

建筑地面保温工程用全轻混凝土配制技术

刘先锋^{1,2} 彭家惠² 陈明政¹ 刘 柳¹ 张建新^{2,3}

(1. 重庆科技学院建筑工程学院,重庆 401331; 2. 重庆大学材料科学与工程学院,重庆 400045;
3. 重庆建大建筑材料有限公司,重庆 400030)

摘要:全轻混凝土用于建筑地面保温工程优势在于同时具有承重和保温性能,简化保温构造;但全轻混凝土配制过程中强度与密度或保温性能的矛盾是其推广应用的主要障碍之一。在优选陶粒基础上,采用外加剂增强和外掺料降低密度提高保温性能,配制出强度超过 LC15、密度等级 1000 kg/m³、保温性能优良的全轻混凝土;其干表观密度 1009 kg/m³、抗压强度 21.2 MPa、导热系数 0.23 W/(m·K)、蓄热系数 4.85 W/(m²·K)、吸水率 15%、软化系数 0.88、28 d 收缩值 0.27 mm/m、内照射指数 0.41、外照射指数 0.67。

关键词:全轻混凝土;建筑地面;保温;强度;密度

中图分类号: TU528

文献标识码: A

文章编号: 1001-4625(2016)05-4632-05

DOI:10.16552/j.cnki.issn1001-1625.2016.05.056

Preparation Technology of Full Lightweight Aggregate Concrete in Building Ground Thermal Insulation Engineering

LIU Xian-feng^{1,2} PENG Jia-hui² CHEN Ming-zheng¹ LIU Liu¹ ZHANG Jian-xin^{2,3}

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China;
2. College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China;
3. Chongqing Jianda Building Materials Co. Ltd, Chongqing 400030, China)

Abstract: Full lightweight aggregate concrete combines excellent strength and heat preservation performance, which simplifies thermal-insulated structure of building ground thermal insulation engineering.; but the strength is at odds with density and insulation performance which is One of the main obstacles to popularization and application of full lightweight Aggregate Concrete in Building Ground Thermal Insulation Engineering. Adding admixture to improve strength and Adding admixtures to reduce density are researched in full lightweight aggregate concrete with optimized lightweight aggregate. The results show that its strength far outstrips LC15, density level meets 1000 kg/m³, and its insulation performance is outstanding; the apparent density is 1009 kg/m³, the compression strength is 21.2 MPa, the thermal conductivity is 0.23 W/(m·K), the thermal storage capacity is 4.85 W/(m²·K), the water absorption is 15%, the coefficient of softness is 0.88, 28 d systolic value is 0.27 mm/m, the internal exposure index is 0.41, the external exposure index is 0.67.

Key words: full lightweight aggregate concrete; building ground; thermal insulation; strength; density

1 引 言

夏热冬冷地区,居住建筑在间歇式空调运行方式以及入住率(同时使用系数)低的情况下,分户楼板是

基金项目:重庆市教委科技项目(KJ1401315)

作者简介:刘先锋(1975-),男,博士,副教授。主要从事节能建筑材料、水泥混凝土材料、石膏基材料、固体废弃物建材资源化研究及工程应用。

最大的热桥(100 mm 厚钢筋混凝土板传热系数为 $3.03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)。建筑热量和冷量非常容易通过楼地面热桥发生传热损失,很大程度上影响了建筑节能的实施效果。标准^[1]以强制性条文明确规定分户楼板传热系数 $K \leq 2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,标准^[2]以强制性条文明确规定分户楼板传热系数 $K \leq 2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。这样,分户楼板必须采取保温措施才能达到建筑节能 65% 的基本门槛要求。

随着建筑节能在十二五期间的要求和推进,目前分户楼板保温层用材料有聚苯乙烯泡沫塑料板、聚苯颗粒保温浆料、复合硅酸盐板、无机保温砂浆、泡沫混凝土等。但是,这些保温层强度低,规范^[3]第 4.12.5 条规定设置间距不大于 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 的 $\phi 6 \text{ mm}$ 钢筋网片,它们用于楼地面保温系统时,由于强度达不到规范要求,必须增设钢丝网和细石混凝土保护层,以免引起开裂;且聚苯颗粒保温砂浆系统和苯板系统防火性能差。因此,目前楼板保温存在的问题主要有:①抗压强度均偏低,系统完成后容易造成地面开裂、保温层起拱等问题;②有机材料防火性能差,存在安全隐患;③施工工序较复杂,需设抗裂层和保护层,铺设耐碱玻纤网格布或钢丝网。

当建筑地面保温层采用全轻混凝土强度等级不低于 LC15 级时,保温层与面层之间可不设水泥混凝土保护层^[4]。这样,应用全轻混凝土作建筑楼地面保温系统不仅在施工过程中一次成型,省掉铺设钢丝网片及细石混凝土保护层这两道工序,同时具备了承重和保温性能,大大节省了成本。但是,全轻混凝土建筑地面保温工程应用过程中,存在几个关键问题,①强度与密度的矛盾。一般来说强度越高,密度越大,从而导热系数越大,保温隔热性能越差。②全轻混凝土施工过程中,与结构基层粘结差问题、全轻混凝土轻集料上浮问题、压实收面困难问题。③硬化后开裂空鼓问题。本文在前期研究基础上^[5-8],针对第一个问题进行了系列实验,在保证强度前提下降低密度,从而在构造简化前提下确保保温性能。

2 原材料

水泥为普通硅酸盐 42.5 级水泥。陶粒堆积密度 $560 \text{ kg}/\text{m}^3$,筒压强度 2.5 MPa。陶砂堆积密度 $520 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。减水剂为 FDN 减水剂。纤维素醚为甲基纤维素醚,粘度 $100000 \text{ mPa} \cdot \text{S}$ 。硅灰,堆积密度 $220 \text{ kg}/\text{m}^3$,密度 $1650 \text{ kg}/\text{m}^3$,比表面积 $25000 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。空心微珠主要成分由二氧化硅和三氧化二铝组成,堆积密度 $560 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

3 结果与讨论

在优选原材料基础上,考察减水剂、硅灰、空心微珠对全轻混凝土强度、密度及保温性能影响,进而对密度、强度较好的全轻混凝土的保温性能等技术指标进行较全面检测^[4,9],基础配合比如表 1。

表 1 全轻混凝土基准配合比

Tab. 1 The basic mix proportion of full lightweight aggregate concrete

Cement /kg	Ceramicite /L	Ceramic sand/L	Water reducer/kg	Cellulose ether/kg	Silica fume/kg	Hollow microsphere/L	Water Consumption/kg
350	720	480	0	0.7	0	0	As slump constant is 180 mm

3.1 减水剂对全轻混凝土性能影响

减水剂掺量对全轻混凝土抗压强度和密度的影响曲线见图 1、图 2。

从图 1 可看出,随着减水剂掺量增加,全轻混凝土抗压强度增加;减水剂掺量为 1.0% ~ 1.2% 时,全轻混凝土抗压强度增加较多,减水剂掺量大于 1.2% 以后,全轻混凝土抗压强度增加甚微,这可能是到了这个时候强度很大程度上取决于轻集料强度而不是水泥石强度,这也是区别于普通水泥混凝土主要原因(普通混凝土集料强度远大于水泥石强度)。从图 2 可看出,全轻混凝土密度是随着减水剂掺量增加一直增加,这主要是水泥水化和轻集料润湿用水是一定的,多余的水最终会挥发掉在混凝土中间留下孔隙,本实验用水量是控制坍落度 180 mm 为准,故减水剂掺量增加用水量减小,用水量越少留下孔隙越少,从而密度越大。据

上述分析,考虑全轻混凝土强度越大越好、密度越小越好,通常减水剂有个兼顾二者的最佳掺量,本实验原材料所得数据显示减水剂最佳掺量为1.2%。

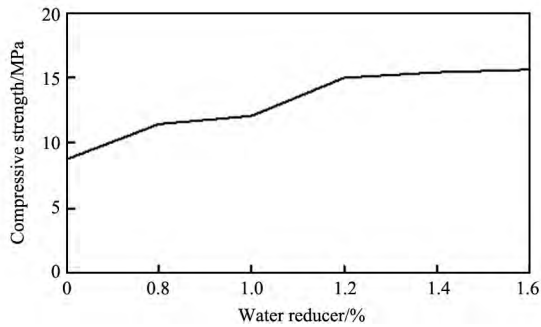


图1 减水剂对全轻混凝土抗压强度的影响

Fig. 1 The relationship between strength and different content of water reducer

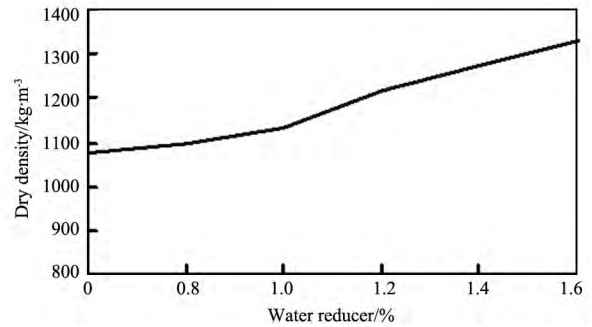


图2 减水剂对全轻混凝土密度的影响

Fig. 2 The relationship between density and different content of water reducer

3.2 硅灰对全轻混凝土性能的影响

硅灰对全轻混凝土抗压强度和密度的影响曲线见图3、图4。

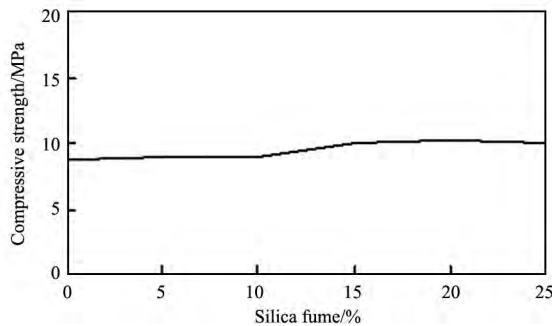


图3 硅灰对全轻混凝土抗压强度的影响

Fig. 3 The relationship between strength and different content of silica fume

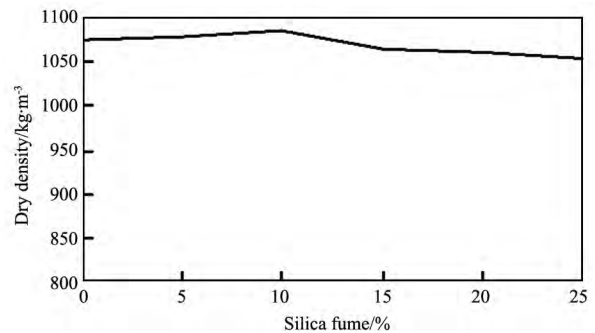


图4 硅灰对全轻混凝土密度的影响

Fig. 4 The relationship between density and different content of silica fume

从图3可以看出,硅灰掺量在10%以下时对全轻混凝土抗压强度基本没有影响;硅灰掺量在10%~15%时,硅灰对全轻混凝土抗压强度有一定提高,但幅度甚微;硅灰掺量大于15%后,全轻混凝土抗压强度基本没变。从图4可看出,硅灰掺量在10%以下时,全轻混凝土密度几乎不变;硅灰掺量大于10%后,全轻混凝土略有降低。硅灰在全轻混凝土中作用甚微,主要是本实验用水量是控制坍落度180 mm为准,即硅灰掺入,在保证坍落度前提下用水量增加,多余水挥发后留下孔隙对强度起降低作用,因而硅灰增强效果体现不出来;另外还有就是增强效果节制因素“全轻混凝土强度很大程度上取决于轻集料强度而不是水泥石强度”。因用水量增加,水泥水化和轻集料润湿用水是一定的,多余的水最终会挥发掉在混凝土中间留下孔隙,用水量越大留下孔隙越大,从而密度越小,且硅灰密度比水泥小,这两点是全轻混凝土密度略有下降的原因。即掺加硅灰,增强效果甚微,但对密度减小有一定贡献,总体来说,硅灰掺量因素不显著。

3.3 空心微珠对全轻混凝土性能的影响

空心微珠掺量对全轻混凝土抗压强度和密度的影响曲线见图5、图6。

从图5可看出,空心微珠替代轻集料0~50%时强度随替代量增加而增大,当替代量大于50%后,随替代量增加强度几乎不增加甚至降低;从图6可看出,随着空心微珠替代量增加,密度持续下降,降低密度贡献显著;原因是空心微珠密度比陶粒、陶砂低得多了,材料组分中密度小的组分增加总密度减小是必然的。实

验时是保证坍落度不变(180 mm), 实际操作需水量没有增加, 强度效应很大。空心微珠是惰性的, 不需要反应用水, 且几乎无开口孔、吸水率低, 当然由于密度小比表面积大, 应该润湿其表面需水量会增大进而对强度影响不利, 但由于空心微珠替代的轻集料本身吸水量大, 被替代了所以节约了这部分吸水, 即由于润湿空心微珠较大比表面增加的需水量与被替代轻集料的吸水量相当或更少, 从而总体用水量变化不大。空心微珠在全轻混凝土体系中除主要可减小密度外, 在强度方面有微珠增强效果, 且用水量变化不大, 所以全轻混凝土强度随着空心微珠掺量增加而增大, 但替代量超过 50% 后强度增加甚微甚至减小, 这主要是过多微粉使得集料粗细集料相对比例减少从而级配不合理占了主导因素, 因此强度增加甚微甚至略有减小。考虑密度和强度, 空心微珠有个最佳掺量, 本实验材料基础上这个最佳掺量为 50%。

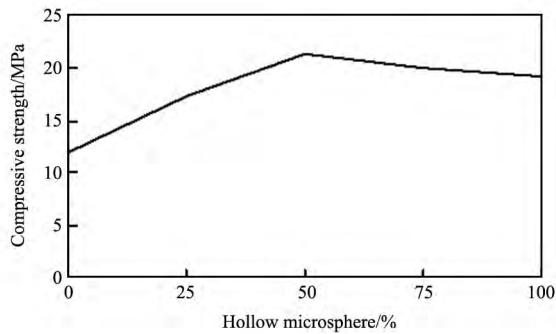


图 5 空心微珠对全轻混凝土抗压强度的影响

Fig. 5 The relationship between strength and different content of hollow microsphere

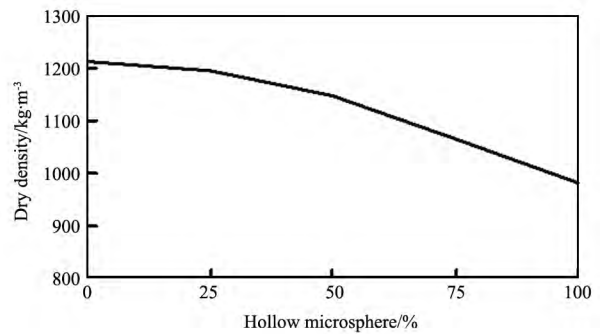


图 6 空心微珠对全轻混凝土密度的影响

Fig. 6 The relationship between density and different content of hollow microsphere

4 优化配合比全轻混凝土性能

结合上述实验, 获得优化配合比见表 2, 对其系列性能测试结果见表 3。

表 2 全轻混凝土优化配合比

Tab.2 The optimized mix proportion of full lightweight aggregate concrete

Cement /kg	Ceramicite /L	Ceramic sand/L	Water reducer/kg	Cellulose ether/kg	Hollow microsphere/L	Water Consumption/kg	Slump constant/mm
350	720	240	4.2	0.7	240	270	180

表 3 全轻混凝土性能

Tab.3 The performance of full lightweight aggregate concrete

Performance index	Dry density /kg·m ⁻³	Compression strength/MPa		Thermal conductivity /W/(m·K)	Thermal storage capacity /W/(m ² ·K)	Water absorption /%	Coefficient of softness	systolic value (28 d) /mm/m	Internal exposure index	External exposure index
		Average value	Least value							
Test data	1009	21.2	20.1	0.23	4.85	15	0.88	0.27	0.41	0.67

表 3 中检测结果, 达到了标准^[4]的 1000 kg/m³ 密度等级要求, 同时强度等级超过 LC15、保温性能优良; 解决了密度和强度的矛盾, 满足全轻混凝土作为建筑地面保温工程要求, 在构造简化前提下保证了保温性能。

5 结 论

(1) 减水剂对全轻混凝土密度和强度有明显影响。随着减水剂掺量增加, 强度增加, 密度也增加; 兼顾密度小强度大, 减水剂最佳掺量为 1.2%。硅灰在全轻混凝土中的增强作用甚微, 对减小密度有一定贡献,

但贡献也较少。空心微珠在全轻混凝土中降低密度效果显著,对强度贡献也很大,强度先增大后减小;综合考虑密度和强度,空心微珠最佳掺量为50%;

(2) 配制出强度超过LC15、保温性能优良的全轻混凝土。主要性能指标:干表观密度 1009 kg/m^3 、抗压强度 21.2 MPa 、导热系数 $0.23\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、蓄热系数 $4.85\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ 、吸水率15%、软化系数0.88、28 d收缩值 0.27 mm/m 、内照射指数0.41、外照射指数0.67。解决了密度和强度的矛盾,满足全轻混凝土作为建筑地面保温工程要求,在构造简化前提下保证了保温性能。

参 考 文 献

- [1] DBJ50-071-2010,居住建筑节能65%设计标准[S].2010.
- [2] JGJ134-2010,夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准[S].2010.
- [3] GB50209-2010,建筑地面工程施工验收质量规范[S].2010.
- [4] GBJ50/T451-2012,全轻混凝土建筑地面保温工程技术规程[S].2012.
- [5] 康苏芳,彭家惠,周福忠,等.纤维素醚和砂率对全轻混凝土性能影响研究[J].硅酸盐通报,2013,32(10):2003-2007.
- [6] 李永靖,闫宣澎,郭瑞琪,等.自燃煤矸石全轻混凝土拌合物坍落度经时损失试验研究[J].硅酸盐通报,2013,32(4):727-731.
- [7] 董荣珍,刘优卫,军,等.细集料改性对全轻混凝土性能的影响[J].硅酸盐通报,2015,34(5):1354-1359.
- [8] 余政兵,杨彬.重庆地区全轻混凝土楼地面保温层质量控制措施探讨[J].重庆建筑,2015,14(2):42-44.
- [9] JGJ51-2002,轻骨料混凝土技术规程[S].2002.

(上接第1631页)

- [3] 邵谦,王成国,朱云峰,等.用于合成纳米苯丙乳液的纳米 TiO_2 表面改性及表征[J].功能材料,2006,37(4):642-645.
- [4] Shaker F A, Ei-Dieb A S, Reda M M. Durability of styrene-butadiene latex modified concrete [J]. *Cem. Concr. Res*, 1997, 27(5):711-720.
- [5] Basheer P A M, Andrews R J, Robinson D J, et al. Permittivity migration test for measuring the chloride transport of concrete on site [J]. *Nde International*, 2005(38):219-229.
- [6] Anne Balogh. New admixture combats concrete shrinkage [J]. *Concrete International*, 1996, 7(7):23-25.
- [7] 土田英俊. 高分子科学[M]. 北京:人民教育出版社,1981.103.
- [8] 张武满. 混凝土结构中氯离子加速渗透试验与寿命预测[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学学位论文,2006.
- [9] 孟庆超. 混凝土耐久性与孔结构影响因素的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学学位论文,2006.
- [10] Kyung-Chae Jung, In-Taek Roh, Seung-Hwan Chang. Evaluation of mechanical properties of polymer concretes for the rapid repair of runways [J]. *Composites: Part B*, 2014(58):352-360.
- [11] 胡曙光. 先进水泥基复合材料[M]. 北京:科学出版社,2009.184.
- [12] Anotka I J, L' Krejei. Resistance to freezing and thawing of mortar specimens made from sulphoaluminate-belite cement [J]. *Bull. Mater. Sci*, 2000, 23(6):521-527.
- [13] Ma H Y, Li Z J. Microstructures and mechanical properties of polymer modified mortars under distinct mechanisms [J]. *Construction and Building Materials*, 2013(47):579-587.