文章编号：1674-9057(2021)02-0385-06 doi:10.3969/j.issn.1674-9057.2021.02.019

矿物掺合料对自密实混凝土基本性能的影响

殷建光[a]，孙 浩[a]，严鹏飞[a]，李宏波，朱一丁[a]

（宁夏大学 a. 土木与水利工程学院；b. 宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心；
c. 旱区现代农业水资源高效利用教育部工程研究中心，银川 750021）

摘 要：为探讨粉煤灰、硅灰掺量对自密实混凝土工作性能和力学性能的影响，对单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰硅灰自密实混凝土进行了工作性能测试、抗压强度和抗折强度试验。结果表明：粉煤灰和硅灰的掺入可以提高水泥浆体的流动性，改善自密实混凝土的填充性、间隙通过能力和抗离析性能；3 d龄期时，自密实混凝土的抗压强度和抗折强度随粉煤灰掺量增大均呈逐渐下降的趋势；28 d龄期时，自密实混凝土抗压强度和抗折强度随粉煤灰掺量增大均呈先增后减的趋势；粉煤灰掺量为30%、硅灰掺量为4%时，复掺粉煤灰硅灰自密实混凝土工作性能达到最优，复掺粉煤灰硅灰自密实混凝土28 d龄期抗压强度和抗折强度达到峰值55.60和8.08 MPa，并建立了自密实混凝土抗折强度和抗压强度之间的线性回归关系模型为$f_{cf}=8.950\ 7+0.307\ 8f_{cu}$。

关键词：自密实混凝土；粉煤灰；硅灰；工作性能；力学性能

中图分类号：TU528.041 **文献标志码**：A

0 引 言

自密实混凝土(self-compacting concrete，SCC)又称自填充混凝土，是一种具有高流动性、抗离析性和良好变性能力，在自重作用下无需振捣就能填充模板和钢筋间隙的混凝土[1]。与普通混凝土相比，具有施工方便、改善工作环境、降低工程造价和提高施工效率等优点[2-4]。自1988年岗村甫发明自密实混凝土以来，随着施工机械和工艺的发展，其在工程建设中有着越来越广泛的应用。

粉煤灰和硅灰是宁夏地区主要的工业固体废渣，每年总产约为1 700万t，随着电力和冶金工业的发展，产量还在逐年增加。大量的粉煤灰和硅灰的堆积不仅污染环境和占用土地资源，还会给人类健康带来严重的危害。随着研究的不断深入，粉煤灰已被用作混凝土常用的矿物掺合料：姚大立等[5]分析了粉煤灰与再生骨料对自密实再生混凝土力学性能的影响，发现粉煤灰掺量为25%时，自密实再生混凝土的立方体抗压强度和轴心抗压强度最大，并建立了考虑粉煤灰掺量的自密实再生骨料混凝土的立方体抗压强度与轴心抗压强度的关系式；朱亚鹏等[6]分析了粉煤灰和矿渣对自密实混凝土力学性能及耐久度的影响，发现粉煤灰和矿渣的掺入可以改善自密实混凝土的密实性和抗压强度，其变化规律与两种掺合料的水化叠加效应有关；Ling等[7]、Akcay等[8]研究了偏高岭土和硅灰对自密实混凝土力学性能的影响，发现在自密实混凝土中加入偏高岭土和硅灰可以改善孔结构，提高自密实混凝土强度和耐久性；王家滨等[9-10]研究了粉煤灰掺量对喷射混凝土渗透性、孔结构和力学性能的影响，发现喷射混凝土渗透性、孔结构参数、抗压强度和劈裂抗拉强度随粉煤灰掺量增大呈先减后增的趋势，并建立了抗压强度和劈裂抗拉强度预测模型；孙江云等[11]研究了粉煤灰、矿渣和硅

收稿日期：2020-01-18
基金项目：教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队项目(IRT1067)；宁夏回族自治区重点研发计划重大(重点)项目(2018BEG02009)；宁夏高等学校一流学科(水利工程学科)项目(NXYLXK2017A03)
作者简介：殷建光（1996—），男，硕士研究生，研究方向：土木工程新材料，1303896347@qq.com。
通讯作者：李宏波，副教授，lhbiongo@126.com。
引文格式：殷建光，孙浩，严鹏飞，等. 矿物掺合料对自密实混凝土基本性能的影响［J］. 桂林理工大学学报，2021，41(2)：385-390.

灰对高性能混凝土早期塑性开裂的影响，发现粉煤灰和矿渣的掺入对混凝土早期塑性开裂有很好的抑制作用，但加剧了混凝土的早期塑性开裂；杨林等[12]发现粉煤灰的掺入可以改善机制砂混凝土抗折强度，但对抗压强度有负面影响，并提出了机制砂混凝土抗压强度和耐磨性的对数线性模型。前人研究结果表明：粉煤灰和硅灰的掺入可以改善混凝土的强度、流变性和耐久性，然而试验成果大多是基于单掺粉煤灰、硅灰或者粉煤灰、硅灰与其他矿物掺合料复掺对普通混凝土和其他类型混凝土的影响研究，对于复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土工作性能、力学性能变化规律以及抗压强度和抗折强度关系预测模型的研究相对较少。

本文以银川市排放量较大的粉煤灰和硅灰作为自密实混凝土的矿物掺合料，研究不同掺量粉煤灰和 4%硅灰对自密实混凝土工作性能、抗压强度和抗折强度的影响，并建立了抗压强度和抗折强度之间关系预测模型，以便为宁夏地区粉煤灰和硅灰资源开发利用及自密实混凝土的实际工程应用[13]提供参考。

1 试验原材料与方法

1.1 试验原材料

采用宁夏赛马 P·O 42.5R 水泥和宁夏银川市热电厂生产的Ⅱ级粉煤灰，水泥和粉煤灰主要性能指标见表 1；银川市地产硅灰，其主要性能指标见表 2；银川市西夏区地产中砂，堆积密度 1 493 kg/m^3，表观密度 2 670 kg/m^3，细度模数 2.63。石子采用银川市连续级配碎石，碎石颗粒级配曲线见图 1；山东烟台市生产的 UEA 混凝土膨胀剂；宁夏宏联外加剂有限公司生产的 HL-B1 型聚羧酸高性能减水剂，减水率为 30%；自来水。

1.2 配合比

根据《自密实混凝土应用技术规程》(JGJ/T 283—2012)中对自密实混凝土的规定和要求，考虑粉煤灰和硅灰的影响，分别配制 10 组试件尺寸分别为 100 mm×100 mm×100 mm 和 100 mm×100 mm×400 mm 的 C40 自密实混凝土，自密实混凝土配合比见表 3。其中，FSCC0 和 SFSCC0 配合比为自密实混凝土的对照组。自密实混凝土胶凝材料总掺量不变，水胶比为 0.358，砂率为 47.68%。膨胀剂掺量为 8%。粉煤灰替代水泥质量分别为 0、10%、20%、30%和 40%，硅灰替代水泥质量为 4%。

表 1 水泥和粉煤灰主要性能指标

Table 1 Main performance indexes of cement and fly ash

w_B/%	水泥	粉煤灰	物理指标	水泥	粉煤灰
SiO_2	22.46	40.90	细度/%	1.60	17.90
SO_3	2.96	2.96	烧失量/%	1.40	2.08
CaO	57.15	9.40	需水量比/%		97
K_2O	0.86	2.80	凝结时间/min		
MgO	1.54	4.16	初凝	200	
Al_2O_3	7.60	23.70	终凝	245	
Na_2O	0.31		抗压强度/MPa		
Fe_2O_3	5.00	11.30	3 d	25.48	
TiO_2		0.16	28 d	42.67	

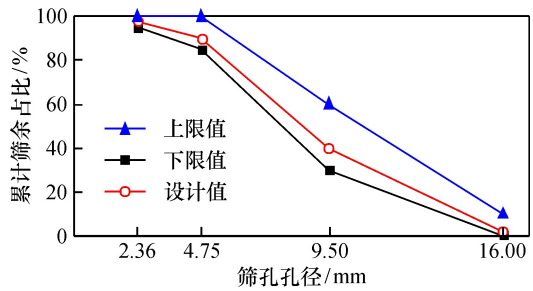


图 1 碎石颗粒级配曲线

Fig. 1 Gravel grading curve

1.3 试验方法

抗压强度和抗折强度按照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)中的方法进行测试。试验共测试 3 个龄期，分别为 3、7 和 28 d。抗压强度和抗折强度试验均在 YAW4306 型微机控制电液伺服万能试验机上进行，仪器最大负荷为 3 000 kN，精度为 0.000 1。

2 结果与分析

2.1 工作性能分析

自密实混凝土工作性能试验结果见图 2 和表 4。粉煤灰掺量在 0~30%时，随着煤灰掺量增大，

表 2 硅灰主要性能指标

Table 2 Main performance indexes of silica fume

w_B/%							比表面积/($m^2 \cdot kg^{-1}$)	28 d 活性指数/%
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O		
92.00	0.30	0.80	0.40	0.30	0.90	0.20	18 000	95

表 3　自密实混凝土配合比

Table 3　Mix proportion of SCC

试件编号	单位立方米混凝土材料用量/kg							
	水	水泥	粉煤灰	硅灰	石子	砂子	膨胀剂	减水剂
FSCC0	198.41	553.91	0	0	867.20	790.19	44.31	6.35
FSCC10	198.41	498.52	55.39	0	867.20	790.19	44.31	6.35
FSCC20	198.41	443.13	110.78	0	867.20	790.19	44.31	6.35
FSCC30	198.41	387.74	166.17	0	867.20	790.19	44.31	6.35
FSCC40	198.41	332.35	221.56	0	867.20	790.19	44.31	6.35
SFSCC0	198.41	531.75	0	22.16	867.20	790.19	44.31	6.35
SFSCC10	198.41	476.36	55.39	22.16	867.20	790.19	44.31	6.35
SFSCC20	198.41	420.97	110.78	22.16	867.20	790.19	44.31	6.35
SFSCC30	198.41	365.58	166.17	22.16	867.20	790.19	44.31	6.35
SFSCC40	198.41	310.19	221.56	22.16	867.20	790.19	44.31	6.35

注：F—Fly Ash；S—Silica Fume；FSCC—粉煤灰自密实混凝土；FSCC10—10%粉煤灰掺量的自密实混凝土；SFSCC—粉煤灰-硅灰自密实混凝土；SFSCC10—10%粉煤灰-4%硅灰掺量的自密实混凝土。

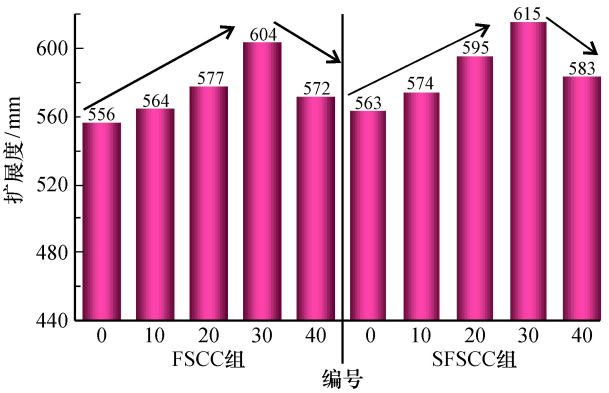


图 2　自密实混凝土扩展度试验结果

Fig. 2　Extent test results of SCC

表 4　自密实混凝土工作性能试验结果

Table 4　Test results of working performance of SCC

试件编号	扩展度/mm	扩展时间 T_{500}/s	J 环扩展度/mm	*PA*/mm	GTM 筛稳定性试验/%
FSCC0	556	5.0	532	24	6.2
FSCC10	564	4.3	544	20	6.6
FSCC20	577	4.5	553	24	7.3
FSCC30	604	4.7	587	17	8.0
FSCC40	572	4.8	554	18	6.1
SFSCC0	563	4.9	541	22	6.4
SFSCC10	574	5.1	553	21	7.2
SFSCC20	595	4.8	568	27	7.5
SFSCC30	615	4.2	599	16	8.3
SFSCC40	583	4.7	567	16	6.7

单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土的流动性均呈逐渐增大的趋势。一方面，粉煤灰颗粒呈球状且光滑致密，填充在水泥浆体之间具有滚珠润滑作用，使浆体中骨料颗粒间的内摩阻力减小，提高了自密实混凝土流动性[14]。另一方面，粉煤灰玻璃微珠颗粒能够使水泥颗粒的絮凝结构解絮，释放结构中包裹的自由水，改善了自密实混凝土的流动性。

粉煤灰掺量为 30%时，复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土扩展度和 J 环扩展度分别达到峰值 615 和 599 mm，*PA* 达到 16 mm，T_{500} 达到最小值 4.2 s。在混凝土未出现离析泌水的前提下，T_{500} 越小，越能提高自密实混凝土对配筋较多结构的适用性。随着煤灰掺量增大(大于 30%时)，单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土的流动性和离析率 *SR* 呈下降趋势，T_{500} 呈增大趋势，主要原因是粉煤灰掺量偏大，取代水泥的粉煤灰体积增大，大量的粉煤灰颗粒填充在水泥浆体之间，使粉煤灰的吸附作用占主导地位，导致浆体稠度增大、流动性降低[15]。此外，通过流变学原理可知，适宜的粘度会使混凝土具有更好的匀质性和流动性，但粘度过大时会造成屈服应力偏高，就会使得混凝土流动性下降[16]。粉煤灰掺量的增加提高了混凝土表层需水量，使浆体的粘度增大，从而造成了混凝土流动性、填充性和间隙通过性下降。

不同粉煤灰掺量情况下，加入 4%硅灰后自密实混凝土的扩展度分别提高 7、10、18、11 和 11 mm；J 环扩展度分别提高 9、9、15、12 和 13 mm；*PA* 降低了 1~3 mm，主要原因是硅灰的平均粒径较小，只有 0.1 μm 左右，能够填充水泥颗粒之间的空隙，使空隙中的自由水释放出来，提高自密实混凝土的流动性。此外，球形颗粒的硅灰可以改善水泥浆体结构，在水泥颗粒间起到滚珠效应，使颗粒间的内摩阻力减小，增加了浆体的流动性和间隙通过性。通过评价自密实混凝土流动性、填充性、

间隙通过性和抗离析性能，当粉煤灰掺量为 30%，硅灰掺量为 4%时，自密实混凝土工作性能达到最优，此时要自密实混凝土的扩展度为 615 mm，T_{500} 为 4.2 s，*PA* 为 16 mm，*SR* 为 8.3%，且未出现离析泌水现象。在自密实混凝土各项工作性能指标符合要求的同时，为增加资源利用率，建议粉煤灰掺量为 30%，硅灰掺量为 4%。

2.2 抗压强度分析

自密实混凝土抗压强度试验结果见图 3 和表 5。

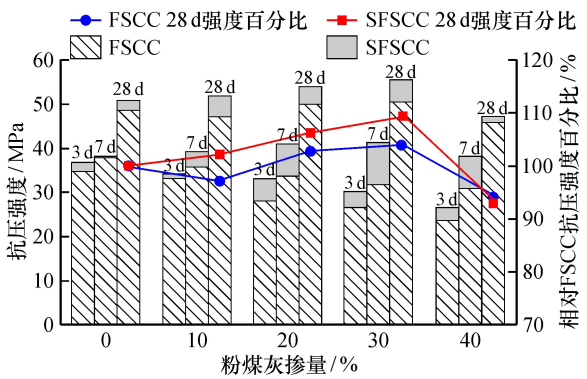


图 3 自密实混凝土抗压强度试验结果

Fig. 3 Test results of compressive strength of SCC

表 5 自密实混凝土抗压强度

Table 5 Test results of compressive strength of SCC

试件编号	不同养护龄期的抗压强度/MPa		
	3 d	7 d	28 d
FSCC0	34.65	37.81	48.62
FSCC10	33.17	35.72	47.25
FSCC20	27.93	33.65	49.97
FSCC30	26.67	31.75	50.53
FSCC40	23.57	30.96	45.77
SFSCC0	36.83	38.21	50.83
SFSCC10	34.27	39.20	51.94
SFSCC20	32.95	40.90	54.01
SFSCC30	30.21	41.30	55.60
SFSCC40	26.51	38.15	47.23

3 d 龄期时，单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土抗压强度均随粉煤灰掺量增大呈逐渐下降的趋势，且都小于基准自密实混凝土的抗压强度，主要是因为粉煤灰早期强度和火山灰活性较低，相比于水泥二次水化反应滞后，自密实混凝土早期强度主要由水泥承担，随着粉煤灰掺量增大，水泥的掺量减小，因此，自密实混凝土抗压强度随粉煤灰掺量的增大而降低。

7 d 龄期时，复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土抗压强度均超过基准自密实混凝土，粉煤灰掺量为 30%时，复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土的抗压强度值达到峰值 41.30 MPa，与基准自密实混凝土相比提高了 7.48%。

28 d 龄期时，单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土抗压强度随粉煤灰掺量增大均呈先增后减的趋势。一方面，粉煤灰粒径较小，能够填充在骨料颗粒之间，粒径更小的硅灰颗粒能够填充在粉煤灰颗粒和水泥颗粒之间，粉煤灰和硅灰利用微填充效应增强了自密实混凝土的密实度，提高了抗压强度。另一方面，随着龄期增大，粉煤灰活性逐渐发挥出来，粉煤灰中的 SiO_2 和 Al_2O_3 与水泥水化析出的 $Ca(OH)_2$ 反应生成 C-S-H 和 C-A-H 凝胶[17]，进一步提高了自密实混凝土的抗压强度。随着粉煤灰掺量逐渐增大，消耗的 $Ca(OH)_2$ 也相应增大，而水泥所占比例减小使得水化析出的 $Ca(OH)_2$ 含量减小，粉煤灰二次水化反应速率减缓，从而降低了自密实混凝土的抗压强度。

粉煤灰掺量相同时，3、7、28 d 龄期复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土的抗压强度均大于单掺粉煤灰自密实混凝土的抗压强度，一方面因为硅灰粒径细小，能够填充在水泥颗粒之间，使自密实混凝土的密实性和均匀性得到改善，从而提高了抗压强度；另一方面，硅灰具有很强的火山灰效应，能够与水泥水化产生的 $Ca(OH)_2$ 反应生成 C-S-H 凝胶物质，改善自密实混凝土的孔结构[18]，从而提高自密实混凝土的抗压强度。

2.3 抗折强度分析

自密实混凝土抗折强度试验结果见图 4 和表 6。3 d 龄期时，随着粉煤灰掺量增大，单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土的抗

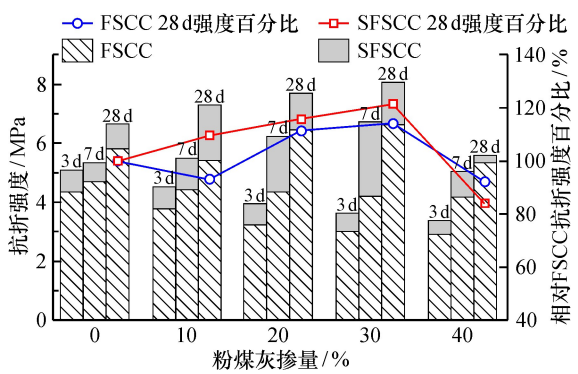


图 4 自密实混凝土抗折强度试验结果

Fig. 4 Test results of flexural strength of SCC

表 6　自密实混凝土抗折强度

Table 6　Test results of flexural strength of SCC

试件编号	不同养护龄期的抗折强度/MPa		
	3 d	7 d	28 d
FSCC0	4. 36	4. 69	5. 80
FSCC10	3. 79	4. 42	5. 40
FSCC20	3. 24	4. 35	6. 46
FSCC30	3. 00	4. 21	6. 62
FSCC40	2. 91	4. 17	5. 35
SFSCC0	5. 08	5. 34	6. 65
SFSCC10	4. 52	5. 50	7. 29
SFSCC20	3. 95	6. 24	7. 70
SFSCC30	3. 62	6. 73	8. 08
SFSCC40	3. 37	5. 05	5. 59

折强度呈现出下降的趋势；抗折强度龄期为 28 d 时，单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土的抗折强度随粉煤灰掺量增大均呈先增后减的趋势，其产生的规律和原因与抗压强度试验一致。

7 d 龄期时，复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土抗折强度与单掺粉煤灰自密实混凝土相比提高了 5. 12%~85. 91%。由此可见，硅灰的掺入对自密实混凝土早期强度增长有明显的影响，这是由于硅灰颗粒极细且具有很强的火山灰活性，其主要成分 SiO_2 能够消耗水泥水化产生的 $Ca(OH)_2$ 生成 C-S-H 凝胶物质，凝胶使颗粒间连接更加紧密，提高了自密实混凝土的密实性和抗折强度[19]。

粉煤灰掺量为 40%时，单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土 28 d 龄期抗折强度均低于基准混凝土的抗折强度，这是因为粉煤灰掺量过大导致水泥水化析出的 $Ca(OH)_2$ 含量减少，粉煤灰二次水化反应条件变差，减缓了自密实混凝土抗折强度增长速率[20]。由试验结果可知，粉煤灰掺量为 30%的复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土实现了粉煤灰的最佳掺量，其强度和稳定性优于其他粉煤灰掺量的单掺粉煤灰自密实混凝土和复掺粉煤灰-硅灰自密实混凝土，在保证强度要求的同时，为尽量增加粉煤灰利用率，建议粉煤灰掺量为 30%。

2. 4　强度关系拟合

自密实混凝土抗折强度和抗压强度的关系见图 5。数据线性函数回归方程为 $f_{cf} = -8.950\ 7 + 0.307\ 8f_{cu}$，$R^2 = 0.976\ 05$。

由此可见，拟合函数和试验结果吻合程度良好。推荐采用该式预测自密实混凝土抗折强度，以便指导自密实混凝土的生产和施工。

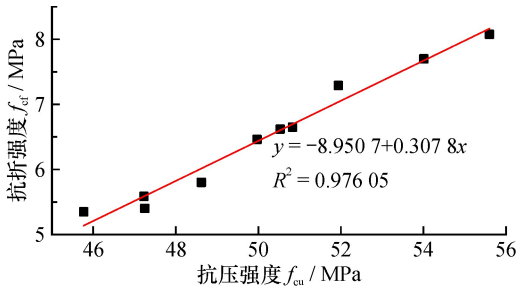


图 5　自密实混凝土抗折强度和抗压强度的关系

Fig. 5　Relationship between flexural strength and compressive strength of SCC

3　结　论

通过粉煤灰-硅灰自密实混凝土的工作性能测试、抗压强度和抗折强度试验得出以下结论：

(1)随着粉煤灰掺量增大，自密实混凝土流动性呈先增后减的趋势；硅灰的掺入可以改善单掺粉煤灰自密实混凝土的工作性能。

(2)3 d 龄期时，自密实混凝土抗压强度、抗折强度随着粉煤灰掺量增大均呈逐渐下降的趋势；28 d 龄期时，自密实混凝土抗压强度、抗折强度随粉煤灰掺量增大均呈先增后减的趋势。

(3)粉煤灰掺量相同时，加入 4%的硅灰后可以改善自密实混凝土的工作性能、抗压强度和抗折强度；粉煤灰掺量为 30%，硅灰掺量为 4%时，自密实混凝土的工作性能、抗压强度和抗折强度最优。

(4)粉煤灰对自密实混凝土早期强度较为不利，对后期强度作用明显；硅灰对自密实混凝土早期强度作用明显，后期作用较为迟缓，二者复掺可以有效解决单掺粉煤灰自密实混凝土早期强度不足的问题。

(5)基于试验数据提出了自密实混凝土抗折强度和抗压强度之间的函数表达式。

参考文献：

[1] Okamura H, Ozawa K. Self-compacting high performance concrete [J]. Structural Engineering International, 1996, 6 (4): 269-270.

[2] 肖苗良. 自密实混凝土力学性能研究进展 [J]. 混凝土与水泥制品, 2018 (3): 29-34.

[3] 杨欢, 牛季收. 自密实高性能混凝土的研究现状 [J]. 硅酸盐通报, 2015, 34 (S1): 207-210.

[4] 刘运华, 谢友均, 龙广成. 自密实混凝土研究进展 [J]. 硅酸盐学报, 2007, 37 (5): 671-678.

[5] 姚大立, 迟金龙, 余芳, 等. 粉煤灰与再生骨料对自密实

再生混凝土的影响［J］. 沈阳工业大学学报, 2020, 42(2): 236-240.
[6] 朱亚鹏, 余亮, 吕健, 等. 粉煤灰与矿渣对混凝土物理力学性能及耐久性能的影响［J］. 武汉大学学报（工学版), 2018, 51 (S1): 130-134.
[7] Ling G, Shui Z H, Sun T, et al. Rheological behavior and microstructure characteristics of SCC incorporating metakaolin and silica fume［J］. Materials, 2018, 11: 2576. doi: 10.3390/ma11122576.
[8] Akcay B, Tasdemir M A. Effects of distribution of lightweight aggregates on internal curing of concrete［J］. Cement and Concrete Composites, 2010, 32 (8): 611-616.
[9] 王家滨, 牛荻涛. 喷射混凝土力学性能试验研究及预测模型建立［J］. 硅酸盐通报, 2019, 38 (1): 125-131.
[10] 王家滨, 牛荻涛. 喷射混凝土渗透性、孔结构和力学性能关系研究[J]. 硅酸盐通报, 2018, 37(7): 2101-2108.
[11] 孙江云, 金宝宏, 侯玉飞. 矿物掺合料对高性能混凝土塑性收缩裂缝的影响［J］. 桂林理工大学学报, 2016, 3(2): 285-288.
[12] 杨林, 房艳伟, 唐凯, 等. 粉煤灰掺量对机制砂混凝土力学和耐磨性的影响研究[J]. 混凝土, 2019(5): 85-88.
[13] 孙浩, 万青青, 杨秋宁, 等. 一字型钢管束混凝土剪力墙轴压力学性能有限元分析［J］. 桂林理工大学学报, 2019, 39 (3): 628-634.
[14] 林祖宏. 自密实混凝土配合比及其性能研究现状综述［J］. 混凝土, 2016 (9): 97-99.
[15] 黄维蓉, 郭桂香. 粉煤灰掺量对 C30 自密实混凝土的影响［J］. 混凝土, 2015 (4): 119-122.
[16] 吴中伟, 廉慧珍. 高性能混凝土［M］. 北京: 中国铁道出版社, 1999: 45-89.
[17] 王迎春, 苏英, 周世华. 水泥混合材和混凝土掺合料［M］. 北京: 化学工业出版社, 2011: 60-70.
[18] Guo Z G, Jiang T, Zhang J, et al. Mechanical and durability properties of sustainable self-compacting concrete with recycled concrete aggregate and fly ash, slag and silica fume[J]. Construction and Building Materials, 2020, 231:117115. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117115.
[19] 张阿樱. 自密实混凝土的试验研究［J］. 工业建筑, 2009, 39 (S1): 850-852.
[20] 李燕, 孙道胜, 王爱国. 复掺粉煤灰和硅灰复合水泥浆体的干燥收缩研究［J］. 硅酸盐通报, 2015, 34 (6): 1509-1512.

Influence of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete

YIN Jian-guang[a], SUN Hao[a], YAN Peng-fei[a], LI Hong-bo, ZHU Yi-ding[a]
(a. School of Civil and Hydraulic Engineering; b. Ningxia Research Center of Technology on Water-Saving Irrigation and Water Resources Regulation; c. Engineering Research Center for Efficient Utilization of Water Resources in Modern Agriculture in Arid Regions, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to investigate the influence of fly ash and silica fume contents on the performance and mechanical properties of self-compacting concrete(SCC), the working performance, compressive strength and flexural strength tests of SCC were performed. The results show that the addition of fly ash and silica fume can improve the fluidity of cement paste and the working performance of SCC. The 3 days compressive strength and flexural strength of SCC decreased with the increase of fly ash content. The 28 days compressive strength and flexural strength of SCC increased first and then decreased with the increase of fly ash content. When the content of fly ash is 30% and the content of silica fume is 4%, the working performance of SCC with fly ash and silica fume is the best, and the 28 days compressive strength and flexural strength of SCC with fly ash and silica fume reaches the peak value of 55.60 MPa and 8.08 MPa respectively. It is concluded that the addition of fly ash and silica fume can improve the working performance and strength of SCC. The optimal mix ratio of SCC with fly ash and silica fume is proposed. The relationship model between flexural strength and compressive strength of SCC is presented.

Key words: self-compacting concrete; fly ash; silica fume; working performance; mechanical property

（编辑 李亚静）