

超轻材料桩复合地基与普通复合地基的对比研究

吴明玉^{1,2}, 谢永利², 刘保建², 宁殿晶³

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 长安大学, 陕西 西安 710064;
3. 陕西交通外资项目建设有限公司, 陕西 西安 710068)

摘要: 通过有限元计算软件, 对于超轻材料桩复合地基和普通复合地基处理极软地基的效果进行了对比分析。研究发现超轻材料桩符合地基因为采用粗而短的桩在处理极软地基方面具有明显的优势, 其能够克服刚性材料桩桩体模量太大桩土不能协调变形的缺点, 也能够克服柔性材料桩桩长较长而失稳的缺点。论文证明在数值模拟的前提下, 超轻材料桩复合地基处理软基在处理效果和经济价值方面具有可行性。

关键词: 软土; 路基; EPS; 复合地基

中图分类号: TU470.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)01-0146-03

Study on comparison of super light material pile with normal composite foundation

WU Mingyu^{1,2}, XIE Yongli², LIU Baojian², NING Dianjing³

(1. Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Chang'an University, Xian 710064, China;
3. Shaanxi Transport Foreign Fund Porject Construction Ltd. co, Xian 710068, China)

Abstract: By using finite element software, the article comparatively analyzed the effect of super light material composite foundation with common material pile composite foundation. It found that super light material pile with the thick and short pile has obvious advantages, it is able to overcome the deficiency that pile and soil can't coordinate deformation of rigid material pile with high modulus, and also be able to overcome the deficiency that pile instability of flexible material pile with the long piles. This paper provides the evidence of treating soft soil foundation with the super light material pile composite foundation on the feasible of effectiveness and economic value.

Key words: soft soil; subgrade; EPS; composite foundation

0 引言

在软基处理中复合地基^[1]的应用日益广泛且方法多种多样: 常见的桩体复合地基法处理软土地基时, 由于桩体自重较大, 地基土强度较低而发生刺入破坏, 往往在成桩的过程中就深陷于软土中, 不但起不到软基处理的作用, 还破坏了地基原有的结构; 对于自重较大的柔性桩复合地基也容易发生施工期间就陷入软土地基中的问题, 或者在路堤荷载的作用下发生刺入破坏; 对于散体土类的柔性桩复合地基更容易由于桩周土不能提供足够大围压而发生鼓胀破坏。论文运用有限元计算软件, 分别模拟采用超轻材料桩复合地基与普通(刚性桩和柔性桩)复合地基进行地基处理, 并且对其处理效果进行对比分析。从而进一步从处理效果和经济价值方面说明

超轻材料桩复合地基处理软基的可行性。通过数值计算初步确定 EPS 是超轻材料桩的优选材料, 因此本文采用 EPS 桩进行有限元对比研究。

聚苯乙烯泡沫塑料^[2-3] (Expanded polystyrene, 简称 EPS), 在岩土工程中使用泡沫塑料主要是利用它所具有的一些特性: ①重量特别轻; ②独特的变形特性; ③有一定的结构强度, 具有好的自立性; ④施工方便且速度快; ⑤缓冲性能很好; ⑥隔热性能良好。

1 有限元分析的计算模型

拟定工况为, 40 m 厚的极软土路基, 路堤上部宽 26 m, 填土高度 6 m, 边坡坡度 1: 1.5, 路堤与地基相接处宽 44 m。计算模型如图 1 所示。边界条件为: 中心对称面和侧面各节点没有水平位移; 底面为固定边界; 表面为自由边界。EPS 的本构模型选

用 Von Mises 屈服准则^[4-8]:

$$F(J_2) = \sigma_{ep} - \sigma_y = \sqrt{\frac{3S_{ij}S_{ij}}{2}} - \sigma_y = 0 \quad (1)$$

其他材料选用理想弹塑性的线性 Mohr - Coulomb 屈服准则:

$$F = \sqrt{3}\sigma I_1 + \sqrt{3}J_2 - \sigma_y = 0 \quad (2)$$

2 EPS 桩复合地基与刚性桩复合地基的对比研究

参照相关工程实例,取 20 m 的桩长、置换率 $m = 0.11$ 的刚性桩复合地基进行软土路基处理的数值仿真计算,并将其结果与 EPS 桩复合地基的处理结果进行对比分析。刚性桩复合地基的桩体变形模量 E_p 取 210MPa(其余参数如表 1)并且按照桩径为 0.5 m,桩间距为 1.5 m,正方形桩正方形布置的简

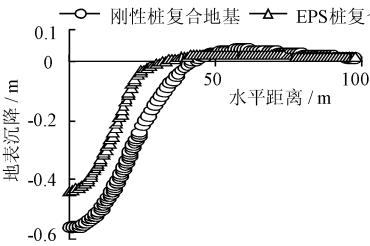


图 2 不同处理方式下的地表沉降

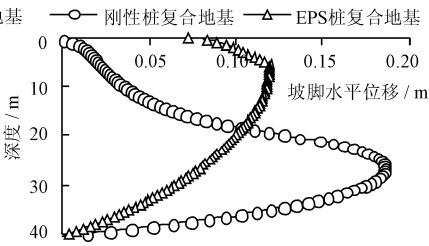


图 3 不同处理方式下的坡脚水平位移

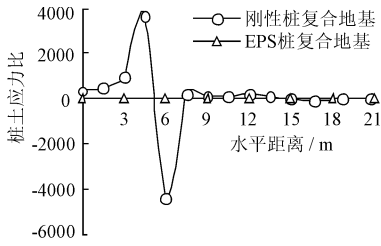


图 4 不同处理方式的桩土应力比

由图 2 和图 3 可以明显的看出在 40 m 厚的软基上用置换率为 0.11,桩长为 20 m 的刚性桩复合地基不论在地表沉降和坡脚水平位移方面的处理效果均不如 EPS 桩复合地基的处理效果好。由图 4 可以看出在地基土模量仅有 2.5 MPa 的情况下用刚性桩处理容易产生较大的负值桩土应力比,桩体模量太大,土体模量较小,二者在路堤荷载作用下不能协调变形,土体内因产生拉应力而破坏。因此与 EPS 桩复合地基的对比分析发现,刚性桩在极软的路基处理中的应用是没有 EPS 桩复合地基合理有效的。

3 EPS 桩复合地基与柔性桩复合地基的对比研究

3.1 改变柔性桩的置换率

3.1.1 置换率 $m = 0.11$ 参照相关工程实例,取柔性桩复合地基的桩体长度为 20 m,置换率 $m = 0.11$,变形模量 E_p 取 50 MPa 以及 100 MPa。并且按照桩径为 0.5 m,桩间距为 1.5 m,正方形桩正方形布置的简便计算模型进行有限元计算分析。其处理效果与 EPS 复合地基处理效果比较如图 5~7。

便计算模型进行有限元计算分析。其处理效果与 EPS 复合地基处理效果比较如图 2~4。因为桩土的模量悬殊较大以及不考虑排水,垫层材料采用无机结合料稳定土,具有一定的刚度和粘聚力。图中水平距离的原点是路堤中心正下方地表处,以下意义相同。

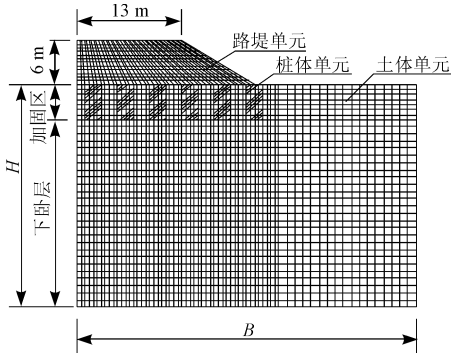


图 1 计算模型有限元网格划分示意图

由图 5 和图 6 可以明显的看出在 40 m 厚的软基上用置换率为 0.11,桩长为 20 m 的柔性桩复合地基不论其桩体模量大小在地表沉降和坡脚水平位移方面的处理效果均不如 EPS 桩复合地基的处理效果好。图 7 可以看出在地基土模量仅有 2.5 MPa 的情况下用变形模量 $E_p = 100$ MPa 的柔性桩处理时仍然容易产生较大的负值桩土应力比,土体内因产生拉应力而破坏;用 50 MPa 的柔性桩复合地基处理深厚软基时,在水平距离 15 m 附近(即坡脚附近)桩土应力比有突变,此处桩和土的应力分布不合理。

因此,在柔性桩复合地基置换率为 0.11、桩长为 20 m 的情况下,其地表沉降和坡脚水平位移的处理效果都没有 EPS 桩复合地基的处理效果理想,而且变形模量 $E_p = 100$ MPa 的柔性桩仍然因为发生刺入破坏而不适合处理本文拟定工况的处理。下面将通过改变柔性桩($E_p = 50$ MPa)的置换率和桩长以改善其软基处理的效果,并和 EPS 桩复合地基进行进一步的对比研究。

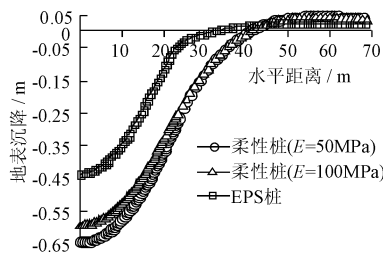


图5 不同处理方式下的地表沉降

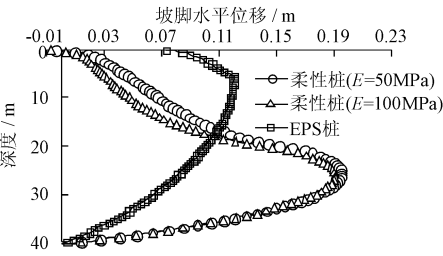


图6 不同处理方式下的坡脚水平位移

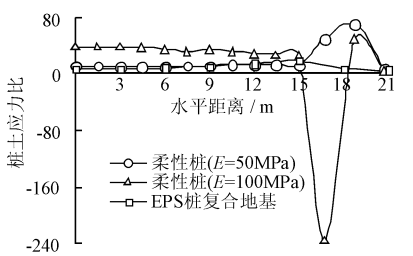


图7 三种处理方式的桩土应力比

3.1.2 置换率 $m = 0.25$ 在相同工况下,根据 40 m 厚的软土层仍然取 20 m 的桩长进行柔性桩复合地基处理,仅增加置换率,比较置换率 $m = 0.25$ 时的处理效果。此时,按照桩径为 0.5 m,桩间距为 1 m,桩体变形模量 E_p 取 50 MPa,正方形桩正方形布置得简单计算模式进行有限元分析。其处理效果与 EPS 桩复合地基的处理效果比较并且与置换率为 0.11 时的处理效果进行比较如图 8 至图 10 所示。由图可以看出,置换率的虽然增大到 0.25,但是其在地表沉降和坡脚水平位移方面的处理效果上仍然没有明显改善,比 EPS 桩复合地基的处理效果仍然有很大差距,只是由于置换率的增大桩体布置非常细密,桩土应力走向比稍显平缓,但在水平距离为 15 m 处(即坡脚附近)都有很大的突变,这是由于路堤荷载在 13 m 时发生变化。因此由地表沉降,坡脚

水平位移以及桩土应力的对比分析发现,即使柔性桩复合地基提高了置换率在处理深厚软基的效果上仍然没有超轻材料处理的效果好。

3.2 改变柔性桩的桩长

经过本节前半部分的试算发现,对 40 m 厚的软土路基进行处理,刚性桩因自重太大、刚度太大而发生刺入破坏,不太适合处理极软地基。而柔性桩也只有桩体模量取值较小的时候才适合处理本文拟定工况下极软软土路基。当柔性桩桩长取 20 m 时,仅增大其置换率对于处理效果的改善很不明显,增大置换率只是对材料的浪费。因此,下面的计算柔性桩将取置换率 $m = 0.11$,桩长为 30 m,桩体模量 $E_p = 50$ MPa,其余参数不变,其处理效果与 EPS 桩复合地基的处理效果进行对比分析,计算结果如图 11 至图 12 所示。

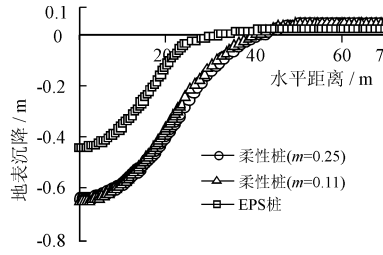


图8 不同处理方式下的地表沉降

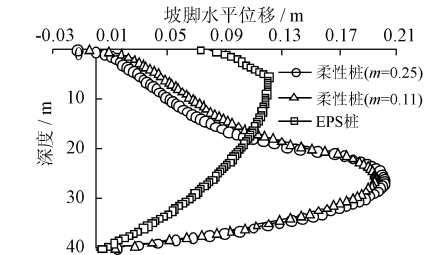


图9 不同处理方式下的坡脚水平位移

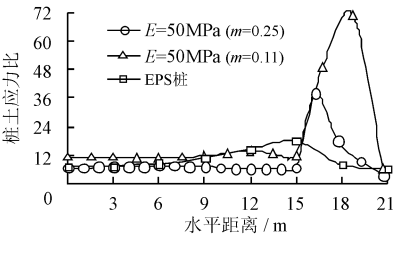


图10 不同处理方式下的桩土应力比

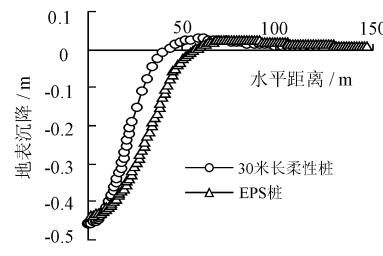


图11 不同处理方式的地表沉降

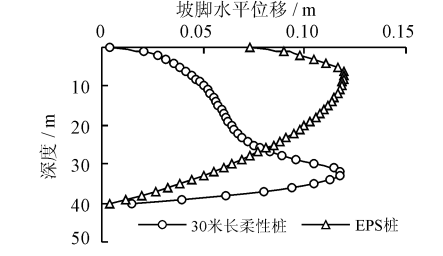


图12 不同处理方式的坡脚水平位移

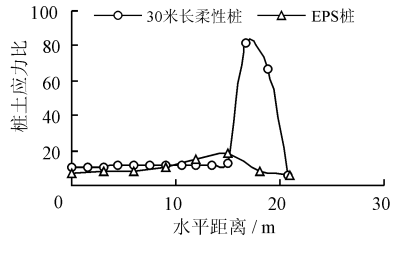


图13 不同处理方式的桩土应力比

由图 11 可见 30 m 长的柔性桩复合地基和 5 m 长的 EPS 桩复合地基在地表沉降的处理效果上基本接近,后者处理后的沉降量略小于前者。由图 12 可见,当柔性桩复合地基取到桩长为 30 m 时,处理后的坡脚水平位移与 EPS 桩复合地基的处理效果较为相近,只是由于桩长的不同出现最大坡脚水平

位移的位置不同。

由图 13 可见,柔性桩复合地基的桩土应力比与 EPS 桩复合地基的桩土应力比的大小也基本接近,只是柔性桩复合地基的桩土应力比在水平距离为 16 m 附近的位置产生很大的突变,桩土之间的应力分布不合理。
(下转第 152 页)

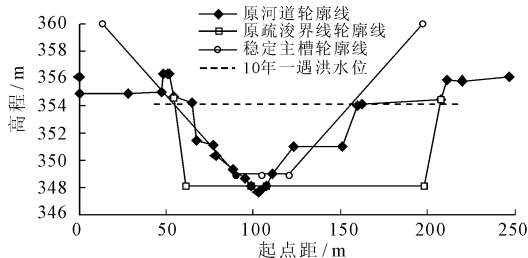


图4 坝址断面套绘图

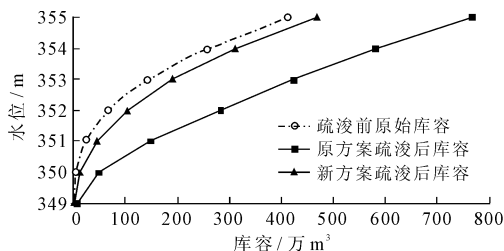


图5 不同情况下水位库容曲线

5 结 语

(1) 本文运用泥沙冲淤平衡原理与经验公式相结合的方法,估算了水库终极库容的大小,确定了终极库容形成时的库区主槽断面形态。

(上接第148页)

4 结 语

(1) 在相同的工况下,当普通材料桩体取桩长20 m时,无论是改变其桩体模量或者是改变置换率,其处理效果都没有桩长仅有5 m的超轻材料桩复合地基理想。只有当桩长增长到30 m时的普通材料的柔性桩复合地基才能和超轻材料(EPS)桩复合地基的处理效果接近。而在极软的40 m厚的地基中要施作30 m长的桩并不容易,另外也需要耗费大量的桩体材料。无论从施工角度还是经济角度看普通材料桩体复合地基都没有优势。另外,根据桩土应力比的比较发现,当桩体模量太大时,土中常因出现拉应力而破坏,而桩体模量取值较小时对于30 m的桩长,桩体本身的压缩量就是一个很大的问题。桩体的长细比很大,而地基土又极软,这样桩体很容易出现较大挠曲,甚至有失稳破坏的可能。

(2) 通过和普通复合地基处理软基效果的有限元对比分析发现,EPS桩复合地基在这类工况条件下具有明显的优势,因为桩体自重及刚度较小,能够很好地避免刺入破坏,因EPS具有良好的自立性而能避免散体桩易出现的鼓胀破坏,EPS桩体形状能

(2) 结合本工程的运用方式、正常运行年限、来水来沙特点,在终极库容形成时,保留部分滩库容,对主槽梯形断面进行了修正,增加了一定的终极库容量。

(3) 按照终极库容形成后部分按照原疏浚方案开挖出的新库容将被淤积物覆盖的原则,对原疏浚方案进行了较大程度的优化,取得了良好的结果,大大减少了疏浚工程量,疏浚工程投资大幅度降低,取得了良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 陕西省水利电力勘测设计研究院. 陕西省交口水库工程地质勘察报告[R]. 2010.
- [2] 陕西省水利科学研究所河渠研究室,清华大学水利工程系泥沙研究室. 水库泥沙[M]. 北京:水利电力出版社,1979.
- [3] 王新宏,杨方社,张强. 陕西省靖边县新桥水库除险加固工程泥沙设计专题报告[R]. 西安理工大学,2003.
- [4] 谢鉴衡. 河床演变及整治[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.

够很好地避免失稳破坏。因此通过对比分析进一步说明了超轻材料桩复合地基处理软土地基这一新想法的可行性^[9]。

参考文献:

- [1] 龚晓南. 复合地基[M]. 杭州:浙江大学出版社,1992.
- [2] 杜聘,杨军. 聚苯乙烯泡沫(EPS)的特性及应用分析[J]. 东南大学学报,2001,31(3):138-142.
- [3] 康佐. 涵洞类地理结构物作用性状与减荷优化设计研究[D]. 西安:长安大学,2007.
- [4] 钱家欢,殷宗泽. 土工数值分析[M]. 北京:中国铁路出版社,1991.
- [5] 谢康和,周健. 岩土工程有限元分析理论与应用[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [6] 陈火红. MARC有限元实例分析教程[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [7] 冯瑞玲,谢永利. 路堤荷载作用下复合地基的计算机辅助试验仿真分析[J]. 土木工程学报,2004,37(1):92-95.
- [8] 任锐. 长短桩复合地基作用性状的数值分析[D]. 西安:长安大学,2007.
- [9] 吴明玉. 超轻材料桩复合地基处理软基的可行性研究[D]. 西安:长安大学,2008.