

粉煤灰自密实混凝土基本力学性能试验研究

Experimental Study on Basic Mechanical Properties of Fly Ash Self-compacting Concrete

白新亮

Xinliang Bai

北京市政路桥股份有限公司总承包一部 中国·北京 100045

First General Contractor of Beijing Municipal Road & Bridge Co., Ltd., Beijing, 100045, China

摘要: 为研究粉煤灰对自密实混凝土基本力学性能的影响,提高粉煤灰资源的利用率,论文对粉煤灰自密实混凝土进行了抗压强度和劈裂抗拉强度试验研究。结果表明:粉煤灰的掺入可以明显改善自密实混凝土的后期强度;3d和7d龄期时,随着粉煤灰替代率增大,粉煤灰自密实混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度逐渐下降;28d龄期时,随着粉煤灰替代率增大,粉煤灰自密实混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度呈先增后减的趋势;粉煤灰替代率为20%时,自密实混凝土28d龄期抗压强度和劈裂抗拉强度分别达到峰值61.94MPa、6.65MPa;建立了粉煤灰自密实混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度之间的关系模型。

Abstract: In order to study the influence of fly ash on the basic mechanical properties of self-compacting concrete and improve the utilization rate of fly ash resources, this paper conducts experimental research on the compressive strength and split tensile strength of fly ash self-compacting concrete. The results show that the incorporation of fly ash can significantly improve the late strength of self-compacting concrete; at the age of 3d and 7d, as the replacement rate of fly ash increases, the compressive strength and splitting of self-compacting fly ash concrete the tensile strength gradually decreases; at 28 days of age, as the replacement rate of fly ash increases, the compressive strength and split tensile strength of self-compacting fly ash concrete show a trend of first increasing and then decreasing; when the substitution rate of fly ash is 20%, the compressive strength and splitting tensile strength of self-compacting concrete at 28 days reach the peak of 61.94MPa and 6.65MPa respectively; the relationship model between compressive strength and splitting tensile strength of fly ash self-compacting concrete is established.

关键词: 粉煤灰; 自密实混凝土; 抗压强度; 劈裂抗拉强度; 试验研究

Keywords: fly ash; self-compacting concrete; compressive strength; splitting tensile strength; experimental research

DOI: 10.12346/etr.v4i4.5583

1 引言

自密实混凝土又称自流平混凝土,在浇筑过程中依靠重力就可以填充到模板和钢筋试件中,具有良好的抗离析性、流动性和密实性。其制备原理是通过粗骨料、细骨料、矿物掺合料、外加剂及对配合比进行优化,使自密实混凝土的屈服应力降低到合适范围,同时保证足够的粘度,使水泥浆体与骨料之间形成密实均匀的结构。与普通混凝土相比,它具有减少施工噪声污染、提高工程效率和降低工程造价等优点。目前,在建筑、隧道、市政等领域有着越来越

广泛的应用。

2 试验材料

水泥采用P·O 42.5级普通硅酸盐水泥;粉煤灰为某热电厂生产的Ⅱ级粉煤灰;砂子采用中砂,细度模数2.62;石子采用级配碎石;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和表2所示。

【作者简介】白新亮(1993-),男,中国内蒙古鄂尔多斯人,本科,助理工程师,从事土木工程施工管理研究。

表1 水泥主要性能指标

化学成分 (%)	SiO ₂	SO ₃	CaO	K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
	21.9	3.2	57.1	1.0	1.4	7.5	4.8
物理指标	细度 /%	烧失量 /%	初凝时间 /min	终凝时间 /min	3d 抗压强度 /MPa	28d 抗压强度 /MPa	
	1.5	1.2	235	370	25.5	42.5	

表2 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
	45.8	0.9	6.1	2.3	1.5	32.2	6.3
物理指标	细度 /%			烧失量 /%			
	1.5			1.2			

3 试验方法

依据《自密实混凝土应用技术规程》中的要求，配制5组尺寸为100mm×100mm×100mm的C50自密实混凝土。其中，自密实混凝土水胶比为0.34，粉煤灰掺量分别为0%、10%、20%、30%和40%，试验配合比如表3所示。

表3 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
FS-0	190.46	560.18	0	823.84	750.68	44.81	6.72
FS-10	190.46	504.16	56.02	823.84	750.68	44.81	6.72
FS-20	190.46	448.14	112.04	823.84	750.68	44.81	6.72
FS-30	190.46	392.13	168.05	823.84	750.68	44.81	6.72
FS-40	190.46	336.11	224.07	823.84	750.68	44.81	6.72

4 试验结果

4.1 抗压强度试验结果

粉煤灰自密实混凝土抗压强度试验结果如图1所示。

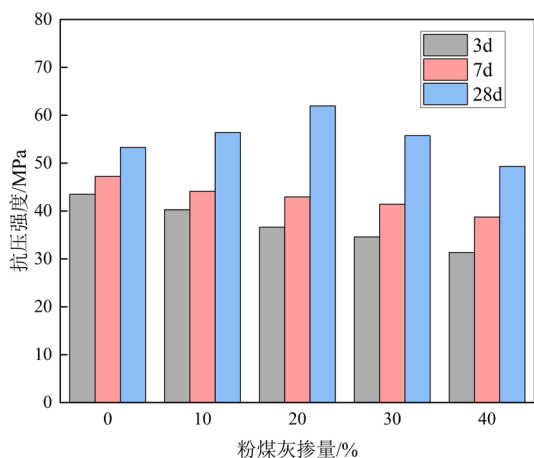


图1 粉煤灰自密实混凝土抗压强度试验结果

从图中可以看出，随着粉煤灰掺量增加，自密实混凝土3d和7d抗压强度呈逐渐减小的趋势。这是由于粉煤灰的早期水化反应活性较低，水化早期其活性并不能充分发挥，自密实混凝土的早期强度主要由水泥来承担，粉煤灰掺量的

增大导致水泥的掺量减小，进而导致自密实混凝土的抗压强度逐渐降低^[1]。28d龄期时，随着粉煤灰掺量增大，自密实混凝土的抗压强度呈先增后减的趋势。这是由于随着龄期逐渐增大，粉煤灰的活性逐渐增大，水泥水化产生的氢氧化钙和粉煤灰中的SiO₂和Al₂O₃反应生成水化硅酸钙和水化铝酸钙凝胶物质，凝胶物质提高了自密实混凝土内部的密实程度，进而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，水泥的掺量逐渐降低，导致水泥水化反应生产的氢氧化钙含量降低，使得整体水化反应速率降低，进而导致自密实混凝土抗压强度下降。粉煤灰掺量为20%时，自密实混凝土的28d抗压强度达到峰值61.94MPa。

4.2 劈裂抗拉强度试验结果

粉煤灰自密实混凝土劈裂抗拉强度试验结果如图2所示。

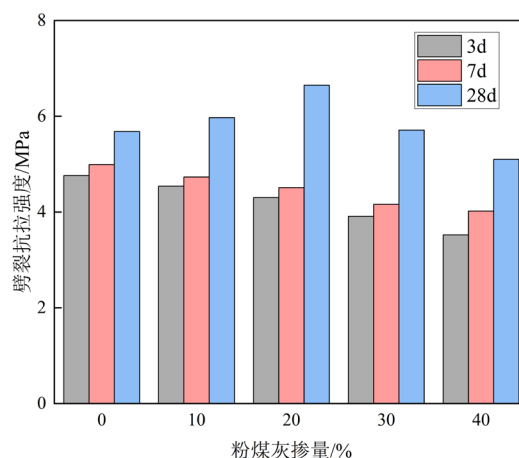


图2 粉煤灰自密实混凝土劈裂抗拉强度试验结果

从图中可以看出，随着粉煤灰掺量增加，自密实混凝土3d和7d劈裂抗拉强度呈逐渐减小的趋势。其产生规律和原因与抗压强度相同。28d龄期时，自密实混凝土的劈裂抗拉强度随粉煤灰掺量增加均呈先增后减的趋势。这是由于劈裂破坏的破坏方式是从骨料的过渡区逐渐向微裂缝扩展，遇到界面过渡区的时候会发生偏转并最终形成主裂缝。随着粉煤灰的掺量增大，自密实混凝土的界面过渡区增大，微裂缝

偏移的时候会消耗更多的断裂能,进而导致自密实混凝土劈裂抗拉强度增大^[2]。而随着粉煤灰掺量继续增大,水泥的比例减少,导致没有足够多的氢氧化钙激发粉煤灰的活性,未反应的粉煤灰含量增大,使得自密实混凝土的孔结构劣化,从而使自密实混凝土的劈裂抗拉强度降低。粉煤灰掺量为20%时,自密实混凝土的28d劈裂抗拉强度达到峰值6.65MPa^[3]。

4.3 关系拟合

根据粉煤灰自密实混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度的试验结果,对其进行线性回归分析,结果如图3所示。

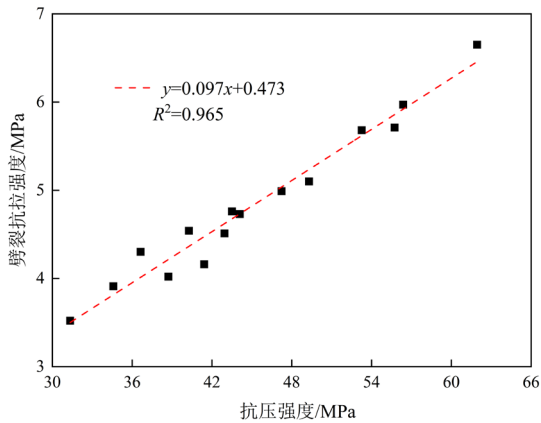


图3 抗压强度与劈裂抗拉强度关系拟合

通过拟合结果可以看出抗压强度与劈裂抗拉强度之间的关系呈线性关系,拟合系数达到0.965,表明该拟合结果与试验结果吻合程度较好,能较为准确地反映自密实混凝土抗压强度与劈裂抗拉强度之间的换算关系。

5 结语

通过对粉煤灰自密实混凝土的抗压强度和劈裂抗拉强度进行试验研究,主要得到以下结论:

①随着粉煤灰掺量增大,自密实混凝土3d和7d龄期的抗压强度和劈裂抗拉强度呈逐渐减小的趋势,28d龄期的抗压强度和劈裂抗拉强度呈先增后减的趋势。

②粉煤灰掺量为20%时,粉煤灰自密实混凝土的抗压强度和劈裂抗拉强度最优。

③基于试验结果提出了粉煤灰自密实混凝土抗压强度与劈裂抗拉强度之间的关系模型。

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] 关力维,于洋,王庆华,等.沸石粉对自密实混凝土性能的影响试验研究[J].建筑结构,2019,49(S2):626-629.
- [3] 张虎.自密实钢纤维轻骨料混凝土的早期性能与损伤分析[J].材料导报,2017,31(20):124-128.