

施工工艺对混凝土膨胀加强带抗裂效果的作用机制探究

李文祥 徐瑜洵 王旭博 许广进 李江

中国建筑第五工程局有限公司，湖南 长沙 410000

摘要：在建筑工程中混凝土膨胀加强带的抗裂特性对结构稳定与耐久性意义重大，文章以火山引擎长三角无为算力中心软土地基项目为切入点，深入探讨施工工艺如何作用于混凝土膨胀加强带的抗裂机制，在剖析现存不足的基础上提出解决方向，同时对未来趋势略作研判，试图为增强抗裂性能、确保建筑结构质量注入理论与实际操作依据，助力建筑行业高质量发展。

关键词：施工工艺；混凝土膨胀；加强带抗裂；效果；作用机制

建筑行业快速发展的浪潮下，大型建设项目如雨后春笋般涌现，以安徽省无为市经济开发区的火山引擎长三角无为算力中心项目为例，其场地地貌归属于河漫滩区域，形成原因为河流长期冲刷与淤积作用交织的结果，区域内主要岩土构成是淤泥质粉质粘土含砂粒结构，这种土壤表现出较高的含水率与显著的孔隙比特征，从地表深入 3.0-20.0m 之间大范围呈现厚层状分布，部分地段夹杂砂土层级配较差且性状不一。这一现状导致场地荷载承受能力较低、整体稳固性不足现象表现较为鲜明，属于典型的软土地基表现类型。在这样的地基上开展建设工作时，混凝土结构面临极为严格的要求，而混凝土膨胀加强带作为裂缝控制的关键环节，其抗裂性能直接影响着建筑结构的安全性与长期稳定性，在实际施工过程中工艺的差异往往致使膨胀加强带的效果不够稳定，从而需要深入研究施工工艺对膨胀加强带作用机制的影响方式，这逐渐演变为保障工程质量并确保工程推进过程高效流畅的重要前提。

1 施工工艺影响混凝土膨胀加强带抗裂效果的问题

1.1 混凝土原材料的选择与配比问题至关重要

火山引擎长三角无为算力中心项目中，混凝土原材料搭配不合理直接拖累了膨胀加强带的抗裂表现，软基条件让混凝土自身必须拥有较高的抗裂性能，但一些施工方挑选水泥时对水化热特性未给予足够重视，采用了水化热偏高的水泥后，硬化过程中释放大热量成为必然，内部温升加速并形成显著温差，从而引发温度应力波动，裂纹生成的风险随之增加，同时骨料方面粒径、级配状态和含泥量的作用同样显得尤为关键且不容小觑。骨料粒径一旦偏小或者级配不够理想，混凝土内部空隙率就容易升高，导致填充用的水泥浆需求量增加，这就直接推高了成本，并且水泥用量上升还会促使收缩问题变得更加棘手，这显然是不容轻视的因素；如果骨料含泥量较高，粘结强度便难以保证，与水泥之间的牢固性下降后强度会大打折扣，同时抗裂能力也会随之减弱，这种现象需要格外留意；至于膨胀剂的选型和掺量则更具复杂性，不同品类性能差异显著，倘若选用不当或者配比失当，很难让混凝土内部产生适度的膨胀以平衡收缩效应，这样一来裂缝问题便会悄然出现。

1.2 混凝土浇筑施工工艺问题

混凝土浇筑工艺对膨胀加强带的抗裂性

能影响显著，然而项目暴露出的问题不容小觑，像浇筑流程杂乱无章这类情况，在大体积混凝土施工中，若推进方式选用不当，随意处置而非按分层逐步实施，应力分布便可能失序，膨胀加强带与其周边区域协调性就会变差，抗裂能力随之削弱，再者振捣环节也存在疏漏，此环节是密实性保障的关键，倘振捣不充分，充满缝隙的混凝土便会成为潜在裂纹滋生的土壤，隐患加剧也就在所难免。膨胀加强带区域若振捣不够密实，膨胀剂难以均匀分布，其膨胀效能便会大幅削弱，抗裂能力也随之降低；再看浇筑过程中施工缝的布置不当，施工缝本就是混凝土结构中的薄弱环节，在膨胀加强带附近随意设置施工缝，整个加强带就会像被切断般失去完整性，裂缝极可能在施工缝处显现，这样一来，结构整体的抗裂性能必然受到牵连。

1.3 混凝土养护工艺问题

混凝土养护工艺和膨胀加强带抗裂效果的关联不容小觑，然而在火山引擎长三角无为算力中心项目中，养护环节存在缺陷却不容忽视，尤其是养护时间不足的情况较为普遍，混凝土浇筑后必须依赖充分的时间才能完成水化反应以形成稳定结构，若养护时间不够，强度便难以达标，无法应对外部收缩产生的应力威胁，开裂风险随之加大。尤其是在膨胀加强带这种特殊结构中，内部掺入的膨胀剂需在充分的温湿条件下维持持续反应，若养护时间不足，其应有的膨胀效能很难完全释放，对抵抗混凝土自身收缩的效果就会大打折扣。养护方法不到位的问题较为突出，尤其是在软土地基这种特殊条件下，温湿度变化强烈，若不结合具体情况调整养护手段问题就来了，高温时段保湿工作跟不上的话混凝土表面水分迅速流失干缩裂缝随即出现，低温时段要是未做好保暖内部降温太快温度裂缝便容易冒出来，还有养护湿度分布零散有的区域水多了，有的区域又干得很导致混

凝土各处收缩快慢不一，裂缝产生的可能性大大提升。

2 提升混凝土膨胀加强带抗裂效果的施工工艺优化策略

2.1 优化混凝土的原料选择与配比

火山引擎长三角无为算力中心项目中，优化混凝土原材料及其对比对提升膨胀加强带抗裂能力颇为关键，水泥的选择则直接关联着混凝土内部温度的调控效果，低热矿渣硅酸盐水泥因其水化热偏低且放热量较为平缓而广受关注，相较于普通硅酸盐水泥其在硬化过程中的温升更加柔和，在软土地基工程里这种优势尤为突出，使用它时混凝土内部最高温度有望降低 10 - 15℃，这对改善温度应力状况助益显著。

骨料粒径及其级配状况会直接影响混凝土空隙率与水泥用量，当选用粒径适中并具有良好的连续级配的骨料时，颗粒间的填充效果随之改善，空隙显著减少，对水泥浆的需求也会进一步削减；例如使用 5-25mm 连续级配碎石充当粗骨料并搭配中砂用作细骨料，则能够让混凝土的空隙率降低 5%-8%，同时还能减少水泥用量，进而削弱因收缩效应而引发的形变程度；另外严格控制骨料含泥量以确保其符合标准同样非常重要，毕竟过量的含泥可能致使骨料表面附着一层泥膜，干扰水泥石材料与其之间的有效粘结从而拉低整体性能强度，当将骨料含泥水平限定在 1% 范围内，预计混凝土抗压性可上升达到 10%-15%，此外其自身抗裂特性则会出现尤为明显地优化表现趋势。

软土地基上混凝土膨胀加强带对膨胀剂的选用与掺量要求极为严苛，硫铝酸钙类膨胀剂因具备稳定的表现常常脱颖而出，在试配中发现其掺量维持在 6%-8% 区间较为适宜，硬化过程中产生的微膨胀足以抵消收缩效应，试配期间务必综合考量混凝土自身配合比以及施工环境中的温湿度等因素，以保障材料

性能适中而不会因过度作用引发结构隐患，骨料特质和水泥指标会扰动水灰比及砂率等参数的调整方向，例如适度下调水灰比有助于提升混凝土的密实与强度并强化抗裂能力，科学调配砂石比例亦可优化整体性质以限制裂缝扩展。

2.2 改进混凝土浇筑施工工艺

提升混凝土膨胀加强带的抗裂性能，优化浇筑工艺显得尤为重要，均匀分布混凝土内部应力需要合理的施工顺序支持，在火山引擎长三角无为算力中心的大面积混凝土作业中，采取了单侧推进并分层实施的策略，每层厚度控制在 300 至 500 毫米之间，如此操作使得混凝土散热更趋均衡，局部过度集中温升带来的应力风险得到缓解。对于膨胀加强带区域，施工时优先浇筑两侧普通部分，待其初凝稳定后转入带内处理，这样的安排不仅提升了材料交互的契合性，还从多方面改进了整体性能与稳定性，同时在一定程度上减少了裂缝隐患的出现几率，有大型工程实例表明，按照此法实施后，连接部位开裂情况降低了大约三到四成。

振捣环节直接关联混凝土密实度与膨胀剂分布状况，主要借助插入式振捣棒展开操作，判断时长的依据在于表面不再出现气泡且形成泛浆为止，单点通常维持在 20 至 30 秒便可满足需求，振捣间距不宜过大，应根据振捣棒有效半径设置合理间隔才能保障密实效果，膨胀加强带区域抗裂性能与膨胀剂是否均匀弥散紧密相关，这就需要增加一定的振捣频次，经过多一两次的额外振捣，以促进膨胀剂更彻底地扩散，可使其分布均匀性提高大约 20%-30% 范围，进而让抗裂能力获得显著优化。

施工缝布置需格外留意，尽量避免出现在膨胀加强带附近，这是为了保持其完整性，但若确实因施工必要无法避开，则要选择应力较低的部位，并严格遵照规范处理细节问

题，比如在施工缝位置增设止水钢板，这一手段可以有效阻止水分渗透，避免施工缝中的混凝土由于水侵而性能下滑。此外还需重视钢筋连接效果，可采用延长钢筋锚固长度、运用焊接或机械连接方式等做法增强连接强度，这不仅能够提升抗裂性能，还可保障膨胀加强带的整体性不被破坏进而影响整体结构。

2.3 完善混凝土养护工艺

保障混凝土膨胀加强带的抗裂效果，养护工艺的优化堪称重中之重，在火山引擎长三角无为算力中心项目中，软土地基条件与混凝土类型直接影响了养护周期的设定，尤其是膨胀加强带这种特殊混凝土，养护时长起码需维持两周以上，这不仅关系到强度的稳步形成，也是确保膨胀剂完全反应的必要条件，早期混凝土强度增长快速，水泥水化过程则依靠水分供应和温度控制来维系稳定性，像前 7 天需让表面维持湿润，延续至 28 天便能强度额外提升大约 10%-15%，为抗收缩应力增添一层可靠的基础。

软土地基环境对温湿度波动较为敏感，采取多样养护手段显得尤为必要，高温天气常采用洒水保湿措施，在混凝土表面覆盖麻袋或土工布，这类材料既能锁住水分避免蒸发，又能起到隔热作用，进而缓冲混凝土内外温度差异，降低干缩裂缝风险，低温状态下则倾向于保温处理，如包裹棉被或者覆上塑料薄膜，以减缓内部温度快速流失，防范因温度骤降导致的开裂情况。

3 施工工艺对混凝土膨胀加强带抗裂效果的作用机制及未来发展趋势

3.1 智能化施工工艺应用

在科技迅猛发展的浪潮下，智能化施工方式正悄然融入混凝土膨胀加强带的建设进程，智能传感器被大量植入浇筑阶段用以监测温度、湿度以及应力等动态指标，例如将温度感应装置预埋进膨胀加强带内部捕捉温度

变化数值，当数据突破既定区间时降温模块便随即响应，比如让冷水在冷却管网中循环带走多余热能，与此同时依托物联网技术这些现场采集的信息得以即时上传至监管终端，并通过大数据与 AI 系统对工程状态展开剖析和优化处理，即使混凝土应力分布仅有些许偏离也会诱发振动参数或浇注模式的调整，目的在于保障整体结构可靠并增强防裂性能，除此之外各种智能化器械开始逐步登场亮相，比方说智能振捣器可依据混凝土特性自动匹配振动模式确保其密实性达成预期品质目标。

3.2 绿色环保施工工艺发展

未来混凝土膨胀加强带施工会逐步聚焦绿色环保领域，新型工艺渐渐占据核心位置，例如生态水泥利用工业废渣研发而成，这种模式不仅降低了能耗与碳排放，而且提升了混凝土的性能使其抗裂性更强，再生骨料替代部分天然骨料有助于缓解资源紧张，在膨胀剂选择上偏向环保材料，其性能稳定还能降低环境负担，节能设备引入成为施工中的关键环节，同时废弃混凝土的处理需要进一步加强，通过将其转化为再生砖或用于道路基层建设来实现循环利用，既削减了污染又推动了绿色施工发展目标的达成。

3.3 高性能混凝土材料与施工工艺的协同创新

高性能混凝土材料与施工工艺的协同创

新可进一步优化膨胀加强带的抗裂效果，材料方面重点转向开发超高韧性、低收缩、高抗渗特性的新型混凝土，比如利用纳米材料或纤维材料对微观结构加以改良，间接促成抗裂性能提升，而从施工角度看，则要匹配高性能混凝土特性来调整流程和参数，像掺入纤维材料后需更新振捣方法以保证分布匀称，此外还要深挖材料与工艺的关联模式，形成系统化理论支撑和技术标准体系，从而为工程实践铺路，并使膨胀加强带抗裂水平获得更稳定的支持条件。

4 结束语

软土地基上的火山引擎长三角无为算力中心项目里，施工工艺对混凝土膨胀加强带抗裂效果的重要性越发突出，原材料选择、配比设计、浇筑方式以及养护措施等方面的不足明显削弱了混凝土的抗裂能力，要想提高抗裂性能就需要解决这些短板，调整材料选取及配混理念、改进浇筑方法、强化养护流程成为可行的路径。智能化技术嵌入施工过程、绿色施工模式的拓展、新材料与新工艺协同演进、标准化和精细化工工艺体系逐步构建，正推动行业酝酿深刻变革，这些变化对抗裂能力的提升提供新思路的同时也伴随着潜在挑战，建筑行业相关单位和技术人员需要迅速行动主动应对，通过研究与实践推进工艺更新换代，以促进建筑达到长久稳固与可靠的预期状态。

参考文献

- [1]何光明. 膨胀混凝土施工技术研究[J]. 智能建筑与工程机械, 2020(9):11-12.
- [2]邹培林. 膨胀混凝土施工技术在建筑结构施工中的应用的认识[J]. 绿色环保建材, 2018, 99(7): 140+142.
- [3]吴耀飞. 膨胀混凝土施工技术在建筑结构施工中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2019, 99(5): 198 - 199.
- [4]张培华. 膨胀混凝土施工技术在建筑结构施工中的应用[J]. 建材发展导向(上), 2022(2): 105~107.

- [5]刘喜钦. 膨胀混凝土施工技术在建筑结构施工中的应用分析[J]. 江西建材, 2017(18):90. [4]
刘芳. 绿色环保型混凝土材料在建筑工程中的应用[J]. 绿色建筑, 2020(20):101-106.
- [6]陈强. 标准化施工工艺在混凝土工程中的应用实践[J]. 工程建设标准化, 2019(6):123-128.