

混凝土含水率对碳化深度影响的试验

张海燕 把多铎

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院 陕西 杨凌 712100)

摘要:依据试验资料,分析了混凝土密实性相同条件下,其碳化深度与含水率的关系,结果表明:混凝土含水率为 1.9% 时碳化深度最大,含水率在 0~1.9% 时,混凝土碳化深度随着含水率的增大而增大,含水率大于 1.9% 时混凝土碳化深度随着含水率的增大而减小。运用混凝土碳化机理和结构理论对该结果进行了分析,说明对混凝土碳化程度起决定作用的不是空气的相对湿度,而是混凝土的湿润状态。

关键词:混凝土;碳化深度;含水率

中图分类号:TU528.1 文献标识码:A 文章编号:1006-764X(2007)S2-0092-02

1 混凝土碳化过程及其机理

混凝土碳化指空气中的 CO₂ 等酸性气体与混凝土中的液相碱性物质发生反应,造成混凝土碱性下降和混凝土中化学成分改变的中性化反应过程。在正常的大气环境下,CO₂ 与混凝土中的碱性物质相互作用是一个很复杂的物理化学过程。由于混凝土是一个多孔体,在其内部存在大小不同的毛细管、孔隙、气泡,甚至缺陷,空气中的 CO₂ 气体渗透到混凝土的孔隙中后与其中的可碳化物质发生化学反应。可碳化物质是在水泥水化过程中产生的,主要有氢氧化钙,此外还有水化硅酸钙,未发生水化的硅酸三钙和硅酸二钙在有水分的条件下也能参与碳化反应^[1]。

由混凝土碳化过程分析,混凝土碳化速度主要取决于以下 3 个方面:①化学反应本身的速度;②CO₂ 向混凝土内扩散的速度;③混凝土孔隙中可碳化物质(主要是 Ca(OH)₂)的扩散速度。

在以上 3 个方面的过程中,CO₂ 向混凝土中扩散最慢,因此,混凝土碳化速度主要取决于 CO₂ 在混凝土中的扩散速度^[2]。对于密实性较好的混凝土来说,其保护层为 20 mm 时,要完全碳化常常需要数十甚至上百年才能完成;而不密实的混凝土则可能 1~2 年,或几年内就可以使混凝土的钢筋保护层完全碳化^[3]。因而,混凝土密实性对 CO₂ 向混凝土内

扩散的速度有很大影响,这也说明影响混凝土碳化的主要因素是混凝土本身的密实性和环境因素,国内外学者在这方面做了很多研究,得出许多成果。在混凝土密实性能相同的情况下,混凝土中游离水的含量对混凝土的孔结构和碳化深度有很大影响,但这方面的研究成果很少。笔者在这方面做了一些初步研究。

2 试验方案设计

本次试验所用的水泥为陕西省扶风水泥厂生产的法门寺牌普通硅酸盐 32.5R 水泥,骨料为 5~40 mm 渭河卵石和渭河中砂。用 3 个水灰比 0.35, 0.4, 0.45, 相同用水量,分别制作 5 组试件,采用不同的烘干方式,形成不同的含水状态。本次试验采用自然烘干 48 h,以及(60±2)℃ 温度下烘干 48 h, 96 h, 144 h, 192 h 后,测量各组试件含水率,然后进行快速碳化试验。混凝土试验配合比如表 1 所示。

3 混凝土含水率、碳化深度试验结果及分析

混凝土试件标准养护 28 d 后,擦干其表面水分,分别按表 1 所示方式进行烘干,然后每个试件取试样在(110±5)℃ 温度下烘干到恒重,计算其含水率,所得结果见表 1。同时,在同一环境条件下(CO₂ 体积比保持在(20±3)% ,相对湿度保持在(70±5)% 的范围内,温度保持在(20±5)℃)进行混凝土快速

基金项目:西北农林科技大学青年基金(200508080235)

作者简介:张海燕(1967—),女,陕西泾阳人,高级工程师,硕士,从事混凝土耐久性试验研究。E-mail:zhy671017@yahoo.com

碳化试验。快速碳化试验依据 DL/T 5150—2001《水工混凝土试验规程》^[4]进行。根据试验结果得到混凝土碳化深度与含水率的关系曲线见图 1。

表 1 不同配合比及烘干方式时混凝土的含水率						
组号	试件编号	水灰比	水泥用量/(kg·m ⁻³)	砂率/%	烘干方式	含水率/%
1	A1	0.35	343	33	自然烘干 48 h	4.8
	A2	0.40	300	35	自然烘干 48 h	4.4
	A3	0.45	267	36	自然烘干 48 h	3.9
2	B1	0.35	343	33	(60±2)℃下烘 48 h	3.2
	B2	0.40	300	35	(60±2)℃下烘 48 h	2.8
	B3	0.45	267	36	(60±2)℃下烘 48 h	2.5
3	C1	0.35	343	33	(60±2)℃下烘 96 h	2.2
	C2	0.40	300	35	(60±2)℃下烘 96 h	1.9
	C3	0.45	267	36	(60±2)℃下烘 96 h	1.6
4	D1	0.35	343	33	(60±2)℃下烘 144 h	1.3
	D2	0.40	300	35	(60±2)℃下烘 144 h	1.0
	D3	0.45	267	36	(60±2)℃下烘 144 h	0.6
5	E1	0.35	343	33	(60±2)℃下烘 192 h	0.3
	E2	0.40	300	35	(60±2)℃下烘 192 h	0
	E3	0.45	267	36	(60±2)℃下烘 192 h	0

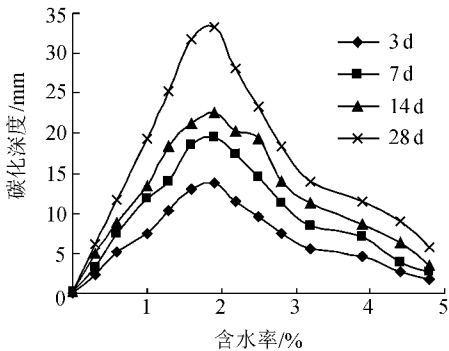


图 1 混凝土含水率与碳化深度的关系

从图 1 可以看出 3d、7d、14d 和 28d 的碳化结果均表明:混凝土含水率约等于 1.9% 时碳化深度最大,含水率在 0~1.9% 时碳化深度随着混凝土含水率的增大而增大;含水率大于 1.9% 时碳化深度随着混凝土含水率的增大而减小。在水灰比、水泥含量和密实度相同的情况下,混凝土中可碳化物质的含量、孔隙率等基本相同,这时混凝土中游离水的含量对混凝土的碳化速度起决定性作用。从理论上说,如混凝土达到干燥状态其碳化反应会停止,没有水分,CO₂ 与水泥石之间是不会发生碳化的。在含水率较小时,混凝土中游离水含量能够满足碳化所需,为碳化进行创造了条件;当含水率增加到一定值时,混凝土中游离水含量超过碳化所需,多余的水存留在混凝土的空隙中,能减小 CO₂ 的扩散。这也说明混凝土的渗透性与其湿润状态有关。根据文献[5],干、湿混凝土试块的透气性可能相差 3 个数量级或更大些。CO₂ 在风干的和水饱和的混凝土中扩散的速度可相差 4 个数量级。费尔拜奇^[5]对截面尺寸为 2.5 cm×2.5 cm、5 cm×5 cm 和 7.5 cm×7.5 cm

的混凝土棱柱体进行了试验并得出重要结论:大气湿度为 100% 时,材料的碳化程度不高,截面最大的试块的碳化程度最低,截面尺寸为 7.5 cm×7.5 cm 的棱柱体在 25% 的湿度和 60% 的湿度时碳化程度一样,都相当高,然而 2.5 cm×2.5 cm 的试块几乎不会被碳化。由此可见,对混凝土碳化的程度起决定作用的不是空气的相对湿度而是混凝土的湿润状态。尺寸较大的试块,甚至在干燥的大气中其水分仍能保留很长时间,因而就具备了碳化的条件。小的试块干燥得快,碳化也早就停止。

混凝土碳化龄期为 3 d、7 d、14 d 和 28 d 的碳化深度和含水率关系曲线的回归方程和相关系数分别为

$$\begin{aligned} y_3 &= 0.12x^4 - 0.50x^3 - 3.03x^2 + 13.22x - 0.85 \\ r_3 &= 0.9184 \\ y_7 &= 0.19x^4 - 0.93x^3 - 3.55x^2 + 18.21x - 1.10 \\ r_7 &= 0.9308 \\ y_{14} &= 0.19x^4 - 0.87x^3 - 4.47x^2 + 21.31x - 0.84 \\ r_{14} &= 0.9459 \\ y_{28} &= 0.28x^4 - 1.05x^3 - 7.85x^2 + 32.51x - 1.99 \\ r_{28} &= 0.9706 \end{aligned}$$

式中:y 为碳化深度;x 为混凝土含水率。

4 结 语

在混凝土密实性等同的条件下,对混凝土碳化程度起决定作用的是混凝土中游离水含量,而不是空气的相对湿度。当游离水含量等于 1.9% 时,混凝土碳化深度最大,含水率在 0~1.9% 时,碳化深度随着混凝土含水率的增大而增大;含水率大于 1.9% 时,碳化深度随着混凝土含水率的增大而减小。

参考文献:

[1] 张伟平. 混凝土结构的钢筋锈蚀损伤预测及其耐久性评估[D]. 上海: 同济大学, 1999.
[2] 繁永森. 鉄筋の腐食速度に基いた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測研究[R]. 东京: 清水建设研究报告, 1998: 236-248.
[3] 杨军. 混凝土碳化性能与气渗性能研究[D]. 山东科技大学, 2004.06: 12-15.
[4] DL/T 5150—2001 水工混凝土试验规程[S].
[5] AJIEKCEEB C H. 钢筋混凝土结构中钢筋腐蚀与保护[M]. 黄可信, 吴兴祖, 蒋仁敏, 等译. 北京: 建筑工业出版社, 1983: 19-120.

(收稿日期: 2006-12-26 编辑: 高建群)