



用砂石换土垫层处理 软土建筑地基的设计与施工

文/杨志奎

我国从上世纪 50 年代中期至今,在建筑、公路、铁路、水利及市政等工程中,用砂石换土垫层处理软土地基较为广泛。其突出的优点是:能加速饱和软土的排水,缩短固结变形时间,减少房屋沉降量,提高地基的承载力;就地取材、技术可靠、适用经济、施工简易、质量易控制;工期短、无污染、噪声少。三水市从 70 年代初开始采用砂石换土垫层处理多层房屋软土地基,迄今已在 100 栋以上楼房的施工中采用。1997 年至 1999 年,三水市市区内的数十栋 6 至 7 层的商品住宅与商住楼,均建造在软土地基上,地基土层承载力标准值 $f_k = 80 \sim 120 \text{ kPa}$,全部采用砂石换土垫层处理,垫层深度 1—3m,局部达 4.5m,已投入使用 1 至 2 年,实测总沉降量约在 20mm 以下,沉降差在 10mm 以下,无一出现结构裂缝。实践证明,在中小城镇旧城改造中,采用砂石换土垫层处理软土地基(包括软弱地基)要比用其他方法,具有独特的优越性。

一、用砂石换土垫层处理软土地基的基本目的

(1) 提高基底的地基承载力设计值,减少基础工程量,使下卧层软土顶部的平均压力设计值小于下卧层软土地基承载力设计值 f (深度修正后)。

(2) 减少地基的变形和房屋的沉降量。因为砂石垫层的压缩模量一般平均为软土压缩模量的 6 至 12 倍,对于减少房屋沉降量是很明显的。我市南湖山庄 3 号楼八层,下卧层软土承载力标准值 $f_k = 120 \text{ kPa}$,砂石垫层厚度 1.5—3m 为肋梁式筏基,用规范法计算沉降量 95 mm,实测值 18 mm,沉降差在 5 mm 以下。

现根据三水市在处理软土地基中的实践,对用砂石换土垫层处理软土建筑地基中的有关设计和施工方面的问题作如下探讨,供参考。

二、设计需要探讨的问题

(一) 基础形式要研究下列主要因素,综合确定:(1) 根据房屋底层建筑平面、上部结构开式、荷载大小、软土埋深及其厚度,表层土特性,建筑场地环境等因素进行分析,合理选择基础形式;(2) 合理选定砂石垫层的承载力设计值。砂石垫层的承载力设计值平均 $f = 200 \sim 250 \text{ kPa}$,碎石垫层承载力设计值平均 $f = 200 \sim 250 \text{ kPa}$,砂石混合垫层介于上述二者之间,因此,应通过技术经济论证,选定一个合理而又符合《建筑地基基础设计规范》GBJ7—89(以下简称地基基础规范)的要求。建议 5 至 7 层的房屋,砂石垫层本身的承载力设计值取下卧层软土承载力标准值的 1.3—1.5 倍左右。

砂石垫层承载力设计值应根据上部结构的负荷大小及下卧层软土的承载力设计值(深度不同设计值不同)、工程地质条件、相邻建筑影响等综合研究合理选定。

(二) 基础埋置浓度的选取定。

1、基础平面尺寸确定后应根据满足以下条件选定基础埋置深度:(1) 表层腐殖、垃圾土、杂填土全部清除(杂填土承载力高的设计可考虑不清除);(2) 最小埋置深度 \geq 基础梁最大梁高(m) + 室内外交差(m) + 0.3—0.5 m;(3) 设有地下室的房屋按地下室底板板底标高选取定。

2、砂石换土垫层厚度按《地基基础规范》公式计算(式中符号意义见该规范)

$$p_1 + p_{cs} \leq F_1 \quad (5.1.6)$$

$$p_1 = \frac{b(P - PC)}{b + 2ztg} \quad (5.1.7-1)$$

矩形基础(包括肋梁式筏基或平板式片筏基础)



$$p_z = \frac{1b(p - pc)}{(b + 2z \tan \theta)(1 + 2z \tan \theta)} \quad (5.1.1.7-2)$$

3、压力扩散角 θ 的取值问题 (对砂石垫层而言), 建议扩散角 θ 取值如下:

砂垫层 当 $z/b < 0.25$ $\theta = 0^\circ$; 当 $0.25 \leq z/b < 0.5$; $\theta = 22^\circ$; 当 $z/b > 0.5$ $\theta = 25^\circ$

砂石垫层 当 $z/b < 0.25$ $\theta = 0^\circ$; 当 $0.25 \leq z/b < 0.5$ $\theta = 25^\circ$; 当 $z/b > 0.5$ $\theta = 30^\circ$

4、砂或砂石垫层底宽的确定 (软弱土层顶部处的宽度)

砂或砂石垫层底宽 B 除应满足压力扩散角要求外, 还要根据垫层侧面土的承载力来确定, 防止垫层向两边挤动。

以满足压力扩散角确定砂石垫层底宽 B 时, 则 $B = b + 2z \tan \theta$ 。

式中 b 为条形基础或梁肋式整板筏基、片筏基础的底宽。

若垫层侧面软土承载力标准值 $f_k \geq 200 \text{ KPa}$

$$B = b + (0 - 0.25)z$$

若 $120 \leq f_k < 200 \text{ KPa}$ $B = b + (0.6 - 1.0)z$

若 $80 \leq f_k < 120 \text{ KPa}$ $B = b + (1.2 - 1.6)z$

若 $f_k \leq 80$ 则应在满足按上式计算宽度之外加砌 240 厚挡墙或 300 厚片石墙, 砌至垫层顶以上 0.2m。

三、砂石垫层施工注意事项

1、砂石材料: 砂垫层应采用粗砂或中砂, 不应采用细砂; 碎石应采用 5—40mm 的碎石, 砂石含泥量控制在 5% 以下。

2、基坑局部处理: 基坑中局部淤泥、垃圾、杂填土应清除, 采用砂石垫层分层压实处理; 对于挖除淤泥的局部深坑, 四周应挖成 1:1—1:1.5 的阶梯, 每级高度控制在 0.5m 左右, 再填砂石垫层分层压实。

3、施工方法

平振法: 平振法只宜用于小面积砂石垫层, 采用 1.5KW 以上的平板振捣器往复振动, 铺筑厚度控制在 200—250mm 内, 振捣 3—4 遍, 要做到分层交叉、错开、重叠振捣, 并控制平均每处振捣器振捣

时间不小于 60s。

碾压法: 广泛用于砂垫层、砂石垫层大面积施工, 质量可保证, 效率高。

(1) 采用 12t 重型平碾, 虚铺厚度 250—300mm, 压 4—6 遍;

(2) 采用 8—12t 中型平碾, 虚铺厚度 200—250mm, 压 6—8 遍;

(3) 采用 10t 以上的振动压路机, 虚铺厚度 250—350mm, 先静压 4 遍, 后振压 4 遍, 滁州市市区采用 16t 振动压路机, 碾压质量好, 施工工期短。

碾压法同样要做到分层交叉、错开、重叠碾压, 压路机到达不了的边角部位, 应随时用平板振捣器配合同步振实。

4、砂石垫层用量的控制, 一般按设计要求的比例 (重量比) 控制, 拌和必须均匀, 若设计无要求时, 采用 4:6 的砂石比例较好, 可以按设计确定的砂石比例一层砂一层石子一层砂虚铺碾压。

四、质量控制

1、砂石换土垫层质量要求是必须使每一层的压实干密度要大于或等于设计要求的干密度 ρ_{do} , 建议设计人员可参考下列数据采用, 对于砂垫层控制干密度为 16—17kN/m³, 有条件应通过试验取 0.95 ρ_{dmax} (ρ_{dmax} 为最大干密度)。对于采用垫层承载力设计值较高时, 其干密度要求也相应取高值。

2、取样方法与检测频率

取样方法: 砂垫层采用环刀法分层取样, 取样位置应在每层 2/3 压实厚度处, 对于采用碎石层或砂石混合垫层可按规定分层取样频率设立砂样点, 用环刀法取样, 也可以用埋盒法, 填筑砂石时将铁盒埋入地基中, 经碾压后取出测定其干密度。

取样频率: 整片基础垫层每 50m² 一处; 多形基础下垫层每 30m² 一处, 每一施工段 2 处; 独立桩基下垫层, 每柱一处。

3、设立沉降观测点, 定期观测, 可每施工一层观测一次, 进一步验证砂石换土垫层压实质量及与计算沉降量对比, 可避免意外质量事故和积累设计施工经验。

(作者单位: 三水市建筑设计院有限公司)