

江苏省地方标准

DB32/T 2799—2015

共振法处理液化地基技术规程

Technical standard for treatment of liquefiable ground by resonant
compaction method

2015-09-10 发布

2015-11-10 实施

江苏省质量技术监督局 发布



目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号	2
4 设计	3
4.1 一般规定	3
4.2 资料准备	3
4.3 工艺性试验	3
4.4 振动监测	3
4.5 设计计算	4
5 施工	5
5.1 施工前准备	5
5.2 施工工艺	5
5.3 施工记录和监测	5
6 质量检测及验收	6
6.1 一般规定	6
6.2 处理效果检测	6
6.3 工程质量验收	6
附录 A (规范性附录) 共振法加固施工现场记录表	8
附录 B (规范性附录) 本标准用词说明	9
条文说明	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由江苏省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：东南大学、南京交通工程有限公司、南京河西建设指挥部、江苏东地建设基础工程有限公司、常鑫路桥建设有限公司、江苏盐城二建集团有限公司。

本标准主要起草人：刘松玉、杜广印、章定文、刘芝平、程远、杨泳、经绯、谢羚、魏启河、吴洪、李建梁、孙晓俊、纪江涛、陈云平、陈萍、王新、闫成标、岳海尚。

引 言

十字振动翼共振法是东南大学经过多年研究开发的液化地基处理新技术。为进一步推广应用该技术,东南大学等单位在科研和工程实践的基础上,总结工程经验,编制了该标准。

共振法处理液化地基技术规程

1 范围

本标准规定了十字振动翼共振法的术语与定义以及该工法的设计、施工及质量检测的标准。

本标准适用于采用十字振动翼共振法处理液化地基的工程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50011 建筑抗震设计规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范

GB/T 50783 复合地基技术规范

JGJ 79 建筑地基处理技术规范

JTG B02 公路工程抗震规范

JTG/T B02-01 公路桥梁抗震设计细则

JTG C20 公路工程地质勘察规范

JTG/T D31-02 建筑地基基础工程施工质量验收规范

JTG E40 公路工程土工试验规程

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

共振法 resonant compaction method

利用振杆-土系统共振时的振动效应,使土层与振杆同步振动,实现振动能量从振锤到振杆和周围土中的最佳传递,从而达到处理可液化地基的目的。

3.1.2

十字振动翼 crisscross section vibratory probe

由两根垂直相交的具有均匀分布圆形通孔的钢板连接成横截面呈十字形的振杆,该振杆的四条直翼边设有连续的凸形半圆齿,振杆的底端设有尖刺齿。

3.1.3

液化地基 liquefiable ground

在振动荷载作用下,饱和粉土、粉砂中的孔隙水压力骤然上升,在振动短暂的时间内,骤然上升的孔

隙水压力来不及消散,使得砂土完全丧失抗剪强度和承载能力,造成地表喷砂冒水、地裂、滑坡和地基不均匀沉陷等,危及建筑物的正常使用与安全。

3.1.4

共振频率 resonant frequency

一个物理系统在特定频率下,以最大振幅做振动的情形。此一特定频率称之为共振频率。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

3.2.1 土性参数

D ——土体阻尼比;

k ——土体刚度;

G ——土的剪切模量;

ν ——土的泊松比;

ρ ——土密度;

σ'_{m0} ——初始平均有效应力,其表达式为 $\sigma'_{m0} = \left(\frac{1+2K_0}{3} \right) \cdot \sigma'_{v0}$;

$v_{s,max}$ ——土的小应变剪切波速($\gamma \leq 10^{-6}$), v 为颗粒质点振动速度;

σ_r ——参考应力,等于 100 kPa;

σ'_m ——平均有效应力;

τ_{av} ——地震产生的平均剪应力;

σ_{v0} ——土体计算深度处竖向总应力。

3.2.2 振动频率参数

g ——重力加速度;

ω ——激振圆频率;

f ——振动频率;

dur ——振动持续时间;

r_0 ——沉杆半径;

m ——振杆和振锤质量和;

a_{max} ——地面最大加速度。

3.2.3 检测参数

N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值;

N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值;

d_s ——饱和土标准贯入点深度,单位为米(m);

ρ_c ——黏粒含量百分率,%;

N ——实测标贯击数;

N_1 ——标贯击数修正值;

q_t ——未修正锥尖阻力(经过孔压修正的实测值)。

3.2.4 计算系数

C_N ——上覆应力标准化因子;

- C_E ——锤击能量标准化因子；
 C_B ——钻孔直径标准化因子；
 C_R ——钻杆长度标准化因子；
 C_S ——采样方法标准化因子；
 r_d ——应力折减系数；
 MWF ——震级权重因数；
 C_N ——修正系数。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 共振法适用于处理松散饱水粉土、砂土等无黏性土或黏粒含量少的液化地基。

4.1.2 共振法处理液化地基设计必须坚持因地制宜的原则，综合考虑场地的工程地质条件、上部结构的要求及液化土层的类型等因素，精心设计，以保证周围建(构)筑物的安全和正常使用。

4.2 资料准备

共振法处理液化地基设计前，应具备下列资料：

- a) 岩土工程勘察资料，应按国家及行业现行标准进行岩土工程勘察，并提供岩土工程勘察报告，具体内容应包括：
 - 1) 现场工程地质钻孔位置图、工程地质剖面图；
 - 2) 场地各土层的物理力学指标、承载力特征值、地下水赋存条件；
 - 3) 标准贯入试验、静力触探试验等现场原位测试资料；
 - 4) 根据相关试验，按 GB 50011、JTG/T B02-01 及 GB 50021 进行场地土的类型、场地类别、地基土的液化判别，并提供液化土层的位置、厚度及场地液化等级评价资料。
- b) 工程场地与环境条件有关的资料，具体内容包括：
 - 1) 工程场地的总平面图，交通设施、高压架空线、地下管线和地下结构物的分布图等；
 - 2) 相邻建(构)筑物的安全等级、基础形式及埋置深度；
 - 3) 水、电及材料供应条件等。
- c) 建(构)筑物有关的资料，具体内容包括：
 - 1) 建(构)筑物的总平面布置图；
 - 2) 建(构)筑物基础平面图和剖面图；
 - 3) 建(构)筑物安全等级；
 - 4) 设计要求的地基液化处理要求。
- d) 施工条件有关的资料：
 - 1) 施工机械的设备条件、动力条件；
 - 2) 施工机械的进出场及现场运行条件。

4.3 工艺性试验

根据工程安全等级和场地复杂程度以及该技术在地区使用的成熟程度，应在代表性场地进行相应的现场试验或试验性施工，并进行必要的测试检测，通过分析优化设计和施工方案。

4.4 振动监测

共振法处理可液化地基施工中应进行施工监测，监测内容包括施工中的振动监测、沉降监测、周围

建(构)筑物的变形监测,当监测结果出现异常时,应及时查明原因,并进行修改设计或采取其他必要措施。

4.5 设计计算

4.5.1 十字振动翼共振法设计流程见图 1。

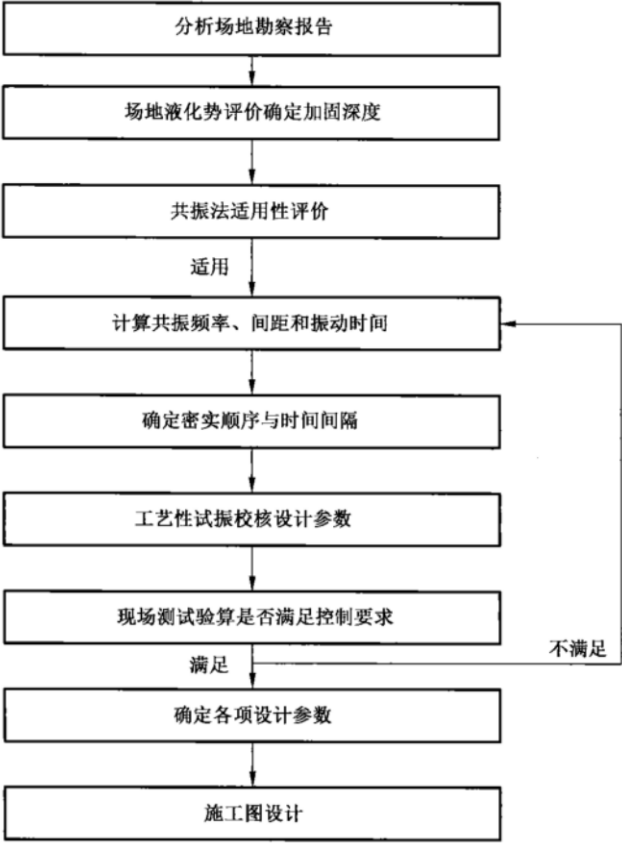


图 1 十字振动翼共振法加固可液化地基设计流程图

4.5.2 十字振动翼共振法的适用性应根据场地地质条件分析确定,应分析土体饱和度、相对密度、地下水位、贯入阻力、土的颗粒级配、液化土层厚度等参数,判断是否适合采用共振法处理。

4.5.3 十字振动翼共振法处理液化地基的加固深度,应根据岩土工程勘察报告液化土层的厚度及 GB 50011 和 GB 50021 中的条文规定确定。

4.5.4 十字振动翼共振法单点振动液化的范围 1.2 m~2.7 m,安全施工距离 ≤ 3 m。

4.5.5 共振法激振频率宜根据现场波速测试得到的最大动剪切模量及室内试验获得的土体阻尼比,按振动系统单自由度模型得到[见式(1)]。

$$\omega = \sqrt{1 - 2D^2} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:
 D ——土体阻尼比;
 k ——土体刚度,单位为牛每米(N/m);
 m ——振杆和振锤质量之和,单位为千克(kg)。
地基土刚度在不具备现场测试条件下,可由弹性半空间理论计算。其表达式见式(2)。

$$k = \frac{4Gr_0}{1-\nu} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

G ——土的剪切模量，单位为千帕(kPa)；

r_0 ——沉杆半径，单位为米(m)；

ν ——土的泊松比。

4.5.6 共振法激振频率可通过现场试振，根据振幅显著放大的频率，通过不断改变振动频率测得传感器振幅相对于频率的变化及变化率得到。

4.5.7 振点间距应根据场地密实度、振动杆尺寸、振动影响区域大小、振动锤功率等因素通过现场试验确定，可取 1.5 m~2.5 m，振点按三角形布置。

4.5.8 振动时间应通过十字振动翼的下沉和提升速度决定。

5 施工

5.1 施工前准备

5.1.1 施工前应清除场地内大块建筑垃圾，并对施工场地原地面进行清表、整平、碾压，以满足施工设备本身对地基承载力的要求，测出碾压后场地振动密实前的标准高程。

5.1.2 场地内及四周应开挖排水沟，宜采用水泵和人工相结合的方法进行排水。

5.1.3 施工机械设备选择：主要包括十字振动翼及行走机械、振动锤、调频器、水泵、水准仪。

5.1.4 施工前，所有设备必须进行调试，检查设备的运转情况，确保所有设备正常运转。

5.1.5 施工前，应对施工人员进行技术交底。

5.1.6 根据设计图进行测量放样，确定施工点位与范围。

5.1.7 正式施工前应根据设计要求进行试振，验证十字振动翼共振法适应性，确定实际参数，包括共振频率、振点间距以及振动时间等。在试振过程中，应对沉降进行观测，同时注意对周边环境的影响。试振成功后方可正式施工。

5.2 施工工艺

5.2.1 共振密实机应悬吊十字振动翼到指定区域，对振点进行对中并调整垂直度。机械就位时应考虑“退打”方向，以便机械进出。定位时，不得强行将振动杆对准要打的孔位。

5.2.2 应根据设计频率和试振结果调整振动锤的频率，启动振动锤，使十字振动翼向下振动，振动下沉时应保证十字振动翼的垂直度。

5.2.3 十字振动翼的下沉速度应控制在 1.5 m/min 以内，十字振动翼达到设计深度时，宜留振 5 s，然后边振边提直至地面，提升速度应控制在 2.0 m/min 以内。

5.2.4 振动结束后，以均匀速度提升十字振动翼出地面后，移动机械到下一点位进行施工。

5.2.5 具体施工时，每次下沉、提升的速度及振动时间宜根据加固的效果和施工的难易作适当的调整。

5.2.6 对施工中的冒水现象，必须采用水泵和人工相结合的方法及时排水。应在场地的分区线上开挖排水沟，并在中间分区线交叉处设置集水坑，及时将水排出到场地外合适的排水通道。

5.3 施工记录和监测

5.3.1 施工过程中应对施工过程进行记录。记录内容见共振法加固施工现场记录表(见附录 A)。

5.3.2 施工过程中，应对地面沉降和周边环境进行监测，如出现异常时，需立即停止施工。查明异常原因并做出相应对策之后，方可恢复施工。

6 质量检测及验收

6.1 一般规定

6.1.1 在贯彻质量保证体系和措施的前提下,依据相关规范、严格按照合同要求进行施工和管理,确保工程质量。

6.1.2 施工过程中应检查振动频率、密实点位置、间距、振动密实深度、单点振密时间等参数(见表1),同时检查排水情况,保证及时排水。

表1 共振法加固地基施工过程中质量控制要求

检查项目	检测要求	允许误差
振动频率	按设计要求,按液化土层的自振频率或场地的卓越周期确定	误差不大于1 Hz
振点间距	按设计要求的振点间距	振点间距误差不大于5 cm
密实深度	按设计要求的处理深度	误差不大于50 cm
单点振动时间	振动下沉速度控制在1.5 m/min以内,十字振动翼达到设计深度时,留振5 s,然后边振边提直至原地面,提升速度控制在2.0 m/min以内	以15 m处理深度为例单点振动时间不少于25 min
排水情况	场地内及时排水	不出现水回流

6.1.3 应在施工结束一定时间后进行处理效果检测。

6.1.4 应根据GB 50202、JGJ 79、GB 50011、JTG B02等进行处理效果检测与评判。

6.1.5 处理效果评判应根据GB 50011或JTG B02进行,加固效果评判应满足设计要求。

6.2 处理效果检测

6.2.1 施工结束后,砂土宜在14天以后,粉土宜在28天以后,进行效果检测。应采用标准贯入试验(SPT)或静力触探试验(CPT)进行检测,检测频率为每20 m×20 m处理长度随机抽取一点进行。

6.2.2 施工结束后应对场地进行整平,并压实至85%的压实度,测量其地面标高,计算处理后的下沉量。

6.2.3 应按GB 50011或JTG/T B02-01对场地进行加固效果评判。

6.3 工程质量验收

6.3.1 应在施工结束,加固效果检验合格后,进行验收。

6.3.2 共振法处理液化地基作为一个分项工程进行验收,其验收批次按照相同施工机械、相近工程地质单元,分段、分批次进行验收。

6.3.3 施工单位自检合格且资料齐全后提出验收申请。

验收前应提供以下资料:

- 工程地质报告、施工图、图纸会审及技术交底纪要、设计变更等;
- 振点测量放线图和记录,包括振点复核鉴定单;
- 施工记录和隐蔽工程验收记录;
- 监督抽检资料;
- 质量检测报告;

附 录 B
(规范性附录)
本标准用词说明

B.1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词,说明如下:

- a) 表示很严格,非这样做不可的:
 - 1) 正面用词采用“必须”;
 - 2) 反面用词“严禁”。
- b) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
 - 1) 正面用词采用“应”;
 - 2) 反面用词“不得”或“不应”。
- c) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
 - 1) 正面用词采用“宜”;
 - 2) 反面用词“不宜”。
- d) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的:
 - 1) 正面用词采用“可”;
 - 2) 反面用词“不可”。

B.2 条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准执行时,写法为“可参照……”。

1 范围

共振法适用于处理液化地基,相较于碎石桩具有表 1-1 所列特点。

表 1-1 共振法与碎石桩对比

方法	碎石桩	共振法
处理范围	黏粒含量不超过 10% 的中粗砂地基,黏粒含量不超过 10% 的粉砂、细砂地基	松散饱水粉土、砂土等无黏性土或黏粒含量少的液化地基
处理深度	在中粗砂中的振冲最大深度可达 25 m,在粉细砂地基中的加固深度最大达 15 m	根据液化地基深度可自由调整共振杆长度,没有深度限制
施工原料	需要大量碎石填充物	无需任何填充物
局限性	施工成本较高,处理深度有限,施工噪声较大	处理范围较小,处理效果受施工器材影响较大,目前使用不广泛

4 设计

4.5 设计计算

4.5.1 共振法设计内容应包括共振范围、共振频率、间距及振动时间。

4.5.2 影响密实效果最主要的因素是土类,包括颗粒粒径和级配。许多学者研究表明振动密实方法对于处理细粒(小于 0.074 mm)含量少于 15%~20%,黏粒(小于 0.005 mm,下同)含量不超过 10% 的颗粒土是有效的。渗透性高于 10 m/s~6 m/s,有效粒径 d_{10} 大于 0.03 mm 的自由排水条件好的高渗透性砂土能够快速消散振动所产生的超孔压。密实效果随细粒含量增大而减小,超过 20% 基本无效果,黏粒能显著降低密实方法的有效性,1% 的黏粒对密实效果的降低作用等同于 10% 的粉粒。土粒间的凝聚力阻止了振动下颗粒的重新排列和密实。不含砂的碎石和中砾石也不适合振动密实,因为:1) 振动杆难以贯入深处;2) 克服颗粒之间的力需要更大的能量,设备额定功率限制能量输出;3) 渗透性超过 10^{-2} m/s 将导致水耗(水头损失,超孔压很低)。颗粒级配影响振杆贯入和孔隙水压力的消散,颗粒级配较差的土比颗粒级配好的土更容易液化。

基于颗粒粒径分析的振动密实法适用土类划分要求大量土样和颗分试验。由于在场地获得有代表性的土样既困难代价又高,且基于零星取土土样调查很难识别重要土层和透镜体,因此更倾向于基于原位测试结果评价土的压实性。

根据国外静力触探试验研究表明,摩阻比小于 1% 时,一般能达到较好的振动密实效果。当摩阻比超过 1.5%,共振密实效果不理想。图 4-1 给出了根据锥尖阻力和侧摩阻力进行划分的适合深层密实土分类。

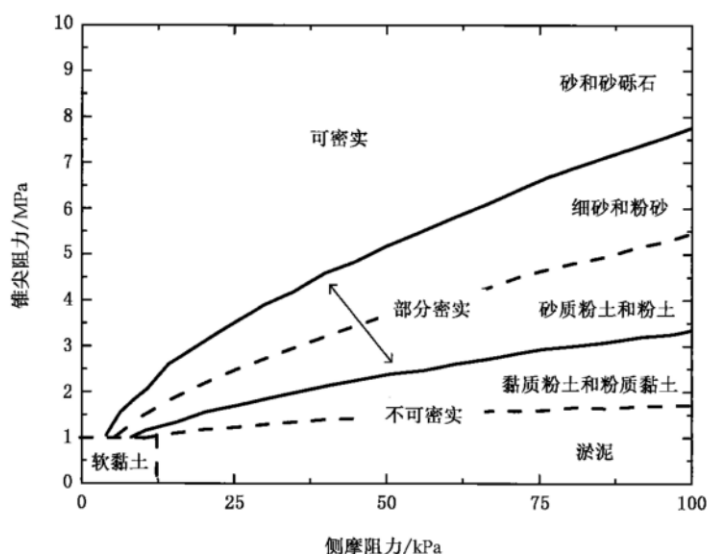


图 4-1 基于土性划分的可密实性土分类

4.5.3 共振法处理深度的确定,一方面是通过工勘报告中具体的液化土层深度来确定的,一般来讲处理深度达到液化层底端即可。同时要符合 GB 50011 及 GB 50021 中具体的条文规定。一般在 15 m~20 m 之间。

4.5.4 十字杆施工中距振点不同距离的地表振动速度测试结果,如图 4-2 所示。

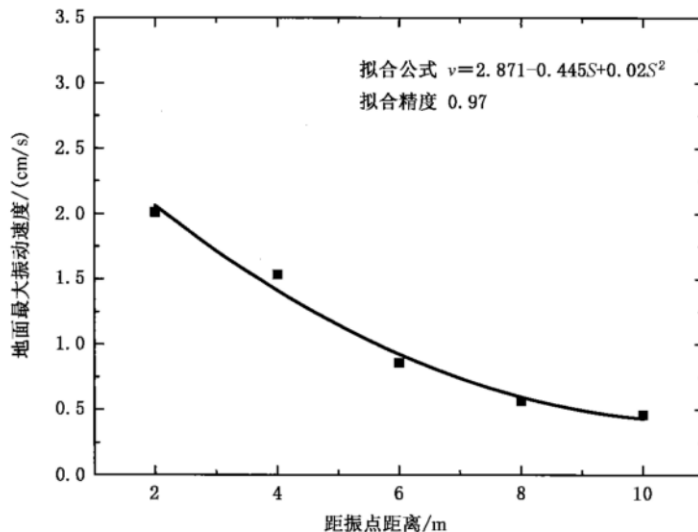


图 4-2 地面最大振动速度与距振点距离的关系

由图 4-2 可以看出,地面最大振动速度随距振点距离增大衰减较快。距振点 8 m 处地表振速约为 0.5 cm/s,影响很小,可以认为地表振动影响范围为 8 m。高速公路等施工场地周围一般以砖房、非抗震的大型砌块建筑物为主,GB 6722—2003 规定“当振动频率为 10 Hz~50 Hz 时,安全允许振速是 2.3 m/s~2.8 cm/s”,根据图 4-2 中拟合图线可知,共振法安全施工距离 ≤ 2 m。

4.5.5 共振频率的确定可以通过波速测试以及室内试验所得数据进行计算,然后在现场试振中进行微调以达到最佳系统共振频率,提高处理效果。

4.5.7 三角形分布时需要注意的是振点间距也要考虑实际情况,例如振点位置的几何学,振动机械施

工范围,密实次数。两遍密实能更均匀有效。

振动导致土层剪应变 γ 与剪切模量比 $G/G_{\max}$ 的关系为:

$$\gamma = \frac{v}{v_{s, \max} \cdot \sqrt{\frac{G}{G_{\max}}}} \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

式中:

$v_{s, \max}$ ——土的小应变剪切波速($\gamma \leq 10^{-6}$);

v ——颗粒质点振动速度。

振杆周围的最大可能液化范围根据引发应变等于门槛剪应变(0.01%~0.015%)的点轨迹来确定。动剪模量比与剪应变的函数关系可根据室内动三轴试验得到,或根据土类取经验值。

质点振动速度 v 与距振杆距离 r 的函数关系可由现场地表振动测试得到。或根据如下加速度与距振杆距离的关系拟合公式计算:

$$a_{\max} = 0.18 \cdot \left(\frac{3.27}{r} \right)^{0.5} \cdot \exp[-0.13 \cdot (r - 3.27)] \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

式中:

$a_{\max}$ ——峰值加速度(g)。

加速度与相应的质点速度的关系为:

$$v = \frac{a \cdot g}{2\pi f} = \frac{a \cdot g}{\omega} \quad \dots\dots\dots (4-3)$$

式中:

g ——重力加速度;

f ——激振频率,单位为赫兹(Hz);

ω ——激振圆频率,单位为弧度每秒(rad/s)。

现场工艺性试振时可根据距振点不同深度不同径向距离处超孔压监测数据,由孔压比等于 0.6 为液化标准得到单点振动加固径向范围。

通过单点单孔试验后距振点不同距离处强度变化分析,可取强度约为振点强度的 1/3~1/2 的位置处为单点振动加固径向范围。通过若干组常规振点间距单点多孔试验后三角形形心点强度和振点强度的比较,可取两者大致相等的振点间距为合适的振点间距取值。

对于振点三角形布置,振点到形心点的间距约为 0.6S,如图 4-3 所示,S 为振点间距,即保守估计取各深度最小的单点水平加固范围为 0.6S,即可得到振点间距 S。

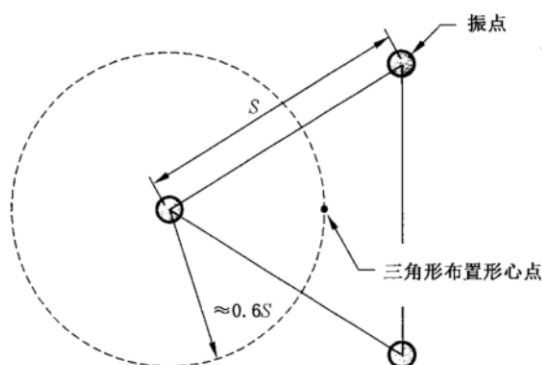


图 4-3 三角形布置的单点水平加固范围

4.5.8 根据动力作用和土的极限抵抗能力相等的液化触发条件可求得达到液化所需的振动持续时间。

振杆动力作用定义为施加于土中能量需求 NED ,由下式表示:

$$NED = 2\pi \cdot D \cdot G_{\max} \cdot \left(\frac{G}{G_{\max}} \right)^{\gamma} \cdot \gamma^2 \cdot f \cdot dur \cdot \frac{1}{\sigma'_{m0}} \quad \dots\dots\dots (4-4)$$

式中:

σ'_{m0} ——初始平均有效侧限应力,其表达式为: $\sigma'_{m0} = \left(\frac{1+2K_0}{3} \right) \cdot \sigma'_{v0}$;

f ——振动频率,单位为赫兹(Hz);

dur ——振动持续时间,单位为秒(s)。

土层极限抵抗液化能力定义为土的能量容量,常与现场测试的标准贯入试验击数联系起来。

$$NEC = 1.195 \cdot 10^{-4} \cdot \exp(0.185 \cdot N_{1.60cs}), 3 \leq N_{1.60cs} \leq 27 \quad \dots\dots\dots (4-5)$$

式中:

$N_{1.60cs}$ ——经 NCEER(1997)推荐的细粒含量修正的标准化标贯击数。其表达式为:

$$N_{1.60cs} = \alpha + \beta \cdot N_{1.60} \quad \dots\dots\dots (4-6)$$

式中:

α, β ——基于细粒含量的修正系数,其表达式为:

$$\alpha = \begin{cases} 0 & FC \leq 5\% \\ \exp[1.76 - (190/FC^2)] & 5\% < FC \leq 35\% \\ 5 & FC > 35\% \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4-7)$$

$$\beta = \begin{cases} 1.0 & FC \leq 5\% \\ [0.99 - (FC^{1.5}/1000)] & 5\% < FC \leq 35\% \\ 1.2 & FC > 35\% \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4-8)$$

式中:

$N_{1.60}$ ——标准化标贯击数,其表达式为:

$$N_{1.60} = N \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \quad \dots\dots\dots (4-9)$$

式中:

N ——实测标贯击数;

C_N ——上覆应力标准化因子;

C_E ——锤击能量标准化因子;

C_B ——钻孔直径标准化因子;

C_R ——钻杆长度标准化因子;

C_S ——采样方法标准化因子。

各标准化因子取值见表 4-1。

表 4-1 SPT 标准化和修正系数

因子	测试变量	符号	修正值
上覆应力		C_N	$(P_a/\sigma'_{v0})^{0.5}$ $C_N \leq 1.7$
能量比	圆锤 安全锤 自动行程圆形锤	C_E	0.5~1.0 0.7~1.2 0.8~1.3
钻孔直径	65 mm~115 mm 150 mm 200 mm	C_B	1.0 1.05 1.15

表 4-1 (续)

因子	测试变量	符号	修正值
杆长	<3 m	C_R	0.75
	3 m~4 m		0.8
	4 m~6 m		0.85
	6 m~10 m		0.95
	10 m~30 m		1.0
采样方法	标准采样	C_S	1.0
	无衬垫采样		1.0~1.3

注：在简化计算公式中钻杆长于 3 m 时不进行钻杆修正。

液化所需振动时间与土性条件密切相关,其保证土层完全液化即可。振杆周围土层未完全液化前,土层液化范围随振动时间增加而增大。在达到液化后,很少有能量传递到振杆外围非液化土层,而大部分能量引起已液化土层的振动。增加留振时间不能扩大液化区达到扩大加固范围的目的。由于液化后土层振速降低,其可通过工艺性试振时距振杆一定距离布置速度传感器测试确定。一般用时 30 s。

5 施工

5.1 施工前准备

5.1.3 施工机械设备选择

施工机械主要包括:共振密实机,振动锤:DZ-90,功率:90 kW;十字振动翼,规格:60 cm×60 cm,长度根据处理深度确定;调频器一台,YCB100;水泵,根据场地大小选用,一般每十万平方米一台套;以及行走装置。

5.2 施工工艺

5.2.1 机械就位时考虑“退打”方向,以便机械进出,见图 5-1。

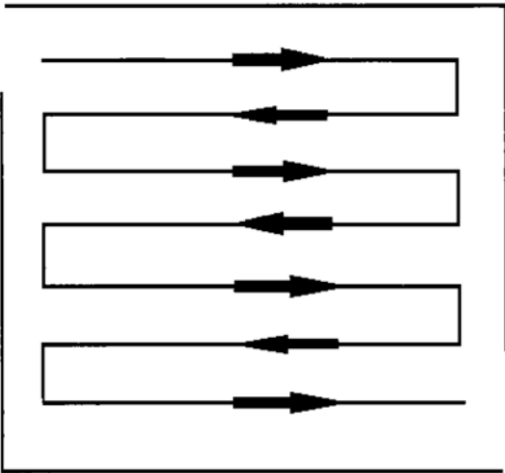


图 5-1 “退打”法示意图

5.2.2 施工工艺可参照图 5-2。

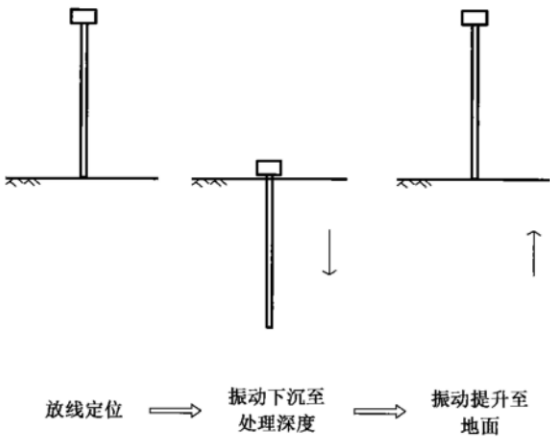


图 5-2 共振法施工工艺流程图

5.2.6 对施工中的出水现象,采用水泵抽水和人工排水相结合的方法进行排水。在场地的分区线上开挖排水沟(30 cm×30 cm)并在中间分区线交叉处设置积水坑(直径 1 m、深 1 m),将积水由排水沟汇集到积水坑,再用水泵及时将水排出到场地外合理的排水通道。

5.3 施工记录和监测

5.3.2 地表建(构)筑物监测

- a) 地表建(构)筑物监测内容主要包括沉降监测、倾斜监测、裂缝监测以及震动监测等。
- b) 沉降监测
 - 1) 对于高层、高耸建(构)筑物,应沿周边在其基础轴线上的对称位置布点。对于桥梁,应按不同施工状况在桥墩、盖梁和梁、板结构上布点。
 - 2) 可采用精密水准仪进行监测,监测精度不低于 0.2 mm。
- c) 倾斜监测
 - 1) 对于重要的高层、高耸建(构)筑物和桥墩应进行倾斜监测。
 - 2) 可采用经纬仪进行监测,监测精度为±2″。
- d) 裂缝监测

对于建(构)筑物的一般裂缝应采用裂缝宽度板或游标卡尺进行监测的直接观测法,其精度为 0.2 mm。对于比较重要和细微的裂缝,应采用裂缝观测仪进行监测,其精度为 0.1 mm。
- e) 震动监测如表 5-1 所示。

表 5-1 爆破振动安全允许标准(GB 6722—2003《爆破安全规程》)

保护对象类别	安全允许振速 cm/s		
	<10 Hz	10 Hz~50 Hz	50 Hz~100 Hz
一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0

当振动频率为 10 Hz~50 Hz 时,安全允许振速是 2.3 cm/s~2.8 cm/s。

- f) 记算当次变形值、变形速率;绘制变形时态曲线图,预测该测点可能出现的最大变形值;与管理基准对比;评估建(构)筑物的安全状况,并提出建议。

6 质量检验及验收

6.1 一般规定

6.1.3 由于砂土的排水性更好,所以处理效果显示得更早,一般情况下对粉砂土 14 天进行检测即可。而粉土的排水性没有砂土好,所以检测时间应后推,一般对于粉土在 28 天后进行检测。

6.2 处理效果检测

6.2.1 施工结束 14 天~28 天以后,场地地基经过共振法加固后消除液化,对于粉砂土 14 天进行检测,对于粉土 28 天后进行检测,可延长时间进行检测,但不应提前。

6.2.2 进行地面标高测量前,对场地进行整平工作,以利于计算下沉量。

6.3 工程质量验收

6.3.1 根据场地情况,一般认为处理效果合格消除液化达到 95%满足设计要求。

江苏省地方标准
共振法处理液化地基技术规程

DB32/T 2799—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 36 千字
2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

*

书号: 155066·5-0254 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



DB32/T 2799-2015