第 18 卷　第 6 期　岩 土 工 程 技 术　Vol. 18 No. 6
2004 年　12 月　Geotechnical Engineering Technique　Dec , 2004

文章编号:1007-2993(2004)06-0311-04

吉林敦化地区草炭土的工程性质

赵　华[1]　佴　磊[1]　梁　兵[2]

(1. 吉林大学建设工程学院,吉林长春 130026;　2. 中航勘察设计研究院,北京 100086)

【摘　要】 我国广泛分布着一种褐黑色、结构松软、高含水量、高压缩性、高有机质含量,抗剪强度高于一般淤泥软土的一种工程地质性质特殊的草炭土。选取吉林敦化地区的草炭土,通过野外调查,分析了草炭土形成的地形地貌特征及野外特征;通过室内物理、力学、化学试验研究,对草炭土的成分结构、物理力学、化学性质、地层形成年代等进行了系统分析。

【关键词】 吉林敦化;草炭土;工程地质性质

【中图分类号】 P 642.13

Geotechnical Character of Turfy soil in Dunhua Area, Jilin Province

Zhao Hua[1]　Nai Lei[1]　Liang Bing[2]

(1. College of Consruction Engineering, Jilin University Jilin Changchun 130026;

2. Investigation and design Institute of Avigation industry, China, Beijing 100086 China)

【Abstract】 Turfy soil abounds in our country, which has some characteristies, such as black - brown, swampy structured, high moisture content, high organic content, high compressibility and shear strength higher than common soft soils. This soil's chanacteristics are systematically analyzed through field investigation and laboratory tests, including its site characters, components framework, physical mechanical properties, stratums forming ages and etc.

【Key Words】 Jilin Dunhua; turfy soil; geotechnical character

0　引　言

吉林省敦化地区系指以敦化为中心的山间盆地,由敦化、大石头、沙河、额穆及官地等五个小盆地组成,区内广泛分布一种工程地质性质特殊的草炭土。吉林省东部高等级公路的建设不可避免地要穿过湿地沼泽草炭土这种特殊路基,为了全面掌握这种土特殊的工程地质性质,在江密峰—延吉一级公路沿线选择典型剖面,采用野外调查与室内试验相结合的方法,对其进行了综合性分析对比。

1　研究区域概况

1.1　地形地貌

敦化盆地位于张广才岭—威虎岭与哈尔巴—牡丹岭之间,由敦化、大石头、沙河、额穆及官地等五个小盆地组成,属于温带大陆性季风气候,牡丹江流经此区,草炭土发育广泛而集中,其中大石头镇分布最广。取样地点主要位于敦化市区以南大石头镇,为沟谷洼地型微地形地貌。

1.2　剖面地层情况

0.0～0.4 m 表层草炭土:浅褐色,饱水,松软,用手握团时不能从指缝挤出,无塑性,具明显弹性,挤压出的孔隙水基本澄清,分解度 15 %～20 %,层位顶部可见活的草根。

0.4～0.9 m 中层草炭土:褐色,饱水,用手握团时较难从指缝挤出,弱塑性,挤压出的孔隙水略呈褐色,分解度 20 %～25 %,呈团块状。

0.9～1.1 m 下层草炭土:褐色,饱水,用手握团时较难从指缝挤出,具塑性,手感细腻,弹性差,挤压出的孔隙水呈深褐色,分解程度 25 %～30 %,团块状。

1.1 m 以下为粉质粘土,土黄色,可塑状。

2　物理性质和矿化成分

2.1　物理性质

草炭土的基本物理性质指标见表 1。

1) 含水量:自上而下随着有机质分解度增大而降低,上部分解程度低,未完全分解的植物残体含量高,容易形成大的孔隙,为孔隙水的赋存提供了良好条件。另外,未完全分解植物残体也不同程度吸收了水分;反之,下部分解程度高于上部,含水量相应降低。

基金项目:吉林省交通厅 2003 科研资助项目(2003 - 1 - 12)

作者简介:赵　华,1977 年生,汉族,陕西铜川人,吉林大学在读硕士研究生,主要从事软土方面研究。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 草炭土物理性质指标平均值

层位	含水量 w/ %	土粒密度 ρ_s/ (g·cm^{-3})	天然密度 ρ_0/ (g·cm^{-3})	干密度 ρ_d/ (g·cm^{-3})	饱和度 Sr/ %	孔隙比 e
表层	228.25	1.75	1.07	0.33	0.74	4.37
中层	208.67	1.65	1.12	0.36	0.76	3.55
下层	142.67	1.92	1.27	0.52	0.75	2.67

2) 天然密度与干密度:自上而下逐渐增大,草炭土自上而下所含未腐烂的植物纤维逐渐减少,有机质分解度增大,土颗粒逐渐变细,级配及手摸滑腻感明显底部优于上部。

3) 孔隙比:有机质分解度随深度增大,未完全分解的植物残体含量减少,土体中的大孔隙减少,孔隙比降低;另外,已分解的有机质和土中矿物形成复合胶体填充大孔隙中,也会降低孔隙比。

总之,草炭土的有机质含量、分解度是决定物理性质的控制性因素。

2.2 物质成分特征

2.2.1 物质组成

草炭土主要由有机质和矿物成分组成。草炭土有机成分的原始物质是死亡后的水生、湿生草本植物的根、茎、叶、果实和种子等,它们由碳水化合物(包括纤维素、平纤维素、果胶等)、木质素、蛋白质、脂类化合物(包括脂肪、蜡质、树脂、角质、木栓质、孢粉质等)4 类有机化合物组成。在一定的气候、环境下,植物遗体被氧化分解成三种形态:未分解的有机质、部分分解的有机质和腐殖质。[1]

2.2.2 化学分析

草炭土主要元素包括 C、H、O、S、N、P、K、Ca、Mg、Fe 和 Na 等,其测定按 GB 476—91 及 GB 214—83 中的方法进行。其主要化学成分见表 2。

表 2 主要元素平均质量分数表 %

w(C)	w(H)	w(O)	w(S)	w(N)	w(P)	w(K)	w(Ca)	w(Mg)	w(Fe)	w(Na)
62.72	1.30	32.59	0.18	2.42	0.81	0.05	0.49	0.13	0.16	0.15

2.2.3 无机矿物分析

利用 X 射线衍射分析可知草炭土中含有伊利石/蒙脱混层、伊利石、绿泥石、高岭石、石英、碱性长石、斜长石、沸石和方英石等矿物,其中以石英含量最高,绿泥石含量最低。伊利/蒙脱混层、碱性长石和斜长石这三种矿物含量随埋深增大而增大,而其余矿物含量随埋深增大而减小[2]。

2.3 有机质含量及酸碱度测定

草炭土中含有大量的有机质,有机质是由未完全分解的植物残体和腐殖质组成。有机质组分以腐殖酸为主,其次是泥炭沥青 A、半纤维素、纤维素和木质素等。

本次采用了烧失量试验和化学的方法测定剖面不同层位的有机质及挥发性物质含量;采用电测法测定草炭土的 pH 值,测定结果见表 3。

表 3 有机质含量及酸碱度

层位	烧失量 / %	有机质测定 / %	pH 值
表层	57.58	51.08	5.44
中层	62.02	50.49	5.20
下层	43.77	24.64	4.84

由测定结果可以看出草炭土呈弱酸性,并随着深度的加深 pH 值降低,这是因为底部草炭分解程度高,腐殖酸含量高并能良好的储存,而表层的腐殖酸含量低且易于挥发。

从表 2 中可以看出,化学方法测得的有机质含量低于烧失量测得的结果,这是因为化学方法难以测出未分解的植物残体的有机质含量。

3 力学性质

3.1 抗剪强度

细粒土颗粒细小,含较多亲水矿物,粒间主要由结合水连结和胶结连结,抗剪强度主要决定于粒间连结强度;粗粒土一般无连结,颗粒粗大,抗剪强度主要决定于内摩擦力,包括粒间相对滑动的阻力、滚动阻力和土粒间咬合力[3]。草炭土同时具有粗粒土和细粒土的两种特性,即良好的内聚力和内摩擦力。

本次采用固结快剪和快剪试验测定草炭土的抗剪强度,测定成果见表 3。

由测得的结果可以看出:

1) 草炭土的 c 值较一般细粒土小,较粗粒土大;φ 值较一般细粒土大,较粗粒土小。

2) 无论是固结快剪还是快剪,粘聚力都随着深度加深有增大的趋势。这是因为草炭土的粘聚力主要是由有机质胶体胶结及粘粒间的胶结作用引起;另外,未完全分解的植物残体交织在剪切过程中造成牵拉,形成一种“似粘聚力”。在草炭土的粘聚力中,有机质的胶结和未完全分解的植物残体的作用比粘粒更重要,有机质是通过腐殖质的作用来实现。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

随着深度的加深,分解度增大,未完全分解植物残体含量减少,腐殖质含量增大,粘聚力相应增大[4]。

表3　抗剪强度指标平均值表

层位	快剪		固结快剪	
	粘聚力 c_u/ kPa	内摩擦角 Φ_u/ (°)	粘聚力 c_{cu}/ kPa	内摩擦角 Φ_{cu}/ (°)
表层	12	17	14	25
中层	14	15	17	24
下层	16	14	19	23

3) 固结快剪和快剪的 φ 值随着深度加深有减小趋势。这是随着深度加大分解度增大,腐殖质含量增大,未完全分解植物残体较少,草炭土"土粒"整体变细,咬合能力降低,φ 值减小。

4) 同一深度草炭土的固结快剪指标比快剪指标都有明显的增长,对于草炭土这种大孔隙、高含水量、水平渗透和垂直渗透性均较强的软土,利用排水固结加固地基的方法不失为一种良好的加固措施。

5) 剪切试验过程中发现:草炭土的剪应力随着剪切位移的增大逐渐增大,属加工硬化型土。由于草炭土天然孔隙比较大、分解程度低、未完全分解的植物残体含量高,经多组剪切试验发现选取剪切位移达到6 mm左右对应的剪应力作为各级压力下的剪切强度较为合理。

3.2　压缩性

剖面三个层位草炭土的压缩系数中层较大,表层和下层较接近,分别为表层 $a_{1-2}=3.2\ \mathrm{MPa}^{-1}$,中层 $a_{1-2}=5.4\ \mathrm{MPa}^{-1}$,下层 $a_{1-2}=3.1\ \mathrm{MPa}^{-1}$,均属高压缩性土。

草炭土的压缩系数远高于一般的软土及典型的泥炭,主要由高有机质含量低分解度引起。有机质含量越高压缩性越大。

4　水理性质

该剖面共取六组试样分别测得在100 kPa压力下固结稳定后的水平与垂直向渗透系数:表层垂直渗透系数 $k=1.5\times10^{-4}$ cm/ s,水平向 $k=5.2\times10^{-4}$ cm/ s;中层垂直渗透系数 $k=3.5\times10^{-5}$ cm/ s,水平向 $k=5.0\times10^{-4}$ cm/ s;下层垂直渗透系数 $k=3.2\times10^{-5}$ cm/ s,水平向 $k=3.5\times10^{-5}$ cm/ s。

草炭土属中低渗透性土。草炭土低分解有机质的定向或半定向分布使得水平向渗透能力优于垂直向。表层和中层渗透性较接近,说明表层与中层未完全分解的植物残体含量较相差很小;底层分解稍好,垂向渗透系数与水平向较为接近。

5　结构特征和地层年代

5.1　结构特征

考虑到草炭土未完全分解的植物根系含量较高,采用扫描电镜观察微观结构难度较大,本次采用高倍实体显微镜观察细观结构。(见图1)

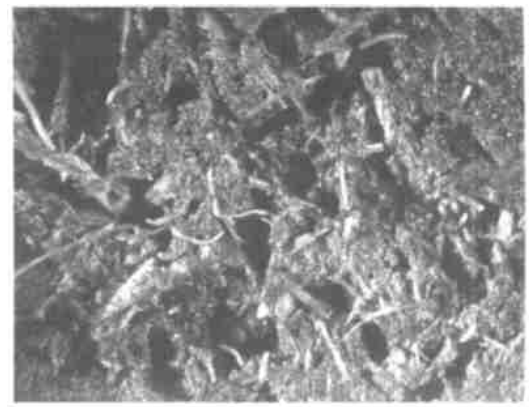


图1　草炭土显微镜照片

1) 土体的基本单元是由未完全分解的植物残体组成格架,腐殖质和矿物胶体充填格架之间。由于草炭土中低分解度,多数格架都处于未填充状态,形成架空结构。

2) 未完全分解的植物残体以纤维素、半纤维素以边-边、边-面、面-面方式组成空间格架。

3) 腐殖质胶体与矿物胶体呈微小的球粒状,粒间以面-角、面-面方式形成粗大的球状集粒,球状集粒以半定向或不定向形成团聚体、微团聚体填充格架大孔隙中。

4) 显微镜下观察,不难发现,草炭土中存在大量孔隙。按孔隙大小和存在型式可将孔隙分为:①微团聚体、团聚体、有机质内微孔隙;②架空的大孔隙,有时肉眼即可观察到;③未完全分解的植物残体内部的孔隙。

5) 孔隙之间连通性好,颗粒间为结合水和腐殖质胶结;未完全分解的植物残体间以水膜连结形成大孔隙格架。

草炭土特殊的架空结构使得天然孔隙比大,天然重度小,渗透性强,压缩性高;结构内部水膜、腐殖质和矿物联结弱决定了其较差的工程地质特性。

5.2　地层年代

草炭土的形成受到区域性气候、环境、地质作用的影响,根据敦化地区大桥镇草炭土的 C^{14} 年龄大致推测采样点的草炭土形成于5 000～6 000年前的第四系全新统[5]。

6　定名问题

按灼烧法测定草炭土三个层位的试样在950 ℃

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

烧失量平均值分别为:表层 57.58 %,中层62.02 %,下层 43.77 %,可定为泥炭或泥炭质土。但这种特殊土与典型泥炭或泥炭质土的工程性质有显著差异,如此定名忽视了其特殊性。

在土体内部存在特殊的架空结构,宏观上表现出比典型泥炭更高的压缩性和渗透性;中低分解度及未完全分解的草本植物残体含量高表现出了比典型泥炭高出很多的 φ 值;高含炭量表现出了较深的颜色及高烧失量。

综上所述,笔者认为,用纤维状泥炭或草炭来描述这种土较合适。"纤维状或草"反映出未完全分解草本植物残体含量高这一特点,又间接表现出特有的架空结构;"炭"反映含炭量高的特点;纤维状泥炭或草炭的定名抓住了此类土的主要特点,但用草炭这一名称更加形象通俗、方便实用。

7 结 论

1) 草炭土的有机质含量、分解度是决定其物理、力学、水理性质的控制性因素。

2) 高有机质含量、中低分解度草炭土形成特殊的架空结构,进而表现出天然孔隙比大、天然重度小、渗透性强、压缩性高、抗剪强度高于一般淤泥软土的特性。

3) 草炭土因其特殊的工程性质既不同于典型泥炭又不同于一般淤泥软土,工程建设中应予重视。

4) 预压排水固结法为草炭土地基一种既经济又有效的地基加固措施。

5) 用草炭土这一名称给这类土定名既抓住了此类土的主要特点,又形象生动、方便实用。

参 考 文 献

1 赵红艳,等. 敦化泥炭矿物质组成的研究. 东北师范大学学报(自然科学版),2002,34(3):77～80

2 钱家欢,殷宗泽. 土工原理与计算(第二版). 北京:中国水利水电出版社,1996. 1～29;259～290

3 唐大雄,等. 工程岩土学. 北京:地质出版社,1999. 78～89;111～119

4 蒋忠信. 滇池泥炭土. 成都:西南交通大学出版社,1994. 32～55

5 赵红艳,等. 敦化大桥泥炭有机质及其组分研究. 吉林农业大学学报,2002,24(3):65～67

收稿日期:2004-07-26

(上接第 310 页)

参 考 文 献

1 Ishihara K, Kawase Y, Nakajima M. Liquefaction characteristic of sand deposits at an oil tank site during the 1978 Miyagiken - oki Earthquake. Soils and Foundations,1980,20(2):97～111

2 Mitchell J K,Baxter C D P,Munson T C. Performance of improved groud during earthquakes. Soil Improvement for Earthquake Hazard Mitigation, ASCE Geotechmical Special Publication,1995. 1～36

3 何广讷. 振冲碎石桩复合地基. 北京:人民交通出版社,2001

4 Baez J I, Martin G R. Quantitative evaluation of stone column technique for earthquake liquefaction mitigation [A]. Proc. of 10th World Conference on Earthquake Engineering. Balkema,Rotterdam,1992. 1477～1483

5 Madhav M R, Arlekar J N. Dilation of granular piles in mitigating liquefaction of sand deposits[A]. Proc. of 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland, New Zealand,2000. 1035

6 郑建国. 碎石桩复合地基液化判别方法的探讨. 工程勘察,1999(2):5～7

7 邱 钰,刘松玉,黄 卫. 沉管干振碎石桩对土层振动效应的试验研究. 中国公路学报,2001,14(4):33～36

8 林本海,谢定义. 复合地基的液化检验理论及其应用. 北京:中国水利水电出版社,1999

9 Skempton A W. Standard penetration and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size,ageing and overconsolidation. Geotechnique,1986,36(3):425～447

10 王士杰,张吉占,杨路华. 标贯 N 值的归一化及与相对密度的关系. 工程勘察,1998(2):17～21

11 章连洋,杜 坚,祝龙根. 抗液化振冲挤密桩间距的实用计算。勘察科学技术,1993(1):16～20

12 王士杰,张吉占,张 梅. 碎石桩的抗液化设计. 勘察科学技术,1998(1):8～13

13 柳堀義彦,落合真,等. 瀬诚水门置换砂の液化预测と对策. 土と基础,1975,23(6):11～16

收稿日期:2004-07-01

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net