杭商院图书馆新馆地下室基坑支护

陆振华　蔡　群　　周　霄
（杭州市勘测设计研究院，杭州，310012）　（杭州市政监理公司，杭州，310009）

提　要　本文通过对杭州商学院图书馆新馆地下室基坑支护设计、施工、监测等的详细介绍、分析，总结了杭州城西软土地区深基坑支护的成功经验和体会。

一　工程概况

杭州商学院图书馆新馆位于校园内。其基础与东面五层的老图书馆相距公 0.9m。新馆的南北两侧为校园道路，西侧为花园。新馆地上 7 层，地下室一层。地下室基坑尺寸约 79m×15.3m。基坑挖深分两块，北段约 35m 长，挖深 6.3m，西段约 44m 长，挖深 45m。详见图 1。

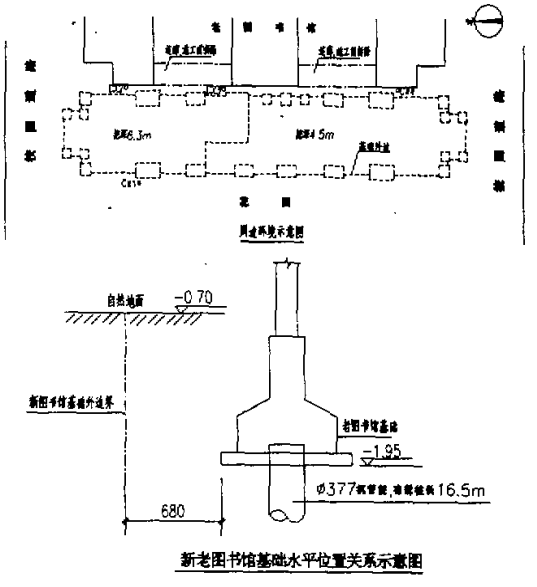


图 1

二　工程地质条件

根据工程地质勘察报告，本工程场地属于杭州城西的软土区。地表约 2m 厚的①填土层下为仅 0.7m 厚的过渡层②粉质粘土层。往下即为深厚的③淤泥、淤泥质土层，厚达 16.6m。根据勘察报告提供的土层参数，结合工程经验，本基坑场地涉及各土层的物理力学指标选用如下表 1。

表 1　土层物理力学指标

层号	岩土名称	天然重度 (kN/m³)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (度)	厚度 (m)
①-1	杂填土	18.0	8	13	1.2
①-2	素填土	18.0	12	12	0.9
②	粉质粘土	19.0	14	20	0.7
③-1	淤泥	16.8	10	3	4.8
③-2	淤泥质粉质粘土	17.2	11	7	7.8
③-3	淤泥质粉质粘土	17.6	12	8	4.0

三　基坑支护方案

综合分析工程场地地质条件、基坑周围环境和开挖深度，本基坑有以下几个特点：(1)基坑开挖局部较深，达 6.3m；(2)基坑场地地质条件极差，以淤泥质土层为主；(3)基坑与东面的老图书馆相邻不到 1m，且老图书馆不能停止使用，需确保绝对安全，这对基坑水平位移限制要求十分严格。

因此，基坑东侧，特别是深坑部分是本基坑支护的重中之重。基坑土体水平位移应控制在较小的范围之内。根据实际情况，确定基坑土体水平位移最大值为开挖深度的 0.35%，即深坑最大位移允许值为 22.05mm，浅坑最大位移允许值为 15.75mm。另外，防止坑底土隆起也是本基坑应着重注意的一个问题。

经过多种方案计算分析，确定深坑部分采用一排 ϕ800@1000 的钻孔灌注桩支挡，浅坑部分采用一排 ϕ500@800 的钻孔灌注桩支挡，设一道水平内支撑，以对八字对撑为主。对撑间距在深坑部分适当减少，在浅坑部分适当增大。

本场地地下潜水主要为杂填土中的水，淤泥质土为弱透水性土，因此，决定只在围护桩间嵌 ϕ600 的水泥搅拌桩止水，同时也起防止桩间淤泥质土挤出的作用。

为控制深坑的坑底土体位移、隆起，并改善围护桩的受力状况，决定在深坑内用水泥搅拌桩进行土体加固。

四　基坑支护结构设计计算

本基坑支护结构内力分析时，土压力计算采用水土分算，土层物理力学参数按表 2 采

用，地面超载按 15kPa 取值。

支护结构内力计算采用同济大学的《启明星深基坑支护分析计算软件》。支护结构控制内力采用五个工况下计算得到的最大内力值。第一工况：土方开挖至第一道支撑顶面；第二工况：开挖沟槽浇制第一道支撑；第三工况：开挖至坑底；第四工况：地下室基础施工完毕，浇制传力带；第五工况：拆掉第一道支撑后。

根据计算结果，并结合工程经验，最后确定深坑部分采用 ϕ800@1000 的钻孔灌注桩，桩身配筋 14 ϕ25，桩的嵌固深度 8.5m，浅坑部分采用 ϕ500@800 的钻孔灌注桩，桩身配筋 10 ϕ22，桩的嵌固深度 8.5m。基坑东侧围护桩顶为－0.5m(相对自然地面，下同)，在－1.2m 处设腰梁，腰梁尺寸 900×600(深坑)和 700×500(浅坑)。配筋左右各 6 ϕ25 和 4 ϕ25，上下各 3 ϕ14 和 2 ϕ14。基坑其余各侧围护桩顶为－1.7m(深坑)和－1.6m(浅坑)。在－1.2m 处设围撑兼冠梁，尺寸为 900×600(深坑)和 700×500(浅坑)，配筋同前述相应的腰梁。主支撑杆件和连杆尺寸为 700×600 和 500×600，配筋左右各 1 ϕ20，上下各 4 ϕ20 和 3 ϕ20。围护桩的混凝土强度为 C25，支撑的混凝土强度为 C30。

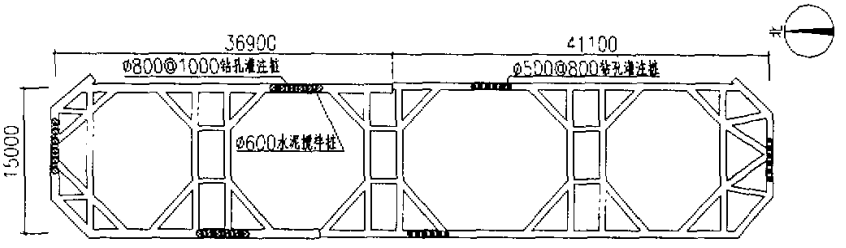


图 2　基坑支护结构平面

止水桩为 ϕ600 水泥搅拌桩，嵌在围护桩间。止水桩嵌入坑底 8.0m，以满足坑底抗隆起安全要求。深坑部分采用深 3.5m，间距 3.0m 的水泥搅拌桩墩加固土体。水泥搅拌桩墩为纵横 5 排间距 600 的 ϕ600 水泥搅拌桩。

五　基坑监测结果分析

为确保老图书馆的安全和土方开挖的顺利进行，在本基坑开挖全过程中主要对围护桩及桩后土水平位移进行了现场监测。共设 4 个深层位移监测孔，其中深坑部分布置 3 个。从监测数据来看：

1.深坑最大位移值为 22.39mm，浅坑最大位移为 5.91mm，基本满足设定的位移控制要求。

2.水平位移最大处位于坑底以下 2m 至坑底以上 1.0m 这一范围内。

3.当基础与围护桩之间的传力带发挥作用后，围护结构的位移得到有效控制。

另外，水泥搅拌桩嵌在围护桩间止水效果较好，坑内干燥，也未见坑内土体涌出或隆

起。

六 施 工

杭州商学院新图书馆由浙三建总承包，其中地下室围护结构的钻孔灌注桩和水泥搅拌桩由杭州林升地基基础公司分包。

土方首先开挖支撑面，然后挖沟槽浇制支撑。待支撑系统达到设计强度后，由北往南基坑均分成三段开挖。每开挖一块，马上浇制一块垫层，垫层内适当配筋并延伸至围护桩。待基础浇制后马上做 400 厚 C20 传力带。从监测数据来看，传力带达到设计强度后，围护结构的位移明显得到控制。

七 体 会

本基坑场地土层为较典型的软土，工程性质极差，而土体水平位移控制要求又极为严格。从这次成功的基坑围护过程中，体会到以下几点:

1.针对不同地质条件、开挖深度、环境要求，应精心设计，选用不同围护结构，这是基坑围护成功的前提。

2.软土层坑内加固对控制土体位移，防止坑内土隆起效果明显。

3.在淤泥质土这种弱透水性土层为主的场地里，地下自由潜水主要存在于填土中。在围护桩间嵌水泥搅拌桩止水，实践证明不仅是可行的，也较节约。

4.软土基坑的开挖应充分注意基坑的空间效应，应精心设计组织分层分块开挖，并及时浇制垫层基础。

5.基础与围护桩间的传力带对控制围护桩的位移作用明显，因此，在拆支撑之前，传力带一定要做好。