

粉煤灰与高效减水剂对自密实混凝土性能的影响

肖茜¹ 尉晓雪² 时海霞³ 聂小敏⁴

1. 3. 4. 河南严科工程检测有限公司; 2. 中国建筑第七工程局有限公司

摘要: 自密实混凝土在现代建筑工程中应用广泛, 其性能会建筑工程最终质量造成直接影响, 而自密实混凝土性能会粉煤灰与高效减水剂的影响。下面, 以自密实混凝土优缺点为切入点, 阐述了粉煤灰与高效减水剂应用优势与难点, 最终通过试验方式, 对粉煤灰与高效减水剂对自密实混凝土性能影响进行了分析, 希望文中内容对相关工作人员能够有所帮助。

关键词: 自密实混凝土; 粉煤灰; 原材料; 高效减水剂

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2023. 23. 022

自密实混凝土具有良好自密实性和流动性, 这是确保其具有良好施工性能的关键。为了保证用于建筑工程中的自密实混凝土可以满足要求, 不仅要向自密实混凝土加入适量高效减水剂, 还要采用粉煤灰代替水泥, 而为了明确粉煤灰与高效减水剂加入量的合理性, 需要做好分析工作。

一、自密实混凝土优缺点

自密实混凝土指的受原材料自身重力影响, 可以自行密实、流动, 即使存在致密钢筋, 采用自密实混凝土也能够实现对模板的完全填充, 并且可以保证具有良好均质性, 并且在施工期间, 不需要进行振动, 整个作业实现起来相对较为简单^[1]。通多对大量自密实混凝土的应用进行分析可以确定, 自密实混凝土的优缺点如下:

(一) 自密实混凝土优点

第一, 确保混凝土自身具有良好密实性, 施工中不需要强烈振捣, 能过大幅度缩短混凝土浇筑时间, 降低工作人员劳动量, 减少施工中人员数量。

第二, 改善施工环境, 确保施工作业安全性。施工期间不会产生噪声, 避免施工人员具体施工开展, 长时间手持振捣器, 影响工作人员的身体健康, 最为常见的影响就是导致施工人员患上手臂振动综合症^[1]。

第三, 提高混凝土表面质量, 确保混凝土表面不会产生麻面或起泡现象。不需要通过修补处理混凝土表面, 而且在混凝土表面能够营造出良好造型或纹理。

第四, 提高混凝土结构整体自由度, 不振捣就能够形成薄壁、复杂形状、密集配筋结构, 以免由于振捣, 导致模板发生磨损^[3]。

第五, 将自密实混凝土应用在建筑工程中, 能够降低建筑工程总体造价, 提高经济效益。

(二) 自密实混凝土缺点

第一, 自密实混凝土硬化后, 其耐久性有限, 特别是在温度较低情况下, 耐久性差, 难以满足应用需求。

第二, 高流动自密实混凝土在投入应用后, 其与普通混凝土相比, 干燥收缩更大^[4]。

总而言之, 虽然自密实混凝土存在一定缺点, 但是这并不能掩盖其优点, 为了更好发挥出自密实混凝土作用, 要加强分析粉煤灰与高效减水剂对自密实混凝土性能的影响, 通过分析, 适当调整, 保证最终采用的自密实混凝土性能可以满足应用需求^[5]。

二、粉煤灰与高效减水剂应用优势与难点

向自密实混凝土中加入粉煤灰和高效减水剂, 能够起到改善新拌混凝土工作性能作用, 从而提高自密实混凝土耐久性和后期强度, 确保其能够满足建筑工程建设要求。同时, 通过对粉煤灰进行应用, 能够大幅度提高社会效益和经济效益。对于建筑行业发展来说, 通过对粉煤灰的应用, 可以实现变废为宝, 消除垃圾, 节约堆放粉煤灰占地面积, 从而起到改善生态环境作用^[6]。针对建筑企业来说, 将粉煤灰加入自密实混凝土中, 能够减少产品内耗和成本, 采用工业废料施工, 可以减少自密实混凝土中水泥用量, 减少裂缝的出现, 降低生产成本, 上述各项内容都是粉煤灰加入自密实混凝土中的技术优势。

通过对比普通混凝土与自密实混凝土可以发现, 普通混凝土受外界因素影响容易出现开裂情况, 这会降低混凝土结构稳定性, 而自密实混凝土性能好, 适应外界环境能力强, 投入应用后不易出现裂缝^[7]。通过掺入粉煤灰方式, 能够大幅度改善混凝土内部结构, 降低孔隙率, 从而使混凝土内孔结构整个分布更加合理, 而且硬化后, 混凝土将会更加密实, 减少收缩值。但是如果掺入低级粉煤灰, 一旦掺量过大, 将会导致自密实混凝土早期强度达不到要求, 尤其是在温差较大情况下, 会导致自密实混凝土结构出现开裂问题, 因此, 如果温度会出现较大改变, 不易掺入过量粉煤灰, 要选择高性能, 优质粉煤灰, 将其加入自密实混凝土中^[8]。

三、试验分析

(一) 试验原材料

(1) 水泥

P·42.5普通硅酸盐水泥，其标准稠度用水量27.8%；3d抗压强度28.5Mpa，7d抗压强度56.3Mpa；初凝时间140min，终凝时间220min；3d抗折强度6.0Mpa，28d抗折强度9.8Mpa，安定性可以满足应用要求。

(2) 粉煤灰

采用的粉煤灰的需水量比为92.8%；含水量为0.32%；烧矢量2.0%；安定性能够达到应用要求。

(3) 粗骨料

采用的粗骨料表观密度 2.58cm^3 ；细度模数2.7；含泥量为1.58%。

(4) 细骨料

采用的细骨料表观密度 2.58cm^3 ；细度模数2.7；含泥量为1.61%。

(5) 外加剂

采用的高性能减水剂主要成分构成为：25.2%减水剂、2%保坍剂、4.8%早强剂、0.2%引气剂、0.2%焦亚、67.6%水。

(二) 设计配合比

对于自密实混凝土来说，其性能会受到许多因素影响，收缩特性和力学性能是自密实混凝土的两项重要性能，其主要受水灰比、高效减水剂、粉煤掺量等各项因素影响。本次试验中，四种粉煤灰掺量分别为10%、15%、20%、25%，胶结料掺量为 $495\text{kg}/\text{m}^3$ ，自密实混凝土中减水剂掺量分别为2.6%、3.0%、3.4%、3.8%，水灰比为0.33。

四、实验结果探讨

(一) 自密实混凝土工作性能分析

浆体中存在的大量球形粉煤颗粒能够发挥出形态效应，可以大幅度减少骨料间内摩擦阻力，这能够大幅度提高拌合物流动性与均质性，而且发挥出了高效减水剂的作用。此外，粉煤灰微粒能够让浆体中大量絮凝结构解凝，能够释放大量的自由水，提高半流态自密实混凝土流动性。

通过试验可以确定，当自密实混凝土中的粉煤灰掺量为15%，减水剂为3.0%时，自密实混凝土的扩展度达到了峰值，为762mm，L型仪H2/H1阻塞比达到了峰值，为86.2%。

对于自密实混凝土来说，如果外加剂掺量不发生改变，随着粉煤掺量的增高，自密实混凝土流动性将会变差，而且会提高材料 T_{500} ，大幅度降低离析出现概率。造成这一现象的主要原因就是，粉煤灰自身具有较强吸附

作用，通过加入粉煤灰能够大幅度降低自密实混凝土在投入应用后的流动性能，致使浆体稠度大幅度提高。需要相关工作人员特别注意点是，过大稠度将会致使自密实混凝土均质性被削弱，而且会降低自密实混凝土孔隙通过性和填充性，影响后续应用。

自密实混凝土中外加剂掺量为3.0%时，工作性能良好，在这一情况下，自密实混凝土扩展度分别为600mm、660mm、590mm、570mm， T_{500} 分别为4.4s、4.0s、6.3s、13.0s，整个试验过程中，自密实混凝土并未出现泌水现象。

(二) 自密实混凝土抗压强度

抗压强度是自密实混凝土的一项重要性能，这一性能会受孔隙影响，加入自密实混凝土中粉煤灰具有特殊性质，通过对其进行应用，能够实现对空隙的填补，降低空隙率，从而提高自密实混凝土强度。

自密实混凝土龄期7d时，粉煤灰掺量分别为10%、15%、20%、25%，在这一情况下，与普通混凝土相比，自密实混凝土的抗压强度降低了0.5%、0.8%、2.4%、2.6%，造成这一现象的主要原因就是，由于加入粉煤灰后，会导致水泥水化反应出现严重滞后性，致使自密实混凝土早期强度无法达到应用要求，随着粉煤灰代替率的不断加大，将会大幅度减小自密实混凝土抗压强度，确保其能够满足后续应用需求。28d时检查自密实混凝土抗压强度，其抗压强度都超过了46Mpa，从整体情况来看，具体变化成先增后减趋势，其抗压强度与一般混凝土相比，分别提高了3.4%、11.45%、10.5%、6.5%，当自密实混凝土粉煤灰掺量为15%时，自密实混凝土抗压强度达到了最大值，为51.6Mpa。由于粉煤灰内含有大量粒径极小的碎屑与极小微珠。因此，通过对粉煤灰进行应用，能够填充在骨料颗粒中空隙间，提高自密实混凝土整体密实性，保证结构强度能够达到最佳状态。此外，随着自密实混凝土龄期加大，粉煤灰会逐渐发挥出提高自密实混凝土强度性能作用，增强活性，通过反应形成凝胶，提高自密实混凝土整体强度。

55d龄期时，粉煤灰掺量分为10%、15%、20%、25%，此时与普通混凝土相比，自密实混凝土抗压强度得到显著提高，具体提高分别为23.8%、31.2%、28.1%、29.6%，当粉煤灰掺量为15%，自密实混凝土强度达到最大值，为61.5Mpa。

(三) 自密实混凝土抗折强度

7d龄期时，粉煤灰掺量分为10%、15%、20%、25%，此时与普通混凝土相比，自密实混凝土抗折强度提高了约3.2%，这一结果表明，向自密实混凝土中加入粉煤

灰，能够提高自密实混凝土早期抗折强度，确保自密实混凝土投入应用时，早期不会由于抗折强度不达标，降低建筑工程质量，引发安全事故。

当混凝土掺量达到20%、25%，28d龄时，自密实混凝土与普通混凝土相比，不同掺量粉煤灰的自密实混凝土抗折强度都会降低，造成这一现象的主要原因就是，

由于粉煤灰掺量过大，将会对后续二次水化反应造成不良影响，导致自密实混凝土抗折强度提高率受到制约，这一试验结果表明，在加入粉煤灰掺量达到15%时，自密实混凝土稳定性和抗折强度都能够达到最佳状态。

(四) 自密实混凝土自收缩应变规律

6种自密实混凝土自收缩应变情况表1所示。

表1 6种自密实混凝土自收缩应变情况

试件	7d		28d		55d	
	自生收缩率 (10 ⁻⁶)	相对自密实混凝土 收缩率 (%)	自生收缩率 (10 ⁻⁶)	相对自密实混凝土收 缩率 (%)	自生收缩率 (10 ⁻⁶)	相对自密实混凝土 收缩率 (%)
混凝土试件1	105	32	280	54	340	92
混凝土试件2	96	30	180	56	248	78
混凝土试件3	72	20	248	72	340	94
混凝土试件4	154	48	252	76	256	78
混凝土试件5	48	10	146	38	242	64
混凝土试件6	44	16	150	36	240	62

通过表1中数据可以发现，向自密实混凝土中加入粉煤灰，粉煤灰可以发挥出抑制自生收缩作用，效果显著。表1中的6组试件，不同龄期，自生收缩率都呈现出先增后减变化特点。当试件的粉煤灰掺量为15%、20%时，其与粉煤灰掺量10%、15%试件相比，前者自生收缩更加显著。如果自密实混凝土试件中粉煤灰掺量达到15%后，继续加入粉煤灰，通过分析新拌浆体性能可以发现，其工作性能改善效果相对有限，而力学性能会发生显著降低。当自密实混凝土中粉煤灰掺量为15%时，其能够达到施工要求，应用在建筑工程中是可行的。

结语

通过对比不同配比自密实混凝土性能，最终得到下列结论：

(1) 自密实混凝土内粉煤灰掺量增加，会致使其流动性呈先增后减趋势，通过本次试验，分析自密实混凝土自身的间隙通过性、流动性、泌水性等各项特点可以确定，粉煤灰掺量最佳值为3.0%。

(2) 随着自密实混凝土内煤灰掺量不断增多，当7d龄期时，最优减水剂掺量与其抗压与抗折强度都成反比；当28龄期与55龄期时，通过观察自密实混凝土可以发现，其力学性能的变化将会呈倒“V”型。

(3) 对于加入粉煤灰的自密实混凝土来说，其早期自身强度增加速度相对较为缓慢，最终强度和未加入粉煤灰相比，会有所提高。

(4) 总的来看，加入粉煤灰能够使自密实混凝土收缩性得到显著提高，但是综合考虑，经济效益，自密

实混凝土综合性能等各项要素，粉煤灰掺量应当控制在25%以内。

参考文献

[1] 刘家明. 粉煤灰与减水剂相容性对自密实混凝土性能影响试验研究[J]. 福建建设科技, 2023 (02): 70-73.

[2] 贾世攀, 宁贵霞, 党振峰等. 水胶比和矿物掺合料对清水自密实混凝土性能的影响研究[J]. 广东建材, 2023, 39 (03): 3-7.

[3] 王圣贤, 王雪芳, 姜绍飞. 粉煤灰和矿渣对自密实混凝土早龄期抗裂性的影响[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2022, 38 (06): 1104-1113.

[4] 林明新, 任凤鸣, 彭健锋等. 粉煤灰改善自密实混凝土流动性和抗离析性研究[J]. 广东建材, 2022, 38 (09): 25-27+70.

[5] 高奇, 黄友芬, 徐高友等. 减水剂掺量对水泥净浆及高强自密实混凝土的影响[J]. 中国建材科技, 2022, 31 (03): 44-46.

[6] 张小娟. 复合外加剂对自密实混凝土性能的影响研究[J]. 建材与装饰, 2020 (18): 50+52.

[7] 朱朴. 不同温度下自密实混凝土和减水剂的匹配性研究[J]. 建筑施工, 2020, 42 (01): 91-95.

[8] 刘奎启. 黏度改性剂对高标号自密实混凝土性能影响的试验研究[J]. 市政技术, 2020, 38 (01): 273-277.