喷锚网支护在复杂软土深坑中的应用

胡正华　　林 欣
(温州建设集团公司，温州，325000)

提 要 本文介绍了喷网支护在复杂软土深坑中的应用，通过实践证明喷网支护技术能解决基坑流砂和地下障碍物，并起到隔水的作用，能提高工效，降低成本。

温州华侨饭店一期工程（以下简称本工程）总建筑面积 29072m²,占地 1789m²，共计 26 层，地下室一层面积 969m²，轴线中至中东西长度 59.3m，南北长 22.2m，基坑深度从场面自然地坪标高算起达 6.40m。本工程的工程桩采用 Φ800 机械钻孔桩，桩长 60m。现场周围环境较为复杂，东侧距繁华商业街——信河街为 8m，南侧距商业大楼——四达大楼 6.5m，北侧距华侨饭店老楼 14.5m，西北侧距华侨饭店 7 层扩建楼（1980 年建）只有 0.8m，平面布置见图 1。

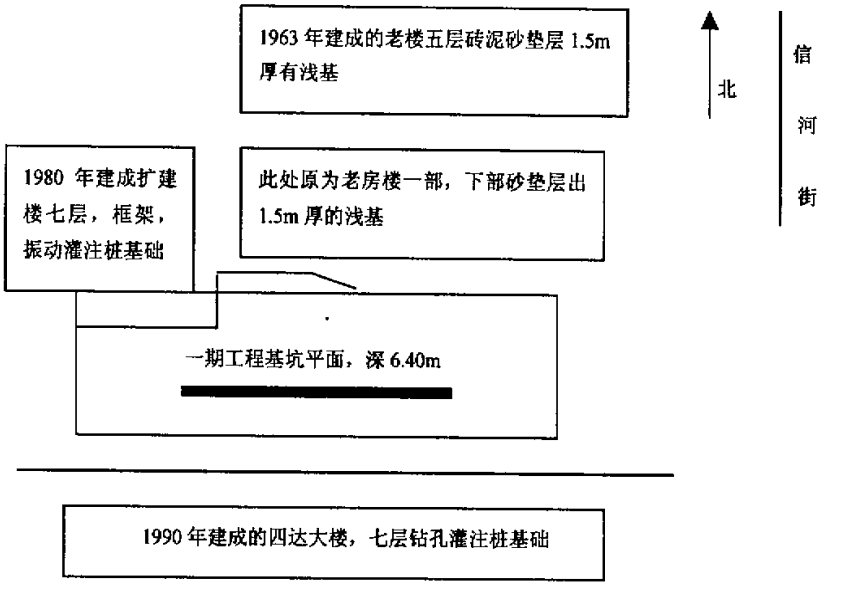


图 1

一　工程地质及水文情况

本工程地质钻探资料表明，第一层为杂填土，主要以块石、砼残基础和房渣土为主，厚度 2~4m，第二层为淤泥层，厚度 3.9~15.2m，地下水位在地表以下 1m，其存在的地下水由大气降水，或埋藏于地下的给排水管渗漏补给。

北侧坑边 2~3m 以下，还有一层 1.5m 厚砂垫层，这是华侨饭店的砂垫层基础。该楼建于 1963 年，由于照搬前苏联的做法，设计时基本上将表层的杂填土挖除，而代以满堂砂垫层处理，该楼始建于为四层，1986 年又加高一层，至今该楼沉降达 1.2m，并伴有不均匀沉降，但由于其结构刚度较好，并经过多次加固措施处理，至今尚在使用之中。因此，本工程地下室施工时，应确保该楼砂垫层不产生流动。

二　工程特点

1. 基坑处于软弱的土层之中，其坑壁不能自稳，必须采取支护措施，以维护坑壁的稳定。

2.土层较软弱，易产生坑底隆起，从而造成坑外土体沉降及支护结构的较大位移，对临边道路管线、建筑物造成危害。

3.基坑开挖造成地下水的水力梯度增加，易出现渗漏水等现象。

4.本工程北边土层易出现流砂，可能造成华侨饭店老楼沉降。

5.本工程地下室西北侧与扩建楼相距仅 0.8m，应要考虑施工机械的操作面。

6.本工程场地内满布杂填块石和砼残基。

三　基坑支护方案的选择

在综合分析基坑挖深、基坑平面形状尺寸、场地工程地质条件，同时考虑到周围的环境及邻近建筑物的重要程度、市政工程的限制要求以及工期造价等到诸多因素的基础上，通过二种方案比较来确定最终的方案。

第一方案，选择单锚桩支护方案。桩经采用 ϕ700 桩距 900 的简易钻孔灌注桩，砼强度 C20，有效桩长 15m，桩顶埋深 1.8m，桩顶设 1200×600 砼压顶梁，并在坑内设钢管水平支撑体系，同时，为防止在土体开挖过程中出现桩间渗漏水砂，可能造成老房子基础下砂垫层随水流失，因此在两桩之间内侧加设一桩长 L=12m，Φ500 水泥搅拌桩，并与灌注桩咬合。

第二方案，选用喷锚网支护方案，这种支护方案在温州软土地基只做过一个成功实例，而且该实例基坑深度只有 4.0m 左右，施工期间恰逢 11 月份干旱季节，施工土层不复杂，周边环境较为有利的情况下成功的。但华侨饭店一期工程地质条件较为复杂，且基坑深度超过 6m，施工期间恰逢雨季，雨水多，地下水位较高，这些不利因素给喷锚网支护带来一定困难。但它也有其有利的因素。

两种支护方案技术经济分析如下：

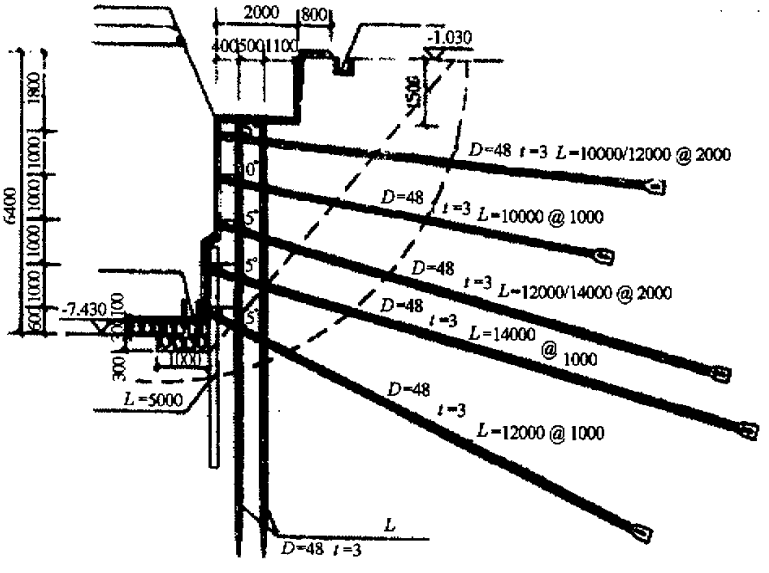
方案名称	工程量	工期	造价	处理障碍物方法	在西北侧位置施工方法
灌注桩单锚支护	桩 184 根	桩施工及砼龄期间 50 天（与工程桩交叉施工后续），挖土 20 天，合计 70 天(不含障碍物处理工)	每延长米 7800 元	一槽换土或挖孔放护筒。此前还需做隔水（砂）帷幕处理，防止水砂流失	处理障碍物时老房子基土产生流失，同时受桩场地的限制。
喷锚网支护	165 延长米	喷网与挖土同步施工 45 天	每延长米 6350 元	障碍物在支护与喷网同步进行时用挖土机或人工用破碎机处理	边挖土边做喷网支护

通过上述的对比，最后，我们决定采用喷锚网支护方案，充分利用该方案具有工期快、造价低，同时能有效保护华侨饭店的老房子的砂垫层基础不流失的优点。

四　支护方案的设计

根据工程地质勘察报告以及现场的具体情况，将整个基坑分为 2 个剖面进行设计，设计采用深基坑支护结构软件 F-SPW4.02（北京理正软件设计研究所），其设计取值：开挖深度 H=6.4m，土重度 r=16.6kN/m^3，粘聚力 C=10kPa，内摩擦角 Φ=10°，并要求离基坑地面线 1.5m 范围外，允许堆载设计值小于 1.5kN/ m^2。

1.A-A 剖面段如图 2

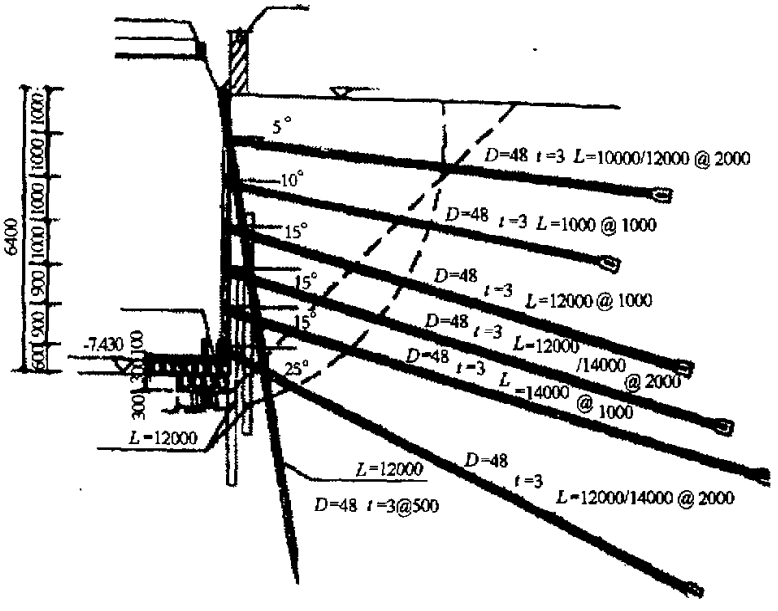


A-A

图 2

基坑垂直挖深 6.4m 由于考虑到该段面北侧 2~3m 以下的老楼砂基垫层，在土方开挖前，预先于基坑边打两排垂直花管注（按梅花形布置），形成止水帷幕，以防土方开挖时产生流砂，造成房子沉降，该结构按侧壁安全等级为Ⅱ级。

2. B-B 剖面如图 3



B-B

图 3

基坑垂直挖深 6.4m 由于考虑到该段周围建筑物的安全度，特提高该段面上安全等级，采用侧壁安全等级为Ⅰ级，并增加锚管的密度。同时，由于考虑到整体滑移的危险性用造成的后果，特打入一排前置锚管，其长度 12m，间距 500，以增加侧壁整体稳定性。

五 深基坑坡脚加固

根据勘察报告，基坑底部为很厚淤泥层，其内摩擦角、内聚力很小，再加一承压水头高，极容易引起坡脚滑移，，为此在坡脚处（A-A 剖面）打入一排密排松木桩，（B-B 剖面）打入二排密排松木桩，所有松木桩长度为 5m。

六 喷锚网的施工

1. 土方施工

沿基坑内侧边 6 米范围内，分层分段开挖，每层开挖高度为锚管以下 0.8~1.2m。分段开挖长度第一层每段不得超过 20 米，每二层每段不得超过 12 米，挖到淤泥层时，开挖长度不得超过 6 米，并采用跳槽开挖，开挖出作业面后，应立即进行喷锚网支护，最后一层锚管施工完毕应立即施工地下室垫层，并进行基坑封底以防基坑曝露时间太长。

2. 地表障碍物的处理

本工程地表面满布着大量块石，砼残基等到障碍物，势必给锚管施工带来极大困难。因此，土方开挖前采用潜孔钻钻孔，后打垂直花管注浆（A-A 剖面），第一、二排锚管遇到障碍物时也要用潜孔钻先钻孔，再打锚管注浆。

3. 施工顺序

做隔水(砂)帷幕(A-A 剖面)→做坡顶防渗层→开挖工作面→修整边坡→打锚管、注浆、安设钢筋网（Φ16 骨架，Φ6 @200×200 构造筋）与锚管连接→喷射第一层，砼面层（厚 100）→开挖工作面→第二层打锚管、注浆、安设钢筋网与锚管连接→喷射第二层砼面层→……→打松木桩→打最后一层锚管注浆安装钢筋网并与锚管连接→喷射最后一层砼面层→坡脚的排水系统。

七 基坑监测

沿基坑周围设置 8 个沉降观测点，8 个水平位移观测点，定期观测，进行动态分析，及时反馈信息，采取修正措施，有效地实现信息化施工。

八 局部基坑侧壁位移大的处理措施

基坑南边侧壁在开挖至四层锚管位置，位置即原地墙面下 4.8m，出现瞬间位移过大四小时达到 12，并伴有两位移收敛速度过慢，地面出现开裂，裂缝宽度 8。为此，一方面采用堆积砂袋等应急措施，使基坑位移稳定，另一方面及时进行原因分析，经分析认为出现该现象有二点原因(1)南侧由于打锚管位置出现偏差，造成四达大楼 Φ450 排污管道破裂，使污水大量渗入土体，造成土体内聚力和内摩控角锐减，相应锚管抗拔力损失较大；(2)第三、四排锚管施工时，角度控制不理想，按原设计要求水平夹角 15°，但现场施工过程中局部角度超过 40°，造成锚管水平分力过小。因此，根据上述原因，我们采取在第三、四排锚管之间增打一排 18m 长水平锚管，以增加不平抗拔力，同时于侧壁上打四个泄水孔，以利排出土体内过量的水份，并及时修复排污管道。经过以上处理后，南侧基坑水平位移趋于稳定，最后该侧水平位移控制在 20 以内符合要求。

九　施工体会

1.在软土地基中，采用喷锚网进行基坑支护，基坑深度应控制在坑 6.5m 以内较为理想。

2.喷锚网基坑护壁比较适合工程桩为钻孔灌注桩或水泥搅拌桩，因该类工程桩可局部改善被动区土体的性能，提高被动区土压力。但是，该支护不适合工程桩为静压桩或沉管灌注桩，因该类桩可能破坏原有土体的结构，使土体内聚力受到减弱，锚管水平抗拔力严重削弱。

3.基坑内土体开挖，必须服从于喷锚网施工顺序，挖土不得超挖，必须分层分段开挖，同时，应该边挖土边支护，以防基坑侧壁暴露时间过长，影响土体稳定。

4.喷锚网支护前期设计不是一成不变的，是一个延续过程，贯穿支护施工整个过程。其可操作性强。同时，该支护的破坏是一种柔性破坏，即破坏过程是有一个比较长的过程，不会出现像排桩支护瞬间破坏那样，其出现险性具有预感性。

5.锚管注浆的定量难确定，由于土体的复杂性，使得每个锚管的水泥砂浆喷量都有所不同，仅用压力表也不能明确喷浆的最后效果，给前期估价带来一事实上难度。

十　结束语

经过紧张而有序的施工，在设计、施工、监理紧密配合下，本工程的深基坑施工已基本完成，为喷锚网支护在软土复杂深基坑支护推广树立了一个典型实例。