

机制砂MB值对混凝土性能的影响

胡文

湖南省湘筑工程有限公司 湖南 长沙 410004

[摘要]建筑业的飞速发展需要越来越多的混凝土材料，而混凝土材料中的砂石骨料约占混凝土质量的2/3，巨大数量的砂石消耗使得天然资源远远不能满足使用要求，尤其是天然砂资源，因此机制砂成为很多建筑砂的来源。机制砂中0.075mm以下的颗粒被称为石粉，而天然砂中粒径小于0.075mm的颗粒含量被称为含泥量，两者有着本质的区别，石粉为机制砂破碎过程中的副产物，其物理化学性质与母岩性质相同，对混凝土性能的影响有利有弊。由于机制砂是由岩石破碎而成，在生产过程中难免带入部分山皮，导致机制砂中0.075mm以下颗粒中含有部分泥粉，它们多是天然砂在搬运过程中夹杂的尘屑、淤泥和黏土。泥粉的存在可引起混凝土需水量增加，减弱混凝土性能或更容易被风化，阻碍水泥与骨料胶结的充分发展，妨碍水泥的正常水化或与水泥中成分进行化学反应等负面影响。

[关键词]机制砂MB值；混凝土性能；影响

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.11.268

GB/T14684—2011《建筑用砂》规定混凝土用机制砂需用亚甲蓝方法（MB值）检测机制砂中泥粉的含量，制定了严格的规定，但未给出说明。现代混凝土对砂石的要求越来越高，特别是高强和高性能混凝土对骨料的要求特别严格，砂的质量严重制约了高性能混凝土的发展，对机制砂MB值的研究有利于控制机制砂的质量，为混凝土的发展提供理论依据。

1、原材料

(1) 水泥：采用祁阳海螺水泥厂生产的P·042.5级水泥，其指标性能符合《GB 175-2007》标准。

(2) 粉煤灰：采用耒阳电厂生产的II粉煤灰，其性能指标符合《GB/T 1596-2017》标准。

(3) 细集料：采用鹅卵石破碎的机制砂，细度模数2.7，石粉含量5.8%，表观密度为2667kg/m³，机制砂的级配等符合《JTG/T3650-2020》规范中6.3 II类要求。

(4) 粗集料：粗骨料采用祁东县综合采石场生产的5~31.5mm连续级配碎石，其级配曲线、其他性能指标符合《JTG/T3650-2020》规范中6.4 II类要求。

(5) 减水剂：湖南引达生产的YD-01型聚羧酸减水剂，性能指标符合《GB 8076-2008》规范要求。

(6) 水：采用地下水其性能符合《JGJ 63-2006》中砼拌合用水要求。

2、实验结果及分析

通过石粉和泥粉对机制砂MB值的影响，机制砂MB值对混凝土力学性能、强度、抗压弹性模量、工作性能、抗冻性能的影响等几个方面进行了研究分析。

2.1 石粉和泥粉对机制砂MB值的影响

不同石粉含量的机制砂的MB值见图1和图2。为了研究泥粉对MB值的影响，实验时先将机制砂中石粉筛除，然后加入两种不同塑性（A塑性指数8.5、B塑性指数18.2）的泥粉，实验结果见图3和图4。

石粉含量	0	2%	4%	6%	8%	10%	15%
MB值	0.25	0.35	0.6	0.85	1.1	1.35	1.75

图1

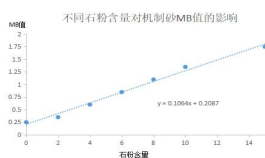


图2

泥粉含量	0	1%	2%	3%	4%	5%	6%
A	0.25	0.75	1.25	1.6	2.25	2.85	3.35
B	0.25	0.85	1.35	1.85	2.6	3.25	3.75

图3

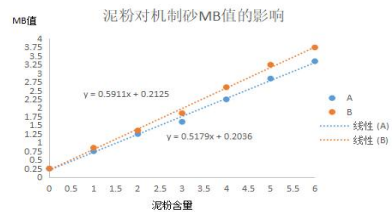


图4

由图1和图2可以看出，泥粉的MB值与泥土的性质有关。相同泥粉含量时，机制砂的MB值塑限指数越大其MB值越大。因此，可以认为机制砂中泥粉的塑限指数对机制砂的MB值有较大影响。

通过以上的实验分析表明，机制砂中石粉和泥粉两者的性质不能等同，适当的石粉可以调节混凝土的性能，而泥粉则是有害物质。同时机制砂的MB值越大，对水的吸附性越强。

2.2 机制砂MB值对混凝土力学性能的影响

主要研究机制砂MB值对低强度等级混凝土和高强度等级混凝土的强度的影响。

低强度混凝土（C30）的具体配合比为：水泥297kg/m³，粉煤灰74kg/m³，水167kg/m³，YD-01型聚羧酸减水剂4.45kg/m³，碎石1092kg/m³，机制砂790kg/m³。

MB值与低强度混凝土强度情况汇总

MB值	泥粉含量	7d抗压强度	28d抗压强度	28d抗折强度
0.25	0	34.4	39.7	6.9
0.75	1	35.1	41.2	7.1
1.25	2	35.6	41.3	7.2
1.6	3	32.2	36.4	6.5
2.25	4	28.2	32.4	6.2
2.85	5	27.2	30.3	5.7
3.35	6	24.8	27.7	4.8

图5

从图5可以看出，随着机制砂MB值的增加，低等级混凝土的强度都出现了一个先略增长再下降的趋势，7d强度和28d强度在MB值为1.25时出现了个最大值，但是随着MB值的继续增大，混凝土的抗压强度下降，抗折强度也出现先增大后降低的趋势，在MB值为1.25时达到了最大值，随MB值的增大抗

折强度的下降幅度更加明显。呈现这种趋势的原因可能是对于低强度等级混凝土而言,其水胶比较大,易于产生离析泌水,泌水在粗集料表面富集,形成薄弱的界面过渡区,降低混凝土的强度,而MB值的提高改善了水泥浆体的保水性,降低了自由水在集料表面的富集,从而在一定程度上改善了混凝土界面过渡区,提高了混凝土强度;但另一方面,机制砂MB值的提高,影响了水泥的正常水化,降低了混凝土中水泥石的强度,且泥粉的增加,也导致了混凝土内部大量自由水被吸附,内部形成更多的微裂纹,这都导致混凝土强度的降低。机制砂MB值两种效应共同作用,导致低强混凝土随MB值增大,呈现先增大后降低的趋势,且当MB值达到一定程度时,其后一种作用更加显著,同时对于混凝土而言,混凝土内部裂缝对抗折强度劣化作用较抗压强度更显著,因此也就出现了随MB值提高折压比下降的现象。

高强度等级混凝土的具体配合比为:水泥 $476\text{kg}/\text{m}^3$,粉煤灰 $48\text{kg}/\text{m}^3$,水 $156\text{kg}/\text{m}^3$,YD-01型聚羧酸减水剂 $7.14\text{kg}/\text{m}^3$,石子 $1168\text{kg}/\text{m}^3$,机制砂 $629\text{kg}/\text{m}^3$ 。

MB值与高强度混凝土强度情况汇总

MB值	泥粉含量	7d抗压强度	28d抗压强度	28d抗折强度
0.25	0	55.5	65.8	7.9
0.75	1	56.4	64.4	8.2
1.25	2	58.1	65.5	8.6
1.6	3	56.2	63.6	7.7
2.25	4	54.2	62.2	7.1
2.85	5	52.2	63.4	6.5
3.35	6	50.8	63.1	5.8

图6

由图6可以看出,机制砂MB值对高强度机制砂混凝土的早期抗压强度的影响较为显著,由于泥粉含量的增加导致混凝土早期抗压强度的下降,但对混凝土后期抗压强度的影响不大。机制砂MB值变化对水泥的抗折强度影响明显,混凝土抗折强度最高降低约25%,且抗折降低幅度与普通混凝土低(普通混凝土降低约30%)。对于高强机制砂混凝土而言,由于高强度机制砂混凝土胶凝材料用量较高,水胶比较低,机制砂MB值提高混凝土保水作用,降低混凝土强度的影响效应不明显,而泥粉阻碍水泥水化的效应则较为明显。

2.3 机制砂MB值对混凝土工作性能的影响

为了研究机制砂MB值对混凝土工作性能的影响,对前述低强度C30强度混凝土进行了实验,图7。

MB值与低强度混凝土工作性能情况汇总

MB值	泥粉含量	稠度	保水性	坍落度	1h坍落度	2h坍落度
0.25	0	上	少量	220	220	220
0.75	1	上	少量	220	220	215
1.25	2	上	无	220	210	200
1.6	3	上	无	220	200	185
2.25	4	上	无	215	200	180
2.85	5	上	无	210	195	165
3.35	6	上	无	210	195	160

图7

从上述图表可以看出,低强度混凝土的工作性能随着MB值的增加,除对坍落度有影响外,其他指标影响不大,但随着时间的推移MB值对坍落度指标的影响随MB值的增加而增加,MB值在1.6以后尤为明显。分析其原因是泥粉内含有的絮状物质、吸水矿物质成分,在混凝土拌合时阻碍了外加剂内有效成分发挥作用,导致混凝土拌合物流动性变差,泥粉含量增加,导致这种情况越明显。

2.4 机制砂MB值对混凝土弹性模量的影响

为了对比研究机制砂MB值对混凝土静压弹性模量的

影响,试验采用高强度等级混凝土的具体配合比为:水泥 $476\text{kg}/\text{m}^3$,粉煤灰 $48\text{kg}/\text{m}^3$,水 $156\text{kg}/\text{m}^3$,YD-01型聚羧酸减水剂 $7.14\text{kg}/\text{m}^3$,石子 $1168\text{kg}/\text{m}^3$,机制砂 $629\text{kg}/\text{m}^3$ 。

随着MB值的增大,混凝土的弹性模量出现先增大又降低的趋势,在MB值为1.25前,弹性模量略微增长,在1.25到2.25之间又略微下降,2.25之前总体变化幅度不大,但在2.25后急剧下降。这可能是因为:在MB值为2.25之前,泥粉的含量不大,对混凝土的弹性模量影响不大,弹性模量是略微的增长和下降,但当MB值过了2.25以后,泥粉的含量提高了,阻碍了水泥的正常水化,降低了水泥石的强度,从而导致了混凝土弹性模量的降低。

2.5 机制砂MB值对混凝土抗冻性能的影响

实验配比仍为上述高强度等级混凝土的配比,本实验采用冻融循环后弹性模量来表征混凝土的抗冻性能。

在冻融循环100次以下时,机制砂MB值对混凝土弹性模量的影响并不显著,但当冻融循环达到150次时,MB值为2.25的混凝土的弹性模量出现大幅度降低,当冻融循环增加到200次时,MB值大于1.6的混凝土都出现了弹性模量的显著降低,且MB值越大,降低幅度越大。

对于混凝土出现这种趋势的原因分析认为:机制砂中泥粉均匀分散于水泥石中,其疏松多孔的结构容纳了大量的毛细水,其毛细管壁的强度要低于正常水泥石毛细管壁,在经受多次反复的冻融循环后,含泥粉的毛细管壁被破坏,导致混凝土弹性模量降低。

3 结论

通过以上实验研究分析,得出以下结论:

(1) 机制砂中石粉含量对机制砂的MB值的影响不大,机制砂的MB值主要受机制砂中泥粉含量的影响,泥粉的塑性指数决定着机制砂的MB值。

(2) 对于低强度等级混凝土而言,随着机制砂MB值的增大,混凝土的28d抗折强度、7d和28d的抗压强度均出现了先增大又降低的趋势,且都在MB值为1.25时出现了最大值。对于高强度等级的混凝土而言,随着机制砂MB值的增加,混凝土的早期抗压强度明显下降,但28d强度影响不显著,混凝土的抗折强度下降幅度较大,比低强度的幅度大。

(3) 低强度混凝土的工作性能随着MB值的增加,除坍落度有影响外,其他指标影响不大,但随着时间的推移MB值对坍落度指标的影响随MB值的增加而增加,MB值在1.6以后明显。

(4) 随着MB值的增大,混凝土的弹性模量出现先增大又降低的趋势,在MB值为1.25前,弹性模量小幅度增长,在1.25到2.25之间大幅下降,2.25之前总体变化幅度不大,但过了2.25后,泥粉含量的提高阻碍了水泥的正常水化,降低了水泥石的强度,从而导致了混凝土弹性模量的降低。

(5) 在冻融循环100次以下时,机制砂MB值对混凝土弹性模量的影响并不显著,但当冻融循环达到150次时,MB值为2.25的混凝土的弹性模量出现大幅度降低,当冻融循环增加到200次时,MB值大于1.6的混凝土都出现了弹性模量的显著降低,且MB值越大,降低幅度越大。

参考文献

- [1] 田建平,周明凯,蔡基伟.高强机制砂混凝土中石粉与粉煤灰的复合效应[J].武汉理工大学学报,2006,28(3):55-57,60.
- [2] 王稷良.机制砂特性对混凝土性能的影响及机理研究[D].武汉:武汉理工大学,2008.
- [3] 邱岳涛.机制砂中石粉对混凝土性能的影响[J].福建建材,2014(08):18-19.