

# 超早强高性能混凝土的研究与制备

## Research and preparation of Ultra-early-strength high-performance concrete

刘勇强 彭程康琰 耿春东 陈梦义 商得辰

Yongqiang Liu Kangyan Pengcheng Chundong Geng Mengyi Chen Dechen Shang

华新水泥股份有限公司 中国·湖北 武汉 430070

Huaxin Cement Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430070, China

**摘要:**采用 42.5 快硬复合硫铝酸盐水泥为主要胶凝材料,研究了外加剂、矿物掺合料以及集料类型对超早强高性能混凝土工作性能及力学性能的影响。结果表明,通过胶凝材料组合优化以及集料类型的优选,并外掺增强组分,制备的超早强高性能混凝土初始流动度 245mm,2h 抗压强度大于 50MPa,7d 抗压强度大于 100MPa,28d 抗压强度大于 110MPa。

**Abstract:** Using 42.5 fast-hardening composite sulphoaluminate cement as the main cementing material, the effects of admixtures, mineral admixture and aggregate types on the working performance and mechanical properties of ultra-early-strength high-performance concrete were studied. The results show that through the optimization of the combination of cementitious materials and the optimization of aggregate types, and with the addition of reinforcing components, the ultra-early-strength high-performance concrete has an initial fluidity of 245mm, 2h compressive strength is greater than 50MPa, 7d compressive strength is greater than 100MPa, 28d compressive strength is greater than 110MPa.

**关键词:** 硫铝酸盐水泥;超早强高性能混凝土;力学性能

**Keywords:** Sulphoaluminate cement; Ultra-early-strength high-performance concrete; Compressive strength

**DOI:** 10.36012/etr.v2i10.2802

## 1 引言

目前快速修补混凝土主要采用硫铝酸盐水泥、高铝水泥等制备的快硬早强混凝土,以及掺加早强剂的硅酸盐水泥混凝土。张国志等人<sup>[1]</sup>采用 42.5 硫铝酸盐水泥制备的早强混凝土 12h 抗压强度>35MPa,28d 抗压强度>50MPa;肖文采用双快水泥,制备的早强混凝土 3h 抗压强度>30MPa,28d 抗压强度>50MPa。现有技术制备的早强混凝土力学性能普遍偏低,无法实现 2h、4h 强度发展,且后期强度较低,因此在一定范围存在局限性。本试验采用硫铝酸盐水泥,参考超高性能混凝土制备技术,研究配合比参数对混凝土工作性能和力学

性能的影响,制备出工作性能优异,且实现 2h、4h 超早强以及 28d 高性能的超早强高性能混凝土。

## 2 原材料与试验方法

水泥为 42.5 快硬复合硫铝酸盐水泥;粉煤灰为一级粉煤灰,需水量比 86%,烧失量 2.02;硅灰比表面积 16000m<sup>2</sup>/kg,活性指数 105%;集料采用石英砂、机制砂和河砂,性能如表 1 所示;减水剂为聚羧酸减水剂,增强剂为工业级 Ca(OH)<sub>2</sub>,含量≥96%。超早强高性能混凝土流动度测试参考 GB/T8077-2000《混凝土外加剂匀质性试验方法》,抗压强度试

**【作者简介】**刘勇强(1992~),男,河南信阳人,汉族,硕士研究生,从事混凝土、高性能混凝土研究。

件为 100mm×100mm×100mm。

表 1 集料性能指标

集料	细度模数	粒径区间	压碎值	粒形	石粉含量
石英砂	1.8	40~80目	4.5%	规则圆形	0%
机制砂	3.0	4~200目	22.5%	有针片状	3%
河砂	2.6	4~200目	18.6%	不规则圆形	0%

### 3 结果与讨论

#### 3.1 胶凝材料组成对超早强高性能混凝土性能的影响

本文以 42.5 快硬复合硫铝酸盐水泥、粉煤灰、硅灰作为胶凝材料,试验研究了粉煤灰和硅灰复掺情况下的超早强高性能混凝土早期和后期力学性能。通过实验可以看出,粉煤灰和硅灰掺量均为 5%时,较未掺矿物掺合料时,其流动度提高,说明适量矿物掺合料可有效降低用水量,提高混凝土工作性能。当粉煤灰掺量为 5%,随着硅灰掺量由 5%提高到 16%,混凝土粘度逐渐增加,其流动度降低。由抗压强度可知,矿物掺合料总量从 10%提高到 21%,2h 抗压强度波动幅度较小,但当矿物掺合料掺量提高到 26%、30%,2h 抗压强度明显降低,因此矿物掺合料掺量过高不利于早期强度发展。当粉煤灰掺量为 10%,随着硅灰掺量由 10%提高到 20%,其早期强度均有不同程度降低,但后期强度逐渐增加,说明硅灰的二次水化主要发生在后期,但由于硫铝酸盐水泥为低碱水泥,导致水化环境的碱度较低,不利于硅灰完全发生二次水化反应,大部分以未水化状态填充孔隙。同时,硅灰掺量过高导致混凝土流动度降低,因此从工作性能、早期和后期力学性能综合考虑,选择粉煤灰和硅灰掺量分别为 10%、16%。

#### 3.2 增强剂对超早强高性能混凝土性能的影响

硫铝酸盐水泥水化过程产生少量的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,可供粉煤灰、硅灰反应的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  量也较少,因此采用外掺  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的方式提高水化环境碱度。试验配比及结果如表 2、表 3 所示。

表 2 不同增强剂掺量超早强高性能混凝土配比/kg

编号	水泥	粉煤灰	硅灰	石英砂	水	减水剂	增强剂
7	1036	140	224	1270	265	38	0.5%
8	1036	140	224	1270	265	38	1.0%
9	1036	140	224	1270	265	38	1.5%
10	1036	140	224	1270	265	38	2.0%

表 3 不同增强剂掺量超早强高性能混凝土力学性能/MPa

编号	2h	4h	1d	3d	7d	28d
7	46.7	59.5	80.2	92.3	95.9	108.9
8	50.2	62.8	84.2	95.8	97.8	113.6
9	51.3	63.4	84.6	96.1	98.7	113.2
10	52.0	63.0	85.0	97.1	98.5	114.5

从表中可以看出,UHPC 2h、4h 抗压强度随着  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  掺量的提高先增加再趋于稳定,而对 1d 强度影响较小,这是因为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  提高了水化环境的碱性,促进  $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$  八面体的聚合,因此有效增加了硫铝酸盐水泥的水化进程,进而可提高其早期强度,当  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  掺量大于 1.0%时,环境中碱度达到饱和,因此强度基本不再增加。UHPC 后期强度也呈先增加再趋于稳定的发展规律。因此,针对上述水泥、粉煤灰、硅灰胶凝体系, $\text{Ca}(\text{OH})_2$  最佳掺量为 1.0%。

#### 3.3 集料类型对超早强高性能混凝土性能的影响

本试验选定石英砂、机制砂以及河砂为研究对象,固定胶凝材料用量,通过测试工作性能和力学性能,确定最优集料选择方案。通过试验结果可以看出,采用机制砂制备的超早强高性能混凝土流动度可达到 265mm,而河砂由于含泥量较大,且粒形和级配差,因此流动度损失较大。分析力学性能可以看出,机制砂制备的超早强高性能混凝土各个龄期的抗压强度均最大,7d 抗压强度达到 103.4MPa,28d 可达 118.5MPa,且工作性能优异,而河砂不利于其强度的提升。

### 4 结论

(1)研究了粉煤灰、硅灰、增强剂以及集料种类对超早强高性能混凝土工作性能和力学性能的影响,确定了合适的胶凝材料组成和集料类型。

(2)制备的超早强高性能混凝土流动度 245mm,2h 抗压强度大于 50MPa,7d 抗压强度大于 100MPa,28d 抗压强度大于 110MPa。

#### 参考文献

[1] 张国志,李顺凯,屠柳青.超早强混凝土配制及耐久性研究[J].混凝土,2010(03):141-145.