

北京昆仑饭店深基槽滑坡与加固处理

陈希哲
(清华大学工程勘察所, 北京 100084)

黄绍常 牛幼芳
(北京市机械施工公司, 100045)

1 工程及事故情况

北京昆仑饭店位于东直门外, 主楼为一级工程, 平面呈 S 形, 地面以上为 26 层, 中间塔楼部分为 29 层, 总高度 103m。地下为两层。四周裙房为两层, 总建筑面积 84000m²。

1983 年 2~3 月开挖基槽, 长 190m, 宽 79m, 深 11.5m, 总土方开挖量达 12 万 m³。基槽边坡除局部地段采用钢板桩护坡外, 绝大部分采用 1: 0.5 天然边坡。在基槽北侧铺设铁轨, 安装大型塔吊运送基础施工所需的各类建筑材料。

1983 年 7 月 1 日零时 10 分, 昆仑饭店深基槽北坡突然发生滑坡。滑坡体沿基槽长达 10m, 最大进深 3.5m, 滑坡体总高 7m, 其中直岔溜坡峭壁高 4m, 滑坡顶面临近塔吊轨道, 离塔吊枕木仅 60cm, 危及塔吊安全, 被迫停工。在滑坡体东侧发生一条长 16m、宽 10cm 的大裂缝, 与边坡平行, 距坡顶边缘 0.5m, 参见图 1, 2。



图 1 昆仑饭店北部基槽滑坡全景

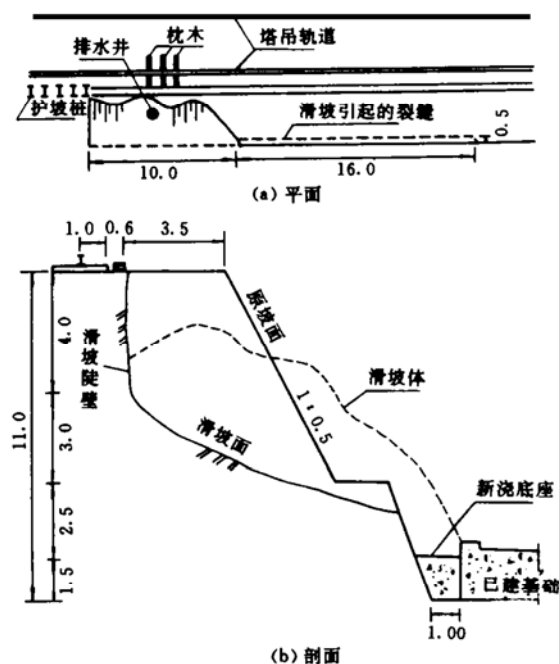


图2 昆仑饭店北部基槽滑坡图

2 滑坡原因分析

昆仑饭店发生滑坡的原因是多方面的, 包括:

a) 昆仑饭店基槽开挖深度 11.5m, 采用 1: 0.5 天然边坡是凭经验确定的, 缺乏理论计算与分析, 这是发生事故的重要原因。

b) 昆仑饭店为高层建筑, 工程量大、工期长, 只做斜坡面的抹面层, 坡顶未做必要的护面, 对边坡保护不够。施工期间日晒雨淋, 产生不利影响。

c) 在饭店正式开工前, 为槽底进行桩的静载试验需要, 提前开挖这段边坡, 长期未做护面。后来在滑坡段西侧打 18m 长的钢板桩局部护坡时, 使邻近的天然土坡受打桩振动而发生松动。

d) 为排除基槽上层滞水, 采用水泵外抽方式。因排水管线太长, 在坡顶设置中转排水井。离坡顶约 2.5m。中转井的井壁土体没有防渗措施。井中水长期外渗, 使周围与下部土体含水量增大, 抗剪强度降低。这是引起基槽滑坡的主要原因。

e) 在天然地面以下 5m 处, 有一层粘土隔水层。由中转排水井下渗的水, 积聚在此粘土层以上, 形成薄弱带, 导致坡体滑动, 并形成深达 4m 的滑坡陡壁。

f) 在滑坡发生前两天, 已发现滑坡段坡顶地面有一条通长裂缝与基槽边线平行, 裂缝宽 1.5cm。滑坡前一天, 缝宽扩展到 10cm。对此预兆, 未采取紧急措施是关键原因。

3 滑坡加固处理条件

昆仑饭店滑坡加固处理难度大。这是因为:

a) 边坡加固安全要求高, 基槽底部基础正在施工, 还要确保工人与工程安全。

- b) 当时为 7 月盛夏, 烈日晒、土质干, 难以压实。洒水不易均匀, 难以控制最优含水量, 加固密度难以达到。
- c) 滑坡体直立陡坡段与加固体新老连接处存在薄弱带。
- d) 基槽顶部如无荷载, 保持边坡稳定相对容易些, 而实际上, 坡顶有大型塔吊, 塔吊最大轮压荷载达 750kN, 这使滑坡加固增加了难度。
- e) 滑坡危及塔吊, 工程停工。因此, 滑坡处理要求紧急快速。

4 滑坡加固处理措施

(1) 撤消塔吊路基内所有集水井, 以免发生新滑坡。

(2) 清除滑坡段基槽底部的虚土。在坡脚与已建基础中间浇筑混凝土底座, (见图 3), 起充填卡紧作用, 阻挡发生深层新滑坡。此混凝土底座总长 42m, 超过滑坡长度, 作为边坡加固坚实基础。

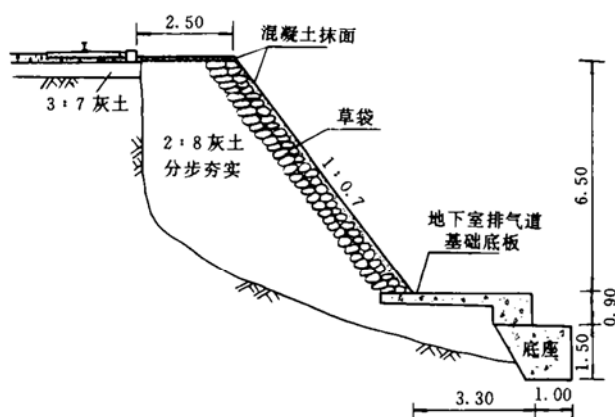


图 3 昆仑饭店基槽滑坡加固图

(3) 针对基槽边坡不同情况, 采用不同的加固方案:

- a) 大滑坡区, 提前做好地下室排气道基础底板。底板上码装土草袋, 其内侧有 2:8 灰土分步夯实, 见图 3。
 - b) 相邻人防出入口段, 浇筑混凝土梁。
 - c) 人防出入口以东段, 原边坡虽未裂损, 为确保今后基槽边坡的稳定, 也码装土草装, 并在其内侧分层压实粉质粘土。
 - d) 在装土草袋外侧与坡顶, 用混凝土抹面, 防止雨水冲刷。
- 经上述加固后, 坡度由 1:0.5 放缓为 1:0.7, 增加了安全度。
- (4) 滑坡立岔陡壁与加固体之间分层做台阶, 连接新老层。坡顶用混凝土抹地面宽 4m。

5 基槽边坡稳定理论分析

5.1 基槽边坡土的物理力学性指标

为慎重研究昆仑饭店基槽边坡稳定性, 在滑坡段基槽壁取原状土样, 到清华大学土力学

试验室进行试验，试验结果与工程地质勘察报告数值相近，提供了理论分析计算指标：天然密度 $\rho_0=1.90\text{g}/\text{cm}^3$ ，天然含水量 $w=18.9\%$ ，不排水剪切强度 $\varphi=23^\circ$ ， $c=30\text{kPa}$ 。

5.2 常规圆弧法计算基槽加固后的边坡稳定性^[1]

- (1) 滑动圆弧在塔吊轨道外侧，抗滑稳定安全系数 $K_{\min}=2.05>1.2$ ，安全。
- (2) 滑动圆弧在塔吊轨道内侧，计入塔吊最大轮压 750kN ，作用在沿塔吊轨道 2 延米范围，通过枕木传至坡顶，按均布荷载计算，与实际受荷面积相符。抗滑稳定安全系数 $K'_{\min}=1.06<1.2$ ，不安全。

6 大型现场坡顶加载试验

6.1 边坡稳定理论计算的条件分析

- (1) 用常规圆弧法计算，塔吊最大轮压 750kN ，按枕木范围比例将轮压分配到滑动体 2~3 个土条上。实际轮压应力扩散数值减小。
 - (2) 用常规圆弧法按平面问题计算，取 1 延米分析。实际轮压只作用在 2 延米范围，2 延米以外还按有轮压计。
- 如按 2 延米作为隔离体空间问题计算，计入空间滑动体两侧的摩擦力和粘聚力，则边坡稳定安全系数满足要求。

6.2 大型坡顶加载试验

- 为证明上述论证，使工程复工，在昆仑饭店工地进行了大型坡顶加载足尺试验。
- (1) 坡顶加载试验条件与理论计算
- 用起重机吊大型钢锭，集中压在基槽坡顶 3 根枕木上，2 延米长，2m 宽，高达 3.5m，总荷载 750kN ，与大型塔吊最大轮压相等。



图 4 昆仑饭店基槽坡顶加载试验全景

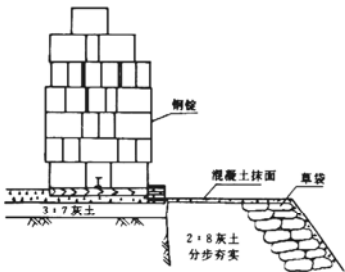


图 5 昆仑饭店基槽坡顶加载试验剖面

- (2) 坡顶沉降与位移观测
- 共设 5 个测点，用经纬仪和水准仪监测坡顶竖向沉降与侧向位移。位于钢锭西侧中部下方的 1 号测点，每加载 100kN 即测记一组读数。其余 4 个测点位于 4 个角底部，在满载时

每隔 2 小时测记一组读数。

(3) 加载试验结果

满载后经历 16 小时变形稳定。实测最大沉降量 $S_{\max} = 10\text{mm}$ ，侧向水平位移为零。为考虑施工期间遇暴雨情况，用水管在钢锭下路基中灌水 35 分钟，又经历 8 小时，实测 $S_{\max} = 20\text{mm}$ ，侧向水平位移为零。实际上塔吊在某点停留时间很短，满载机遇很少，在暴雨时停工。加载试验将最不利因素叠加，时间长达 24 小时，足够安全。

(4) 基槽坡顶压载试验

在压载试验过程中，笔者在钢锭周围地面仔细观察，未发现任何细微裂缝。试验证明基槽加固后边坡是完全稳定的，获得预期的圆满结果。

7 结 论

(1) 随着高层建筑的发展，基槽开挖深度增大，边坡的稳定性更显重要。应当防止滑坡，确保人员与工程安全。

(2) 常规圆弧法为平面问题，如计入吊车局部轮压，则应按空间问题计算。其中 c ， φ 值是关键数据，应做专题试验，采用不排水剪数据。

(3) 现场坡顶加载试验是土坡稳定分析的理想方法。可以解决实际土坡土质不均匀与有限试验指标的代表性问题，并使塔吊轮压荷载向下传递扩散情况更符合实际。

(4) 这种大型现场坡顶加载试验在国内外鲜见。其原因：①租用钢锭、运输、吊装需耗资；②试验方案设计与实施需高技术，以防大型钢锭滚下基槽造成危害；③施工场地狭窄，坡顶加载试验需运输与吊装钢锭，架设观测仪器，妨碍施工；④工期紧迫，人力物力无暇顾及坡顶加载试验。

(5) 坡顶加载试验节省的投资大大超过试验费。按国家规范^[2,3]；一般粘性土硬塑状态，坡高 10m 以内，允许边坡坡度为 1:1~1:1.5。昆仑饭店基槽为可塑状态，坡高超过 10m，加固坡度仅 1:0.7。比国家规范要求可节省开挖与回填土方量各 1 万多 m^3 。经济效益显著。

参 考 文 献

- 1 陈希哲编著. 土力学地基基础 (第二版). 北京: 清华大学出版社, 1989. 138~142.
- 2 中华人民共和国国家标准. 建筑地基基础设计规范 (GBJ 7-89). 北京: 中国建筑工业出版社, 1989. 34.
- 3 中华人民共和国国家标准. 土方与爆破工程施工及验收规范 (GBJ 201-83). 北京: 中国建筑工业出版社, 1983, 9.