

【文章编号】: 1672 - 4011 (2008) 01 - 0002 - 03

混凝土抗压弹性模量测定方法探讨

黄躲兵¹, 彭龙涛²

(1. 成都成芯半导体制造有限公司, 四川成都 610731)

(2. 中铁十九局集团第四工程有限公司, 内蒙古通辽 028000)

【摘要】 弹性模量是混凝土的重要力学性能之一, 它反映了混凝土所受应力与其应变之间的关系, 是计算混凝土结构变形、裂缝开展和温度应力所必需的参数之一。本文根据大量的混凝土弹性模量试验结果, 对比国家规范测试混凝土弹性模量要求, 分析其测试弹性模量方法的局限性, 提出了一种很实用的弹性模量测定方法——数据分析法。

【关键词】 混凝土; 弹性模量; 数据分析法**【中图分类号】** TU37 **【文献标识码】** B

1 规范方法简述

1.1 对试件和试验设备的要求

文献^[2]规定试件尺寸为 150 mm × 150 mm × 300 mm 的标准棱柱体, 承压面的平面公差度不大于 0.0005 d (d 为边长), 各边长尺寸公差度不大于 1 mm, 压力试验机符合一般技术要求, 且其测量精度不低于 ±1%。

1.2 试验步骤

(1) 取 3 个试件测定混凝土的轴心抗压强度 f_{cp} , 剩余 3 个试件测定混凝土的弹性模量。

(2) 精确对中, 调整使其接触面均匀。

(3) 加荷至 F_0 , 保持恒载 60 s 并在以后的 30 s 内记录每一测点的变形读数 ε_0 。应立即连续均匀地加荷至 F_a , 保持恒载 60 s 并在以后的 30 s 内记录每一测点的变形读数 ε_a 。当以上这些变形值之差与他们的平均值之比大于 20% 时, 应重新对中试件后重复试验。如果无法使其减少到低于 20%, 则此次试验无效。

(4) 在确认试件符合条件后, 至少进行两次反复预压, 在最后一次预压完成后, 加载到 F_0 持荷 60 s 并在以后的 30 s 内记录每一测点的变形读数 ε_0 ; 再用同样的加荷速度加载至 F_a , 持荷 60 s 并在以后的 30 s 内记录每一测点的变形读数 ε_a 。

1.3 试验结果计算及确定

混凝土弹性模量值计算公式:

$$E_c = \frac{F_a - F_0}{A} \times \frac{L}{\Delta_n} \quad (1)$$

式中: E_c 为混凝土弹性模量 (MPa); F_a 为 1/3 轴心抗压强度时的荷载 (N); F_0 为 0.5 MPa 时的初始荷载 (N); A 为试件承压面积 (mm^2); L 为测量标距 (mm); Δ_n 为最后一次从 F_0 加荷至 F_a 时试件两侧变形的平均值 (mm), $\Delta_n = \varepsilon_a - \varepsilon_0$ 。

2 规范方法测试弹性模量的局限性

在实际工程中, 我们发现经常因为混凝土试块、试验设备以及试验操作的原因, 如平面公差度不大于 0.0005 d (d 为边长), 达不到规范方法的要求, 而导致试验结果无效, 规范方法判断试验是否有效, 仅根据通常对试验数据要求, 变形差不小于 20%, 很难反映出试验产生偏差的本质。而且现实工程中, 试件数量预留较少, 且较多达不到标准要求, 这个问题有待解决。

3 数据分析法测试弹性模量

3.1 试验步骤

(1) 取 3 个试件测定混凝土的轴心抗压强度 f_{cp} , 剩余 3 个试件用于测定混凝土的弹性模量。

(2) 按要求安装好变形测量仪, 一般对称设置两个测点。

(3) 仔细调整试件在压力机上的位置, 使其轴心与下压板的中心线对准。开动压力试验机, 当上压板与试件接近时调整球座, 使试件接触均衡。

(4) 加荷至基准应力为 0.5 MPa 的初始荷载值 F_0 , 保持恒载 60 s 并在以后的 30 s 内记录每一测点的变形读数 ε_0 。应立即连续均匀地加荷至应力为 1/3 轴心抗压强度 f_{cp} 的荷载值 F_a , 保持恒载 60 s 并在以后的 30 s 内记录每一测点的变形读数 ε_a , 然后连续均匀地卸荷至零。当以上这些变形值之差与他们的平均值之比大于 20% 时, 应重新对中试件后重复试验。如果无法使其减少到低于 20% 时, 也准备进行下一步试验, 试验是否有效, 以下一步试验数据来判断。

(5) 连续均匀地加荷至应力为 1/3 轴心抗压强度 f_{cp} 大小的荷载值 F_a , 至少进行两次反复预压, 在最后一次预压完成后, 以 1/12 $F_a \sim 1/20 F_a$ 大小的荷载值 F 进行分级加载 (F 的取值应同时结合压力试验机的读数刻度并取整), 在每级荷载加完后, 持荷 5 s 并记录每一测点的变形读数或应变 ε_i , 直至最后一级荷载。

(6) 分别作各测点的应力应变曲线, 若应力和应变的关系接近于直线 (不考虑刚开始的 2 级 ~ 4 级荷载数据, 以剔除压力试验机不平衡和试件自身质量缺陷等影响), 不论 (4) 条中 “变形值之差与他们的平均值之比” 是否大于 20%, 试验有效, 反之, 试验无效。

3.2 试验结果计算及确定

将各测点在每一级荷载作用下的应变差值计算出来

(下一级荷载作用下的应变减上一级荷载作用下的应变),若应变差值从某一级荷载时开始基本保持不变时,则上一级荷载即为弹性模量计算的数据起点,设这级荷载对应的应变读数为 ε_1 。

混凝土弹性模量值计算公式:

$$E_c = \frac{F}{A} \times \frac{n}{\varepsilon_a - \varepsilon_1}$$

式中: E_c 为混凝土弹性模量 (MPa); F 为分级加载的荷载值 (N); A 为试件承压面积 (mm^2); n 为有效试验数据的荷载级数; ε_a 为最后一级荷载对应的应变 ($\mu\varepsilon$); ε_1 为数据起点对应的应变 ($\mu\varepsilon$);

4 数据分析法实例及准确性检验

4.1 试验准备

取 3 个试件测得混凝土的轴心抗压强度 f_{cp} 为 34.39 MPa, 剩余 3 个试件测定混凝土的弹性模量。量取试件尺寸, 具体数据见表 1:

表 1 试件尺寸

项目 试件	长 (mm)		宽 (mm)		高 (mm)	
	测点 1	测点 2	测点 1	测点 2	测点 1	测点 2
试件 1	150.15	150.30	150.50	150.15	300.35	300.25
试件 2	149.90	150.15	151.20	152.45	299.90	300.25
试件 3	149.70	149.95	151.30	149.70	300.50	299.30

备注: 试件测点 1 与测点 2 位置为对应面的中线。

从表中可以看出试件 1 的尺寸符合规范要求; 试件 2 的承压高度差为 0.35 mm, 大于 0.15 mm, 不符合规范要求; 试件 3 的承压高度差为 1.2 mm, 远大于 0.15 mm, 不符合规范要求。

4.2 试验数据

对三个试件分别进行试验, 如图 1 所示。



图 1 混凝土弹性模量测试试验

试验测得混凝土轴心抗压强度 f_{cp} 为 34.39MPa, 计算得 F_a 大小为 257 925N, 结合压力试验机的读数刻度, 本试验分 13 级施加荷载, 取 $F = 20\ 000\text{N}$ 。三个试件在初始荷载值 $F = 12\ 000\text{N}$ 作用下应变大小 ε_0 和荷载值 $F_a = 260\ 000\text{N}$ 作用下应变大小 ε_a 的及变形差如表 2 所示。显然只有试件一小于 20%。

表 2 试件变形差数据

项目 试件	$\varepsilon_0 (\mu\varepsilon)$		$\varepsilon_a (\mu\varepsilon)$		变形差
	测点 1	测点 2	测点 1	测点 2	
试件 1	11	17	317	346	7.2%
试件 2	6	22	235	431	56.4%
试件 3	150	- 48	680	40	143.0%

4.3 试验数据分析

(1) 作三个试件的应力应变曲线分别如图 2~图 4 所示。

(2) 由图 2 可看出, 试件一的应力应变成线性关系, 试验有效, 弹性模量计算的数据起点对应的荷载为 40kN, 通过计算得 $E_c = 34.73\text{MPa}$; 由图 3 可看出, 试件二的应变差较大, 但剔除前面两组数据, 应力应变成线性关系, 试验有效, 弹性模量计算的数据起点对应的荷载为 40kN, 通过计算得 $E_c = 34.25\text{MPa}$; 由图 4 可看出, 试件三部分受压、部分受拉, 应变差非常大, 应力应变不成线性关系, 试验无效。

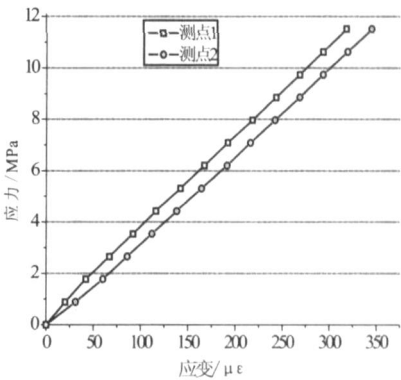


图 2 试件 1 各测点应力应变关系曲线

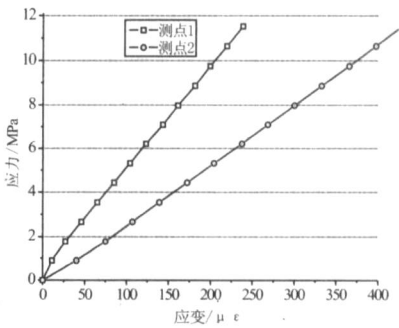


图 3 试件 2 各测点应力应变关系曲线

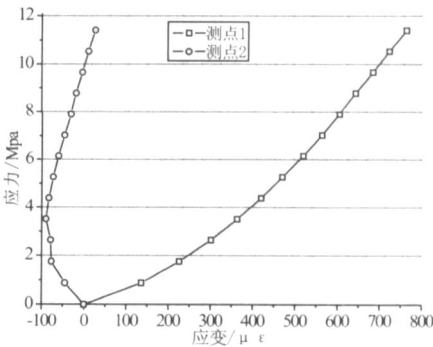


图 4 试件 3 各测点应力应变关系曲线

4.4 数据分析法准确性检验

(1) 在不破坏试件结构的前提下,对试件二表面进行打磨处理,使其高度差减小到 0.10 mm ,然后根据规范方法要求,取 $F_0 = 12\ 000\text{ N}$, $F_a = 260\ 000\text{ N}$,对试件一、试件二的弹性模量进行测试,测得数据如表 6所示。

表 6 规范方法测试弹性模量数据

项目	$\varepsilon_0 (\mu\varepsilon)$		$\varepsilon_a (\mu\varepsilon)$		变形差
	测点 1	测点 2	测点 1	测点 2	
试件一	12	17	320	350	7.8%
试件二	14	17	323	355	8.9%

(2) 根据规范方法的计算得试件一的弹性模量 $E_c = 34.26\text{ MPa}$,与数据分析法测得的 $E_c = 34.73\text{ MPa}$ 仅相差 1.4%;试件二的弹性模量 $E_c = 33.66\text{ MPa}$,与数据分析法测得的 $E_c = 34.25\text{ MPa}$ 仅相差 1.8%。这说明数据分析法测弹性模量完全可行。

5 结论

笔者对国家规范测试弹性模量方法进行对比,分析其测试弹性模量方法的局限性,根据试验数据分析,可以得

到以下结论:

(1) 采用数据分析法测试弹性模量可以明显提高试验的有效性。

(2) 数据分析法采用弹性模量的本质定义:应力和应变成线性关系来控制试验的有效性,更具有合理性。

(3) 数据分析法通过对混凝土弹性模量计算的数据起点的确定,可以剔除由于压力试验机、试件自身质量缺陷以及变形测量仪器安装等所产生的不合理数据。

(4) 数据分析法通过分级施加荷载,记录每一级荷载的试验数据,对试验结果的准确性更有把握。 [D: 3810]

参考文献

- [1] 梁兴文,混凝土结构设计原理[M]. 科学出版社,2003.
- [2] 中华人民共和国国家标准,普通混凝土力学性能试验方法标准[S]. 2003.
- [3] 刘数华,方坤河,王晓燕.混凝土抗压弹性模量研究[J]. 大坝与安全,2004, (6): 7-9.
- [4] 李清富,张鹏,张保雷.塑性混凝土弹性模量的试验研究[J]. 水利发电,2005, (3): 30-32.

(上接第 1页) 硬石膏、工业副产品石膏等,对水泥与减水剂的影响较大。同时,石膏的掺量也影响水泥与外加剂的适应性,掺量少水泥易发生“快凝”成为废品,与外加剂的适应性差,掺量多,水泥中 SO_3 过高,影响水泥强度,引起安定性不良,影响水泥与外加剂的适应性,为避免水泥与外加剂的水相容,在水化过程中,石膏的掺入量要足以满足 C_3A 能够在石膏、石灰的饱和溶解中生成钙矾石,适量的 SO_3 含量应根据水泥中 C_3A 碱含量和比表面积来确定。

5 水泥的存放时间及温度影响

水泥出磨存放时间较短的水泥称为“新鲜水泥”,由于水泥存放时间短,水泥温度较高,水泥水化速度极快,会造成石膏脱水,影响水泥的正常凝结,加之由于水泥在研磨过程中产生电荷颗粒之间相互吸附,影响了减水剂的分散作用,增大了混凝土坍落度损失率。事实上,出磨水泥的时间越短,水泥颗粒间吸附、凝聚的能力越强,因而致使外加剂的适应性变差。

6 水泥细度(比表面积)及颗粒的级配和颗粒分布的影响

一般来说水泥磨得越细(比表面积越高),细颗粒越多,水泥水化越快,水化产物絮状结构形成快,水泥浆体流动性差,水泥与减水剂相容性不好。减水剂在相同掺量情况下,对细度大的水泥,其塑化效果要差一些,同时,比表面积越高时,水泥与水接触的面积越大,水泥颗粒表面形成水膜所需

水量就大,与外加剂相容性越差,水化热越大,甚至开裂敏感性越大。

在水泥细度问题上,不能顾此失彼,而应科学合理地作出处理,以改善水泥与外加剂的适应性。研究表明:水泥中 $3\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒对水泥强度增长起主要作用。 $>60\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒则对水泥强度不起作用,但起“填充”作用,可是熟料的潜力得到充分发挥,因此 $3\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒应占 90%;流变性能好的水泥 $<10\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒应当 $<10\%$,因此,合理的颗粒级配既有利于水泥厂节能增产,也能提高水泥与外加剂的适应性。

水泥的颗粒分布对水泥与减水剂的适应性能,影响包括两方面:一方面,水泥均匀性系数大时,颗粒分布范围窄,其堆积空隙率大,需要更多水来填充这些空隙,自由水相应减少,外加剂掺量大,水泥与外加剂适应性差,均匀性系数小时,情况正好相反;另一方面,水泥颗粒平均粒径小时,水泥中细粉较多,比表面积较大,水泥与外加剂相容性不好。

7 结束语

从水泥的角度分析影响水泥与外加剂的因素是远远不够的,因为,从学科发展的角度,水泥学科和混凝土学科不可分开,任何水泥的应用研究都要考虑用该水泥所配制的混凝土或砂浆综合环境,有些水泥做不到或很难做到的事,可以考虑混凝土外加剂所能起的重要作用。

[D: 3819]