地 基 处 理

Ground Treatment

Dr. Han WX

Composite Foundation

复合地基理论概要

地 基 处 理

Ground Treatment

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》

第二章 复合地基理论概要

2.1 概述

Dr. Han WX

天然地基采用各种地基处理方法处理形成的人工地基大致上可以分为两大类：均质地基和复合地基。

人工地基中的均质地基是指天然地基土体在地基处理过程中得到全面的土质改良，地基中土体的物理力学性质是比较均匀的。

人工地基中的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。复合地基中地基土体性质是不均匀的。很多地基处理方法是通过形成复合地基来达到提高人工地基承载力和减小沉降的目的

目前在我国应用的复合地基类型主要有：由多种施工方法形成的各类砂石桩复合地基、水泥土桩复合地基、低强度桩复合地基、土桩、灰土桩复合地基、钢筋混凝土桩复合地基、薄壁筒桩复合地基、加筋土地基等。目前复合地基技术在房屋建筑(包括高层建筑)、高等级公路、铁路、堆场、机场、堤坝等土木工程建设中得到广泛应用。复合地基技术的推广应用产生了良好的社会效益和经济效益。

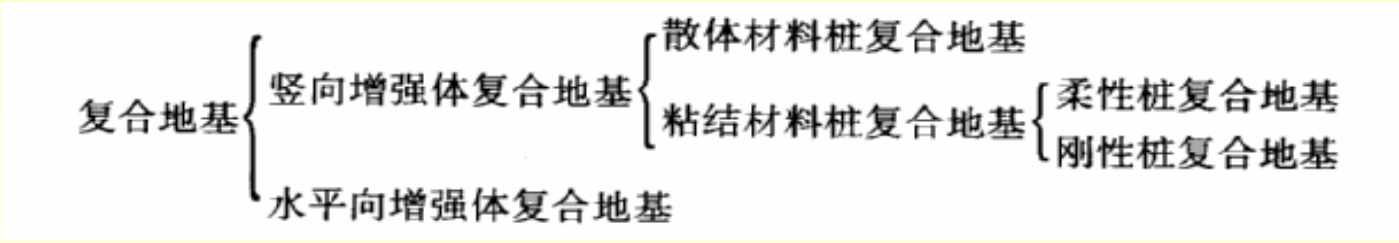
第二章 复合地基理论概要

2.1 概述

Dr. Han WX

根据地基中增强体的方向，复合地基可分为竖向增强体复合地基和水平向增强体复合地基两大类。竖向增强体复合地基习惯上称为桩体复合地基。根据桩体材料性质，桩体复合地基又可分为散体材料桩复合地基和粘结材料桩复合地基两类，粘结材料桩复合地基根据桩体刚度大小又可分为柔性桩复合地基和刚性桩复合地基两类。

复合地基分类如下所示：



下面通过分析浅基础、桩基础和复合地基在荷载作用下的荷载传递路线来认识复合地基的本质，讨论浅基础、桩基础和复合地基三者间的关系。

对浅基础，荷载通过基础直接传递给地基土体；

第二章 复合地基理论概要

2.1 概述

Dr. Han WX

桩基础可分为摩擦桩基础和端承桩基础两类。

对摩擦桩基础，荷载通过基础传递给桩体，桩体主要通过桩侧摩阻力将荷载传递给地基土体

对端承桩基础，荷载通过基础传递给桩体，桩体主要通过桩端端承力将荷载传递给地基土体

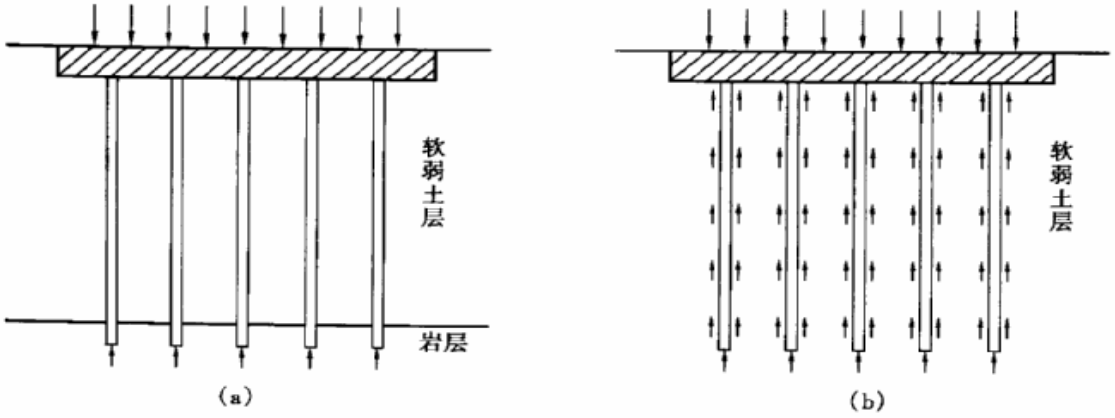


图 2-1-2 桩基础

(a) 端承桩基础；(b) 摩擦桩基础

对桩体复合地基，荷载通过基础将一部分荷载直接传递给地基土体，另一部分通过桩体传递给地基土体，如图2-1—3所示。从荷载传递路线看，复合地基的本质是桩和桩间土共同直接承担荷载。

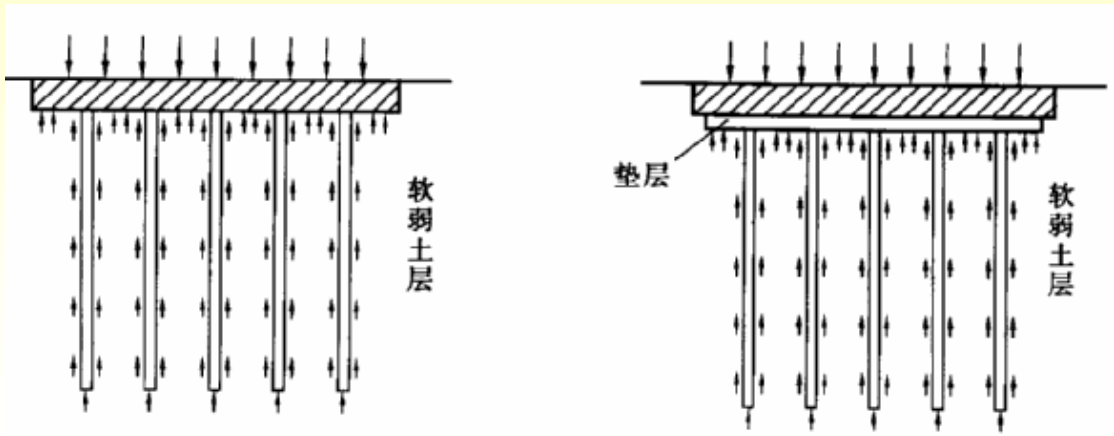


图 2-1-3 桩体复合地基

第二章 复合地基理论概要

2.1 概述

Dr. Han WX

从工程应用看，复合地基已与浅基础和桩基础成为土木工程建设中常用的三种地基基础形式。



图 2-1-4 浅基础，复合地基和桩基础的关系

复合地基中的水平向增强体复合地基、散体材料桩复合地基、柔性桩复合地基和刚性桩复合地基的荷载传递机理是不同的，它们的设计计算方法也不同，在以下几节分别加以介绍。

第二章 复合地基理论概要

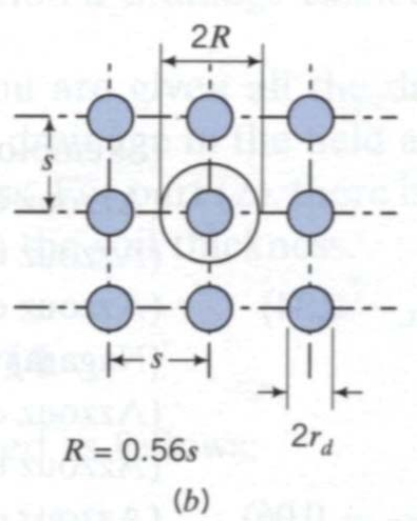
2.2 桩体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

桩体复合地基承载力的计算思路通常是先分别确定桩体的承载力和桩间土承载力，然后根据一定的原则叠加这两部分承载力得到复合地基的承载力。

复合地基的极限承载力可用下式表示：

$$p_{cf} = k_1\lambda_1 m p_{pf} + k_2\lambda_2(1-m)p_{sf} \qquad (2\text{-}2\text{-}1)$$



P_{pf}——单桩极限承载力，kPa；

P_{sf}——天然地基极限承载力，kPa；

k_1——反映复合地基中桩体实际极限承载力与单桩极限承载力不同的修正系数；

k_2——反映复合地基中桩间土实际极限承载力与天然地基极限承载力不同的修正系数；

λ_1——复合地基破坏时，桩体发挥其极限强度的比例，称为桩体极限强度发挥度；

λ_2——复合地基破坏时，桩间土发挥其极限强度的比例，称为桩间土极限强度发挥度；

m——复合地基置换率，$m = \frac{A_p}{A}$，其中 A_p 为桩体面积，A 为对应的加固面积。

第二章 复合地基理论概要

2.2 桩体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

桩体极限承载力可通过现场试验确定。如无试验资料，对刚性桩复合地基和柔性桩复合地基，桩体极限承载力也可采用类似摩擦桩极限承载力计算式估算，其表达式为：

$$P_{pf} = (\Sigma f S_a L_i + A_p R) / A_p \qquad (2\text{-}2\text{-}2)$$

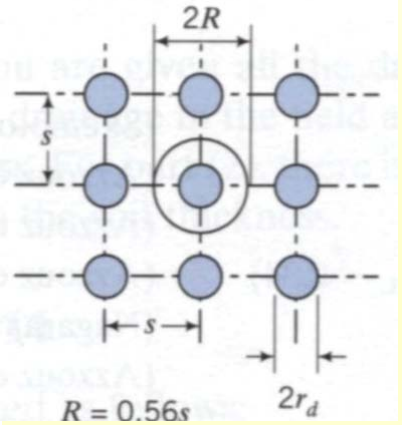
f——桩周土的极限摩擦力；

S_a——桩身周边长度；

L_i——按土层划分的各段桩长，对柔性桩，桩长大于有效桩长时，计算桩长应取有效桩长值；

R——桩端土极限承载力；

A_p——桩身横断面积。

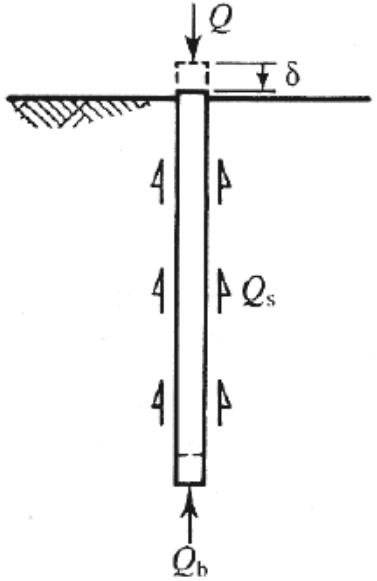


按式(2-2-2)计算桩体极限承载力外，尚需计算桩身材料强度允许的单桩极限承载力，即

$$P_{pf} = q$$

式中q—桩体极限压强度.

由上两式计算所得的二者中取较小值为桩体的极限承载力。



第二章 复合地基理论概要

2.2 桩体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

对散体材料桩复合地基，桩体极限承载力主要取决于桩侧土体所能提供的最大侧限力。

散体材料桩在荷载作用下，桩体发生鼓胀，桩周土进入塑性状态，可通过计算桩间土侧向极限应力计算单桩极限承载力。其一般表达式可用下式表示：

$$P_{pf} = \sigma_{ru} K_p \qquad (2\text{-}2\text{-}4)$$

式中 σ_{ru}——桩侧土体所能提供的最大侧限力，kPa；

K_p——桩体材料的被动土压力系数。

计算桩侧土体所能提供的最大侧向极限力常用方法有Brauns(1978)计算式，圆筒形孔扩张理论计算式等.

Brauns认为，在荷载作用下，桩体产生鼓胀变形。桩体的鼓胀变形使桩周土进入被动极限平衡状态，桩周土极限平衡区如图a:

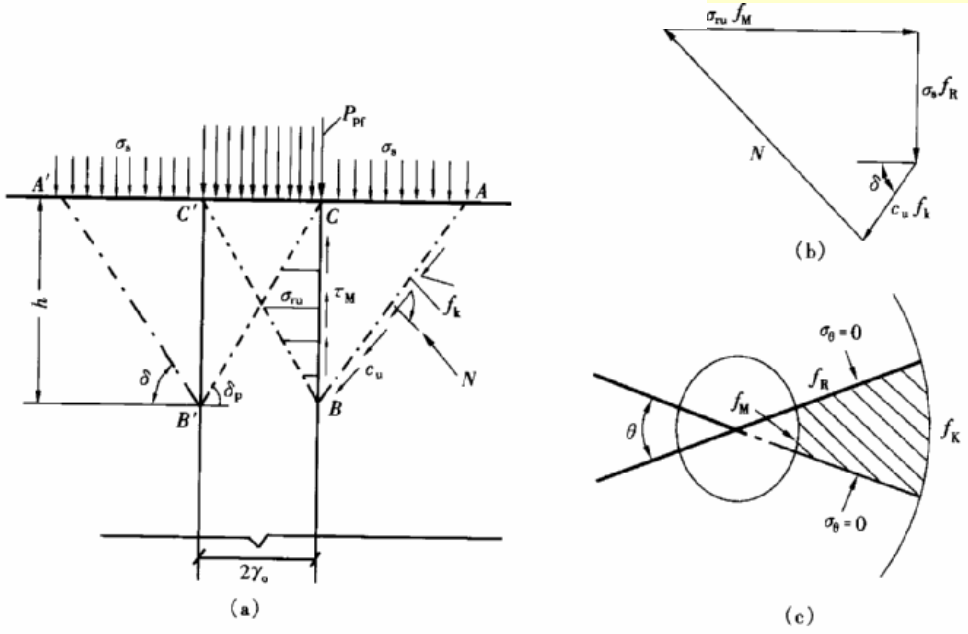


图 2-2-1 Brauns（1978）计算图式

2.2 桩体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

在计算中，Brauns作了下述几条假设：

(1)桩周土极限平衡区位于桩顶附近，滑动面成漏斗形，桩体鼓胀破坏段长度等于$2r_0\tan\delta_p$，其中r。为桩体半径，$\delta_p=45°+\Phi_p/2$，Φ_p为散体材料桩桩体材料的内摩擦角；

(2)桩周土与桩体间摩擦力$\tau_M=0$，极限平衡土体中，环向应力$\sigma_\theta=0$。

(3)不计地基土和桩体的自重。

在上述假设的基础上，作用在图 2-2-1（c）中阴影部分土体上力的多边形如图 2-2-1（b）所示。图中 f_M、f_K 和 f_R 分别表示阴影部分所示的平衡土体的桩周界面、滑动面和地表面的面积。根据力的平衡，可得到在极限荷载作用下，桩周土上的极限应力 σ_{ru} 为：

$$\sigma_{ru}=\left(\sigma_s+\frac{2c_u}{\sin 2\delta}\right)\left(\frac{\tan\delta_p}{\tan\delta}+1\right) \qquad (2\text{-}2\text{-}5)$$

式中 c_u——桩间土不排水抗剪强度；

δ——滑动面与水平面夹角；

σ_s——桩周土表面荷载，如图 2-2-1（a）所示；

δ_p——$45°+\varphi_p/2$，其中 φ_p 为桩体材料内摩擦角。

2.2 桩体复合地基承载力计算

将式（2-2-5）代入式（2-2-4），可得到桩体极限承载力为：

$$P_{pf}=\sigma_{ru}\tan^2\delta_p=\left(\sigma_s+\frac{2c_u}{\sin 2\delta}\right)\left(\frac{\tan\delta_p}{\tan\delta}+1\right)\tan^2\delta_p \tag{2-2-6}$$

滑动面与水平面的夹角 δ 要按下式用试算法求出：

$$\frac{\delta_s}{2c_u}\tan\delta_p=-\frac{\tan\delta}{\tan 2\delta}-\frac{\tan\delta_p}{\tan 2\delta}-\frac{\tan\delta_p}{\sin 2\delta} \tag{2-2-7}$$

当 $\sigma_s=0$ 时，式（2-2-6）可改写为：

$$P_{pf}=\frac{2c_u}{\sin 2\delta}\left(\frac{\tan\delta_p}{\tan\delta}+1\right)\tan^2\delta_p \tag{2-2-8}$$

夹角 δ 要按下式用试算法求得：

$$\tan\delta_p=\frac{1}{2}\tan\delta\left(\tan^2\delta-1\right) \tag{2-2-9}$$

设桩体材料内摩擦角 $\varphi_p=38°$（碎石内摩擦角常取为 38°），则 $\delta_p=64°$。由式（2-2-9）试算得 $\delta=61°$，代入式（2-2-8）可得 $P_{pf}=20.8c_u$。这就是计算碎石桩承载力的 Brauns 理论简化计算式。

2.2 桩体复合地基承载力计算

复合地基极限承载力计算式（2-2-1）中天然地基极限承载力除了直接通过载荷试验，以及根据土工试验资料，查阅有关规范确定外，常采用 Skempton 极限承载力公式进行计算。Skempton 极限承载力公式为：

$$P_{sf} = c_u N_c \left(1 + 0.2\frac{B}{L}\right)\left(1 + 0.2\frac{D}{L}\right) + \gamma D \qquad (2\text{-}2\text{-}10)$$

式中 D——基础埋深；

c_u——不排水抗剪强度；

N_c——承载力系数，当 $\varphi = 0$ 时，$N_c = 5.14$；

B——基础宽度；

L——基础长度。

已知桩体极限承载力 P_{pf}和桩间土极限承载力 P_{sf}，则可根据式（2-2-1）得到复合地基极限承载力 P_{cf}值。

复合地基的容许承载力 P_{cc}计算式为：

$$p_{cc} = \frac{p_{cf}}{K} \qquad (2\text{-}2\text{-}11)$$

式中 K——安全系数。

2.2 桩体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

当复合地基加固区下卧层为软弱土层时，按复合地基加固区容许承载力计算基础的底面尺寸后，尚需对下卧层承载力进行验算。要求作用在下卧层顶面处附加应力 p_o 和自重应力 σ_r 之和 p 不超过下卧层土的容许承载力［R］，即

$$p = p_o + \sigma_r \leqslant [R] \tag{2-2-12}$$

为了简化起见，实用上附加应力 p_o，可以采用压力扩散法计算。

桩体复合地基承载力特征值表达式可采用下式表示：

$$f_{spk} = K_1 \lambda_1 m f_{pk} + K_2 \lambda_2 (1 - m) f_{sk} \tag{2-2-13}$$

式中 f_{spk}——复合地基承载力特征值，kPa；

f_{pk}——桩体承载力特征值，kPa；

f_{sk}——天然地基承载力特征值，kPa；

K_1——反映复合地基中桩体实际的承载力特征值与单桩承载力特征值不同的修正系数；

K_2——反映复合地基中桩间土实际的承载力特征值与天然地基承载力特征值不同的修正系数；

λ_1——复合地基达到承载力特征值时，桩体实际承担荷载与桩体承载力

2.2 桩体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

当复合地基加固区下卧层为软弱土层时，按复合地基加固区容许承载力计算基础的底面尺寸后，尚需对下卧层承载力进行验算。要求作用在下卧层顶面处附加应力 p_o 和自重应力 σ_r 之和 p 不超过下卧层土的容许承载力［R］，即

$$p = p_o + \sigma_r \leqslant [R] \tag{2-2-12}$$

为了简化起见，实用上附加应力 p_o，可以采用压力扩散法计算。

桩体复合地基承载力特征值表达式可采用下式表示：

$$f_{spk} = K_1 \lambda_1 m f_{pk} + K_2 \lambda_2 (1 - m) f_{sk} \tag{2-2-13}$$

式中 f_{spk}——复合地基承载力特征值，kPa；

f_{pk}——桩体承载力特征值，kPa；

f_{sk}——天然地基承载力特征值，kPa；

K_1——反映复合地基中桩体实际的承载力特征值与单桩承载力特征值不同的修正系数；

K_2——反映复合地基中桩间土实际的承载力特征值与天然地基承载力特征值不同的修正系数；

λ_1——复合地基达到承载力特征值时，桩体实际承担荷载与桩体承载力

2.2 桩体复合地基承载力计算

特征值的比例；

λ_2——复合地基达到承载力特征值时，桩间土实际承担荷载与桩间土承载力特征值的比例；

m——复合地基置换率。

注意式（2-2-13）中 K_1、K_2 和 λ_1、λ_2 的取值与式（2-2-1）是不相同的。

第二章 复合地基理论概要

2.3 水平向增强体复合地基承载力计算

Dr. Han WX

水平向增强体复合地基主要包括在地基中铺设各种加筋材料，如土工织物、土工格栅等形成的复合地基。加筋土地基是最常用的形式。复合地基工作性状与加筋体长度、强度，加筋层数，以及加筋体与土体间的黏聚力和摩擦系数等因素有关。水平向增强体复合地基破坏可具有多种形式，影响因素也很多。到目前为止，许多问题尚未完全搞清楚，水平向增强体复合地基的计算理论尚不成熟。这里只介绍Florkiewicz(1990)承载力公式，以供借鉴。

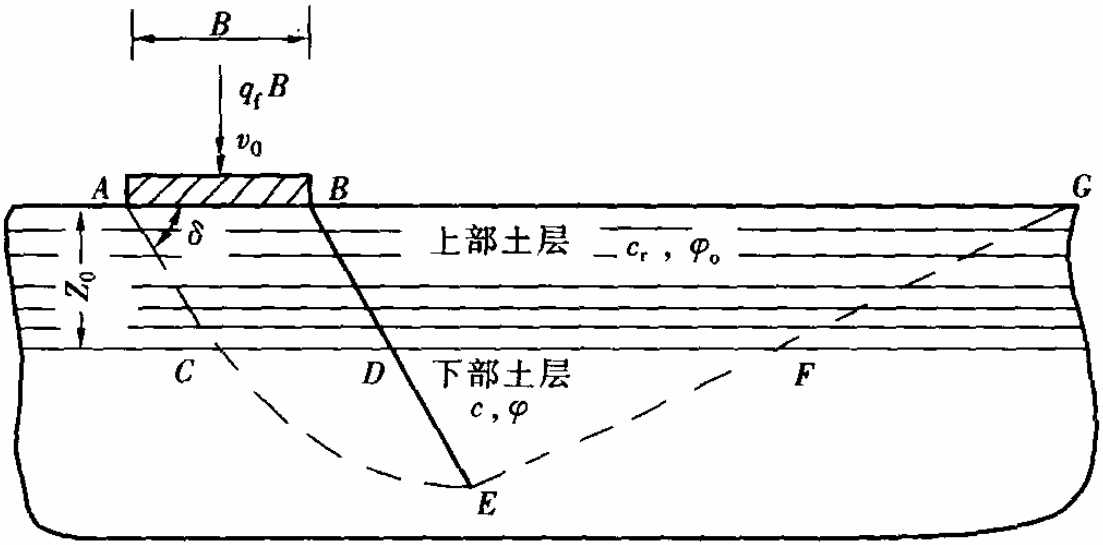


图 2-3-1 水平向增强体复合地基基础上的条形基础

2.3 水平向增强体复合地基承载力计算

图 2-3-1 表示一水平向增强体复合地基上的条形基础。刚性条形基础宽度为 B，下卧层为厚度为 Z_0 的加筋复合土层，其视黏聚力为 c_r 和内摩擦角为 φ_o，复合土层下的天然土层黏聚力为 c，内摩擦角为 φ。Florkiewicz 认为基础的极限荷载 $q_f B$ 是无加筋体（$c_r = 0$）的双层土体系的常规承载力 $q_0 B$ 和由加筋引起的承载力提高值 $\Delta q_f B$ 之和，即

$$q_f = q_0 + \Delta q_f \tag{2-3-1}$$

复合土层中各点的视黏聚力 c_r 值取决于所考虑的方向，其表达式为（Schlosser 和 Long，1974）

$$c_r = \sigma_o \frac{\sin\delta\cos(\delta - \varphi_o)}{\cos\varphi_o} \tag{2-3-2}$$

式中 δ——考虑的方向与加筋体方向的倾斜角；

σ_o——加筋体材料的纵向抗拉强度。

2.3 水平向增强体复合地基承载力计算

采用极限分析法分析，地基土体滑动模式取 Prandtl 滑移面模式，当加筋复合土层中加筋体沿滑移面 AC 断裂时，地基破坏，此时刚性基础速度为 v_0，加筋体沿 AC 面断裂引起的能量消散率增量为：

$$D = AC \cdot c_r v_0 \frac{\cos\varphi_o}{\sin(\delta - \varphi_o)} = \sigma_o v_0 Z_0 \cot(\delta - \varphi_o) \tag{2-3-3}$$

忽略了 $ABCD$ 区和 $BGFD$ 区中由于加筋体存在（$c_r \neq 0$）能量消耗率增量的增加。根据上限定理，可得到承载力提高值表示式如下：

$$\Delta q_f = \frac{D}{v_0 B} = \frac{Z_0}{B}\sigma_o \cot(\delta - \varphi_o) \tag{2-3-4}$$

式中，δ 值根据 Prandtl 的破坏模式确定。

第二章 复合地基理论概要

2.4 复合地基沉降计算

Dr. Han WX

在各类实用计算方法中，通常把复合地基沉降量分为二部分，如图2-4-1所示。图中h为复合地基加固区厚度，z为荷载作用下地基压缩层厚度。加固区的压缩量为S_1，加固区下卧层土体压缩量为S_2。于是，则复合地基的总沉降量S表达式为：

$$S = S_1 + S_2 \tag{2-4-1}$$

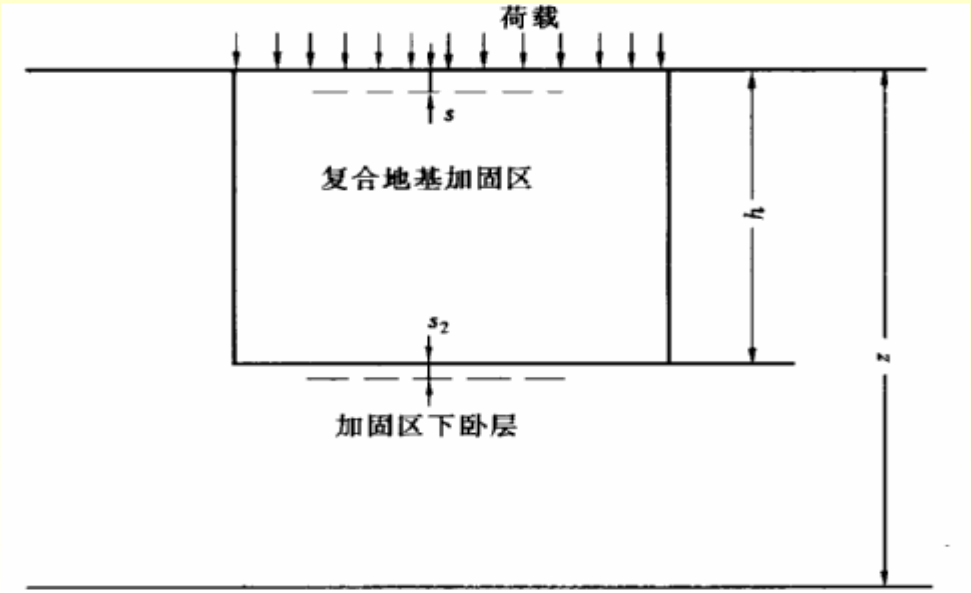


图 2-4-1 复合地基沉降计算模式

2.4 复合地基沉降计算

Dr. Han WX

加固区土层压缩量S_1，可采用复合模量法、应力修正法和桩身压缩量法计算。

(1)复合模量法(E_c法)

将复合地基加固区中增强体和基体两部分视为一复合土体，采用复合压缩模量E_{cs}来评价复合土体的压缩性。

采用分层总和法计算复合地基加固区土层压缩量s_1，表达式为：

$$s_1 = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta p_i}{E_{csi}} H_i \qquad (2\text{-}4\text{-}2)$$

式中 ΔP_i——第 i 层复合土上附加应力增量；

E_{csi}——第 i 层复合土层的复合压缩模量；

H_i——第 i 层复合土层的厚度。

E_{csi}复合压缩模量表达式为：

$$E_{cs} = mE_p + (1-m)E_s \qquad (2\text{-}4\text{-}3)$$

式中 E_p——桩体压缩模量；

E_s——土体压缩模量；

m——复合地基面积置换率。

2.4 复合地基沉降计算

Dr. Han WX

(2)应力修正法(E_s法)

根据桩间土承担荷载P_s和桩间土地压缩模量,采用分层总和法计算复合地基加固区土层压缩量s1，表达式为：

$$s_1 = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta P_{si}}{E_{si}} H_i = \mu_s \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta p_i}{E_{si}} H_i = \mu_s s_{1s} \qquad (2\text{-}4\text{-}4)$$

式中 μ_s——应力修正系数，$\mu_s = \dfrac{1}{1 + m\ (n-1)}$；

n，m——分别为复合地基桩土应力比和复合地基置换率；

Δp_i——未加固地基在荷载 P 作用下第 i 层土上的附加应力增量；

Δp_{si}——复合地基中第 i 层桩间土的附加应力增量，相当于未加固地基在荷载 P_s 作用下第 i 层土上的附加应力增量；

s_{1s}——未加固地基（天然地基）在荷载 P 用下相应厚度内的压缩量。

2.4 复合地基沉降计算

(3) 桩身压缩量法(Ep法)

在荷载作用下，桩身的压缩量 s_p 可用下式计算：

$$s_p = \frac{(\mu_p p + P_{bo})}{2E_p} l \tag{2-4-5}$$

式中 μ_p——应力修正系数，$\mu_p = \frac{n}{1 + m\ (n-1)}$；

l——桩身长度，也等于加固区厚度 h；

E_p——桩身材料变形模量；

p_{bo}——桩底端端承力密度。

加固区土层的压缩量表达式为：

$$s_1 = s_P + \Delta \tag{2-4-6}$$

式中 s_P——桩身压缩量；

Δ——桩底端刺入下卧层土体中的刺入量。

若刺入量 $\Delta = 0$，则桩身压缩量就是加固区土层压缩量。

2.4 复合地基沉降计算

Dr. Han WX

复合地基加固区下卧层土层压缩量s_2通常采用分层总和法计算，其作用在下卧层土体上的荷载或土体中附加应力是难以精确计算的. 目前常用的计算方法为：

(1) 压力扩散法

作用在下卧土层上的荷载P_b为：

$$p_b = \frac{BDp}{(B + 2h\tan\beta)(D + 2h\tan\beta)} \tag{2-4-7}$$

对条形基础，仅考虑宽度方向扩散，则式（2-4-7）可改写为：

$$p_b = \frac{Bp}{(B + 2h\tan\beta)} \tag{2-4-8}$$

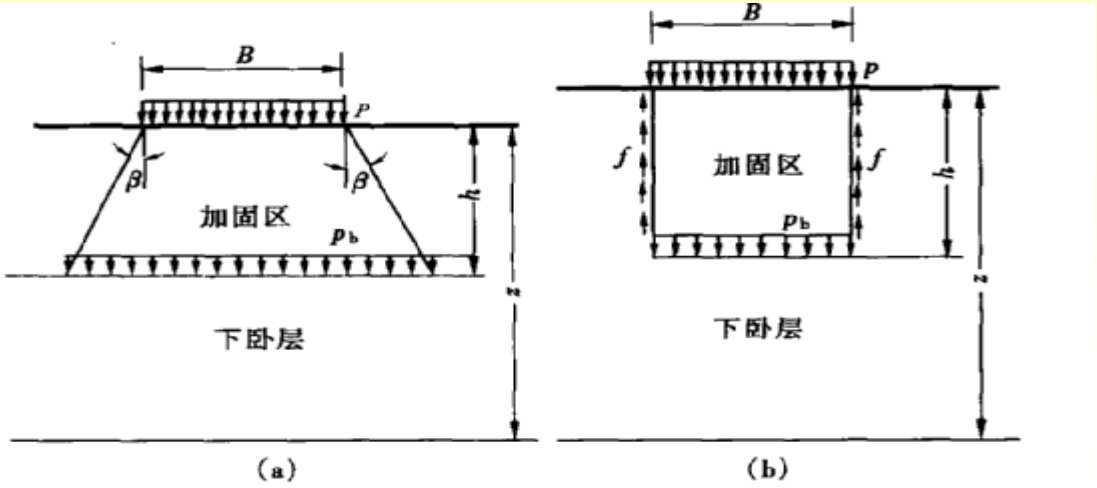


图 2-4-2 压力扩散法和等效实体法

（a）压力扩散法；（b）等效实体法

2.4 复合地基沉降计算

Dr. Han WX

(2) 等效实体法

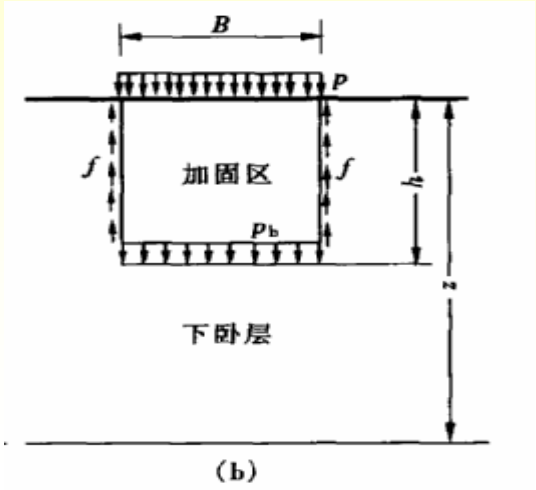
等效实体法计算加固区下卧层上附加应力示意图，荷载密度p，作用面长度D，宽度B，加固区厚度h，等效实体侧平均摩阻力密度为f. 则作用在下卧层上的附加应力P_b为：

$$p_b = \frac{BDp - (2B + 2D)\ hf}{BD} \qquad (2\text{-}4\text{-}9)$$

对条形基础，上式可改写为：

$$p_b = p - \frac{2h}{B}f \qquad (2\text{-}4\text{-}10)$$

在计算中要重视等效实体平均侧摩阻力密度的合理选用。



2.4 复合地基沉降计算

Dr. Han WX

(3) 改进Geddes法

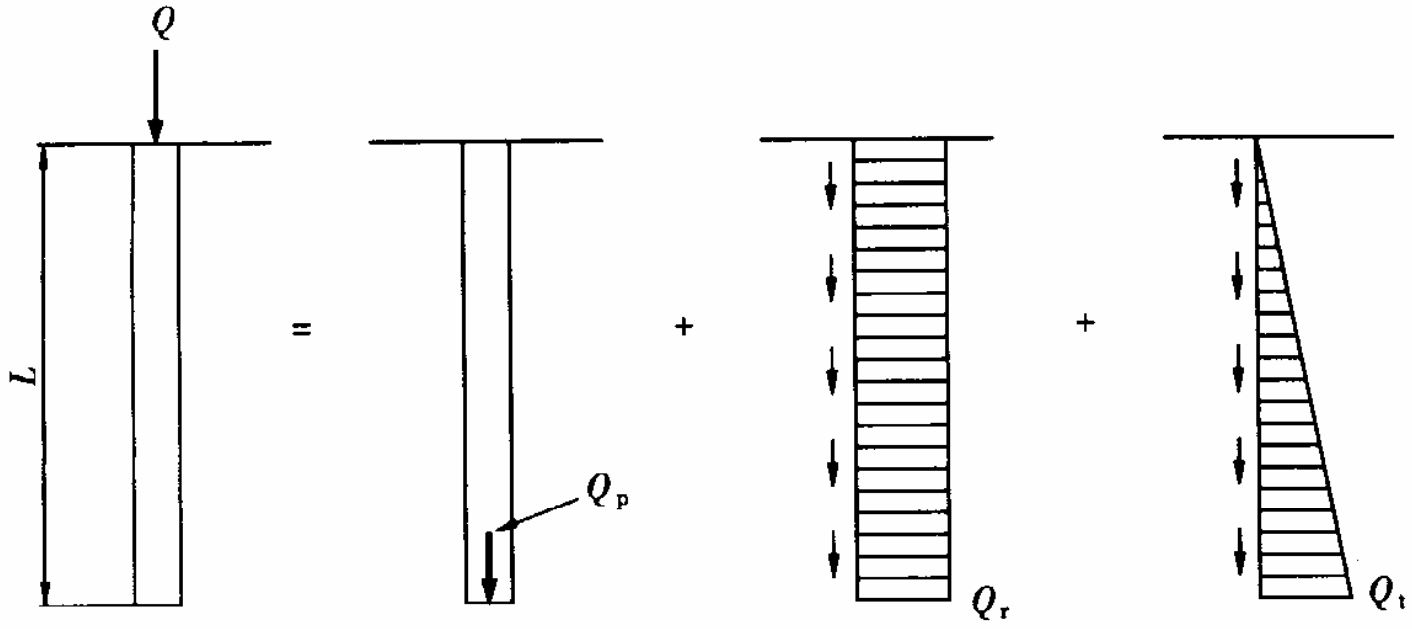


图 2-4-3 单桩荷载分解为三种形式荷载的组合

S.D.Geddes（1966）认为长度为 L 的单桩在荷载 Q 作用下对地基土产生的作用力，可近似视作如图 2-4-3 所示的桩端集中力 Q_p，桩侧均匀分布的摩阻力 Q_r 和桩侧随深度线性增长的分布摩阻力 Q_t 等三种形式荷载的组合。S.D.Geddes 根

2.4 复合地基沉降计算

(3) 改进Geddes法

据弹性理论半无限体中作用一集中力的 Mindlin 应力解积分，导出了单桩的上述三种形式荷载在地基中产生的应力计算公式。地基中的竖向应力 $\sigma_{z,Q}$可按下式计算：

$$\sigma_{z,Q} = \sigma_{z,Q_p} + \sigma_{z,Q_r} + \sigma_{z,Q_t} = Q_p K_p / L^2 + Q_r K_r / L^2 + Q_t K_t / L^2 \qquad (2\text{-}4\text{-}11)$$

式中，K_p，K_r 和 K_t 为竖向应力系数，其表达式较繁冗，详见文献（Geddes，1966）。

对于由 n 根桩组成的桩群，地基中竖向应力可对这 n 个根桩逐根采用式（2-4-11）计算后叠加求得。

由桩体荷载 P_p 和桩间土荷载 P_s 共同产生的地基中竖向应力表达式为：

$$\sigma_z = \sum_{i=1}^{n} (\sigma_{z,Q_P^i} + \sigma_{z,Q_r^i} + \sigma_{z,Q_t^i}) + \sigma_{z,P_S} \qquad (2\text{-}4\text{-}12)$$

根据式（2-4-12）计算地基土中附加应力，采用分层总和法可计算复合地基沉降。

第二章 复合地基理论概要

2.5 基础刚度和垫层对桩体复合地基性状影响

Dr. Han WX

在建筑工程中，无论是条形基础，还是筏形基础，基础刚度都很大，可称为刚性基础。将类似土堤下的桩体复合地基称为柔性基础下复合地基。

当复合地基各种参数都相同时，在荷载作用下，柔性基础下复合地基的桩土荷载分担比要比刚性基础下复合地基的桩土荷载分担比小，也就是说刚性基础下复合地基中桩体承担的荷载要比柔性基础下复合地基桩体承担的大。

现场试验研究表明(吴慧明)：柔性基础下桩体复合地基和刚性基础下桩体复合地基破坏模式不同。当荷载不断增大时，柔性基础下桩体复合地基破坏是由土体先破坏造成的，而刚性基础下桩体复合地基破坏是由桩体先破坏造成的。

桩体复合地基极限承载力大小与基础刚度有关。其他条件相同情况下，刚性基础下复合地基比柔性基础下复合地基的极限承载力大。在相同的条件下，柔性基础下复合地基的沉降比刚性基础下复合地基沉降要大。柔性基础下桩体复合地基沉降较大的原因有两个方面：一是土中应力大，二是桩会向上刺人像土堤这样的柔性基础。

第二章 复合地基理论概要

2.5 基础刚度和垫层对桩体复合地基性状影响

Dr. Han WX

为了提高柔性基础下复合地基桩土荷载分担比，减小复合地基沉降，可在复合地基和柔性基础之间设置刚度较大的垫层，如灰土垫层、土工格栅碎石垫层等。不设较大刚度的垫层的柔性基础下桩体复合地基应慎用。

为了改善刚性基础下复合地基性状，常在复合地基和刚性基础之间设置柔性垫层。柔性垫层一般为砂石垫层。设置柔性垫层可减小桩土荷载分担比，同时可改善复合地基中桩体上端部分的受力状态。柔性垫层的存在使桩体上端部分中竖向应力减小，水平向应力增大，造成该部分桩体中剪应力减小，这对改善低强度桩的桩体受力状态是非常有利的。设置柔性垫层可增加桩间土承担荷载的比例，较充分利用桩间土的承载潜能。

刚性基础下复合地基桩土荷载分担比与设置的砂石垫层的厚度有关，垫层愈厚，桩土荷载分担比愈小。垫层厚度达到一定数值后，继续增加垫层厚度，桩土荷载分担比并不会继续减小。在实际工程中，还需考虑工程费用。综合考虑，通常采用300-500mm厚的砂石垫层。

第二章 复合地基理论概要

思考题

Dr. Han WX

1. 简述复合地基的定义和分类.
2. 简述复合地基与浅基础、桩基础在荷载传递路线方面的差别，试说明什么是复合地基的本质。
3. 简述桩体复合地基承载力的计算思路。
4. 简述复合地基沉降计算方法。
5. 评述刚性基础下桩体复合地基和柔性基础下桩体复合地基性状的差异。
6. 分析垫层对复合地基性状的影响。