

(14)

105 - 110
 工程与实践

高崖边坡上高重心构筑物 地基事故的原因及防治

——重庆某电信杆倒塌事故的分析研究

张四平 黄求顺

Tu 746.1

(建筑工程系)

摘要 本文以位于高崖边坡处某造成特大伤亡事故的电信杆倒塌事故为例，通过对地质条件、周围环境及受力状况等诸多因素的全面分析研究，提出了事故发生的原因，并由此对山区地基中普遍存在的高崖边坡上高重心构筑物及一般建筑物地基事故的原因和防治，提出了具体的分析和措施。

关键词 高崖边坡，高重心构筑物，地基事故，电信杆，防治。

任何一项工程活动，都会成为一种新的营力因素，与自然环境间产生复杂的相互作用，并可能引起一系列不良地质作用的发展，这不仅会对工程本身，而且还可能在更大范围内恶化环境条件，这往往发生在山区地质条件的许多情况，如在高崖边坡上进行工程建设。

对于山区地基，由于其独特的地质构造和岩层组合，造成地势高低起伏，沟壑纵横，悬崖陡壁很多，许多构筑物和建筑物都处于高崖边坡上。由于一般情况下边坡处的地质条件本来较差，横向受力更不利，加之人为的坡顶加载，以及对周围环境的破坏，使得边坡上的地基事故时有发生，对于高崖边坡上的高重心构筑物，对地基的横向受力要求往往更高，对其地基的稳定性问题及地基事故的防治，便成为山区地基建筑工程防实的一项重要内容。本文以重庆某造成特大伤亡的电信杆倒塌事故为例，对高崖边坡上高重心构筑物及一般建筑物地基事故的原因进行了全面分析，并提出了具体的防治措施。

本文1991年9月27日收到。

• 参加事故现场调查钻探工作的还有黄家愉、汪东云、杨炳建、何平。

1 事故概况

一九九〇年三月二日,在重庆市长江边某高崖边坡上发生了一起一对长江过江电信杆倒塌,造成死四人、伤五人的特大伤亡事故。电信杆倒塌事故现场位于高20米的陡崖顶部边缘,该处总共有电信杆四对(8根),担负长江两岸间的电讯联系。这些钢筋混凝土空心电信杆是在1971年取代了50年代设在此处的木电信杆而设立的,每根电信杆总长18米,埋入土中2米,其外径为300毫米,壁厚50毫米。在电信杆拆换时,由于当时的历史原因,没有根据这里的地质地形特点,仅按传统作法套用标准图进行杆的敷设,事故发生前,重庆市电信局正按照惯例及有关技术规定,对这些电信杆进行检修并更换位于边坡内侧的为保证杆身稳定的斜向钢绞绳,此前已有三对电信杆顺利更换结束,更换最后一对电信杆的斜向钢绞绳时,正好有四名电信工人在杆顶操作,有一根新的钢绞绳刚拉上电杆顶端,原有的旧钢绞绳尚未开始拆除。就在这时,电信杆突然向外倾斜,伴随杆埋入段外侧土体发生的较大的横向位移,杆端斜向钢绞绳开始断裂,杆下部与地表接触处约0.2米长的混凝土全部粉碎剥脱,杆身在此处断裂,埋入土中的杆身一并被拔出,两根电信杆同时倒下20米高的陡崖下。

2 地质条件

通过现场观察及掘探与人工螺旋钻钻探,发现倒塌电信杆所处的位置工程地质条件极差,同时又受到水的严重影响,主要表现在以下几个方面:

- 1) 该处土层的成份主要为生活垃圾,呈松散饱和状态,土体本身能提供的侧向抗力很小。
- 2) 在发生倒塌的一对电信杆处,土层厚分别为2.38米和2.16米,也就是说,杆底端下面还分别有0.38米和0.16米的土,边坡外边缘距两杆的中心距仅有1.90米和2.20米(见图1),可见土体的侧向稳定性极差,对杆身能提供的嵌固甚微。

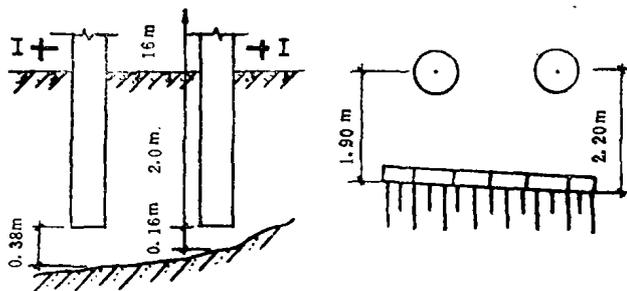


图1 电信杆、地基边坡相关位置

- 3) 与其它未发生事故的三对电信杆比较,此处不但杆的底端下土层较厚,杆与边坡外边缘间的距离最短,而且平面位置也最低,这样,该地成为地表水与地下水的汇集处,特别是在紧靠电信杆下,搭设有数间用作厨房的简易违章建筑,杆旁内侧不到0.3米处还有一简易排水阳沟,用于排泄厨房及生活的大量用水,人为增加了边坡土体的含水量,加之边坡外侧

砌筑有一道厚约0.3米的条石挡墙，堵塞了土中水的向外排泄，这使得此处土体长期处于高含水量状态，造成土体强度的进一步削弱，降低了边坡的稳定性。

事故发生现场的地质剖面见图2。

3 受力分析

电信杆处的工程地质条件本已很差，杆与杆周土体又长期承受如下各力的作用（见图3）。

1) 杆上部受到的侧向拉力 F_1 ，该力由斜向钢绞绳提供，每根杆的钢绞绳由5束共35根直径为3毫米的高强钢丝组成，若取其设计强度为400N/mm估算， F_1 能提供的最大拉力为：

$$F_1 = (9\pi/4) \times 35 \times 400 = 99\text{kN}$$

考虑重庆地区的酸雨腐蚀严重，而且现在待换的钢绞绳已使用了八年，若考虑长期腐蚀、生锈等原因，钢绳强度减少30%，则上述斜拉力为： $F_1 = 99(1 - 0.3) = 69\text{kN}$

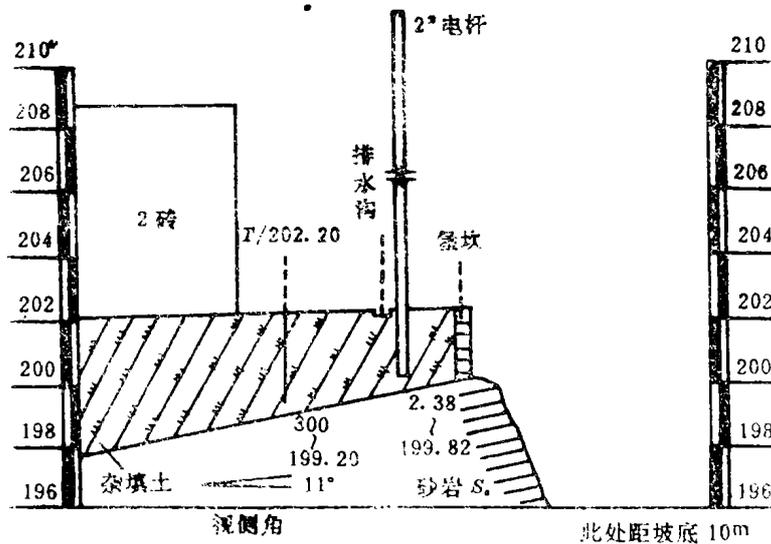


图2 电信杆倒塌处地质剖面示意图（比例尺1:200）

水平向分力为：

$$F'_1 = F_1 \cos 30^\circ = 60\text{kN}$$

2) 杆上部受到的水平向拉力 F_2 ，该力由过江电讯线施加，每根电信杆受到14根线的拉力，按电信局提供的每根设计拉力为4kN计算， F_2 约为：

$$F_2 = 4 \times 14 = 56\text{kN}$$

3) 杆入土部分受到的土体侧压力 N ，内侧 N_1 呈上小下大分布，外侧 N_2 呈上大下小分布。

4) 事故发生时，正值寒潮期，达到当年重庆市最低气温，长约1,000米的过江线必然产生冷缩效应，从而进一步增大了杆端向外的拉力 F_2 及杆下端入土段内、外土体受到的侧向力 N_1 、 N_2 ，杆内侧斜向钢绞绳的拉力也相应增大。

- 5) 杆的自重 W 。
- 6) 杆底地基土的反力 R 。
- 7) 杆外侧违章建筑的重量 q 。

根据上述作用的各力，这里有以下几点须加以说明：

1) 电信杆外侧用作厨房的简易违章建筑，在使用中不但增加了土中水的含量，而且建筑本身的自重及活荷载，也在一定程度上使土体的稳定条件恶化，尽管荷载不大，但由于位于坡顶边缘，再加上土体松散，压缩性高，在该荷载作用下将产生较大的沉降及向坡外的水平位移，造成电信杆向坡外倾斜。

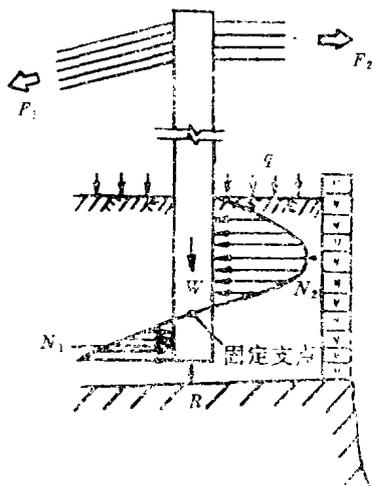


图3 电信杆受力简图

2) 由于 F_2 是主动力， F_1 是被动力，由此可判定杆外侧土受力 N_2 大于内侧土受力 N_1 。 N_2 是施加在边坡顶部外侧的侧向压力，该力的增加，在外侧土体很薄，且松散，稳定性又差的条件下，使该土体边坡增加了不稳定因素，并造成电信杆进一步倾斜。

3) 在电信杆受到的各力中，由于电信杆仅埋设在松散的土体中，几乎无嵌固力，杆身仅仅靠 F_1 与 F_2 的分力维持其平衡。显然，杆身的抗倾覆能力是较差的。

4) 已经将斜拉钢绳拆换结束的另一地域的另三对电信杆与倒塌的电信杆比较，杆上端受力条件完全一致，不同之处主要在于地形地质条件的差异，已更换的三对电信杆处的位置，土层较厚，受水的影响较小，地面及边坡岩面相对干燥，杆距陡崖边缘的距离较大，

这些更进一步说明了事故发生处地基土的不利受力条件（包括水的影响）以及这些不利条件对事故发生的主导作用。

4 事故原因分析

根据地基土及边坡的地质条件、杆的受力状况及对破坏后现场的观察，可推断出事故发生的过程为：

1) 如前所述，由于电信杆的受力状态及地基地质条件，使杆身本已向外倾斜，四名电信检修工爬上杆顶并开始将新的钢绞绳往上拉时，其重心必定在杆的外侧，这将增加电信杆的外倾力，使得杆周地基土受力增加，进而使电信杆增大倾斜度，由于此时的土体已长期处于横向受力的极限平衡状态，稍微增加土体的横向力都可能导致土体的失稳破坏，使电信杆倒塌。

2) 当杆端的外倾力增加，杆入土段内的固定支点（图3）随之下移，因而导致倾覆力矩增大。同时，由于土层排水不畅，长期饱水松软， c, φ 值减小， N_1, N_2 产生的稳定力矩减小，从而使杆身产生向外倾倒的趋势。这将使斜拉钢绞绳受力猛增，处于非正常承力状态，并很快超过其极限抗拉强度，发生突然性断裂。

3) 斜拉钢绞绳一断裂，斜向拉力将转化为地基土的侧压力，而此时土体完全失稳，无

法有效承载,造成电信杆的彻底倒塌。

综上所述,从电信杆的受力状态及地形地质条件分析,事故原因可归纳如下:

1) 由于历史原因,敷设电信杆时,仅简单地套用标准图,未根据该处的地形地质特点进行适当的处理,杆端未能嵌入稳定的岩土层中,仅按传统作法,造成靠外力平衡维持稳定。

2) 由于人为造成地质条件恶化,如修建违章建筑及大量地面水的向下渗透,使边坡土体的稳定性降低,造成电信杆的向外倾斜。

3) 在土体已处于极限平衡状态及电信杆已发生倾斜的条件下,检修工及随带工具上杆顶后,增加了电信杆的倾覆力矩,使电信杆的平衡条件受到破坏而倒塌。

5 高崖边坡上地基事故的防治

通过对电信杆倒塌事故的分析,可以看出高崖边坡上地基事故带有普遍性的原因,其一是由于在特定的地质条件下所表现出的地基不稳定性;其二是工程设计中往往没有充分考虑建设场地的特殊性以及由此产生的诸多不利因素;其三是工程建成以后没有注意对环境的必要保护,造成对地基条件的人为破坏,对于高重心构筑物,这些原因往往直接导致地基事故。针对这些问题,对高崖边坡上的高重心构筑物及一般建筑物的建设,必须注意以下方面:

5.1 工程地质勘察

对拟建场地,必须事先进行详细的工程地质勘察,特别是对边坡的稳定性进行评价。同时查清地面水的汇集排泄情况以及地下水位的变化。如果下卧岩体表面外倾,还必须查明岩土接触面的情况并判定工程加荷前后有无滑坡的可能。对岩、土的性质,除按常规进行物理力学性能指标测定外,还应考虑高崖边坡由于风吹雨淋日晒等自然力的强烈作用易造成岩体的风化剥蚀这一不利因素,通过对比观察与试验,判定分析岩、土性质的风化及弱化速度。

5.2 地基基础设计

在高崖边坡上的地基基础设计,应考虑地质条件的特殊性。如勘察表明拟建场地的稳定性较差或有滑坡可能,则首先应进行边坡的加固处理,处理方案有锚桩或挡墙等,如果边坡上的岩体受风化作用严重,还应采取护坡等防护措施。对于基础设计,根据工程的大小与重要性应尽可能利用地基下部稳定的岩土层,如采用嵌岩桩方案等。这样可避免对坡顶外侧土体施加过大的水平推力,而过大的水平推力往往是造成边坡地基事故的主要原因之一,如果由于地质条件限制不得不采用浅基础方案,则应采用整体刚度较强的基础形式,并加强上部结构刚度。

5.3 环境条件保护

工程建设竣工以后,还必须加强对环境的保护,以免造成高崖边坡上地基条件的逐渐恶化。环境保护的主要内容是加强对在边坡上已建成工程周围继续建房的控制管理,避免在坡顶堆放重荷,注意对地表水及地下水的疏导排泄等。

5.4 对已建工程地基状况的检查

除了对新建工程进行上述各方面的工作外,对已建成的工程,特别是对重要建设或重要设施,还有必要进行地基状况的检查,检查内容包括对原地质资料的复核,查地基条件是否变化;对原设计特别是对60年代至70年代的设计进行复查,查是否套用不适合高崖边坡标准

图, 或没有考虑地质条件的不稳定性, 或上部荷载有了变化; 对环境状况进行检查, 查违章建房、坡顶堆载、污水乱倒等现象。

只要各设计部门以及城市管理部门都注意以上各方面的工作, 是能够减少甚至避免高崖边坡上地基事故发生的。

参 考 文 献

- 1 曾国熙等, 地基处理手册. 中国建筑工业出版社, 1988
- 2 孙更生, 郑大同. 软土地基与地下工程. 中国建筑工业出版社, 1984

(编辑: 徐维森)

REASONS FOR FOUNDATION FAILURE OF STRUCTURES WITH HIGH GRAVITY CENTRE ON CLIFF AND ITS PREVENTION

—An investigation and analysis on
a collapse accident of electric poles

Zhang Siping Huang Qiushun

(Dept. of Civil Engineering)

ABSTRACT According to an example of electric poles collapse on cliff which leads to a serious accident, this paper analyses its geologic condition, environment, load, internal force and so on. The reasons why the accident occurred are presented. Some specific methods and measures are used to analyse and prevent the collapse accidents of ordinary structures and building with high gravity centre. It usually occurs on cliff in mountain area.

KEY WORDS cliff, foundation failure, building with high accident