

建筑工程大体积混凝土施工技术探讨

张栋 李伟

济南四建(集团)有限责任公司

摘要: 建筑工程包括房屋建筑建造、附属设备建设、线路敷设等工程。工程涉及的学科和专业领域较为广泛,包括土木工程、给排水工程、电气工程、建筑规划、室内规划、工程质量管理及造价等。大体积混凝土具有较大的体积和较厚的结构,其厚度通常超过1m。大体积混凝土在建筑结构上的应用较为广泛,楼房建筑、设备基础、配电基础等设施,均需要大体积混凝土,确保其承载能力与稳定性能。大体积混凝土相关系数较小,水泥、碎石等材料遇水放热,混凝土拌合振捣过程中,能够快速升温,使现场浇筑更加便捷。

关键词: 建筑工程; 大体积混凝土; 施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.040

引言

将大体积混凝土浇筑技术科学运用在建筑工程中,可以提高工程结构的整体强度和稳定性。但在建筑工程大体积混凝土施工实践中容易出现收缩和裂缝等施工质量通病,为确保工程整体施工质量,应做好施工准备工作,严格管控混凝土浇筑和养护过程。研究大体积混凝土浇筑技术应用理论,有利于充分发挥大体积混凝土施工的技术优势,最大限度地提高该技术的应用效果,从而推动建筑行业施工技术水平的不断提升^[1]。

一、建筑工程中大体积混凝土浇筑技术概念

建筑工程中大体积混凝土通常是结合混凝土结构最小尺寸和混凝土浇筑体量确定,一般混凝土结构最小尺寸要求 $\geq 1\text{m}$ 。当混凝土结构最小尺寸不足,但混凝土浇筑体量较大的项目,正常施工可以有效预防裂缝产生时,则不采用大体积混凝土技术;当混凝土浇筑体量和结构均不满足大体积混凝土施工要求,但混凝土施工过程温差较大且 $\geq 25^\circ$ 时,要求混凝土应力大于混凝土抗拉强度,可采用大体积混凝土浇筑技术和质量通病预防措施,以预防混凝土施工裂缝。因此,大体积混凝土技术即混凝土结构最小尺寸 $\geq 1\text{m}$ 或为预防混凝土浇筑内外温度变化和收缩造成的裂缝问题,可采取大体积混凝土施工质量控制措施。大体积混凝土施工在现代城市建筑工程中应用广泛,施工环境、混凝土温度等因素对该技术应用效果影响较大,容易出现施工裂缝影响结构强度。混凝土表面系数较小,水热化造成混凝土内外温差较大,为减少温度裂缝,需要结合施工裂缝产生原因有针对性地进行预防,以确保工程结构安全和施工质量^[2]。

大体积混凝土浇筑方法主要包括分层分段、全面分层和斜面分层3种。分层分段浇筑施工是先在底层进行

浇筑,然后开始第一层浇筑,依次进行浇筑至最后一层,在第一层混凝土凝结前完成所有浇筑施工;全面分层浇筑施工是在完成第一层大体积混凝土作业后,再开始第二层混凝土的浇筑,确保持续浇筑。全面分层施工要求建筑结构平面尺寸精准,在此基础上开展大体积混凝土浇筑,当建筑工程施工明确要求分两段进行浇筑时则采用全面分层施工;斜面分层浇筑施工通常应用在建筑工程斜面坡度 $< 30^\circ$,且结构厚度相对偏大时。

二、建筑工程大体积混凝土施工技术要点

某超高层建筑工程为地下4层、地上39层,设计为钢筋混凝土框架-核心筒结构,采用筏板基础,底板厚度平均 $> 1\text{m}$,厚度最大值为2.55m。

(一) 配合比例设计

首先,配合比设计是混凝土施工中的重要环节。大体积混凝土由于其体积大,对配合比要求也更为严格。因此,在设计配合比时,不仅要考虑强度和密度这两个关键指标,还需要注意内部温度的控制。一般来说,采用的配比为水泥:砂:石子=1:2:3,这种比例能够确保混凝土有良好的工作性和易性,同时也能保证混凝土具有足够的强度。然而,这并不是固定不变的,实际施工中还需要根据具体条件进行调整。例如,如果混凝土需要更高的强度或者更小的密度,可以适当增加水泥的比例;反之,如果需要降低混凝土的内部温度,则可以适当减少水泥的比例。其次,水灰比也是影响混凝土性能的重要因素,一般情况下,选择的水灰比为0.5-0.6。这样的水灰比既能保证混凝土的流动性,又能防止水分过多导致混凝土强度下降,具体需要根据实际施工条件进行适当的调整^[3]。

(二) 原材料质量控制

原材料的质量对混凝土的性能和质量有着直接的影响,在施工中,要严格控制原材料的质量,以确保混凝土的质量和性能。首先,选择低热水泥作为主要的胶凝材料。低热水泥如矿渣水泥、粉煤灰水泥等,其水化热较低,可以有效降低混凝土内部的温度。例如,矿渣水泥的水化热只有普通硅酸盐水泥的1/3左右,可以显著减少混凝土内部的热量产生,从而避免因温度过高导致的裂缝等问题。其次,可以添加适量的外加剂来改善混凝土的工作性能和提高其强度。例如,减水剂可以减少混凝土中的用水量,从而提高混凝土的流动性和工作性;膨胀剂可以在混凝土硬化过程中产生微膨胀,有助于防止混凝土收缩开裂。

虽然矿渣水泥的早期强度较低,但其长期强度增长较快,且水化热较低,更适合用于大体积混凝土的施

工。此外，还可以通过添加适量的膨胀剂来改善混凝土的性能。例如，可以添加0.5%-1%的膨胀剂到混凝土中，这可以使混凝土在硬化过程中产生微膨胀，有助于防止混凝土收缩开裂。同时，膨胀剂还可以提高混凝土的密实度和耐久性。

（三）浇筑与振捣

在实施大体积混凝土浇筑时，推荐采用分层浇筑的方法，这种方法可以有效防止由于混凝土内外温差过大而导致的裂缝。每次浇筑的厚度最好控制在300mm以内，这样既可以保证混凝土的充实度，又可以防止因浇筑厚度过大而导致的温度应力过大。在浇筑过程中，应适时使用合适的振捣设备对混凝土进行振捣。振捣的目的是为了使混凝土充分密实，消除混凝土内部的空洞和蜂窝，提高混凝土的强度和耐久性。振捣的力度和时间需要根据混凝土的具体情况进行调整，一般来说，振捣时间过短会导致混凝土不充实，而振捣时间过长则可能会导致混凝土过度振动，影响其强度。此外，还需要注意控制好混凝土的浇筑速度。浇筑速度过快会导致混凝土内部温度升高过快，可能引发裂缝；而浇筑速度过慢则可能会导致混凝土表面干燥，影响其强度和耐久性。因此，应根据具体的施工条件和混凝土的性能，合理控制好浇筑速度。

在混凝土振捣过程中，对混凝土接搓时间采取有效的控制措施，保证其不高于混凝土初凝时间，着重针对分层结合点位强化振捣作业。此工程施工中，在浇筑上层混凝土过程中，要求把振捣棒插到下层混凝土内部，插入深度为5~10cm，从而使两层接缝消除，保证上、下层结合紧密。在混凝土振捣期间，加强动态观察，及时撇除面层浮浆，并将其推到相邻点位混凝土底层，从而有效控制面层浆体厚度，最大程度降低混凝土塑性裂缝出现概率。该工程在混凝土结构施工中，还在完成混凝土浇筑作业后趁其未初凝展开二次振捣，从而使混凝土由于泌水在水平钢筋以及粗集料下方所生成的空隙和水分全面排除，使钢筋和混凝土之间具有更强的握裹力，以防后续由于混凝土沉降而发生裂缝，尽量使混凝土结构当中的微裂减小，提升混凝土结构的密实度。这一措施能使混凝土其抗压强度上升约10%~20%，由此使混凝土具有更强的抗裂性。在二次振捣过程中，要求作业人员垂直插入高频振动棒，均匀、交错的布局插点，保证快插慢拔，在下一层混凝土尚未初凝之前浇筑上一层混凝土，振捣时按要求插入下一层，控制好插入深度。每一插点在通过振动棒进行振捣操作时，持续时间的标准为表面呈水平状、有水泥浆出现且不再产生气泡、无明显沉落。由于混凝土不容易振实，若保持过长的振捣时间，容易导致离析，在该工程中完成混凝土浇筑作业约45min之后展开二次振捣。该工程在筏板基础混凝土施工中，通过进行二次振捣，有效提升了混凝土结构的抗裂性能，施工结束直至竣工验收未在结构中发

现有害裂缝^[4]。

（四）浇筑过程中的温度控制

在进行大体积混凝土浇筑时，关键是控制混凝土入模时的温度不超过28℃，并根据实地温度测量，确保混凝土内外的温差保持在25℃以内。混凝土进入模具之后，应迅速开始振实操作。选择合适的振实点，通常在混凝土的表面，并且要慎重选择振实设备，并适当控制其移动速度与距离。遇到混凝土表面出现泛浆时，应该立刻暂停振实活动。此外，施工团队需根据工程需求和实际情况选择最适合的浇筑技术，并严格遵循大体积混凝土浇筑流程及相关规范和标准。

（五）后期养护与强度监测

大体积混凝土的维护主要通过保温和保湿实现。在浇筑完成并接近初凝阶段时，应在混凝土表面铺设一层薄膜，以减少水分损失。初凝后，覆盖麻袋和塑料膜以增强保温效果。考虑到混凝土初期水化反应快，产生较高温升，建议在前3天每2小时测量一次温度；从第4天到第28天，则每4小时测量一次。若温差超过25℃，应增加麻袋以加强保温，尤其是对重要结构部分的温升控制在20℃以下；若温差小于15℃，减少麻袋以促进散热。混凝土内外温差低于30℃时，可以进行模板拆除。注意拆除模板时应符合强度要求和规范，拆模时间也应根据规范确定。对于大体积混凝土，如果条件允许，可以适当延后拆模时间。拆模后，立即进行保温和保湿措施，避免因温度变化导致的强度和耐久性下降，减少由此造成的维修成本和资源损失。

（六）填补细石混凝土

在大体积混凝土结构施工期间，如果有露筋较深或者蜂窝严重情况，应将周边突出骨料颗粒以及密实度欠佳的混凝土去除掉，通过清水刷净，使其保持湿润状，随后填补细石混凝土，振捣密实，此环节所用混凝土的强度等级应比原强度等级高一级。在孔洞补强中，可以施工缝处理方法对旧混凝土表面进行处理，凿掉孔洞部位比较疏松的混凝土以及突出的石子，注意将孔洞顶部凿为斜面，以防发生死角，用水刷干净之后，使其保持湿润状，72h后填补细石混凝土。在该工程施工中，混凝土结构有少量较严重的蜂窝，也有部分露筋较深部位，均按照上述方法处理，之后在竣工验收时未发现新旧混凝土接触面有裂缝出现。

三、大体积混凝土施工技术应用注意事项

（一）降温措施

大体积混凝土浇筑中，使用水管进行冷却是一种常见的温控措施。水管冷却的通水方式可以采用内部通水法和表面通水法。

内部通水法：在混凝土结构内部布置水管，并通过水管内流动的冷却水降低混凝土的温度。水管可以采用金属或塑料材料制成，通过合理布置和连接方式，使冷却水能够覆盖整个混凝土结构的体积。冷却水可以通过

循环系统进行供水和回水，以保持水温的稳定。

表面通水法：在混凝土表面铺设水管，并通过水管喷淋冷却水降低混凝土表面的温度。水管可以布置成网格状或线状，并与供水系统相连。冷却水通过水管喷淋或喷洒在混凝土表面，通过蒸发和热量传递吸收混凝土表面的热量，从而实现降温效果。

（二）混凝土裂缝控制

（1）控制内约束温度裂缝。控制混凝土内外温差、表面与外界温差，防止混凝土表面急剧冷却，采用混凝土表面保温措施。加强混凝土养护，严格控制混凝土升温速度。

（2）控制外约束温度裂缝的措施。水泥掺入一定比例的粉煤灰、高效减水剂或缓凝剂等，严格要求混凝土供应商按照试配配合比进行混凝土加工。改善骨料级配，如大体积基础混凝土可掺加15%块石。对原材料进行冷却处理，使出厂时水泥所带热量充分释放。加强混凝土的养护，适当延长养护时间，使混凝土表面缓慢冷却。

（3）温度筋布置。核心筒承台CT36a与CT36b中钢筋每层间距在1000~1900mm，考虑该承台体积较大，浇筑过程中会产生较大的温度应力，因此，增加了水平与竖向温度筋。水平温度筋按双向C14@200布置，上下两层钢筋净距超过1000mm增设温度筋，并居中布置，竖向温度筋按双向C14@500布置^[5]。

（三）泵送设备操作

混凝土泵送技术主要分为混凝土泵车和静压泵两种。混凝土泵车是通过其内部的搅拌系统对混凝土进行搅拌，随后利用活塞泵将其持续输送到远距离的输送管中。另一种方式，静压泵，使用压缩空气将混凝土推进管道，利用静水压力来实现混凝土的流动。混凝土泵车通常被用于高层建筑和大型桥梁的施工，而静压泵则更适用于像隧道或地铁这样的长距离输送场景。这两种设备都是通过施加压力，从搅拌机或供料斗中推送混凝土进入输送管道。管道内混凝土的运动及阀门的调控确保了混凝土能顺利到达施工点。为保持混凝土的流动性，设备在输送过程中会保持混凝土的搅拌状态，或加入超塑化剂等添加剂。泵送设备的运用极大提升了施工效率，特别是在高度、距离或结构复杂性方面的挑战，同时保证了施工过程中混凝土供应的稳定性和质量。

在施工现场，只有经过安全教育并通过考核的操作人员才能进入。所有进场的人员都必须佩戴正确的安全装备。在施工过程中，严格遵守操作规程，保证设备的安全性和可靠性。当使用泵进行砼浇注时，输送管道头需要保持紧固，安全阀应保持完好且无漏浆现象，管道支架也需要保持稳固。在特定的操作环境下，例如浇注框架梁、柱、墙时，应该设置操作平台，禁止直接站在

模板或支架上进行操作。使用溜槽、串桶时，必须保证其牢固。操作区域应配备防护栏，严禁在溜槽上进行操作。在夜间施工中，照明灯的电压不应超过36V，并且应避免在高风险区域进行操作。泵送管道的布置应遵循相关规定。例如，水平泵送管道应沿直线布置，垂直泵送管道不应直接连接到泵的输出口上，应在垂直管的前端安装长度不少于20m的水平管，并在水平管靠近泵的地方安装截止阀。泵送混凝土的施工技术也是科学组织施工的关键方法。为了保证混凝土泵车的作业安全，必须严格遵守相关的安全操作规定。例如，选择场地时应避开高压线等危险物，进行作业前的检查、支腿操作、臂架操作，以及泵送作业等。

（四）加强施工工艺控制

其一，由于该工程施工中混凝土体积比较大，而且配筋数量较少，所以以分层浇筑方式作业，控制每层厚度约30cm。首层浇筑结束后，初凝之前进行第二层浇筑。其二，竖向混凝土结构浇筑之前，先于底部填入水泥砂浆，其成分和混凝土当中的砂浆成分一致。其三，振捣过程中要控制振动棒移动间距在40cm以内，而且振捣时间应在15~30s区间。其四，浇筑期间要避免出现离析情况，如果浇筑高度在3m以上，要通过溜槽、串筒促使混凝土下沉。其五，对于上下层台面结合部位，需要设置拉结筋，由此使上、下层紧密连接，同时施工中按照施工缝予以处理。其六，合理控制拆模时间，防止结构表面出现急剧温度梯度。

结语

建筑工程大体积混凝土浇筑技术是现代建筑中常用施工技术，该技术对提升建筑工程施工质量和工程整体结构强度发挥了重要作用。大体积混凝土浇筑技术应用实践中也存在收缩、裂缝等问题，需要在浇筑过程加强防治措施，规范浇筑技术管理和混凝土养护工作，提高大体积混凝土浇筑技术的应用价值，提高建筑工程施工质量。

参考文献

- [1]杜鹤,严哈,宋宝仓等.新白云站大体积混凝土楼板跳仓法施工有限元分析[J].市政技术,2023,(02):31-37.
- [2]何聪利.跳仓法在大体积混凝土上盖板中的施工技术研究[J].砖瓦,2023,(02):128-130.
- [3]关乐乐.寒冷地区大体积混凝土低温季节施工综述及实践[C]//中国大坝工程学会.水库大坝智慧化建设与高质量发展.中国水利水电第九工程局有限公司,2023:7.
- [4]廖贵喜.大体积混凝土施工技术与温度控制技术的实际运用[J].石材,2023,(02):74-76+106.
- [5]徐斌,田丹丹.水库溢洪道工程大体积混凝土施工温度裂缝控制[J].石材,2023,(02):77-79.