

深基坑支护工程失事原因分析(3)

田裕申 易著祥 韦勇生 魏进军

(三)银都大世界

1. 工程概况

该工程占地积 6730m^2 , 建筑面积约 6.5万 m^2 , 由塔楼和裙楼两部分组成(见图 12),

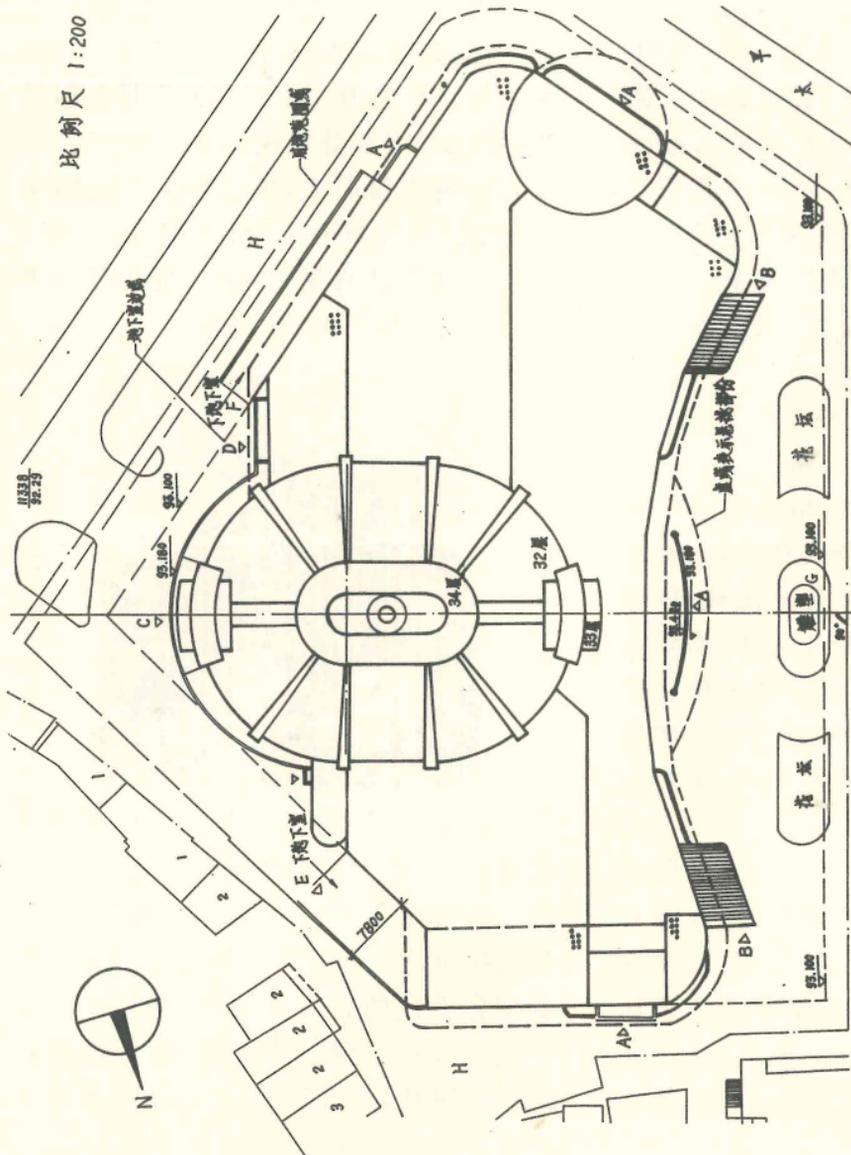


图 12 银都大世界平面布置图

塔楼地上三十二层,建筑总高度 120m,裙楼六~七层,地下三层,地下室基坑周长约 300m,基坑深塔楼为 17m,裙楼为 13m。基础地质条件如下:杂填土埋深 0.4—4.7m,分布于整个场地;淤泥质土埋深 0.5—3.5m,层厚 0.4—3.6m,分布不连续,局部呈透镜体分布;硬塑状粘土,埋深 0.4—0.5m,层厚 0.6—17m;硬塑状含砾粘土,埋深 0.8—16m,层厚 3.2—20m,分布连续;可塑状含砾粘土,埋深 15.7—27.1m,层厚 0.7—10.02m;微风化灰岩,埋深 13—33.14m,高差 20.14m,说明基岩面起伏性大,凹凸不平,且浅层岩溶异常发育,溶洞内均为软塑状含砾粘土所充填。上层滞水埋深 0.7—1.4m,主要含于第②层淤泥质土中,无统一的地下水位,该地下水位主要接受地表坑、沟排污水及钻探施工用水渗入补给;裂隙孔洞(溶洞)水赋存于基岩裂隙,溶洞中的地下水,其来源主要受大气降水渗入补给,洪水时接受柳江水倒灌补给。

基于上述地质条件,结合该工程属超高层建筑物,荷重大等结构特点,基础设计采用大口径人工挖孔灌注桩,单柱最大轴向力 36000kN,最小为 16000kN,塔裙楼基础底板为一整体,基坑壁支护采用人工挖孔灌注桩附加预应力锚索被拉结构为主,挖孔桩的桩端承载力为 10000kpa。

由于东侧和北侧与已有二、三层民用住宅和六层建筑物紧紧相临,西侧紧临柳州市交通要道鱼峰路,而且塔楼的承载人工挖孔桩是在基坑开挖深度达到 12.8m 以后再开挖并施工承载桩,而这些承载桩要穿过喀斯特溶洞,因此,基坑

暴露时间相对要长些,这样更应重视基坑壁支护的可靠性。

2. 基坑支护状况

该基坑以挖孔桩附加预应力锚索为主的支护形式,在条件允许的部位局部采取放坡、堆砂袋、打角钢或钢筋钉等多种措施,当基坑壁产生大变形时,在基坑拐角处腰梁部位用钢桁架或粗钢管支撑;在大面积产生大变形时,紧急支护加固措施采用大型工字钢或其他型钢支撑,同时补打预应力锚索。

锚索是以 15°角穿过腰梁,打入土体,内锚固段长 27m,张拉段长度 5m,每根锚索的承载力 390kN。腰梁是在距挖孔桩顶 3.5m 深处将挖孔桩衬套打通,串联并现场浇筑而成,把常规采用的帽梁移位至距挖孔桩顶 3.5m 的部位,结果即改善了挖孔桩的受力条件,也满足了预应力锚索的施工要求(如照片 4)。



照片 4
银都大酒店深基坑支护现状

银都大酒店基坑支护从整体来讲是成功的,但由于基坑暴露时间太长(两年多),再加上为了打穿工程桩基础,在穿过喀斯特溶洞灰岩时放炮震动对基坑壁的稳定造成的很大威胁,还有其他多种因素造成基坑壁产生大位移,导致民宅产生大裂缝,不得不拆除;马路产生裂缝

或龟裂；人行道塌方导致交通堵塞等事故，下面着重分析产生上述事故的原因。

3. 工程失事原因分析

(1) 基坑壁产生大变形的原因分析

基坑壁的支护是靠挖孔桩附以预应力锚索来抵抗基坑壁产生有害的变形，但该工程由于靠挖孔桩和预应力锚固荷载抵抗不了基坑壁的变形，导致基坑壁产生 23.5cm 的水平位移，这时距基坑壁 5—20m 范围内的东侧平房和二、三层楼房产生裂缝，裂缝宽度达到 1—4.5cm，这种情况下不得不强行搬迁，全部拆除危房。北侧六层楼房和附近民房出现裂缝、开裂，危及建筑物的安全。

产生上述工程失事的原因主要是：

①、设计时没有认真进行基坑壁的稳定性分析，结果支护荷载小，阻止不了基坑壁的水平位移；②、施工时支护荷载达不到设计要求。

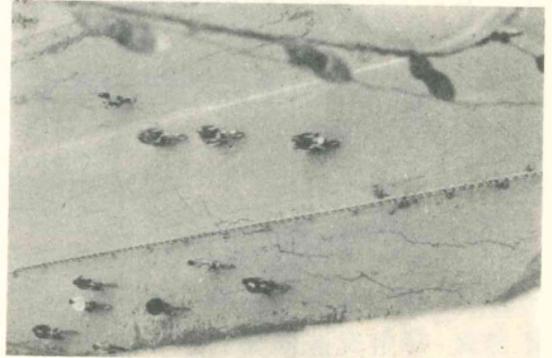
(2) 马路出现大裂缝和龟裂原因分析

由于基坑壁的大变形，牵动锚索向基坑位移，这时穿过基坑西侧马路，正处于马路下 4—5m 深处的锚索内锚固段的锚固力抵抗不了基坑壁的位移，促使内锚固段带动周围土体向基坑移动。结果破坏了马路下面土体原有结构，使得内锚固段周围土体拉裂，发展到马路表面，造成与基坑平行的 100m 长的鱼峰路马路表面出现了最宽达 3cm 的裂缝或龟裂，如照片 5、照片 6。

造成这种后果的原因，同样与设计有关，即靠近马路的基坑壁施加的预应力锚固荷载满足不了抵抗基坑壁变形要求。另外，锚索的布置也不尽合理，锚索都采用同一个角度(15°)，同一个长度，



照片 5 银都大酒店基坑施工现状与两侧马路出现裂缝状况



照片 6 银都大酒店基坑两侧马路出现裂缝状况

这样在内锚固段形成一个规则的拉裂面。如果所设计的锚固荷载在满足抵抗基坑壁变形的前提下，采用不同锚固角度，不同长度的锚索，可避免出现规则的拉裂面。

(3) 人行道产生塌方原因分析

深基坑开挖进入关键时刻，繁华的鱼峰路人行道突然塌方，塌方面积 4×4m，深 5m，导致交通堵塞。造成这个事故的原因，在客观上是由于塌方部位附近一自来水管漏水，土体遇水变为流塑状态，甚至液化。如果挖孔桩之间土体封闭得好，即使处于液化状态的土体也是没有出路的。就因为这里四根挖孔桩之间土体(挖孔桩之间土体宽 30cm)没有封

闭好,变成流入基坑的通道,造成 80 多方土体流入基坑。因此,封闭好挖孔桩之间土体也是保证基坑稳定的重要环节。

(4)区人防办办公大楼

区人防办办公大楼基坑深约 10m, 周长 300m 左右,基坑周围除临建工棚外没有其他建筑物,但距这个基坑东侧约 25m 处拟建统计局办公大楼。

该基坑深 3m 以内采用 1:1 坡度放坡,并局部喷混凝土,3m 以下为挖孔桩护壁,桩顶以圈梁相连,如照片 7。

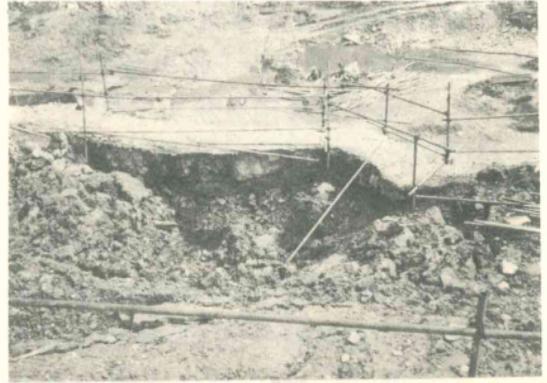


照片 7 区人防办办公大楼基坑支护全貌

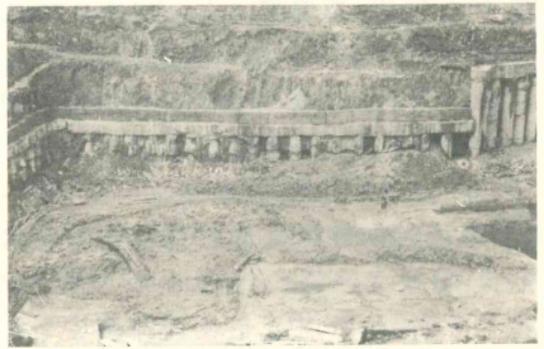
当基坑深度接近设计标高时,由于正赶上雨季,基坑壁东侧土体遇水液化,从挖孔桩中间流入基坑,流入基坑的土体近千方。由于大量土体流入基坑,在基坑壁附近高 10m、宽 20m 范围内的土体下陷,最大下陷深度达 1.5~2.0m,受扰动范围达 20 多米,如照片 8、照片 9。

土体产生塌陷与扰动是与挖孔桩和圈梁向基坑产生位移有关,这种情况下不得不采用脚手架和型钢支撑挖孔桩,以免挖孔桩断桩或倒塌,限制基坑壁继续产生大变形。

产生上述情况的主要原因是:1. 只靠挖孔桩难以抵抗土压力,因而向基坑产生较大的位移变形;2. 由于挖孔桩位移扰动了土体,破坏了原有土体结构,当



照片 8 土体严重塌陷状况



照片 9 土体流入基坑状况

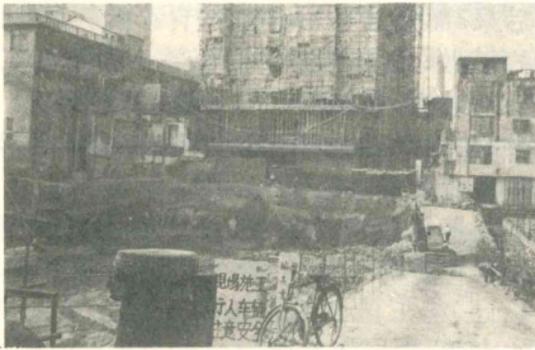
被扰动的土体遇水就很容易处于流塑或液化状态,并从挖孔桩之间的空隙流入基坑。

对此,如果通过预应力锚索将挖孔桩背拉在土体中就可大大提高抵抗基坑壁变形的能力,限制产生有害变形,同时如果通过钢筋网喷混凝土封闭桩间土,就可以完全避免上述现象的发生。

(5)裕丰大厦

裕丰大厦基坑采用钢筋网喷混凝土、锚杆、预应力锚索支护深基坑壁获得成功,但也出现了一些事故。在边开挖边喷混凝土、打长锚杆的过程中,靠近正在施工的八层楼房一侧的基坑壁发生塌方,塌方深度 4m、宽度约 20m,如照片 10 (见右图),这样危及着八层楼建筑的安全。当基坑接近设计深度(约 10m 左右)

时,基坑排水是在底部低洼处集水排水。这里的土体为粉砂,遇水变成泥浆,在泥浆的不断涌动下,基坑北侧垂直开挖的基坑壁下部土体被掏蚀,形成倒坡并向基坑产生较大位移,危及上部土体的稳定;基坑东侧靠近新华街的基坑壁向基坑产生较大位移,同时带动基坑壁上的预应力锚索移动,结果导致平行于基坑的新华街靠近基坑一侧的马路产生宽3cm、长100多米的裂缝。



照片 10 裕丰大厦深基坑支护现场

上述三种事故虽然没有造成严重后果,但也引起人们关注。如果工程技术人员认真对待,上述事故是完全可以避免的。如八层楼一侧基坑壁塌方,可能是没有及时支护造成,一次开挖深度过大或者开挖后没有及时采取支护措施导致塌方;基坑排水如果采用井点排水,就可保证地下水位始终在工作面以下,这样就能避免上述险情发生。新华街马路出现裂缝,说明预应力锚索的锚固荷载满足不了限制基坑变形的要求,后来又补打锚索,但已无法限制马路继续出现裂缝,也无法回复基坑壁向基坑产生的位移量。因此,一开始就应在稳定分析的基础上提出合理的设计,以避免工程事故的发生。

(6)泰安大厦

泰安大厦基坑深12m,靠被帽梁相

连的挖孔桩支撑基坑的稳定。但是靠近林业厅三栋住宅楼(六层楼房)一侧,由于化粪池漏水和其他多种原因导致三根桩断桩,并带动其两侧6根桩倒桩,同时牵动两边2~3根挖孔桩变位,造成12m宽的土体塌滑。塌滑体上缘,距住宅楼基础只有2m,住宅楼房基础周围土体出现裂缝,杂货房和其中自行车等滑入基坑,并危及住宅楼的安全。这种情况下,三栋住宅楼居民不得不在1993年12月28日搬出,造成较大经济损失。

经调查发现,挖孔桩施工时钢筋笼没有穿过圆砾层(基坑深12m以下地层为圆砾层),因此,挖孔桩在进入圆砾层部位断桩,导致上述后果。

如果处理好化粪池渗水,切断水的来源并保证挖孔桩的施工质量,就完全可以避免上述事故发生。

(7)交易场大厦

交易场大厦基坑开挖过程中,基坑西侧楼房下基坑壁向基坑位移,威胁着交易场原有建筑物的安全,这样不得不采用型钢支撑,其他一些部位用砌砖墙支撑基坑壁,当基坑深度达到3.5m时,由于大量涌水无法开挖而不得不停工。

产生这种后果的原因主要是忽视了支护基坑壁的重要性,对水文工程地质条件缺乏认真的分析,更缺乏在基坑稳定分析的基础上做出科学的支护设计,并根据设计要求施工而造成。

在如此丰水的地质条件下施工,应做好帷幕封水,把基坑中水与基坑外水隔绝,在基坑开挖过程中保证基坑水位始终在开挖面以下。另外对基坑壁的支护应在稳定分析的基础上采取可靠的支护措施,以确保基坑壁的稳定。

除上述工程外,还有如下工程由于种种原因出现这样那样的工程事故。

例如,上海广东路一基坑,为了省钱

将原 80cm 的地下连续墙改为 60cm, 结果由于刚度和强度满足不了设计要求, 承受不了外荷载而垮坡, 导致国际电话电缆断裂, 煤气管道被破坏, 造成巨大损失而震惊全国。武汉市某十八层高层建筑是在黄效河排污淤泥地基上打承载桩, 由于地基土质太差, 桩自身的稳定性就很差, 再加桩与柱对接质量得不到保护, 其中 40% 的桩是斜接的, 这又增加了该楼基础的不稳定性。由于又在该楼附近开挖基坑, 结果加速了该楼向基坑倾斜, 当该楼最大倾斜位移达到 2.88m 时, 不得不炸掉这栋 18 层干部住宅楼, 而曾轰动全国, 变为典型事故。珠海曼哈顿广场基坑地下连续墙施工过程中遇到大孤石, 不能按设计要求进行地下连续墙施工。北海凌云宫基坑, 北部湾商城采用素混凝土灌注桩支护基坑壁, 由于桩的强度低而断桩, 导致基坑壁垮坡。柳州兴隆大厦深基坑开挖采用挖孔桩支护基坑壁, 由于基坑施工过程中正遇上柳州市闹特大洪水, 整个基坑被水淹没。由于挖孔桩之间土体没有封闭, 土体被水浸泡塌入基坑, 特别是基坑北侧紧邻新华书店,

新华书店承载桩间土体大量流入基坑, 桩基暴露, 威胁着书店楼房安全, 不得不支模灌注混凝土支撑楼房基础。另外海南岛的鱼海大厦基坑失事导致基坑附近三层楼房滑进基坑造成严重后果, 又如广州爱群大厦基坑支护不力造成严重塌方, 不得不用大量砂回填, 已免塌方进一步扩大范围, 危及附近建筑物的安全。

以上失事工程实例并不是由于技术难度大, 难以实施有效支护而造成这种后果, 而是由于甲方为了节省投资, 该做的不做; 施工层层分包导致不可避免的偷工减料; 存侥幸心理, 能不做勘测就不做, 边设计边施工, 走一步看一步, 从而最终造成难以挽回的后果。

最后应说明的是: 在进行上述大量工程调查的过程中, 我们得到了各甲方、设计、施工单位的领导和工程技术人员的大力支持, 无私提供宝贵资料, 对此表示感谢! 当然在本文中不可避免的出现这样那样的出入或者错误, 对此敬请有关单位同行指正和谅解, 我们将感激不尽。

参考文献

- (1) 田裕甲, 土钉墙技术与深基坑支护、锚固与注浆, 新疆科技卫生出版社 1995
 - (2) 田裕甲、王永年, 预应力锚固技术与工程应用, 水利水电地下建筑物情报网 1986
 - (3) 周增富译 田裕甲校 VSL 锚固施工法设计施工规则, 日本 VSL 锚固协会 1994
 - (4) 东北勘测设计院主编, 地下洞室的喷锚支护, 水利出版社, 1981。
 - (5) 中国工程建筑标准化协会标准, 土层锚杆设计与施工规范 (CECS 22:90), 中国计划出版社 1991。
 - (6) 崔京浩、崔岩, 深基坑土钉支护的力学分析及工作机制, 国际岩土锚固工程技术研讨会论文集, 万国学术出版社, 1996
 - (7) 韩学广, 深基坑桩锚护壁体系, 国际岩土锚固工程技术研讨会论文集, 万国学术出版社, 1996。
- 田裕甲: 柳州 OVM 公司副总经理、高工
易著伟: 柳州 OVM 预应力工程有限公司助理工程师
韦勇生: 柳州 OVM 预应力工程有限公司助理工程师
姚进年: 柳州 OVM 预应力工程有限公司助理工程师