

混凝土结构裂缝控制关键技术工程中的应用研究

魏宝现

郓城县水浒城市建设投资有限公司

摘要:为避免裂缝降低混凝土结构质量,保障结构稳定性,在工程实施期间应用混凝土结构裂缝控制技术,降低裂缝病害发生概率,消除潜在裂缝隐患。基于此,本文首先简单阐述了常见的混凝土结构裂缝表现形式,进一步以某建筑工程实例为研究对象展开混凝土结构裂缝控制关键技术应用研究,分析工程项目裂缝成因,有针对性地进行控制解决,以供类似工程项目参考。

关键词:混凝土结构;裂缝控制;关键技术;工程应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.02.038

引言:引发混凝土结构裂缝病害的原因较多,为真正避免裂缝病害,应明确常见的混凝土结构裂缝表现形式,以及可能造成结构裂缝的原因,在此基础上,立足于工程项目实际情况,制定行之有效的混凝土结构裂缝控制方案,以裂缝成因为导向,从多角度出发开展裂缝控制,以此方可减少裂缝病害的发生,提高工程项目混凝土结构整体质量。

一、常见的混凝土结构裂缝表现形式

工程项目应用技术手段控制混凝土结构裂缝之前,应明确常见的混凝土结构裂缝表现形式,以便针对性采取应对措施对混凝土结构裂缝进行控制。

(1) 温差裂缝。顾名思义,该裂缝形式是受到较大内外温差而产生的裂缝问题,从产生方式上看,可将温差裂缝进一步划分为内约束裂缝、外约束裂缝。其中内约束裂缝的形成主要受内外温差的影响,尤其在寒冷季节,结构表面温度较低,在较大的内外温差作用下,则可能于混凝土结构内部30mm的位置出现裂缝病害,裂缝产生于内部,大幅降低结构质量^[1]。外约束裂缝的产生由过大降温参数造成的。

(2) 收缩裂缝。在工程项目中,混凝土结构受到收缩应力影响则可能出现裂缝问题,结合以往经验来看,收缩裂缝主要表现为三种形式。其一,碳化收缩裂缝。随着建筑使用年限的延长,混凝土结构之间出现老化现象,结构内部材料与空气内水汽发生反应而形成碳酸,并进一步转化为碳酸钙。在该类反应进行过程中,混凝土结构则可能发出收缩应力,继而有裂缝问题产生。其二,胶凝裂缝。受到水泥胶体凝固作用影响出现铝酸三钙体积降低的现象,此时混凝土结构受到该现象影响而表现出裂缝病害。

(3) 沉降裂缝。该裂缝是指受到建筑地基不均匀沉降而引发的结构裂缝,在整个建筑体中,不同混凝土结构所产生的荷载与承载力存在差异,使用期间若出现荷载不均现象,则可能造成沉降裂缝^[2]。除此之外,若建筑所处环境存在复杂地质,如软土地基,受到环境影

响同样可能出现裂缝问题。

(4) 承载力裂缝。承载力裂缝主要出现在应力高度集中的情况下,当应力过于集中而超过结构承载力后,所表现出的结构裂缝则被称之为承载力裂缝。

二、基于工程实例的混凝土结构裂缝控制关键技术的应用分析

(一) 工程概况

为增强该次混凝土结构裂缝控制关键技术应用研究的现实意义,选取某建筑工程为实例进行详尽分析。所选案例工程为建筑工程,建设内容主要为某综合办公大楼,主楼高度79.8m,地上与地下建筑相关参数如表1所示,此外,建筑工程项目南北长度与东西长度分别为35.7m、172.6m,施工建设期间选用C40强度混凝土,按照P6抗渗等级展开设计与施工。为确保该综合办公楼建筑使用寿命,减少因裂缝病害而引发的安全隐患,使综合办公楼完成施工建设后能够安全化投入应用,在该工程项目施工建设过程中尤为看重混凝土结构控制工作,除做好常规混凝土结构的裂缝控制之外,针对工程项目中的大体积混凝土严格管控,在保障大体积混凝土结构整体质量的同时,尽可能降低该类混凝土结构的裂缝问题发生概率。

表1 地上与地下建筑相关参数

建筑	层数	面积/m ²
地上建筑	17	32098.79
地下建筑	2	11298.93

(二) 裂缝成因

为更好地实现混凝土结构裂缝病害的预防,需在了解常见混凝土结构裂缝表现形式基础上,明确能够引发裂缝病害的原因,梳理常见裂缝成因,为施工建设期间的混凝土结构裂缝控制关键技术的应用奠定基础^[3]。

1. 设计因素

若建筑体结构设计科学性不足,则可能造成结构裂缝。其一,受到不合理结构体系影响,混凝土结构可能受到剪力、扭矩等作用力的影响而出现裂缝,同时若建筑遭受较大荷载,混凝土结构则会沿某一方向生成裂缝病害。其二,在建筑工程施工期间,需综合性考量建筑地基强度,对地基结构科学设计,若地基设计存在缺陷,则可能引发地基沉降现象,继而引发混凝土结构裂缝。当地基沉降问题发生后,混凝土结构受到上下延伸状态的影响则会出现裂缝,且该类裂缝多集中于薄弱刚度结构区域内,大幅降低了混凝土结构的稳定性与整体性。

2. 温度因素

结合上述混凝土结构裂缝表现形式分析可知,温差裂缝属于现阶段建筑体中较为常见的裂缝形态,不难得

出, 温度因素是裂缝问题的成因之一。从建筑工程施工角度来看, 完成混凝土结构施工作业后, 结构硬化期间将会产生较多水化热, 此时结构内部温度升高且散热缓慢, 导致混凝土结构内外部形成较大温差, 在此形势下则会出现温差应力, 当混凝土结构实现冷却降温后, 受其他作用力(如荷载等)影响则会出现拉应力大于抗拉性能的情况, 由此引发裂缝。除水化热造成裂缝外, 较大的日照温差、年温差同样可能引发结构裂缝, 这就要求在结构裂缝控制过程中做好温度控制工作^[4]。

3. 材料因素

混凝土材料因其安全性高、成本可控、易塑性高的优势而被广泛应用到建筑工程行业中, 但若混凝土材料质量不符合标准, 则可能造成裂缝病害。例如: 集料粒径不足、水泥质量较低、含泥量超标、骨料内含有不良物质时等问题会降低混凝土性能, 引发离析分层问题, 极大提高混凝土结构裂缝产生概率。由此可见, 材料因素是混凝土结构重要的裂缝成因之一。

4. 施工因素

在整个建筑工程项目中, 施工技术与施工过程直接影响最终建设质量, 若存在施工不当现象, 同样可造成混凝土结构裂缝。案例建筑工程项目属于综合办公楼项目, 存在诸多施工作业, 如制模、浇筑、振捣、拆模、养护等, 一旦某施工环节出现质量隐患, 则可能滋生裂缝问题。从这一角度来看, 案例建筑工程项目为全方位控制混凝土结构裂缝, 需精细化设计施工方案, 规范化落实施工技术。

(三) 控制技术

1. 完善结构

结合上述裂缝成因分析可知, 设计不当可能促进裂缝的形成, 因此, 案例建筑工程项目为避免该问题, 有效控制裂缝的形成, 于建筑混凝土结构设计阶段从实际出发, 完善结构设计, 力图通过优化混凝土结构而实现裂缝控制。

案例建筑工程对混凝土结构优化设计时, 首先对荷载加以分析, 并以荷载分析结果为依据设计沉降缝, 用于提高结构科学性, 避免出现应力过于集中的问题。荷载分析期间结合建筑工程建设要求而确定混凝土结构刚度标准, 了解建筑真实的荷载水平, 尽可能减少荷载与承重性能间的偏差。完成荷载分析后, 综合考虑荷载分析结果与建筑所在地气候条件, 通过增设沉降缝而对裂缝发生率与发生规模进行控制, 并结合建设经验与环境条件而预测裂缝出现区域, 对该区域的应力结构进行调整, 限制应力大小, 在降低裂缝概率的同时, 起到控制裂缝作用范围的效果。

以案例建筑工程项目剪力墙连梁混凝土结构为例, 在该次混凝土结构裂缝控制过程中, 引入有限元分析技术, 采用有限元仿真模拟的方式了解该混凝土结构的应力发展轨迹, 如图1所示。结合图1有限元主应力轨线来看, 该混凝土结构两侧存在较大应力, 受到该应力作用影响, 易于墙肢、连梁结构的交界区域出现裂缝。为

实现有效的裂缝控制, 于混凝土结构体系中设计了沉降缝, 借助构造措施削弱应力对混凝土结构的影响, 以此避免裂缝的出现。此外, 通过该次沉降缝结构优化设计, 还可在一定程度上提升地基性能, 控制沉降程度, 规避裂缝问题, 以此真正控制混凝土结构裂缝。

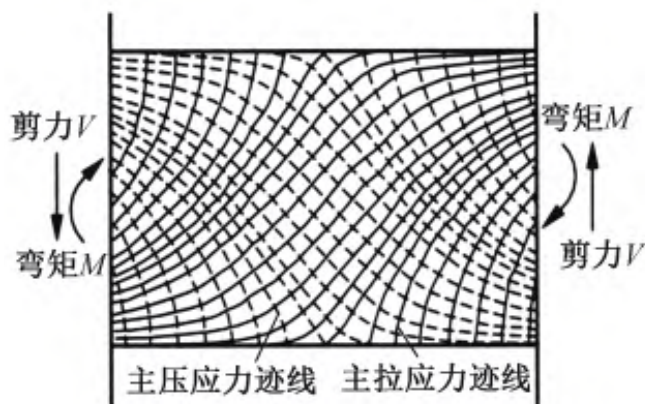


图1 有限元仿真模拟分析的应力轨线

2. 材料要求

材料因素是引发混凝土结构裂缝的成因之一, 基于建筑工程控制混凝土结构裂缝时, 应从实际出发, 根据建筑工程项目建设要求严谨把控材料质量, 明确材料要求, 通过减少材料隐患而实现行之有效的裂缝控制。在案例建筑工程项目中, 则从材料因素出发, 对混凝土结构材料严格控制。

(1) 水泥。水化热大量堆积是造成混凝土结构出现裂缝的主要因素, 受到水化热影响导致混凝土结果内部出现温度升高现象, 继而引发过大温差, 形成温度应力, 促进裂缝的形成。案例建筑为实现混凝土结构控制目标, 选用硅酸盐水泥控制水化热, 要求水泥材料3日、7日内的水化热分别低于250kJ/kg、280kJ/kg。(2) 细骨料。选用中砂作为细骨料, 细度模数与含泥量最大不可超过2.3、3%。在案例建筑工程施工期间, 所选用的中砂材料含泥量低于0.8%, 细度模数为2.5。(3) 粗骨料。案例建筑工程对混凝土材料粗骨料粒径进行控制, 要求限制在5.0~31.5mm区间范围内, 同时要求含泥量低于1%。案例项目经材料选择后, 选用5.0~25.0mm粒径、含泥量≤0.4%的碎石作为混凝土粗骨料。(4) 粉煤灰。在混凝土结构材料中增加粉煤灰可调节和易性与水化热, 减少细骨料、水泥材料的使用量, 且可强化混凝土可泵性与抗渗性能。案例建筑工程项目则于混凝土材料内添加了II级粉煤灰材料。(5) 外加剂。选用减水剂而控制用水量, 对混凝土流动性进行优化, 进一步选用膨胀剂, 用于优化抗渗性能, 进行干缩补偿, 继而起到裂缝控制的效果。

3. 配合比设计

对混凝土结构材料选用要求进行确定后, 则可基于此进行配合比设计。案例建筑工程项目为实现混凝土结构裂缝控制目标, 按照表2所示数据设计配合比。

表2 案例建筑工程项目混凝土结构配合比 (单位: kg/m³)

指标	使用量/kg/m ³	
强度等级	C40P6	
水泥	385	
细骨料 (中砂)	658	
粗骨料 (5.0~25.0mm碎石)	1075	
II级粉煤灰	87	
外加剂	减水剂	9
	膨胀剂	28
水	165	

4. 温度应力计算

温度应力是引发建筑混凝土结构裂缝的主要因素之一,为实现强有力的裂缝控制,案例建筑工程项目采用计算方式确定温度应力。水化热形成初期,所产生的温度通常为混凝土结构内部温度的65%~70%,温升主要形成于混凝土结构2~5d龄期内,此时可借助以下公式计算出温度应力数据:

$$\delta = E(t) \cdot a \cdot T(t) \cdot S(t) \cdot \frac{R}{1-\nu} \quad (1)$$

式(1)中,δ代指温度应力,E(t)、T(t)、S(t)分别为龄期弹性模量、温差、松弛系数;t为混凝土龄期;R为外约束系数,ν表示泊松比。完成温度应力计算后,则可根据温度应力实际情况而实施混凝土结构裂缝控制工作,减少内外温差,降低裂缝病害发生率。

5. 混凝土浇筑

为防止施工因素引发混凝土结构裂缝,案例建筑工程对混凝土浇筑施工过程严格控制。(1)浇筑施工。要求浇筑作业一次完成,不可中断,均匀连续浇筑,以免浇筑中断形成冷缝。在具体施工期间,以施工现场条件为依据设置汽车泵(56m),按照“分段分层”、“自西向东”的方式进行连续浇筑,在此期间对分层厚度、浇筑间隔、推进距离进行控制,要求各层厚度不可超过50cm,浇筑间隔低于2h,且推进浇筑距离不可超过5m。除此之外,必须在前层混凝土初凝之前将次层混凝土浇筑完毕,层间间歇时间不应大于混凝土初凝时间。

(2)振捣施工。运用φ50规格的振捣棒进行常规区域的振捣施工,对于钢筋密集区域,为避免振捣影响钢筋点位,改用φ30规格振捣棒进行施工。振捣施工期间遵循“插点均匀”、“快插慢拔”的原则,同时将振捣间隔控制在20~30s内。(3)表面处理。完成所有混凝土层次的浇筑后,在振平尺的辅助下进行收面,并借助磨光机磨压处理,以免收缩裂缝形成,在此基础上去除浮浆并展开二次收面。

6. 温度控制

温度控制可大幅减少混凝土结构裂缝的形成,案例建筑工程项目应用裂缝控制技术过程中,则从三个方面进行温度控制。(1)控制浇筑温度。完成温度应力计算后,采集外部环境温度数据,使浇筑内外温差始终

处于20℃~25℃范围内。(2)重视环境温度。加强对外部环境温度的重视,尽可能降低环境温度对混凝土结构的影响,并以环境温度为依据加强保温,用于避免深层裂缝的形成。(3)控制水化热。混凝土结构受到水化热影响会出现收缩现象,进而产生裂缝,案例建筑工程项目为应对该问题,于混凝土结构内预铺冷却水管,借助冷却水管循环而对混凝土结构内部温度进行调解,继而削弱水化热的负面影响。为避免冷却水管影响混凝土结构,将冷却水管设置于侧墙结构中。为进一步控制温度数据,还增设测温孔,用于实时把控温度参数,以防出现升温过快的现象。

7. 养护施工

完成混凝土浇筑且二次收面结束后,则需立即进入养护工序,在案例建筑工程项目中,准备塑料薄膜材料,将其覆盖至结构表面加以保湿,要求保湿养护期间不可随意移动养护材料。待混凝土终凝后将棉毡覆盖于表面,用于保温保湿,与此同时,每日至少5次洒水养护,且要求养护至少持续14日。案例建筑工程项目为实现良好的裂缝控制,于养护期间对混凝土结构内外温差进行控制,将混凝土内外温差限制在25℃以内。

(四) 应用效果

案例建筑工程项目的裂缝控制重点在于大体积混凝土结构,在具体施工期间共浇筑3820方大体积混凝土结构,按照上述技术措施对裂缝问题进行预防规避,严格控制施工细节,规范化完成混凝土结构施工作业,在建设施工期间尚未出现冷缝问题。施工期间落实温度控制与浇筑养护工作,大幅减少了裂缝规模,仅有部分细微干燥裂缝形成,该部分裂缝较浅,宽度低于0.3mm,除细微干燥裂缝外无其他裂缝形成。按照同条件留置32组试块,测量强度性能,得出32组试块的平均强度参数为44.3MPa,符合建筑要求。

结束语:综上所述,现阶段常见的混凝土结构裂缝形式多样,在工程推进期间,应结合工程实际情况做好混凝土结构裂缝控制工作。在案例工程项目中,为降低混凝土结构裂缝发生概率,对裂缝成因加以分析,进一步完善混凝土结构,加强材料要求管理,精细化设计混凝土结构配合比,并高质量开展混凝土浇筑作业,落实温度控制与养护措施,最终呈现出良好的裂缝控制效果。

参考文献

[1]朱浩川,肖志斌,邵剑文等.某现代物流配送中心超长钢筋混凝土结构的温度效应分析及裂缝控制措施[J].建筑结构,2023,53(17):92-97+62.
 [2]于鹏,邢伟,王激扬等.喷射高韧性混凝土加固拱结构的力学性能试验研究[J].混凝土,2023(04):158-163+169.
 [3]朱浩川,肖志斌,邵剑文等.超长混凝土结构温度效应有限元分析及裂缝控制措施[J].建筑结构,2023,53(09):123-127+52.
 [4]李晓峰,吴芝燕,杨赞平等.基于膨胀加强带超长超宽混凝土结构裂缝控制技术探究[J].建筑技术,2022,53(12):1652-1656.