

A YS分析FRP加固混凝土结构研究综述 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/473/2021\\_2022\\_A\\_YS\\_E5\\_88\\_86\\_E6\\_9E\\_90\\_c67\\_473440.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/473/2021_2022_A_YS_E5_88_86_E6_9E_90_c67_473440.htm) 【摘要】综述了国内外利用ANSYS软件分析FRP加固混凝土结构取得的研究进展，总结了ANSYS软件分析FRP加固混凝土结构的使用方法及应该注意的事项，最后指出目前研究的不足以及进一步需要解决的问题。 【关键词】混凝土结构.ANsys软件.FRP.加固 【中图分类号】Tu746.3 1 FRP加固混凝土结构分析单元简介 1.1\_模拟混凝土结构的单元 Solid65 ANSYS中的solid65单元是专为混凝土、岩石等抗压能力远大于抗拉能力的非均匀材料开发的单元，Solid65单元是在三维8节点等参元Solid45单元的基础上，增加了针对混凝土的性能参数和组合式钢筋模型。该单元具有八个节点，每个节点有三个自由度(X、Y、Z三个方向的线位移).单元最多允许有4种材料，即混凝土和以弥散方式分布于其中的3个方向的独立配筋，具有模拟混凝土材料的开裂、压碎、塑性变形和蠕变的能力川一[3]。在ANSYS中，混凝土采用的是Willalm—Warnke5参数破坏准则，同时需要输入以下定义混凝土材料性质的参数:弹性模量E。 ，泊松比。 ，混凝土开裂后张开裂缝的剪力传递系数 $\mu$ 。 ，闭合裂缝的剪力传递系数 $\mu_c$ ，以及混凝土的单轴受压应力—应变曲线等川[a]。 1.2 模拟FRP材料的单元 对于纤维布的模拟，可以采用Solid46、Shell99、Shell41、Shell63等单元。Solid46是8结点结构实体单元(Solid45)的可分层版本，可用来模拟分层厚壳或分层实体，允许多达250个材料层.shell41是一个三维单元，平面内具有膜强度但平面外没有弯曲强度，单元在每个节点有

三个自由度:沿节点x、y、z轴向的移动。Shell63既具有弯曲能力又具有膜力，可以承受平面内荷载和法向荷载，本单元每个节点具有6个自由度:沿节点坐标系X、Y、Z方向的平动和沿节点坐标系X、Y、Z轴的转动。Shell63既具有弯曲能力和又具有膜力，可以承受平面内荷载和法向荷载，本单元每个节点具有6个自由度:沿节点坐标系X、Y、Z方向的平动和沿节点坐标系X、Y、Z轴的转动。

2 国内外研究概况

Damian K等人进行了FRP加固混凝土梁的承载性能的有限元分析。采用solid65单元模拟混凝土，Links单元模拟钢筋，Solid46单元模拟FRP材料。未考虑混凝土单轴受压应力—应变曲线下降段的作用，并关闭混凝土的压碎选项，以利于计算的收敛。计算的梁跨中的荷载—挠度曲线与试验结果很接近。

Jia Minglei进行了FRP加固钢筋混凝土梁抗剪承载力的有限元模拟。采用solid65单元模拟混凝土，solid46单元模拟FRP材料，Links单元模拟钢筋。计算的梁跨中荷载—挠度曲线、荷载—FRP应变曲线均与试验结果吻合较好。

Chansawan K进行了FRP加固混凝土梁承载性能的有限元分析[61]。采用solid65单元模拟混凝土，Links单元模拟钢筋，Solid46单元模拟FRP材料。假定混凝土和钢筋、FRP材料之间均粘结良好，模拟结果与试验结果有较好的吻合。

Santhakumar R等人对CFRP加固钢筋混凝土抗剪梁进行了模拟计算[62]，采用solid65单元模拟混凝土，solid46单元模拟CFRP材料，Links单元模拟钢筋，Solid45单元模拟梁支座处和加载点的弹性垫块。计算得到的荷载—挠度曲线和试验结果吻合较好。

LiGuoqiang等人用Solid65单元模拟混凝土，Shell99单元模拟纤维布，钢筋采用整体式有限元模型，分析FRP加固钢筋混凝土柱的承载性能，计算结果

与试验结果有很好的吻合。王东等人利用ANSYS软件模拟了地震中轴向压力与单向及双向地震往复荷载耦合作用下FRP加固混凝土墩柱的力学响应，得出了一些有益的结论〔91。陆新征等人采用ANSYS软件对FRP约束混凝土方柱的轴心受压性能进行了分析。混凝土采用solid65单元，钢筋采用Unks单元，外包FRP布采用Shen41膜单元模拟，未考虑剥离破坏。将计算得到的混凝土轴向受压平均应力-应变关系和纤维应变发展情况与试验结果对比，吻合较好。周毅雷对碳纤维布加固混凝土梁的抗剪性能进行了有限元分析。混凝土采用solid65单元，碳纤维布用shel41单元，钢筋用Links单元模拟。假定混凝土与钢筋、碳纤维布之间均没有滑移，计算结果与实验结果吻合较好。王小荣用ANSYS软件对碳纤维布加固钢筋混凝土梁进行数值分析<sup>23</sup>。采用sohd65单元模拟混凝土，并利用ANSYS的二次开发接口加入。刃dman单元(节理元)来模拟粘结层，编制了相应的单元程序，并利用单元生死功能来考虑碳纤维布加固钢筋混凝土梁的二次受力情况，取得了较好的模拟效果。肖建庄等人利用ANSYS程序，对纤维布加固高轴压混凝土柱的低周反复荷载试验进行了模拟。用solid65单元模拟混凝土，Links单元模拟钢筋，将计算得到的荷载-位移曲线与试验的骨架曲线对比，吻合较好。张子潇等人利用ANSYS软件建立了U型FRP受剪加固梁的三维有限元分析模型，混凝土使用solid65单元，钢筋使用Links单元，FRP布采用Shel63壳单元，混凝土与钢筋之间位移协调。FRP与混凝土界面采用Combin39非线性弹簧单元模拟，模拟了梁的加载全过程和受剪剥离受力性能。王树森等人采用Sohd65单元模拟混凝土，Links单元模拟钢筋，Shel41单元模

拟纤维布，对碳纤维布加固后的钢筋混凝土梁进行了成功的模拟分析。

### 3 ANSYS软件分析FRP加固混凝土结构的方法及应该注意的问题

可以看出，利用ANSYS软件进行FRP加固混凝土结构的有限元分析，混凝土一般采用Solid65单元，钢筋采用Unks单元，FRP材料可以采用Solid46、shel9、Shel41、弘el63等单元模拟。在建立有限元模型和求解的过程中，一般需要注意以下问题。

- (1) 关于混凝土受压应力—应变曲线的下降段，采用下降段时，由于会形成负的刚度矩阵，从而造成有限元求解的困难，但是不输入下降段，则与实际的混凝土受压特性不符。
- (2) 有限元模型中的支座和加载点是需要特别注意的，为避免这里的应力集中，一般可以加一个刚性垫块，采用Solid45单元模拟。
- (3) 荷载的施加，一般采用位移控制，并且采用多个荷载子步施加荷载，以利于求解的收敛。
- (4) FRP材料与混凝土单元之间的粘结滑移关系，一般的处理方法是将两者共用节点，这样有利于收敛，但是当分析两者之间的剥离破坏时，这种有限元模型显然是不对的。

### 4 结论及建议

对基于ANSYS软件进行的FRP加固混凝土结构的有限元分析，虽然国内外对此已经进行了不少研究，也取得了很多的成果，但仍有以下问题没有很好解决。

- (1) 利用ANSYS软件进行混凝土结构的有限元分析时，由于混凝土在受拉受压下表现出的非线性以及软件自身收敛性的不足，有限元求解难以收敛几乎是每个研究者都无法避免的。
- (2) 对于FRP加固混凝土结构，已有的研究成果主要是采用了混凝土单元与纤维布单元共用节点的方法，在加载的前期，当没有发生剥离破坏时，这种建模方法无疑是准确的，但是在构件受力的后期，采用共用节点的有限元模型将难以模拟纤维

布与混凝土之间的剥离破坏，从而造成模拟的失败。(3)已有的研究成果主要集中与荷载一位移曲线的模拟，对于构件的破坏形态未做过多的考虑。100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)