

原作者序言

本书论述对桩基础设计有帮助的分析方法。虽然过去已经有许多优秀的书籍谈到了桩基础的许多实际问题，例如，影响桩基础型式选择的因素、桩的设置技术以及桩施工和维护的实用细则，但是我们不准备重复这类资料。本书的目的则是：

- (1) 提供可靠的理论方法来预估桩的变形和承载力。
- (2) 提出各式各样情况下的参数解法。
- (3) 示范说明这些方法如何在设计中应用，
- (4) 评论这些方法对实际问题的适用性。

任何理论都是为了获得易于处理的数学解，因此作一些理想化的处理是必要的，特别是在处理土的问题上更是如此。本书在处理桩基变形时，一般都假定土是弹性材料，并对桩-土滑动和土的屈服进行适当的修正。虽然即便具有吸引力的均质和各向同性的理想属性的那样实际土也是不多的，但是在有限应力范围内仍可当作弹性体处理，其条件是只要“弹性”参数的确定不超越上述应力范围。当按上述方式以应有的审慎和工程判断力应用理论时，采用弹性理论来预估浅基础和深基础的变形已经取得相当大的成功。虽然在分析桩的各种问题时，也成功地使用了其它的简易土模型（例如，对于侧向载荷桩，使用了基床反力理论），但是弹性理论为分析各种型式的基础提供了一个统一的理论基础；弹性理论还使鉴定对桩工作性能产生重要影响的桩参数成为可能。由于弹性理论估计到应力通过物体的传递，因此就能用这种理论来分析两根或更多根桩之间的相互作用，从而检验桩群的性状。

本书由下列内容组成：

- (1) 桩在竖向荷载作用下的性状（第二至第六章）。
- (2) 桩在侧向荷载作用下的性状（第七至第八章）以及桩在竖向和侧向荷载联合作用下的性状（第九章）。
- (3) 桩-筏基的性状（第十章）。
- (4) 经受竖向或侧向土位移的桩（第十一至第十三章）。
- (5) 诸如桩的压屈、动力荷载及桩的荷载试验等其它课题（第十四至第十六章）。

虽然本书内容所涉及的课题较为广泛，但不是已经包罗殆尽。而且，岩土工程学的分析技术进展极为迅速，有可能出现这样的情形：即我们现在所叙述的分析技术被通用性更强的能模拟土的真实性状的方法所取代。尽管如此，我们认为本书中提出的分析技术和解法，可以用于有效地解决实际问题，并给出了一系列基本的结果。这些结果可以用来校核更复杂的分析。

本书中的一些计算例题用于说明如何在求解实际问题时的应用。目前，由于计量单位还没有标准化，所以有些例题用的是国际（S·I·）单位，有些是英制单位，还有少数例题用了欧州大陆的米制单位。

（以下谢忱从略）。

H·C·波耶斯 (Poulos)

E·H·戴维斯 (Davis)

江苏工业学院图书馆

藏书章

原作者序言

本书论述对桩基础设计有帮助的分析方法。虽然过去已经有许多优秀的书籍谈到了桩基础的许多实际问题，例如，影响桩基础型式选择的因素、桩的设置技术以及桩施工和维护的实用细则，但是我们不准备重复这类资料。本书的目的则是：

- (1) 提供可靠的理论方法来预估桩的变形和承载力。
- (2) 提出各式各样情况下的参数解法。
- (3) 示范说明这些方法如何在设计中应用，
- (4) 评论这些方法对实际问题的适用性。

任何理论都是为了获得易于处理的数学解，因此作一些理想化的处理是必要的，特别是在处理土的问题上更是如此。本书在处理桩基变形时，一般都假定土是弹性材料，并对桩-土滑动和土的屈服进行适当的修正。虽然即便具有吸引力的均质和各向同性的理想属性的那样实际土也是不多的，但是在有限应力范围内仍可当作弹性体处理，其条件是只要“弹性”参数的确定不超越上述应力范围。当按上述方式以应有的审慎和工程判断力应用理论时，采用弹性理论来预估浅基础和深基础的变形已经取得相当大的成功。虽然在分析桩的各种问题时，也成功地使用了其它的简易土模型（例如，对于侧向载荷桩，使用了基床反力理论），但是弹性理论为分析各种型式的基础提供了一个统一的理论基础；弹性理论还使鉴定对桩工作性能产生重要影响的桩参数成为可能。由于弹性理论估计到应力通过物体的传递，因此就能用这种理论来分析两根或更多根桩之间的相互作用，从而检验桩群的性状。

本书由下列内容组成：

- (1) 桩在竖向荷载作用下的性状（第二至第六章）。
- (2) 桩在侧向荷载作用下的性状（第七至第八章）以及桩在竖向和侧向荷载联合作用下的性状（第九章）。
- (3) 桩-筏基的性状（第十章）。
- (4) 经受竖向或侧向土位移的桩（第十一至第十三章）。
- (5) 诸如桩的压屈、动力荷载及桩的荷载试验等其它课题（第十四至第十六章）。

虽然本书内容所涉及的课题较为广泛，但不是已经包罗殆尽。而且，岩土力学的分析技术进展极为迅速，有可能出现这样的情形：即我们现在所叙述的分析技术被通用性更强的能模拟土的真实性状的方法所取代。尽管如此，我们认为本书中提出的分析技术和解法，可以用于有效地解决实际问题，并给出了一系列基本的结果。这些结果可以用来校核更复杂的分析。

本书中的一些计算例题用于说明如何在求解实际问题时的应用。目前，由于计量单位还没有标准化，所以有些例题用的是国际（S·I·）单位，有些是英制单位，还有少数例题用了欧州大陆的米制单位。

（以下谢忱从略）。

H·C·波耶斯 (Poulos)

E·H·戴维斯 (Davis)

目 录

第一章 一般原理

1.1 引言	(1)
1.2 结构上的探讨	(1)
1.3 所需的基本理论	(2)
1.3.1 破坏理论	(2)
1.3.2 弹性理论	(2)
1.3.3 土类型的变化	(2)
1.3.4 理想化的作用	(3)
1.4 桩的理论计算的举例	(3)
1.4.1 深厚粘土层上受竖向载荷的基础	(3)
1.4.2 砾石层上复粘土中受竖向载荷的基础	(4)
1.4.3 承受转动的基础	(5)

第二章 桩的设置效应

2.1 引言	(7)
2.2 粘土中打桩的效应	(7)
2.2.1 对土的抗剪强度和桩的承载力的影响	(8)
2.2.2 打桩时孔隙压力的发展	(8)
2.2.3 超孔隙压力的消散	(10)
2.2.4 打桩引起的位移	(10)
2.3 砂土中打桩的效应	(14)
2.3.1 单桩	(14)
2.3.2 桩群	(15)
2.4 设置钻孔桩的效应	(17)
2.4.1 粘土	(17)
2.4.2 砂土	(18)

第三章 桩的极限承载力

3.1 引言	(20)
3.2 单桩的极限承载力	(20)
3.2.1 一般表达式	(20)
3.2.2 粘土中的桩	(26)
3.2.3 砂土中的桩	(28)
3.3 桩群	(34)
3.3.1 粘土中的桩群	(35)
3.3.2 砂土中的桩群	(40)
3.4 打到岩石的桩	(43)

3.4.1 桩尖承载力	(43)
3.4.2 桩-岩石粘着力	(45)
3.5 原位测试	(46)
3.5.1 静力圆锥贯入仪	(46)
3.5.2 标准贯入试验	(47)
3.5.3 旁压仪试验	(48)
3.6 特殊类型的桩	(48)
3.6.1 大型钻孔桩	(48)
3.6.2 扩孔钻孔桩	(48)
3.6.3 螺旋桩	(49)
3.7 抗拔阻力	(50)
3.7.1 单桩	(50)
3.7.2 桩群	(53)
3.8 弯桩的承载力	(54)
第四章 用动力法确定承载力	
4.1 引言	(57)
4.2 打桩公式	(57)
4.2.1 通用公式的推导	(59)
4.2.2 实用打桩公式	(59)
4.2.3 动力公式的可靠性	(59)
4.3 用波动方程分析桩的打入	(64)
4.3.1 波动方程	(64)
4.3.2 施密斯的理想化	(65)
4.3.3 基本方程	(66)
4.3.4 土参数的值	(70)
4.3.5 “休止”效应	(72)
4.4 波动方程分析的典型解	(72)
4.4.1 阻力对沉落量的曲线	(72)
4.4.2 桩应力	(75)
4.5 波动方程的可靠性	(75)
4.6 桩的阻抗	(76)
第五章 单桩的沉降分析	
5.1 引言	(78)
5.2 理论分析方法	(78)
5.2.1 荷载传递法	(78)
5.2.2 以弹性理论为依据的分析	(81)
5.2.3 有限单元分析	(91)
5.2.4 明德林法与有限单元法两种解的比较	(92)
5.3 沉降和荷载分布的理论解	(93)

5.3.1	桩中应力和荷载分布	(93)
5.3.2	传递到桩尖的荷载	(94)
5.3.3	桩的沉降	(95)
5.3.4	桩所引起的土体沉降	(105)
5.3.5	瞬时和最终沉降	(107)
5.4	绘制直到破坏的荷载—沉降曲线图的简化方法	(110)
5.5	土参数的确定	(113)
5.5.1	实验室的三轴试验	(113)
5.5.2	桩的荷载试验	(114)
5.5.3	经验相关性	(114)
5.5.4	K 的标准值	(116)
5.6	观测的与预估的桩沉降量的一些对比	(116)
第六章 桩群的沉降		
6.1	引言	(122)
6.2	桩群沉降的分析	(122)
6.2.1	两根桩相互作用的分析	(122)
6.2.2	相互作用系数	(123)
6.2.3	一般桩群的分析	(130)
6.3	独立式桩群的理论解	(134)
6.3.1	摩擦和端承桩群的沉降	(134)
6.3.2	具有刚性承台的桩群中的荷载分布	(139)
6.3.3	等量荷载桩的桩群	(142)
6.3.4	桩群视作为单墩的近似法	(143)
6.4	可压缩下卧层引起的桩群沉降	(144)
6.5	设计图表的编制与使用	(146)
6.6	桩群周围的地面沉降	(148)
6.7	观测的和理论的桩群性状	(149)
6.7.1	沉降	(149)
6.7.2	荷载分布	(153)
6.7.3	由单桩试验结果预估的桩群性状	(154)
第七章 桩的极限侧向抗力		
7.1	引言	(156)
7.2	单桩	(156)
7.2.1	常规的静力方法	(156)
7.2.2	勃鲁姆斯的理论	(159)
7.2.3	平面应变解	(164)
7.2.4	具有明显底部抗力的桩	(165)
7.2.5	嵌入桩	(166)
7.2.6	承受倾斜荷载的桩	(167)

7.2.7 斜桩	(169)
7.3 桩群	(170)
7.3.1 竖直桩的桩群	(170)
7.3.2 含有斜桩的桩群	(171)
7.4 用桩增加边坡的稳定性	(172)
7.5 增加桩侧向抗力的方法	(174)
第八章 侧向荷载桩的荷载-挠度的预估	
8.1 引言	(175)
8.2 基床反力分析	(176)
8.2.1 基本理论	(176)
8.2.2 线性理论的解	(179)
8.2.3 基床反力模量	(186)
8.2.4 非线性分析	(190)
8.3 单桩的弹性分析	(192)
8.3.1 基本理论	(192)
8.3.2 均匀土中摩擦桩的解	(198)
8.3.3 土模量按线性增加土中摩擦桩的解法	(209)
8.3.4 嵌入桩的解	(216)
8.4 桩群的分析	(229)
8.4.1 绪论	(229)
8.4.2 两根桩之间相互作用的弹性分析	(230)
8.4.3 两根桩的相互作用的解	(231)
8.4.4 一般桩群的弹性分析	(240)
8.4.5 方形桩群的弹性解	(242)
8.4.6 桩群的荷载-挠度曲线的近似预估	(246)
8.5 土模量的确定	(248)
8.6 理论的与观测的荷载-挠度性状的对比	(251)
第九章 桩群的一般分析	
9.1 引言	(259)
9.2 简单的静力分析	(259)
9.3 等效排架法	(260)
9.3.1 方法的原理	(260)
9.3.2 等效排架的确定	(261)
9.3.3 桩的扭转反应	(263)
9.4 桩性状的弹性连续体分析	(265)
9.4.1 单根斜桩的分析	(265)
9.4.2 桩群的分析	(269)
9.4.3 桩群参数的研究	(271)
9.5 桩群分析方法的对比	(276)

第十章 桩-筏基础体系	
10.1 引言	(279)
10.2 分析	(279)
10.3 方形桩群的弹性解	(282)
10.3.1 泊松比 ν_0 的影响	(284)
10.3.2 桩排列的影响	(286)
10.3.3 具有大量桩数的体系	(287)
10.3.4 桩的压缩性和筏基的柔性的效应	(287)
10.4 直至破坏的荷载-沉降曲线的简化分析	(289)
10.5 其它的分析方法	(292)
第十一章 端承桩的负摩擦力	
11.1 引言	(294)
11.2 设有仪表的桩的现场研究	(293)
11.2.1 观测的下拽力	(298)
11.2.2 下拽力随时间的发展	(298)
11.2.3 桩的打入对负摩擦的效应	(298)
11.2.4 减小负摩擦的方法	(298)
11.3 下拽力的分析	(300)
11.3.1 绪论	(300)
11.3.2 最终下拽力的分析	(302)
11.3.3 下拽力随时间的发展	(303)
11.3.4 弹性分析的修正	(303)
11.4 单桩的理论解	(305)
11.4.1 最终最大的下拽力	(305)
11.4.2 下拽力的发展速率	(307)
11.4.3 桩的沉降	(310)
11.4.4 沉降的发展速率	(313)
11.4.5 桩的压碎效应	(313)
11.4.6 在承受可变荷载的土中的桩	(315)
11.4.7 桩-土参数的数据	(316)
11.5 桩群	(320)
11.6 实测的与预计的桩性状之间的对比	(322)
第十二章 在胀缩性土中的桩	
12.1 引言	(326)
12.2 现有的分析方法	(326)
12.3 基于弹性理论的分析	(328)
12.3.1 基本分析	(328)
12.3.2 桩-土滑动	(329)
12.3.3 桩的受压破坏	(329)

12.3.4	桩的受拉破坏	(329)
12.3.5	非均匀土	(329)
12.3.6	随时间的变化	(330)
12.4	桩移动和荷载的标准解	(330)
12.4.1	纯弹性的土-桩界面	(330)
12.4.2	结合桩-土滑动的解	(331)
12.4.3	桩受拉破坏的效应	(335)
12.4.4	桩在膨胀土中与在固结土中的差异	(333)
12.5	设计曲线	(336)
12.6	理论分析应用于实际问题	(339)
12.6.1	土-移动剖面的预测	(339)
12.6.2	桩-土界面强度	(340)
12.6.3	土模量	(341)
12.7	桩性状的观测及其与理论的对比	(342)
第十三章 承受侧向移动的土中桩		
13.1	引言	(344)
13.2	分析	(344)
13.3	典型的结果	(346)
13.3.1	相对桩柔度的效应	(347)
13.3.2	边界条件的效应	(349)
13.3.3	土移动分布的效应	(351)
13.3.4	土移动量的效应	(351)
13.3.5	桩径的效应	(351)
13.3.6	E_s 和 P_y 分布的效应	(351)
13.4	对实际问题分析的应用	(352)
13.5	与现场量测的对比	(352)
第十四章 细长桩的压屈		
14.1	引言	(356)
14.2	全埋入的桩	(356)
14.2.1	基本的基床反力理论	(356)
14.2.2	k_h 为常数时的解	(357)
14.2.3	k_h 呈线性变化的解	(359)
14.3	部分埋入的桩	(360)
14.3.1	理论的方法	(360)
14.3.2	k_h 为常数时的解	(360)
14.3.3	k_h 呈线性变化时的解	(360)
14.4	实际复杂性的效应	(361)
14.4.1	沿桩的轴向荷载传递	(361)
14.4.2	初始的缺陷	(363)

14.4.3	非弹性压屈	(363)
14.4.4	桩群的效应	(364)
14.5	用弹性理论的分析	(364)
14.5.1	分析	(364)
14.5.2	标准解	(368)
14.5.3	与基床反力解的对比	(371)
第十五章 桩的动力荷载		
15.1	引言	(372)
15.2	动力荷载的估算	(373)
15.2.1	机器荷载	(373)
15.2.2	波浪力	(374)
15.2.3	地震力	(374)
15.3	桩对轴向荷载的反应	(375)
15.3.1	端承桩	(375)
15.3.2	摩擦桩或具有荷载传递的端承桩	(376)
15.3.3	桩群	(382)
15.4	桩对侧向荷载的反应	(384)
15.4.1	等效悬臂梁体系	(384)
15.4.2	有限差分分析	(385)
15.4.3	诺瓦克的分析	(388)
15.4.4	桩群	(388)
15.5	桩对地震力的反应	(390)
第十六章 桩的荷载试验		
16.1	引言	(391)
16.2	保持荷载的试验	(391)
16.2.1	方法	(391)
16.2.2	荷载试验的解释	(392)
16.3	不变速率贯入 (C.R.P) 试验	(395)
16.4	平衡法	(396)
16.5	桩荷载试验中沉降测量的误差来源	(397)
16.5.1	由使用参考梁引起的误差	(397)
16.5.2	对锚桩用千斤顶引起的误差	(398)
16.5.3	对地锚用千斤顶引起的误差	(401)
16.6	侧向荷载试验	(403)
16.7	扭转试验	(403)
附录A 桩沉降分析的明德林方程的积分		
附录B 侧向荷载桩分析的弹性方程		
参考文献		
作者索引		
题目索引		

第一章 一般原理

1.1 引言

桩的使用是人类在软土上为住处奠基时克服困难的最古老方法。虽然桩的使用可以回溯到史前期的湖边村落时代，但是，直到十九世纪末叶以前，桩基础设计完全基于经验，或则甚至依靠上天保佑。有关桩的近代文献可以说是从“桩与打桩”(Piles and Pile Driving)的发表开始的。该文由“工程新闻”(以后改为“工程新闻记录”)的威灵顿(Wellington)在1893年主编的。在文集中提出了大有名气的“工程新闻”打桩公式。从这首次对桩承载力理论评价的尝试起，曾出版了大量有关桩基础性能的现场经验及实验资料。近年来，对基础工程师可靠地预估他的桩设计性状的要求不断提高，激励人们对桩或桩群与埋置桩的土之间的相互作用去作更精深的理论研究。因此，现在相称的理论性理解已与大量的经验知识保持平衡。

经验论与理论之间的平衡是许多工程领域内进步的共同特点。任何工程设计或实际问题的解决，可以在两个方面出现不完善之处。一种是可能因不足而成为不完善：即是结构的局部失效或变形过大；就本文来说，则是设计造成桩太少、桩太细或桩过短。另一种可能因过量而成为不完善，即是桩过多，过长或过于粗壮，因此成为一个过分昂贵的设计。基于经验论的设计倾向于将注意力集中到不足，因为记载的经验一般仅仅区分不令人满意的和没有麻烦的工作性能，而很少去辨别经济的和不经济的设计。只有在分析意义上以及经验意义上了解工程结构性状，工程师们才能适当地期望获得既不欠缺、又不过量的设计。换句话说，要取得实际工程性状的经验的完全效益，重要的是对问题要有个完善的理论性理解。当然，同样重要的是，工程理论最初建立在经验的基础上并借助于进一步的经验而得到引伸和改进。

1.2 结构上的探讨

最适当的办法是将重要建筑物的设计分为两个组成部分：即结构设计和基础设计。仅仅为了结构本身的理由，假定结构产生某些柱荷载，而不过需要基础来支承这些预定荷载。实际上，对复杂的结构来说，基础上的荷载决定着基础的移动，而这个移动又影响着结构所施加的荷载，因为结构与基础之间必然会有相互作用。结构框架的整个复合体、基础组成部分（基脚、桩、桩承台、筏基等等）以及作为地基材料的土或岩石，在事实上一起构成一个相互作用的结构体系。桩与埋置桩的土之间的相互作用以及一根桩与另一根桩之间的相互作用，提供了所有起相互作用的结构组成大复合体中的小复合体。

假如要使全面结构处理取得成功，我们需要对特定的桩比承载力分类（比如50吨桩）知道得更多。还需要知道桩的直到破坏为止的荷载-沉降，有可能的话，还有桩在侧向荷载和弯矩作用下的性状以及邻近的桩如何对其性状引起改变的。这与我们需要了解梁和柱的全部荷载-变形特征是类似的，也就是说，在我们能够分析其全部结构框架以前，仅仅了解它们的承载力是不够的。

本书的绝大部分关系到把桩基体系的荷载—变形和破坏性状提高到那样精深水平，即与用于结构框架体系的分析处理相类似。随着这一点的完成，使用现代化计算机程序把结构体系与基础体系合而为一，是相对地简易，但这件事则超出了本书的范围。

1.3 所需的基本理论

桩埋置在土中对土起到增强作用，增加土的荷载支承力并改进土的变形性状。这与用钢筋增强钢筋混凝土或预应力混凝土相类似；遗憾的是，虽然在混凝土构件中用简单的弯曲理论一般就可以获得足够准确的分析，但是对埋置在桩周围的土的连续-扩散性质，作出桩的增强效果的相应分析却是困难得多。

1.3.1 破坏理论

在现有的知识水平下，尽管对桩底可以应用普通的承载力理论，通常仅可能考虑破坏现象，而这种现象发生在土与桩周交界面上，同时忽视土内的破坏细节。因此在竖向破坏时，桩身与土之间交界面处的剪力，达到一个极限值（此值可能按深度和土的类型而变化）；在由侧向荷载和弯矩引起的水平方向的破坏时，交界面处的法向剪应力达到一个极限值（此值仍然可能按深度而变化）。在这类简化的方法中，对一根特定的桩，不能估计由于附近的桩而对破坏荷载作任何的折减。对于密集的桩群，其破坏荷载有时可以在假定桩及桩间土按一个实心块体作用的条件下，根据埋入基础的承载力理论进行计算。如果这个荷载小于单桩破坏荷载的总和时，这个荷载就可以作为答数。

1.3.2 弹性理论

土和岩石都不是理想的弹性材料，因而它们的应力和应变不是线性关系。当应力减小时，它们的应变不能全部恢复，而且应变与时间有关。但是，至少可以说当应力增加时，土的应变也增加，更进一层，对于处在桩-土连续体状况下的土，比线弹性材料更复杂的假设，一般将导致缺乏有用通性的过份复杂化理论。因此，如果采用对特定问题合适的弹性“常数”使用线弹性理论是有利的，对工程用途是足够准确的。也就是，弹性常数是或从类似条件下桩现场试验反算得到的，或是由应用与特定情况下的土体平均变化相似的应力变化的实验室试验确定的。

土的基本弹性反应由明德林（Mindlin）的应力和变位方程组给出。该方程组的建立条件是由在弹性半空间表面下某一点处施加的水平或竖向点荷载引起的贯穿半空间的应力和变位。用上述方程组可以导出弹性土中的弹性桩的解。如将在随后的章中说明的，将此基本反应可以经过积分以给出桩-土交界面处的应力，方法是使得按此法得出的桩和土位移具有相容性。于是，考虑到交界面某些部分破坏的修正，将是比较容易地进行的。

另一种方法是，可以假定弹性反应为一系列的不连接的弹簧，即是文克勒（Winkler）介质或基床反力假设。不管这个方法的支持者怎么说，这个方法肯定在根本上次于明德林方程的弹性连续体方法，因为它忽视贯穿土体的各个单元间真实的相互连系，可是，它确有计算简便的有利之处，也许还更易于适应例如土类型变化的复杂性。另一方面从来不能用它来计算邻近桩之间的相互作用那样的重要问题。

1.3.3 土类型的变化

使实际地下状态适当理想化，就时常要研究一层或多层具有不同土特性的性质有别的土

层。在软粘土中的桩，常常要打到坚实的砂层，而在遇到基岩之前，砂层还依次复盖不同的粘土。因此，破坏理论和变形理论都应该能应付土的这类逐层性质变化。对于这种情况，破坏理论的修正显示的困难极小，但是，变形理论的修正可能需要一系列简化假设。

1.3.4 理想化的作用

工程理论仅能给出在理想状况下的工程性状。理论必须从有关材料的性质及其倾向的假设出发。例如对桩的性状这样复杂的问题，工程理论本身常常不是十分严密的，因为即使在理想条件时也必须用近似方法取得数值答案。因此，一组特定的数值答案，对理想问题足够准确程度需要进行判断。这种判断主要是研究工程师的任务。在实践方面，对理想状况适合真实状况的准确程度也要进行判断。这个判断主要是实践工程师的任务。识别这两种判断之间的区别是很重要的，决不能把两者混为一谈，例如，对预测性状的现实性不用以后的观测加以验证意味着，或者预测是依据不准确的理论，或者预测是依据不真实的理想化的假设，或者甚至两者都有。

1.4 桩的理论计算举例

为了预先评比由以后各章所提出的可能的预测型式，现给出不同例的桩基础的计算结果，并与地面板式基础作对比。

1.4.1 深厚粘土层上
竖向荷载的基础

所研究的基础示于图 1.1 中。各个基础都承受相同的荷载并采用同样的抗极限破坏的安全系数。计算的性状列于表 1.1 中。从表中可以看出，在软粘土上承受比较重的荷载时，选择地面板式基础是靠不住的，很可能有过大的沉降量。而且，大部分的沉降量是不可能恢复的，如果荷载发生变化还将产生进一步的沉降。大直径的单桩和 4 根桩的桩群有同样的性状，甚至还促成比

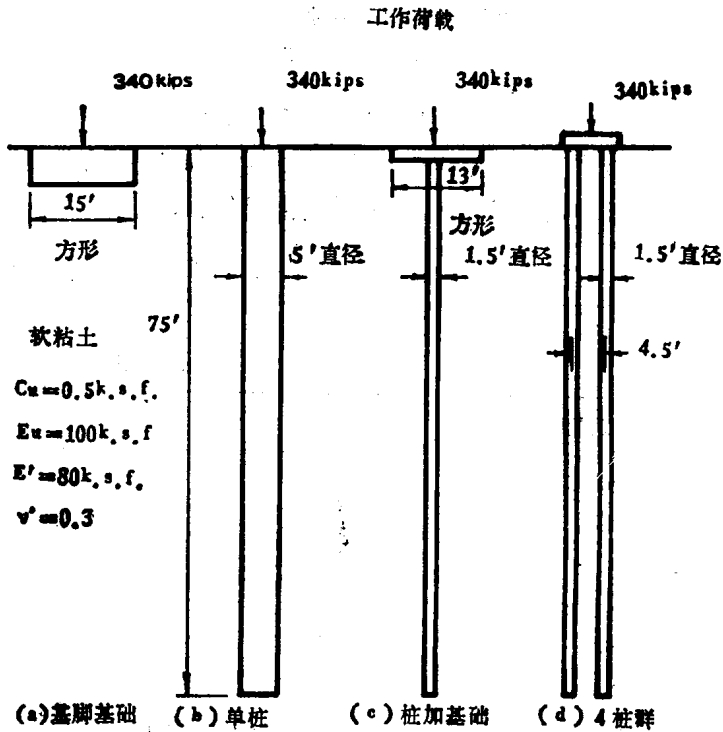


图1.1 实例1：深厚粘土层上的基础

满意的沉降量更小的沉降量。带小直径桩的板式基础是不常有的，但是却代表着单一的板式基础和单一的桩两者之间的有趣情况。在工作荷载时，桩承担了全部的破坏荷载，但是还解决了把沉降量降低到远低于单一板式基础的沉降量。

表1.1 在深厚粘土层上的实例基础的性状^a

实 例		1a	1b	1c	1d
		板式基础	单桩	桩+板	4根桩的桩群
安全系数		2	2	2	2
承担破坏	板或承台	100		73	14
荷载的百分数	桩 身		87	26	83
	桩 底		13	1	3
承担工作荷	板或承台	100		45	5
载的百分数	桩 身		92	53	93
	桩 底		8	2	2
工作荷载作用下 的沉降量	瞬 时	4.1英寸	0.9英寸 ^b	2.3英寸	0.8英寸 ^c
	由土屈服引起的				
	瞬时沉降量约占百分数	56%	0%	36%	0%
	固 结	1.2英寸	0.1英寸	0.4英寸	0.2英寸
	最终沉降总量	5.3英寸	1.0英寸	2.3英寸	1.0英寸

- a 参见图1—1。
b 当作柱的桩的弹性压缩=0.04英寸
c 当作柱的桩群的弹性压缩=0.11英寸

1.4.2 有砾石复盖的粘土中竖向荷载的基础

地面板式基础和打入软粘土下的坚实砾石地基的单根桩的情况，示出在图1.2 中。每个基础仍是承担同样的荷载，并有同样的安全系数。其计算结果由1.2 表给出。板式基础的性

表1.2 位于砾石上的粘土中的实例基础的性状^a

例 例		2a	2b
		板式基础	端承桩
安全系数		2	2 (由混凝土强度决定)
承受破坏荷载的 百分数	板式基础	100	
	桩 身		13
	桩 底		87
承受工作荷载的 百分数	板式基础	100	
	桩 身		33
	桩 底		67
工作荷载作 用下的沉降量	瞬 时 的	4.1英寸	0.5英寸 ^b
	屈服引起的沉降量所占		
	的百分数	56%	0
	固 结	1.2英寸	0
	最终沉降总量	5.3英寸	0.5英寸

- 注 a 参见图1.2。
b 当作柱的桩的弹性压缩=0.25英寸。

状不受砾石层的影响，因为粘土层有 5 倍于基础宽度的深度。桩为“端支承”，其直径可比以前的更小一些，实际上桩径大小取决于桩的混凝土强度，而不取决于土的性质。尽管桩的沉降仍大于直桩的压缩，现在桩的沉降，正如所料，甚至更小，有趣的是，我们注意到，这根桩虽然分类为“端支承”可是，实际上，三分之一的荷载为桩侧抗剪力所承担。对于更细的桩，桩身所承担的荷载份额甚至更高。

“端承桩”离 100% 的端支承差得远的事实，已由现场的一些实例所证实。

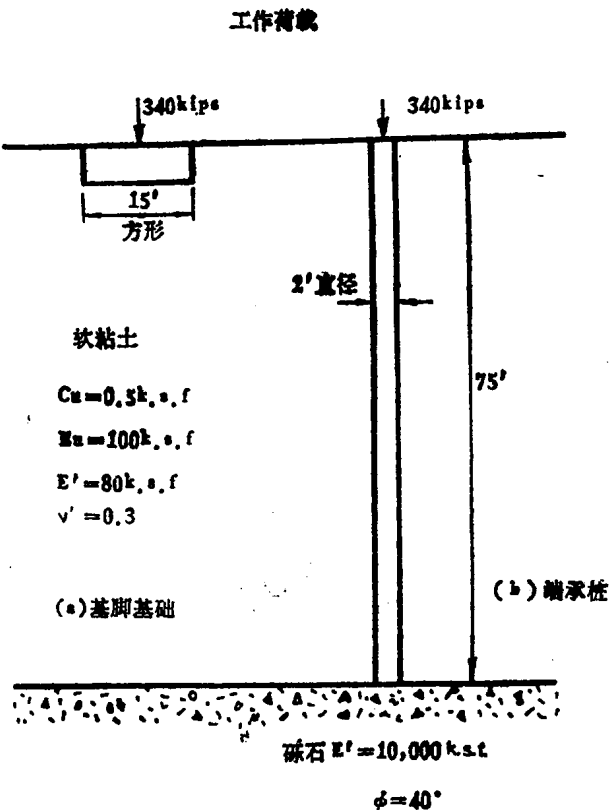


图1.2 实例2位于砾石上的粘土中的基础

1.4.3 承受转动的基础

板式基础和墩，承受如前例中的同样竖向荷载以外，还承受水平荷载和力矩，在第三例中以这两种基础进行对比（图 1.3）。计算结果给出在表 1.3 中。为了承担相对小的力矩，板式基础甚至要放大到不寻常的尺寸，而且在工作荷载下的移动与转动，就不可能认为是令人满意的答案。墩长度和直径的选择系使抗竖向荷载破坏的安全应数与抗水平荷载及力矩破坏的安全系数相同。

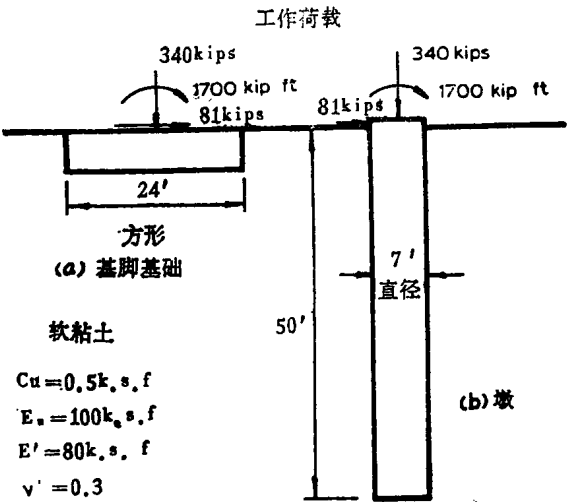


图1.3 经受转动的基础

表 1.3 承受转动的实例基础的性状^a

实例:		3 a	3 b
		板式基础	单个墩
安全系数		2	2
沉 降 量	瞬 时 的	2.7英寸	1.0英寸
	固 结	0.6英寸	0.2英寸
	最终沉降总量	3.3英寸	1.2英寸
水平位移	瞬 时 时	1.4英寸	0.8英寸
	固 结	0.3英寸	0.2英寸
	最终沉降总量	1.7英寸	1.0英寸
转 动	瞬 时 的	0.45°	0.16°
	固 结	0.10°	0.04°
	最终沉降总量	0.55°	0.20°
由于局部屈服产生的瞬时移动的百分数		56%	0

^a 参见图1.3

第二章 桩的设置效应

2.1 引言

桩有许多分类方法，常用的方法为

- (a) 按桩的制造材料；
- (b) 按桩的设置方法。

制桩的常用材料为混凝土、钢材和木材。对每一类型桩的相对实用功能的讨论，可以参阅很多文献，例如却里斯 (Chellis, 1962)，汤姆林逊 (Tomlinson, 1975)，鲍尔斯 (Bowles, 1977) 和惠太寇 (Whitaker, 1970)。按桩的设置方法，桩可以划分为：

- (a) 打入桩；
- (b) 钻孔或就地灌注桩；
- (c) 打入式就地灌注桩；
- (d) 螺旋桩。

关于这些方法的详细叙述与设置所用的设备可以参阅上述四个文献。

桩的设置方法对承载性能将有极大的影响。它还可以决定对邻近结构影响的严重性，包括不容许的移动、振动，甚至对结构的损害。许多有关设置效应的可供使用数据是关系到打入桩的，因为打入桩比其它方法通常容易引起更多的麻烦。钻孔桩就以构造影响较小而闻名。

本章先对粘土中打入桩的影响进行研究，特别着重在桩周围孔隙水压力的发展及其在周围土中的影响。然后考虑打入砂土中的桩，最后提出设置钻孔桩的效应的简短评论，但主要是定性的。

必须强调指出，本章涉及到设置桩的影响范围，是从设置前后桩周土性状的各种变化。这些变化大概可由现场观测、取样、实验室或原位试验等常规方法确定。而且，还涉及到这类变化在以后得到修正的方法，至少对粘土是如此，桩的加载拖延得越久，则修正越大。当粘土在桩荷载引起的应力作用下固结时，载荷载的承载力发生变化，此处不作论述，留待第三章考虑。重要的是，对这两件事要有清楚的区别。

2.2 粘土中打桩的效应

粘土中打桩的效应，德美洛 (de Mello, 1969) 将其划分为四大类：

- (a) 桩周土的重塑或部分结构变动。
- (b) 桩邻近土中的应力状态的变动。
- (c) 桩附近产生的超孔隙压力的消散。
- (d) 土中强度恢复的长期现象。

尽管一般来说限于现有知识水平，特别是关系到 (d) 项，对以上的效应，有些数据是可利用。