



钢城新苑地基处理工程实践

吕永新

(济南鲍德房地产开发有限公司, 山东 济南 250014)

摘要:强夯法具有效果好、工期快、造价低等优点。钢城新苑住宅小区饱和黄土的地基采取强夯法处理,改善了地基土中孔隙水压力的消散条件,强夯效果较好。钢城新苑东区8#楼地基承载力较高,采用了强夯置换处理方案,以达到消除黄土湿陷性和大幅提高承载力的目的。同时,对强夯处理湿陷性黄土时应注意区分地基土的状态、强夯处理饱和黄土采用换填垫层的处理方法、强夯置换法处理各种软弱地的方法进行了分析和讨论。

关键词:地基处理;强夯;强夯置换法;饱和黄土

中图分类号:TU472.3

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2011)05-0071-03

1 前言

济钢集团公司钢城新苑住宅小区拟建场地地貌单元属山前冲洪积扇前沿,原为耕地,地势基本平坦。根据工程地质勘察报告提供的数据和拟建物基础埋深,表层耕土将全部挖除。主要持力层为黄土状粉质黏土,该层场区普遍分布,厚度4.80~6.40 m,平均5.99 m;层底标高为49.41~53.32 m。黄褐色~褐黄色,可塑,湿~饱和;含铁锰氧化物、钙质条纹及小姜石,见虫孔及垂直节理。平均含水量 $w_0=22.4%$,天然重度 $\gamma=18.8 \text{ kN/m}^3$,孔隙比 $e=0.736$,塑性指数 $I_p=11.5$,液性指数 $I_L=0.51$ 。饱和度 $s_r=83%$,压缩模量 $E_s=5.11 \text{ MPa}$ 。湿陷系数最大为0.54,平均 $\delta_s=0.012$ 。标贯击数 $N=6.3$,地基承载力特征值 $f_{ak}=150 \text{ kPa}$ 。下卧层的粉质黏土呈褐黄色,可塑~硬塑,湿~饱和,场区普遍分布,揭露厚度为2.3~9.5 m,平均6.67 m;标贯击数 $N=9.4$,地基承载力特征值 $f_{ak}=180 \text{ kPa}$,压缩模量 $E_s=5.88 \text{ MPa}$ 。各项指标均好于上层湿陷性黄土。

2 地基处理方案的确定

对于湿陷性黄土地基,通常用灰土垫层法、挤密桩法和强夯法处理。灰土垫层法是在基础下一定深度内用3:7灰土置换,其优点是工艺简单、采用碾压法施工工期较快,缺点是冬季施工困难、大规模操作质量较难保障,造价大大高于强夯。挤密桩法是先沉管成孔,然后向桩孔内分层填入并夯实3:7灰土或水泥土成桩,其优点是处理效果好、深度大,但是当地基土的含水量偏高时,拔管后桩孔容易发生缩径、成桩困难,其造价也大大高于灰土垫层。

强夯法处理非饱和湿陷性黄土具有效果好、工

期快、造价低等优点,但对于饱和黄土,当孔隙水压力消散的边界条件不好或夯击工艺不适当就会影响到处理效果。考虑到工程规模较大,为加快工程进度,降低处理造价,决定采用强夯法处理地基。设计要求夯后小高层地基承载力特征值为185 kPa,加固深度 $\leq 5 \text{ m}$;高层地基承载力特征值为280 kPa。按5 m的处理深度,强夯单击夯击能量采用2000 kN·m,单点锤击数为8~10击,夯点间距控制在3.3 m左右,一般可以满足加固深度要求。在夯施工工艺上普遍采用了两遍点夯一遍满夯方法。

3 强夯效果分析

钢城新苑西片区,共强夯楼座14栋。夯后进行了静载荷和标贯试验,其中的6#、12#、13#、14#、16#、17#楼,夯后特征值都达到185 kPa,其他楼分别有不合格的试点。东区大多数楼的静载荷试验达不到要求,有的载荷板沉降量达到60 mm左右,特征约120 kPa,明显低于夯前指标,标贯击数亦普遍偏低。

经分析静载荷试验不合格主要原因是地基土含水量偏高,超过26%。场区大多数楼的液性指数 I_L 值 >0.50 ,接近或达到饱和状态。对于这种土质一般应采取多遍点夯工艺,不可将全部夯能一次性连续施加于同一个夯点,否则使地基土液化,短时间内孔隙水压力很难消散。其次由于冬季施工,表层土结冻,阻断了土层表面的毛细管作用,使孔隙水压力得不到有效的消散和蒸发。理论上说,饱和黏性土的遍间歇时间不应少于3~4周,2遍点夯加1遍满夯一般的施工周期也差不多应达3个月,而实际上每栋楼的施工周期均不超过1个月,各遍夯击之间的间隔时间偏短也是造成静载荷试验不合格的原因之一。

处理方法:表层土含水量偏大、呈软可塑状态直接导致载荷板沉降量大。经研究决定对表层土换填碎石垫层或建筑垃圾,根据每栋楼的具体状况

收稿日期:2011-08-08

作者简介:吕永新,男,1963年生,1999年毕业于清华大学建筑工程专业。现为济南鲍德房地产开发有限公司工程师,从事工程管理管理工作。

换填厚度控制在0.5~1.0 m并补夯一遍。采取上述措施后,西区的9#、15#楼经过换填0.5 m厚的建筑垃圾补夯,静载荷试验补测结果满足要求,深部土层的标贯试验亦达要求,其他6栋楼在换填1.0 m厚的建筑垃圾后,处理成功。但东片区的部分楼座在换填0.5~0.8 m的垫层处理后,静载荷试验补测结果仍未达到要求,最后不得不返工加大了垫层厚度,个别楼座甚至把换填厚度提高到1.5 m才能解决问题。

4 强夯置换法

对于设计要求地基承载力高的,一般采用强夯置换法,通过换填一定厚度的粗骨料垫层强夯的方法,以达到消除黄土湿陷性和大幅提高承载力的目的。钢城新苑东区8#楼采用了强夯置换处理方案。该楼高17层、地下1层,设计要求处理后地基承载力满足280 kPa,置换深度要穿透湿陷性黄土层达到下卧层的粉质黏土。采用6 000 kN·m高能量柱锤置换,隔行两遍点夯工艺施工。夯锤重量25 t,夯锤直径1.5 m,夯点按正方形3.2 m×3.2 m布置,面积置换率约23%。根据面积置换率和置换深度的估算,开挖基坑至设计基底以下1.4 m,回填碎石骨料至基底标高以上0.8 m,此标高即为夯前标高。

首先在夯点位置夯出约4.0 m的深孔,然后向孔内填入高度不超1.5 m的碎石。夯击时控制最后两击平均贯入度 ≥ 20 cm。当总击数达到15击,而贯入度不能满足要求时应增加锤击数。深孔内夯击完成后用填料填满夯孔,再夯1~2击。第1、第2遍点夯完成后采用2 000 kN·m满夯,每点夯击3~4击,压1/4锤印。夯击过程中发现墩间土击穿垫层出露到地面,于是将其挖除运走,又补充了部分石料。

夯后检测:东区8#楼夯后检测采用浅层静载荷板、重型动力触探和土工试验3种方法,检测标准方法遵循有关规范,最终提出夯后地基复合强度、置换墩深度及下部第3层粉质黏土的物理力学指标。

4.1 浅层静载荷板试验

在置换墩上和墩间土各布置3个测点。对置换墩采用1.50 m同直径的载荷板。各试验点分8级加载,第1级为140 kPa,以后每级增量为140 kPa,3个试验点的最大荷载均加至1 260 kPa。根据试验资料,绘制地基静荷载试验P~S曲线,3个试验点沉降均稳定,P~S曲线变化平缓,没有出现比例界限,最大沉降量达到125 mm,可取平均值530 kPa为置换墩承载力特征值。墩间土选用0.5 m²的载荷板,试验结果表明墩间土平均特征值可取215 kPa。按面积置换率0.23计算,置换强夯后地基承载力特征

值可满足280 kPa要求。

4.2 动力触探试验

在9个置换墩上和3个墩间布置了重型动力触探。检测深度贯穿整个碎石墩。从探测结果看置换墩的一般击数为17.66~35.76击,说明置换墩体结构密实,置换墩的深度达到4.6 m。墩下粉质黏土的动探击数为10.6~18.5击,在检测深度7 m以内,其承载力特征值不低于250 kPa,满足了工程对下卧层强度设计要求。

4.3 土工试验

经置换墩体的强力挤压,第二层湿陷性黄土的湿陷性全部消除。

5 结 语

钢城新苑住宅区共有39栋住宅楼采用了强夯处理,从其沉降观测工作结果来看,总沉降量在规范允许范围内。经测算,相对于其他处理方法,采用强夯工艺节省投资约600万元。

实践证明,强夯处理湿陷性黄土时,应注意区分地基土的状态。对于天然含水量较低、液性指数在0.25左右的非饱和黄土地基可采用直接强夯一遍成活工艺。在连续夯击时,锤击贯入度呈收敛趋势,夯完全部击数后夯坑周围无明显的隆起现象,同时满夯的夯沉量也不大,夯锤落地声音清亮。对于饱和黄土采用浅部换填粗骨料的方法,能够明显的改善强夯效果。首先换填垫层后强夯机在施工中不易陷车,其次点夯时部分垫层料被夯入土层,增大了与土的接触面,有利于孔隙水压力消散,另外能够改善满夯效果,表层不易产生橡皮土。对于静载荷板试验而言,由于粗颗粒垫层的模量比较高,可减少荷载板的沉降量,便于顺利交工。

在本工程中换填了0.5 m垫层的楼座大部分处理效果不好,造成浪费和工期延误。因此,换填的厚度应尽量厚一些。另外,强夯处理饱和黄土事先采用换填垫层的处理方法是可靠有效的。例如东片区的36号等8栋高层住宅楼,设计采用了复合地基方案,由于地基为饱和黄土,设计要求先强夯再打素混凝土桩。为确保一次成功,采取了事先换填1 m厚石屑垫层(主要考虑后期长螺旋钻施工的顺利)再强夯的工艺。以东区37#楼试验结果为例,采用4.19 m²的载荷板,面积置换率为0.03,在570 kPa极限荷载作用下,3试点的平均最大沉降量47.46 mm,P~S曲线无明显拐点。取极限荷载的一半对应的荷载,其单桩复合地基承载力特征值满足280 kPa设计要求。但东区21#楼夯前没有换填石屑垫层,直接强夯后进行的素混凝土桩的施工,待混凝

土强度达到可试验条件,地基土至少时效了两个月以上,但从现场的单桩载荷板复合地基试验来看,1号试验点荷载压至356 kPa时,就发生了破坏现象。为查清原因,选两个桩间土点进行了载荷板强度检测,采用载荷板面积为0.25 m²。试验结果表明,在280 kPa荷载作用下,两试点的平均最大沉降量32.0 mm,在120 kPa荷载作用下出现明显第一拐点,其桩间土强度特征值定为120 kPa。这个强度甚至低于夯前指标,按照单桩复合地基计算,夯后桩间土特征值达到160 kPa以上时才能与桩复合出280 kPa的强度。这证实了事先换填1.0 m厚的垫层是行之有效的。

应当指出,这种浅部换填垫层的方法不能算是强夯置换,因为在夯点上并未形成置换墩,也不能按复合地基来评价加固效果。

实践证明,强夯置换法是处理各种软弱地比较可靠的方法。强夯置换的工艺方法有点式置换法和垫层置换法。点式置换的基本工艺是先在上夯出一定深度的夯坑,然后向坑内反复夯填粗骨料、形成置换墩,其缺点是场地隆起量较大,需要装载机填料及随时将隆起和被挤出的软土清理走。垫层置换法是先按布点面积置换率和置换墩体积或深度估算置换量,事先将部分地基土挖除,向基坑内填料铺平,当不用外部填料时应预留夯沉量。优点是避免了软土上的陷车问题,其次可以连续分遍施夯,一次性推平填料、施工工效较高。但形成置换墩时,墩间土被挤压有向上击穿垫层的趋势,如果垫层厚度不够,软土挤到表层从而增加清理难度。最好是控制墩间土隆起到垫层表面以下0.5 m,这样满夯效果也好。

Engineering Practice on Foundation Treatment of Gangcheng New Homestead

LÜ Yong-xin

(Jinan Baode Real Estate Development Co., Ltd., Jinan 250014, China)

Abstract: The dynamic compaction method has the advantages in good efforts, short construction period and low cost. It has been used on the saturated loess foundation soil of the engineering construction of Gangcheng New Homestead Residential District. According to the high bearing capacity of its soil foundation, the engineering construction of Building 8 in the east area of Gangcheng New Homestead Residential District adopted the scheme of dynamic compaction and replacement to eliminate collapsibility of collapsible loess and greatly develop the carrying capacity of foundation soil. Meanwhile, this article mentioned that we should pay attention to distinguish the state of foundation soil while the dynamic compaction of collapsible loess is used. The application of cushion replacement in dynamic consolidation of saturated loess and the way to deal with various weak grounds by dynamic compaction replacement are also discussed.

Key words: foundation treatment; dynamic compaction; cushion; dynamic replacement method; saturated loess

信息园地

几种主要参考文献的著录格式

1 专著(普通图书、学位论文、技术报告、会议文集、汇编、多卷书、丛书):

[序号] 主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志(电子文献必备,其他文献任选)].其他责任者(任选).版本项(第1版不标注).出版地:出版者,出版年:引文页码[引用日期(联机文献必备,其他电子文献任选)].获取和访问路径(联机文献必备).

2 专著中的析出文献(从整本专著中析出的具有独立篇名的文献,包括论文汇编、会议文集等):

[序号] 析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志].析出其他责任者//专著主要责任者.专著题名.出版地:出版者,出版年:析出文献的页码[引用日期].获取和访问路径.

3 连续出版物(有卷期号或年月顺序号,计划无限连续出版发行的出版物,如期刊、报纸等):

[序号] 析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志].刊名:其他刊名信息,年,卷(期):页码[引用日期].获取和访问路径.

[序号] 析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型

标志].报纸名:其他题名信息,年-月-日(版次)[引用日期].获取和访问路径.

4 专利文献:

[序号] 专利申请者或所有者.专利题名:专利国别,专利号[文献类型标志].公告日期或公开日期[引用日期].获取和访问路径.

5 电子文献(电子书刊、数据库、电子公告等):

[序号] 主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志/文献载体标志].出版地:出版者,出版年(更新或修改日期)[引用日期].获取和访问路径.

文献类型标志:普通图书M,会议录C,汇编G,报纸N,期刊J,学位论文D,报告R,标准S,专利P,数据库DB,计算机程序CP,电子公告EB。会议录包括座谈会、研讨会、学术年会等会议的文集;汇编包括多著者或个人著者的论文集,也可标注为M。电子文献载体类型标志如下:磁带MT,磁盘DK,光盘CD,联机网络OL。

注意责任者的著录方法:3人以下的作者应全部著录,3人以上可只著录前3人,后加“等”;外文用“et al”。

[摘自《文后参考文献著录规则》(GB/T 7714—2005)]