

阿拉斯加北坡库帕鲁克河三角洲地区的融化深部多年冻土力学特性试验研究

Experimental investigation on the mechanical properties of thawed deep permafrost from the Kuparuk River Delta of the North Slope of Alaska

王加辉¹ 张锋² 杨朝晖³ 杨平¹

Jiahui Wang¹ Feng Zhang² Zhaohui (Joey) Yang³ Ping Yang¹

(1. 南京林业大学 土木工程学院, 江苏南京 210037; 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. College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3. Dept. of Civil Engineering, University of Alaska Anchorage, Anchorage, AK 99508, USA)

摘要: 环北极地区油井周围的多年冻土融化会导致局部沉降, 并对能源开采基础设施造成破坏。本研究旨在研究已融化冻土的力学特性, 以分析油井与周围冻土在融沉过程中的相互作用。本文描述了对从阿拉斯加北坡库帕鲁克河三角洲 170 米深的钻孔中提取的多年冻土样品进行的一系列排水三轴试验。在样品制备过程中, 考虑了土壤类型、冰含量、深度和方向等因素。得到的试验结果, 包括应力-应变关系、初始模量、50%峰值应力下的割线刚度模量及其对应应变。分析了剪切强度参数, 包括总应力粘聚力和摩擦角, 并讨论了它们随深度的变化。分析了围压、含冰量和干密度对 50%峰值应力和相应应变下的初始模量和割线刚度模量的影响, 并提出了它们的预测模型。研究发现, 融化的多年冻土的弹性模量和抗剪强度参数 (如摩擦角) 都不遵循在典型的融土场地观察到的趋势, 在这些场地上, 土体刚度和抗剪性能参数通常随着深度的增加而增加。深层粉土和砂土试样的内摩擦角相对较低, 表明深层多年冻土没有固结。粘性多年冻土由于其结构和地质历史原因, 其破坏应力和弹性模量具有很强的各向异性。研究结果揭示了融化后松散深层多年冻土的力学特性。它们可用于分析冻土融沉过程中土体-油井壁或土体-基础间的相互作用。

关键词: 融化深部多年冻土; 力学特性; 三轴试验; 弹性模量; 预测模型