威海某基坑事故原因分析

孙剑平　陈启辉　张　鑫
(山东建筑工程学院土木工程系，济南，250014)

提　要　针对某基坑事故的原因分析，指出悬臂支护在位移控制方面存在的弊病，提出基坑支护中在设计、施工和检测等方面应注意的问题。

一　工程概况

威海某大厦位于威海市新威路，主楼 12 层，地下一层，采用桩基础，总建筑面积约 30000m²。该建筑物基坑深度：南侧、北侧和西侧均为 6.2m，东侧为 6.0m。基坑东西长 81.5m，南北宽 47.7m。基坑东侧 9m 为城市主干道，南侧距建筑物 11m，西侧 6m 处有一 6 层建筑物，基坑平面如图 1 所示。

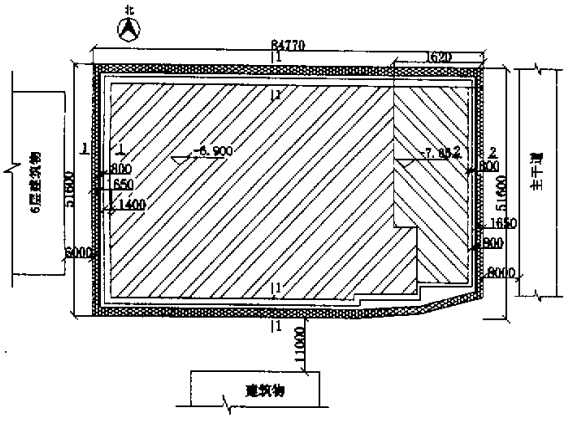


图 1 基坑支护平面图

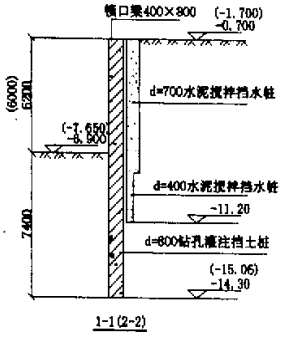


图 2 支护边坡剖面图

二　工程地质概况

经地质勘察，该场地结构较复杂，自上而下主要由以下几部分组成：

1.杂填土：土褐色～灰黑色，稍湿～饱和，松散，主要由粘性土、砂及建筑垃圾组成，厚度 1.9～3.2m。

2.中砂：黄色～灰黑色，饱和，松散，颗粒不均，厚度 1.1～3.0m。局部夹灰褐色粉土，湿，可塑，厚度为 0.6～1.1m。

3.中砂：黄灰色～深灰色，饱和，稍密～中密，厚度 1.3～4.1m。

4.粉砂：浅灰～深灰色，饱和，松散～稍密，颗粒均匀，磨圆度中等，局部夹细砂薄层，厚度 2.0～4.0m。

5. 粉质粘土：深灰色～灰绿色，饱和，可塑状态，土质均匀，厚度 1.9～5.4m。

6. 中砂：黄色，饱和，中密。颗粒不均，含较多粘性土及片麻岩碎块，厚度 1.2～2.7m。

7. 碎石：灰白～黄褐色，饱和，稍～中密。粒径大小不等，4～10cm，含量大于 50%，由中粗砂混粘性土充填或呈半胶结状，局部夹中细砂、粘性土薄层数层,局部含漂石。该层厚度 8.7～13.9m。地下水位深 1.1～1.8m。

三　事故经过

该基坑支护工程采用悬臂式钢筋混凝土桩支护，支护桩桩径为 800mm，内配 26 根，ϕ 25 钢筋，支护桩间距为 1000mm，桩端进入粉质粘土层。支护桩外采用两排相互咬合的粉喷桩作为止水帷幕，粉喷桩直径为 400mm，纵向间距为 700mm，帷幕厚度为 700mm。

□支护桩及帷幕施工完成一月后，开始基坑土方开挖，开挖分两步进行，首先将基坑下挖 3.5m，然后进行建筑物工程桩的施工。工程桩直径为 1.0m，桩端进入碎石层 1.0m，采用人工挖孔桩，外设钢套筒护壁，边挖钢套筒边向下沉（类似沉井施工）。当挖孔桩开挖至粉砂层时，因坑内仅采用明沟排水出现流砂，大量砂土进入桩孔内，且由于挖孔桩没有采用间隔施工，致使支护桩向基坑内位移，后采用间隔施工措施继续挖孔桩施工，直至挖孔桩全部完成。待挖孔桩施工完成后，基坑边坡顶部观测点位移值如下：西侧最大为 106mm，南侧最大为 157mm，东侧最大为 2mm，北侧最大为 62mm。基坑南部、西部和北侧地面出现开裂和下沉，西侧建筑物部分墙体出现裂缝。

挖孔桩施工完成后，基坑边坡水平位移慢慢趋于稳定。于是施工单位决定在南侧边坡处进行试开挖，开挖深度为 1.5m，宽度约为 2.5m。试开挖后南侧边坡顶部水平位移一夜之间激增 42mm，开挖被迫停止。

四　事故原因分析

1. 设计原因

(1)方案选择

支护方案的选择对基坑支护的成败往往起决定性的作用。本基坑边坡支护工程，由于施工单位缺乏理论知识和工程经验，采用了悬臂桩支护方案，其支护边坡剖面如图 2 所示，其中南侧、北侧和西侧基坑深度为 6.2m，东侧深度为 6.0m,支护桩的嵌固深度均为 7.4m。

由于该基坑距周围建筑物、道路和管线较近，因此对该基坑支护的位移控制应特别注意。由于工程技术人员经验不足，没有考虑上述危险，采用了悬臂桩支护方案。众所周知，悬臂桩支护是以基坑底面土的被动土压力来平衡边坡的主动土压力和水压力的作用。而被

动土压力的提供则需要较大的位移，因此，边坡的位移将会很大，从而导致基坑周围地面、建筑物、道路和管线的开裂和破坏。

(2)设计计算

由于地质勘探报告中，未提供基坑底面以上土的土性参数，因此，只能根据地质勘察报告提供的砂土的标准贯入锤击数 N 值推算出砂土的内摩擦角。其各层土的土性参数见表 1。

表 1 各土层土性参数值

序号	土层名称	γ (KN/m³)	C (kPa)	ϕ (°)
1	杂填土	18.5	0	10
2	中砂	18.8	0	20
3	中砂	19.0	0	25
4	粉砂	19.0	0	25
5	粉质粘土	20.1	4.2	20

经计算复核，当该基坑开挖至坑底时，其支护边坡（坑深 6.2m）支护桩的嵌固深度约为 12m，而支护桩的实际嵌固深度仅为 7.4m，远达不到规范要求。若按实际支护条件验算，该支护边坡的抗倾覆安全系数和抗滑移安全系数分别为 0.3 和 0.67，远低于有关规范的要求。当基坑挖至 5.0m 时，基坑边坡的抗倾覆安全系数和抗滑移安全系数分别为 0.71 和 0.96，均小于 1.0。因此，设计失误是该导致基坑事故的主要原因。

2.施工原因

(1)施工方法和施工顺序

该基坑工程出现事故的另一原因是施工方法和施工顺序不当。对本项工程，由于地下水位高，有较厚的粉细砂层，因此，支护桩和工程桩均应采用钻孔灌注桩，并应采用泥浆护壁以防流砂现象出现，且支护桩和工程桩应同时施工完成，支护桩混凝土达到设计强度后，再进行基坑的开挖。但施工单位以经济利益和工期出发，又缺乏必要的工程经验。施工中，先将支护桩和帷幕施工完成后，将基坑挖深 3.5m，再采用人工挖孔桩进行工程桩的施工，从而造成挖孔桩内出现流砂现象，进一步加剧了事故的发展。

(2)排水措施

基坑周围排水不畅，是该基坑工程事故的又一原因。由于挖孔桩出现流砂现象，基坑内抽水时，带出大量泥砂，将周围排水管道堵塞，施工单位未进行及时疏导，致使水位上涨至地面下 0.1m 处，进一步增大了边坡水压力，降低了边坡土体的内摩擦角和内聚力，加剧了边坡位移的发展。

五 边坡加固方案

因设计方面原因，该基坑深度比原来均有增加，其中南、北、西侧加深 0.6m，东侧加

深 0.8m，根据该工程现状，经过反复研究决定采用以下处理方案：

1. 坑外降水

降水的目的有两个，一个是减少基坑边坡的水压力；另一个是为预应力锚杆成孔创造施工条件，以防预应力锚杆成孔时出现塌孔或流砂现象。本工程在基坑帷幕外采用轻型井点进行降水，降水至基坑顶面下 7.0m，与原地下水位相比，实际降水深度为 5.5 m。经计算，降水对西侧邻近建筑物产生的最大不均匀沉降（水平间距为 6m）为 9mm，满足《建筑地基基础设计规范》（GBJ7—89）的要求。

2. 预应力锚固

□在基坑顶面以下 2.5m 处加设一排预应力锚杆，锚杆长度为 16m，考虑原边坡滑动面的存在，其锚固段取为 10m，非锚固段 6m。锚杆直径为 150mm，内配 3 根 7 ϕ3 钢绞线。单根锚杆允许抗拔力为 360kN，预应力设计值为锚杆允许抗拔力的 70%，加固剖面如图 3 所示。经上述加固处理，其边坡满足安全要求。

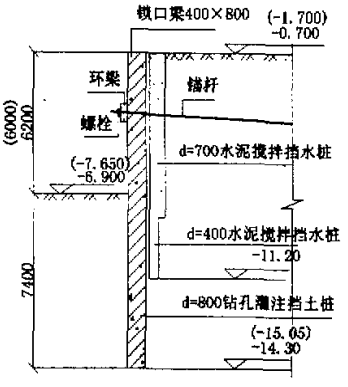


图 3　基坑加固剖面图

六　结　语

(1)基坑支护方案的选择，应综合考虑造价、工期、安全及对周围环境的影响。当基坑周围有建筑物、道路和管线时，特别要注意边坡的变形控制。

(2)基坑支护设计一定要严格审核，确保基坑边坡的安全系数满足规范要求。

(3)基坑支护施工中一定要把握住施工顺序，防止因工序影响导致工程事故的发生。

(4)基坑支护施工中应做好基坑周围的排水，防止因地表水位提高增加边坡的侧向压力。

(5)由于在基坑施工中进行了较为严格的边坡位移监测，及时发现问题，避免了事故的进一步发展。因此，基坑支护的边坡位移监测是防止边坡事故发生发展的行之有效的方法。

参考文献

[1]　黄强：《基坑支护规程》，北京，中国建筑工业出版社，1999。

[2]　刘建航，侯学渊：《基坑工程手册》，北京，中国建筑工业出版社，1997。

[3]　林在贯，高大钊等：《岩土工程手册》，北京，中国建筑工业出版社，1994。