

不同环境温度对预制构件早期养护碳排放量影响的研究

孔凡敏

(北京建工新型建材有限公司, 100015, 北京)

摘要:为缩短构件的生产周期,提高产出率,构件厂经常采用蒸汽对成型构件进行早期养护,结合生产工艺,探讨在3种不同环境条件下预制构件养护的碳排放量问题。通过试验确定不同养护温度下预制构件的最佳养护温度及早期强度,从而计算不同温度环境下预制构件早期养护的碳排放量。

关键词:蒸汽养护;温度;强度;碳排放量

中图分类号: TU 74

文献标志码: A

文章编号: 1000-4726(2023)19-2352-04

RESEARCH ON IMPACT OF DIFFERENT AMBIENT TEMPERATURES ON CARBON EMISSIONS FROM EARLY CURING OF PREFABRICATED COMPONENTS

KONG Fan-min

(BCEG Advanced Construction Materials Co., Ltd., 100015, Beijing, China)

Abstract: In order to shorten the production cycle of components and increase the yield, component factories usually use steam for the early curing of molded components. In this paper, carbon emissions from the curing of prefabricated components under 3 different ambient temperatures are discussed based on the production process. Besides, the optimal curing temperature and early strength of prefabricated components under different curing temperatures are determined through experiments, and the carbon emissions from early curing of prefabricated components under different ambient temperatures are further calculated.

Keywords: steam curing; temperature; strength; carbon emissions

随着装配式建筑标准体系不断完善,混凝土预制构件已成为我国施工行业技术创新的焦点,预制构件行业朝着高品质、绿色化、标准化方向发展,然而目前行业仍然存在诸多问题,如构件厂产能达不到设计产能、劳动生产率低下、生产过程中浪费严重等问题给行业的发展带来了一定困难。结合生产工艺进一步探讨预制构件在不同环境条件下的养护温度、养护时间与强度之间的关系,并针对不同养护条件下的碳排放量进行计算,以期为预制构件的养护过程提供支撑,进而降低耗能。

1 温度对混凝土早期强度的影响机理

混凝土是由胶凝材料、骨料和水共同构成的复杂多相聚集体,从微观结构来看由水泥凝胶、氢氧化钙结晶、毛细管、未水化的水泥颗粒、孔隙水、凝胶孔隙、骨料颗粒及气泡等组成,其强度取决于:硬化的水泥浆强度、浆体-骨料粘结强度及骨料的特性。在这3个因素中,温度对水泥浆的强度影响最直接,而

收稿日期: 2023-08-10

作者简介: 孔凡敏(1976—),女,河北承德人,高级工程师, e-mail: 13501367825@qq.com.

水泥浆的硬化强度直接决定混凝土早期强度。

温度对混凝土强度的影响表现在以下3个方面:

(1) 水化反应的速率; (2) 混凝土内部结构的特性; (3) 蒸发和干燥速率。一般来说温度升高会加快水化反应速率,强度提升更快,同时也导致水分蒸发速度加快,水分的散失既阻滞了水泥的水化,又使混凝土因失水而收缩,导致早期裂缝的产生,因此在高温养护时,尤其要注意混凝土保湿,综合混凝土早期养护对温度与湿度的要求,采取蒸汽养护的方式,可大幅缩短生产周期,提高产出率。

2 配合比及试验结果

2.1 配合比设计

采用C30混凝土开展研究,配合比设计见表1。

表1 C30配合比

标号	单方材料用量/(kg/m ³)					
	水	水泥	矿粉	粉煤灰	砂子	石子
C30	158	268	48	56	812	1031

注:为提高模具周转率,外加剂掺有早强组分。

此设计配合比混凝土工作性能见表2。

表2 混凝土工作性能

设计强度 / MPa	坍落度 / mm	25℃终凝时间 / h	10℃终凝时间 / h	-5℃终凝时间 / h
30	160	5.3	8.5	37.2

2.2 试验设计及结果

试验在环境温度分别为25℃、10℃、-5℃的3种情况下开展,在设计养护温度分别为25℃、40℃、60℃的条件下,研究时间与强度的关系,试验结果见表3。

表3 不同环境下养护温度、时间对应强度

环境温度 /℃	养护温度 /℃	养护5h强度 /MPa	养护6.5h强度 /MPa	养护8h强度 /MPa	养护9.5h强度 /MPa
25	25	12.2	17.8	21.3	22.8
	40	16.5	20.5	22.9	24.4
	60	18.8	22.6	24.3	25.3
10	25	9.6	12.9	15.7	17.4
	40	13.6	19.3	21.8	23.2
	60	17.2	21.9	23.7	24.6
-5	25	8.2	11.3	13.4	15.4
	40	11.9	17.8	20.5	22.2
	60	15.1	20.6	22.9	24.3

注:养护强度为从升温阶段算起达到养护时间后,拆模静置1h后的强度。

3 试验结果分析

根据试验结果,绘制强度-时间关系曲线如图1~图3所示。

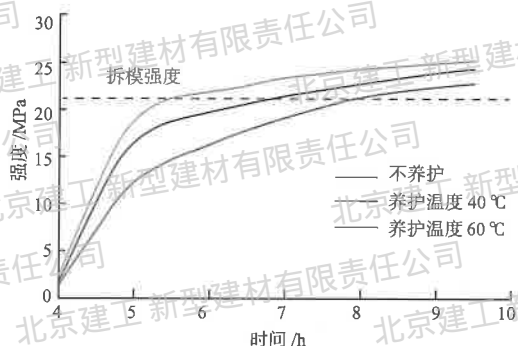


图1 25℃环境下养护温度对构件强度的影响

从图1~图3可以看出,(1)当环境温度为25℃时,预制构件在不养护的情况下,8h可达到拆模强度,在养护温度为40℃的情况下,7h可达到拆模强度,而在养护温度为60℃的情况下,5.5h左右即可进拆模;(2)当环境温度为10℃时,在预制构件养护温度为60℃的情况下,6h可达到拆模强度;在养护

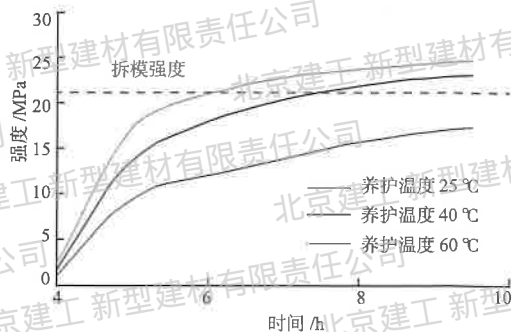


图2 10℃环境下养护温度对构件强度的影响

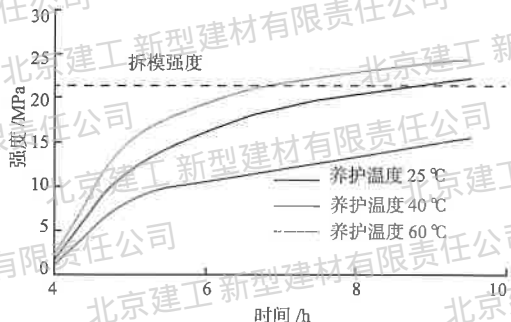


图3 -5℃环境下养护温度对构件强度的影响

温度为40℃的情况下,8h可达到拆模强度,而养护温度为25℃的情况下,预制构件在养护9.5h后仍未达到拆模强度;(3)在环境温度为-5℃时,养护温度60℃、40℃达到拆模强度对应的养护时间分别为6.5h和9h,养护温度为25℃时,养护9.5h后强度仅为15.4MPa,仅为构件设计强度的51%,不具备拆模条件。

结合混凝土终凝时间及强度时间曲线来看,(1)当环境温度为25℃时,预制构件在10h内完成养护即可满足24h生产周期要求,首选不蒸养的模式进行构件养护;(2)当环境温度为10℃时,预制构件应在养护7.5h内达到拆模强度,此时养护温度应设置为40~60℃;(3)当环境温度为-5℃时,混凝土收面时间远大于24h,此时宜采取模台预热,预养护等方式缩短构件收面时间,而当养护温度为40℃时,经历9.5h养护方能达到拆模强度,因此应提高养护温度。

4 碳排放量计算

结合北京某预制构件厂的实际生产条件进行研究,采用可同时对60m³构件进行蒸汽养护的立体式养护窑进行预制构件养护,将自动启停蒸汽发生器作为供热设备,窑内温度通过温度传感器进行自动控温,以确保养护温度在预设温度范围内。

通过测算,不同环境下不同养护温度对应的燃气使用量见表4。

表4 不同环境下不同养护温度对应的燃气使用量

环境温度	养护温度	燃气使用量/(Nm ³ /h)
25℃	不养护	0
	40℃	20
	60℃	45
10℃	25℃	36
	40℃	63
	60℃	85
-5℃	25℃	65
	40℃	96
	60℃	125

燃气产生的二氧化碳排放量 G 按式 (1) 计算:

$$G = \sum (M_f \times HV_f \times C_f \times OX_f \times 44/12) \times 1000 \quad (1)$$

式中: G 为碳排放量, kg; M_f 为燃料的消耗量, 10^4Nm^3 ; HV_f 为单位燃料的平均低位发热量, 按规范取值 389.31GJ/t ; C_f 为单位热值含碳量, 按规范取值 0.0561tC/GJ ; OX_f 为氧化率, 按规范取值 99.5% 。根据计算结果, 绘制碳排放量与养护时间之间的关系曲线, 如图 4~图 6 所示。

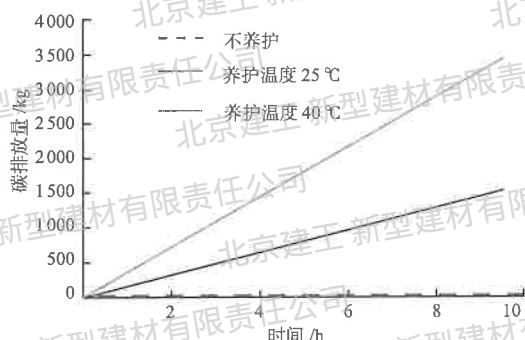


图4 25℃环境下养护温度对碳排放量的影响

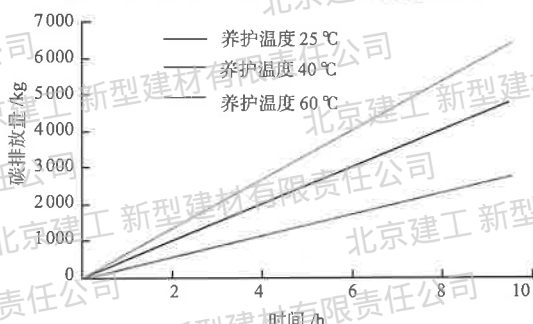


图5 10℃环境下养护温度对碳排放量的影响

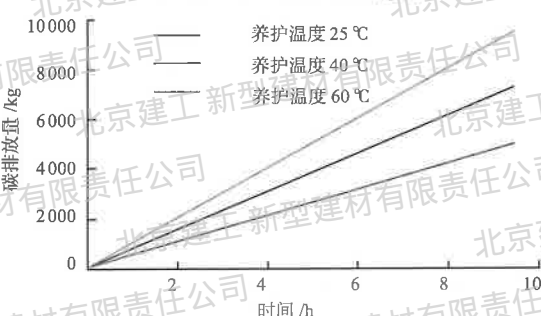


图6 -5℃环境下养护温度对碳排放量的影响

结果所示, 从降低碳排放量角度来看, (1) 当环境温度为 25°C 时, 应选择不养护的模式对构件进行养护; (2) 当环境温度为 10°C 时, 养护温度 60°C , 达到拆模条件的碳排放量为 4063.68kg , 养护温度为 40°C , 达到拆模条件碳排放量为 4015.87kg , 排放量基本相当, 应根据养护时间调节养护温度; (3) 当环境温度为 -5°C 时, 养护温度 60°C , 达到拆模条件碳排放量为 6474kg , 而养护温度 40°C 达到拆模条件碳排放量为 7266.82kg , 应选择提高温度、缩短养护时间, 这与构件生产工艺要求一致。

5 养护工艺要点

5.1 养护设备选择

对于蒸汽发生设备, 目前符合绿色环保要求的是燃气锅炉和蒸汽发生器, 在能耗方面, 蒸汽发生器可进行并联式配置, 按蒸汽需求量灵活叠加, 远距离分布式安装, 可大幅节省蒸汽管道传输的热损失和管道运行维护成本。

同时蒸汽发生器可充分吸收尾部烟气自带的热量, 将排烟温度控制在 60°C 以内, 有效减少高温烟气造成的污染和浪费, 降低能源损耗, 各厂家应根据自身实际情况选择合理设备。

5.2 养护工艺

预制构件的蒸养过程应按照静置—升温—恒温—降温的工艺流程执行。

(1) 预制构件收面完成后宜静置 15min , 不宜直接升温。

(2) 静置阶段过后, 缓慢有序地开通蒸汽, 持续提高养护温度, 升温速度应控制在 $10\sim 15^\circ\text{C/h}$, 谨防产生胀裂性裂纹, 最高温度不宜超过 60°C 。

(3) 构件达到预设温度后, 应停止升温并保持, 期间应通过多点测温, 控制养护温度。

(4) 达到预设时间后, 可有序关闭蒸汽, 降低养护温度, 降温速率应不超过 10°C/h , 当养护温度接近室温时, 方可进入下一步操作。

5.3 构件保湿

预制构件养护过程中要重点关注构件保湿, 若构件表面不能保持湿润, 会造成水分过早蒸发产生干缩裂纹或水化反应不充分, 因此在养护过程中要重点关注构件保湿。常用作法有喷雾、覆盖薄膜等。养护完成后仍需进行后续的保湿养护工作。

6 结论

(1) 预制构件厂为提高构件生产效率, 可采用