

其次回答葛先生所讨论的两个问题如下:

两种方法等效和比较 葛先生的讨论更深入地论证渗透力与周边力两种处理方法在合力的作用点上也是等效的,从而说明力的三要素(大小、方向、作用点)的全面等效性,它可作为文献[1]的补充。同时他在开始的讨论中也比较了两种处理方法,认为工作量以渗透力计算法较简便,并指出土石坝设计规范中规定处理外水的存在问题。也提到目前习惯上仍盛行条分法周边水压力的计算法以及根本解决条分法缺陷的途径。这些意见基本上与笔者相同,都是值得慎重考虑,需要完善土石坝设计规范的。

公式修正 葛先生的讨论中心部分是原文公式(14)的修正意见,认为渗透力的水平分力 F_x 在滑动力矩的分母项中,同样也应当移到滑动面上,于是得出讨论稿式(3)。这个问题也是笔者长期以来所考虑的,笔者在1982年提出的坝坡稳定有限单元法公式^[10],就是葛先生讨论稿的式(3)或式(5)。这次原文对此作了修正,认为分母项滑动力矩仍在单元重心上比较合理。这也是笔者在文献[11]中所改进的公式:

$$\eta = \frac{Rl \sum c' + \sum (V_1 + V_z) \cos \alpha' - V_x \sin \alpha' / \Delta \cdot \tan \phi'}{\sum (V_1 + V_z) r \sin \alpha + V_x (2r \cos \alpha - R \cos \alpha') / \Delta}$$

实际上这两个公式计算结果差别很小,原文公式比1982年公式的安全系数稍大(一般差在第二位小数),而且更接近正确考虑渗流作用力的 Bishop 条分法。不过葛先生提出的这个问题,确实比较重要,因为它涉及到土体是刚性还是塑性,希望土力学学者多加讨论。记得18年前笔者曾与 Arizona 大学土工专家 Desai 教授讨论滑坡问题,他提到对渗透力的作用点问题还没有明确解决。

最后,再次对参加讨论的四位先生表示感谢,这些意见都将是促进学术发展的动力。并欢迎今后继续以各种方式讨论这个问题,因为它涉及到有关设计规范,影响面较大。这也是笔者再撰写此文的原因,为了交流经验,已将该法扩展到复合圆弧滑动面等,并汇编成书公开了此项渗流与滑坡连续计算的源程序,便于参考引用^[12]。

参考文献:

- [1] 毛昶熙,陈平,李祖贻,李定方.关于“渗流作用下坝坡稳定有限单元法分析”一文的终结讨论[J].岩土工程学报,1984,6(5):99-100.
- [2] 黄俊,孙玉生,汪炜平.在非稳定渗流动水压力作用下坝坡稳定计算方法[A].水利水电科研院科学研究论文集:第30集[C].北京:水电出版社,1988.123.
- [3] 黄春娥,龚晓南.条分法与有限元法相结合分析渗流作用下的基坑边坡稳定性[J].水利学报,2001,(1).
- [4] Cedergren H R. Seepage, Drainage and Flow Nets. 2nd Edition [M]. New York: John Wiley & Sons, 1977.
- [5] Kondo K, Hayashi S. Slope stability analysis using spring attached to inter-slice planes[A]. Proc Intern Symposium on Slope Stability Engineering: Vol I[C]. Japan, 1999. 271.
- [6] Bromhead E N, et al. Influence of pore water pressure in partly submerged slopes on the critical pool level[A]. Proc on Stability Engineering: Vol I[C]. Japan, 1999. 411.
- [7] Babu G L S, Bijoy A C. Appraisal of Bishop's method of slope stability analysis[A]. Proc on Stability Engineering: Vol I[C]. Japan, 1999. 249.
- [8] Escario V. Errors arising from the simplified method of slices [A]. Proc 5th Intern Conf on Soil Mechanics and Foundation Engineering[C]. Paris, 1961. 585.
- [9] Fredlund D G, Kraha J. Comparison for slope stability methods of analysis[J]. Canadian Geotechnique Journal, 1977, 14(3).
- [10] 毛昶熙,陈平,李祖贻,李定方.渗流作用下坝坡稳定有限单元法分析[J].岩土工程学报,1982,4(3):87-106.
- [11] 毛昶熙,陈平,李祖贻,李吉庆. Analysis of slope stability of earth dam under seepage flow by FEM[J]. J Hydraulic Engineering, 1992, 2(4/6).
- [12] 毛昶熙,段祥宝,李祖贻,等.渗流数值计算与程序应用[M].南京:河海大学出版社,1999.

关于“水泥搅拌桩复合地基承载力辨析”的讨论

赵占山

(河北省建筑科学研究院,河北 石家庄 050021)

中图分类号: TU 473

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2002)03-0402-02

作者简介: 赵占山(1974-),男,河北任县人,1997年毕业于河北建筑工程学院,助理工程师,现在河北省建筑科学研究院从事地基基础的研究与应用。

笔者学习了郑刚等先生的“水泥搅拌桩复合地基承载力辨析”一文(《岩土工程学报》2000年4期,以下简称“原文”),针对文中一些观点,谈谈自己的看法,供大家参考。^{*}

(1)对桩间土承载力的确定。原文的复合地基载荷试验,按相对变形值 $S = (0.004 \sim 0.01) b$ (b 为复合地基荷载板宽度)确定复合地基承载力基本值后,又取 $S = 0.02b$ (b 也为复合地基荷载板宽度)确定此时桩间土的承载力。然后,认为二

者取用的桩间土承载力对应的沉降不一致。反映到原文图1上,就是将沉降 $S = 0.01b$ 和 $S = 0.02b$ 对应到桩间土天然地基载荷试验的荷载沉降曲线上进行桩间土承载力的比较,这显然是不合理的。

首先,原文的意思是桩间土天然地基载荷试验所用荷载板

* 收稿日期: 2001-12-09

尺寸与复合地基载荷试验的荷载板尺寸相同,然后用相对变形值确定桩间土天然地基承载力基本值。原文作者疏忽了天然地基载荷试验中用相对变形值确定地基土承载力基本值时的条件限制,即只有当压板面积为 $0.25 \sim 0.50 \text{ m}^2$ 时,才适用按相对变形值确定地基土承载力基本值^[1]。

其次, $S = 0.01b$ (b 为复合地基荷载板宽度)和 $S = 0.02b$ (b 为天然地基压板宽度)是有可能相等的。以直径 500 mm 的水泥搅拌桩为例,面积置换率为 20% 时,可用 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ 荷载板进行单桩复合地基试验,取沉降 $S = 0.01b = 10 \text{ mm}$ 对应的承载力为复合地基承载力基本值。桩间土可用 $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 0.25 \text{ m}^2$ 的压板进行试验,取沉降 $S = 0.02b = 10 \text{ mm}$ 对应的承载力为天然地基承载力基本值。这时,二者取用的就是相同沉降对应的桩间土承载力。如果用 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ 的压板作桩间土载荷试验,还按相对变形值取沉降 $S = 0.02b = 20 \text{ mm}$ 对应的承载力为天然地基承载力基本值,这显然是不正确的。其实,桩间土承载力应该这样得出:当复合地基承载力按相对变形值确定时,由 $S = (0.004 \sim 0.01)b$ (b 为复合地基试验的荷载板宽度)得出的沉降值对应到桩间土载荷试验(荷载板面积不受 $0.25 \sim 0.5 \text{ m}^2$ 的限制)确定的荷载沉降曲线上,从而得出桩间土的承载力。

(2)对于原文2.2中提出的“按照 $S = (0.004 \sim 0.01)b$ 确定复合地基承载力的标准,对同一根桩,如果采用不同尺寸的荷载板,则复合地基承载力标准值对应的桩顶反力是不同的,荷载板尺寸越大,使用的单桩承载力越高,反之当桩距越小,即荷载板尺寸越小,使用的单桩承载力越小。”原文认为这造成单桩安全度的不明确,是完全不合理的。其实,对同一根桩,这并不矛盾。

首先,荷载板尺寸越大,说明复合地基的桩距越大,这时,桩的承载力越能充分发挥。当桩距大到一定程度时,桩进入极

限状态,其极限承载力也发挥出来,这就类似于塑性支承桩的概念,这不存在合理不合理的问题,只是设计理念上的差别造成单桩承载力安全度上的不同。而“荷载板尺寸越小,使用的单桩承载力就越小”,这只能说明是设计上的保守或浪费。因为荷载板的尺寸大小是由一根桩所承担的面积确定的。同一个工程,桩距确定以后,荷载板尺寸也就相应确定了,而不可以随心所欲的选择荷载板的尺寸。

其次,在实际工程中,作复合地基载荷试验一般有两种情况。一是施工完工后的检测性试验,这时,一般要求最大加荷为复合地基设计承载力标准值的两倍,而很少加荷至破坏,这时虽然单桩的安全度不明确,但复合地基的安全度还是比较明确的,其安全系数大于 2 。二是工程大面积施工前的试验桩检测,目的是为设计提供依据,这时一般要求复合地基要加荷至破坏,这种情况下,复合地基的安全度就确定了,而单桩的安全度也较容易确定。此外,笔者认为,复合地基作为一个整体,存在着桩、土相互影响,从应力方面讲,桩间土的表面应力在桩侧土中产生的附加应力,使桩身受到一个正向压力增量,导致桩的侧阻力增加。桩间土表面应力在桩端产生的附加应力增量,形成桩端边载效应,减小主应力差,增加桩的端阻力。从应变方面讲,桩间土的表面应力使桩侧土产生沉降,减小了桩、土沉降差,从而有可能使桩侧阻力及桩端阻力减小。同时,桩的沉降及桩侧、桩端的应力扩散必然拉动桩间土的变形及应力变化,故不能割裂地看桩、土的承载力或安全度问题,而应该将其作为一个整体来研究。

以上几点看法提出供大家交流探讨,欢迎批评指正。

参考文献:

- [1] GBJ 7-89, 建筑地基基础设计规范[S].

水泥搅拌桩复合地基承载力与载荷试验关系的几个问题 ——兼答赵占山先生

郑 刚

(天津大学 建筑工程学院土木工程系, 天津 300072)

中图分类号: TU 473

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2002)03-0403-02

作者简介: 郑 刚(1967-), 男, 贵阳人, 博士, 副教授, 天津大学土木工程系副主任。从事岩土工程教学与科研工作。

感谢赵占山同志对“水泥搅拌桩复合地基承载力辨析”一文(以下简称“原文”)的关注与讨论。讨论主要针对了原文中涉及的水泥搅拌桩复合地基载荷试验的几个问题。下面结合讨论对原文中根据相对变形 S/b 确定桩间土承载力的问题和荷载板宽度对复合地基承载力确定的影响分析的质疑, 对这些问题作进一步分析。^{*}

(1) 桩间土承载力确定

规范 JGJ 79-91 规定, 水泥搅拌桩复合地基承载力标准值应通过现场复合地基载荷试验确定^[1]。规范 GBJ 50007-2002 进一步规定, 复合地基承载力特征值可通过现场复合地基载荷试验确定, 也可用增强体和其周围土的载荷试验结果结合经验确定^[2]。这就带来一个问题, 即采用复合地基载荷试验与采用

增强体和其周围土的载荷试验这两种方法确定的复合地基承载力的差异性。原文中将天然地基载荷试验采用 $S/b = 0.02$ 和复合地基载荷试验采用 $S/b = 0.01$ 时对应的土承载力进行对比, 这是考虑到不同的相对变形对应的土反力是不同的。当采用复合地基承载力经验公式(见原文式(1))确定复合地基承载力时, 该式中所指天然地基承载力显然应相应于 $S/b = 0.02$ (当采用载荷试验确定时)。忽略桩的影响, 在相同荷载板宽度时, 复合地基载荷试验 $S/b = 0.01$ 对应的土反力显然小于天然地基 $S/b = 0.02$ 时的土反力。当天然地基载荷试验荷载板尺寸小于复合地基载荷试验荷载板时, 如讨论中的 0.25

* 收稿日期: 2001-12-24