

# 再生骨料和矿物掺合料对混凝土抗压和抗折强度影响研究

于昊

江苏大学京江学院

**[摘要]**在实际应用中,因再生骨料和矿物来源、质量有差异,限制再生混凝土应用范围。本文通过对比再生骨料、矿物掺合料掺入量,分析各龄期混凝土抗压和抗折强度变化,以期对再生混凝土提高应用率奠定基础。

**[关键词]**再生骨料;混凝土;粉煤灰;矿粉

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.801

现代混凝土成份中逐渐增加再生骨料、矿物等物质。本文就再生骨料、矿物掺合料的掺入量等因素研究混凝土抗压和抗折强度变化,为优化高性能复合型混凝土生产提供参考。

## 1 实验

### 1.1 试验原材料

粉煤灰: I级粉煤灰。

水泥: CONCH海螺水泥牌的P·042.5级水泥。

普通矿粉: S95级矿粉。

硅灰: SiO<sub>2</sub>含量大于95%的硅粉。

粗骨料: 天然粗骨料, 5~25mm连续级配骨料。

超细矿粉: 粒径是6 μm的矿粉。

细骨料: 细度模数为3.7的再生骨料。

外加剂: 聚羧酸高效减水剂。

水: 自来水。

### 1.2 试验配比设计

本次试验选取附加用水量法设计混凝土配比。试验所用目标掺入材料均为干燥状态,其附加用水量主要由目标掺入料的吸水率决定。具体计算式为:

$$\Delta W = m_g x_g + m_k x_k \quad (1)$$

式中:  $m_g$ 、 $m_k$ 分别表示再生骨料和矿物掺合料的重量,  $x_g$ 、 $x_k$ 分别表示再生骨料和矿物掺合料的吸水率。

### 1.3 试验参数设计

试验采用等质量目标掺入料替代水泥掺合到混凝土中。其中,再生骨料可分成再生粗骨料与再生细骨料,每类均可分为0、33%、66%、100%四种比例,共形成八种再生骨料配比。矿物掺合料的配比可分成六种,一是50%水泥+50%普通矿粉,二是50%水泥+42%普通矿粉+8%超细矿粉,三是50%水泥+42%普通矿粉+8%硅灰,四是50%水泥+50%粉煤灰,五是50%水泥+42%粉煤灰+8%超细矿粉,六是50%水泥+42%粉煤灰+8%硅灰。此外,外加剂掺入量为1.2%。但硅灰会增加用水量,故有硅灰组外加剂提高到1.5%。参照相关国家规定,将混凝土养护达标后进行测试。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 抗压强度

#### 2.1.1 再生骨料掺入量对混凝土抗压强度的影响

为有效检验再生骨料掺入量对混凝土抗压强度的影响,控制再生骨料掺入量,取不同强度混凝土数据均值后,抗压强度变化规律见表1。

表1 混凝土平均强度变化表

强度/MPa	3d	28d	56d	150d
水泥+普通矿粉				
掺入量0	39.2	70.2	71.6	73.5
掺入量33%	45.6	72.5	73.1	74.6
掺入量66%	47.5	73.6	75.2	76.4
掺入量100%	49.3	74.8	76.9	78.3
水泥+粉煤灰				
掺入量0	35.4	62.3	70.2	71.0
掺入量33%	35.9	64.5	71.1	71.3
掺入量66%	33.6	58.2	69.3	70.5
掺入量100%	33.2	59.1	69.1	70.1

由表1可知,矿物掺合料为水泥+普通矿粉组中,抗压强度均会随再生细骨料掺入量的提高而增强。而水泥+粉煤灰组中,抗压强度在再生细骨料掺入量为0-33%之间略有上升,在33-100%之间有所下降。另外,28d混凝土较为接近天然骨料混凝土,抗压强度可达到58-75MPa。若用超细矿粉或硅灰替代等量矿物掺合料,28d混凝土的抗压强度提高明显最明显,可达到68-82MPa。原因可能是,第一,再生细骨料中微粉含量较高,提高吸水率、降低水胶比,增强混凝土抗压强度。第二,再生细骨料成份中部分材料有水化活性,会强化抗压强度。第三,再生细骨料优化粒型后,极大降低用水量。若将50%的水泥换成等量粉煤灰,混凝土用水量将随骨料掺入量增加,以致水胶比明显较高,且吸水率也较高。在这两种作用影响下,抗压强度较为接近天然细骨料混凝土。

在相同实验操作下,抗压强度并不受再生粗骨料掺入量的影响。但当再生粗骨料掺入量为33%时,抗压强度基本与天然粗骨料无异。原因可能为,一方面再生粗骨料成份中的水泥石会提高吸水量,使有效水胶比偏高,使抗压强度随掺入量提高而增强;另一方面,再生粗骨料经过初筛后,各项功能指标明

显提高,如密实密度与堆积密度使压碎指标数值下降,最终抗压强度与天然混凝土相近。

### 2.1.2 矿物掺合料掺入量对混凝土抗压强度的影响

根据上述试验结果可知,抗压强度与掺入量相关度较低。为探索矿物掺合料对抗压强度的影响,选用相同矿物掺合料,而不同再生骨料掺入量做试验,并取均值观察变化,见表2。

表2 混凝土平均抗压强度变化表

序号	强度/MPa	龄期			
		3d	28d	56d	150d
1	水泥+普通矿粉	37.3	58.6	64.5	68.7
2	水泥+粉煤灰	32.6	52.1	57.3	68.5
3	水泥+普通矿粉+超细矿粉	49.4	80.2	81.6	73.4
4	水泥+粉煤灰+超细矿粉	33.7	62.3	66.5	70.3
5	水泥+普通矿粉+硅灰	42.6	67.3	68.7	72.6
6	水泥+粉煤灰+硅灰	38.9	63.1	65.4	68.9

从表2的第1行与第2行可以看出,水泥+普通矿粉组前期抗压强度高于水泥+粉煤灰组,但在150d龄期时水泥+粉煤灰组的抗压强度基本与水泥+普通矿粉组相同。究其原因可能是,普通矿粉的潜在活性偏高,且细度比水泥小,可促进水化反应,加强抗压强度。粉煤灰掺入后引发火化效应,不断提高抗压强度。相较而言,粉煤灰的微集料效应、形态效应会增强试验材料和易性,并借助火山灰活性效应加强混凝土后期抗压强度。普通矿粉除能发挥火山灰效应外,还有胶凝性能比粉煤灰具有更高的活性,尤其是在早期能对混凝土抗压强度表现出更强促进作用。整体来看,矿物掺合料可优化试验材料微观结构,降低孔隙率,改善结构、集料界面,增加密实度,进而使混凝土抗压强度随龄期增长而增强。

同理,从表2的第3行与第4行可以看出,水泥+普通矿粉+超细矿粉组在前期明显高于水泥+普通矿粉组,后期逐渐趋同。水泥+普通矿粉+硅灰组同样前期明显高于水泥+粉煤灰组,后期抗压强度仅略高于水泥+粉煤灰组。其中28d龄期时的混凝土抗压强度提高效果最明显,约提高11MPa。从表2的第5行与第6行可以看出,水泥+普通矿粉+硅灰组的增强效果与水泥+普通矿粉+超细矿粉组类似,在前期明显高于水泥+普通矿粉组,后期抗压强度逐渐趋同且发展规律类似。水泥+粉煤灰+硅灰组与水泥+粉煤灰相比,3d龄期与150d龄期提高不明显,28d龄期与56d龄期提高效果明显,约增强10MPa。

综上所述,若掺入水泥+普通矿粉,超细矿粉比硅灰的提升效果更大,28d龄期时掺入超细矿粉的混凝土抗压强度会比掺入硅灰的高出13MPa。若掺入水泥+粉煤灰,硅灰的提升效果更大。无论是超细矿粉还是硅灰均有较高的活性和细度,可

在混凝土中发挥良好的火山灰活性、填充性作用,更有助于增强早期混凝土的抗压强度。此外,超细矿粉有胶凝性,若与普通矿粉混合掺入将发挥更高活性,故抗压强度提高速度快。然而超细矿粉、粉煤灰和硅灰混合掺入水泥时,矿物掺合料的碱活性比普通矿粉混合掺入低,以致火山灰性难以充分发挥作用,无法快速提升混凝土抗压强度。

### 2.2 抗折强度

混凝土抗折强度的试验步骤与混凝土抗压强度试验类似,且篇幅有限,故省略一些操作步骤与数据表。

#### 2.2.1 再生骨料掺入量对混凝土抗折强度的影响

再生骨料对抗折强度的影响与抗压强度试验结果类似。再生细骨料方面。当掺入水泥+普通矿粉后,抗折强度会随掺入量的增加而增加;当掺入水泥+粉煤灰时,抗折强度会出现先升后降的变化。出现这种现象的主要原因是再生细骨料的微粉含量、粒型优化、水化活性影响,使吸水率提高,进而提升抗折强度。再生粗骨料方面。再生粗骨料混凝土抗折强度并不会随粗骨料掺入量变化而变化。

#### 2.2.2 矿物掺合料掺入量对混凝土抗折强度的影响

矿物掺合料掺入量对混凝土抗折强度的影响与混凝土抗压强度结果相似。水泥+普通矿粉组前期抗折强度高于水泥+粉煤灰组,但在150d龄期抗折强度会基本相同。另外,超细矿粉活性高于硅灰,但水泥+普通矿粉+超细矿粉组抗折强度更高;水泥+粉煤灰+硅灰组抗折强度更高。

## 3 结论

上述试验表明:随再生骨料掺入量提高,混凝土抗压强度与抗折强度会随再生细骨料掺入量提高,而不会随再生粗骨料掺入量变化。前期普通矿粉比粉煤灰的促进作用更强,后期二者作用效果基本相同。另外,在水泥+普通矿粉组中超细矿粉的促进作用更强,在水泥+粉煤灰组中硅灰的促进作用更大。

### 参考文献

- [1]张明明,王社良,张世民,张博.矿物掺合料对再生混凝土力学性能的影响[J].硅酸盐通报,2017,36(5):1505-1511.
  - [2]陈海霞,宋学庆.再生骨料混凝土强度离散性试验研究[J].西安科技大学学报,2021,41(2):290-297.
  - [3]郝彤,侯保星,冷发光,王帅,田文琴.不同类别再生混凝土力学性能的强化试验研究[J].混凝土,2020(6):1-6.
- [基金课题]江苏大学京江学院:矿物材料对再生骨料混凝土强度影响的试验研究(J20AE0137)