

# 预应力管桩在软弱地基中的应用

## Application of Prestressed Pipe Pile in Weak Foundation

王作为 肖兴栋 姜现 王建洪

Zuowei Wang Xingdong Xiao Xian Jiang Jianhong Wang

中国建筑第八工程局有限公司东北分公司 中国·黑龙江 哈尔滨 150000

Northeast Branch China Construction Eighth Engineering Division Corp, Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150000, China

**摘要:** 以中国哈尔滨东北亚国际博览城项目为例,分析项目F展厅软土地基特征,对常见的软土地基处理方案进行对比,确定采用复合地基方法中的预应力管桩进行软弱地基处理,并对预应力管桩的设计、施工进行总结,以确保软弱地基经处理后的安全性、耐久性。

**Abstract:** Take Harbin, China Northeast Asia International Expo City Project as an example, analyze the foundation characteristics of soft soil of Project F exhibition hall, compare common soft land foundation treatment schemes, determine the prestressed pipe pile in composite foundation method for weak foundation treatment, and summarize the design and construction of prestressed pipe pile to ensure the safety and durability of weak foundation after treatment.

**关键词:** 预应力;管桩;软弱基础;复合地基

**Keywords:** prestress; pipe pile; weak foundation; composite foundation

**DOI:** 10.12346/etr.v4i1.5168

## 1 引言

软弱地基是一种不良的地基,其稳定性差、强度较低、压缩性较高、容易出现液化,沉降量也很大。因此,在工程的建设过程中,要充分考虑地基的变形和稳定等问题。在软弱地基上建设的工程,由于其地基强度不够和变形,往往不能满足工程的质量,所以要采用一定的措施,对软弱地基进行处理,从而提高地基的稳定性,减少地基的沉降和不均匀下降。

## 2 工程概况

哈尔滨东北亚国际博览城项会展中心项目位于中国哈尔滨市松北区东北亚大街与中源大道交汇处,用地面积140268.8m<sup>2</sup>,总建筑面积约18.43万m<sup>2</sup>,其中地上建筑面积15.19万m<sup>2</sup>,地下建筑面积3.24万m<sup>2</sup>。项目场地地形不平整,地势起伏大(局部受人为挖填影响,陡坡较多),地面绝对标高在115~117m之间。该场地地貌单元属松花江低漫滩地段,其成因类型为第四纪冲积、淤积地层作用下形成的黏性土和砂类土,底部为白垩系泥岩砂岩互层。

建筑场地勘察深度内所揭露的地层为第四系松散地层。

表层为杂填土,厚度在0.3~3.5m不等;其下局部揭露有新近沉积层、可塑状态的粉质黏土层(局部)、流塑状态的黏性土层(局部),层内夹薄层的粉细砂;低漫滩场地多为砂类土,局部夹薄层的可塑状态的粉质黏土层。整个场地地基土水平方向上分布均匀,性质稳定,局部层位起伏较大,垂直方向地基土的性质变化较小<sup>[1]</sup>。

## 3 软弱地基概况

根据勘察报告揭示F展厅范围内软弱地基分布如表1所示。

经过钻探取样,土工试验测定的软土各项物理力学指标如表2所示。

设计要求基础的耐力110kPa,根据勘察报告揭示:淤泥质粉质黏土层的耐力100kPa,淤泥质粉质黏土层的耐力80kPa,不满足设计要求,均需进行地基处理。会展中心39~67/A-W轴,长度256m、宽度215m、55000m<sup>2</sup>范围内需要按设计要求进行地基处理。处理深度7~10m。

## 4 软弱地基处理方案比选

为确保工程结构安全、施工安全,提高建筑施工质量,

【作者简介】王作为(1981-),中国辽宁大连人,本科,高级工程师,从事施工管理研究。

表1 软土分布统计表

地层编号	岩土名称	土工试验查表法 ( $e/I_L$ )	标准贯入试验法 (N)	双桥静力触探 圆锥动力触探 (kPa)	特征值 综合 确定值 ( $f_{ak}$ )
②	粉砂		117	114	110
② <sub>1</sub>	粉质黏土	145	138		130
③	细砂		165	172	140
③ <sub>1</sub>	粉质黏土	105	107	98	100
③ <sub>2</sub>	中砂		195	201	170
③ <sub>3</sub>	淤泥质粉质黏土	86		79	80
④	中砂		225	234	200
④ <sub>1</sub>	细砂		175	187	160
⑤	粗砂		270	288	250
⑤ <sub>1</sub>	中砂		230	228	200
⑤ <sub>2</sub>	粉质黏土	138	139	121	130

表2 软土物理力学性质统计表

地层编号	岩土名称	重度 kN/m <sup>3</sup>	直接剪切 (q)		三轴剪切 (UU)	
			c(kPa)	$\varphi$ (°)	c(kPa)	$\varphi$ (°)
② <sub>1</sub>	粉质黏土	18.9	24.7	11.4		
③ <sub>1</sub>	粉质黏土	18.7	19.3	10.4	16.3	6.6
③ <sub>3</sub>	淤泥质粉质黏土	17.8	11.4	7.6	13.2	5.5

减少施工及使用期间沉降，对软弱地基进行了多方考察论证，通过以下几种地基处理方案进行对比分析，确定软土地基处理方案。

#### 4.1 强夯法

强夯法指的是为提高软弱地基的承载力，用重锤自一定高度下落夯击土层使地基迅速固结的方法。

其利用起吊设备，将10~40t的重锤提升至10~40m高处使其自由下落，依靠强大的夯击能和冲击波作用夯实土层。强夯法主要用于砂性土、非饱和黏性土与杂填土地基。对非饱和的黏性土地基，一般采用连续夯击或分遍间歇夯击的方法；并根据工程需要通过现场试验以确定夯击次数和有效夯实深度。现有经验表明：在100~200t夯击能量下，一般可获得3~6m的有效夯实深度。

根据勘察报告，软弱地基换填深度达到7~10m，且地下水埋深2.5~3m，地下水丰富，强夯排水效果难以控制。

#### 4.2 换填法

换填法又称换土法，是指将房基范围内的软土清除，用稳定性好的土、石回填并压实或夯实。一般采用的是开挖换填天然砂砾，即在一定范围内，把影响房屋基础稳定的淤泥软土用挖掘机挖除，用天然砂砾进行换置，开挖换填深度在2m以内，采用分层填筑、分层压实、分层检测压实度的方法施工。从而改变地基的承载力特性，提高抗变形和稳定能力。在换填过程中，对于换填的天然砂砾中石头的粒径、含

量和级配也应充分考虑，最好做试验检测，避免无法压实而引起沉降。

本工程需要换填的深度达到7~10m，且采用此方法时，挖方量与弃方量巨大，极易造成环境污染和水土流失。

#### 4.3 垂直排水固结法

排水固结的原理是地基在荷载作用下，通过布置竖向排水井（或塑料排水板等），使土中的孔隙水被慢慢排出，孔隙比减小，地基发生固结变形，地基土的强度逐渐增长。

排水固结法主要用于解决地基的沉降和稳定问题。为了加速固结，最有效的办法就是在天然土层中增加排水途径，缩短排水距离，设置竖向排水井（砂井或塑料排水带），以加速地基的固结，缩短预压工程的预压期，使其在短时期内达到较好的固结效果，使沉降提前完成，并加速地基土抗剪强度的增长，使地基承载力提高的速率始终大于施工荷载增长的速率，以保证地基的稳定性。

排水固结法适用于处理饱和和软弱土层。排水固结法主要包括塑料排水板、袋装砂井、堆载预压法。

堆载预压法处治造价低，弃方少。但其处治深度较浅，深层预压效果难以控制，且施工工期很长。塑料排水板与砂井具有相同的处治效果，具有施工工艺、机具简单，施工速度快等优点，但不能较大的提高地基承载力，也不能提高砂土地基的抗液化能力；对于深厚软土且工期小于两年的工程难以满足工后沉降及正期的要求<sup>[2]</sup>。

#### 4.4 复合地基法

复合地基法主要包括碎石桩、水泥搅拌桩、水泥粉煤灰桩（CFG）和预应力混凝土管桩（PHC）。复合地基法处治深度均较深，均可满足本段软土路基处治深度的要求，但是又各有不同优缺点。

碎石桩可提高地基的承载力、降低孔隙比、减少地基沉降、提高地基抗液化能力。同时，还兼有排水和置换作用，施工工期短，但施工质量难以控制和检测，无法保证整体的施工质量。

水泥搅拌桩加固后地基强度提高较多，比排水固结法大量减少地基沉降量，施工工期较短，但施工质量难以控制，桩体检测时间长。

水泥粉煤灰桩质量容易保证，桩身强度高，工期短，比排水固结法大量减少地基沉降量。但桩长较长时，施工质量难以保证，且检测时间长。

预应力管桩产品由厂家生产，质量可靠稳定，桩身强度高，施工速度比较快，工期短，利用静压桩基即可完成检测。此方法适用于软弱地基处理，可以大幅度地提高地基承载力，减少地基沉降量，但工程造价相对较高。

#### 4.5 软弱地基处理方法的确定

该段软土长度 256m、宽度 215m、55000m<sup>2</sup>，深度 7~9m，且地下水丰富埋深 2.5~3m。相邻施工段开挖时，放坡边坡塌方严重，软土经开挖后液化极其严重，挖掘机对液化后的软土无法进行直接作业，故不能采用换填法和强夯法。加之建设单位对工期要求严格，排水固结法在相对较短的时间段内排水很难达到预期效果。地下水与松花江水系相互补充，会影响排水固结后的软土，削弱地基处理的效果。

综合考虑水文地质条件、工期条件、后期的处理效果，考虑采用复合地基中的预应力管桩。

### 5 管桩的设计

#### 5.1 设计思路

管桩处理深度穿过淤泥层进入相对较好的土层，将中砂层作为管桩的持力层，桩按端承桩进行设计计算，忽略桩侧摩擦阻力。实际中，桩和桩间土共同承担展厅地面的使用荷载。

用于房建软弱地基加固的预应力混凝土管桩，其直径、长度、间距，以桩体与桩间土形成的复合地基满足展厅地面使用的沉降要求及地耐力为原则<sup>[3]</sup>。

#### 5.2 管桩布置

本项目预应力混凝土管桩用预应力 PRC 桩，外直径为

400mm，壁厚 95mm，管桩混凝土强度为 C60。桩顶设置桩帽，桩帽为现浇混凝土板，桩帽尺寸为 1500×1500×300mm，混凝土强度为 C25。

管桩采用静压法施工，桩身嵌入持力层（4）中砂层深度不小于 1m，实际长根据现场实际地层情况进行控制。PRC 桩采用正方形布置形式，桩间距水平为 2.8m，竖向向为 2.8m。桩长为 9~11m。采用分区布设，同一区域桩长相同，按标高和压桩力双控制（单桩承载力特征值不小于 450kN。压桩力为 900kN）。

桩帽以上铺设一层双向钢塑复合土工格栅，双向钢塑复合土工格栅强度不小于 80kN/m，对应变形率小于 3%。土工格栅上铺设一层土工布。土工布上面铺设中细砂垫层，垫层厚度不小于 700mm，垫层材料为中细砂，可利用现场的填砂，但应用平板振捣器振实，夯填度不大于 0.9。

### 6 施工注意事项

①管桩大面施工前，须选按设计要求进行试验桩施工，并进行单桩承载力及复合地基承载力的检测，以校验设计是否需要调整桩的设计参数。

②严格控制压桩速度，一般 2m/min 左右为宜，使各层土体能在均匀受力的情况下对管桩产生一定的侧摩阻力，并能在管桩下沉过程中发生偏桩时及时发现并做出调整。

③管桩对接时，采用焊接连接。注意焊好的桩接头应自然冷却后方可施打。

### 7 结语

随着中国的建筑行业的高速发展，在具体工程建设中愈发强调高效建造，预应力混凝土管桩技术应用于软弱地基的处理，充分发挥其管桩施工自身的优势。在实际应用时不可千篇一律，应结合工程地质情况，有针对性地选择与借鉴，加强施工监管，确保施工质量，使得工程的结构安全及使用耐久得以保障。

#### 参考文献

- [1] 叶书麟.地基处理工程实例应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2] 荣万岭,韩晓明,耿水卫.静压PTC管桩施工技术[J].现代交通技术,2005(3):51-53.
- [3] 张剑芳,王中泽.预应力混凝土管桩在软弱地基中的应用[J].山西建筑,2006(20):112-113.