

高抗碳化性混凝土的配制研究

袁 群^{1,2},马 峰^{2,3},曹宏亮^{1,2},史长城^{1,2},杨旭辉^{1,2},袁 宾⁴

(1.河南省水利科学研究院,河南 郑州 450003; 2.河南省水利工程安全技术重点实验室,河南 郑州 450003;
3.国网新源控股有限公司回龙分公司,河南 南阳 473000; 4.河南省人民胜利渠管理局,河南 新乡 453003)

摘 要: 碳化是混凝土结构耐久性的不利方面,故提高混凝土的抗碳化性具有重要意义。在普通混凝土配合比的基础上,分别掺入胶凝材料质量 0.01%、0.015%、0.02% 的引气剂和 0.8%、1% 的减水剂及 20% 的粉煤灰,组合得到了多种配合比的混凝土。在室内快速碳化法的条件下,研究了上述混凝土碳化 7 d 和 28 d 时的碳化深度变化规律,为配制具有高抗碳化性能的混凝土提供了技术参考。
关键词: 高抗碳化性混凝土; 引气剂; 减水剂; 粉煤灰
中图分类号: TU528 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672—1144(2012)01—0088—03

Research on Preparation of High Anti-carbonation Concrete

YUAN Qun^{1,2}, MA Feng^{2,3}, CAO Hong-liang^{1,2}, SHI Chang-cheng^{1,2}, YANG Xu-hui^{1,2}, YUAN Bin⁴
(1. He'nan Hydraulic Research Institute, Zhengzhou, He'nan 450003, China;
2. He'nan Key Laboratory of Water Engineering Safety Technology, Zhengzhou, He'nan 450003, China;
3. Huilong Branch Company, Guowang Xinyuan Proprietary Co., Ltd., Nanyang, He'nan 473000, China;
4. People's Victory Canal Management Bureau of He'nan Province, Xinxiang, He'nan 453003, China)

Abstract: Carbonation is the negative aspect to the durability of concrete structure, so it has important significance to improve the anti-carbonization of concrete. Adding air-entraining agent respectively by 0.01%, 0.015% and 0.02% of the weight of gelled material, or water-reducing agent by 0.8% and 1%, or fly ash by 20% into concrete based on ordinary proportion, the concrete with multi-kinds of mix proportions was prepared. The laws of carbonation depth changes of the above-mentioned concrete in 7 d and 28 d under artificial conditions were researched. The test result could be used as technical reference for preparation of the concrete with high anti-carbonation.
Keywords: concrete with high anti-carbonation; air-entraining agent; water-reducing agent; fly ash

0 引 言

碳化普遍存在于混凝土工程中,是影响混凝土结构耐久性的一个重要因素^[1]。虽然碳化可以提高混凝土碳化层的强度和硬度,但其带来的不利后果居多^[2],碳化会形成收缩裂缝,影响混凝土的稳定性,尤其能引发钢筋锈蚀危及结构安全。因此,高抗碳化性混凝土应具有较高的抗碳化性及结构耐久性,具有广阔的应用前景。在高抗碳化混凝土的配制研究中,主要研究了减水剂、引气剂和粉煤灰对混凝土抗碳化性能的影响,从而得到掺加一种或多种外加剂及掺合料的高抗碳化性混凝土的配制方法,如表 1 中的配制方案 I-0、I-1、II-0、II-1。

1 试验设计

1.1 原材料

试验所用水泥为郑州金龙水泥股份有限公司生产的 32.5 级粉煤灰(30%)硅酸盐水泥,具体物理力学指标见表 2。
试验用砂的细度模数为 2.89,表观密度为 2 703 kg/m³,含泥量为 1.65%;试验用石子为 5 mm~20 mm 连续级配;引气剂为江苏博特新材料有限公司生产的 GYQ[®]高性能混凝土引气剂,其主要成分为离子型树脂表面活性剂;减水剂为郑州建科混凝土外加剂有限公司生产的 JKH-1 型高效减水剂(FDN),减水率为 18%~25%;粉煤灰为南阳鸭河口

热电厂一级粉煤灰,细度为过 0.045 mm 筛,筛余量 为 6.8%,需水量比为 93.6%。

表 1 混凝土配合比

编号	水泥/kg	水/kg	砂/kg	石/kg	粉煤灰/kg	减水剂/kg	引气剂/kg
C	360	205	716	1119	0	0	0
I -0	360	164	694	1182	0	3.6	0
I -1	360	164	694	1182	0	2.88	0.036
I -2	360	164	694	1182	0	2.88	0.054
I -3	360	164	694	1182	0	2.88	0.072
II -0	288	164	694	1179	72	3.6	0
II -1	288	164	694	1179	72	2.88	0.036
II -2	288	164	694	1179	72	2.88	0.054
II -3	288	164	694	1179	72	2.88	0.072

- 注:1.表中方案 C 为强度等级为 C25 的基准混凝土,水灰比为 0.57,砂率为 0.39;
- 2.方案 I -0 为水泥用量不变掺加减水剂的混凝土,水灰比为 0.45,砂率为 0.37,减水剂用量为胶凝材料质量的 1%,减水率为 20%;
- 3.方案 I -1 ~ I -3 为掺加减水剂和引气剂的混凝土,引气剂用量分别为胶凝材料质量的 0.01%、0.015%、0.02%,由于引气剂具有减水作用^[3],故此时减水剂用量调整为胶凝材料质量的 0.8%;
- 4.方案 II -0 为掺加粉煤灰和减水剂的混凝土,粉煤灰掺量为胶凝材料质量的 20%,减水剂用量为胶凝材料质量的 1%;
- 5.方案 II -1 ~ II -3 为掺加粉煤灰、减水剂和引气剂的混凝土,粉煤灰掺量为胶凝材料质量的 20%,引气剂用量分别为胶凝材料质量的 0.01%、0.015%、0.02%,减水剂用量为胶凝材料质量的 0.8%。

表 2 水泥的物理力学指标

等级	细度 /%	标准稠度 用水量/mL	凝结时间		抗压强度/MPa		抗拉强度/MPa	
			初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
32.5	0.2	134	4 h 15 min	5 h 50 min	16.9	37.9	3.5	7.2

1.2 混凝土配合比

为了对比配制混凝土的抗碳化效果,因此设计了一个基准混凝土和八个掺加减水剂、引气剂及粉煤灰的混凝土配合比方案,具体见表 1。

2 试验结果分析

混凝土抗碳化试验参考水工混凝土规范^[3],采用室内快速碳化法来衡量混凝土的抗碳化性能。一般认为,混凝土的碳化深度(L)与二氧化碳浓度($[CO_2]^0$)的平方根近似成正比,即

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\sqrt{[CO_2]_1^0 t_1}}{\sqrt{[CO_2]_2^0 t_2}}$$

因此,普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准^[4]规定:在标准条件(二氧化碳浓度为(20±3)%,温度为(20±5)℃,湿度为(70±5)%)下,混凝土 28 d 的碳化深度约为自然条件下 50 a 的碳化深度(室外空气中二氧化碳浓度约为 0.03%)(见图 1)。

试验结果分析包括减水剂对混凝土抗碳化性的影响、引气剂对混凝土抗碳化性的影响及粉煤灰对混凝土强度与抗碳化性的影响。

2.1 减水剂对混凝土抗碳化性的影响

减水剂对混凝土抗碳化性的影响见图 2。
图 2 显示,在快速碳化试验后,相对于方案 C,方案I-0 的 7 d 和 28 d 的碳化深度分别降低了35.5%

了一个基准混凝土和八个掺加减水剂、引气剂及粉煤灰的混凝土配合比方案,具体见表 1。



图 1 混凝土碳化箱及工作条件

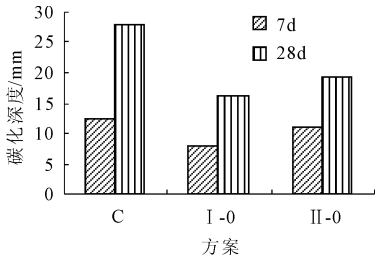


图 2 减水剂对混凝土抗碳化性影响

和 41.2%,方案 II -0 的 7 d 和 28 d 的碳化深度分别降低了 11.3% 和 31.0%(掺加粉煤灰后,降低了混凝土的碱度,对抗碳化不利,这部分内容将在“粉煤

灰对混凝土抗碳化性的影响”中详细论述)。这是因为掺加减水剂后减小了水灰比,提高了混凝土的密实性,增加了酸性气体渗入混凝土内部的阻力,延缓了碳化反应速度。故减水剂的使用可以有效提高混凝土的抗碳化性能。

2.2 引气剂对混凝土抗碳化性的影响

引气剂对混凝土的抗碳化性能也有所影响(见图 3),以 I-x 系列为研究对象,由图 3 知,混凝土 7 d 和 28 d 的碳化深度随着引气剂掺量的增加而增大,抗碳化性能降低。

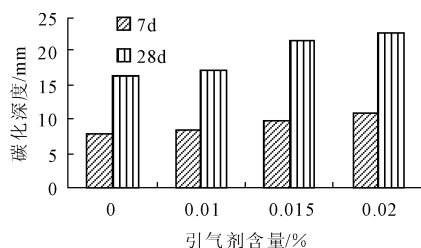


图 3 引气剂含量对混凝土碳化深度的影响

2.3 粉煤灰对混凝土强度的影响

由图 4 和图 5 可知,方案 II-0 混凝土内掺胶凝材料质量 20% 的粉煤灰后,各龄期的立方体抗压强度和劈拉强度均比方案 I-0(未掺粉煤灰)降低,如 7 d 的抗压强度和劈拉强度分别降低了 10.8% 和 5.3%,28 d 的抗压强度和劈拉强度分别降低了 8.7% 和 6.2%。这是由于试验时混凝土的最大龄期只有 90 d,粉煤灰的二次水化效应还没有完全发挥出来,因此粉煤灰替代部分水泥之后,水化产物减少,强度自然有所降低。

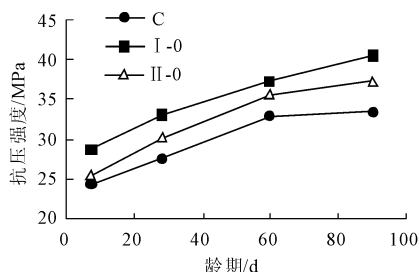


图 4 混凝土抗压强度随龄期的变化关系曲线

2.4 粉煤灰对混凝土抗碳化性的影响

由图 6 可知,掺加粉煤灰后,II-系列混凝土的抗碳化性能均较 I-系列有所降低,即掺入粉煤灰后,在试验条件下(碳化时间较短时)混凝土的抗碳化能力有所降低。这是因为,一方面优质粉煤灰有紧密堆积效应,减小混凝土的孔隙率,阻止腐蚀性酸性气体的侵入,具有提高混凝土的抗碳化能力;另一方面,粉煤灰替代部分水泥,混凝土碱性物质含量减

少,加快了混凝土 pH 值的下降,增加了碳化速度,导致混凝土抗碳化能力的降低。有研究报道^[5],粉煤灰混凝土在 50 a 后碳化深度一般均小于钢筋混凝土的保护层厚度,即粉煤灰混凝土在长龄期时的抗碳化性还是可以的。

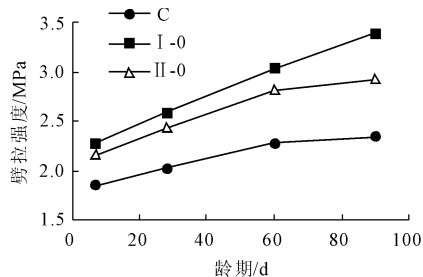


图 5 混凝土劈拉强度随龄期的变化关系曲线

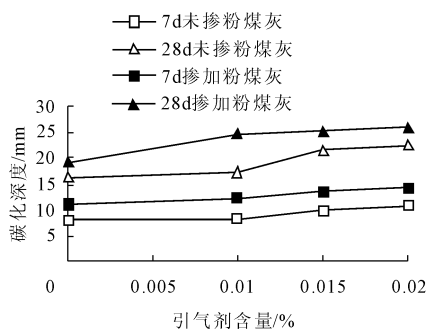


图 6 粉煤灰对混凝土碳化深度的影响

3 结 语

(1) 掺加胶凝材料质量的 1% 的高效减水剂后,7 d 和 28 d 的混凝土抗碳化性能较不掺加减水剂的情况提高 40% 左右。

(2) 在引气剂用量为胶凝材料质量的 0.01% ~ 0.02% 时,混凝土的抗碳化性能随用量的增加而降低。

(3) 优质粉煤灰的紧密堆积效应具有增大混凝土密实性的作用,但因粉煤灰的二次水化作用需要较长时间,则其对混凝土的强度及抗碳化性能的改善作用需在一定时间后才能表现出来。

参考文献:

- [1] 刘秉京.混凝土技术[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 袁群,何芳娣,李杉.混凝土碳化理论与研究[M].郑州:黄河水利出版社,2009.
- [3] 南京水利科学研究所. DL-T 5150-2001. 水工混凝土试验规程[S].北京:中国电力出版社,2002.
- [4] 中国建筑科学研究院. GB/T 50082-2009. 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [5] 王冬梅.粉煤灰双掺混凝土的耐久性试验研究与分析[J].企业技术开发,2009,28(9):17-18.