

石灰桩处理软土地基的若干问题

郑俊杰

袁内镇

(华中理工大学岩土工程研究所, 武汉 430074) (湖北省建筑科学研究设计院, 武汉 430071)

吴世明

(浙江大学岩土工程研究所, 杭州 310027)

【摘要】 对目前石灰桩处理软土地基的设计和质量检测中存在的问题进行了讨论, 并提出了改进意见。

【关键词】 石灰桩; 地基处理; 软土地基

【中图分类号】 TU472.3+2

【Abstract】 Some existing problems in design and test of lime piles used to treat soft soil are discussed. The proposals of solving these problems are put forward.

【Key words】 lime piles; ground treatment; soft foundation

0 引言

石灰桩是指经机械或人工成孔, 然后将生石灰或生石灰与活性掺合料(粉煤灰、煤渣、炉渣、钢渣及少量附加剂石膏、水泥等)的混合料按一定比例拌合后, 灌入地基中并振密或夯实所形成的桩^[1]。

石灰桩法是一种加固软弱地基土较经济有效的方法。石灰桩可使软土迅速固结的独特的加固作用机理使其具有较好的技术效果, 因其廉价的桩体材料和简单的施工条件而具有较好的经济效益, 石灰桩法在我国16个省市自治区得到广泛应用。据不完全统计, 已有数千栋建(构)筑物采用石灰桩法加固地基。

目前石灰桩法仅有一些地方性法规。石灰桩应用于加固软土时存在一些问题, 本文对这些问题进行讨论, 希望能引起设计及检测人员的重视, 避免工程质量事故的发生。

1 设计中存在的问题

1.1 复合地基承载力取值问题

石灰桩复合地基承载力计算公式为

$$f_{ak} = m f_{pk} + \alpha(1 - m) f_k \quad (1)$$

式中: f_{ak} ——石灰桩复合地基承载力标准值, kPa;

m ——石灰桩面积置换率;

f_{pk} ——石灰桩桩体抗压强度的比例界限值, kPa;

α ——桩间土承载力提高系数;

f_k ——天然地基土承载力标准值, kPa。

石灰桩复合地基承载力与石灰桩面积置换率、桩体强度、天然地基土的类别及承载力等因素有关。

由于石灰桩属柔性桩, 桩体强度不太高, 其比例界限值 f_{pk} 一般取 300 ~ 450 kPa, 在通常的置换率的情况下, 石灰桩复合地基承载力标准值取值为 120 ~ 160 kPa, 一般不宜大于 180 kPa。因此, 在软土地区选用石灰桩复合地基承载力大于 200 kPa 是不合适的。

若希望以较低的工程投资得到较高的复合地基承载力, 可考虑将石灰桩与深层搅拌桩配合使用形成三元复合地基^[2]。

1.2 桩间土提高系数取值问题

石灰桩能吸水膨胀, 桩间土被挤密。工程实践表明, 排土成孔和挤土成孔时, 桩间土承

载力提高系数取不同的值^①。

排土成孔时,一般情况下, $\alpha = 1.1 \sim 1.2$; 对于淤泥等超软土, $\alpha = 1.3 \sim 1.5$ 。

挤土成孔时,对一般粘性土, $\alpha = 1.15 \sim 1.3$; 对饱和软粘土, $\alpha = 1.1 \sim 1.2$; 对杂填土、素填土、大孔隙土, α 应经原位测试决定。

排土成孔时,由于石灰桩挤密影响范围有限,仅在桩周约 10 cm 的桩边土具有明显的改良效果,桩边土以外的桩间土无明显的加固效果^[1]。盲目提高桩间土承载力提高系数 α 的作法是不可取的,但是不考虑桩间土承载力的提高,或降低系数 α 的取值可能使设计面积置换率较大,布桩数偏多,偏于保守而导致浪费。因此应根据不同土质情况及工艺条件,选用适当的提高系数 α 是比较妥当的。

1.3 软弱下卧层强度和变形问题

石灰桩处理软土深度有限,因此,当石灰桩应用于深厚软土地基时,石灰桩通常不能穿透整个软土层,此时必须进行软弱下卧层强度验算。软弱下卧层的变形常常大于石灰桩复合地基加固层的变形,因此不容忽视。

由于石灰桩复合地基具有复合垫层作用、石灰桩对桩间土具有挤密作用及排水固结作用、轻质的石灰桩加固层具有减载作用,因此石灰桩已成功地应用于深厚软土地基加固^[3]。在进行软弱下卧层强度验算时,可考虑石灰桩加固层的减载作用。

目前,将石灰桩应用于深厚软土上,也有少量建筑物发生了较大的沉降和严重的不均匀沉降,值得引起足够的重视。当下卧土层较软弱 ($f_k < 80$ kPa)、建筑物荷载较大且石灰桩加固层厚度不大 (小于 4 m) 时,应用石灰桩宜持慎重态度。此种情形,为减少建筑物沉降,提高复合地基承载力,可考虑与深层搅拌桩联合应用,形成三元复合地基^[4]。深层

搅拌桩可加固整个软土层 (20 m 以内),将一部分荷载向深层土传递,可大大减少复合地基的沉降。此种处理方法具有较好的技术效果和明显的经济效益。

1.4 面积置换率及桩土应力比问题

生石灰在自然状态下熟化后其体积增到原来的 1.3 ~ 3.5 倍。在周围土体约束条件下,石灰桩直径的增大系数为 1.1 ~ 1.2,软土中取高值。

通常情况下,若石灰桩设计桩径 $\phi 300$ mm,则膨胀后可达 330 ~ 360 mm (排土成孔时)。面积置换率计算宜以在石灰桩膨胀后的实际桩径计算,而不能以石灰桩设计桩径计算,否则会导致过多的桩数,造价增高。在正常置换率的情形下,桩中心距一般采用 $2d \sim 3d$,按设计桩径计算的置换率为 0.09 ~ 0.20,膨胀后实际置换率约为 0.13 ~ 0.28。

在一般情况下,桩分担 35% ~ 60% 的总荷载,桩土应力比在 2.5 ~ 5 之间。桩土应力比可根据加固土类及桩体强度取值,天然地基土强度较低、桩体强度较高时取高值,反之取低值。

1.5 桩体材料配比问题

石灰桩中的桩体材料若全部采用生石灰,则不存在配合比问题。大多数情况下,掺入了活性掺合料的石灰桩其桩体强度有大幅度提高。通常情况下,生石灰与掺合料的体积比为 1:2。但该配合比不是一成不变的,对于淤泥及淤泥质土,为了大量吸收桩间土中孔隙水,有利于桩间土排水固结,同时为了有效地挤密桩间土,可增大生石灰掺入比,此时可采用体积比 1:1.5 甚至 1:1。对于 $f_k \leq 60$ kPa 的淤泥或新近回填土,生石灰与掺合料的体积比可采用 1.5:1^[5]。

2 质量检测中存在的问题

石灰桩复合地基检测包括复合地基加固效果检测和石灰桩桩身强度检测。由于石灰

桩膨胀后桩土界限不明显,加之石灰桩复合地基表现出的垫层作用强于桩体作用,桩体可压缩,桩土变形协调,因此通常不提石灰桩单桩承载力,石灰桩一般也不做单桩静载荷试验。

2.1 静载荷试验取值问题

复合地基加固效果检测通常采用单桩复合地基静载荷试验法。每项工程静载荷试验数量不少于3组。压板面积大小采用单根桩所承担的处理面积的大小,试验加载量应为设计值的两倍以上。由于石灰桩复合地基 $P-s$ 曲线类似于天然地基土,无明显的拐点,因此,石灰桩复合地基承载力宜按沉降比取值。石灰桩复合地基中桩与土具有良好的协同工作的特性,土的变形控制着复合地基的变形,且石灰桩发生一定的塑性变形是完全允许的,因此石灰桩复合地基的承载力取与沉降 $s = (0.015 \sim 0.02) B$ (B 为方板的边长或圆板的直径)所对应的荷载是适宜的。

目前很多检测单位采用灰土桩规范中沉降比 0.008 是偏严格的,安全度太大。极少数情况下,对于特别重要的建(构)筑物或对沉降要求特别严格的建(构)筑物,可采用沉降比 0.01。

2.2 桩身触探检测问题

对桩身检测可采用静力触探、轻便触探等方法。触探应在地基加固区的不同部位随机抽样进行测试,抽样桩数约为总桩数的 1%~2%,并不宜少于 8 根。每根桩分别触探桩身、桩间土各一点,深度应大于桩长。如有异常情况,应增加测点。

采用 $N_{63.5}$ 动力触探进行桩身质量检测是不合适的。因为石灰桩桩身强度不很高,采用 $N_{63.5}$ 动力触探易引起较大误差。另外,

截止目前为止,绝大多数工程均采用静力触探或 N_{10} 轻便触探,尤其是静力触探,已积累了相当成熟的经验,不仅已形成了桩体质量的判定标准,而且也建立了与静载荷试验的相关关系,甚至可采用静力触探代替静载荷试验直接检测石灰桩复合地基加固效果。静力触探检测石灰桩复合地基的加固效果是经济、简捷的方法。

3 结语

本文讨论了目前石灰桩加固软土地基应用中存在的若干问题。设计中尤其应注意下卧层强度和变形问题,设计上的失误可能会导致严重的工程质量事故。质量检测时静载荷试验沉降比宜选取 0.015,触探检测宜采用静力触探或 N_{10} 轻便触探。

石灰桩的施工工艺不完善是制约石灰桩技术发展的重要障碍,目前常用的洛阳铲成孔方法简便易行,但加固深度受到限制,适用于我国国情的机械施工工艺尚未形成,使这项古老的源于我国的地基处理技术的应用受到了严重的影响。

参考文献

- 1 郑俊杰等.石灰桩在非均匀地基上的设计方法.华中理工大学学报,1998,26(12):85~86
- 2 郑俊杰等.石灰桩与深层搅拌桩联合加固杂填土地基.施工技术,1997(9):23~24
- 3 郑俊杰等.石灰-粉煤灰桩在深厚软土地基中的应用.建筑结构,1997(4):22~23
- 4 郑俊杰等.石灰桩与深层搅拌桩联合加固深厚软土.岩土工程技术,1998(2):33~34
- 5 郑俊杰等.加固新回填土的石灰桩法.华中理工大学学报,1996,24(11):85~87