

钢筋混凝土结构设计中温度应力的控制分析

姚皋

中通服中睿科技有限公司

摘要:新时期,人们对建筑的功能、美观等要求显著提升,使得建筑结构愈加趋于复杂化,其中钢筋混凝土结构由于具有良好的耐久性、强度、耐火性等,被广泛运用建筑工程领域。但也存在相应的弊端,如整个结构中温度裂缝频繁出现,影响了建筑工程的建设质量。本文重点阐述了钢筋混凝土结构设计中温度应力的控制措施,并简单论述了温度对钢筋混凝土结构的影响以及温度裂缝的特点等内容,希望对相关工作有所帮助。

关键词: 温度应力; 钢筋混凝土结构; 设计

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.103

引言

设计和运用钢筋混凝土结构时,怎样控制裂缝成为一项重点工作,也是提高建筑工程施工质量的关键。钢筋混凝土结构实际运用阶段,由于受到内部和外部等多种因素的影响,物理结构发生改变,降低了整个结构的耐久度、承载性能等。为此需要明确温度对钢筋混凝土结构的影响,在遵守设计原则的基础上,科学控制温度应力。

一、温度应力相关概述

温度应力主要指:某个物体在温度不断提升或下降阶段,难以做到自由伸缩,造成物体内部各个部位的温度不同,温度差异明显而形成应力。

(一) 约束应力

约束应力可分成外约束力、内约束力。外约束力还可分成全约束、无约束、弹性约束等。在钢筋混凝土结构中,温度差异引起的结构裂缝,将造成结构内部各个构件的每个质点出现约束应力。由不同质点形成的约束应力被称为内约束力,不同构件形成的约束力称之为外约束力。

(二) 温度荷载

通过查阅相关资料和实践分析可知,在钢筋混凝土结构中温度应力的引发因素主要包括:日照温差、内部和外部温差、季节变化引起的温差、骤然温差。其中季节变化引起的温差持续时间较长,具有影响范围大的特征,并且结构内温度应力分布均匀,钢筋混凝土结构整体移动^[1]。由于以上原因,季节性温差所引发的温度裂缝,已成为建筑工程最为主要的质量问题之一。

二、建筑钢筋混凝土结构设计原则

(一) 实用性

建筑工程项目建设的最终目的是为满足不同类型人群的使用要求,服务对象始终是人。故此设计钢筋混凝土结构时,应优先满足人的使用需求,从多个角度入手进行探讨,掌握相关因素与建筑功能之间的关系,进一

步强化建筑的实用性。具体而言,相关人员应根据建筑内部结构,科学规划室内布局,选用恰当的结构体系。梁柱设计时,需重点考虑室内使用面积的大小和各个区域的功能。

(二) 安全性

对于建筑工程来说,钢筋混凝土结构设计直接影响建筑整体结构的牢固性和安全性。鉴于此,对钢筋混凝土结构进行设计时,需遵守安全性的原则,在保障结构安全的基础上,合理创新结构形式和功能,更好地满足人们使用需求^[2]。

(三) 可靠性

建筑工程使用到一定年限,将会出现一些安全隐患、质量隐患。为此设计钢筋混凝土结构时,应根据建筑结构特征、安全程度、各项功能等,展开深入分析,之后围绕结构布局、构件进行科学化设计。实际工作中,优先选用高质量的钢筋材料、混凝土材料,并对所有建筑材料展开性能检测,在确保钢筋混凝土结构可靠性的基础上,延长建筑的使用时间。

三、温度对钢筋混凝土结构的影响

建筑钢筋混凝土结构设计施工中,由于不同阶段的作业方法、施工质量影响因素不尽相同,使得温度应力带来的影响各不相同,故此需深入各个阶段温度对钢筋混凝土结构的影响。

(一) 主体结构施工阶段

钢筋混凝土结构施工期间,竖向结构多选用分层作业方法,同层结构选用一次性浇筑方法。具体施工时,混凝土硬结硬化阶段会由于失去大量水分而干缩,并且水泥水化阶段也会由于水化升温 and 降温冷却,形成温度收缩应力。同时,梁板在收缩变形期间形成拉应力等,最终造成混凝土表面出现大面积裂缝,降低建筑工程施工质量^[3]。

混凝土硬化和水化热水降温变形阶段,呈现先快后慢的特征,多数情况下水化作用多在两周内即可大部分完成,当混凝土龄期在28天左右,强度、收缩变形完成60-80%左右。可见,混凝土龄期温度应力对钢筋混凝土结构影响较大。

(二) 建筑装修完成,但未正式使用

处于这一阶段建筑围护墙体作业、保温隔热层施工完成,整个建筑结构内部处于自然通风条件下面,混凝土收缩变形完成度超过80%。加之建筑物内部装修已全部完成,钢筋混凝土结构竖向所承受的荷载超过建筑主体的80%,温度收缩应力明显下降。若建筑工程地点大气温度升高或降低,短时间内产生较大的温差,而在保温隔热层的作用下,温差对钢筋混凝土结构影响较低。但对建筑顶层影响巨大,为此可利用现代化施工技术,

利用预留后浇带的方式，合理减小温度应力。

四、钢筋混凝土结构中温度裂缝的特点

(一) 裂缝形成因素包括温度和收缩

建筑工程施工期间，当钢筋混凝土结构硬结阶段形成裂缝，多集中于温度、湿度变化明显的位置或者收缩明显的部位。正常情况下，裂缝长短和宽度的大小会受到时间的影响，伴随着时间的延长，结构裂缝也不断变化，向温度应力、收缩应力方向持续延伸。另外，与其他常见裂缝不同的，钢筋混凝土结构中温度裂缝影响巨大，当裂缝出现的第一时间，应立刻分析形成原因，制定可靠的解决措施，避免带来较高的经济损失^[4]。

浇筑钢筋混凝土结构时，可根据裂缝尺寸、形状、位置等判断裂缝出现的具体原因，分析是由温度变化还是收缩变化引起的裂缝。在多数建筑工程中，以收缩变形为主的温度裂缝属于最常见的质量问题，且裂缝形成具有相应的规律，主要出现在现浇作业后的几个月内。但由于钢筋混凝土结构的体积、周边环境、混凝土强度等级等不同，裂缝形成时间、分布特点也不尽相同。

(二) 钢筋混凝土结构中裂缝的分布特点

根据相关调查和实践分析可知，钢筋混凝土结构施工中，基础梁、结构承重梁柱板、栏板、结构底层等一些外露区域常常出现裂缝。主要由于此类部位裸露于空气内，长时间受到湿度、温度的影响，一旦温度变化和湿度变化较大，将出现大面积裂缝。

(三) 梁板裂缝的主要特点

在钢筋混凝土结构中，梁板裂缝属于一种常见裂缝，多纵向分布于梁板两侧，裂缝两边细、中间宽，可分成表面裂缝、伸进裂缝、贯通裂缝。贯通裂缝对梁板结构稳定性影响较大，降低了梁板结构的牢固性，伸进裂缝和表面裂缝则会随着时间的变化而改变，若未能得到有效处理，则将演变成贯通裂缝。

五、钢筋混凝土结构设计中温度应力的控制措施

为更好地分析钢筋混凝土结构设计中温度应力的有效控制措施，本文引入实际建筑工程，找到最佳温度应力管控方法。建筑工程基本情况为：层高三.3米，总建筑高度为23.1米，平面尺寸72*40米，其中钢筋混凝土结构中柱截面尺寸600*600毫米，楼板厚度120毫米，梁截面尺寸600*300毫米，纵轴间距5米、横轴间距8米。混凝土等级为C30，泊松比0.2。

(一) 合理设置后浇带

为更好地控制结构温度应力，应遵守“先放后抗”的原则，在限定工期内将钢筋混凝土结构分成的几个段，与施工缝相连接，减小收缩应力，当进入工程施工后期，对几个段浇筑使其成为整体，更好地承受收缩、温度应力。故此可将后浇带看做成钢筋混凝土结构中，一种临时性的收缩、温度、沉降的变形缝，按照工程具体作业要求，停留一段时间后填筑混凝土，变成无缝结构。同时，后浇带只存在于工程施工阶段，不仅需达到减小温度应力的效果，还应确保施工缝与后浇带相连接。当前，在钢筋混凝土结构设计中后浇带得到广泛运用，要求后浇带设计中应遵守相关注意事项。具体而言：

其一，设置后浇带时，应选择结构内力较小的位置。设计超长钢筋混凝土楼面时，需根据收缩应力和温差降低的要求，明确不同后浇带位置的设置距离（如表1所示）。其二，设置后浇带缝宽时，以简化施工流程、方便施工、减小应力为最终目的。为方便工程施工，后浇带设置距离在700-1000毫米之间。并且后浇带宽度还与墙板厚度关系密切，按照墙板厚度选择相对应的缝宽。当墙板厚度小于200毫米，后浇带缝宽为800毫米。

具体设计阶段，为检验后浇带方法的控制效果，需要深度分析收缩当量温差作用下后浇带温度效应。由于受到混凝土收缩当量温差的影响，后浇带钢筋混凝土楼板温度应力的分布逐层降低，而相同楼层内距离后浇带越近的区域温度应力越小，其中内转角位置的温度应力最大。此外，分析季节温差影响下后浇带温度效应时，重点讨论板、梁、柱温度效应。设置后浇后，在季节温差的影响下梁、柱、板内力减小不明显，未能达到预期温度应力控制效果。不仅如此，设计人员进入建筑工程勘察和测量发现，顶部和下部楼层均出现异常裂缝，中间楼层裂缝少。其中底部楼板的转角处形成了斜裂缝，由季节温差和当量温差引起，顶层楼板转角处也形成斜裂缝，轴线处楼板形成短边裂缝，由日照温差所引起。并且顶部楼层楼板裂缝的长、宽、数量等小于底部楼板。由此可见，当量温差、季节温差对钢筋混凝土结构的影响大于日照温差。

采取设置后浇带方式控制温度应力时，也具有相应的优点和缺点。优点：不会对建筑物外观美观性造成影响，主要由于后浇带属于临时变形缝，进入作业后期会被浇筑成整体。建筑正常使用阶段，钢筋混凝土结构的整体性不会受到影响。缺点，后浇带的设置后，混凝土浇筑作业需在两个月后开展，延长了工程建设时间。

表1 后浇带的设置距离

后浇带位置	距离
露天	20米
室内或土中	30米

(二) 科学设置伸缩缝

收缩应力和温度应力是钢筋混凝土结构的构成部分，但建筑设计阶段普遍忽略收缩应力和温度应力的计算，主要由于难以确定相关参数，以及混凝土属于塑性材料的一种，温度引发的结构应力远远小于弹性理论计算值。为此，控制钢筋混凝土结构温度应力时，需从建筑工程实际情况出发，科学设计伸缩缝，以此降低温度带来的影响。设计伸缩缝时，应将钢筋混凝土结构划分成多个相对独立的温度段，确定安全变形范围，遵守相关规定明确钢筋混凝土结构的最大伸缩缝间距，如表2所示。多数情况下，温度应力主要产生于钢筋混凝土结构的底部、顶部位置。为此设置伸缩缝过程中，相关人员不仅需考虑到美观性、实用性，还应确保伸缩缝设置的经济性，避免由于精细化分割而大幅提升工程造价。具体工作期间设计人员可依据工作经验和建

筑工程特点, 灵活确定伸缩缝的间距, 以便于更好地管控温度应力^[5]。

伸缩缝设置时, 设计人员需明确伸缩缝间距与竖向约束程度、结构长度之间的距离。若结构设计科学合理, 则竖向约束比小, 降低了横梁变形的概率; 若部分钢筋混凝土结构长度短, 且存在开裂情况, 则说明竖向约束大, 难以快速释放横梁温度。当前, 双柱双墙法是最常见的伸缩缝设置方法, 主要通过划分多个独立的温度段, 降低温度变化、混凝土收缩带来的影响。设置伸缩缝过程中, 应重点分析板温度效应、梁柱温度效应。从本工程实际情况出发, 当在钢筋混凝土结构中设置伸缩缝, 梁的最大剪力值降低了55.2%, 梁的最大弯矩值降低了32.9%, 柱的最大变形降低了34%, 柱的最大剪力值降低了42.7%。

通过有效设置伸缩缝, 有助于减小日照温差、季节温差、当量温差对钢筋混凝土结构的影响, 减小其他结构对钢筋混凝土的约束程度, 以此缩小温度裂缝。但为发挥伸缩缝的作用, 也应明确伸缩缝的缺点, 采取相对应的解决措施。具体而言: 伸缩缝构造呈现复杂化特征, 施工难度较高; 伸缩缝止水带极易出现拉裂情况, 导致钢筋混凝土结构渗漏; 伸缩缝主要采用贯通设置方法, 对建筑物的美观性造成影响; 伸缩缝设置多个独立体系, 延长了结构的自振周期, 影响了建筑结构的稳定性。针对以上缺点, 设计钢筋混凝土结构时, 相关人员应全面化多角度考虑, 根据结构设计要点, 合理完善设计方案, 提高温度应力控制效果。

表2 钢筋混凝土结构的最大伸缩缝设置间距

结构类别		露天	室内或者土中
剪力墙结构	装配式	40米	65米
	现浇式	30米	45米
排架结构	装配式	70米	100米
框架结构	装配式	50米	75米
	现浇式	35米	55米

(三) 加强构造配筋, 并选用预应力混凝土结构

采用预应力混凝土结构时, 混凝土内部和外部温度变化以及由于收缩形成的轴向拉应力, 由梁板形成的预压应力相抵消, 解决了混凝土裂缝问题, 并增加温度伸缩缝间距。通过大量实践工程表明, 无黏结预应力筋能够明显削减温度应力, 还能改善结构内应力分布情况, 同时无黏结预应力筋在板上的控制效果远高于主梁, 与步筋形式无明显区别, 但与无黏结筋布置数量关系密切。

为满足边跨柱内力和变形的要求, 应适当增加配筋数量。由于建筑顶部和底板位置存在较大的温度应力, 为更好地控制温度应力, 减小裂缝面积, 需加强构造配筋。此外, 对于温度应力集中的区域, 设计人员可在纵向边柱交接位置的楼板, 增设两层钢筋。若在钢筋土梁腰部增加构造钢筋, 选择构造钢筋时, 应遵守钢筋混凝土结构设计要求, 立足于建筑工程的具体情况, 确定钢筋规格、直径等。

(四) 建筑物顶部伸缩缝和屋顶设计

与其他建筑结构位置不同的是, 建筑物顶部长时间受到环境变化、光照的干扰, 温度变化对建筑顶部影响较大, 使得顶部区域钢筋混凝土结构温度变形、收缩变形严重。若遇到高温或严寒天气, 屋顶出现大面积的裂缝。对建筑结构来说, 顶部轴力较小, 使得对框架柱截面尺寸的各项要求也相对减少, 为此可借助底柱上的两个柱, 将柱间距离看作伸缩缝的宽度, 把建筑屋盖分成两个部分, 缩小顶层的长度, 为结构应变力的释放创造有利条件。

设计建筑顶层结构时, 应着重分析屋面的保温隔热性能, 采取有效的保温隔热措施, 有助于降低外界温度变化带来的影响。同时, 结构设计期间, 应将具有良好抗温、抗收缩的钢筋设置于屋面板, 做好结构件与非结构件的处理工作。若屋顶为砌砖女儿墙, 在温度荷载的作用下, 钢筋混凝土结构极易出现膨胀变形、收缩变形, 加之砖砌体与混凝土的材料力学性能相差较大, 变形数值也相差明显, 增加不同大小裂缝形成概率。而为避免以上情况的发生, 科学化处理砖砌体、混凝土的连接结构, 可通过缩短女儿墙内部构造柱间距、预留竖向插筋的方式。此外, 结构连接处的裂缝问题还常常出现在顶层围护墙体与结构之间, 一旦连接处在温度的影响下形成裂缝, 将引发雨水渗透现象。为此需在钢筋混凝土结构设计期间, 考虑到建筑工程的基本情况, 重视顶部建筑伸缩缝的设计。

总结

总而言之, 在时代快速发展背景下, 建筑结构愈加复杂, 且随着人们需求的提升, 建筑高度、长度随之增加, 显著增加了工程施工难度, 导致工程施工阶段存在较多不确定性。其中钢筋混凝土结构裂缝问题受到广泛关注, 需要相关人员结合建筑工程的基本情况, 分析裂缝产生的原因。本文站在温度应力角度进行分析, 阐述了温度对钢筋混凝土结构的影响, 分析了钢筋混凝土结构裂缝的特点, 提出了控制温度应力有效措施, 如科学设置后浇带和伸缩缝、重视建筑屋顶设计、运用预应力混凝土等, 以此防止出现钢筋混凝土结构裂缝质量问题。

参考文献

- [1] 于明. 某大跨度预应力钢筋混凝土屋面板变形原因分析及预防措施[J]. 低温建筑技术, 2021, 43(5): 145-147.
- [2] 江飞, 吴晟. 变电工程钢筋混凝土防火墙温度作用分析[J]. 电工技术, 2021(23): 59-61.
- [3] 马记. 钢筋混凝土拱桥结构受力与施工控制参数敏感性分析[J]. 粉煤灰综合利用, 2021, 35(2): 117-122.
- [4] 张威. 关于建筑设计中控制裂缝的措施探析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2021(1): 0102-0102.
- [5] 苏新裕. 压力隧洞钢筋混凝土衬砌的优化设计方法[J]. 山西水土保持科技, 2021(2): 44-48.