

## 机制砂砂浆最佳石粉掺量的研究

岳生利

中铁二十一局集团第五工程有限公司, 重庆 402160

**[摘要]** 机制砂浆是建筑砌砖中使用的黏结状物质, 其成品更加规则, 由一定比例的砂、水泥、石粉构成, 可根据不同工艺要求, 加工制作比例不同的机制砂砂浆。文章通过试验研究, 明确石粉最佳比例与掺和量, 主要研究石粉添加量对机制砂砂浆性能影响, 选取的指标为水泥砂浆稠度、黏度、保水性、抗压强度、干缩率。通过研究得出将石粉含量控制在5%~8%, 使机制砂砂浆综合性能达到最佳。

**[关键词]** 机制砂砂浆; 石粉掺量; 最佳比例

DOI: 10.33142/ec.v4i3.3506

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

### Study on the Optimum Stone Powder Content of Manufactured Sand Mortar

YUE Shengli

The 5th Engineering Co., Ltd. of China Railway 21st Bureau Group, Chongqing, 402160, China

**Abstract:** Machine made mortar is a kind of cohesive material used in building bricklaying. Its finished product is more regular and consists of a certain proportion of sand, cement and stone powder. According to different process requirements, machine-made mortar with different proportions can be processed. Through the experimental research, this paper defines the best proportion and mixing amount of stone powder and mainly studies the influence of stone powder addition amount on the performance of manufactured sand mortar. The selected indexes are the consistency, viscosity, water retention, compressive strength and dry shrinkage of cement mortar. The results show that the best comprehensive performance of manufactured sand mortar can be achieved by controlling the content of stone powder in 5% ~ 8%.

**Keywords:** machine made sand mortar; stone powder content; optimum proportion

#### 引言

近年来, 我国基础设施建设步伐加快, 工程材料和工艺水平得到提升, 对砂浆质量和性能的要求越来越高。以往施工作业中, 使用天然砂作为原料选择, 但是成本过高, 并且受到运输条件影响, 造成施工难度大问题。为改善相关问题, 使用了机制砂砂浆, 并且对石粉量进行控制, 强化质量, 为后续施工作业提供便利条件。

#### 1 机制砂砂浆主要原材料

##### 1.1 水泥

水泥属于粉状水硬性无机胶凝材料, 加水搅拌后形成浆体, 能够在空气中硬化。一般情况下机制砂砂浆制备中, 使用的水泥为普通硅酸盐水泥。本次试验使用的水泥为华润 P·042.5 水泥, 按照 JTG E30-2005《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》进行试验研究, 其主要性能指标如下:

水泥比重:  $3100\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , 安定性:  $\leq 5\text{mm}$ 。初凝时间  $\geq 45\text{min}$ , 终凝时间  $\leq 600\text{min}$ , 抗折强度:  $3\text{d} \geq 3.5\text{MPa}$ ,  $28\text{d} \geq 6.5\text{MPa}$ , 抗压强度:  $3\text{d} \geq 17.0\text{MPa}$ ,  $28\text{d} \geq 42.5\text{MPa}$ 。试验开展前对水泥主要性能进行了检验, 均符合以上标准。

##### 1.2 机制砂

试验用机制砂严格根据 JTG E42-2005《公路工程集料试验规程》内要求进行配置和选择, 机制砂的筛孔尺寸控制在 9.5mm 以下, 综合性能和技术指标均满足机制砂砂浆配比要求<sup>[1]</sup>。将筛选后的原料通过烘干、计量、配料、搅拌等工艺, 配置含有不同比例石粉的试验用机制砂, 机制砂的细度模数为 3.5, 压碎值为 9.5%, 表观密度为  $2650\text{kg}/\text{m}^3$ , 级配区间为 I 类。

##### 1.3 石粉

本次试验研究使用的石粉为机制砂生产过程中, 经过风选得到, 其母岩成分与机制砂一致。石粉是石头粉末, 大部分矿物成分的岩石均可研磨成石粉, 其中应用较为广泛的石粉为石灰石粉, 其主要部分为碳酸钙。碳酸钙属于中性物质, 基本上不溶于水, 但是可溶解在盐酸液体中, 其广泛存在于大理石、石灰石、方解石中, 具有获取便利, 应用范围广泛的特征。

## 2 试验方法与检测项目

### 2.1 试验方法

通过试验分析机制砂砂浆中石粉含量最佳标准问题。根据国家最新标准，当混凝土等级在 C30 及以下时，其石粉含量需要控制在 7% 之内。实践应用环节，相关人员可根据机制砂浆的具体用途和使用地区，对相关含量进行必要调整。本次试验要求机制砂石粉颗粒在 0.08mm 以下，含量控制在 6%~12% 之间。试验过程中，将石粉含量控制在 4%、10% 和 14%，对比分析了不同配合比石粉对机制砂砂浆工作性能、强度和干缩性影响。

### 2.2 检测项目

检验项目包括拌合物工作性能，严格按照 JTG E30-2005 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》开展性能检验，并且对结果进行反复校验，对比历史数据，使得结果准确率更高。抗压强度检验在 JTG E30-2005 规程下开展，抗压试验砂浆强度试件尺寸：70.7×70.7×70.7 标准立方体，每组 10 块，先后检验 3d 和 28d 后机制砂浆抗压强度。

## 3 结果与讨论

### 3.1 对坍落度、黏度和强度影响

使用华润 P·042.5 水泥，在 4%、10% 与 14% 不同石粉含量下，配置 M30 强度水泥砂浆，有关配合比和试验结果如表 1 所示：

表 1 P·042.5 水泥配置砂浆配合比及试验强度

| 石粉含量 | 稠度 (mm) | 黏度 | 保水性 | 强度 (MPa) |
|------|---------|----|-----|----------|
| 4%   | 82.5    | 差  | 严重  | 30.4     |
| 10%  | 68      | 一般 | 无   | 35.2     |
| 14%  | 39      | 良好 | 无   | 46.8     |

由表格可以看出，在水泥砂浆配合比不发生变化的前提条件下，随着机制砂浆中石粉含量的增多，砂浆工作性能改善，其黏度和保水性指标趋向良好，并且抗压强度提升，综合质量明显提升。此外，由于机制砂中石粉含量的增加，使得混凝土中粉体材料比例增加，其保水性增强。与天然河砂比较，机制砂的颗粒棱角更多，表面结构更为粗糙，随着石粉含量增加，其稠度较小，石粉含量与水泥砂浆稠度之间的具体关系如图 1 所示：

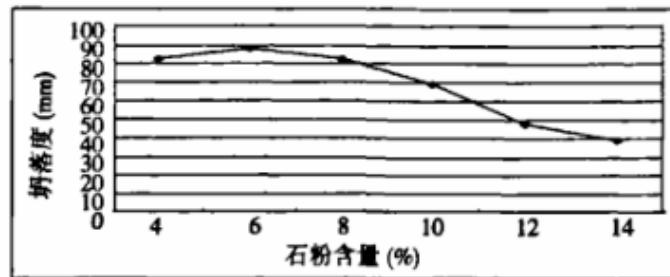


图 1 不同石粉含量与水泥砂浆稠度之间的关系

根据上图，当试验中机制砂石粉含量控制在 10% 之内，最终砂浆的稠度在 70mm~90mm 之间，当石粉含量在 12% 时，水泥砂浆的稠度变为 48mm。出现这一现象的主要原因是石粉增加了水泥浆体含量，进而增加了水泥砂浆流动性，此外，石粉也能够改善混凝土的和易性，减少砂与砂之间的摩擦。当石粉含量适当增加后，需水量增加，在总用水量不变的前提条件下，会使得拌合物黏度与稠度增加，进而减少坍落度<sup>[2]</sup>。

### 3.2 石粉对砂浆抗压强度影响

随着石粉含量增大，水泥砂浆抗压强度等级提升。但是当石粉添加量超过 8% 后，会出现抗压强度降低的现象，分析其原因主要是石粉含量增加后，造成了颗粒级配不合理，砂浆密实度降低。细粉砂的增加也会减少粗骨料的配合比，进而削弱骨料支撑作用。因此，在进行水泥砂浆石粉配合最佳比例的研究中，应重视其含量与抗压强度的具体关系，并且衡量其工作性能、黏度、稠度之间的具体联系，确保其综合性能良好的前提条件下，对水泥砂浆中石粉配合比进行研究，使得砂浆质量和性能得到工程用最佳标准。水泥砂浆配置中会应用到超细石粉，如图 2 所示：



图2 水泥砂浆用超细石粉

砂浆配置中,可将超细石粉含量控制在8%,此时其抗压强度等级达到最大。结合水泥砂浆抗压强度变化趋势,其7d~28d增加幅度达到10MPa以上。不同比例如4%、10%和14%石粉添加量,生产的砂浆强度等级存在差异,并且将其放置3d、7d、14d和28d后,其抗压强度等级也会出现明显变化。根据此项研究结果,在水泥砂浆的制备中,应根据工程项目实际需求,对砂浆石粉用量进行规定,并且对添加时间进行严格控制,确保水泥砂浆成品质量达到行业领先标准。

### 3.3 石粉含量对水泥砂浆干缩率的影响

机制砂浆混凝土在承受较大荷载后,会产生复杂变形问题,最终造成混凝土开裂。在所有变形中,混凝土干性收缩变形影响最大。干缩是小饱和混凝土在空气中因水分蒸发、散失,引发的体积变形。严格意义上分析,其收缩变形的测量应包含干燥条件下的实测变形和自身体积在同等温度下发生的变形,二者之间的差值即为干燥变形具体值。本试验将机制砂浆混凝土收缩工况温度控制在 $(20.17 \pm 2.15)^\circ\text{C}$ ,相对湿度控制在 $(60.2 \pm 5.7)\%$ 。石粉参数标准:规格型号:粒径 $\leq 0.075\text{mm}$ ,细度:颗粒状100%通过10目标标准筛,14目标标准筛的筛上物占比50%以上;粉状:90%通过60目标标准筛。硬度:1~2,比重1.8~2.5。在隔绝氧气的条件下,石粉熔点在 $3000^\circ\text{C}$ 以上,具有耐高温性能。在具体试验过程中,检测项目包括石粉含量以及不同含量下,砂浆龄期与干缩率之间具体关系。

试验结果表明,机制砂浆干缩性随着石粉添加量的变化而发生变化,并且不同龄期砂浆干缩率的变化趋势和幅度不同。龄期在3d左右的砂浆,机制砂浆干缩率随着石粉含量的增加而增加。但是,在试验过程中,应考虑砂浆结构本身的自收缩属性。石粉自身与氢氧化钙和水化铝酸钙发生化学反应,产生水化碳酸铝酸钙晶体。这一时期,机制砂浆干缩率随着石粉含量的增加而提高。

龄期在7d的机制砂浆其干缩率急剧增加,根据Power. T. C提出的砂浆类混凝土干缩毛细管张力相关理论,混凝土凝胶孔隙中的水分出现蒸发,使得内部体积缩小,受到重力作用下混凝土出现收缩。毛细管的存在是砂浆干缩变形的的主要原因。因此,在机制砂浆实际使用环节,应严格控制其慢性收缩问题,对毛细管进行有效控制<sup>[3]</sup>。

试验过程中,将石粉含量增加到10%,此时干缩率随着石粉的增加而继续增大。当石粉添加量控制在14%时,其干缩变形达到理论上的最大值。此时,倘若将石粉量的添加量控制在8%以内,则干缩率降低。并且14d与28d龄期干缩率变化规律基本一致。为进一步分析这一现象,对主要原因进行分析。当石粉增加后,水泥砂浆中的自由水分消耗过快,水泥干燥现象十分明显。当石粉添加量达到一定数值后,石粉的优势得到明显发挥。与水泥比较,石粉物质表面更加光滑,因此对水量的消耗减轻,因此,在相同水灰比情况下,能够保留住更多自由水。此外,石粉自身具有良好的应用性能,能够填满水泥石内部孔隙,并改善孔结构,进而维护良好使用性能,实现对干性收缩的有效控制。研究结果表明,将机制砂中石粉含量控制在8%以内时,砂浆干缩率随着石粉含量的递增而降低。

## 4 结语

综上所述,通过开展机制砂浆石粉配合对比试验,选取P.042.5水泥,M30强度等级水泥砂浆,并且对砂浆工作性能(黏度、析水率、坍落度)、抗压强度、干缩性能分析,研究了不同石粉含量下机制砂浆综合性能。试验结果表明,将机制砂中石粉含量控制在5%~8%时,水泥砂浆性能达到最优,将其应用在工程项目施工现场,具有较强的安全性与稳定性,是提升项目施工质量的关键。

### [参考文献]

- [1] 盛余飞. 石粉含量对机制砂浆孔结构特性的影响研究[J]. 四川建材, 2020, 46(5): 11-12.
  - [2] 谢开仲, 王红伟, 肖杰, 等. 石粉含量对机制砂混凝土力学性能影响试验[J]. 建筑科学与工程学报, 2019, 40(5): 35-42.
  - [3] 吴建, 肖支敏, 谢宏云, 等. 石粉对不同配合比设计参数的机制砂浆性能的影响[J]. 商品混凝土, 2019(2): 106-110.
- 作者简介: 岳生利(1986.3-)男, 兰州交通大学, 材料科学与工程, 中铁二十一局集团第五工程有限公司, 试验检测中心总工程师, 工程师。