

## 曹县梁堤头地区第四系地裂缝成因及防治

冯超臣<sup>1</sup>, 黄文峰<sup>2</sup>, 郑秀荣<sup>3</sup>

(1. 山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 兖州 272100; 2. 菏泽市矿产资源勘探开发中心, 山东 菏泽 274000; 3. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250013)

**摘要:**鲁豫交界的曹县黄河故道地区, 地势较高的自然堤堤缘区是地裂缝等地质灾害的高发区。地裂缝主要由地表厚粘土层干湿胀缩产生, 有一定的隐蔽性, 并受地形和大气影响。地下水动态变化对地裂缝影响不大。地表裂隙张力的直接作用、建筑物的非均质土地基不均匀沉降等因素的存在共同导致了该区民房开裂。可以采取加固地基和搬迁避让等方法进行防治。

**关键词:**第四系; 裂隙粘土; 隐蔽性; 地裂缝; 曹县

**中图分类号:** P642.2 **文献标识码:** B

**引文格式:**冯超臣, 黄文峰, 郑秀荣. 曹县梁堤头地区第四系地裂缝成因及防治[J]. 山东国土资源, 2015, 31(5): 36-39. FENG Chaochen, HUANG Wenfeng, ZHENG Xiurong. Causes and Prevention of Quaternary Ground Fissures in Liangditou Area of Cao County[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(5): 36-39.

曹县梁堤头镇梁西村, 位于鲁豫交界黄河故道(曹县段)北侧, 长期以来, 该区堤缘区地裂缝现象不断发生。地裂缝造成建筑物墙体开裂严重, 并出现不均匀沉降、倾斜。据统计, 该区域受破坏房屋超过百间。地裂缝易发区主要位于梁西村北部, 干旱枯水季节该区地表粘土层龟裂明显, 部分地裂缝宽度达到 15 cm, 长度一般在 20~30 m 不等, 深度达 2~4 m。该区地裂缝一般为第四系表层地裂缝, 地裂缝规模较小, 且有一定的隐蔽性, 但对建筑物破坏较为严重。

## 1 地形地貌

曹县梁堤头镇梁西村, 位于鲁豫交界黄河故道(曹县段)北侧, 村址所在处三角形突出状的自然堤, 高程平均大于 63 m, 其东、西、北部为自然堤坡, 高程降至 52~54 m, 坡降达到 1/5~1/3, 该村地表沉积有巨厚的粘土层, 槽探剖面揭露表层黄褐色粘土层(俗称红胶泥, 可制陶)厚度达 3~8 m。堤缘处粉土层逐渐抬升, 粘土层逐渐变薄(图 1)。

黄河属于季节性多沙性河流, 下游由于河床淤

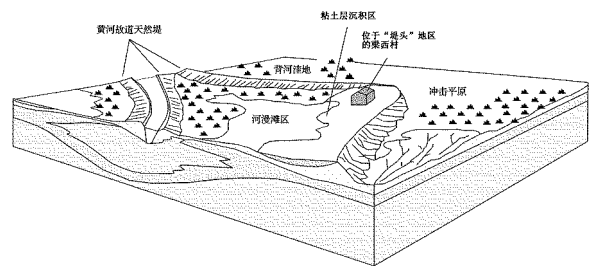


图 1 梁堤头村地形示意图

积加高, 洪水经常漫溢河床, 因此河漫滩前缘天然堤十分发育, 使滩地前缘高仰、后缘低洼, 形成较大的横比降, 其高仰的前缘习惯上称为“滩唇”。在形态表现为河床两侧断续形成与河床平行的高地, 又称天然堤。根据地形和地貌判断, 该村为黄河故道自然堤北向突出形成的“堤头”。自然堤内侧为黄河故道, 地势普遍较高, 平均高程大于 61 m。东部石香炉村以东为黄河决口扇地区, 决口点在黄河河道北岸, 高程在决口处突然降低为 50~51 m, 决口扇沿宽度达 10~15 km, 高程在 48~52 m 之间, 后期应为黄河改道断流, 因此扇状平原地势不再升高。决口扇东侧为单县高韦庄高滩地地区。

收稿日期: 2014-05-14; 修订日期: 2014-06-04; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 冯超臣(1982—), 男, 山东曹县人, 工程师, 主要从事水文地质工作; E-mail: fengchaochen@163.com

## 2 土层结构和物理特征

### 2.1 土层结构

调查区的工程钻探揭露:0~20 m 深度范围内揭露地层主要为第四系冲洪积层。土层自上而下可分为:①层粘土;②层粉土、粘土、粉细砂互层;③层细砂。①层粘土区内分布不均,主要分布于梁堤头镇以北、梁东和梁西村以南、拾家庄村以西的区域。土体呈棕褐色,局部棕灰色,可塑—硬塑,干强度中等,韧性中等,无摇震反应,稍有光泽,含少许铁锰质氧化物及其结核,局部夹薄层粉土和粉质粘土。厚度 1.70~9.10 m,平均厚度 6.89 m;层底标高 49.31~56.03 m,平均 52.10 m;层底埋深 2.30~9.10 m,平均 7.23 m。②层粉土、粘土、粉细砂互层厚度 0.50~16.20 m,平均 8.13 m;层底标高 36.21~59.02m。③层细砂区普遍分布,该层未穿透,范围内最大揭露厚度 20 m。

### 2.2 主要物理性质

该区①层粘土为黄河冲击形成的次生粘土,主要成分为石英和高岭石,大部分原矿在酸性环境中形成,含硅、铁、锰、铝等氧化物并起到集聚胶结作用<sup>[1]</sup>。粘土有高液限、高含水量、高空隙比、高塑性等特性。依据现场实地踏勘,并向当地村民调查访问,了解到粘土分布区地面随气候变化开裂现象明显。依据钻探揭露、野外鉴别,第①层、②-1层、②-2粘土,切面均较光滑,土体结构致密。依据室内试验资料,该 3 层粘土自由膨胀率均大于 40%,综合判定 3 层粘土均为膨胀土,其中①层粘土胀缩指标和胀缩变形量如表 1,表 2 所示。

表 1 ①层粘土膨胀指标统计

胀缩性指标	最小值	最大值	平均值	数据个数 $n$	变异系数 $\delta$
	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$X_m$		
自由膨胀率 $\delta_{ef}$ (%)	40.0	80.0	52.8	123	0.16
膨胀率 $\delta_{e50}$ (%)	0.8	1.5	1.1	123	0.15
收缩系数 $\lambda$	0.33	0.47	0.40	123	0.07
膨胀力 $P_e$ (kPa)	16.0	24.0	18.7	123	0.10

### 2.3 裂隙粘土层形成

黄河故道在曹县梁堤头地区呈明显的蛇曲状,形成不规则的天然堤和河漫滩。在黄河下游进入低流量并发生间歇性断流的运行状态后,河床发生强烈淤积。梁堤头村作为滩唇地区,汛期河水漫过河滩或近堤,河水变浅、流速骤减或停滞,越接近堤缘,

沉积颗粒越细,因此在堤缘内侧垂向接受最稳定的悬浮物颗粒沉积<sup>[2]</sup>,逐渐形成类似湖泊相沉积较厚的黄褐色粘土层,其物源主要为黄土高原流失的黄土。

表 2 工作区膨胀土胀缩变形量计算结果

孔号	胀缩变形量 Ses (mm)	胀缩 等级	孔号	胀缩变形量 Ses (mm)	胀缩 等级
1	102.97	Ⅲ	25	98.01	Ⅲ
2	116.2	Ⅲ	26	75.81	Ⅲ
3	98.6	Ⅲ	27	110.75	Ⅲ
4	77.71	Ⅲ	28	136.20	Ⅲ
5	109.40	Ⅲ	31	138.68	Ⅲ

粘土层在形成过程中,由于失水程度不一样,沉积时期不同,较厚的粘土层易出现大小不一且不可逆的粘土裂缝,称之为裂隙粘土层。在埋深 3 m 以下裂隙逐渐消失,成为隔水层。

## 3 地裂缝成因及分布特征

### 3.1 灾害机理分析

该区地质灾害主要是由裂隙粘土层特殊的物理和力学性质造成的。梁堤头村农村建筑物地基多为人工筑填的粘土、粉土、粉砂土混合土层,但一般混合不均,粘土比例较高,基底为裂隙粘土层。因此,判别地灾的形成主要受以下几个方面影响。

地形及大气影响:该区属暖温带半湿润季风气候区,气候温和,光照充足,热量丰富,四季分明,雨热同期,但气候温差大,年际间降水量变化也较大。该区大气影响深度 4~5 m,大气影响急剧层深度一般在 2.3 m 左右。梁堤头地区呈三角凸起台状地貌,径排条件好,粘土陡坡坡度变化大,更易直接受大气影响<sup>[3]</sup>。特殊的地形使该区干湿波动速度明显大于普通地区。越接近北部堤缘,地裂缝发生次数愈多。根据梁南村地下水多年来监测结果显示,该区高程普遍在 60~63 m 之间,地表粘土层多位于位于浅水层位以上(图 2)。因此地下水位的变幅对粘土层含水量影响不大。

粘土层表层土体结构在干旱季节易遭到破坏以至崩解,裂缝扩大。粘土层厚度越大、失水越多,其裂缝幅度越大。汛期时,大气降雨对地表不均匀的水头作用直接造成裂隙粘土层应力的急剧变化,粘土层裂隙和深度的分布不均,进一步加大了地裂缝的发生发展,部分裂缝甚至直接作用于建筑物,造成

建筑物墙体开裂。

但地表粘土裂缝有一定的隐蔽性,主要是表层

土在汛期对小型裂缝的冲蚀和掩盖。

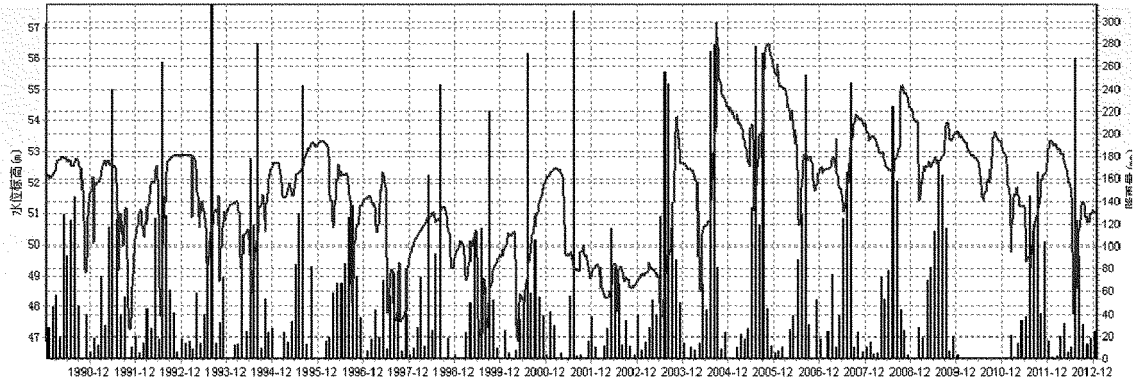


图 2 梁南村多年来地下水水位动态曲线图

非均质软层地基:用作地基的裂隙粘土与其他粉土等混合用作地基时,不宜压实。梁堤头地区建筑物用作地基的垫层一般含粘土比例较高,且不经晾晒,混合不均,经碾压后,其压实干密度指标一般达不到建筑物地基要求<sup>[4]</sup>。非均质软层地基的缺点是:

- (1)地基沉降量大,一般可达数厘米甚至数十厘米。
- (2)地基沉降时间长,一般达数年至数十年。软土地基厚度越大,固结速度越慢。
- (3)地基沉降不均匀,由于上部建筑物结构的特点与荷载差异,常常引起地基不均匀沉降,造成建筑物的错位开裂。
- (4)地基抗剪强度低,压实遇水后强度变化剧烈。

渗透稳定性:裂隙粘土作为一类特殊性粘土,在裂隙不发育的位置如地表-3 m 以下表现出一般粘土一致的渗透特性,属于细粒土,渗透变型形式为流土,具有弱的透水性和较强的抗渗稳定性。但地表风化的混合土层在雨季被冲蚀后,会在地表裂隙发育区不同位置形成不均匀的水头作用,一旦部分区域的裂隙粘土的裂隙畅通,就会形成不均匀的粘土浸润区,甚至部分被冲蚀,导致应力的不均匀分布。

### 3.2 裂隙粘土分布区

黄河流经鲁豫交界处,形成曲流河、辫状河和复杂的地形地貌,自然堤、洼地、泛淤平地、沙丘、沙岗、小型冲积扇等微地貌的交错分布<sup>[5]</sup>。该区是山东地区裂隙粘土层主要沉积区之一<sup>[6]</sup>。

地裂缝和地基不均匀沉降主要发生在地势较高

裂隙粘土层分布区,粘土层一般在浅层地下水位线以上,粘土层直接出露于地表。该类地裂缝易发区分布特征为:

蛇曲地带:由不断淤高的河槽和滩地组成。蛇曲带的不断分叉、汇合,淤积地带呈网状分布。老河道逐年淤积,比降变小,输水机能逐渐衰退,给厚粘土层的形成提供了条件。

自然堤:主要在蛇曲河道的两侧,以最高边滩为核心及新老决口扇、新老决口舌相互叠盖而成。黄河故道两侧的许多“堤头”村应为地裂缝和地基不稳定的高发区域。

泛洼滞地:分布在新老蛇曲河床和自然堤之间的洼地,地表多为厚粘土层。但由于低洼区水位较浅,粘土裂隙较小,一般不宜出现地裂缝,但地基不稳定依然存在。

## 4 地质灾害防治方法

### 4.1 地基加固处理

梁堤头村的地质灾害防治可采用地基加固处理和搬迁避让等方法。根据该村实际情况,该区地质灾害工程防治宜采用操作简便且成本相对较低的地基处理工艺。主要有以下 3 种。

(1)粘土层石灰粉搅拌法。通过深层搅拌机在地基范围内对粘土层进行搅拌,同时加入生石灰和粉煤灰进行稳定处理,生石灰和粉煤灰通过水化放热和吸水作用可使土粒重新排序,降低地基含水量,并通过离子交换形成抗压强度高、稳定性强的地基桩体。生石灰和粉煤灰比例为 1:4~1:5 混合,可提高早期强度和地基最终强度<sup>[1]</sup>。

(2) 土木加固法。在地基中分层铺设土工格栅, 利用格栅和粘土的相互作用力增加地基强度。格栅可以以 10~20 cm 厚度的石英砂作为铺垫, 填土压实厚度 20~30 cm。一般有 2~3 层格栅即可。

(3) 强夯加固法。将破碎水泥桩体或石料等强行夯入地基, 形成复合桩体, 使加密的地基土层和桩体形成强度较高的硬壳层, 降低其压缩性和膨胀性。

#### 4.2 搬迁避让

对粘土层厚度很大、地裂缝反复出现的梁堤头村北区, 房屋如继续开裂, 建议进行搬迁, 避开裂缝带严重地区, 不宜在原址重建。

新址选择应考虑地基条件, 进行必要的工程勘察, 在粘土层、粉土层均匀分层且厚度不大的地区应适宜建房。经充分论证后集中进行搬迁避让。在新建建筑物时, 建议将地基下膨胀土全部清除, 然后用非膨胀土回填, 彻底清除安全隐患。

## 5 结语

通过调查发现, 在鲁豫交界的黄河故道地区, 地势较高的自然堤地区是地裂缝等地质灾害的高发

区, 厚层裂隙粘土层的存在则是地裂缝发生的主因。建议对该区地形、地貌、地层进行详细的调查勘测, 重点调查各类“堤头村”及附近区域, 形成大比例尺的地质灾害易发区分布图。梁堤头村禁止附近砖瓦窑厂对滩头村庄周围的堤坡进行采挖, 防止粘土层过量失水, 导致裂隙加剧。建议地方地环监测部门加强对地下水水位, 地裂缝和房屋开裂现象继续进行长期观测, 发现问题及时处理。

## 参考文献:

- [1] 王晶, 江巍, 王洪娟. 红粘土地基处理方法分析[J]. 四川建筑科学研究, 2009, 35(5): 93-95.
- [2] 许炯心. 低流量及间歇性断流条件下黄河下游的河床沉积过程与形态调整[J]. 泥沙研究, 2001, (1): 10-17.
- [3] 阳云华, 赵旻, 郭伟, 等. 南阳盆地膨胀土大气影响深度及其工程意义[J]. 人民长江, 2007, 38(9): 11-13.
- [4] 谈云志, 孔令伟, 郭爱国, 等. 红黏土路基填筑压实度控制指标探讨[J]. 岩土力学, 2010, (3): 851-855.
- [5] 马程远. 从黄河河道迁徙看下游平原地貌的发育[J]. 河南师大学报(自然科学版), 1981, (1): 90-97.
- [6] 欧钊元. 山东省裂隙粘土成因及水利工程应用研究[D]. 硕士论文, 中国海洋大学, 2006.

## Causes and Prevention of Quaternary Ground Fissures in Liangditou Area of Cao County

FENG Chaochen<sup>1</sup>, HUANG Wenfeng<sup>2</sup>, ZHENG Xiurong<sup>3</sup>

(1. Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China; 2. Heze Mineral Resources Exploration and Development Center, Shandong Heze 274000, China; 3. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** In old course of the Yellow River in Caoxian county, high natural dam area is a high happening area of geological disasters, such as ground fissures. Ground fissures are mainly caused by dry, wet, expansion and contraction of thick clay layer surface. It has certain concealment and be affected by terrain and atmosphere. Groundwater dynamic changes will affect ground fissures weekly. Direct effect of surface tension fracture, inhomogeneous settlement of foundation of heterogeneous soil of buildings have caused ground crackings together. Foundation reinforcement, moving and avoidance can be carried out for prevention and control.

**Key words:** Natural levee; fissured clay; hidden; ground fissures; Caoxian county