

混凝土和水泥浆的屈服应力测试

——塌落度实验

Jan Philip Plog, Thermo Fisher Scientific, Material Characterization, Karlsruhe, Germany

关键词

流变学，屈服应力，混凝土和水泥浆，塌落度实验

简介

混凝土是世界上应用最多的人造材料。这类材料最重要的一个性能被称为“可使用性”，其概念是指新鲜的（塑性）混凝土可以通过适当的方法（比如振动）填充到模具中而不降低其质量的能力。可使用性取决于很多条件，比如其他物质在水中的浓度，聚集情况（形状和尺寸分布），水泥的含量及水化时间，并且可以通过化学添加剂进行调控，比如使用高效增塑剂或者增加水含量。然而，过多的水会出现很多问题，比如表面出现水纹，强度下降或者砂石分离等，导致质量下降 [1]。其使用性可以通过混凝土塌落度实验来进行测试，这是一种非常简单的测试新鲜混凝土塑化能力的方法，符合 ASTM C 143 [2] 或者 EN12350-2 [3] 测试标准。这个实验的通常将新鲜混凝土放入喇叭状的塌落度桶里来进行评价。首先将桶的大口朝下放在一个平整的，非吸附性表面，分三次填充新鲜混凝土，每次填充后用捣锤捣实后，抹平。然后拔起桶，混凝土因自重而产生塌落。然而，近年来的工作表明通过流变的方法测试新鲜混凝土的屈服应力是最快最简单与其塌落度相关联的方法 [4]。这类样品很难通过旋转流变仪用常规平行板或者同轴圆筒夹具来测量，因为在测量过程中很有可能出现壁滑以及在细小测量间隙的加样过程中出现过多样品破坏。因此，对于此类流变测试，通常推荐使用赛默飞™ 哈克™ Viscotest iQ 智能流变仪配合浆叶式夹具。

当浆叶式夹具完全浸没在样品中后，样品的屈服应力可以通过 Boger[5] 下面公式计算：

$$\tau_0 = \frac{M_{\max}}{K} \quad [a]$$



图 1：赛默飞™ 哈克™ Viscotest iQ 智能流变仪

其中 T 为扭矩，K 是浆叶夹具的参数，由其高度 (H) 及直径 (D) 决定：

$$K = \frac{\pi \cdot D^3}{2} \left[\frac{H}{D} + \frac{1}{3} \right] \quad [b]$$

实验结果与讨论

图 1 是赛默飞™ 哈克™ Viscotest iQ 智能流变仪配备浆叶式夹具配置图。在本次实验中使用典型浓度比例将一种波特兰水泥与水进行混合，然后加入三种不同质量分数的细砂石，表 1 中给出了详细的样

Sample	Portland Cement/g	Water/g	Fine Gravel/g
1	275	75	0
2	275	75	125
3	275	75	75

表 1: 混凝土样品的组成

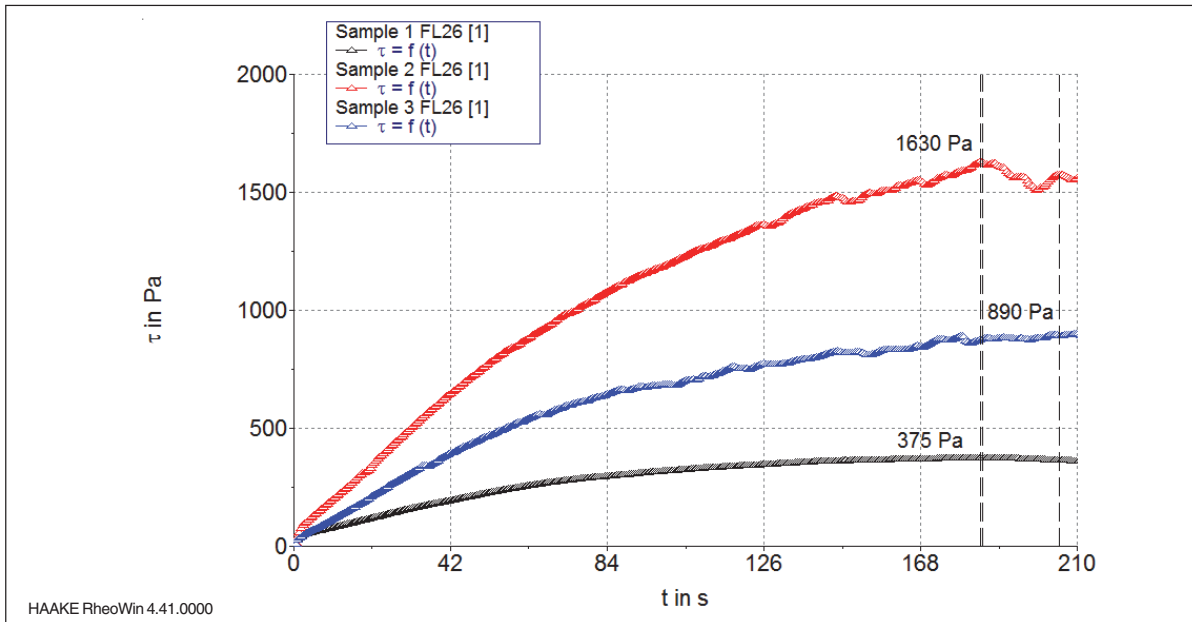


图 2: 25°C下, 三种样品的剪切应力随时间的变化

品组成。当样品完全混合后, 等待 5 分钟后进行测试。整个测试过程如下: 当桨叶转子完全浸没到样品中后, 仪器开始施加一个恒定的 0.05rpm 的转速, 然后观察剪切应力随着时间的变化。当观察到一个明显的弹性响应区后, 样品的结构开始破坏, 剪切应力开始下降。因此, 剪切应力曲线上的最大值就对应了样品的屈服应力。所得结果如图 2 所示。可以看到, 在 25°C 测试条件下, 纯的水泥浆体系的屈服应力为 375Pa, 而含有 75 克和 125 克增塑剂的样品的屈服应力分别为 890Pa 和 1630Pa。然后这些样品的屈服应力就可以通过经验公式转变为混凝土塌落实验标准数 [6]:

$$s = 300 - 347 \frac{(\tau_0 - 212)}{\rho} \quad [c]$$

其中 s 表示塌落度, 以 mm 表示, with s being the slump in mm, τ_0 为屈服应力, ρ 是样品密度。

结论

赛默飞™ 哈克™ Viscotest iQ 智能流变仪提供的桨叶式测量方式向用户提供了一种快速, 简单, 准确的方法来评估混凝土和水泥浆的屈服应力, 并将其与标准塌落实验数据相关联。

参考文献

1. See Wikipedia, Concrete, <http://en.wikipedia/wiki/Concrete> (as of Jan. 13, 2014, 16:50 CET)
2. ASTM C 143 - Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
3. EN 12350-2 - Testing fresh concrete. Slump test
4. N. Roussel, Correlation between Yield Stress and Slump: Comparison between Numerical Simulations and Concrete Rheometers Results, Materials and Structures, May 2006, Volume 39, Issue 4, pp 501-509
5. Dzuy NQ, Boger DV. 1985. Direct yield stress measurement with the vane method. J Rheol 29:335-47
6. Chong Hu, François De Larrard, Odd E. Gjovr, Rheological testing and modelling of fresh high performance concrete, Materials and Structures, January/February 1995, Volume 28, Issue 1, pp 1-7