

Geotechnical Engineering Survey, Design, Construction, Inspection and Management

Hongfei Zhu

Surveying and Mapping Brigade, Coal Geology Bureau of Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi, 336000, China

Abstract

With the gradual development of China's economy and technology, people are paying more and more attention to the construction industry. In the construction industry, geotechnical engineering has always been a relatively important project. The paper focuses on the survey, design, construction, inspection and management of geotechnical engineering for reference by related departments or colleagues.

Keywords

geotechnical engineering; survey; design; construction; inspection; management

岩土工程的勘察、设计、施工、检测及管理

朱鸿飞

江西省煤田地质局测绘大队, 中国·江西 南昌 336000

摘要

随着中国经济技术的逐步发展,人们对建筑行业也越来越关注。在建筑行业中,岩土工程一直都是较为重要的工程。论文重点论述岩土工程的勘察、设计、施工、检测及管理,供相关部门或同行参考。

关键词

岩土工程; 勘察; 设计; 施工; 检测; 管理

1 岩土工程的勘察

岩土工程勘察就是通过调查、测绘、勘探与试验的方法,考察具体建筑工程在建设、施工和使用营运中所涉及范围内的地形、地质、气象、环境条件与岩土体及其中地下水体的空间分布、变化规律、工程性质以及有关地质现象与条件,据以针对不同建设对象与工程的不同工作阶段,对场地的稳定性与建设的适宜性做出客观的评价、论证与检验;对建设工程的设计、施工提供所需的基本资料、参数与原则建议;对环境与工程的相互作用做出预测与评估。

1.1 岩土工程勘察的目的

岩土工程勘察的根本目的是评价、论证和检验场地的稳定性、建筑的适宜性和环境的演化性,提出设计施工的基本

资料和原则建议。在这里,对工程设计、施工和运行方案及其可行性、合理性做出论证与检验的基础是场地的工程地质条件,水文地质条件,水文气象条件,地形、地貌条件,岩土特征参数等及其在工程开工前、施工中和完工后的变化与监测资料。必须把资料与建设紧密地联系在一起,“资料为建设,建设靠资料”。在评价论证与检验中,要详尽地考虑到问题的各个侧面,力求客观,防止主观片面性。

1.2 岩土工程勘察的内容

岩土工程勘察的内容包括岩体、土体与水体的分布、变化、性质、现象以及地形、地质、水文、气象和环境的特征与变化。具体地讲,对岩体和土体有它的类型、年代、成因、产状、厚度、性质、分布,有特殊性岩土的测试评价,工程

性质指标及变异性, 构造断裂的展布、发育程度、充填情况及其对工程的影响, 也有不良地质现象(溶洞、土洞、滑坡、崩塌、泥石流、活动砂丘)的类型、特征、动态和影响以及人为地质现象(采空、水库坝岸、地面的抽水下沉与裂缝)的类型、特征、动态的影响; 对地下水(水体)有它的类型、水位、动态, 地层渗透性, 补给排泄条件, 含水层的厚度、粒度、渗透系数以及土与水对建筑物的腐蚀性; 对气象有气温、降水、暴雨、风暴潮、冻结深度等; 对水文有水位、流量、洪峰、淹没、淤积、冲刷深度等; 对地震有烈度、地震动参数、土的液化等; 对施工有计划进度、有关单位的分工配合、施工能力、材料、劳务价格; 对基础有基础的形式、尺寸、埋深、材料; 对地基有类型、处理方法; 对结构有工程安全与沉降的要求; 对环境有邻近工程的类型与分布, 施工排水污染条件, 对振动噪声的限制, 地下水水位上升的盐渍化、湿陷、膨胀和软化等; 其他还有地形、地质、地貌以及岩土工程勘察、设计、施工、监测与管理的地方经验、法规、标准、规范及定额等。

1.3 岩土工程勘察的方法

岩土工程勘察的基本方法是地质调查与测绘、室内与现场试验以及地质勘探。

1.3.1 地质调查与测绘

地质调查与测绘着重于地表的地质工作。它是在不钻探的情况下, 根据野外调查结果在地形图上填绘出被测区内工程地质条件的主要因素, 绘制出工程地质图。通常, 它应该包括地形、地貌特征、地貌单元, 并分析其地貌单元形成过程与地层构造、不良地质现象的联系; 包括岩土的性质、成因、时代、厚度和分布, 岩层的产状及构造类型, 软弱结构面的产状及其性质(断层的位置、类型、产状、断距、破碎带的宽度以及填充胶结情况, 岩土层接触面及软弱夹层的特性); 包括第四纪地质构造活动的形迹、特点及其与地震活动的关系; 包括地下水的类型、补给来源、排泄条件, 含水层的岩性特征、埋藏深度、水位变化、污染情况及与地表水体的关系; 包括岩溶、土洞、滑坡、泥石流、崩塌、冲沟、断层、场地震害与岸边冲刷等不良地质现象的形成、分布、形态、规模、发育程度及其对工程建设的影响; 还包括气象、水文、植被、冻结深度等资料, 建筑物的变形, 建筑经验, 以及人类工程活动(如人工洞穴、地下采空、大挖大填、抽水排水及兴建

水库等)对场地稳定性的影响。

1.3.2 室内与现场试验

室内与现场的试验是勘察工作的重要内容。通过它可以获得岩石和土的物理、力学、化学性质和地下水的水质指标; 获得关于岩土体综合参数、承载能力、应力应变等方面的资料。试验的内容, 除室内的物理、力学(变形与强度)及化学等性质试验外, 现场的试验常有载荷试验(现场压缩、现场剪切、试桩动力参数), 十字板剪切试验, 旁压试验, 触探试验, 标准贯入试验, 渗透试验(渗水、压水、抽水), 波速试验, 以及对沉降、位移、应力等的观测试验。

1.3.3 地质勘探

地质勘探是揭示地表以下地质情况的一种重要手段。它可以在地表地质调查与测绘工作获取定性资料的基础上进一步通过坑探、钻探、触探、物探或它们的互相配合取得地表以下地质情况的定量资料, 揭露并划分地层, 量测界限, 采取岩土样, 鉴定和描述岩土特性、成分和产状; 揭露并了解地质构造, 不良地质现象的分布、界限和形态; 揭露并测量地下水的埋藏深度, 采取水样, 了解其物理化学性质及地下水类型。坑探可用挖坑、挖槽、挖井或挖洞; 钻探可用回旋钻进、冲击钻进、振动钻进或冲洗钻进; 触探可以用静力触探或动力触探; 物探可用电法、磁法、声法、震法、重力法或放射法, 视实际需要与具体条件选用。必要时, 应采用多种方法综合判断, 以期获得确切的工程地质成果^[1]。

2 岩土工程的设计

2.1 岩土工程设计的內容

岩土工程设计必须把地基、基础、上部结构, 甚至施工视为一个整体, 以保证工程在整体上的变形、强度和渗透稳定性为核心, 组合出可能的不同设计方案, 作为分析计算的基础。岩土工程设计中的方案设计与具体设计是互相联系的, 方案设计往往比具体设计更加重要, 但方案的择优又依赖于具体设计及其概算的比较。一个重要工程完整的岩土工程设计方案常需包括地基设计方案, 基坑支护设计方案, 基础设计方案, 上部结构设计方案, 施工设计方案, 环境设计方案以及观测设计方案, 并对它们提出在质、量以及实施步骤、方法上的具体要求。

地基设计要面对承受基础所传来荷载的全部地层。直接与基础接触的地层称为持力层, 其下则均称为下卧层。

地基设计应首先考虑天然地基,在不能满足要求或不经济时再考虑人工地基。每种地基都可以从多种方法中选出可能的比较方案。基坑支护设计是风险性较大的设计,不仅需要满足功能使用和基础埋深的要求,而且需要保护周边各种已有的建筑物、地下管线和道路。因此,需要根据场地地层状态特点,基坑形状和深度要求,周边环境的保护要求,确定基坑支护挡土结构方案(放坡护面、重力式挡土墙、喷锚土钉支护、桩墙支护等)和平衡水土压力的支撑或锚拉方案、止水降水方案和检(监)测方案等。基坑支护设计应对施工的工艺和土方开挖的工况提出具体的要求。

工程基础是指传递上部结构各种荷载的地下埋置部分。在基础设计中应首先考虑浅基础。浅基础和深基础都有不同的类型,常需结合具体条件,从基础的类型、形状、布置、尺寸、埋深、材料、结构等方面来寻求合适的比较方案。上部结构是指结构的地上部分。它的平面布置、立面布置、材料、结构形式、整体刚度、荷载分布的变化都会影响到地基与基础的工作,也可属于统筹寻求合理方案的比较因素。施工中基坑的开挖、降水、支护方法,以及施工顺序、施工期限和施工技术等诸多方面的变化均会对地基、基础和上部结构产生不同的影响,它也可能和其他因素一起,在形成最优的组合方案中起到重要作用^[2]。

任何一个岩土工程设计方案能够成立的条件是它必须在强度、变形和渗透诸方面确保足够的稳定性。强度稳定要求与建筑有关的土体不发生整体滑动、侧向挤出或局部坍塌。如对地基,其土体所承受的荷载应不超过地基的容许承载力。变形稳定性要求与建筑有关的土体不发生过量的变形(总体沉降、水平位移或沉降差)。如对地基,其土体实际的变形量应不超过地基的容许变形值。渗透稳定性要求与建筑有关的土体不发生流土或管涌以及由水在土中的渗透而引起的破坏或过量的变形。如对地基,其土体实际的渗透水力坡降应不超过基土的容许水力坡降。

2.2 岩土工程设计的特征

岩土工程设计的特征是对自然条件的依赖性,岩土工程性质的变异性(不确定性),以及建筑经验、试验测试与建筑法规和规范的特殊重要性。因此,岩土工程设计不会存在一个固定的模式,它必须坚持“具体问题,具体分析,具体

解决”的原则,一切从实际出发,将当地的各种条件、数据、经验与建设对象的特点和要求紧密结合起来,以寻求解决问题的途径和方法。

2.3 岩土工程设计的方法

岩土工程设计中必须把正确选用岩土计算指标参数和设计方法(尤其是指标参数与设计方法的配套)以及设计安全度的选择放在重要位置上。岩土的特性指标参数应注意土体的非均匀性、各向异性;注意试验测定的方法、条件与土体在工程原位时工作的相似性;也应注意参数可能随土体实际工作时间与环境的变化而有所改变。尽量模拟土的实际工作条件是确定土性指标的关键。考虑到土性参数变化的随机性(不确定性),在土性参数确定时,应保证足够的试验工作量,采取数理统计的方法确定计算中选用的指标。

一般情况下,概率法设计要优于定值法设计,极限状态法设计要优于容许应力法设计,因此,将概率法(可靠度法)与极限状态法相结合的设计方法逐渐成了岩土工程设计中被人注视的方向。但此时,由于对每一个工程都进行可靠度计算的不现实性,实用上常用建立在概率或经验基础上的分项系数法设计,即对一系列有关工程重要性、土性参数、荷载作用、抵抗力等各个分项都引入规定的分项系数来对比作用效应与抵抗力效应之间的关系。中国目前的有关规范开始采用了这种方法。

定值的容许应力法,只比较荷载作用与岩土抗力,要求强度满足一定的安全储备,变形满足正常使用要求。在比较中,岩土指标采用某一个定值(平均值、大值平均值或小值平均值),荷载、抗力,尤其是安全度取值都建立在经验基础上。以概率法为基础的极限状态法,一方面要按失效概率来量度设计的可靠性(即将岩土指标和安全储备都建立在概率分析的基础上);另一方面将极限状态分为承载力的极限状态(破坏极限状态、第一极限状态)和正常使用的极限状态(功能极限状态、第二极限状态)。承载力的极限状态,既包括地基整体滑动,边坡失稳,挡土结构倾覆,隧洞顶板垮落或边墙倾覆,以及流沙管涌、侵蚀、塌陷和液化等(称为A类);又包括土的湿陷、融陷、震陷及其他大量变形引起结构性破坏,岩土过量的水平位移引起桩的倾斜,管道破裂和邻近工程结构破坏,地下水的浮托力、静水压力和动水压力引起结构性破坏等(称为B类)。

正常使用的极限状态,包括外观变形、局部破坏和裂缝,振动和其他如地下水渗漏等超过了正常使用或耐久性能的某种限度等。岩土工程可靠度分析的精度主要依赖于岩土参数统计的精度。岩土特性是一个空间范围内的平均特性。可靠度验算是整个体系的可靠度。虽然这种方法在目前还有较大的困难,但它代表了设计方法发展的方向^[3]。

如果以当前对作用力 S 和抗力常用的关系式为例,则它的表达式为:

$$\gamma_n S(\gamma_A, f_k, \alpha_k, \gamma_Q Q_k, \gamma_{sd}, \phi_c)^m R(\gamma_R, f_k, \alpha_k, \gamma_{Rd}, C)$$

式中: $S(\bullet)$ 为作用力效应函数;

$R(\bullet)$ 为抗力效应函数;

γ_n 为工程重要性分项系数(如一级 1.1, 二级 1.0, 三级 0.9);

γ_Q 为作用力效应分项系数;

γ_{sd} 为作用效应函数计算模式不定性的分项系数;

γ_{Rd} 为抗力效应函数计算模式不定性的分项系数;

为岩土参数作用效应的分项系数;

γ_R 为抗力效应的分项系数;

f_k 为岩土参数标准值;

Q_k 为作用效应标准值;

α_k 为几何参数;

ϕ_c 为作用效应组合系数;

C 为限值。

虽然,这里采用各类分项系数的概念是无可非议的,但要确定它们的实用数值却并非易事。只有以概率分析或丰富经验为基础,才能逐步得到各类实际对象合理的匹配数值。

3 岩土工程的施工

3.1 岩土工程施工的特征

岩土工程施工的根本特征主要包括:一是条件差,经常处于地下或水下;二是工期长,一般从基坑开挖到基础修建、基坑周围回填,往往需要相对较长的时间;三是费用高,几乎要花去工程总投资的 30% ~ 40%;四是风险大,常会遇到很多意想不到的问题,需要及时处理,以保证工程和人身的安

全;五是变化多,一遇到异常就得改变设计,但又不能延误施工;六是更改难,一旦完成不好,就很难修改补救,甚至花费了大量的财力和人力,也至多得到一个很难令人满意

3.2 岩土工程施工的核心

岩土工程施工的核心是抓好质量,抓好效率,抓好安全与环境。质量来自可靠的设备,合理的方法,先进的技术,及时的检验,正确的应变。为此,要认真贯彻有关质量工作的方针政策、技术标准、施工验收规范、质检标准和技术操作规程,推行科学的质量管理方法,严格原材料、半成品和构配件的质量检查和验收。效率来自周密的计划,合理的组织和熟练的技术。要责任分明,及时抓住和处理要害问题,不使岩土和施工的条件有任何恶化。安全包括兴建工程的安全,相邻工程的安全以及设备和人身的安全^[4]。

因此,必须严格按设计施工;执行安全生产法规;做好施工前的安全技术交底;明确机电设备及施工用电的安全措施,防止吊装设备、打桩设备等倒塌的措施和季节性安全措施(防雨、防洪、防冻);注意施工现场周围的通行道路与居民保护的措施;加强安全施工生产责任制。环境应包括工作环境和工程环境,应注意确保文明施工、场地整洁和工程邻近处居民的正常生活与已建结构物的正常工作。同时,岩土工程施工要把及时发现和处理一切新情况和新问题放在非常重要的地位上。岩土复杂性表现为往往会在施工中出现许多难以预料的情况和问题,而且它的处理必须细心分析、当机立断、迅速准确、防微杜渐。否则,事态的扩大会造成难以弥补的损失。

因此,对处理各种新问题的经验教训进行总结都具有重要的理论和实用价值。根据发现的新情况,评判、修改或补充原有设计,蕴藏着很大的创造性。

3.3 岩土工程施工的对象

岩土工程施工的对象是作为地基、边坡、洞室主体的岩体、土体和其中的水体。岩体和土体的开挖、支护、压实、加固与处理,以及水体的降排、防渗、防止流土、管涌和防止污染环境等,成了岩土工程施工中的重要课题。它们所涉及的施工技术有基本工种的施工技术,如土方工程、混凝土工程、钢筋工程、钻探工程、打桩工程、爆破工程、注浆工程等;也有专门的施工技术,如灌浆、预压、强夯、深层搅拌、

高压喷射、灌注桩、振冲、防渗墙、沉井、预锚、土工合成材料应用等(这些专门的施工技术,将在以后作详细介绍)。必须注意讲求各种技术的实际能力和水平,并认真总结在复杂施工条件下施工的实践经验,不断发展施工技术,提高施工水平。另外,岩土工程施工同样需要有详细的记录文件,它是质量检验、事故分析、经验总结、工程验收和科学研究的重要资料。

4 岩土工程的检测

4.1 岩土工程检测的特征

岩土工程的检验是岩土工程建设中一个非常重要的、最有发言权的环节和内容。通过检测,可以反求出其他方法难以得到的工程参数;可以完善、修改设计或施工的方案;可以保证工程施工的质量和安全性,提高工程的效率和效益。例如,用沉降、水平位移及孔压的观测数据控制分级加荷的时间;用粘聚力 c 、内摩擦角 ϕ 及加荷后地基强度的增长率控制加荷的大小;用孔压-时间关系曲线及沉降-时间关系曲线的反演分析修正固结性参数等。既确保施工对象的安全,又检验设计的参数。

4.2 岩土工程检测的目的

岩土工程检验与监测的目的在于通过检验来考查设计施工的基本条件与具体要求是否达到;通过监测来考查设计施工的综合效果和实际效益是否达到。如果在二者之间发生矛盾,就需要通过仔细的研究,寻求其中的原因,或者总结经验发展理论(正效果时),或者查病治病,采取措施(负效果时)。因此,检验的要求是已知的,工作是主动的;而监测的效果是未知的,工作是被动的。只有通过一系列关于岩体、土体、水体或结构与设施内的变形和应力、位移和孔压以及地下水与其他有关方面的变化及其分析,才能做出符合实际的结论。一般既需要有相应的试验设备,又需要有不同的观测设备。通常的监测包括变形监测、位移监测、应力监测、孔压监测、地下水监测及环境监测等。

4.3 岩土工程检测的要求

岩土工程检验与监测的要求对不同的工程对象应该有所不同,必须针对不同的工程进行。这样,对天然地基工程,常需检验基槽的土质;监测回弹与建筑物沉降,地下水控制措施的效果与影响,以及基坑支护系统的工作状态。例如,

对预制桩工程,常需检验桩的平面布置、质量,施工机械及置桩能量,置桩过程,施工顺序,施工进度,持力层的性质,最终贯入度,桩的垂直度,间歇天数等;监测打桩过程中土体的变形与孔压,桩身受力变形性状,单桩承载力,振动,噪声,桩土相互效应。

对于灌注桩工程,常需检验桩的平面布置(数量、间距、孔径),成孔质量(垂直度、孔底渣土厚度、持力层终孔验收),施工顺序,工序衔接,施工进度,钻孔泥浆特性,钢筋笼规格质量、安设,混凝土特性、浇筑量、浇筑质量等;监测施工过程,桩身受力变形,单桩承载力,环境影响,运营期间桩土的相互作用效应(负摩擦、抗浮等)及群桩效应^[5]。

对于地基加固工程,常需检验方案的适用性,加固材料的质量,施工机械特性,输出能量,影响范围深度,施工技术参数,施工速度、顺序、遍数,压密厚度,成孔、成桩的质量,工序搭接,加固效果,停工、气候和环境条件变化对施工效果的影响等;监测岩土性状的变化,加固前后性状的比较,环境影响,加固效果随时间的变化。

对于基坑开挖的支护工程,常需检验基槽;监测支护结构、槽底和被支护土体的变形,锚杆的受力情况,地下水位及孔压,相邻建筑物的沉降等。所有的技术要求都依据于工程设计条件与质量控制的标准。

5 岩土工程的管理

5.1 岩土工程管理的特征

岩土工程管理必须使行政管理与技术管理相配合,建立灵活、有序、及时、有效、协调的指挥服务机构与技术决策机构的运行机制与激励机制,推动工程的全面优化。岩土工程管理必须保证施工期材料的优质与及时供应,调动各方面的积极因素,使人员与技术同具体条件及其变化相融合。岩土工程管理的行政管理与技术管理都必须把风险管理放在重要地位。

5.2 岩土工程管理的形式

工程监理是岩土工程管理的一个重要形式。它要解决和处理某个具体建设工程项目中涉及岩土的调查、研究、利用、整治或改造等各个环节参与者的行为和他们的责、权、利,依据有关的法律、法规和技术标准,综合运用法律、经济和技术手段,按照业主委托的合同进行必要的协调和约束,保证岩土工程各个环节(方面)行为有条不紊地快速进行,

以取得高的工程质量和最大的投资效益、好的环境效益和社会效益。它的主要工作内容是进行投资控制、进度控制和质量控制,进行合同管理和信息管理,协调有关单位间的工作关系^[6]。

由于全面质量管理是全过程的管理,就是从建设单位完全满意角度出发,使承建者各部门综合进行开发,保证和改进质量,最经济地进行生产和服务。岩土工程建设的质量管理主要包括勘察设计过程的管理、施工过程的质量管理和辅助过程的质量管理等各个环节。各个环节从计划、实施、检查、处理等各个分阶段形成“大圈(对承建者整体可划大圈循环)套小圈(对各部门又有各自范围的小圈循环)”的循环工作是全面质量管理的基本方法。这种方法称为 PDCA (Plan-Do-Check-Action, 计划—实施—检查—处理)循环的工程管理方法。它既是工作方法,又是工作程序,它可以通过不

断循环使质量不断提高。

参考文献

- [1] 孙福. 岩土工程勘察设计与施工 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [2] 陈磊鑫. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式探讨研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2017(08):146.
- [3] 王东利. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式探讨研究 [J]. 城市地质, 2013,(004):15-20.
- [4] 张晨. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式探讨研究 [J]. 商品与质量·理论研究, 2014,(005):85.
- [5] 张涛. 探讨岩土工程勘察设计与施工一体化的实现途径 [J]. 建筑知识, 2016,08(8):187-188.
- [6] 刘长江. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式研究 [J]. 文摘版: 工程技术 (建筑), 2016:56-59.