

特细砂混凝土配制的易性和抗压强度 试验研究与分析

Experimental Study and Analysis of the Workability and Compressive
Strength of Extra Fine Sand Concrete

武倬如(国能鄂尔多斯市神东检测有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000)

摘要:在神东矿区基础上,遵循就地取材的原则,对合理开发利用地方资源,降低工程建设造价问题,本文提出特细砂混凝土研制中存在的易性,以及不同粉煤灰的比例对特细砂混凝土的抗压强度的影响实验研究,对创新应用特细砂混凝土技术有重要意义。研究得出:①特细砂混凝土的不同配比与易性相关性;②不同粉煤灰比例对特细砂混凝土的坍落度的影响;③不同粉煤灰比例对特细砂混凝土的抗压强度影响机理。

关键词:特细砂混凝土;易性特性;粉煤灰比例;抗压强度

中图分类号:TD457 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-609X(2022)04-0079-05

Abstract:On the basis of Shendong Mining Area, following the principle of obtaining local materials, for the issues of local resources rational development and utilization and the project construction costs reduction, this paper proposes the experimental study on the workability of ultra-fine sand concrete, and the influence of different fly ash ratios on the compressive strength of ultra-fine sand concrete, which is of great significance for the innovative application of fine sand concrete technology. The study shows: ① the correlation between the different proportions and workability of ultra-fine sand concrete; ② the influence of different fly ash ratios on the slump degree of ultra-fine sand concrete; ③ the mechanism of influence of different fly ash ratios on the compressive strength of ultra-fine sand concrete.

Key words:extra fine sand concrete; workability; fly ash ratio; compressive strength

1 前言

混凝土是以水泥、胶凝材料、骨料、水和适当外加剂为原材料制备的人造石材。据统计,在我国已完成的混凝土建筑中,钢筋混凝土结构占有所有结构类型95%以上。伴随着近几年的社会发展,混凝土技术也得到了重大突破,混凝土技术的发展也给社会的发展和进步起到了重要作用天然的河沙就是我们所说的特细砂的一种,细度模数在0.7~1.5。有着平均粒径小、颗粒级配不良和含泥量较高等基本特点。开发利用特细砂混凝土对合理利用资源和降低工程建设成本具有重要意义。神东矿区地处高原地区,所用砂子大部分为特细砂,遵循就地取材的原

则,对合理开发利用地方资源,降低工程建设造价,研究创新应用特细砂混凝土技术都具有很重要意义。

国内外学者对混凝土的抗压强度,易性问题做了大量研究。学者在不同的人模温度和引气剂掺量对负温下混凝土抗压强度影响^[1]做了研究。不同酸性环境下玄武岩纤维混凝土抗压强度,不同测试方式下混凝土抗压强度的实验研究^[2-3],不同因素如取代率对再生陶瓷粗骨料、不同岩性粗骨料、纳米SiO₂粉煤灰、腐蚀冻融耦合循环作用下碳纤维对混凝土的抗压强度的实验研究^[4-7]。学者在度时积对免蒸压PHC管桩对混凝土抗压强度影响,框架柱新增混凝土强度标准差分析,不同粒径级配的透水混凝土抗压强度等问题上做了试验研究^[8-10]。另外还有学者在生物质灰混凝土,预填集料高强混凝土^[11-12]的抗压强度的影响因素问题上做了数值模型研究。

然而,在特细砂混凝土在粉煤灰比例对抗压强

[作者简介] 武倬如(1988-),女,汉族,内蒙包头人,工程师,硕士,现主要从事煤质检测相关工作。

[基金项目] 内蒙古自治区重点研发计划(2019GG140)

[引用格式] 武倬如. 特细砂混凝土配制的易性和抗压强度试验研究与分析[J]. 中国矿山工程, 2022, 51(4): 79-83.

度影响,特细砂混凝土的易性问题还有所欠缺。本文就特细砂混凝土问题进行实验研究。

2 特细砂配制混凝土易性试验研究和抗压强度试验研究方案

2.1 特细砂配制混凝土易性正交试验设计试验方案

为了便于搅拌、运输、浇筑,振捣等施工作业,在拌成型时没有发生泌水离析现象,成型混凝土必须质量均匀密实,这就说明混凝土的和易性至关重要。和易性包括流动性,黏聚性和保水性三个方面。坍落度的大小反应了其流动性好坏,反应各个材料组成分之间凝聚力的_{高低},选择合理的稠度范围,将影响着新拌混凝土的施工性能和质量均匀性。本文使用坍落度法测定混凝土。

正交试验设计一种以均衡分散排列有序为思想基础来编制的一种表格。对结果用极差分析能够找出影响坍落度的主要因素,可确定因素之间的主因和次因,进而挑选出最优组合就是最终的最优方案。本试验对坍落度值大小因素分析还应用了层次分析法(AHP)得到各因素影响的权重。

正交试验其原理是将均衡分散的理论想法结合我们常用的数字理论在拉丁方和正拉丁方建立数据表格。本论文试验选用了三因素三水平,为了试验数据的准确性把其中列表空也作为一项因素列出,具体见表1。

表1 因素水平表

水平	因素		
	水胶比 A	砂率 B/%	单位用水量 C/kg
1	0.40	28	175
2	0.43	30	180
3	0.46	32	185

2.2 混凝土抗压强度正交设计试验方案

特细砂混凝土的抗压强度主要取决于原材料的种类与质量、各组成材料之间的相对比例。此外,粗骨料的种类对特细砂混凝土抗压强度也有重要影响,原则上相对密度较大、致密、坚硬、表面粗糙的粗骨料与砂浆黏结牢固,能有效提高混凝土强度。目前,实际工程中特细砂混凝土强度一般都在 C40 以下。试验水平及因素与上相同,因素水平与表1相同。

3 特细砂配制混凝土和易性试验研究和坍落度结果分析

3.1 易性试验研究结果

坍落度试验是测定混凝土工作性好坏的最基本试验。表2列出了每组试验的材料构成用量,表3为试验结果。

表2 混凝土试验配合比

试验号	水泥/kg	砂/kg	石子/kg	水/kg	外加剂/kg
1	437.5	500.5	1287	175	4.3
2	450	531	1239	180	4.3
3	462.5	560.8	1191.7	185	4.3
4	418.6	504.4	1297	180	4.3
5	430.2	535.4	1249.3	185	4.3
6	406.9	581.8	1236.2	175	4.3
7	402.2	507.6	1305.2	185	4.3
8	380.4	553.4	1291.2	175	4.3
9	391.3	585.2	1243.5	180	4.3

表3 混凝土和易性试验结果

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
坍落度/mm	55	125	150	130	145	160	130	150	170
黏聚性	好	良好	好	良好	好	好	良好	好	良好

混凝土装满将坍落度筒后,清理好填装时洒落的其他混凝土后,把坍落度筒缓缓提起,迅速把量筒放置一遍,用捣棍横放在坍落度筒的筒顶,用直尺测量量筒高和混凝土最高点之间的距离,该距离就是这组混凝土的坍落度值;若发现混凝土有崩塌现象,则应从新进行试验;若还是一样有崩塌出现,该混凝土工作性还有待改善。黏聚性好坏的判定通常用捣棒在混凝土侧面敲打,若有崩塌现象说明黏聚性不好。若有稀浆从底部流出,说明保水性较差;若反之保水性良好。坍落度测量值精确至 1 mm,结果表达至 5 mm。

如果为了满足施工的特殊需要或特殊环境的需要,为改进混凝土的工作性,迫不得已就要增加水泥或其他的外加化学剂的用量,施工的经济成本。浇筑坍落度高的混凝土也会带来以下两个好处:一个是经济方面,另一个是技术方面。经济上的好处包括浇筑更快(因而生产效率更高)、需要的振捣更少(减少人力成本以及振捣设备和模架的损耗)。

3.2 极差法分析混凝土拌合物坍落度试验分析

通过正交试验中的极差分析方法,可以得到主要因素,进一步能得到最优组合。混凝土的浇筑还应根据结构种类(钢筋的密度、结构的形状和尺寸)和实际工程操作中实际要遇到的技术困难和外部环境进行选择。结构设计师和施工浇筑的工人最了解浇筑所要遇到的困难,实际拌制出的混凝土应当注明所拌制的混凝土适合的稠度等级,这样能使混凝土得到更好的应用。

拌合物的坍落度影响因素是水胶比和砂率,水胶比越大混凝土的和易性越是良好,砂率变大对拌合物的影响同样很大。当水胶比的值小时,水泥浆相对来说就会变得较稠,所造成的后果就是流动性小甚至难以密实成型;而水胶比变大时,水泥浆又会变得很稀,拌合物的流动性变大,黏聚性和保水性就会受到影响。当水胶比过大时,将会有离析泌水现象。因此,为了得到合格标准的混凝土,水胶比值不能太大不能太小。本试验水胶比达到 0.46 时,坍落度达到最大值,水胶比为 0.4 是,坍落度值最小。砂率是石子占石子和砂子总和的比率。砂率的变化,直接影响着砂子的空隙率和总比表面积的变化。砂率的变化对拌合物的坍落度值影响很大,并且是主要影响因素。砂率较小时,石子之间的大量空需要水泥浆来作为填充物填充,导致坍落度降低;砂率较大时,比表面积就会加大,为了满足混凝土的工作性就需要更多的水泥浆,从而导致坍落度也会降低;本试验当砂率达到 32% 时,拌合物的坍落度值达到最大值。当石子与石子之间的空隙被颗粒级配良好的砂子填充就是我们所说的合理砂率。

混凝土各个骨料之间及水泥表面附着着一层薄薄的水膜,在颗粒和颗粒之间起到了润滑的作用,拌合物的流动性得到体现。而拌合物的黏聚性也靠水在个材料之间的张力作用。若用水少,水膜较薄,黏聚性会差;若用水量太多,砂子与石子本身的毛细孔会被水来填充填满,张力作用变弱,黏聚性也会变得很差,还常常伴有泌水现象的发生。所以混凝土用水量不宜过大和过小。且经过多次试验表明,当砂率和粗细骨料种类确定后,在某一段水胶比范围内,单位用水量是决定坍落度的主要因素,而其他因素变为次要因素,我们称这一现象为固定加水量定则。这一定则为配合比的设定提供了参考依据。本试验用水量的增加导致坍落度出现略微递减的规律,用

水量为 175 kg 时为最优水平选择。

3.3 影响权重值的计算

应用层次分析法(AHP)是一种定性和定量相结合的、系统化的科学合理分析方法。根据结果会直观表示各因素水平对坍落度的影响权重比例如图 1 所示。各因素中砂率所占比重较大,其他因素对坍落度值也有一定的影响;第二是水胶比影响因素;第三影响因素为单位用水量因素。通过公式计算得到各个因素对坍落度值的影响权重:其中砂率最大达到了 49.6%、其次水胶比 35.6%、最后是单位用水量 14.8%。

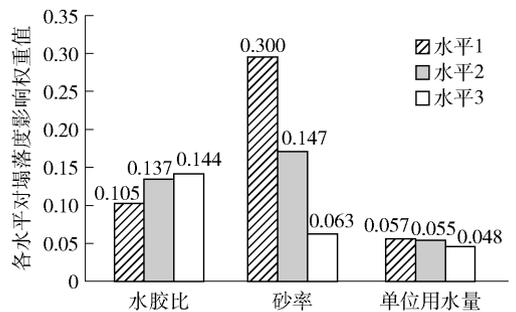


图1 各因素水平对坍落度的影响权重比例图

3.4 对比试验设计与结果分析

本试验在正交设计基础上,选取合理砂率值 32% 基础上,采用等量替代法添加粉煤灰,粉煤灰取代率分别为 0%、10%、20%、30%、40% 时来研究混凝土性能的变化。按照第三章配合比计算过程,掺加粉煤灰后试验结果如图 2 所示。

掺加了粉煤灰的 4 组混凝土拌合物的坍落度与未掺的组相比,混凝土坍落度都得到了提高,其值分别提高了 10 mm、30 mm、43 mm、23 mm,并且粉煤灰掺加的越多,坍落度增加值越大,当掺量为 30% 达到最大,随后掺量 40% 时坍落度增加值略有降低。

因为粉煤灰是一种火山灰材料,颗粒大多数是光滑球形,也有一些大颗粒属于中空球形(即玻璃漂珠)或不规则空心颗粒。掺入粉煤灰后各材料之间的摩擦力降低,混凝土流动性变大同时减小用水量减轻泌水,混凝土性能得到改善。

粉煤灰的加入增大了浆体的体积。浆体填充了骨料之间的体积,同时包裹了各个骨料的表面,流动性和可塑性变的更好。各个骨料界面的摩擦受到粉煤灰的影响(其形状起到轴承的效果),改善了混凝土和易性。但也还存在其他机理作用,甚至可能还是主导因素。特别是由于电荷作用,较细的粉煤灰

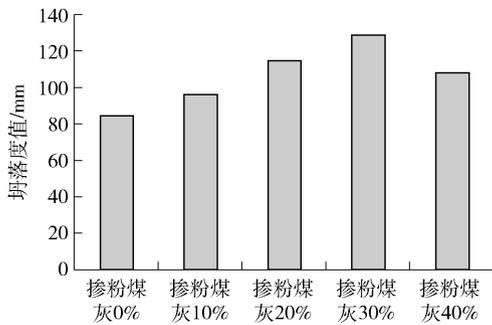


图2 掺加粉煤灰对坍落度值

颗粒会被吸附在水泥颗粒表面。如果有足够的粉煤灰颗粒包裹水泥颗粒表面,则水泥颗粒变为解絮状态,在保持工作性一定的条件下可以降低用水量。如果粉煤灰用量超过包裹水泥表面所需的量,就达不到降低用水量的效果。当掺量30%时达到最大,坍落度值达到最大,填充效果达到最佳。

4 特细砂混凝土抗压强度试验结果与分析

4.1 试验结果与分析

试验测其7 d、28 d的抗压强度。试验标准尺寸150 mm × 150 mm × 150 mm,由于尺寸效应影响,应乘以折算系数0.95。压试块时要注意几何对中,清除表面杂物;除此,压力机的加载的速率也有相关规定。强度小于C30的混凝土,加载速度一般控制在0.3~0.5 MPa/s。采用极差法分析得知:三个因素对7 d与28 d抗压强度的影响变化走势和规律基本类似,但28 d的水胶比斜率相比于其他两项更大,28 d的影响力大于7 d的影响力。总体上看,特细砂混凝土的抗压强度与水胶比成反比,这与普通混凝土的变化规律相同(这是因为混凝土的破坏多为水泥石与骨料的界面间,若混凝土水胶比较小,水泥石的黏结力大,混凝土抗压强度提高);抗压强度随砂率的增加呈现出先增大后降低的趋势,试验测得当砂率达到30%时,抗压强度值效果最佳;抗压强度随单位用水量的增加而降低。

4.2 对比设计试验与分析

为进一步了解特细砂混凝土,所做试验中还掺加了粉煤灰(0%、10%、20%、30%、40%)来研究粉煤灰对特细砂混凝土的强度变化规律。试验测试方法与上一章节所述试验相同。

掺入粉煤灰后,混凝土抗压强度呈现下降的趋

势。7 d的抗压强度随着粉煤灰的掺加,强度分别降低了4 MPa、10 MPa、14 MPa、15 MPa。

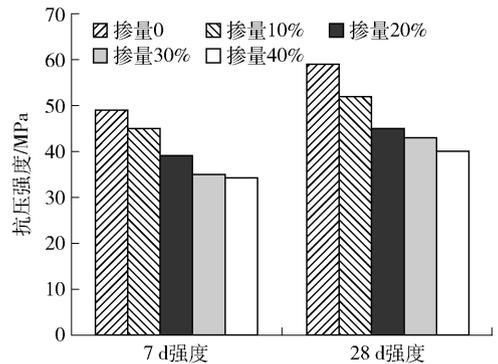


图3 不同掺量和不同天数的抗压强度图

28 d的抗压强度分别下降了7 MPa、14 MPa、16 MPa、19 MPa,这是因为粉煤灰取代了部分水泥,水泥水化产生的硅酸三钙变少,从强度会有所降低,同时粉煤灰也会抑制水泥中硅酸三钙的水化反应,这大大影响了混凝土的早期强度。掺量过大时,部分粉煤灰没有参与反应,所以掺合料掺量超过一定范围内时,多余的掺合料只起到了细骨料的作用,并未参加化学反应。所以混凝土强度会随掺合料掺量的增大水泥用量减少呈下降走势。可见,不能单纯利用掺加粉煤灰来提高抗压强度。

5 结论

(1)砂率对混凝土的坍落度影响比重最大,影响的权重值达到了49.58%;其次为水胶比,其权重比达到了35.64%,而单位用水量的影响权重为14.77%。

(2)通过正交试验得出,配制特细砂混凝土的合理砂率为30%,水胶比为0.46,单位用水量为175 kg时,混凝土和易性达到最佳。

(3)通过对比试验确定了粉煤灰可以有效改善混凝土工作性,同时粉煤灰的最佳掺量30%。

(4)影响混凝土抗压强度的主要因素为水胶比,单位用水量和砂率次之。混凝土的抗压强度与粉煤灰的掺加量成反比。

(5)对比试验结果表明:粉煤灰掺量分别为10%、20%、30%、40%时,混凝土的7 d抗压强度平均比基准混凝土抗压强度降低4 MPa、10 MPa、14 MPa、15 MPa,28 d的抗压强度分别下降了7 MPa、14 MPa、16 MPa、19 MPa。

[参考文献]

- [1] 马永刚,王起才,张戎令,等. 入模温度和引气剂掺量对负温下混凝土抗压强度及抗氯离子渗透性影响[J]. 混凝土, 2022(2):26-30.
- [2] 黄星. 不同酸性环境下玄武岩纤维混凝土抗压强度的变化[J]. 南方农机, 2022, 53(5):130-132.
- [3] 郑士举,刘辉,蒋利学. 不同测试方式下混凝土抗压强度对比试验研究[J]. 建筑结构, 2022, 52(8):105-111.
- [4] 黄宏,曾建涛,王伊. 取代率对再生陶瓷粗骨料混凝土抗压强度的影响[J]. 华东交通大学学报, 2022, 39(2):27-34.
- [5] 郭宏,卢京宇,贺鑫鑫. 不同岩性粗骨料对大流态混凝土抗压强度影响[J]. 铁道建筑技术, 2022(3):17-34.
- [6] 云振军,姚占全,何梁,等. 纳米 SiO₂ 粉煤灰混凝土抗压强度影响及灰熵分析[J]. 铁道建筑技术排灌机械工程学报, 2022,40(5):467-474.
- [7] 李涛峰,张多新. 腐蚀冻融耦合循环作用下碳纤维混凝土抗压强度性能试验研究[J]. 水电能源科学, 2022,40(5):143-145.
- [8] 简阔,傅雪海,张玉贵. 构造煤层气解吸阶段分析及最大瞬时解吸量计算赵 壮,杜红秀. 度时积对免蒸压PHC管桩混凝土抗压强度的影响[J]. 混凝土, 2022(3):150-155.
- [9] 黄可为. 框架柱新增混凝土强度标准差分析[J]. 低温建筑技术, 2022, 44(3):116-118.
- [10] 谢汉康,蔡清池,卢煜. 不同粒径级配的透水混凝土抗压强度分析[J]. 宁德师范学院学报:自然科学版, 2022, 34(1):36-40.
- [11] 韦京利,李舒阳,钟福文,等. 生物质灰混凝土抗压强度的多因素计算模型[J]. 混凝土, 2021(9):63-68+72.
- [12] 周孝军,谢琳,牟廷敏,等. 预填集料高强混凝土抗压强度影响因素研究[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2022,41(3):99-105.
- (上接第78页)
- [18] 王国欣,肖树芳,陈剑平. 不连续面三维网络在RQD中的应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2002(12):1761-1764.
- [19] 刘先林,覃仕勇,于磊磊. 基于RQD与声波的三维建模在特大桥拱座地基分析评价中的应用[J]. 西部交通科技, 2021(5):84-88+185.
- [20] 姜明伟,刘焕新,王玺,等. 基于Sirovision节理岩体调查及岩体质量分级与支护研究[J]. 有色金属工程, 2022,12(1):115-121.
- [21] 葛云峰,钟鹏,唐辉明,等. 基于钻孔图像的岩体结构面几何信息智能测量[J]. 岩土力学, 2019,40(11):4467-4476.
- [22] 文畅平. 基于属性数学理论的岩体质量分级方法[J]. 水力发电学报, 2008(3):75-80.
- [23] 刘震,尹延天,蒋翔. 基于钻孔岩芯岩石质量指标和岩体块度指数岩体质量分级对比应用[J]. 矿业工程, 2021,19(6):5-8+12.
- [24] 陈伟. 基于灰色关联度的可拓学理论在岩体质量评价中的应用[J]. 岩土工程技术, 2021,35(1):32-37.
- [25] 陈承浩. 节理裂隙快速辨识与岩体质量三维表征研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2021.
- [26] 詹梅芬,廖美红,贾名涛,等. 岩体质量分级预测与支护方式研究[J]. 西部探矿工程, 2021,33(1):115-118+121.
- [27] 曹建立,韩智勇,任凤玉,等. 基于指标关联性的岩体质量分级集对云算法及其应用[J]. 中国矿业, 2020, 29(11):190-197.
- [28] 郑相悦. 基于变权重-云模型的岩体质量评价方法[J]. 现代矿业, 2018,34(7):88-90+95.
- [29] 易晨星,侯克鹏,张紫晗. 基于熵权-云模型的岩体质量分级研究[J]. 矿冶工程, 2018,38(1):20-24.
- [30] 雷光伟,杨春和,王贵宾,等. 基于结构面综合指标的岩体质量评价及应用[J]. 岩土力学, 2017,38(8):2343-2350.