

混凝土流动性能影响因素试验研究

任思思, 吴卓航, 吉延峻

西京学院, 陕西 西安

收稿日期: 2022年4月12日; 录用日期: 2022年5月5日; 发布日期: 2022年5月12日

摘要

混凝土流动性是其和易性的一个重要因素, 由坍落度和扩展度测定。本文通过C40大流动性混凝土配制过程, 进行了不添加矿物材料、单掺粉煤灰、双掺粉煤灰和矿渣以及双掺粉煤灰和硅灰等试验, 结果表明: 矿渣掺量达到25%时, 混凝土流动效果更好; 相同掺量下, 硅灰更有利于提高混凝土的流动性; 在不添加外加剂的情况下, 可以调高砂率改善混凝土流动性。减水剂对混凝土流动性影响最大, 其次是粗骨料级配和水胶比, 影响最小的是砂率和拌和方式。

关键词

混凝土流动性, 配合比, 坍落度, 扩展度

Experimental Study on Influencing Factors of Concrete Fluidity

Sisi Ren, Zhuohang Wu, Yanjun Ji

Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: Apr. 12th, 2022; accepted: May 5th, 2022; published: May 12th, 2022

Abstract

The fluidity of concrete is an important factor in its workability, which is determined by slump and expansion. In this paper, through the preparation process of C40 high fluidity concrete, tests are carried out, such as adding no mineral materials, adding only fly ash, adding both fly ash and slag, and adding both fly ash and Silica fume; with the same content of Silica fume, the fluidity of concrete can be improved, and the sand ratio can be increased without the addition of additives. Water-reducing agent has the greatest influence on the fluidity of concrete, followed by coarse aggregate gradation and water-binder ratio, and the least influence is sand ratio and mixing method.

Keywords

Concrete Fluidity, Mix Proportion, Slump, Degree of Expansion

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在建筑结构工程中,大流动性混凝土通常是指坍落度大于 180 mm、塑性黏度大、泌水量低的混凝土拌合物[1]。目前混凝土相关规范《普通混凝土配合比设计规程》[2] (JGJ55-2011)、《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》[3] (GB/T 50080)、《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准》[4] (GB/T 50082) 中均未涉及坍落度大于 200 mm 的试验方法,所以本文对大流动性混凝土进行研究和介绍。

本试验试配 C40 混凝土,在制备过程中采用 42.5 级普通水泥,粗骨料(骨料粒径 5~10 mm 和 10~20 mm),机制砂和自来水,在这些材料的基础上添加粉煤灰、硅灰、矿渣和减水剂等研究对流动性的影响。

2. 试验方法和内容

2.1. 试验材料

本试验采用 P.O 42.5 级普通硅酸盐水泥; I 级粉煤灰,含水量 0.5%; S95 矿渣,含水量 0.2%,氯离子含量 0.02%; 硅灰,需水量比 105%,烧失量 2.6%,细骨料为机制砂;粗骨料:碎石选择 5~20 mm 的连续级配,含泥量 0.2%;外加剂选用减水率 27%~28.4% 的苏博特减水剂,水为自来水。

2.2. 测定内容

测定混凝土流动性时采用坍落度试验,主要测定指标为可以测坍落度和坍落扩展度。试验仪器为混凝土坍落度试验仪(坍落度筒,坍落度标尺,坍落度导棒,坍落度漏斗)和混凝土坍落扩展度仪。

本试验采用坍落度桶,分三次填装混凝土,每次填装后用捣锤沿桶壁均匀由外向内击 25 下,捣实抹平。然后拔起桶,混凝土因自重产生坍落现象,用桶高(300 mm)减去坍落后混凝土最高点的高度,即为本混凝土的坍落度,单位: mm,摊平混凝土的直径即为扩展度,单位: mm。

3. 试验结果及分析

3.1. 矿物掺和料种类和掺量的影响

在本次试验中矿物掺和料选择粉煤灰、硅灰、矿渣等量替代水泥,对拌合物的流动性的试验结果见表 1、图 1。

Table 1. Effect of different mineral admixtures on fluidity of concrete

表 1. 不同矿物掺和料对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	硅灰掺量/%	矿渣掺量/%	砂率/%	水胶比	流动性	
						坍落度/mm	扩展度/mm
1-1	0	0	0	50	0.49	50	200
1-2	25	0	0	50	0.4	124	400

Continued

1-3	25	5	0	50	0.4	250	525
1-4	25	0	15	50	0.4	230	495

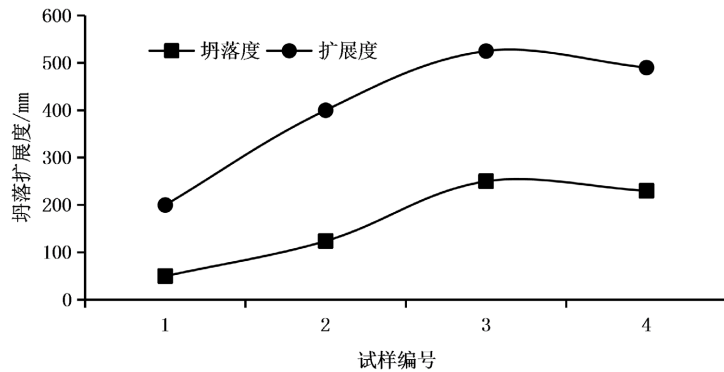


Figure 1. Effect of different mineral admixtures on fluidity of concrete
图 1. 不同矿物掺和料对混凝土流动性的影响

根据图 1 结果可知, 试验中粉煤灰、硅灰、矿渣都会对混凝土的流动性产生影响。在不掺矿物掺和料, 单掺粉煤灰, 复掺粉煤灰矿渣和复掺粉煤灰硅灰中多种矿物掺合料复掺会比只添加一种粉煤灰使得流动性变大。在掺入 25% 的粉煤灰后复掺等量的硅灰和矿渣后发现硅灰对混凝土流动性的影响最大, 具体见表 2。

根据图 2 可知, 单掺粉煤灰的混凝土随粉煤灰掺量的增加, 流动性不断增加[5], 本试验中发现单掺粉煤灰掺量 25% 时流动性最好, 单掺粉煤灰含量达到 30% 则会影响流动性。

Table 2. Effect of fly ash content on fluidity of concrete
表 2. 粉煤灰掺量对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	硅灰掺量/%	砂率/%	水胶比	流动性	
					坍落度/mm	扩展度/mm
2-1	0	5	50	0.49	50	200
2-2	20	5	50	0.4	110	315
2-3	25	5	50	0.4	265	525
2-4	30	5	50	0.4	250	510

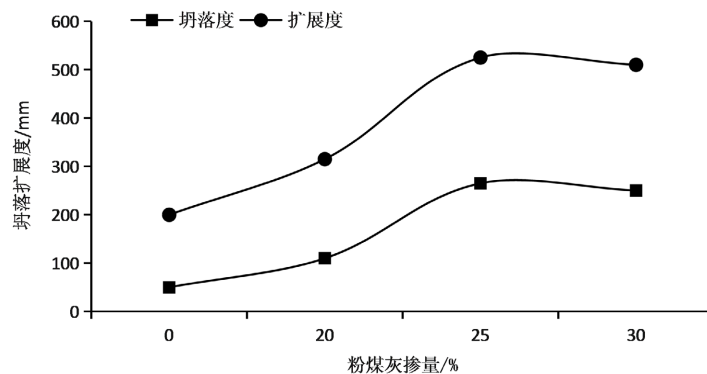


Figure 2. Effect of fly ash content on fluidity of concrete
图 2. 粉煤灰掺量对混凝土流动性的影响

不同硅灰掺量下的混凝土的坍落度明显不同[6]，试验结果见表 3、图 3。硅灰对于混凝土流动性以及粘聚性改善具有重要作用，硅灰可提升混凝土的粘聚性，降低体系粘度[7]。

Table 3. Effect of Silica fume content on fluidity of concrete

表 3. 硅灰掺量对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	硅灰掺量/%	矿渣掺量/%	砂率/%	水胶比	流动性	
						坍落度/mm	扩展度/mm
3-1	0	0	0	50	0.49	50	200
3-2	25%	0	0	50	0.4	124	400
3-3	25%	5%	0	50	0.4	265	525

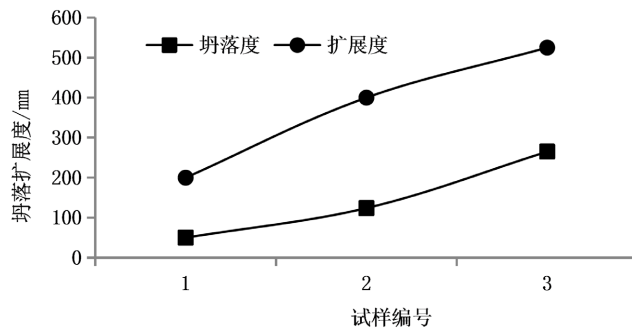


Figure 3. Effect of Silica fume content on fluidity of concrete

图 3. 硅灰掺量对混凝土流动性的影响

根据图 4 可知，矿渣对混凝土流动性影响较低，与硅灰相比矿渣影响不大，当掺量 25%时混凝土流动性最大，试验结果具体见表 4。

Table 4. Influence of slag content on fluidity of concrete

表 4. 矿渣掺量对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	矿渣掺量/%	砂率/%	水胶比	流动性	
					坍落度/mm	扩展度/mm
4-1	0	0	50	0.49	50	200
4-2	25%	15%	50	0.4	230	495
4-3	25%	25%	50	0.4	275	650

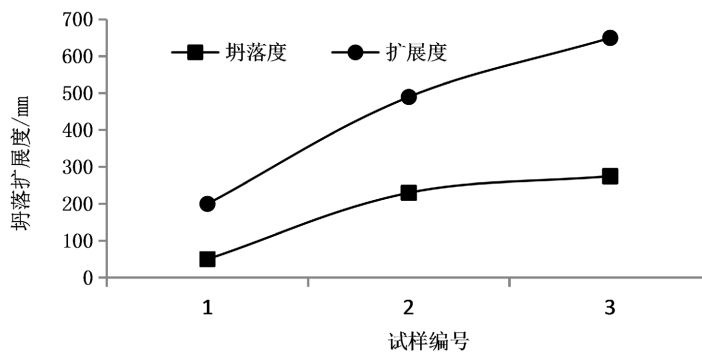


Figure 4. Effect of slag content on fluidity of concrete

图 4. 矿渣掺量对混凝土流动性的影响

3.2. 水胶比影响

矿物掺合料的种类和掺量会影响水胶比, 根据规范《普通混凝土配合比设计规程》[2] (JGJ55-2011), 其中粉煤灰和矿渣的掺量会导致水胶比不同。混凝土拌合物的流动性会随着水胶比降低而变弱, 试验结果见表 5、图 5。

Table 5. Influence of water-binder ratio on fluidity of concrete

表 5. 水胶比对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	胶凝材料用量/kg	水胶比	砂率/%	流动性	
					坍落度/mm	扩展度/mm
5-1	20	392.31	0.46	50	110	215
5-2	25	452.96	0.39	50	265	525
5-3	30	480.75	0.37	50	250	515

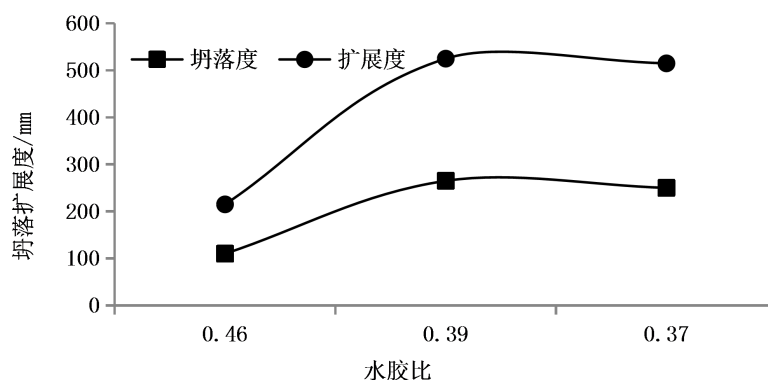


Figure 5. Effect of water-binder ratio on fluidity of concrete

图 5. 水胶比对混凝土流动性的影响

而过多掺入粉煤灰和提高矿渣的掺量都会使水胶比降低, 根据图 5 结果可知, 当水胶比大于 0.39 时影响了混凝土拌和物的和易性, 而且对混凝土强度有很大影响。

3.3. 粗骨料粒径影响

选用碎石进行试验, 最大粒径为 20 mm, 5~10 mm 和 10~20 mm 的连续级配, 粗骨料不同集配对流动性的试验结果见表 6。本试验中粗骨料的集配为 2:8 时混凝土的流动性最好, 可能是不同集配的粗细骨料之间的空隙过大, 使得水泥砂浆不能包裹好粗骨料导致流动性差。如果细骨料过少, 就不会将粗集料孔隙填满, 导致骨料之间摩擦增大工作性较差。目前, 最常用的级配理论主要有最大密度曲线理论和粒子干涉理论, 它们都是基于不同粒径骨料混合后达到最大密度为目的提出来的[8]。

Table 6. Effect of coarse aggregate with different sets on fluidity of concrete

表 6. 粗骨料不同集配对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	硅灰掺量/%	粗骨料集配	水胶比	砂率/%	流动性	
						坍落度/mm	扩展度/mm
6-1	25	5	2:8	0.39	50	265	525
6-2	25	5	3:7	0.39	50	200	491

Continued

6-3	25	5	4:6	0.39	50	225	482
6-4	25	5	5:5	0.39	50	250	515

在试验过程中也需注意粗骨料中针片状碎石不宜过多和粗骨料本身的含泥量。针片状碎石过多可能会加大骨料之间的空隙从而影响流动性。含泥量越大导致后期拌和过程中粗骨料吸水能力增强，导致流动性差。

3.4. 砂率

采用机制砂和级配为 2:8 的粗骨料配制 40%、45%、47%、48% 和 50% 这五种砂率，试验结果见表 7、图 6。

Table 7. Influence of sand ratio on fluidity of concrete

表 7. 砂率对混凝土流动性的影响

编号	胶凝材料用量/kg	水胶比	砂率/%	流动性	
				坍落度/mm	扩展度/mm
7-1	452.96	0.39	40	185	420
7-2	452.96	0.39	45	210	485
7-3	452.96	0.39	47	255	520
7-4	452.96	0.39	48	250	515
7-5	452.96	0.39	50	265	525

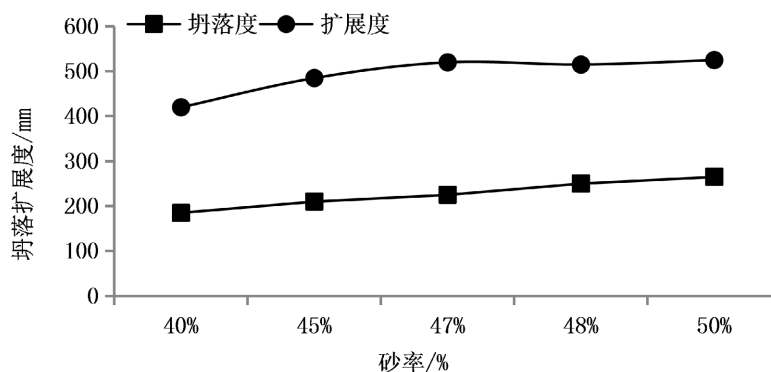


Figure 6. Effect of sand ratio on fluidity of concrete

图 6. 砂率对混凝土流动性的影响

根据图 6 结果可知，当砂率 40% 属于较小，细骨料的总面积也小导致足够的砂浆能够填充在骨料当中，从而也会影响到混凝土自身的流动性[5]。在本次试验中 50% 的砂率时的混凝土流动性较好。若在实际操作中，在不添加其他外加剂的情况下可以选择提高砂率来调整流动性。

3.5. 减水剂

选用苏博特减水剂，减水率 27%~28.4%，推荐掺量在 0.8%~1.8%，选取 0.8%，1%，1.5%，1.8% 四个掺量进行试验，试验结果见表 8。在混凝土中添加减水剂可以提高拌和物的流动性，提高混凝土的强度、抗渗性及抗冻性。

Table 8. Influence of water reducing agent content on concrete fluidity
表 8. 减水剂掺量对混凝土流动性的影响

编号	粉煤灰掺量/%	硅灰掺量/%	减水剂掺量/%	水胶比	砂率/%	流动性	
						坍落度/mm	扩展度/mm
8-1	25	5	0.8	0.39	50	210	485
8-2	25	5	1	0.39	50	220	490
8-3	25	5	1.5	0.39	50	265	525
8-4	25	5	1.8	0.39	50	250	515

根据图 7 结果可知, 减水剂掺量 1.8% 在最后的测定过程中流动性较差并发生泌水现象, 所以当过多的添加减水剂则会导致在拌和过程中出现泌水。经过试验表明, 添加 1.5% 减水剂后可以降低混凝土中水的用量, 混凝土的流动性明显提高。

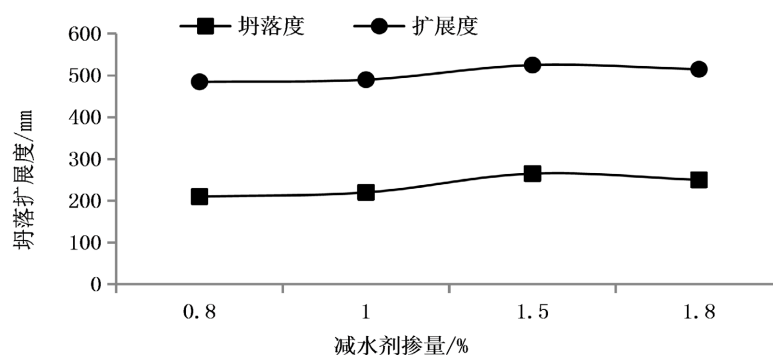


Figure 7. Influence of water reducing agent dosage on concrete fluidity
图 7. 减水剂掺量对混凝土流动性的影响

3.6. 拌合方式

在混凝土的拌和过程中进行干拌和湿拌。干拌要把除了减水剂和其他材料进行充分拌和, 若添加外加剂, 需先把外加剂调制成为较稀的溶液, 同时应在混凝土的用水量中扣除外加剂溶液的含水量, 充分搅拌应确保外加剂在混凝土中均匀分布。应注意湿拌的拌和时间控制在 5 至 10 分钟, 时间过短则拌和不均匀导致材料没有充分发挥反应, 粘结力不足; 时间过长可能出现离析或者泌水现象, 不利于混凝土的流动性。

4. 结论

通过配制 C40 混凝土大流动性混凝土进行流动性试验分析, 得到以下结论:

- 1) 经过试验后可知, 矿渣掺量达到 25% 时, 混凝土流动效果更好; 相同掺量下, 硅灰更有利于提高混凝土的流动性; 在不掺、单掺粉煤灰、复掺粉煤灰矿渣和复掺粉煤灰硅灰中多种矿物掺合料复掺会比只添加一种粉煤灰使得流动性更好; 在不添加外加剂的情况下, 可以调高砂率改善混凝土流动性。
- 2) 通过分析混凝土流动性的影响因素, 矿物掺合料的种类和减水剂对混凝土流动性影响最大, 其次是粗骨料级配和水胶比, 影响最小的是砂率和拌和方式。
- 3) 普通混凝土与自密实混凝土流动性之间最大的区别是自密实混凝土无需振捣, 依靠自重流动进行浇筑。而普通混凝土需要振捣, 不能依靠自身重力的流动性进行浇筑过程。

参考文献

- [1] 孙伟, 缪昌文. 现代混凝土理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] JGJ 55-2011. 普通混凝土配合比设计规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [3] GB/T 50080. 普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [4] GB/T 50082. 普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [5] 丁庆军, 张云升, 胡曙光. 高强泵送混凝土强度与流动性影响因素的研究[J]. 上海建材, 2000(2): 30-32.
- [6] 王泽龙, 姜震宇, 李佳锐, 赵涵冰, 李彦荣, 王雪. 硅灰对混凝土配合比影响的试验研究[J]. 吉林农业科技学院学报, 2017, 26(4): 4-6.
- [7] 杨淑芬. 某水利枢纽工程中大流态自密实混凝土应用实践研究[J]. 陕西水利, 2021(10): 258-259+262.
- [8] 李明琛, 周新刚, 苏智慧. 骨料空隙率对混凝土流动性与强度的影响分析[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2017, 30(4): 335-336.