

单轴土工拉伸仪的研制

党进谦,张伯平,熊永

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院,陕西 杨凌 712100)

摘要:为了正确认识土的抗拉强度特性和准确测量土的抗拉强度指标,在原有直剪仪的基础上研制成功一台卧式单轴土工拉伸仪。仪器能直接测量试样的轴向变形和轴向拉力,可观察试样在拉伸时裂缝的开展情况。试验测定表明:仪器操作方便,性能稳定,试验精度高,是研究土体抗拉特性的有效仪器。

关键词:土工拉伸仪;抗拉强度;应力应变

中图分类号: TU415

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2001)05-0031-02

土体抗拉强度的测定方法有三轴拉伸、单轴拉伸和土梁弯曲等。三轴拉伸试验直接在三轴仪上进行,其原理是保持侧压力不变,逐步减小轴向应力,直至试样破坏时的轴向应力即为土的抗拉强度。由于侧向压力的作用,试样的截面随伸长量发生变化,破坏时的截面很难准确量测,测定的抗拉强度为平均值,并且抗拉强度随侧向压力的变化而异;土梁弯曲试验的抗拉强度常用弹性理论公式,以间接方法求得,若要直接计算,则假定土梁在受拉和受压条件下的弹性模量相同,与实际情况不符。单轴拉伸试验是对普通三轴仪改装后进行的,试样和试样帽之间用树脂或冰冻法胶接,试验时容易沿胶接处破坏。以上试验所用仪器几乎只能在大学或科研院所的实验室中看到,对操作人员的水平要求较高,很难在现场实验室推广。本文对直接剪切仪进行改造,研制了一种结构简单,操作方便,可重复性强,便于推广的单轴拉伸仪。

1 仪器研制

1.1 仪器结构设计

参照钢材拉伸仪和现有土工仪器的特点,根据试样在仪器中的放置方式可将拉伸仪的结构型式设计为卧式和立式两种。试样在立式仪器中垂直放置,在卧式仪器中水平放置。由于土的抗拉强度相当小,受自重影响,试样在卧式仪器上安装和拉伸时容易被折断,立式仪器则无此缺点。考虑到实验室的加工条件,充分利用现有仪器设备,在原直接剪切仪的基础上进行改造,研制成功一台卧式单轴土工拉伸仪,该仪器由拉伸系统和测力系统组成,仪器结构见图1。利用研制的仪器容易测量出试样在拉伸过程和断裂

时的应力和应变变量,该仪器属于应变控制式拉伸仪。

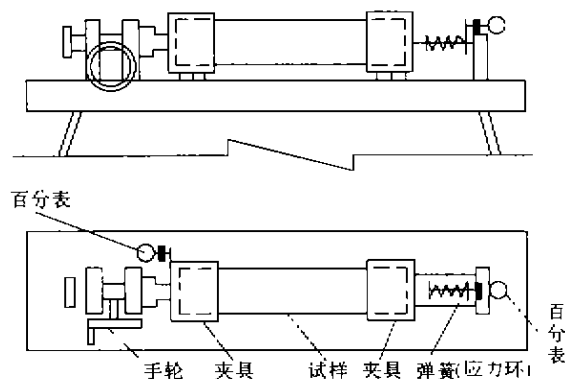


图1 拉伸仪结构

1.2 试样尺寸

试样截面形状有圆形和正方形两种。试样的长径比或长宽比对试验结果的影响很大,从理论角度分析,试样的长径(宽)比越大,两端约束的影响越小,试验精度越高,但长径(宽)比过大,在制样和安装时的难度就会很大。结合土的特点,参照三轴试验的试样尺寸,将试样的长径(宽)比定为2.0~2.5,试样两端的约束长度取2.0~2.5 cm,这样既可以保证试验的顺利实现,又可以满足试验精度要求。试样的截面积定为30 cm²和50 cm²两种,与现有土工试验的试样尺寸一致,便于制样。制样时约束端不要太光滑,以增大与夹具的摩擦,但有效长度内应尽量平整,并划上标志线,以便观察试样在拉伸时裂缝的开展情况,通过标志线研究试样各部位的伸长量及伸长的均匀程度等。

1.3 夹具设计

本次拉伸仪夹具设计为完全侧限形,让两端约

束长度范围内的试样四周承受一环形压力或方形压力,保证试样既不被夹破,也不会拔脱。正方形截面试样的夹具形状为一立方体,由两块活动夹板、两块固定夹板和承拉板组成;圆柱体试样的夹具形状为空心圆柱体,由对开筒、套箍和承拉板组成。两种夹具内壁与试样接触处均粘贴一薄层防滑布,并涂松香,增加试样与夹具之间的柔性和摩擦。

1.4 应力应变测量系统

应力应变测量系统是将试样两端夹具分别与拉伸系统和测力系统固定联接,拉伸系统由齿轮传动装置组成,测力系统由弹簧(或应力环)和百分表组成,在仪器两头各安装0~10 mm的百分表一块(图2)。测力系统上的百分表准确地测出弹簧(应力环)的变形(压缩)量,原直剪仪手轮每转动一圈,拉动夹具水平移动0.2 mm,根据手轮转数和弹簧(应力环)的变形量,计算试样在拉伸过程的伸长量和轴向拉力。另一块百分表检验转动手轮拉动夹具水平移动的准确性,若在试验前校正,试验时可略去不用。由于土的拉裂破坏具有突然性,测量位移时最好用不可恢复的百分表,以便准确地量出试样拉断时的位移量和拉力。

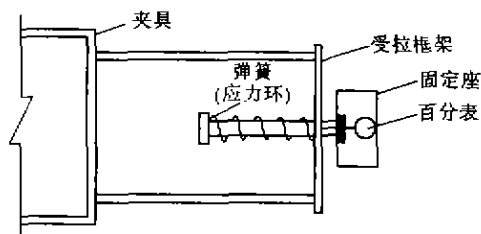


图2 量力系统示意图

1.5 主要技术指标

仪器主要技术指标如下:①试样形状为圆柱体、长方体;②试样尺寸:截面积30 cm², 50 cm², 端约束长度2.0~2.5 cm, 长径(宽)比2.0~2.5;③拉伸系统移动范围0~10 mm, 精度0.01 mm;④弹簧(应力环)最大压缩量0~5 mm, 精度0.01 mm;⑤轴向拉力0~100 N, 精度0.2 N;⑥轴向变形测量范围0~10 mm, 精度0.01 mm。

2 仪器操作与使用

研制的土工拉伸仪是对原直接剪切仪进行改造后实现的,拉力的施加和位移的测量与原直剪仪完全相同,惟一不同点是直剪仪手轮以顺时针方向转动,而拉伸仪手轮转动方向为逆时针,操作十分简单。现有土工试验人员不需经过专门学习即可进行试样的拉伸试验。试样伸长量、应变、轴向拉力及抗拉强度计算公式为

$$\Delta L = 20n - R \quad (1)$$

$$\epsilon = \Delta L / L = (20n - R) / L \quad (2)$$

$$T = CR \quad (3)$$

$$\sigma_t = 10T/A = 10CR/A \quad (4)$$

$$\delta = 0.2\omega \quad (5)$$

式中: ΔL 为伸长量,0.01 mm; ϵ 为应变,10⁻³; T 为轴向拉力,N; σ_t 为抗拉强度,kPa; δ 为试样的拉伸速率,mm/min; n 为手轮转数; R 为弹簧(应力环)压缩变形量,0.01 mm; L 为试样有效长度,cm; C 为弹簧(应力环)率定系数,N/0.01 mm; A 为试样截面积,cm²; ω 为手轮转速,r/min。

根据以上原理设计制作了一台卧式土工拉伸仪,对陕西关中非饱和黄土进行了不同初始含水量下的拉伸试验。试验用试样为长方体,截面积30 cm²,试样有效长度11 cm,两端约束长度各为2.5 cm,该试样在制作和安装过程中均未产生断裂现象,约束段也未出现挤压破坏或拔脱现象。通过试验得到非饱和黄土的抗拉特性为:①在拉应力下的应力应变关系曲线为应变硬化型曲线;②拉裂破坏具有突然性,均属脆性破坏,颈缩现象不明显或不具有颈缩现象;③拉应变很小,均小于0.3%,破坏时的最大拉应变随初始含水量的增大而增大;④抗拉强度很小,且随初始含水量的增大而减小,随手轮转速的增高而增大;⑤土样的拉伸变形均不可恢复。这些特性与理论分析一致,新的SL237-1999《土工试验规程》中增加了单轴抗拉强度试验,按SL237-1999中的试验要求,在自制的仪器上进行试验,与原测定结果一致。

3 结 语

本次研制的土工拉伸仪是在对原有的直接剪切仪进行大胆改造的基础上实现的,它可以测定试样的拉伸变形量、拉应变、拉应力,试验过程中试样的应力应变均明确,而且结构简单,操作方便,试验可重复性强,计算公式通俗明了,可作为研究土的抗拉强度特性的有效仪器。

仪器存在以下不足:①长方体试样的夹具由两块活动夹板和两块固定夹板组成,对试样的制作和安装要求严格,否则会出现偏心拉伸,影响试验精度,圆柱体试样相对较好;②卧式仪器中的试样没有设置支撑,是否会影响试验精度,有待试验验证;③仪器操作过程中,手轮转速很难准确控制,试验结果受人为因素影响较大,当拉伸速度要求很小时,该仪器很难实现,今后应对仪器作进一步改进,采用可调速的电动装置带动手轮转动;④由于土的抗拉强度相当小,现有应力环壁厚,承压能力过大,用弹簧测量试样承受的拉力稳定性差,使用寿命短,今后应继续开发薄壁应力环。

(收稿日期:2000-03-01 编辑:张志琴)