

现浇大体积混凝土裂缝的成因及其防治对策

周乐友

广东省佛山市南海区交通工程质量监督中心

摘要: 本文以现浇大体积混凝土裂缝质量通病作为切入点,从质量监督机构角度出发,简要叙述大体积混凝土裂缝防治工作的重要意义,分析现浇大体积混凝土裂缝病害的常见种类及形成原因,围绕裂缝成因提出相应防治处理对策。旨在充分发挥质量监督机构的功能效用,帮助参建单位有效预防混凝土裂缝形成,顺利实现工程建设目标,并为大体积混凝土施工技术体系创新发展提供助力。

关键词: 现浇大体积混凝土; 裂缝成因; 防治对策

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.09.015

引言

在现代建设工程中,大体积混凝土是一项常用施工技术,可以顺利完成大尺寸混凝土结构现浇作业,对施工作业效率的提升起到积极影响。与此同时,大体积混凝土工艺存在表面系数小、内部升温速度快、水化热释放集中的技术特性,在混凝土硬化成型期间易形成裂缝,致使混凝土施工质量乃至工程总体建设质量存在不确定性。为此,要进一步保证工程质量,需加大对大体积混凝土裂缝的防治处理,从而顺利实现工程建设目标,严格把控工程建设质量。

一、现浇大体积混凝土裂缝防治意义

(一) 保障工程建设质量

在现代建设工程,混凝土裂缝是最为常见的一类质量通病,如果结构裂缝问题频繁出现,会对混凝土结构性能造成明显影响,严重时导致工程总体建设质量下滑、无法顺利通过竣工验收。而对技术方案审核、配合比优化等防治对策的落实,可以最大限度减小材料、设计、工艺操作等因素对混凝土结构质量造成的影响系数,将裂缝病害出现率控制在合理范围内,进而为工程建设质量提供有力保障。

(二) 延长混凝土结构使用寿命

在混凝土结构施工与使用期间,裂缝具有扩展性特征,受到荷载分布、现场气温变化、应力重分布等因素影响,所形成裂缝持续向两侧与结构内部扩展,最终发育成贯通性裂缝,对混凝土结构的承载性造成明显影响,并由此引发混凝土碳化、钢筋露出、钢筋锈蚀等多项质量通病出现,致使混凝土结构实际使用寿命明显少于预期寿命。与此同时,对裂缝防治对策的贯彻实施,可以将裂缝质量隐患消灭于萌芽状态,并配合工序检验等质量监督手段来详尽检查混凝土结构是否形成裂缝,及时发现质量隐患与组织返工处理,避免在工程投运使

用期间因遗留裂缝而影响到结构使用寿命。

(三) 推动现场施工顺利进行

在早期建设工程中,面对大体积混凝土裂缝质量问题,主要秉持被动解决观念,定期对施工成果质量进行检测,发现结构裂缝后,再根据裂缝类型、宽深度来采取表面封闭、钻孔嵌塞、树脂灌注等处理方法,这虽然可使得混凝土结构恢复如初,但却需要占用一定时间开展返工和结构修复作业,造成工期延长、造价成本与实际工程量增加的后果,严重时导致工期延误、造价超概算。而对混凝土裂缝防治对策的落实,可以将结构开裂隐患消弭于无形,避免因结构开裂而造成实质性损失。从现场施工角度来看,可以确保现场秩序与施工节奏不被裂缝质量问题所干扰,无须在施工期间频繁开展返工作业,确保建设工程如期竣工交付,并取得理想工程综合效益。

二、现浇大体积混凝土裂缝类型与成因

(一) 温度裂缝

混凝土材料具备热胀冷缩性质,在混凝土现浇与硬化成型期间,如果温度发生明显变化、温度差值超过一定标准,将在结构中产生超过承受能力极限的温度应力,致使混凝土结构体积变化,最终形成温度裂缝。温度裂缝形成原因包括气温骤降、水化热集中释放、寒潮冲击。第一,气温骤降是在现场气温骤然降低或长时间低于 5°C 时,会影响到混凝土表面温度,因温度降低而产生一定程度的收缩量,在收缩期间受内部约束力影响而形成拉应力,如果拉应力大于极限抗拉强度则会形成裂缝,也有可能低温条件下提前结束混凝土强度提升过程。因现场气温骤降而形成的温度裂缝有着细如发丝、大量裂缝均匀分布、温度降幅和裂缝宽深度保持正比关系的形态特征^[1]。第二,水化热集中释放是在混凝土凝结硬化期间,持续进行水化反应,由水泥向外部释放热量,普通混凝土可以把内部热量迅速扩散至表面,保持稳定内表温差。而大体积混凝土有着断面厚度大、表面系数小的特点,水化期间所释放温度无法扩散,导致内部升温速度远高于表面,最终因内表温差超标而形成过大温度应力、形成温度裂缝。这类裂缝普遍以早浇部分为起始点,持续向内部延伸,最终发育成贯通性裂缝。第三,寒潮冲击是在现场气温低于 -20°C ,且未采取有效保温措施的情况下,受到超低温度影响,混凝土结构逐渐处于深度冷却状态,在到达极限冷缩值后形成较大温度应力,在应力作用下形成裂缝。此类裂缝普遍以应力集中部位作为起始点,向其他方向延伸。

（二）干缩裂缝

干缩裂缝常见于混凝土养护环节，混凝土在养护期间持续进行水化反应、消耗大量水分，如果混凝土水分消耗速度与表面水分逸散速度过快，将会出现混凝土表面干缩变形现象，并受到内部约束作用而形成拉力，严重时形成干缩裂缝。此类裂缝形成原因包括配合比设定不当、使用离析混凝土与表面干缩交替。例如，在配合比设定不当情况与使用离析混凝土情况下，会明显改变混凝土抗拉强度分布情况，存在若干抗拉强度偏低的薄弱部位，受到过快水分蒸发速度等因素影响，易在抗拉强度较低部位形成裂缝。而在混凝土表面长时间处于干缩交替状态时，会因体积收缩变形而形成过大收缩应力、致使混凝土结构开裂。根据实际施工情况来看，干缩裂缝主要保持网状浅细裂缝以及平行线状裂缝形态分布在混凝土结构表面，对结构承载性能与观感质量造成明显影响^[2]。

（三）收缩裂缝

收缩裂缝也被称为塑性裂缝，常见于混凝土硬化凝结期间，固体颗粒受到减水剂等因素影响，于混凝土表面形成水泥浆，且泌水速率低于表面水分蒸腾速度，一段时间后降低水分蒸发面高度，最终形成凹液面，驱动固体颗粒相互靠近、出现浆体收缩现象并形成裂缝，唯有在固体颗粒重新保持稳定状态后方可停止裂缝发育。这类裂缝形成原因包括结构含水量超标、现场风速过快、现场空气湿度过低等，如果没有在混凝土表面进行覆盖处理和定期清理泌水层，将随着时间推移而逐渐形成和扩展收缩裂缝。此外，在混凝土凝结过程中，受到水泥与化学结合水的化合反应影响，也会产生一定程度自由收缩现象，变形方向存在不确定性，且自由收缩程度不受到外界湿度变化等因素影响。

（四）沉降裂缝

沉降裂缝形成原因包括现场地基土质松散与缺乏降水措施，致使地基平整度不达标，在后续施工期间出现过度沉降、不均匀沉降现象，导致混凝土结构形成裂缝。例如，在地基土质松散情况下，受到上部荷载影响，地基产生一定程度沉降量，使得上方混凝土结构基础不稳。而在缺乏降水措施情况下，当工程现场流经地表径流，或是地下水位超标时，地基含水量明显提升，遇水后出现体积膨胀现象，混凝土结构最终形成沉降裂缝。

三、现浇大体积混凝土裂缝的防治对策

（一）技术方案审核

相比于普通混凝土，大体积混凝土更易形成裂缝，对技术水准与方案可行性提出严格要求，如果技术方案缺乏合理性，将会引发温度裂缝、干缩裂缝等质量问题的反复出现。因此，为预防混凝土裂缝形成，在正式施工前，质量监督机构需要对施工技术方案进行审核，判

断技术方案是否具备实操条件，从中发现缺陷不足，将问题汇总整理后反馈给参建单位加以改正。

一般情况下，需要依托施工技术方案来计算最大绝热温升值、内部温度、表面温度、内表温差、入模温度。例如，在计算最大绝热温升值时，在计算公式中导入每平方水泥用量、混凝土密度、水泥28d龄期水化热量、混凝土比热容等参数，判断最终计算结果是否在合理范围内。而在计算内部温度时，在计算公式中导入浇筑温度、现场平均气温、龄期降温系数、最高绝热温升值等参数，对照现场气温、表面温度与内部温度计算结果，判断温差值是否超过允许范围。此外，质量监督机构还应参与图纸会审工作，着重检查大体积混凝土施工图纸中是否存在信息标注不全、编号错误、图纸缺失、线条符号错误使用等问题，再将问题反馈给设计单位整改^[3]。直至图纸会审通过后，方可组织现场施工与开展技术交底等工作，避免影响到施工作业质量。

（二）原材料质控

为减小原材料对大体积混凝土成型质量与结构性能造成的影响，质量监督机构需要在入场环节对各批次材料性能质量进行详尽检查，并明确材料检测项目、检测内容与抽样方法。例如，对于钢筋材料，以力学性能、重量偏差、尺寸偏差、弯曲性能以及抗震性能作为检测内容，核查出厂合格证等资料文件是否齐全，并从相同厂家、牌号与规格钢筋中抽取6根长度不小于1.3m的钢筋，对钢筋样品开展各项测试。对于水泥材料，以水泥强度、安定性与凝结时间作为检测内容，从20袋以上水泥中抽取混合样品。而对于商品砼材料，则以坍落度、和易性、抗压强度等作为检测内容，在浇筑点抽取样品送至检测，并留置标准养护试件，将试件放置在养护室内养护，根据试样强度检测结果来确定后续拆模时间，避免因提前拆模而形成混凝土裂缝、模板粘连等质量通病。此外，还需要建立长效化材料监督检测机制，明确各类材料的检测频率，在施工期间重复多次对各品种材料的性能质量加以检测，禁止参建单位使用离析混凝土、潮湿水泥等状态与质量不达标的材料。一般情况下，对于钢筋、混凝土以及水泥等主要材料，每个季度需要开展一次及以上的检测工作。

（三）混凝土制备质量监督

为保证所制备混凝土材料性能质量完全达标，在混凝土制备环节，质量监督机构应对制备过程进行全程监督，重点监督配合比设计、混凝土搅拌、转运入场环节。第一，在配合比设计环节，检查所选原材料规格品种是否合理。例如，检查所选用水泥材料是否具备水化热低、凝结时间长的特征，尽量选用低热矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥等品种。同时，建议参建单位在配合比方案中使用到减水剂与缓凝剂等外加剂，使用粉煤灰作为掺合料，分别选用中砂与连续级配碎石作为

细骨料和粗骨料,以及督促参建单位按照配合比方案开展混凝土试拌作业,根据试拌样品检测报告来调整原材料用量比例。第二,在混凝土搅拌环节,质量监督机构可选择委派专人前往现场监督,重点检查原材料用量偏差比例、搅拌时长、原材料温度与含水率、混凝土出机温度,如果在炎热夏季、寒冷冬季等特殊情况下,与参建单位进行沟通协商,对搅拌时长进行适当调整,避免因搅拌时长不足而出现散白、结块等问题。第三,在转运入场环节,督促参建单位根据现场周边交通条件来规划运输路线,严格控制运输时间,必须在混凝土初凝前完成浇筑作业,以及在成品混凝土材料入场后、浇筑前,重复对混凝土塌落度、和易性等性能进行全面检查,确定无误后,再开展混凝土浇筑作业^[4]。

(四) 混凝土施工现场质量监督

在现浇大体积混凝土施工期间,不当操作行为是诱发混凝土裂缝形成的重要因素,包括地基处理不到位、浇筑高度超标、振捣不足、提前拆模等。因此,质量监督机构需要严格把控施工过程,明确掌握地基处理等环节的操作要点,观察现场施工操作是否符合技术方案内容与达到相关技术规范规定。例如,在地基处理环节,督促参建单位对现场地基进行平整硬化处理,如果分布软土地基,则根据地层条件来采取强夯法、排水固结法或是换填法等方法进行处理,处理完毕后检查地基承载性能、压实度与平整度是否达标。在支模环节,待模板拼装完毕后,检查模板结构稳固性是否达标,对模板垂直度与水平位置等参数进行测量校正,必要时要求参建单位对模板进行加固处理,并在壁面上均匀涂刷脱模剂,避免后续出现漏浆、模板粘连等问题。在混凝土浇筑环节,重点检查混凝土浇筑高度与起始点是否准确、入模温度是否超标,并建议参建单位采取分层分段浇筑方法,正常情况下把入模温度控制在28℃左右、浇筑高度不得超过2.0m,并在混凝土初凝前完成上层浇筑振捣作业。在振捣环节,质量监督人员对比检查所布设振捣点与施工图纸内容是否一致,对振捣器插入深度与留振时间进行检查,在分层浇筑情况下,要求振捣器完全穿过上层混凝土、抵达下层混凝土表面,并以表面无显著沉降现象作为振捣作业结束依据,必要时督促参建单位在混凝土初凝前开展二次振捣作业。

此外,为消除质量监管薄弱环节,更为全面的掌握大体积混凝土施工情况,质量监督机构应采取多种手段,包括质量抽查、工序检验等。例如,质量抽查是将混凝土浇筑、振捣等设为质量关键点,不定期抽查各处质控点的作业质量是否达标,将质量隐患问题反馈给参建单位进行整改。而工序检验是推行三检制度,在上道工序结束后,参建单位对作业成果质量进行自行检查与交互平行检查,再由质量监督机构开展专检,如果在检查期间所发现质量问题,则督促参建单位返工处理,确

定质量问题得到妥善处理后,方可进入下道工序。

(五) 混凝土养护管理

为预防温度裂缝、干缩裂缝等问题出现,质量监督机构必须严格把控混凝土养护质量,做好保温养护、保湿养护两方面的养护管理工作。其中,在保温养护方面,提前在浇筑区布置若干感温探头,持续观测混凝土内表温度与现场气温变化情况,如果现场气温低于5℃,或是内表温差超过25℃,立即将问题反馈给参建单位,督促参建单位采取表面蓄水、内部循环冷却、四周包裹棉帘等温控措施,并监督混凝土养护时间是否达标,正常情况下将持续养护时间保持在15d以上。而在保湿养护方面,综合分析现场空气湿度、现场气温、混凝土表面水分蒸发速度等因素,准确计算最佳洒水频率与单次洒水量,将计算结果反馈给参建单位,作为制定混凝土保湿养护方案的主要依据,并在后续随着现场条件的变化而不断修正养护方案,并检查混凝土表面在养护期间是否始终保持湿润状态。

(六) 混凝土成型质量检查

待混凝土试块强度达标、拆除模板后,质量监督机构应采取钻芯法、回弹法等多项方法,对大体积混凝土结构的规格尺寸、表面观感质量与内部结构状态进行全面检查,标记各处质量缺陷与病害,将问题编制成表移交给参建单位,由参建单位进行处理,处理后重复检查混凝土成型质量,确定无误后方可办理验收手续。同时,根据质量缺陷类型与程度来采取恰当修补方法,如在混凝土表面形成宽深度较小的细微裂缝时,考虑到此类裂缝不对结构性能造成影响,协调参建单位采取表面修补法来修补各处裂缝即可。而在裂缝宽深度较大、形成贯穿裂缝时,则需要采取钻孔嵌塞、树脂灌注等方法。

四、结语

综上所述,为克服大体积混凝土工艺局限性,保证混凝土结构完好性,预防后续出现结构渗漏等质量通病。质量监督机构必须提高对大体积混凝土裂缝防治工作的重视程度,以裂缝防治作为重中之重,综合采取技术方案审核、原材料质控、制备质量监督、施工现场质量监督等多项防治对策,帮助参建单位顺利完成大体积混凝土施工任务。

参考文献

- [1] 宋振江. 道路桥梁施工大体积混凝土裂缝成因及防治对策[J]. 交通世界, 2018(21): 170-171.
- [2] 李清林. 路桥施工中大体积混凝土裂缝成因与防治措施[J]. 工程建设与设计, 2019(18): 168-169.
- [3] 卢清洲. 文昌桥工程大体积混凝土结构裂缝成因及控制研究[D]. 青岛理工大学, 2015.
- [4] 顾军. 桥梁工程施工中混凝土质量控制措施分析[J]. 四川水泥, 2021(01): 254-255.