

# 硅灰对高强混凝土性能的影响研究

刘元全

北京中联新航建材有限公司 北京 101100

**摘要:** 在**高强混凝土**中掺入适量的硅粉,对于提高**混凝土**的耐久性有着显著的作用,也可以在一定程度上提高**混凝土**的抗压强度。如果混合体积低于或高于适当的体积水平,则对**混凝土**的强度影响不大。硅灰在水泥工程中的高效利用,不仅可以提高**混凝土**的强度,还可以变废为宝,改善环境,具有显著的技术、经济和文化效益。

**关键词:** 硅灰; 高强混凝土; 强度

硅灰是通过溶解硅铁合金和工业过程产生的 $\text{SiO}_2$ 和Si矿物的化合物。在某些紧急情况和施工高峰期,可以用CaO和 $\text{SiO}_2$ 应对。它是一种在短时间内达到**高强度**的材料,用于提高**混凝土**的早期强度。我国是工业硅粉的主要生产国,硅灰粒径小,重量轻,在**混凝土**中的粉磨能力强。合理地使用硅粉不仅适用于提高**混凝土**的**强度**和**质量**,也适合环保,这也是当前建筑行业所需要的。

## 1 高强混凝土概述

高强混凝土(HSC)从根本上改变了**混凝土**工作的概念,其概念符合水泥技术的最新标准。由于**高强混凝土**具有**最强**的特性、稳定性和重量轻,发达国家对**高强混凝土**的研究和开发已有几十年的历史。

我国**高强混凝土**的发展起步较晚,80年代以前**高强混凝土**还没有用于高层建筑。后来我国开始使用和引进**高强混凝土**,目前相当数量的**钢筋混凝土**结构已采用**高强混凝土**,主要原因有:

### ① 现代化建设的需要

近年来,我国大量建造了高、超高、大跨度建筑、桥梁、地铁、海洋石油平台等**钢筋混凝土**结构,为此,必须提高**混凝土**的**强度**,减少结构构件的横截面尺寸,减小自身重量,增加有效净面积,改善和增强使用功能。<sup>[1]</sup>

### ② 具备发展**高强混凝土**结构的物质技术基础

我国已成功开发并投产了各种**混凝土**减水剂等外加剂,现已可批量生产52.5以上**高强水泥**。

### ③ 深入研究**强混凝土**理论

近年来,国内多家科研院所对**高强混凝土**进行了广泛的试验,取得了多项研究成果。这些科研成果为**高强混凝土**的制造和生产提供了专业依据。

## 2 高强混凝土的配制

目前,在**高强混凝土**的制备过程中,一般都会加入矿物掺合料。由于矿物掺合料的火山灰效应、微集料效应、界面效应等特性,提高了**高强混凝土**的工作性、**强度**和耐久性。这些外加剂主要是粉煤灰、磨细矿渣、磨细天然沸石岩、硅灰等材料,矿物掺合料的拌和方法主要有单掺法和双掺法。

一般来说,在配制**高强混凝土**时,矿物掺合料大多采用“双掺法”拌和。双掺法可以优化和补充矿物掺合料的性能,从而进一步提高**混凝土**的性能。通过在**混凝土**中加入粉煤灰和硅灰外加剂制备了C70**高强混凝土**。该**高强混凝土**于2004年成功应用于小浪底工程。

## 3 硅灰在**高强混凝土**中的研究

不同类型的矿物添加剂具有不同的特性和作用机制,凝胶系统中矿物添加剂的发展在操作、数量和小收集方面尤为明显。由于硅粉的微观结构和硅粉含量高,硅粉在**混凝土**中主要起到以下作用:填充孔隙形成较粗的结构,响应游离氢氧化钙使其含量降低,增加膏体和骨料之间粘合。

在**混凝土**中掺入硅粉可以提高水泥的耐久性,降低**混凝土**中的水和氯离子渗透率,提高耐久性,提高耐磨性和冲击性能。硅灰广泛用于**高强混凝土**、改性**混凝土**、管道、大坝等特殊工程。

### 3.1 对新拌**混凝土**性能的影响

在**混凝土**中应用硅粉的主要技术优势是可以大大提高**混凝土**的**强度**,增加**混凝土**的耐久性。由于硅粉是一种超细粉,当与**混凝土**混合时,它会增加**混凝土**的内聚力,降低坍落度,使其不适合离析。特别重要的是,应用于**混凝土**的增密-硅粉具有相同的特性。本文主要研究了硅粉对凝结-解密法下新拌**混凝土**的坍落度损失、凝结时间和水分排出的影响。<sup>[2]</sup>试验以掺入原始硅粉的**混凝土**作为参考**混凝土**,考察凝聚态硅粉对新拌**混凝土**性能的影响;本次测试选择了两种不同厂家生产的硅粉进行性能测试。试验中各混合料的配合比为水泥:砂:石:水1:2.07:3.37:0.56,硅粉10%,RT-1减水剂0.6%。

#### 3.1.1 新拌**混凝土**随时间的坍落度损失

与预拌**混凝土**的现场搅拌相比,**混凝土**的商业化促使**混凝土**搅拌、运输和浇筑之间的时间差要长得多。正常情况下,预拌**混凝土**的供应半径在10km-15km之间,加上运输过程中的等待时间,这个时间差可以达到1小时以上,这种情况经常存在。但随着**混凝土**浇筑时间较长,坍落度会降低,影响**混凝土**质量。为此,预拌**混凝土**的搅拌与开始现浇的时间差会造成混

混凝土坍落度损失,特别是添加外加剂时,在配制更高强度或高流动性的混凝土时会造成坍落度损失。在混凝土生产过程中,现浇时泵送或压实成型困难,往往由于对坍落度损失考虑不足,影响施工效率和混凝土质量。因此,新拌混凝土的坍落度损失作为技术指标不容忽视。根据相关资料,混凝土中加入硅粉可降低混凝土的坍落度损失,因此,增密-解密法下的硅粉是否随着时间的推移对新拌混凝土的坍落度损失有影响?增密-解密法也是缩合硅粉在该方法中直接应用的先决条件。

本试验在不改变水胶比的情况下,测量和分析掺有硅粉的新拌混凝土的坍落度损失率,以确定其是否有影响。如表1所示,SF1和SF2在密实解密后掺入混凝土中,SF1-1、SF2-1混凝土和掺原硅粉的SF1-0和SF2-0混凝土为坍落度。发现SF1和SF2原硅粉经增密-解密后掺入混凝土中,得到的SF1-1和SF2-1混凝土的坍落度损失率小于对应的原硅粉0.5小时。SF1-0和SF2-0混凝土坍落度损失率;3小时坍落度损失率略小于掺有原始硅粉的SF1-0和SF2-0混凝土的坍落度损失率。因此,可以想象增密-解密法下的硅粉随着时间的推移趋于降低新拌混凝土的坍落度损失率,但这并不清楚。

表1 混凝土坍落度损失率

编号	坍落度损失率 (%)		备注
	0.5h	3.0h	
SF1-0	23	29	掺入SF1原灰
SF1-1	18	28	掺入SF1增密硅灰
SF2-0	44	54	掺入SF2原灰
SF2-1	34	53	掺入SF2增密硅灰

### 3.1.2 混凝土凝结时间

硅灰对水泥沉积的影响与减水剂的种类和用量有关。事实上,它是硅粉和减水剂共同作用的结果。何时铺设混凝土直接影响工程的施工效率。因此,将研究硅粉对稠化-解密法下水泥铺设时间的影响。由表2可以看出,当硅粉采用增密-解密法掺入混凝土中时,将所得混凝土的初铺设时间和终铺设时间与掺入的初铺设时间和终铺设时间进行比较。硅粉有一定的缩短倾向。与掺SF1原料烟气的SF1-0水泥相比,采用加密法后,掺加硅粉的SF1-1水泥的初始铺设时间缩短了92分钟,结束时间缩短了65分钟。因此,可以认为增密-解密法下的硅粉倾向于缩短水泥时间。

表2 混凝土凝结时间

编号	凝结时间 (min)		延长时间 (min)	
	初凝	终凝	初凝	终凝
SF1-0	598	680	0	0
SF1-1	506	615	-92	-65
SF2-0	419	562	0	0
SF2-1	411	533	-8	-29

### 3.1.3 新拌混凝土泌水性

新拌混凝土泌水性是混凝土性能的重要指标。新拌混凝土的泌水性分为内泌水性和外泌水性。水泥浆与骨料和钢筋

之间的作用力是混凝土外泌水性沉淀在表面的部分水,这种泌水性不仅去除了混凝土表面的一些未水化的水泥颗粒,而且在混凝土中留下大量毛细管通道,两种类型的泌水性都会影响混凝土的耐久性。<sup>[3]</sup>

因为硅粉的小颗粒是细小的颗粒,实际面积很大,在混凝土中掺入硅灰可以减少流向新混凝土的血流量。然而,如果与混凝土混合时,增密-解密方法中的丝喷具有相同的效果,则需要进一步研究。

如图1所示,SF1和SF2生硅灰通过增密-解密的方法与混凝土混合,加水从新拌混凝土的泌水性低于与原始硅粉混合的新拌混凝土。同时,掺入SF2纯硅粉的新拌混凝土泌水性率低于掺SF1纯硅粉的新拌混凝土;SF2硅粉采用增密-解密法掺入混凝土后,新拌混凝土泌水性率低于增密-解密法加入SF1硅粉后的新拌混凝土。因此,可以认为增密-解密法的硅粉倾向于降低新拌混凝土的泌水性率。

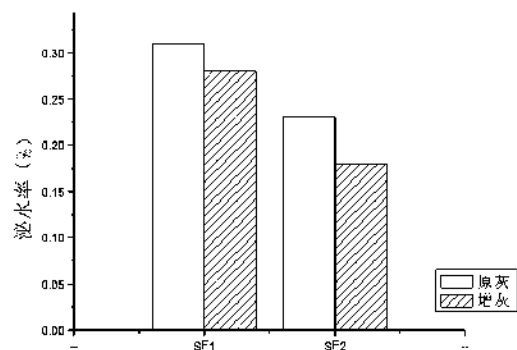


图1 增密-解密方法下的硅灰对新拌混凝土泌水率的影响

### 3.2 对硬化混凝土性能的影响

硬化混凝土的性能主要包括强度和耐久性,这是混凝土作为建筑材料大量应用在建筑工程中的主要因素。本试验以原始硅粉混凝土为基础,在凝析法下将硅粉施用于混凝土,通过性能对比分析,考察硅粉凝析法对硬化混凝土性能的影响。

#### 3.2.1 对混凝土强度的影响

强度是混凝土植物最重要的特性,因为混凝土结构大多用于承载荷载或抵抗各种力。混凝土的耐久性主要包括抗压强度、抗拉强度和粘结强度。由于硅灰的高火山灰活性和轻微的聚集作用,当在混凝土中加入硅灰时,硅灰会与混凝土润湿过程中形成的Ca(OH)<sub>2</sub>迅速反应并形成水泥石。同时,硅粉填充水泥颗粒之间和水泥颗粒与整体之间的孔隙,总孔隙率降低,附着力增加,因此添加硅粉可以提高混凝土的强度。但是,这种方法下的硅粉也应该混合到混凝土中以衡量混凝土的耐久性,因为加密方法下的硅粉与原始硅粉具有相同的效果。<sup>[4]</sup>

#### ① 混凝土的抗压强度

本实验中,在SF1和SF2两种缩合解密方法下,对所得混凝土与掺入原硅粉的混凝土进行7天、14天和28天的抗压强度比较。

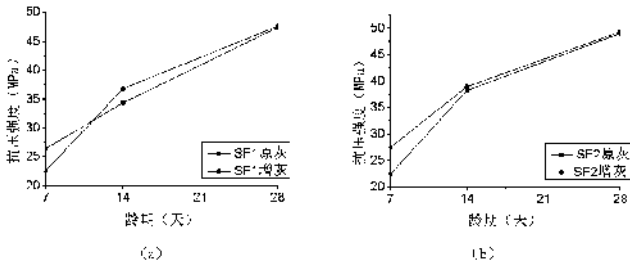


图2 增密-解密方法下的硅灰对混凝土抗压强度的影响

由图2可以看出, SF1-1混凝土的7天抗压强度小于SF1-0和SF2-1掺加硅粉混凝土在SF1和SF2混凝溶液下的7天抗压强度。SF1原硅粉14天抗压强度大于SF1-0掺SF1纯硅粉混凝土的抗压强度, 但28天抗压强度高于抗压强度。SF1-0混凝土掺SF1全硅粉强度相同; SF2-1混凝土的原始抗压强度低于掺有SF2生硅灰的SF2-0混凝土, 但与原始SF2复合材料相比, 具有延长愈合年限, 28天抗压强度。SF2-0硅粉混凝土的强度真的很接近。因此, 可以假设凝析液下的二氧化硅喷雾对混凝土的28天抗压强度没有影响。

### 3.2.2 对混凝土耐久性的影响

混凝土是主要的建筑材料, 其耐久性阻碍了混凝土施工的功能和安全。耐久性较差的混凝土结构会过早地结束使用寿命, 带来不必要的经济损失, 并危及生命和财产。于是, 耐久性与力学强度一样, 成为衡量混凝土性能的重要指标。<sup>[5]</sup>

混凝土的稳定性意味着混凝土可以在不改变某些元素的情况下保持其原始特性。混凝土的耐久性一般包括抗冻性、抗化学侵蚀、磨损和空蚀、碱集料反应以及保护钢筋性能。

#### ① 混凝土的硫酸盐锈蚀

在混凝土中掺入硅灰可以降低Ca(OH)<sub>2</sub>的含量, 提高混凝土的浓度, 从而使混凝土对硫酸盐的作用更强。如表3所示, 增密-解密法下掺硅粉混凝土的强度损失比掺原硅粉混凝土的腐蚀强度略低; 质量损失大于掺入原硅灰的混凝土的质量损失。造成这种现象的主要原因可能是由于实验误差。但仅从能量损失试验来看, 增密-解密法下的二氧化硅有增加混凝土抗硫酸盐锈蚀能力的趋势, 但副作用较小。

表3 混凝土质量及强度损失率

编号	质量损失率 (%)	强度损失率 (%)
SF1-0	0.30	4.88
SF1-1	0.36	4.17
SF2-0	0.40	4.48
SF2-1	0.52	3.73

#### ② 混凝土的渗透性

混凝土的稳定性是决定混凝土高度的重要因素。如果混凝土的抗水性弱, 不仅在周围的水和其他液体很容易被吸收, 而且当水中出现负温度或腐蚀性介质时, 混凝土容易冻结或被侵蚀, 这将导致钢筋混凝土中的钢筋腐蚀以及混凝土表面保护层的断裂和脱落。对于地下建筑和支撑结构, 透水性不仅影响其持续时间, 而且影响结构的使用。因此, 应高度重视混凝土的防水问题。改善混凝土防水性能的方法有很多, 通过降低混凝土水的水泥比、调整骨料的二次混合以及添加活性混合料, 可以改善混凝土的防水性能。

#### 结语:

试验结果表明, 硅灰的掺入可以提高混凝土的早期强度、密实度和耐腐蚀性, 可用于工期和结构要求较高的工程建设项目。随着社会的不断进步, 人们对建筑结构的性能要求也不断提高。硅粉的使用不仅可以节约水泥, 降低成本, 还可以减少环境污染。

#### 参考文献:

- [1] 何小芳, 卢军太, 李小楠, 等. 硅灰对混凝土性能影响的研究进展[J]. 硅酸盐通报, 2013, 32(3):6.
- [2] 王海波. 不同品质硅灰对混凝土强度及耐久性影响的研究[D]. 兰州交通大学, 2010.
- [3] 王磊石. 硅灰对混凝土性能影响的研究进展[J]. 四川水泥, 2015(2):1.
- [4] 杨玉喜, 刘学全. 硅灰在混凝土中的作用[J]. 黑龙江交通科技, 2007, 30(6):1.
- [5] 王喜良. 硅灰在混凝土中的作用[J]. 黑龙江科技信息, 2009(8):1.
- [6] 姜德民. 硅灰对高性能混凝土强度的作用机理研究[J]. 建筑技术开发, 2001, (4):44-46.

作者简介: 刘元全, 出生于1987年4月, 性别男, 民族汉, 籍贯山东临沂, 助理工程师, 大专学历, 毕业于山东丝绸纺织职业学院, 研究方向为无机非金属材料、混凝土