

# 某建筑物基础开裂原因分析

张兴才

(江苏省张家港市沙洲工学院建工系, 张家港 215600)

**【摘要】** 对某建筑物场地进行详细勘察的基础上, 运用 X-衍射、差热分析、透射电子显微镜等微观分析手段和室内常规水理性质实验方法, 对场地内③、④层粘土的胀缩性能(机理)进行了详细分析与评价; 论述了膨胀土地基上建筑物开裂破坏形式、引起开裂的工程地质条件, 并对导致建筑物开裂的内、外因素进行了分析。

**【关键词】** 地基; 建筑基础; 裂缝; 膨胀土

**【Abstract】** On the basis of the detailed investigation on a building site, the expansive and compressive mechanism of the third clay and fourth one in the site is discussed and appraised by the microcosmic analysis methods, such as X-diffraction, differential heat analysis, transmission electron microscope etc, and general indoor experimental methods of hydrological properties. The fracturing pattern of a building on expansive soil foundation and the geotechnical conditions of building crack are expounded, and their internal and external factors are analysed.

**【Key words】** ground; building foundation; crack; expansive soil

## 1 工程概况

江苏某地一中学在建实验楼为一平面尺寸  $15\text{m} \times 45\text{m}$ , 总建筑面积  $2100\text{m}^2$  的 3 层砖混结构建筑物, 采用混凝土条形基础, 地基持力层为灰黑色粘土, 硬塑,  $f_k = 150\text{kPa}$ 。1996 年 4 月开工, 在工程施工至二层时, 实验楼的混凝土基础、底层圈梁和部分砖墙先后多处出现不同程度的开裂, 无法投入正常使用。有关各方成立事故调查小组并对场区作进一步调查和勘察。

## 2 现场调查

调查发现, 该校自 50 年代建校起, 房屋就有裂缝发育, 原有的一层平房的绝大部分墙体和地面都有较为严重的开裂。学校西边一墙之隔的民房在建成一至二年后也出现裂缝。裂缝发育时间一般在雨季或雨季过后, 冬季一般比较稳定。在校内的同一地区, 一层平房多处出现开裂而三层楼房却未发现裂缝。

同一建筑物的外墙升降幅度一般大于内墙, 室内裂缝绝大多数平行于外墙, 且在角端、窗台附近尤为明显。在有大树生长的地方, 往往地势低洼, 此处房屋开裂也比较强烈。

归纳校内原有房屋及周围民居开裂破坏形式主要有以下几种:

(1) 角端斜向裂缝: 表现为山墙上的对称或不对称的倒八字裂缝, 上宽下窄, 并伴有一定水平位移或错动;

(2) 纵墙的水平裂缝: 在檐口或窗台下出现;

(3) 外纵墙竖向裂缝与交叉裂缝: 一般上宽下窄, 在素混凝土基础或底层圈梁中发育, 在砖墙中斜向交叉裂缝比较发育;

(4) 纵墙墙体外倾、外鼓、基础外转并与内墙脱开;

(5) 独立砖柱的水平断裂, 并伴有水平位移和转动, 如化学试验室的廊柱;

(6) 地坪隆起, 多处出现纵长裂缝, 局部也有网络状裂缝;

(7) 在窗户或门框上出现正八字裂缝, 而在窗台下或门框下角出现倒八字对称或不对称裂缝。

### 3 场地土的工程性质

通过对场区的进一步勘察, 获知场区为山前洪积地貌单元, 地形平坦, 整个场区呈东高西低的趋势。场地内土层结构自上而下为: ①杂填土; 厚 1.17m, ②素填土: 平均厚为 1.0m, ③灰黑色粘土: 裂隙发育, 湿~饱和, 硬塑, 含铁、锰结核, 平均厚度 0.55m, 局部厚 1.0m。④灰黄色粘土, 饱和, 硬塑, 上部裂隙发育, 富含铁、锰结核, 平均厚 0.91m, 局部厚 2.1m。⑤砂姜粘土, 黄褐色, 饱和, 硬塑~坚硬, 含较多的砂姜, 未钻穿。见图 1。场区土的物理力学指标见表 1。

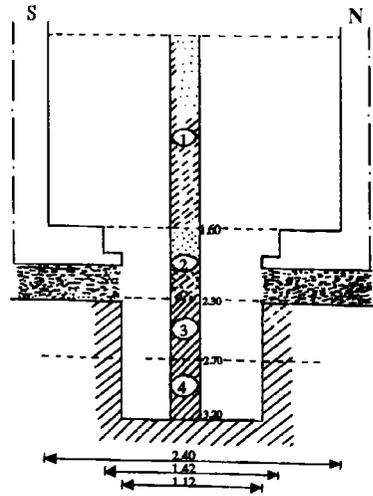


图 1 探槽 3#剖面展示图

表 1 场区土物理力学性质指标表

序号	取值	含水量 $w/\%$	重度 $\gamma/$	干重度 $\gamma_d/$	孔隙比 $e$	液限 $w_L/\%$	塑限 $w_p/\%$	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	剪切试验		压缩试验		承载力 $f_t/\text{kPa}$
			( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	$c/\text{kPa}$						$\varphi/(\circ)$	$a_{1-2}/\text{MPa}^{-1}$	$E_s/\text{MPa}$		
②	最小值	16.0	18.9	16.2	0.590	32.3	17.2	14.5	-0.11	43	9.1	0.15	8.75	
	最大值	22.3	20.3	17.2	0.674	39.3	20.2	20.8	-0.01	141	32.9	0.19	10.73	
	数据个数	6	5	5	5	6	6	6	5	6	6	4	4	
	平均值	18.7	19.7	16.7	0.63	35.9	18.9	17.0	-0.06	85	21.6	0.17	9.17	130
③	最小值	13.4	19.4	15.2	0.497	31.3	15.9	14.3	-0.16	57	10.2	0.14	7.03	
	最大值	22.5	20.6	18.2	0.695	51.0	22.0	23.6	0.13	178	27.1	0.22	11.65	
	数据个数	12	13	13	12	13	12	13	13	12	12	12	12	
	平均值	18.5	20.0	16.8	0.616	38.8	19.0	19.2	-0.03	105	17.7	0.18	9.17	150
④	最小值	16.3	19.2	15.3	0.584	35.7	18.3	14.1	-0.21	93	3.7	0.14	6.16	
	最大值	23.4	20.2	17.3	0.803	47.9	25.8	24.4	0.04	146	23.3	0.28	11.85	
	数据个数	13	14	14	14	14	14	14	14	10	10	14	14	
	平均值	19.8	19.7	16.4	0.67	41.1	21.7	19.4	-0.08	110	16.8	0.20	8.84	200

场地分布的③号、④号土层的微观测试和电镜分析结果表明, 这两层粘土矿物成份以伊利石/蒙脱石混层结构为主, 含量达 54%~70%, 其次为伊利石, 另有少量的高岭石和埃洛石(见图 2.3)。其中伊利石/蒙脱石混层结构矿物大多为大小不同的团粒状结合

体, 而伊利石为厚度均匀的鹅卵石状的片状, 高岭石为结晶碎片状或管状。

③层灰黑色粘土的水理性质实验表明: 该层土的自由膨胀率  $\delta_{ef}$  为 20%~53%, 无荷膨胀率  $\delta_0$  为 1.01%~14.17%, 膨胀力  $P_0$  为 32.33~77.33kPa, 粘粒含量为 26%。崩解湿

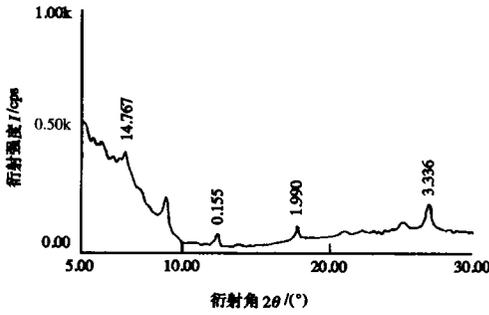


图2 探 3-2 X- 衍射分析曲线图

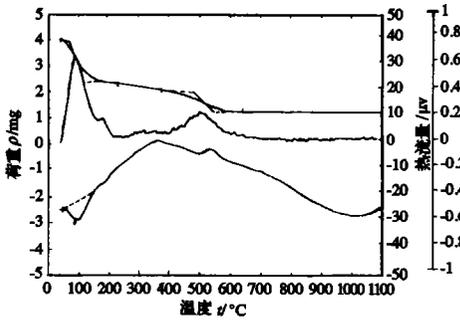


图3 探 3-2 差热分析曲线图

化试验表明：该土风干后再浸水，在 2min 内即完全崩解。④层灰黄色粘土的水理性质试验表明：该层土的自由膨胀率  $\delta_{ef}$  为 38% ~ 50%，无荷膨胀率  $\delta_e$  为 1.32% ~ 5.11%，膨胀力  $P_e$  为 8.7 ~ 63.7kPa，粘粒含量为 34%。崩解湿化试验表明：该土风干后再浸水，在 1.5 ~ 2.6min 之内即完全崩解呈粉状。天然含水量 20.7% 的原状土浸水后 3min 以内崩解强烈，12min 即完全崩解。

③号土和④号土的自由膨胀率为 20% ~ 53% 和 38% ~ 50%，按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ112—87) 的判定标准，两层土均属膨胀潜势弱的土层。但根据室内水理性质试验可以看出，③、④号土层水理性质差，在反复失水浸水情况下，土体发生较强烈

的胀缩变化。从③、④号土的微观测试结果来看，该粘土层的矿物成份主要是伊利石/蒙脱石混层为主，含量达 54% ~ 70%，其次为伊利石、高岭石和埃洛石，这些矿物成份本身具有很强的亲水性，胀缩变形大。③、④号土的粘粒含量分别达到 26% 和 34%，粘粒含量越大，该土的比表面积越大，电分子吸引作用越大，胀缩变形也越大。另外，从微观结构电镜分析可以看出，伊/蒙混层矿物为大小不同的团粒状结合体，虽然团粒状结合体比面一面叠聚体的吸水膨胀、失水收缩要小一些，但是其量也是可观的，并且，伊利石、高岭石尽管成份少，但是结构为厚度均匀的片状或碎片状，因而③、④层土具有相当的胀缩性能。

该实验楼的持力层③层灰黑色粘土及其下的④层灰黄色粘土为厚度不均的膨胀粘土。地面建筑物的开裂和变形也符合膨胀土地区的一般规律。

### 4 开裂原因分析

#### 4.1 内在原因

③层和④层粘土在实验楼场地内稳定分布，但厚度变化较大。研究表明，③、④层粘土是具有较大胀缩性的膨胀土。该两层粘土的粘粒含量大，粘土矿物中大部分为伊/蒙混层矿物。③、④层粘土的亲水性粘土矿物成分和差的水理性质是导致土体发生较强烈胀缩变化的主要内在因素。

#### 4.2 外部条件

膨胀土随含水量变化而产生膨胀或收缩，而地基土含水量的变化又直接受外部条件所制约。学校北部煤柱保护线基本符合 40m 宽的保护煤柱要求，而西部煤柱已向东越界开采。煤层开采而引起的岩层水平和垂直方向的移动，造成地表移动边界线比实际开采边界线更靠近学校。另一方面，该矿开采煤层的直接顶板为灰岩，灰岩的露头刚好在该中学场地内分布，上部土层的渗透性强，岩层中岩溶裂隙发育，因而该区为地下水的

入渗补给径流区。由于矿井疏干排水,使场区的地下水位下降,从而使场区内的膨胀土失水收缩并产生大量的裂缝。1996年春夏季,该地区降水较大且集中,校区内又无集中排引水道,雨季大量降水,以面式或局部点式下渗,当下渗到干缩的③、④层粘土时,使这两层粘土浸水,发生较大幅度的膨胀,同时,③、④两层土在场区分布很不均匀,造成场区地基土膨胀量不一致。因此,场地水文地质条件的变化,是造成在建实验楼基础及地圈梁和底层墙体发生开裂的外部因素。

4.3 施工因素

通过调查获知,该实验楼的基础施工中,基坑开挖后有较长时间的暴晒,粘土风干失水严重,在基础施工完成后,没有及时对基础两侧土回填,后来回填时,又没有采取分层夯实和地表避水措施,这给雨水及施工用水流入基槽创造了条件。

(上接 40 页)

④桩体水泥土设计强度应考虑安全度的要求及试桩超载的需要。考虑以我国搅拌机械的性能,将室内水泥土无侧限抗压强度平均值 $f_{cu,k}$ 乘以 0.20~0.25 的折减系数作为搅拌桩桩体水泥土的设计抗压强度,以保证安全。

(2)在施工方面

①应研制施工监控系统更先进的深层搅拌桩施工机械。

②桩体强度差异问题较难解决,可在不同土质中采用不同的水泥掺入比的方法来缩小桩体强度差异,如在淤泥中喷搅时的固化剂用量可大于砂类土中的固化剂用量,但在实际施工时较难准确控制。

③除施工本身原因外,搅拌桩桩体强度不高,在荷载作用下桩身压缩量较大导致桩

5 结束语

膨胀土地基属特殊地基。膨胀土是土中粘粒成份主要由亲水矿物组成、并同时具有吸水膨胀和失水收缩的变形特性的土,土吸水量越多,膨胀量越大。在膨胀土地区进行工程建设,必须事先进行工程地质勘察,判定其为膨胀土后,按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ112—87)的有关规定,因地制宜,采取恰当的建筑、结构和施工措施,才能确保工程的安全和正常使用。

参 考 文 献

- 1 中国建筑科学院. GBJ112—87 膨胀土地区建筑技术规范. 北京:中国建筑工业出版社,1987
- 2 徐永福. 我国膨胀土分行结构的研究. 海海大学学报. 1997,25(1):18~23
- 3 徐永福, 殷宗泽. 非饱和膨胀土强度的分行特征. 工程力学,1996(2)

收稿日期:1998-11-13

端阻力不能充分发挥。因此,在改进施工工艺设备时,宜同时提高桩体强度。

④建筑质监部门应严格进行质量监督,施工单位应提高施工技术人员的业务水平和综合素质,树立质量意识,建立完善的质量保证体系,杜绝偷工减料的现象发生,从而减少质量事故。

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国原城乡建设环境保护部. GBJ7—89 建筑地基基础设计规范. 北京:中国建筑工业出版社,1989
- 2 中国建筑科学研究院. JGJ79—91 建筑地基处理技术规范. 北京:中国计划出版社,1992
- 3 中国建筑科学研究院. JGJ94—94 建筑桩基技术规范. 北京:中国建筑工业出版社,1995

收稿日期:1998-11-08