

安徽省江淮地区膨胀土的工程性质研究*

Study on engineering properties of expansive soil in Yangtze-Huaihe region of Anhui province

王国强

(合肥工业大学资源与环境科学系, 230009)

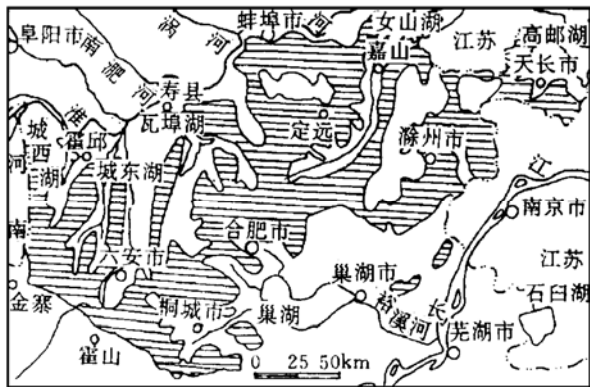
中图法分类号 TU 443

作者简介 王国强,男,1952年生,副教授,合肥工业大学资源与环境科学系岩土工程教研室主任。主要从事岩土工程方面的教学和研究。

1 膨胀土的分布及主要工程问题*

合肥市是我国膨胀土覆盖的典型地区之一。70年代以来对合肥膨胀土做了大量的科学研究工作。笔者根据多年的工程实践并综合前人的研究资料,对我省江淮地区的膨胀土的分布、野外特征及主要工程性质进行研究。

安徽省江淮之间,东至天长市,西到霍邱县的广大地区的二级及二级以上阶地或岗地上广泛分布着具裂隙、胀缩性和超固结性的硬塑至坚硬状态的晚更新世冲洪积粘土(图1)。



图中阴影部分为膨胀土覆盖区

图1 安徽省江淮地区膨胀土的分布

Fig. 1 Distribution of expansive soil in Yangtze-Huaihe region, Anhui province

本区属亚热带湿润季风气候,一年中的降水量呈季节性分配。如合肥市年降水量 933mm,其中春夏季降水 677mm,占全年降水量的 68.1%。由于雨季与旱季以及气温、季风的变化而产生地基土含水量的变化,由此引起的胀缩作用造成土体运动。膨胀土覆盖区往往是“雨时流不歇,天旱开大裂”。地下水埋深一般都大于 5~10m。野外观察表明,最大的季节温度变化在 0.5~1.5m 以内。长观资料说明本区膨胀土变形活动带深度约为 3.0m^[1]。其中变形活动急剧带为 1.50m,

其变形量达总变形量的 85.3%。在周期性、长期的胀缩作用下,常引起轻型建筑物、挡土结构、公路路基的变形、开裂或边坡滑移。确定膨胀土影响深度的实际意义在于可根据场地条件、选择合适的建筑物基础埋深,消除膨胀土地基对建筑物的危害。在公路路基膨胀土填料处理中,目前常用施加不同配比的稳定剂(4%~8%生石灰)和冲稀材料(粉煤灰或砂砾石)进行改性处理^[2]。如合肥地区的道路建设采用上述研究成果,取得显著的经济、社会效益。此外,须注意在长期作用下,膨胀性可出现在深于活动带的粘土中。如皖西淠史杭灌区,由于切岭开挖渠道而造成膨胀土卸荷、连续暴露在空气中,这种超固结粘土产生不可逆的膨胀现象,以及季节性的湿润-干燥作用,使粘土的抗剪强度衰减到渠道工程边界周围的剪应力值时,造成渠道边坡失稳。

2 膨胀土的主要特征

2.1 外貌特性

据钻孔揭露和野外观察,区内膨胀土可分为两层。上层为褐黄色粘土,厚度 1.5~3.0m,岗地土厚度大,斜坡上厚度薄,甚至缺失。硬塑-坚硬状态,含直径 1~3mm 的球状铁锰结核,露头剖面上可见夹有厚度 2~10cm 的水平层状淋滤铁锰富集层。裂隙发育,裂隙一般无充填或被淋滤铁锰质浸染;下层为灰黄色粘土,呈硬塑-坚硬状态,近垂直或水平的两组裂隙发育,如庐江张王庙窑厂采坑剖面观察到两组近正交裂隙将土体切割成矩形或方块状,裂隙面被次生青灰色粘土充填。土体表面呈青灰色或青灰色条带。裂隙面极光滑,油腻状,具腊状光泽。切开粘土表面充填物,内层仍显灰黄色。裂隙多呈闭合状,当其随卸荷及松动而

* 到稿日期:1998-03-14.

表 1 膨胀土的成份
Table 1 Composition of expansive soil

土 类	成 分								矿物成分			粒度成分		地区
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	NaO	SiO ₂ /R ₂ O ₃	蒙脱石 (%)	伊利石 (%)	高岭石 (%)	粘粒 (%)	粉粒 (%)	
褐黄色粘土	45.4	26.5	10.8	0.12	1.9	2.2	0.69	2.30	40	45	15	40~45	25~38	合肥
褐黄色粘土	46.9	26.0	10.8	0.16	2.2	2.2	0.60	2.36	41	44	15	35~42	25~40	六安
灰黄色粘土	45.9	26.3	10.9	0.23	1.8	2.2	0.55	2.30	42	48	10	43~49	24~36	合肥
灰黄色粘土	47.4	27.0	10.0	0.16	1.8	2.1	0.56	2.47	42	47	11	38~46	22~41	六安

表 2 膨胀土的特性指标
Table 2 Property of expansive soil

地区	液限 w_L (%)	塑限 w_p (%)	塑性指数 I_p	孔隙比 e	天然含水量 w (%)	自由膨胀率 δ_{ef} (%)	膨胀率 δ_{ep} (%)	膨胀力 P_e (kPa)	线缩率 δ_z (%)
合肥	40~50	20~60	20~30	0.6~0.7	20.28	44~76	1~4	20~100	3~6
肥西	41~54	19~25	22~27	0.6~0.75	21~27	50~89	2~4	25.2~125	2.5~2.7
六安	44~54	22~25	22~29	0.70~0.72	23~25.0	50~101	7~19	70~90	3~19

表 3 载荷试验数据表
Table 3 Loading test result

试验 点号	试验 条件	含水量 w (%)		重度(kN/m ³)		液性指数 I_L		轻便动探 N		比例界限 (kPa)	极限荷载 (kPa)	试验终止时沉降 (mm)
		试验前	试验后	试验前	试验后	试验前	试验后	试验前	试验后			
①	天然	32.40	28.4	19.18	19.2	0.27	0.23	7	8	225	350	21.70
②	天然	22.40	22.7	20.02	20.0	—	0.06	13	16	500	1100	24.38
③	浸水	24.88	24.78	19.90	20.1	0.25	0.24	6	浸水	200	300	26.52
④	天然	32.70	—	19.25	—	0.29	—	7	暴雨浸水	200	275(倒架)	20.80

张裂,在坡角被开挖时,常沿裂隙面整体座落呈“岩堆状”。粘土层外观坚硬,但遇水极易软化,“干时一把刀,湿时一团糟”是对其性质的最好写照。其边坡的稳定性明显地受土体的裂隙面或青灰色夹层(肥西、六安等地可见青灰色粘土呈薄层夹层分布)控制。

2.2 膨胀土成分与特性指标

本区膨胀土的矿物成分以伊利石和蒙脱石为主,其次为高岭土,原生矿物以石英为主,其次是长石、云母等。粘土矿物全量化学分析结果见表 1。硅铝率 SiO₂/R₂O₃ 在 2.3~2.47 之间,其粒度成份,粘粒占 40%~49%,有的高达 70%,其中粒径<0.002mm 的胶粒含量在 24%~37%之间,属高塑粘土。土的特性指标见表 2。

3 膨胀土的强度

3.1 土的含水量与强度

膨胀土在天然状态下,呈坚硬至硬塑状态,具有较好的力学性质。当地基土含水量急剧增大或土体结构扰动时土的强度会骤然降低,压缩性增大。为分析膨胀土强度与含水量的关系,我们在肥西廿岗膨胀土地基上进行了不同含水量、不同试验条件的四组地基载

荷试验。第 1 组试验,试坑内承压板附近土的天然含水量为 32.4%;第 2 组天然含水量为 22.4%,第 3 组天然含水量为 24.88%,在浸水条件下试验;第 4 组天然含水量为 32.4%,试验过程中因暴雨浸水。载荷试验的 $p-s$ 曲线和有关参数见图 2、表 3。由图 2 可知随着土体含水量由 22.4% 增加到 32.4% 而极荷载由 1100kPa 降低到 350kPa。

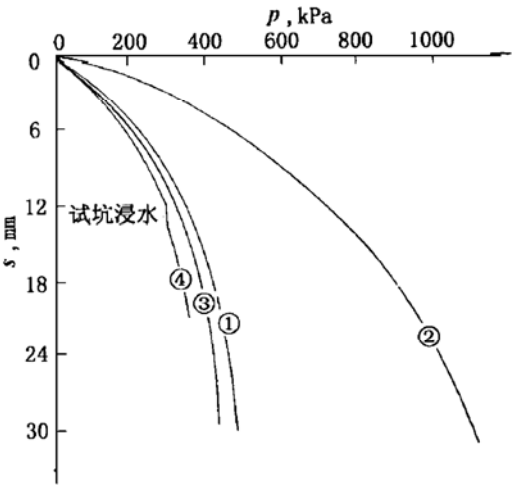


图 2 肥西廿岗地基载荷试验 $p-s$ 曲线
Fig.2 $p-s$ curves of loading test at Ershigang, Feixi

合肥膨胀土在浸水饱和快剪和未浸水快剪的不同条件下的直剪试验结果,说明抗剪强度随含水量而加而衰减(图 3)。抗剪强度的差别主要表现为内摩擦角的减小,两者相差约 37%。

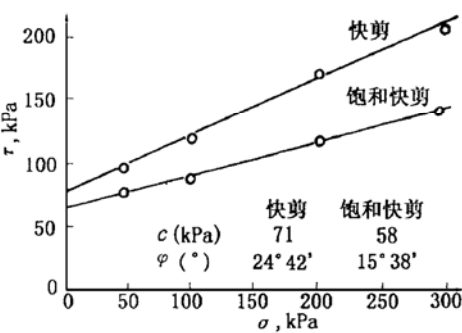


图 3 不同试验条件下剪切度验结果

Fig.3 Result of direct shear test under different test conditions
六安淠史杭灌区膨胀土抗剪强度与含水量的关系曲线见图 4。随着含水量增加,土的抗剪强度发生骤然衰减,之后逐渐减缓,与峰值相比,粘聚力 c 值衰减了 90%,内摩擦角 φ 降低了 80%。

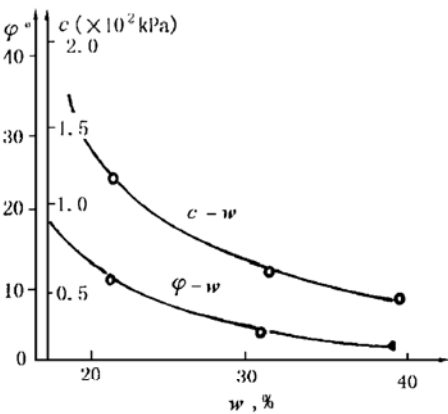


图 4 土的抗剪强度与含水量关系

Fig.4 Relation between shear strength and water content of soil

3.2 膨胀土的结构与强度

膨胀土内多边形网状裂隙发育。若裂隙闭合时,土体为破碎结构;若聚隙闭合时,则呈碎裂结构。裂隙的存在破坏了土体的完整性,使强度评价产生困难,具有不均一和变动性,表现有不同的强度:①直接测定的抗剪强度较土体的抗剪强度值高,由于裂隙和软弱面的存在使剪切环中剪切试验的强度和实际的土体强度相差甚远。②裂隙面或土层界面强度一般较室内的测定强度低,其强度随剪切面剪切方向角度而变化(表 4)。[3]③土体强度值界于前述二者强度之间,其可用原位大型剪切试验或采用滑动面反算强度。表 5 为白龙井滑坡大型剪切试验结果。浸水后的强度低于室内强度,甚至低于残余强度,其基本反映滑带土在水的作

用下的膨胀软化强度[4]。如肥西甘岗第 4 号载荷试验点在荷载为 250kPa 时经过 5h 的沉降已达稳定,相对稳定的沉降值为 13.08mm。因大雨导致试坑内浸水,虽采取排水措施,但沉降值急速增加,连续观察 8h 变形才趋稳定,其沉降值为 15.09mm,最后在荷载 275kPa 时地基土失稳而破坏。由于降雨使试坑土层浸水和排水扰动而使土体强度降低,变形增加。

表 4 裂隙面方向对抗剪强度的影响

Table 4 Effect of fissure direction on shear strength			
裂隙面与剪切强度	沿裂隙面剪切	剪切面与裂隙斜交	垂直裂隙面剪切
c (kPa)	65	68	78
φ (°)	6.5	11.3	18.5

表 5 白龙井滑坡大型剪切试验

Table 5 Large-scale shear test of the Beilongjing Landslide			
试验土层	试验条件	粘聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ
土层界面	浸水 10min	10	7°
土层界面	浸水 12h	8	4°50′
土层界面	浸水 10min(剪断)	6	6°10′
土层界面	浸水 10min	6	13°
灰白色土	天然含水量	14	17°10′
灰褐色土	浸水 30min	7	8°10′
黄色土	天然含水量	7	9°
灰白色土	浸水 10min	0	7°

3.3 残余强度

膨胀土是一种超固结粘土。天然状态下有较高的峰值强度。边坡开挖卸荷后各土体产生水平的侧向回弹位移,坡体变形开裂。这种不可逆的膨胀现象,造成土体的强度逐渐衰减。滑动后的边坡治理,常采用重塑土的反复剪试验测定滑带土的残余强度。而滑动带常是沿裂隙面或不同土层界面形成的,它既是软弱面,又是地表水,地下水渗透和滞留带。整个滑动面的强度分布不均匀,有的可能低于残余强度。

参 考 文 献

1 安徽省建筑设计院,合肥膨胀土的研究总结报告.1987.
2 李生林,刘松玉.试论合肥膨胀土的石灰效应.水文地质工程地质.1990(3).
3 余振锡.裂隙粘土渠道边坡开挖作用分析及失稳环境因素探讨[硕士学位论文].合肥工业大学,1990(6).
4 廖济川,陶太江等.裂隙粘土的工程特性对开挖边坡稳定性的影响.工程勘察.1994(7).