

文章编号:1673-9981(2014)03-0145-05

泡沫混凝土性能优化初探

于方¹,殷素红¹,王果¹,张二猛²

1.华南理工大学材料科学与工程学院,广东 广州 510640;2.广州兴业混凝土搅拌有限公司,广东 广州 510700

摘要:主要研究了水胶比、发泡剂稀释倍率、增稠剂种类和掺量、增强纤维种类和掺量等对泡沫混凝土性能的影响,以期找到改善泡沫混凝土性能的措施.研究表明:在水胶比为0.3及发泡剂稀释倍率为1:70条件下,配制干密度为400 kg/m³的泡沫混凝土较为适宜,其抗压强度可达0.88 MPa;掺入占胶凝材料质量0.1%的纤维素醚或占浆体体积0.1%的玻璃纤维,虽然泡沫混凝土的干密度有所增大,但其吸水率降低,抗压强度明显提高,分别可达1.34 MPa和1.48 MPa.

关键词:泡沫混凝土;抗压强度;吸水率;增稠剂;增强纤维

中图分类号:TU528.2

文献标识码:A

随着我国墙体材料的改革及建筑节能政策的推行,节能型建筑材料的开发和应用受到广泛地重视,泡沫混凝土作为一种新材料近年来得到普遍关注,对其进行了大量的研究和开发.目前,我国泡沫混凝土砌块年产量约为50万m³,而且在建筑领域中得到一定的应用,如南方地区利用其隔热和轻质性能特点,将其作为框架结构的填充墙,北方地区用其作墙体保温层和管道保温套^[1].此外,现浇泡沫混凝土用于屋面保温层施工、地基补偿等新应用也在不断地发展^[2].

泡沫混凝土具有轻质、保温、抗震、隔音、调湿及防火等优异性能,但其同时存在强度低、吸水率大、

收缩大等缺点.本文主要通过调节水胶比及发泡剂稀释倍率,以及掺入增稠剂和增强纤维等,来提高泡沫混凝土的抗压强度,同时降低其吸水率,以期进一步提高泡沫混凝土的性能.

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

水泥为广州市珠江水泥厂生产的粤秀牌P·II42.5水泥,粉煤灰为广东省佛山市发电厂的Ⅱ级粉煤灰,其中水泥和粉煤灰的理化性能列于表1.

表1 水泥和粉煤灰的理化性能

Table 1 Phy-chemical properties of the cement and fly ash

原料	含量 $w/\%$							密度 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	比表面积 $/(\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1})$
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	烧失量		
水泥	21.2	5.4	5.03	64.84	1.45	1.02	1.06	3110	376
粉煤灰	39.70	25.34	2.40	11.20	1.07	1.12	3.34	2550	293

增稠剂包括纤维素醚和膨润土,其中纤维素醚为上海惠广精细化工有限公司生产的羟丙基甲基纤维素(HPMC),膨润土为市售.泡沫剂为浙江嵊州文

信阁复合材料有限公司生产的动物蛋白型发泡剂,其pH值为6.5~7.5.纤维包括聚丙烯纤维和抗碱玻璃纤维,二者均为市售.其中聚丙烯纤维的长度为

收稿日期:2013-12-16

作者简介:于方(1987-),男,安徽亳州人,硕士研究生.

16 mm,直径为 31 μm ,密度为 0.91 g/cm^3 ;抗碱玻璃纤维的长度为 12 mm,直径为 14 μm ,密度为 2.68 g/cm^3 .

1.2 试验方法

首先用压缩空气发泡机将发泡剂液体制成泡沫,并按一定比例将泡沫与搅拌好的水泥净浆(水泥质量百分数为 85%,粉煤灰质量百分数为 15%)混合均匀,然后成型为立方体试件,其棱长为 70.7 mm,待 48 h 拆模后在标准条件下养护至 28 d,最后参照 JG/T266-2011 中泡沫混凝土测试方法,测定试样的抗压强度、干密度及吸水率.

2 结果与分析

2.1 水胶比对泡沫混凝土性能的影响

水胶比是影响泡沫混凝土性能的重要因素之一.泡沫要保证在水泥浆体中有良好的稳定性,既要克服浆体对泡沫的阻力,力求分布均匀,又要利用浆体对泡沫的包裹力,防止泡沫溢出浆体.因而水胶比直接影响泡沫混凝土浆体的粘度和稠化时间,进而影响泡沫在浆体中的稳定性.本试验分别选用 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45 和 0.50 水胶比进行试验,试验结果列于表 2.

表 2 不同水胶比下的泡沫混凝土的性能
Table 2 The properties of foamed concrete with different water to binder ratios

水胶比	新拌浆体状态		干密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	吸水率/%	抗压强度/MPa
	加泡前	加泡后			
0.25	很粘稠	均匀性不好	440	36.56	0.63
0.30	较粘稠	均匀性较好	410	38.43	0.88
0.35	粘稠	均匀性良好	390	38.64	0.61
0.40	稀	少量沉浆	360	44.64	0.57
0.45	较稀	较多沉浆	330	45.96	0.51
0.50	很稀	大量沉浆	310	47.54	0.47

由表 2 可以看出:随着水胶比增大,加入泡沫前新拌净浆逐渐变稀;加入泡沫后,尤其是当水胶比大于 0.40 时,泡沫混凝土浆体的均匀性开始变差,出现沉浆现象.这是由于泡沫中带有一定量的水,泡沫加入到净浆中,会使浆体进一步变稀,浆料难以在泡沫表面形成相对稳定的保护层,使泡沫周围的浆料层变薄,气泡容易溢出,浆体容易沉降,导致气泡在浆体中分布不均,上层气泡较多,下层气泡较少.所以水胶比越大,沉浆现象越明显.

由表 2 还可以看出,水胶比越大,泡沫混凝土的孔隙率越大,导致其干密度和抗压强度下降,吸水率增大.但当水胶比过小(水胶比为 0.25)时,由于浆体过于粘稠,难以搅拌均匀,虽然混凝土的干密度

大、吸水率小,但其抗压强度却小于水胶比为 0.30 的泡沫混凝土.由此可知,水胶比过大或过小都不合适.对于干密度为 400 kg/m^3 等级的泡沫混凝土,选择水胶比为 0.30 较适宜.后续研究均采用 0.30 水胶比.

2.2 发泡剂稀释倍率对泡沫混凝土性能的影响

泡沫的好坏直接影响泡沫混凝土品质的高低.好的泡沫是海绵状、形状接近球形、气孔大小均匀、泌水率低、对胶凝材料没有负作用的泡沫^[3].由于发泡剂的稀释倍率直接影响泡沫的这些性能,为了研究不同稀释倍率下发泡剂对泡沫混凝土性能的影响,分别选用 1:40, 1:50, 1:60, 1:70, 1:80 和 1:90 的稀释倍率进行试验,试验结果列于表 3.

表 3 不同发泡剂稀释倍率下的泡沫混凝土性能
Table 3 The properties of foamed concrete with different dilutions of foaming agent

稀释倍率	状态			干密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	抗压强度/MPa
	泡沫体积量	泡沫状态	浆体状态		
1:40	很少	很稠	沉浆	451	1.16
1:50	较少	较稠	沉浆	415	1.05
1:60	少	稠	沉浆	423	1.06
1:70	合适	均匀	较均匀	410	0.88
1:80	较少	稀	很稀	427	1.04
1:90	很少	很稀	极稀	417	0.95

由表3可见,随着稀释倍率的增加,泡沫体质量呈现先增大后减小.当稀释倍率很低时,发出的泡沫少且干稠,不易与净浆搅拌均匀,易出现沉浆;当稀释倍率很高时,发出的泡沫少且很稀,类似于乳汁状,加入到净浆中无疑会增大浆体的水胶比,造成浆体的粘度增长速度慢、稠化时间长,泡沫在浆体稠化前已破灭,从而导致塌模.

从表3还可见,随着稀释倍率的增大,泡沫混凝土的干密度先减小后增大.这是因为稀释倍率过低时,液膜过薄,气泡略有排液,液膜就会因为失水而破裂;稀释倍率过高时,液膜过厚,气泡因含水多而排液速度快,液膜也易破裂.气泡的破灭会导致泡沫混凝土的孔隙率下降,从而增大其干密度.抗压强度的变化规律与干密度的变化规律一致,随着稀释倍率的增大,抗压强度先减小后增大,且在泡沫体质量最大时,抗压强度最小.对于轻质泡沫混凝土来说,不能只考虑强度,其低密度和均匀稳定性也非常重要.综上,适宜的泡沫剂质量稀释倍率为1:70.

2.3 增稠剂对泡沫混凝土性能的影响

本试验选用纤维素醚和膨润土作为增稠剂,纤维素醚是一种重要的保水材料,加入浆体中可以防止水分过快散失^[4].膨润土是以蒙脱石为主的含水粘土矿物,掺入一定量可以提高泡沫混凝土的泡沫稳定性和材料强度^[5].图1及图2为不同纤维素醚和膨润土的掺量(质量百分数)对泡沫混凝土干密度、吸水率及抗压强度的影响.

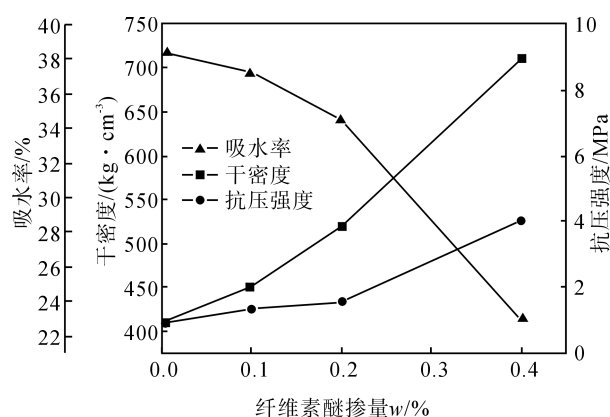


图1 纤维素醚掺量对泡沫混凝土性能的影响

Fig.1 Effect of cellulose ether content on the properties of foamed concrete

从图1可以看出,随纤维素醚掺量的增加,泡沫混凝土的干密度增大,吸水率降低,抗压强度增加.一方面是因为纤维素醚有很强的保水作用,在浆体

包裹着泡沫并逐渐硬化的过程中,能保证水分不会散失,故因水分散失形成的连通孔数量减少,从而降低了吸水率,这也有助于提高材料的强度;另一方面由于纤维素醚的缓凝作用,导致在浆体凝结之前部分泡沫已破灭,浆体中气泡体积减少,从而干密度增加,吸水率减小,抗压强度增加.

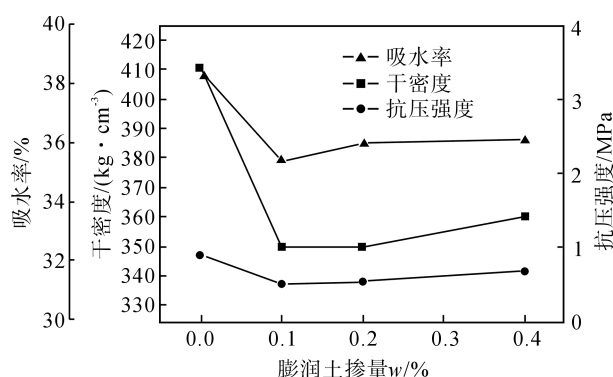


图2 膨润土掺量对泡沫混凝土性能的影响

Fig.2 Effect of bentonite content on the properties of foamed concrete

从图2可见:掺入膨润土后泡沫混凝土的干密度下降,这是因为膨润土的增稠稳泡作用可以防止泡沫溢出浆体,在膨润土掺量为0.1%~0.4%的范围内,随其掺量的增加对泡沫混凝土的干密度影响不大;由于掺入膨润土后泡沫混凝土的干密度下降,故其抗压强度也随之下降,但强度随着膨润土掺量的增加抗压强度反而有增大趋势,这是因为膨润土具有良好的粘结、增稠作用,故强度有所增大;掺入少量的膨润土,泡沫混凝土的吸水率有所降低,与掺入纤维素醚的相似,其增稠作用使水分不易散失,故因水分散失形成的连通孔数量减少,从而减小了吸水率,但随膨润土掺量的增加,吸水率有所上升,这是因膨润土本身的吸水作用强所致.

通过纤维素醚与膨润土对比可知,掺加纤维素醚对泡沫混凝土性能的影响程度远大于掺加膨润土,表明泡沫混凝土对纤维素醚更为敏感.当纤维素醚掺入量为0.1%时,虽然泡沫混凝土的干密度有所增大,但吸水率降低,抗压强度明显增加,可达1.34 MPa,而掺入膨润土对泡沫混凝土的性能无明显改善作用.

2.4 纤维对泡沫混凝土的性能影响

由于纤维在水泥基材料中具有增强、阻裂的作用,对于轻质保温材料来说,在泡沫混凝土中加入玻璃纤维可使其抗折强度大大地提高^[6],加入聚丙烯

纤维可使其柔韧性显著提高^[7],掺入了改性聚丙烯纤维和膨胀珍珠岩的轻质保温隔热泡沫混凝土砌块,其保温隔热性能明显提高,并能避免墙体干缩开裂^[8].本试验使用聚丙烯纤维及抗碱玻璃纤维,并对其不同的掺量(体积百分数)对泡沫混凝土干密度、吸水率及抗压强度的影响进行了研究.

图3为不同聚丙烯纤维掺量对泡沫混凝土的性能影响.从图3可见:掺入聚丙烯纤维后泡沫混凝土的干密度先下降后增加,这是因为聚丙烯纤维经过特殊的表面处理,在水泥中有着较好的分散性,其掺入后会提高浆料的稳定性和减少泡沫破灭,从而增加了泡沫混凝土的孔隙率^[9].此外,因聚丙烯纤维的密度比水稍小,随其掺量增加,分散不均匀可能引起泡沫破灭,使干密度又有所上升;掺入聚丙烯纤维后,泡沫混凝土的吸水率呈先升后降,在干密度下降的同时吸水率有所降低,这主要是因为聚丙烯纤维具有不吸水性;随着聚丙烯纤维掺量的增加,泡沫混凝土吸水率逐渐降低;掺入聚丙烯纤维后泡沫混凝土的干密度下降,导致抗压强度下降,但随聚丙烯纤维掺量增加,泡沫混凝土的强度反而增大,这是因为聚丙烯纤维具有良好的抗裂性能所致.

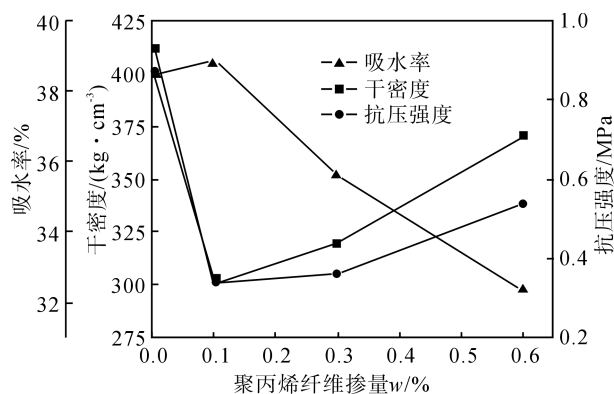


图3 聚丙烯纤维掺量对泡沫混凝土的性能影响

Fig.3 Effect of polypropylene fiber content on the properties of foamed concrete

图4为不同玻璃纤维掺量对泡沫混凝土的性能影响.从图4可以看出:掺入玻璃纤维后泡沫混凝土的干密度增加,这与玻璃纤维的密度大于浆体的平均密度有关;在玻璃纤维掺量比聚丙烯纤维少得多的情况下,泡沫混凝土的吸水率更低,这主要是因为玻璃纤维具有不吸水性,以及干密度增加两者共同作用所致;掺入玻璃纤维后泡沫混凝土的抗压强度增大,这是因为干密度增大及玻璃纤维具有抗裂性

能所致.

通过聚丙烯纤维与玻璃纤维对比可知,聚丙烯纤维的掺入可降低泡沫混凝土的干密度及吸水率,但泡沫混凝土的抗压强度下降;当玻璃纤维的掺入量占浆体体积0.1%时,虽然泡沫混凝土的干密度有所增大,但吸水率降低了17.4%,抗压强度明显增加,可达1.48 MPa.

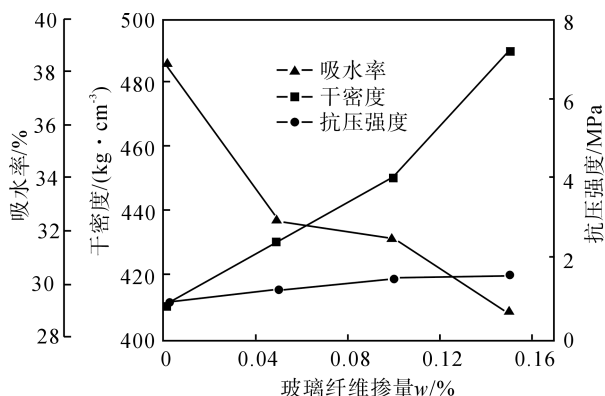


图4 玻璃纤维掺量对泡沫混凝土性能的影响

Fig.4 Effect of glass fiber content on the properties of foamed concrete

3 结论

(1)在水胶比为0.3,发泡剂稀释倍率为1:70条件下,配制干密度为400 kg/m³的泡沫混凝土较为适宜,泡沫混凝土的抗压强度可达0.88 MPa.

(2)膨润土的掺入,对泡沫混凝土性能无明显改善作用;纤维素醚的掺入对泡沫混凝土的性能有影响,当其掺入量占胶凝材料质量的0.1%时,虽然泡沫混凝土的干密度有所增大,但吸水率降低,抗压强度明显增加,可达1.34 MPa.

(3)聚丙烯纤维的掺入,可降低泡沫混凝土的干密度及吸水率,但泡沫混凝土的抗压强度下降;玻璃纤维的掺入量占浆体体积0.1%时,虽然泡沫混凝土的干密度有所增大,但吸水率降低了17.4%,抗压强度明显增加,可达1.48 MPa.

参考文献:

- [1] 张磊, 杨鼎宜. 轻质泡沫混凝土的研究及应用现状[J]. 混凝土, 2005(8):44-48.
- [2] 郭立英, 赵芸平, 张大伟, 等. 泡沫混凝土的制备及强度影响研究[J]. 混凝土, 2011(10):133-135.
- [3] 闫振甲, 何艳君. 泡沫混凝土实用技术[M]. 北京: 化学

- 工业出版社,2006:1-36.
- [4] 袁伟,秦岷,丁来彬,等. 纤维素醚对泡沫混凝土性能影响研究[J]. 生态建材,2012(5):34-40.
- [5] 乔欢欢. 利用普通水泥制备免蒸养泡沫混凝土的研究[D]. 绵阳:西南科技大学,2008:36-39.
- [6] 詹炳根,郭建雷,林兴胜. 玻璃纤维增强泡沫混凝土性能试验研究[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(2):226-229.
- [7] 曹万智,王洪镇,邵继新,等. 纤维增强微孔轻质混凝土系列墙体制品的研制开发[J]. 墙材革新与建筑节能,2003(11):25-28.
- [8] 符向桃,谢朝学,钱书昆. 纤维混凝土模卡节能砌块的研究与探讨[J]. 混凝土与水泥制品,2005(2):43-45.
- [9] 林兴胜. 纤维增强泡沫混凝土的研制与性能[D]. 合肥:合肥工业大学,2007:34-36.

Preliminary exploration of foamed concrete performance optimization

Yu Fang¹, Yin Suhong¹, Wang Guo¹, Zhang Ermeng²

1. School of Materials Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. GuangZhou XingYe Concrete Mixing Co., Guangzhou 510700, China

Abstract: Lots of aspects affect the properties of foamed concrete, for the seek of improving the properties of foamed concrete, water to binder ratio, dilution ratio of foaming agent were investigated, as well as the types and dosage of thickening agent and reinforced enhanced fiber. The results show that when the water to binder ratio of 0.3 and foaming agent dilution ratio of 1:70 conditions, foamed concrete of dry density is 400 kg/m³ would acquire the best properties. Its compressive strength can be achieved up to 0.88MPa; Mixed with 0.1% cellulose ether by mass of the cementations material or 0.1% glass fiber by volume of the paste, the dry density of foamed concrete increased, while its water absorption is lower, the compressive strength increased significantly, up to 1.34 MPa and 1.48 MPa, respectively.

Key words: foamed concrete; compressive strength; water absorption; thickener; reinforced fiber