

某教学楼改造地基基础方案的优选

周占山

(北京燕化天征建筑工程有限责任公司 北京市 100045)

提 要 在某教学楼的场地条件下,对可行的地基基础方案进行了详细的经济技术分析,确定了载体桩复合地基与条形基础的方案。载体桩复合地基具有综合造价低和环保的特点。该文结合载体桩在某教学楼工程的应用,阐述了载体桩复合地基设计的施工方法及处理效果,为类似工程提供经验。

关键词 载体桩 设计 施工 检测

Scheme Optimization of Foundation Design for a Teaching Building's Rebuilding

Zhou Zhanshan

(Beijing Yanhua Tianzheng Construction Engineering Co., Ltd.)

Abstract In the site condition of a teaching building, through the analysis on technology and economy for feasible design schemes of subsoil & foundation, the schemes of pile with bearing base and strip foundation are determined with which properties of low cost and environmental protection. Combined the application of pile with bearing base in a teaching building, the construction method and treatment effect of pile with bearing composition foundation design are described, and it provides the experience for similar projects.

Keywords pile with bearing base; design; construction; test

1 前言

某小学教学楼拆迁改造工程,原为二层教学楼,拆迁整平后场地标高低于北侧马路路面 4.4m,低于东侧马路路面 3.4m,北侧和东侧均有挡土墙,北侧有供水管线,挡土墙为浆砌石,顶宽 0.3m,底宽 2.5m,埋深 1.5m,西侧为岩石坡,南侧为开阔地,有一条 2m×2m 的管沟斜穿楼座,详见图 1。

基础持力层为人工填土层,强度低且厚度不均匀,需要进行地基处理,技术可行的处理方法有换填、桩基、刚性桩复合地基等,处理的方法还要考虑到挡土墙的安全,采用哪种方法处理既安全经济又满足规范要求,值得探讨。本文通过经济技术对比分析,采用了载体桩复合地基,基础形式采用了柱下条形基础,载体桩复合地基在本地区首次使用,所得经验值得类似工程参考。

2 工程地质特征

地基土层自上而下依次为人工堆积杂填土层、堆积年限约 20a,属欠固结土层,新近沉积粗砂混粘性土层、粗砂层及强风化花岗岩,地下水位为基底以下 1.5m。基础持力层为人工堆积杂填土,结构松散,承载力低,压缩性高,其下卧粗砂混粘性土,强度低,不能满足要求,各土层的主要物理力学参数如表 1。

人工填土层厚度差异大,夹有粗砂或粘性土素填土透镜体,层面坡度大于 10%,土质不均,属于不均匀地基,详见典型工程地质剖面图(图 2)。地基变形差异大,处理不当易造成建筑物开裂。

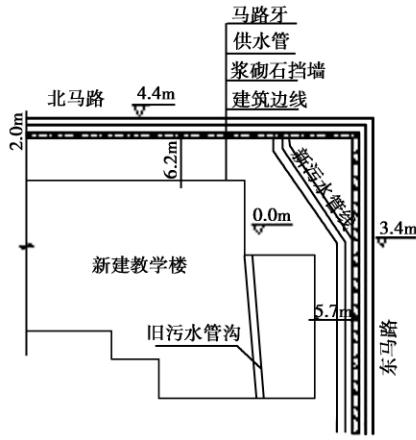


图 1 场地平面

作者简介:周占山(1974-)男,工程师,主要从事建筑工程、岩土工程方面的工作。

收稿日期:2012-08-03

表1 各地层主要物理力学参数

土层名称	厚度/m	含水量/%	天然重度 /(kN·m ⁻³)	孔隙比	液性指数	标贯击数/击	承载力/kPa	压缩模量/MPa	粘聚力/kPa	内摩擦角/(°)
杂填土①	2.2~6.5					4	70	4.5	0	10
粗砂混粘性土②	1.0~3.5	18.1	19.8	0.65	0.32	12	120	6.0	10	10
粗砂① ₂	0.0~1.5					15	150	15.0	0	18
强风化花岗岩③ ₁	2.0~5.0					80	300	30.0		35

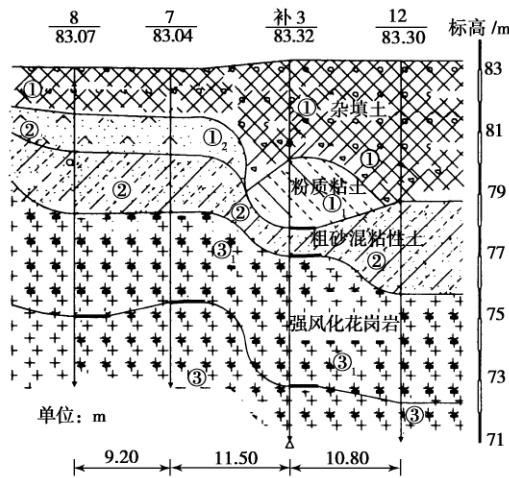


图2 典型工程地质剖面

3 工程难点

1) 地基须进行处理或采用桩基,但人工堆积杂填土中含有混凝土块、砖块、碎卵石等建筑垃圾,粒径最大可达20cm,而且土层厚度变化大、岩层顶面浅,给桩的施工工艺的选择带来一定难度。

2) 已有浆砌石挡土墙建设于20世纪70年代,基坑开挖要充分考虑到墙外道路和供水管线的安全,增加了基坑开挖和护坡的难度。

3) 地下水位浅,旧管沟的拆除回填困难,回填后容易加剧基础不均匀沉降。东侧新建污水管线在基础施工前完成,紧邻基坑边缘,无放坡场地。

4 地基基础方案的选择

4.1 结构形式及要求

本工程上部结构为框架结构,共4层,柱间距6m左右,单柱最大荷载轴力4100kN、柱底最大弯矩680kN·m,地基承载力要求达到300kPa,基础允许沉降5cm。

4.2 可行方案的技术分析

4.2.1 换填毛石混凝土

当地属于花岗岩地区,岩石出露浅,习惯做法是将杂填土和软弱土挖除,换填毛石混凝土进行地基处理,然后按300kPa承载力设计,采用独立基础。

本工程杂填土和粘性土混砂均需要挖除,换填深度2.0~7.0m,考虑放坡后基坑几乎连成一片,所以需要满堂开挖,然后换填毛石混凝土至基底标高。根据勘察报告,土层的c、φ较低(见表1),坡顶距挡土墙的距离只有1.0m,北侧和东侧需要用排桩加锚杆支护,桩长8.0~9.0m,桩径800mm,桩间距1.6m,锚杆长度25m,一桩一锚,需要打护坡桩61根,因场地狭窄,成桩工艺只能采用泥浆护壁钻孔灌注桩,同时为保证基础施工的干场作业,需要打降水井8口,井管直径400mm,间距12m。东侧考虑污水管线的施工,肥槽适当减小。

4.2.2 桩基

根据地质条件,可以采用嵌岩桩,以中风化花岗岩为桩端持力层,可控制基础沉降量和不均匀沉降,但杂填土和桩端入岩决定成桩工艺,而且受场地限制,采用旋挖等大型机械边桩施工困难,只能选择泥浆护壁钻孔灌注桩,设计桩径600mm,桩长10m,单桩承载力700kN,布桩178根,钢筋混凝土承台厚1.2~1.8m。

4.2.3 刚性桩复合地基

刚性桩复合地基因变形模量高,因而调节变形能力强。可选强风化岩为桩端持力层,下卧土层为不可压缩层,基础沉降主要为加固层的变形和褥垫层的变形,因而基础沉降量容易得到控制,相应的差异沉降也就得到满足。刚性桩复合地基的增强体可选用CFG桩或载体桩,基础形式采用柱下条形基础。

CFG桩复合地基属于刚性桩复合地基,是目前常用的地基处理方法,但应用于本场地存在两个难点,一是CFG桩的施工工艺是长螺旋成孔管内泵压混凝土,该工艺进入强风化花岗岩困难,根据勘察剖面,按进入强风化花岗岩0.5m计算,局部出现2m左右的桩,单桩承载力较低,经计算桩间距太密,超出规范^[1]合理桩间距。二是因杂填土中存在建筑垃圾等,成孔时会造成憋钻和钻头磨损,甚至钻杆折断,所以在本场地不适用。

载体桩是近年来研发出的新桩型,由桩身和载体两部分组成,它是通过夯实填充料实现对桩端土体的

挤密，并填以干硬性混凝土形成载体，来传递桩顶荷载。因其单桩承载力较高，用于复合地基的增强体可以减少桩数。本工程以强风化花岗岩为载体持力层，施工中桩身底端可进入持力层，该工法可穿透含有建筑垃圾的填土层，可以作为复合地基的增强体。

载体桩单桩承载力 600kN ,桩长(含载体) 3.5 ~8.0m ,桩间距 1.6 ~1.8m ,褥垫层厚 200mm ,共布置 295 根桩 柱下条形基础宽度 2.5 ~4.8m ,详见载体桩复合地基桩位图(图 3)。

4.3 可行方案的经济分析

因为不同的地基处理方法对应不同的基础形式，基础形式会对总造价产生显著影响，所以须进行地基基础综合造价的比较。根据确定的三种可行方案即换填 + 独立基础、桩基 + 桩承台、载体桩复合地基 + 条形基础进行详细的造价对比，详见表 2。

表2 方案环保经济对比分析

项目	换填 + 独立基础		桩基 + 桩承台		载体桩复合地基 + 条形基础		备注
	工程量 / m ³	计价 / 万元	工程量 / m ³	计价 / 万元	工程量 / m ³	计价 / 万元	
开挖土方	720	3.3792	300	1.254	290	1.155	桩的
毛石混凝土	640	33.84					单
桩	61(加锚)	69.3875	178	90.545	295	73.75	位
基础混凝土	238	23.1	286	29.37	356	24.4	：
总价		130		121		99	根
环保比较	弃土 500		泥浆排放 980		消纳建筑垃圾 300		

由表 2 可见 载体桩复合地基 + 条形基础方案分别比换填 + 独立基础和桩基 + 桩承台方案节省 23%、18%，还无排放且消纳建筑垃圾，经济、环保优势明显，所以最终确定采用载体桩复合地基 + 条形基础方案。

5 载体桩复合地基设计与施工

载体桩复合地基属于刚性桩复合地基,复合地基承载力和变形设计计算可以参考文献[1]CFG桩复合地基的方法,单桩承载力的计算则应按《载体桩设计规程》(JGJ135-2007)的方法进行。

5.1 设计参数

根据典型工程地质剖面图(图2),载体持力层为强风化花岗岩,杂填土与粘性土混砂作为加固土层,有效桩长3.5~8.0m,桩身混凝土C20,桩间距1.6~1.8m,矩形布置,褥垫层厚度200mm。

5.2 单桩承载力计算

最短桩长按 3.5m 验算,计算深度 $D = 1.5 + 2.0$

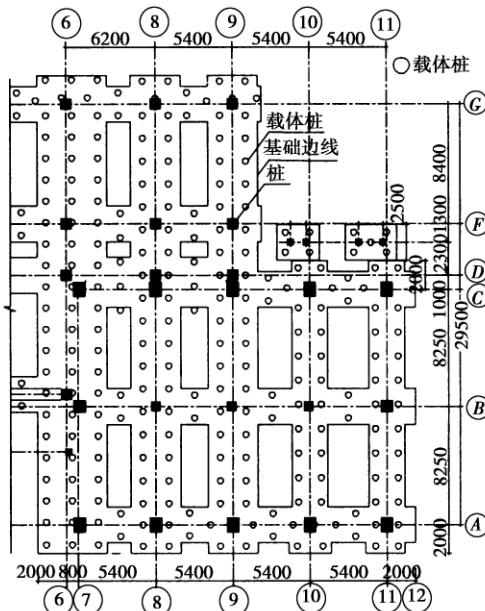


图3 载体桩复合地基桩位

(载体高度) = 3.5m; 桩径 430mm, 土的重度 γ_0 为 10.0kN/m³。参考碎石土深度修正系数 η_d = 4.4, 载体持力层承载力特征值 f_k 为 300 kPa。

由公式^[2] $f_a = f_k + \eta_d (D - 0.5) \gamma_0$,载体持力层修正后的承载力特征值:

$$f_{ak} = 300 + 4.4 \times (3.5 - 0.5) \times 10.0 = 432 \text{ kPa}.$$

查《载体桩设计规程》(JGJ135-2007)中表4.3.2取三击贯入度不大于15cm^[2],得载体等效计算面积 $A_e=2.6m^2$,但考虑到桩间距最小为1.6m, A_e 取 $2.0m^2$ 。则单桩承载力特征值:

$$R_a = f_a \cdot A_e = 432 \times 2.0 = 864 \text{ kN}.$$

根据荷载情况单桩承载力特征值取 600kN。

5.3 桩身强度验算

单桩承载力设计值 N (kN) 应满足式:

$$N \leq \Psi_{\text{efc}} A_p^{[2]}$$

式中 ψ_e 为工艺系数, 取 0.75; f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值 kPa; A_p 为截面积 m^2 。

经计算 桩身强度满足。

5.4 载体桩复合地基承载力计算

按文献[1]的复合地基承载力公式进行计算,桩间土承载力发挥系数取0.95;处理后桩间土承载力特征值取90kPa,经计算复合地基承载力特征值达到300kPa。

5.5 沉降计算

因强风化层为相对的不可压缩层,地基变形主要来自加固层和褥垫层,按照文献[1]方法进行计算,计算结果最大沉降为9mm,柱间距为6.0m,允许差异沉降12mm,很明显地基处理后的差异沉降满足要求。

5.6 载体桩的施工

载体桩属于挤土桩,载体桩复合地基的成败取决于挤土效应。根据勘察报告,地基土上下软硬变化剧烈,易造成邻桩断桩。因此,施工中采取了两项技

术措施:1)施工时观测了相邻桩的影响,连续施工时,邻桩最大位移20mm,地表位移120mm,后调整为隔排跳打,调整后邻桩位移不大于10mm,地表位移80mm;2)为了保证桩身完整性,桩身配筋6Φ12。

6 优选方案的效果检验

6.1 桩身完整性检测

施工后进行了88根的低应变反射法检测,I类桩82%,其余为II类桩,桩身完整性较好。

6.2 静载荷试验

载体桩全部施工完毕后,进行了三组单桩复合地基静载荷试验,主要试验成果见表3,单桩复合地基静载荷试验曲线如图4。

表3 复合地基载荷试验成果

试验点号	设计承载力特征值/kPa	设计承载力特征值对应的沉降量/mm	最大加载量/kPa	最大加载量对应的沉降量/mm	实测承载力特征值/kPa
125	300	5.68	600	17.08	不小于300
155	300	2.44	600	9.18	不小于300
217	300	4.34	600	14.44	不小于300

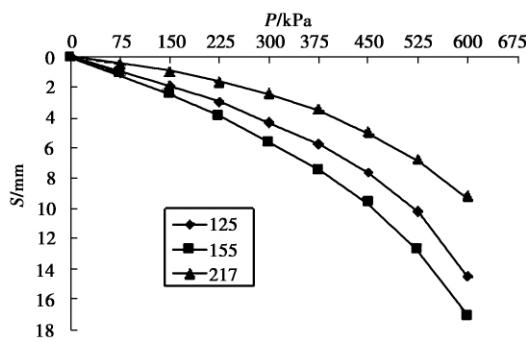


图4 单桩复合地基静载荷试验曲线

三组试验载体桩复合地基承载力特征值均不小于300kPa,在加载范围内沉降稳定,曲线为缓变型,满足设计要求。

6.3 沉降观测

结构施工过程中进行了建筑物的沉降观测,从基础施工到教学楼交付使用后的连续沉降观测统计数据列于表4,最大沉降量为11~15mm,沉降量小且均匀,满足规范允许值,所选地基基础方案效果良好。

表4 沉降观测结果 mm

层数	日期/(月-日)	测点1	测点2	测点3	测点4
基础	02-07	3	3	2	3
2	04-06	5	6	6	4
4	05-10	8	10	8	7
封顶	07-10	14	15	14	11

7 结论

1)通过对换填、桩基础、载体桩复合地基的技术经济比较,确定了载体桩复合地基和条形基础方案,避免了大挖大填和基坑支护,节省了投资。

2)低应变检测和载荷试验以及沉降监测表明,载体桩复合地基处理杂填土地基可行,可穿透含建筑垃圾的杂填土,且造价低、环保节能,但应注意其挤土效应。

参考文献

- [1] 阎明礼 张东刚. CFG 桩复合地基技术及工程实践. 北京:中国水利水电出版社 2001
- [2] 葛宝亮 杨启安,王继忠. 载体桩的设计计算要点. 工程勘察 2009(增刊)