

# 实验一 混凝土性能测试实验

## 一、实验目的

混凝土是全球用量最大的建筑材料，使用高性能混凝土是混凝土工程质量良好的前提保证。特别是对于大坝、桥梁等大型混凝土工程，混凝土的质量更是成为关键。在强调混凝土耐久性的今天，采用优良的制造施工工艺和建立完善的混凝土质量评估方法，才能保证混凝土的耐久性。

本综合实验首先要求掌握混凝土组成的基本概念、混凝土成型的基本方法以及评估混凝土质量的方法等，实验涉及到混凝土的最初制备，到混凝土标号的确定以及到最后混凝土耐久性的评估手段。综合实验具体包括三个步骤：测试新拌混凝土的坍落度、测试混凝土标准养护龄期的抗压强度和混凝土的膨胀收缩性能。本实验旨在要求混凝土学初学者深刻理解混凝土工作性能、混凝土力学性能和混凝土耐久性指标三者之间的关系以及这三者对混凝土耐久性能共同的影响。

## 二、实验原理

本实验通过新拌混凝土坍落度、混凝土的标准养护龄期抗压强度和混凝土的收缩率三个指标来综合评估混凝土的性能。它具体反映了混凝土从搅拌制备的性能、早期力学性能和混凝土在实际工作环境下由于自身和外界因素共同作用下其发生的变化。

## 三、实验仪器设备及流程

水泥、碎石、砂、水、2.5L 量筒、水泥刮刀、混凝土搅拌机、混凝土坍落仪、150mm×150mm×150mm 混凝土抗压试模 6 组、100mm×100mm×515mm 的混凝土膨胀收缩试模及配套测钉 3 组、HSP-540 混凝土膨胀收缩仪。

实验流程首先是对新拌混凝土坍落度的测定，然后是成型混凝土抗压强度试件和混凝土收缩性能测试试件。通过对试件的养护，测试其 7d 和 28d 的抗压强度以及 3d、7d、14d、28d、45d、60d、90d、120d、150d 和 180d 的混凝土收缩率。

#### 四、实验操作步骤

将 19kg 水泥、52kg 碎石、42kg 砂和 7kg 水加入混凝土搅拌机中，开启搅拌机约 3 分钟后关机，将混凝土卸在预先润湿的光滑底板上，并用铁锹将混凝土拌匀。

##### 1、坍落度测试法

混凝土的坍落度，用于判定新拌混凝土的工作性能即流动性。坍落度越大，表示新拌混凝土的流动性越好，越有利于混凝土施工。混凝土坍落度测试方法具体如下：

(1)湿润坍落度仪内壁及底板，在坍落度筒内壁和底板上应无明水。底板应放置在坚实水平面上，并把筒放在底板中心，然后用脚踩住二边的脚踏板，坍落度筒在装料时应保持固定的位置。

(2)把按要求取得的混凝土试样用小铲分三层均匀地装入筒内，使捣实后每层高度为筒高的三分之一左右。每层用捣棒插捣 25 次。插捣应沿螺旋方向由外向中心进行，各次插捣应在截面上均匀分布。插捣筒边混凝土时，捣棒可以稍稍倾斜。捣棒应插透本层至下一层的表面；浇灌顶层时，混凝土应灌到高出筒口。插捣过程中，如混凝土沉落到低于筒口，则应随时添加。顶层插捣完后，刮去多余的混凝土，并用抹刀抹平。

(3)清除筒边底板上的混凝土后，垂直平稳地提起坍落度筒。坍落度筒的提离过程应在 5~10s 内完成；从开始装料到提坍落度筒的整个过程应不间断地进行，并应在 150s 内完成。

(4)提起坍落度筒后，测量筒高与坍落后混凝土试体最高点之间的高度差，即为该混凝土拌合物的坍落度值；坍落度筒提离后，如混凝土发生崩坍或一边剪坏现象，则应重新取样另行测定；如第二次试验仍出现上述现象，则表示该混凝土和易性不好，应予记录备查。

(5)观察坍落度后的混凝土试体的黏聚性及保水性。黏聚性的检查方法是用捣棒在已坍落的混凝土锥体侧面轻轻敲打，此时如果锥体逐渐下沉，则表示黏聚性良好，如果锥体倒塌、部分崩裂或者出现离析现象，则表示黏聚性不好。保水性以混凝土拌合物稀浆析出的程度来评定，坍落度筒提起后如有较多的稀浆从底部析出，锥体部分的混凝土也因失浆而骨料外露，则表明此混凝土拌合物的保水性能不好；如坍落度筒提起后无稀浆或仅有少量稀浆自底部析出，则表示此混凝土拌合物保水性良好。

(6)当混凝土拌合物的坍落度大于 220mm 时，用钢尺测量混凝土扩展后最终的最大直径和最小直径，在这两个直径之差小于 50mm 的条件下，用其算术平均值作为坍落扩展度值；否则，此次试验无效。

如果发现粗骨料在中央集堆或边缘有水泥浆析出，表示此混凝土拌合物抗离析性不好，应予记录。

混凝土拌合物坍落度值以 mm 为单位，测量精确至 1mm，结果表达修约至 5mm。

## 2、混凝土抗压强度测试方法

混凝土的力学性能以混凝土在标准养护龄期的抗压强度为衡量标准，它是评估混凝土质量的主要指标之一。混凝土标准养护测试龄期为七天(7d)和二十八天(28d)。为了保证混凝土工程的施工安全，混凝土的抗压强度成为评价混凝土早期性能的重要指标。混凝土抗压强度实验测试试件的具体制作步骤具体如下：

将搅拌好的混凝土分两次填入预先准备好的混凝土抗压试模中，第一次填入一半，用捣棒螺旋式由外向内插捣混凝土 25 次，第二次填满试模，再用捣棒螺旋式由外向内插捣混凝土 25 次，插捣深度应为所填入混凝土的深度。用水泥刮刀刮平混凝土表面。将所成型的试模移至温度为 20℃、相对湿度为 90%以上的恒温恒湿养护房间中养护 24 小时后脱模。将脱模后的混凝土试块置于温度为 20℃、相对湿度为 95%的恒温恒湿养护房间中养护至 7d 和 28d，分别测试其 7d 和 28d 抗压强度，每次测试 3 块混凝土试块。

混凝土抗压强度测试步骤如下：

(1) 试件从养护地点取出后应及时进行试验，将试件表面与上下承压板面擦干净。

将试件安放在试验机制下压板或垫板上，试件的承压面应与成型时的顶面垂直。试件的中心应与试验机下压板中心对准，开动试验机，当上压板与试件或钢垫板接近时，调整球座，使接触均衡。

(2) 在试验过程中应连续均匀地加荷，混凝土强度等级 < C30 时，加荷速度取每秒钟 0.3~0.5MPa；混凝土强度等级 ≥ C30 且 < C60 时，取每秒钟 0.5~0.8MPa；混凝土强度等级 ≥ C60 时取每秒钟 0.8~1.0MPa。

(3) 当试件接近破坏开始急剧变形时，应停止调整试验机油门，直至破坏。然后记录破坏荷载。

(4) 强度值的确定应符合下列规定：

① 三个试件测值的算术平均值作为该组试件的强度值(精确至 0.1MPa)；

② 三个测值中的最大值或最小值中如有一个与中间值的差值超过中间值的 15%时，则把最大及最小值一并舍除，取中间值作为该组试件的抗压强度值；

③ 如最大值和最小值与中间值的差均超过中间值 15%，则该组试件的试验结果无效。

## 3、收缩试验测试方法

混凝土的膨胀收缩性能，用于衡量混凝土的体积稳定性。混凝土的体积随时间变化可能发生体积收缩或膨胀，混凝土的膨胀收缩越小，混凝土的体积稳定性越好。混凝土的膨胀收

缩性能是判断混凝土耐久性优越与否的指标之一。混凝土收缩实验测试试件的制作步骤具体如下：

将混凝土膨胀收缩试模配套测钉装入试模中，并用螺母将之固定。将搅拌好的混凝土分两次填入预先准备好的混凝土抗压试模中，第一次填入一半，用捣棒螺旋式由外向内插捣混凝土 30 次，第二次填满试模，再用捣棒螺旋式由外向内插捣混凝土 30 次，插捣深度应为所填入混凝土的深度。用水泥刮刀刮平混凝土表面。将所成型的试模移至温度为 20℃、相对湿度为 95% 的恒温恒湿养护房间中养护 24 小时后脱模，脱模后测其混凝土试块初长。

测其初长后应立即将混凝土试块送至温度为  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 90% 以上的标准养护室养护至规定测试龄期，测试龄期分别为 3d、7d、14d、28d、45d、60d、90d、120d、150d、180d。每个测试龄期应测试混凝土试块的长度，测试完毕后将试块放回养护房间至下一测试龄期。

混凝土收缩试验按下列步骤进行：

(1) 测量前应先用标准杆校正仪表的零点，并应在半天的测定过程中至少再复核 1~2 次(其中一次在全部试件测读完后)。如复核时发现零点与原值的偏差超过  $\pm 0.01\text{mm}$ ，调零后应重新测定。

(2) 试件每次在收缩仪上放置的位置、方向均应保持一致。为此，试件上应标明相应的记号。试件在放置及取出时应轻稳仔细，勿使碰撞表架及表杆，如发生碰撞，则应取下试件，重新以标准杆复核零点。

(3) 试件在恒温恒湿室内放置在不吸水的搁架上，底面架空，其总支承面积不应大于 100 乘试件截面边长(mm)，每个试件之间应至少留有 30mm 的间隙。

(4) 需要测定混凝土自缩值的试件，在 3 天龄期时从标准养护室取出后应立即密封处理，密封处理可采用金属套或蜡封，采用金属套时试件装入后应盖严焊死，不得留有任何能使内外湿度交换的缝隙。外露测头的周围也应用石蜡反复封堵严实。采用蜡封时至少应涂蜡 3 次，每次涂蜡前应用浸蜡的纱布或蜡纸包缠严实，蜡封 完毕后应套以塑料袋加以保护。自缩试验期间，试件应无重量变化，如在 180 天试验间隔期内重量变化超过 10g，该试件的试验结果无效。

## 五、数据处理

### 1、混凝土坍落度计算方法

测量坍落度筒高与坍落后混凝土试体最高点之间的高度差，即为该混凝土拌合物的坍落度值。

## 2、混凝土标准养护龄期抗压强度计算方法

混凝土立方体抗压强度应按下式计算：

$$f_{cc} = F / A$$

式中： $f_{cc}$ ——混凝土立方体试件抗压强度(MPa)；

$F$ ——试件破坏荷载(N)；

$A$ ——试件承压面积(mm<sup>2</sup>)。

混凝土立方体抗压强度计算应精确至 0.1MPa。

## 3、混凝土收缩率计算方法

收缩率应按下式计算：

$$\epsilon_{st} = (L_0 - L_t) / L_b$$

式中：

$\epsilon_{st}$ ——试验期为 $t$ 天的混凝土收缩值， $t$ 从测定初始长度时算起；

$L_b$ ——试件的测量标距，用混凝土收缩仪测定时应等于两测头内侧的距离，即等于混凝土试件的长度(不计测头凸出部份)减少 2 倍测头埋入深度，mm；

$L_0$ ——试件长度的初始读数，mm；

$L_t$ ——试件在试验期为 $t$ 时测得的长度读数，mm。

作为相互比较的混凝土收缩值为不密封试件于 3 天龄期自标准养护室移入恒温恒湿室中放置 180 天所测得的收缩值。

取 3 个试件值的算术平均值作为该混凝土的收缩值，计算精确到  $10 \times 10^{-6}$ 。

将实验结果填入以下表格中：

坍落度 (mm)	抗压强度(MPa)		收缩率( $10^{-6}$ )								
	7d	28d	3d	7d	14d	28d	45d	90d	120d	150d	180d

## 六、分析讨论题

- 1、为什么混凝土良好的工作性能在一定程度上有利于耐久性？
- 2、影响混凝土强度的因素有哪些？
- 3、为什么混凝土较小的收缩率在一定程度上反映其具有较好的耐久性？