

Experimental Research on Basic Working Performance of Fly Ash Self-compacting Concrete

Jianguo Zhao

The First General Contract of Beijing Municipal Road and Bridge Co., Ltd., Beijing, 100045, China

Abstract

In this paper, the slump expansion test, T_{500} test, J-ring expansion test and GTM sieve stability test are carried out on self-compacting concrete with single fly ash. The results show that with the increase of fly ash content, the slump expansion and J-ring expansion of self-compacting fly ash concrete increase first and then decrease, indicating that fly ash can improve the fluidity of self-compacting concrete; When the fly ash content is 20%, the slump extension and the J-ring extension of the self-compacting fly ash concrete reach peak values of 587 mm and 571 mm; T_{500} first decreases and then increases with the increase of the fly ash content the trend indicates that the incorporation of fly ash can improve the applicability of self-compacting concrete to multi-reinforced structures; the SR results show that the incorporation of fly ash can improve the segregation resistance of self-compacting concrete.

Keywords

fly ash; performance; experimental research

粉煤灰自密实混凝土基本工作性能试验研究

赵建国

北京市政路桥股份有限公司总承包一部, 中国·北京 100045

摘 要

论文对单掺粉煤灰自密实混凝土进行了坍落扩展度试验、 T_{500} 试验、J环扩展度试验和GTM筛稳定性试验。结果表明:随着粉煤灰掺量增大,粉煤灰自密实混凝土坍落扩展度和J环扩展度呈先增后减的趋势,表明粉煤灰对自密实混凝土的流动性具有改善作用;粉煤灰掺量为20%时,粉煤灰自密实混凝土坍落扩展度和J环扩展度达到峰值587mm和571mm; T_{500} 随着粉煤灰掺量增大呈先减后增的趋势,表明粉煤灰的掺入可以提高自密实混凝土对多筋结构的适用性;SR结果表明粉煤灰的掺入可以改善自密实混凝土的抗离析性。

关键词

粉煤灰;性能;试验研究

1 引言

自密实混凝土(Self-Compacting Concrete)又称高性能混凝土,是一种无需振捣就能密实填充模板和钢筋的混凝土,具有减少劳动力、降低噪声污染和提高工作效率等特点。自日本冈村甫教授发明以来,自密实混凝土以其优良的特性在工程中具有广泛应用。

目前,不少学者们对自密实混凝土展开了大量的试验研究^[1],并取得了一定的成果。从这些研究成果中可以看出,学者们主要对自密实混凝土的力学性能和耐久性研究相对较多,对于粉煤灰自密实混凝土的工作性能研究相对较少。

【作者简介】赵建国(1994-),男,中国河南南阳人,本科,助理工程师,从事道路桥梁研究。

2 试验

2.1 试验材料

水泥:采用P.O 42.5级普通硅酸盐水泥,28d抗压强度为42.5MPa。

粉煤灰:某热电厂生产的Ⅱ级粉煤灰;细度为1.5%砂子:采用中砂,细度模数2.62,堆积密度为1578.36kg/m³,表观密度为2631.48kg/m³。

石子:采用2.36~16mm的级配碎石。

膨胀剂:采用UEA混凝土膨胀剂。

减水剂:采用聚羧酸高效缓凝减水剂,减水率为30%。

水:采用洁净的自来水。

水泥和粉煤灰的主要性能指标如表1所示。

2.2 配合比

依据《自密实混凝土应用技术规程》中的绝对体积法,配制出五组C50粉煤灰自密实混凝土。其中,粉煤灰替代

率分别为0%、10%、20%、30%和40%，膨胀剂掺量为8%。配合比如表2所示。

2.3 试验方法

自密实混凝土的工作性能主要通过流动性、填充性、间隙通过能力和抗离析性来评价，主要依据《自密实混凝土应用技术规程》中以下四种方法来进行测试。

2.3.1 坍落扩展度试验

将测试坍落扩展度的底板放置在平整的地面上，并将底板擦拭湿润。之后，将坍落筒放在底板中心并用双脚踩紧坍落筒踏板，一次性将自密实混凝土填满坍落筒。用刮刀抹平表面后垂直底板方向提起坍落筒，等自密实混凝土流动停止后测量扩展度值。

2.3.2 T_{500} 试验

从垂直底板方向提起坍落筒时开始计时，坍落筒提起的时间至自密实混凝土坍落扩展度达到500mm时的时间为 T_{500} 试验结果，精确到0.1s。

2.3.3 J环扩展度试验

将J环与坍落筒共同放置在底板中心，用双脚踩紧坍落筒踏板，一次性将自密实混凝土填满坍落筒，用刮刀抹平表面后垂直底板方向提起坍落筒。等自密实混凝土流动停止后测量J环扩展度。

2.3.4 GTM 筛稳定性试验

取10L自密实混凝土放置于容量筒中静置15min，之后将筒顶2L的自密实混凝土(m_1)倒入标准筛中称重 m_1 。晃动标准筛后静置2min，称取底盘中自密实混凝土的重量 m_2 ， m_2 和 m_1 比值为稳定筛试验结果SR。

3 试验结果

3.1 坍落扩展度和 T_{500} 试验

粉煤灰自密实混凝土坍落扩展度和 T_{500} 试验结果如表3和图1所示。

从表3和图1可以看出，随着粉煤灰掺量增大，粉煤灰自密实混凝土坍落扩展度呈先增后减的趋势。这是因为粉煤灰颗粒呈玻璃球状，填充在浆体之间起到了“滚珠”作用，使得水泥颗粒和骨料之间的摩擦力降低，进而提高了粉煤灰自密实混凝土的流动性。随着粉煤灰掺量增大，水泥掺量降低，导致大量粉煤灰颗粒依附在水泥颗粒之间，使得粉煤灰自密实混凝土变稠，整体流动性降低^[2]。粉煤灰掺量为20%时，粉煤灰自密实混凝土的流动性最优，达到587mm。 T_{500} 的大小表示粉煤灰自密实混凝土的填充能力，试验结果可以看出 T_{500} 随着粉煤灰掺量增大呈现先减后增的趋势，且粉煤灰掺量为20%时最小，表明此时的填充能力最优。从试验结果可以看出，粉煤灰可以改善自密实混凝土的流动性和填充能力。

表1 水泥和粉煤灰主要性能指标

化学成分 (%)	SiO ₂	SO ₃	CaO	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
水泥	21.9	3.2	57.1	1.0	1.4	7.5	4.8
粉煤灰	45.8	0.9	6.1	2.3	1.5	32.2	6.3
物理指标	细度 /%	烧矢量 /%	初凝时间 /min	终凝时间 /min	3d 抗压强度 /MPa	28d 抗压强度 /MPa	
水泥	1.5	1.2	235	370	25.5	42.5	
粉煤灰	17.9	2.08	—	—	—	—	

表2 自密实混凝土配合比 /kg·m⁻³

编号	水	水泥	粉煤灰	石子	砂子	膨胀剂	减水剂
F-SCC-0	190.46	560.18	0	823.84	750.68	44.81	6.72
F-SCC-10	190.46	504.16	56.02	823.84	750.68	44.81	6.72
F-SCC-20	190.46	448.14	112.04	823.84	750.68	44.81	6.72
F-SCC-30	190.46	392.13	168.05	823.84	750.68	44.81	6.72
F-SCC-40	190.46	336.11	224.07	823.84	750.68	44.81	6.72

表3 坍落扩展度和 T_{500} 试验结果

编号	坍落扩展度 /mm	T_{500} /s
F-SCC-0	541	4.9
F-SCC-10	559	4.7
F-SCC-20	587	4.3
F-SCC-30	562	4.6
F-SCC-40	548	5.0

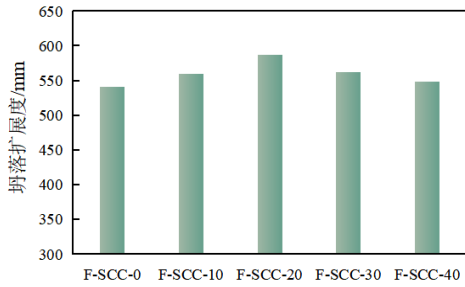


图1 粉煤灰自密实混凝土坍落扩展度试验结果

3.2 J 环扩展度试验

粉煤灰自密实混凝土 J 环扩展度试验结果如表 4 和图 2 所示。

表 4 J 环扩展度试验结果

编号	J 环扩展度 /mm	PA/mm
F-SCC-0	521	20
F-SCC-10	536	23
F-SCC-20	571	16
F-SCC-30	540	22
F-SCC-40	523	25

注：PA 为坍落扩展度和环扩展度差值。

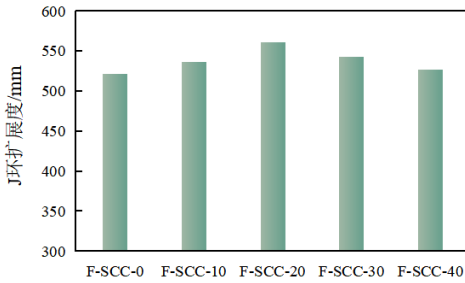


图2 粉煤灰自密实混凝土 J 环扩展度试验结果

J 环扩展度试验反应的是自密实混凝土通过钢筋间隙的能力。从表 4 和图 2 可以看出，随着粉煤灰掺量增大，粉煤灰自密实混凝土 J 环扩展度呈先增后减的趋势，其变化规律和原因与坍落扩展度相同^[3]。PA 随着粉煤灰掺量增大呈先减后增的趋势，先从 20mm 降低到 16mm，又增加

到 25mm，这表明粉煤灰对自密实混凝土的间隙通过能力具有改善作用。粉煤灰掺量为 20% 时，粉煤灰自密实混凝土的流动性较好，J 环扩展度达到峰值 571mm，PA 值达到 16mm。

3.3 GTM 筛稳定性试验

GTM 筛稳定性试验结果如表 5 所示。

表 5 GTM 筛稳定性试验结果

编号	SR/%
F-SCC-0	7.0
F-SCC-10	7.1
F-SCC-20	8.0
F-SCC-30	7.2
F-SCC-40	6.9

GTM 筛稳定性试验反映了粉煤灰自密实混凝土的抗离析性。从表中可以看出，粉煤灰自密实混凝土的筛通过率 SR 均小于 15%，满足规范 15% 的要求，这表明粉煤灰有利于改善自密实混凝土抗离析性。

4 结论

通过对粉煤灰自密实混凝土的工作性能进行试验研究，主要得到以下结论：

- ①随着粉煤灰掺量增大，粉煤灰自密实混凝土坍落扩展度和 J 环扩展度呈先增后减的趋势， T_{500} 呈先减后增的趋势。
- ②粉煤灰掺量为 20% 时，粉煤灰自密实混凝土的工作性能最优。
- ③粉煤灰的掺入可以改善自密实混凝土流动性、填充性、间隙通过能力和抗离析性。

参考文献

- [1] 李悦.自密实混凝土技术与工程应用[M].北京:中国电力出版社,2013.
- [2] 黄薇.偏高岭土和稻壳灰对自密实混凝土力学性能影响[J].兰州工业学院学报,2021,28(5):24-28.
- [3] 刘传辉,吴婷.冻融条件下再生自密实混凝土力学性能试验研究[J].硅酸盐通报,2018,37(8):2640-2645.