

垂向荷载作用下饱和砂土的液化分析

鲁晓兵

(中国科学院力学研究所 北京 100080)

博士学位论文摘要 在对近 40 a 来关于饱和砂土液化的研究工作调研的基础上,就垂向荷载作用下饱和砂土液化问题,进行了一维应变分析,得到了垂向荷载作用下,饱和砂土液化的发展过程以及砂土液化区域的扩展过程这两方面的特性。

首先,在固结仪上对往复荷载作用下有侧限的饱和砂土的本构关系进行了系列实验。实验材料包括松散细砂、密实细砂、松散粗砂(分别代表不同密实度和不同颗粒粒径构成的砂土)。实验过程中,加卸载路径有等幅的情况,也有任意的情况。根据实验数据给出了用双曲线表述的应力-应变关系。这种形式的表述,既避免了用切线模量形式表述的困难,又解决了用对数形式表述的不能用于有效应力接近于零的问题;而且形式简单,又便于应用。

接着,考虑到砂土液化是孔隙水和骨架相互作用的结果,将饱和砂土作为固液两相连续介质,建立了垂向荷载作用时饱和砂土的一维应变动力学模型。该模型考虑了孔隙率的变化,将骨架作为弹塑性材料,且将渗透率与孔隙率的变化相联系,使其与实际情况尽可能符合;同时考虑在一般振动条件下的压力范围内,可以忽略颗粒和孔隙水的压缩性,使模型更简洁。

然后,在上述本构及动力学模型的基础上,对饱和砂土的变形和液化发展进行了数值模拟。

模拟结果表明,垂向振动对饱和砂土的液化发展有显著的影响。在垂向振动作用下,砂土首先在外载作用端产生局部区域的液化,然后液化区逐渐向远处扩展,且由于阻力的影响,扩展速度随着液化区厚度的不断增长而逐渐减小。砂土骨架的可压缩性越大,即砂土的初始切线模量越小、初始极限应变越大以及初始孔隙率越大,则砂土的液化发展越快;外载强度越高,即外载幅值和频率越大,砂土的液化发展越快;砂土的渗流性越小,排水越困难,即初始渗透率越小,砂土的液化发展越快。由此可认识到,饱和砂土液化实际上是骨架和孔隙水相互作用的结果;骨架为了抵抗外部扰动将产生压缩趋势,从而挤压孔隙水,力图使孔隙水排出,如果孔隙水难以排出,两种介质的变形就出现不协调;这就会导致骨架结构破坏、失去承载能力,即饱和砂土发生液化。

这些结果表明,垂向荷载对饱和砂土液化的影响不可忽略。

关键词 垂向荷载, 饱和砂土, 液化, 液化区

LIPUEFACTION ANALYSIS OF SATURATED SOIL UNDER VERTICAL VIBRATION LOADING

Lu Xiaobing

(Institute of Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080 China)

2000年11月20日收到来稿。

作者 鲁晓兵 简介:男,1968年生,1999年12月在中国科学院力学研究所获工程力学专业博士学位,导师是郑哲敏院士、谈庆明研究员;现在中国科学院力学研究所工作,主要从事岩土工程、地质灾害和结构方面的研究工作。