# 土体Ⅱ型断裂韧度测试方法研究

邓文杰<sup>1,2</sup>,王俊杰<sup>1,2</sup>,张慧萍<sup>1,2</sup>

(1. 重庆交通大学 国家内河航道整治工程技术研究中心,重庆 400074;2. 重庆交通大学 省部共建水利水 运工程教育部重点实验室,重庆 400074)

**摘要:**Ⅱ型断裂破坏是土体断裂破坏的基本类型之一,Ⅱ型断裂韧度的测试方法是目前研究土体Ⅱ型断裂破坏性状的难点.首先介绍了各种Ⅱ型断裂韧度测试方法的基本原理和方法,然后针对土体的特点,分析了各种 方法用于测试土体断裂韧度的可行性和可靠性.重点分析了前人用于测试土体Ⅱ型断裂韧度的非对称四点弯 曲试验方法,在此基础上,提出了一种新的土体Ⅱ型断裂韧度测试方法.新方法采用结构简单、易于制样的单侧 开缝方形土饼试样,直接施加剪切荷载,使得试样在纯Ⅱ型加载条件下发生断裂破坏,从而确保了试验结果的 可靠性.

关 键 词: 土体; 断裂破坏; Ⅱ型断裂韧度; 试验方法
 中图分类号: TU411.3
 文献标志码: A
 文章编号: 1009-640X(2012)03-0064-06

在众多土工结构物(如土质边坡、土石坝等)中,结构的失稳破坏往往是由内部裂缝的扩展引起的.然而 人们对裂缝在土体中的扩展机理并没有形成完整的概念,土体裂缝问题一直是学术界和工程界关注的热点 问题,同时也是当前研究的难点问题<sup>[1-3]</sup>.研究表明,土体中存在裂缝时,其破坏机理要比不含裂缝的土体复 杂得多.1936 年 Terzaghi 首先提出黏土中的裂缝对其强度影响的定量数据.通常认为,在土体为连续介质的 假定下,不含裂缝土体的破坏是因材料屈服引起的,可用 Tresca 准则、Mises 准则、Coulomb 准则等<sup>[4]</sup>描述.但 是,当土体中包含裂缝时,其破坏很可能是因裂缝扩展引起的,此时,这些基于土体为连续介质假定的破坏准 则就不再适合.

含裂缝土体属于非连续介质,其破坏描述和准则应基于非连续介质.在断裂力学中,裂缝扩展按其受力状态可分为3种基本类型,即张开型、滑开型和撕开型.在土体断裂破坏中,主要考虑 I 型(张开型)和 II 型(滑开型)两种破坏形式<sup>[5]</sup>.在土质边坡中,大多数边坡的破坏属于剪切破坏,当滑面起点位置有裂缝时,边坡的失稳很可能是裂缝扩展引起的 II 型破坏所致,因此,研究边坡中裂缝的扩展机理,对于防止边坡失稳很有必要.当土体中出现裂缝后,往往会在裂缝尖端产生应力集中现象,所以不能用传统的破坏准则来进行判别.依据线弹性断裂判据,在 II 型破坏中,当裂纹体应力强度因子 K<sub>II</sub> 达到材料的断裂韧度 K<sub>IIC</sub>时,裂纹即要向前扩展.因此测试出土体的断裂韧度对于研究土体裂纹的扩展机理来说至关重要.

目前,用于研究岩石及其他脆性材料 II 型断裂试验的方法较多,主要有非对称四点弯曲法、半圆弯曲及 非对称半圆弯曲方法、短梁剪切破坏试验方法、巴西圆盘法和剪切盒试验方法;但仅非对称四点弯曲试验方 法可用于研究土体 II 型断裂,并且该方法的误差较大.因此,很有必要针对土体的特点研究出新的 II 型土体 断裂测试方法.本文在分析现有 II 型断裂韧度测试方法的基础上,提出了适用于测试土体 II 型断裂韧度的试 验方法.

收稿日期:2011-11-10

基金项目:重庆交通大学研究生教育创新基金资助项目(2011(上)第05号)

作者简介:邓文杰(1986-),男,湖北天门人,硕士研究生,主要从事地基、基础及边坡稳定性分析与计算.

E-mail: dwj1986@163.com

# 1 一般材料Ⅱ型断裂试验方法

近40年来,断裂力学在岩石、混凝土等脆性材料的断裂破坏研究中得到了很大发展,提出了一些II型断裂韧度的测试方法,各试验方法的基本原理和断裂韧度的计算方法简述如下.

### 1.1 非对称四点弯曲试验方法

非对称四点弯曲试验方法常用于研究岩石等脆性材料的Ⅱ型断裂破坏,如 M. R. M. Aliha 等人<sup>[6]</sup>采用该方法研究 了大理石的Ⅱ型断裂应力强度因子 K<sub>Ⅱ</sub>. 试验简图<sup>[6]</sup>见图 1.

试验时通过调整荷载作用点的位置可以使得裂纹断面 上弯矩为零,让试样满足纯剪切破坏,达到求出Ⅱ型断裂破 坏应力强度因子 K<sub>Ⅱ</sub>的目的. 计算公式如下<sup>[7]</sup>:



图1 非对称四点弯曲试验方法

Fig. 1 The anti-symmetric four-point bend test method

$$K_{\rm II} = \frac{2Q}{B\sqrt{\pi a}} F\left(\frac{a}{W}\right) \tag{1}$$

$$F\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{1.30 - 0.65Z + 0.37Z^2 + 0.28Z^3}{\sqrt{1 - Z}}, \quad \left(Z = \frac{a}{W}\right)$$
(2)

式中:Q为裂纹断面上的剪力(N);L为支撑点与裂纹断面处的距离(mm);d为荷载作用点与裂纹断面的距离(mm);a为裂纹长度(mm);W为试样的宽度(mm).

可见,试验中准确调整荷载作用点位置使裂纹断面上的弯矩为零是试验成功的关键,如果在试验中荷载作用点位置(式(1)中 *d* 的取值)调整不当,或者 *d* 的值过小,所得的就不是纯Ⅱ型断裂破坏,而是Ⅰ-Ⅱ型的混合模式.

### 1.2 圆盘形试样试验方法

圆盘形试样试验方法指的是含裂缝巴西圆盘试验方法、半圆 弯曲试验方法和非对称半圆弯曲试验方法.

1.2.1 含裂缝巴西圆盘试验方法 含裂缝巴西圆盘试验方法<sup>[8-12]</sup>最先由 H. Awaji 和 S. Sato 提出,之后被广泛应用于研究脆性材料的断裂破坏,特别是在岩石断裂力学方面<sup>[8]</sup>,其简图如图 2, Ⅱ型应力强度因子计算公式如下<sup>[9]</sup>:



图 2 含裂缝巴西圆盘试验方法 Fig. 2 Cracked Brazilian disc test method

(4)

$$K_{\rm II} = \frac{P\sqrt{a}}{\sqrt{\pi}RB} N_{\rm II} \tag{3}$$

当  $a/R \le 0.3$  时,  $N_{II} = [2 + (8\cos^2\beta - 5)(a/R)^2]\sin(2\beta)$ 式中:*B* 为试样厚度(mm);*R* 为试样半径(mm);*P* 为施加的径向荷载(N);*β* 为裂缝与加载方向的夹角.

通过最大周向应力准则可以计算出纯剪切状态下(Ⅱ型断裂时)预制裂缝与加载方向的夹角,制样时按照这个角度预制裂缝,可确保试样破坏为纯剪切断裂破坏. //

(5)

**1.2.2** 半圆弯曲试验方法 半圆弯曲试验方法<sup>[13-16]</sup>的最大优点 在于试样几何形状简单,切削加工容易,利用的是压缩荷载而不是 张拉荷载,操作步骤简单,能从典型的岩心中取出试样<sup>[14]</sup>.该方法 同样是通过改变裂缝与荷载作用线之间的夹角值,测试出纯Ⅱ型 应力强度因子.半圆弯曲试验方法简图<sup>[14]</sup>见图 3,应力强度因子 *K*<sub>Ⅱ</sub>可用下式计算<sup>[14]</sup>:

$$K_{\rm II} = \frac{P\sqrt{\pi a}}{2Rt} Y_{\rm II}\left(\alpha, \frac{a}{R}, \frac{s}{R}\right)$$



Fig. 3 Cracked semi-circular bend test method

式中:α为裂纹与荷载作用线夹角;s为支撑点与圆心距离(mm);t为试样厚度(mm);Y<sub>I</sub>为试样无量纲几何 因子,与试样的 a/R,s/R 和 α 有关. I. L. Lim 等<sup>[15-16]</sup>已通过有限元法算出了不同情况下 Y<sub>I</sub>的值,并认为在

*a*/*R*=0.35,*s*/*R*=0.5,*α*=54°时,*Y*<sub>II</sub>=0.659,此时试样为纯Ⅱ型 断裂破坏.所以用该方法进行试验时,在试样制作过程中,试样 须满足以上条件.

1.2.3 非对称半圆弯曲试验方法 与半圆弯曲试验方法相比, 非对称半圆弯曲法具有更多的几何参数[17-19],考虑了 [型断裂 和Ⅱ型断裂之间所有的断裂模式,且不需要对裂纹角度进行调 整,避免了不必要的断裂.利用有限元法可以计算出不同混合模 式下裂缝尖端的几何参数.其试验方法简图<sup>[19]</sup>见图 4. 应力强度 Fig. 4 The asymmetric semicircular bend test method 因子 K<sub>1</sub>可用下式计算:



非对称半圆弯曲试验方法 图 4

$$K_{\rm II} = \frac{P\sqrt{\pi a}}{2Rt} Y_{\rm II} \left(\frac{a}{R}, \frac{s_1}{R}, \frac{s_2}{R}\right) \tag{6}$$

式中: $s_1, s_2$ 分别为左右支撑点与圆心的距离(mm); $Y_{II}\left(\frac{a}{R}, \frac{s_1}{R}, \frac{s_2}{R}\right)$ 为试样的几何因子,与试样尺寸 $\frac{a}{R}, \frac{s_1}{R}, \frac{s_2}{R}$ 有关. 文献 [19] 通过有限元法计算出了不同情况下的 Y<sub>n</sub>.

### 1.3 短梁剪切破坏试验方法

短梁剪切破坏方法通过剪切装置来实现试样的剪切破坏试 验. A. Krishnan 等<sup>[20]</sup>分别利用短梁剪切破坏方法和非对称四点 弯曲法分析了高分子聚合材料破坏的Ⅱ型应力强度因子,并进 行了比较.试验表明短梁剪切破坏方法要比非对称四点弯曲法 操作上更简单,所得到的 K ... 更精确. 由于该方法通过竖向剪切 装置就能很容易实现,并且不受裂缝两侧试样摩擦力的影响,所 以与以往的方法相比,能提供比较合理的Ⅱ断裂韧度值.图5为 短梁剪切破坏方法的简图.应力强度因子计算公式为:

$$K_{\rm II} = \frac{P}{Wt} \sqrt{\pi a} F_{\rm II}^{\rm SBSF} \left(\frac{a}{W}\right)$$

式中:F<sup>SBSF</sup><sub>I</sub>(a/W)为无量纲参数,与试样尺寸 a/W 有关,具体计算 参见文献[20].

### 1.4 剪切盒试验方法

剪切盒试验方法的剪切原理类似于短梁剪切破坏试验,由于 试验过程中裂缝断面存在摩擦力的影响,最后得到的应力强度因 子会偏大. 孙宗颀等[21-22] 通过剪切盒试验对岩石等脆性材料做了 大量研究.试验方法简图<sup>[21]</sup>见图 6. 当试样尺寸满足 H/W=1.0 时 (H)为试样高度),其应力强度因子  $K_{II}$ 可用下式计算<sup>[21]</sup>:

$$K_{\rm II} = \frac{Q}{BW^{\frac{1}{2}}} F\left(\frac{2a}{W}\right) \tag{(4)}$$







$$F\left(\frac{2a}{W}\right) = 1.780 + 3.095(2a/W) - 10.559(2a/W)^{2} + 8.167(2a/W)^{3}$$
(9)

8)

从以上描述的几种Ⅱ型断裂破坏试验方法可知,目前研究Ⅱ型断裂的材料主要是岩石等脆性材料,对土 体Ⅱ型断裂很少研究.对于土质边坡等土工结构物来说,Ⅱ型裂缝确实存在,且影响着结构的稳定,所以研究 土体Ⅱ型断裂问题很有必要.

## 2 上体Ⅱ型断裂试验方法

由于土体的性质与岩石不同,若应用圆盘形试样法研究土体断裂,土体试样制作比较困难,因为土样是 在预制裂缝后分层压实制成.另由于该方法是通过控制裂缝与加载方向的夹角来使试样满足纯Ⅱ型破坏,虽 然裂缝与径向的夹角可以算出,但若裂缝制备时角度控制不够精确或者在试验中土体发生过大变形也会引 起夹角的变化,从而导致试验结果出现较大误差.

用剪切盒试验方法研究土体 II 型断裂时,可以满足土体在裂纹断面上受剪力破坏,但由于该方法为竖向 加载装置,在试验过程中裂缝断面存在着摩擦力的影响,这会导致试验所得的土体断裂韧度偏大.

短梁剪切破坏试验方法从原则上可以用来研究土体 II 型断裂,且试样不受裂缝断面上摩擦力的干扰,但 由于剪切装置尺寸固定,所以该方法不能考虑尺寸变化对土体试样的断裂韧度的影响.

#### 2.1 非对称四点弯曲试验方法测试土体的断裂韧度

目前,国内外在土体 II 型断裂破坏方面的研究很少,对 其断裂破坏的性状、机理也没有形成完整的概念.在土体Ⅱ 型断裂破坏的试验方面,研究方法仅为非对称四点弯曲试验 法<sup>[6,24]</sup>,其简图<sup>[23]</sup>见图7.

该方法的基本原理是通过调节作用在土体试样中的2个



图 7 非对称四点弯曲试验方法

加载点(A、B)和2个支撑点(C、D)的位置,使得在裂缝断面 Fig.7 The anti-symmetric four-point bend test method 处,试样所受弯矩为零,只承受剪力作用.利用该方法,通过结构力学或材料力学的知识,能求出试样裂缝断 面上的剪力.利用文献[23]的公式,可计算出应力强度因子 K<sub>n</sub>:当裂纹长度满足 0.25 ≤ a/H ≤ 0.75 时:

$$K_{\rm II} = \frac{Q}{BW^{\frac{1}{2}}} F\left(\frac{a}{W}\right) \tag{10}$$

裂缝

$$F\left(\frac{a}{W}\right) = \left[1.442 - 5.08\left(\frac{a}{W} - 0.507\right)^2\right] \sec\frac{\pi a}{2W} \sqrt{\sin\frac{\pi a}{2W}}$$
(11)

虽然该方法从原则上可以求出 K<sub>I</sub>,但在使用时,如果试验前 2 个加载点(A,B)和 2 个支撑点(C,D)位 置的调节出现误差,或者试验中试样变形过大,都可能引起裂缝断面处弯矩不为零.因此在使用非对称四点 弯曲试验方法研究土体Ⅱ型断裂破坏时,其结果会产生很大的误差.

### 2.2 土体Ⅱ型断裂试验新方法

由于非对称四点弯曲法在研究土体Ⅱ型断裂存在着局 限性,王俊杰<sup>[24]</sup>等提出了一种的新的试验方法,该方法类似 于土体直剪试验,在试验过程中,将试样左侧固定,从右侧施 加力(见图8).该试验方法已经申请了我国发明专利[24],具 体操作步骤如下:

(1)制备单侧预制有水平裂缝的方形土饼试样.





(3)启动推力提供装置,向左侧施加水平推力,直至试样沿裂缝所在平面发生Ⅱ型断裂破坏;同时,记录 从开始施力时到试样破坏后荷重传感器和位移传感器采集到的数据,以荷载数据为横坐标,位移数据为纵坐 标,绘制荷载-位移曲线.

(4)更换试样,调整试样的尺寸、水平裂缝的深度,重复步骤(1)~(4).

该方法的优点是确保在整个试验过程中试样的加载状态保持为纯Ⅱ型,试样的破坏为Ⅱ型断裂破坏,试 验数据准确可信,便于后期的力学分析.新的试验方法用于研究土体的脆性断裂,Ⅱ型应力强度因子可用式

$$F\left(\frac{a}{W}\right) = \begin{cases} \left[2.318 - 5.200(a/W) + 6.764(a/W)^{2} - 3.331(a/W)^{3}\right]/\sqrt{1 - a/W}, (H/W = 1) \\ \left[1.945 - 3.547(a/W) + 3.864(a/W)^{2} - 1.733(a/W)^{3}\right]/\sqrt{1 - a/W}, (H/W = 2) \\ \left[1.758 - 2.986(a/W) + 3.255(a/W)^{2} - 1.503(a/W)^{3}\right]/\sqrt{1 - a/W}, (H/W = 3) \end{cases}$$
(12)  
$$\left[1.632 - 2.419(a/W) + 2.431(a/W)^{2} - 1.163(a/W)^{3}\right]/\sqrt{1 - a/W}, (H/W = 4) \end{cases}$$

从图 8 可知,由于受到裂缝上半部分土体自重的影响,所以在试验过程中裂缝面上存在摩擦力,会影响试验的结果.鉴于此,需要改进试验方法,可将试样旋转 90°,这样就消除了由于土体自重而引起的摩擦力.

### 3 结 语

(1)由于土体自身的性质与岩石不同,若用研究岩石Ⅱ型断裂破坏的试验方法来研究土体断裂破坏时, 存在着一些局限性,会影响试验的结果.

(2)研究土体 II 型断裂破坏的非对称四点弯曲试验,从原则上讲可以使土体试样发生 II 型剪切破坏,但 在试验操作过程中要求对加载点和支撑点的位置进行严格控制,而试验中试样变形过大可能导致裂缝断面 处弯矩不为零,所以利用非对称四点弯矩法进行 II 型断裂破坏存在较大误差.

(3)新的试验方法从原理上满足 II 型断裂破坏的要求,且在试验操作上更为简单,得出的结果误差更 小.但受到裂缝断面间摩擦力的影响,因此需进行改进,改进后的方法更能满足试验的要求.

#### 参考文献:

- BEAR J U, KEN T F, ANDERSON S H. Image analysis and fracture geometry to characterize soil desiccation cracks [J]. Geoderma, 2009, 154: 153-163.
- [2] KALKAN E. Influence of silica fume on the desiccation cracks of compacted clayey soils [J]. Applied Clay Science, 2009, 43: 296-302.
- [3] TANG C, SHI B, LIU C, et al. Influencing factors of geometrical structure of surface shrinkage cracks in clayey soils [J]. Engineering Geology, 2008, 101: 204-217.
- [4] CHUDNOVSKY A, SAADA A J. Micromechanisms of deformation in fracture of over consolidated clays [J]. Canada Geotechnical Journal, 1988, 25: 213-221.
- [5] 李洪升,朱元林. 冻土断裂力学及其应用[M]. 北京: 海洋出版社, 2002. (LI Hong-sheng, ZHU Yuan-lin. Fracture mechanics of frozen soil and its usage[M]. Beijing: China Ocean Press, 2002. (in Chinese))
- [6] ALIHA M R M, AYATOLLAHI M R, KHARAZI B. Mode II brittle fracture assessment using ASFPB specimen [J]. Int J Fract, 2009, 159: 241-246.
- [7] SWARTZ S E, LU L W, TANG L D, et al. Mode II fracture parameter estimates for concrete from beam specimens [J]. Experimental Mechanics, 1988: 146-153.
- [8] AWAJI H, SATO S. Combined mode fracture toughness measurement by the disc test[J]. J Engng Mater Technol, 1978, 100: 175-182.
- [9] ATKINSON C. Combined mode fracure via the cracked bazilian disk[J]. Int J Fracure, 1982, 18: 279-291.
- [10] AYATOLLAHI M R, ALIHA M R M. Cracked Brazilian disc specimen subjected to mode II deformation [J]. Engineering Fracure Mechanics, 2005, 72: 493-503.
- [11] CHANG S H, LEE C I, JEON S. Measurement of rock fracure toughness under modes I and II and mixed-mode conditions by using disc-type specimens[J]. Engineering Geology, 2002, 66: 79-97.
- [12] 金衍,陈勉,王怀英,等.利用测井资料预测岩石Ⅱ型断裂韧性的方法研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(2): 3630-3635. (JIN Yan, CHEN Mian, WANG Huai-ying, et al. Study on prediction method of fracture toughness of rock mode Ⅱ by logging data[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 27(2): 3630-3635. (in Chinese))
- [13] AYATOLLAHI M R, ALIHA M R M. Fracture toughness study for a brittle rock subjected to mixed mode I / II loading[J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2007, 44: 617-624.

- [14] AYATOLLAHI M R, ALIHA M R M. On determination of mode II fracture toughness using semi-circular bend specimen[J]. International Journal of Solid and Structures, 2006, 43: 5217-5227.
- [15] LIM I L, JOHNSTON I W, CHOI S K. Stress intensity factors for semi-circular specimen under three-point bending [J]. Eng Fract Mech, 1993, 44(3): 363-382.
- [16] AYATOLLAHI M R, ALIAHA M R M. Wide range data for crack tip parameters in two disc-type specimens under mixed mode load[J]. Computational Material Science, 2007, 38(4): 660-670.
- [17] DARBAN H, HAGHPANAHI M, ASSADI A. Determination of crack tip parameters for ASCB specimen under mixed mode loading using finite element method[J]. Computational Materials Science, 2011, 50: 1667-1674.
- [18] SAGHAFI H, AYATOLLAHI M R, SISTANINIA M. A modified MTS criterion (MMTS) for mixed-mode fracture toughness assessment of brittle materials [J]. Materials Science and Engineering (A), 2010, 527(21/22): 5624-5630.
- [19] AYATOLLAHI M R, AHIHA M R M, SAGHAFI H. An improved semi-circular bend specimen for investigating mixed mode brittle fracture [J]. Engineering Fracture Mechanics, 2011, 78: 110-123.
- [20] KRISHNAN A, XU L R. A short-beam shear fracture approach to measure the mode II fracture toughness of materials with perferred interfaces [J]. Int J Fract, 2011, 169: 15-25.
- [21] 孙宗颀, 饶秋华, 王桂尧. 剪切断裂韧度(KIIC)确定的研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(2): 199-203. (SUN Zong-qi, RAO Qiu-hua, WANG Gui-yao. Study on determination of shear fracture toughness (KIIC)[J]. Rock and Soil Mechanics, 2002, 21(2): 199-203. (in Chinese))
- [22] RAO Q H, SUN Z Q, STEPHANSSON O, et al. Shear fracture (Mode II) of brittle rock [J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2003, 40: 355-375.
- [23] WANG J J, ZHU J G, CHIU C F, et al. Experimental study on fracture behavior of a silty clay [J]. Geotechnical Testing Journal, 2007, 30(4): 303-311.
- [24] 王俊杰,陈野鹰,刘明维. 土体 Ⅱ 型断裂破坏的试验装置及方法:中国,201010576948.3[P]. 2011-07-20. (WANG Jun-jie, CHEN Ye-ying, LIU Ming-wei. The test device and method of mode Ⅱ fracture failure of soil: China, 201010576948. 3[P]. 2011-07-20. (in Chinese))
- [25] 于晓中, 谯常忻, 周群力. 岩石和混凝土断裂力学[M]. 湖南: 中南工业大学出版社, 1991. (YU Xiao-zhong, QIAO Chang-xin, ZHOU Qun-li. Fracture mechanics of rock and concrete[M]. Hunan: Central South University of Technology Press, 1991. (in Chinese))

### A study of a test method for mode II fracture toughness of soil mass

DENG Wen-jie<sup>1,2</sup>, WANG Jun-jie<sup>1,2</sup>, ZHANG Hui-ping<sup>1,2</sup>

 National Inland Waterway Regulation Engineering Research Center, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. Key Laboratory of Hydraulic & Waterway Engineering of the Ministry of Education, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: The mode II fracture failure is one of the basic modes in the soil mass, and the test method of mode II fracture toughness is the weak point for study of the fracture characters of soil mass at present. In this paper, the basic theory and methods of each test are introduced at first, and then based on the characteristics of the soil mass, the feasibility and reliability of each method for testing the mode II fracture toughness are analyzed. We focus especially on the anti-symmetric four-point bend (ASFPB) test method which has been often used for testing the mode II fracture toughness of the soil mass, and based on it we propose a new method. In the new method, the specimen is a single-edge cracked one and its structure is simple; in order to make sure the reliability of the test results, the shear load is directly applied to the soil specimen and the specimen turns fractured in a pure mode II condition.

Key words: soil; fracture failure; mode II fracture toughness; test method