

福州软土地区基坑工程发展趋势探讨

阮广招

(福建省地质工程公司, 福建 福州 350011)

摘 要:总结福州软土地区基坑工程实践经验, 探讨设计、施工、监测的有效方法及其发展趋势。

关键词:基坑工程; 变形控制设计; 平面支撑; 挡墙; 时空效应; 监测

中图分类号: TU467.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3746(2000)S1-0035-02

1 福州软土地区基坑工程现状

1978 年改革开放以来, 福州市建筑业发展迅猛, 16 层以上的高层建筑如雨后春笋般拔地而起。随着高层、超高层建筑的兴建, 带动了地下空间的发展利用, 诸如地下商城、地下医院、地下仓库、地下停车场、地下民防设施等等。鉴于我国国情, 这些地下空间项目的建设多采用费用低廉、施工方便的明挖法, 从而产生了大量基坑工程, 其规模和深度不断加大。据调查, 目前福州地区规模最大的基坑工程应属三坊七巷地下商贸城(含地下停车场), 基坑面积 16800 m², 深度 6 m, 设 1 层地下室; 最深基坑工程为世界金龙大厦, 面积 3750 m², 深度 16 m, 地下室 3.5 层。

近 10 年来, 仅我公司承建或参与施工的福州地区基坑工程就有省银行金融大楼、福建日报社采编楼、新侨联广场、粮食大厦、福州市自来水公司生产调度中心、三坊七巷地下商城、亚青亚协公寓、协和医院、市第二人民医院、天鹭大厦、友精大厦、平安大厦、省人民检察院侦查楼等 20 多项, 面积 1200~16800 m², 开挖深度 6~12 m, 地下室 1~3 层, 工程造价 87~664 万元。

因福州地处东南滨海区, 软弱土层厚, 兼之城市周围环境影响, 基坑工程现已成为建筑业突显的技术难题, 故设计、施工深度 ≥ 6 m 深基坑工程要慎之又慎。

2 变形控制设计极为重要

现有基坑工程设计思路是从确保基坑工程稳定出发, 首先根据开挖各土层的 γ 、 c 、 φ 值(见表 1), 采用弹性地基杆系有限元法, 把挡土桩视为弹性地

基上的竖直构件, 基坑开挖面以下的土地视为直线变形体, 用库仑-朗肯公式计算坑外侧土压力, 然后考虑基坑面积、开挖深度、施工条件等因素确定。总之, 上述基坑工程传统设计严格来说仍属于强度控制设计范畴, 较少注意如何减少对周围环境的影响。

表 1 福州浅部地屋力学指标

土层名称	天然重度 γ / (kN·m ⁻³)	内聚力 c / kPa	内摩擦角 φ / (°)
杂填土	16~19	5~8	15~18
粘土	17~18	10~20	12~18
淤泥	15~16	7~13	8~12
粉质粘土	18~20	12~25	16~20
淤泥质土	16~17	8~15	10~16

这几年福州地区施工过的深基坑工程, 曾出现过经地下开挖后支护结构尚无破坏迹象, 但由于地层扰动变形而出现损坏周围地面建筑物或地下管线的事故。

例 1: 1994 年施工的天鹭大厦地下室基坑工程, 面积 21 m × 60 m, 深度 6 m, 施工地层饱和淤泥(含水量 $\omega = 68\%$), 设计 $\phi 600$ mm 钻孔桩挡土支护, 1 层桁架式钢筋砼平面支撑。基坑开挖后, 侧壁最大水平位移 48 mm, 挡土桩最大挠度 < 3% L (L 为挡土结构长度), 支护结构体系稳定。由于未设计止水帷幕桩, 基坑四周多处渗漏, 尤以东南角最为严重, 距此 7 m 处一条直径 4 in (101.6 mm) 自来水管线因受地下水流失、地表塌陷影响, 而导致扭曲破裂, 业主赔偿供水修复费 10 万元。

例 2: 1998 年施工的粮食大厦地下室基坑工程, 面积 54 m × 83 m, 深度 7.8 m, 施工地层为淤泥、淤泥质土, 采用 $\phi 800$ mm 密排人工挖孔桩挡土支护,

收稿日期: 2000-06-15

作者简介: 阮广招(1939-), 男(汉族), 福建永定人, 福建省地质工程公司总工程师, 教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事地基基础施工工作, 福建省福州市塔头路 2 号, (0591)7336603-006。

平面支撑桁架式钢筋砼。基坑开挖后,侧壁最大水平位移 58 mm,挡土桩最大挠度 $< 3\% L$,支护结构体系完好。但距基坑南侧边线 14.6 m 处一所小学 3 层旧办公楼,回挖土后基坑外围发生严重淤泥质土扰动变形,致使该楼地基下沉 85 mm,外墙多处出现宽 2~5 mm 裂缝,经协商业主赔偿 60 万元。

为此,笔者认为软土地区基坑工程设计应从强度控制设计转为变形控制设计。

3 挡墙平面支撑形式趋于多样化

基坑支护结构一般由挡墙和水平支撑组成,挡墙常见有地下连续墙(二墙合一)、现浇砼密排桩(钻(冲)孔桩、沉管桩、人工挖孔桩)、2~3 排交错搭接水泥搅拌桩、钢板桩、喷锚砼网;平面支撑有桁架式、圆拱式,单层、多层形式。

支撑结构设计应注意以下几点:

(1)挡墙排桩桩顶应设置钢筋砼冠梁。

(2)单向对撑两端宜设八字撑,转角处应设角撑。

(3)当支撑长度 ≥ 15 m 或在纵横向支撑交汇处应设置钢格构立柱,且要设法避开主体工程地下结构梁、柱及承重墙的位置。

目前福州地区基坑支护结构已趋于多样化,至于采用何种形式的挡墙、平面支撑及其之间相互组合,则要依据基坑位置、形状、面积、地层、开挖深度、周围环境,施工工况诸多因素综合考虑,以安全、简便、可行、合理、经济为原则。

4 科学合理的施工方法是成功的关键

基坑工程之所以成为建筑施工技术难题,是因为影响安全的不确定因素甚多,经常出现设计人员在室内按理想工况设计计算与实际工况有较大出入,故能否采用合理的施工方法和科学的施工工艺,便成为基坑工程成败的关键。时下,考虑时空效应的基坑施工方法就是一个例证。

时空效应法的指导思想是科学地利用土地自身控制地层位移的潜力,藉以解决基坑稳定和变形问题。对城市高层、超高层建筑地下室基坑工程而言,考虑时空效应,一般采用自上而下分层盒式开挖方法:依据先支撑后开挖的原则,基坑挡土桩及桩顶冠梁、上层平面支撑先行施工,待支护结构砼强度达到设计值后开挖第一层土方,先挖中间部分,尔后均匀对称向四周扩展。按上述顺序往下逐层施工平面支撑、挖土,直至设计深度。为防止坑底隆起,基坑底

部约 1 m 厚土层欲采用人工挖掘、修整,当局部开挖深度达到设计标高后,随挖随即浇捣 300 mm 厚 C15 毛石砼垫层,并使封底砼紧抵挡土桩。坑底承台施工要逐个或分块段进行,土方挖好后即刻浇捣钢筋砼,避免大面积开挖或基坑长时间暴露。

实践证明:考虑时空效应,分期分块快速开挖、及时支撑、避免搁置、缩短施工时间,能有效减少对周围环境影响,确保安全。

5 现场监测不可少

众所周知,采用信息化施工可大大降低基坑工程的风险性,因现场监测能及时提供基坑支护结构及周围环境建筑物或地下设施变形、位移等数据,使设计、施工人员随时获得信息,便于果断采取措施,正确指导施工,避免事故发生。

基坑开挖施工监测内容:

(1)支护结构两侧土压力、孔隙水压力测试。

(2)变形监测:①桩或墙身变形监测;②冠梁或腰梁水平位移观测;③不同深度土体水平位移监测。

(3)构件应力监测:①桩或墙身钢筋应力监测;②冠梁或腰梁钢筋应力监测;③支撑体系钢筋应力监测;④锚杆拉力监测。

(4)邻近建(构)筑物沉降、倾斜、开裂观测。

(5)地下管线对应地面(水平、垂直)位移监测。

每项工程具体监测项目由设计人员或监测人员视工程规模、地层性状、周围环境等因素决定。但应遵循变形、变位监测为主,应力监测为辅的原则。监测点布置宜在直线边中段或设计认为较危险、较薄弱、较重要、最先开挖的位置上。

6 结语

(1)福州软土地区基坑工程风险大,失效事故时有发生,为了达到工程本身结构安全稳定及有效保护周围环境的要求,支护结构设计应从传统的强度控制设计转变到变形控制设计。

(2)考虑时空效应的基坑工程施工方法科学有效,其措施为自上而下分层分块开挖,及时支撑,坑底土采用人工挖掘、修整,随挖随封底,逐个或分块段修建承台,尽量减少基坑暴露时间,避免搁置,缩短开挖工期。

(3)鉴于影响基坑工程安全的不确定因素甚多,必须采用信息化施工。现场监测应遵循变形、变位监测为主,应力监测为辅的原则。