

地基基础设计与施工丛书

高大钊 主编

祝龙根 刘利民 耿乃兴 编著

地基基础 测试新技术

机械工业出版社

TU470

Z88

454357

地基基础设计与施工丛书

高大钊 主编

地基基础测试新技术

祝龙根 刘利民 耿乃兴 编著



机械工业出版社

本书是关于地基基础领域测试技术的实用型专著,介绍了包括地基土和基桩的静力与动力测试的基本原理、仪器设备、试验方法、成果的整理与分析等;还讨论了深基坑施工时的监测和沉桩时的环境监测问题,报道了这些领域中的最新技术成果和实用性的测试方法,并附有实例。内容包括地基土静力特性测试、地基土动力特性测试、基桩的静力测试、基桩的动力测试、深基坑开挖时的监测工作和沉桩对周围环境影响的监测等六章。本书可供从事建筑工程、岩土工程勘察、检测、设计、施工与监理工作的技术人员参考,可作为技术干部继续教育和岗位培训的教材以及高等院校土木工程专业师生教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

DV20/28 12

地基基础测试新技术/祝龙根等编著. —北京:机械工业出版社, 1999.10

(地基基础设计与施工丛书/高大钊主编)

ISBN 7-111-07498-X

I. 地… II. 祝… III. 地基-测试技术 IV. TU470

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 43583 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:刘彩英

封面设计:姚毅

责任印制:何全君

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm1/16·16 印张·381 千字

0 001—4 000 册

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页、由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

序

地基基础的设计与施工是一门实用性很强的工程技术学科，对于提高工程质量与降低工程造价关系极大。近 20 年来，随着我国城市建设的发展，大量高层建筑和高等级道路以及一些城市地下铁道的兴建，地基基础工程技术队伍不断扩大，有力地促进了地基设计、桩基技术、地基处理、基坑工程和地基基础测试技术等领域的技术进步，出现了许多新的设计计算方法和新的施工技术，形成了新的技术热点，获得不少的技术成果，亟需加以归纳总结和提高，以适应进一步发展的要求。

同济大学地基基础教研室是我国建制较早的地基基础教学与研究单位，在我国土力学前辈俞调梅、张问清和郑大同教授等的开拓下已形成了一支有特色的学术队伍，参与了许多重大建设工程项目和一系列地基基础技术规范的编制工作，积累了比较丰富的工程经验。这套丛书的作者大多是几十年来长期从事地基基础教学科研工作的教授，在丛书中反映了他们的学术见解和工程经验。是一套融设计方法与施工技术于一体，既有基本原理阐述又有技术进展的综合、全面系统的技术专著。本书的问世相信对广大土木工程、岩土工程工作者都会有所助益，故乐意为之作序。

孙 钧

同济大学岩土工程研究所
1999 年 2 月

孙钧教授系中国科学院院士，国际岩石力学与工程学会副主席，同济大学校务委员、岩土工程系名誉系主任。

《地基基础设计与施工丛书》

前 言

任何建筑物都离不开地球，建筑物的全部荷载都由地球的表面地层来承担，承受这些建筑物荷载的地层称为地基，与地基接触并传递荷载给地基的结构物称为基础。关于地基和基础的设计与施工的工程技术领域简称为地基基础领域，亦可称为基础工程。

正确解决工程中的地基基础问题，其根本目的在于保证工程质量，使工程结构物能安全、正常地使用。“万丈高楼平地起”，地基基础质量是整个建筑物安全的根本所在。基础工程的质量包括在建筑物荷载作用下地基应当是足够稳定的；地基的沉降对于建筑物的变形和正常使用是可以允许的；在各种不利因素的影响下基础的耐久性可靠的；所使用的施工工艺和施工方法适合场地的工程地质条件、符合工程特点的要求，并且有利于实现上述有关地基稳定、沉降和耐久性的要求。这是地基基础设计与施工的目标，也是这门学科研究的主要内容。

地基与基础的勘察、设计与施工是整个工程建设的关键性阶段，工程建设的成败很大程度上取决于基础工程的质量与水平；同时，地基基础又是隐蔽工程，施工条件极为复杂，影响工程质量的因素很多，除了技术因素以外，还有管理的因素，稍有不慎轻则留下隐患，重则造成事故；基础工程的造价占工程造价的很大比例，在地质条件复杂地区，一般可高达 20%~30%。在基础工程中节约建设资金的潜力很大，如果盲目提高安全度，有时虽然多花了建设资金，但仍不能收到良好的效果。因此，具有丰富工程经验的工程技术人员都十分重视地基与基础的勘察、设计与施工阶段的工作；要求从事土木、水利工程技术人员必须掌握土力学基础工程的理论知识和实际技能，才能正确地解决工程中的地基基础技术问题。

地基基础设计与施工的工作对象主要是岩石或土，与上部结构的设计施工之间的主要差别也在于此。几十年前，有一位从事基础工程的教授曾经说过，钢筋混凝土结构加土力学就是基础工程。这是一种简明扼要的概括，虽然不很全面，但却说明了问题的关键。基础工程的困难和复杂全在于岩土的工程性质极其复杂多变，而人们对于岩土的认识和理解却又比较肤浅。如果忽视这个事实，对岩土的特点不甚了解而又不想去深入研究，全凭处理上部结构的经验来解决地基基础的问题，那很容易碰壁，许多工程事故的主要原因就在这里。那么，地基基础工程与结构工程相比较又有哪些特点呢？地基基础主要有三个特点，即不确定性、地区性和经验性。

岩土是在漫长的历史年代中，经过各种不同的物理环境和化学环境的作用，随机形成的以无机矿物为主的自然结构体。不像钢材和混凝土那样的人工材料，可以进行材料性能的设计和制造质量的控制，这些材料的技术数据虽然也有一定离散性，但范围极小。但在基础工程中，只要场地一定，自然界所赋与的地质条件就无法选择了，只能“随遇而安”。虽然采用钻探取土试验的方法可以得到一些抽样的结果，但是通过数量很少的试验数据，

不太可能对自然结构体的全部性能都了解清楚。此外,某些岩土的结构及性能又容易随环境条件而改变,特别是水对岩土性质有非常不利的影响,而施工时又常改变了岩土的环境条件,施工对岩土性质的影响也是不容忽视的。所有这一切都不可能在事先估计得非常清楚,地基基础的设计和施工是在对岩土体的了解不太多的情况下进行的,作为设计和施工依据的技术数据以及设计的结果就具有很大的不确定性。所谓不确定性是指客观存在的岩土体的性状以及施工结束以后的建筑物的工作状况不一定完全符合设计的估计,这是无法回避的事实,是从事基础工程工作的人员必须重视的现实。

从岩土是自然历史产物这一事实出发,就不难理解岩土具有地区性的特点。由于各地的自然条件不同,所形成的岩石或土的性质也就存在很大的差异,不仅西北的黄土,东南沿海的软土和云贵高原的红粘土性质完全不同,即使是一般粘性土或砂土,不同地区的土也有明显的差别。不同的土,应力应变关系不一样,压缩性指标和抗剪强度指标也不同,不仅设计参数不同,工程处理措施的目的不同,而且施工的方法也不相同。例如黄土要考虑除湿陷性,膨胀土要研究胀缩性规律,甚至变形计算也与一般土的方法完全不同。不同地区的土,具有不同的特点,人们积累了不同的工程经验,使基础工程具有很强烈的地区性,形成了许多各具特色的地方规范,例如上海规范的特点是平原的软土,重庆规范的特点是山区的岩石,这种情况是上部结构所没有的。在上部结构中,混凝土和钢筋的弹性模量和强度都能在规范中给出了可用于设计的数值,但不可能从规范中找到指定工程场地地基基础的设计参数,对每一个项目都必须进行工程勘察,根据工程勘察报告中的工程地质条件和土层的物理力学性质指标,才能进行设计和施工,“因地制宜”在地基基础的设计和施工中体现得更为突出。

工程都具有经验性的特点,但地基基础的经验性比上部结构强得多,这是由不确定性和地区性决定的。太沙基曾经说过,与其说土力学是一门技术,不如说它是一门艺术。他的意思是说,处理地基基础问题,不仅需要定量的计算,而更需要经验来判断计算的正确与否;不仅需要数学力学的方法来分析,而更需要用工程地质的观点来估计计算参数、设计方法、施工方法的可靠性如何;用实测的数据来验证,并作为采取进一步工程措施的依据。在这种思想的指导下,形成了著名的“观察法”,即信息化施工的系统方法。地基基础设计与施工应当特别重视原型观测,即对建筑物及地基基础的变形和应力状态进行全过程的观测,在观测资料的基础上形成工程实录。地基基础工作者要善于从以往的工程经验和教训中学习、积累知识,采用工程类比的方法,选择设计参数,处理工程中的问题,并在工程实践中不断地总结经验。

由于地基基础具有上述明显的特点,从事地基基础工作的技术人员更需要不断地学习,更新自己的知识,丰富自己的经验。编写这一套《地基基础设计与施工丛书》目的就是为从事地基基础设计与施工的同行提供系统的参考资料,为新参加地基基础工作的同志提供继续教育的教材,也可作为高等学校有关专业的参考书。丛书由《天然地基上的浅基础》、《桩基础的设计方法与施工》、《地基加固新技术》、《深基坑工程》和《地基基础测试新技术》五本组成。这些内容概括了地基基础最基本的常用技术和最新发展的技术领域,在第一本书中还包括了土力学的基本理论和工程勘察的方法,在第二本书中还包括了地基基础施工监理的方法,从而形成了一个理论—试验—设计计算—施工—监理的完整体系,提供

比较全面的勘察、设计与施工全过程的系统知识。

参加这套丛书编写的我的同事们都是在这一领域中长期从事土力学地基基础的教学、科研、设计和施工监测、监理等工作的教授、副教授。在这套丛书中，注入了长期积累的经验 and 学术见解，也引用了同济大学其他老师的许多宝贵资料，希望能为读者提供一套“开卷有益”的读物，这是编者的最大愿望。但由于编者水平的限制，书中还会有疏漏甚至错误的地方，恳请读者指正。

在丛书的编写过程中得到了中国科学院院士孙钧教授的鼓励和支持，并为丛书作序，这是编者莫大的荣幸。

主编 高大钊

1999 年 2 月于同济大学

前 言

地基基础设计所需要的地基土物理、力学性质指标需要通过一定的测试手段来获得，地基基础的施工质量也需要通过必要的测试方法来检测。因此，测试工作是贯穿于地基基础勘察、设计、施工全过程的一项重要工作。

地基土的动力和静力特性是进行工业与民用建筑地基基础和动力机器基础设计的关键资料，本书系统地介绍了常用的一些测试技术的基本原理、仪器设备、测试方法、测试资料的整理以及测试成果的应用等方面的内容。桩基础已在工程建设中得到了广泛的应用，而桩基础的施工质量和承载能力是保证工程安全的前提，本书详细地介绍了单桩竖向抗压承载力、单桩竖向抗拔承载力和单桩水平承载力的测试方法。近几年来，桩基动力测试技术的迅速发展引起了基础工程界的普遍关注，本书以理论和实践相结合的方法对低应变法中的反射波法、机械阻抗法、动力参数法和高应变法中的锤击贯入法、Smith 波动方程法、Case 法等检测方法进行了总结。地基基础施工往往会诱发一些环境问题，对自身施工安全、周围建(构)筑物、道路和管线等市政设施产生不良影响，本书中深基坑开挖和沉桩时的环境监测工作就是地基基础施工监测的重要内容。

本书以最新的规程、规范为依据，兼顾科学性与实用性，吸收了国内外地基基础测试领域的最新研究成果，总结了近年来工程实践中的新方法、新经验。能对从事地基基础勘察、设计、施工、教学和科研的同仁们有所裨益，是我们的最大心愿。限于水平，书中肯定还会有许多疏漏乃至错误，恳请读者提出宝贵意见。

感谢丛书主编高大钊教授对本书工作的关心！

祝龙根 刘利民 耿乃兴

目 录

序

《地基基础设计与施工丛书》前言

前言

第 1 章 地基土静力特性测试	1
1.1 地基土静载荷试验.....	1
1.1.1 平板载荷试验.....	1
1.1.2 螺旋板载荷试验.....	14
1.1.3 复合地基载荷试验.....	20
1.2 静力触探试验.....	22
1.2.1 概述.....	22
1.2.2 试验设备.....	22
1.2.3 试验方法.....	25
1.2.4 试验资料的整理.....	25
1.2.5 试验成果的应用.....	28
1.2.6 孔压静力触探简介.....	41
1.3 旁压试验.....	45
1.3.1 概述.....	45
1.3.2 试验设备.....	45
1.3.3 试验方法.....	46
1.3.4 试验资料的整理.....	48
1.3.5 试验成果的应用.....	50
1.4 标准贯入试验.....	56
1.4.1 概述.....	56
1.4.2 试验设备.....	56
1.4.3 试验方法.....	56
1.4.4 试验资料的整理.....	57
1.4.5 试验成果的应用.....	60
1.5 轻便触探试验简介.....	68
1.5.1 概述.....	68
1.5.2 试验成果的应用.....	69
1.6 十字板剪切试验.....	70
1.6.1 概述.....	70
1.6.3 试验方法.....	72
1.6.4 试验资料的整理.....	73
1.6.5 试验成果的应用.....	75

第 2 章 地基土动力特性测试	77
2.1 场地土波速测试	77
2.1.1 跨孔法波速测试	77
2.1.2 单孔法波速测试	84
2.1.3 表面波波速测试	87
2.1.4 场地土波速的应用	92
2.2 场地地微振观测	95
2.2.1 测试设备	95
2.2.2 测试方法	96
2.2.3 测试资料的整理	98
2.2.4 量测成果的应用	99
2.3 地基土刚度系数测试	102
2.3.1 测试设备	102
2.3.2 测试方法	103
2.3.3 试验资料的整理	105
2.4 振动衰减测试	110
2.4.1 测试设备	110
2.4.2 测试方法	110
2.4.3 测试资料的整理	111
第 3 章 基桩的静力测试	114
3.1 单桩竖向抗压静载荷试验	114
3.1.1 概述	114
3.1.2 试验设备	114
3.1.3 试验方法	118
3.1.5 单桩竖向抗压承载力的确定	124
3.2 单桩竖向抗拔静载荷试验	128
3.2.1 概述	128
3.2.2 试验设备	129
3.2.3 试验方法	130
3.2.4 试验资料整理	131
3.2.5 确定单桩竖向抗拔承载力	131
3.3 单桩水平静载荷试验	133
3.3.1 概述	133
3.3.2 试验设备	134
3.3.3 试验方法	136
3.3.4 试验资料的整理	137
3.3.5 单桩水平临界荷载和极限荷载的确定	142
第 4 章 基桩的动力测试	143

4.1	基桩的低应变动测	143
4.1.1	概述	143
4.1.2	反射波法	144
4.1.3	机械阻抗法	149
4.1.4	动力参数法	154
4.2	基桩的高应变动测	158
4.2.1	锤击贯入法	158
4.2.2	Smith 波动方程法	162
4.2.3	Case 法	167
4.2.4	Case 法波动分析程序简介	180
第 5 章	深基坑开挖时的监测工作	183
5.1	概述	183
5.1.1	深基坑围护结构	183
5.1.2	基坑开挖方式	187
5.1.3	基坑事故的形式及原因	188
5.1.4	深基坑开挖监测	189
5.2	围护与支撑结构监测	190
5.2.1	围护结构顶部水平位移监测	190
5.2.2	围护结构倾斜监测	191
5.2.3	围护结构沉降监测	191
5.2.4	围护结构应力监测	191
5.2.5	围护结构完整性和强度检测	191
5.2.6	支撑结构受力监测	192
5.3	周围环境监测	192
5.3.1	邻近建(构)筑物沉降、倾斜和裂缝监测	192
5.3.2	邻近道路、管线变形监测	192
5.3.3	基坑周围土体位移监测	193
5.3.4	桩侧土压力监测	194
5.3.5	基坑底部隆起监测	194
5.4	基坑变形控制保护等级及监测项目的警戒值	195
5.4.1	基坑变形控制保护等级的划分	195
5.4.2	监测项目的警戒值和允许值	195
5.5	深基坑开挖监测工程实例	196
5.5.1	上海三角地广场深基坑开挖监测	196
5.5.2	上海新世纪商厦深基坑开挖监测	213
第 6 章	沉桩对周围环境影响的监测	221
6.1	概述	221
6.2	沉桩前对周围环境的调查研究工作	222

6.3	周围建筑物位移的监测	222
6.3.1	邻近建筑物沉降的监测	222
6.3.2	邻近建筑物水平位移的监测	225
6.3.3	监测资料的整理	226
6.4	土体垂直位移、水平位移监测	227
6.4.1	水准点、监测点的布设	227
6.4.2	监测方法	227
6.4.3	监测资料的整理	227
6.5	地下管线垂直、水平位移的监测	229
6.5.1	监测方法	229
6.5.2	最小允许曲率半径的确定	229
6.5.3	监测资料的整理	232
6.6	孔隙水压力的监测	233
6.6.1	监测设备	233
6.6.2	监测方法	234
6.6.3	监测资料的整理	234
6.7	打桩振动监测	235
6.7.1	概述	235
6.7.2	监测设备	237
6.7.3	监测方法	237
6.7.4	监测资料的整理	238
6.7.5	打桩振动对邻近建筑物危害性评价	238
6.8	建筑物裂缝发展监测	240
6.8.1	监测内容	240
6.8.2	监测方法	240
6.8.3	监测资料的整理	242
	参考文献	243

第 1 章 地基土静力特性测试

建筑物上部结构传来的荷载，最终都要由地基土来承担。因此，研究场地地基土的特性对于建筑物持力层的选择、地基土承载力的确定、建筑物沉降和变形的计算等都具有十分重要的意义。另一方面，理论土力学中计算方法的改进和计算精度的提高，也都有赖于土性计算参数的正确选取。随着岩土工程这门新兴学科不断发展，人们越来越深刻地认识到原位测试技术在岩土工程理论和实践中所占据的举足轻重地位。有鉴于此，近年来地基土原位测试方法的理论研究和实际应用都取得了长足的进步，传统的测试方法被赋予新的活力，用来解决实践中出现的岩土工程新问题；与此同时，人们也在不断的探索中开发出一些新的测试手段，整个岩土工程原位测试领域呈现出一派生机勃勃的景象。

载荷试验、静力触探试验、旁压试验、标准贯入试验和十字板剪切试验等原位测试手段，都是确定地基土静力特性的重要方法。本章将着重介绍上述几种常用测试方法的基本原理、测试设备、测试方法以及测试资料的整理和这些资料在确定地基土静力特性中的具体应用。

1.1 地基土静载荷试验

地基土静载荷试验是各种原位测试方法中开展得比较早的测试技术。它基本上能够模拟建筑物地基的实际受荷条件，比较准确地反映地基土受力状况和变形特征，是直接确定地基土承载力和变形模量等参数的最可靠方法，也是其它原位测试方法测得的地基土力学参数建立经验关系的主要依据。

1.1.1 平板载荷试验

1.1.1.1 概述

平板载荷试验，如图 1-1 所示，是常用的一种原位测试方法，它是以刚性平底承压板模拟建筑物基础，将竖向荷载均匀传至地基土上，通过实测地基土在荷载作用下的变形，得到载荷试验 $p-S$ 曲线，如图 1-2 所示，然后根据该曲线推求地基土参数的一种方法。

前苏联的什塔耶尔于 1949 年推导出了竖向均布荷载作用下刚性承压板沉降计算公式：

$$\text{圆形板} \quad S = 1.57 \frac{1-\mu^2}{E_0} rp \quad (1-1)$$

$$\text{方形板} \quad S = 0.88 \frac{1-\mu^2}{E_0} bp \quad (1-2)$$

式中 S ——承压板的沉降 (mm)；

r ——圆形承压板的半径 (mm);
 b ——方形承压板的边长 (mm);
 μ ——地基土的泊松比;
 E_0 ——地基土的变形模量 (kPa);
 p ——作用在承压板上的均布荷载 (kPa)。

利用平板载荷试验所得的 $p-S$ 曲线便可求得地基土的变形模量 E_0 , 进而推求地基土的其它参数。

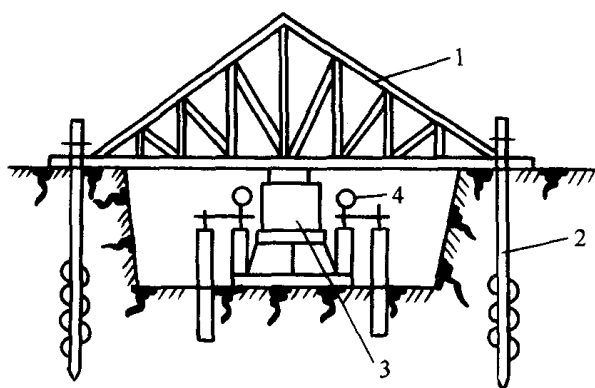


图 1-1 平板载荷试验示意图

1—桁架 2—地锚 3—千斤顶 4—百分表

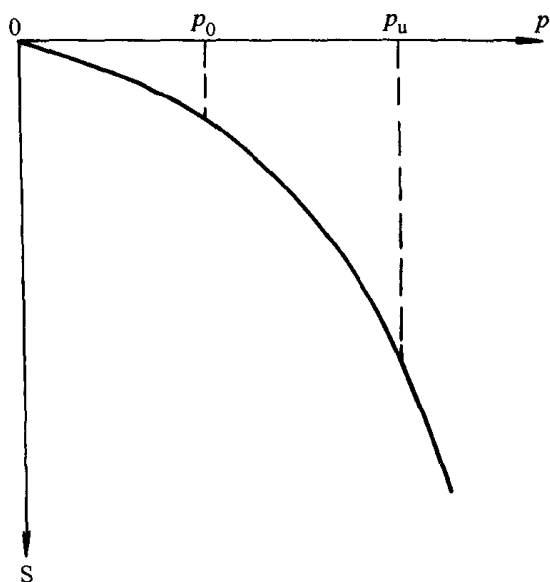


图 1-2 平板载荷试验 $p-S$ 曲线

1.1.1.2 试验设备

平板载荷试验测试设备大体上由以下四个部分组成：承压板、加荷系统、反力系统和观测系统。各部分的作用是：加荷系统控制荷载大小；反力系统向承压板施加竖向荷载；承压板将荷载均匀传至地基土；观测系统测定承压板在各级荷载下的沉降。

1. 承压板

载荷试验对承压板的要求主要有以下几个方面：

(1) 承压板的材质 承压板可用混凝土、钢筋混凝土、钢板、铸铁板等制成，实际应用中以肋板加固的钢板为主。但是无论选用什么样的材质，都要求承压板具有足够的刚度、板底平整光滑、板的尺寸和传力重心准确、搬运和安装方便，在长期使用过程中不出现影响使用的变形。

(2) 承压板的形状 承压板可加工成矩形、方形、条形和圆形等多种形状。其中以圆形、方形受力条件较好，使用最多。

(3) 承压板的尺寸 承压板尺寸的大小对评定地基土承载力有一定的影响。为了统一试验条件，使试验结果具有可比性。我国的大部分勘察规范规定承压板尺寸以 $0.25 \sim 0.50 \text{m}^2$ 为宜，对均质密实的土，可采用 0.10m^2 的承压板；对软土和人工填土，承压板尺寸不应小

于 0.50m^2 。实际工程中可根据地基土具体情况综合考虑决定。一般情况下，可参照下面的经验值选取：

- 1) 对于碎石类土，承压板直径（宽度）应为最大碎、卵石直径的 10~20 倍；
- 2) 对于岩石类土，承压板面积以 0.10m^2 为宜；
- 3) 对于细颗粒土，承压板面积宜为 $0.10\sim 0.50\text{m}^2$ 。

2. 加荷系统

加荷系统是指通过承压板对地基土施加额定荷载的装置，常见的加荷系统大体上有四种类型：

(1) 重物加荷装置 俗称重物加荷台，一般是将标准的钢锭、钢轨、混凝土块等重物顺次对称地置于加荷台上。这种方法虽简单，但费时费力，很难保证堆载重心与承压板中心重合，当堆载较重时，其安全性也难以保证。目前，该方法已较少使用。

(2) 油压千斤顶加荷装置 根据试验地层条件和试验要求，采用不同规格的手动液压千斤顶加荷，并配置不同量程的压力表或测力计控制加荷值。千斤顶装置又分为单个千斤顶加荷装置和两个千斤顶加荷装置两种：

1) 单个千斤顶加荷装置操作简单，用杠杆启动千斤顶活塞上升给地基土施加荷载。但这种加荷方式易对地基土产生瞬时冲击荷载，需人力保持压力稳定，劳动强度大；

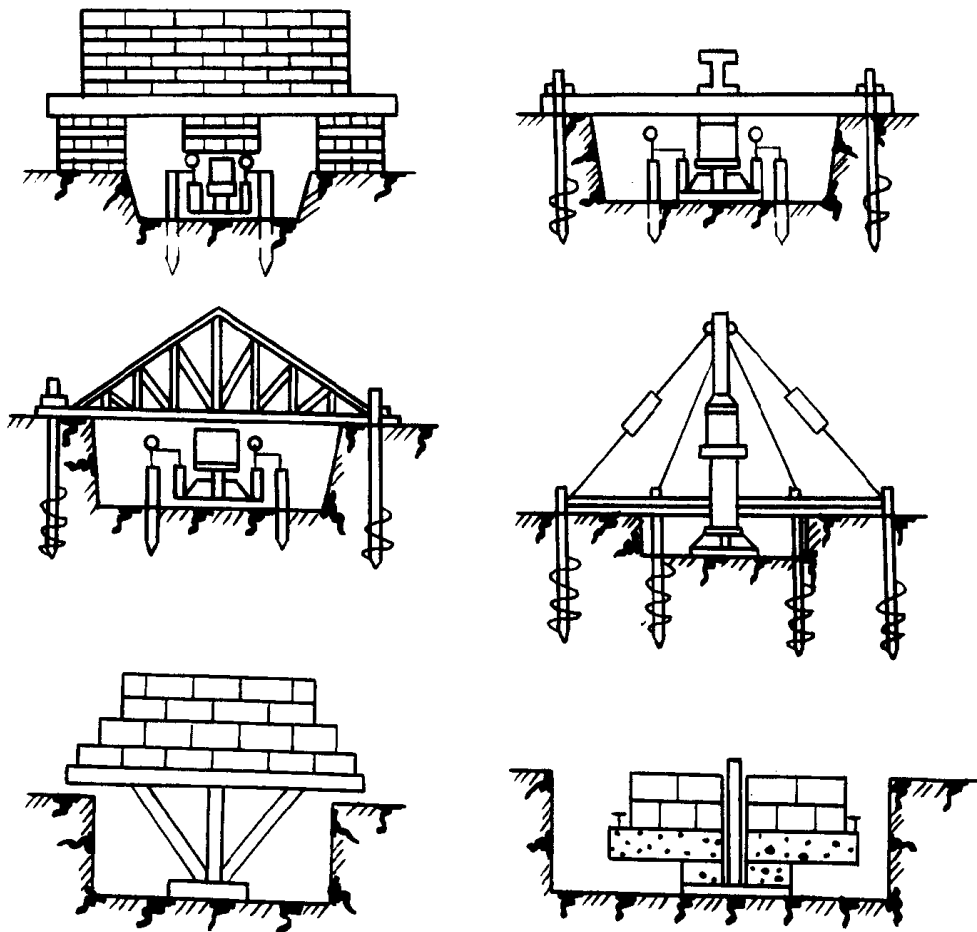


图 1-3 常见的平板载荷试验加荷系统示意图

2) 两个千斤顶加荷装置是利用不同千斤顶活塞面积的放大原理, 以小千斤顶加荷作等压传递至大千斤顶, 对地基施加荷载。这种加荷方式克服了单个千斤顶加荷时的一些弊端。

(3) 重物、机械、液压放大加荷装置 该类装置以重物(砝码)作动力, 将具有位移的重物经轮系(动滑轮及杠杆轮)放大和不同液压缸活塞面积比值放大(液压放大), 从而达到轮系放大、液压放大双重目的, 其实际加荷值可放大 100 倍以上。

(4) 电控稳压式加荷装置 其工作原理是: 由液压加荷系统引出的压力表组成的传感器通过电气稳压控制系统, 开启液压泵电机进行补油, 当所施加荷载满足要求时停止补油。这类加荷装置基本上能实现稳压加荷自动化。

3. 反力系统

除重物加荷装置外, 其它加荷装置均需反力系统配套。载荷试验常用的反力系统为地锚式。当载荷试验深度较大时, 反力系统可采用撑壁式。如图 1-4 所示。

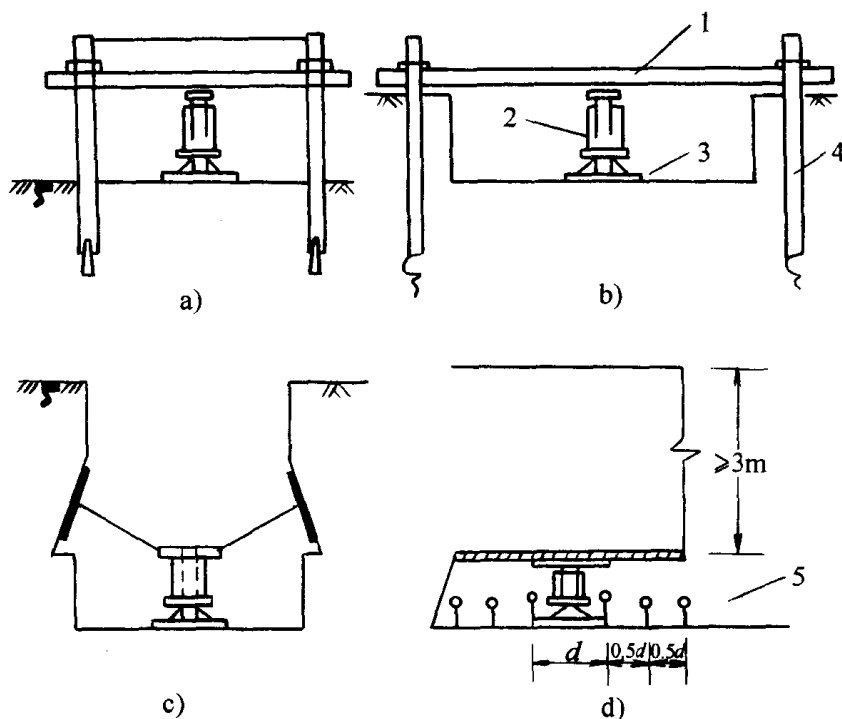


图 1-4 载荷试验反力系统示意图

a) 锚杆式 b) 地锚式 c) 撑壁式 d) 平洞式

1—钢梁 2—千斤顶 3—承压板 4—地锚 5—量测仪表

锚固式反力系统中, 地锚个数应确保有足够的抗拔力, 以免试验中间被拔起。反力梁亦应有足够的刚度。当采用撑壁式反力系统时, 要求坑壁高度大于 1.5m, 坑壁稳定, 传力重心与承压板中心重合。

4. 观测系统

测定地基土沉降和承压板周围地面变形的观测系统由观测支架和测量仪表两部分组成。前者用来固定量测仪表, 由小钢钎、角铁、联系支架等组成; 后者是用以量测沉降的百分表或其它仪表, 其类型有:

(1) 机械仪表 有位移计(量程较大,最小刻度 0.1mm)、百分表(量程 5~30mm,最小刻度 0.01mm,估读 0.005mm)等。

(2) 电子仪表 具有量程大、精度高、无人为读数误差等优点,能实现记录和绘图自动化。

1.1.1.3 试验方法

1. 仪表标定和准备工作

仪表的标定和准备工作是进行测试的基础性重要工作,主要有以下一些内容:

(1) 加荷系统的标定 各类加荷系统的供力(荷载)和测力(压力表、测力计等)装置均需进行标定,一般一年标定一次或维修之后标定,标定时宜采用比量测仪器量程略大的标准压力机标定,加荷分级一般为 10~20kN 为宜,先逐级加荷至最大值,记录各级荷载下的测力计读数 ϵ ,然后逐级卸荷,如此反复三次,各取均值绘制荷载 $p - \epsilon$ 曲线。该图形一般应为一条通过坐标原点的直线,其斜率 $\alpha = p / \epsilon$ 即为标定系数。

(2) 观测系统的标定 百分表、位移计或电子仪表应定期送计量局或专业厂家维修和标定。

(3) 其它试验设备的保养 试验设备应经常保养和维修,包括上油、除锈、修理破损部件等。

2. 试坑开挖和平整

平板载荷试验经常要在地面以下一定的深度处进行,此时就需要开挖试坑,试坑开挖时应当注意以下一些问题:

1) 载荷试验费时费力,因此一项工程一般只选择不同地质年代、不同成因类型、不同密实程度、不同饱和度的各类均质土的代表性地层进行试验。承压板下 2 倍直径(宽度)范围内必须为单一均质土层,可用触探或挖掘事先查明;

2) 根据试验点深度和选用的承压板直径(宽度)、反力系统类型,事先规划好试坑型式,按大于 3 倍承压板直径(宽度)的坑宽开挖,当接近试验面(约 0.3m)或坑壁面(撑壁式)0.2m 左右时,用平底铁锹沿试验面或坑壁面将扰动土剥离,试坑较深或坑壁土体不稳定时,应对坑壁进行支撑;

3) 试验面应开挖成水平面,当承压板位于坑凹处时,可用素土或用厚度不超过 20mm 的中细砂垫平;撑壁式两侧坑壁与撑板接触面一般应开挖成 60° 左右的内倾角,撑板以上土壁可挖成直立状;

4) 试坑开挖时的弃土应堆积在离开坑壁顶部 1.0m,而且一般宜先下地锚。

3. 试验设备的安装

试验设备安装时应遵循先下后上、先中心后两侧的原则,即首先安放承压板,然后放置千斤顶于其上,再安装反力系统,最后安装观测系统。设备安装时应注意以下几个方面的问题:

1) 安放承压板或千斤顶时应平置轻放,尽量一次置于坑中心,不使试验面土体受扰动;

2) 确保反力系统、加荷系统和承压板传力重心在一条垂线上,各部件应牢固连接,但不应使地基土受到预压;

3) 安装观测系统的观测支架和仪表等部件时,应保证各部件之间有足够的连接强度。