

文章编号:1671-6833(2010)01-0048-04

长短桩在湿陷性黄土中作用机理的数值分析

任锐, 谢永利, 来弘鹏

(长安大学公路学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 针对郑西客运专线湿陷性黄土地基的工程特点, 采用有限元方法对黄土地区路堤荷载作用下长短桩复合地基的作用性状进行分析。分析中, 桩体与土体均采用理想弹性—塑性模型进行模拟, 屈服准则采用 Druker-prager 屈服准则, 运用生死单元技术模拟路堤分级加载。采用“逐步缩进法”取值, 分别研究桩体各参数对长短桩复合地基作用效果的影响, 并分析其影响程度。分析结果表明: 短桩对提高地基承载力的效果并不明显, 主要用于消除上层湿陷性黄土的湿陷性; 提高长桩变形模量可以有效地提高地基承载力减小基础沉降。因此, 针对不同的地基土, 优化长短桩桩型的选择, 既可以达到处理要求, 也可以提高经济效益。

关键词: 路基工程; 长短桩; 湿陷性黄土; 桩土应力比; 基础沉降

中图分类号: X 703.1 **文献标识码:** A

0 引言

郑西客运专线按照时速 350 km 铺设无碴轨道设计, 位于豫西山地和渭河冲积平原, 线路经过处多为黄土地区。按照设计要求, 路基工后沉降量不得大于 30 mm, 这对黄土区的地基处理提出了更高的要求。长短桩复合地基是一种由不同长度桩体组成的新型复合地基, 并以其短桩提高承载力、长桩控制变形的设计思想, 多应用于地基土中存在两层或多层持力层的情况, 但在双层黄土层区域的应用并不广泛。笔者基于郑西客运专线试验段“湿陷性黄土+松软黄土”区的长短桩复合地基的处理方案, 建立有限元模型, 模拟路堤荷载作用下长短桩复合地基的作用性状, 研究长短桩复合地基在黄土地区的应用。

1 计算模型及参数

郑西客运专线试验段路基工程全长 6.119 km (含站场 2.1 km), 地处渭南南岸, 通过黄土台塬、白龙涧河谷及渭河一、二级阶地, 主要工程地质为湿陷性黄土。其中 DK358+000~DK358+280 段为粉质黏土, 地表为湿陷性黄土, 湿陷等级为 I~II 级, 湿陷厚度为 5.0 m, 下部为松软土层。针对这一工程地质情况, 建议采用“水泥土挤密桩+CFG 桩”的方法进行地基处理。上部地基采用短

桩挤密, 改变黄土结构, 增加黄土密度, 以消除黄土的湿陷性; 下部松软土地层采用刚度较大的长桩减小地基的压缩变形并提高地基承载力。水泥土挤密桩与 CFG 桩间隔按正方形布置。水泥土挤密桩(短桩), 桩径 0.4 m, 短桩桩间距 0.9 m, 桩长 7.0 m; CFG 桩(长桩), 桩径 0.4 m, 长桩桩间距 1.8 m, 桩长 12 m。其他计算参数如表 1 所示。

表 1 有限元计算参数

Tab. 1 Parameters of finite element analysis

	E/MPa	μ	C/kPa	$\varphi/(\text{°})$
加固区 1 土体	7.5	0.3	75	25
加固区 2 土体	7	0.3	75	20
长桩桩端土	65	0.3	90	10

笔者所采用的计算模型是以郑西客运专线试验段, 长短桩复合地基处理“湿陷性黄土+松软黄土”地基试验段为工程背景, 采用 MARC 有限元软件建模, 对实际情况进行简化, 建立有限元分析模型如图 1 所示。

路堤上部宽 13.6 m, 填土高度 6.33 m, 边坡坡度 1:1.5, 长桩桩长为 12 m, 短桩桩长为 7 m。通过试算确定计算深度 48 m, 计算宽度 93.7 m, 模型采用分级加载, 每次加载高度为 0.53 m, 共分 12 级加载。计算模型边界条件为: 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。桩土间摩擦通过定义不同接触体

收稿日期: 2009-08-07; 修订日期: 2009-12-13

作者简介: 任锐(1982-), 女, 陕西渭南人, 长安大学博士研究生, 研究方向为公路岩土工程。

进行模拟.分析过程中桩体、土体及上覆路堤荷载均采用弹塑性本构模型进行模拟,屈服准则选用 Druker - Prager 屈服准则.

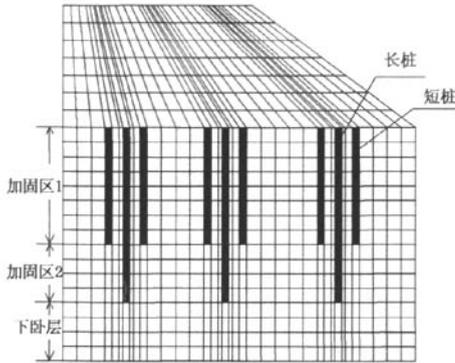


图 1 路堤荷载下长短桩复合地基计算模型
Fig.1 Calculating model of long - short pile foundation under embankment load

2 长短桩复合地基作用效果分析

2.1 短桩作用效果分析

图 2 给出了短桩桩体参数对长短桩复合地基作用性状的影响.

(1)由图 2(a)可以看出:当短桩桩身变形模量 E_{p1} 由 60 MPa 增至 150 MPa 时,长桩桩土应力比增加了 18. 02%, 短桩桩土应力比增加了 129. 4%. 这说明,短桩桩身变形模量的增加,使得

短桩分担的荷载增加,长桩与桩周土分担的荷载减小,但 E_{p1} 的增加对桩周土应力的影响大于其对长桩桩身应力的影响.因此提高短桩变形模量可以有效的提高地基承载力.

(2)由图 2(b)可以看出:当短桩桩身泊松比 μ_{p1} 由 0.15 增至 0.35 时,长桩桩土应力比减小了 52. 63%,短桩桩土应力比减小了 51. 07%. 这是由于,短桩桩身泊松比的增加,使得短桩的侧向变形略有增加,在桩土的共同作用下,桩周土体的侧向变形受到限制,因此桩周土分担荷载的能力得到提高,但短桩与长桩桩身应力变化甚微.

(3)由图 2(c)可以看出:随着短桩变形模量 E_{p1} 的增加,使得加固区 1 复合模量增加,故加固区 1 变形量减小.同时 E_{p1} 的增加使得短桩桩土应力比增加,加固 1 的附加应力向短桩桩身集中,桩体将部分应力传递至加固区 2,因此加固区 2 的压缩量略有增加.当 E_{p1} 由 60 MPa 增至 150 MPa 时,总沉降量减小了 4. 5%,由此可见短桩变形模量的增加对减小基础沉降的作用并不明显,因此,在实际工程中,提高短桩变形模量对减小复合地基变形不明显.

(4)由图 2(d)可以看出:随着短桩桩间距的增加,使得加固区 1 桩体的置换率减小,加固区 1 复合模量减小,并且短桩向加固区 2 传递的附加应力总和也减小,因此基础底部沉降与加固区 1 变形减小.

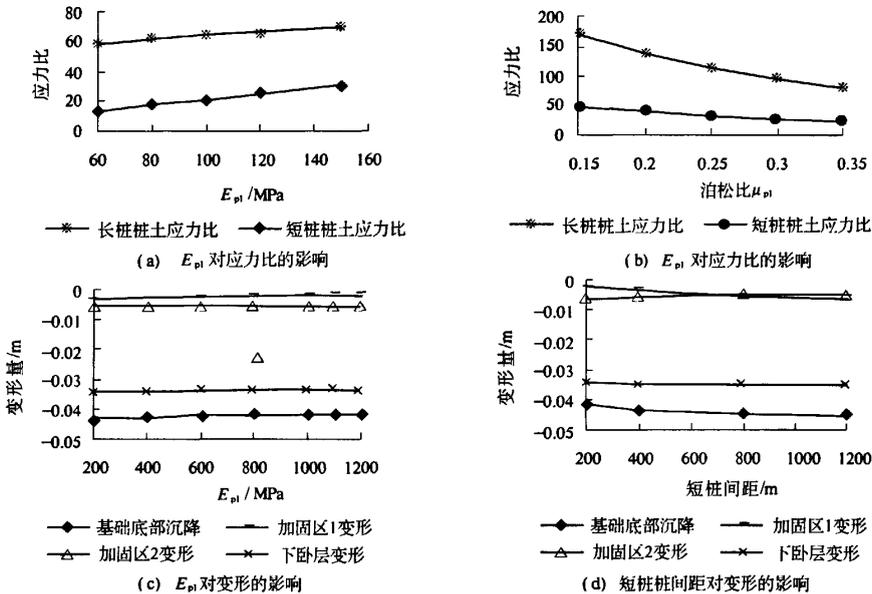


图 2 短桩桩身参数对复合地基受力作用性状的影响

Fig.2 Influence of parameters of short pile on properties of long - short - pile composite foundation

2.2 长桩作用效果分析

图3给出了长桩桩身参数对长短桩复合地基受力性状的影响。

(1)由图3(a)可以看出:当长桩变形模量 E_{p2} 由 200 MPa 增至 1 000 MPa 时,长桩桩土应力比增加了 617.9%,短桩桩土应力比增加了 211.7%。这说明,随着长桩变形模量的增加,长桩分担的荷载增加,同时短桩以及桩周土分担的荷载减小,并且 E_{p2} 的变化对桩周土应力的影响大于其对短桩桩身应力的影响。因此,提高长桩变形模量可以有效地提高地基承载力。

(2)由图3(b)可以看出:当长桩桩身泊松比 μ_{p2} 由 0.15 增至 0.35 时,长桩桩土应力比减小了 6.5%,短桩桩土应力比减小了 6.6%。这是由于长桩桩身泊松比增加使得长桩的侧向变形增加,在桩土的共同作用下,桩周土的侧向变形受到限

制,桩周土的承载力获得提高。但长桩刚度较大,变形较小,因此 μ_{p2} 的变化对桩侧土体的影响也比较小。

(3)由图3(c)所示:随着长桩变形模量 E_{p2} 的增加,加固区1与加固区2的复合变形模量均得到提高,因此其变形量减小;但随着 E_{p2} 的增加,复合地基内部附加应力的分布向长桩桩体集中,使其向下卧层土体传递的附加应力增加,因此位于长桩桩端处的下卧层土体的压缩变形略有增加。由图还可以看出,总沉降量随 E_{p2} 增加的幅度为非线性,并逐渐减小。因此在工程应用中,应选择适当的长桩变形模量,提高经济效益。

(4)由图3(d)所示:随着长桩桩间距的增加使得长桩置换率减小,加固区1、2的复合变形模量减小并且长桩向下卧层传递的附加应力的总和减小,加固区1、2变形增加,下卧层的变形略有减小。

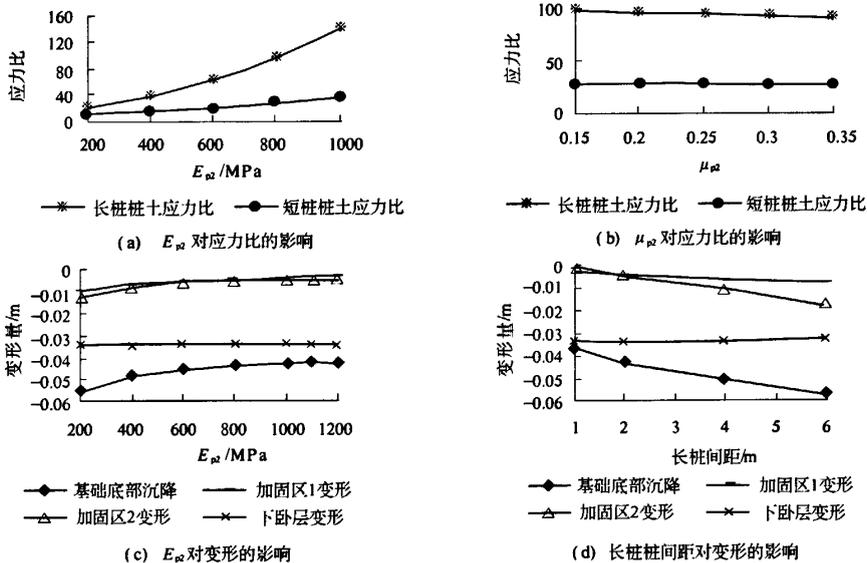


图3 短桩桩身参数对复合地基受力作用性状的影响

Fig.3 Influence of parameters of long pile on properties of long - short - pile composite foundation

3 结论

(1)针对“湿陷性黄土+松软黄土”双层黄土地层的特点,长短桩复合地基利用短桩挤密作用,消除上部黄土的湿陷性,并可以短提高短桩变形模量的提高,从而提高加固区1的复合变形模量,有效提高地基承载力。

(2)针对“湿陷性黄土+松软黄土”双层黄土地层的特点,利用变形模量较大的长桩穿透下部松软黄土层,增加长桩变形模量,使得长桩分担的

荷载逐步增加,提高加固区的复合变形模量,有效减小的复合地基变形,减小基础底部沉降。

(3)减小长桩桩间距,可以减小下卧层承担的附加应力,使得地基中的附加应力在长桩上得到合理分布。当长桩桩间距过大时,长短桩复合地基无法有效的减小基础底部沉降。

参考文献:

[1] 龚晓南. 复合地基[M]. 杭州:浙江大学出版社, 1992.

- [2] 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), 2004:92-95.
- [3] 葛忻声, 龚晓南, 张先明. 长短桩复合地基设计计算方法探讨[J]. 建筑结构, 2002(7):3-4.
- [4] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996.
- [5] 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.
- [6] 马骥, 张东刚, 闫明礼. 长短桩复合地基设计计算[J]. 岩土工程技术, 2001, (2): 86-91.
- [7] 杨明, 张可能, 刘杰, 柔性基础下复合地基有效桩长计算方法研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2008, (6): 23-26.

Numerical Analysis of Long - short - pile Composite Foundation in Collapsible Loess Area

RE Rui, XIE Yong - li, LAI Hong - peng

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In view of collapsible loess foundation in Zhengzhou - Xi'an passenger - dedicated lines, this paper analyses the properties of long - short - pile composite foundation under the embankment load with finite element method to reach load transmission on pile in long - short - pile composite foundation, Mohr - Column elasto - plastical constitutive model for soil and piles. The multi - stage filling by using life and death element technology is stimulated. It shows that the influence of parameter of long pile on long - short - pile composite foundation is more than the influence of short pile. The results are used to improve and to establish the long - short - pile computation theory for the subsidence of composite foundation with practical distinct meanings.

Key words: subgrade engineering; long - short - pile; collapsible loess; stress ratio of pile and soil; foundation deformation

(上接第 47 页)

Study on Numerical Simulation of Wind - induced Wind Pressure on Long - span Membrane Roofs

SUN Fang - jin^{1,2}, ZHANG Da - ming³, YIN Zhi - xiang⁴

(1. State key Laboratory for Disaster Reduction in Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Institute of Civil Engineering & Architecture, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 3. Technical and Economic Institute, Liaoning Technical University Fuxin 123000, China; 4. Graduate School, Liaoning Technical University Fuxin 123000, China)

Abstract: Wind load is a significant factor for determining snow load distribution on building structures. Based on snow drifting theory, the snow load distribution on long - span membrane structures caused by wind load is studied numerically by CFD technique. Snow drifting and wind - induced snow pressure of typical shape membrane structures are calculated under different wind directions. Snow pressure distribution principles of membrane structures are summarized. The results show that wind load causes snow redistribution on the membrane roof surface. The study produces some valuable references of wind - snow design of long - span membrane roof design in practical engineering.

Key words: long - span membrane structure; wind load; snow drifting; wind - induced snow pressure, CFD