振密　挤密

地 基 处 理

Ground Improvement

教师 *Instructor*

Dr. Wenxi Han **韩文喜**

联系方式

Phone: 13880536952

E-mail: hwx@cdut.edu.cn

本课程必备条件 ***Prerequisites:***

《土力学》

《地基与基础》

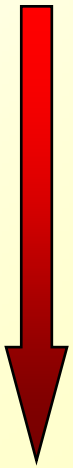
《岩土工程施工》

第三章 振密 挤密

3.1 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX





锤重8－40t

高度8－40m

对地基的冲击能1000－8000kj



第三章 振密 挤密

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

强夯法处理地基由法国Louis Menard技术公司在1969年首创，这种方法是使用吊升设备将很重的锤(一般为8—40t)起吊至较大高度(一般为8—40m)后，使其自由落下，产生量大的冲击能量(一般为1100一4000kJ，最大可达8000kJ)作用于地基．给地基以冲击和振动。从而在一定范围内使地基的强度提高，压缩性降低，改善地基的受力性能。

强夯法应用范围：适用于加固从砾石到粘性土的各类地基土。

常用来处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土、粘性土、杂填土、素填土、湿陷性黄土等各类地基。

强夯法的作用：①提高地基的承载力，降低其压缩性；

②能改善地基抵抗振动液化的能力、消除湿陷性黄土的湿陷性。

为处理软土地基，还发展了预设的袋装砂井，或纸板排水的强夯法、夯扩桩加填渣强夯法、强夯填渣挤淤法、碎石桩强夯法等。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction



Dynamic compaction was first used in Germany in the mid-1930's.

The depth of influence D, in meters, of soil undergoing compaction is conservatively given by

$D \approx \frac{1}{2} (Wh)^{1/2}$

W = mass of falling weight in metric tons.

h = drop height in meters

From Holtz and Kovacs, 1981

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

3.2.1加固机理和适用范围

强夯法利用重夯锤、高落距产生的高夯击能给地基一冲击力，在地基中产生冲击波，振密、挤密地基土体。当夯击时，夯锤对地基浅部土体进行冲切，土体结构破坏，形成夯坑，并对夯坑周围土体进行动力挤压，夯坑四周地表可能产生隆起。在强夯夯击作用下地基土体中超孔隙水压力升高。

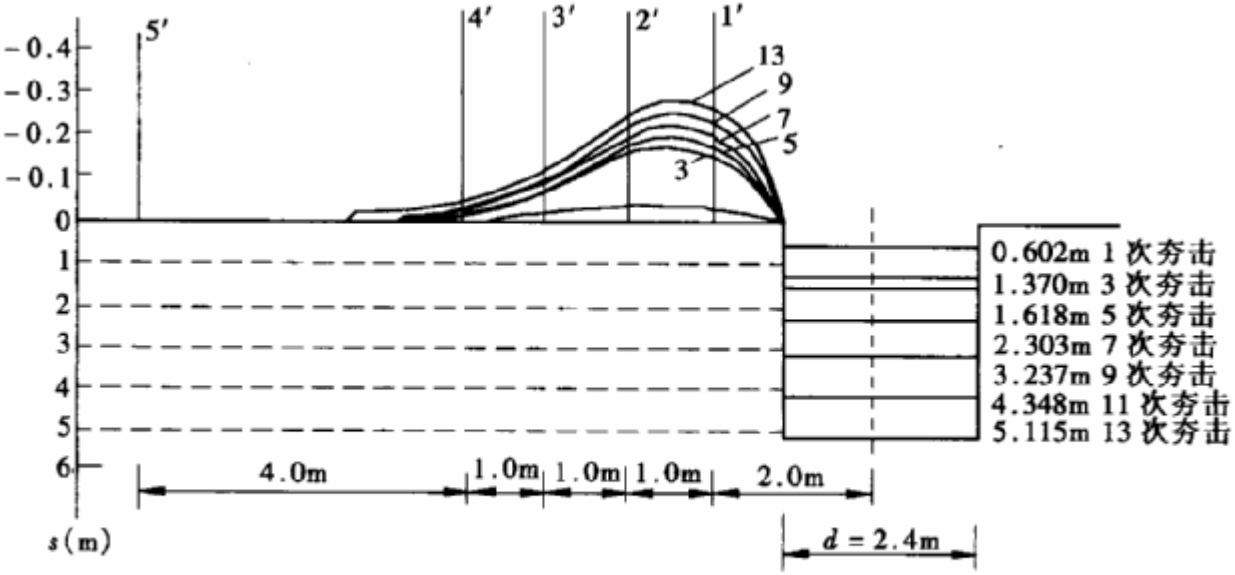


图 3-2-2 单点夯夯坑夯沉量及地表隆起图

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

3.2.1加固机理和适用范围

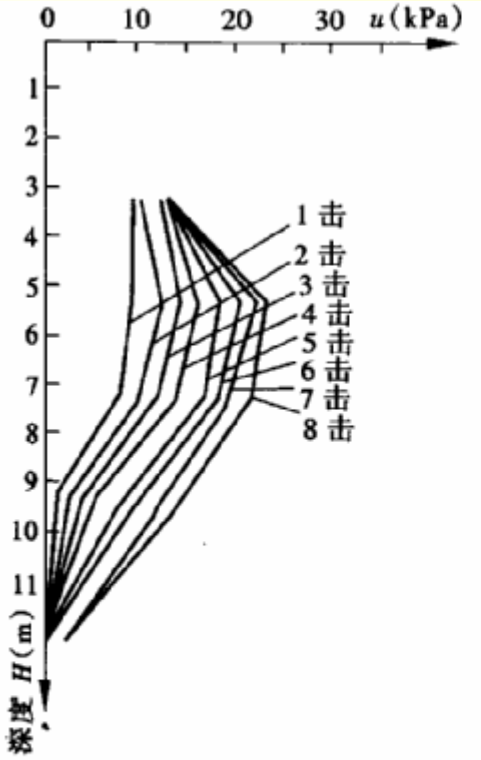


图 3-2-3 单点夯时超孔隙水压力沿深度分布图

（引自陈友文、张孔修，1992）

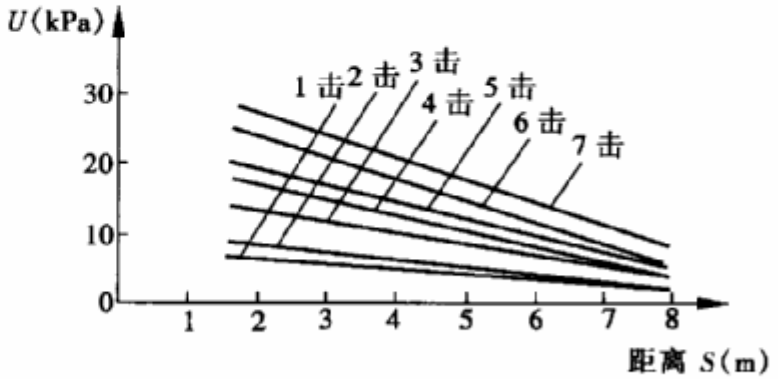


图 3-2-4 单点夯时超孔隙水压力沿水平方向分布图

（引自陈友文、张孔修，1992）

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

3.2.1加固机理和适用范围

对非饱和土地基，挤密、振密效果是明显的；

对饱和无黏性土地基，在冲击力作用下，土体可能发生液化，挤密、振密效果也是明显的.

对饱和黏性土地基，在一定范围内地基土体中将产生超孔隙水压力,采用强夯加固效果取决于土体触变恢复和地基土中超孔隙水压力能否消散，土体能否产生排水固结。

对淤泥和淤泥质土地基不宜采用强夯法加固。

强夯的基本原理：土层在巨大的强夯冲击能作用下，土中产生了很大的应力和冲击波，致使土中孔隙压缩，土体局部液化，夯击点周围一定深度内产生裂隙形成良好的排水通道．使土中的孔隙水(气)顺利溢出，土体迅速固结，从而降低此深度范围内上的压缩性，提高地基承载力。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

3.2.2 设计

强夯法加固地基设计包括下述内容：确定强夯法加固地基的有效加固深度和单击夯击能，选用夯锤的重量、形状以及夯击落距，确定强夯施工夯击范围、夯击点的平面布置、每点夯击击数、强夯施工夯击遍数以及间歇时间，还有确定垫层厚度。强夯设计还应包括施工现场测试设计。

1. 强夯法的有效加固深度既是反映处理效果的重要参数，又是选择地基处理方案的重要依据。强夯法加固地基能达到的有效加固深度直接影响采用强夯法加固地基的加固效果。强夯法有效加固深度主要取决于单击夯击能和土的工程性质。单击夯击能的确定主要与锤重和落距有关，也与地基土性质、夯锤底面积等因素有关。修正Menard公式:

$$H = K\sqrt{\frac{Wh}{10}} \qquad (3\text{-}2\text{-}1)$$

式中 k——有效加固深度修正系数。一般粘性土、砂土为0.45—0.6，
高填土为0.6—0.8，湿陷性黄土为0.34—0.59。

根据地基加固设计要求确定强夯法加固深度，然后根据要求的加固深度选用强夯施工应采用的单击夯击能。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

强夯法的有效加固深度（m） 表 3-2-1

单击夯击能 (kN·m)	碎石土、砂土等粗颗黏土	粉土、黏性土、湿陷性黄土等细颗粒土
1000	5.0～6.0	4.0～5.0
2000	6.0～7.0	5.0～6.0
3000	7.0～8.0	6.0～7.0
4000	8.0～9.0	7.0～8.0
5000	9.0～9.5	8.0～8.5
6000	9.5～10.0	8.5～9.0
8000	10.0～10.5	9.0～9.5

注：强夯法的有效加固深度从最初起夯面算起。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

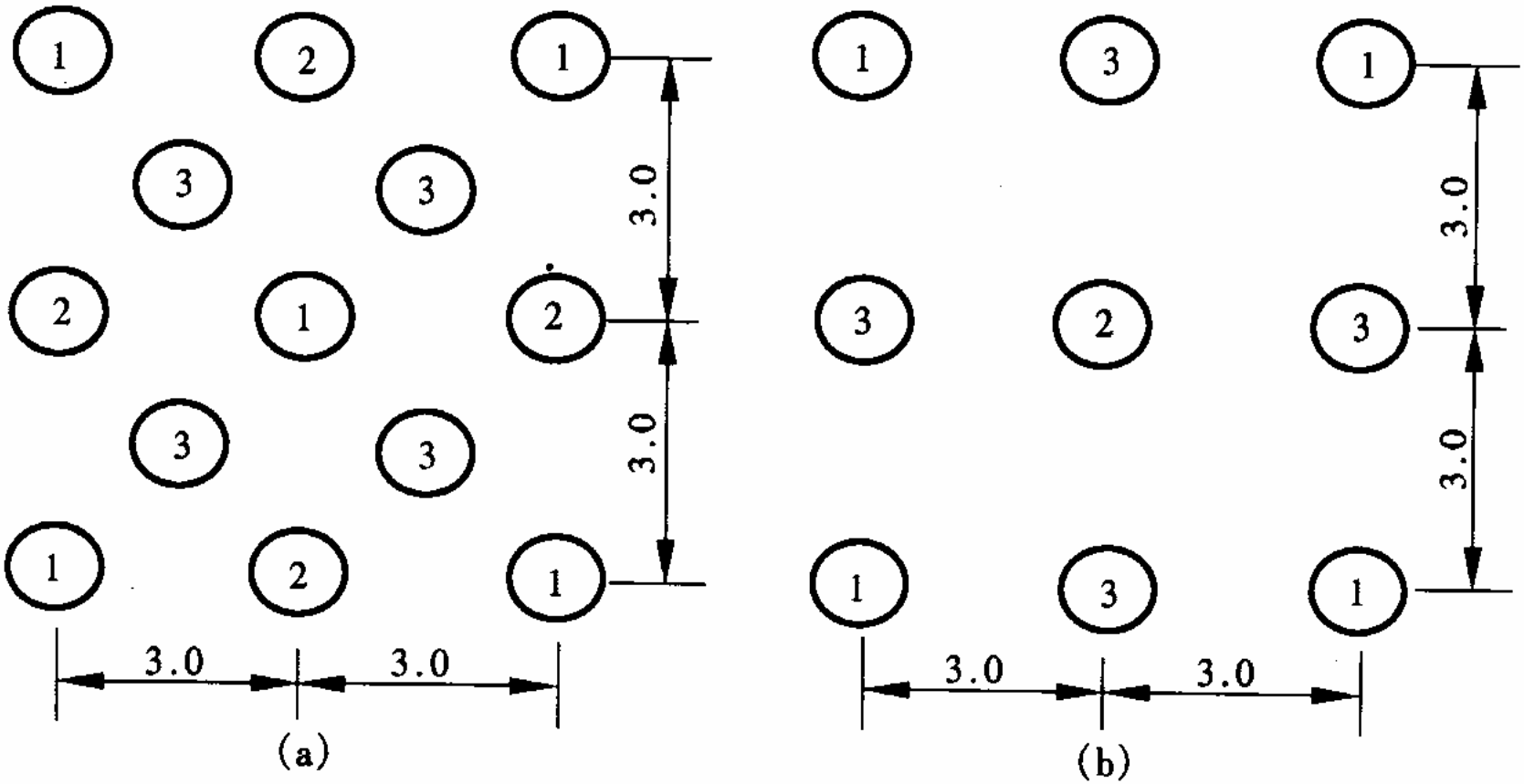


图 3-2-5 夯击点布置及夯击次序

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

3.2.2 设计

2.夯锤和落距的选用

单击夯击能确定后，可根据要求的单击夯击能和施工设备条件确定夯锤重量和落距。夯锤重量确定后还需确定夯锤尺寸以及选用强夯自动脱钩装置。起重设备可用履带式起重机、轮胎式起重机以及专用的强夯机械。

强夯设备的自动脱钩装置由工厂定型生产。夯锤挂在脱钩装置上，当起重机将夯锤吊到设计高度时，自动脱钩装置可使锤自由下落对地基进行夯击。

3．夯击范围和夯击点布置

采用强夯法处理地基时，强夯加固的范围应大于建(构)筑物基础范围。通常要求强夯加固范围每边超出基础外缘一定的宽度。超出范围宽度为设计强夯加固深度的1／3—1／2，并不小于3m。夯击点布置一般可采用三角形或正方形布置。第一遍夯击点间距可取5—9m，以后每遍夯击点间距可以与第一遍相同，也可适当减小。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

3.2.2 设计

4. 夯击击数与夯击遍数

每遍夯点夯击击数可通过试验确定。一般以最后二击的平均夯沉量小于某一数值作为标准。如当单击夯击能小于4000kN·m时，最后二击平均夯沉量不宜大于50mm；当单击夯击能为4000—6000kN·m时，最后二击平均夯沉量不宜大于100mm；当单击夯击能大于6000kN·m时，最后二击平均夯沉量不宜大于200mm。每遍每夯点夯击击数也可采用连续二击的沉降差小于某一数值作为标准。

夯击遍数应视现场地质条件和工程要求确定，也与每遍每夯击点夯击数有关。夯击遍数一般可采用2—3遍，最后再以低能量对整个加固场地满夯1—2遍。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

3.2.2 设计

5. 间歇时间

间歇时间是指两遍夯击之间的时间间隔。时间间隔大小取决于地基土体中超孔隙水压力消散的快慢。对渗透性好的地基，强夯在地基中形成的超孔隙水压力消散很快，夯完一遍，第二遍可连续夯击，不需要间歇时间。若地基土渗透性较差，强夯在地基土体中形成的超孔隙水压力消散较慢，二遍夯击之间所需间歇时间要长，黏性土地基夯完一遍一般需间歇3—4星期才能进行下一遍夯击。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

Dr. Han WX

3.2.2 设计

6. 垫层设计

强夯施工设备较重，要求强夯施工场地能支承较重的强夯起重设备。强夯施工前一般需要铺设垫层，使地基具有一层较硬的表层能支承较重的强夯起重设备，并便于强夯夯击能的扩散，同时也可加大地下水位与地表的距离，有利于强夯施工。

对场地地下水位在-2m深度以下的砂砾石层，无需铺设垫层可直接进行强夯；对地下水位较高的饱和黏性土地基与易于液化流动的饱和砂土地基，都需要铺设垫层才能进行强夯施工，否则，地基土体会发生流动。铺设垫层的厚度可根据场地的土质条件、夯锤的重量和夯锤的形状等条件确定。砂砾石垫层厚度一般可取0.5—2.0m。当场地土质条件好、夯锤较小或形状构造合理时，也可采用较薄的垫层厚度。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

3.2.2 设计

7. 现场测试设计

根据需要现场测试可包括下述内容：

(1)地面沉降观测

每夯击一次应及时测量夯击坑及夯坑周围地面的沉降、隆起。

(2)孔隙水压力观测

对黏性土地基，要求沿夯击点等距离不同深度以及等深度不同距离埋设孔隙水压力测头，测量在夯击和间歇过程中地基土体中孔隙水压力沿深度和水平距离变化的规律。

(3)强夯振动影响范围观测

(4)深层沉降和侧向位移测试

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

3.2.3 施工

强夯法加固地基施工一般可按下列步骤进行：

(1)清理并平整施工场地。

(2)铺垫层。对地下水位较高的黏性土地基与易于液化的粉细砂地基强夯前需铺设砂石垫层，垫层厚度一般为0．5-2．0m。对地下水位在2m深度以下的砂砾石地基，可以直接进行夯击，无需铺设垫层。

(3)夯点放线定位。

(4)对第一遍第一次夯击点进行夯击。在夯击前和夯击后需测量夯点处和夯点周围地面标高，每夯击一次测量一次。

(5)按设计要求顺序完成第一遍夯击。

(6)完成第一遍夯击后，用推土机填平夯坑，并测量场地高程。

(7)在规定间歇时间后，按上述步骤(3)至(6)进行第二遍夯击。

(8)按上述步骤完成设计要求的夯击遍数。

强夯施工时应对每一夯击点的夯击能量、夯击次数和每次夯沉量等做好现场记录。在夯击过程按设计要求进行监测。

3.2 强夯法 Dynamic Compaction

3.2.4 质量检验

强夯法处理地基加固效果检验可根据地基工程地质情况及地基处理要求选择下列几种方法中的二种或二种以上方法进行：

室内土工试验、

现场十字板试验、动力触探试验、静力触探试验、旁压仪试验、

波速试验和载荷试验等。

通过强夯加固前后测试结果的比较分析可了解强夯加固地基效果。

3.2.5 工程实例

3.3 挤密砂石桩法

Dr. Han WX

3.3.1 加固机理和适用范围

通过在地基中设置砂石桩，并在地基中设置桩体过程中对桩间土进行挤密，形成挤密砂石桩复合地基，以达到提高地基承载力，减小沉降目的的一类地基处理方法，统称为挤密砂石桩法(包括挤密碎石桩法和挤密砂桩法)。

在地基中设置挤密砂石桩最常用的方法有振冲法和振动沉管法两种。挤密砂石桩法常用于处理砂土、粉土和杂填土地基。在桩体设置过程中，桩间土体被有效振密、挤密。挤密砂石桩复合地基具有承载力提高幅度 大、沉降小的优点。



3.3 挤密砂石桩法

3.3.2 设计

采用**挤密砂石桩法**加固地基设计内容包括:

1. 施工方法的选用

振冲法、振动沉管法

2. 桩长

根据工程地质条件确定，穿过主要软弱地层，满足抗液化要求。

3. 复合地基置换率设计

复合地基置换率 m 表达式为:

$$m = \frac{p_{cf} + \lambda p_{sf}}{p_{pf} + \lambda p_{sf}} \qquad (3\text{-}3\text{-}1)$$

p_{cf}——工程要求复合地基极限承载力，kPa;

p_{pf}——砂石桩单桩极限承载力，kPa，可根据经验公式估计，再通过现场试验测定;

p_{sf}——桩间土地基极限承载力，kPa，可根据经验公式估计，再通过现场试验测定;

λ——桩间土地基承载力修正系数，根据工程地质条件以及施工工艺确

3.3 挤密砂石桩法

4. 加固范围和桩位布置

处理范围宜在基础外缘扩大1—3排桩。对可液化地基，在基础外缘扩大宽度不小于可液化土层厚度的1／2，并应不小于5m。

桩位布置一般可采用三角形布置或正方形布置。

5. 垫层

挤密砂石桩法加固地基宜在桩顶铺设一砂石垫层，一般可取300-500mm厚

6. 沉降计算

挤密砂石桩复合地基沉降可采用分层总和法计算。挤密砂石桩加固范围内复合土体压缩模量Ec可采用下式计算： $Ec = mEp+(1—m)Es$

Ep——砂石桩体压缩模量；Es——挤压后桩间土压缩模量，可由原位试验测定；m——复合地基置换率。若计算沉降不能满足要求，一般宜增加桩长，以减小沉降量。

7. 质量检验方法

3.3 挤密砂石桩法

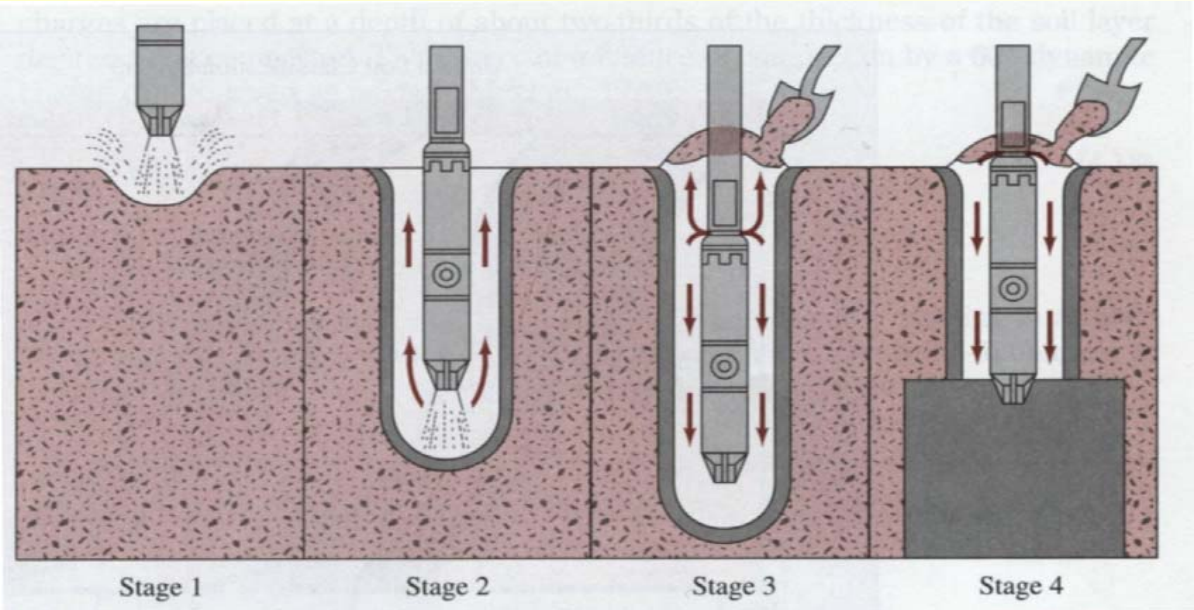
Dr. Han WX

3.3.3 施工及质量检验

挤密砂石桩施工方法主要有振冲法和振动沉管法。近年发展的一些新方法也可用于设置挤密砂石桩，如柱锤冲扩桩法、各种孔内夯扩法。柱锤冲扩桩法采用柱锤冲击成孔，回填砂石，边填边夯，则可在地基中设置挤密砂石桩。

1．振冲法

首先利用振冲器的高频振动和高压水流，边振边冲，将振冲器在地面预定桩位处沉到地基中设计的预定深度，形成桩孔。经过清孔后，向孔内逐段填人碎石，每段填料在振冲器振动作用下振挤、密实。然后提升振冲器，再向孔内填人一段碎石，再用振冲器将其振挤密实。通过重复填料和振密，在地基中形成碎石桩桩体。在振冲置桩过程中同时将桩间土振实挤密。



3.3 挤密砂石桩法

3.3.3 施工及质量检验

振冲挤密碎石桩施工步骤如下：

(1)清理平整施工现场，布置桩位。

(2)施工机具就位，将振冲器对准桩位。升降振冲器的机械可用起重机、行井架式施工平车或其他设备。

(3)启动供水泵和振冲器，将振冲器徐徐沉人地基土中，直到设计深度。

(4)分层填料，每次填料厚度不宜大于0．5m。利用振冲器进行振密制桩，当电流达到规定的密实电流和到了规定的留振时间后，将振冲器提升30-50em，然后重复制桩直至桩顶。

(5)关闭振冲器和水泵，移位至下一个桩位。

振冲碎石桩的施工质量检验可采用单桩载荷试验和碎石桩复合地基载荷试验。对碎石桩桩体可用重型动力触探试验进行随机检验，对桩间土的检验可采用标准贯人试验、静力触探试验等进行。

3.3 挤密砂石桩法

3.3.3 施工及质量检验

2. 振动沉管挤密砂石桩

首先利用振动桩锤将桩管振动沉人到地基中的设计深度，在沉管过程中对桩间土体产生挤压。然后向管内投入砂石料，边振动边提升桩管，直至拔出地面。通过沉管振动使填人砂石料密实，在地基中形成砂石桩，并挤密振密桩间土。

振动沉管法施工主要设备有振动沉拔桩机、下端装有活瓣桩靴的桩管和加料设备。桩管直径可根据桩径选择，一般规格为325、375、425、525mm等。桩管长度一般要大于设计桩长1—2m。

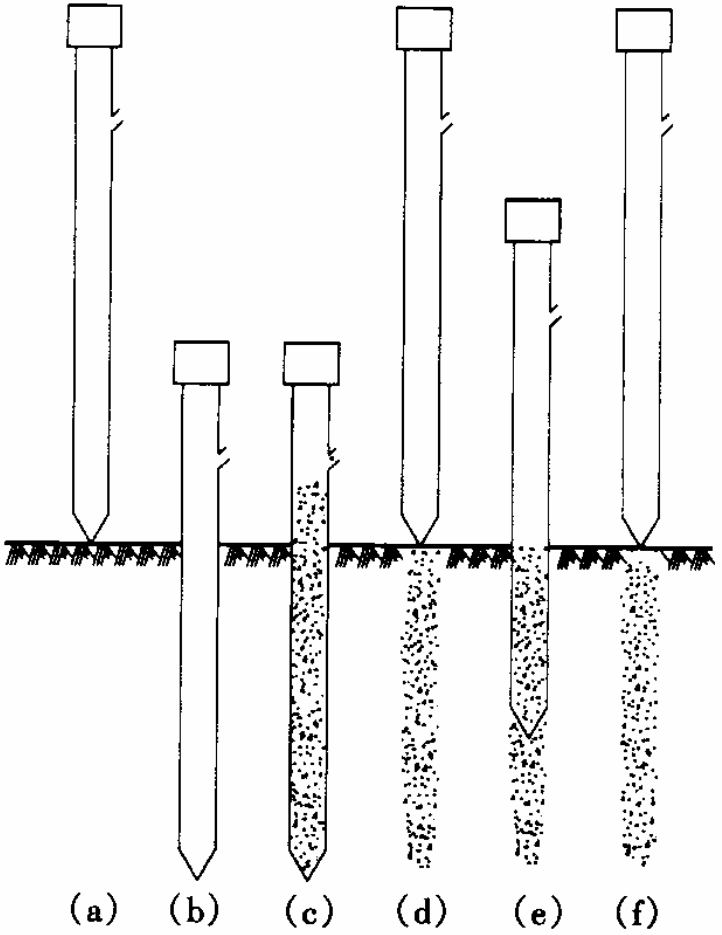


图 3-3-2 振动沉管法施工顺序示意图

3.3 挤密砂石桩法

3.3.3 施工及质量检验

振动沉管挤密砂石桩施工步骤如下

(1)清理平整现场，布置桩位。

(2)振动沉管机具就位，桩管垂直对准桩位。

(3)启动振动桩锤，将下端装有活瓣桩靴的桩管振动沉人地基中，达到设计深度。

(4)从桩管上端的投料漏斗加入砂石料

(5)边振动边拔管直到桩管拔出地面。

逐步拔管法，重复压拔管法，

(6)移动桩机至下一桩位。

振动沉管挤密砂石桩施工质量检验同振冲法施工质量检验，可采用单桩载荷试验和复合地基载荷试验确定地基承载力。对桩体质量可采用动力触探试验检测，对桩间土可采用标准贯人、静力触探等原位测试方法检测

第三章 振密 挤密

3.3 挤密砂石桩法

Dr. Han WX

1．工程概况

某大厦位于烟台长江路北侧，总高为21层，大厦高度为72.6m。主楼为钢筋混凝土筒中筒结构，重251X10t。箱形基础，箱基底面积为25mX40m，箱基埋深7.3m，局部人土最大深度为10.16m。主楼左、右侧紧连裙楼，裙楼为二层钢筋混凝土框架，独立基础。

第1层：人工填土。层厚约1.8—2.5m，其下分布有20-30cm厚的原耕植土层。

第2层：细沙。灰黄色，层厚0.9-2.10m，湿—饱和，松散-稍密。

第3层：粉土。深灰—黑灰色，层厚4.0-7.0m，含有机质及云母，局部夹细砂层，饱和，软塑—流塑状态。

第4层：细砂。灰色，层厚0.8-2.9m，长石石英质，含云母，颗粒不均，饱和，稍密-松散

第5层：粉土。灰绿色，层厚1.30—3.50m，混砂，局部地段含少量氯化铁，局部地段与灰绿色细砂成互层状，饱和、可塑。

第6层：粉质黏土。黄褐色，层厚4.50-6.40m，含氧化铁及云母，饱和，软塑·流塑。

第7层：粉土。褐黄色，含氧化铁及云母，局部地段夹砂层，饱和，可塑。

第8层：粉质黏土。黄褐—褐黄色，层厚2.3—5.9m，含氧化铁及云母，夹粉土薄层，饱和可 塑，层底标高—23.4m。

第9层：中砂。黄褐色，层厚0.8-2.4m，长石石英质，粗粒不均，饱和，实，层底标高24.5

3.3 挤密砂石桩法

Dr. Han WX

第10层：砾砂。黄褐色，层厚2.2—4.20m，长石—石英质，粗粒不均，混卵石，饱和，密实，层底标高—28.87-29.91m。

第11层：卵石。主要由石英砂岩组成，亚圆形，一般粒径30-60mm。最大粒径大于100mm， 充填砂，饱和，密实，层厚大于16.3m。

各土层物理力学性质指标 **表 3-3-1**

土层	土层名称	w (%)	e	w_L (%)	I_p	I_L	a_{1-2} (10^{-2}kPa^{-1})	E_{s1-2} (10^2kPa)	c (10^2kPa)	φ (°)	K (cm/s)	f_k (kPa)
1	新填土											—
2	细砂											120
3	含淤泥质粉土	28	0.787	27	7.8	0.96	0.022	60	0.09		9.8×10^{-8}	100
4	细砂											140
5	粉土	21	0.615	23	7.6	0.77	0.030	65	0.27	24.7	7.9×10^{-8}	180
6	粉质黏土	29	0.811	30	12.7	0.93	0.028	55	0.31	17.4	1.8×10^{-8}	150
7	粉土	25	0.690	26	6.4	0.89	0.004	120	0.12	33.7		250
8	粉质黏土	23	0.649	28	11.8	0.61	0.015	80	0.42	26.3		180
9	中砂											300
10	砾砂											400
11	卵石											500

3.3 挤密砂石桩法

地下水位距地表—2.6m，属于潜水类型。

根据地震区划，工程场地为7度地震烈度区，厚度15m范围内第3层粉土土质不均，黏粒含量为 6%-13%，平均为9.1%，标贯击数$N_{63.5}$=2—10击，平均5击，在7度地震烈度下，属于中等液化土层。第4层细砂标贯击数平均11击，结合静力触探结果综合分析，该层可按非液化层考虑；第5层粉土黏粒含量介于10%-15%之间，平均12%，标贯击数4-15击，平均6.5击，属非液化土层。

3。振冲碎石桩复合地基设计

(1)复合地基承载力设计

主楼及箱基荷重：250000kN(原设计四层时荷载)； 箱基底板尺寸：25.5m X 40.5m；

基底压力：242kPa； 在风载及地震荷载下箱基最大和最小压力：P_{max}=320kPa，P_{min}=180kPa

箱基底板整体弯曲弯矩：Mg=285440kN·m。

因工程急于开工，不容许先做试验后进行布桩设计。经协商同意后，先凭经验进行设计，在振冲碎石桩施工期间进行振冲碎石桩复合地基加固效果测试。若第3层含淤泥质粉土在振冲施工后测试复合地基承载力达不到242kPa时，可考虑主楼作减荷措施，但要求振冲碎石桩复合地基承载力$P_{sp,k}$不得低于220kPa。

根据工程地质情况，确定对第3、4、5、6层土进行处理。其中第3层含淤泥质粉土抗剪强度低，压缩性最大，而且是7度地震可发生中等液化危害的软弱层。若以此层进行布桩设计，则其余各层均可满足要求。

参照同类地质条件下振冲碎石桩复合地基已有测试参数，振冲后第3层桩间土承载力取f_{sk}=120kPa，振冲碎石桩承载力取f_{pk}=120kPa。现设计要求复合地基承载力$f_{sk,k}$=220kPa，则振冲碎石桩复合地基置换率m为： $m=(f_{sk,k}-f_{sk})/(f_{pk}-f_{sk})$

3.3 挤密砂石桩法

在深厚软弱地基上采用振冲碎石桩复合地基上建造20层高层建筑，采用正方形布桩，以四角桩中心距为1.5mXl.5m，并在形心中点增布一桩为加固单元。按碎石桩直径Φ=80cm计算，得复合地基置换率m=0.444。

布桩范围：主楼的东、西侧紧靠裙楼，裙楼基础下也布有振冲碎石桩，不需布置箱基外围护桩；主楼南侧、北侧外围均布置三排围护桩。主楼地基振冲碎石桩施工前，预先挖除地面土层厚度为2.0m的土层形成基坑，由坑底起算，主楼碎石桩设计桩长16.5m，进入第7层土层顶。考虑施工地面隆起影响，要求施工桩长17.0m，局部桩长为10.0m。箱基基坑开挖后，有效桩长12.0m，局部为 6.0m，主楼区共布桩1085根，计振冲碎石桩总长为17652m。按布桩单元尺寸在箱基范围满堂布桩，并在箱基底板下铺30cm厚夯实碎石垫层。

(2)复合地基沉降量计算

振冲碎石桩复合地基沉降量用分层总和法计算，振冲施工后地基压缩层深度内土体压缩模量当量值取云s：16．8MPa，振冲碎石桩复合地基最终沉降量为：$S=\varphi_c\Sigma S_i=9.10cm$满足地基变形要求

(3)排水通道的设计

考虑箱基下被压缩土层在楼体荷载作用下的排水固结，以及地震发生时地基中超静孔隙水压的消散，在箱基下全面设置了厚30em的干铺碎石排水层，排水层直通主楼外侧布置的4个3mX3m的直通地面的碎石排水井。

4．振冲碎石桩复合地基测试

在西裙房西北部振冲碎石桩施工15天后，实测载荷板下四根角桩桩径中：0.75m，中心桩桩径由Φ=0.65m，压板下置换率为m=0.344。试压加载到第10级，板压为500kPa时，压板总沉降量9.62cm，但压板沉降仍能稳定。第5级载荷板压250kPa时，沉降量2.92cm。取S／b=0.02，复合地基承载力基本值已满足250kPa设计要求。

3.4 土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法

Dr. Han WX

3.4.1 加固机理和适用范围

采用挤土成孔或非挤土成孔方式在地基中成孔，然后分层回填填料，逐层夯实成桩。根据回填填料不同，分别称为土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法。用土回填称为土桩法，用石灰拌土制备成的灰土回填称为灰土桩法，用水泥拌土制备成的水泥土回填称为夯实水泥土桩法，用粉碎后的建筑垃圾加水泥和土回填称为渣土桩等。在夯击回填料成桩过程中不仅夯实了桩体，而且挤密了桩间土，达到地基加固的目的。

适用范围：

土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法适用于处理地下水位以上的素填土、杂填土、黏性土以及湿陷性黄土等地基。当处理以消除地基土湿陷性为主要目的时宜采用土桩挤密法。当处理以提高地基承载力或增强其水稳性为主要目的时，宜采用灰土挤密桩法和水泥土桩法。当地基土含水量大于24%，饱和度大于65%时，不宜选用土桩、灰土桩法和夯实水泥土桩法。

3.4 土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法

Dr. Han WX

3.4.2 设计

加固地基的目的不同，设计方法也不同:

目的:

用于消除湿陷性黄土地基的湿陷性;

用于提高地基承载力、减小沉降

1.施工方法和填料的选用
2.确定桩径和桩长
3.处理范围
4.桩位布置和桩距的确定
5.地基沉降计算。
6.桩孔填料选用

第三章 振密 挤密

3.4 土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法

Dr. Han WX

3.4.3 施工

土桩、灰土桩和夯实水泥土桩施工主要分两部分:成孔，回填夯.

- 成孔
  - 挤土成孔
    - 沉管法
    - 爆扩法
    - 冲击法
  - 非挤土成孔
    - 挖孔
    - 钻孔法

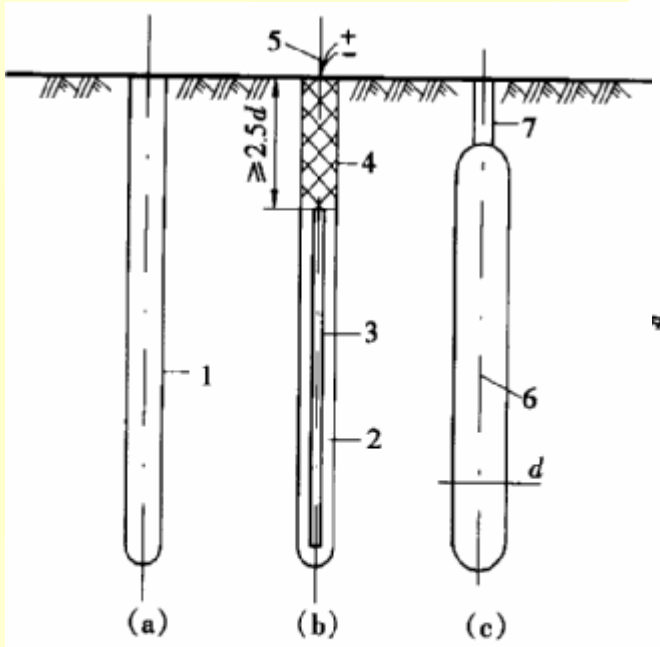


图 3-4-2 药管法成孔施工程序示意图

(a) 形成药管孔；(b) 放入炸药管；(c) 引爆成孔

1—土孔；2—填砂；3—炸药管；4—封土；

5—导线；6—桩孔；7—削土层

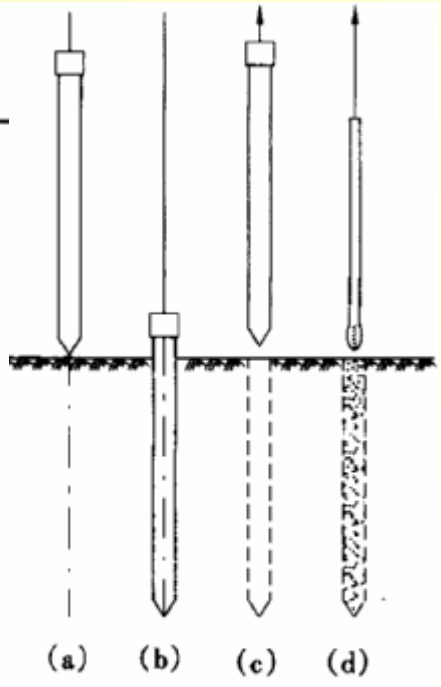


图 3-4-1 沉管法施工程序示意图

(a) 桩管就位；(b) 沉管挤土；

(c) 拔管成孔；(d) 桩体夯填

3.4 土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法

Dr. Han WX

3.4.3 施工

土桩、灰土桩和夯实水泥土桩施工主要分两部分:成孔，回填夯.

回填夯实包括回填料制备和分层夯实

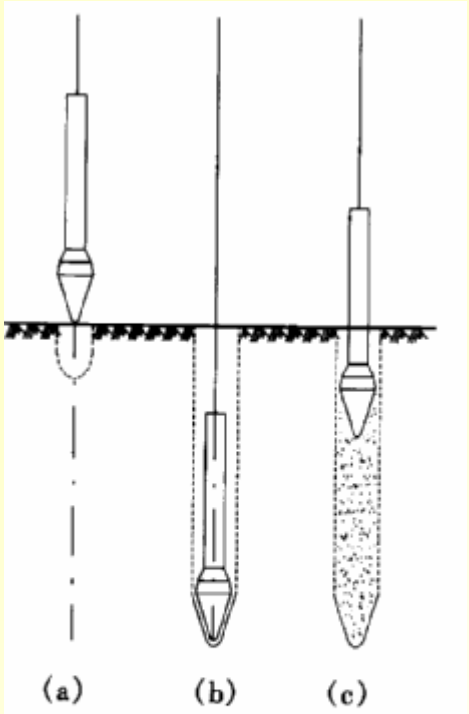


图 3-4-3 冲击法施工程序示意图

(a) 冲锤就位；(b) 冲击成孔；(c) 冲夯填孔

3.4 土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法

3.4.4 质量检验

土桩、灰土桩和夯实水泥土桩法加固质量检验视加固目的的不同可有所不同。以消除湿陷性为主可侧重挤密和消除湿陷性效果检验，以提高承载力为主可侧重复合地基载荷试验。

对桩间土的挤密效果检验可通过现场对不同桩间距的挤密土分层取 样，测定其干密度和压实系数，并以桩间土的平均压实系数 来评价挤密效果.

提高地基承载力效果检验可通过载荷试验测定。通过复合地基载荷试验可以确定采用灰土桩和夯实水泥土桩加固后的复合地基承载力。

也可通过其他测试方法，如静力触探试验(CPT)、标准贯人试验(SPT)、动力触探试验(DPT)和旁压试验等测试方法，对采用土桩、灰土桩和夯实水泥桩法加固地基效果进行评价。

3.5 孔内夯扩法概述

孔内夯扩法是一类地基处理方法的总称。

孔内夯扩加固地基的原理是通过夯扩桩体，使桩体直径加大、而且密实，达到提高桩体承载力。同时在夯扩制桩过程中使桩间土振密、挤密，桩间土承载力也得到提高。由于桩体和桩间土承载力都得到提高，因而大大提高了复合地基的承载力，增大了复合地基加固区的复合模量，可有效减小沉降.

工程中采用孔内夯扩法加固地基的成孔方法主要有：

(1)振动沉管法；

(2)人工挖孔法；

(3)螺旋钻取土成孔法；

(4)柱锤冲击成孔法；

(5)爆破成孔法。

3.5 孔内夯扩法概述

采用孔内夯扩法加固地基的回填料主要有：

(1)由石灰和土拌合制备成灰土；

(2)由石灰、粉煤灰和土拌合制备成二灰土；

(3)由水泥和土拌合制备成水泥土；

(4)由水泥和建筑垃圾(大的需粉碎)制备成渣土

(5)碎石；

(6)砂石；

(7)矿渣；

(8)其他地方材料。

思考题与习题