

石灰石粉细度对水泥混凝土性能的影响研究

何锦云,张红丹,冯旭准,李雪峰,任玉文,李云峰

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:通过对比试验研究了不同细度的石灰石粉对水泥混凝土性能的影响。结果表明,磨细石灰石粉减少了水泥的标准稠度用水量,但效果甚微,缩短了水泥的初、终凝时间;并且使混凝土拌合物的塌落度增大,提高了拌合物的流动性和可塑性;通过对不同龄期混凝土试块抗压强度的测定表明,磨细石灰石粉提高了混凝土的抗压强度,并且随着石灰石粉细度的增加,混凝土的抗压强度增大。

关键词:石灰石粉;细度;强度和易性;标准稠度用水量

中图分类号:TU528

文献标识码:A

Research on cement and concrete performance with fine grinding stone lime

HE Jin-yun, ZHANG Hong-dan, FENG Xu-zhun, LI Xue-feng, REN Yu-wen, LI Yun-feng

(College of Architecture and Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract:The effect of different fineness of limestone powder on the properties of cement concrete were studied. The results show that the fine grinding of limestone powder make cement standard consistency water drop slightly and shorten the initial setting time and final setting time, and make the concrete mixture slump increase, and could increase liquidity and plasticity of mixture; Measurement results of different age concrete block show that the compressive strength of ground limestone powder increase the strength of concrete, and with the increase of the limestone powder fineness, the compressive strength of concrete block value increase.

Key words:limestone powder; fineness; strength and workability; standard consistency water consumption

随着我国经济的增长,建筑行业飞速发展。我国对水泥、混凝土的需求量逐步增加^[1]。混凝土矿物掺合料的发明与应用,被认为是混凝土工艺和应用技术上的一次重大突破。石灰石粉作为一种新型混凝土矿物掺合料,不仅价格低廉,加工方便,能耗低,经济效益好,而且用作混凝土掺合料能显著改善水泥基材料的性能,在技术和经济上都具有诸多好处,故近年来得到国内外的广泛关注和研究。巴西、欧洲、美国都有把石灰石粉可以作为混凝土掺合料来使用^[2]。我国对石灰石粉在混凝土中的应用也做了大量研究,郭育霞等^[3]针对石灰石粉掺量对混凝土力学性能及耐久性的影响进行研究;岳瑜等^[4]对磨细粉煤灰与石灰石粉复合配制 C80 高性能混凝土进行了研究,认为

现行的国家水泥标准《硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥》GB175 允许在水泥中掺加一定量的混合材,但是对混合材的掺量有一定的限制。水泥厂为了降低生产成本,掺加的混合材一般是一定量的石灰石^[5-6]。本文拟对石灰石粉掺量为 10% 的混凝土根据其细度的不同进行研究讨论,并确定了不同细度的石灰石粉对混凝土和水泥性能的影响规律。

1 材料及实验方法

1.1 试验材料

人工砂:细度模数为 $M_x = 1.5$,表观密度 $\rho_o =$

2.68 g/cm³,堆积密度 $\rho_o' = 1.42 \text{ g/cm}^3$,压碎指标 7.5%,含泥量 3.4%。

水泥:太行山 42.5R 普通硅酸盐水泥, $\rho_c = 3.1 \text{ g/cm}^3$ 。

碎石:5~20 mm 连续级配, $\rho_g = 2.66 \text{ g/cm}^3$,压碎指标 9.1%。

外加剂:FDN 高效减水剂,掺量为 1%,减水率约为 15%~20%。

石灰石粉:密度 $\rho = 2.62 \text{ g/cm}^3$,表观密度 $\rho_o = 2.32 \text{ g/cm}^3$,根据 0.045 mm 方孔筛的筛余量确定石灰石粉的细度。如表 1 所示:

1.2 试验方法

本试验按照 GB/T1346-2001《水泥标准稠度,凝结时间,安定性检验方法》测定其标准稠度用水量及凝结时间。依据 GB/T50080—2002《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》规定,测混凝土拌合物的工作性能。根据 GB/T50081—2002《普通混凝土力学试验方法标准》的规定,制成 10 cm×10 cm×10 cm 的混凝土立方体抗压试块,测其不同龄期(3、7、28 d)的抗压强度值,并乘以 0.95 的折算系数换算成标准强度值。规范给定混凝土用砂为中砂,但是由于邯郸地区中砂短缺而特细砂丰富,据研究用特细砂拌制混凝土砂率为

30%^[7]时亦可配制出高强高性能混凝土。混凝土配合比设计如表 2:

2 试验结果及分析

2.1 试验结果

石灰石粉细度对水泥浆凝结时间及标准稠度用水量的影响结果见表 3:

石灰石粉细度对混凝土拌合物塌落度的影响结果见图 1:

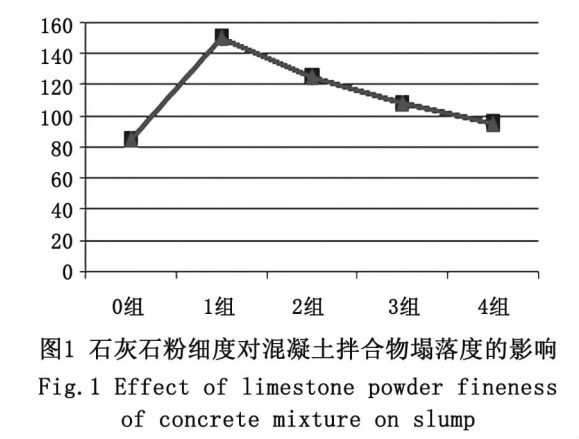


图1 石灰石粉细度对混凝土拌合物塌落度的影响
Fig.1 Effect of limestone powder fineness of concrete mixture on slump

石灰石粉细度对混凝土不同龄期(3、7、28 d)的影响结果见图 2:

表 1 石灰石粉细度
Tab.1 Limestone powder fineness

研磨时间/min	30	45	60	75
筛余量/%	12.99	11.68	10.50	6.90

表 2 掺石灰石粉混凝土配合比设计
Tab.2 Design of the mixture ratio of concrete with limestone powder

试验号	水泥/kg	水/kg	砂/kg	石子/kg	FDN/kg(掺量 1%)	石灰石粉掺量/kg	石灰石粉细度/%
0	490	172	520	1 220	4.9	0	—
1	490	172	520	1 220	4.9	49	12.99
2	490	172	520	1 220	4.9	49	11.68
3	490	172	520	1 220	4.9	49	10.50
4	490	172	520	1 220	4.9	49	6.90

表 3 水泥-石灰石粉浆体凝结时间及用水量试验结果
Tab.3 Mix proportions and the reduction proportion of the cement-limestone powder pastes for setting time

试验号	水泥/g	石灰石粉/g	石灰石粉细度/%	标准稠度用水量/%	初凝时间/min	终凝时间/min
0	500	0	—	29.0	245	330
1	450	50	12.99	28.6	226	311
2	450	50	11.68	28.5	234	316
3	450	50	10.50	28.6	210	313
4	450	50	6.90	28.4	220	310

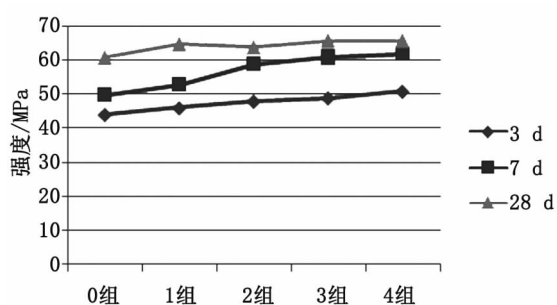


图2 不同细度的石灰石粉对混凝土强度的影响

Fig.2 Influence of different fineness of limestone powder on concrete strength

2.2 结果分析

由表3可以看出,1~4组与0组相比其标准稠度用水量分别减少了0.4%、0.5%、0.4%、0.6%。

石灰石粉作为惰性掺合料本身并不参与水泥的水化,但石灰石粉表面光滑,颗粒圆润,其表面的摩擦阻力较小,同时还具有致密的斥水表面结构^[8],能够充分发挥本身的滚珠效应,增加水泥净浆的流动性,起到减水的作用。但由以上数据可知,石灰石粉对水泥净浆的减水效果并不是特别明显,而且减水性能与石灰石粉的细度关系不大。

石灰石粉取代10%的水泥作为胶凝材料制成标准稠度的净浆,测其凝结时间。由表3可以看出,掺入石灰石粉后,水泥净浆的初、终凝时间都明显减少。由于石灰石粉为惰性掺合料,本身并不发生水化反应,用石灰石粉替代部分水泥后,致使参加水化的胶凝材料用量减少。在同样环境下掺石灰石粉的胶凝材料完全水化所用时间少。并且,石灰石粉颗粒细、表面光滑能很好的填充到水泥颗粒之间,使水泥颗粒更好分散开来,使水泥水化速度加快,凝结硬化也随之加快。但由表3还可以看出,1~4组掺石灰石粉的水泥浆体的凝结时间并没有随石灰石粉细度的增加发生明显变化。

由图1结果表明,掺石灰石粉的1~4组混凝土拌合物的塌落度与未掺的0组相比,分别提高了65、45、23、10 mm,并且随石灰石粉细度的增加塌落度值增加量减少。

混凝土拌合物中掺入石灰石粉后塌落度增大。一方面因为石灰石粉的形态效应,石灰石粉颗粒表面光滑致密,摩擦阻力小,在混凝土内部颗粒间可以起到“滚珠”的作用;另一方面,由于石灰石粉颗粒细小能够分散在水泥颗粒之间,起到了

分散剂的作用,使水泥絮凝体解絮,释放更多的自由水,增大混凝土的流动性。并且石灰石粉颗粒还能吸附拌合物中多余的水分,改善拌合物的粘聚性和保水性。随着石灰石粉细度的增加,其本身的形态效应和分散作用越明显。但由于石灰石粉细度的增加,其颗粒本身吸附的水颗粒也增多,致使混凝土拌合物的粘聚性进一步加大,塌落度差值相对减少。

综上所述,石灰石粉掺入混凝土拌合物中不仅增加了混凝土拌合物的流动还改善了拌合物的粘聚性和保水性。并且随着石灰石粉细度的增加混凝土拌合物的粘聚性和保水性增强,流动性的增强幅度减弱。

分析图2可知,混凝土3 d龄期抗压强度随石灰石粉细度的增加分别增强了4.5%、9.1%、11.4%、15.9%;7 d抗压强度随石灰石粉细度的增加分别增强了6.0%、18.0%、22.0%、24.0%;28 d抗压强度随石灰石粉细度的增加分别增强了6.5%、4.9%、8.2%、8.2%。由以上数据可以看出混凝土中掺入石灰石粉后其抗压强度值有不同程度的提高,并且随着龄期的增加抗压强度值增长幅度有所减缓。即石灰石粉对混凝土早期强度的增长幅度更大。

石灰石粉对混凝土强度的增强作用一方面由于混凝土中掺入石灰石粉后,在保持混凝土工作性不变的前提下,使混凝土水胶比降低,强度增加;另一方面是因为磨细石灰石粉颗粒比水泥颗粒小,将其掺入混凝土中不仅改善了胶凝材料的颗粒级配,还更好的填充在界面的孔隙中,使水泥石结构和界面结构更为致密,提高了水泥石强度和界面强度^[9]。混凝土后期强度的增长主要由于水泥的水化作用,石灰石粉对混凝土的后期影响较小,故28天混凝土的强度增长幅度减少。

综上分析,随着石灰石粉细度的增加,混凝土强度增加,且石灰石粉对混凝土的早期强度影响较大。

3 结论

1)磨细石灰石粉能促进水泥浆体的凝结,使初凝和终凝时间均缩短,这说明石灰石粉加速了水泥的水化。并且,石灰石粉降低了水泥的标准稠度用水量,但效果甚微。

2)石灰石粉能改善混凝土拌合物的工作性,提高拌合物的流动性和可塑性。并且,石灰石粉

越细,混凝土拌合物的塌落度增长幅度越小,拌合物的粘聚性和保水性越好。

3)通过对不同龄期混凝土试块抗压强度的测定表明,磨细石灰石粉提高了混凝土抗压强度,并且随着石灰石粉细度的增加,混凝土的抗压强度增大。

参考文献:

- [1]周金钟,郑广军,刘勇彰.石灰石粉在普通混凝土中的应用研究[J].建筑节能,2009,10(6):31-34.
- [2]MENENDEZ G, BONAVENTI V, IRASSAR E F. Strength development of ternary blended cement with limestone filler and blast furnace slag[J]. Cement and Concrete Research, 2003, 25(1): 61-67.
- [3]郭育霞,贡金鑫,李晶.石粉掺量对混凝土力学性能及耐久性的影响[J].大连理工大学学报,2009,12(3):266-271.

(上接第61页)砂柱,毛细水都是在开始水补给初期阶段上升速度最快;随着时间的增长,毛细水上升速度越来越小,直至停止。

2)其他条件相同的情况下,加温砂柱毛细水上升的最大高度小于室温砂柱毛细水上升的最大高度,证明局部的高温反而会抑制水分的向上迁移。随着温度的升高,毛细水上升的最大高度将随之降低。

3)两根砂柱毛细水在上升到43 cm时,毛细水上升速度相等;低于43 cm时,加温砂柱毛细水上升速度大于室温砂柱;高于43 cm时,室温砂柱毛细水上升速度大于加温砂柱。

参考文献:

- [1]贝尔.多孔介质流体动力学[M].北京:中国建筑工业出版社,1983.
- [2]刘小平.非饱和土路基水作用机制及其迁移特性研究[D].长沙:湖南大学,2008.
- [3]尹娟,费良军,程东娟.均质土壤毛管水上升特性室内试验研究[J].农业工程学报,2007,6(23):91-94.
- [4]王丁,费良军.层状土壤上升毛管水运移特性实验研究[J].地下水,2009,31(1):35-37.

- [4]岳瑜,张兰芳.磨细粉煤灰与石灰石粉复合配制C80高性能混凝土的研究[J].粉煤灰综合利用,2011,13(4):20-21.
- [5]李晶.石灰石粉掺量对混凝土性能影响的试验研究[D].大连:大连理工大学,2008.
- [6]何锦云,李云峰,白鲁帅.石灰石粉掺量对混凝土性能的影响研究[J].河北工程大学学报:自然科学版,2014,31(3):15-16.
- [7]何锦云,张翠,吕如春.特细砂配制低强度混凝土的试验研究[J].河北工程大学学报:自然科学版,2014,31(1):6-8.
- [8]孙开双,周兴旺,刘桂宾.磨细石灰石粉对混凝土性能影响研究[J].商品混凝土,2010(2):294-298.
- [9]陈剑雄,崔洪涛,陈寒斌,等.掺入超细石灰石粉的混凝土性能研究[J].施工技术,2004,33(4):39-41.

(责任编辑 王利君)

- [5]DULLIEN F A L. 多孔介质:流体渗移与孔隙结构[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [6]FREDLUND D G, RAHARDIO H. Soil mechanics for unsaturated soils[M]. New York: Wiley & Sons Inc, 1993.
- [7]李锐,李文光,陈善雄.基于Geo-slope的膨胀土路基毛细水上升分析[J].华中科技大学学报:城市科学版,2006,23(1):36-39.
- [8]魏进,王晓谋,张登良.风积砂的毛细性及其盐胀的室内试验研究[J].内蒙古公路与运输,2005(89):37-38.
- [9]LU N, LIKOSW J. Rate of capillary rise in soil[J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2004, 130(6): 646-650.
- [10]董斌,张喜发,李欣,等.毛细水上升高度综合试验研究[J].岩土工程学报,2008,30(10):1569-1575.
- [11]苗强强,陈正汉,田卿燕,等.非饱和含黏土砂毛细水上升试验研究[J].岩石力学,2011,32(Z1):327-333.
- [12]希勒尔.土壤和水-物理原理和过程[M].北京:农业出版社,1981.
- [13]贾辉.波涌灌间歇入渗氮素运移特性与地下水环境效应试验研究[D].西安:西安理工大学,2004.

(责任编辑 王利君)