

# 基于Midas FEA 预应力混凝土桥梁裂缝研究

齐冰

济南易通城市建设集团股份有限公司

**摘要：**桥梁裂缝对桥梁使用安全和耐久性影响较大，本文通过MIDAS FEA分析预应力混凝土裂缝产生过程，研究非荷载作用下裂缝产生的原因，并提出了减少裂缝的技术措施。

**关键词：**预应力混凝土；非荷载因素；MIDAS FEA

## 一、混凝土裂缝分类及成因

### (一) 收缩与温度变形裂缝

混凝土在塑性收缩阶段，粗细骨料不均匀下沉，砂浆包裹粗细骨料，形成了大小间距不等的塑性裂缝。自干缩是组成混凝土的材料在水的作用下发生化学反应，导致混凝土内部含水量降低而引起的。特别是采用高强混凝土时，水灰比较低，自由水含量较少，供水不足，裂缝较为明显。

### (二) 施工裂缝

混凝土施工过程中产生裂缝的原因有：浇筑速度过快、模板松动、早拆支架过早、早强剂和保护层不符合设计要求等。在浇筑过程中，混凝土对模板和支撑体系产生冲击力，造成模板变形。如果在浇筑过程中不能及时调整，混凝土结束时，变形会对混凝土产生反作用，导致混凝土产生微裂缝。

## 二、混凝土开裂原理与准则

混凝土的破坏原因有很多，但根本原因是由于裂缝的发展导致构件的断裂，通过损伤力学可以简述裂缝聚集的过程，分析其开裂理论。混凝土内部损伤过程包括：粗细骨料与水泥之间首先产生微小的聚合裂缝、聚合裂缝沿骨料周围进一步扩展加深、聚合裂缝发展方向改变并进一步扩展、砂浆部位产生微小裂缝、最终两处裂缝汇合在一起<sup>[7]</sup>。Mazars混凝土损伤理论来描述大跨度箱梁结构的受弯破坏。

Mazars定义准则如式(2.1)所示：

$$\bar{\epsilon} = \left[ \langle \epsilon_{ii} \rangle^2 \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

$$\langle \epsilon_{ii} \rangle = \langle \epsilon_{11} \rangle + \langle \epsilon_{22} \rangle + \langle \epsilon_{33} \rangle$$

$\langle \epsilon_{ii} \rangle = \epsilon_{ii}$ ，如果  $\epsilon_{ii} > 0$ ，混凝土受拉，

$\langle \epsilon_{ii} \rangle = 0$ ，如果  $\epsilon_{ii} \leq 0$ ，混凝土受压。

## 三、工程背景

本项目是一座城市中的立交桥，需要跨越一条高速公路，跨越形式为三跨36m + 45m + 36m 现浇连续箱梁。

本模型将以中间跨度45m为研究对象。建模过程中采取映射网格k线面对网格实行自动划分为四边形网格，如图1所示。在箱梁内部建立预应力钢筋，采用Φ<sup>s</sup>17.8高强度低松弛型号，抗拉强度标准值为1720MPa、E<sub>p</sub>=1.95×10<sup>5</sup>MPa，预应力的张拉数值为4×10<sup>6</sup>N。普通钢筋采用HRB400，C50型号混凝土。运用非线性静力分析方法进一步对模型施加自重、二期恒载。通过施加一个足够大的面力F，来讨论裂缝在荷载系数为0.1下的裂缝发展，总结裂缝发展规律。

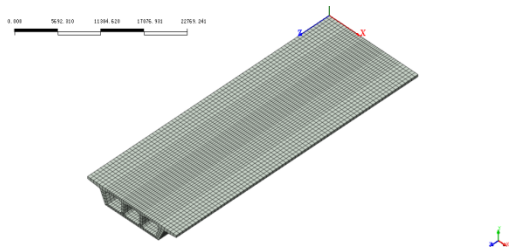


图1 网格划分

## 四、施加预应力模型

### (一) 各荷载系数下的裂缝发展状况

本模型是通过施加面力荷载F，预应力筋全部张拉完成，通过查看荷载系数0.1下裂缝发展状况，总结裂缝发展各个阶段的规律。0.1荷载系数下裂缝如图1、2所示。

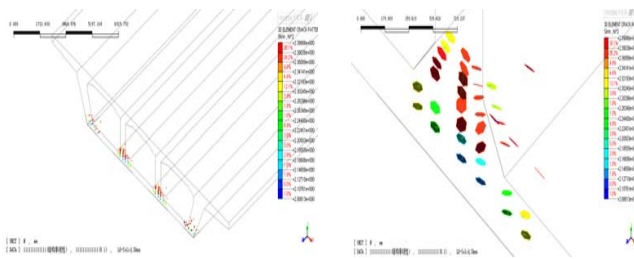


图1 荷载系数0.1梁端裂缝

图2 荷载系数0.1梁端局部裂缝

在软件中，裂缝的形状以彩色正六边形来表示，通过图形可以大致观察出裂缝总体走势。片状正六边形的方向遵循右手定理，内部存在的指针方向代表裂缝开裂方向<sup>[8]</sup>。片状正六边形的稀疏代表裂缝的密集程度。

针对在荷载系数为0.1时，总结裂缝出现规律：

1. 当荷载系数为0.1时，预应力混凝土端部已经存在裂缝，颜色较浅，为混凝土表面裂缝，裂缝的法向应力较小。
2. 裂缝首先出现在节点处，此部位受力比较复杂、集中，裂缝分布大致相当。
3. 从图2局部细致图可以看出，混凝土表面的裂缝指针方向大致处于垂直状态，与箱梁底板成90°，并沿竖向开展。从法向应力数值的正负性，看出此部位裂缝由于受拉而产生，标明此处裂缝的产生重要是由于梁底部弯拉变形。

## 五、提出设计建议

(一) 通过以上模拟可以看出，梁端节点由于受力情况复杂，容易产生应力集中现象，为减少裂缝开展，应提高此处配筋率或增加钢筋网片，提高节点抗拉性能。

(二) 随着主拉应力的增大，裂缝也会逐渐发展，梁端腹板处也出现了较多裂缝。此处裂缝主要是由于腹板承受过大剪力产生，通过设计增加梁受剪处的截面面积和配箍率，可以提高梁的抗剪能力。

(三) 模拟过程中，梁跨中顶板处于受压状态，由于混凝土抗压承载能力远远高于抗拉能力，抗压裂缝较少。设计上可以减少上部纵向钢筋的配筋率或减少截面面积，达到最佳的经济效益。

## 参考文献

[1] 袁鹏飞. 高强混凝土箱梁桥收缩徐变效应分析[D]. 重庆大学, 2013.

[2] 曾庆响. 大跨度预应力混凝土箱梁桥收缩徐变及温度效应的数值试验研究[D]. 华南理工大学, 2015.

[3] 李飞. 温度对混凝土梁桥长期变形的影响研究[D]. 重庆交通大学, 2011.

[4] 夏树林, 周升斌. 道路桥梁施工中混凝土裂缝成因分析及应对措施[J]. 黑龙江交通科技, 2016, 39(11): 88+90.

[5] 蒋梅玲. 基于断裂力学和损伤理论的混凝土断裂模型试验和数值研究[D]. 浙江大学, 2010.