

# 影响岩土建筑工程可靠性的因素分析

许绛垣 汪国香 罗云 (中国地质大学探矿与采矿工程系 北京 100083)

**提 要** 结合部分工程事故案例,分析了工程地质条件、勘察设计与施工以及综合管理中影响岩土建筑工程可靠性的主要因素,并指出了相应的预防及解决办法。

**关键词** 岩土建筑工程 可靠性 因素分析

**第一作者简介** 许绛垣,男,1964年生。1986年毕业于武汉地质学院探工系。1986~1996年在中国地质大学(武汉)从事教学、科研及管理工作,1995年获工学硕士学位。现为地质大学(北京)96级博士生。

我国各类岩土建筑工程项目的建设速度不断加快,这些项目大都是国家基础工程项目,对社会经济的发展及国家的长远利益均有着至关重要的影响。近年来,因种种原因,急功近利的短期行为较为严重,对工程项目的安全可靠缺乏系统考虑,加之目前人们对各种新技术、新工艺、新设备的掌握程度还受到一定限制,大量素质不高民工的雇用及管理监督方面的漏洞等,导致各种工程质量事故屡屡发生,对国家经济建设的发展及各项工程项目的建设产生了很大影响。

岩土建筑工程涉及范围很广,本文仅讨论在复杂的天然岩土体的基础上经过开挖、砌筑等施工工艺而形成的地表或地下人为建筑工程体。如地下工程、隧道涵洞、大坝桥梁、基础工程、水库电站等。岩土建筑工程的可靠性主要是指建筑工程投入使用后,在规定的使用寿命和设计条件下,维护其无故障的能力。

岩土建筑工程本身是一个复杂的大系统,影响其可靠性的因素是多方面的,参阅有关文献资料,纵观国内外各类岩土建筑工程出现的种种事故,我们认为,应着重从以下因素进行分析,以保证岩土建筑工程稳定可靠地为人类服务。

## 1 工程地质条件

岩土建筑工程均建造在一定的地质环境中,其工程地质条件是影响岩土建筑工程可靠性的基础因素。

工程地质条件是指与岩土建筑工程相关的地质因素的综合,主要包括岩土类型及工程性质、地质结构、地貌、水文地质、工程动力地质作用和天然建筑材料等方面。工程地质条件往往存在着一定的缺陷,对岩土建筑工程的可靠性有着很不利的影响。我们在选取建筑工程地址时必须采取各种有效措施,使工程地质条件适应岩土建筑工程的需要,避免工程事故的发生。

工程实践中,尤其要注意以下因素对岩土建筑工程的影响。

### 1.1 断裂构造

断裂构造的存在破坏了自然岩体的完整性和连续性,往往是破坏岩土建筑工程的隐患所在。断层、节理会明显降低地下建筑工程围岩的稳定程度,降低地基及基础的承载能力。当节理比较发育、节理组较多时,常会引起洞顶、洞壁的垮塌。断层活动能直接破坏其周围建筑物,断层带周围常易发生滑坡、山崩、地陷等不良地质现象。

为此,岩土建筑工程的选址应尽量避免断裂构造带,尤其是大型水坝、核电站、重要交通枢纽等永久性重要工程项目更不能在断裂构造带附近选择场地。铁路、渠道、桥梁、隧洞等线性工程必须要跨越断裂构造带时,应尽量大角度相交,避免平行设计,并且避开主断层带。有些重大工程必须在断裂构造带建造时,应在不稳定地块中寻找相对稳定地段,即所谓的“安全岛”米作为建筑工程场地,并距离大断裂主断面数公里以外,同时不宜将重大建筑物布置在断层的上盘,因这些地方地表变形大,对建筑物的安全影响较大。同时,在断裂构造区域建造岩土建筑工程,应采取与之相适应的建筑型式和结构措施。图1为建造在活断层上的多种土质坝,即使存在断层的坝体被错动形成裂缝,坝体部位所堆填的砂、砾石和碎石物质也会立即将裂缝封闭,以防土坝失事。

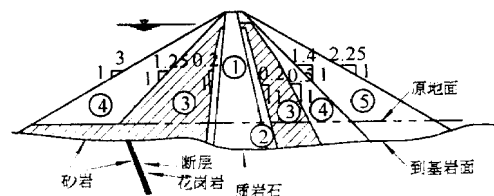


图1 建于活断层上的多种土质坝剖面

①粘土心墙;②粉土质砂;③由砂到砾石的过渡带;

④碾压的逐步过渡的堆石带;⑤砾石

### 1.2 软弱地层

软弱地层是岩体中最薄弱的部位,其结构松散,含水量高,压缩性大,抗剪强度低,对工程结构物的安全可靠很不利。工程实践表明,地基强度的破坏、边坡岩体的崩坍滑移、地下洞室围岩的塌落等岩体失稳破坏都与软弱地层有关。软弱地层还常引起岩土工程体不均匀沉降。建于西北黄土高原的某冶金厂,1971年完成主体工程建筑,1974年底设备安装完毕,试车后即投产,投产后4年(共历时8年),厂区内所有建筑物(共20个单项工程)的基础均出现了同步的急速下沉,平均累计沉降量608.8mm,最大累计沉降量达1231mm,建筑物最大差异沉降量为625mm,沉降一时间过程见图2所示。不均匀沉降引起上部结构物变形、开裂等事故。加拿大特斯科(Transcona)谷仓的倾倒是由于对该地区大建筑物地基中深埋软弱地层的均匀沉降估计不足而引起的。因此,建造岩土建筑工程时,应查明软弱地层的发育程度,以便采取相应预防措施。

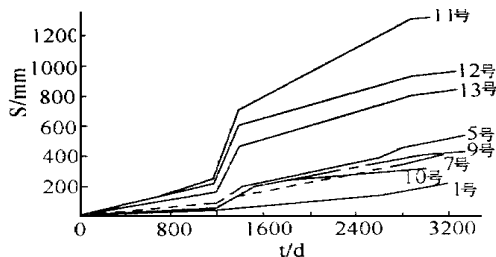


图2 某冶金厂部分构筑物的平均沉降量(s) — 时间(t)的过程曲线

### 1.3 地下水

当岩土建筑工程场地有地下水存在时,水位变化、水的侵蚀和渗透、流砂、潜蚀等不良地质作用,对工程体的稳定可靠和正常使用有很大影响。

当地下水中某些化学成分含量过高时,水对混凝土、可溶性石材、管道及钢铁构件等都具有侵蚀作用,工程实践中应根据其侵蚀程度选择相应防护措施。

地下水在渗流作用下发生的管涌、流土、流沙现象可造成土体流动,使土体完全丧失强度,导致地基破坏及地表塌陷,危及建筑物安全。高层建筑深基坑开挖、地下洞室掘进时很容易发生流沙现象。前苏联列宁格勒市兴建地下铁道时,在地下80m深处于人工冻结的细砂层掘进巷道,由于某一段上的砂土未完全冻结而造成破裂,数千万泥砂快速涌进已掘进好的巷道,同时在地面形成塌陷漏斗。

在修建岩土建筑工程时,应充分勘察水文地质条件,据此采取相应措施,如降低水位以改变渗流水动力条件,设法保护渗流出口,改善岩土性质等,以减少地

下水对岩土建筑工程的影响及危害。

## 2 勘察设计与施工

勘察设计与施工是影响岩土建筑工程可靠稳定的关键因素。因此,必须严格把握以下环节和因素。

### 2.1 加强工程勘察工作

岩土工程勘察是工程设计和施工的先行任务,通过岩土工程勘察,查明场地的工程地质条件,结合建筑工程的具体特点和要求,进行岩土工程分析评价,提出可行性评价意见,提供岩土工程资料和所需的岩土技术参数,为岩土建筑工程基础设计、地基处理、不良地质现象的防治等具体方案作出具体论证、结论和建议。岩土工程勘察工作进行的准确与否,直接影响岩土建筑工程的可靠性。

纵观世界建设工程历史,涉及面最大、性质最严重、处理最困难、影响最深远的工程事故,莫过于工程勘察工作所引起。据美国政府的一个专门委员会在对加利福尼亚州进行的一次工程调查中发现,827座大坝中,竟有2/3由于工程勘察工作不慎,存在严重的问题,受到坍塌的危险,有的已经坍塌。

### 2.2 严把工程设计关

工程设计是保证岩土建筑工程稳定可靠的极其重要的一个环节。设计时,应认真审核工程勘察报告,充分考虑工程地质和水文地质条件,结合上部结构的使用要求、结构型式、荷载分布、服务年限以及施工技术条件等各种因素,以土力学、岩体力学、结构力学、工程地质学、地基及基础工程学为基本理论依据,进行严格的工程计算,精心进行工程设计。如正确确定桩基础的类型、桩数、桩长、桩径、排列方式、配筋,正确设计地下连续墙的宽度和深度,正确设计隧道涵洞的断面形式与大小、支护方式等,以确保各项设计参数及形式符合工程要求,满足工程结构物变形条件与强度条件,确保建筑工程安全可靠。

在国内外案例中,1958年初,巴西刚建成的一座11层高层建筑尚未使用就倾覆,其原因就是支撑该建筑物的钢筋混凝土桩长度不够,未能深入到沼泽土以下的硬岩中,致使地基承载力不足,不均匀沉降过大所致。湖北武汉汉口新华下路某住宅楼因技术设计失误,在承载力极低( $f_0 = 50 \text{ kPa}$ )的厚层淤泥中采用挤密碎石桩,桩长7m,桩端正位于淤泥中,加之施工投石量只有设计投石量的1/2~1/3,导致楼房严重倾斜,完工仅两年时间,主楼实测最大沉降量就达1015.9mm,副楼达670mm,墙体最大倾斜达16.3%。

设计过程中,应充分应用动态设计法,在事先优化设计基础上,将施工中监测的实际信息数据反馈,对事

先设计进行修改完善。同时,在追求工程安全可靠性的同时,经过多方案的技术经济比较,应强调最少投资、最低的维护费用、最合理的人员配置,正确处理好可靠与经济的关系,进行合理的规划决策,以达到较高的安全可靠度,合理的工程造价,降低失效破坏概率。

### 2.3 严格施工工艺

工程质量的好坏具体体现在施工的每一道工序上,必须严格每一道工序,否则很容易出现质量事故。有关单位对43幢不均匀沉降过大的房屋调查表明,施工存在问题的占70%。例如,基础工程成桩过程中,由于施工工艺导致的断桩、碎桩、承载力不足等质量事故是很普遍的。据对珠海市200多根静力试桩资料统计,承载力达不到要求的占10%,有质量问题的占20%以上。广东斗门某公司四层框架结构办公楼,采用 $\varnothing 340$  mm、长18 m的沉管灌注桩,建至第三层时,不均匀沉降超过20 cm,不得不拆除重建。基桩工程中的断桩事故主要是由于施工工艺失误所致,正确的灌注施工工艺是保证混凝土结构强度及桩身质量的重要技术环节。因此,必须严格施工工艺,保证工程质量。

### 2.4 确保施工材料合格

施工材料直接决定着工程结构体的强度和耐久性,原材料选用不当,有关指标达不到设计要求,工程质量就无从谈起。如珠海拱北某31层高楼,基桩采用 $\varnothing 600$  mm嵌岩桩225根,原混凝土标号设计为300号,但实际只达到200号,后不得不补桩65根。1996年12月广东某县一座正在修建的大桥因建筑材料不合格而引起坍塌,人员死伤惨重,造成巨大经济损失。在巷道冒顶事故中,支架质量低劣是一个主要原因。在岩土建筑工程中,尤其要保证混凝土的标号强度、配合比、钢筋规格等。工程材料的选取要既经济又可靠。

### 3 加强工程管理,确保工程可靠性

工程实践和现代管理经验已充分证明,加强工程管理是确保工程安全可靠的有效措施。

(1)加强业务培训,提高人员业务素质。人是生产中最活跃的因素,是保证工程质量的关键。工程实践也充分证明,许多工程质量缺陷都是由于人为失误造成的,在目前各建筑工程大量使用民工的情况下,更应

该重视这个问题。

(2)加强新技术、新工艺的推广应用。如利用新奥法掘进施工,光面爆破、喷锚支护新技术的推广应用可大大降低质量事故率。随着自动化、智能化等高新技术的不断进步和应用,人为因素干扰程度的降低,工程质量及其可靠性将得到有力保证。

(3)加强预测、预防工作,把各种工程质量缺陷消除在萌芽状态,避免工程事故发生。

(4)加强监察、监理工作,随时检查有关工程质量的技术资料,如工程建筑材料的合格证及有关材料的试验报告等。对于关键工序及薄弱环节更应严加监控,对地下隐蔽性工程应加强对每道工序的质量检查,保证所用物品的数量、质量及施工工艺达到设计要求。

(5)真正克服地方、部门保护主义思想,打破情面网、关系网的束缚,采用公开招标等方式,把真正有工程建造能力、能确保工程质量的建筑商吸引到建筑工程项目上来,避免只求报价、不求质量的错误作法。

### 4 结语

在岩土建筑工程建设中,选址、勘察、设计、施工、管理过程本身是一项涉及面很广的系统工程。系统可靠与否,与各阶段、各环节分系统紧密相关,要做到技术工艺先进,工程质量可靠,安全经济适用,必须明确各环节工艺在系统中的地位和作用,明确其功能关系,按照现代管理科学的思路,应用可靠性的基本理论及故障树、决策树等具体方法,将风险控制最低限度,充分考虑各方面的影响因素,保证岩土建筑工程的可靠安全,促进国家经济的不断发展。

### 5 参考文献

- [1] 李智毅等. 工程地质学基础. 中国地质大学出版社, 1990.
- [2] 顾晓鲁等. 地基与基础. 中国建筑工业出版社, 1995.
- [3] 高大钊. 土力学可靠性原理. 中国建筑工业出版社, 1989.
- [4] 陈希哲. 地基事故与预防. 清华大学出版社, 1996.

收稿日期: 1997年4月8日

## Analysis on the Factors Affecting Soil and Rock Engineering Project Reliability

Xu Jianguan Wang Guoxiang Luo Yun

(China University of Geo-sciences Beijing 100083)

**Abstract** The analysis is made on the main factors of geology, investigation design, construction and management which affect the soil and rock engineering project reliability. Appropriate preventive measures and solutions are suggested.

**Key words** soil and rock engineering project, reliability, factor analysis