

doi:10.3969/j.issn.1674-4764.2012.05.025

中低强度机制砂混凝土石粉含量确定的研究

王雨利¹, 王卫东¹, 周明凯², 李北星², 刘素霞¹

(1. 河南理工大学 材料科学与工程学院, 河南 焦作 454000;

2. 武汉理工大学 硅酸盐工程中心教育部重点实验室, 武汉 430070)

摘要:石粉对混凝土性能的影响一直存在争议,其含量的确定是机制砂混凝土研究的热点问题之一。以中低强度等级、不同流动性能的混凝土为研究对象,对比研究了石灰岩机制砂的石粉含量对混凝土坍落度、抗压强度的影响规律。试验结果表明,混凝土的类型不同,在坍落度、抗压强度为最佳值时,机制砂的石粉含量也不同,分别为 5%、10%、20%,但对应的水粉比均为 0.4。由此推断,在进行中低强度等级机制砂混凝土设计时,可采用水粉比 0.4 来预测机制砂的最佳石粉含量。

关键词:机制砂;混凝土;石粉含量;水粉比

中图分类号:TU528 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2012)05-0154-05

Determination Analysis of Content of Aggregate Micro Fines of Middle and Low Compressive Strength Manufactured Fine Aggregate Concrete

WANG Yuli¹, WANG Weidong¹, ZHOU Mingkai², LI Beixing², LIU Suxia¹

(1. Faculty of Materials Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, Henan, P. R. China;

2. Key Laboratory of Silicate Materials Science and Engineering of Ministry of Education,

Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, P. R. China)

Abstract: There are some controversies on influences of stone powder on performances of concrete, and its content determination is one of the hot issues of manufactured fine aggregate (MFA) concrete. Slump and compressive strength of limestone MFA concrete were analyzed on contents of stone powder for middle-low strength and different flowability concrete. The experiment results show that there are different optimums percent of stone powder of MFA, such as 5, 10, and 20 for different types of concrete, but the water-powder ratio for them is 0.4. It is concluded that optimum percent of stone powder may be predicted by water-powder 0.4 for middle and low strength MFA concrete.

Key words: manufactured fine aggregate (MFA); concrete; content of aggregate micro fines (CAMF); water-powder ratio

随着中国基础设施建设的迅猛发展和对环境保护的日益重视,现有的天然砂已经不能满足工程建设的需要,使用机制砂配制混凝土已成为今后的发展趋势。但机制砂与河砂相比,其颗粒表面粗糙、多棱角,且机制砂大多数级配不良,0.630~0.315 mm 级颗粒偏少,并含有大量粒径小于 0.075 mm 的石

粉。这些石粉与母岩的化学成分完全一样,且大量的研究表明,适量的石粉对机制砂混凝土的工作性和强度无不利的影响,甚至还可以改善混凝土的性能^[1-3]。

《建筑用砂》(GB/T 14684-2001)规定:混凝土用机制砂的石粉含量分别为小于 3% (大于等于

收稿日期:2012-03-15

基金项目:国家自然科学基金资助(50908076);河南省教育厅自然科学研究计划项目(2010A560009)

作者简介:王雨利(1975-),男,博士,副教授,主要从事新型建筑材料研究,(E-mail)wangyuli75@126.com。

C60),5%(介于C30~C60),7%(小于等于C30),但没有给出相应的理论依据。而机制砂在生产过程中产生的石粉一般占到10%~20%,这远高于国标中石粉含量的限值。

为此,许多人进行了石粉含量对机制砂混凝土工作性能、强度、耐久性能影响的研究^[4-13],且各自得到了相应的观点。有的认为石粉会增加用水量^[14-15],从而对混凝土性能造成不利的影响;有的认为石粉会填充骨料空隙,不会增大用水量^[16],从而对混凝土性能改善有利;有的则认为有一个度^[17-18],不超过这个度,则对混凝土性能有利。这些观点的差异,可能是由于采用原材料的不同造成的,也可能

配合比设计不同造成的。因此,如何合理有效地确定机制砂的石粉含量,将成为机制砂配合比设计中的一个关键环节。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

试验中采用华新P.C32.5和P.O42.5等水泥,水泥的各项性能指标均符合GB 175—1999标准,其主要性能指标见表1;粗集料采用湖北阳新5~25 mm和5~31.5 mm连续级配碎石;机制砂为福刚石灰岩机制砂,其相关性能指标见表2,其级配曲线见图1。外加剂为武钢浩源FDN-1高效减水剂。

表1 水泥的主要性能

水泥名称	标准稠度/%	凝结时间 h/min		安定性	抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
		初凝	终凝		3 d	28 d	3 d	28 d
华新 P.C32.5	26.2	2:20	3:15	合格	4.6	9.1	16.5	37.8
华新 P.O42.5	26.6	1:55	2:50	合格	5.89	10.2	22.3	53.4

表2 细集料的主要性能指标

编号	来源	密度/(g·cm ⁻³)			松散空隙率/(%)	细度模数	石粉含量/%	MB	压碎值/%	粗糙度/%
		表观	松散	紧装						
1	福刚	2.69	1.55	1.82	42.0	3.10	4.3	0.5	18	18.9

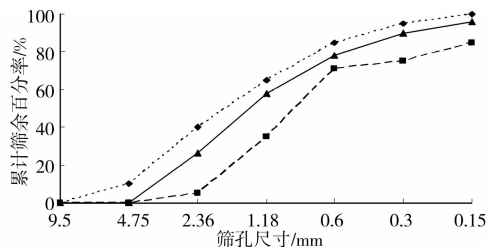


图1 福刚石灰岩机制砂筛分曲线

1.2 试验方法

按《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080—2002)测试新拌混凝土的坍落度。成

型150 mm×150 mm×150 mm的立方体混凝土试件,标准养护7、28 d,测试其抗压强度。

2 试验结果与分析

2.1 试验设计及结果

1) C40泵送混凝土

固定原材料用量分别为:水泥370 kg/m³,水178 kg/m³,机制砂800 kg/m³,碎石1102 kg/m³。调整机制砂的石粉含量分别为7%、10%、15%、20%。测试其对混凝土工作性能和抗压强度的影响。混凝土配合比和测试结果见表3。

表3 石粉含量对机制砂混凝土性能的影响

编号	水粉比	石粉含量/%	原材料用量/(kg·m ⁻³)				坍落度/mm	扩展度/mm	抗压强度/MPa	
			水	水泥	砂	碎石			7 d	28 d
1	0.42	7				170	450	34.8	52.3	
2	0.40	10	178	370	800	1102	180	430	37.1	54.0
3	0.36	15					170	350	37.0	53.4
4	0.34	20					120	300	37.0	52.1

注:表中的水粉比为用水量与水泥和石粉的质量比。

从表3可以看出,随着机制砂的石粉含量从7%增大到20%,混凝土的坍落度先增大,后又减小,在石粉含量为10%时,混凝土的坍落度最大;混凝土7、28 d的抗压强度也有类似的规律。因此,当石粉含量为10%、水粉比为0.40时,混凝土的工作性、抗压强度最优。

2) C30 塑性混凝土

采用P·C32.5水泥,混凝土原材料用量为:水泥330 kg/m³,水165 kg/m³,石灰岩机制砂743 kg/m³,碎石1212 kg/m³。石粉含量分别为0%、5%、10%、15%、20%。测试混凝土坍落度、抗压强度,混凝土配合比和试验结果见表4。

表4 采用P·C32.5水泥配制混凝土

编号	水粉比	石粉含量/%	原材料用量/(kg·m ⁻³)				坍落度/mm	抗压强度/MPa	
			水	水泥	机制砂	碎石		7 d	28 d
1	0.50	0	165	330	743	1 212	50	30.6	40.3
2	0.45	5	165	330	743	1 212	110	31.8	40.8
3	0.41	10	165	330	743	1 212	130	33.6	44.8
4	0.37	15	165	330	743	1 212	125	33.4	44.0
5	0.34	20	165	330	743	1 212	75	33.1	43.8

从表4可以看出,机制砂的石粉含量从0%增大到20%,混凝土的坍落度先是增加,后又减小,在石粉含量为10%时,混凝土的坍落度最大;石粉含量对抗压强度影响的变化规律一致。因此,当石粉含量为10%、水粉比为0.41时,混凝土的坍落度和抗压强度最大。

采用P·O42.5水泥配制C30混凝土,其原材料用量为:水泥254 kg/m³,水165 kg/m³,机制砂802 kg/m³,碎石1129 kg/m³,石粉含量为0%~25%,测试混凝土坍落度和抗压强度,混凝土配合比及结果见表5。

表5 采用P·O42.5水泥配制混凝土

编号	水粉比	石粉含量/%	原材料用量/(kg·m ⁻³)				坍落度/mm	抗压强度/MPa	
			水	水泥	机制砂	碎石		7 d	28 d
1	0.65	0	165	254	802	1 129	0	24.8	32.8
2	0.56	5	165	254	802	1 129	0	25.1	33.7
3	0.49	10	165	254	802	1 129	35	28.4	37.1
4	0.44	15	165	254	802	1 129	40	28.7	38.1
5	0.40	20	165	254	802	1 129	40	29.3	38.5
6	0.36	25	165	254	802	1 129	30	27.8	36.5

从表5可以看出,在石粉含量为20%、水粉比为40%时,混凝土的坍落度和抗压强度最佳。

160 kg/m³,机制砂790 kg/m³,碎石1140 kg/m³,其中石粉含量为1.3%、5%、7%、10%、15%。石粉含量对混凝土坍落度和抗压强度的影响见表6。

3) C40 的路面混凝土

C40混凝土原材料用量为:水泥360 kg/m³,水

表6 路面混凝土的配制

编号	水粉比	石粉含量/%	原材料用量/(kg·m ⁻³)				减水剂掺量/%	坍落度/mm	抗压强度/MPa	
			水	水泥	砂	碎石			7 d	28 d
1	0.43	1.3					30	44.7	46.2	
2	0.40	5					50	44.5	50.4	
3	0.38	7	160	360	790	1140	0.6	40	39.1	48.4
4	0.36	10					30	36.7	47.5	
5	0.33	15					20	36.1	47.3	

从表6可以看出,在石粉含量为5%、水粉比为0.40,混凝土的坍落度和抗压强度最佳。

2.2 讨论

从以上石粉含量对中低强度等级机制砂混凝土工作性能和抗压强度的影响可以得出:无论是流态混凝土还是塑性混凝土,即使其水泥等级、水灰比不同。混凝土要获得最佳工作性和抗压强度,混凝土的水粉比均为0.40。

由此,在进行机制砂混凝土配合比设计时,可以通过水粉比0.4来预测机制砂的最佳石粉含量,以此为基础,通过试验进一步验证与调整。其大体步骤如下:

1)参考行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)进行配合比的初步计算,确定水灰比、砂率,各种原材料的用量等;

2)通过公式(1)来估算机制砂的石粉含量,即采用水粉比0.40来预测机制砂的最佳石粉含量;

3)通过试配来验证与确定机制砂的最佳石粉含量。

$$\frac{m_w}{m_c + m_s \cdot x} = 0.40 \quad (1)$$

式中: m_w 为用水量; m_c 为水泥用量; m_s 为砂用量; x 为代表石粉最佳含量的推测值。

3 结论

以中低强度等级石灰岩机制砂混凝土为研究对象,对比研究了石粉含量对混凝土工作性能和抗压强度的影响。试验结果表明,混凝土的类型不同,采用的原材料不同,可能会造成机制砂的最佳石粉不同,但对应的水粉比均为0.40。因此,结合行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000),通过水粉比0.4来估测机制砂的最佳石粉含量。

参考文献:

- [1] 蔡基伟,李北星,周明凯,等. 石粉对中低强度机制砂混凝土性能的影响[J]. 武汉理工大学学报,2006,28(4): 27-30.
CAI Jiwei, LI Beixing, ZHOU Mingkai, et al. Effects of crusher dust of properties of low/medium strength concrete with manufactured sand[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2006,28(4):27-30.
- [2] 杨玉辉,周明凯,赵华耕. C80 机制砂泵送混凝土的配制及其影响因素[J]. 武汉理工大学学报,2005,27(8): 27-30.
YANG Yuhui, ZHOU Mingkai, ZHAO Huageng. Preparation and influencing factors of C80 pumpcrete

with machine-made sand [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2005,27(8):27-30.

- [3] 王稷良,牛开民,刘英,等. 机制砂中石粉对混凝土性能影响的研究现状[J]. 公路交通科技,2008,25(9): 302-307.
WANG Jiliang, NIU Kaimin, LIU Ying, et al. Researching development of influence of stone dust on properties of manufactured-sand concrete [J]. Journal of Highway and Transportaton Research and Development, 2008,25(9):302-307.
- [4] 李兴贵. 高石粉含量人工砂在混凝土中的应用研究[J]. 建筑材料学报,2004,7(1):66-71.
LI Xinggui. Use of man-made sand with high content stone powder in concrete [J]. Journal of Building Materials, 2004,7(1):66-71.
- [5] Prakash R D S, Giridhar K. Investigations on concrete with stone crushed dust as fine aggregate [J]. The Indian Concrete Journal, 2004, (6):45-50.
- [6] 李建,谢友均,刘宝举,等. 石灰石屑代砂混凝土配制技术研究[J]. 建筑材料学报,2001,4(1):89-92.
LI Jian, XIE Youjun, LIU Baoju, et al. Study on the preparation technology of concrete containing limestone aggregate chips [J]. Journal of Building Materials, 2001,4(1):89-92.
- [7] Hiroshi U, Shunsuke H, Hiroshi H. Influence of microstructure on the physical properties of concrete and concrete prepared by substituting mineral powder for part of fine aggregate [J]. Cement and Concrete Research, 1996, 26(1): 101-111.
- [8] Violeta B B. SCC mixes with poorly graded aggregate and high volume of limestone filler [J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33:1279-1286.
- [9] Bonavetti V, Donza H, Menendez G, et al. Limestone filler cement in low w/c concrete; A rational use of energy [J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33: 865-871.
- [10] 刘数华,阎培渝. 石粉作为碾压混凝土掺合料的利用和研究综述[J]. 水力发电,2007,33(1):69-71.
LIU Shuhua, YAN Peiyu. Summarization of utilization and researches on stone powder used as mineral admixtures in roller compacted concrete [J]. Water power,2007,33(1):69-71.
- [11] 王雨利,王稷良,周明凯,等. 机制砂及石粉含量对混凝土抗冻性能的影响,建筑材料学报,2008,11(6):726-731.
WANG Yuli, WANG Jiliang, ZHOU Mingkai, et al. Effects of manufactured fine aggregate and aggregate micro fines on frost-resistant performance of concrete [J]. Journal of building materials, 2008,11(6):726-

- 731.
- [12] 王雨利,周明凯,李北星,等. 石粉对水泥湿堆积密度和混凝土性能的影响[J]. 重庆建筑大学学报,2008,30(6):151-154.
WANG Yuli, ZHOU Mingkai, LI Beixing, et al. Effects of stone powder on wet packing density of cement and performances of concrete [J]. Journal of Chongqing jianzhu University, 2008,30(6):151-154.
- [13] Wang J L, Yang Z F, Niu K M, et al. Influence of MB value of manufactured sand on the shrinkage and cracking of high strength concrete [J]. Journal of Wuhan University of Technology — Mater. Sci. Ed. 2009, 24(2): 321-325.
- [14] Tahir C, Khaled M. Effects of crushed stone dust on some properties of concrete [J]. Cement and Concrete Research, 1996, 26(7):1121-1130.
- [15] Ahmed A E, El-Kourid A A. Properties of concrete incorporating natural and crushed stone very fine sand [J]. ACI Materials Journal, 1989, 86(4):417-424.
- [16] Ahn N S. An Experimental Study on the guidelines for using higher contents of aggregate micro fines in portland cement concrete [D]. The University of Texas, August, 2000.
- [17] Ramezani-pour A A, Ghiasvand E, Nickseresht I, et al. Influence of various amounts of limestone powder on performance of Portland limestone cement concretes [J]. Cement & Concrete Composites, 2009, 31(10): 715-720.
- [18] 王稷良,周明凯,朱立德,等. 机制砂对高强混凝土体积稳定性的影响[J]. 武汉理工大学学报,2007,29(10): 20-24.
WANG Jiliang, ZHOU Mingkai, ZHU Lide, et al. Effects of manufactured-fine aggregate on volume stability of high-strength concrete [J]. Journal of Wuhan university of technology, 2007,29(10):20-24.

(编辑 胡 玲)

(上接第 135 页)

- [11] Peng Y Z, Yu D S, Liang D W, et al. Nitrogen removal via nitrite from seawater contained sewage [J]. Journal of Environmental Science and Health Part A: Toxic/hazardous Substances and Environmental Engineering. 2004, 39(7):1667-1680.
- [12] 李凌云,彭永臻,杨庆,等. SBR 工艺短程硝化快速启动条件的优化[J]. 中国环境科学,2009,29(3):312-317.
LI Lingyun, PENG Yongzhen, YANG Qing, et al. Partial nitrification SBR process quick start the optimization of the conditions [J], China Environmental Science, 2009,29(3):312-317.
- [13] 曾薇,张悦,李磊,等. 生活污水常温处理系统中 AOB 与 NOB 竞争优势的调控[J]. 环境科学,2009,30(5):1430-1436.
ZENG Wei, ZHANG Yue, LI Lei, et al. AOB and NOB competitive advantage in the sewage room temperature processing system regulation [J]. Environmental Science, 2009, 30(5):1430-1436.
- [14] Zhu G, Peng Y, Li B, et al. Biological removal of nitrogen from wastewater [J]. Rev. Environ. Contain. Toxicol., 2008,192:159-195.
- [15] Peng Y, Zhang S, Zeng W, et al. Organic removal by denitrification and methanogenesis and nitrogen removal by nitrification from landfill leachate [J]. Wat Res., 2008, 42:883-892.
- [16] Ma Y, Peng Y, Wang S, et al. Achieving nitrogen removal via nitrite in a pilot-scale continuous pre-denitrification plant [J]. Wat Res., 2009,43:563-572.

(编辑 胡 玲)