

# 增稠剂对粗砂混凝土工作性能和力学性能的影响研究

罗鑫<sup>1,2</sup> 吴伟<sup>1,3</sup> 刘磊<sup>2,4</sup>

1 石家庄市长安育才建材有限公司 2 河北省建筑化学添加剂产业技术研究院

3 石家庄市建筑功能材料产业技术研究院 4 四川砼道科技有限公司

DOI:10.12238/bd.v8i6.4281

**[摘要]** 粗砂混凝土中加入增稠剂一定程度上可以改善混凝土的和易性,本文选取工程常用的HPMC、黄原胶、糊精和BS1四款保水剂,通过混凝土试验来研究其对混凝土工作性能和力学性能的影响。结果表明,外加剂掺量1.1%条件下,HPMC和黄原胶每吨外加剂复配量控制在1.2kg/吨以下,BS1和糊精每吨外加剂复配量控制在30kg/吨以下,可以明显改善混凝土和易性,增大塌落度和扩展度,降低混凝土的泌水率,且对混凝土含气量影响较小,7天和28天强度影响较小。

**[关键词]** 增稠剂; 保水剂; 粗砂; 混凝土工作性能; 强度

中图分类号: TU528.042.6 文献标识码: A

## Study on the Influence of Thickener on the Working and Mechanical Properties of Coarse Sand Concrete

Xin Luo<sup>1,2</sup> Wei Wu<sup>1,3</sup> Lei Liu<sup>2,4</sup>

1 Shijiazhuang Chang'an Yucai Building Materials Co., LTD.

2 Hebei Provincial Research Institute of Construction Chemical Additives

3 Shijiazhuang City Research Institute of Construction Functional Materials

4 Sichuan Tongdao Technology Co. LTD.

**[Abstract]** Adding thickener to coarse sand concrete can improve the workability of concrete to a certain extent. In this paper, HPMC, Xanthan gum, dextrin and BS1 water-retaining agents commonly used in engineering are selected to study their effects on the working and mechanical properties of concrete through concrete tests. The results show that under the condition of 1.1% admixture content, the admixture amount of HPMC and xanthan gum per ton is controlled below 1.2kg/ ton, and the admixture amount of BS1 and dextrin per ton is controlled below 30kg/ ton, which can significantly improve the workability of concrete, increase the collapse and expansion degree, reduce the leakage rate of concrete, and have little impact on the gas content of concrete. The 7-day and 28-day intensity had little effect.

**[Key words]** thickening admixture; water retaining admixture; coarse sand; working performance of concrete; strength

### 引言

随着中国建筑行业的日益发展,建筑用砂的使用量日益增大,天然河砂经过长时间的开采,国内优质河砂资源已偏向匮乏,而且天然河砂的过量开采使用已经严重影响到河道的生态平衡、水文稳定,因此机制砂替代河砂显得尤为重要,利用机制砂代替天然砂当作水泥混凝土的细集料是未来的趋势<sup>[1-3]</sup>。

然而,目前市场上人工生产的机制砂往往很粗,细度模数高达3.1及以上,级配不良,孔隙率很大,用这样的机制砂拌制混凝土我们称为粗砂混凝土。粗砂混凝土具有工作性能差、保水性差、泌水离析、施工困难等问题,同时会导致胶凝材料的增加、

成本增加,而且硬化后的混凝土因密实性不好耐久性差。在保证混凝土主体结构施工质量的前提下,迫切需要探索出一种可有效解决粗砂混凝土泌水、离析、包裹性差的问题,又不明显影响混凝土工作性能和力学性能的智能调控技术<sup>[4-6]</sup>。

增稠剂是一种通过提高液相粘度,增加稠度以减少混凝土拌合物组分分离趋势的外加剂。具有与水泥浆体的适应性好、触变性好、改性的效果更加明显等突出优点<sup>[7-11]</sup>,在混凝土中已得到广泛的应用。增稠剂常用的种类有纤维素类、有机高分子类和多糖类增稠剂,不同种类增稠剂对改善粗砂混凝土性能的影响有所不同,本文通过对不同种类增稠剂对粗砂混凝土的影响

进行研究,为增稠剂在粗砂混凝土中的应用提供依据。

### 1 粗砂混凝土试验

#### 1.1 原材料

(1)水泥:采用峨胜水泥集团股份有限公司出产的P.042.5普通硅酸盐水泥。经检测该水泥的密度是 $3.12\text{g}/\text{cm}^3$ ,比表面积是 $325\text{m}^2/\text{kg}$ ,标准稠度用水量是25.6%,初凝时间是196min,终凝时间是255min。(2)粉煤灰:成都成星粉煤灰加工有限公司生产的F类II级粉煤灰。(3)细骨料:采用成都市昌玉石英砂厂生产的机制砂,细度模数3.2,石粉含量3%,含泥量小于0.6%。(4)粗骨料:采用成都市昌玉石英砂厂生产的5-25mm碎石,碎石掺配比例为5-10mm:10-16mm:16-25mm=2:5:4。(5)减水剂:采用石家庄市长安育才建材有限公司出产的缓凝型减水剂GK3000,减水率27%,含固量23.5%。(6)水:地下水。(7)增稠剂:选取羟丙基甲基纤维素(HPMC)20万粘度、黄原胶(山东景鑫生物科技有限公司)、糊精(成都子尧科技有限公司)、BS1(石家庄市长安育才建材有限公司有机高分子保水剂)。

#### 1.2 混凝土配合比

依托某工程C30混凝土配合比,如表1所示。

表1 混凝土配合比( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

编号	水泥	粉煤灰	细骨料	粗骨料	减水剂	水
C30	280	120	786	1043	4.4	157

#### 1.3 试验方案

为研究不同种类增稠剂对C30混凝土工作性能和力学性能的影响,通过在减水剂中复配增稠剂,按照表1的配合比进行混凝土试验,分别研究不同种类增稠剂对C30粗砂混凝土的工作性能(坍落度、扩展度、泌水率)、力学性能(7d和28d抗压强度)的影响规律。由于增稠剂种类不同,每吨减水剂复配增稠剂用量不同,根据每种增稠剂常用的剂量进行复配,HPMC和黄原胶每吨外加剂分别复配0kg/吨、0.4kg/吨、0.8kg/吨、1.2kg/吨、1.6kg/吨、2.0kg/吨,糊精和BS1每吨外加剂分别复配0kg/吨、10kg/吨、20kg/吨、30kg/吨、40kg/吨、50kg/吨。

#### 1.4 检测依据

(1)根据《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T50080—2016进行坍落度和扩展度试验。(2)根据《普通混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T50081—2019进行抗压强度测。

(3)根据《混凝土外加剂》GB8076—2008进行泌水率试验。

### 2 试验结果与分析

#### 2.1 不同种类增稠剂对粗砂混凝土工作性能的影响

HPMC和黄原胶每吨外加剂分别复配0kg/吨、0.4kg/吨、0.8kg/吨、1.2kg/吨、1.6kg/吨、2.0kg/吨,糊精和BS1每吨外加剂分别复配0kg/吨、10kg/吨、20kg/吨、30kg/吨、40kg/吨、50kg/吨,得到的混凝土坍落度、扩展度、泌水率、含气量的变化规律如图1~图8所示。

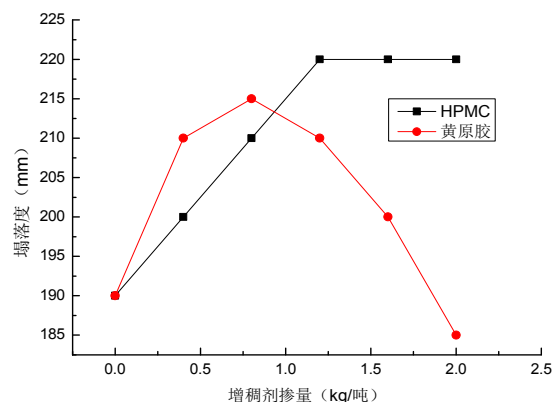


图1 HPMC和黄原胶对坍落度的影响

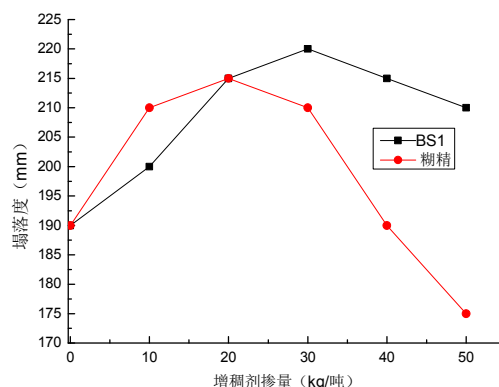


图2 糊精和BS1对坍落度的影响

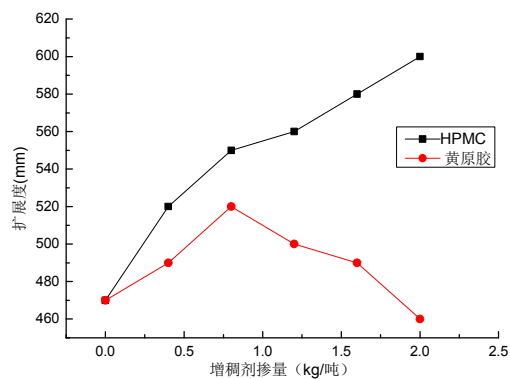


图3 HPMC和黄原胶对扩展度的影响

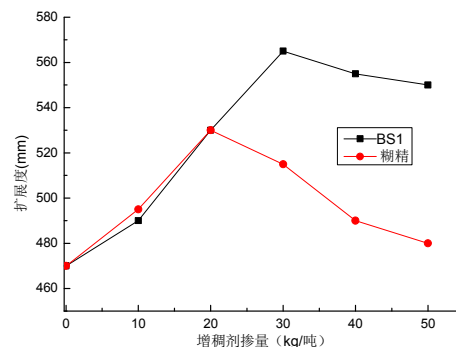


图4 糊精和BS1对扩展度的影响

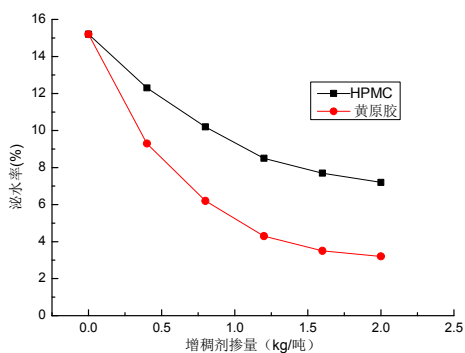


图5 HPMC和黄原胶对泌水率的影响

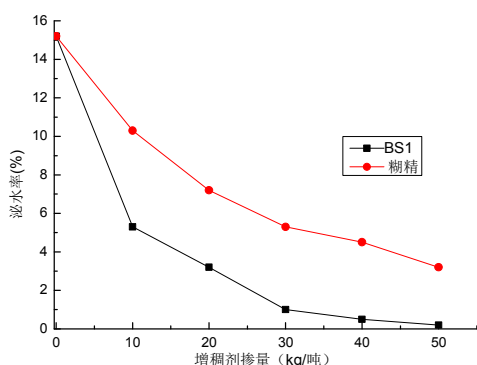


图6 糊精和BS1对泌水率的影响

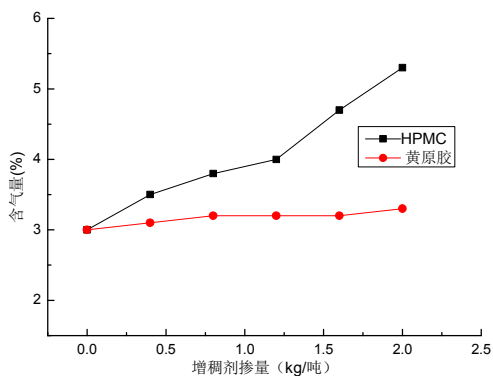


图7 HPMC和黄原胶对含气量的影响

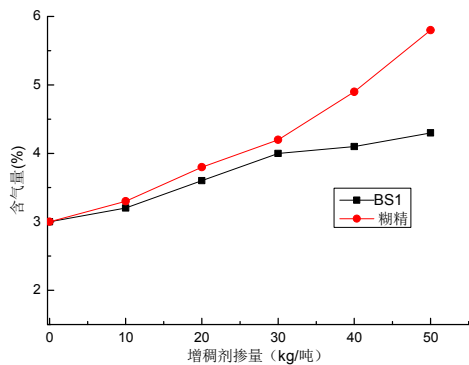


图8 糊精和BS1对含气量的影响

从图1、图3、图5和图7可以看出,随着增稠剂HPMC在每吨外加剂复配量的增加,混凝土的塌落度先逐渐增大,后塌落度逐渐

持平,在1.2kg/吨时塌落度达到峰值。扩展度、含气量逐渐的增加,HPMC在1.2kg/吨以上时,含气量急剧增高。这主要是HPMC分子结构中不仅具有亲水基团,如羟基和醚基等,还有憎水基团如甲基和葡萄糖环等,使其具有表面活性剂的特性,能够在混凝土搅拌过程中更容易产生气泡,气泡在混凝土中起到滚珠效应,增加了混凝土浆体的流动性。从图5可以看出,随着增稠剂HPMC在每吨外加剂复配量的增加,混凝土的泌水率逐渐降低,这主要是HPMC在水中溶胀后,构成相对刚性的网络,锁住混凝土中多余的自由水。随着增稠剂黄原胶在每吨外加剂复配量的增加,混凝土的塌落度和扩展度出现了先逐渐增大,后逐渐降低趋势,这主要与黄原胶的分子结构特定决定。黄原是一种多糖类聚合物,分子量较大,在水溶液溶胀性强,在混凝土浆体中锁住多余的自由水要强于HPMC,混凝土加入过多的黄原胶后,浆体由于自由水过少而导致混凝土流动性变差。由图5、图7可以看出,黄原胶对泌水率的影响要强于HPMC,对混凝土含气量的影响较小,远低于HPMC对混凝土含气量的影响。

从图2、图4、图6和图8可以看出,随着增稠剂糊精在每吨外加剂复配量的增加,混凝土的塌落度和扩展度出现了先逐渐增大,后逐渐降低趋势,泌水率逐渐的降低,含气量逐渐的增加。糊精分子量小远低于黄原胶分子量,主要靠在水溶液中溶胀进行增稠,但不能像HPMC构成相对刚性的网络,所以混凝土在搅拌过程中形成的气泡更容易破裂,混凝土稳气能力不如HPMC。BS1是用高分子共聚合成的液体保水剂,随着增稠剂BS1在每吨外加剂复配量的增加,混凝土的塌落度和扩展度出现了先逐渐增大,后缓慢降低趋势,在30kg/吨时塌落度和扩展度达到最大。从图6可以看出,在相同掺量下,加入BS1的混凝土泌水率低于糊精。从图8可以看出,随着增稠剂BS1在每吨外加剂复配量的增加,混凝土含气量逐渐增加,但混凝土含量增加的幅度比糊精的低。

### 2.2 不同种类增稠剂对粗砂混凝土力学性能的影响

HPMC和黄原胶每吨外加剂分别复配0kg/吨、0.4kg/吨、0.8kg/吨、1.2kg/吨、1.6kg/吨、2.0kg/吨,糊精和BS1每吨外加剂分别复配0kg/吨、10kg/吨、20kg/吨、30kg/吨、40kg/吨、50kg/吨,得到的混凝土7天和28天强度的变化规律如图9、图10所示:

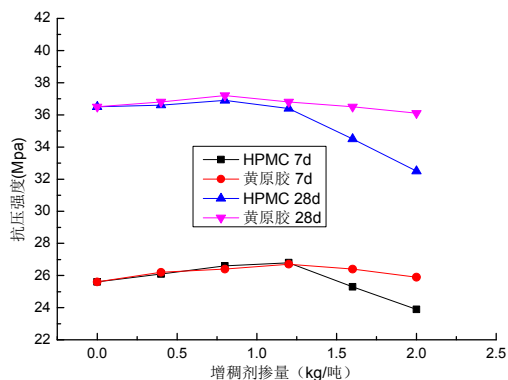


图9 HPMC和黄原胶对强度的影响

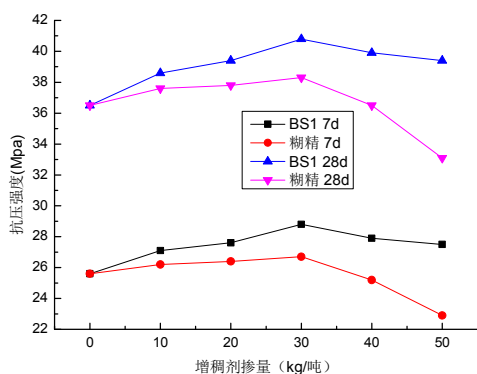


图10 糊精和BS1对强度的影响

从混凝土7d及28d抗压强度的数据结果(图9)来看,随着增稠剂HPMC和黄原胶每吨外加剂复配量的增加,HPMC和黄原胶对混凝土7天和28天强度影响轻微上涨,在1.2kg/吨时达到强度最大值。超过1.2kg/吨后,加入HPMC的混凝土强度大幅度下降,加入黄原胶的混凝土强度变化不大。分析原因,增稠剂在1.2kg/吨及以下时,混凝土和易性相对空白0kg/吨得到明显改善,泌水率降低,降低了混凝土泌水引起的混凝土内部缺陷,从而导致混凝土强度轻微的上涨。随着增稠剂HPMC和黄原胶每吨外加剂复配量超过1.2kg/吨后,加入HPMC的混凝土含气量急剧的增加,增加的混凝土的孔隙率,从而导致混凝土强度大幅度降低。而加入每吨外加剂复配量超过1.2kg/吨黄原胶后的混凝土,混凝土含气量变化不大,其强度影响不大,与未加增稠剂的空白组强度基本持平。

从混凝土7d及28d抗压强度的数据结果(图10)来看,随着增稠剂BS1和糊精每吨外加剂复配量的增加,BS1和糊精对混凝土7天和28天强度影响轻微上涨,在30kg/吨时达到强度最大值。超过30kg/吨后,加入BS1的混凝土强度大幅度下降,加入糊精的混凝土强度降低较为明显。分析原因,增稠剂在30kg/吨及以下时,混凝土和易性相对空白0kg/吨得到明显改善,泌水率降低,降低了混凝土泌水引起的混凝土内部缺陷,从而导致混凝土强度的上涨。随着增稠剂BS1和糊精每吨外加剂复配量超过30kg/吨后,加入糊精的混凝土含气量急剧的增加,增加的混凝土的孔隙率,从而导致混凝土强度降低更为明显。而加入每吨外加剂复配量超过30kg/吨BS1后的混凝土,混凝土含气量增加较小,其强度降低较小,但仍高于未加增稠剂的空白组强度。

### 3 结论

(1)粗砂混凝土中加入增稠剂一定程度上可以改善混凝土

的和易性,进而使粗砂混凝土的拌合物工作性能得以改善,在含气量控制到配合比范围内时,并不影响混凝土强度,甚至强度有所提升。(2)外加剂掺量1.1%条件下,HPMC和黄原胶每吨外加剂复配量控制在1.2kg/吨以下,BS1和糊精每吨外加剂复配量控制在30kg/吨以下,可以明显改善混凝土和易性,增大塌落度和扩展度,降低混凝土的泌水率,且对混凝土含气量影响较小,7天和28天强度影响较小。(3)从上述的试验可以看出,单一的增稠剂HPMC、黄原胶和糊精既有自己的优势也有自己的缺点,很难用一种增稠剂解决粗砂混凝土所有问题,利用高分子有机合成保水剂替代有纤维素类和多糖类保水剂将是未来保水剂发展趋势,且保水剂制造成本也将大幅度降低。

### [参考文献]

- [1]吴广华,张颖.机制砂在混凝土中推广应用的措施研究[J].西部资源,2022,(2):180-182.
- [2]张锦城.机制砂(人工砂)在混凝土的应用[J].广东建材,2018,(6):17-18.
- [3]方剑.机制砂混凝土的特性及研究进展[J].安徽建筑,2021,(10):119-121.
- [4]王晓明.低品质骨料混凝土稠度改性试验研究[J].铁道建筑,2018,58(3):136-139.
- [5]王荣臻,宋少民.机制骨料技术指标及其对混凝土性能的影响研究[J].混凝土世界,2024,(185):24-31.
- [6]彭兴华,李国栋,张朝宏,等.全机制骨料混凝土制备及骨料级配试验[J].山西建筑,2023,49(11):109-111.
- [7]孙德易,李化建.增稠剂对新拌水泥基材料性能影响的研究进展[J].混凝土与水泥制品,2018,(1):17-21.
- [8]张艺劼.高分子增稠剂对新拌水泥浆体性能的影响及机理研究[D].北京建筑大学,2022.
- [9]孙国文,张营,闫娜,等.水下不分散混凝土的抗分散性能设计及其表征研究进展[J].材料导报,2022,36(01):91-101.
- [10]任崑崑,柯国炬,田波,等.生物胶对引气水泥砂浆流变性能的影响[J].混凝土,2015(04):134-136+143.
- [11]陈诚,苏延文,曾永平.基于高分子质量生物胶的自密实混凝土流变性能优化[J].新型建筑材料,2020,47(10):14-18.

### 作者简介:

罗鑫(1990—),男,汉族,河南省信阳市人,工学硕士,中级工程师,从事的研究方向或工作领域:建筑材料开发。