

# Experimental Study on the Influence of Stone Powder in Manufactured Sand on Concrete Performance

Taihong Guo, Shengyu Cai, Yongchao Liu, Junru Li, Jiajie Luo, Yike Shi

School of Civil Engineering, North China University of Technology, Beijing

Email: 593845794@qq.com

Received: Dec. 5<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 20<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 28<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

This paper mainly introduces the difference of the standard of stone powder in the mechanism sand and its original causes in different regions of various countries, and the influence mechanism of stone powder in mechanism sand is analyzed in this paper. It expounds the application prospect of the mechanism sand replacing the natural sand to produce all kinds of concrete, and then explores the influence of the stone powder in the mechanism sand on the performance of the self-compacting concrete and normal concrete. And the mechanism sand of more than national standards within different ranges is selected to the preparation of the concrete. So, mechanism sand, not the natural sand, is tested to produce concrete with different strength. And in this paper, not only the feasibility of the mechanism sand instead of natural sand to configure concrete with different strength is analyzed, but also the corresponding suggestions for further study of stone powder in the mechanism sand are put forward.

## Keywords

Manufactured Sand, Stone Powder Limit, Self-Compacting Concrete, Ordinary Concrete, Working Performance

---

# 机制砂中石粉对混凝土性能的影响 试验研究

郭泰宏, 蔡升宇, 刘永超, 李俊儒, 罗家杰, 史翊克

北方工业大学土木工程学院, 北京

Email: 593845794@qq.com

收稿日期: 2018年12月5日; 录用日期: 2018年12月20日; 发布日期: 2018年12月28日

文章引用: 郭泰宏, 蔡升宇, 刘永超, 李俊儒, 罗家杰, 史翊克. 机制砂中石粉对混凝土性能的影响试验研究[J]. 土木工程, 2019, 8(1): 36-42. DOI: 10.12677/hjce.2019.81006

## 摘要

本文主要介绍了各国各地区对机制砂的石粉限定标准的不同及其原由,分析了机制砂中石粉的影响机理,阐述了机制砂代替天然砂生产各类混凝土的应用前景,进而探究机制砂中石粉对配置自密实混凝土和常态混凝土的性能影响,选取了超过国家标准不同范围内的机制砂进行混凝土的配制,对机制砂代替天然砂生产不同强度的混凝土进行了试验,对机制砂代替天然砂配置不同强度的混凝土的可行性进行了分析,对机制砂中石粉的进一步研究提出了相应建议。

## 关键词

机制砂, 石粉限值, 自密实混凝土, 常态混凝土, 工作性能

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

机制砂是一种通过除土处理,由机械破碎并筛分的粒径小于 4.75 mm 的岩石、矿山尾矿、工业废渣颗粒[1]。在有限的资源环境下,为了满足建筑材料的需求,实现可持续发展道路,机制砂代替天然砂已然成为一种趋势[2]。作为一种使用机械破碎岩石所产生的细集料,其优势主要为:一方面可以通过工业化制造,通过选材和破碎等系列工艺技术上得到所需要的规格,另一方面是通过选材和制造,可以很好地控制砂的原材料,对配置高性能混凝土提供有利条件。现阶段存在的主要问题在于:一方面,机制砂中石粉和泥土往往同时存在,石粉及泥土粒径均小于 0.075 mm,但成分和细度都存在一定差异,在一定程度上影响着混凝土的工作性能及力学性能;另一方面,机制砂细度模数较高,与天然砂相比,细度模数往往在 3 以上,这使得机制砂的颗粒级配较差,从而使得混凝土的和易性较差,并在一定范围内引起外观质量的相关缺陷,需要采用其他手段进行改善。

规范通过限定机制砂石粉含量以控制机制砂的质量,然而现行的标准过于严格,不利于机制砂配制混凝土的应用,20 世纪 80 年代,东京大学 Okamura 教授研制成功出了自密实混凝土(Self-compacting concrete, SCC)且很快得到推广及应用[3]。本文利用自密实混凝土的特性,结合机制砂中石粉的不利影响,二者相补相成,通过分析和研究机制砂中石粉含量对 SCC 及常态混凝土性能的影响,探究机制砂代替天然砂配置不同强度的混凝土的可行性,为工程中使用机制砂配制混凝土提供参考。

## 2. 机制砂的石粉限定标准

由于机制砂中石粉包含粒径小于 0.075 mm 的成分与被加工母岩相同的颗粒,对拌合物的影响较大,往往通过控制石粉含量及 MB 值(亚甲蓝值)来控制机制砂的质量。沈卫国等人[4]研究表明,机制砂中粉体含量是 MB 值的主要原因。基于不同的角度,国内外对机制砂中石粉含量的标准也有明显差异。英国标准 BS EN 12620 2013 《用于混凝土的石料》则根据重载混凝土路面和普通混凝土规定机制砂石粉含量的要求[5];美国标准 ASTM C33-2011 《混凝土集料标准规范》根据混凝土耐磨要求规定石粉含量的要求[6];日本标准 JIS A 5005:2009 《混凝土碎石和机制砂》对混凝土用机制砂石粉含量则统一要求(如表 1 所示)。我国各地区对机制砂中的石粉含量限定与国家标准也略有不同(如表 2 所示)。

**Table 1.** Limits of mechanism sandstone powder content of concrete for standards in different countries  
**表 1.** 不同国家的标准对混凝土机制砂石粉含量限值

国家	粉体界定(<mm)	石粉含量的限值
美国	0.075	5~7%
中国	0.075	3~7%
日本	0.075	7%
澳大利亚	0.075	25%
印度	0.075	15~20%
英国	0.063	15%
法国	0.063	12~18%
西班牙	0.063	15%

**Table 2.** Limits of mechanism sandstone powder content of concrete in different regions of China  
**表 2.** 我国不同地区标准对混凝土机制砂石粉含量限值

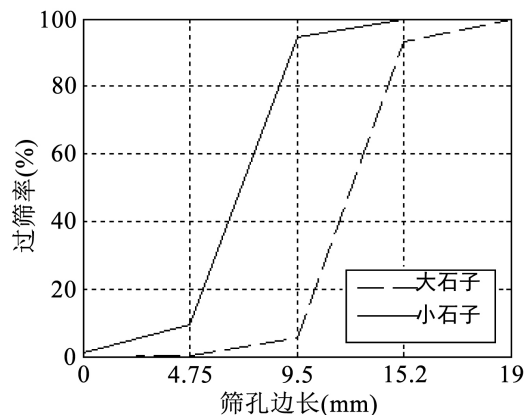
省市	标准名称	对石粉含量的最高限值
贵州	《山砂混凝土技术规范》	20%
重庆	《混凝土用机制砂质量标准及控制方法》	石灰岩质7%，砂岩质10%
其它省市区	同国标	同国标7%

### 3. 含石粉机制砂自密实混凝土配合比试验

#### 3.1. 原材料

水泥采用 P.O 42.5 普通硅酸盐水泥，粉煤灰采用 F 类 II 级粉煤灰。根据 JGJ 52-2006 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》中的规定对骨料性能进行检测。石子为普通碎石，有粒径范围 10 mm~20 mm 和粒径范围 5~10 mm 两种粒径，分别装袋备用，其筛分曲线如图 1 所示。使用高性能聚羧酸减水剂。机制砂选用来两种规格，1#机制砂细度模数为 3.4，属粗砂，MB 值为 1.5，MB 值略大于规范要求的 1.4，石粉含量为 10.14%；2#机制砂细度模数为 3.3，属粗砂，MB 值为 1.0，石粉含量为 14%，检测结果如表 3 所示。

机制砂按《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52-2006)中的规定进行检测。结果如表 3 所示。



**Figure 1.** The screening curve of coarse aggregate  
**图 1.** 粗骨料筛分曲线

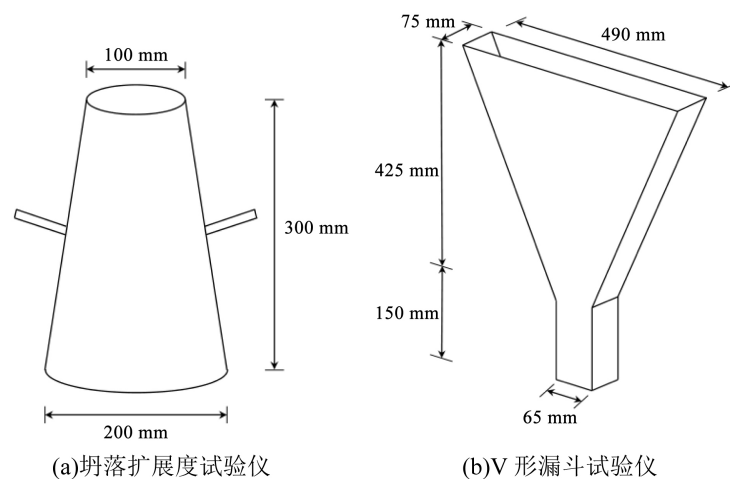
**Table 3.** Test results of various parameters of mechanism sand  
**表 3.** 机制砂各项参数检测结果

项目	表观密度 (g/mm <sup>3</sup> )	堆积密度 (g/mm <sup>3</sup> )	含水率	MB 值	细度模数	石粉含量	超出国内 标准比例
1#机制砂	2.67	1.62	1.04%	1.4	3.4	10.14%	44.86%
2#机制砂	2.68	1.64	1.30%	1.0	3.4	14%	100%

### 3.2. 试验方法

#### 1) 自密实混凝土性能指标

《自密实混凝土施工指南》是由日本建筑学会于制订出版，指南中规定，坍落扩展度可作为自密实混凝土的流动性的指标。欧洲制订的《自密实混凝土规范和指南》中也规定了自密实混凝土工作性能检测时需进行坍落扩展度试验，检测方法与日本的相同。坍落扩展度试验中所使用的工具如图 2 所示。本次试验的自密实混凝土的性能指标参照 CECS 203-2006 《自密实混凝土应用技术规程》[7]中的规定进行检测，通过坍落扩展度试验仪及 V 形漏斗试验仪(见图 2)对其扩展度、T500 时间、V 漏斗通过时间进行检测。



**Figure 2.** Self-compacting concrete performance test device

**图 2.** 自密实混凝土工作性能测试装置

#### 2) 性能指标确定

根据《自密实混凝土应用技术规程》(CECS 203:2006)的规定，不同试验的检验指标将混凝土的自密实性能等级分为三级，其指标应符合表 4 中的要求。

**Table 4.** Performance grade index of self-compacting concrete  
**表 4.** 自密实混凝土性能等级指标

性能等级	一级	二级	三级
坍落扩展度(mm)	700 ± 50	650 ± 50	600 ± 50
V 漏斗通过时间(s)	10~25	7~25	4~25

#### 3) 强度试验

按《混凝土强度检验评定标准》(GB/T 50107-2010)[8]中的规定，试配后制作 100 mm \* 100 mm \* 100

mm 试块并在标准条件下进行养护, 在 7 天时各取三块试样进行强度测试, 按规范要求乘以 0.95 系数换算成边长为 150 mm 的标准试块的抗压强度, 取平均值作为结果。

## 4. 石粉对混凝土性能的影响

### 4.1. 石粉对自密实混凝土工作性能的影响

进行自密实混凝土拌合时, 粉煤灰掺量为 20% FA, 砂率为 44%, 石子掺量为小石子占 60%, 大石子占 40%, 两组拌合试验水胶比、减水剂掺量等因素一致, 编号 1 使用的为 1#机制砂, 编号 2 使用的为 2#机制砂, 配合比及试验结果如表 5 所示。

**Table 5.** Effect of stone powder in mechanism sand on performance of self-compacting concrete

**表 5.** 机制砂中石粉对自密实混凝土性能的影响

编号	配合比(kg/m <sup>3</sup> )						工作性能	
	水泥	粉煤灰	机制砂	石子	水	减水剂	SF (mm)	VF (s)
1	400.6	122.5	780.3	800.1	201.6	5.46	630	18.75
2	347.6	110.6	821.3	798.5	208	6.28	670	22.46

由表中的 1 组与 2 组的工作性能数据可以看出, 机制砂石粉含量的增加, 自密实混凝土的扩展度有所增加, 这表明, 机制砂中的石粉对自密实混凝土的流动度和黏度有一定贡献, 2 组试验使用的机制砂石粉含量分别超过了国家标准 44.86%, 100%, 通过调节水灰比和减水剂含量, 完全可使其达到合格的自密实混凝土工作性能要求。

### 4.2. 石粉对常态混凝土工作性能的影响

常态混凝土的试验中, 石子掺量为小石子占 60%, 大石子占 40%, 使用 1#机制砂, 通过控制机制砂含量不变, 调节减水剂含量及水灰比, 探究该机制砂能否配置出合格的常态混凝土。配合比及试验结果如表 6 所示。

**Table 6.** Normal concrete slumping expansion degree test results

**表 6.** 机制砂中石粉对常态混凝土性能的影响

编号	配合比(kg/m <sup>3</sup> )						工作性能	
	水泥	粉煤灰	机制砂	石子	水	减水剂	扩展度(mm)	坍落度(mm)
3	308	124	781	843	196.5	3.93	565	265
4	367.5	77	781	843	190	4.02	615	240

实验表明, 石粉含量的增加会造成试验过程中拌合出的混凝土有轻微泌水现象, 但不影响其工作性能, 试验通过调节水灰比和减水剂含量, 完全可使其达到合格的工作性能要求。测试现象如图 3 所示。

### 4.3. 石粉对混凝土强度的影响

试配后制作了 2 组、3 组、4 组的混凝土试件, 尺寸为 100 mm \* 100 mm \* 100 mm, 在 7 天时各取三块试样进行强度测试并对结果进行了换算, 其结果如表 7 所示。

试验结果表明, 机制砂石粉含量在超出国家标准一定范围内对强度并无不利影响, 无论是配制自密

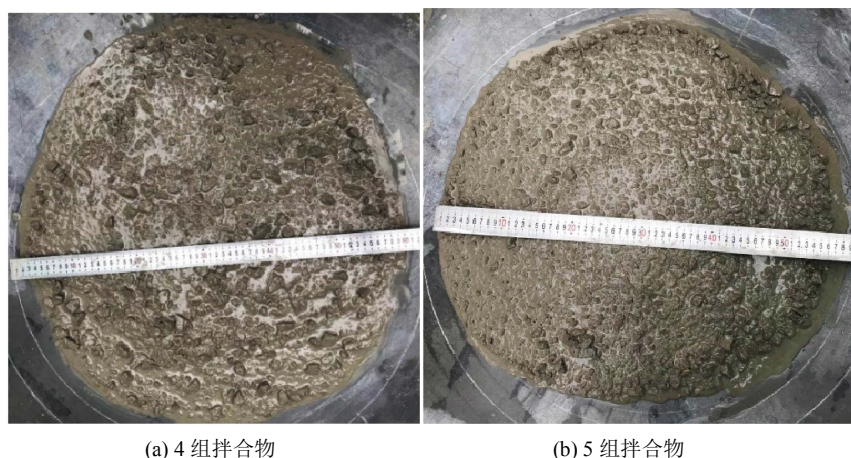


Figure 3. Normal concrete slumping expansion degree test results  
图 3. 常态混凝土坍落扩展度测试结果

Table 7. Effect of concrete strength in machine-made sand  
表 7. 机制砂中混凝土强度的影响

编号	7 d 强度(MPa)	预测 28 d 强度(MPa)	设计强度等级	预测 28 d 强度等级
2	34.82	49.6185	C45	C45
3	31.04	44.34	C40	C40
4	38.84	55.94	C50	C55

实混凝土亦或是常态混凝土，设计并配制各强度的混凝土是完全可行的。

## 5. 结语

1) 机制砂石粉含量在超过我国现行的机制砂石粉含量的限值标准一定范围内，无论是配制自密实混凝土亦或是常态混凝土，通过调节水灰比及减水剂含量，完全可使其满足相应的力学性能及工作性能要求。

2) 机制砂中的小于 0.075 mm 的颗粒除石粉外还掺杂有不同含量的有害物质，然而在石粉含量超过国家标准一定范围内，对混凝土强度并无不利影响，利用高石粉含量的机制砂配制不同强度等级的混凝土是完全可行的。

3) 各国各地区对机制砂石粉的控制标准不尽相同，这是基于原料、工艺及考虑角度不同导致的，石粉的研究尚不完善，建议以机制砂中石粉的比表面积、吸水率及对强度的影响等进行量化分析，进而对机制砂中的石粉进行分级以便于施工使用。

## 基金项目

2018 年北京市大学生科学研究与创业行动计划项目。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T14684-2010 中华人民共和国国家标准——建筑用砂[S].
- [2] 蒋正武, 黄青云, 肖鑫, 等. 机制砂特性及其在高性能混凝土中的应用[J]. 混凝土世界, 2013(1): 35-42.
- [3] 刘运华, 谢友均, 龙广成. 自密实混凝土研究进展[J]. 硅酸盐学报, 2007, 35(5): 671-678.
- [4] 沈卫国, 杨振国, 邹晓丹, 刘文浩, 徐志元, 邱杰汉. 机制砂 MB 值的影响因素定量研究[J]. 武汉理工大学学报,



2013, 35(12): 44-47.

- [5] 英国标准协会. 用于混凝土的石料[S]. BS EN 12620 2013
- [6] The American Society for Testing and Materials. Standard Specification for Concrete Aggregates[S]. C33-99a.
- [7] CECS203: 2006 自密实混凝土应用技术规程[S].
- [8] 中华人民共和国城乡建设环境保护部. GB/T50107-2010 混凝土强度检验评定标准[S].

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjce@hanspub.org](mailto:hjce@hanspub.org)