

浅析铝合金模板体系混凝土麻面、气泡控制措施

金其军 程大伟

浙江省三建建设集团有限公司

摘要：铝合金模板具有周转率高、可重复利用率高、施工效率高、快拆体系、刚度大、质量控制精度高等显著优点，目前铝合金模板支撑体系在各行业中得到越来越多的应用，尤其是建筑施工领域。但是，在应用的过程中也暴露了使用铝合金模板支撑体系的不足之处，混凝土结构成型后表面出现较多麻面、气泡等外观质量缺陷。现针对此类问题，以浦江·绿谷云溪（三期高层）项目为工程背景，分析铝合金模板支撑体系混凝土结构麻面、气泡产生的原因和影响，研究混凝土结构麻面、气泡控制的方法及措施，以提高铝合金模板支撑体系的施工质量。

关键词：铝合金模板支撑体系；混凝土；麻面；气泡；控制措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.02.028

引言

模板支撑体系是建筑施工中必不可少的主要施工周转材料，相较于传统的木模板支撑体系，铝合金模板支撑体系具有深化设计模数化、工厂生产标准化、现场施工装配化，结构实体控制精度高等显著优点。具有更高精度的面板系统，具有稳定可靠的快拆支撑体系，大幅提高了主体结构施工效率和模板周转次数，符合绿色低碳环保施工的行业发展趋势。同时，铝合金模板支撑体系因其施工质量精度较高，结构可达到免抹灰标准，在缩短工程总工期的基础上节约工程成本。因此，在建筑领域快速建造体系中，铝合金模板技术被广泛应用，而使用铝合金模板支撑体系的混凝土结构成型后由于受到各种因素的影响，混凝土表面出现麻面、较多气泡的质量问题，且此类混凝土结构表面缺陷通常容易不被重视，但大量的气泡产生不仅会影响混凝土结构的外观质量，而且降低了混凝土结构耐腐蚀性能和混凝土结构的耐久性，最终，降低了混凝土结构的强度。通过分析使用铝合金模板的混凝土结构表面产生较多麻面、气泡的原因和影响因素，研究气泡控制的方法来提高工程的施工质量。

一、工程概况

浦江绿谷云溪（三期高层）项目工程地点位于金华市浦江县义浦公路以北，总用地面积34264.12m²，占地面积7537.97m²；地上116067.60m²，地下36814.12m²，总计152881.72m²，其中1#、2#、6#、7#楼为32层高层住宅，建筑总高度为96.5m，主体结构为剪力墙结构，标准层层高为3.0米，墙厚200mm，梁尺寸为200*700mm，200*600mm，100*400mm等，板厚为10mm、120mm和150mm。本工程1#、2#、6#、7#楼现浇结构采用铝合金模板支撑体系。

结合本工程实例，铝合金模板拆除后，部分剪力墙混凝土结构表面存在大量麻面、气泡等外观质量缺陷，

主要分布在剪力墙中下部，剪力墙上部及梁板等水平构件中较少。混凝土构件中大量的气泡产生不仅会影响着混凝土结构的外观质量，而且降低了混凝土结构的耐腐蚀性能和混凝土结构的耐久性，最终，降低了混凝土结构的强度。

二、铝合金模板的优势

（一）施工周期短

铝合金模板经过深化设计，对整套模板进行分割，形成相应的固定尺寸的模板，现场通过拼装形式进行施工^[1]，基于本工程一个标准楼面，能将铝合金模板支撑体系工期缩短至2天，大大的缩短了本工程的施工工期。

（二）强度高、施工精度高

厂家根据深化设计图纸，进行工厂机械化生产，经过技术熟练的工人现场拼装，得到固定尺寸的铝合金模板体系，通过相应的加固支撑措施及铝合金模板自身的刚度大的特点，可达到非常高的精度，结构实体垂直度、截面尺寸等质量能得到有效保证。

（三）可重复利用率高

因铝合金模板自身刚度大，可以周转使用几百次^[2]，即使因周转次数过多或者因现场施工原因造成部分铝合金模板损坏时，可及时进行更换。铝合金模板支撑体系为常规尺寸，因此能做到不同项目之间的平衡使用，能大大节约工程成本。

三、气泡产生的原因及分析

（一）混凝土原材料影响

通过收集混凝土厂家提供的配合比单，发现所有铝合金模板的混凝土配合比均和木模板一致，混凝土的配合比并未考虑铝合金模板气密性强和容易与混凝土中的碱发生反应产生气泡等因素，同时未减少混凝土的用水量和未兼顾外加剂的配合使用，导致气泡大量产生，并且无法排除，从而使混凝土产生麻面、气泡等外观质量缺陷。

1. 混凝土水灰比

水灰比是影响混凝土和易性的重要因素之一，混凝土水灰比越大浆体的稠度越大，会形成大量的气泡，同时，气泡排出的难度也越大。反之，混凝土水灰比越小，浆体的稠度越小，气泡不易产生，气泡排出相对容易，但混凝土蒸发多余的水后形成的气泡增多。过大的水灰比会出现水分过度饱和，使得混凝土的引气剂等外加剂工程受到影响^[3]，由此可见，水灰比不宜过大，应严格按照设计要求的水灰比配置混凝土，减少气泡的产生。

2. 混凝土掺合料

在保证混凝土强度的同时，掺一定量的粉煤灰替代部分水泥，能降低混凝土成本，改善和易性；另外，粉煤灰中的碳有一定吸附气泡的能力，能增加混凝土的

粘聚性，减少内部气泡的聚合，使混凝土气泡溢出到混凝土面的机会减少，但掺量较多时又会增大混凝土黏度，影响气泡溢出。

3. 混凝土外加剂

混凝土通过掺加减水剂和引气剂等外加剂来改善混凝土的流动性，提高混凝土的性能。使用外加剂后，即使是较低的水灰比，较小的浆体稠度，混凝土的流动性也可以通过外加剂来进行调整，满足相关工作性能的要求。当然，外加剂是通过产生一些气泡来改善混凝土工作性的，也使混凝土中引入了一定量的气泡，尤其是使用部分高性能减水剂，有部分厂家处于对成本的考虑，并未对其中产生的气泡进行相应的消除处理，造成混凝土在拌制的过程中产生了较大的气泡，在混凝土运输或振捣过程中，小气泡聚集成在一起形成了大气泡，并最终形成混凝土气泡附着于铝合金模板表面。

4. 混凝土掺和料、粗细骨料级配

混凝土掺和料是提高混凝土连续级配的产物，可以有限提高混凝土的强度，但混凝土配合比中掺和料添加量过多会产生大量的气泡，过多的掺和料会使混凝土粘稠性增大，影响混凝土的和易性^[4]，阻碍了气泡的顺利排除，这也是混凝土结构表面麻面、气泡等外观质量缺陷产生的重要原因。

混凝土粗细骨料的均匀程度直接影响着混凝土的连续级配，当混凝土粗细骨料不均匀时，粗细骨料颗粒级配不合理，或粗骨料针片状颗粒含量偏多，混凝土的内部空间不饱满、有间隙，为气泡的产生和藏身提供了有利基础，这也是导致混凝土结构产生麻面、气泡等外观质量问题的因素。

(二) 材料影响

1. 脱模剂

专用脱模剂对混凝土表面气泡产生的影响也较大，润滑度较差的脱模剂，不能保证混凝土浇筑时气泡顺利排出。结合本工程实例，使用专用油性脱模剂的剪力墙墙体拆除铝合金模板后，结构表面出现的气泡较多；使用专用水性脱模剂的剪力墙墙体拆除铝合金模板后，结构表面出现的气泡较少，且位置较为分散。通过对油性脱模剂和水性脱模剂在同一部位、不同构件使用后的实体质量情况进行对比和分析，专用油性脱模剂较粘稠，混凝土浇筑时气泡排除路径不通畅；水性脱模剂溶于水后形成润滑度较高的表层，能够保证混凝土浇筑时气泡顺利排出。与此同时，专用脱模剂是否涂刷均匀对气泡能否顺利排出的影响也很大。如表1

表1 不同脱模剂使用后对比情况表

| 脱模剂使用 | 检查点数 | 麻面（气泡）面数 |
|------------|------|----------|
| 使用专用油性脱模剂后 | 100 | 95 |
| 使用专用水性脱模剂后 | 100 | 5 |

2. 铝合金模板原材料

铝合金模板不同于木模板体系，拉片式铝模板因其高度精密为无缝铝模，模板拼缝严密，模板之间采用销钉拉片进行加固连接，模板之间气密性极强，会使混凝土原材料和施工工艺中产生的气泡难以排除。同时，铝

合金模板中的金属铝元素易与混凝土中的氢氧化物及硅酸盐等复合强碱性物质发生化学反应，产生大量的氢气附着于铝合金模板表面，最终难以排除，导致混凝土结构产生麻面、气泡等外观质量缺陷。

(三) 施工工艺影响

1. 模板构造

铝合金模板为快拆体系，模板拆除后应及时对模板表面进行清理，并均匀涂刷专用水性脱模剂，当铝合金模板表面混凝土残渣未清理干净，致使浇筑混凝土时，在残渣周边会与新浇筑的混凝土形成空隙，式产生的气泡藏身在这部分空隙内，同时，模板表面的残渣也会阻碍混凝土浇筑时气泡排出的路径，容易导致混凝土结构表面产生麻面、气泡。

剪力墙模板底部与楼板之间存在约1.5cm的缝隙，结合本工程实例，在浇筑混凝土时若底部缝隙未封堵，剪力墙内的混凝土浆通过底部缝隙流失，致使剪力墙底部混凝土不密实，模板拆除后出现大量麻面、气泡及烂根的质量缺陷。

2. 混凝土浇筑方式

1) 由于铝合金模板体系产生的麻面、气泡外观质量缺陷主要集中于剪力墙等竖向构件之上，在混凝土浇筑时，因气泡附着于铝合金模板上难以排除，且气泡排出的路径较长，因此在剪力墙等竖向构件混凝土浇筑时，应分层浇筑、分层振捣。结合本工程实例，分层厚度过大会超出振捣的有效范围，导致混凝土中的气泡无法正常排除，模板拆除后结构表面气泡较多。根据相应的规范和经验，分层厚度大约为400~600mm时，结构表面产生的气泡较少。

2) 混凝土的浇筑工艺显得尤为重要，混凝土超振、漏振及振捣不足时均不利于气泡的排除，超振会使混凝土内部的气泡在机械振捣的作用下破裂后又重新生成；漏振会使混凝土浇筑不密实，混凝土内部会残留大量的气泡，甚至会出现蜂窝的现象；振捣不足致使混凝土内部的大量气泡未全部排出，当模板拆除后，混凝土结构表面麻面、气泡现象严重，混凝土构件不密实。

3) 振捣棒的使用方法不正确也会影响浇筑时混凝土内部气泡的排出，结合本工程实例，振捣棒“快插慢拔、垂直于混凝土面、深入50cm、持续7~15秒”的正确振捣方式使得新浇筑的混凝土更加密实，有利于混凝土内部的气泡顺利排出。经过现场试验发现，振捣棒上下垂直拔出比倾斜拔出更能抑制气泡的产生。

3. 技术交底不到位、工人质量意识差

结合本工程实际，通过查阅技术交底文件，发现项目部未针对剪力墙结构混凝土浇筑工艺进行详细交底。通过现场检查发现，泥工班组振捣工人存在质量意识淡薄、麻痹大意现象，混凝土浇筑及振捣时未严格按照操作规程施工，混凝土施工未分层浇筑、分层振捣，导致气泡难以排除，最终导致混凝土结构表面产生麻面、气泡等外观质量缺陷。如图1。

四、气泡控制的措施

(一) 混凝土原材料控制

商品混凝土厂家实验室根据本工程的特性通过不断

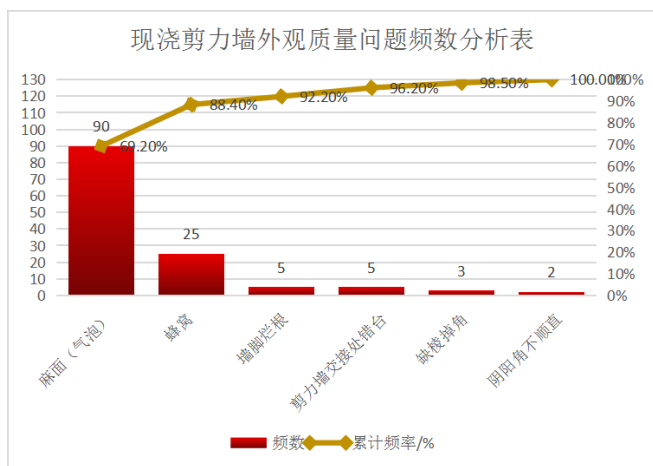


图1 剪力墙等竖向结构主要外观质量问题

的调整混凝土配合比，最终确定适合本工程铝合金模板的混凝土配合比，并对混凝土的原材料进行严格把控，根据连续级配情况选择合适的砂率和粗细骨料，根据实际情况适当调整混凝土中的外加剂含量，减少或去除引气剂使用，同时控制混凝土的水灰比，减少混凝土的用水量，使混凝土自身气泡产生减少，从源头对混凝土气泡的产生进行严格发把控。

（二）铝合金模板材料的控制

铝合金模板在进场投入使用前对模板表面涂抹一层油性脱模剂，这样可以起到对铝合金模板表面隔离层的保护作用，减少铝合金模板中的铝元素和混凝土中的碱的化学反应产生气泡。当铝合金模板在周转使用时，必须保证模板拼装前表面干净整洁、无混凝土残渣、无油污。模板采用润滑度较高、质量较好的专用水性脱模剂，涂刷厚度宜在2mm左右，且必须保证涂刷均匀，确保混凝土浇筑时混凝土气泡能顺着铝合金模板面顺利排出。

（三）分层浇筑

结合本工程，主楼标准层剪力墙高度为3米，混凝土浇筑时，严格执行混凝土分层浇筑施工工艺要求。严格控制每次下料厚度在400~600mm之间，配合分层振捣，当混凝土中的气泡完全排出后再浇筑第二层混凝土。混凝土采用分层浇筑时，振捣棒应插入上一次浇筑完层面以下50mm进行第二次振捣，使第一次振捣完成的混凝土衔接面气泡顺利向上排出，同时，可确保混凝土结构密实性。

（四）混凝土振捣

使用插入式振动器应快插慢拔，每一插点要掌握好振捣时间，振捣棒应与混凝土表面呈垂直角，直至混凝土不大量冒气泡，混凝土表面不再出现沉陷，表面浮出灰浆为准，逐点振捣，保证必要的振捣搭接范围，按顺序进行，不得遗漏，做到均匀。移动间距不大于振动棒作用半径的1.5倍（一般为300~400mm）。振捣上一层时应插入下层混凝土面50mm，以消除两层间的接缝。

加强剪力墙、柱等竖向构件的混凝土分层浇筑、分层振捣工作将很大程度的解决墙体气泡问题。

（五）剪力墙模板底部缝隙处理措施

混凝土浇筑之前，剪力墙模板底部与结构楼板间的缝隙采用与混凝土相同强度的砂浆进行封堵，防止混凝土浇筑时浆体通过底部缝隙流失而造成剪力墙底部麻面、烂根等外观质量缺陷。

（六）加强操作工人技术交底、提高质量意识

编制完善的剪力墙等竖向结构的浇筑、振捣施工工艺和技术交底，组织泥工班组定期开展相应的技术交底工作，确保铝合金模板剪力墙结构外观质量。

五、社会及经济效益

（一）社会效益

铝合金模板作为一种新技术材料，能大大提高混凝土结构的实体质量，本次QC活动很好的解决了铝合金模板现浇剪力墙结构的外观质量问题，使混凝土结构的整体质量得到了进一步的提升，得到了建设单位、监理单位及质监站的好评，为后续本工程创优夺杯打下良好的基础。

（二）经济效益

通过本次QC小组活动，成功的提高了现浇剪力墙结构的外观质量，同时，节约了因混凝土外观质量问题带来的修补人工费用共计25600元，修补用高标号灌浆料、细石混凝土等材料费用6400元。本次QC小组活动总计节约成本32000元。如表2。

表2 节约成本情况表

| 方案 | 每层节约费用（元） | 每栋层数（层） | 楼栋数（栋） | 节约费用（元） |
|----------|-----------|---------|--------|---------|
| 节约人工费用 | 200 | 32 | 4 | 25600 |
| 节约材料费用 | 50 | 32 | 4 | 6400 |
| 总节约费用（元） | | | 32000 | |

六、结语

本工程主体结构质量目标为获得金华市优质结构奖，混凝土成型质量及外观效果直接影响工程质量目标的实现，本文主要从分析铝合金模板体系混凝土气泡产生的原因、气泡难以排除的主要因素，最终提出减少和排除气泡的控制措施。控制铝合金模板施工工艺下的混凝土结构表面麻面、气泡的产生，一方面从混凝土原材料、铝合金模板这个源头抓起，合理优化混凝土配合比、水灰比和用水量，对铝合金模板进行及时维护，做到对混凝土质量的全面管控；另一方面，必须提高铝合金模板体系混凝土浇筑、振捣质量，提高操作工人的质量意识，规范施工，切实提高铝合金模板体系的混凝土实体及外观质量。

参考文献

- [1] 陈飞. 浅析铝合金板使用的优劣. 技术与应用, 2020, 09: 223.
- [2] 王宗瑞, 张榆, 王军阵. 基于铝合金模板的混凝土结构表面气泡的控制研究. 施工技术. 2020, 14: 69-72.
- [3] 《组合铝合金模板工程技术规范》JGJ386-2016.
- [4] 《混凝土结构工程施工规范》GB50666-2011.