

三峡库区秭归县膨胀土研究

张加桂^{1,2}, 曲永新³, 余祖湛⁴

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质环境监测院, 北京 100081;
3. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 4. 湖北省秭归县国土资源局, 秭归 443600)

摘要: 秭归县膨胀土是继在三峡库区巫山县、奉节县和兴山县发现膨胀土之后发现的又一处膨胀土, 从而揭示了三峡库区膨胀土的地域性。秭归县膨胀土与三峡其他地方的膨胀土一样发育于特殊的地质环境内, 具有坡洪积成因和较均一土体结构。土的膨胀性主要取决于其中的蒙脱石, 测试表明有效蒙脱石含量达 18.67%, 以中等混层比的伊利石/蒙脱石(I/S)混层矿物形式存在。土具有高塑限、高液限和低抗剪强度。判别表明, 它达到了国内外膨胀土标准和界限。

关键词: 膨胀土; 工程性质; 秭归; 三峡库区

中图分类号: P642.13

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2008)01-0028-04

继在三峡库区巫山县、奉节县^[1]和兴山县^[2]发现了膨胀土以后, 最近在秭归县屈原镇砚包又发现了膨胀土。这就证实, 三峡库区膨胀土近至距三峡大坝仅 30km 的地方。由此不难看出, 三峡库区膨胀土不是局部现象, 而是一种地域性特殊土, 只因后期水流侵蚀导致其分布不连续。因此, 研究秭归县膨胀土具有重要意义。

1 膨胀土发育的地质环境及成因

1.1 地质环境

三峡库区属于北亚热带湿润季风气候区, 受地形影响, 气温较同纬度的长江中、下游偏高 2~4℃, 其气候特点是冬暖、春旱、夏热、秋雨, 湿度大、云雾多、日照少、风力小。秭归县膨胀土所在的砚包顶面高程在 250m 左右, 位于长江河谷较宽缓的斜坡地带(图 1)。这种气候和地貌环境有利于膨胀性粘土物质的形成和堆积, 江汉平原西缘和山前洪积平原上广泛发育的膨胀土与其相近。

在区域构造上^[3], 秭归县屈原镇砚包位于黄岭背斜西翼, 从东向西地层由老变新, 砚包分布着志留系龙马溪组(S₁l)黄绿色页岩夹砂岩, 产状 290°∠38°, 周围碳酸盐岩分布广泛, 下游方向的寒武系、奥陶系, 上游方向的石炭系、二叠系和三叠系均有碳酸盐岩建造, 碳酸盐岩的强烈风化留下的细粒残积物为膨胀土提供了

物源。

1.2 膨胀土的成因

对国内外大量的膨胀土研究^[4]表明, 地球表面浅表层的膨胀土主要分为两大类, 第一类为热带、亚热带残积粘土, 第二类为暖温带和南北亚热带沉积型高塑性粘土。三峡库区(包括秭归)膨胀土属于第二类, 与安康盆地、汉中盆地、鄂西北山前倾斜平原、南阳盆地和淮南地区分布的膨胀土相当, 为坡面流堆积(或河流相堆积^[5]), 现论证如下。

砚包的西侧和南侧是龙马溪, 三面临水, 膨胀土的物源只可能是东侧的屈原镇后山寒武系、奥陶系灰岩和志留系页岩夹砂岩分布区, 其中主要是灰岩分布区, 主要是灰岩风化后的残积物经水流搬运在砚包沉积成为膨胀土。在砚包西侧库岸边还发育有第四系洪积砾石层, 它与膨胀土同源, 被膨胀土覆盖。可见膨胀土为坡洪积成因。膨胀土的分布高程相当于巫山县新城第四级地貌的高程, 根据区域地貌对比, 膨胀土的形成时代相当于中更新世。

三峡库区膨胀土的物质来源和成因具有相似性。在巫山, 膨胀土主要来源于三叠系嘉陵江组(T₃j)灰岩和巴东组(T₂b)泥灰岩风化后的残积物, 具有坡洪积成因^[1]; 在兴山, 膨胀土主要来源于奥陶系灰岩、灰岩夹页岩风化后的残积物, 经短距离搬运而形成^[2], 亦即坡洪积物。因此, 三峡库区海相和泻湖相细粒沉积岩的风化残积物是膨胀土的主要物质来源, 而粗粒结构的碎屑岩难于风化形成膨胀土。

2 膨胀土的结构与成分

2.1 结构

收稿日期: 2007-05-08; 修订日期: 2007-05-21

作者简介: 张加桂(1962-), 男, 博士, 研究员, 从事构造和地质灾害研究。

E-mail: jiagui62@sina.com

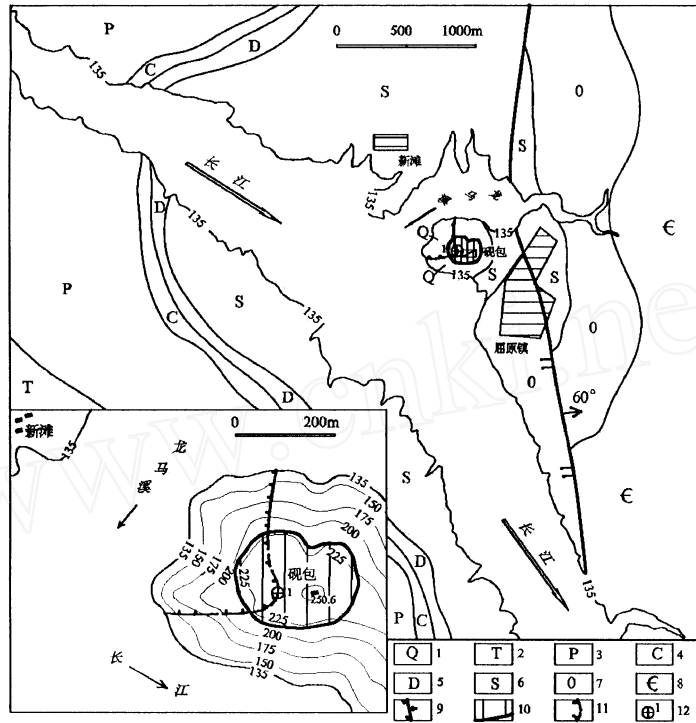


图1 三峡库区秭归县屈原镇砚包及周围地区地质图

Fig.1 Geological sketch map of Yanbao and the adjacent area, Qu Yuan town of Zigui County, the Three Gorges Reservoir region

1—第四系;2—三叠系;3—二叠系;4—石炭系;5—泥盆系;6—志留系;7—奥陶系;8—寒武系;9—逆断层;10—膨胀土分布区;11—崩滑体边界;12—取样点及编号

膨胀土特殊的形成条件决定其特殊的结构。

砚包顶部的膨胀土面积约0.05km²,厚处大于7m,从东向西厚度增加,只是在西部边缘地带由于地表剥蚀作用厚度变薄。从宏观结构看,膨胀土中、上部结构较均一,中密,有少量裂隙发育;向深部有灰岩等成分的次棱状角砾混入,角砾粒径以10~20cm为多,再向深部便过渡为洪积相浅灰色砾石层。

在砚包西南角滑坡后壁距离顶面1.3m的高度取膨胀土样(图2),根据室内分析,膨胀土颗粒较细,绝大部分粒度在0.25mm以下,小于2μm的粘粒占38.96%(表1)。

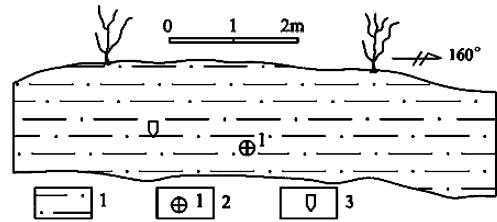


图2 三峡库区秭归县膨胀土取样剖面图

Fig.2 Section of expansive soil sample in Zigui County, the Three Gorges Reservoir region

1—膨胀土;2—取样点及编号;3—滑坡变形测桩

表1 三峡库区秭归县屈原镇砚包膨胀土工程地质性质测试结果

Table 1 Test results of the engineering geological features of the expansive soil in Yanbao, Qu Yuan town of Zigui County, the Three Gorges Reservoir region

颗粒组成(mm, %)				抗剪强度				<0.9mm 泥质物的性质及成分				
>0.25	0.25 ~ 0.075 ~	0.075	<0.005 <0.002	残余摩擦角	液限 W _L	塑限 W _P	塑性指数 I _P	CaCO ₃	蒙脱石	比表面积 B	自由膨胀率	活性 A
				φ (°)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(m ² /g)	α (%)	
0.10	2.37	56.82	40.72 38.96	13.6	46.74	21.90	24.84	1.54	18.67	138.31	56	0.64

注: φ 的来源系根据文献[6]中的公式 F_r = 1/(5.313 - 162.04/B) 算得 F_r - 残余摩擦系数, 然后换算出 φ

2.2 物质成分

膨胀土特殊的工程性质取决于其特殊的物质组

成,特别是膨胀性粘土矿物。

测得膨胀土中0.9mm以下泥质物的CaCO₃含量

较低,说明灰岩风化较彻底。由于蒙脱石对次甲基蓝有机染料有选择吸附作用,通过此原理测得有效蒙脱石含量为 18.67%。对样品中小于 2μm 粒组进行提纯和处理,制成提纯样(W4151N)、提纯样品乙二醇处理样(W4151E)和 550 加热处理样(W4151T)进行精细 X-射线衍射分析(图 3)和定量计算(表 2),结果表明,主要膨胀性粘土矿物为中等混层比的伊利石/蒙脱石(I/S)混层矿物,含量与次甲基蓝法和比表面积法的结果相一致。

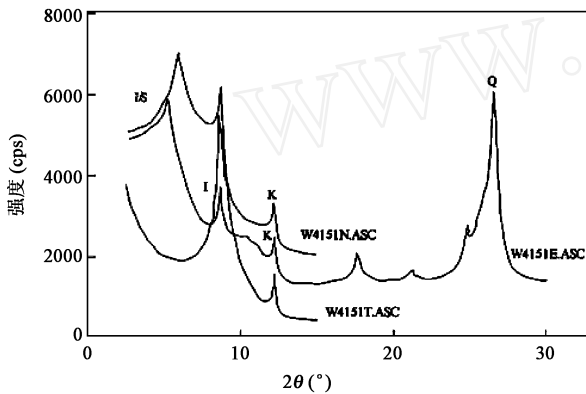


图 3 秭归县膨胀土 X-射线衍射定量分析曲线图

Fig.3 Curves of XRD quantity analyses of the expansive soil in Zigui County

I/S—伊利石/蒙脱石混层粘土矿物;I—伊利石;K—高岭石;Q—石英

表 2 秭归县屈原镇砚包膨胀土中粘土矿物 X-射线衍射定量测试结果

Table 2 Test results of the contents of clay minerals by XRD of expansive soil of Yanbao in Qu Yuan town, Zigui County

粘土矿物相对含量 (%)		I/S 混层比 (% S)	粘土矿物绝对含量 (%)			
I/S	I		K	I/S	I	K
90	4	6	55	35.06	1.56	2.34

注:混合比系蒙脱石占混层矿物的百分比。绝对含量是相对含量与 < 2μm 的粘粒含量(38.96%)相乘的结果。

3 膨胀土膨胀势的判别

采用我国膨胀土判别标准^[7](自由膨胀率(e_f): $e_f < 65$ 为弱膨胀土, $65 < e_f < 90$ 为中等膨胀土, $e_f > 90$ 为强膨胀土),秭归县膨胀土的自由膨胀率(e_f)为 56%,属于弱膨胀土,与巫山县膨胀土的膨胀性($e_f = 53\% \sim 58\%$)相近^[1],比兴山县膨胀土的膨胀性($e_f = 65\% \sim 76\%$)弱^[2]。按照“根据天然干土中有效蒙脱石含量进行粘土膨胀势分级”方案(10%~15%为弱膨胀土,15%~25%为中等膨胀土,大于 25%为强膨胀

土)^[4],秭归县膨胀土属中等膨胀土。研究表明^[5],我国各地的膨胀土中 < 2μm 的粘粒含量介于 24.3%~67%,平均为 40.74%,秭归县膨胀土的粘粒含量略低于平均值;膨胀土的液限(W_L)介于 40.2%~90%,平均为 55.85%,秭归县膨胀土的液限(W_L)低于平均值 9%左右,但比下限高;塑性指数(I_p)介于 13%~46%,平均为 22.63%,秭归县膨胀土的塑性指数(I_p)略高于平均值。按照上世纪 80 年代以来国外流行的 Williams (1980)粘土膨胀势判别图法^[8-10],将三个地方膨胀土的有关指标投图进行比较,其中兴山县古夫镇王家岭膨胀土小于 2μm 的粘粒含量为 30.3%,即 29%~31.6%的平均值,兴山县古夫镇张家坝膨胀土小于 2μm 的粘粒含量为 39.8%,即 37.1%~42.5%的平均值^[2],结果表明,秭归县膨胀土为强膨胀势粘土,膨胀性介于巫山中强膨胀势粘土与兴山极强膨胀势粘土之间(图 4)。

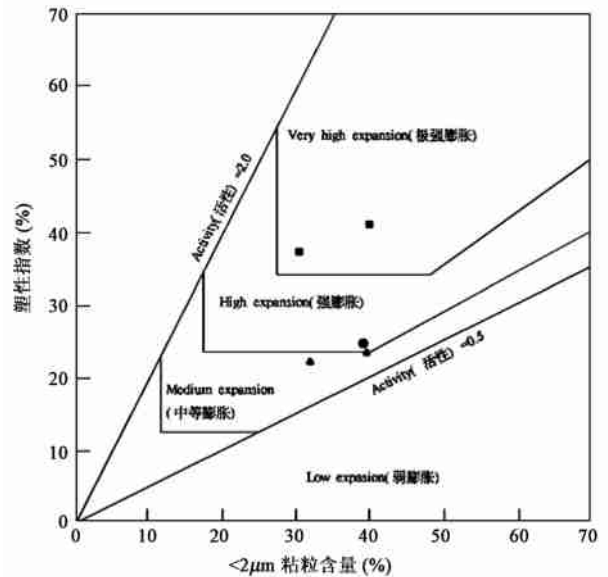


图 4 三峡库区膨胀土在 Williams 粘土膨胀势分段图中的位置

Fig.4 Results of test on the expansive soils in the Three Gorges Reservoir region plotted on Williams chart

—秭归膨胀土; —巫山膨胀土; —兴山膨胀土

因此,秭归县膨胀土的有关指标均达到了膨胀土的标准或界限。

4 结论

(1) 三峡库区秭归县膨胀土的发现揭示了三峡库区膨胀土的地域性,对总结三峡库区膨胀土的分布规律性具有重要的意义。

(2) 秭归县膨胀土与巫山膨胀土和兴山膨胀土具

有类似的成因,形成时代是中更新世的间冰期,间冰期碳酸盐岩的化学风化提供了斜坡带上膨胀土的物质来源。

(3) 秭归县膨胀土的有效蒙脱石含量达 18.67%,蒙脱石以中等混层比的伊利石/蒙脱石(I/S)混层矿物形式存在。膨胀土具有高塑限、高液限和低抗剪强度。

(4) 秭归县膨胀土达到了国内外膨胀土标准和界限,根据国内标准它为弱膨胀土,根据国外 Williams 判别图它为强膨胀土,介于巫山中强膨胀势粘土与兴山极强膨胀势粘土之间。

参考文献:

- [1] 张加桂,曲永新.三峡库区膨胀土的发现和研究[J].岩土工程学报,2001,23(6):724-727.
- [2] 胡雁.长江三峡库区兴山县新址古夫地区膨胀土研究[J].水文地质工程地质,2002,29(5):22-25.
- [3] 湖北省地质局,北京地质学院.湖北省地质图(巴东幅 49-H-1:20万)[R].武汉:湖北省地质局,1965.
- [4] 曲永新,张永双,杨俊峰,等.中国膨胀性岩、土一体

化工程地质分类理论与实践[C]//中国工程地质五十年.北京:地震出版社,2000:140-164.

- [5] 《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,1992:497-499.
- [6] 李青云,王幼麟.泥化夹层错动带残余强度与比表面积的相关性研究[C]//第二届全国岩石力学与工程学术会议论文集.北京:知识出版社,1989:319-326.
- [7] 中华人民共和国城乡建设环境保护部.GBJ112-87,膨胀土地区建筑技术规范[S].北京:中国计划出版社,1989:5.
- [8] Van Der Merwe D H. The prediction of heave from the plasticity index and the percentage clay fraction of soils[J]. The Civil Engineering. S Afr Inst Civ Engrs, 1964, 6: 103-131.
- [9] Williams A A B, Donaldson G. Building on expansive soils in south Africa[C]//Proc 4th int conf Expansive Soils Denver 2. 1980: 834-838.
- [10] Myslinska E. Accuracy of expansion charts-the influence of interstitial water chemistry[J]. Bull Eng Geol Env, 1999, 57: 263-265.

Research on the expansive soil in Zigui County, the Three Gorges Reservoir region

ZHANG Jia-gui^{1,2}, QU Yong-xin³, YU Zi-zhan⁴

(1. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China;

2. China Institute of Geo Environmental Monitoring, Beijing 100081, China;

3. Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China;

4. Zigui County Bureau of Land and Resources, Hubei Province, Zigui 443600, China)

Abstract: The expansive soil in Zigui County is another discovery in the Three Gorges Reservoir region after the discovery of expansive soil in Wushan County, Fengjie County and Xingshan County, which discloses the locality feature of the expansive soils. The expansive soil, the same as the others in the Three Gorges Reservoir region, develops in the special geo-environment and with the Diluvial-to-Pluvial genesis and relatively uniform structure. The expansive property is mainly determined by the montmorillonite in it, whose content is about 18.67% by test and exhibiting in the form of mixed-layer mineral illite/ montmorillonite (I/S) with middle mixed-layer ratio. The soil has high plastic limit, high liquid limit and low anti-shearing intensity, and reaches the national and international standards and limits on expansive soil.

Key words: expansive soil; engineering property; Zigui County; the Three Gorges Reservoir region

责任编辑:张明霞