

文章编号: 1004-4353(2015)04-0343-05

玻化微珠再生混凝土柱外墙角部位的 P-Temp 计算分析

孙恒¹, 李佰寿^{2*}
(1. 国网吉林省电力有限公司 吉林供电公司, 吉林 吉林 132000;
2. 延边大学工学院 土木工程系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 为了量化分析玻化微珠再生混凝土柱应用于建筑构件与剪力墙时对围护结构中外墙角部的热桥现象的影响,利用二维温度场计算软件 P-Temp 进行了模拟分析,并且与多孔砖结合聚苯板的保温处理方法进行了对比. 结果表明:在保温砂浆层为 60 mm 时,普通混凝土柱与玻化微珠再生混凝土剪力墙结合使用时的热桥线传热系数为 0.14 W/(m·K),流出热量为 13.462 W;玻化微珠再生混凝土柱与玻化微珠再生混凝土剪力墙结合使用时的热桥线传热系数为-0.11 W/(m·K),流出热量为 8.564 W,且流出热量均小于采用多孔砖外贴聚苯板的保温处理方法. 由此可见,玻化微珠再生混凝土应用于建筑围护结构有利于建筑节能设计.

关键词: 玻化微珠再生混凝土柱; P-Temp 分析; 热桥线传热系数

中图分类号: TU375.3 **文献标识码:** A

Analysis of P-Temp for glazed hollow beads of recycled concrete columns

SUN Heng¹, LI Baishou^{2*}
(1. State Grid Jilin Electric Power Company, Ltd. Jilin Power Supply Company, Jilin 132000, China;
2. Department of Civil Engineering, College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: For quantitative analysis of vitrified microsphere, recycled concrete column is applied to the construction component and shear wall for retaining structure home and abroad, the corner of the influence of thermal bridge phenomenon, using two dimensional temperature field calculation software P-Temp calculation, and combined with porous brick of polystyrene insulation processing analysis. Results showed that the thermal insulation mortar layer is 60 mm, ordinary concrete column and vitrified microsphere, recycled concrete shear wall when combined heat transfer coefficient of thermal bridge line up to 0.14 W/(m·K), flow quantity of heat is 13.462 W; with vitrified microsphere, recycled concrete column and vitrified microsphere, recycled concrete shear wall when used in combination, the thermal bridge line heat transfer coefficient is 0.11 W/(m·K), the heat flow is only 8.564 W, and the combination of heat flow are less than use with porous brick. Visible vitrified microsphere, recycled concrete is applied to building palisade structure has certain superiority, is conducive to building energy efficiency design.

Key words: glazed hollow beads of recycled concrete columns; P-Temp analysis; heat transfer coefficient of thermal bridge line

随着现行规范对建筑的节能要求的逐步提高,我国北方严寒地区必须要对建筑物进行更高

效的保温处理^[1]. 常规的外贴保温板方法造价低,操作简单,但是使用寿命低,与建筑寿命无法达到

同步,而且极易污染环境;而外墙内保温方法因占用室内建筑面积,会造成一定程度的资源浪费.相比较而言,混凝土结构的自保温具有一定的优越性,其中在混凝土中掺加玻化微珠的方法近年来倍受关注.2007 年,张泽平等成功研制出满足建筑设计强度要求的玻化微珠承重混凝土^[2];2013 年,吴迪在已有研究基础上对玻化微珠承重混凝土应用于建筑构件进行了软件分析,并研究了高温对玻化微珠承重混凝土的影响^[3].本文结合已有试验成果,选择抗压强度与导热系数最优的玻化微珠再生混凝土应用于建筑围护结构,利用 P-Temp 软件模拟分析不同条件下建筑围护结构中热传导最薄弱的外墙角部位的热桥现象.

1 玻化微珠再生混凝土的选择

为选择出抗压强度能够满足一般工程设计要求,同时具备低导热系数的保温混凝土,本文配制

了 9 种玻化微珠再生混凝土,其中:水泥采用亚泰鼎鹿牌 P.O42.5 普通硅酸盐水泥;煅烧硅藻土为天元催化剂有限公司生产的细度为 325 目的煅烧硅藻土,掺量分别为胶凝材料的 0%、2%和 3%;再生粗骨料的取代率为 100%,粒径为 5~20 mm,堆积密度为 1 280 kg/m³,吸水率为 4.8%;细骨料采用细度模数为 2.9 的天然河砂;玻化微珠为龙岩建材厂生产,堆积密度为 128 kg/m³;减水剂为延吉方胜建材公司生产的聚羧酸高效减水剂,减水率≥25%;引气剂含量为 8‰;粉煤灰采用延吉市供热站产生的原灰,掺量为胶凝材料的 20%;拌合水使用实验室内的普通自来水.试验遵循《混凝土结构试验方法标准》(GB 50152—2012)进行,28 d 抗压强度和 28 d 导热系数(利用 DRH 双平板导热系数测定仪)的测量结果如表 1 所示.

表 1 玻化微珠再生混凝土配合比以及 28 d 抗压强度、28 d 导热系数的测量结果

编号	水	水泥	粉煤灰	煅烧硅藻土	再生粗骨料	砂	玻化微珠	减水剂	28 d 抗压强度/ MPa	28 d 导热系数/ (W/(m·K))
GRC-80-3	275	458.155	122.5	18.375	1 114.75	477.75	102.4	13.475	26.93	0.405 3
GRC-80-2	275	464.275	122.5	12.25	1 114.75	477.75	102.4	13.475	23.02	0.393 6
GRC-80-0	275	476.525	122.5	0	1 114.75	477.75	102.4	13.475	22.04	0.395 2
GRC-100-3	275	458.155	122.5	18.375	1 114.75	477.75	128	13.475	30.40	0.370 8
GRC-100-2	275	464.275	122.5	12.25	1 114.75	477.75	128	13.475	26.31	0.381 2
GRC-100-0	275	476.525	122.5	0	1 114.75	477.75	128	13.475	23.87	0.367 9
GRC-130-3	275	458.155	122.5	18.375	1 114.75	477.75	153.6	13.475	32.93	0.242 6
GRC-130-2	275	464.275	122.5	12.25	1 114.75	477.75	153.6	13.475	27.96	0.265 4
GRC-130-0	275	476.525	122.5	0	1 114.75	477.75	153.6	13.475	26.58	0.245 2

由表 1 可以看出,GRC-130-3 组玻化微珠再生混凝土的 28 d 抗压强度最高,同时导热系数仅为 0.242 6 W/(m·K),所以本文选择此配合比的玻化微珠再生混凝土应用于建筑结构的柱构件以及剪力墙.经过计算,当围护结构采用 200 mm 厚的玻化微珠再生混凝土作为剪力墙,再结合使用 60 mm 厚的玻化微珠保温砂浆(导热系数为 0.056 W/(m·K))时,构件的整体传热系数达到 0.497 8 W/(m²·K),能够满足吉林省地区建筑节能 65%的设计标准.

2 P-Temp 软件建模运算

《严寒寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26—2010)虽然已经给出了完整的线传热系数的计算方法,但是由于该方法需要计算温度分布,因此计算量较大.对此,中国建筑科学研究院建筑物理研究所对围护结构热桥问题开发了专门的二维温度场模拟计算软件 P-Temp,该软件通过设定热流残差的迭代次数来控制运算,可获得模拟围护结构的热桥部位的线传热系数以及温度场分布、边界热流等信息^[4].其中热桥线传热系数

表示在 1 K 温差下通过单位长度热桥节点所增加的热流,其计算公式^[5]为:

$$\Psi=\frac{Q^{2D}-KA(t_n-t_w)}{l(t_n-t_w)}=\frac{Q^{2D}}{l(t_n-t_w)}-KC,$$

式中 Ψ 为热桥的线传热系数, Q^{2D} 为包含热桥部位的墙体热流, K 为主断面传热系数, A 为包含热桥部位的墙体面积, t_n 和 t_w 为内外温度, l 和 C 为计算长度.

P-Temp 软件通过多个矩形组合来模拟围护结构中的外墙-墙角部分,在各材料间接触良好的条件下,设定:1)当边界相邻内部空间或外部空间时,定义为“第三类边界”,其中与外部空间相邻

时,放热系数取 $23.0\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,与内部空间相邻时,放热系数取 $8.7\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$;2)当边界与其他材料层相邻时,定义为“内部边界”;3)当给出边界上任何时刻的温度分布时,定义为“第一类边界”;4)当给出边界上任何时刻的热流密度时,定义为“第二类边界”;5)每个矩形在 X 、 Y 轴方向分别默认划分为等距离的 10 个单元,本文考虑外贴保温板与不贴保温板两种情况,具体单元划分如图 1 所示;6)计算结束条件为:热流允许残差小于 $5\times10^{-6}\text{ W}/\text{m}^2$,最大迭代次数为 80 万次^[6].

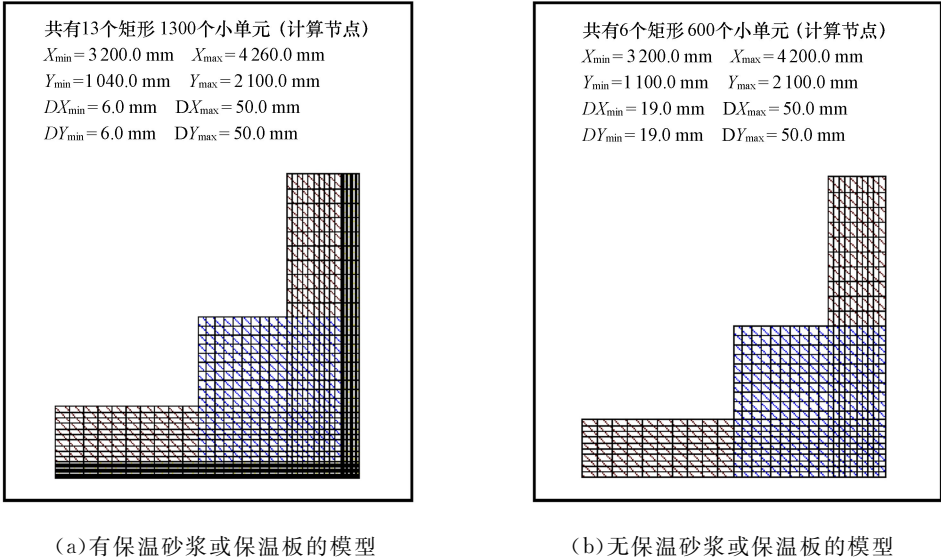


图 1 墙角部分划分单元图

本文模拟计算围护结构完全采用玻化微珠再生混凝土时的热桥线传热系数与流出热量,同时模拟墙体采用多孔砖和外贴聚苯板的保温处理方法,以此作为对比.设定室外温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$,室内温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$;模拟柱的尺寸均为 $500\text{ mm}\times500\text{ mm}$,墙体全部采用 200 mm 厚的玻化微珠再生混凝土,外层涂抹的玻化微珠保温砂浆(导热系数为 $0.056\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ^[7])厚度为 60 mm (忽略找平层等),多孔砖的厚度为 190 mm ,外贴聚苯板厚度为 60 mm .玻化微珠再生混凝土的导热系数采用已有实验测得结果,其他各种材料的导热系数根据已有文献试验数据,具体数据如表 2 所示,其

中玻化微珠再生混凝土选用 GRC-130-3 组.

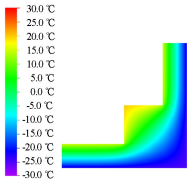
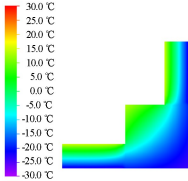
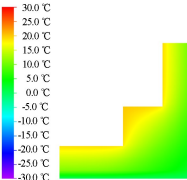
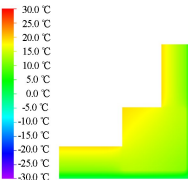
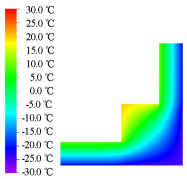
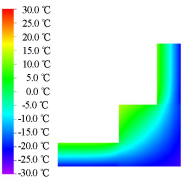
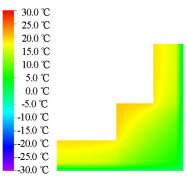
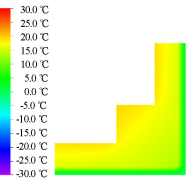
表 2 各材料导热系数

材料	导热系数/ $(\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K}))$
多孔砖	0.58
聚苯板	0.04
普通混凝土(NC)	1.74
玻化微珠再生混凝土	0.242 6
玻化微珠保温砂浆	0.056

3 迭代运算结果分析

迭代运算的温度场和线传热系数的结果如表 3 所示.

表 3 P-Temp 模拟各种组合的运算结果

无玻化微珠保温砂浆面层		
温度场分布		
外墙角组成条件	玻化微珠再生混凝土柱＋ 玻化微珠再生混凝土墙体	普通混凝土柱＋ 玻化微珠再生混凝土墙体
流出热流/W	33.747	69.415
边界长度/m	1.000	1.000
主断面传热系数/(W/(m²·K))	1.062	1.062
两侧空气温度/℃	20/－25	20/－25
热桥线传热系数/(W/(m·K))	－0.31	0.48
抹 60 mm 厚玻化微珠保温砂浆面层		
温度场分布图		
外墙角组成条件	玻化微珠再生混凝土柱＋玻化微珠 再生混凝土墙体＋保温砂浆面层	普通混凝土柱＋玻化微珠 再生混凝土墙体＋保温砂浆面层
流出热流/W	8.564	13.462
边界长度/m	1.060	1.060
主断面传热系数/(W/(m²·K))	0.506	0.506
两侧空气温度/℃	20/－25	20/－25
热桥线传热系数/(W/(m·K))	－0.11	0.14
无聚苯板保温层		
温度场分布图		
外墙角组成条件	玻化微珠再生混凝土＋多孔砖	普通混凝土＋多孔砖
流出热流/W	55.993	91.933
边界长度/m	1.000	1.000
主断面传热系数/(W/(m²·K))	2.058	2.058
两侧空气温度/℃	20/－25	20/－25
热桥线传热系数/(W/(m·K))	－0.81	－0.01
外贴 60 mm 厚聚苯板保温层		
温度场分布图		
外墙角组成条件	玻化微珠再生混凝土＋多孔砖＋聚苯板保温层	普通混凝土＋多孔砖＋聚苯板保温层
流出热流/W	8.633	13.656
边界长度/m	1.060	1.060
主断面传热系数/(W/(m²·K))	0.504	0.504
两侧空气温度/℃	20/－25	20/－25
热桥线传热系数/(W/(m·K))	－0.11	0.05

由表 3 可以看出:当围护结构采用普通混凝土柱与玻化微珠再生混凝土结合使用时,由于相邻材料间的导热系数差异较大,无玻化微珠保温砂浆层的外墙角部位组合的结构热桥的线传热系数为 $0.48\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,流出热量为 69.415 W ;有 60 mm 厚玻化微珠保温砂浆层的外墙角部位组合的结构热桥的线传热系数为 $0.14\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,流出热量为 13.462 W .虽然二者的线传热系数都较小,但玻化微珠保温砂浆层的存在,使得热量流出明显减少,热桥现象也更弱.当外墙角部位的柱采用玻化微珠再生混凝土,并与玻化微珠再生混凝土结合使用时,无保温砂浆层时的流出热量为 33.747 W ,结构热桥的影响系数为 $-0.31\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;有 60 mm 厚保温砂浆层时,流出热量为 8.564 W ,热桥线传热系数为 $-0.11\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.这表明,有 60 mm 厚保温砂浆层时,热量流失减少更加明显,热桥现象更弱,综合保温效果更好,而且热桥部位的流出热量均小于同条件下采用多孔砖外贴聚苯板的保温处理方法.当墙角部位完全采用“玻化微珠再生混凝土柱+玻化微珠再生混凝土剪力墙+玻化微珠保温砂浆”时,流出热量为 8.564 W ,热桥线传热系数为 $-0.11\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;当墙角部位采用“玻化微珠再生混凝土柱+多孔砖+聚苯板保温层”时,流出热量为 8.633 W ,热桥线传热系数仍为 $-0.11\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,表明这两种围护结构的保温效果基本相同.

4 结论

综合以上计算分析可以得出以下结论: 1)在

相同条件下,选择玻化微珠再生混凝土替代普通混凝土柱作为建筑围护结构的柱构件与剪力墙结合使用时,可以减少墙角部位的热量流出,减弱热桥现象; 2)在对外部进行保温层处理时,采用“玻化微珠再生混凝土柱+玻化微珠再生混凝土墙+玻化微珠保温砂浆保温层”方法,热桥部位的流出热量与采用“玻化微珠再生混凝土柱+多孔砖+聚苯板保温层”方法的流出热量基本相同,但因使用玻化微珠再生混凝土具有节能、环保的优点,因此更加有利于建筑围护结构的节能设计.

参考文献:

[1] 王晶,沈勇崑. 结构性热桥的线传热系数对建筑节能设计计算的影响[J]. 建筑节能,2014(2):56-64.

[2] 张泽平. 玻化微珠保温混凝土及其结构的基本性能试验与理论分析研究[D]. 太原:太原理工大学,2009.

[3] 吴迪. 高温作用后玻化微珠保温混凝土梁柱构件的承载力分析[D]. 太原:太原理工大学,2013.

[4] 赵志安. 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计软件中的热桥传热计算[C]//第十七届全国工程建设计算机应用大会论文集. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会,2014:4.

[5] 何俊霖. XKD 泡沫混凝土墙热桥构造及传热系数简化算法[J]. 山西建筑,2011,18:187-188.

[6] 赵立华,秦翠翠. 墙体平均传热系数计算时梁柱的计算方法探讨[C]//城市化进程中的建筑与城市物理环境:第十届全国建筑物理学术会议论文集. 中国建筑学会建筑物理分会,2008:5.

[7] 李珠. 玻化微珠保温材料的系列研究与城市窑洞式绿色建筑[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2011.