一个失稳深基坑围护结构的经济有效加固

张　煜　王晓涵
（绍兴市建筑质量监督总站）

提　要　本文介绍了一个悬臂式围护事故及处理方案。

一　工程概况

绍兴市一商住楼，高十八层，面积逾五万平方，东临城市主要街道，南北二侧为城市次要道路，西面则是居民住宅区（图 1），基坑与西侧住宅之间仅有六米左右的通道相

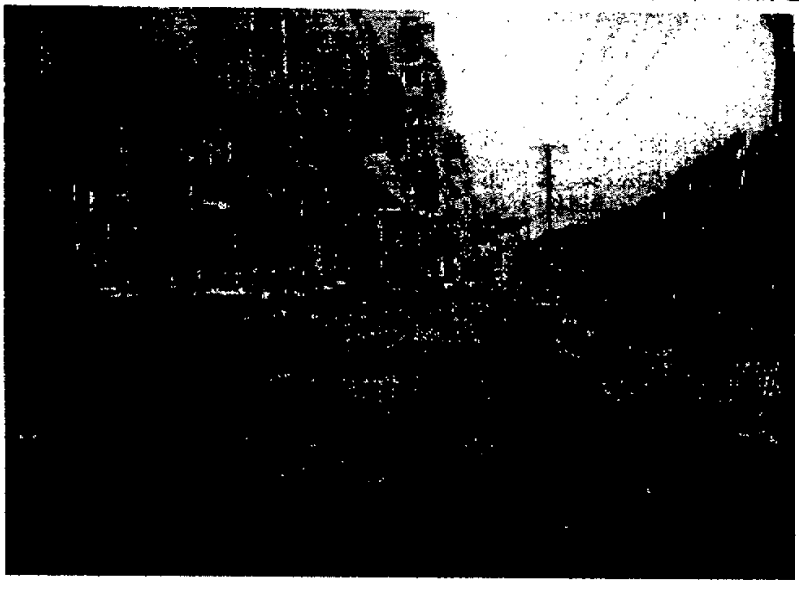


图 1

隔。基础采用大直钻孔灌注桩和箱形地下室。

地下室平面成 35×100m 的矩形，其钢筋混凝土板底离围护桩顶面 4.5m，桩承台及

承台梁上表面与地下室底板面平，下表面埋入深度在地下室底板以下 60cm。

为了地下室的施工，该工程采用了深基坑围护结构，围护结构形式为悬臂式钻孔灌注桩，直径 ϕ600、长 10m、间距 1m，其上以钢筋混凝土梁相连结、背面设置水泥搅拌桩作防水帘幕。

二 事故的发生及原因

围护结构施工达到设计要求的时间后，地下室土方沿长方向由南向北开挖，基坑开挖至中间轴线时，西侧围护桩向东产生位移，刚开始时，桩每日最大位移为 2～3cm。基坑一侧地面出现明显裂缝。随土方开挖继续向北推进，此种位移逐日增加，当日最大位移接近 10cm 时，位移由渐变转为突变，其一侧道路产生水平的严重开裂和突然的垂直下沉，此时围护结构失稳，围护结构背面土体破坏，现场有关人员认为围护结构已经破坏，必须抢险加固。不然，围护结构将坍塌，不但基坑围护失败，而且将严重危及西侧居民住宅的安全。

在分析围护结构事故的原因前，我们先来了解一下绍兴市区地质的一般状况。绍兴的地质情况普遍地是在表面杂填土以下，有一层厚度不大的硬壳层，其下则为厚度 10 数米的软弱粘土层，其塑性指数一般大于 15，土层为亚粘土、粘土、淤泥质粘土，液性指数在 0.6～1.5 之间，土层呈可塑、软塑和流塑状态，地基土的性能很差。一般建筑或做浅基础支承在表层的硬壳层上，或采用桩基穿过上述的软弱土层而进入以下较好的持力层。而高层建筑的地下室的实际埋深通常在 4m～8m 之间，挡土围护结构恰在上述软弱土层中，该工程的围护桩就处在这样的地基之中，为满足抗倾覆的要求，其伸入基坑底面以下的长度在理论是需要无限长的，也就是说，对于工程实际中一定长度的桩，由于内摩角 ϕ 太小，内聚力 C 太低、理论计算被动土压力是不可能平衡主动土压力的。当然工程实践中当悬臂型围护桩的入土长度二倍于其挡土长度时，在这样的地质条件下，也是能够保持围护结构稳定的。但该工程中的围护桩总长度仅 11m，围护桩的入土长度与挡土长度之比远不到二倍，况且，围护桩的桩顶标高。低于地面标高 1m，这样的桩顶放坡处理（如图 2），虽然可以有效地减少围护桩的弯距，但对于土压力的减少来说是微不足道的，其实际的挡土高度仍相当于 5.5m。显然，这样的围护结构出现破坏是不难理解的。事后观测发现围护桩不但发生了倾覆，而且在桩的基坑底面处产

生了 60cm 的水平位移。此外施工期间正临多雨季节，基坑四周未做防水和排水处理，地表水随着地面裂缝的开展，直接进入土中，弱化了土体物理性能，大大增加了桩后的土压力，加速了围护结构的失稳。

三 围护结构的抢险加固

围护结构失稳时，现场被迫抢救，向围护结构失稳一侧的基坑内回填土方，抵挡围护结构位移的持续发生，保持其稳定，这无疑是必需的和正确的。如此一来，显然就不能进行地下室的施工作业了。因此必须对围护结构进行加固。失稳的原因清楚了，加固便有了

理论上的基础，但工程实践中的加固仍须考虑多方面的问题：如何在可靠的前提下做到经济、省时、方便施工；失稳的问题解决了，是否会出现其它的问题，又如何去避免。



图 2

在多次分析讨论的基础上，我们对已开挖部份的围护结构采取了这样一些综合加固措施。

1. 设置水平支撑

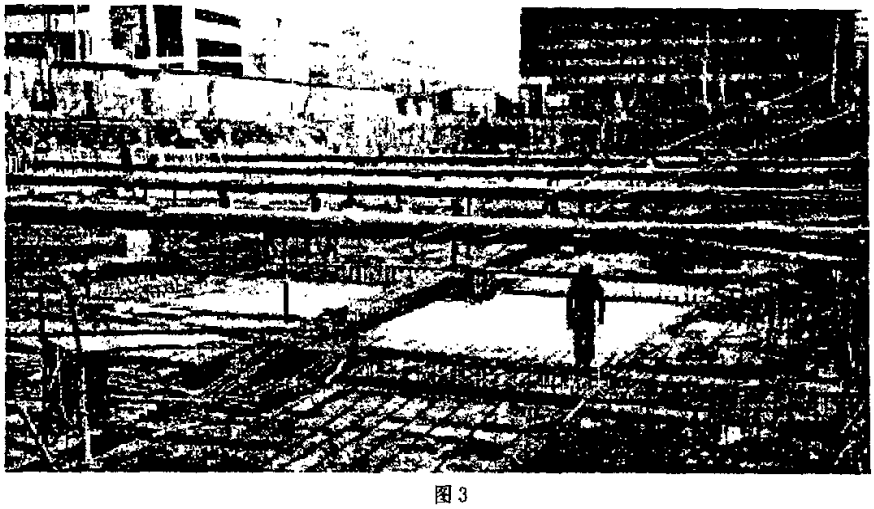


图 3

再行补打围护桩在时间上和经济性方面都是不可行的，我们的办法是在东西二侧的围

护桩之间架设水平钢管支撑（图 3），改悬臂型的围护结构为一端简支型的围护结构，充分保障围结构的稳定性。不但西侧围护结构可以安然，而且东侧围护结构也能够无恙。考虑到桩的压顶梁刚度很小，水平钢管支撑和压顶梁之间再焊接上斜撑，以减少压顶梁的跨度，保证压顶梁正常工作，使围护桩能够起整体作用。

在位移最大部位，在围护桩和工程桩承台间架设钢管斜撑（图 4），

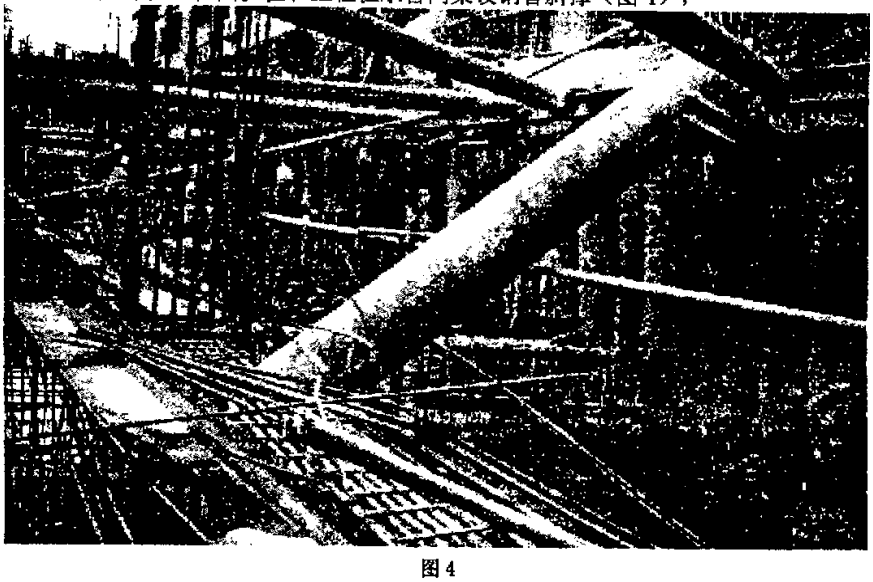


图 4

因围护结构的一处失稳而影响整体稳定。当然，这征得了设计的同意，围护桩的水平推力通过承台分散到多个大直径的钻孔灌注桩上，是不足以影响工程桩的正常使用的。地下室施工完成后，外露部分钢管切割后，在埋入混凝土的钢管中充填混凝土即可。

2. 保证桩的抗弯强度

围护桩是按悬臂构件配筋的，在桩顶架设水平支撑后，桩的受拉部位变了，如对此不加注意，就有可能引至桩的开裂甚至断裂，而产生又一个影响围护结构安全的因素。计算表明，在挡土高 4m 左右的情况下，虽然裂缝大一些，但强度能接近满足设计要求。基于这样的分析，我们对桩本身不再加中间支撑，那样施工会十分困难。我们的措施是首先增加桩侧垫层的厚度，从 10cm 增加到 20cm，使其在围护桩基坑底面处能起相当于支座的作用，桩的支承状态于弹性嵌固和简支之间，借此减少桩的弯距。其次对于靠近围护桩的承台和承台梁（图 5），我们取得设计认可、分段开挖，在地下室底板施工前先行浇筑砼，以有效地减少围护桩的挡土长度并保持围护桩的围基坑土的稳定，也可抵挡围护桩的水平位移（图 6）。

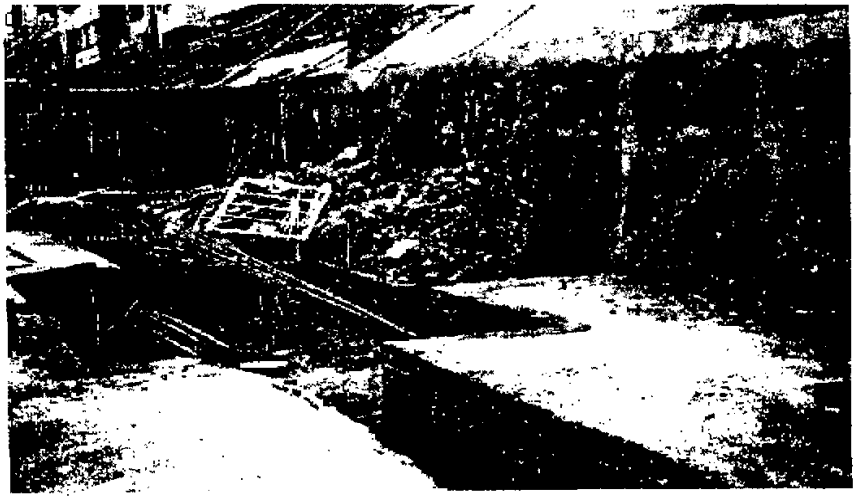


图 5

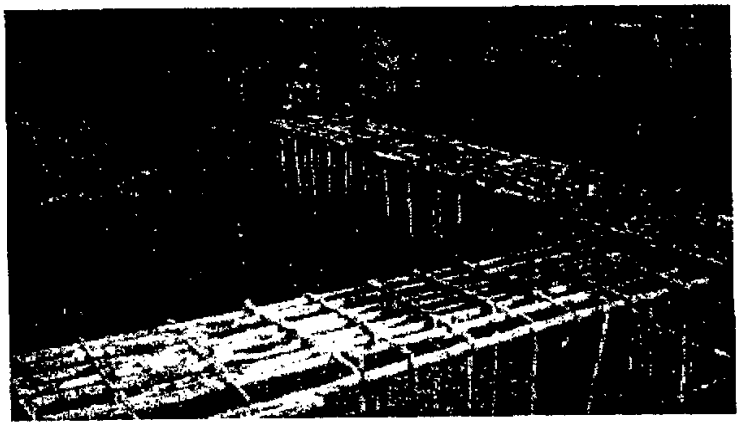


图 6

3. 减少外部影响

组织有效的地面排水，在基坑四周地面和土坡浇筑砼，保证地表水不渗入土体。在基坑四周不堆放材料设备、减少地面荷载。取得有关部门同意，西侧道路禁止大小汽车通行。

上述一系列加固措施实施后，在很短的时间内恢复了正常施工，加固费用比预期的大为减少，建设和施工单位对此相当满意。对于未开挖部份围护结构，集中的意见是打桩加固，笔者的建议是同样架设水平支撑，但低于桩顶面 1m 设置，即保证了围护桩稳定、又保证了围护桩的抗弯强度，省时又经济，被采纳实施，收到预期效果。