

关于“深层搅拌桩复合地基承载力的概率分析”的讨论*

裴向军

(长春工程学院土木工程系, 吉林 长春 130021)

《岩土工程学报》2000 年第 3 期发表的“深层搅拌桩复合地基承载力的概率分析”一文(以下简称“原文”)用概率分析了水泥土复合地基的承载力, 这对复合地基的设计将起到积极意义。但其中有几个问题需要讨论: *

1 应在“复合状态”下考虑水泥土桩的极限承载力

原文复合地基的极限承载力 P_c 的计算模型为:

$$P_c = I[mP_p + \lambda(1-m)P_s] \quad (1)$$

从式(1)中可以看出, 在分别确定 P_p (水泥土桩的极限承载力) 和 P_s (桩间地基土的极限承载力) 之后, 乘以不确定因子 I 构成概率统计的基本模式。从原文表 1 中可以看出不确定因素 I 考虑了置换率(m), 水泥土无侧抗压强度(q_u), 地基土承载力(P_s)。从计算式 $P_p = \eta q_u$ (η 为室内水泥土试块无侧限抗压强度与桩体水泥土无侧限抗压强度的差别; q_u 为水泥土室内无侧限抗压强度) 中, 可以看出桩体的极限承载力即为桩体水泥土在无侧限条件下的破坏荷载。而真实复合地基的情况与之相比却有很大的差别, 水泥土桩体不是孤立存在的, 它在地基土中的破坏形式是有侧限的, 而且因桩侧土的力学性质不同而异。围压对水泥土的破坏状态影响是非常大的, 同一水泥土在不同围压作用下可大致分为: 加工软化型、加工硬化型、脆性破坏型^[1,2]。图 1 所示为不同围压的应力应变关系曲线。随着围压 σ_3 的增大, 水泥土的强度有提高, 围压越高水泥土的强度越大。原文“……可以发现, 这个模型是有偏的, 并且低估了搅拌桩的极限承载力, ……”若在不确定因子中考虑不同强度的地层围压作用, 会更接近实际。由此可见, 桩土应力比应作为不确定因素中的衡量指标之一。

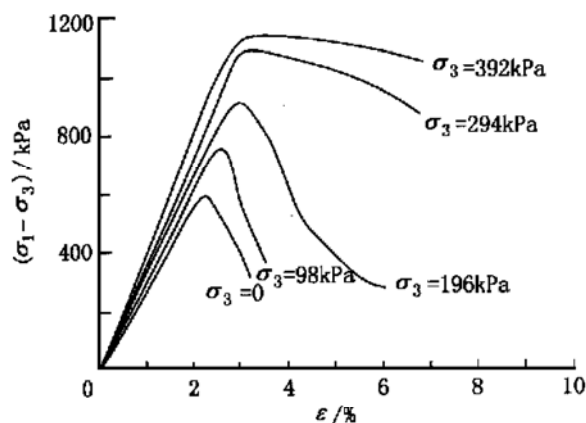


图 1 不同围压下水泥土的应力-应变曲线

Fig. 1 The curve of stress vs strain

2 室内水泥土强度与桩体强度的折减

依水泥土桩单桩承载力设计公式可知, 室内水泥土的无侧限抗压强度与桩体水泥土强度之间存在着折减系数 η 。原文

对“ η ”进行分解的公式为 $P_a = (\frac{A}{2k})q_u$, 其中 2 为承载力安全系数^[3]。原文是在不考虑承载力安全系数情况下的水泥土强度折减系数(注: 笔者把其定义为 η), 姑且不论 JGJ 79-91 关于对“ η ”的确定是否源于文献[4], 就原文取 $\eta = 0.5 \sim 0.75$ 笔者认为该值范围偏小, 且偏高, 在计算模型中原文取 $\eta = 0.625$ 是不合适的, η 应该为不确定因素。众所周知深层搅拌桩是“良心桩”, 现有的施工控制和监测手段远远跟不上施工的发展, 抛开主观上人为的不确定因素(如搅拌头的提升速度、搅拌次数、搅拌头转速、水灰比等), 客观上不同的土质、含水率、水质、有机质含量与种类还有施工技术手段等, 对强度的折减都有影响。因而不同国家、不同地区“ η ”值是不同的, 据日本 CDM 工法设计 $\eta = 0.25$ (q_u 采用现场试块强度), 我国的浙江省标准 $\eta = 0.33$, 上海市标准 $\eta = 0.3 \sim 0.4$ 。深层搅拌桩在我国应用二十多年来, 其工程应用领域、地层适应情况得到非常大的拓展, 与十年前的统计数据相比离散性要大的多。尤其值得一提的是在饱和软土层会出现地层制约掺入比的情况, 在孔隙充满水或孔隙很小的地层, 不可能在不改变体积的情况下容纳搅拌灌入的水泥浆, 水泥浆的掺入是“置换”地基土的过程。既在侧向挤压和向上抬动不存在或很小时, 注入地层的水泥浆, 一部分会占据土体中的气相体积, 一部分会置换地基土留在桩中, 一部分会沿着搅拌轴携带被置换下来的地基土上返到地表。室内试验是在无侧限的情况下进行的, 水泥掺入比并不受地层孔隙的影响。笔者在天津地区对深搅施工调查发现, 在高饱和度地层由于存在着浆土的上返情况, 深搅工地常有工后场地被“抬高”的情况发生, 如大无缝钢管厂对面的住宅楼, 在浆体深搅施工结束后地面被平均“抬高”近 30 cm, 新河船厂右侧的某住宅楼工后“抬高”量也在 20 cm 以上。深层搅拌桩所处理的土层多为饱和与高饱和度的地层, 据以上分析可见设计掺入比 a_w 在有浆液上返的情况下与实际掺入比 a_{w2} 是不同的。已知掺入比 a_w 、浆土上返率(m)和上返浆率(n), 可得水泥土实际掺入比 a_{w2} 。表 1 为不同 a_w 、 m 、 n 值的桩体实际掺入比 a_{w2} (%)^[5]。

$$a_{w2} = \frac{a_w \rho V(1-mn)}{V_d[1-0.833(1-n)ma_w \rho]} \\ = \frac{a_w(1-mn)}{1-1.5a_w m(1-n)} \quad (\text{取 } \rho = 1.8) \quad (2)$$

室内试验所用的是设计水泥掺入比 a_w , 而现场却为实际掺入比 a_{w2} 。这种情况下, 再用一般的折减系数是不合适的。由此可见深层搅拌桩水泥土的强度折减系数 η 主观和客观上都有很多不确定的因素, 尽管原文所论述的重点并不在于此,

但这不仅是本文应该探讨的问题,也是地基处理工程设计上值得重视的问题。

表1 不同 a_w 、 m 、 n 值的桩体实际掺入比 a_{w2}

Table 1 The value of a_{w2} at different a_w , m and n %

$a_w / \%$	m	a_{w2}				
		$n = 0.3$	$n = 0.4$	$n = 0.5$	$n = 0.6$	$n = 0.7$
12	0.2	11.6	11.3	11.0	10.7	10.4
	0.4	11.1	10.5	10.0	9.4	8.8
	0.6	10.6	9.8	8.9	8.0	7.2
	0.8	10.1	8.9	7.8	6.6	5.5
15	0.2	14.6	14.2	13.8	13.4	13.1
	0.4	14.1	13.3	12.6	11.8	11.1
	0.6	13.6	12.4	11.3	10.1	9.1
	0.8	13.0	11.4	9.9	8.4	7.0

水泥土桩的桩身质量问题普遍受到关注,从上海、天津等地

有关部门下文规范深层搅拌桩的使用,可见其存在着一些问题。因而对深层搅拌桩的工程设计应采取审慎态度,以免发生误导。

参考文献:

- [1] 张土乔. 水泥土应力应变关系的试验研究[A]. 岩土力学与工程论文集[C]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 56~ 58.
- [2] 龚晓南. 深层搅拌法在我国的发展: 深层搅拌法设计与施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 1~ 9.
- [3] 刘金砺. 桩基础设计与计算[M]. 北京: 中国建筑出版社, 1990. 36~ 37.
- [4] 地基处理手册编写委员会. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 410~ 428.
- [5] 裴向军. 高饱和度软土深搅桩实际水泥掺入量的确定. 地质与勘探, 2000(5): 88~ 91.

对“深层搅拌桩复合地基承载力的概率分析”讨论的答复

洪昌华¹, 龚晓南², 温晓贵²

(1. 萧山市第二建筑工程公司, 浙江 萧山 311200; 2. 浙江大学 土木工程学系, 浙江 杭州 310027)

感谢裴向军先生对拙作“深层搅拌桩复合地基承载力的概率分析”(以下简称原文)的讨论,现就有关问题答复如下: *

1 关于是否应在计算水泥土桩极限承载力中考虑地层围压

原文中以 $p_p = \eta \cdot q_u$ 为基本模式来计算水泥土桩的极限承载力,其中 η 反映的是现场桩身强度和室内试块强度之间的差别,这里 η 的定义和《地基处理技术规范》JGJ 79—91 中强度折减系数的定义并不一致。

裴文认为,水泥土的抗剪强度大小与围压有关,这确实反映水泥土的强度特性。目前在复合地基工程设计中尚未能考虑桩侧土围压对桩体极限承载力的影响, JGJ 79—91 规范也未考虑,每种设计方法都有它的假定和简化之处。如在承载力概率分析中考虑围压对水泥土桩极限承载力的影响,则首先要发展考虑围压影响的复合地基承载力常规计算模型。

另外,需要指出的是,模型不确定性因子 I 综合考虑了计算模型中的各种不确定性因素,不仅考虑了模型中计算参数的变化,还包括计算模型中各种假定、简化对预测结果的影响。

2 关于现场水泥土强度和室内强度之间的差别

系数 η 反映的是现场桩身强度和室内试块强度之间的差别。由于现场桩身强度的测定有一定难度,所以一般用现场取芯试样做无侧限抗压试验代替。

原文中 η 的取值 0.5~ 0.75 源于原文文献[3]。讨论者指出,由于近年来深层搅拌桩工程应用领域、地层适用情况得到非常大的发展,其统计数据的离散性必然会变大。事实也是如此,图1所示为不同工程的 η 值的统计^[1],可以看出,其波动范围在 0.3~ 1.4 之内,并且还可以对它进行统计检验,发现服从均匀分布。确定数据的离散性较大,并且有些工程甚至出现了现场强度大于室内试验强度的情况,而原文并没有对此作更多的考虑。

日本 CDM 工法设计和施工手册中提出^[1],室内试验所得

的无侧限抗压强度与现场取样试验得来的无侧限抗压强度的比值,对于海上工程用大型机械时取 1,用小型机械时取 1/2;陆地工程约为 1/2。

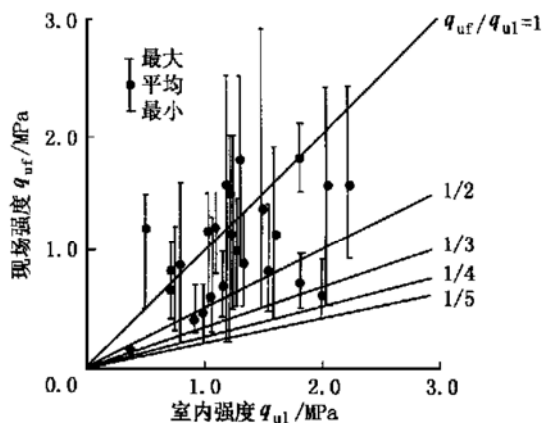


图1 现场强度和室内强度试验之间的差别

Fig. 1 The difference of the intensity between in situ and lab values

3 关于深层搅拌桩施工中的一些问题

深层搅拌桩是一种与施工质量、施工均匀性、现场条件密切相关的柔性桩,其桩身质量受到普遍的关注。但原文的目的只是从概率统计的观点对搅拌桩复合地基的承载力进行分析,为在地基基础中采用概率极限状态设计方法做些基础性的工作。

参考文献:

- [1] 阎明礼. 地基处理技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.