

冬季施工条件下房建项目混凝土养护工艺优化研究

王瑞

合肥市包河建设发展投资有限公司, 安徽 合肥 230000

[摘要]冬季气温低且环境湿度变化大, 房建项目里的混凝土施工质量和养护效果面临严峻挑战, 文中从混凝土冬施常见问题入手并联系工程实践, 深入探讨冬季混凝土养护特性与技术对策, 重点分析加热保温、早强材料、湿度控制等措施对混凝土强度和耐久性的影响, 优化养护工艺流程后提出一套适合冬季气候的混凝土养护技术方案, 可大大提高混凝土施工质量和施工效率, 给同类工程提供可行性参考。

[关键词]冬季施工; 混凝土养护; 房建工程; 加热保温; 工艺优化

DOI: 10.33142/ucp.v2i4.17322

中图分类号: U41

文献标识码: A

Research on Optimization of Concrete Curing Technology for Building Projects under Winter Construction Condition

WANG Rui

Hefei Baohe Construction and Development Investment Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract: In winter, the temperature is low and the environmental humidity changes greatly, which poses severe challenges to the quality and maintenance effect of concrete construction in building projects. Starting from common problems in concrete winter construction and connecting with engineering practice, this article deeply explores the characteristics and technical countermeasures of winter concrete maintenance, focusing on the impact of heating insulation, early strength materials, humidity control and other measures on concrete strength and durability. After optimizing the maintenance process, a set of concrete maintenance technology solutions suitable for winter climate is proposed, which can greatly improve the quality and efficiency of concrete construction and provide feasible references for similar projects.

Keywords: winter construction; concrete curing; building construction projects; heating and insulation; process optimization

引言

房建工程施工时混凝土是结构的核心材料且工程整体的安全性与耐久性直接取决于其施工质量, 冬季低温环境下混凝土容易出现早期冻害、强度发展缓慢等情况且传统养护方法在低温时效果不好, 本文从温控、防裂、防冻等混凝土冬施角度分析常见养护方法现有的技术缺陷并提出一套混凝土冬季施工环境下的养护工艺优化策略以期提升施工质量保证工程进度与安全。

1 冬季混凝土施工环境及其影响

1.1 低温对水泥水化反应的抑制作用

混凝土施工时, 水泥水化反应是其强度形成的关键且对温度条件依赖程度高, 通常环境温度超 15°C 时水泥水化反应快、水化产物多, 混凝土强度稳定增长且结构致密性佳, 但冬季施工时环境温度常低于 5°C, 北方地区夜间温度多在 0°C 以下甚至达 -10°C 以下, 水泥水化反应受显著抑制, 温度近 0°C 时水泥水化近乎停滞, 混凝土早期强度发展慢且初凝前冻结可能造成不可逆结构破坏, 未完全水化的自由水在孔隙结冰后体积膨胀易破坏未形成的水化结构产生微裂缝, 影响混凝土密实性和耐久性, 水泥水化虽有放热效应能产生内部热量提温, 然而在低温高风速

等外界环境下热量会快速散失、内部温度难稳定, 冬季施工得综合采用加热搅拌水、预热骨料、外部保温覆盖、电热加热等措施, 以保证混凝土水化反应持续有效进行, 保障早期强度发展和整体结构性能安全可靠。

1.2 冻害对混凝土早期强度的破坏机制

若在初凝及终凝前遭受冻害, 混凝土的结构致密性与耐久性会被严重影响, 孔隙水在冻结时结冰膨胀, 体积增大 9%, 这种变化在水化结构尚未稳固的混凝土内部产生高强度胀压, 使得毛细孔通道扩大, 甚至产生微裂缝, 并且处于塑性状态的混凝土遭受冻害破坏格外严重, 整体密实度下降, 强度增长缓慢, 结构松散或剥落现象都可能出现, 而且在尚未达到临界强度 (一般为 3.5MPa) 之前若首次冻结, 混凝土强度发展遭受不可逆损害, 虽续养护能在一定程度修复, 但难以恢复正常水平, 多次冻融循环还会使界面过渡区微损伤累积, 影响钢筋与混凝土的黏结性能, 冬季混凝土施工, 要尽量防止混凝土未达临界强度就冻结, 确保其有足够内聚力后再进入自然冷却阶段。

1.3 湿度与风力对养护环境的干扰因素

冬季温度低且常有空气干燥、风速大的气象条件, 混凝土养护环境受这些因素严重干扰, 湿度不够时混凝土表

面水分会很快蒸发, 水灰比失衡使水泥水化难以完整进行, 刚开始混凝土没形成封闭结构, 表面水分在低湿环境中容易过早散失, 就会出现塑性收缩裂缝或者干裂现象, 有风会加快蒸发过程, 使局部水分流失不均衡, 加剧结构内外水化不平衡的情况, 并且风会加快热量对流散失, 破坏原本靠覆盖或者加热建立的温控系统, 降低保温措施的效果, 冬季养护混凝土时要考虑湿度补给和风速防护, 通过喷雾保湿、盖膜布、设挡风设施等办法, 给混凝土一个相对稳定的水热环境, 保证水化反应正常, 使混凝土质量稳步提升。

2 常规养护工艺的适用性分析

2.1 传统覆盖保温法的技术瓶颈

冬季施工里, 混凝土养护措施里传统覆盖保温法应用最广泛, 草帘、麻袋、塑料薄膜、岩棉或者泡沫板等材料常被用来覆盖混凝土表面以阻断热量散失、维持表面温度且减少水分蒸发, 该方法操作简单且成本低, 适用于中小型房建项目或者非结构关键部位, 不过实际应用时技术瓶颈明显, 第一, 覆盖材料保温性能有限, 在持续低温环境下混凝土温度很难稳定, 若环境温度突然降到零下 10°C 以下, 保温效果会大幅下降且根本无法有效阻止内部水分结冰, 第二, 覆盖时施工不规范易出现漏风、漏水情况, 使保温系统局部失效, 并且传统覆盖法没有主动升温能力, 只能靠混凝土自身水化热, 气温极端时其提供的水化反应热量不足, 养护期间刮大风时覆盖物容易被掀开或者吹跑, 增加安全隐患, 施工现场管理和持续监控要求较高, 若不严格执行, 容易出现温度不均、强度不稳等质量问题, 在高质量冬施项目里该方法的应用受到限制。如图 1 所示:

2.2 电热毯、电缆加热的适用范围与成本问题

电热毯和电缆加热属于主动升温方式, 冬季混凝土养护时其控温效果较好, 能持续加热混凝土表面与内部, 有

效防止冻害并加快早期强度形成, 通过布设电加热元件把电能转化为热能, 保障混凝土初期温度不低于临界温度, 这是对传统覆盖法的重要补充, 尤其适用于柱体、梁板、边角部位这些受冻风险高的区域, 不过这种方式有明显的适用限制和经济问题, 电热毯和电缆布设要求高, 得预留专用管道或者加强布线固定措施, 安装工艺复杂, 增加施工组织难度, 大面积混凝土结构里应用时材料投入和用电量很大, 能耗成本高, 不适合大规模、长周期的保温养护, 偏远或者供电能力不足的施工现场受电力容量限制可能难以部署这种系统, 而且加热不均或者控温不当容易导致局部过热、早期干裂等问题, 这种方法更适合小型结构、关键节点或者高标准工程部位, 选用时得在经济性和养护质量之间权衡。

2.3 蒸汽养护工艺的优缺点比较

一种高效的养护方式是蒸汽养护, 它靠热湿环境提升混凝土水化速率, 混凝土浇筑完后一般会通过管道把饱和蒸汽引入覆盖的密闭空间, 形成温度在 30~60°C、湿度 90% 的养护环境, 能极大提高水泥水化反应速率, 让早期强度得以提升, 预制构件厂、隧道衬砌这些可控的密闭空间广泛应用该工艺, 对工期紧或者需要快速脱模的构件特别有效, 不过蒸汽养护在房建现场应用时存在不少局限, 它需要封闭养护空间和专用蒸汽发生设备, 这就导致设施投资大、运行成本高且不具备通用性, 还有温度若控制得不精确, 容易因过热产生混凝土表面干缩裂缝, 甚至会出现表层强度和内部强度不协调的情况, 影响结构整体质量, 高温蒸汽作业有一定安全风险, 像管道泄漏、人员烫伤这些隐患得格外防范, 多层建筑或者现场结构复杂的时候, 蒸汽系统很难布设, 难以全覆盖所有养护部位, 蒸汽养护效率高、养护效果也好, 但更适合集中预制或者定型构件生产, 在现场施工时要结合实际情况谨慎推广。



图 1 传统覆盖保温法技术瓶颈

3 混凝土冬季养护工艺优化路径

3.1 早强型外加剂配比与应用条件

冬季施工时,合理使用早强型外加剂能让混凝土早期强度发展速度显著提升、凝结时间缩短且冻害风险降低,早强外加剂常见的有氯盐类、硝酸盐类、醇胺类、复合型非氯类,氯盐类早强效果虽好但对钢筋易造成腐蚀,在钢筋混凝土里使用受限制,非氯型外加剂是优选,配比上,外加剂掺量推荐为水泥质量的2%~3%,这既能保证早强效果又能避免水化放热过于集中而产生裂缝,按照中国《冬期施工规程》的规定,环境温度低于-5℃时,早强剂能使混凝土1d抗压强度提高到56MPa,有效满足防冻临界要求,而且,外加剂的应用得综合环境温度、水灰比、施工时间来调整,否则掺量不当会使初凝时间过短,施工缝控制起来就困难,实际操作当中,最好在搅拌站统一掺加以保证混凝土成分均匀,还要控制混凝土出机温度,保持在10℃,这样早强剂才能发挥最佳性能。

3.2 养护保温层结构优化设计

严寒天气下混凝土保温养护有要求,需对传统保温层结构进行优化设计以提升热工性能和抗风性能,其着眼点为多层复合保温材料、可调节结构、封闭性强的覆盖系统。三层结构值得推荐,内层用湿麻布或者养护毡这类保湿层,中层用聚苯板、岩棉毡之类的保温层,外层用塑料膜或者帆布做防风防雨层,红外热成像监测表明,零下10℃环境里,这结构能让混凝土表面温度维持在5℃,比单层覆盖保温效果好得多。构件形态不结构细节就得调整,如梁、柱等立面构件采用立体包裹式设计,楼板大面构件用风绳固定、周边密封条加强以防止冷风渗透。施工组织方面,定型覆盖物要提前加工,临时加热设备联动启动条件需结合现场温度变化设置,昼夜温差大、风速高的地区,保温层厚度最好不低于50mm且要有重复使用和便捷拆装功能,这样才能提高现场作业效率和保温连续性。

3.3 智能温控系统在现场养护中的集成应用

近年来,为让冬季混凝土养护变得精细化、自动化,现场施工管理逐步引入智能温控系统成为优化养护工艺的重要技术手段,该系统主要由埋设式温度传感器、数据采集终端、中央控制模块和配套加热设备构成,能实时监测混凝土内部与表面的温度变化并依照设定参数自动调整加热器的运行状态,在实际工程里接入物联网平台后,施工管理人员可远程用手机或电脑查看温度曲线、设定阈值、控制加热开关从而大大提高养护的可控性和响应效率,在北方某个房建项目中,智能系统把混凝土温度稳定保持在8~12℃之间使混凝土在72h内达到8.5MPa的早期强度进而保证结构拆模安全,系统应用时要重视传感器布设密度和位置,一般每30m²设一个测点且角部、边部和大体积构件内部要重点关注,要配合现场能源系统设置应急电源或者燃油热源以避免系统因外部供能中断而失效,该

系统既能提高养护质量又能为数据化施工积累宝贵信息资源推动房建工程向智能化转型。

4 养护工艺优化在房建项目中的实践建议

4.1 冬季施工计划的时间节点控制

房建项目冬季施工要确保混凝土养护质量,首要前提是科学合理安排施工时间节点,冬季气温波动大昼夜温差明显,浇筑作业得尽量避开极端低温时段,最好在中午前后3小时内进行混凝土浇筑,从而利用自然温度高点减少热能损耗;施工计划里混凝土养护期至少得延长到7天,强度达到设计要求才能拆模,尤其混凝土首次浇筑前要结合当地气象预报合理预估未来72h最低温度变化,若预测夜间温度低于-10℃就得临时调整施工顺序或者延迟浇筑时间以防止早期冻害;实际当中有效的施工计划常采用“倒排工期”和“节点挂图作战”模式,按照养护关键点倒推前期工序,做到结构段落分区、施工节奏分明,某地住宅项目设置“3+2”节点,3d加热养护、2d保温观察,混凝土强度达到5MPa后进入自然冷却阶段,早期裂缝发生率就大大降低了。

4.2 材料进场与预热措施配套方案

冬季施工质量要得到保障,混凝土浇筑前的材料管理与预热措施是很重要的一环,得制定与低温环境相匹配的材料进场和预热流程,像砂石料、水泥、外加剂之类的材料,要集中存放在保温性能好的临时库房且安排专人每天查看温度和湿度,保证进场材料温度在5℃及,拌合用水得用加热水且水温要控制在40~60℃之间以有效提高混凝土出机温度,当气温低于0℃时,骨料可以用蒸汽预热或者热风风道来提料堆温度从而让出料温度保持在15℃左右,外加剂在低温下容易沉淀或者失效,进场后要定期搅拌并存放于恒温箱里,在混凝土运输的时候,最好用带保温层的搅拌车且要缩短运输时间,出罐温度控制在10℃及且到了场地马上入模,某商混站的数据表明,采用热水加预热骨料的方案之后,混凝土拌合温度平均提高到了16.5℃,冬施期间混凝土初期强度增长的条件得到了有效保障。

4.3 技术交底与施工人员技能培训要求

冬季混凝土施工操作规范性要求更高,要保证工艺执行效果,根本措施是强化现场技术交底与人员技能培训,工程启动前项目部要组织多层次技术交底会议,由技术负责人详细讲解冬施条件下混凝土性能变化、养护关键点、异常处理流程等内容,关键工序前还要再次专项交底,让一线作业人员清楚每项操作细节,培训内容含混凝土浇筑温控、覆盖保温布设、电加热设备使用、安全操作规范等,采用集中讲解和实操演练相结合的方式提升工人冬季施工适应能力,在施工区域设置冬施操作流程展板、定期开展交叉检查及技能评估是比较好的做法,某项目经验表明系统化开展3次集中培训后,覆盖布设合格率从85%提

升到 96%，早期裂缝发生率下降超 30%，冬施管理水平显著提升，要对新进场作业人员设岗前考核制度，合格才能上岗以保证施工全过程可控可管可追溯。

5 结语

冬季施工环境复杂多变，对混凝土养护工艺提出了更高要求。从环境因素分析入手，本文评估常规养护方法的适用性并提出基于早强外加剂、优化保温层结构和智能温控系统的多维优化策略，还在施工计划、材料预热、人员培训等方面给出实践建议。工艺改进和管理提升有机结合，能有效提升冬季混凝土施工质量、减少冻害风险、保证房建项目在严寒季节安全高效推进并给冬施管理提供技术支撑和实践借鉴。

[参考文献]

[1]王伟.房屋建筑工程施工混凝土施工技术初探[J].建材

发展导向,2024,22(9):78-81.

[2]李梦鑫.JCY 房建项目施工安全管理研究[D].四川:西南交通大学,2022.

[3]刘健,付成华,穆宵泉,等.高寒边远地区房建工程施工关键技术措施分析——以西藏那曲地区为例[J].四川建材,2019,45(8):131-132.

[4]刘健,付成华,穆宵泉,等.高寒边远地区房建工程施工关键技术措施分析——以西藏那曲地区为例[J].四川建材,2019,45(8):131-132.

[5]王欣海.浅谈冬季房建施工[J].中国标准化,2017,12(14):99-100.

作者简介:王瑞(1996.2—),毕业院校:安徽建筑大学,所学专业:建筑与土木工程,当前就职单位:合肥市包河建设发展投资有限公司,职务:工程部职员。