

注浆模拟试验的研究现状

河南理工大学土木工程学院 王一新 李华茂

注浆是一个复杂的系统工程,它的渗流过程和注浆效果是受注体、浆液和注浆工艺三方面共同作用的结果。目前,注浆渗流理论的研究不能完全反映受注地层的物理特征,大多数研究都是建立在单一裂隙和牛顿流体稳定渗流的基础上的,难以真实地反映裂隙岩体注浆过程。因此,模拟注浆实验是研究岩体注浆的必不可少的重要手段。在本文中,将对注浆模拟试验的研究现状及发展前景作简要综述。

一、裂隙岩体模拟注浆试验

1.美国陆军工程兵团(1956)进行了单裂隙中浆液流动过程的模拟试验。人工裂缝是用混凝土砖构成。在一部分试验中裂隙表面是光滑的,另一些试验中裂隙的表面是粗糙的。试验时,沿裂隙长度方向上不同部位,对浆液压力、流速、和其他影响因数进行了检测。

2.奥地利进行了单裂隙中浆液流动过程的模拟实验。实验中采用了三种不同的模型,第一种模型是将浇筑好的 $2m \times 1m \times 1m$ 的砼块用特殊的方法将其劈裂,然后用劈裂后的裂缝进行注浆模型实验,建立了注浆流量、注浆压力及渗透距离之间的关系;第二种模型是利用两块直径为 $1.4m$ 、厚为 $0.3m$ 的砼块构成模拟裂隙,并在模型的中间钻孔进行注浆,使浆液在裂缝中呈轴对称流动,并测得不同间距下裂隙流量、注浆压力及浆液粘度之间的关系;第三种模型是用两块 $2 \times 0.3m$ 厚的钢板拼成裂隙,并在给定的粗糙度下进行注浆,建立了粗糙度对注浆流量及浆液扩散距离的影响。

3.Houlsby(1985)进行了单裂隙中浆液流动过程的模拟试验。人工裂缝是用一对混凝土板构成,该板的尺寸为 $0.9m \times 0.9m \times 50mm$,模拟的裂隙宽度分别为 $1.5mm$ 、 $3.0mm$ 。浆液由上面的混凝土板中心注入,对浆液压力、流量、和其他注浆参数进行了检测。

4.中国水利水电科学院研制开发了平板型注浆实验台,建立了非牛顿流体在水平光滑裂隙面内的扩散方程,得出了扩散半径和注浆压力、浆液粘度及注浆时间之间的关系:

$$R=9005^{2.21} \sqrt{\frac{(P_G - P_0) T}{\mu} \cdot 0.021} + 0$$

式中: R 为扩散半径(cm); P_0 为注浆孔压力(kg/cm^2); P_G 为裂隙内地下水压力(kg/cm^2); T 为注浆时间(min); α 为裂隙张开度(cm); r_0 为注浆孔半径(cm); μ 为浆液粘度(厘泊)。

5.杨米加(1998年)在中国矿业大学进行了单裂隙和裂隙网络模拟注浆试验。设计的注浆试验台主要包括有压力机、稳压器、氮气瓶(稳压源)、注浆器、千斤顶以及注浆模拟实验盒。实验盒尺寸为 $80cm \times 40cm \times 40cm$,用玻璃板模拟上下裂隙面的面板。

单裂隙模拟注浆试验采用上述模拟装置,分别对张开度为 $1mm$ 、 $2mm$ 的光滑裂隙,在不同的注浆压力 P 和水灰比下进行了实验。研究注浆压力、扩散半径、裂隙开度、水灰比、注浆量等各个注浆参数之间的关系。

在裂隙网络模拟注浆试验中,裂隙呈两组分布,一组张开度为 $1mm$,另一组张开度分别为 $1mm$ 、 $2mm$ 、 $4mm$,两组裂隙交叉角度分别为 30° 、 60° 、 90° 即形成所需的裂隙网络模式,其中裂隙张开度由模板的厚度决定,裂隙交叉角度由模板的交叉角度决定,裂隙长度由模板的长度决定。研究裂隙网络中不同裂隙组张开度差异及不同裂隙组间的交叉角度、压力梯度对水泥浆渗流过程的影响。

二、多孔介质模拟注浆试验

1.前苏联学者曾进行了细砂层中浆液扩散参数的试验研究,试验中以定注浆压力为条件,得出了注浆压力、浆液流量、渗流速度、注浆时间和浆液扩散半径之间的关系:

$$R=283.82P^{0.53}M^{0.23}\mu^{-0.83}T^{0.5518.6}$$

$$Q=1564.5P^{1.09}M^{0.43}\mu^{-0.53}$$

$$V=618.6P^{1.09}M^{0.43}\mu^{-0.535}$$

式中: R 为扩散半径(cm); T 为注浆时间(min); P 为注浆压力(MPa); μ 为浆液粘度($MPa \cdot s$); Q 为浆液注入量(L/h); M 为砂子的粒度模数, $M=2.555 \times 102K$; K 为介质的渗透系数(cm/s); V 为渗流速度(cm/s)。

2.东北大学研制了槽形反扁圆柱状试验台,并用它研究了多孔介质体中注浆渗流过程的压力分布及其随扩散距离而衰减的规律:

旋挖钻机在桥梁桩 基础施工中的控制要点

信阳市平桥区公路管理局 甘春宇 袁 超

一、主要机械的选择

1.选择的理由。旋挖钻机具有施工效率高、操作简便等优点,为论述方便,本文以型号为 R518 旋挖钻机为例。R518 旋挖钻机是由意大利土力公司生产的钻孔机械。该钻机可以钻 0.6~1.8m 直径的孔,最大钻进深度可达 50m,钻进速度为 4~5m/h。利用该钻机施工与一般的循环钻机施工工艺流程基本相同,所不同的是旋挖钻机施工不需外部动力和制备循环泥浆池,可以一边钻进,一边将孔内的渣土掏出运走,对于施工现场无法制备泥浆池或运送泥浆有困难的桩基施工极为便利。另外,R518 钻机在钻机就位、钻进和清渣过程中,由于全部由电脑控制,因此就位准确度和钻机垂直度易于掌握,且能一次成孔,尤其是清渣工作迅速彻底,几分钟就

能够达到钻桩、清孔质量标准。

2.成孔的优点。本方法成孔不用套管,在泥浆(稳定液)保护下钻进;钻锥要多次上下往复作业,这两个施工特点决定了优质泥浆的正确使用是成孔作业的关键,优点为:R518 钻机适宜在地质条件为粘性土、亚黏土和砂质黏土的地层工作。钻机自带动力,功率大,不受施工现场动力变化影响。所有施工程序均由电脑操作控制,操作简便,施工精度高,所需配套机具少。钻机就位迅速准确、进尺快、施工效率高,可节省工期。

二、工艺原理及工艺流程

具有自动出土,进钻阻力小,效率高的效果,能做到边钻进,边自动出土,螺旋叶片之间保持较大的空隙,使土便于疏导,避免堵塞。工艺流程如图 1 所示。

$$R=8.7P^{0.4798}K^{0.3647}\mu_0^{-0.4749}t^{0.1509}T^{0.3240}h^{0.2706}$$

式中:R 为浆液的实际扩散距离(cm);P 为注浆压力(MPa);K 为被注介质的渗透系数(m/d); μ_0 为浆液的初始粘度(mPa·s);t 为注浆时间(s);T 为注浆胶凝时间(s);h 为注浆段高度(m)。

3.中南大学的杨坪进行了砂卵石地层中的注浆模拟试验,试验装置是结合实际情况自行研制的,由 5 部分组成:钢结构架、可移动板和有机玻璃板、振动台、注浆设备和量测系统。试验模型主要由砂、卵石经过不同的配比组合而成,经试验台振动密实,模拟砂(砾)石层。注浆材料为普通硅酸盐水泥,标号为 #425。对模拟砂(砾)石层进行渗透注浆。优化回归得到下面关系式,扩散半径 R 与水灰比 m、渗透系数 k、注浆压力 P、注浆时间 t 之间的关系为

$$R=19.953m^{0.121}k^{0.429}P^{0.412}t^{0.437}$$

$$b_m=0.258, b_k=0.666, b_P=1.338, b_t=0.309, r=0.971$$

式中 R 为浆液的扩散半径(cm);m 为水灰比;k 为渗透系数(cm/s);P 为注浆压力(MPa);t 为注浆时间(S); b_m, b_k, b_P, b_t 分别为浆液的扩散半径 R 对水灰比 m、渗透系数 k、注浆压力 P、注浆时间 t 的标准回归系数,该系数越大,所对应的因素对扩散半径 R 的影响就越大;r 为复相关系数。

注浆后的抗压强度 P 与地层孔隙度 n、水灰比 m、注浆压力 P、注浆时间 t 之间的关系为:

$$P=0.984n^{0.517}m^{1.488}P^{0.118}t^{0.031}$$

$$b_n=0.905, b_m=0.086, b_P=0.109, b_t=0.006, r=0.934$$

式中 P 为注浆后地层的抗压强度(MPa);n 为地层的孔隙度(%); b_n 为注浆后结石体抗压强度 P 对地层孔隙度 n 的标准回归系数,其余符号意义同前。

三、注浆模拟试验的发展方向

综上所述,岩体注浆应在以下几个方面做出努力研究:研究浆液在弯曲裂隙中的注浆模拟试验研究;浆液在粗糙岩体裂隙中扩散的模拟试验研究;网络岩体裂隙的注浆模拟试验研究;研究粘时变浆液的岩体注浆模拟试验规律。

参考文献:

- [1] 杨米加等.裂隙岩体注浆模拟实验研究[J].实验力学,2001,16(1) .
- [2] 杨米加.随机裂隙岩体注浆渗流机理及其加固后稳定分析[D].中国矿业大学博士论文,1999.
- [3] 岩土注浆理论与工程实践协作组.岩土注浆理论与工程实践[M].科学出版社,2001.
- [7] 杨坪等.砂(砾)石层中注浆模拟试验研究[J].岩土工程学报,2006,28(12) .