

高层建筑基础底板大体积混凝土施工技术研究

朱明奎

武汉建工集团股份有限公司, 湖北 武汉 430000

摘要：随着建筑科技的不断发展,大体积混凝土施工技术在建项目施工中的应用也越来越广泛,尤其是在高层建筑基础底板施工中应用比较多。基础底板大体积混凝土施工虽然具有施工速度快、结构强度大等优点,但是也易因多种因素影响而发生裂缝问题,比如水泥水化热释放集中、外界气温变化大、混凝土收缩等,都可能会引起大体积混凝土结构裂缝问题。若不能有效控制裂缝,不仅会影响建筑构件的耐久性,而且也会进一步影响建筑结构强度。因此,在高层建筑基础底板施工中,为实现预期的质量目标,就必须加强对大体积混凝土施工技术研究,有效控制裂缝。

关键词：高层建筑;基础底板;大体积混凝土

中图分类号：TU97

文献标识码：A

文章编码：2023050003

Research on Construction Technology of Large Volume Concrete for Foundation Slab of High-rise Building

Zhu Mingkui

Wuhan Construction Group Co., Ltd, Wuhan, Hubei 430000

Abstract： With the continuous development of construction technology, the application of mass concrete construction technology in the construction of building projects has become more and more widespread, especially in the construction of foundation slab of high-rise buildings is more applied. Although the foundation base slab large volume concrete construction has the advantages of fast construction speed and large structural strength, it also prone to cracking problems due to a variety of factors, such as the concentration of cement hydration heat release, large changes in external temperature, concrete shrinkage, etc., which may cause large volume concrete structure cracking problems. If the cracks cannot be effectively controlled, it will not only affect the durability of the building components, but also further affect the strength of the building structure. Therefore, in the construction of foundation footings of high-rise buildings, in order to achieve the expected quality goals, it is necessary to strengthen the research on the construction technology of mass concrete and effectively control the cracks.

Key words： high-rise building; foundation footing; mass concrete

引言

混凝土硬化时产生的水化热难于消散而导致温度裂缝是大体积混凝土施工面临的首要难题,这是因为裂缝的产生不仅影响混凝土结构的美观,而且位于地下水位以下的基础底板容易出现渗漏滴水现象,直接影响地下室的防水效果和结构的耐久性。因此,在基础底板大体积混凝土施工中应采取一定的施工措施对温度裂缝进行控制。施工中控制温度裂缝最为重要的两个指标即为温度和应力,因此本文尝试采用现场监测的方法对混凝土水化反应过程的温度变化和应力演变过程进行观测,以达到控制裂缝的目的。

一、基础底板大体积混凝土施工温度控制技术

对于一般的混凝土构件而言,混凝土硬化过程中水化反应产生的热量能够得到快速散发,不会导致混凝土构件内部的温度累积,而基础底板大体积混凝土由于厚度和面积较大,混凝土水化反应产生的大量热量集聚在底板内部,加之混凝土内部的热阻抗较大,导致温度在混凝土构件内堆积,引起温度的急剧增加,内

外之间的强烈温差导致混凝土结构产生温度裂缝,裂缝极易导致地下室底板防水性能下降,渗透滴水问题在结构运营期难以根治,这种现象在大体积快硬混凝土中表现得尤为突出。为此,在基础底板大体积混凝土施工中,应采取科学合理的降温措施,以减小混凝土温度裂缝扩展,达到严格控制底板浇筑质量的目的。在基础底板大体积混凝土施工温度控制工艺中,混凝土选取商品混凝土,配合比的选择应该经过试验和试拌制。一般而言,针对



降低大体积混凝土的水化热和保证其早期强度的要求，在选择水泥时一般选用普通硅酸盐水泥，并加入一定的粉煤灰矿渣。这是因为粉煤灰能有效抑制水化热温度，随着粉煤灰掺量的增加，水化热温度降低，同时水化反应释放的热量也可以有效激发粉煤灰颗粒的活性，进而提高大体积混凝土的强度。

二、底板施工难点

（一）底板混凝土水化热高

GB50496-2018《大体积混凝土施工标准》规定，大体积混凝土的设计强度等级宜为C25~C50。实际工程中，高层建筑底板多采用C40及以上混凝土，如某工程中底板分别采用了C40、C45混凝土。较大的混凝土用量与强度等级使得高层建筑底板混凝土水化热与内外温差远高于一般大体积混凝土，且底板混凝土受桩柱约束无法自由收缩，导致裂缝成为高层建筑底板施工中最严重的质量问题。如广播电视总台现代传媒广场底板通过“双掺”技术降低水泥用量，但其浇筑3d时，混凝土距表面-1700mm部位温度仍高达84℃，距表面-50mm部位混凝土温度为65℃，混凝土表面温度为48℃。为控制底板施工质量，当前研究对大体积混凝土底板温度场变化进行了大量分析。基于实际工程，通过ANSYS软件模拟了浇筑过程中大体积混凝土的温度场；采用MIDAS软件分别对混凝土温度应力进行数值模拟计算及不同保温措施及入模温度下混凝土的温度场分布情况。实际工程中同一个高层建筑因功能分区不同，底板厚度多有不同，导致其与单一厚度底板温度场存在区别。侯景鹏等通过APDL分析了不同厚度混凝土底板温度应力变化，结果表明板厚越大，中心点温度越高且温度下降越缓慢。施工过程中如何消除不同厚度混凝土基础底板的温度应力场的相互影响，需要进一步探究。

（二）入模温度控制、振捣及养护

为保证底板混凝土较好的抗裂性，在施工过程前期应对混凝土入模温度加以控制，但实际工程中，受施工设备影响，容易使得混凝土坍落度损失大，入模温度难以控制，如某工程中均因泵管较长，混凝土在泵送过程中骨料颗粒可能相互嵌锁，增加与泵管壁的接触面积，降低砂浆携运骨料的能力，导致混凝土坍落度损失大。此外，由于高层建筑体积大的结构特点，其钢筋直径与用量大，分布时密集并存在较大的高差，导致振捣难度高。如某工程中底板均采用双层双向钢筋，基础钢筋用量分别约为135kg/m³、140kg/m³。在施工后期需对混凝土采取综合温控措施，但实际工程中底板尺寸大、厚度不均匀、结构多样导致养护困难，如某工程中底板平面呈直角梯形，东西方向77~94m，南北方向80.4m。

（三）场地受限布料点少

高层建筑底板通常面积广、厚度大且结构多变，使得混凝土浇筑量高于一般建筑结构如某工程中底板混凝土总量分别约34000m³、7110m³；为此混凝土在浇筑前，通常需要划定浇筑区域和确定分层，但实际工程中混凝土单次浇筑量依然较大，如某项目中混凝土一次浇筑量大，达23000m³。为保证大体积混凝土的整体性，原则上需要多个泵车并设置多个布料点，但实际工程中受场地局限性，常常无法满足，如广阳家园商业一期5号楼工程

中现场采用1台汽车泵、2台地泵，受限于场地、基坑特点、支撑形式等工况，难以增加覆盖面。

三、基础底板大体积混凝土施工

（一）混凝土料配制

该基础底板施工的混凝土强度为C40/P8，为保障大体积混凝土的各项性能指标满足施工要求，对原材料进行了严选。在搅拌站采取三掺法，即在拌制混凝土的过程中掺入粉煤灰、SY-G型高性能膨胀抗裂剂及高炉磨细矿渣粉（S75），这样不仅可以优化混凝土的强度及抗裂性，也能改善混凝土的和易性。同时，为避免混凝土因收缩而出现裂缝，可以在拌制混凝土时适当减小砂率。

（二）浇筑前准备

为保障基础底板大体积混凝土的施工效率及质量，需提前落实好技术交底，准备充足的材料及设备（如泵车、运砂车等）。做好上述工作后，现场按照“管线宜直、转弯宜缓”的原则连接泵管，泵管直径为125mm，并在对接头部位加设胶圈，以提高接头的严密性。

（三）基础底板大体积混凝土浇筑

该基础底板结构厚度为2.5m，大体积混凝土施工按照坡度1:6、每层厚度50cm进行分层浇筑，即从一边退向另一边、斜面分层浇筑。同时，根据基础底板施工流水段的划分，在边浇筑边后退的过程中，振捣器也随之跟上，以便有效保证基础底板大体积混凝土的浇筑施工质量。刚开始泵送的时候，先将泵管中的水和稀砂浆浆送到吊斗中，然后吊到坑上处理掉。等出浆正常后，将软管移至浇筑工作面上进行均匀浇筑，并且要严格控制砂浆厚度，防止堆积过厚。

（四）充分振捣

浇筑混凝土前，先要结合现场布局、施工需求对振捣器进行安装，保证各泵车所配备振捣器数量相同。考虑到混凝土坍落度相对较大，极易出现流淌的情况，因此，现场共需要配备3台振捣机，其中1台振捣器负责对流淌的混凝土进行振捣，剩余2台振捣器则负责振捣顶部混凝土。本项目中，先要处理出料口附近混凝土，打造出理想的流淌坡度，再对混凝土进行全面振捣，施工期间，施工人员应对振捣时长、设备移动距离和振捣深度加以控制，以免浇筑带相交区域出现漏振或其他状况，影响最终施工效果。

（五）处理泌水

对混凝土进行浇筑期间，底板表面会汇聚大量浆水、泌水，施工人员应提前设置软管污水泵，及时排出底板所聚集浆水、泌水。压实混凝土表面后，再借助真空吸水机吸出剩余浆水、泌水，控制水灰比，使混凝土所表现出耐磨性、整体强度以及抗裂性达到行业最新标准。

（六）混凝土表面处理

待基础底板大体积混凝土均振捣密实之后，使用铝合金刮杆及时把混凝土表面的脚印和接槎处不平的地方刮平整，并且混凝土表面的虚铺高度也应比其实际高度略高。待混凝土初凝的时候，且脚踩没有下陷后，使用铝合金刮杆对混凝土表面做刮平处理，然后使用木抹子或铁抹子抹平，再等混凝土终凝之前使用磨



光机再次抹平压光，以保障表层混凝土的密实度跟底部的混凝土密实度一致，提高基础底板美观度及安全性。

（七）混凝土养护

在完成混凝土浇筑后，需立即进入混凝土养护工作，并且采取适宜的方法，即边收面、边覆膜的方式，这样可以切实保证混凝土表面的温度以及湿度。在覆膜时，上下需要错开设置，且科学、合理地进行搭接，其宽度值要符合规范要求。为了更好的进行保温保湿，还可以将保温棉毡铺设在混凝土薄膜的上面，但是需要注意的是在铺设棉毡时，避免破坏薄膜。在对墙柱等混凝土养护过程中，可以通过采用带模板的养护方式，提高墙柱等混凝土结构的养护效果。在养护过程中，需要严格控制养护时间，一般情况下，不能少于14d，待混凝土达到强度要求时，再拆除模板。

（八）混凝土的测温

因为基础底板大体积混凝土施工过程中，水泥水化热比较集中且量比较大，易导致混凝土结构内外温差过大而引起裂缝问题。所以为了防止高层基础底板大体积混凝土施工出现裂缝，就必须做好施工后测温工作。第一，测温工具。该项目中测温工作采用了一套信息化测温系统，主要构成包括计算机、现场采集器、温度传感器及传感器引线等。第二，测温点布置。在基础底板上按每100m²布置一个测温点，且各个测温点位置也根据板厚布置了竖向测温点。同时，在实际测温中也可根据现实需要适当减少或增加测温点，以提高温度监测精度及效率。第三，测温频率。该基础底板大体积混凝土浇筑完之后，为保障混凝土结构温度、表温差、降温塑料和环境温度等监测工作的效率及效果，也对测温频率及时间做了合理安排，具体如下：（1）安排每个台班对入模温度至少测量两次。（2）在浇筑完大体积混凝土后6~10h，开始进行测温，龄期第一天到第三天，每间隔2h测一次温度；龄期第四天到第八天，每间隔4h测一次温度；龄期第九天到测温结束，每间隔12h便至少测温一次。（3）停止测温。当基础底板混凝土结构内部最高温度跟外界环境温度的差值连续三天低于25℃，且降温速率<2℃/d之后，便可停止温度监测。

四、大体积混凝土管控重点分析

（一）升温阶段开裂

普通混凝土构件由于其截面小，临空面多，可以很好地对外释放自身水化过程产生的热量。但是大体积混凝土截面尺寸很大，上表面散热条件好，热量可向大气迅速散发；而混凝土内部由于散热条件较差，水化热聚集在内部不易散失，因此产生内外温差，形成内约束，导致混凝土内部产生压应力，表面产生拉应力，当拉应力超过混凝土该龄期的抗拉强度时，混凝土表面就产生裂缝。根据大量工程实践表明，混凝土内部的最高温度一般出现在混凝土浇筑后的最初4d~9d。

（二）降温阶段开裂

混凝土浇筑约7d~9d后，水泥水化热基本释放完成，混凝土温度从最高值逐渐下降。混凝土降温会引起混凝土一定的收缩，同时，由于混凝土中水分的蒸发也会引起混凝土体积收缩变形，

由于受到地基和结构边界条件的约束不能自由变形，导致产生较大的外部约束拉应力。当该拉应力超过混凝土该龄期的抗拉强度时，则约束面开始向上开裂形成收缩裂缝。

（三）大体积混凝土施工组织管理

为做大体积混凝土管理，应成立由建设单位、监理单位、总承包单位组成的管控小组，编制并审核大体积混凝土施工方案，考察商品混凝土搅拌站的供应能力、运输能力，并经试配确定大体积混凝土专项配合比。在大体积混凝土施工方案中，应制订应急预案，备有应急保温材料，如测温发现温差持续增大，危及结构安全时，应采用“外敷”即增加表面保温层厚度，减小表面热量散发速度。为确保连续浇筑，应选择在合适的天气开盘，提前制订场内外交通临时疏导方案，施工现场供水、供电应满足混凝土连续施工需要，并自备发电机。

（四）病害防治原则

混凝土开裂轻则导致结构底板漏渗水，影响混凝土结构的耐久性，重则破坏了结构的整体性，危及结构安全，形成严重的质量事故，应重点预防。混凝土开裂的主要原因为水泥发生水化热反应，可以比喻为混凝土感冒发烧，需要进行降温治疗。水化热是水泥中硅酸三钙、硅酸二钙与水产生化学反应生成水化硅酸钙（C-S-H凝胶）和氢氧化钙，过程中释放的热量。混凝土的绝热温升值与水泥材料用量成正比，选用低水化热的水泥，通过大体积混凝土配合比专项设计，降低水泥及水用量，可以有效降低水化热；另一方面通过增加混凝土抗裂钢筋，也是预防混凝土开裂的有效手段。

结束语

综上所述，高层建筑基础底板大体积施工由于具有混凝土浇筑体量大、一次连续浇筑成型、易因水泥水化热而产生温度裂缝等特点，实际施工技术要求较高。为了保障高层建筑基础底板的施工质量，建筑单位及其技术人员就必须根据大体积混凝土施工规程及质量标准，加强技术及质量管控，保证大体积混凝土施工技术的应用效果。同时，在基础底板大体积混凝土养护测温中，要根据温度变化及时调整养护措施，始终将大体积混凝土结构内外温差等控制在合理范围内，防止出现裂缝问题，提高基础底板大体积混凝土的施工效果，进而为整个高层建筑的高效优质建设奠定坚实基础。

参考文献：

- [1] 郑杰. 高层基础底板大体积混凝土施工技术[J]. 建筑施工, 2021, 43(12): 2465-2467.
- [2] 洪成溪. 对高层建筑基础底板大体积混凝土施工技术分析[J]. 绿色环保建材, 2021(05): 103-104.
- [3] 何韶亮. 高层建筑基础底板大体积混凝土施工技术[J]. 中国住宅设施, 2020(05): 115, 117.
- [4] 张甫. 高层建筑基础底板大体积混凝土施工技术[J]. 价值工程, 2020, 39(02): 137-140.
- [5] 马旭. 高层建筑基础底板大体积混凝土施工技术[J]. 工程设计与设计, 2019(10): 182-183.
- [6] 荆志期. 浅析高层建筑基础底板大体积混凝土施工技术[J]. 产业创新研究, 2020(14): 138-139.