

多年冻土升温过程中小应变剪切模量的各向异性

Anisotropy in small-strain shear modulus of permafrost at rising temperatures

王加辉¹ 张锋² 杨朝晖³

Jiahui Wang¹ Feng Zhang² Zhaohui (Joey) Yang³

(1. 哈尔滨工业大学 土木工程学院, 黑龙江哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150090; 3. 阿拉斯加大学安克雷奇分校 土木工程系, 美国阿拉斯加安克雷奇 99508)

(1. School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3. Department of Civil Engineering, University of Alaska Anchorage, Anchorage, AK 99508, USA)

摘要: 阿拉斯加的北极海岸平原广泛存在着多年冻土, 深度甚至可达 600 米。本文描述了从该地区的深部钻孔中获得的多年冻土岩芯的低温结构, 给出了用弯曲单元法在不同方向上测量的剪切波速, 展示了粘土、粉土和砂土质多年冻土试样在 -10°C 到 20°C 之间的小应变剪切模量, 并讨论了多年冻土在冻融状态下的小应变剪模量的各向异性。研究发现, 岩芯所在地被几米厚的共生多年冻土层覆盖, 其下为深层表生多年冻土层, 具有许多可见的冰透镜, 主要位于上部 120 米, 方向为水平或近水平方向。融化的粘土质多年冻土的剪切模量比值与已有文献报道中天然或重塑粘土的对应值相比处于较高区间位置, 而融化砂土多年冻土的模量比值明显高于文献中报道中比值。发现了小应变剪切模量的各向异性与温度高度相关。各向异性的温度相关性可归因于体积膨胀, 体积膨胀发生在孔隙水冻结和孔隙冰融化期间, 分别破坏并允许恢复的地质沉积过程中形成的土壤颗粒或组构的优先排列。此外, 剪切刚度与坚硬岩石相当的深层永久冻土岩芯表现出非常低的刚度比 G_{hh}/G_{vh} , 这可能是由于原位地质静应力引起的孔隙冰晶各向异性。

关键词: 多年冻土; 各向异性; 小应变剪切模量; 剪切波速; 弯曲元