

海底隧道围岩稳定性分析现状及方法

Analysis Status and Methods of Subbottom Tunnel Surrounding Rock Stability

陈功奇 Chen Gongqi; 蒋建平 Jiang Jianping; 秦博 Qin Bo

(上海海事大学, 上海 200135)

(Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)

摘要:随着经济的快速发展,我国正处于隧道建设的高潮时期,在隧道建设上我国每年都投入大量的人力、物力和财力,这就迫切需要实现隧道建设高效与经济。隧道施工过程中,洞室周围岩体发生应力重新分布,当这种重新分布应力超过围岩的强度极限时,将会造成围岩的失稳破坏,因此隧道施工过程中洞室围岩稳定性评价与受力状态研究就显得日益重要。

Abstract: With the rapid economic development, China is at the height of the tunnel building. Every year, our country put a lot of human and material resources and financial resources in the construction of the tunnel which urgently need to achieve efficient and economic tunnel construction. During the Tunnel construction process, the chamber occurs re-distribution of stress around the rock, when such re-distribution of stress exceeds the rock strength limit, the instability will cause destruction of surrounding rock, so the tunnel surrounding rock stability and evaluation of the stress state during construction become increasingly important.

关键词:隧道; 围岩; 稳定性

Key words: tunnel; around rock; stability

中图分类号: U65

文献标识码: A

文章编号: 1006-4311(2010)09-0064-01

1 隧道围岩稳定性影响因素分析现状

1.1 地质结构 地质结构是多因素的综合影响,其中软弱结构面是影响隧道围岩稳定的一个重要因素,所谓软弱结构面是指相对发育软弱的结构面,即张开度较大,充填物较差,成组性好,规模较大,有利于滑移的优势方位的结构面。由于结构面产状不同,与洞轴线的组合关系不同,对隧道工程围岩稳定的影响程度亦不相同。这些结构面是岩体中的薄弱部位,它们的力学强度较低,因此,岩体软岩结构面分布状况经常是围岩稳定与否的控制性因素。

1.2 地应力水平 围岩地应力因素对隧道工程围岩稳定性的影响是众所周知的,特别是高初始应力的存在。岩石强度与初始应力之比(R_c/σ_{max})大于一定值时,可以认为对洞室围岩稳定不起控制作用,当这个比值小于一定值时,再加上洞室周边应力集中结果,对围岩稳定性或变形破坏的影响表现就显著了。海底隧道由于其处于海底,围岩前期固结压力较大,岩体在海水压力和自重应力下已经固结,海水压力即使是浅海地区也有几百千帕,对于海底软岩或是含软弱结构面的岩体,岩石强度较低, R_c/σ_{max} 值较小,隧道拱底两侧会发生严重的应力集中现象,此外弱层内部会出现较大面积的塑性区。

1.3 地下水 地下水的存在及活动使它在隧道周围产生水利学的、力学的、物理和化学的作用几乎总是不利于洞室的稳定。这种不利的作用大致体现在三个方面:①由于洞室开挖,地下水有了新的排泄通道,因此在洞周会产生渗压梯度。而且经常是不对称指向洞内的附加体积力,增加了周围岩石向洞内的挤压力;②润滑作用。③软化作用。

1.4 隧道围岩稳定性理论研究现状 ①力学分析方法。从19世纪人类对松散地层围岩稳定和围岩压力理论进行研究开始到现在,围岩压力理论主要经历了古典压力理论、散体压力理论及现在广泛应用的弹性力学理论、塑性力学理论。实际工程中,隧道开挖后由于卸荷作用使围岩应力进行重分布,并出现应力集中。如果围岩应力处处小于其弹性极限强度,这时围岩处于弹性状态。反之围岩将部分进入塑性状态,但局部区域进入塑性状态并不意味着围岩将发生坍塌或失稳。因而研究围岩稳定就不能不考虑塑性问题,芬纳(Fenner)一塔勃(Talobre)和卡斯特奈(KasterH)等给出了围岩的弹塑性应力图形。对于深埋隧道,因其埋深大,围岩大都表现出强烈的流变特性,而软弱围岩,其本身就具有明显的流变特性。因此,流变理论逐渐被引用到围岩稳定性分析的研究中。朱素平^[1]等提出了以对数函数描述岩石蠕变的粘弹性模型进行围岩稳定性的力学分析。

日本学者西原在岩石流变试验资料的基础上,建立了能反映岩石弹-粘弹-粘塑性特性的西原模型。②数值计算方法。随着计算机技术的迅猛发展,各种数值计算方法越来越多地被应用到围岩稳定性的分析中,如有限差分法、有限元法、边界元法、离散元法等。有限元法是一种较早、较成熟的岩体数值分析方法,其有限元模型一般有弹性、弹塑性、粘弹性、粘塑性、粘弹塑性等。

2 围岩稳定性分析方法

2.1 解析分析法 解析分析法是指通过对地质原型的高度抽象,得出简单的计算模型,借助数学力学工具来计算围岩中的应力分布状态,进行围岩稳定性评价。但解析法分析围岩应力和变形目前多限于深埋地下工程,对于受地表边界和地面荷载影响的浅埋隧道围岩分析在数学处理上存在一定的困难。特别在岩体的应力一应变超过峰值应力和极限应变,围岩进入全应力应变曲线的峰后段的刚体滑移和张裂状态时,解析法便不再适宜了。另外,对工程实际中经常遇到的多孔、非均质及各向异性等问题,现今解析方法几乎是无法解决的,只能借助数值法来求解。

2.2 图解分析法 通过作图来分析结构面之间、结构面和开挖临空面之间的空间组合关系,确定出在不同工程部位可能形成块体的边界,进而分析其稳定性。常用的作图法有赤平极射投影分析法、实体比例投影分析法和关键块体分析法。在应用赤平极射投影和实体比例投影分析法进行地下工程围岩稳定分析方面,中科院地质所的王思敬院士、孙玉科教授、刘竹华教授和杨志法教授等进行了系统的、开拓性的研究,取得了大量的成果,开发出相应的计算分析软件,出版了多部专著。

2.3 物理模拟法 基于相似性原理和量纲分析原理,通过模型或模拟试验的手段来研究围岩中的应力分布状态以及稳定性。常用的方法主要有相似材料法(也称模型试验)、离心试验和光测弹性法。尤其是相似材料法,能较好地模拟岩体的物理力学性能以及节理裂隙等构造情况,考虑围岩与支护结构之间的共同作用,应用较为广泛。

3 结束语

对海底隧道的研究是一个发展的过程,其理论随着现代试验设备和试验技术逐步发展日趋完善,此外,对海底隧道围岩稳定的分析要与具体工程相结合,通过工程实际来验证,并根据实测结果对模拟和室内试验结果的修正是隧道研究的一个很重要的途径。

参考文献:

- [1]朱素平,周楚良.地下圆形隧道围岩稳定性的粘弹性力学分析[J].同济大学学报 1994,22(3):329-333.
- [2]T.Kawamoto, YIchikawa&T.Kyoya. Deformation and Fracturing Behaviour of Discontinuous Rock Mass and Damage Mechanics.
- [3]李术才,李树忱,朱维申,等.三峡右岸地下电站厂房围岩稳定性断裂损伤分析[J].岩土力学,2000,21(3):193-197.

基金项目:上海市教委科研创新项目(09YZ250);上海海事大学科研基金项目(2009160);港口、海岸及近海工程校重点学科项目(2009445878)。

作者简介:陈功奇(1985-),男,河南桐柏人,现就读上海海事大学港口、海岸及近海工程专业硕士。