

# 新袁塌滑体的工程地质分析

李明福

**摘要** 在软基上修建土坝、土堤时常发生边坡的滑动破坏,通过对新袁塌滑体的调查分析,说明河堤加高施工中,由于堤身质量和施工方法的不当,引发堤基破坏的机理。

**关键词** 塌滑体 边坡稳定系数 工程地质 分析

**中图分类号** TU434 **文献标识码** A **文章编号** 1007-6980(2001)03-0028-03

新袁塌滑体位于海河干流左岸天津津南区新袁村西、二道闸公路北侧的海河左堤,堤防与二道闸公路相接。作为海河堤防加固工程之一,该段堤防于 1999 年 6 月加高大堤 1 m,在原堤顶堆土 2 d 后,堤防发生塌滑,沿河方向塌滑约 120 m,在中心地带,将岸边挡墙向河内推移约 8.3 m,近后缘及前缘舌体部位出现不同长度、不同方向的裂缝,岸边挡墙被断错 5~50 cm 不等。

## 1 地质概况

新袁塌滑区位于海河中下游,属海积冲积平原,地势低平,坡降一般小于 1/5 000;塌滑体则位于二道闸上游左岸,该段河道呈弯曲型,堤内地面高程一般 2 m 左右,分布有村庄。堤顶高程 6.2~6.3 m,塌滑后的高程为 1.5~2 m,挡墙外因滑移隆起的河床高程约 1 m,水面高程 0.78~0.79 m。

塌滑体由堤身填筑土和堤基地层组成。堤身填筑土( $rQ_4$ ):主要由粉质粘土及粘土组成,堤底高程 0.78~0.79 m,堤高 5.4~5.6 m。堤基地层岩性为海陆相交互的粘性土、淤泥质粘性土、粉土。自上而下为:

第①层( $alQ_4^1$ ):为陆相沉积的粉质粘土、粘土、土质均一,层底高程 0.14~0.43 m,厚度仅 1 m 左右,分布范围小。

第②层( $mQ_4^2$ ):为海相沉积的淤泥质粉质粘土或淤泥质粘土、土质不均,局部夹有粉土或粉质粘土,含有少量贝壳。该层分布厚度自堤内向前缘方向变薄,一般 7~8 m,最厚可达 10.9 m。

第③层( $mQ_4^3$ ):为海相沉积的粉质粘土夹粉土、土质不均,含有贝壳,局部夹有粉砂薄层。该层分布较稳定,层底高程 -14~-12 m,厚度 2.5~6.5 m 不等。

第④层( $alQ_4^4$ ):为陆相沉积的粉土、粉质粘土、粘土等,分布稳定,厚度较大。

堤基地层如图 1。

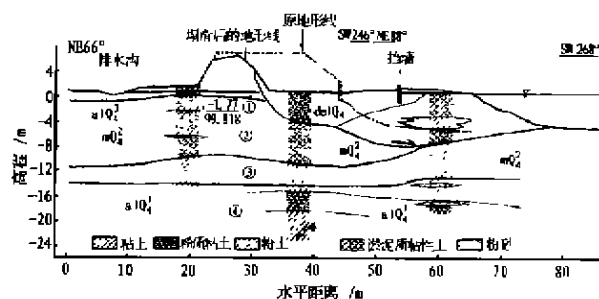


图 1 工程地质剖面图

## 2 淤泥质粘性土的工程地质特性

### 2.1 分布特征

淤泥质粘性土,即指第②层。由图 1 可以看出,该层在堤内(背水坡)附近分布较稳定,且厚度大,为 9~10 m,底板高程为 -9.5~-10.7 m,最低处在 -11.12 m 左右;再向堤外(迎水坡)逐渐变薄,高程在 -6.97 m 左右,土体厚度、形态均有较大的变化。

### 2.2 物理性质

土工试验成果表明,该层土天然含水量大于液限含水量、干密度低、孔隙比大、饱和度高、排水性能差、土体呈软塑一流塑状态,土质十分松软,堤身土及堤基土的物理性质指标见表 1。

### 2.3 力学特性

由试验成果可以看出,淤泥质土的压缩系数为 0.35~1.31  $\text{MPa}^{-1}$ ,平均值为 0.64  $\text{MPa}^{-1}$ ,大值平均值为 1.004  $\text{MPa}^{-1}$ ,说明土体不均,且经过多年堤身荷载作用,堤基土虽有一定的固结,但并不明显,仍多属高压缩性土、堤身土及堤基土的力学性质指标见表 2。

表1 堤身、堤基土的物理性质指标

地层	岩性	含水量 /%	天然密度 /g·cm <sup>-3</sup>	干密度 /g·cm <sup>-3</sup>	孔隙比	饱和度 /%	液限 /%	塑限 /%	塑性指数	液性指数	渗透系数 /cm·s <sup>-1</sup>
堤身	粉质粘土	32.3	1.85	1.41	0.942	93.2	36.9	22.4	14.5	0.64	5.67 × 10 <sup>-6</sup>
①	粉质粘土	31.6	1.86	1.41	0.916	92.7	36.1	20.6	15.5	0.71	2.50 × 10 <sup>-5</sup>
②	淤泥质粘性土	36.0	1.83	1.35	1.01	95.8	33.8	19.7	14.1	1.19	1.84 × 10 <sup>-5</sup>
③	粉质粘土夹粉土	36.4	1.84	1.35	1.0	96.8	33.6	19.3	14.3	1.22	1.52 × 10 <sup>-6</sup>

表2 堤身土及堤基土的力学性质指标

地层	岩性		压缩系数 /MPa <sup>-1</sup>	压缩模量 /MPa	饱和快剪		三轴(UU)		十字板抗剪 强度/kPa
					C/kPa	φ/°	C/kPa	φ/°	
堤身	粉质粘土	平均值	0.400	4.607	20	10.2	26	3.2	—
①	粉质粘土	平均值	0.558	3.471	30	1.0	—	—	—
②	淤泥质	平均值	0.641	3.599	13	8.2	11	2.9	—
	粘性土	大值平均	1.004	—	—	—	—	—	40
		小值平均	—	2.591	8	3.3	7	1.7	14
③	粉质粘土	平均值	0.545	3.996	15	13.9	—	—	—
	夹粉土	大值平均	—	—	—	—	—	—	—
		小值平均	0.643	3.243	10	5.1	—	—	—

由表2可见,该层土体的饱和快剪强度、三轴不固结不排水抗剪强度中的凝聚力的平均值、小值平均值均相差无几,而后的内摩擦角则较低,平均值、小值平均值分别为2.9°、1.7°;此外,据孔内十字板试验成果,其无侧限抗剪强度为14~40 kPa,均说明土体抗剪强度甚低。

### 3 堤身质量

堤身土体主要由粉质粘土、粘土组成,土质均匀,呈中等压缩性,属弱透水。

据1组27击标准击实试验,最大干密度为1.61 g/cm<sup>3</sup>,该段为一级堤防,按压实度0.94考虑,则筑堤土质量控制干密度应为1.51 g/cm<sup>3</sup>。据土工试验成果,参加统计的6组数据中,天然干密度小于控制干密度的占66.7%。天然干密度平均值为1.41 g/cm<sup>3</sup>,低于控制干密度6.6%;天然干密度小值平均值为1.34 g/cm<sup>3</sup>,低于控制干密度值11.2%。由于堤身土体干密度小,饱水或突然增加荷载后将产生较大沉降,大大降低堤身土体的力学强度。

### 4 边坡稳定系数

堤身填筑土为粘性土,土质均匀,边坡滑动面呈弧形,适合用总应力法计算边坡稳定系数。计算公式如下:

$$F_s = \frac{cl + \tan \phi \sum \gamma h_i b_i \cos \alpha_i}{\sum \gamma h_i b_i \sin \alpha_i}$$

式中  $\gamma$ ——堤身土的容重(kN/m<sup>3</sup>),取值18.5;

$\phi$ ——堤身土的内摩擦角(°),取值10;

$c$ ——堤身土的粘聚力(kPa),取值20;

$l$ ——滑弧总长(m),取值18;

$h_i$ ——土条平均高度(m);

$b_i$ ——土条平均宽度(m);

$\alpha_i$ ——土条滑动面倾角(°)。

计算结果,边坡稳定系数  $F_s = 1.9$ ,达不到一级堤防稳定系数1.3~1.5的要求,而断面设计上坡度接近1:1,显然是不能满足边坡安全设计要求的。滑坡安全系数计算示意图如图2。

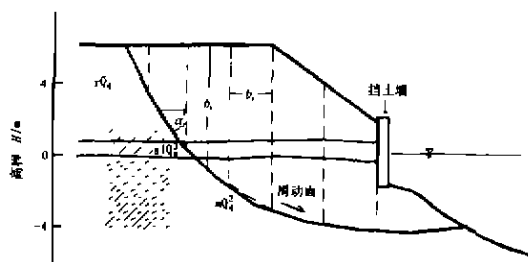


图2 边坡稳定系数计算示意图

## 5 塌滑体

### 5.1 塌滑体的分布规模

根据土体组成及其物理力学性质、土层分布特征,并结合物探成果推断,滑动面的位置自后缘约10 m处,沿着淤泥质粘性土,即海相第②层的顶面开始滑动,之后,滑面切入第②层内部,即埋深7~8 m,至前缘,则沿着粉土,即第一海相层中的第③层的顶面;滑动面的分布高程自后缘向前缘,自两端向中心地带降低,高程在0.1~

-7.1 m。

塌滑体的后缘分布在原堤顶内侧, 滑体沿河方向长约 120 m、中心地带宽约 42 m、顶面高程在 4.8~0.78 m、底板高程在 0.1~-7.1 m、不同部位厚度不等、一般 3~7 m、以平均厚度 5 m 计, 塌滑体的总方量约为 2.6 万 m<sup>3</sup>。

## 5.2 塌滑体的成因及处理措施

### 5.2.1 塌滑体的成因

堤基础持力层除表层较薄的粉质粘土, 主要为淤泥质粘性土, 综合分析塌滑形成的内因和外因如下:

(1) 从淤泥质粘性土的物质组成及其物理力学性质看, 该层土的天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低、固结程度差, 加之堤迅速加高后, 其承载力已不能满足堤身稳定要求。堤基附加应力情况见表 3。

表 3 堤基土层受力状况

地层	岩 性	层面竖向应力 /kPa	承载力标准值 /kPa
alQ <sub>4</sub>	粉质粘土	100	100
mQ <sub>4</sub>	淤泥质粘性土	118	80

(2) 从堤身土的填筑质量看, 土的干密度低, 碾压程度差, 堤坡坡度大, 在堤顶突然堆土 1 m 后, 边坡已不能满足稳定要求。

(3) 从淤泥质粘性土的分布看, 该层在堤内(背水坡)附近分布较稳定, 且厚度大, 为 9~10 m、而在堤身基础中部, 厚度变为 8.5 m 左右, 底板高程降为 -9.8~-10.7 m, 最低处在 -11.12 m 左右; 再向堤外(迎水坡)逐渐变薄, 高程在 -6.97 m 左右, 因此该层在堤基础部位分布差异性较大。

据了解, 该险堤段正处于二道闸上游的河弯曲

率最大部位, 遭水流冲刷强烈, 易形成相对陡岸, 地形条件对边坡稳定不利。

综上所述, 由于大堤加高过程中填土堆载过快过高, 产生瞬时荷载过大, 致使堤基破坏迅速, 并发生了深层滑动。其主滑动的位置及形态见图 1。

### 5.2.2 堤基处理措施

(1) 砂井结合垫层法: 即首先对塌滑体进行清除, 而后采用砂井法排水, 待产生一定的固结后, 在其上铺设垫层, 并在基础设置变形缝。

(2) 碎石桩结合挡墙、排水管法: 即对塌滑体的中心地带采用碎石桩打至滑动面以下, 其堤外坡角设置重力式挡墙, 并设立排水管以利排水; 挡墙基础需位于第一海相层中的第②层, 即粉土层上。

(3) 深层水泥搅拌桩法等。

## 6 结 论

(1) 堤基为第四系全新统海陆交互相沉积的粉质粘土、淤泥质粘性土及粉土。作为主要基础持力层的淤泥质粘性土, 工程地质条件很差, 不经处理不宜直接作为工程基础。

(2) 堤身塌滑产生的原因, 主要是作为基础持力层的高压缩的淤泥质粘性土, 强度低, 分布差异大, 堤身土碾压质量差, 不能满足边坡稳定要求, 且由于施工方法的不当, 在加高过程中原堤顶填土堆载过快, 产生瞬时荷载过大, 产生了深层滑动。

(3) 堤防边坡滑动破坏的危害性很大, 所以在软土地区修筑堤防前, 应全面进行稳定性调查分析, 以提高堤防的安全度。

### 作者简介

李明福 男 高二 水利部天津水利水电勘测设计研究院 天津 300222

(收稿日期 2001-03-01)

## 欢迎订阅《水电能源科学》(季刊)

《水电能源科学》是由国家教育部主管、中国水力发电工程学会和华中科技大学共同主办的学术性刊物——中国水力发电工程学会会刊。刊物面向从事水、电、能源开发与研究的科研、教学、管理人员, 主要刊登有关水、电、能源及其相关学科的新理论、新技术、新方法以及工程应用的新成果。

大 16 开本, 正文 88 页, 每册定价 6.00 元, 全年 24.00 元。全国各地邮局均可订阅, 邮发代号: 38—111。

编辑部地址: 武汉华中科技大学 邮编: 430074

电话: 027—87542126 传真: 027—87543892

E-mail: [sdnyhmt@263.net](mailto:sdnyhmt@263.net)