

文章编号: 1006-4710(2014)03-0336-04

关于多桩型复合地基置换率的理解

肖耀廷^{1,2}, 党发宁¹, 梁学战²

(1. 西安理工大学 岩土工程研究所, 陕西 西安 710048; 2. 湖北文理学院, 湖北 襄阳 441053)

摘要: 通过计算给出了单桩型复合地基置换率的含义, 单桩型复合地基置换率是一根桩的面积与处理地基面积的比值; 在单桩型复合地基置换率算法的基础上提出了一种多桩型复合地基置换率的算法, 通过与规范方法的比对, 结果一致, 从而证明本文提出方法的正确性; 由于本文采用的是主辅桩分开计算置换率, 能够考虑布桩型式不同, 故具有更明确的力学意义。

关键词: 多桩型复合地基; 置换率; 承载力; 布桩方式

中图分类号: TU43 **文献标志码:** A

Understanding about replacement ratio of multi type pile composite foundation

XIAO Yaoting^{1,2}, DANG Fanning¹, LIANG Xuezhao²

(1. Institute of Geotechnical Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, China)

Abstract: Through calculation first, this paper gives out the implication of replacement rate in the composite foundation of single type pile. The replacement rate of the composite foundation of single type pile is the area ratio between a pile area and its treatment area. Later on, a kind of multi-type pile algorithm of composite foundation replacement rate is suggested on the basis of the single type pile algorithm of composite foundation. It is found that through the contrast with the specified method, the results are in agreement with each other, where by improving that the method suggested in this paper is correct. What this paper adopts is the separation calculation of replacement rate of the main and auxiliary?? pile, so that the method in this paper is able to take the different types of pile layout into account, being of definite significance of mechanics.

Key words: composite foundation of multi-type pile; replacement ratio; bearing capacity; layout type of piles

随着复合地基技术的发展和完善, 多桩型复合地基逐渐在国内大量使用, 例如 CFG 桩+碎石桩复合地基、CFG 桩+深层搅拌桩复合地基、长短桩复合地基^[1-2]等等各种型式, 解决了某些情况下单一桩型复合地基不能解决的问题, 取得了良好的社会效益。

新颁布的 JGJ79-2012《建筑地基处理技术规范》^[3]第 7.9.6 和第 7.9.7 条给出了多桩型复合地基置换率及承载力的计算公式, 规范中并没有加以解释, 相应条文也未提及。这就会出现如果遇到实

际布桩不是规范给出的型式, 设计人员可能就会无从下手或者出现错误^[4-5]。

本文首先对单桩型复合地基的置换率及公式进行说明, 解释了置换率的含义, 而后在单桩型复合地基置换率的基础上提出了一种多桩型复合地基置换率的算法, 进而帮助设计人员更好的处理实际问题。

1 单桩型复合地基置换率计算方法的理

JGJ79-2012《建筑地基处理技术规范》^[3]第 7.1.5 条给出了单桩型复合地基的置换率的定义。

收稿日期: 2013-12-20

基金项目: 水利部公益性行业科研专项资助项目(201201053-03); 陕西省黄土力学与工程重点实验室重点科研计划资助项目(09JS103)。

作者简介: 肖耀廷, 男, 博士生, 讲师, 研究方向为岩土工程数值计算。E-mail: 147829040@qq.com。

党发宁, 男, 教授, 博导, 博士, 研究方向为岩土计算力学。E-mail: dangfn@mail.xaut.edu.cn。

面积置换率 $m = d^2/d_e^2$, 其中 d 为桩身平均直径, d_e 为一根桩分担的处理地基面积的等效圆直径; 等边三角形布桩 $d_e = 1.05s$, 正方形布桩 $d_e = 1.13s$, 矩形布桩 $d_e = 1.13\sqrt{s_1s_2}$, 其中 s, s_1, s_2 分别为桩间距、纵向桩间距、横向桩间距。

首先对规范中关于置换率的公式做简单的证明。

对于三角形布桩, 如图 1 所示, 一根桩处理地基的范围为图 1 中的六边形的面积, 通过计算可知该六边形面积为 $\sqrt{3}s^2/2$ 。如果该六边形的面积用圆形等效, 假设等效直径为 d_e , 则有:

$$\frac{\pi}{4}d_e^2 = \frac{\sqrt{3}}{2}s^2 \quad (1)$$

可以得出等边三角形布桩 $d_e = 1.05s$ 。

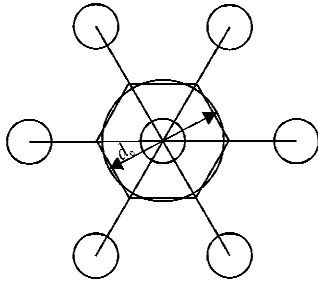


图 1 三角形布桩的复合地基

Fig. 1 The composite foundation with triangular pile

对于正方形布桩, 如图 2 所示, 一根桩处理地基的范围如图 2 中的正方形所示。计算可知该正方形面积为 s^2 。如果该正方形的面积用圆形等效, 假设等效直径为 d_e , 则有:

$$\frac{\pi}{4}d_e^2 = s^2 \quad (2)$$

可以得出正方形布桩 $d_e = 1.13s$ 。

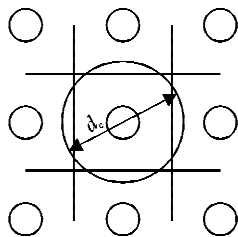


图 2 正方形布桩的单桩型复合地基

Fig. 2 The composite foundation with square pile

对于矩形布桩, 一根桩处理地基的范围如图 3 中的矩形所示。通过计算可知该矩形面积为 s_1s_2 。如果该矩形的面积用圆形等效, 假设等效直径为 d_e , 则有:

$$\frac{\pi}{4}d_e^2 = s_1s_2 \quad (3)$$

可以得出矩形布桩 $d_e = 1.13\sqrt{s_1s_2}$ 。

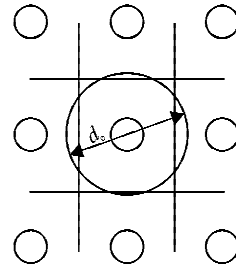


图 3 矩形布桩的单桩型复合地基

Fig. 3 The composite foundation with rectangular pile

由上面的推导过程可知, 单桩型复合地基的置换率虽然从公式上来看是一种直径比, 但实质上是桩的面积与处理地基面积的面积比。

2 多桩型复合地基置换率计算方法的理解

2.1 多桩型复合地基置换率的计算

JGJ79-2012《建筑地基处理技术规范》^[3]第 7.9.7 条规定:“多桩型复合地基面积置换率, 应根据基础面积与该面积范围内实际的布桩数量进行计算, 当基础面积较大或条形基础较长时, 可用单元面积置换率替代。”

1) 当按图 4 矩形布桩时:

$$m_1 = \frac{A_{p1}}{2s_1s_2}$$

$$m_2 = \frac{A_{p2}}{2s_1s_2}$$

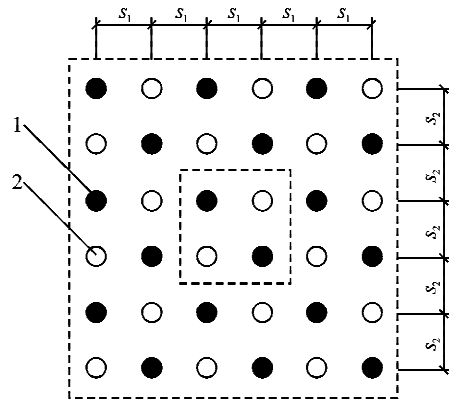


图 4 多桩型复合地基矩形布桩单元面积计算模型

Fig. 4 The calculation unit of multi type pile composite foundation with rectangular pile

2) 当按图 5 三角形布桩时:

$$s_1 = s_2$$

$$m_1 = \frac{A_{p1}}{s_1^2}$$

$$m_2 = \frac{A_{p2}}{s_2^2}$$

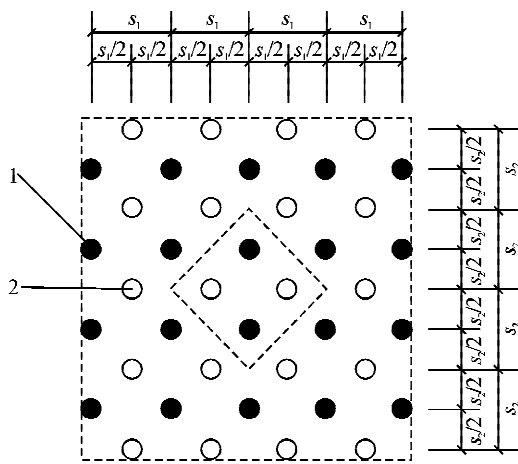


图 5 多桩型复合地基三角形布桩单元面积计算模型
Fig. 5 The calculation unit of multi type pile composite foundation with triangular pile

从以上规范原文不难看出,规范对于置换率的处理方法是,先选择计算单元,置换率即为单元内桩的面积与单元面积的比值,也即置换率为面积比,这一点正好印证了上一节对于单桩型复合地基的解释。

本文认为,对于多桩型置换率的理解,应以单桩型的复合地基的置换率为基础。也就是说,多桩型是有多个单桩型复合地基组成,求解其中一种桩型的置换率时假设其他桩型不参与。

2.2 多桩型复合地基置换率的计算方法

工程中多桩型复合地基以两种桩型居多,本节以两桩型复合地基说明计算思路^[6-7]。如图 6 和图 7 所示,复合地基采用正方形布桩的,图 6 为主桩和辅桩分排间隔布桩,图 7 为每排间隔布桩。主桩用黑色圆圈表示,辅桩以白色圆圈表示。

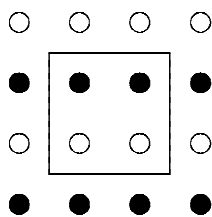


图 6 分排间隔布桩的复合地基的计算单元
Fig. 6 The calculation unit of composite foundation with row spacing pile

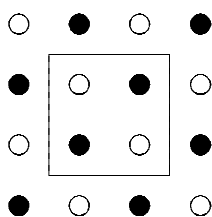


图 7 每排间隔布桩的复合地基的计算单元
Fig. 7 The calculation unit of composite foundation with each row spacing pile

假定图 6 与图 7 中,主桩与辅桩的桩径均为 d ,桩间距均为 s 。

首先利用规范公式对图 6 和图 7 分别计算置换率,计算单元的面积如图中标注图形面积。

由规范第 7.9.7 规定可知,图 6 和图 7 的计算单元面积一样,且桩距也一样,故主桩和辅桩的置换率均为:

$$m_1 = m_2 = \frac{\frac{1}{4}\pi d^2}{2s^2} = \frac{A_p}{2s^2} \quad (4)$$

但是,如果把多桩型复合地基看做是单个桩型复合地基叠加而成了,将会形成另外一种算法。对于图 6 的多桩型复合地基,首先考虑主桩的作用,此时忽略辅桩的影响,亦即场地只有横向间距为 s 、纵向间距为 $2s$ 矩形布桩的单桩型复合地基,该单桩型复合地基一根桩的处理面积如图 8 所示,利用单桩型复合地基置换率的定义,可求出其置换率为:

$$m_1 = \frac{\frac{1}{4}\pi d^2}{2s^2} \quad (5)$$

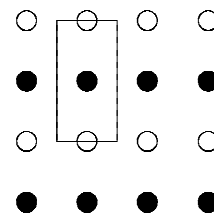


图 8 分排间隔布桩的一根主桩处理面积
Fig. 8 The treatment area of a main pile of composite foundation with row spacing pile

计算辅桩置换率时,同样忽略主桩,辅桩也是横向间距为 s 、纵向间距为 $2s$ 的矩形布桩,其单桩型复合地基置换率与主桩置换率一致。

对于图 7,利用相同的思路计算,主桩或者辅桩可以看做是间距为 $\sqrt{2}s$ 的三角形布置的单桩型复合地基,其一根桩处理地基面积如图 9 所示。

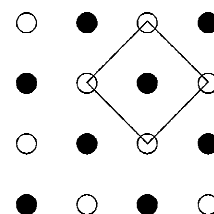


图 9 每排间隔布桩的一根主桩处理面积
Fig. 9 The treatment area of a main pile of composite foundation with each row spacing pile

利用单桩型复合地基置换率的计算公式,可求出其主桩和辅桩的置换率均为:

$$m_1 = m_2 = \frac{\frac{1}{4}\pi d^2}{2s^2} = \frac{A_p}{2s^2} \quad (6)$$

2.3 本文计算方法与规范方法的对比分析

由上面的计算可以看出,两种计算方法得到的置换率是一样的,说明本文提供的算法是正确的。

对于规范的方法来讲,尽管图6与图7的布桩型式不一样,但是由于计算单元面积相同,所以计算结果也应该相同。

对于本文提供的计算方法,是将多桩型复合地基问题分解为若干个单桩型复合地基的问题,可以看出图4主辅桩为矩形布桩,而图5却是三角形布桩,虽然两者计算结果一样,但是本文计算方法考虑了主辅桩的布桩型式,故具有更明确力学意义,建议多桩型复合地基置换率采用本文的计算方法。

相同置换率采用不同布桩形式,对于复合地基的承载力、沉降以及桩土应力的影响情况,尚需结合载荷试验做进一步研究。

3 结论与建议

1) 通过计算解释了规范中单桩型复合地基的置换率的含义。

2) 给出了多桩型复合地基置换率的另一种计算思路,通过与规范公式的对比结果一致,从而说明本文方法的正确性。

3) 在相同的置换率的情况下,当基础在外荷载作用下,由于主辅桩布桩型式是不一样,必然使基础产生不一样的沉降,从而产生不同的桩土应力比,进而影响到各个桩型的承载力发挥系数,而这一点从规范公式无法体现;布桩型式对基础沉降、桩土应力比、承载力发挥系数的影响还需进一步研究;建议多桩型复合地基置换率采用本文的计算方法。

参考文献:

- [1] 佟建兴,孙训海,杨新辉,等. 长短刚性桩复合地基桩、土承载性状与厚径比相关关系试验研究[J]. 岩土工程学报, 2013, 35(5): 955-960.
Tong Jianxing, Sun Xunhai, Yang Xinhui, et al. Experimental study on pile-soil bearing behavior and thickness-diameter ratio of composite foundation with long and short piles[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2013, 35(5): 955-960.
- [2] 张小礼. 复合地基中桩土面积置换率的理解及应用[J]. 土工基础, 2012, 26(3): 81-82.
Zhang Xiaoli. Application of soil-column area replacement ratio in composite grounds [J]. Soil Eng. and Foundation, 2012, 26(3): 81-82.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ79-2012 建筑地基处理技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [4] 闫明礼, 张东刚. CFG 桩复合地基技术及工程实践[M]. 第二版. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [5] 王明山. 复合地基桩土承载力发挥系数的研究[D]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2005.
Wang Mingshan. Study on the effect of piles and soil in composite foundation [D]. Beijing: China Academy of Building Research, 2005.
- [6] 闫明礼, 王明山, 闫雪峰, 等. 多桩型复合地基设计计算方法探讨[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(5): 352-355.
Yan Mingli, Wang Mingshan, Yan Xuefeng, et al. Study on the calculation method of multi-type-pile composite foundation [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2003, 25(5): 352-355.
- [7] 王振华, 马宗源, 党发宁. 等效线性和非线性方法土层地震反应分析对比[J]. 西安理工大学学报, 2013, 29(4): 421-427.
Wang Zhenhua, Ma Zongyuan, Dang Fanning. Seismic response analysis of soil layer using equivalent linear or nonlinear method [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2013, 29(4): 421-427.

(责任编辑 杨小丽)