

超大坡度现浇混凝土斜屋面群快速施工技术研究

金星林¹ 吴林清² 李果³
浙江华东工程咨询有限公司

[摘要]随着城市建设的不断推进,各类建筑均在施工的过程中追求高质量、高颜值的现代化施工方法,特别是景观、娱乐类建筑,为追求美观、震撼的外观采用超大坡度的斜屋面屡见不鲜。超大坡度屋面由于其结构具有面积大、厚度薄且倾斜坡度大的特点,需要在设计时考虑多种荷载因素,如混凝土自重、混凝土温度荷载以及自身徐变等因素,若缺乏一定的考量,整体工程质量以及施工难度均难以得到保障[1]。由此可见合理的设计以及因地制宜的施工方案,对于超大坡度的屋面工程质量具有重要的作用。

[关键词]超大坡度屋面群;快速施工;薄层浇筑

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.1886

引言:

国内建筑界也对超大坡度的屋面施工进行了一些研究与总结。其中大坡度斜屋面作为某种特定风格的体现,具有较为美观的外形是公认的,然而在实际施工过程中,较高的施工难度却也成了棘手的问题,甚至于部分大风频发地区需要考虑风荷载所带来的影响。为解决该类施工难题,学者们提出模板支护施工、合理配筋^[2]、采用低坍落度混凝土以及汽车泵送技术^[3]、混凝土浇筑过程借助铁丝网^[4]等。而更多学者认为需要结合工程实际,采取适应现场环境以及条件的方案进行特定设计,更能够保证施工安全与质量。由此,本文根据实际工程,通过结合现场实际需求与限制,在充分发挥超大坡度斜屋面结构美观、保温效果好的特性基础上,给出一种关于兼顾施工质量与施工效率的一种快速施工技术的研究。

一、工程概况

工程位于浙江省杭州市某地区,地处亚热带季风气候,夏热冬温,最热月平均气温一般高于22摄氏度,最冷月气温在0-15摄氏度之间。项目总用地面积106639平方米,拟建一个德式风格的游乐园,由游乐设施、主题馆和配套商业等组成。总建筑面积 28538.93 平方米(含架空层),其中地上建筑面积 22425.16 平方米,占地 18676.98 平方米。地上分共 17 幢楼,均为多层,地下为车库,战时为人防。建设单位要求高度还原建筑物的德式风格风貌,需建设多个超大坡度斜屋面建筑。建设过程中需兼顾国内节能、环保规范要求,同时整体施工工期较短。在工期紧张的条件,如何快速安全地完成高尖斜屋顶施工是本项目的关键。以下为典型超大坡度屋面结构示意图:



图1. 1#楼超大坡度屋面结构示意图

整体工程屋面结构造型较为独特,斜屋面坡度均超过30°,图中典型超大屋面斜面底标高为7米,顶标高为17.93m,最大坡度为81°,快速施工无疑也提高了对于施工质量的要求与施工进度中各项工序的难度。因此,本工程结合了施工实际,基于混凝土模拟同条件试验结果论证,形成了一种适用于超大坡度现浇屋面群的快速施工技术。

二、现场快速施工技术研究与与应用

(一) 施工难点与重点

该屋面工程需要兼顾强度、保温、外观以及较短的施工工期等因素,在结构上需要结合需求设计,目前屋面整体由基层、防水层、保温层以及保护层构成,由于屋面存在坡度变化,整体结构较为复杂。同时要求施工工期尽可能短,混凝土屋面浇筑的一次成型以及施工材料的运输效率较为重要,因此结合实际施工,笔者认为在该工程施工过程中,主要重难点如下:

1. 斜屋面整体结构复杂,各分区分层施工需要避免干扰,保证混凝土正常浇筑与一次成型。
2. 在分层分区施工方案下,屋面群各区域需要保证现场调度合理迅速,在保证混凝土坍落度满足需求的前提下,及时运输与施工。
3. 采用的特定混凝土料需做好养护,防止浇筑后干缩裂缝以及温度裂缝的产生。
4. 保温层与防水层在施工铺设过程中应保证与基层、保护层间的整体性,预防渗漏问题的发生。

(二) 分层分区施工方法

本次整体施工流程以五个主要阶段进行划分,以典型屋面结构为例,整体施工流程分为屋盖桁架搭建、基层浇筑与处理、保温防水层施工、保护层浇筑以及瓦片铺设。屋面工程依据施工工程量、斜屋面坡度进行分区,其中基层与保护层分条带进行薄层浇筑,屋面群施工整体按工序进行分层分区施工,混凝土施工主要通过混凝土泵送实现混凝土的高效运输调度与浇筑。其中混凝土泵送采用泵车运输,结合现场资源调度实现了混凝土的灵活运输,为分区施工奠定了实际基础。整体施工围绕1#屋面进行资源调度,具体资源调度方向见下图:

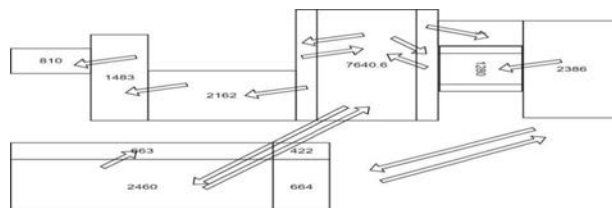


图2. 主要屋面群施工资源调度方向示意图(工程量: m²)
采用该方法后充分调度现场施工资源,主要施工区已由

浇筑区域转移向待浇筑区域，施工工期可由210天缩短至160天，有效缩短了屋面群实际施工工期。

（三）材料选用与施工

该项目中的最大屋面坡度为81°，相较于以往的斜屋面施工，更加容易产生混凝土滑落导致无法振捣成型与浇筑后混凝土易受力变形等问题。该项目施工方案中通过选用特定材料与薄层分条带施工等方式，最终实现40mm的保护层混凝土浇筑，实现了斜屋面施工质量保证。

屋面工程采用的混凝土在普通商用混凝土的基础上，通过采用细石作为混凝土骨料，同时加入引气剂与减水剂等外掺剂，使实际施工混凝土材料整体坍落度控制在180mm以下，可在实际施工中极大程度避免混凝土振捣过程中的滑移现象。同时施工过程中，混凝土生产厂家加强级配的监控，做到现场的坍落度波动范围小于2cm，施工现场严禁对混凝土加水，对残存的混凝土不准混入新浇筑的混凝土中，以保证混凝土强度的一致性。

（四）混凝土保温保湿与养护

该项目中混凝土中水配比较低，导致混凝土的水胶比较低，由于水泥在发育过程中水化极易导致混凝土的内在干燥，容易额外加大混凝土的自然收缩，特别在混凝土浇筑早期阶段，混凝土的强度发育不足，极易导致混凝土施工质量下降以及干缩等。同时屋面整体混凝土表面面积较大，受外界温度变化影响大，特别是夜晚混凝土温度下降过程中，混凝土受拉应力增大，引起温度裂缝。由此保温以及养护等措施的合理性设计极为重要，施工采取了以下措施：

1. 保证混凝土养护工作达到本次施工需要程度。混凝土浇筑前必须使模具表面湿润，遇到面积较大时，要用草包加以覆盖，同时浇水保持混凝土湿润。本次施工养护周期不得少于十四昼夜。

2. 采用水化热低的水泥，采取如作业面喷雾降温、遮阳等人工降温的措施，掺用缓凝型的减水剂，使水泥水化速度减慢，以降低和延缓混凝土内部温度峰值。

3. 屋面混凝土施工气温宜在20℃~35℃之间进行。为保证实际施工过程中混凝土的温度控制在合理范围，工程中模拟现场的实际施工条件浇筑了同条件养护混凝土时间，经多次试验与措施调整后，方案结果证明，在上述同条件养护试件实验统计工期内，混凝土内部温度最高温度控制在35℃以内，日变幅控制在4℃以内，经计算满足了对于温度变化幅度控制的需求，使整体屋面结构保有一定的安全裕度。上述检测资料汇总作为本工程改进配合比以及养护方案设计的主要依据。

三、质量控制与验收

由于本次施工工期较为紧张，特定工程问题的限制以及施工工期短的要求，在实际的施工过程中要求保证混凝土的配合比一致的需求同时也需考虑混凝土泵送工艺的需求。由此本次施工过程中我们对屋面混凝土工程质量控制结合实际推出了如下要点：

1. 严格控制混凝土的质量波动：其措施是加强混凝土施

工各环节的管理，要求生产厂家加强级配的监控，做到现场的坍落度波动范围小于2cm，现场由技术人员全程指导施工，施工现场严禁对混凝土加水，对残存的混凝土不准混入新浇筑的混凝土中，以保证混凝土强度的一致性。

2. 严防干缩裂缝温度裂缝的产生：其措施是控制混凝土的入模温度和混凝土表面水分的蒸发速度，控制好混凝土表面二次抹面的时间。保证薄膜完全覆盖、及时表面浇水以及保温防晒措施，加强养护。

3. 施工过程中避免胀模及支撑系统失稳：泵送混凝土的质量控制实质上是可泵性及强度的控制，也就是从原材料的材质，配合比设计、泵送工艺到成型后强度的系统管理。其措施是对模板进行侧压力计算，确保支撑的安全度，泵送管道严禁靠近支撑，防止泵管的脉冲振动而导致支架的倒塌，泵送软管要经常移位，不要在局部长期冲击振动。

4. 严核完工后屋面施工质量：细石混凝土表层应平整、不得有裂缝、起壳、起砂等缺陷，平整度要求为5mm。

5. 保证分层分区施工后屋面工程整体性：保温板施工应满足施工验收规范的规定应紧贴基层铺设，铺平整稳，标高正确。

6. 同条件试验试件复核：做好各区域施工过程中浇筑混凝土强度试件及物件（部位）同条件试件的预留。根据试件的实际强度发展以及质量情况，表示及时作出现场施工策略调整。

经过现场施工验收，目前屋面施工效果良好，经现场航拍与巡视，屋面无明显缺陷，达到施工的标准。

四、结束语

随着工业4.0时代的到来，土建施工现场调度、施工、监测等各个方面都趋于智能化、现代化，施工效率、质量都会进一步得到发展。相对的也会对现场调度方案、施工方案、质量控制提出更高的要求。本施工技术的使用，作为将现有的各类新兴技术整合成一套快速施工方案，较好地解决了高难度施工项目的特定工程问题，可作为同类工程推进施工方案优化过程中可以借鉴的典范。

参考文献：

- [1] 陈思邦, 陶梅果. 现浇混凝土坡屋面结构施工技术研究[J]. 砖瓦, 2020(10): 165-166.
- [2] 翟原浩. 浅谈大坡度斜屋面施工中如何降低施工难度提高施工质量[J]. 居业, 2021(06): 115-116.
- [3] 雷乙文. 一种超大坡度斜屋面结构施工方法[J]. 房地产世界, 2021(12): 91-95.
- [4] 张云霞. 建筑大坡度斜屋面结构施工技术探究[J]. 建材与装饰, 2020(16): 10-11.

作者简介：

通讯作者：金星林，男，汉族，1984年5月生，浙江省台州市，本科，浙江华东工程咨询有限公司，项目经理，高级工程师，研究方向：土木工程。