

作者简介: 田芳(1978-),女,河南延津人,讲师,硕士,从事建筑材料方面的教学及研究工作。

表 1 废弃混凝土磨细粉的化学成分(%)

Tab. 1 Chief chemical component of waste concrete

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O
Wt%	67.76	21.15	5.50	1.60	1.41	1.16	0.753	0.194	0.159

水泥熟料: 衢州巨化水泥有限公司生产的 42.5 普通硅酸盐水泥。

标准砂: 国产 ISO 水泥胶砂强度检验标准砂。

激发剂: 硅酸钠(Na_2SiO_3)、氢氧化钠(NaOH)，最佳掺量和品种通过试验确定。

1.2 试验方法

将废弃混凝土样品用小型颚式破碎机进行破碎, 取废弃混凝土中以砂浆为主的颗粒, 采取四分法分别分选至 50 kg 左右。然后进入干燥箱干燥至含水率 $\leq 2\%$ 。移出干燥箱, 放置于通风干燥处, 自然冷却至环境温度。

将干燥过的砂浆颗粒进行研磨, 研磨至比表面积 $(330 \pm 20) \text{ m}^2/\text{kg}$ 。

设计三水平三因素正交试验表, 三个因素分别为废混凝土掺量; 激发剂; 用水量。

2 试验结果分析

2.1 废弃混凝土磨细粉的 XRD 分析

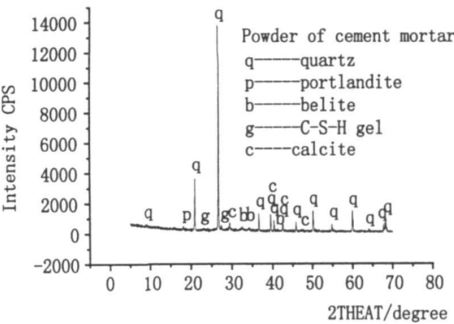


图 1 废弃混凝土磨细粉的 XRD 图谱

Fig.1 XRD patterns of waste concrete

注: q-α 石英, 大量存在; p-氢氧化钙, 少量; b-硅酸二钙, 少量; g-水化硅酸钙凝胶, 由于水化硅酸钙凝胶是非晶体, 故衍射峰很小; c-方解石 CaCO_3 , 少量。

从废弃混凝土磨细粉的 XRD 图谱分析, 其主要成分依次为二氧化硅、水化硅酸钙凝胶。因此, 可以初步认定废弃混凝土磨细粉具有一定的活性, 可以作为水泥的掺合料。

2.2 试验结果分析

试样的设计配比及强度试验结果如表 2 所示。

从表 2 的数据可以看出当废弃混凝土粉掺量在 10% 时, Na_2SiO_3 激发剂作用下, 能达到 42.5 水泥; 掺量在 20% 时, 在两种激发剂的作用下, 均能达到 32.5 水泥, 掺量在 30% 时, 在激发剂 Na_2SiO_3 的作用下, 适当调整用水量也能达到 32.5 水泥。

随着废弃混凝土粉掺量的增大, 试样强度下降较大, 尤其是后期抗压强度下降更为明显。所以在大掺量使用废弃混凝土粉时, 应采取相应的措施, 减少用水量、加入激发剂等。

激发剂作用: 当废弃混凝土粉掺量在 10% 时, 激发剂 Na_2SiO_3 的效果比 NaOH 效果好。两种激发剂的早期作用明显, 尤其对于抗折强度提高较大。

2.3 影响水泥胶砂强度的因素排列

从图 2 可以看出: 对试样的强度影响最大的是废弃混凝土掺量, 其次是激发剂的掺量, 最后是用水量。

在两种激发剂的作用下, 随着废弃混凝土磨细粉掺量的增加, 3d 试样的抗折强度和抗压强度下降幅度均小于 28d 试样的强度; 28d 的抗压强度下降幅度大于抗折强度下降幅度。这表明激发剂的作用对水泥胶砂的前期强度提高较大, 对抗折强度提高较为明显。在两种激发剂的作用下, 用水量的变化对试样强度的影响变化不大, 若用此水泥配制混凝土时, 水灰比还应做进一步的研究。激发剂 Na_2SiO_3 作用下, 试样的后期强度随着用水量的增加而略有增加。

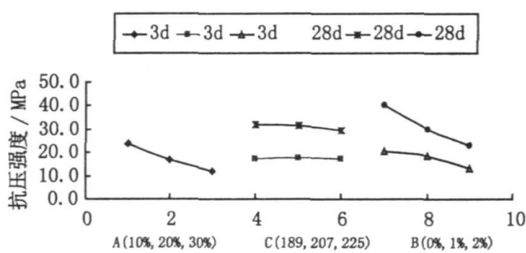
激发剂 NaOH 的掺量的增加对 3d 的强度有提高作用, 但对 28d 的强度均有降低的作用。关于这方面的原因还需要进一步研究。激发剂 Na_2SiO_3 的掺量在 1% 时, 试样的强度均达到最大, 抗压强度则随着掺量的增加而有明显降低的趋势, 抗折强度则略有降低。所以用 Na_2SiO_3 作激发剂时, 比较合理的掺量是 1%。

表 2 废弃混凝土磨细粉不同掺量与强度的关系

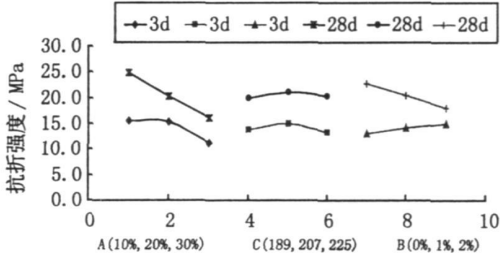
Tab. 2 The relation between addition of waste concrete and strength of samples

试样编号	试样配比/ %			用水量/ g	抗折强度/ MPa		抗压强度/ MPa	
	废砼掺量	水泥熟料	Na ₂ SiO ₃ 掺量		3d	28d	3d	28d
A- 1	10	90	0	189	4. 6	7. 9	23. 2	44. 9
A- 2	10	90	1	207	4. 9	8. 3	22. 0	45. 1
A- 3	10	90	2	225	3. 9	8. 4	17. 2	42. 9
A- 4	20	80	1	189	4. 0	7. 6	18. 1	36. 8
A- 5	20	80	2	207	3. 1	7. 0	13. 5	32. 6
A- 6	20	80	0	225	3. 4	7. 1	18. 2	38. 7
A- 7	30	70	2	189	3. 2	5. 7	13. 0	25. 2
A- 8	30	70	0	207	3. 2	6. 8	16. 0	33. 5
A- 9	30	70	1	225	2. 5	6. 2	10. 4	24. 9

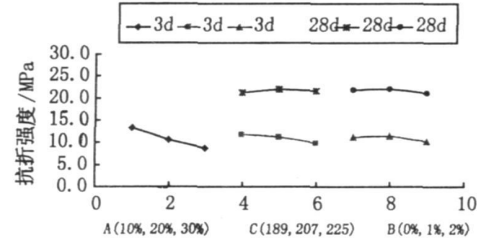
	废砼掺量	水泥熟料	NaOH 掺量	用水量/ g				
B- 1	10	90	0	189	4. 9	8. 6	25. 7	51. 3
B- 2	10	90	1	207	5. 5	8. 5	25. 3	42. 5
B- 3	10	90	2	225	5. 2	7. 8	20. 3	31. 8
B- 4	20	80	1	189	5. 1	7. 0	18. 4	28. 6
B- 5	20	80	2	207	5. 8	5. 9	11. 7	20. 8
B- 6	20	80	0	225	4. 5	7. 5	19. 8	37. 4
B- 7	30	70	2	189	3. 9	4. 4	7. 2	16. 5
B- 8	30	70	0	207	3. 7	6. 8	16. 2	31. 4
B- 9	30	70	1	225	3. 7	5. 1	11. 8	19. 0



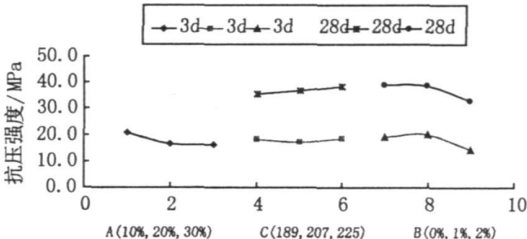
(a) NaOH作用下抗压强度



(b) NaOH作用下抗折强度



(c) Na₂SiO₃作用下抗压强度



(d) Na₂SiO₃作用下抗折强度

图2 不同激发剂作用下影响强度的因素排列

Fig.2 Comparison of factors that effect strength of excitant

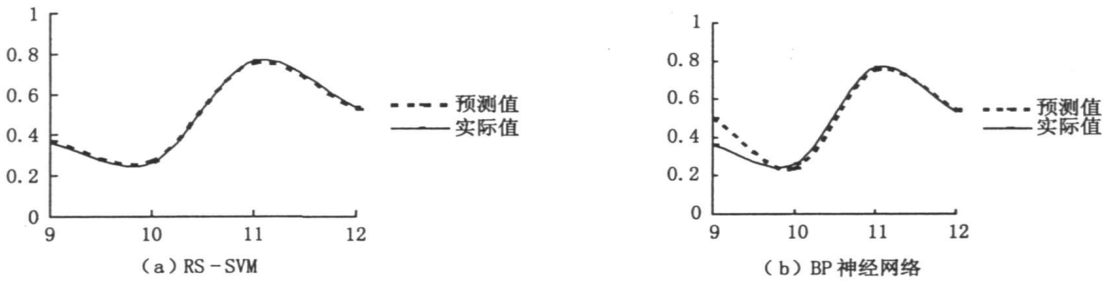


图5 两种模型拟合预测过程对比曲线

Fig. 5 Fitting and forecasting comparison of the two models

4 结论

1) 简化了建筑施工项目安全风险预警模型的信息表达空间, 减小了 SVM 构成系统的复杂性, 提高了容错及抗干扰能力。

2) BP 神经网络的均方根误差为 0.070 7, RS-SVM 预测模型的最小均方根误差为 0.011 5, 可见在小样本条件下, RS-SVM 预警模型的预测精度、泛化能力明显优越于 BP 神经网络学习方法。

参考文献:

- [1] 孙华山. 安全生产风险管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [2] 程杰. 建筑安装工程施工安全风险评价与管理[J]. 现代管理科学, 2002(9): 42-43.
- [3] 张仕廉, 董勇, 樊承仁. 建筑安全管理[M]. 北京: 中

国建筑工业出版社, 2005.

- [4] 李万庆, 李继萍, 孟文清, 等. 基于粗糙集的载体桩质量核心影响因素分析[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2010, 27(1): 88-91.
- [5] 李万庆, 李海涛, 孟文清. 工程项目工期风险的支持向量机预测模型[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2007, 24(4): 1-4.
- [6] 苏怀智, 温志萍, 吴中如. 基于 SVM 理论的大坝安全预警模型研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2009, 17(1): 41-47.
- [7] MENG W, LI W, LI J, et al. Risk prediction model for construction projects based on rough sets and artificial neural networks[C]// FIME. 2nd International Conference on Future Information Technology and Management Engineering. US: IEEE Computer Society, 2009.

(责任编辑 马立)

(上接第 25 页)

3 结论

1) 利用废弃混凝土磨细粉作为水泥的掺和料是可行的, 随着废弃混凝土磨细粉掺量的增加, 水泥的胶砂强度越低。用掺量为 10% 废弃混凝土磨细粉可以生产出 42.5[#] 水泥, 掺量 20% 时强度要降低为 32.5[#] 水泥。

2) 激发剂 Na_2SiO_3 的合适掺量是 1%, 激发剂 NaOH 的作用效果不明显。说明碱性激发剂对混凝土废弃物的激发效果不好, 硅酸盐类激发剂对废弃混凝土有较好的激发效果。

参考文献:

- [1] CHARLSON A. Recycling and reuse of waste in the construction industry[J]. Structural Engineer, 2008, 86(4): 32-37.

- [2] POON C S, LAM C S. The effect of aggregate-to-cement ratio and types of aggregates on the properties of pre-cast concrete blocks[J]. 2008, 30(4): 283-289.
- [3] 李九苏, 肖韩宁, 龚建清. 再生骨料水泥混凝土的级配优化试验研究[J]. 建筑材料学报, 2008, 11(1): 105-110.
- [4] LI JIU SU, XIAO HAN NING, GONG JIAN QING. Granular effect of fly ash repairs damage of recycled coarse aggregate[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Science, 2008, 13(2): 177-180.
- [5] 王立久, 郑芳宇, 迟耀辉. 水泥生料组分混凝土设计理论及试验研究[J]. 大连理工大学学报, 2007, 47(2): 222-227.
- [6] SHUI ZHONG HE, XUAN DONG XING, WAN HUI WEI, et al. Rehydration reactivity of recycled mortar from concrete waste experienced to thermal treatment[J]. Construction and Building Materials, 2008, 22(8): 1723-1729.
- [7] 方开泰, 马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(责任编辑 刘存英)