

对权重值进行相似化检验，得到 $C_R = 0.036 < 0.1$ 。因此一致性检验较好，进而说明风险因素的重要程度判断矩阵合理。

钢桁梁顶推施工中的 1 级风险因素对应得到权重值为：

$$W^P_U = (0.164, 0.211, 0.285, 0.264, 0.076)$$

根据 1 级风险因素重要程度评判矩阵及相应的权重值计算方法，计算得到 2 级风险因素重要程度评判矩阵及相应的权重值，最终得到 2 级风险因素对应得到权重值为：

$$W^P_{U1} = (0.207, 0.278, 0.264, 0.251)$$

$$W^P_{U2} = (0.218, 0.296, 0.258, 0.228)$$

$$W^P_{U3} = (0.257, 0.278, 0.205, 0.260)$$

$$W^P_{U4} = (0.249, 0.219, 0.228, 0.304)$$

$$W^P_{U5} = (0.302, 0.309, 0.289)$$

3.2.2 钢桁梁顶推施工风险因素总层次权重

钢桁梁顶推施工中的风险因素包含基础施工、钢桁梁拼接施工、顶推施工、落梁施工、人员及环境因素，根据各级风险因素指标对应的权重值，计算得到钢桁梁顶推施工风险因素总层次权重。

$$W^P = (0.034, 0.046, 0.043, 0.041, 0.046, 0.062, 0.054, 0.048, 0.058, 0.074, 0.066, 0.058, 0.06, 0.08, 0.023, 0.023, 0.022)$$

3.2.3 计算灰色权矩阵

根据表 2 的钢桁梁施工风险评价方法，邀请相关技术人员和工程专家对钢桁梁施工风险 2 级风险因素进行评分，进而构建钢桁梁顶推施工评价样本矩阵，在计算钢桁梁顶推施工中各风险因素的白化函数对应的灰类矩阵。

$$v_{11} = (0.317, 0.028, 0.199, 0.182, 0.132, 0.346, 0.266, 0.262, 0.191, 0.061,$$

$$0.068, 0.061, 0.307, 0.082, 0.034, 0.196, 0.121, 0.082, 0.261)$$

$$v_{12} = (0.129, 0.288, 0.16, 0.15, 0.09, 0.314, 0.195, 0.257, 0.193, 0.345,$$

$$0.195, 0.09, 0.319, 0.064, 0.069, 0.262, 0.068, 0.181, 0.283)$$

$$v_{13} = (0.050, 0.270, 0.042, 0.071, 0.048, 0.056, 0.15, 0.237, 0.206, 0.232,$$

$$0.163, 0.285, 0.077, 0.298, 0.172, 0.074, 0.101, 0.293, 0.066)$$

$$v_{14} = (0.054, 0.028, 0.129, 0.000, 0.094, 0.04, 0.009, 0.000, 0.016, 0.000,$$

$$0.044, 0.189, 0.030, 0.000, 0.035, 0.159, 0.137, 0.025, 0.167)$$

$$v_{15} = (0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.008, 0.016, 0.000, 0.000, 0.053, 0.000,$$

$$0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.133, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000)$$

3.2.4 钢桁梁顶推施工灰色模糊评判结果

确定钢桁梁顶推施工最终的灰色全矩阵后，计算风险因素评价价值 X，

$$X = W \cdot V = (0.163, 0.198, 0.157, 0.058, 0.013)$$

根据最大隶属度原则，钢桁梁顶推施工风险因素评价最大值为 0.198，钢桁梁顶推施工风险等级为 2 级，钢桁梁顶推施工风险概率较大，因此在施工过程中因采取必要的加强管控措施。

4. 结语

(1) 针对耐候钢钢桁梁顶推施工风险进行评估，建立了钢桁梁顶推施工风险评估体系。

(2) 基于混合算法对钢桁梁顶推施工风险进行指标量化分析，提高风险分析的精确度，保证了桥梁施工过程的安全性。

(3) 通过对钢桁梁顶推施工风险评估，确定钢桁梁顶推施工等级为 2 级，风险发生的概率较大。根据评判结果，有必要采取相应的安全保证措施，减少风险发生概率。

参考文献

[1]施洲,余万庆,周勇聪,等.桥梁施工风险评估 2020 年度研究进展[J].土木与环境工程学报(中英文),2021,43(S1):198-206.

[2]李仁强.市政道路下穿运营高速铁路桥梁影响分析及风险评估[J].铁道建筑,2021,61(11):57-60.

[3]李海文,鲍学英.基于动态权重-二维云模型的川藏铁路桥梁施工风险评估[J].铁道科学与工程学报,2021,18(06):1650-1660.

[4]施洲,纪锋,余万庆,等.大型桥梁施工风险动态评估[J].同济大学学报(自然科学版),2021,49(05):634-642.

[5]王飞球,黄健陵,符竞,等.基于 BP 神经网络的跨既有高速铁路桥梁施工安全风险评估[J].铁道科学与工程学报,2019,16(05):1129-1136.

作者简介：

姓名：王邢宇 (1998-3)，男，汉，籍贯：山东省青岛市，学历：本科

单位：山东交通学院，研究方向：桥梁工程

建筑工程中大体积混凝土结构施工分析

邹海涛

(中煤第三建设(集团)有限责任公司 安徽 合肥 230000)

DOI:10.12238/jpm.v3i4.4845

[摘要]大体积混凝土浇筑施工在建筑工程领域应用十分广泛，大体积混凝土技术不仅可以增强房屋建筑项目的总体质量，而且应用相关技术，对工人的作业过程进行严格的管控，通过优化施工工艺、加强监管力度以及选用合适材料，全面增强大体积混凝土品质，使建筑更加稳定，施工质量能够达到所要求的指标，确保房建工程的顺利开展，以

此来助力建筑行业的高质量发展。基于此，本文主要分析了建筑工程中大体积混凝土结构施工。

[关键词] 建筑工程；大体积混凝土；施工技术

中图分类号：TU375 文献标志码：A

Construction analysis of mass concrete structure in Construction Engineering

Zouhaitao

(China coal third construction (Group) Co., Ltd. Hefei, Anhui 230000)

[Abstract] mass concrete pouring construction is widely used in the field of construction engineering. Mass concrete technology can not only enhance the overall quality of housing construction projects, but also apply relevant technologies to strictly control the operation process of workers. By optimizing construction technology, strengthening supervision and selecting appropriate materials, mass concrete quality can be comprehensively enhanced to make the building more stable, The construction quality can meet the required indicators to ensure the smooth development of housing construction projects, so as to help the high-quality development of the construction industry. Based on this, this paper mainly analyzes the construction of mass concrete structure in construction engineering.

[Key words] construction engineering; Mass concrete; construction technique

CLC classification No.: tu375 document code: a

引言

在城市高速发展背景下，房屋建筑数量规模急剧增长，大体积混凝土的应用也更为普遍。大体积混凝土是建筑工程建设中的关键技术之一，直接影响建筑工程施工进度，需要加强大体积混凝土施工技术应用研究，优化和改进施工加工工艺，提高建筑工程的整体质量，加大对混凝土施工工艺优化的关注力度，避免大体积混凝土缝隙的发生，提升建筑工程整体社会效益的同时，提高建筑工程建设质量和安全性。

1 大体积混凝土结构施工概念

建筑行业发展过程中，大体积混凝土的浇筑作业需要满足三个条件：第一，断面厚度>50cm。第二，混凝土建筑工程的表面积较大。第三，混凝土建筑工程的体积也较大。大体积的混凝土工作难度较大，因此需要在浇筑过程中有较高的技术，而且浇筑时间要短，速度要快。这样就能有效避免浇筑时间太长而使水泥长时间受热量释放以及内部预应力的影响，而导致固化不完全，可能产生裂缝，从而给建筑工程带来安全隐患，质量不过关等问题。因此，大体积混凝土的浇筑作业在提高技术和浇筑速度的情况下，受到了很多建筑企业的青睐。目前也是一项比较成熟的技术，这也是解决浇筑钢筋混凝土裂缝问题的一项较为有效的举措^[1]。

2 体积混凝土施工的特点

在建筑工程中的混凝土是由胶凝材料和集料组成的复合型工程材料。其中所用的胶凝材料通常是水泥，集料通常用砂石，上述两种材料与一定比例的水混合搅拌可制成工程所用的混凝土。大体积的混凝土施工，由于混凝土体积庞大且数量较多，因此要求大体积混凝土施工就地完成搅拌、浇筑、定型以及后期养护，这其中的每一步都是不可或缺的。在大体积混凝土施工过程当中，工作人员应该根据大体积混凝土的施工特点，制定相应的施工计划，并且能够把握好施工技术及工艺。在大体积混凝土的浇筑过程中，务必强调充分的振捣作业，最大限度保证混凝土整体的结构强度。在浇筑施工完成之后还要对混凝土成品进行完善的后期养护工作，完善整体施工^[2]。

3 大体积混凝土施工质量的影响要素

3.1 温差因素

由于施工温差影响，混凝土结构很容易发生裂缝问题，而大体积混凝土由于单次连续浇筑混凝土数量多、钢筋设置较密，不仅内部会快速升温，且热量也不容易散发出去，因此在短时间内内外部会出现较大的温差，当超过 25℃，形成的温度应力就可造成贯穿裂缝的出现，因此施工期间必须有效控制温度，根据环境温度、浇筑时的温度变化采取合理的防控措施，

以避免因温度应力而引起较大的结构变形，使混凝土质量不达标。

3.2 水泥水化热

水泥浇筑后的短时间内，由于水泥水化热产生了对外的放热性作用，因为这种化学的反应就会导致混凝土内部的温度进行升高。如果是大体积的混凝土，就会因为体积过于的厚大加上混凝土的不导热，使得内外温度有了明显的差别。当这种内外温差有了明显的差别后，压应力就会发生改变，会在大体积混凝土表面出现对应作用力，当这些外力在彼此的影响下，大于自身的拉应力指标时，就会很容易产生开裂状况^[3]。

3.3 混凝土收缩

大体积混凝土施工过程中会应用到水泥材料，而水泥水化过程中，只会吸收很小一部分的水，其余大部分都被蒸发掉了，当蒸发水量超标时，正常施工所需用水偏少，就会产生收缩应力，混凝土出现收缩问题，当应力较大且过于集中时，混凝土结构本身就会产生比较明显的结构膨胀，进而造成混凝土裂缝。而大体积混凝土拥有体积大、浇筑面大等特征，更容易出现收缩裂缝的情况，为了防止收缩裂缝的出现，可从对收缩值会产生影响的添加剂、水灰比等方面着手，在混凝土配合比和原材料选择上多下功夫。

4 建筑工程中大体积混凝土结构施工分析

4.1 配合比设计

当前，合理降低混凝土的配合比，提升抗压强度及泵送性，将为建筑工程大体积混凝土的施工树立良好的标准。对于混凝土的选择，首先要选择混凝土配合比低的粉煤灰，同时，要保证大体积混凝土施工中使用的混凝土配合比小于 270k，外加剂的二次选择应根据建筑工程的相应条件和混凝土的适应性以及具体应用的实际效果而定，尽量选用外加剂作为初凝混凝土减水剂，减少和降低混凝土配合比的组成。对于配比的设计方案，合理降低混凝土的配合比，保证混凝土易施工，提高项目的可靠性是关键目标，参照各个综合要素，最终明确混凝土砂浆配合比^[4]。

4.2 混凝土浇筑技术

第一，浇筑前要先验收模板和钢筋施工质量，检查钢筋和预埋件是否安装准确牢固，确保其达到设计标准要求，并清理干净模板，涂刷界面剂；第二，根据结构施工要求选择合适的浇筑方法，控制好混凝土装车到泵送完毕的时间，避免长时间放置导致性能改变；第三，为了实现无缝浇筑，要保证浇筑连续性，尽量避免浇筑中断；第四，控制好混凝土温度，入模温度控制在 28℃ 以内，并根据现场测温结果控制混凝土结构内外温差；第五，混凝土入模后，充分振捣，根据浇筑方式、表面和泌水处理要求布设振捣点、选择振捣设备、控制振动棒移

动间距和速度，当其表面出现泛浆时即可停止振捣；第六，振捣时要避免钢筋及预埋件位移或变形，加强对定位筋、受力钢筋等的防护^[5]。

4.3 混凝土无缝技术

为了有效防控大体积混凝土裂缝问题，提高混凝土结构质量，最为关键的一项内容就是浇筑在混凝土操作中的作用，通过大量实证可以获悉，只有在房建作业过程中对浇筑技能严谨控制，设立有效标准化的浇筑策略，使用同一标准的方式进行浇筑实施，严禁出现施工人员依照自己的意愿和不成熟的经验完成相应工作内容。浇筑作业人员应该熟知浇筑中的核心技术要领，并依照浇筑标准化程序进行施工。除此之外还应该结合现场的施工状况来看，科学规划搅拌运输工具，尽量保证符合混凝土操作的要求，还应该满足所需数量，阻止出现操作失误的情况。对全部的混凝土输送工具进行下沉力的监控，这样可以规避混凝土在建设期间产生颜色差异或者裂痕新情境的发生。与此同时，浇筑操作者还需获知大体积混凝土建造时的密度与重量，以防发生不良情况，完成浇筑的全面性^[6]。

4.4 混凝土振捣

混凝土振捣操作过程中，需要使用性能良好的振捣棒，采用快插慢拔的方法，快插可避免混凝土的离析，慢拔以保证混凝土填满振捣棒造成的空隙，混凝土分层浇筑时，振捣上层混凝土时应插入下层混凝土约 50mm，以消除层间接缝。振捣棒插入点应分布均匀，相邻插入点之间的距离以不大于振捣棒作用半径（30~40cm）的 1.5 倍，振捣时应避免振捣棒碰触钢筋、预埋件。振捣时振捣棒可直插，也可斜插，但二者不可混用。振捣的时间应控制在 30 秒以内，以混凝土充分填充结构部位，内部气泡不再排出或者排出量很少为振捣密实标准，严禁过振。良好的振捣保证混凝土施工整体的质量，避免因混凝土内部不密实而造成混凝土质量缺陷。

4.5 模板施工技术

建筑大体积混凝土施工前期需要重点分析混凝土结构类型，根据混凝土结构建设要求制作模板、选择模板材料，明确模板工程承载力、尺寸等方面的要求，通过全面考虑，将设计方案的可行性提高，将模板的刚度、强度切实提高，确保和实际需要相符合。在安装模板过程中，要明确地基承载力情况，避免安装后地基发生不均匀沉降，导致模板结构体系不稳定，甚至无法开展正常的混凝土浇筑作业。在模板工程施工中，为了保证大体积混凝土后期脱模阶段顺利地地完成，需要均匀地涂刷脱模剂，该材料可以保证顺利脱模，减少粘附，避免混凝土发生磕碰、脱落等问题，有助于提高大体积混凝土表面的光滑度和平整度。

4.6 温度应力控制技术

第一，从控制温升做起，从其内部热源分析看，可通过添

加粉煤灰、减小砂率等方式,以减少水泥用量,对水化热反应加以限制,再就是水泥品类的选择,在大量使用下,低水化热水泥较为适用,如矿渣硅酸盐水泥,可有效控制发热总量,达到温控的目的。而最为直接的方式,便是对大体积混凝土进行强制降温,较常用的如内部预埋冷水管。

第二,要从搅拌、运输环节,加强对混凝土温控,在向搅拌设备投放材料时,需检测其温度情况,确保满足 $\cdot 5 \cdot$ 运送要求,例如在炎热夏季施工,还需对骨料进行人工降温,如,洒水、遮阳等。还应注意搅拌站站点位置选择,不应离浇筑地点太远,减少浇注温度的不可控变量,而且要备有足够搅拌运输车。

第三,要采取减少约束的措施,由于内、外部约束的存在,使得在温度应力下更易出现裂缝,所以,对其外部约束,以地基约束为例,可通过设计中间层的方式,如设置砂垫层,进而降低约束强度,达到允许自由变形效果。

4.7 钢筋施工技术

大体积混凝土的浇筑需要应用到钢筋技术,只有保证钢筋的结构强度,安全性以及耐用性等数据,才能够保证大体积混凝土浇筑的质量。因此,一定数量钢筋的使用,对于大体积混凝土浇筑段整体结构强度起着不可替代的作用。例如,在基础底部施工过程中混凝土浇筑段中使用一定数量的钢筋,能够提升基础底部施工的结构强度。还可以在墙与柱之间插入一定数量的钢筋,这样的结构对于建筑整体的结构强度的提升也有着十分重要的作用。需要注意的是,由于钢筋处于浇筑体的内部,就对钢筋质量监测的工作造成了不小的难度,故此,需要建筑施工单位在验收钢筋时采取隐蔽验收的方式,以此保证在建筑整体的钢筋使用过程中,所有工序和结构符合施工标准。

4.8 科学应用养护技术

由于大体积混凝土施工质量控制需要,在完成浇筑后,对于大体积混凝土,保温养护是不可或缺的质保措施。而覆盖养护等措施的实施,多是以内外温差控制为目的,需要有足够的养护时长(通常在15d以上),同时,还需做好表面保湿与通风工作,优化大体积混凝土养护环境,提高温度应力的可控性,避免干缩裂缝等病害发生。而对于浇筑初期所出现的塑性裂缝问题,需及时采取处置措施,如,二次压光。保温材料的选择并不固定,薄膜、草袋等均可应用,但要考虑施工环境需要。若混凝土构件地处寒冷地带,还可为其专门搭建保温棚。同时,温度作为关键指标参数,在进行保温养护时,如有需要,可经技术手段加以监测,了解养护期间温度变化,进而方便调整保温措施。

4.9 严格控制材料质量

第一,在人员的选择上要严格,选择责任心强,技术过硬的作业人员,平时还要加强对作业人员的培训,提高他们的责任心和技术水平,平时还应加强考核,倒逼其行为规范,定期检查操作情况。第二,在材料选择上,应选择各项指标都达到要求的材料,材料运输过程中,应该加强对运输温度和环境的把控,确保材料的安全性。材料的管理上,应该选择专人管理,定期监控材料的贮藏温度等。并制定材料管理相关制度。定期开展材料管理的培训,不仅要求材料管理人员,也要要求施工人员提高材料管理的重视程度。第三,借助互联网进行数据分析,记录好材料活性数值,将正常的数值找出来,方便以后对混凝土材料的研究和分析。实际过程中,还要注意误差的分析,对于不同材料的不同问题,要有的放矢地改良处理。

结束语

综上所述,大体积混凝土施工一项综合性较强的工程内容,施工人员需要明确大体积混凝土技术应用要点,掌握这项技术的特点,防止因为技术应用不当或者是操作不规范,而引发混凝土结构裂缝等病害问题。另外,由于大体积混凝土结构非常的复杂,浇筑工程量较大,在具体施工阶段,还需要重视施工风险与施工质量隐患,让大体积混凝土施工技术优势,可以更加高效地在房屋建筑工程当中实施,进而增强房屋建筑工程质量,实现建设目标。

参考文献:

- [1] 李朝, 庞光海, 张涛.大体积混凝土施工技术在房屋建筑工程中的应用探析 [J].陕西建筑, 2020 (6): 62-64.
- [2] 韦兴达.探究大体积混凝土施工技术在房屋建筑工程的应用 [J].城镇建设, 2020 (3): 122.
- [3] 周治江.大体积混凝土施工技术在房屋建筑工程中的应用 [J].江西建材, 2020 (9): 122, 124.
- [4] 李细娥.大体积混凝土施工技术在房屋建筑工程中的应用 [J].建筑技术研究, 2021, 3 (11): 103-104.
- [5] 李同昌, 李同委.大体积混凝土施工质量控制措施[J].城市建设理论研究 (电子版), 2016, 36 (13): 1742
- [6] 李玉国.高层建筑工程大体积混凝土施工质量控制措施[J].建筑工程技术与设计, 2018, 25 (6): 1761.