

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2009.03.005

粉煤灰掺量对真空脱水混凝土碳化速度的影响

袁承斌¹,陈 兴²,陈小鹏³,吴 洁³

(1.扬州大学水利科学与工程学院,江苏 扬州 225009;2.扬州水利建筑工程公司,江苏 扬州 225009;
3.南京振高水利建筑安装工程有限公司,江苏 南京 211300)

摘要 提出制作真空脱水混凝土试件的试验方法,针对粉煤灰掺量(等量取代水泥)分别为 0,15%,30%时的真空脱水混凝土试件与非真空脱水混凝土试件进行快速碳化试验。试验结果表明 粉煤灰掺量为 15%时,在加强混凝土养护的情况下,掺粉煤灰对混凝土碳化深度影响不大 粉煤灰掺量为 30%时,掺粉煤灰对混凝土碳化深度影响较大,尤其是真空脱水混凝土碳化深度增加约 20% 真空脱水技术的应用能减小混凝土的碳化深度。

关键词 混凝土 碳化速度 真空脱水 粉煤灰

中图分类号 :TU528.01 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2009)03-0017-03

Effect of fly ash content on the carbonation velocity of concrete by vacuum dewatering treatment//YUAN Cheng-bin¹, CHEN Xing², CHEN Xiao-peng³, WU Jie³ (1. College of Hydraulic Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China ;2. Yangzhou Hydraulic Engineering Construction Corporation Limited, Yangzhou 225009, China ;3. Nanjing Zhengao Hydraulic Engineering Construction and Installation Corporation Limited, Nanjing 211300, China)

Abstract :The test method for making concrete specimens with vacuum dewatering treatment is put forward. Rapid carbonization tests of concrete with vacuum dewatering treatment and ordinary concrete were made, with fly ash content (replacing equally cement) of 0, 15%, 30%. The experimental results show that concrete with a proportion of 15% fly ash has a lesser effect on the carbonation of concrete depth under full maintenance, and concrete with a proportion of 30% fly ash has a greater effect on the carbonation depth of concrete. The carbonation depth of concrete with vacuum dewatering treatment increased by about 20%. Vacuum dewatering treatment can reduce the carbonation depth of concrete.

Key words :concrete ;carbonation velocity ;vacuum dewatering treatment ;fly ash

混凝土碳化是导致钢筋锈蚀的主要起因之一,钢筋锈蚀必将影响混凝土结构的耐久性,从而大幅度缩短混凝土建筑物的使用寿命,因此对于各类钢筋混凝土结构,减缓混凝土碳化速度至关重要。目前真空脱水混凝土应用较为普遍,在混凝土中合理掺加粉煤灰也是很多工程通常的做法,但国内外针对真空脱水混凝土碳化速度的研究尚不多见。为此,笔者对不同粉煤灰掺量的真空脱水混凝土进行快速碳化试验,并与非真空脱水混凝土碳化试验进行比较,以研究粉煤灰掺量对真空脱水混凝土碳化速度的影响。

1 试件的设计与制作

1.1 原材料

试件原材料包括 :32.5 级普通硅酸盐水泥,江

西产合格砂,最大粒径为 20 mm 的碎石,南京产粉煤灰。水泥的有关检测指标 :细度(0.08 mm 筛筛余)为 3.2% ;标准稠度为 27.8% ;初凝时间为 290 min ;终凝时间为 330 min ;安定性(雷氏法)为 0.5 mm ;3 d 抗压强度为 20.9 MPa,3 d 抗折强度为 4.2 MPa ;28 d 抗压强度为 40.5 MPa,28 d 抗折强度为 6.5 MPa。砂的检测指标 :细度模数 2.5,颗粒级配符合 II 区范围,泥、泥块的质量分数分别为 1.8%,0.5%。碎石的检测指标 :筛分析符合 20 mm 粒径规格,泥、泥块的质量分数分别为 0.6%,0.1%。针片状颗粒质量分数为 9.2%,压碎指标值为 8.7%。粉煤灰的检测指标 :细度(0.045 mm 方孔筛筛余)为 14.6%,烧失量为 5.51%,三氧化硫质量分数为 0.32%,需水量比为 93%。所检项目均符合 GB/T1596—2005《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》II 级的技术要求。

1.2 试验工况

为了研究粉煤灰掺量对真空脱水混凝土碳化速度的影响,设计了6种工况的混凝土试件。工况1:真空脱水,粉煤灰掺量为0(质量分数,下同);工况2:非真空脱水,粉煤灰掺量为0;工况3:真空脱水,粉煤灰掺量为15%;工况4:非真空脱水,粉煤灰掺量为15%;工况5:真空脱水,粉煤灰掺量为30%;工况6:非真空脱水,粉煤灰掺量为30%。6种工况的水胶比均为0.50。

1.3 混凝土配合比

混凝土大致按强度等级C20设计。为便于比较,混凝土配合比设计时只是针对不同工况用粉煤灰等量取代水泥,其他材料用量不变。各工况下混凝土配合比见表1。用表1中的设计配合比配制混凝土,经测定工况1~6混凝土试件的28d抗压强度分别为22.10 MPa,18.50 MPa,26.32 MPa,23.30 MPa,22.70 MPa和20.30 MPa。

表1 混凝土配合比					kg/m ³
工况	水泥	水	砂	碎石	粉煤灰
1,2	390	195	635	1180	0
3,4	331	195	635	1180	59
5,6	273	195	635	1180	117

1.4 试件制作

首先加工预制试件用模板,由于真空吸垫的尺寸很难制成一个单独的试件,且为加快试件成型速度,采用一次成型若干组试件的方法,模板组合情况见图1。图中左侧大试件(100 mm×100 mm×300 mm)用于混凝土碳化试验,分3组,共9块;右侧小试件(100 mm×100 mm×100 mm)用于测定混凝土强度(数量较多,以供备用)。模板除图中标注的木模板外,其余内部隔断均为钻孔的钢板。考虑混凝土真空脱水的需要,先制作四周木制模板,外围加固围檩,再用钢板制作内部隔断模板,钢板上每隔1 cm钻1个 $\varnothing 3$ mm的小孔,然后进行混凝土拌和、浇筑、振捣,再铺设真空吸布、吸垫,用真空泵进行真空脱水,真空度控制在0.05 MPa,脱水时间为8 min,脱水率为12.56%。达到规定强度后拆除模板,最后将混凝土试件放入试验室标准养护28 d^[1-3]。

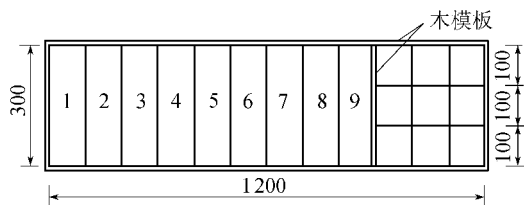


图1 各工况模板组合示意图(单位:mm)

2 试验方法与试验结果

2.1 试验方法

将标准养护好的试件用石蜡密封5面后放入碳化箱中(只留1面碳化),按标准试验条件(即CO₂体积分数20%±3%,温度20℃±5℃,湿度70%±5%)碳化至规定时间。

试件碳化至7d,14d,28d时分别从碳化箱中取出1组试件(图1中试件1,2,3为第1组;试件4,5,6为第2组;试件7,8,9为第3组),将试件纵向劈裂二等分,用1%的酚酞指示液喷于断裂面上,30s后按原先标划的每10 mm设1个测量点,用钢尺分别测出各点的碳化深度。如果测点处的碳化分界线上刚好嵌有粗骨料颗粒,则可取该颗粒两侧碳化深度的平均值作为该点的碳化深度。最后取上述各点碳化深度的算术平均值作为该工况该碳化时间的碳化深度^[4]。

2.2 试验结果

混凝土试件碳化深度检测结果见表2。

表2 混凝土试件碳化深度				mm
工况	7 d 碳化深度	14 d 碳化深度	28 d 碳化深度	
1	6.52	8.85	13.60	
2	9.06	12.40	17.66	
3	7.35	10.15	14.52	
4	9.25	13.02	18.06	
5	8.32	11.22	16.17	
6	10.26	14.12	19.31	

为便于比较掺粉煤灰前后混凝土试件碳化深度的增长情况,分别以工况1,2为基准,计算工况3,5和工况4,6混凝土试件的碳化深度增长率,见表3。

表3 混凝土试件碳化深度的增长率					%
工况	碳化深度增长率				
	7 d	14 d	28 d	平均	
3	12.73	14.69	6.76	11.39	
4	2.10	5.00	2.27	3.12	
5	27.61	26.78	18.90	24.43	
6	13.25	13.87	9.34	12.15	

2.3 试验结果分析

对上述结果进行分析与讨论,可得出粉煤灰掺量对真空脱水混凝土碳化速度的影响大致有以下几个特点:

a. 粉煤灰掺量对真空脱水混凝土与非真空脱水混凝土的碳化速度有相同的影响规律。掺粉煤灰越多,混凝土碳化深度越大。一方面,由于混凝土中粉煤灰的火山灰反应,消耗一部分Ca(OH)₂,影响了混凝土的pH值;另一方面,由于取代水泥后熟料数量减少,碱度降低,从而影响到混凝土的碳化。

b. 粉煤灰掺量在15%时,28d内真空脱水混凝土

土碳化深度平均增长 11.39%,非真空脱水混凝土碳化深度平均增长 3.12%。28 d 真空脱水混凝土碳化深度只增长 6.76%,非真空脱水混凝土碳化深度只增长 2.27%,混凝土碳化深度增加总体不太明显,尤其是非真空脱水混凝土与长龄期混凝土。这是因为除了前述第 a 点的不利因素外,还有一些有利因素。如粉煤灰的掺加能使混凝土密实度与强度增加,减缓了碳化速度,此外随着龄期延长,火山灰反应不断增强,达到一定龄期时抗渗性的提高弥补了碱度低的不足,掺粉煤灰混凝土的碳化速率可能与同龄期的基准混凝土相近,甚至更小。而且粉煤灰有减水、增浆、分散、活化、微集料效应^[5-8],减少用水量混凝土和易性依然能保证,混凝土强度将更高,抗渗性更强,抗碳化能力将有明显改善。因此,可推断随着龄期的延长,在混凝土中掺入 15% 的粉煤灰时,对混凝土的碳化深度影响不大。

c. 粉煤灰掺量在 30% 时,28 d 内真空脱水混凝土碳化深度平均增长 24.43%,非真空脱水混凝土碳化深度平均增长 12.15%,混凝土碳化深度增加较大。这除了与粉煤灰的火山灰反应消耗较多 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及水泥熟料数量比不掺或掺 15% 粉煤灰更有关外,还与粉煤灰掺量为 30% 时的混凝土强度比不掺粉煤灰时的强度增长不明显有关,而掺入 15% 的粉煤灰能提高混凝土强度 20% 左右,在一定程度上能减小混凝土的碳化速度。

d. 当粉煤灰掺量增加时,真空脱水混凝土与非真空脱水混凝土碳化深度都有所增加,但非真空脱水混凝土增长率明显比真空脱水混凝土的小。究其原因,可能主要是真空脱水混凝土虽可使表层混凝土强度提高,结构变密实,碳化深度减小,但由于真空脱水作用会使微细渗水通道相互连通,混凝土由表及里的密实性也逐渐变差,从而使碳化速度增大,这仍需通过进一步微观分析加以论证。

e. 真空脱水混凝土的碳化深度比非真空脱水混凝土的碳化深度普遍小 20% ~ 30%。这是由于真空脱水作用引起混凝土内部水灰比降低、孔隙率减小、孔的结构和界面黏结力改善,混凝土变得密实,强度增大^[2], CO_2 向真空脱水混凝土的渗透速度减慢,因而碳化深度较小。

3 结 论

a. 提出了制作真空脱水混凝土试件的试验方法,为开展真空脱水混凝土快速耐久性试验创造了试验条件。

b. 粉煤灰掺量在 15% 时,在加强混凝土养护的情况下,对混凝土的碳化性能影响不大。

c. 粉煤灰掺量在 30% 时,混凝土碳化深度普遍较大,混凝土碳化速度加快,不利于混凝土的耐久性。

d. 采用真空脱水混凝土能减小混凝土的碳化深度,但随着粉煤灰掺量的增加,真空脱水混凝土碳化深度的增长率高于非真空脱水混凝土碳化深度的增长率。

e. 由于粉煤灰有减水、增浆、分散、活化、微集料效应,在掺加粉煤灰的同时,可通过进一步研究采用合理减小水灰比等优化混凝土配合比措施,以减小高掺量粉煤灰对混凝土碳化速度的影响。

参考文献:

[1] 宗道明,马毅,刘念华.真空脱水工艺在混凝土工程施工中的应用[J].青海交通科技,2004(3):30-31.
[2] 丁林,岳洪军,李志强.真空脱水工艺对混凝土质量的改善与经济效益的提高[J].黑龙江交通科技,2002(3):26-27.
[3] 刘辉.运用真空脱水工艺处理混凝土路面的施工及研究[J].铁道工程学报,2001(4):116-120.
[4] JTJ 270—1998,水运工程混凝土试验规程[S].
[5] 方永浩,王成,朱丹红,等.碱-磷渣-粉煤灰胶凝材料的性能研究[J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(5):549-552.
[6] 罗季英,冷发光,冯乃谦,等.粉煤灰掺量对高性能混凝土强度和耐久性的影响[J].水泥与混凝土,2001(3):15-18.
[7] 程华清,刘志丰.粉煤灰掺量对钢纤维混凝土强度和耐久性的影响[J].粉煤灰综合利用,2007(1):34-36.
[8] 贺鸿珠,刘军,杨胜杰,等.掺粉煤灰混凝土耐海水侵蚀性能的试验研究[J].混凝土与水泥制品,2000(3):7-12.

(收稿日期 2008-08-05 编辑 骆超)

· 简讯 ·

河海大学 8 项科技成果获江苏省政府表彰

2009 年 2 月 12 日江苏省政府在南京市隆重召开全省科学技术奖励大会,表彰奖励 2008 年度国家自然科学奖、技术发明奖、科技进步奖和 2008 年度江苏省科技进步奖获奖人员,河海大学共有 8 项科技成果受到表彰。2008 年河海大学充分发挥学科优势,紧密结合国家重大工程、重点项目和地方经济社会发展开展科技攻关,全年共获得科研项目 873 项,总经费达 3.86 亿元,科技成果获奖 28 项,其中国家科技进步奖 2 项,江苏省科技进步奖 6 项,其他省、部级科技发明和进步奖 20 项。

(本刊编辑部供稿)