

Purpose

CAR-Plus流变仪是一种坚固耐用的便携式仪器，用于测量新拌混凝土的基本流动(流变)特性。该仪器是由位于得克萨斯大学奥斯汀分校的国际骨料研究中心(ICAR)开发的，旨在满足对表征混凝土混合物真实流动行为的方法的需求。测量坍落度或坍落度流量的传统方法无法表征。

混凝土在搅拌、运输和浇筑过程中存在的基本流变特性。因此新拌混凝土混合物的真实性能无法用这些传统方法进行测量：

ICAR Plus 是一款低成本、操作简单的仪器，可用于：

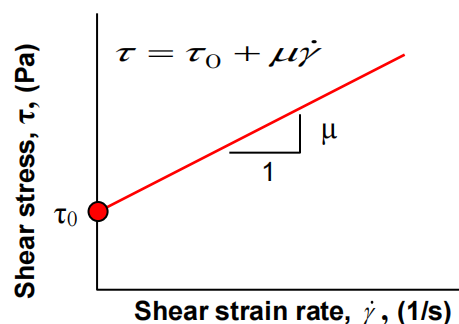
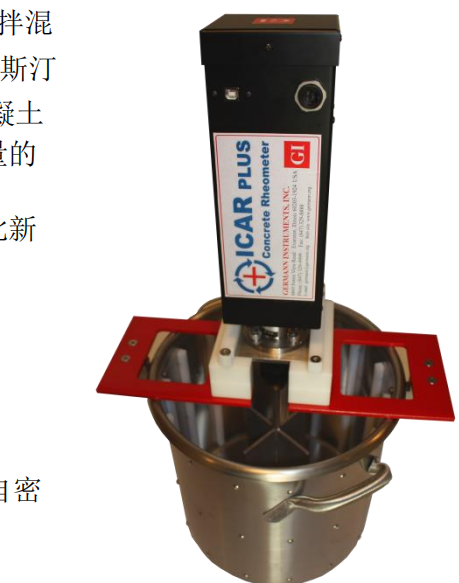
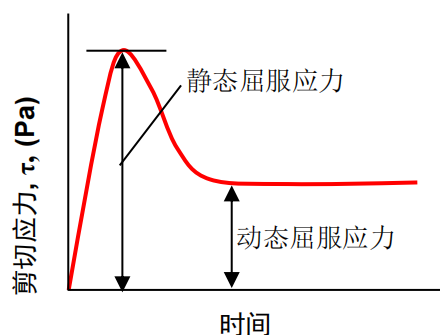
- 研究和开发以表征新材料对混凝土流变学的影响
- 优化混合比，使所得混凝土易于流动，但不易离析(对于自密实混凝土或泵送混凝土尤其重要)
- 混合物的现场质量控制

Principle

新拌混凝土可以被视为流体，这意味着它将在剪切应力的作用下流动。混凝土的流动行为可以由以下两个参数关系表示：

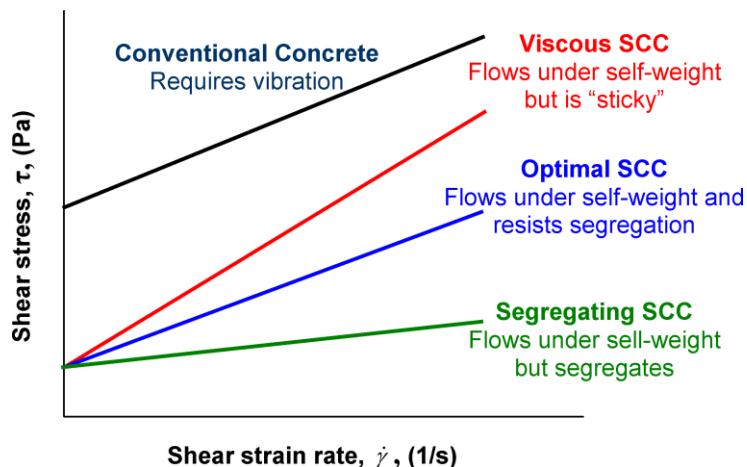
$$\tau = \tau_0 + \mu \dot{\gamma}$$

被称为宾汉姆模型：参数 τ_0 是屈服应力，表示启动流动所需 T_0 的剪切应力。该线的斜率是塑性粘度， μ ，它影响超过屈服应力后的流动阻力。这两个参数定义了流动曲线，提供了流体流动行为的完整描述。



但是，混凝土并不是一种简单的流体，因为它表现出触变性。这意味着如果混凝土一直处于“静止”状态，则启动流动所需的剪切应力很高，但一旦开始流动，则需要较低的剪切应力来保持流动。这种类型的行为总结在左侧所示的示意图中，该示意图显示了在低应用剪切变速率的情况下剪切应力随时间的变化。刚开始时，剪切应力随时间逐渐增加，但没有流动。当应力达到静态屈服应力时，混凝土开始流动，保持流动所需的应力降低到动态屈服应力。如果施加的剪切应变速率降至零，并允许混凝土静止，颗粒间作用力会产生一个弱网络作用，从而恢复静态屈服应力。随着时间的推移，静态和动态屈服应力随着减水外加剂的有效性降低和水化作用的进行而增加，这通常被称为“坍落度损失”。

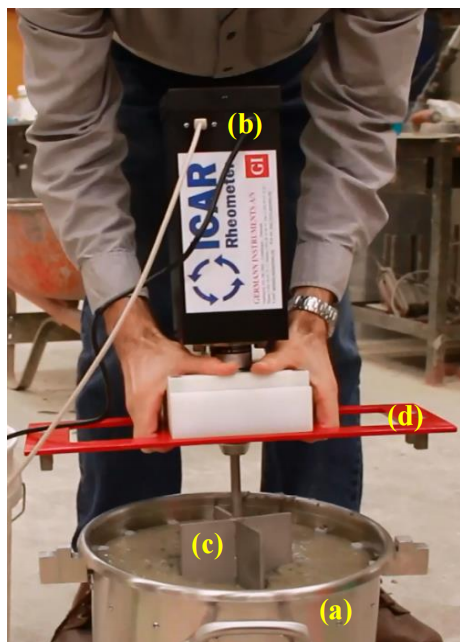
ICAR-Plus流变仪用于表征混凝土的静态屈服应力、动态屈服应力和塑性粘度。高静态屈服应力是想要的，因为它降低了模板压力并增加了对离析的抵抗力。但为了便于泵送、放置和自密实，低的动态屈服应力是必要的。当混凝土流动时，动态粘度提供了内聚性并有助于减少离析。右侧的示意图显示了传统混凝土和不同类型的自密实混凝土(SCC)混合物的动态流动曲线。传统混凝土具有高的动态屈服应力，并且在混凝土浇筑成型后需要额外的能量(振动)来密实混凝土。



自密实混合物都具有较低动态屈服应力，并会因自重而密实。但它们具有不同的流变特性。塑性粘度高(红线)的SCC将具有粘性，难以放置和刮除。另一方面，塑性粘度低(绿线)的混合物将容易离析。因此，通过确定不同混合比和外加剂类型的混凝土的动态流动曲线，可以实现流动性和抗离析性之间的最佳平衡。这些类型的测定不能使用传统的基于坍落度的试验来完成。

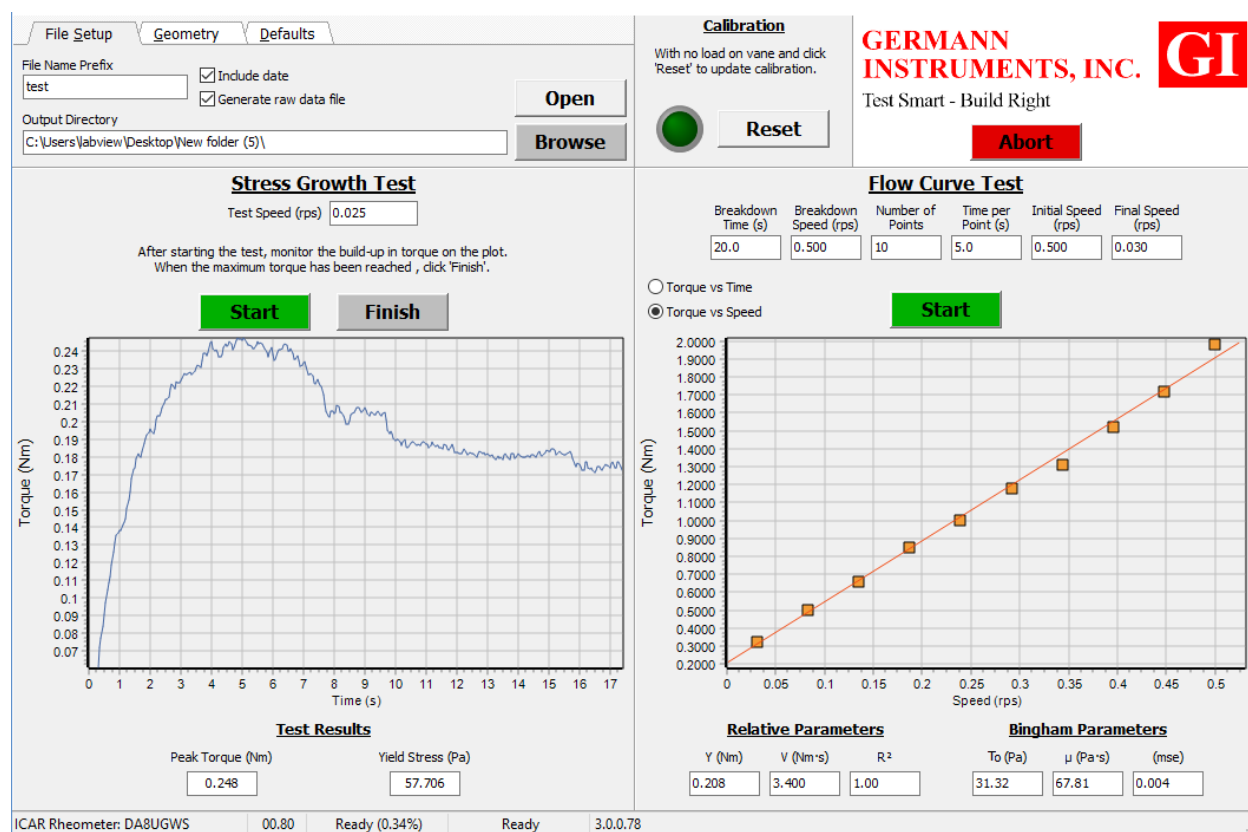
操作方法

ICAR Plus Rheometer由一个容器(a)用于容纳新鲜混凝土，一个包括电动机和扭矩计的驱动头(b)，一个由驱动器上的卡盘固定的四叶片叶片(c)，一个用于将驱动器/叶片组件固定在容器顶部的框架(d)，以及一个笔记本电脑用于操作驱动器、记录测试过程中的扭矩，并计算流动曲线参数。容器的周边装有一系列垂直杆，以防止在测试过程中混凝土沿容器壁滑动。容器的尺寸和叶片轴的长度根据骨料的名义最大尺寸进行选择。叶片直径和高度均为127毫米。还提供了一种多叶片“旋转式”叶片(e)，可与最大骨料尺寸为13毫米的容器(f)一起使用。这种叶片产生更均匀的流速分布，并为高流动性自密实混凝土(例如坍落流 > 600毫米)、可流动砂浆或灌浆(例如自流平)、用于3D打印的砂浆等材料的流动曲线测试提供更准确和稳定的测量。



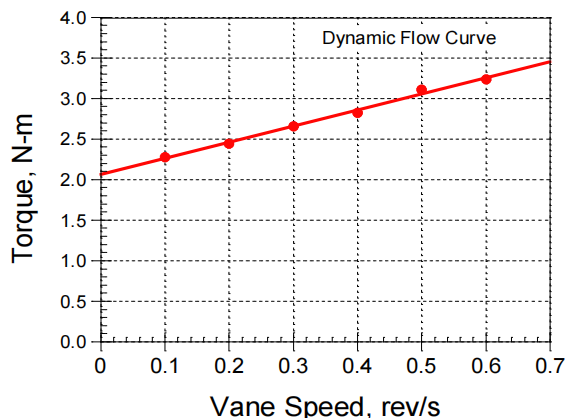
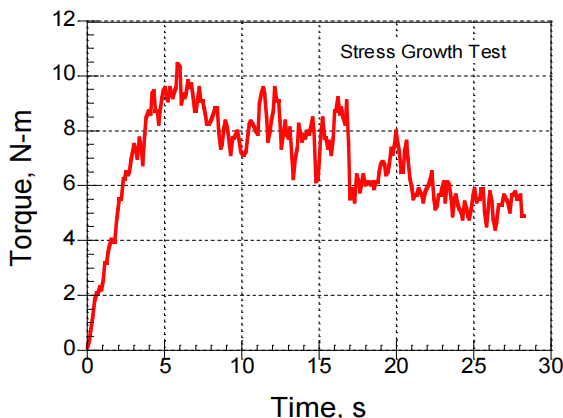
ICAR-Plus 流变仪可以进行两种类型的测试。第一种类型是应力增长试验，其中叶片以 **0.025转/秒**的恒定慢速旋转。扭矩的初始增加是作为时间的函数来测量的。该试验期间测得的最大扭矩用于计算静态屈服应力。第二种类型是流动曲线试验,用于确定动态屈服应力和塑性粘度。流动曲线测试从“破裂”期开始,在此期间,叶片以最大速度旋转,以破坏可能存在的任何触变结构,并在测量宾汉姆参数之前提供一致的剪切历史。然后以指定的步数降低叶片速度,该步数由用户选择,但建议至少六步。在每个步骤中,叶片速度保持恒定,并记录平均速度和扭矩,转矩与叶片旋转速度的关系图定义了流量曲线,根据该流量曲线计算宾汉姆参数。如果需要,该设备还允许按升序设置速度步长,例如触变性测量。

ICAR流变仪的软件操作和校准驱动器,记录扭矩,计算测试结果,并存储数据。整个测试通过一个屏幕进行控制,如下所示。只需简单按下“开始”按钮,即可启动应力增长测试或流量曲线测试。两项测试均在1分钟内完成。自动数字校准允许用户始终拥有一个随时可用的系统。校准后,显示不确定度扭矩测量值,该值通常小于**0.5%**。



Example Results

下一个图的左图显示了压力增长测试的结果。该程序使用峰值扭矩和测试几何形状来计算静态屈服应力,该应力显示在计算机显示器的底部。右图显示了在流量曲线测试的六个步骤中测得的平均扭矩与平均叶片旋转的关系。该软件计算数据的最佳拟合线,并将截距和斜率报告为相对参数。基于试验几何形状,软件计算宾汉姆参数:动态屈服应力和塑性粘度。



ICAR Plus Features and Specifications

- 最小坍落度:混凝土的坍落度必须大于75 mm, 否则, 混凝土太硬, 无法进行测试
- 骨料的标称最大尺寸(NMSA):最大可用容器的最大尺寸为32mm
- 叶片转速:0.001至0.667转/秒
- 电机类型:集成伺服
- 电机最小扭矩:0.01Nm
- 峰值扭矩:90Nm, 持续时间不超过2秒
- 连续最大扭矩:32Nm
- 电源:输入100-240 VAC-3.5A
- 输出 48V-6.7A
- 可随时通过执行数字校准
- 执行静态应力增长和动态流动曲线测试
- 软件以基本单位计算静态屈服应力、动态屈服应力和塑性粘度
- 测试时间:~1分钟
- 计算机要求:Windows7或更高版本。处理器Intel i3或更高版本
- 电机驱动尺寸:11x11x43厘米
- 电机控制台重量:7.5kg
- 手提箱尺寸:67x52x28厘米
- 手提箱重量:20kg, 包括电机驱动器、底架、叶片、电源和电缆



RHM-4000 ICAR Plus Kit. 订货号

Item	Order #
电机驱动/扭矩计装置	RHM-4001
电机驱动器的电源线	RHM-4002
基础框架	RHM-3003
容器用于最大19 mm NMSA *	RHM-3005
四叶片用于19 mm NMSA *	RHM-3009
USB cable	RHM-3012

Item	Order #
电脑及软件	RHM-4013
CD-ROM上的软件	RHM-4014
手册	RHM-4015
笔记本手提箱	RHM-4016
流变仪手提箱	RHM-4017

*如果未指定其他尺寸, RM-4000 ICAR Plus套件默认提供的尺寸。

不同骨料尺寸(NMSA)的可用容器和叶片

	标称骨料最大尺寸(NMSA)			
	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm
容器	RHM-3004	RHM-3005*	RHM-3006	RHM-3007
四叶叶片	RHM-3008	RHM-3009*	RHM-3010	RHM-3011
旋转式叶片	RHM-3020			

Optional Items

Item	Order #
30,000 centistokes 硅油用于仪器验证（25升或19升桶）	RHM-3018



上海办事处：
 皓赫科学仪器（上海）有限公司
 Tel: 17740897403（微信同号）
www.bihec.com/germann-instruments