

# 陕西咸阳地区常见地基土处理方法探讨

罗长胜 刘俊峰

(咸阳市建筑设计研究院, 咸阳 712000)

【摘要】对咸阳地区常见的湿陷性黄土、饱和黄土、饱和粉细砂和杂填土的处理方法进行了总结和探讨。

【关键词】湿陷性黄土; 饱和黄土; 饱和粉细砂; 杂填土; 地基处理

【中图分类号】TU 44

## The Ground Treatment Method for the Common Foundation Soil in Xianyang Area of Shanxi

【Abstract】Discussing and summarizing the methods of ground treatment for the collapsible loess, saturated loess, saturated sand soil and miscellaneous in Xianyang area.

【Key words】collapsible loess; saturated loess; saturated fine sand and powder sand; miscellaneous; ground treatment

### 0 引言

工程建设中,经常需要对建(构)筑物地基土进行处理,以满足上部结构对地基承载力和地基变形的要求。对不同土类和不同建筑场地条件及不同建筑结构形式,应选择与其相适应的地基处理方案,既要做到技术先进,经济合理,安全适用,确保质量,同时又要因地制宜,就地取材,保护环境,节约资源。咸阳地区因地质条件和地貌单元不同而分布着不同类型的地基土,主要的土类有湿陷性黄土、饱和黄土、饱和粉细砂和杂填土等,对这些地基土的处理方法也不尽相同,笔者根据多年工作实践,就咸阳地区常见地基土的处理方法进行了探讨。

### 1 湿陷性黄土地基及其处理方法

#### 1.1 湿陷性黄土的性状及分布

湿陷性黄土是由风积形成的,其特点是质地均一、疏松、大孔隙结构、垂直节理发育、多含钙质结核。土在自重应力下或在自重应力和附加应力共同作用下遇水后土的结构迅速破坏而产生附加下沉。咸阳地区湿陷性黄土

分为自重湿陷性黄土和非自重湿陷性黄土。湿陷性黄土的分布范围极为广泛,其湿陷性通常有自河流低阶地向高阶地及黄土原逐渐增强的趋势,如咸阳市区内一、二级阶地多为非自重湿陷,三级阶地与黄土原多为自重湿陷性,埋藏深度一般低阶地为4~8 m,高阶地为6~12 m,黄土原深度一般大于10 m。

#### 1.2 湿陷性黄土地基的处理方法

对一般工程而言,湿陷性黄土的地基处理往往是以消除湿陷性为主,增强地基承载力为辅。处理方法应根据湿陷类型、湿陷等级、湿陷范围、湿陷深度等场地的工程地质条件以及建筑物的性质、类型等综合确定,可选择部分消除地基的湿陷性和全部消除地基的湿陷性。处理深度可根据建筑物的性质和湿陷等级综合考虑。垫层法和灰土(素土)挤密桩,通常用于处理小范围的单体建筑物地基。强夯法及预浸水法适合处理大面积的湿陷性黄土。化学加固法因造价较高,一般仅在处理已有建筑物地基不均匀沉降事故时采用。此外还可考

虑采用桩基穿透湿陷土层的方案。

处理湿陷性黄土地基方法在咸阳地区已相当成熟, 诸如垫层法、挤密法、强夯法等已得到普遍应用, 预浸水法因受建筑环境条件及工期等诸多因素限制, 尚未有工程应用的实例。需指出的是在处理湿陷性黄土地基时, 应根据工程等级及需要采取包含以地基处理、建筑设计、结构措施在内的综合措施。合理控制剩余湿陷量, 避免盲目追求“完全消除湿陷性”而造成不必要的浪费。

## 2 饱和黄土地基及其处理方法

### 2.1 饱和黄土的性状与分布

饱和黄土是第四纪风积、冲积黄土, 处于地下水位附近或弱透水的古土壤层之上形成的一种特殊岩土, 其特点是天然含水量高、孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高、承载力低、沉降变形大且沉降稳定时间较长。

该类土在咸阳地区的分布范围多在河流的一、二级阶地, 埋深一般在地表下 10 m 范围以内, 以咸阳市区为例, 多在 4~10 m 之间, 这恰是一般建(构)筑物地基的主要受力层或下卧层。

### 2.2 饱和黄土地基的处理方法

对于面积不大及埋藏较浅的饱和黄土可挖除后回填或将基础加深。对于宽度不大的条形基础可采用基础地梁跨越。对于厚度较大的饱和软黄土可采用换土垫层法、素砼桩、深层搅拌法等。对于饱和软黄土下部为不含水砂层时可采用砂桩及排水固结法。

此外, 尚可考虑扩大基底面积, 减小基底附加压力的办法予以处理。如咸阳中华路住宅小区工程, 占地 200 亩, 多为六层带地下室砖混住宅。地基主要持力层为饱和软黄土, 具中等压缩性, 变异性高, 承载力标准值 115 kPa。该层厚度为 3.5~6.6 m。原拟采用天然地基条形基础, 但承载力不能满足设计要求。如处理该层土工程费用高, 工期亦长。经比较, 决定采用整片筏板基础, 基底做 1 m 厚灰土垫层, 经验算下卧层满足要求。如此既

缩短了工期, 又降低了工程费用, 整个小区近 40 幢楼均采用此方案, 经济效益十分可观。

特别是当其上部有承载力较高的“硬壳”土层时, 可尽量将基础浅埋, 通过采取调整基底应力, 加强上部结构刚度等措施, 只要下卧层验算满足要求, 对无变形控制要求的建筑就可不处理地基。如咸阳市财政局住宅楼工程, 其场地地层为渭河 II 级阶地, 地表以下土层依次为: ①层杂填土, 厚 0.7 m, 承载力标准值 100 kPa, ②层黑垆土, 厚 1.0 m, 承载力标准值 120 kPa, ③层黄土厚 2.4 m, 承载力标准值 140 kPa, ④层黄土, 厚 7.6 m, 承载力标准值 85 kPa。如果按通常设计, 该砖混结构住宅楼采用砖条基, 基底下 1 m 左右为④层黄土, 显然下卧层不能满足承载力要求, 如果处理该层, 工程费用太大, 遂采用钢筋砼条基浅埋, 尽量利用③层“硬壳”, 加大基底与④层土的距离, 以使基底应力扩散, 使下卧层验算得以满足要求, 并辅以上部结构措施, 从而避免了地基处理。该楼建成后, 经实测, 最大沉降量仅 12 mm, 使用状况良好。

有时, 当饱和软黄土土层不厚, 且其下有较好的桩端持力层时, 可直接采用桩基, 往往能取得事半功倍的效果。如泾阳县邮政局桥底分局办公楼工程, 该楼为四层、局部五层砖混结构办公楼, 地基土自地表向下至 11 m 均为饱和软黄土, 承载力不满足设计要求, 且压缩性高, 原拟采用振冲桩复合地基, 因置换率过高导致处理费用较高, 后改为 500 mm 小直径钻孔灌注桩桩基方案, 桩长仅 9 m, 既降低了地基基础费用, 又缩短工期 20 d 左右。

应该注意的是由于饱和黄土含水量高、强度低, 对桩体的约束能力有限, 当桩体采用散体材料时, 往往由于桩身强度上不去, 致使复合地基承载力提高幅度有限。在这种情况下, 可考虑采用有自固性的材料, 如低标号砼等。西北有色地质勘察局 712 总队综合办公大楼工程, 该楼为九层框架结构, 钢筋砼十字架梁基础。地基主要持力层为饱和黄土, 地表下

2.6 m 以下厚度 2.9~5.1 m 的黄土层承载力标准值仅 100 kPa。为处理该层土,原采用砂石桩复合地基,先后经两个施工队伍进场试桩施工砂石桩,载荷试验检测结果,复合地基承载力均不满足设计要求,主要原因是桩周土约束力差,砂石桩强度上不去,致使复合地基承载力仅提高 10%。后将桩体材料改为 C15 砼后,复合地基承载力提高至 190 kPa,承载力提高了 90%,满足了设计要求。

### 3 饱和粉细砂液化地基及其处理方法

#### 3.1 饱和粉细砂的性状及分布

作为地基土的饱和粉细砂为第四纪全新统冲积物。其特点是结构较松散,在静荷载作用下有较高的强度,但在振动和地震力的作用下,其超孔隙水压力突然增高使颗粒间的有效应力大大降低,在排水条件不畅的情况下,土粒处于悬浮状态而使土体产生液化而发生沉陷,使得土的承载力降低甚至地基失稳。

饱和粉细砂多分布在河流低阶地或高河漫滩,在平面上多呈条带状,剖面上多呈透镜状,分布不太稳定。准确查明饱和粉细砂的液化深度、液化范围及液化等级是地基处理的前提。

#### 3.2 饱和粉细砂液化地基的处理方法

咸阳地区处理饱和粉细砂液化地基土的方法主要有换土垫层法、强夯法和振冲密实法。在确定地基处理方案时,不能遇见有饱和液化砂土地基就采取全部消除液化沉陷的措施,应根据液化等级及建筑物的性质综合确定处理方案。如对于丁类建筑物在轻微及中等液化场地就可不采取措施,严重液化场地可对基础和上部结构处理。对于丙类建筑物,轻微液化及中等液化场地可加强基础和上部结构,严重液化场地应全部消除液化沉陷或部分消除液化沉陷影响且对基础和上部结构处理。对于乙类建筑物,轻微液化场地可部分消除液化沉陷或对基础和上部结构处理,中等液化场地可部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理,严重液化场地应全部消除液化沉陷影

响。对于需全部消除液化沉陷影响的地基,处理深度应大于液化深度下限。改善排水条件和增加土的密实度是处理液化地基的有力措施。

咸阳肿瘤医院门诊楼工程为十层框架结构,丙类建筑,钢筋砼交叉梁基础。地基土为中细砂互层,有轻微-中等液化,液化深度为 3.7~5.3 m。通过方案比选,最后在强夯法、振冲密实法和换土垫层法中选择换土垫层法,即部分消除液化沉陷的地基处理。而距此一墙之隔的一座单层汽车库房却采用振冲密实法处理,工程费用明显高于本工程。咸阳滨河小区安居工程,该工程占地 53 亩,拟建 15 幢 6 层住宅楼及相关公用建筑。地貌单元为渭河高漫滩。地层主要有具中等-严重液化的中细砂,液化深度 6.5~8.0 m。在经过对换土垫层法、强夯法,振冲密实法三种方案比较后采用了振冲密实法。施工中针对具体液化土层深度以振冲电流和留振时间控制桩长,不强求统一桩长,避免机械地追求统一加固深度而造成无谓浪费,检测结果达到了设计要求。

### 4 杂填土地基及其处理方法

#### 4.1 杂填土的性状及分布

杂填土主要是由人类活动形成的无规律堆积物,成份复杂、结构杂乱、孔隙较大、厚度差异大、含水量变异性高、土质不均匀且承载力低是其主要特点。

杂填土在咸阳地区多分布于河流低阶地的人类聚居地及附近,尤其在一些历史悠久的古城非常多见。

#### 4.2 杂填土地基的处理方法

杂填土一般不宜用作天然地基,但对于建筑垃圾和性能稳定的工业垃圾在填筑年代超过 10 年后,一般均达到了一定的密实度,此类地基在采取加强基础及上部结构刚度的措施后,仍可作为一般建筑物的天然地基持力层,但其地基承载力应根据载荷试验或其它原位测试手段确定。对于局部厚度不大的杂填土,可采用换土垫层法、重锤夯实法及表层压实法

进行处理或将杂填土挖除, 将基础直接置于稳定的土层上。对于深度较大的杂填土, 也可采用强夯法及复合地基处理。对于有机质含量较多的生活垃圾当厚度较小时可挖除回填好土, 对于厚度较大的生活垃圾不宜采用换土垫层、表层压实及强夯法, 可采用桩基础。采用复合地基处理时如用沉管法, 一定要注意工艺的适宜性。如含水量低会造成沉管难度大等。采用钻孔灌注桩时, 尚应考虑需水下作业时, 杂填土层泥浆护壁的复杂性。此外, 灰土井桩法在保证灰土质量和施工安全的前提下, 对一些工期要求不严格的小型工程仍可考虑选用。

彬县招待所多功能厅, 为大柱网框架结构。地表以下有 5.5~10.2 m 不等的杂填土, 其下为粉质粘土, 承载力标准值为 190 kPa。原勘察时对杂填土未取样, 勘察报告中仅给出其承载力标准值为 80 kPa 一个参数, 建议采用灰土挤密桩处理地基。挤密桩试桩时, 成桩非常困难, 遂进行补充勘察, 发现该杂填土含水量偏低, 后结合上部结构特点改用柱下承台的钻孔灌注桩方案, 始获成功。彬县职教中心教学楼, 四层砖混结构, 地基土依次为①层杂填土 4.5~5.0 m, 承载力标准值 110 kPa; ②层新近堆积黄土, 厚度 6.5~7.0 m, 承载力标准值 120 kPa; ③层粉质粘土, 揭露厚度 4.0 m, 承载力标准值 160 kPa。由于①、②层土承载力较低, 压缩性高, 变异性大, 不能做天然地基。如用挤密处理因含水量低而难以实施, 而大开挖处理费用过大, 且受场地限制无法进行, 故经比较选用钻孔灌注桩方案, 比大开挖更加经济。

以上两例说明, 对于厚度较大, 含水量较低, 压缩性高且不均匀的杂填土地基有时选用通常认为费用高的桩基反而是最经济可行的方案。

## 5 结 论

1) 地基处理应遵循“因地制宜, 因楼施法”的原则。岩土工程师只有在充分分析工程地质及水文地质条件的基础上, 根据工程建设标准要求, 结合地基基础和上部结构条件, 合理地选择地基处理方案, 方能达到对岩土体科学地整治、改造和利用的目的。

2) 尽可能选用天然地基, 在充分把握场地条件和工程建设要求, 并合理利用上部结构条件的前提下, 正确选择适宜的地基持力层。当上部有“硬壳”土层时, 尽可能浅埋基础, 正确设计基底与软弱下卧层的距离。

3) 地基处理方案的选择, 应依据地基土类的不同, 明确各类土的处理目的。对湿陷性黄土地基应以消除湿陷性为主; 对饱和黄土地基以增强地基强度为主要目的; 对饱和粉细砂液化地基应按建筑物类别采取相应的消除液化措施; 对杂填土地基以提高地基强度, 改善地基均匀性为目的。

4) 正确把握地基处理与基础选型二者间的辩证关系。在一定条件下不处理地基, 而选用相适宜的基础形式也可能是一种更为安全、经济、合理的办法。

5) 一个经济合理的地基处理方案必然是多方案比选的结果。

## 参 考 文 献

- 1 GBJ 7—89 建筑地基基础设计规范
- 2 GBJ 25—90 湿陷性黄土地区建筑规范
- 3 JGJ 79—91 建筑地基处理技术规范
- 4 GB 50011—2001 建筑抗震设计规范
- 5 林再贯等. 岩土工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995
- 6 常士骧主编. 工程地质手册(第三版). 北京: 中国建筑工业出版社, 1992

收稿日期: 2003-03-24