

湖北省襄荆高速公路与汉十高速公路 膨胀土膨胀特性的对比研究

徐辉¹, 杨志波¹, 王初生²

(1. 湖北省交通规划设计院, 湖北武汉 430051; 2. 中国地质大学工程学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 膨胀土的膨胀性是襄荆高速公路与汉十高速公路面临的重要工程地质问题, 通过 X 射线衍射分析和颗粒分析试验, 发现襄荆高速公路膨胀土体的蒙脱石和伊利石质量分数相对较高, 而石英、长石和绿泥石质量分数较低。两条高速公路的膨胀性为弱至中等, 但是粘土矿物质量分数的差异导致了襄荆高速公路比汉十高速公路膨胀土体的膨胀性要高; 汉十高速公路膨胀土在 50 kPa 压力下饱水后的压缩沉降量基本上大于其膨胀量。

关键词: 高速公路; 膨胀土; 工程特性; X 射线衍射分析; 颗粒分析。

中图分类号: TU443 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2001)04-0395-03

作者简介: 徐辉(1970—), 男, 工程师, 1992年毕业于中国地质大学(武汉)水文地质与工程地质专业, 现主要从事公路与桥梁岩土工程勘察、地基处理等方面的生产与研究工作。

襄荆高速公路及汉十高速公路是构成湖北省高速公路网的两条重要主干线, 也是湖北省“十五”重点交通基础设施建设项目, 它们的建成必将有力地推动湖北省经济建设的发展。鄂北岗地和江汉平原的西北边缘为湖北省膨胀土的两处集中分布区, 是汉十与襄荆高速公路必经之地, 因此膨胀土问题是两条高速公路必须解决的主要工程地质问题。本文在对两条高速公路膨胀土路段详细勘察的基础上, 通过其膨胀特性的对比分析, 进一步了解湖北省膨胀土两处集中分布区的膨胀特性。

1 工程地质条件概述

1.1 地层岩性及成因类型

襄荆高速公路膨胀土路段主要分布于襄樊至荆门一带, 其位于大洪山台褶束西南汉水流域西岸, 属于扬子准地台。膨胀土区地层出露类型简单, 第四系厚度较大, 主要表现为两种成因类型: 冲洪积与残坡积。冲洪积膨胀土为上更新统, 分布范围较广, 主要为富含铁锰质结核的棕红、棕褐色粘土及亚粘土组成, 局部见含砂砾石亚粘土及亚砂土。残坡积膨胀土

为中、上更新统, 主要为黄褐、棕黄色硬塑状粘土及亚粘土组成, 底部可见含泥角砾。

汉十高速公路膨胀土路段主要分布于襄樊至枣阳一带, 其位于大洪山台褶束北部, 属于秦岭褶皱系。膨胀土区第四系覆盖层较厚, 鲜有其他地层出露, 第四系主要也表现为两种成因类型: 冲洪积及残坡积。冲洪积膨胀土为上更新统, 主要由棕红、棕黄、棕褐色粘土及亚粘土组成, 含豆状铁锰质结核, 其粒径一般在 0.1~0.3 cm。残坡积膨胀土形成于中晚更新世, 主要以黄色、棕黄及褐黄色为主, 局部路段夹有灰白色、灰绿色次生粘土条带或薄膜, 少有豆状铁锰质结核。

1.2 地形地貌及物理地质现象

地形地貌的形成直接缘于区域地质构造的作用, 但膨胀土地貌的形成是由于在膨胀土堆积和发育过程中各种内外地质营力相互作用的结果。内力地质作用主要表现在膨胀土平原和盆地接受了邻近上升山地及其他地区剥蚀后的膨胀土物质的大量搬运和堆积, 形成了深厚的膨胀土地层; 外力地质作用主要是水的作用, 大气降雨、地表径流、河流与河谷流水、地下水等营力, 在膨胀土的特殊工程地质性质的影响下, 改造了其原始地貌, 形成膨胀土侵蚀地形和无数逶迤的丘岗与沟谷相间的地貌。

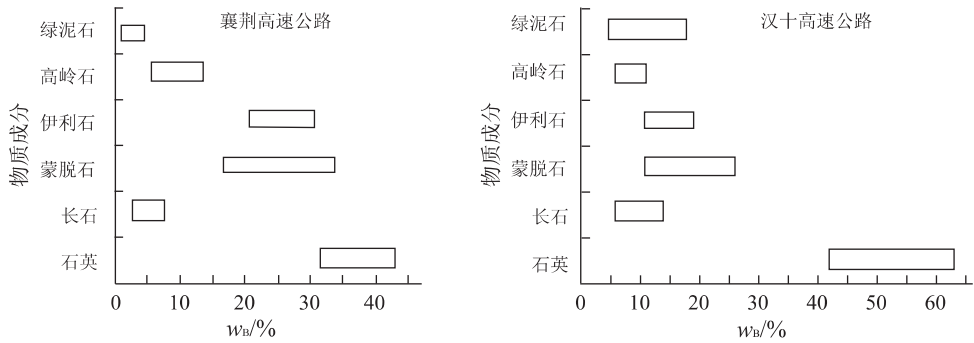


图 1 膨胀土物质成分分布

Fig. 1 Composition distributions of swell soil

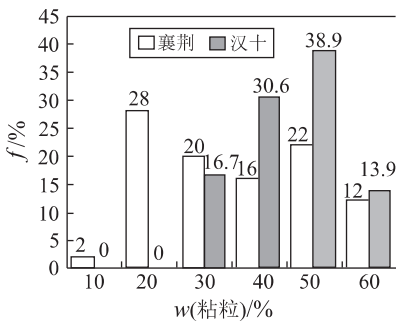


图 2 粘粒(<0.005 mm)的质量分数统计分布

Fig. 2 Statistical distribution of mass fractions of clay

襄荆高速公路膨胀土区位于汉江河谷平原西岸,形成北高南低,东西向以汉江为最低点两端逐步向汉江缓倾的凹形地势。膨胀土区主要表现为垄岗地貌形态,地面海拔高程一般在 70~105 m 之间变动,相对高差多为 5~10 m,自然边坡角一般为 20° 左右。岗丘与沟谷的展布范围较小,对下伏基岩具有明显的继承性,其走向呈近东西向展布。

汉十高速公路穿越南襄盆地的边缘地带,从襄樊至枣阳地势逐步升高。膨胀土区主要呈波状起伏的冲洪积垄岗地貌,剥蚀堆积地形,具典型的膨胀土地貌形态。岗丘走向以近南北向为主,相间排列,形成岗丘与沟谷相间组合的波状起伏,岗丘与沟谷的展布范围较长,高程一般在 110~150 m 之间,相对高差约 30 m,自然边坡角一般为 10°~20°。丘顶圆浑而平坦,在沟谷两侧的岸坡可以发现许多大小不等、形态各异的“鸡爪形”细沟与纹沟,沟形断面为浅 V 字型。

襄荆与汉十高速公路膨胀土区主要的物理地质现象为低层建筑物的地基变形引起的民用平房的开裂,以及边坡的溜滑、滑坡等变形。

2 物质成分及粘粒质量分数的对比

膨胀土的物质成分及粘粒的质量分数是其产生胀缩特性的内在因素。通过 X 射线衍射物相分析及颗粒分析试验,可知襄荆及汉十高速公路膨胀土的物质成分主要由石英、长石、蒙脱石、伊利石、高岭石及绿泥石组成,见图 1, 2。

图 1 表明,与襄荆高速公路膨胀土相比,汉十高速公路膨胀土中石英及长石的质量分数高,而粘土矿物蒙脱石及伊利石的质量分数较低。图 2 表明,汉十高速公路膨胀土中小于 0.005 mm 的粘粒占 83.4%,而襄荆高速公路膨胀土中小于 0.005 mm 的粘粒仅占 50%。由此反映出:汉十高速公路膨胀土物质来源较襄荆高速公路远,且经历了较长距离的搬运,以至于石英及长石的质量分数较高,并且粘粒所占比例大。

3 膨胀土膨胀特性对比

3.1 膨胀土胀缩指标统计

襄荆与汉十高速公路膨胀土胀缩指标见表 1。

(1)自由膨胀率 F_s 。从表 1 可知,襄荆高速公路粘性土具有弱膨胀潜势的指标占 61.7%,具有中等膨胀潜势的指标占 9.0%,具有强膨胀潜势的指标占 1.6%;而汉十高速公路具有弱膨胀潜势的指标占 67.8%,具有中等膨胀潜势的指标占 10.36%,具有强膨胀潜势的指标占 0.19%。这说明此两处的土体多数具弱膨胀潜势,但襄荆高速公路出现的强乃至超强膨胀潜势土体要多。

(2)在 50 kPa 压力下的膨胀率 V_{50} 。从表 1 可知,襄荆高速公路膨胀土 $V_{50} \leq 0$ 的指标占 28.7%,

表1 襄荆与汉十高速公路膨胀土缩限指标对比

Table 1 Index comparison of swell soil in Xiangjing and Hanshi highways

胀缩特性	指标	襄荆		汉十	
		比率/%	样本数	比率/%	样本数
$F_s/\%$	$F_s < 40$	27.6	507	21.5	538
	$40 \leq F_s < 65$	61.7		67.8	
	$65 \leq F_s < 90$				
	$F_s \geq 90$				
$V_{50}/\%$	$V_{50} \leq 0$	28.7	327	99.2	248
	$V_{50} > 0$	71.3		0.8	
p_e/kPa	$p_e \leq 30$	83.8	359	84.7	248
	$p_e > 30$	16.2		15.3	
ω_s	$\omega_s \leq 10$	29.2	137	28.6	245
	$10 < \omega_s \leq 12$	45.3		43.7	
	$\omega_s > 12$	25.5		27.7	

F_s , 自由膨胀率; V_{50} , 50 kPa 膨胀率; p_e , 膨胀力; ω_s , 缩限。

而 $V_{50} > 0$ 的指标占 71.3%; 汉十高速公路膨胀土 $V_{50} \leq 0$ 的指标占 99.2%。这说明: 汉十高速公路膨胀土在 50 kPa 压力下浸水饱和后的压缩下沉量基本上都大于其膨胀量, 一般不产生体积增大的现象而呈现压缩的特征, 由此可判断, 该处膨胀土体在遇较小附加压力作用下, 即使含水量增大, 也基本不显现膨胀作用的效果, 而襄荆高速公路膨胀土体在这一点上分异性则较大。

(3) 膨胀力 p_e 。从表 1 可知, 两处膨胀土体膨胀力 $p_e > 30$ kPa 的指标分别占 16.2% 及 15.3%, $p_e \leq 30$ kPa 的指标分别占 83.8% 及 84.7%, 基本上彼此接近。这说明两处土体在浸水条件下均具有膨

胀力, 但总体上膨胀力较小。另外襄荆高速公路膨胀土体膨胀力 $p_e > 30$ kPa 的指标分布中, 膨胀力 p_e 最大可达 110 kPa, 表现出土体的膨胀力指标变化大。

(4) 缩限 ω_s 。从表 1 可知, 两处膨胀土体缩限 $\omega_s \leq 10$ 的指标分别占 29.2% 及 28.6%, $10 < \omega_s \leq 12$ 的指标分别占 45.3% 及 43.7%, $\omega_s > 12$ 的指标分别占 25.5% 及 27.7%, 彼此基本相近, 且在此性质上具有一定的均一性。因两处膨胀土的天然含水量一般大于各自的缩限含水量, 故该两处土体在失水条件下均产生收缩变形, 且在试验后期, 土样多有干缩裂隙产生。

3.2 指标综述

襄荆高速公路膨胀土体物质来源于其西面的山体, 搬运距离较近, 其大粒径级含量较高, 与汉十高速公路膨胀土相比, 其矿物质成分中石英及长石含量相对较低, 蒙脱石及伊利石的含量相对较高, 致使其膨胀土体的自由膨胀率、膨胀力及在 50 kPa 压力下的膨胀率指标存在一定的分异性, 出现了具有较高的自由膨胀率、较高的膨胀力及较高的膨胀率的土体。而汉十高速公路膨胀土体处于南襄盆地, 其物质主要来源于其西北的山体, 搬运距离较远, 其粘粒的含量普遍较高, 矿物质成分中石英及长石的含量较襄荆高速公路膨胀土体高, 蒙脱石及伊利石的含量则相对较低, 膨胀土体的自由膨胀率, 膨胀力相对较稳定, 尤其在 50 kPa 压力下的膨胀率基本上表现为压缩下沉。

COMPARATIVE STUDY ON SWELL SOIL IN XIANGJING AND HANSHI HIGHWAYS

Xu Hui¹, Yang Zhibo¹, Wang Chusheng²

(1. Communication Layout & Design Academy of Hubei Province, Wuhan 430051, China; 2. Engineering Faculty, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Swell dilatibility is the main geological problem in Xiangjing and Hanshi highway project. By X-ray diffraction and grain analyses, higher contents of ascanite and illite were found in the former highway, but the content of quartz, feldspar and chlorite are found low. The swell dilatibility in the two highway sites were the same, low or middle level, but the difference in the content of clay minerals resulted in the higher swell dilatibility in Xiangjing highway site. Moreover, the sedimentation quantity in 50 kPa was larger than its dilatibility.

Key words: highway; swell soil; engineering character; X-ray diffraction analysis; grain analysis.