

软土地基路堤稳定性分析

孙晓文

(辽宁省公路勘测设计公司, 沈阳 110005)

摘 要 对饱和软土发生稳定破坏的原因进行了分析, 指出饱和土体的有效应力是影响土体稳定的主要原因, 根据软土失稳破坏的机理, 有针对性地提出了提高软基础稳定的措施与方法。

关键词 稳定分析 有效应力 孔隙水压力

1 概述

土木工程技术可以归结为三大课题, 即强度课题、变形课题、稳定课题, 在软土地基上修建高等级公路, 滑坡事故时有发生, 路堤的稳定性就显得尤为重要。工程实践表明, 造成滑坡的根本原因是在软弱土层上施工过程中, 地基中土体的应力状态发生了变化, 土体内部的某个面上的剪应力达到或超过了它的抗剪强度, 稳定平衡遭到了破坏。本文就工程实践中稳定破坏的原因加以分析, 并提出防止土体滑坡的一些措施, 希望与更多同行共同研究探讨。

2 稳定性分析

2.1 影响饱和土体稳定性的最根本原因是饱和土体的有效应力与孔隙水压力

2.1.1 饱和土体由土颗粒组成, 土颗粒之间有些存在胶结物, 也有些没有黏结, 但他们可以传递荷载, 从而形成传力的骨架, 即土骨架。外荷载作用于土体, 一部分由土骨架承担, 叫骨架应力, 又叫有效应力。有效应力是指颗粒间传递的总荷载与土体总截面积之比(有效应力也可以定义为通过土的固体颗粒接触点传递的压力。因为其任意的变化会引起土

的所有其他力学性质的改变, 所以叫有效应力, 又叫粒间应力)。2.1.2 外荷载作用于土体, 一部分由孔隙中的水承担, 即孔隙水压力; 孔隙水压力分为两部分: 一是静水压力, 在外荷载施加前就已经存在; 另一为超静孔隙水压力是外荷载引起的孔隙水压力增量。

2.2 土体渗透固结时土中一点的孔隙压力与有效应力的消长

饱和土体在外荷作用下的单向渗透固结过程借助图1所示的弹簧—活塞模型说明。

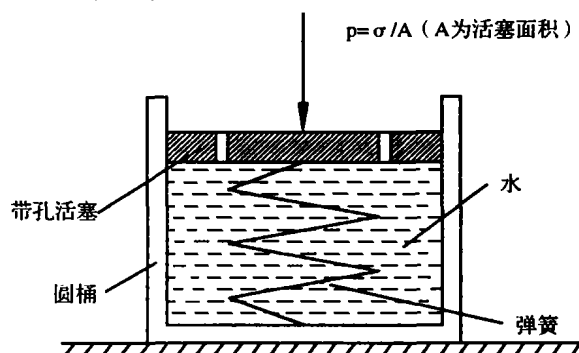


图1

Application of Electric Lime in Highway engineering

Abstract Lime is the main material used in construction of subgrade and soil improving engineering. The main hydrolyte component of electric lime is $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and it is industrial solid waste(main component of it is $\text{Ca}(\text{OH})_2$). It was successfully replaced by electric lime in Huanghua coast defence highway. The author summarized the experience for reference to the designer and constructor of highway engineering.

Key words highway electric lime application

在一个盛满水的容器中装着一根上接多孔活塞的弹簧。该模型的意义是:以整个装置代表土中一点的微单元体;以弹簧模拟竖向受压的土骨架,土中有效应力以弹簧力 P_s 与活塞面积 A 之比($\sigma = P_s/A$)表示容器中的水相当于土孔隙中的自由水,活塞受压前的孔隙压力等于静水压力;活塞上的透水孔的大小象征土的竖向透水性的强弱。利用此模型可以清楚的模拟渗透固结过程中,孔隙水和土骨架对外荷载引起的附加应力(总应力 σ)的分担作用,以及孔隙水压力与有效应力的消长过程。

2.2.1 对活塞施加压力 P (活塞底面的总应力 $\sigma = P/A$)的一瞬间(受压时间 $t=0$),容器中的水来不及排出,活塞没有下降,弹簧不受压,所以土中的有效应力 σ 为 0,全部外压力有水承担,故土中孔隙压力(超静水压力) $\mu = \sigma$ 。

2.2.2 施压之后, $t>0$,孔隙水在超静水压力作用下经透水孔逐渐排出,活塞随之下降,弹簧压缩,遂使原来由孔隙水承担的外压力逐渐转嫁给土骨架,因此 $\sigma = \sigma + \mu$,而孔隙压力相应的消散。故 $\mu < \sigma$ 。

2.2.3 待到施压足够长久时(理论上 $t \rightarrow \infty$),弹簧力与外压力互相平衡($P_s = P$),活塞停止下降,有效应力等于外应力引起的总应力, $\sigma = \sigma$,而孔隙中的超静水压力则完全消散, $\mu \rightarrow 0$,土体不再排水,至此渗透固结即告终止。

孔隙中部分水量视土体的透水性强弱和排水条件的不同排出时,土体的固结速率和相应的有效应力的增长速率则是时间的函数。在固结的过程中,土体强度不断增长(此处的强度就是土体的有效强度),而透水性逐渐降低(说明土体的孔隙水压力在不断减小)。土的压缩与固结不仅是研究地基沉降及其速率的基础,而且与地基和土工建筑物的强度和渗流等问题密切相关。

在分析地基土层深度各点的超静水压力与竖向固结度的计算结果时可以发现,对于相同的土体在不同时间段内,所对应的超静水压力与竖向固结度的数值之和总是相等的,这是符合土体的有效应力理论的。而且随着时间的增长,土体超静水压力在不断的消散,其数值在不断的变小,而相反土体的固结度则随着时间的增长在不断的增加。

3 稳定破坏的根本原因

引起稳定性破坏的根本原因是由于土体内部某一个面上的剪应力达到并超过了他的抗剪强度,稳定的平衡遭到了破坏。而剪应力达到并超过抗剪强度的起因有二:

3.1 剪应力的增大

如软土路基上填土荷载过大或路基坡度过陡;降雨积水使土体的饱和容重增加;路堤阻挡水向外排出,使其在土体内部产生附加渗透力;土坡上施加过量的荷载或由于施工车辆、打桩机工作等等产生的动力荷载,上述因素都会使土体的内部剪应力增大。

3.2 土体自身抗剪强度的减小

如孔隙水压力的升高;气候变化产生的开裂、冻融、黏土夹层因浸水而软化,以及软黏土的蠕变等因素都会引起土体自身剪强度的降低。

4 提高稳定性措施

4.1 排水固结

使水尽快排出也许是提高软弱地基路堤稳定性最主要的方法。为加速土体在路堤荷载及施工动荷载作用下排水固结,对于填土高度大于 3.0m 的路堤应用塑料排水板进行处理,加快土体的前期排水固结。在路堤的底层铺设沙砾垫层 50cm,起到水平排水的作用。塑料排水板施工时流出的孔口长度应保证深入沙砾层不小于 40cm,使其与沙砾垫层贯通,保证水体顺畅排出。在应用竖向排水体处理的路段,加速了土体的前期沉降,在施工完成后处理深度范围内的沉降基本完成,土体的孔隙水压力逐步消散,土体的有效应力不断增加,稳定性即可得到保证。

4.2 铺设水平增强体与竖直增强体

4.2.1 水平增强体

在软土地基上修建路堤常用的水平增强体即在路堤底部铺设土工合成材料。为提高路基的稳定性,减缓路基的不均匀沉降,对填土高度大于 2m 的路段铺设土工格栅,土工格栅的应用同时增加了路基的水平约束,限制路基在水平方向发生侧向变形,也有有效的抑制了路堤滑动。虽然目前使用的计算方法通常只能使稳定的安全系数增加 2%~3%,使用土工合成材料可以提高稳定安全系数 20%~30%。

土工格栅的设置可以提供较高的抗拉强度和张拉模量,能使荷载均匀的扩散在大面积的范围内,减少荷载应力;在格栅与土体结合层次土体与格栅的网眼形成机械咬合作用,从而使土体在与格栅网格之间产生有效的应力传递,减小不均匀沉降;土工格栅具有摩擦系数高,抗拉强度高的特性,可以在较短时间内承受较大的荷载作用,加快了填土速度并减少了工期。

4.2.2 竖直增强体

在软弱土层中增设竖直增强体,如水泥搅拌桩(加固土桩)、粒料桩、碎石桩等,为减小桥涵构造物与路堤连接段处桥头跳车的影响,采用了水泥粉体搅拌桩(粉喷桩)对桥头、涵洞进行加强处理。在使用竖直增强体之后,水泥粉体搅拌桩与原有的地基组成了复合地基,复合地基的稳定性能有明显的提高,而且加固区域范围内沉降量也有显著的降低。

4.3 合理施工

在软基上填筑路堤出现失稳事故,很多是发生在施工期。这是由于饱和软黏土含水量高、渗透系数小、灵敏度高等特点决定的,为加强路堤的稳定性,采取合理的施工方法与施工程序在软土地基上修建高等级公路是必须的。施工时应特别注意如下几点:

4.3.1 填土时应严格控制填土速率,尽可能不让软土中孔隙水压力增加过快,并要有足够的时间使已经升高的孔隙压力逐渐消散。滨海大道施工的控制标准为地面沉降速率每昼夜不大于 1cm,坡脚水平位移速率每昼夜不大于 0.5cm,当超出要求时,应立即停止施工;铺设各层路面前,应观测施工沉降。当每月沉降数值小于 0.5cm 时,方可进行路面各层的施工。若无观测资料对于自重预压与塑料排水板处理路段可按 5~7d 填筑一层控制。

4.3.2 尽量避免对地基土的扰动尤其是表层的硬

壳层。在滨海大道的沿线地区地表面层有厚度不等的硬壳层它可以使路堤底部所受的应力得到扩散,起到最佳支撑作用,应对其加以保护,并充分利用。

4.3.3 在开挖时堆放弃土应离坡肩一定的距离,堆载不应过高,应考虑堆载产生的超孔隙水压力的不利作用。

4.3.4 应尽量减轻施工机械或打桩振动对边坡稳定的影响。

5 结论

(1)提高软土地基土坡的稳定性,应注重提高土体的有效应力,加快土体的超静孔隙水压力的消散。由于有效应力的增加可以使饱和土体内部抗剪强度始终大于同一作用面内土体的剪应力,避免稳定平衡遭到破坏。

(2)铺设水平增强体网面的摩擦阻力产生对土体的拉力,有效的减小了土体的侧向位移,增强了结构的抵抗剪切能力,改善提高了路基的稳定性;设置竖直增强体待与原土体形成复合地基,土体的力学指标得到加强从而提高软土路基的稳定性。

(3)在施工的过程中还应该采取相应的工程措施,充分考虑不合理工艺对软土路基稳定性的影响,加强工程管理,加强对稳定的观测,消除不利因素的影响。

Stability Analysis of Soft Soil Subgrade

Abstract By analyzing the reasons of saturated soft soil subgrade damage, the author expounded that the main factors influenced the stability of subgrade was the effective stress of soil. The article found out the method of improving soft ground stability and the treatment of it, based on the mechanism of soft soil subgrade destructed by lost of stability.

Key words stability analysis effective stress pressure of pore water