形成与发育。这种不良地质现象, 给铁路、公路、水渠的路堤、路堑、边坡稳定造成危害; 给部队营房和其他低层砖石、砖混结构的工业民用建筑损坏严重, 而且难于防治, 引起国内外工程界很大兴趣。我国最早从五、六十年代就发现了这种特种性质的土, 70年代末国家建委和总后基建营房部正式立项加以研究。相继颁布了国家标准 GBJ112—87 和军用标准 GJB2129—1994 两本膨胀土地区建筑技术规范, 为勘察设计提供了依据。但这两本规范都尽量避开了地裂发育严重的坡形

场地。国家规范把坡地定为复杂场地, 选址时要避开; 军用标准 GJB2129—1994 明确规定仅适用于平坦场地。但随着改革开放经济建设高速发展, 城市不断扩大, 少占耕地、保护农田是我国的基本国策, 这必然逼着我们部队营房和有些工业民用建筑上岗上坡, 岗坡膨胀土地裂的形成发育及其危害防治必须加以深入研究。才能为建设服务。

1 膨胀土地裂的类型

按成因可分为原生地裂与次生地裂; 按形态可分为闭合型地裂与开放型地裂; 按深浅严重程度可分为深大严重地裂和浅层一般地裂。我们常见到的地裂都是在原生地裂基础上在外部环境因素影响下形成的开放型深大严重地裂和浅层一般地裂, 属次生地裂。膨胀土地裂的形成与发育, 都与膨胀土本身的工程特性和外部环境因素相互影响和相互依存的关系所决定。

2 地裂的形成与发育

2.1 原生地裂

膨胀土因富含蒙脱石等粘土矿物和小于

作者简介: 耿建彬, 男, 高级工程师、军队工程勘察协会工程地质专业主任委员。1965年毕业于同济大学, 地下工程系水文工程地质专业。多年从事岩土工程、多年冻土与膨胀土研究工作。

2 μ 的粘粒,这些粘粒成分在膨胀土沉积过程中呈胶体状溶液高度分散于粗颗粒之间,后由于水分不断蒸发凝固形成凝胶状态,继续蒸发脱水使其表面干缩产生龟裂,继续干缩使龟裂缝隙不断加深扩展。在后续沉积中经水补给使其裂隙闭合,进行再次沉积旋回。这就是膨胀土原生地裂产生的全过程。原生地裂在膨胀土中表现为垂直节理,其裂隙面光滑呈腊质光泽。一般在不失水情况下呈闭合状态。

2.2 次生地裂

膨胀土大多属老粘土,沉积年代(Q₂~Q₃),后经地壳上升、河流切割侵蚀多出露于山前低丘、岗地、二级阶地上。在复杂环境地质作用下,再加上气候、人为多种环境因素影响,使膨胀土失去了原有自然平衡状态,需要重新调整,在重新调整过程中,部分原生地裂发展扩大形成我们所说的开放型深大严重地裂和一般浅层次生地裂。这种地裂随着环境因素的变化而变化,是膨胀土对建筑物危害中最活跃、最不安定的因素之一。我们常说的膨胀土地裂就是指这种次生地裂。影响次生地裂的形成发育的主要环境因素有以下几个。

(1) 气候与地形地貌自然地理环境因素

气候与地形地貌自然地理环境是次生地裂形成发育的重要外部条件。众所周知,膨胀土在平坦地形场地上,随一年四季降水、蒸发、温湿度条件的变化,在大气影响深度范围内水分不断转移,含水量也随之变化,引起膨胀土以垂直为主的胀缩变形;但在坡及临坡场地就不一样了,除垂直升降(胀缩)变形外,还有向坡面方向的水平位移。而这种水平位移可逆性差,常保留残余变形,久而久之使坡面场地及临坡场地,沿等高线产生的地裂不断扩张和加深,形成开放型的深大严重次生地裂的发育。如再加上大气降水或其它水的渗入,对地裂进一步劈裂和软化,在被地裂切割的土体自重作用下,就促使边坡

土体向坡脚蠕动,甚至产生浅层滑坡等不良地质现象。

(2) 特殊的水文地质条件是地裂发育成不良地质现象的主要原因

膨胀土是老粘土,为不透水层。大气降水、农田灌溉、水渠、管道渗漏都是通过地裂渗流。膨胀土浅层地下水,都属于地裂中的裂隙滞水,没有稳定的水位。相距30cm两个钻孔,打在地裂上的就有水,没打在地裂上的就没水。同一个坡面上水位高差悬殊很大。坡顶钻孔中有水,坡腰钻孔中就没水。由此可见膨胀土浅层地下水是沿着等高线发育的地裂中流动的,地下水在膨胀土中特殊渗流规律,造成对地裂的劈裂、软化、侵蚀、淘蚀作用。结果除促使膨胀土边坡滑塌、滑坡形成外,溶蚀、淘蚀是产生膨胀土地区溶槽、土洞、冲沟、岩溶不良地质现象的主要原因。

(3) 人为因素也是次生地裂形成发育的主要条件

在膨胀土地区修路、挖渠、盖房、绿化、农田灌溉……人类生产活动使膨胀土原有的自然平衡状态受到破坏,为适应新的环境膨胀土内的水分按新的环境进行转移,胀缩变形在新的环境下发生变化,产生新的差异变形,在此过程中就会产生新的地裂。例如:盖房子后室内外温湿条件发生变化;向阳面与背阴面;房前房后地表径流条件;蒸发条件都不一样;这种环境条件的改变,造成含水量分布不均,膨胀土胀缩变形幅度大小不一。实测结果也是向阳面变形幅度大,背阴面相对变形幅度要小。这种差异变形就会产生新的地裂,造成房屋开裂破坏。如在坡地盖房须半挖半填整平场地,更加破坏了原有的自然平衡,使其胀缩变形幅度增大,加上水平位移,导致产生新的地裂,还会使原有一般地裂发育成严重地裂,对房屋造成更大破坏。从膨胀土地区房屋损坏的形态上,除倒八字裂缝外,还常出现墙体开裂后错位,硷地面、路面开裂;路堑、渠道边坡滑塌。这些现象

常是地裂引起的,往往地裂造成的破坏难于修复。

综上所述,膨胀土地区地裂的形成,从现象上看主要是膨胀土中的水分受大气蒸发,失水后产生的土体收缩,造成地面裂缝的发生。但地裂的发育、发展、扩大一刻也离不开水的参与。上面所提的三种主要因素,也是相辅相成,相互作用,共同影响地裂的形成和发育。膨胀土地区的地裂是一个极为复杂的环境地质作用的产物。但最严重的深大地裂的深度也不会超过大气影响深度。我国膨胀土地区在平坦地形条件下大气影响深度最深 5.0m 左右;一般浅层地裂都在大气影响急剧层深度之内,大气影响急剧层深度见 GJB2129—1994 表 3·4·1,最深 2.50m。这就给我们防治地裂对建筑物的破坏提供了依据。

3 地裂的勘察与评价

GJB2129—1994《膨胀土地区营房建筑技术规范》军用标准中明确规定要调查场地内的地裂、滑坡、冲沟、岩溶和土洞等不良地质现象并初步圈定范围。把对地裂的调查放在首位,可见对地裂勘察的重视。地裂按其大小、严重程度分为两类:一是深大严重地裂;二是浅层一般地裂。这两类地裂皆属开放型的次生地裂,其形态都是上宽下窄呈楔状垂直插入膨胀土层中。在野外鉴别深大严重地裂比较容易,因为严重地裂开口大,经风吹、水渗把一些含有机质粉土粒带入地裂中使光滑带擦痕的裂隙面蒙上一层灰色粉粒状物质。而一般浅层地裂因上部开口小这种物质就少。地裂在干旱季节和特干旱年份(大旱之年)在地裂开裂较大时或已开裂错位墙体、砣地面、路面才易被发现;一般情况下新建场地,地裂被松散的地表耕填土及植被所掩盖不易被发现。用常规的钻探也不易查明,因为钻孔不可能布置太密。笔者认为规范中用钻探和探坑不能搞清地裂的分布和发育情况。搞不清地裂分布与发育情况,就无法对场地进行工程地质评价。本文推荐一

种简单易行的“实测剖面法”就可查清地裂的分布与发育情况。该法就是在勘察钻孔中,在坡形场地沿顺坡方向;在临坡的平坦场地垂直坡面方向,根据场地大小布置 2 排以上钻孔,如果是多面坡,每个坡面沿顺坡最少布 2 排钻孔,每排钻孔,钻孔与钻孔用浅探槽相连。沟槽深宽 30~50cm 左右,以挖去地表耕填土和姜石富集层到原始新鲜的膨胀土为原则,采用边挖边记录地裂发育分布情况,准确地标在图上。为了不至于把地裂遗漏掉,进行清槽后分段浇灌白石灰浆水,使浆水沿地裂缝下渗后,清除槽中残留白灰浆渣,这样在槽底与槽壁就很容易发现地裂缝被白色灰浆渗入的痕迹。将其标在沟槽展开图上,按宽窄大小进行分类统计,再根据地形地貌特征划分地裂分布范围,对其进行工程地质评价。

4 地裂的防治

对地裂的防治,可依据 GBJ112—87 和 GJB2129—1994 两本技术规范所规定的防治措施执行。特别是 GJB2129—1994 规范提的防治措施更详细具体,它总结了我军多年来与膨胀土危害作斗争的经验,严格执行这两本规范就可减少膨胀土地区营建中的经济损失。但我们也必须认识到我国对膨胀土研究起步较晚,我们在执行规范中应不断探索试验积累新的经验。在平坦场地可按规范中介绍的方法,采用综合整治措施。在坡地可先治坡,用挡墙、护坡地锚杆、土钉各种有效措施,阻止坡体蠕动滑移,防治地裂的形成与发育。在基础设计上可选用墩基、桩基,加大基础埋深,再加上宽散水及综合环境整治办法防治膨胀土地裂的危害。对膨胀土地区一类重要建筑可采用桩基,桩长在平坦场地取 1.5 倍大气影响深度;在坡形场地根据坡度大小可采用 2~2.5 倍大气影响深度。大气影响深度可参照 GBJ112—87 表 C 确定。对室内地面可采用架空基础,防止膨胀土地裂对地面的影响。

(下转第 34 页)

于其它各单元。同样的水泥掺量,同样的施工工艺,不同的置换率要在同一场地达到同样的地基承载力,是不可能的!

5.3 桩身取芯

桩身取芯在成桩 28d 后进行的,选取做过轻便动力触探的 29 根桩取芯,其中 8 根是触探击数局部较低的桩,2 根为击数均大于 10 击的桩,19 根是一般性的桩。取芯结果表明 10cm 击数大于 10 击的桩身水泥土凝结较好,呈硬块状;而击数较低的桩段桩芯采取率低,芯软、湿易破碎,一般可见水泥土凝结的颗粒。桩芯硬块部分做无侧限抗压强度试验,其值均在 $2\text{N}/\text{mm}^2$ 以上。

5.4 吹填土地基载荷试验与天然地基轻便动力触探

吹填土地基载荷试验在全部桩打好后,为了分析工程质量问题,由设计提出做的,因为勘察报告中没有给出该值。实测两点,都在标高 3.75m 处测试吹填土的承载力,1[#]点选在加固区外靠近场地中间的位置,结果为 37.5kPa;2[#]点选在加固区外靠近场地边上,附近有 1.0m 深的排水沟,固结程度要比 1[#]点高,测出的值为 50kPa。

未加固区天然地基轻便动力触探试验的目的是判断桩身轻便动力触探击数是否大于天然吹填土轻便动力触探击数的一倍以上。这个试验也是为了有助于分析工程质量问题而做的,其依据为《规范》条文说明第 9.4.2 条“七天时的桩身 N_{10} 大于原天然地基击数 N_{10} 的一倍以上,则桩身强度已能达到设计要求。”一共测试了 4 个点,其结果统计如下:地表 0~0.6m,每 10cm 1~5 击;地表 0.6~

2.4m,每 10cm 0.5~1 击;地表 2.4~3.3m,每 10cm 2~7 击。如果按照这条标准,则全部粉喷桩均达到加固要求。

6 二点经验教训

(1)粉喷桩在处理吹填土时要慎重使用,要通过现场做试验桩以确定单桩承载力,做室内水泥土的抗压强度试验以确定桩身水泥掺入量,不能只根据《规范》中处理一般软弱土要求,确定工程加固方案,要高度重视吹填土的特殊性。

(2)粉喷桩较短时,应该采用全桩长复搅复喷的施工工艺。

《规范》中虽然有对施工工艺的一般要求,但对只有 5.0m 长度的短桩来讲,只按照《规范》中要求桩头、桩底复喷去施工还是不够的。目前粉喷桩施工设备大多没有喷灰量自动计量仪器,桩短提升时间短,要将桩身各段水泥掺量控制在要求的范围内是件困难的事,特别是施工任务紧张,单桩施工过程中经常调节操作参数也难免出现差错。如果只复喷一段,操作人员又不能及时调节量,复喷与提升送灰用量一样,那么势必造成局部灰量严重不足。全长复搅复喷给施工带来方便不但可以避免上述问题,而且可以使水泥土搅拌的均匀,工程质量上也有保证。

收稿日期:1997-01-15

(上接第 23 页)

5 结束语

膨胀土是一种非饱和土,所具有的吸水膨胀和失水收缩的工程地质特性都是在非饱和状态下才能呈现出来。如果膨胀土在完全干燥(充分收缩)或完全饱和(充分膨胀)的环

境下就失去了特有的胀缩特性。1995 年 9 月巴黎“国际膨胀土会议”决定更名为“国际非饱和土会议”,1998 年将在北京召开第二届会议。我们应以丰硕的研究成果迎接第二届“国际非饱和土会议”的召开。

收稿日期:1996-12-03