

水温对高早强水泥砼性能的影响研究

张杰

(湖南省湘筑工程有限公司, 湖南 长沙 410004)

摘要: 冬季寒冷天气施工时水温对高早强水泥砼凝结时间、力学强度和体积稳定性等的影响较大。为解决水泥砼低温条件下施工难的问题,文中分析水温对高早强水泥砼工作性、力学性能和干缩性的影响,在 5~90 ℃水温下对新拌和硬化后的砼性能进行测试。结果表明,高早强水泥的最佳拌和水温为(50±5) ℃,该温度下砼的泌水和坍落度最佳。

关键词: 公路;高早强水泥砼;水温;工作性;力学性能;干缩性

中图分类号:U416.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)06-0078-03

寒冷低温天气是影响水泥砼质量的重要因素之一。根据 JTG F30-2003《公路水泥混凝土路面施工技术规范》及相关文献,砼必须在寒冷天气下放置至少 24 h 后才能防冻。为适应寒冷低温天气,在水泥砼早期水化期间可通过增加水泥用量、降低水胶比、使用砼添加剂及加热骨料和水等方法将低温影响降到最小,其中加热骨料和水的方式较经济。尤其是在湖南地区,冬季时间长且气温低,水泥砼施工时需采取适当预防措施,改善拌和水温就是其中一项重要措施。根据文献[5]~[7],水可存储的热量几乎是水泥和相同重量骨料的 5 倍,相较于加热骨料,加热水所需能耗低,更经济实用。在混合料中使用热水可提高新拌水泥砼的温度,从而加速水泥水化速度。另一方面,拌和用水的最佳温度很大程度上受其他因素的影响,如水泥化学特性或其他组分的温度。根据文献[8]~[10],提高水温有助于寒冷气候下砼的铺筑,但对水温的控制范围目前尚处于探索阶段。该文主要研究高早强水泥砼较为可靠的拌和用水温度范围,测试不同拌和下水泥砼早期抗压强度和性能的变化。

1 原材料

1.1 水泥

参考寒冷低温下浇筑砼的指标控制要求,采用冀东盾牌 P.O 52.5R 水泥,其为高早强水泥,需水量为 32.2%,28 d 抗压强度为 54.1 MPa,抗折强度为 7.3 MPa。其比常规水泥含有更高的硅酸三钙,且具有较高的比表面积,可加速水泥水化作用,提高早期强度。其化学成分见表 1。

表 1 水泥的化学成分

组成成分	含量/%	组成成分	含量/%
SiO ₂	17.97	SO ₃	3.28
Al ₂ O ₃	4.37	K ₂ O	0.69
Fe ₂ O ₃	2.66	Na ₂ O	0.22
MgO	3.33		

1.2 细骨料和粗骨料

细骨料采用天然河砂,要求其洁净、无杂质,不含过多有害杂质,含泥量小于 0.5%,细度模数为 2.72,属于中砂。粗骨料采用石灰岩碎石,含泥量小于 1%。集料的物理性质见表 2。

表 2 集料的物理性质

集料类型	表观比重/ (g·cm ⁻³)	体积比重/ (g·cm ⁻³)	吸收率	下列循环次数下的质量损失		100~500 次循环的重量 损失率
				100 次	500 次	
细集料	2.74	2.69	0.45	0.047	0.22	0.21
粗集料	2.69	2.64	0.65	0.040	0.21	0.19

1.3 水和外加剂

在受控温度下使用普通自来水作为拌和用水。为观察拌和水温度的影响,排除其他因素的干扰,试验时不使用砼外加剂。

2 水泥砼配合比设计和试件制备

根据 JGJ 55-2011《普通混凝土配合比设计规程》进行水泥砼配合比设计,考虑试验所用骨料最大

尺寸为 20 mm,坍落度为 80~100 mm。为获得良好性能的水泥砼,根据 JTG/T F30—2014《公路水泥混凝土路面施工技术细则》确定水灰比、集料数量、和易性及含气量等。水泥砼设计配合比见表 3。

表 3 水泥砼设计配合比

水泥砼组分	质量/kg	水泥砼组分	质量/kg
水泥	435	水	150
砂	755	1 m ³ 砼质量	2 350
石	1 090		

每个砼试件都单独制作,互不干扰,水泥砼搅拌和浇筑模拟工程实际现场的操作情况,同时严格控制组分和环境(实验室)温度,所有试件的制作条件完全相同。为准确评估最终混合料温度,在砼装入成型模具后 1 min 内记录温度测量值。水泥砼试件均在相同条件下进行相同龄期的养护,避免任何室外因素对测试结果产生影响。养护步骤:1) 浇筑砼后,将模具内的砼试件保持在(8±2)℃的模拟温度下(现场试验温度),并用塑料薄膜覆盖养护 20~24 h,防止水分蒸发。2) 砼龄期达到 7 d 时,将砼试件浸入温度为(22±3)℃的水中进行养护。3) 进行抗压强度试验之前,将所有砼试件在环境温度下保持 1 h。

3 水泥砼性能分析

3.1 水泥净浆凝结时间

虽然水泥浆体的凝结时间主要取决于水泥的物理性质,如细度和化学成分(尤其是石膏含量)等,但化合物的水灰比在水泥水化过程中也起着至关重要的作用。采用自动维卡仪测试水泥的初凝和终凝时间,结果见表 4。与规范值比较,水泥的初凝和终凝时间合格。需注意的是,维卡仪测试一般在具有较低水灰比(通常为 0.25~0.34,取决于水泥)的水泥浆样品上进行,不同于常规砼,虽然维卡仪所测凝结时间是砼凝结行为的一个指标,但不应将其作为直接预测指标。因此,用具有相同 VICAT 凝结时间的不同类型水泥制备的砼的凝结时间可能不同,而用不同 VICAT 凝结时间的水泥制备的砼的凝结时间可能相同。

表 4 水泥的凝结时间 min

项目	测试值	规范值
初凝时间	60	≥45
终凝时间	360	≤375

3.2 新拌水泥砼温度

在冬季低温下浇筑水泥砼时,需考虑水泥砼对低温的敏感性,高早强水泥的低温敏感性比普通水泥更高。因此,在寒冷天气下施工的高早强水泥砼根据其厚度应具有适宜的最低温度。但在生产或运输过程中,加热的骨料和加热的水或兼备两者生产的砼的最高温度将超过 32℃,而新拌砼在高于 21℃条件下会出现性能衰减现象。这是由于在较高温度下,砼的热损失率较高,水泥砼温度较高并不会完全促进砼的硬化而免受寒冷天气的危害,相反,高温对新拌砼会造成不利影响。砼温度高时需添加更多的水,以提供相同的坍落度,但过量的水会导致塑性收缩失效(蒸发过程中快速水分流失),并使砼硬化后的热收缩更严重。图 1 为新拌砼温度随水温的变化,从中可见,即使水温升至 90℃,砼的温度也不会超过 26℃。

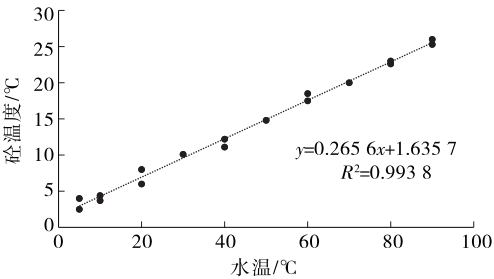


图 1 拌和水温对新拌砼温度的影响

观察砼的泌水程度及坍落度评估其塑性性能,结果显示:适当提高拌和用水的温度,可有效提高砼的和易性和坍落度。当水温不超过 40℃时,砼坍落度为 80~100 mm;而温度升高至 60℃时,砼会出现明显的泌水现象,坍落度也急剧增大,砼试件易产生裂缝。

3.3 砼力学强度

为分析拌和水温对砼力学性能的影响,对砼进行抗压强度和抗折强度试验,测试养护成型后试件的 7 d 抗压、抗折强度,结果见图 2、图 3。选择 7 d 力学强度,是因为在大部分砼浇筑工程中,早期强度是砼连续铺筑的关键因素。

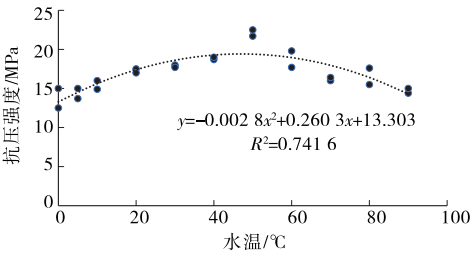


图 2 拌和水温对砼 7 d 抗压强度的影响

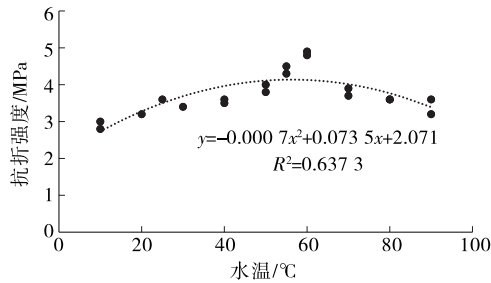


图3 拌和水温对砼7d抗折强度的影响

由于所使用的水泥类型存在较高的水化温度,可忽略较低的水温范围。从图2、图3可以看出:拌和水温度为45~50℃时,砼的力学强度最高,最佳水温为(50±5)℃;将水温增加到55℃以上,砼的7d抗压、抗折强度均呈现不增反降的现象,表明过高的水温在寒冷天气下对砼的性能增强并不会有很好的效果。

3.4 砼干缩性

砼在成型硬化时,由于水化、温度及干湿变化等会造成体积缩小,对砼的性能产生不利影响。试验采用高早强水泥,其虽具有较高的早期强度,但后期收缩更严重;且由于提高了水温,砼在成型硬化过程中的温度变化将更明显,影响也更深。依照JTG E30—2005《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》,采用砼干缩测试应变仪测量不同温度下砼不同龄期的干缩值,结果见表5。

表5 水泥砼的干缩值

温度/℃	不同龄期(d)时水泥砼的干缩值/(×10 ⁻⁶ m)					
	1	3	7	14	21	28
25	10	94	152	221	285	324
40	13	98	169	234	290	351
55	21	105	172	254	303	359
70	23	128	211	299	376	411
85	35	149	248	336	400	444

由表5可知:随着水温的升高,水泥砼的干缩值增大,抗干缩性能减弱。水温从25℃升至55℃时,其干缩值变化程度不大,呈现缓慢上升的趋势;而水

温从55℃升至70℃时,其干缩值急剧增大。从砼干缩性方面考虑,拌和水温应不超过55℃。

4 结论

(1) 对于高早强水泥,在相同配合比设计和试验条件下,随着拌和用水温度的升高,砼坍落度增大,会出现较高的泌水和离析;拌和水温度为(50±5)℃时,砼泌水现象最小。

(2) 高早强砼的拌和用水温度为(50±5)℃时,砼的抗压、抗折强度最高。

(3) 拌和水温不超过55℃时,砼的干缩现象处于可控范围。

参考文献:

- [1] Grochoski C. Cold weather concreting with hydronic heaters[J]. Concrete International, 2000(22).
- [2] 田伟,孙赞.机场水泥混凝土路面低温施工质量控制及试验研究[J].江西建材, 2018(13).
- [3] 杨春华.寒冷施工环境下混凝土质量保证措施[J].中国住宅设施, 2018(2).
- [4] 李俊林.不同低温温度区间混凝土冻融循环作用性能试验研究[D].北京:清华大学, 2017.
- [5] S H Kosmatka, B Kerkhoff, W C Panarese. Design and control of concrete mixtures (14th edition) [R]. Portland Cement Association (PCA), 2008.
- [6] 王调平.铁路桥梁混凝土冬季低温施工技术[J].建材与装饰, 2018(7).
- [7] 谢剑,崔宁,姜晓峰.混凝土超低温冻融循环损伤机理及控制措施[J].硅酸盐通报, 2018, 37(8).
- [8] 余海游.水温荷耦合作用下沥青混凝土水损机制研究[D].重庆:重庆交通大学, 2014.
- [9] 朱冬然.大体积混凝土施工期温度控制研究[J].南方农机, 2019, 50(4).
- [10] Burg R G. The influence of casting and curing temperature on the properties of fresh and hardened concrete [R]. Compressive Strength, 1996.

收稿日期:2019-05-07

(上接第77页)

- [5] 郝培文,刘中林.集料吸入沥青数量评价方法的研究[J].石油沥青, 2001, 15(2).
- [6] Kandhal P S. Evaluation of baghouse fines in bituminous paving mixtures [A]. Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings [C]. 1981.

- [7] 穆瑞,张家泰.基于灰色关联分析的层次综合评价[J].系统工程理论与实践, 2008, 28(10).
- [8] 张驰,胡永林,范人杰,等.级配乳化沥青冷再生混合料高温稳定性的影响[J].公路与汽运, 2018(4).

收稿日期:2018-01-05