

深基坑工程技术讲座(9)

沈保汉

(北京市建筑工程研究院)

第九讲 深基坑工程常见事故(下₂)

9.1 与地下水治理不当有关的事故(续)

9.1.1 基坑周边发生的事故

(1) 抽降软弱土层上下透水层的潜水或下部的承压水引起软弱土层固结下沉,见图9.1。

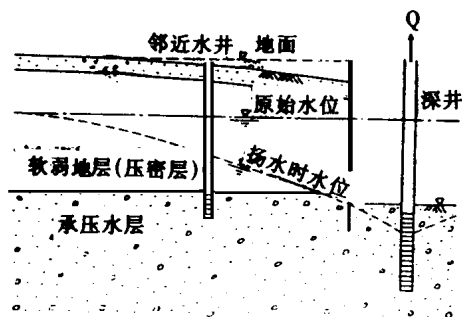


图9.1 地下水抽取所引起软弱土层固结下沉

深基坑降水时常会带出很多土粒,同时使软弱土层产生固结下沉,加上基坑挖土,将引起基坑周围一定范围和不同程度的工程环境变化。若处理不当,严重者将对基坑附近建筑产生位移、沉降和破坏,其中最普遍的是地面建筑和地下建筑(地下室、地下贮水池和地下停车场等)的沉降变形、水平位移和倾斜;道路及各种地下管沟的开裂和错位;以及边坡失稳等。

实例1 海口宏威大厦,基坑设计开挖深度为8.65m,基坑平面尺寸为52×108m。北侧邻近既有建筑物,采用土钉墙(竖向4层土钉,水平间距1.2m,土钉采用25钢筋,长度8~9m,土钉孔径130mm,边坡表面采用Φ6—200钢筋网片,分三次喷射混凝土,总厚度150mm;其余三侧采用放坡开挖(坡度57°);基坑开挖采用坑内井点降水,北侧布置5口降水井,井径800mm,井深14m,井内水位在-10m以下不等。基坑降水使北侧既有建筑物地基中的地下水形成漏斗形的水力坡降,该建筑物位于大海边,地下水极其丰富,加之淤泥质粘土的渗

透系数小,形成的降水坡度很陡。开挖至-3.5m时,水力坡降造成既有建筑物不均匀沉降,向基坑方向倾斜了0.28m,一段时间以后,基坑北侧边坡大面积坍塌。总之,采用土钉墙、不作止水帷幕而大规模深层降水和开挖是造成相邻建筑物倾斜的主要原因。

(2) 井水干涸

如果基坑现场周边没有利用承压水的深水井,那末抽取承压水后,就会使原来的井中水位大大降低,出水困难,甚至达到干涸状态。

(3) 盐渍化

在近海岸处存在淡水与盐水(海水)的平衡状态,如果对该处的承压水进行抽取,那末上述平衡状态遭到破坏,盐水浸入淡水域,使该处的井无法使用,见图9.2。

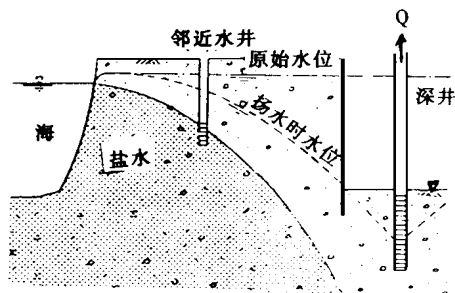


图9.2 由于抽取地下水呈现盐渍化

9.1.2 与上层滞水有关的事故

上层滞水主要赋存于填土层和上部松散地层的包气带之中,无统一水面,水位随季节变化,一般情况下要受大气降水补给。目前,不少单位对上层滞水的治理还不够重视,以致在以下特殊条件下,上层滞水也可导致基坑事故。

(1) 城市的上下水设施破损,成为局部上层滞水的重大补给源,给深基坑工程造成危害。这类事故,在深基坑工程中带有一定的普遍性。

实例2 太原某银行营业大厦,基坑深度为10.3m,基坑平面尺寸为90m×40m;地表向下为填土(1.3~4.3m厚),以下直至20m埋深均为粉土;地下水位-4.0m;北区采用悬臂式双排灌注桩挡土支护(梅花形布置),桩径0.8m,间距1.8m,排距0.9m;南区采用悬臂式单排灌注桩挡土支护,桩径0.8m,桩距1.2m;桩长分别为21m(东侧)和17m(其余三侧);西侧和南侧设旋喷桩止水帷幕;基坑内设18口降水井,井深40m,井径0.4m;基坑东南侧设有直径为2.0m城市排洪管道。基坑开挖完毕开始作基础垫层时,突然天降大雨,排洪管内流量剧增。由于排洪管道在拐弯处未设反推力支护,加之周围填土密实度不够,洪水改变流向时产生的巨大推力撞开混凝土排洪管道的接口,造成洪水泄露。加之基坑东侧未设止水帷幕,使得管道的漏水直接冲击挡土支护桩,带走桩间粉土,从而造成部分桩体倾斜,地面塌陷,相邻砖混结构车库倒塌近30m,4层招待所的基础外露,处境危险。

(2) 上层富水的填土、粉土和淤泥质土的存在加大了治理上层滞水的难度和投资,特别是当上层滞水和天然地表水有水力联系时,如果治理不当,便可能给基坑,甚至是不太深的基坑带来巨大的水患。

实例3 石家庄某高层建筑,基坑深度20.5m,基坑平面尺寸为120×100m;地层土质自地表以下分别为填土(2m厚),粉质粘土夹粉土(3.5m厚),细砂(6.5m厚)、粉质粘土夹粉土(8.0m厚),中粗砂夹卵石(9.0m厚);基坑西侧12m处有一解放前修建的南北向的毛石砌筑的下水道(圆拱形直径0.8m,沟道底在地表下2.5m处),常年渗水;基坑南侧10m处有地下人防通道(地表下7m处),常年积水并外渗。挡土支护结构做法:地表下-5.5m段挡土砖墙加钢筋混凝土框架,以下为 ϕ 0.6m钢筋混凝土桩,桩长20m,入土5m,桩距1.0m,挡土墙设三层锚杆。工程勘察在旱季做的,深基坑施工处于雨季。施工完西部坑底混凝土垫层后,西侧挡土桩间成片掉土,并有渗水现象,砖砌挡土护墙外倾超过10cm,坑顶地面出现裂缝。三天后西北部的部分腰梁槽钢脱落,部分锚杆螺母松动,第四天桩间土脱落加快,挡土支护结构倒塌,挡土桩折成三段,折点分别在第二、三层锚杆处,折点处混凝土破碎,钢

筋弯曲,第一层锚杆从土中完全拔出,第二、三层锚杆锚头拉脱,腰梁扭曲断开。与此同时,下水道塌陷,大量水涌入基坑。事故原因:

西侧下水道严重渗漏造成上层滞水较为丰富,雨季施工,雨水渗透与原上层滞水发生水力联系,使土体的含水量增高,土的力学指标向不利方向变化,主动土压力随之增大,主动土压力合力点上移;设计参数 C, ϕ 取值偏大,为工程留下隐患。以上几条综合效应导致西侧深基坑倒塌。

(3) 地表杂填土下有厚层或超厚层的饱和淤泥或淤泥质土,此层中的上层滞水抽排较难,处理不当,也会造成深基坑事故。

实例4 汉口某28层综合楼、挖深5.03m,一层地下室,悬臂钻孔桩挡土支护,由于该场区淤泥、淤泥质土厚达22m,开挖后挡土桩变形较大;抢险过程中又将支撑支于周边承台之上,而又未将所有承台连成整体共同受力,导致部分工程桩桩顶位移7~20cm;分析该事故原因,除以上所述外,建设方为节省成本,将原本封闭的挡土支护桩体系改为部分放坡开挖,即整个体系,部分开口,受力不利。

(4) 承压隔水层(粘土层)上有一层较厚的粉土层(例如3~5m),并直接为杂填土薄层所覆盖,而其中含上层滞水时,如果上层滞水治理不妥,也会造成事故。

9.1.3 其他原因引起的事故

深基坑工程中因地下水引发的事故原因是多方面的,有的是综合因素的结果;有的是勘察、设计、施工、监理或监测中某一方面失误或不周的结果;有的则与建设方有关;有的则是突发的“天灾”所造成的;以下作简要说明。

(1) 某些业主或工程技术人员,认识不到地下水问题的严重性,忽视地下水的防治问题。

(2) 某些工程技术人员,由于商业活动的需要,不能客观地选用合理有效的地下水防治方法。

(3) 地下水位下的粉土、粉砂夹层往往是引起潜蚀、管涌或流砂的主要物质,必须对此认真对待,否则将会造成事故。以武汉地区为例,在填土层和上部粘土层中的粉土、粉砂夹层中,含有大量的上层滞水或地下潜水。以往在勘察过程中,对这些粉土、粉砂夹层未能作详细的独立划分,没有充分地反映出场地水文

地质条件特征,因而未引起设计、施工的足够重视,不但未采取止水措施,坑壁支护措施也过于简陋,开挖施工中,监测工作又跟不上。开挖后,由于坑内外产生较大的水头差,地下水的水动压力骤增,出现侧壁渗水、涌水冒砂,使粉土、粉砂大量流失,造成边坡坍塌,地面下沉,引发相邻房屋开裂,地下管线破坏等事故。这类事故,具有一定的普遍性。

(4)不少勘察单位忽视专门水文地质勘察工作;对深基坑施工中因地下水引发的事故认识不足,以常规勘察去对待深基坑工程的勘察;建设单位没有进行专门水文地质的费用;简单地以上层滞水情况对待潜水的复杂水文地质条件;对于承压水的顶板,承压水头的大小所建议的水文地质参数,多数引用经验数值,没有进行专门试验。这些都是引起事故的原因。

(5)在水文地质资料不清的情况下,进行降水井的设计,降水井的数量及深度均考虑不周,结果基坑开挖后,达不到降水标高,基坑无法继续下挖被迫停工。

(6)基坑施工的时间跨度大,没有作坡体或坑顶防水处理面及坡顶或坡脚排水沟,遇到大雨,雨水渗入土中,使挡土结构的主动土压力和水压力剧增,轻则冲刷挡土结构背侧土,边坡土体流失,威胁邻近建筑物;重则冲跨挡土支护结构,或造成边坡失稳。这类事故已是屡见不鲜。

(7)由于排水计划失误、排水措施不当或坑周排水系统堵塞等造成无法排水,造成地表水位上升的水患。

(8)暴雨后坑周水位急剧上升,加上挡土支护结构本身存在隐患,促成事故的发生。94年夏天,一场暴雨,使深圳的30余栋高层建筑深基坑挡土支护结构遭到不同程度的损坏。

(9)采取降水过程中,由于水位控制不当,造成地下结构上浮。

(10)基坑内外侧过量抽水,基坑背侧饱和软粘土的天然结构急速地受到破坏,强度明显降低,压缩性急剧增大,造成地面沉降,对邻近建筑物、道路及地下管线将产生严重影响。

(11)位于三北(东北、西北、华北)地区的基坑越冬施工时,应考虑边坡冻胀的可能性。在寒冷季节,饱和软粘土会严重地隆起,并且强度明显下降而压缩性增大,如果上层滞水层

疏干不彻底,加上防冻措施不力,边坡土会严重冻胀,冻胀力可能促进挡土支护结构破坏。

(12)为抢工期,让挤土式工程桩与挡土支护桩及止水隔渗桩同时施工,结果在挤土桩的侧向挤压力影响下,使止水工程质量难以保证。基坑开挖后坑壁出现多处漏水,引起地面下沉,道路开裂,危及邻近建筑物的安全。这类事故也屡见不鲜。

(13)高阶地老粘土地区的水文工程地质条件比较简单,处于这类地区的基坑本来只要采取一些简单措施就可解决问题,如果对此掉以轻心,也可酿成灾难。武昌火炬大厦基坑局部倒塌正是此原因。

9.2 与开挖过程管理不当的有关事故

(1)放坡开挖时坡角过陡

放坡开挖是基坑开挖常用的一种形式,适用于硬质、可塑性粘土和良好砂类土,见本技术讲座(2)。均质砂类土基坑开挖时,其坡角应小于内摩擦角;粘性土基坑开挖时,其斜坡稳定性主要取决于滑动计算。放坡开挖时,地下水位需降低到基坑底面以下。实际深基坑施工时,往往抱有侥幸心理,违反上述要求,出现了本来可以避免的事故,各地均有实例。

(2)桩位移和倾斜

对先打桩后挖土的工程,由于打桩的挤土和动力波的作用,使原处于静平衡状态的地基土遭到破坏。对粉细砂可能会形成砂土液化,地下水大量上升到地表面,原来的地基强度遭到破坏。对于饱和粘性土由于形成很大的挤压应力,孔隙水压力升高,形成超静孔隙水压力,土的抗剪强度明显降低。如果打桩后紧接着开挖基坑,由于开挖时的应力释放,再加上挖土高差形成一侧卸荷和侧向推力,土体易产生一定的水平位移,从而造成原先打入的桩产生水平位移和倾斜。

实例5 中山市地处珠江下游冲积平原,较厚的淤泥和淤泥质土广为分布,饱和度一般为100%, ϕ 值一般低于5°。许多高层建筑的地下室和一些工业设施的基坑正处在此淤泥层中,其中相当一部分高层建筑采用打入式钢筋混凝土预制桩作为工程桩。在基坑开挖过程中频频出现预制桩倾斜事故。其原因:在饱和淤泥中密集沉入大片桩群引起振动、挤土和超孔隙水压力等效应;未等孔隙水压力下降、消失,也未对此采取措施便开挖基坑;盲

目施工,在坡度近于 90°的情况,一挖到底,开挖高度超过 4m。其结果,致使边坡突然破坏,同时致使预制桩倾斜,甚至桩体断裂。

(3) 挖土各阶段超挖

实例 6 上海某工程主楼基坑面积为 45m×45m,开挖深度 9.1m,基坑挡土支护结构为拉森钢板桩,桩长 22m,三道钢管支撑系统,基坑内喷射井点降水,靠旧民房区回灌井点。由于土方超挖及钢板桩刚度不够,致使钢板桩产生最大位移达 30 cm,钢板桩接缝漏水,致使邻近民房开裂严重,有一条贯穿性裂缝达 7 cm,该房屋因开裂过大而拆除。

实例 7 北京隆福大厦新楼的基坑工程,其基坑开挖、挡土桩施工及锚杆施工分别由不同施工队承包,由于相互配合不好,导致严重超挖,使挡土支护结构变形很大。

(4) 开挖周边荷载不适当地增加

边坡堆载(堆土、堆料、停机械等)给边坡增加附加荷载,如事先未经详细计算,易形成边坡失稳。

实例 8 上海浦东某深基坑工程,未降水开挖,一次挖到基底标高,挖土机行进的土体较陡,加上载土汽车行驶,基坑内土体发生滑动,导致围护墙体向基坑方向倾斜,工程桩向挖土的相反方向位移。

实例 9 上海浦东另一深基坑工程,挖土时,在基坑边堆放了近 400,000 kg 钢材,增大了挡墙背后的主动土压力,从而加剧了基坑失稳的危险性。

(5) 挖土速度过快

挖土应分层进行,高差不宜过大。对于软土地区的基坑开挖,基坑内土面高度应保持均匀,高差不宜超过 1m。进行薄层开挖无疑是维持软土地区基坑稳定的一项重要措施。但不少地区却往往违反这条基本原则而自食苦果。挖土速度快即卸载快,迅速改变了原来土体的平衡状态,降低了土体的抗剪强度,呈流塑状态的软土对水平位移极敏感,易造成滑坡。

实例 10 福州某大厦深基坑,深度 11m,基坑平面尺寸 51.2×60.2m;地表下地层土质依次为杂填土(1.6m 厚),粘土(1.4m 厚),淤泥(6.5m 厚),粉质粘土(4.5m 厚),淤泥质土(6.0m 厚),粉质粘土(3.0m 厚),淤泥质土

(2.6m 厚),以下为残积砂质粘土;基础工程桩和深基坑挡土桩均采用打入式钢筋混凝土预制桩;两道水平支撑(底标高分别为 - 2.10m 和 - 7.13m)。该场地淤泥土呈流塑状态,打桩后紧接着开挖基坑,在基坑开挖短时间内,未能有效地排水固结。第一道支撑完成后,沿着西侧继续开挖,一次挖深达 5.5m,高差大,且开挖面又太陡,引起多次滑坡。

(6) 邻近打桩挤土造成基坑围护破坏

实例 11 上海浦东成片土地开发,相邻工程互相影响。某二个工程,一工程基坑开挖,另一工程打桩,相距仅 14.5m,由于打桩速度快,每天打 13~18 根,结果因打桩引起超孔隙水压力,造成严重的挤土作用,导致相邻深基坑工程的水泥搅拌桩墙体位移 1.638m,围护墙体破坏,部分工程桩产生较大位移,处理该事故耗资数百万元,延误工期半年之久。

(7) 对邻近建筑物未进行养护处理

在深基坑开挖前,为防止邻近建筑物倾斜、龟裂或倒塌,应对其进行养护处理(如地基处理等)。此项工作不仅是未雨绸缪的防患措施,而且也是必要的作业。实际中,业主往往以节省费用为由,不愿进行养护处理,一旦邻近建筑物发生问题,此时耗资就更多了。

(8) 深基坑施工因各种原因(资金不到位,方案修改等)拖延,使挡土支护结构的应力与应变随时间而递增。

(9) 深基坑开挖过程,挖土机械等碰撞支撑系统、锚杆系统及挡土桩,造成不应有的损失(支撑破坏,锚头掉落,桩身撞裂等)。

(10) 基坑开挖到设计标高,清底不当引发事故。

实例 12 南宁某大厦深基坑工程,开挖到设计标高,发现局部地基土软弱,于是清理挡土桩根部淤泥,造成一排直径为 1.6m 的挡土桩倒塌。

(11) 基坑底面暴露时间过长

深基坑土体开挖后,地基卸载,土体中压力减少,土的弹性效应将使基坑底面产生一定的回弹变形(隆起)。如果基坑底面暴露时间过长,加之基坑积水,粘性土因吸水使土的体积增大,不但抗剪强度降低,回弹变型亦增大。因此,坑底应及时满封闭。