

浅谈机制砂及石粉含量对机制砂混凝土的影响

朱茂锋

铁正检测科技有限公司

摘要: 针对机制砂与天然砂的材料特性以及在混凝土中应用的差异, 本文简要介绍了机制砂特性和石粉特性, 并结合具体试验数据对机制砂中石粉含量对混凝土强度和工作性能的影响做了简要的研究分析。

关键词: 机制砂; 石粉含量; 强度; 工作性能

一、引言

随着基础建设的迅猛发展, 混凝土需求量的急剧增加, 河砂资源紧缺的形势日益凸显, 同时在国家可持续发展战略和总书记倡导“绿水青山就是金山银山”的背景下, 机制砂代替天然砂已成为混凝土行业可持续发展的必由之路。机制砂, 属于人工砂的一种, 是由机械破碎、筛分制成的, 粒径小于4.75mm的岩石颗粒, 但不包括软质岩、风化岩。

近年来, 尽管我国在机制砂及机制砂混凝土的应用中进行了众多研究, 并在工程实践中得到了广泛应用, 但是在很多省份机制砂的推广应用还是困难重重, 究其根源还是经验主义在作祟, 大部分对机制砂特别是机制砂中的石粉存在疑虑, 盲目的认为机制砂中的石粉必须经过水洗才能应用于混凝土中, 既浪费了水资源破坏了环境, 又破坏了机制砂原有的级配, 造成了粉料的缺失, 变相的增加了胶凝材料用量。究其原因, 其主要冲突还是在机制砂的生产工艺、机制砂特性、石粉含量特性以及对混凝土性能影响等方面。本文简要概括了机制砂特性以及石粉含量对混凝土性能的影响, 对存在问题进行了简要分析。

二、机制砂特性

机制砂是由机械破碎、筛分制成, 其材料特性与天然砂有本质的不同, 由于缺少优良的生产工艺研究, 目前普遍存在生产工艺简单, 生产过程控制不严格, 盲目追求利润, 降低生产成本等原因, 造成机制砂大多级配较差, 呈现出“两头多, 中间少”的特点, 2.36mm以上及0.075mm以下颗粒偏多, 而经水洗后0.6mm以下颗粒大多被冲走, 造成粉料不足, 变相降低了混凝土中浆体含量, 增加了混凝土的离析和泌水的可能性。因机制砂为碎石经机械破碎而成, 并不像天然砂那样经过风化和冲刷, 颗粒比较光滑圆润, 机制砂表面粗糙, 并带有一定的棱角性, 相同级配的机制砂棱角性及空隙率均大于天然砂, 这一方面会增大混凝土拌合物的内摩擦力, 降低和易性, 另一方面则会增大细集料与浆体的粘附力, 提高混凝土的强度与体积稳定性, 机制砂混凝土在抗压、抗拉强度均高于天然砂混凝土。不过当前关于机制砂特性与机制砂混凝土性能的研究多局限于石灰岩机制砂, 对其他岩性机制砂的研究较少。另外对高性能机制砂混凝土的研究和混凝土耐久性能的研究不充分, 且研究成果不统一存在较大争议, 加上人们对机制砂固有的不良印象, 导致机制砂在重要混凝土工程中较少使用, 这也成为制约机制砂混凝土发展的关键所在。要解决机制砂混凝土工作性能较差的问题, 首先要保证机制砂具有良好的综合品质, 其中包括母岩特性良好、级配合理、石粉含量适宜、含泥量低等, 这就对机制砂的母岩选择, 生产工艺和设备提

出了很高的要求。

三、石粉含量及特性

机制砂的生产过程中不可避免地会产生一定数量的石粉, 机制砂中的石粉不同于天然砂中的泥, 其矿物成分与机制砂母岩相同, 这一点也为主要0.04~0.075mm的微粒组成, 构成机制砂的微细级配, 是机制砂的重要组成部分。石粉含量及特性对机制砂混凝土性能的影响, 是机制砂混凝土研究的核心内容。参考目前针对石粉对机制砂混凝土拌合物工作性影响的各项研究, 人们普遍认为石粉对机制砂工作性能的影响既有正面效应也有负面效应。有人认为石粉是一种微小颗粒, 增大了比表面积减少了离析和泌水, 同时可以起到滚珠的作用, 减小了骨料间的摩擦力, 改善混凝土的流动性, 同时石粉可以弥补胶凝材料少的缺陷, 增加混凝土密实性。有人认为石粉增大了机制砂比表面积, 增加了用水量, 影响混凝土强度, 同时石粉的过度吸水会加快拌合物的流动度损失, 也增大了混凝土干缩的可能性。

石粉的作用效应与石粉含量有关, 存在一个最佳石粉含量。当然对于不同等级的混凝土而言, 最佳含量肯定是不一样的。机制砂中适量的石粉还可以增加混凝土拌合物的密实性和稳定性, 从而提高混凝土的强度和抗渗性能, 对混凝土的体积稳定性也大有益处, 并且石粉的存在基本不影响矿物掺合料对混凝土的作用效果。关于石粉在水泥水化过程中是否具有活性, 多数人认为石粉具有晶核效应和微弱活性, 一方面石粉微粒可以诱导水化产物析晶, 加快硅酸三钙和铝酸三钙的水化; 另一方面石粉具有一定的水化增强作用, 石粉中的碳酸钙可以参与水化水化反应, 形成水化碳铝酸钙, 改善水泥基材料性能, 抑制了水化早期形成的钙矾石向单硫型硫酸铝钙转化, 从而提高水泥基材料的强度, 并认为石粉活性主要取决于碳酸盐矿物成分的含量, 且在水泥水化早期表现较为明显而后期不明显。客观来说, 机制砂中石粉可认为是介于活性与非活性之间的一种掺合料。更多表现还是在混凝土起到微集料的填充效应, 使混凝土的结构更均匀合理, 增加浆体和骨料界面的密实性。但当石粉含量过高时, 水泥石或界面过渡区中出现游离态的石粉, 将不利于骨料与水泥石的粘附, 降低混凝土强度。同时大部分机制砂在生产过程中不可避免的掺入部分泥土泥块, 造成石粉中往往含有部分泥粉, 因此造成机制砂极易吸附外加剂, 造成混凝土工作性能差, 这也是机制砂比天然河砂对外加剂更敏感和大部分人不同机制砂的主要原因。因此机制砂的应用过程中实际控制的重点更在于泥粉的控制, 在含泥量及MB值不超标的情况下, 是适当可以放宽石粉含量的控制范围的。

四、石粉含量对混凝土强度和工作性能的影响

针对以上对机制砂中石粉特性的分析, 不同强度等级的混凝土胶凝材料用量和用水量均不同, 为保证变量统一, 现制定三种系列试验, 研究石粉含量对不同强度等级混凝土强度和工作性能的影响。

(一) 原材料

表1 水泥性能指标

比表面积 (m ² /kg)	凝结时间 (min)		标准稠度用水量 (%)	抗折强度 (MPa)		抗压强度 (MPa)	
	初凝 (min)	终凝 (min)		3天	28天	3天	28天
330	345	310	27.6	4.5	7.5	22.5	46.2

表2 机制砂性能指标

堆积密度 (kg/m ³)	表观密度 (kg/m ³)	泥块含量 (%)	吸水率 (%)	石粉含量 (%)	压碎值	细度模数
1560	2680	0	5.0	11.8	11.5	3.0

(二) 试验基准配合比

表3 试验配合比

编号	强度等级	水泥	机制砂	石子1	石子2	石子3	水	减水剂
SY-1	c30	380	822	157	576	314	160	4.19
SY-2	c40	432	786	156	573	313	160	5.18
SY-3	c50	470	732	329	769	/	150	5.64

(三) 石粉含量对不同强度等级的混凝土的工作性能和强度影响的数据对比

(四) 石粉含量对混凝土工作性能的影响

由图1和表4可以看出, C30混凝土工作性能能在石粉含量为10%~15%时最佳; C40混凝土工作性能能在石粉含量为7%~10%时最佳; C50混凝土工作性能能在石粉含量为5%~7%时最佳; 通过分析认为: 对中低标号混凝土而言, 因为胶凝材料用量相对较少, 用水量相对较大, 混凝土和易性较差, 随着石粉含量的适

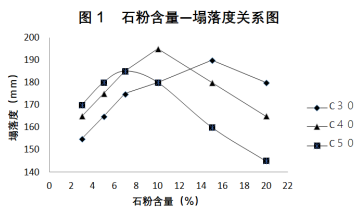
表4 石粉含量对不同强度等级混凝土工作性能和强度的影响数据对比

试验编号	强度等级	石粉含量 (%)	工作性能		强度 (Mpa)	
			坍塌度 (mm)	和易性	7天	28天
SY-1-1	c30	3	155	差	28.5	99.3
SY-1-2		5	165	差	29.8	40.7
SY-1-3		7	175	一般	31.5	42.0
SY-1-4		10	180	良好	32.7	43.2
SY-1-5		15	190	良好	33.3	44.7
SY-1-6		20	180	一般	32.1	43.8
SY-2-1	c40	3	165	差	39.8	50.0
SY-2-2		5	175	一般	40.6	51.5
SY-2-3		7	185	良好	41.7	52.3
SY-2-4		10	195	良好	43.0	54.1
SY-2-5		15	180	一般	41.2	52.0
SY-2-6		20	165	差	38.7	50.2
SY-3-1	c50	3	170	一般	51.8	61.9
SY-3-2		5	180	良好	53.2	63.0
SY-3-3		7	185	良好	54.3	65.7
SY-3-4		10	180	一般	50.5	61.3
SY-3-5		15	160	一般	47.8	57.6
SY-3-6		20	145	差	44.3	53.4

注：该试验用机制砂为碎石二次破碎加工制得，石粉比例掺加后供试验使用

当增加可以弥补混凝土胶凝材料用量少的缺点，增加混凝土浆体量，提高混凝土和易性，改善工作性能。对高标号混凝土来说，本身胶凝材料用量大，用水量少，和易性较好，此时再加入过多的石粉含量会增大比表面积，变相减少用水量，造成混凝土粘稠，工作性能降低。

同时通过对比石粉含量超过最佳含量时，每增加一定含量石粉后塌落度损失程度和和易性的变化程度，可以得出高标号混凝土相较于低标号混凝土来说，工作性能损失程度会更大。以此可以初步推断，机制砂在高标号混凝土应用中更需严格控制石粉含量，适当降低胶凝材料用量，优化混凝土配合比，通过试验寻求合适的胶凝材料用量，从而得到合适的浆体量，提高混凝土工作性能。



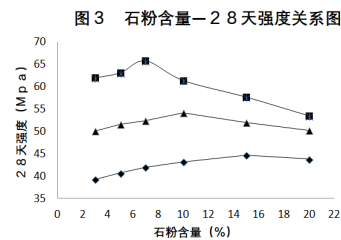
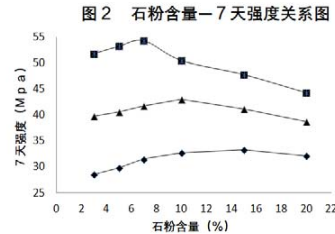
(五) 石粉含量对混凝土强度的影响

由图2和图3可以看出，石粉含量对混凝土强度的影响和对工作性能的影响是一致的，随着石粉含量的增加，混凝土强度呈现先增长到最高点，然后下降的趋势，说明适当的石粉含量对混凝土的强度增长是起到促进作用的。

通过计算和对比，C30混凝土石粉含量超过最佳含量后的强度降低了3.0%；C40混凝土石粉含量超过最佳含量后的强度降低了5.2%；C50混凝土石粉含量超过最佳含量后的强度降低了8.8%；说明，标号越高的混凝土石粉含量超标后的强度损失越大。通过查阅资料及分析，石粉的影响混凝土强度的主要因素大致有三点：一、石粉的细度很小，与水泥以及粉煤灰等外掺材料的细度相当。例如花岗岩粉的比表面积约为300m²/kg，与水泥的比表面积基本一致。石粉可以很好的与胶凝材料混合，优化混凝土级配，填充空隙，提高混凝土的密实度，从而达到提高混凝土强度的效果。二、石粉在混凝土的硬化过程中可以具有成核效应，可以诱导水化产物析晶，加快水化反应速度。三、石粉具有一定的水化增强作用，石粉中的碳酸钙可以参与水泥铝酸三钙和铁铝酸四钙的水化反应，生成碳铝酸钙，改变水泥基材料的性能，防止钙矾石向水化硫铝酸钙转变，使混凝土结构更加致密，

从而提高混凝土强度。

当然，石粉对混凝土强度也有负面影响，过量的石粉会增大混凝土总体比表面积，从而需要更多的水来提高和易性，变相的增大了水胶比，降低了混凝土强度。另一方面，当石粉含量过量时，造成混凝土浆体过多，级配不合理，混凝土难以形成合理的嵌挤结构，造成混凝土强度降低。



五、结论

(1) 石粉对机制砂混凝土的工作性能和强度的影响随着石粉含量的变化而变化，且对不同等级强度混凝土而言，最佳石粉含量不同，高标号混凝土对石粉含量的敏感性高于低标号混凝土。

(2) 低标号混凝土因胶凝材料较少，石粉的存在可以弥补混凝土粉料不足的缺陷，减少泌水和离析，提高混凝土和易性，增加混凝土强度。

(3) 高标号混凝土因本身胶凝材料多，过多的石粉一会增大比表面积，使混凝土粘稠，影响混凝土和易性，二会造成混凝土骨料悬浮，无法形成良好的嵌挤结构，从而影响混凝土强度。

参考文献

[1] 刘贞鹏,王晶,陆芳,覃深海. 机制砂及机制砂混凝土研究应用现状综述[C]. 黑龙江交通科技, 2017, 1008—3383 (2017) 02—0020—02.

[2] 王伟,杨善顺,徐仁崇. 石粉含量对机制砂混凝土性能的影响[J]. 商品混凝土, 2017 (10).

[3] 杜凤英,李海波,张秀芝. 石粉含量对机制砂混凝土性能的影响[J]. 商品混凝土, 2012 (06).

[4] 范建峰,耿长圣,左文奎,魏勇. 石粉含量对中低强度混凝土性能的影响[J]. 商品混凝土, 2013 (09).

[5] 姚楚康. 石粉特性对混凝土性能的影响研究[J]. 武汉理工大学, 2014.

[6] 邱洪强. 机制砂颗粒形状及石粉含量对混凝土性能的影响[J]. 武汉大学, 2015.

[7] 豆晓玲. 人工砂取代河砂在混凝土中的应用[J]. 广东建材, 2015 (01).

[8] 林毅文. 浅析高性能机制砂混凝土的性能及应用技术[J]. 江西建材, 2016 (03).

[9] 王兴庭. 如何实现人工砂混凝土的性能稳定 [J]. 商品混凝土, 2020 (Z1).

[10] 殷大雷. 人工砂混凝土基本性能实验研究[J]. 山西建筑, 2012 (10).

[11] 旗开发,刘浩蕾,闵小林,马露雪. 含石粉的C30机制砂混凝土性能研究[A], 科技创新与应用, 2095—2945 (2020) 08—0051—04.

[12] 林基泳,蒋勇,吴兴颜,等. 石粉对混凝土性能影响的研究现状 [J]. 硅酸盐通报, 2018, 37 (12): 3842—3848

[13] 张仰源. 机制砂石粉含量对混凝土性能的影响[J]. 住宅与房地产, 2018 (22): 88—89.

[14] 李家和,张保生,王云东,等. 石灰岩高石粉含量机制砂混凝土配合比设计及性能研究[J]. 硅酸盐通报, 2018, 37 (11): 3641—3645+ 3651.