



高速摄影： 岩土工程的颠覆者

昆士兰大学的研究人员使用 Vision Research 的高速摄像机来观察岩石的抗拉强度等等。

如果您经过昆士兰大学的岩土工程中心 (GEC)，您可能会对走廊电视上播放的内容感到惊讶：岩石开裂和爆炸的慢动作视频。

该视频由 GEC 的地质力学实验室使用高速摄像机拍摄而得，该实验室专门从事土壤和岩石力学以及水文地质等一系列岩土工程领域的基础和应用研究。学者、博士后和博士生可以租用摄像机，用于测量高速气流中的气泡尺寸、监测岩石或岩石类地质材料的脆性开裂和破坏，并观察在冲击和动态载荷下材料中的颗粒破碎等研究目的。

学院的很多研究人员都将 Vision Research Phantom v2011 和 v2012 摄像机用于研究目的，GEC 的主任 David Williams 教授和博士后研究员 Mehdi Serati 博士也是其中的两位，摄像机可以帮助他们进行其他仪器无法进行的实验。“借助摄像机，我们可以捕捉或测试任何动态的东西，” Williams 说。“例如，在负载下，



岩石样品的开裂在瞬间发生。摄像机告诉我们裂缝在什么时候和在哪个位置出现以及它是如何扩展的。”

这些测试使 GEC 研究人员能够评估天然和复合材料的抗拉强度，这对土木工程的应用具有重大意义。例如，通过数据，研究人员及其行业合作伙伴可以更准确地预测某些建筑材料的不稳定性，并找出如何改善路面和其他复合材料的方法以更好地防止开裂。

改变标准

这些摄像机不仅使 Williams 及其团队能够更准确地观察和测量材料强度；它们还使研究人员能够论证并最终改进现行的岩土工程实验室技术。“多年来，很多测试方法已经成为人们公认的标准方法，” Williams 说。“但我们需要证据来证明改变它们的合理性。”

例如，巴西试验是确定岩石抗拉强度最成熟的技术之一。它通过两个相对的重物压缩一块薄圆盘状的岩石试样，直到试样沿着其受力的直径分裂成两个大致相同的部分。“这项试验已经存在了 200 年左右，” Mehdi 说。“它很受欢迎，易于执行，是岩学研究人员测试岩石抗拉强度的首选方法。”

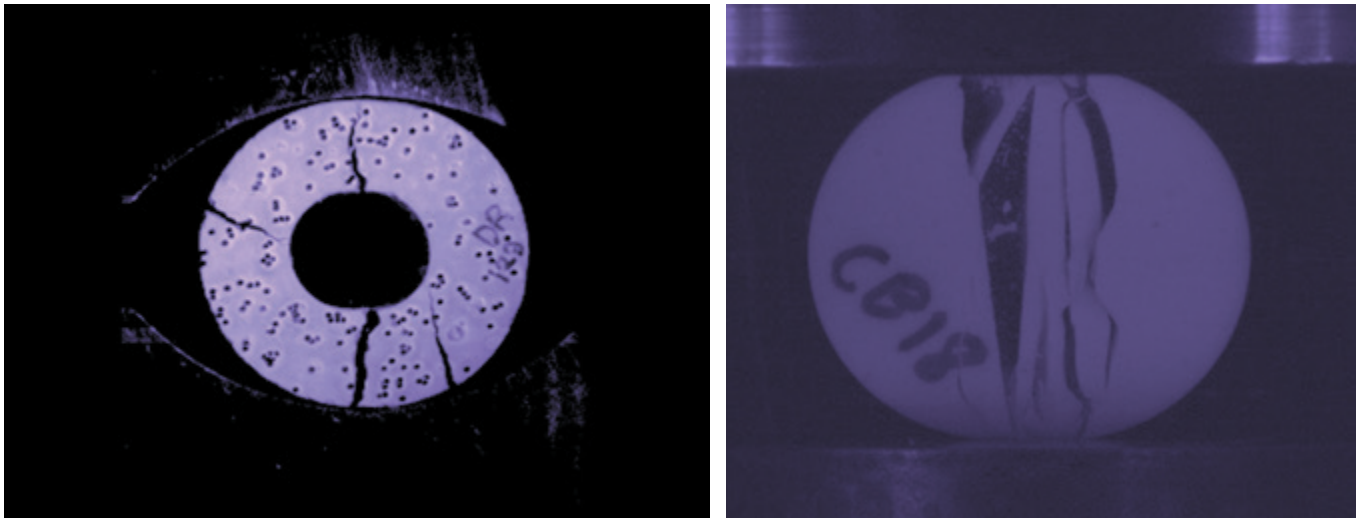
然而，问题在于，该项试验通常会在接触点附近引发多条裂缝和二次剪切裂缝，而不只是在试样中心产生一条单一的裂缝。“从中心开始的裂缝可以指示材料的抗拉强度，” Mehdi 解释说。“但是在负载作用点出现的裂缝却不能。”尽管多年来该试验一直在努力消除剪切裂缝，但每次迭代都有其局限性。这就是摄像机发挥效用的地方。

为了改进这项技术，Mehdi 和他的团队对脆性岩石（包括花岗岩、玄武岩和二长岩）进行了一系列巴西试验。他们以恒定的位移速率向样品施加压力直至样品发生破裂，这通常在 1 到 2 分钟内发生。他们借助 Phantom v2011 超高速摄像系统以 130,000 (fps) 的速度和 384 x 288 像素的分辨率记录了压裂过程。正如预期的那样，高速镜头显示，负载作用点处的额外二次开裂始终伴随着拉伸断裂。

Mehdi 和他的团队推测使用小于标准测试尺寸的圆盘试样可以消除这个问题。他们减小了每种岩石类型的尺寸，并使用相同的摄像机设置重新进行了测试。拍摄出的视频显示了一个令人兴奋的结果：随着试样尺寸的减小，猛烈的压裂也会减少，当每种岩石类型达到一定尺寸时，中心只会形成一条裂缝。

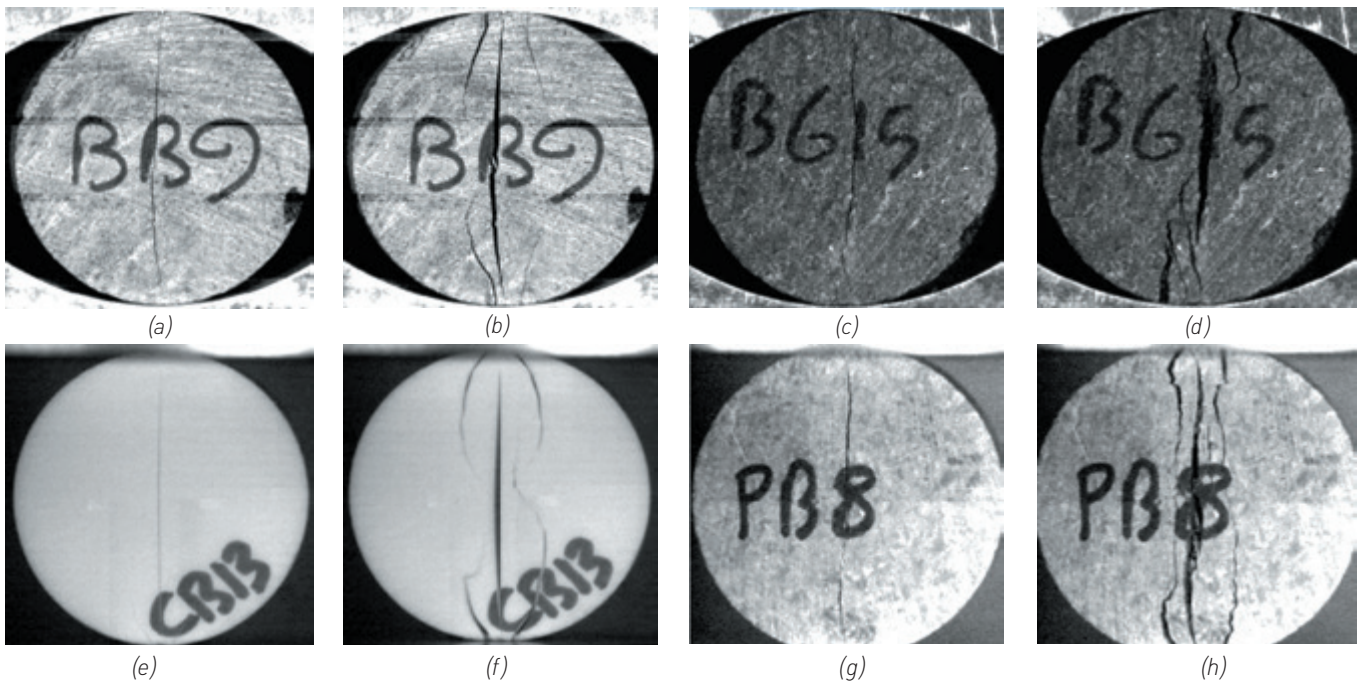
“尽管在不同的岩石类型中，从多条裂缝到单条裂缝的过渡在不同的尺寸下发生，但实验表明，岩石的抗拉强度与尺寸有关，” Mehdi 说。“多亏了摄像机，我们现在有了可以改进巴西试验的证据。例如，我们可以为每种岩石类型开发尺寸校正模型，以帮助我们更准确地估算抗拉强度。”

Williams 补充道，“假设并不总是正确的。”“不同的材料可能有不同的行为，因为有些材料比其他材料更脆。能够观察压裂过程使我们能够改进以前根深蒂固的测试方法。



高速镜头表明，巴西试验通常会在接触点附近引发多条裂缝和二次剪切裂缝，而不只是在圆盘试样中心引发一条单一的裂缝。

Williams 说，“当岩石裂开时，我们无法预测裂缝的位置，这使我们无法用其他仪器来测量裂缝。”“但是摄像机提供了足够宽的视野，使我们能够看到整个画面。”



研究人员对包括花岗岩、玄武岩和二长岩在内的脆性岩石进行了一系列巴西试验，并以 130,000 fps 的速度记录了压裂过程。

为实验寻找合适的摄像机

除了 Mehdi 的巴西试验之外，GEC 以及昆士兰大学土木工程学院还使用 GEC 内部的 Phantom 摄像机开展了多项其他研究。“由于我们要处理各种各样的几何形状，因此我们想要一台能够提供至少 200,000 到 300,000 fps 帧速率和足够分辨率的摄像机，” Williams 说。v2011 和新版的 v2012 在 100 万像素的全分辨率下都能提供超过 22,000 fps 的惊人速度。在降低分辨率的情况下，摄像机借助出口受控的快速选配件可提供高达 651,000 fps 或 100 万 fps 的帧速率。

Williams 说，“当岩石裂开时，我们无法预测裂缝的位置，这使我们无法用其他仪器来测量裂缝。”“但是摄像机提供了足够宽的视野，使我们能够看到整个画面。”拥有两台摄像机而不是一台摄像机有诸多好处。通过将一台摄像机聚焦在岩石正面，将第二台摄像机聚焦在背面，研究人员可以更好地捕捉裂缝的起源和扩展。

但 GEC 的研究人员并不是唯一享受使用摄像机的人。该学院借助校园内的电视屏幕展示他们研究结果的慢动作镜头。Williams 总结道，“很高兴能够向外行、未来的学生和普通大众展示这些东西，”“这些是肉眼看不到的东西。我喜欢看到大家惊讶的表情。”



昆士兰大学的研究人员通常使用一对高速摄像机 Phantom v2011 和 v2012 (如图所示) 来评估天然和复合材料的抗拉强度。



某些 Phantom 摄像机符合出口许可标准。有关更多信息，请访问 www.phantomcameras.cn/export。