8. 地基处理

内容提要

- 常用地基处理方法分类
- 复合地基承载力与变形计算
- 地基处理技术简介——换土垫层法、重锤夯实法、土工合成物法、强夯法、砂石桩法、CFG桩法、高压喷射注浆桩法、深层搅拌桩法、排水固结法、灌浆法
- 托换技术简介

§8.1 概 述

一、地基常见问题

二、地基处理对象

三、地基处理目的

四、地基处理定义

五、地基处理方法

一、地基常见问题

① 强度及稳定性问题

② 压缩及不均匀沉降问题

③ 水的渗透问题（大坝地基、基坑开挖降水，防洪堤...）

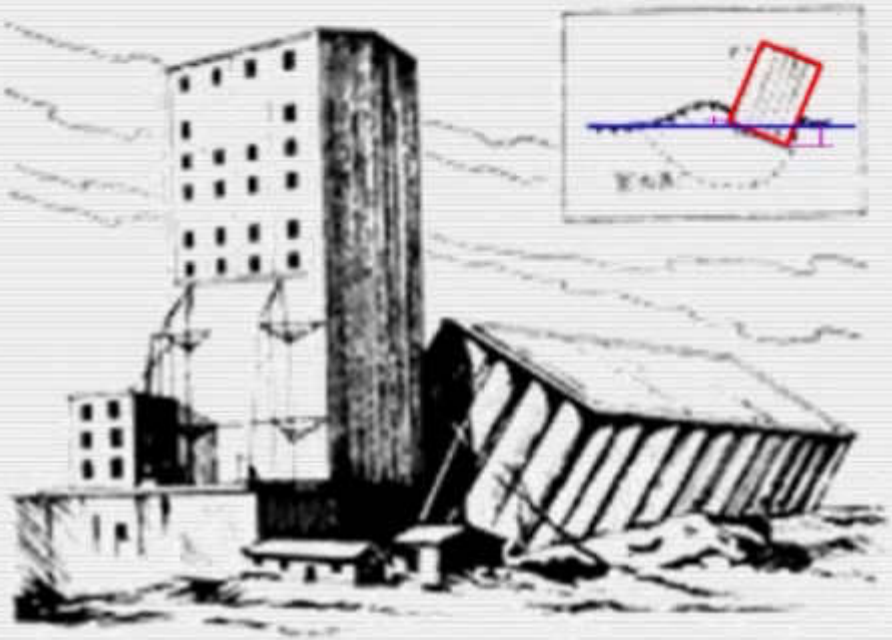
④ 动力稳定性问题：比如饱和砂土振动液化

⑤ 特殊土地基问题：比如，黄土湿陷、膨胀土胀缩、
季节性冻土冻融、岩溶塌陷等。

地基强度不够失事的谷仓

(1)

该谷仓由65个圆柱形筒仓组成，高31米，宽23米，片筏基础。由于事前未探明有厚达16米的软土层，建成储存谷物后，西侧突然陷入土中8.8米，东侧则抬高1.5米，仓身倾斜27°。



路基滑坡

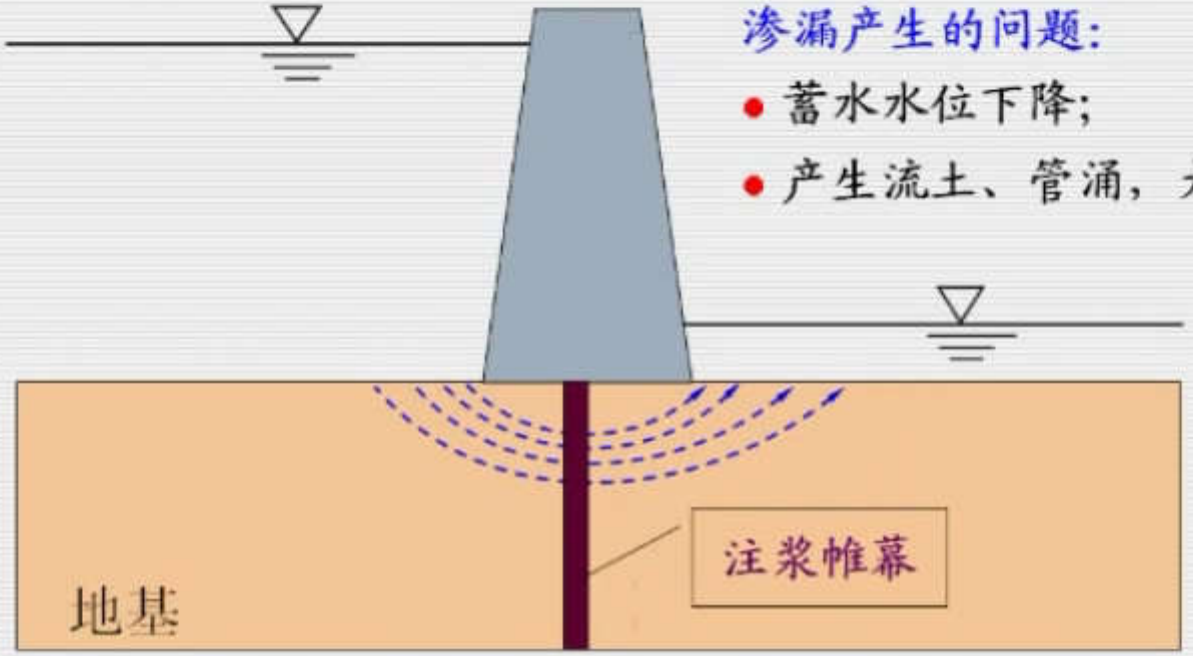
(1)

由于路基下伏软土地基，因其强度不够而导致路基滑坡

因地基不均匀沉降导致墙体开裂 (2)

大坝渗漏

(3)



渗漏产生的问题：

- 蓄水水位下降；
- 产生流土、管涌，大坝失事

地面塌陷

(5)

路基路面塌陷

(5)

岩溶塌陷引起桩基折断

(5)

二、 地基处理对象

1、软弱地基

- 淤泥及淤泥质土～，即软土～
- 冲(吹)填土～
- 人工填土～
- 高压缩性土～

2、特殊性岩土地基

湿陷性黄土～、膨胀土～、季节性冻土～、岩溶～、松砂土～等

二、 地基处理对象

1、软弱地基

- 淤泥及淤泥质土～，即软土～
- 冲(吹)填土～
-
-
-

2、特

湿

岩

三高”
- 高含水量 $w > 45\% \sim 60\%$ ($> w_l$)
- 高空隙比 $e > 1.0$
- 高压缩性 $a > 0.5\,MPa^{-1}$ ($0.5 \sim 1.0\,MPa^{-1}$)

二低”
- 低抗剪强度 $\tau < 20\,kPa$
- 低渗透性 k

临汾市

临长高速公路软土

青岛至兰州高速公路

长治市

P248

三、地基处理目的 ：

利用各种方法对地基土进行改良和加固，以达到：

- ✓ 提高土的抗剪强度，使地基保持稳定；
- ✓ 降低土的压缩性或改善地基组成；
- ✓ 降低土的渗透性，防止或减少水的渗漏；
- ✓ 改善土的动力性能，防止地基产生震陷变形；
- ✓ 改善特殊土地基安定性，消除或减少湿陷变形。

四、地基处理的定义

对于不能满足强度、变形和稳定性等要求的问题地基，必须经过人工改良或者加固后才能使用，这种改良和加固，就称地基处理。

五、常用地基处理方法

P248
按照书上的内容来

- 换土垫层法 ：
- 密实法： 表层密实法、重锤夯实法、强夯法、振冲挤密桩法、土(灰土、二灰土)桩法、夯实水泥土桩法等
- 置换法： 碎石桩法、石灰桩法、CFG桩法
- 胶结法：静压注浆法、高压喷射注浆法、水泥土搅拌法
- 排水固结法：堆载预压法、真空预压法、降低地下水法等
- 加筋法：土工织物法、加筋土法、土锚、土钉、树根桩法

§8.2 复合地基理论简介

一、复合地基的定义

二、复合地基的特点

三、复合地基的分类

四、复合地基的加固机理

五、复合地基的破坏模式

六、复合地基设计参数

七、复合地基承载力计算

八、复合地基沉降计算

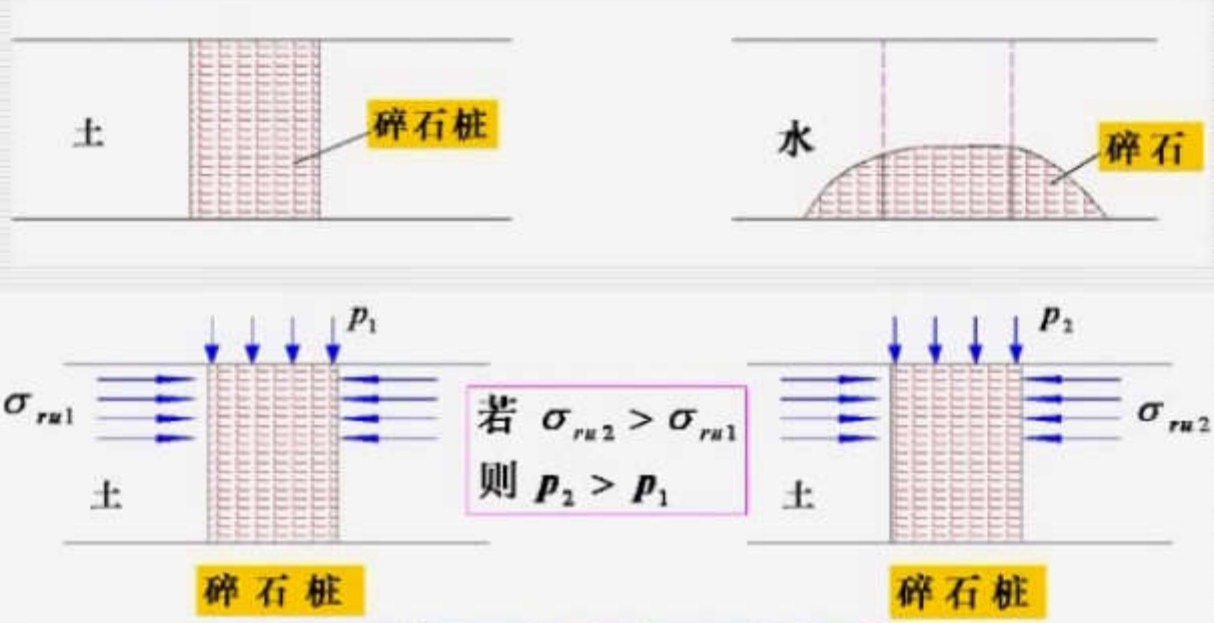
一、复合地基的定义

复合地基是指，天然地基在地基处理过程中部分土体得到增强，或被置换，或在天然地基中设置加筋材料，加固区是由基体（天然地基土体）和增强体两部分组成的人工地基。

——龚晓南（1991）

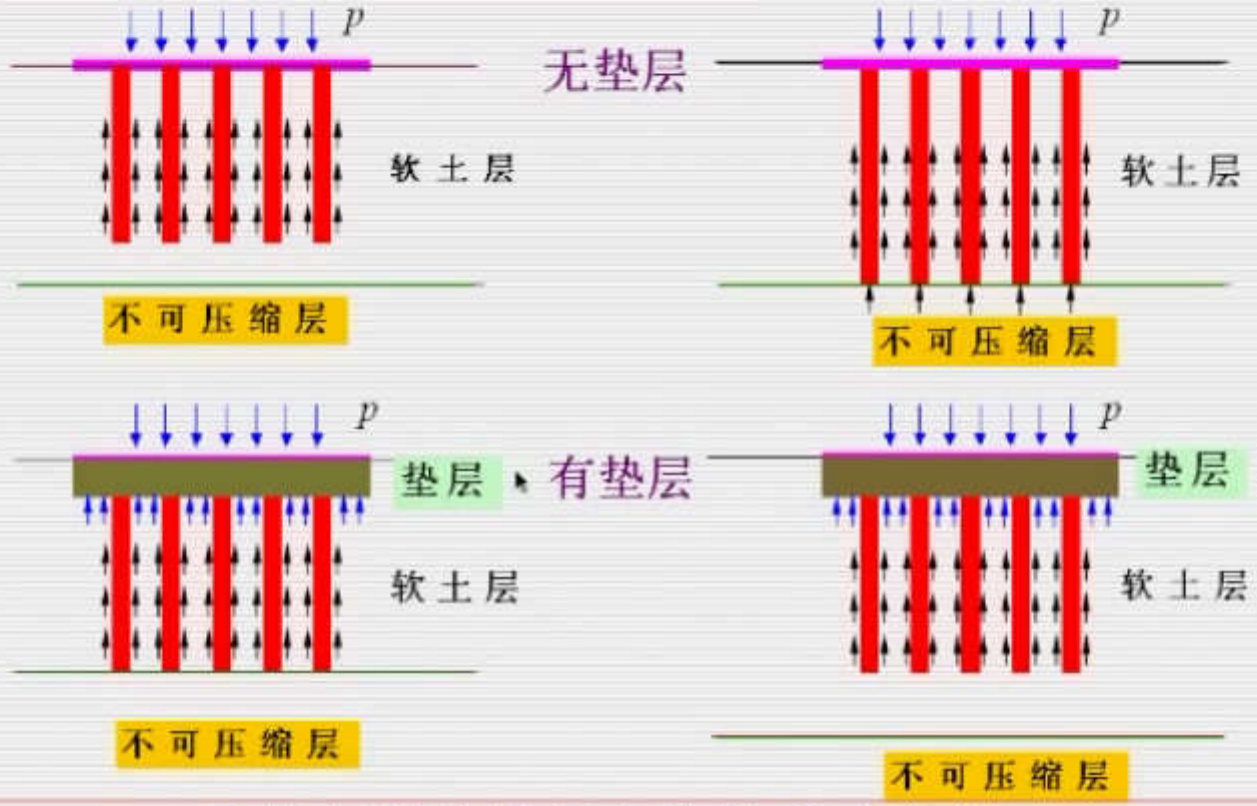
二、复合地基的特点（1）

增强体与地基土体共同承担荷载并协调变形。



碎石桩复合地基形成条件

二、复合地基的特点（2）



柔性与刚性桩复合地基形成条件

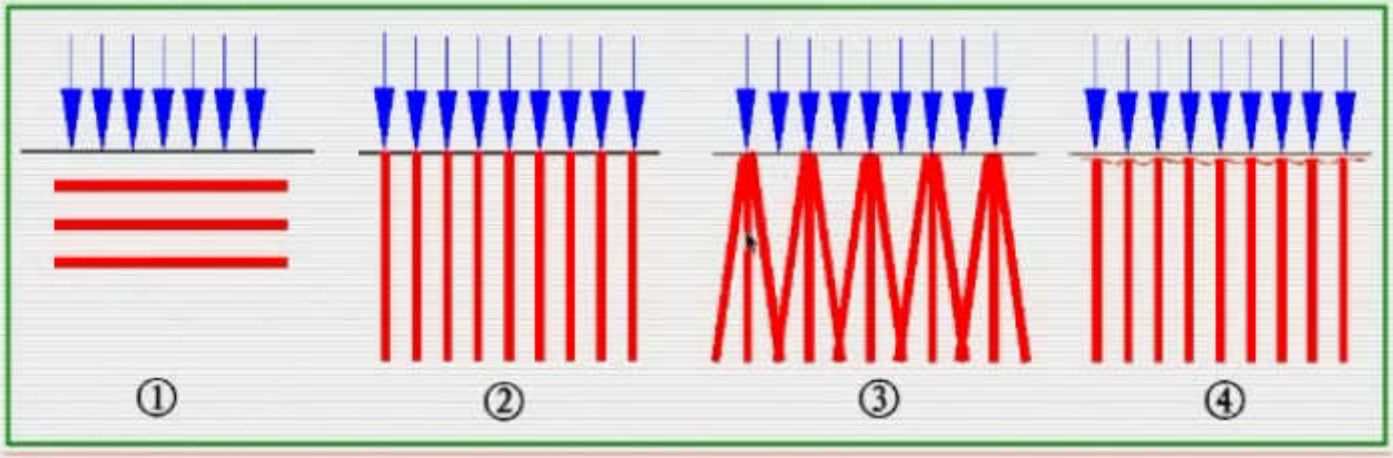
三、复合地基的分类

① 水平向增强体～

② 竖向增强体～
- 按桩材性质分：散体材料桩～、柔性桩～、刚性桩～
- 按布桩形式分：变长度桩～、变直径桩～、变刚度桩～

③ 斜向增强体～

④ 组合型～



四、复合地基的加固机理

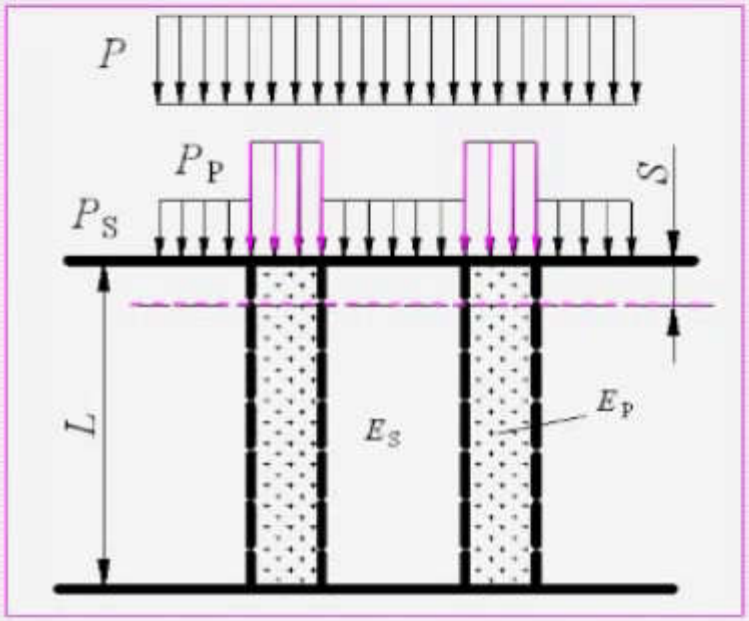
P250

1、挤密作用；

2、桩体作用

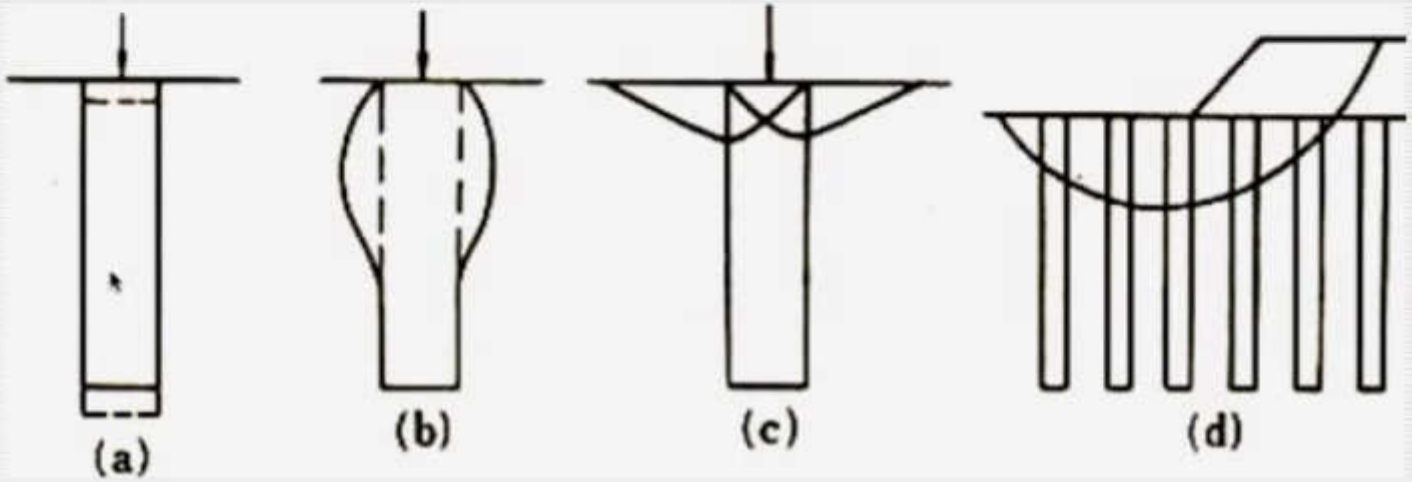
3、加速固结作用；

4、加筋作用



五、复合地基的破坏模式

P250-251

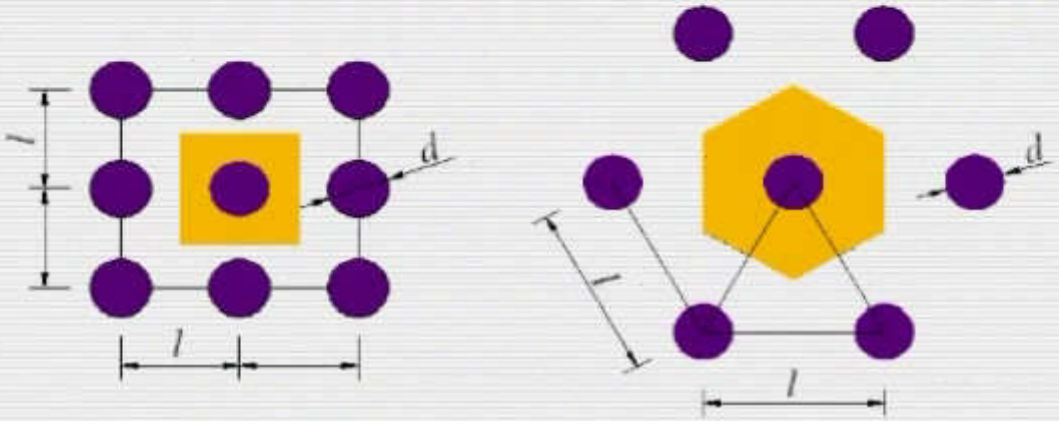


刺入破坏　鼓胀破坏　桩体剪切破坏　整体滑动破坏

8.2.3

六、复合地基的设计参数 ___面积置换率 m

P251



$$m = \frac{A_p}{A} = \frac{d^2\,\pi/4}{d_e^2\,\pi/4} = \frac{d^2}{d_e^2}$$

$d_e = 1.05\,l$，三角形布桩

$d_e = 1.13\,l$，正方形布桩

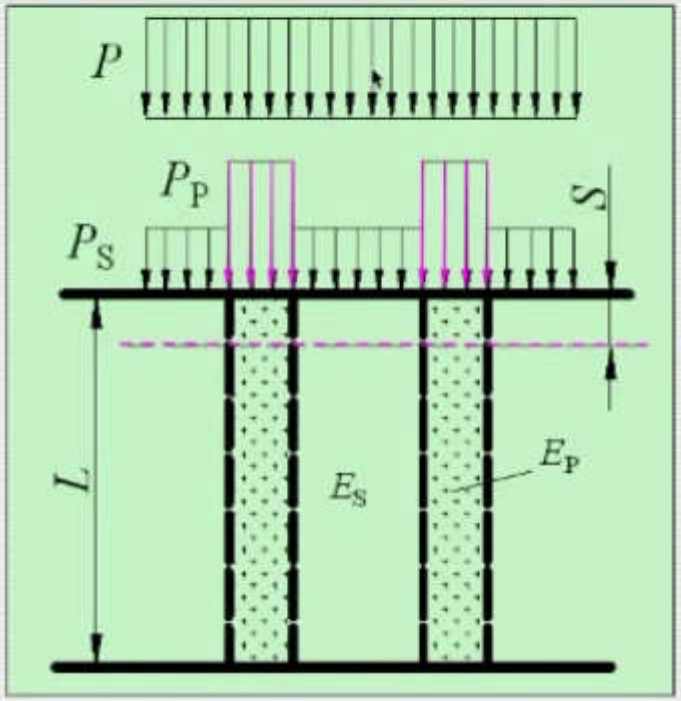
一般 $m = 0.1 \sim 0.4$

六、复合地基的设计参数 ___桩土应力比 n

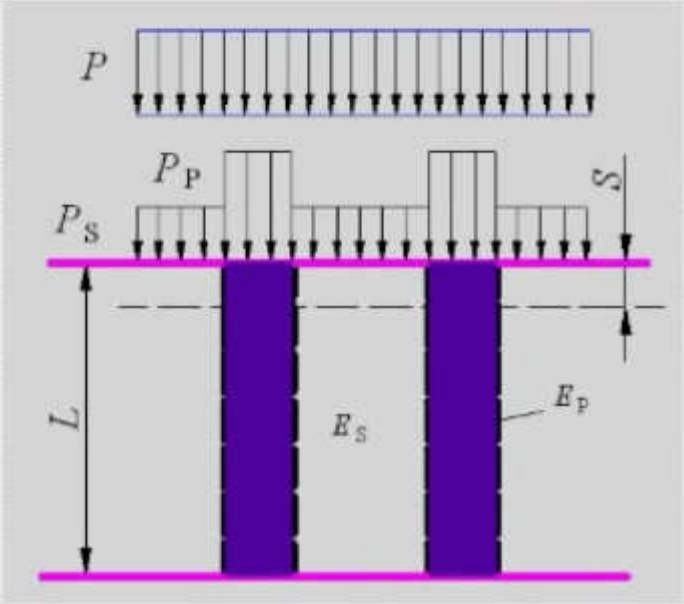
- ✓ 刚性基础下，变形协调

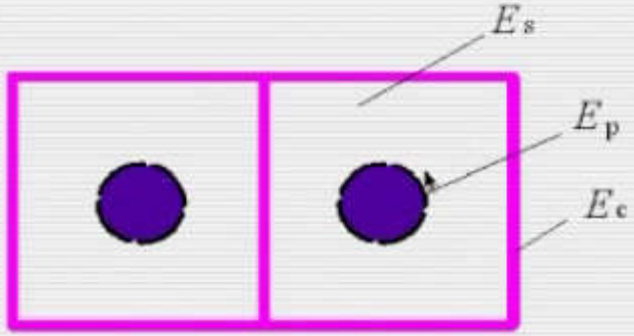
$$n = \frac{p_p}{p_s}$$

式8-2



六、复合地基的设计参数 ___复合模量 E_c





$$E_c = m \cdot E_p + (1-m)E_s = \left[1 + m(n-1)\right] E_s$$

8.2.4

P252

七、复合地基承载力计算

$$p_{cf} = K_1 \lambda_1 m p_{pf} + K_2 \lambda_2 (1 - m) p_{sf}$$

桩的强度发挥度

桩间土强度发挥度

处理后桩间土修正系数

反映复合地基中桩的实际承载力与单桩的承载力不同的修正系数，一般＞1.0。

七、复合地基承载力f_{spk}确定

- 复合求和法
- 稳定分析法
- 载荷试验法

七、复合地基承载力f_{spk}确定

■ 复合求和法

✓ 对散体材料桩复合地基

$$f_{spk} = f_{pk} m + (1-m) f_{sk}$$

式8-4

式中：f_{spk}、f_{pk}、f_{sk}—分别为复合地基、桩体和桩间土承载力特征值。

七 、复合地基承载力f_{spk}确定

■ 复合求和法

✓ 对柔性桩复合地基

$$f_{spk} = f_{pk} m + \beta(1-m) f_{sk}$$

式8-5

式中：β — 桩间土承载力折减系数，对摩擦型桩取0.5～1.0，对摩擦支承型桩取0.1～0.4。

七、复合地基承载力f_{spk}确定

■ 复合求和法

✓ 对刚性桩复合地基

$$f_{spk}=\frac{N\cdot R_k^d}{A}+\beta\cdot f_{sk}\cdot A_s/A$$

式8-6

式中：N——基础下桩数；

R_k^d——单桩承载力特征值；

A——基础面积；

A_s——桩间土面积；

β——桩间土承载力折减系数，取0.8～1.0。

七、复合地基承载力f_{spk}确定

■ 稳定分析法

- ✓ 稳定分析方法很多，常采用圆弧分析法。
- ✓ 假设圆弧滑动面经过加固区和未加固区，取不同滑动面进行计算，找出最小安全系数，即可根据要求的安全系数计算地基承载力。
- ✓ 地基土强度应分区计算：未加固区采用天然地基土的强度指标，加固区土体强度指标可分别采用桩体和桩间土的强度指标，也可采用复合土体综合强度指标。

七、复合地基承载力f_{spk}确定

■ 稳定分析法

✓ 按分别强度指标计算

$$\tau_{ps} = m \cdot \tau_p + (1-m) \cdot \tau_s$$ 式8-7

式中：τ_{ps}、τ_p、τ_s — 分别为复合地基、桩体和桩间土抗剪强度。

七、复合地基承载力f_{spk}确定

■ 稳定分析法

✓ 按综合强度指标计算

复合土体粘聚力c_c和内摩擦φ_c可按以下两公式计算：

$$tg\varphi_c = \omega \cdot tg\varphi_p + (1-\omega) \cdot tg\varphi_s \qquad \text{式8-8}$$

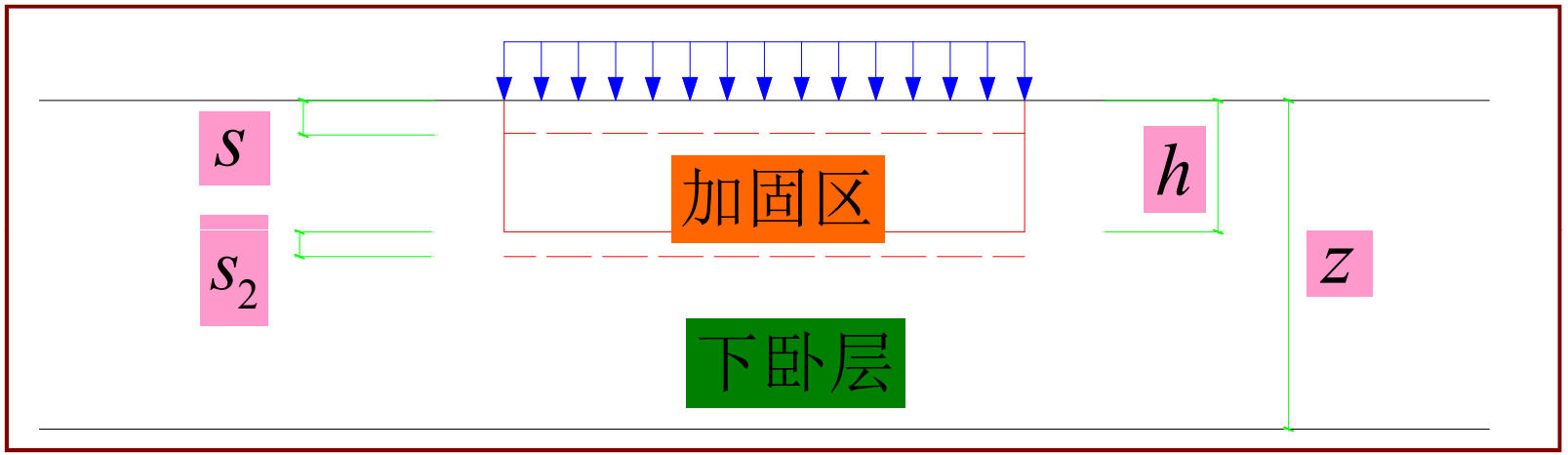
$$c_c = (1-\omega) \cdot c_s \qquad \text{式8-9}$$

式中： ω—— 桩体与桩间土相对的应力分布，

$$\omega = m \cdot n \cdot \beta$$

八 复合地基变形s计算

$$s = s_1 + s_2$$



s ——复合地基的沉降；

s_1 ——复合地基加固区的压缩量；

s_2 ——地基压缩层厚度内加固区下卧层的压缩量。

八 复合地基变形计算

- 总沉降量：复合地基加固区变形量和加固区下卧层变形量。
- 加固区下卧层的变形计算一般采用分层总和法。
- 加固区的变形计算可采用复合法模量。
- 采用分层总和法计算加固区变形量**s**：

$$s = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta P_i}{E_{psi}} \cdot H_i \qquad \text{式8-10}$$

式中：**s**——加固区土层变形量；

ΔP_i ——第***i*** 层复合土体上附加应力增量；

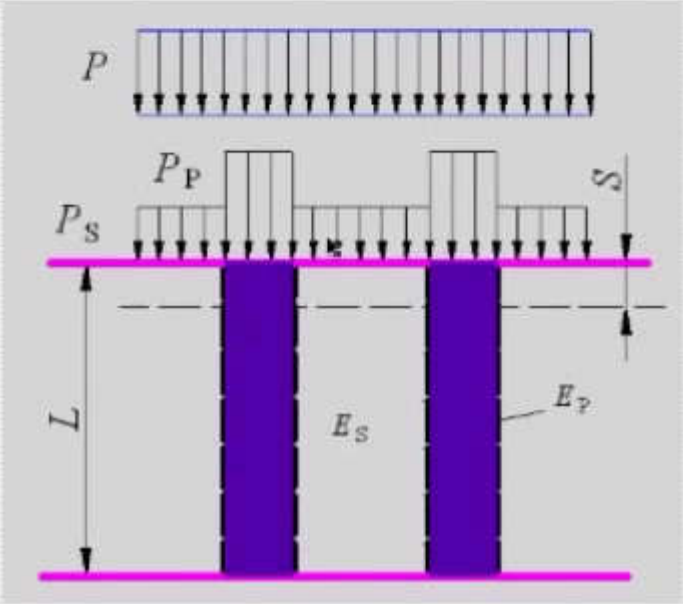
E_{psi} ——第***i*** 层复合地基的压缩模量；

H_i ——第***i*** 层复合土体的厚度；

n ——复合土体分层总数。

八　复合地基沉降计算 ___ S_1 计算

- 复合模量法（E_c 法）
- 应力修正法（E_s 法）
- 桩身压缩量法（E_p 法）



$$E_c = m \cdot E_p + (1-m)E_s = [1+m(n-1)]E_s$$

参 考 书

- 《地基处理手册》编写委员会. 地基处理手册(第二版). 中国建筑工业出版社, 2000.
- 叶书麟. 地基处理工程实例应用手册. 中国建筑工业出版社, 1998
- 叶关宝. 地基加固新技术. 机械工业出版社, 2001.
- 《建筑地基处理技术规范(JGJ 79-2002)》, 中国建筑工业出版社, 2002.
- 《公路软土地基路堤设计与施工技术规范(JTJ 017-96)》, 人民交通出版社, 1997.

8.3.1 换土垫层法

■**定义**——当软弱地基土层承载力和变形不能满足要求，且层厚不很大时，可将基底下一定范围内的软弱土部分或全部挖去后分层换填并压实强度大、性能稳定、无侵蚀性的材料。

■**分类：**砂垫层、碎石垫层、素土垫层、灰土垫层等。

■**适用土层**

✓淤泥、淤泥质土、湿陷性黄土、素填土、杂填土地基及暗沟、暗塘等的不良地基的浅层处理。

8.3.1 换土垫层法

- **垫层的主要作用** P255

✓ 提高地基承载力；

✓ 减少地基沉降量；

✓ 加速排水固结；

✓ 消除或部分消除土的湿陷性和胀缩性；

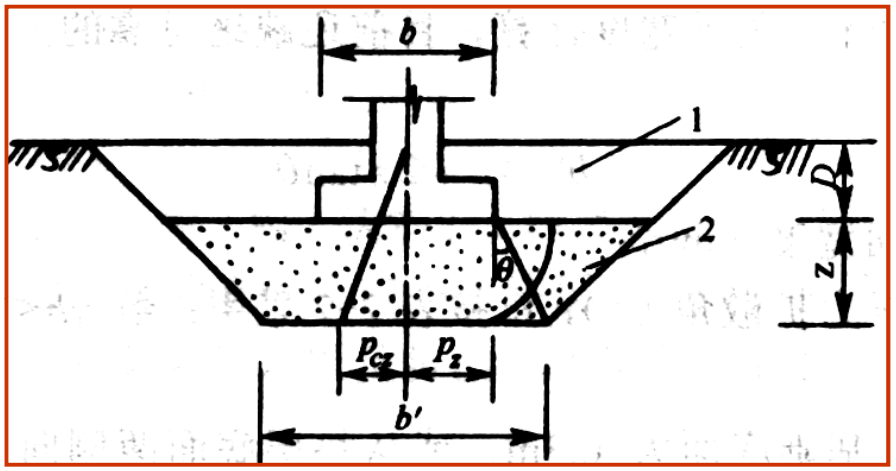
✓ 防止土的冻胀作用；

✓ 改善土的抗液化性能。

8.3.1 换土垫层法

■ 垫层设计

✓ **垫层厚度z：** 根据垫层底面自重压力与附加压力之和小于或等于该处下卧土层的承载力要求确定，即



$$p_{cz} + p_z \le f_z$$

条形基础：

$$p_z = \frac{b(p - p_c)}{b + 2z\tan\theta}$$

矩形基础：

$$p_z = \frac{bl(p - p_c)}{(b + 2z\tan\theta)(l + 2z\tan\theta)}$$

0.5≤z≤3 m

Theta 应力扩散角

开状态的时间较长,地基土有足够时间回弹。对情况1和情况2,计算步骤分别叙述如下。

1) 情况1

(1) 在地质剖面图上绘制基础中心下地基中的自重应力分布曲线和附加应力分布曲线,如图4-20所示。自重应力分布曲线由天然地面起算,基底压力 p 由作用于基础底面以上的荷载计算。因考虑开挖基坑后随即浇筑基础,可以认为在挖土卸载与浇筑基础重加载过程中,如果基础底面因卸载减少的压力 σ_{sd} 与重加载增加的压力相等时,则地面不产生沉降。因此,基底压力中只有一部分 $p_0=p-\sigma_{sd}$ 才是引起沉降的压力,称为基底附加应力。地基中的附加应力分布曲线可根据 p_0 用第3章所讲的方法计算。

在有相邻荷载作用(其他基础荷载或地面荷载)时,沉降计算中应将相邻荷载在基础中心点下各个深度处引起的附加应力(用第3章介绍的角点法和附加应力系数计算表)叠加到基础荷载引起的附加应力中去。相邻荷载对基础沉降的影响随荷载与基础之间距离的增加而迅速减小。

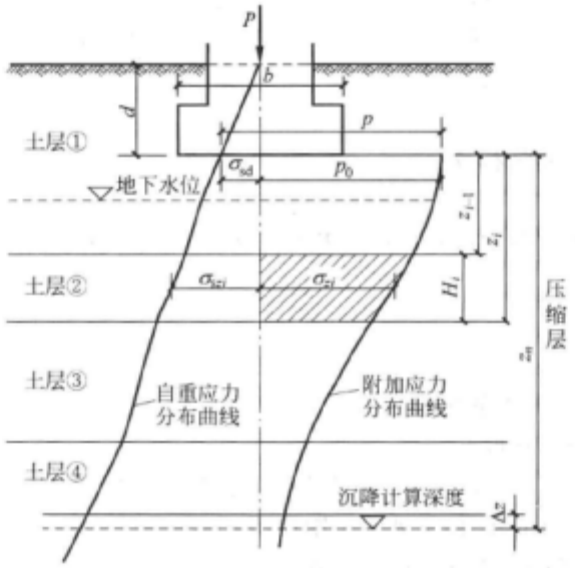


图4-20 分层总和法计算地基沉降量

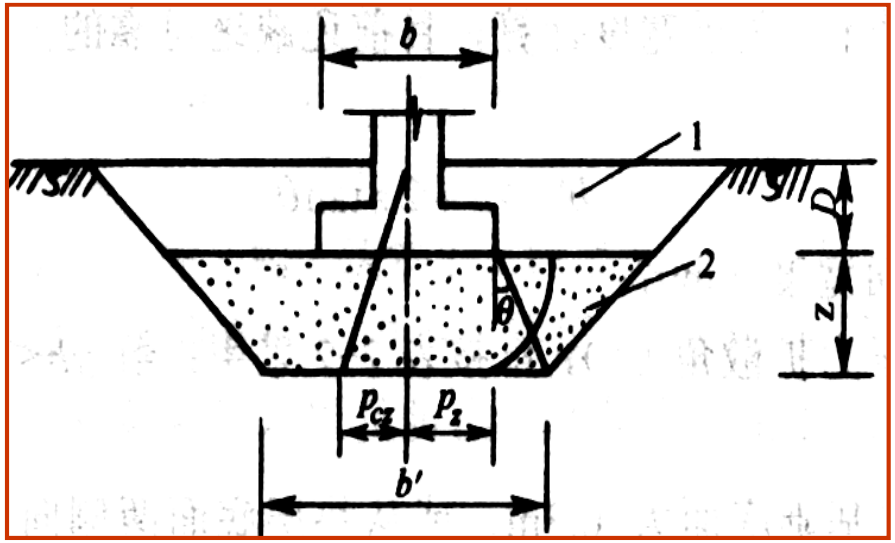
8.3.1 换土垫层法

■ 垫层设计

✓ 垫层底面尺寸b'

垫层底面宽度及长度b' 和 l' 需满足应力扩散要求：

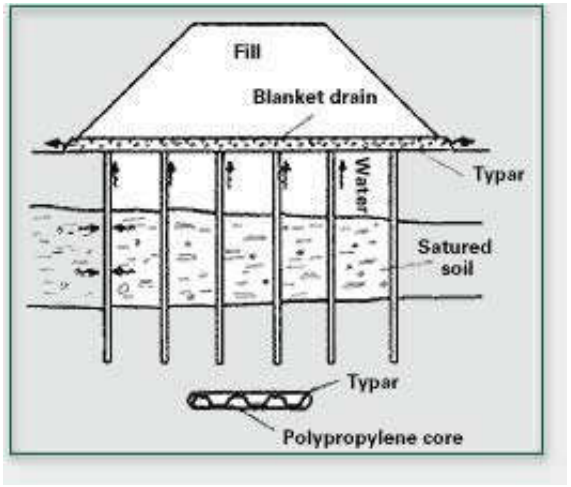
$$\begin{cases} b' \geq b + 2z\tan\theta \\ l' \geq b + 2z\tan\theta \end{cases}$$



8.4.1 排水固结法原理与应用

■ 排水固结法原理

通过在饱和软粘土中设置竖向排水体，对地基施加预压荷载，使孔隙水排出，土体逐渐固结，提前完成或基本完成地基沉降，以达到增大地基承载力，减小地基沉降的目的。



原理性说明：**P258**

固结时间与排水距离的平方成正比

排水方法

8.4.1 排水固结法原理与应用

■ 用排水固结原理加固地基的方法

✓ 排水固结法的实施有两个方面：

- 施加预压荷载和在地基中做排水通道。

✓ **适宜**：饱和软粘土，但具体方法又各有差异：

- 砂井预压法：特别适用有薄砂层地基。但若土太软，则荷载加不上。此外，因砂井只增大主固结，故对有机质土和泥炭等次固结土不宜，此时可用超载处理。
- 真空预压法：适合大面积均匀深厚软土地基加固。

8.4.1 排水固结法原理与应用

■ 用排水固结原理加固地基的方法

- 排水固结法系统组成
  - 排水系统
    - 竖向排水系统
      - 普通砂井
      - 袋装砂井
      - 塑料排水带
    - 水平向排水系统：砂垫层
  - 加压系统
    - 堆载法：正压固结
    - 真空法（负压固结）
    - 降低地下水位法（负压固结）
    - 电渗法
    - 联合法

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

目 的

- ✓ 合理安排排水系统与预压荷载之间的关系，使地基通过该排水系统在逐级加载过程中排水固结，地基强度逐渐增长，以满足每级加载条件下地基稳定性要求，并加速地基固结沉降，在尽可能短的时间内使地基承载力达到设计要求。

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

设计计算内容

- ✓ 1 初步确定砂井布置方案
- ✓ 2 初步拟定加荷计划，即每级加载量及加载延续时间
- ✓ 3 计算每级荷载作用下，地基的固结度、强度增长量
- ✓ 验算每一级荷载下地基土的抗滑稳定性
- ✓ 验算地基沉降量是否满足要求
- ✓ 若上述验算不满足要求，则需调整加荷计划

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

■ 砂井布置

✓ 砂井直径和间距

就地灌筑砂井d_w=30~50cm，间距一般是直径的6-8倍；
袋装砂井直径d_w=7~10cm，间距一般为1-2m。

✓ 砂井深度与排列

深度多为10-20m；按正方形或等边三角形布置。

✓ 排水砂垫层和砂沟

顶面应铺设排水砂垫层或砂沟，砂垫层厚宜>40cm，
平面上每边超出砂井区域的宽度一般应不小于$2d_w$。

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

■ 制定预加荷载计划

✓ 任何情况下所加荷载均不得超过当时软土层承载力。

✓ 加载计划可按以下步骤初步拟定加载计划：

- 利用地基的天然抗剪强度计算第一级容许施加的荷载；
- 计算第一级荷载下地基强度增长值，并确定第二级所能施加的荷载；
- 计算第一级荷载作用下达到指定固结度所需的时间；
- 以此类推完成整个加载过程。

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

■ 砂井地基平均固结度的计算

P260

✓ 按土力学中的渗透固结理论计算，因该理论假设荷载为瞬间施加，而实际加载则需要一个过程，故先按瞬时加载条件计算固结度，然后再按实际加载过程对固结度进行修正。

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

■ 排水过程中地基强度增长值的推算

✓ 在预压荷载作用下，地基土在某一时刻*t*的抗剪强度为：

$$\tau_{ft} = \eta(\tau_{f0} + \Delta\tau_{fc})$$

τ_{f0} ——地基中某点在加荷前的天然土抗剪强度；

$\Delta\tau_{fc}$ ——在加荷后 *t*时刻地基土由固结引起的强度增量；

η ——考虑土体由于剪切蠕变的综合性折减系数。

✓ 抗剪强度增长量常用有效固结压力法计算：

$$\Delta\tau_{fc} = \Delta\sigma_z U_t tg\phi_{cu}$$

$\Delta\sigma_z$ ——预压荷载引起的该点附加竖向压力；

U_t ——该点土的固结度。

8.4.2 砂井堆载预压法设计计算

P260

■ 稳定性分析

✓ 采用圆弧条分法进行

✓ 预压加载过程中必须验算每级荷载下地基的稳定性。

8.4.3 排水固结法施工简介与现场观测

■ 现场监测设计

✓ 监测项目

- 地面沉降观测；
- 地面水平位移观测；
- 孔隙水压力。

✓ 监测要求

- 地面沉降观测：沿场地对称轴线上设置至场外10m，≤10～20mm/天；
- 地面沉降水平位移：堆载坡脚外加2～3排观测点，≤4mm/天；
- 孔隙水压力观测：堆载中心线和边线附近地基中。

8.5.1 重锤夯实法

■ 方法和原理

✓ **方法：**用起重机将夯锤提升到一定高度，然后自由下落产生冲击能挤密地基，经不断重复夯击，使地基得以加固，满足强度和变形要求。

✓ **原理：**经重锤夯击后，地基表面形成一层比较密实的土层（硬壳），使地基表层强度得以提高。通常承载力可达到**100-200kPa**

■ 适用土类

一般适用于地下水距地表**0.8m**以上稍湿粘性土、砂土、湿陷性黄土、杂填和分层填土，但在有效夯实深度内存在软粘土层时不宜采用。

8.5.2 强夯法

- **定义：**法国人Menard首创的地基加固法，亦称动力固结法：将80~400kN重锤起吊到一定高度(8~30m)后自由下落，强力夯实地基，以提高其强度、降低压缩性。
- **加固机理：**与重锤夯实法不同，其利用重锤下落产生的强大夯击能量，在土中形成冲击波和冲击应力，除挤密土粒外，还产生较大孔隙水压力，甚至导致土体暂时液化。同时，巨大冲击能使夯点周围产生裂缝，形成良好的排水通道，加速孔隙水压力消散，使土体进一步加密。
- **适用性：**可用于加固各种填土、湿陷性黄土、碎石、低饱和度的粘性土与粉土。

桩土复合地基 pile soil compound foundation
Pile soil composite foundation
pile soil intermediate (PSI)

8.6.1 砂石桩法

■ 定义

✓用振动、冲击及水冲等方法在软弱地基中成孔后，将碎石或砂挤压入已成孔中，形成大直径密实桩体。碎石桩和砂桩总称为碎(砂)石桩，又称粗颗粒土桩或粒料桩。

■ 施工方法

- ✓ 振动成桩法
- ✓ 冲击成桩法

■ 适用条件

- ✓ 对砂土、填土加固效果较好
- ✓ 对饱和软粘土，有争议

8.6.1 砂石桩法

■ 碎石桩法

分类	施工方法	适用土类
挤密法	振冲挤密法、沉管法、干振法	砂土，非饱和粘土，杂填土等
置换法	振冲置换法、钻孔锤击法	饱和软粘土
排土法	振动气冲法、沉管法、强夯置换法	饱和软粘土
其它法	水泥碎石桩法、裙围～、袋装～	饱和软粘土

- ✓ 《建筑地基处理技术规范(JGJ79-2002)》规定：
  振冲法要求地基土 $c_u \geq 20kPa$；
- ✓ 《公路地基路堤设计与施工技术规范(JTJ017-96)》规定：
  湿法(水冲法)： $c_u > 15kPa$；干法(沉管法)： $c_u > 10kPa$。

8.6.1 砂石桩法

- **碎(砂)石桩一般设计**
  - ✓ 砂桩材料
  - ✓ 砂桩直径
  - ✓ 砂桩长度
  - ✓ 砂桩平面布置
  - ✓ 砂桩桩间距

8.6.1 砂石桩法

■ 碎(砂)石桩一般设计

➢ 砂桩材料

✓ 材料

- 就地取材，中、粗混合砂、碎石等，含泥量＜5%，$d_{粒}$＜8cm

✓ 垫层

- 基础底面应铺设30～50cm厚度的砂（碎）石垫层，分层铺设。

8.6.1 砂石桩法

■ 碎(砂)石桩一般设计

➢ 砂桩直径

- ✓ 根据设备和地质土质情况确定。
- ✓ 如采用30kN振冲器成桩：$d_{桩}$＝0.80～1.2m；
- ✓ 采用沉管法成桩： $d_{桩}$＝0.3～0.70m。

➢ 砂桩长度

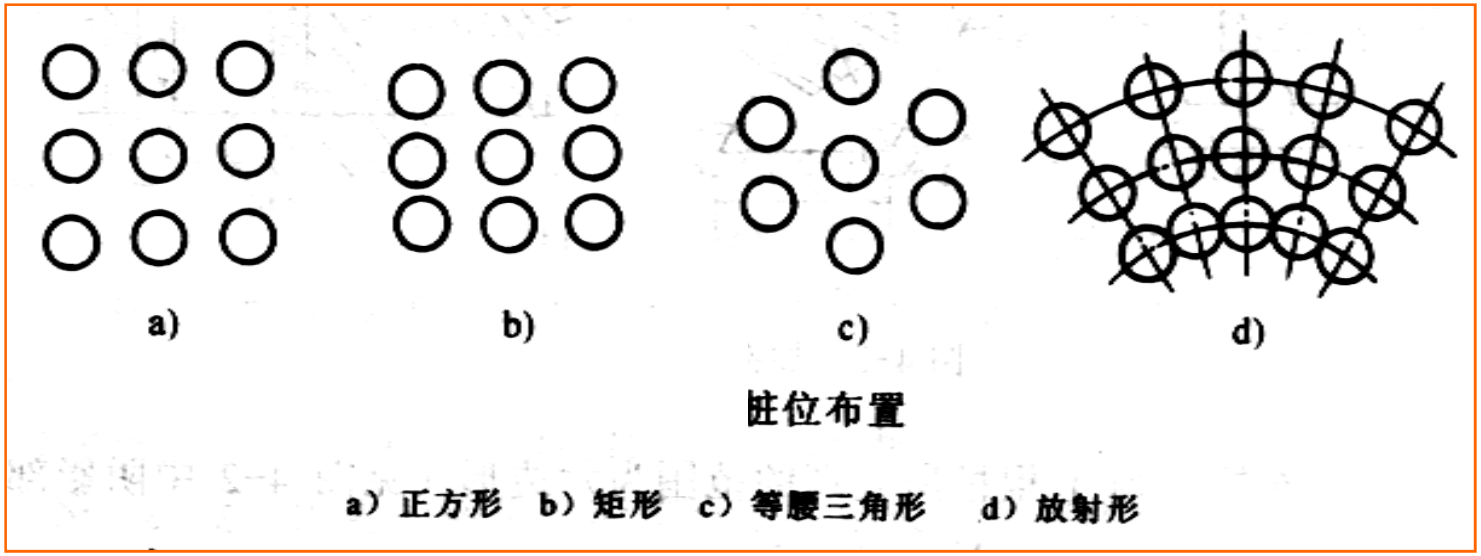
- ✓ 下卧的较硬层埋深不大时，按此埋深确定；
- ✓ 下卧的较硬层埋深较大时：
- • 对按变形控制的工程，复合地基变形≤[s]；
- • 对按稳定性控制工程，加固深度＞最危险滑动面深度。
- ✓ 可液化地基中，加固深度按要求的抗震处理深度确定。

8.6.1 砂石桩法

■ 碎(砂)石桩一般设计

➢ 砂桩平面布置

- ✓ 均匀受力地基(路基)：满堂布置，宜用等边三角形布桩；
- ✓ 独立或条形基础：宜用正方形、矩形和等腰三角形布桩；
- ✓ 圆形或环形基础(如油罐基础)：放射形布桩。



8.6.2 土桩、灰土桩和石灰桩法 P264

■ 定义

✓ 利用打入钢套管(或振动沉管、炸药爆破)在地基中成孔，通过“挤压” 使地基土得到加“密”，然后在孔中分层填入素土（或灰土、粉煤灰加石灰）后夯实而成土桩(或灰土桩、双灰桩)，属柔性桩，与桩间土共同组成复合地基。

■ 主要特征

✓ 横向挤密；

✓ 无需开挖和回填；

✓ 处理深度大，可达**12～15m**；

✓ 就地取材，造价低；利用粉煤灰，还可变废为宝。

8.6.2 土桩、灰土桩和石灰桩法

■ 适用情况

✓ 适用

处理5～15m、地下水位以下、含水量w＝14~23％的湿陷性黄 土、新近堆积黄土、素填土、杂填土以及其他非饱和粘土、粉土等。

✓ 不适用

- w＞23%、S_r＞0.65的土；
- 碎(卵)石含量＞15%的土；
- 有厚度40cm以上的砂土和碎土夹层的土。

8.6.2 土桩、灰土桩和石灰桩法

- **加固原理**
  - ✓ 土的侧向挤密作用
  - ✓ 桩体材料作用
  - ✓ 桩体作用

8.6.3 CFG桩(水泥粉煤灰碎石桩)法 P266

■ 定 义

Cement fly-ash gravel pile

在碎石桩基础上加进一些石屑、粉煤灰和少量水泥，加水拌和制成的一种具有一定粘结强度(C5～C20)的桩，是新开发的一种地基处理技术。

■ 特 点

- ✓ 施工：与振动沉管桩一样简单，比振冲碎石桩污染少。
- ✓ 用材：利用工业废料，水泥用料少，优于水泥搅拌桩。
- ✓ 受力特性：介于碎石桩（散体桩）和钢筋混凝土（刚性桩）之间，与水泥搅拌桩类似。

8.6.3 CFG桩(水泥粉煤灰碎石桩)法

■ 适用范围

可用于加固填土、饱和及非饱和粘性土、松散的砂土、粉土等。对塑性指数高的饱和软粘土使用要慎重。

■ 加固机理

✓ CFG桩复合地基由桩、桩间土和褥垫层形成。其中褥垫层为粒状散体材料，是CFG桩复合地基不可缺少的部分。

✓ CFG加固软弱地基，主要有三种作用：

- 桩体作用
- 挤密与置换作用
- 褥垫层的作用

8.6.3 CFG桩(水泥粉煤灰碎石桩)法

■ 桩身材料

- ✓ 一般采用425#普通水泥，碎石粒径20-50mm，石屑粒径2.5-10mm，混合料密度2.1-2.2 t/m^3。
- ✓ 桩体材料强度一般控制在10MPa左右，从而达到既提高复合地基承载力又降低沉降的目的。
- ✓ 为使桩土共同工作、变形协调，基础下面要设置一定厚度的砂石料垫层(褥垫层，10-30cm)，使地基土能有效地分担外荷载。

8.7.1 高压喷射注浆桩法

P267

定 义

用高压将气、水和水泥浆液，经沉入土层中的特制喷射管送到旋喷头，并从开口于旋喷头侧面的喷咀高速喷射出来，形成能量高度集中的液流，直接冲击破坏土体，使土颗粒在冲击力、离心力和重力共同作用下与浆液搅拌混合，经一定时间后凝固成强度甚高、渗透性较低的加固土体。

8.7.1 高压喷射注浆桩法

■ 高压喷射注浆分类

✓ 按固化剂分

- 浆喷法；干喷法。

✓ 按喷浆的形式

- 旋转喷射（旋喷）：圆柱状
- 定向喷射（定喷）：板状
- 摆动喷射（摆喷）：扇形墙状

✓ 按工艺类型分

- 单管法
- 二重管法
- 三重管法
- 多重管法

8.7.1 高压喷射注浆桩法

■ 高压喷射注浆特征

- ✓ 适用范围广
- ✓ 施工简便
- ✓ 固结体形状可控
- ✓ 可垂直、倾斜和水平喷射

■ 高压喷射注浆适用范围

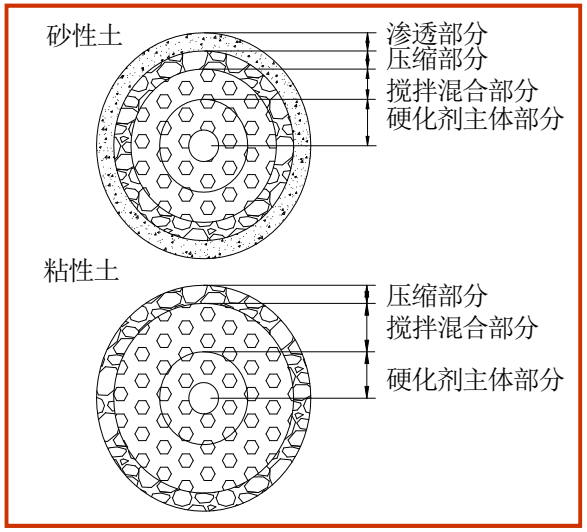
- ✓ 适用：淤泥质土、粘土、粉土、黄土、砂土、人工填土、碎石土。
- ✓ 慎用：含块石、坚硬粘土、大量植物根茎或过多有机质的土。
- ✓ 不宜：岩溶区、永冻土、地下水活动区。

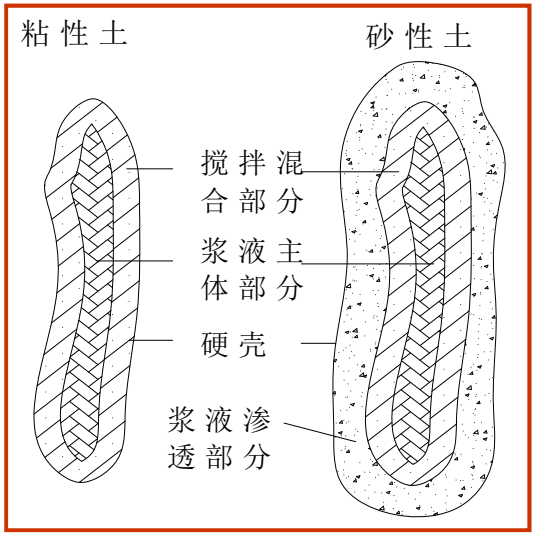
8.7.1 高压喷射注浆桩法

■ 加固机理

- ✓ 高压喷射流对土体的破坏作用
- ✓ 水(浆)、气同轴喷射流对土的破坏作用
- ✓ 固结体状况
- ✓ 水泥与土的固结机理

旋喷





定喷

固结体状况

8.8 土工合成物法

■土工聚合物又称土工织物，是土工用合成纤维材料的总称。具有强度高、弹性好、耐磨、耐化学腐蚀、滤水、不霉烂、不缩水、不怕虫蛀等性能。其造价低廉、施工简便、整体性好，能明显改善和增强岩土工程性质，其作用：

- ✓ 反滤作用；
- ✓ 排水作用；
- ✓ 隔离作用；
- ✓ 加固和补强作用；
- ✓ 其它作用如隔水、防护、保湿防冻、减小应力集中等。

吴兴征, 丁昌杰, 朱文芳. 土工格栅拉拔试验研究进展. 山东交通科技. 1998, (4):6-9.

8.9 托换技术

- **又称基础托换，内容包括：**

✓ 解决原有建筑物地基处理、基础加固或改建的问题；

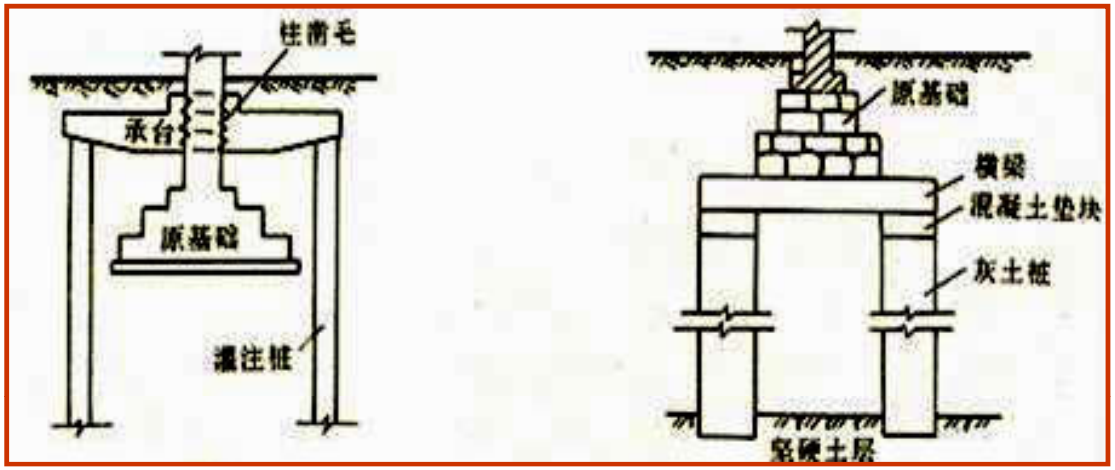
✓ 建筑物基础下需修建地下工程或邻近建造新建筑而影响原有建筑安全，需采取地基处理或基础加固措施。

- **基本原理和目的**

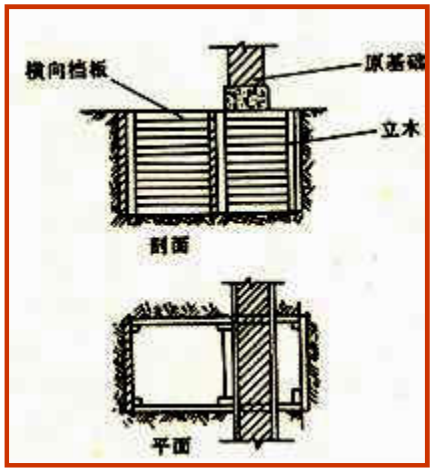
✓ 加强地基与基础的承载力，有效传递建筑物荷载，从而控制沉降与差异沉降，使建（构）筑物恢复安全使用。

8.9.1 基础托换

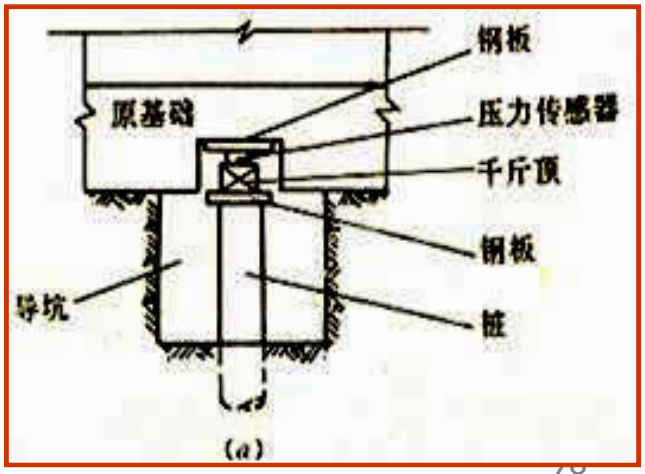
- **基础加宽、加深法**
- **桩式托换**
  - ✓ 压入桩
  - ✓ 树根桩
  - ✓ 灌注桩托换



灌注桩托换



坑式托换



顶承式静压桩托换

8.9.2 建筑物纠偏

■ 顶桩掏土法

✓ 特点：该法是将锚杆静压桩和水平向掏土技术相结合。

✓ 工作原理：是先在建筑物基础沉降多的一侧压桩，并立即将桩与基础锚固在一起，迅速制止建筑物的下沉，然后在沉降少的一侧基底下掏土，以减少基底受力面积，增加基底压力，从而增大该处土中应力，使建筑物缓慢而又均匀地下沉，产生回倾。

8.9.2 建筑物纠偏

■ 排土纠偏法

✓ 抽砂纠偏法

• 在建筑物基底预先做一砂垫层，在预估沉降量较小部位，每隔一定距离（约1m）预留砂孔一个。当出现不均匀沉降时，在沉降量较小的部位，用铁管在预留孔中取出一定数量砂体，强迫建筑物下沉而纠偏。

✓钻孔取土纠偏法

• 当基础一侧出现较大沉降而倾斜时，在沉降小的一侧基础周围钻孔，并在孔中掏土，使此侧软弱地基土产生侧向挤出而产生较大下沉，达到纠偏目的。

The end

文件名格式：班级 学号 姓名 简略实验名称

邮件标题同文件名

Any questions please 发送至 xingzhengwu@163.com