

# 浅析软弱岩体在应力场与渗流场耦合作用对应变及渗透系数的影响关系及其实际意义

■梁健业 胡 华 张 巍 ■厦门大学 建筑与土木工程学院 福建 厦门 361000

**摘 要:** 强烈荷载所形成的应力场作用和强降雨导致的渗流场作用是加速软弱岩体变形破坏的重要诱发因素,是多数岩土工程事故的外在破坏的表现形式。加强砂岩的应变及渗透系数的研究关系到国家各类重点工程的成败兴衰。本文首先介绍了软弱岩体的内部组织结构与渗透系数的关系,接着进一步分析应力场和渗流场耦合作用下的应变与渗透系数的关系,对于保障我国各项重点工程的建设安全有着重要的理论和实际意义。

**关键词:** 应力场 渗流场 应变 渗透系数

如今的社会经济正处于快速上升阶段,我国大规模的房屋建筑工程、城际高速铁路、跨海越江大桥或隧道工程、房地产开发等重大工程方兴未艾。这些工程规模巨大,所处的地质环境复杂,且多数建设在软弱的岩土地基上,这些岩土地基在经历了长久的地壳构造运动、雨水渗透作用、外界荷载作用后,其外部形态及内部结构已经产生较大的变化,在受到外界的扰动后其渗流特性和渗流损伤特性表现显著,将会产生显著的渗流损伤破坏,进而导致大规模的突发工程安全事故。

## 1 渗流场和应力场耦合作用的介绍

软弱岩体具有流变特性,在动载和渗流的耦合作用下,其流变特性表现的更加显著,进而导致泥石流、滑坡、崩塌等重大地质灾害的发生。有研究表明应力场是导致软弱岩体发生损伤破坏的主要外在动力,由降雨等因素所形成的渗流场则成为软弱岩体发生损伤破坏的主要诱导因素。

天然地壳岩石圈存在于一个多场耦合的复杂地质环境中,通常这个复杂的地质环境由应力场、渗流场、化学场、温度场等耦合而成。但是对大多数的岩体工程而言,应力场和渗流场所造成的影响更大。对于渗流来讲,它所产生的孔隙水压力能有效的改变渗流介质所处的应力状态,尤其是对一些软岩来讲,这种影响效应更为显著。对于机械振动、交通荷载、地震等产生的动应力场来讲,它能够促使软岩表面及内部结构的孔隙、裂隙、微缺陷等进一步的扩展贯通,从而增强了岩体的渗透特性,所以应力场和渗流场相互影响和制约,这两者耦合通常会加速软弱岩体的流变损伤,导致严重的工程事故,且将引发更多的地质灾害。

## 2 软弱岩体内部组织和渗流通道的关系

众所周知,软弱岩体是由不同尺度和形状的矿物颗粒组成的多孔材料,由于在一定的应力环境中经历各种内力作用和漫长的成岩和改造,其内部存在大量的空隙和裂纹。不同类型的荷载作用同时在不断的影响着渗流场,外界环境引起应力场不断改变的同时也将引起软弱岩体内部孔隙、裂纹和裂纹面的变化,从而改变了岩体在多种复杂环境下的渗透性能。

渗透系数是单位水力梯度下的单位流量以及介质对稳定流体的渗透能力,表示流体通过空隙骨架的难易程度。渗流的主要通道是试件内部骨架之间相互连通的空隙、裂缝及各种类型的毛细管,由于应力作用后产生了变形,有些渗流通道会因闭合而失去过水能力,因此试件的渗透系数也会随着应变的变化而变化。

## 3 应变与渗透系数之间的关系分析

渗流的主要通道是试件内部骨架之间相互连通的空隙、裂缝及各种类型的毛细管,由于应力作用后产生了变形,有些渗流通道会因闭合而失去过水能力,因此试件的渗透系数也会随着应变的变化而变化。能够影响软弱岩体渗透系数的因素有很多,主要取决于渗流压力、产生渗流作用的水的粘滞性和岩体的结构特征和物理特性。在应力场的作用下,软弱岩体的应变不断增大,应力场使得岩石内部存在的孔隙和裂缝被压密、闭合,使得渗流孔隙通道闭合,而渗透系数逐渐降低,而随着时

间的增大,内部不断的产生裂纹并且扩展进而产生裂纹面。而在渗流场的作用下,持续的渗透作用和岩石软化作用使内部结构孔隙通道再次被打通,应力的变化速度也因此增快,则渗流对试件内部的孔隙、裂缝及内部填充物的作用会增大,在渗流水压冲刷下产生新的通道,从而使得渗透系数增大,随着时间的增加,新孔隙再次被压密、闭合。

渗透系数逐渐降低,说明岩石内部的渗流通道经过短暂的调整后恢复到稳定状态,随着应变的增加,软弱岩体内部不断被压密,渗透系数整体开始呈降低的趋势。随着应变的不断增大,裂纹产生滑动面,岩体趋于破坏的阶体体试样的孔隙、裂缝越来越大,渗流通道不断打通增多,应变显著增大,渗透系数也将快速增大,直至岩体发生变形破坏。

## 4 应力场和渗流场的耦合作用对实际工程的影响意义

随着土木、水利、核能等领域的快速发展,渗流场和应力场对岩土体变形的影响应该受到更多专家学者的重视。这些工程规模巨大,地质环境复杂,且大多数建设在软弱的岩土地基上,这些岩土地基在经历了多少年的地壳构造运动、外界荷载作用、雨水渗透作用、温度及化学腐蚀作用后,其外部形态及内部结构已经发生了很大的变化,在受到外界的扰动后其流变特性和损伤特性表现显著,产生显著的流变损伤变形进而导致大规模的突发的工程地质灾害事故。

许多工程实例表明,渗流场和应力场是岩体变形破坏的重要诱发因素,是各项工程必须考虑的因素。渗流场和应力场对岩体的变形破坏特性所产生的诸多影响中,最明显的就是能使岩体的变形破坏加剧,软弱岩体在强渗流场作用下其力学性能同样也将会发生变化,许多专家学者把在应力场和渗流场耦合作用下岩体的变形特性作为岩体重要的力学特性之一。由此可见,处于长时间强烈荷载作用下的软弱岩体是导致岩土工程地质灾害的外在诱因,而强渗流场作用下的软弱岩体由初期较为缓慢的损伤变形转变为加速的变形破坏是大多数岩土工程地质灾害的外在破坏的表现形式。

## 5 结语

在众多工程中,不同荷载所产生的应力场作用同时也在不断的影响着渗流场,从而改变了岩体在多种复杂环境下的渗透性能;软弱岩体内部的应力场的改变也与渗流场的改变有非常紧密的关系,应力场导致岩体渗透性能的改变从而使得渗流场也随之变化,渗流场的不断变化也必将改变软岩的受力条件。所以加强对多场耦合作用下的应变和渗透性能的研究对于我国岩土及基础工程的安全有着重要的实际意义,也为软弱岩体的进一步研究开辟新的空间。

## 参考文献

- [1]彭苏萍,孟昭平,王虎,等.不同围压下砂岩孔渗规律试验研究[J].岩石力学与工程学报,2003(05):742-746.
- [2]王环玲,徐卫亚,杨圣奇.岩石变形破坏过程中渗透率演化规律的试验研究[J].岩土力学,2006(10):1703-1708.
- [3]郭保华,苏承东.多级加载下岩石裂隙渗流分段特性试验研究[J].岩石力学与工程学报,2012(S2):3787-3794.
- [4]Valko P, Economides M. Propagation of hydraulically induced fractures - a continuum damage mechanics approach [J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Science & Geomechanics Abstracts, 1994, 31(3): 221-229.
- [5]张玉,徐卫亚,邵建富,等.渗流-应力耦合作用下碎屑岩流变特性和渗透演化机制试验研究[J].岩石力学与工程学报,2014(08):1679-1690.