

水利工程基础大体积混凝土施工技术要点分析

翟鸿杰

中水建管（北京）工程咨询有限公司，北京，100000；

摘要：当前，在水利工程建设中，基础大体积混凝土在施工阶段裂缝病害发生概率较大，这样不仅难以保障工程整体质量，也难以发挥水利工程项目的的作用。因此，基础大体积混凝土施工应掌握各项技术要点，如：混凝土原材料及配合比、运输、浇筑、振捣、温度控制、养护等。基于此，本文首先阐述基础大体积混凝土概述，其次探讨水利工程中基础大体积混凝土施工技术要点，最后针对裂缝问题提出防范措施，希望给混凝土施工提供借鉴和参考。

关键词：水利工程；基础大体积混凝土；裂缝；施工质量

DOI：10.69979/3029-2727.25.06.015

引言

基础大体积混凝土具有强度高、结构稳定、抗震性能好、耐久性强等优点，可以为水利工程建设质量提供保障。由于基础大体积混凝土在硬化过程中会产生大量的水化热，易导致混凝土内外温差过大，从而产生温度裂缝，直接影响工程质量，因此为保证水利工程建设质量，需制定完善的施工方案，掌握每一项施工技术要点，并落到实处。

1 基础大体积混凝土概述

基础大体积混凝土是结构物实体最小尺寸大于1m，或因混凝土胶凝材料水化热引起的温度变化和收缩而可能产生的有害裂缝混凝土。基础大体积混凝土质量容易受到各种原因影响，例如：原材料、温度等，并且还具有水泥水化热大、浇筑后不易散热等特点，因此裂缝病害频频发生。同时，由于基础大体积混凝土具有强度高、抗震性能好、以及承载力强等特点与优势，所以在水利工程中得到了广泛应用，也成为影响水利工程建设质量的关键因素^[1]。

2 水利工程中基础大体积混凝土施工技术要点

2.1 混凝土原材料及配合比

混凝土原材料是否达标是保证基础大体积混凝土施工质量的关键，应优先选用低水化热水泥，如低热硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥等，以减少硬化过程中的热量积聚。粗骨料应采用连续级配，细骨料尽量选用中砂，并掺入粉煤灰、矿渣粉等活性掺合料，活性掺合料可改善和易性并降低水泥用量，同时添加缓凝剂、减水剂等外加剂以延长初凝时间并提高抗裂性能。

混凝土配合比设计应根据混凝土设计强度、耐久性和施工性能等要求优选试验确定。混凝土在制备前，应进行绝热温升、沁水率、可泵性等对基础大体积混凝土控制有影响的技术参数的试验，必要时配合比设计应通过试泵送验证。

2.2 混凝土运输

在基础大体积混凝土施工中，需要选择适合的搅拌设备和输送设备。外购商品混凝土在运输之前，要根据交通情况规划好运输路线，采取有效措施缩短运输时间，使其可以迅速运达浇筑地点，且运输中不应有分离、漏浆和严重泌水、过多温度升高和坍落度损失；还要考虑设备的稳定性和安全性，保证混凝土的质量和连续供应，以避免在施工过程中出现设备故障导致停工的情况。

2.3 混凝土浇筑

混凝土浇筑属于基础大体积混凝土施工的核心之一，首先混凝土的浇筑应连续、有序，浇筑过程中间不能出现中断，否则很容易影响混凝土的施工质量。其次在基础大体积混凝土浇筑施工期间，应根据施工方案采取合适的浇筑方式，一般以分段分层浇筑方式为主，分层厚度应控制在300mm~500mm，并保证层间间歇时间不大于混凝土初凝时间，混凝土初凝时间应通过试验确定。最后在浇筑完成后，应及时对浇筑面进行多次抹压处理，以使混凝土浇筑层表面密实。

2.4 振捣施工

选择合理的振捣设备，振捣设备的振捣能力应与入仓强度、仓面大小等相适应。入仓的混凝土应及时平仓振捣，不得堆积，混凝土入仓后要先平仓后振捣，不应

以振捣代替平仓,振捣时间以混凝土粗骨料不再显著下沉,并开始泛浆为准,避免欠振或过振。插入式振捣棒操作要点是:“直上直下,快插慢拔;插点要均匀,切勿漏点插;上下要振动,层层要扣搭;时间掌握好,密实质量佳。”

另外,对基础大体积混凝土可采用二次振捣工艺,以减少混凝土的收缩及徐变,改善混凝土的内部结构,提高混凝土的强度及耐久性。

2.5 温度控制

基础大体积混凝土构造厚、体型大、施工时间长、施工工艺要求高、受环境影响大,在凝结过程中会释放大热量,造成混凝土表面与内部形成较大温差,内外温差使混凝土极易产生温度裂缝,因此降低内外温差是温度控制的关键,内外温差应控制在 25°C 以内。

在基础大体积混凝土工程施工前,应对混凝土里表温差、升降温速率及环境温度进行试算,提出控制指标,并制定相应的温控技术措施。常见的温控技术措施如:控制混凝土初始浇筑温度,在高温天气浇筑时,采用遮盖、洒水、拌冰屑等降低原材料温度的措施,或掺加冷却剂、避开高温时段、埋设冷凝水管等;冬期混凝土施工时应采用热水拌合、加热骨料等提高原材料温度的措施。

2.6 养护施工

混凝土在浇筑完成后,在初凝前应立即进行覆盖、洒水等保温保湿养护工作,混凝土保温材料可采用塑料薄膜、土工布、草席、阻燃保温被等,必要时可搭设保温棚或遮阳降温棚。在保温养护中要对混凝土浇筑体里表温差和升降温速率进行监测,在监测结果不满足温控指标要求时,要及时调整保温养护措施。另外,在混凝土初凝前,应避免仓面积水、阳光曝晒;混凝土养护应连续进行,保证表面及所有侧面始终保持湿润,且要严格控制养护时间,水工混凝土养护时间一般不少于 28 天。

3 水利工程中基础大体积混凝土裂缝防范主要对策

(1) 使用低热水泥,减少水泥水化反应产生的热量;选择质量良好的骨料,严格控制骨料级配;使用合适的外加剂,如缓凝剂、减水剂等,以改善混凝土性能。同时优化混凝土配合比,降低水泥用量、减少水化热。

(2) 混凝土材料极易受到外部环境影响,因此要控制混凝土在运输期间的温度。在高温季节,应对运输

期间的混凝土罐车进行冷却处理,可在内部设置冷却装置和隔热层,以抑制温度升高。另外,需要优化运输路径,做到用最短的时间把混凝土运输到施工现场,以避免混凝土材料温度发生较大变化。

(3) 采取埋设冷凝水管、设置后浇带、加入网状纤维等有效技术措施。

(4) 采用分段分层浇筑方式,每层厚度适中,以利于散热和施工;使用适当的振捣设备,确保混凝土密实,避免气泡和蜂窝;控制混凝土坍落度,确保混凝土易于浇筑和振捣。

(5) 合理规划浇筑施工时间,尽量不要在太热、太冷的天气展开施工,遇到高温、冬期、大风或雨雪天气时,应采取保证混凝土浇筑质量的措施,否则都会增加裂缝病害产生的概率。

(6) 做好保温保湿养护工作,对混凝土浇筑体的里表温度、升降温速率等进行严格的监测,并根据监测结果及时调整保温养护措施,确保各项数据符合温控指标要求。

4 基础大体积混凝土施工技术实例

以某水利工程为例,该工程位于两条大河交界处,工程建设的主要目的是解决河水的出路问题,建设内容包括混凝土底板和挡墙。底板设计厚度为 1.8 米,混凝土结构采用 C30W4F150 砼,并使用补偿收缩混凝土作为加强带,补偿收缩混凝土结构采用 C35W4F150 砼,宽度为 2m。加强带的设置可以减少混凝土的收缩应力,提高结构的整体性能和耐久性。底板和挡墙基础属于基础大体积混凝土,需要安装 807t 钢筋,浇筑 6000 多立方混凝土,浇筑量大、浇筑时间长,浇筑体内设置冷却水管,计划在 4、5 月份进行混凝土施工。为抑制混凝土裂缝的产生,该工程从多方面考虑,不仅优化了多项施工工艺,还采取了多项技术措施。

该工程使用商品混凝土,混凝土配合比通过优选试验法确定。首先水泥选用低热硅酸盐水泥,外掺粉煤灰和矿粉;掺用适量粉煤灰,代替水泥用量,可以降低水化热,改善混凝土的和易性,并增加砼的可泵性,同时粉煤灰对砼的后期强度也有较好的增强作用,掺量以实验室配制为准;水泥出厂后储存于阴凉处,并采取了防潮措施,对刚出厂的水泥要求静置时间不少于 7d。其次,对粗骨料进行优化级配设计,优先选用自然连续级配的粗骨料,使混凝土具有较好的和易性、较少的用水量、较少的水泥用量、较高的抗压强度,该工程采用碎卵石作为粗骨料,粒径控制在 $5.0\text{mm}\sim 31.5\text{mm}$,连续级配,含

泥量不大于1%;选用优质河砂作为细骨料,控制细度模数在2.3~3.7之间,含泥量不大于3%。另外,选用缓凝型减水剂和FS102防水剂,缓凝型减水剂起缓凝、减水、引气、减少坍落度损失等多重功能,FS102防水剂可以降低砼收缩,提高混凝土密实度,减少大体积混凝土内部微裂缝,从而提高结构自防水能力。混凝土在制备中要控制水泥的入机温度不高于60℃,拌合水用量不大于170kg/m³,水胶比不大于0.45,砂率为38%~45%,同时将混凝土坍落度控制在140~180mm。

为缩短运输时间,选择的混凝土搅拌站距离施工现场只有3公里,且现场修建了临时道路,全线运输道路宽阔畅通,完全满足基础大体积混凝土高峰期施工的运输要求。另外,还制定了混凝土运输车辆的防晒、防雨和保温措施。

该基础大体积混凝土采用整体分层连续浇筑,浇筑时按一定厚度、次序、方向,分层进行,且浇筑层面保持平整。浇筑时分为数层,且由深到浅、由低到高,分层进行,但上下层浇筑间歇时间不得超过混凝土初凝时间。在混凝土浇筑施工期间,将浇筑层厚度严格控制在300mm~500cm。振捣器选用70型插入式振捣棒,振捣与浇筑同时进行,振捣时间经现场试验确定,以混凝土粗骨料不再显著下沉并开始泛浆为准,避免漏振、欠振或过振;振捣时遵循“快插慢拔”的原则,且振捣上层混凝土时振捣棒头插入下层混凝土5cm~10cm,以加强上、下层混凝土的结合;振捣棒插入混凝土的间距,不超过振捣棒有效半径的1.5倍,振捣棒的有效半径根据试验确定。该基础大体积混凝土局部采用二次振捣施工工艺,二次振捣时间控制在混凝土初凝前1~3h左右进行。浇筑完成后及时对混凝土面进行多次抹压处理,并在压光后立即进行全面薄膜、保温被覆盖等保温保湿养护,且养护时间不少于28d。

该工程的补偿收缩混凝土加强带采用后浇式浇筑方法,补浇工作在两侧混凝土龄期达到7~14d后进行,加强带两侧使用密孔钢丝网将带内混凝土与带外混凝土分开,以确保加强带的微膨胀效果和结构稳定性。

该工程在4~5月进行大体积混凝土浇筑施工(期间日平均气温范围为8℃~25℃),在施工过程中每4h测量一次基础大体积混凝土原材料的温度、混凝土出机口温度以及冷却水的温度和气温。为及时调整温控措施,要对浇筑体温度进行监测。浇筑体温度的监测方法为沿混凝土浇筑砼厚度方向,布置表层、底层和中心温度测点,测点间距为500mm,每100m²仓面面积设置1组测

点。表层、底层温度分别为浇筑体表面以内50mm处、底面以上50mm处的温度。温控的主要指标是:

- A. 混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不大于50℃;
- B. 混凝土浇筑体里表温差不大于25℃;
- C. 混凝土浇筑体降温速率不大于2.0℃/d;
- D. 拆除保温覆盖时混凝土浇筑体表面与大气温差不大于20℃。

发现混凝土温度监测结果异常时及时采取相应的措施。温控措施根据以下原则或方法进行实时调控:

- A. 控制混凝土出机温度,调控浇筑温度在5℃~28℃区间;
- B. 升温阶段适当散热,降低升温峰值,当升温速率减缓时,及时增加保温措施,避免表面温度快速下降;
- C. 在降温阶段,根据温度监测结果调整保温层厚度,但要避免表面温度快速下降。

基础大体积混凝土测温需要在终凝后2h~4h展开,测温时间间隔在混凝土浇筑后1~3天间隔两小时、4~7天间隔四小时,8天以后间隔八小时进行一次测量。

冷却水管降温时冷却管水温与混凝土温度之差控制在20℃以内,混凝土覆盖后即开始通水(根据温控监测灵活调整),通水时长计算确定(一般10~20d),管中水的流速控制在0.6~0.7m/s,水流方向每24h调换1次。

该工程通过优化施工工艺、采取多项技术措施,有效抑制了混凝土裂缝病害的产生,提高了结构的稳定性,保证了工程质量。

5 结束语

综上所述,基础大体积混凝土施工质量的主要病害是裂缝,因此只有对基础大体积混凝土施工技术要点进行分析,在施工中严格按照技术要点进行施工,才能确保工程的施工质量,实现水利工程的建设目的。

参考文献

- [1]朱秦秦. 水利工程基础大体积混凝土温控与裂缝防治技术[J]. 珠江水运, 2023, (13): 92-94.
- [2]康朴. 水利工程水库大坝基础大体积混凝土温控养护技术研究[J]. 四川水利, 2023, 44(02): 73-76.

作者简介: 翟鸿杰(1978.12-), 男, 汉族, 河南省焦作市人, 大学专科, 研究方向: 从事水利行业工程监理工作。