



上海市重点图书

交通运输规划与管理研究系列

抗拔基础的 承载性能与计算

KANGBA JICHU DE CHENGZAI
XINGNENG YU JISUAN

刘文白 著

上海交通大学出版社

上海市重点图书

交通运输规划与管理研究系列

抗拔基础的承载性能与计算

刘文白 著



上海交通大学出版社

内 容 提 要

介绍承受上拔载荷基础分析设计的基本观点;岩土工程勘察的专门要求;上拔载荷作用下基础的实验与力学性能分析,包括在上拔载荷作用下土体的强度特性、变形特性、应力分布、破坏形式的宏观表现与土体细观结构反应;基础受荷后土体细观结构的变化过程分析;上拔承载力计算;基础的上拔位移分析与计算;上拔承载性能的数值模拟;提高上拔承载能力的试验与研究。

在本书中,作者学习和总结国内外有关抗拔基础的理论研究和工程实践,介绍承受上拔载荷基础的主要研究内容、方法及其新进展,并提出著者的最新研究成果和创见。

本书既有理论研究又有计算分析,是一部比较系统地介绍地基基础抗拔承载力研究与计算的著作,可以作为从事港口、土木、水利、交通、地质工程等工作的勘察、设计、施工和科研技术人员的专业用书以及相关专业大专院校的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

抗拔基础的承载性能与计算 / 刘文白著. —上海: 上海交通大学出版社, 2007
(交通运输规划与管理研究系列)
ISBN 978-7-313-04658-1

I. 抗... II. 刘... III. ①基础(工程)—承载力—性能②基础(工程)—承载力—计算 IV. TU47
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 159888 号

抗拔基础的承载性能与计算

刘文白 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

常熟市华通印刷有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 12.25 字数: 228 千字

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-04658-1/TU·067 定价: 40.00 元

版权所有 侵权必究

序

为实现由教学型大学向教学研究型大学转变的目标,上海海事大学一直将学科建设作为学校工作的重中之重,从体制、机制和投入三方面予以支持,以便更好地为国家交通事业的发展和上海国际航运中心建设服务。

交通运输规划与管理学科作为交通部重点学科和学校的传统优势学科,目前设有1个博士点(交通运输规划与管理),3个硕士点(交通运输规划与管理、交通运输工程、港口海岸及近海工程),2个中外合作研究生培养项目(国际航运与物流工程、物流工程与管理)。

长期以来,交通运输规划与管理学科坚持以水路运输为特色,围绕交通运输战略与规划、交通运输现代化管理、海事信息与控制领域中的重大理论、技术和管理问题,注重学科建设和科学研究,取得了一定的学术成果。据统计,2002年以来,该学科共承担了包括国家863计划、国家自然科学基金等在内的各类科研课题100余项,科研经费达1000多万元,并获得省部级科研成果奖8项次,发表学术专著17部,在国内外重要学术刊物发表论文近两百篇。

《交通运输规划与管理研究系列》丛书收录的学术专著均源自交通运输规划与管理学科的教师近年来所完成的科研成果,从整体上代表了该学科的学术水平。这些专著作者,既有在学术上已卓有成就的资深学科带头人,也有正在快速成长的中青年学科带头人和学术带头人,其中还不乏初出茅庐的青年才俊,这充分显示了交通运输规划与管理学科雄厚的学科人才梯队。更值得一提的是:此次出版的丛书涉及了交通运输领域的方方面面,既有基础理论领域的探索,也有技术层面的应用创新,这表明了交通运输规划与管理学科的发展正逐渐呈现出多学科交叉的特色和优势。

《交通运输规划与管理研究系列》丛书的顺利出版,标志着交通运输规划与管理学科建设又达到了一个新的高度。在此衷心希望交通运输规划与管理学科团队继续振奋精神,努力创新开拓,坚持“理论上有一个高度,应用上有一个落脚点”的

发展模式,在理论研究层面能密切跟踪当前国际学术发展前沿动态,并与之相接轨;在应用研究领域,能与海事领域具体应用密切结合,切实解决重大海事管理与规划问题,力争成为国内海事规划与管理领域不可或缺的思想库、专家库、技术库和成果库。

上海海事大学校长

於世成 教授

前言

在讨论地基基础的承载性能资料中,所涉及的多是抗压承载力和水平载荷承载力,而在工程实践的许多条件下,对承受上拔载荷的基础,要进行上拔承载力验算,而且许多情况下上拔载荷会成为设计的控制性条件。由于受水的浮力、土的挤压等作用引起的上拔载荷,受风、浪、水压力、土压力等水平作用引起的上拔载荷,在许多工程中会有承受上拔载荷作用的基础,如输电杆塔基础、抗浮桩、桥梁基础、水中和泥中的管隧道、水下基础、海岸工程和海洋空间利用工程中的基础,上拔载荷会成为设计控制载荷。

在上拔载荷作用下,土体的强度特性、变形特性、应力分布、破坏形式的宏观表现与土体细观结构反应以及基础受荷后土体的细观结构全过程分析,直接影响到土体的承载能力和土体变形与破坏特性。随着人们对土体和基础的承载能力与变形要求的日益严格,对土体宏细观的工程力学特性研究越来越受到学术界和工程界的重视。21 世纪重大建设工程项目的增多和海洋工程的建设发展,对承受上拔载荷的地基基础研究及其工程应用,对上拔载荷作用下基础与土的相互作用及其工程力学性质的宏观、细观相结合的分析方法已成为当今力学界和岩土工程界关注的焦点,对新型抗拔基础结构形式的研究也是一个十分重要的问题。

过去的 40 多年中,已经有了不同类型基础上拔承载能力的理论与试验研究成果。MEYERHOF 和 ADAMS(1968),根据土的破坏模式,提出扩展基础极限上拔承载力的计算方法。CHARLES H T(1988)通过扩展基础的上拔试验,提出用于基础设计的上拔载荷-位移关系计算式;KULHAWY F H(2002)和 PHOON K K(2003)研究包括扩展基础在内的承受上拔载荷基础结构系统的可靠性,提出极限状态和可靠使用状态的上拔承载力设计计算公式及其设计参数,研究土与结构物相互作用的迭代计算。针对承受上拔载荷作用土体的破坏机理、变形机理、破坏形态和计算方法,KULHAWY F H(1983)给出输电杆塔基础的研究报告,试验原状土和 3 种回填土形式的浅埋基础的破坏形式,研究上拔承载力的土重法、剪切法和极限支承法计算模式。EDWARD A D(1988)试验深埋锚板和浅埋锚板在松砂和密砂中的上拔承载力,土体破坏形态分别为锥台状和柱状;MERIFIELD R S(2001,2003),HUS S T(1998)和 LIAO H J(2003)研究在粘土和砂土中锚的上拔

承载力和稳定性能以及锚板直径、锚的长度、锚的几何形状对上拔承载力的影响;LIAMPARUTHI K(2002)研究砂土中深埋锚和浅埋锚的上拔承载能力以及土表的破坏形态;O'NEILL M P(2003)分析改变锚的几何形状造成的载荷-位移曲线的破坏载荷点及相应的破坏位移点变化;GHALY A(1994,2003)研究砂土中单锚和群锚的上拔加荷速率增加所引起的承载能力降低,提出上拔承载力计算式。土体所表现的各种强度和变形特性是土体系统内部各种细观结构要素共同反应的结果。JANG D J(2000)和 WAN R G(2001)研究初始应力对砂土细观结构的影响,描述砂土试样破坏时的孔隙率,评价砂土颗粒的方向性和砂土颗粒剪切范围的形成,而且数值模拟结果与实验可视图像是一致的;CUNDALL P A 在 1972 年提出细观力学的颗粒流数值模拟分析方法,周健(2000,2001)利用该理论及 PFC^{2D}(Particle Flow Code in 2 Dimensions)程序模拟分析砂土试样的双轴试验和粘性土的平面应变试验,与实物物理试验结果进行对比。这些成果极大地丰富了承受上拔载荷基础承载性能的研究理论,但由于土体本身的复杂性和试验研究工作的局限性,这些有关上拔承载性能的大量研究成果均局限于各自的适用范围,远远不能满足日益发展的工程建设需要,也不能说明几十年来在这方面的发展全过程。地基抗拔承载力学性能的课题所涉及的面很广,影响因素也较多,必须在理论上进行深入的探讨,进行大量的模型试验、现场试验和数值模拟分析,并在工程实践中不断积累资料总结经验。

根据岩土工程学科发展的要求,为适应工程建设的需要,作者学习和总结国内外有关抗拔基础的理论研究和工程实践,介绍抗拔基础的主要研究内容、方法及其最新进展,并提出著者的最新研究成果和创见。

本书凝聚了很多同仁的劳动和智慧,十分感谢王梦瑜、刘兹胜、邓益兵、田桥和徐海霞等同志的辛勤劳动。本书的部分成果属于国家自然科学基金资助项目(59768001,59968001)、上海市教育委员会科学技术项目(03IK30)和上海市教育委员会重点学科建设资助项目的研究内容。书中引用了科研机构、高校、工程单位及其研究人员的研究成果,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

刘文白

2006 年 1 月于上海海事大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 上拔基础的载荷条件	2
1.2 承受上拔载荷的基础类型	3
1.3 基础的经济性和可靠性	4
第 2 章 承受上拔载荷基础的分析与设计要点	5
2.1 确定基础的破坏方式	5
2.2 地基与基础的材料参数可靠性	5
2.3 施工影响	6
2.4 基础设计方法验证	6
2.5 基础工程设计的特点与准则	6
第 3 章 岩土工程的勘察要求	11
3.1 工程勘察概要	11
3.2 对现场的初步调查	13
3.3 现场勘探方法	14
3.4 水域勘探	19
第 4 章 上拔载荷作用下基础的实验研究与力学性能分析	23
4.1 基础的抗拔能力分析	23
4.2 地锚的抗拔能力分析	29
4.3 模型试验与现场试验	35
4.4 上拔载荷与上拔位移	42
4.5 上拔破坏及其破坏模式	45
4.6 上拔承载机理	50
4.7 模拟试验方法分析	51
4.8 小结	56

第5章 上拔载荷作用下基础的承载力计算	59
5.1 抗拔基础概要	59
5.2 扩展基础的上拔承载力计算	63
5.3 岩石锚桩基础的上拔承载力计算	74
5.4 钻孔灌注桩基础的上拔承载力计算	78
5.5 锚板基础的上拔承载力计算	81
5.6 扩底桩基础的上拔承载力计算	82
5.7 拉线盘基础的上拔承载力计算	84
5.8 小结	85
第6章 基础的上拔位移分析	86
6.1 基础的上拔位移与上拔载荷分析	86
6.2 上拔位移的影响因素	89
6.3 基础的上拔位移控制计算	91
6.4 小结	95
第7章 上拔承载性能的数值模拟	96
7.1 问题的提出	96
7.2 颗粒流理论和 PFC ^{2D} 计算程序	97
7.3 上拔载荷作用下扩展基础的颗粒流模拟	102
7.4 扩展基础颗粒流数值模拟与实物物理试验结果的对比分析	123
7.5 上拔载荷作用下扩底桩的颗粒流数值模拟	126
7.6 小结	133
第8章 提高上拔承载能力的研究与计算	136
8.1 对土性的改变与加固	136
8.2 加筋土扩展基础的上拔承载力和上拔位移	147
8.3 扩底桩基础的上拔承载力	164
8.4 桩-桶基础概念及数值模拟	169
8.5 小结	175
第9章 结论与展望	178
9.1 结论	178

9.2 展望	181
参考文献	183
后记	185

第1章 绪 论

随着 21 世纪重大建设工程项目的增多和海洋工程的建设发展,对承受上拔载荷作用的地基基础研究成为当今力学界和岩土工程界十分关注的热点。水的浮力、土的挤压等垂直作用会在基础上产生上拔载荷,风、浪、水压力、土压力等水平作用会在结构上引起上拔载荷,因此上拔载荷会成为基础设计的控制载荷。

在结构工程、海岸工程和海洋空间利用的工程中,主要是深水码头、海洋能电力工业、海上机场、水下仓储、海底隧道与管线、海上娱乐场等建设工程存在大量的承受上拔载荷作用的基础,如输电杆塔基础、抗浮桩、桥梁基础、水中和泥中的管隧道、水下基础等。目前,对承受下压与水平载荷作用的地基基础的研究很多,对承受上拔载荷作用的地基基础的研究很少,尤其需要研究新结构类型的抗拔基础。海岸和海洋工程的载荷条件和环境条件十分复杂,需要地基基础能够承受很大的上拔载荷,同时也要承受水平和下压载荷的作用。

对基础问题已经出版了许多专著,发表了大量有价值的资料,但大多数都集中在解决某些结构基础的下压和水平承载问题,这些研究成果由于以下原因而限制了它们在承受上拔载荷基础上的使用:

(1) 上拔载荷经常是各种输电线塔基础和承受上拔载荷作用的码头、防波堤基础、海洋工程基础的设计控制条件,而对于建筑物和桥梁,上拔力是次要的;

(2) 对输电线路杆塔基础工程和海岸工程的岩土勘测,无论在准确性还是在详细程度上,都无法与建筑物和桥梁建筑相比;

(3) 在同一工程中可能使用许多基本相同的上部结构,但它们的基础则因土质不同而有不同的结构类型。

工程结构设计需要考虑诸多因素,其中主要是:

(1) 载荷特性:动、静载荷,长期、短期载荷,施工、使用载荷以及时间、空间载荷的区分、构成和比率;

(2) 工程位置:天然和人为的自然条件,环境情况(如沼泽地、偏远地区),城市、工业区和游乐区的发展趋势以及矿区位置有无与环境协调的问题,有无其他特殊问题(如穿越名胜古迹)等;

(3) 区域性气象条件:温度、风速、覆冰、雾、烟等不利的大气条件;

(4) 地质条件:现场地质,土和岩石种类,地下水分布以及地震资料等。

1.1 上拔基础的载荷条件

目前,应用于海岸和海洋工程的主要抗拔基础结构形式为重力式基础、桩(墩)基础和近年研究的桶型基础。海岸和海洋工程的载荷条件和环境条件十分复杂,需要地基基础能够承受很大的上拔载荷,同时也要承受水平与下压载荷的作用。需要研究一种抗拔承载力高、抗上拔位移能力强、稳定性好、同时能够承受下压与水平载荷的新型基础,以取代数量众多的深长桩海上平台基础,单独的这种基础还可以直接支承单体海洋结构物(如潮流发电站、潮汐发电站、深水网箱等)。输电杆塔基础是最为典型的承受上拔载荷的基础。

21 世纪初期的重大建设工程项目,如三峡工程、青藏铁路、南水北调、国际航运中心建设,会涉及许多岩土工程问题,其中会有大量的基础抗拔问题。同时海洋工程建设也会有大量这样的岩土工程问题,比较典型的是海洋平台高桩基础,会由于水、浪、风、船舶等载荷作用引起基础的上拔载荷。同样,输电和通信杆塔、冻土和膨胀土地基的基础、抗浮桩、桥梁基础、水中和泥中的管隧道,尤其是水下基础,均要承受上拔载荷,在一些情况下上拔载荷会成为设计控制载荷。随着海洋工程、隧道工程、港口工程、桥梁工程、国防工程(水下、浮在水中的目标物)、市政工程等大型建设项目的大量发展,随着人口向海岸带的集中,要扩大海洋空间利用,都会涉及到许多承受上拔载荷地基基础的岩土工程问题。海洋工程的开发与发展,如海洋石油平台、智能化海洋观测平台、海上勘探,在不同地质条件下的承受上拔载荷的基础将有大量的应用;现代海洋空间主要是海上机场、水下仓储、围海造地、倾废区、海底隧道与管线、人工岛、海底储藏基地、海洋能电力工业、海上娱乐场和海上城市等,这些项目的开发与建设,更会有很多的与上拔载荷作用有关的工程项目和研究课题,具有重要的科技与经济意义。

对于不同行业选用的设计载荷条件差别甚大,这些差别主要是为了使设计更符合不同地区的实际情况。上拔载荷条件主要可分如下 4 种:

(1) 持续作用的稳定载荷。对于水中和土中的基础,基础两侧存在不平衡的水压力、土压力,水的浮力,地基土的膨胀力、冻胀力,埋设于泥中、水中的管线、隧道所受的浮力等。例如,对于输电线路杆塔基础,存在杆塔和导线重力,线路转角造成的水平力,导线不平衡张力,终端塔的导线张力,断线产生的不平衡力等。

(2) 短时作用的载荷。如水位变化造成浮力的减小与消失,土的状态的变化影响,地震造成的作用力,上部结构承受的风载荷,输电线路导线悬挂时产生的拉紧力,冰脱落造成的不平衡张力等。

(3) 施工载荷。

(4) 检修载荷。

上述载荷中的大部分可以做出精确计算,但还是有一些载荷尚未完全研究清楚,应注意新的研究成果,以便精确确定载荷值。

在结构和基础设计时,对于载荷条件的缜密思考和准确判断十分重要,要对所有可能发生的载荷组合方式进行验算。

由于以下几种原因,对基础的设计要特别注意:

(1) 基础对持续载荷和短时载荷(包括施工载荷和检修载荷)的反应是不同的。根据土质和短时载荷持续时间的不同,基础所作用的土可能处于排水状态,也可能处于不排水状态,例如:粘性土在持续载荷作用下处于排水状态,在短时载荷下则处于不排水状态。不同的情况需要根据不同的土质参数加以确定。

(2) 载荷性质不同时应采用不同的安全系数或可靠性。对持续时间不同的载荷如何确定基础不同的承载能力是问题的关键。

(3) 上部结构在受力时基础产生不均匀位移所造成的影响,在目前的结构设计中并不予以考虑,但基础的不均匀位移会引起上部结构产生明显的附加作用力。

(4) 基础和结构设计所采用的基础原则要考虑基础与上部结构可靠度关系。要求基础比结构的可靠度高,一旦因意外的过大载荷而造成结构损坏时,就可很快在原有基础上重新安装上部结构。而另一种方法是把由结构、基础以及承载土层构成的整体系统在各种载荷条件下按同一可靠性进行设计。两种方法都是可行的、正确的,但是不同的方法会影响载荷条件的确定和基础设计。

1.2 承受上拔载荷的基础类型

基础的用途是将上部结构的作用力向土或岩石传递,其设计应能承受不同的载荷,以适应不同结构与条件的特殊要求,尽管有时满足特殊要求是比较困难的。

抗拔基础的设计通常要考虑下列几点:

(1) 地质条件。要了解建筑物位置的土和岩石情况,原位应力状态以及地下水位情况。

(2) 载荷特性。各种类型的载荷条件,在 Z 方向作用有竖直载荷,在 X 和 Y 方向作用有水平载荷,而在 $Z-Y$ 和 $Z-X$ 平面上作用有倾覆力矩,在 $X-Y$ 平面上有扭矩。基础设计时不仅要考虑各载荷的大小、加载的快慢和出现的频率等主要变量,还要考虑它们的分布和偏心度等。

(3) 基础特性。包括基础的尺寸、埋深、高度、形状和重量等。

(4) 基础的承载特性。根据基础对载荷的反应,确定分析计算的方法。首先

考虑的是基础和土层中是否有可能出现潜在的破坏面,以及这个破坏面怎样随着基础深度不同而变化。破坏面不同,基础通过侧面摩擦和端面支撑向岩石和土传递载荷的方式也不同。实际的载荷分布情况中,土和岩石的特性以及基础材料决定基础受力后的位移。

(5) 土和岩石的承载特性。土和岩石的承载特性直接取决于它们在不同载荷条件(如持续、短时或周期)作用下的强度和变形特性。由于孔隙水应力的大小将影响土层的排水和不排水特性,因此必须予以考虑。

(6) 施工方法。施工方法也是很重要的。基坑的几何尺寸和回填土密实度可直接影响基础系统的极限承载能力。疏松的回填土将明显地影响基础承载力;反之,可以有效地增加基础的承载力并减小基础在受力时产生的上拔位移。

为适应可能出现的各种情况,目前已研究出许多种基础类型,它们可归纳为扩展基础、打入式桩基础、钻孔灌注桩基础、螺旋锚板基础、锚固式基础等。原则上这些类型的基础大多可以在常见的上拔载荷条件下使用,而其经济性和施工难易通常是选择基础时的主要考虑点。

1.3 基础的经济性和可靠性

在结构工程的整个设计过程中要始终考虑经济性和可靠性,但具体的实施办法往往要根据实际情况灵活掌握。当考虑地质条件和确定土设计参数时,要高效、经济、可靠地进行基础设计必须进行合理的勘探和试验。

准确的土工实验数据可以明显地降低基础造价并提高其可靠性。如果设计时不能得到可靠的地所资料,势必心中无数,不得不过分保守地进行基础设计,而保守的结构和地基基础设计会极大地影响整个工程的造价。

自然界的地质情况非常复杂,但地质演变的过程已被人们掌握,设计人员能够根据以往的工程经验和条件推定某一地区的地质情况,确定恰当的勘察方法和土工试验,进行合理的结构和地基基础设计。

第2章 承受上拔载荷基础的分析与设计要点

承受上拔载荷的基础都必须满足下列基本要求:基础是稳定的,有适当的安全系数,即使在异常情况下也应具有一定的可靠性,在受力时基础不能发生较大的、可能造成上部结构承载能力严重下降的位移;基础必须是经济的,或者对某些结构至少造价是较低的。

为满足这些要求,要考虑以下几点:地质条件,载荷特性,基础特点,基础承载特性,土和岩石承载特性以及施工方法。这些因素都与地基土有关,即土层原状性状、在施工时有何变化、土的承载特性如何等,对地基土的评价是正确进行基础设计的关键。

2.1 确定基础的破坏方式

进行基础分析和设计时,应首先假定基础的破坏方式并要求能真实地反映原型基础的实际情况,然后再进行必须的分析和设计计算。

有一些基础的破坏方式假设得过于简略,有些假设忽略施工过程的影响,有些只能适用于某一特定的现场条件,有些简略的假设过分保守,使得经济效果不佳。根据理论分析、准确的资料 and 实践经验选择合适的基础破坏方式很重要,要通过不断的研究和改进,调查大量载荷试验资料,对假定的基础破坏方式不断进行完善。

2.2 地基与基础的材料参数可靠性

为分析基础的实际承载能力,必须知道地基基础材料的特性参数才能进行基础破坏方式的假设。这包括建筑材料(如混凝土、钢材)和地基土或岩石相关的参数。对于建筑材料,由于有专门的生产规程,因此其特性参数比较确定,这些材料的特性参数可认为不变。土和岩石的特性参数变化很大,其可能的变化范围取决于取样、试验的准确性和随机因素。岩石和土的基本指标性参数(孔隙率和含水率)的变动率相对较小,而粒状土主要的有效应力参数(摩擦角)变动率也很小,但

是对土的无侧限压缩强度以及不排水抗剪强度来说就比较大,这与土的强度和变形指标与有效应力、摩擦角,应力历史、表层土自重应力和含水率等因素有关。

2.3 施工影响

开挖基坑时对原状土和岩石的扰动,基础安装方法,原位土的应力状态变化,回填浇灌混凝土或注浆的影响,土或岩石特性参数的变化,地下水位上升或下降,以及水环境的预测准确性,对基础上拔承载能力有重大影响。施工技术低造成对原状土的过扰动,将导致基础上拔承载能力下降并增加上拔位移。

2.4 基础设计方法验证^[1]

应对基础的分析和设计方法进行有效性和普遍性验证。验证步骤为:

- (1) 确定基础破坏方式。
- (2) 进行相似条件的基础试验,了解各种参数对试验结果的影响。
- (3) 在现场进行原型加载试验,有条件的可以进行数值模拟试验,以验证分析时采用的假定破坏方式和实验室试验的结果是否接近。
- (4) 确定一个经济而高效的施工方法,作为基础分析和设计方法的补充。

基础分析和设计的关键在于确定土质条件,即要求正确估计建筑物所在位置的土和岩石特性参数,了解它们在施工时会发生怎样的变化,并搞清土和岩石对载荷的反应,而且必须兼顾经济性和可靠性两方面。有几种特定的基础由于能使经济性和可靠性处于最佳而将得到较大的发展。

2.5 基础工程设计的特点与准则^[2]

2.5.1 基础工程设计的特点

(1) 对自然条件的依赖性。设计时必须全面考虑气象、水文、地质、水文地质条件及其动态变化,包括可能发生的自然灾害以及由于兴建工程改变自然环境引起的灾害,所以必须特别重视调查研究,做好勘察工作。岩土工程迄今还是一门不严谨、不完善、不十分成熟的科学技术,存在相当大的风险。

(2) 岩土性质的不确定性。岩土参数是随机变量,变异性大。而且,不同的测试方法会得到不同的测试值,差异往往相当大,相互间无确定的关系。

(3) 注重经验特别是地方经验。近代土力学与岩石力学的建立为岩土工程的

计算和分析提供了理论基础。但由于岩土性质与埋藏条件复杂多变以及岩土与结构相互作用的复杂性,不得不作简化,以致预测和实际之间有时相差甚远。

(4) 原位测试、实体试验、原型观测的特殊地位。取样进行室内试验仍是岩土测试的重要手段,但由于小块试样的代表性不足,取样、运输、保存、试验过程中的扰动,某些岩土无法取样等问题而显出它的局限性,故原位测试在岩土工程勘察中被广泛应用。

2.5.2 合理选用岩土参数

选用岩土参数时,应注意岩土体的非均匀性、各向异性、参数测定方法、测定条件与工程原型之间的差异、参数随时间和环境的改变,以及由于工程建设而可能引起的变化等。

由于岩土参数是随机变量,要进行统计分析,算出各项参数的平均值、标准差、变异系数,确定其特征值。在选定测试方法时,应注意其适用性。

2.5.3 定性分析与变量分析相结合

定性分析是岩土工程分析的首要步骤和定量分析的基础。对于下列问题一般只作定性分析:工程选址和场地适宜性评价;场地地质背景和地质稳定性评价;岩土性质的直观鉴定。

定量分析可采用解析法、图解法或数值法,都应有足够的安全储备来保证工程的可靠性。考虑安全储备时,可用定值法或概率法。

定性分析和定量分析,都应在详细占有资料的基础上,运用成熟的理论和类似工程的经验,进行论证并提出多个方案进行比较。

2.5.4 岩土工程设计中的容许应力法和极限状态法

岩土工程设计应满足以下功能:

- (1) 能承受正常施工和正常适用期间可能出现的各种作用。
- (2) 在正常使用期间,工程各部分具有良好的工作性能。
- (3) 在正常维护下具有足够的耐久度。
- (4) 在发生偶然事件或局部失效时,仍能保持必需的整体稳定性。

对工程安全等级、设计基准期等若干概念的解释如下:

工程安全等级:根据工程破坏可能产生后果(危及人员生命、经济损失、社会影响等)的严重性划分3种等级:1级,破坏后果很严重;2级,破坏后果严重;3级,破坏后果不严重。

设计基准期:工程设计所依据的时间参数。