

· 专题六 ·

重大工程中的关键力学问题

与会专家建议优先发展领域如下:

1 大跨、高耸结构风工程力学; 2 大型复杂工程结构的抗震动力分析与控制; 3 结构系统可靠度和结构安全评定; 4 机械工程中的非线性动力学振动与控制; 5 大型机电设备(系统)的耦合动力学; 6 能源动力装置流场结构分析和新流型研究; 7 非牛顿多相流体管道运输的研究; 8 工程岩体的典型地质结构分析及力学效应; 9 岩土工程结构状态的预测与稳定性控制; 10 高速列车的特殊力学问题; 11 风暴海况下工程结构的力学行为。

大型岩体工程中的工程地质力学问题

孙玉科

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

1 国内外大型工程发展概况

到 2000 年,人类对空间的利用将进入一个新的发展时期。工商业的发展,人口的增长和土地面积限制,人类将依靠近代的科学技术向地球争取空间:扩展地表向高空发展;向深层地下空间开发;向海洋筑造海上空间等等。

1.1 超高层建筑 发达国家把高层建筑视为展示本国技术和经济实力的一种标志。目前已建成的最高建筑是美国芝加哥的希尔斯大厦,高度为 443 米。现美国和日本又计划建造高度为 700 米至 800 米的塔楼,试图做出更令人震惊的世界奇观。我国城市人口密集,建设用地紧张,人口密度比发达国家高 4—8 倍,人均建设用地只有发达国家大城市的 1/4—1/5。又由于我国沿海城市经济发达,人口更为集中,所以,今后高层建筑发展是必然趋势。

需要突破的难题:抗震和耐震结构;高强度和高耐久性材料;地基与基础整体抗震性能;地基持力层及不均匀沉降问题。

1.2 大深度地下铁路设施 大深度地下铁路设施是在不影响现存地面设施的情况下,在地下铺设地下铁路和地下公路。我国北京地铁属浅层地下铁路工程,其它城市则刚刚起步,2000 年后将会有较快的发展。为此,进行深层地下铁路的先期研究是必要的。需要解决的难题:地下深部不同岩土的隧道施工技术;地下水渗透、温度、地压之间的相互关系及其与地铁隧道的作用;深层构造断裂问题,等等。

1.3 无重力地下实验设施 无重力地下实验设施是利用物体自由落下过程中的无重力状态而开展各项实验的设施。为获得有效的无重力时间,要在地下建造深度 500 米以上的竖井,并用线性马达控制在竖井中落下的物体。实验内容包括检查在空间中使用的机器的动作,观察物理现象以及材料的溶解和凝固现象,这对于将来在宇宙空间建设实验设施和生产设施

具有重要意义。目前,日本在无重力地下实验设施的开发研究居领先地位,预计在2005年可达到实用化阶段。需解决的难题:竖井内环境控制技术,如重力、磁力、地应力、温度等地下环境问题。

1.4 大型水电工程 我国水电资源丰富,居世界首位。理论总蕴藏量为6.76亿千瓦,可开发的为3.79亿千瓦,而实际现已开发的大约只有其中的7%。工业发达的国家达到40%,有的已达到80—90%。就是一些发展中国家,如巴西、印度、墨西哥、土耳其、埃及等已达到10—20%或更多。所以,今后的较长时期还是要优先发展水电工程。发展水电工程,特别是兴建150—200米的高坝,库容大,将会出现一系列的工程地质与岩体力学问题,如复杂岩坝基稳定问题;大跨度、高边墙地下厂房的围岩稳定问题;库岸滑坡问题;水库诱发地震问题,等等。

1.5 大型矿山工程 我国矿山工程的特点是,地质条件复杂,开采深度愈来愈深,露天采矿发展迅速,矿山环境问题逐渐显露。目前,我国大型露天矿采深一般达300—400米,最深的已超过千米。深部采矿出现的主要工程地质力学问题:高边坡岩体变形破坏问题;地下采矿的高地应力、高地温、软岩及破碎岩的井巷围岩变形问题;硬岩岩爆问题。

1.6 深海油气开发工程 世界上约有50%以上的油气资源储存在海底。当前,海上石油勘探钻井的最大水深已接近2000米,油气生产平台水深已超过300米。我国有广阔的大陆架,据估计海底石油占总储量的25%左右。据近几年中国科学院南海海洋所在曾母暗沙海域进行的地球物理勘测证实,曾母暗沙盆地含有丰富的油气资源,约为大庆油田的两倍。因此我国油气勘探和开发的重点将逐步由陆地向海洋发展,同时由浅海逐步向深海和远海发展。

深海油气开发工程需要解决的难题:深海及海底环境研究;深海工程结构力学问题;海底工程结构的损伤、疲劳、寿命预测问题,等等。

1.7 海湾人工岛——海上城市 日本在东京以南50—100英里的海面上,兴建海上城市“信息城”,建筑面积16平方公里,分四层:底层是公用事业区;第二层是住宅区,可容纳100万人;第三层是行政机关和高技术工业区;最顶层设有机场和娱乐设施的绿化场。整个城市建在1万根主柱上,每根主柱都安装了消震器,能承受强台风的袭击。

我国南沙群岛海域有丰富的油气资源和海洋渔产资源,要进行生产性的开发,就需在岛礁上兴建房屋,做为生产和居住的中间性的基地,这是完全可行的。据台湾报道:台湾官员建议,台北应在有争议的南沙群岛建立空军基地和码头,加强海军巡逻力量。我国第一座人工岛是张巨河人工岛,位于河北省黄骅市歧口镇,距海岸4000多米。人工岛为圆形,直径63.6米,面积2826平方米,能打油井72口。该岛为沉箱式钢结构,总高度11米,其中沉入海滩中3米,总重量700吨。显然,这是一个很小的人工岛。但它说明了我国人工岛工程有了起步。

主要的工程地质力学问题:地基因沉预测问题;地震对人工岛的作用问题。

2 工程地质力学的几个基础性问题

大型工程中有很多科研课题,涉及很多学科。本文所指的是工程地质力学方面与岩石力学和工程力学有密切关系的课题。现在,工程地质工作者和岩石力学工作者对岩体的基本特性的认识是接近一致的。他们都认为岩体具有不均匀性、不连续性、多变性、随机性等。为了研究岩体的性质,除应用固体力学理论外,还吸收了其它一些学科的理论和方法,如概率理论、模糊理论、灰色系统理论,分维几何理论等。在岩体稳定性分析方面,引用了有限单元法、边界元法、离散元法。这些对解决岩体工程问题都起到了一定的作用,但对实际问题的解决还没有新的突

破。我认为还是应从第一性的认识问题开始,深入到岩体中去,到自然界去寻找原因。现提出以下四个方面的第一性问题。

2.1 结构面的不连续性问题 从工程地质力学观点,把岩体中存在的各种断层面、层理面、不整合面、节理面、风化裂隙面等统称为结构面。这些结构面在岩体中对岩体力学强度,岩体变形破坏起相当大的控制作用。所以,结构面在岩体中是连续还是不连续是非常重要的。迄今,对结构面的不连续性尚没有一个明确的定量标准,缺乏严格的科学定义。解决这个问题的难度,首先是如何实测岩体中的不连续结构面问题;其次是对不连续结构面取样进行力学实验问题;还有结构面的不连续性与工程规模的相关关系问题。

2.2 岩体结构与工程尺度的相关关系 工程地质力学所论述的岩体结构概念,已被工程地质界和岩石力学界所接受,并对岩体结构的力学性质研究有所发展。但仍有难题没有突破,这就是岩体结构与工程尺度的相关关系问题。在相同的岩体结构条件下,由于工程尺度的不同,岩体结构在工程岩体中所产生的效应是完全不同的。如工程尺度较小时,工程的岩体结构可称为整体结构;工程尺度扩大,工程的岩体结构可称为块体结构;工程尺度再扩大则可称为碎裂结构;当工程尺度再继续扩大,则工程的岩体结构可称为散体结构。由于岩体结构的类型不同,所要建立的岩体力学模型也随之有所不同。如整体结构可视为近似理想的弹性介质模型,而散体结构可视为近似的塑性介质模型,但岩体的自身性质并没有变化。由此可见,正确地建立岩体结构与工程尺度的相关关系是十分重要的,是需要突破的一大难题。

2.3 地应力问题 地应力对工程岩体的变形与破坏作用是十分明显的。如我国某露天矿高边坡采场中,由于地应力作用,产生了大变形和在地表上出现大开裂现象;在巷道开拓中,由于地应力作用,巷道变形与破坏严重,经多次返修,大变形仍在继续。对这种岩体变形与破坏,至今尚未得到根本解决。从50年代起,一些发达国家做了大量的地应力研究工作,对地应力测量技术的发展和实测资料的积累、为地应力的研究开创了新的局面,在工程建设中发挥了应有的效益。但这仅局限于对测点资料的分析,对总体上的地应力场研究还很不够。

近十多年来,我国在地应力的成因,区域构造应力场,地应力测量技术方面都有很大的进展。今后应着重在区域构造应力场研究与工程区实测点地应力的研究相结合,可能会创造出新的成果和新的突破。区域构造应力场的研究,要从宏观的大构造区应力场的地应力分布规律,逐步分析到相对微观的工程区构造应力场的地应力分布规律;工程区实测点的地应力研究,要从微观的点的实测结果逐步向区域构造应力场的方向推进。两者逐步能取得共同的成果,对地应力的成因、分布规律,及对工程岩体变形、破坏和失稳的认识会有大的突破。

2.4 岩体稳定性的时间尺度问题 岩体稳定性受两种主要因素控制:一是岩体自身的强度和它的时间效应;二是岩体所受外部载荷作用(包括难以预测的地震力和地下水动力)和它们的时间效应。如何确定它们的时间尺度?这是一个很大的难题。地质学中的时间尺度是以“万年”为最小单位的。最新的第四纪沉积物的时代都在百万年以上。而我国最早的两项伟大工程:都江堰和万里长城,都是秦国时代兴建的,距今有2200多年历史。以工程时间尺度来讲,这两项伟大工程可算是最长的,但与地质学的时间尺度相比相差悬殊。当然,我们不能按地质学的时间尺度来研究人类的工程问题。但对造福于后代的大型工程当以“千年”为时间尺度是比较科学的。我国的古代工程都能保持两千多年,我们的现代工程,更应当是这样。我国的三峡工程从50年代开始勘察与规划,仅为工程的可行性论证就花费了40多年。如果,三峡工程

的时间尺度是不以“千年”为单位来考虑,将是不可思议的。

岩体的稳定性在千年或几千年之内会发生什么样变化,是需要认真研究的,如:千年之内的地震问题,千年一遇的水文问题,千年的地应力释放问题,千年的岩体风化问题,千年的岩体强度的时间效应问题。对上述问题进行综合研究,最后应对岩体稳定性的变化趋势做出预测,这对大型工程的安全和经济都是非常重要的。

还有的工程,规模虽大,而工程寿命不长。如有的大型露天矿开采工程,30—40年开坑,多者100余年,在这段工程时间尺度内,边坡发生变形,甚至出现大变形,只要不发生滑动破坏,不影响采矿生产,就可认为边坡是稳定的。但要加强变形观测,加强监视。当然,这要在深入研究时间尺度之后,才能得出科学结论。

以上提出的四个问题,不是工程地质工作者独立能解决的,需要多学科的联合,特别是与岩石力学和工程力学工作者的联合,还要特别重视实验技术开拓和创造,先进的技术手段是解决这些问题的最好钥匙。

PROBLEM OF ENGINEERING GEOMECHANICS IN BIG ENGINEERING

Sun Yuke

(South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China)

转子动力学中的若干近代力学问题

张 文

(复旦大学应用力学系,上海 200433)

由于动力、能源和航空工程等的需要,近30多年来转子动力学有了很大的发展。当前,国内外对转子动力学的研究热点有以下几方面

1 大型复杂转子系统的力学建模和分析手段

1.1 **大型复杂柔性转子系统** 近代旋转机械一个重要特征是高转速和轻结构,轻柔部件在强离心力作用下会发生强烈的弹性变形,因此不能再像低转速时那样把许多部件简化为刚体,而必须作为弹性体处理,从而构成复杂柔性转子系统。航空发动机叶片-盘-轴整体群全弹性转子模型就是一个典型实例。此时若采用有限元模型,面对的将是几万、几十万个自由度的系统,为计算机容量所不容。因此,必须为大型复杂柔性转子系统寻求新的建模手段。我国航空发动机总公司已把该课题列为“八五”重点攻关项目。

1.2 **柔性转子系统-柔性基础系统** 要使超临界转子运行安全、可靠,需采用柔性支承和柔性基础。用加固基础抑制振幅的传统观念已陈旧且会导致适得其反的结果,这是近代旋转机械设计思想的一个飞跃。但却大大增加了动力分析的难度,因为此时面对的是转子系统和不