

# 风环境对水泥石早期收缩性能的影响

## The Influence of Wind Environment on the Early Shrinkage of Cement Stone

杨自祥  
Zixiang Yang

北方民族大学土木工程学院 中国·宁夏回族自治区 银川 720021

School of Civil Engineering North Minzu University, Yinchuan, Ningxia Hui Autonomous Region, 720021, China

**摘要:** 论文研究了风环境对水泥石早期收缩行为以及失水行为的影响,分析了水泥石内部孔隙结构与水泥石早期收缩和失水量之间的相互关系,结果表明水灰比为 0.3 水泥石自收缩相对较小,干燥收缩占总收缩比例较大。表面风环境会显著增加水泥石的失水、干燥收缩和总收缩,因此,会引起收缩应力的总收缩也显著增加,使干燥收缩随着水泥石孔隙弯月面半径的增大而增大。水泥石失水量越大,弯月面对应的毛细管张力越大,干燥收缩也越高。

**Abstract:** In this paper, the influence of wind environment on early shrinkage and water loss behavior of cement paste is studied. The relationship between pore structure and early shrinkage and water loss of cement paste is analyzed. The results show that when the water cement ratio is 0.3, the autogenous shrinkage of cement paste is relatively small, and the drying shrinkage accounts for a large proportion of the total shrinkage. The surface wind environment will significantly increase the water loss, drying shrinkage and total shrinkage of cement paste, so the total shrinkage of shrinkage stress will also increase significantly, and the drying shrinkage will increase with the increase of meniscus radius of cement stone pore. The greater the water loss, the greater the capillary tension of the meniscus and the drying shrinkage.

**关键词:** 风环境;水泥石;失水量;早期收缩;干燥收缩

**Keywords:** wind environment; cement stone; water loss; early shrinkage; drying shrinkage

**DOI:** 10.36012/etr.v2i8.2528

## 1 引言

早期收缩在水泥石总收缩中占据相当大比例<sup>[1-3]</sup>。在混凝土早期阶段,混凝土强度较低,抗收缩能力弱。早期收缩快速增长会导致混凝土开裂,从而影响混凝土耐久性。水泥基材料的早期体积稳定性对于水泥石后期开裂具有重要意义。目前的研究主要针对水泥石的长期收缩,对于混凝土的早期收缩研究相对较少。

含水率和孔隙是影响水泥基材料早期收缩行为的两个重要因素。水分蒸发导致水泥石干燥收缩。环境湿度会影响水泥石水分蒸发速度,因此有学者从湿度的角度,对水泥石的干燥收缩行为进行研究。孔径分布是影响水泥石早期收缩的另一个重要因素,2.5~50nm 的中孔是影响水泥石收缩的

主要因素。本研究采用水灰比为 0.3 的水泥浆体,研究了不同表面风速对水泥石早期收缩性能的影响。

## 2 原材料和实验方法

### 2.1 原材料

本研究采用的原材料主要为早强型普通 425 硅酸盐水泥,化学组成如表 1 所示。

表 1 水泥化学组成

| 成份 | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | CaO    | SO <sub>2</sub> | Cl <sup>-</sup> |
|----|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|--------|-----------------|-----------------|
| 水泥 | 1.62%            | 0.52%             | 23.73%           | 3.51%                          | 4.93%                          | 3.31% | 54.66% | 0.44%           | 0.01%           |

### 2.2 配合比及实验方法

#### 2.2.1 配合比

实验采用净浆实验,配合比如表 2 所示。

**【作者简介】**杨自祥(1999~),男,四川凉山人,学生,从事新型环保胶凝材料研究。

表2 实验配合比

| 编号 | 水灰比 | 表面风速 |
|----|-----|------|
| A0 | 0.3 | 0    |
| A1 |     | 0.5  |
| A2 |     | 1.5  |

### 2.3 实验方法

采用水灰比为 0.3 的水泥净浆,分别测试了不同养护时间水泥石不同风速条件下的总收缩。浆体搅拌装模振捣完毕后立即用塑料薄膜覆盖,试件尺寸为 280mm×25mm×25mm 长方体试件。保存在湿度为 65%RH、温度为 20℃的养护室中,直至目标养护时间。养护结束后进行收缩测试,测试时风速分别为 0m/s、0.5m/s 和 1.5m/s,测试试件为 72h。收缩测试采用千分表进行。

## 3 结果和讨论

### 3.1 早期自收缩

为了避免自收缩对水泥石干燥收缩行为的影响,后文提到的干燥收缩均为总收缩减去这部分自收缩值。水泥石在 72h 时前的收缩值大约为 180μ $\epsilon$ ,72h 后体积区域稳定,不会对水泥石早期体积稳定性造成不利影响。

### 3.2 未密封养护的水泥浆体初凝后的总收缩和失水量

图 1 和图 2 分别为不同表面风速条件下各水泥石的总收缩和失水结果。为保证测试结果的准确性,图中的失水量数据采用三个试件失水量的总和。可以看出,A0、A1 和 A2 早期总收缩率分别为 427μ $\epsilon$ 、638μ $\epsilon$  和 1128μ $\epsilon$ 。表面风速增大导致水泥石总收缩显著增加,风速越大,收缩也越大。图 2 可以看出表面风速越大,失水量也显著增大。这是由于表面风速增大了试件水分蒸发的原因。总的来说,初凝以后水泥石的失水量和总收缩显示出类似的变化趋势,二者之间存在比例关系。

### 3.3 孔隙半径与终凝后水泥石干燥收缩的相关关系

在 Maehawa<sup>[4]</sup>提出的混凝土干燥收缩行为微观力学模型中,提出了水泥石孔隙弯月面半径  $r_s$ 。当孔隙半径大于  $r_s$ ,则认为孔隙是干燥的,反之,当孔隙半径小于  $r_s$ ,则认为孔隙是充满水的。随着干燥过程的进行,充满水的孔隙数量逐渐减少。因此, $r_s$  逐渐减小, $r_s$  值越小,则弯月面的毛细管张力越大,干燥收缩值也越高。

## 4 结语

水灰比为 0.3 水泥石自收缩相对较小,干燥收缩占总

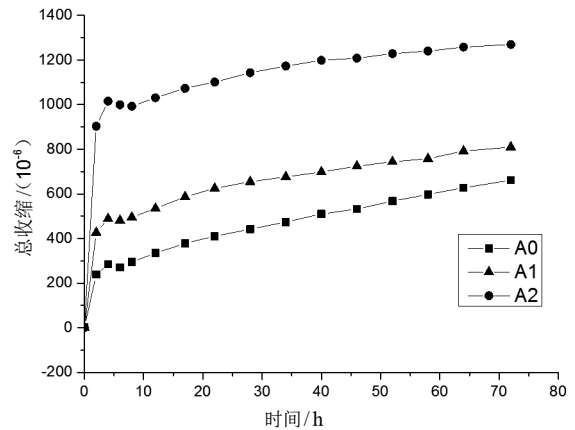


图1 不同风速条件下水泥石总收缩

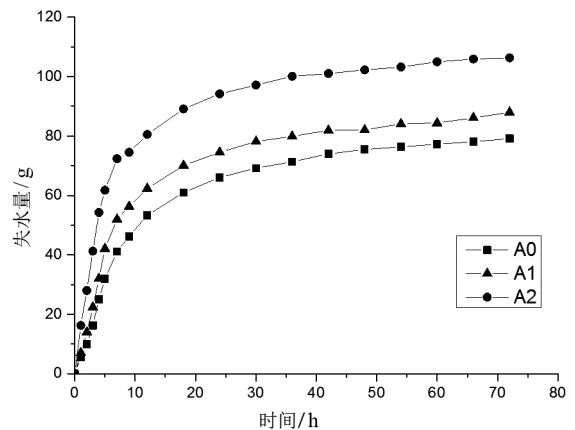


图2 不同风速条件下水泥石失水量

收缩比例较大;表面风环境会显著增加水泥石的失水、干燥收缩和总收缩,因此,能引起收缩应力的总收缩也显著增加;干燥收缩随水泥石孔隙弯月面半径的增大而增大。水泥石失水量越大,弯月面对应的毛细管张力越大,干燥收缩也越高。

## 参考文献

- [1] 赖俊英,张利锋,钱晓倩,等. Influence of Superplasticizers on Early Age Drying Shrinkage of Cement Paste with the Same Consistency[J]. 武汉理工大学学报,2014(6):1201-1207.
- [2] 赵晨阳,陈征征,李志伟.矿物掺和料对混凝土早期收缩开裂性能的影响[J].江西建材,2020(6):10-11.
- [3] 王志杰,魏子棋,朱敢平,等.复合纤维混凝土的早期抗裂性能[J].铁道建筑,2020,60(5):145-149.
- [4] 何化南,代向阳.基于毛细管负压理论的纤维混凝土早期水平收缩试验[J].建筑科学与工程学报,2020,37(3):73-80.