

# 深层搅拌桩设计与施工

郑俊杰

(华中理工大学土木系,武汉 430074)

袁内镇

(湖北省建筑科学研究设计院,武汉 430071)

张曦映

(华中理工大学土木系,武汉 430074)

**【摘要】** 对目前深层搅拌桩设计与施工中存在的主要问题进行了讨论,并提出了改进意见。

**【关键词】** 深层搅拌法;地基处理;深层搅拌桩

**【Abstract】** Some existing problems are discussed in the design and construction of deep mixed-in-place pile at present, and some proposals are put forward.

**【Key words】** deep mixed-in-place method; ground treatment; deep mixed-in-place piles

## 0 引言

深层搅拌法于1980年引入我国。1991年编入《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—91)。固化剂不同分为水泥系深层搅拌法和石灰系深层搅拌法。石灰深层搅拌桩在工程中应用较少,本文针对水泥搅拌桩进行讨论,但绝大部分也适用于石灰深层搅拌桩。

近20年来,深层搅拌桩在我国得到了广泛的应用。但由于设计与施工中存在一些问题,导致工程中出现了不少质量事故。

## 1 设计中存在的问题

### 1.1 复合地基承载力取值问题

某些设计人员盲目将深层搅拌桩复合地基承载力取值大于200kPa,这是不妥当的。

由于 $\phi 500\text{mm}$ 的深层搅拌桩的单桩承载力多在80~130kN之间,很少超过150kN。若取 $R_k^d = 140\text{kN}$ ,桩间土承载力标准值 $f_{sk} = 120\text{kPa}$ ,桩间土承载力折减系数 $\beta = 0.5$ ,复合地基承载力标准值取200kPa,则可由规范中的复合地基承载力公式求出面积置换率 $m = 0.214$ 。若采用正方形布置,

则桩距小于2倍桩径,给布桩带来困难。

### 1.2 群桩效应问题

由于单桩承载力较小,为得到较高的复合地基承载力,桩中心距常常接近2倍桩径。多数情况下深层搅拌桩为摩擦桩或端承摩擦桩,其侧阻力的群桩效应不容忽视,实际上群桩大多是块体深基形态。

设计人员通常认为复合地基不同于桩基础,所以就往往忽略了对实体基础下的地基土强度验算。另外,工程中设计人员也极少要求进行多桩复合地基静载荷试验,绝大多数的工程往往只进行单桩复合地基静载荷试验,所以设计中的失误常常在事故发生后才表现出来。

### 1.3 沉降计算问题

《建筑地基处理技术规范》第9.2.5条规定:“…桩端以下未处理土层的压缩变形值可按国家标准《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7—89)的有关规定确定。”由于经搅拌桩加固的复合地基与桩端以下未经处理土层两者刚度相差很大,不能采用均质体应力分布来计

算桩端土的附加应力,而是应该按深度相当于桩端深度的似刚性实体基础来按(GBJ 7—89)规定计算桩端以下未经处理土层的压缩变形。否则,将低估桩端附加应力,当桩端土层压缩性较高时,计算得出的桩端以下土层的压缩变形值将明显偏小。对此,设计人员容易疏忽大意,因此而发生的工程事故较为普遍。据不完全统计,仅湖北省出现的此类事故已超过二十起。

#### 1.4 桩体抗压强度取值问题

《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—91)中对桩体水泥土的设计抗压强度的取值系采用室内试验无侧限抗压强度平均值乘以0.35~0.50的折减系数。这个折减系数主要反映了室内试验和现场工程桩之间的差异,而对安全度的考虑甚少。日本的搅拌机先进,成桩质量优良。日本规范中取设计标准强度  $f_c = \xi \gamma f_{cu,k}$ , 其中  $f_{cu,k}$  为室内试验无侧限抗压强度平均值,  $\gamma$  为室内与现场差异折减系数,取0.5,而  $\xi$  为反映安全度的折减系数,取0.5,其结果为  $f_c = 0.25 f_{cu,k}$ 。实践证明,这种考虑是接近实际的。我国的深层搅拌桩出现的问题,不少是由于桩体强度不够所造成的。

## 2 施工中出现的問題

### 2.1 施工设备问题

我国的深层搅拌桩施工监控系统比较落后,钻头升降与供料系统非联动操作,加上堵管等影响,单位桩长的供灰量不准确,常常造成沿桩长方向的水泥掺量发生较大的变化,产生夹泥、缩径甚至断桩现象。

### 2.2 桩体强度差异问题

深层搅拌桩利用原位土拌合,既有优点,又存在弊端。由于水泥土的强度与土质的关系非常密切,同样的掺入比,同样的工艺在淤泥中和砂类土中的水泥土强度可相差1倍以上。当桩穿越不同土层时,很难避免桩体强度的差异,这种差异处理不当时,往往造成不良后果。

### 2.3 桩端土处理效果

由于深层搅拌桩施工时对桩端土的处理不力,其端阻力仅能取桩端土承载力标准值的1/2左右,当桩端存在较好的土层时,也不能有效地加以利用,致使深层搅拌桩在很多情形下不如其他桩型优越。

### 2.4 质量管理问题

施工质量管理不严导致出现工程质量事故的例子很多。由于部分施工人员素质较低,质量意识不强,搅拌机提升的速度和次数都不满足施工工艺的要求。再加上人为的偷工减料,致使桩身强度及桩长常常达不到设计要求,从而导致工程质量事故。

## 3 建议

对于设计和施工中存在的问题,笔者建议:

#### (1) 在设计方面

①由于桩身面积较大,单桩承载力较低。因此建议深层搅拌桩复合地基承载力标准值取值不大于200kPa。

②为减小群桩效应,可考虑将目前500mm桩径缩小至350~400mm,同时提高桩体强度,这样既有利于充分发挥桩侧阻力,又可避免较大的桩距,也可减小基础宽度,降低造价。

还可在基础与桩顶间设置厚100~300mm砂石垫层,充分调动桩间土的承载力,同时可避免桩头因应力集中而破损。在深厚软土地区,垫层厚度加大至500mm以上,利用垫层的扩散作用,加大软土的受力面积,从而可将搅拌桩部分布置在基础以外,以减小群桩效应。

③当桩间距较小时,搅拌桩群呈实体深基效应。建议按刚性桩来计算桩端以下土层的沉降,可参照《建筑桩基技术规范》的等效作用分层总和法进行计算。计算中桩基沉降计算经验系数  $\psi$  根据桩端土质情况取1.2~1.7,土软时取大值。

(下转47页)

入渗补给径流区。由于矿井疏干排水,使场区的地下水位下降,从而使场区内的膨胀土失水收缩并产生大量的裂缝。1996年春夏季,该地区降水较大且集中,校区内又无集中排引水道,雨季大量降水,以面式或局部点式下渗,当下渗到干缩的③、④层粘土时,使这两层粘土浸水,发生较大幅度的膨胀,同时,③、④两层土在场区分布很不均匀,造成场区地基土膨胀量不一致。因此,场地水文地质条件的变化,是造成在建实验楼基础及地圈梁和底层墙体发生开裂的外部因素。

#### 4.3 施工因素

通过调查获知,该实验楼的基础施工中,基坑开挖后有较长时间的暴晒,粘土风干失水严重,在基础施工完成后,没有及时对基础两侧土回填,后来回填时,又没有采取分层夯实和地表避水措施,这给雨水及施工用水流入基槽创造了条件。

(上接40页)

④桩体水泥土设计强度应考虑安全度的要求及试桩超载的需要。考虑以我国搅拌机械的性能,将室内水泥土无侧限抗压强度平均值 $f_{cu,k}$ 乘以0.20~0.25的折减系数作为搅拌桩桩体水泥土的设计抗压强度,以保证安全。

#### (2) 在施工方面

①应研制施工监控系统更先进的深层搅拌桩施工机械。

②桩体强度差异问题较难解决,可在不同土质中采用不同的水泥掺入比的方法来缩小桩体强度差异,如在淤泥中喷搅时的固化剂用量可大于砂类土中的固化剂用量,但在实际施工时较难准确控制。

③除施工本身原因外,搅拌桩桩体强度不高,在荷载作用下桩身压缩量较大导致桩

## 5 结束语

膨胀土地基属特殊地基。膨胀土是土中粘粒成份主要由亲水矿物组成、并同时具有吸水膨胀和失水收缩的变形特性的土,土吸水量越多,膨胀量越大。在膨胀土地区进行工程建设,必须事先进行工程地质勘察,判定其为膨胀土后,按《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ112—87)的有关规定,因地制宜,采取恰当的建筑、结构和施工措施,才能确保工程的安全和正常使用。

## 参 考 文 献

- 1 中国建筑科学院. GBJ112—87 膨胀土地区建筑技术规范. 北京:中国建筑工业出版社,1987
- 2 徐永福. 我国膨胀土分行结构的研究. 海海大学学报. 1997,25(1):18~23
- 3 徐永福, 殷宗泽. 非饱和膨胀土强度的分行特征. 工程力学,1996(2)

收稿日期:1998-11-13

端阻力不能充分发挥。因此,在改进施工工艺设备时,宜同时提高桩体强度。

④建筑质监部门应严格进行质量监督,施工单位应提高施工技术人员的业务水平和综合素质,树立质量意识,建立完善的质量保证体系,杜绝偷工减料的现象发生,从而减少质量事故。

## 参 考 文 献

- 1 中华人民共和国原城乡建设环境保护部. GBJ7—89 建筑地基基础设计规范. 北京:中国建筑工业出版社,1989
- 2 中国建筑科学研究院. JGJ79—91 建筑地基处理技术规范. 北京:中国计划出版社,1992
- 3 中国建筑科学研究院. JGJ94—94 建筑桩基技术规范. 北京:中国建筑工业出版社,1995

收稿日期:1998-11-08