

钢筋混凝土建筑结构倒塌过程数值（一）注册建筑师考试

PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/552/2021_2022__E9_92_A2_E7_AD_8B_E6_B7_B7_E5_c57_552174.htm

摘要：提出了一种改进的扩展散体单元模型，以模拟钢筋混凝土结构在地震的破坏与倒塌。在该方法中，钢筋混凝土被离散成一个个质点，质点之间用非线性弹簧连结，局部的破坏通过弹簧的断裂模拟，该方法可以计算结构从局部破坏到整体倒塌的全过程。关键词：钢筋混凝土；扩展散体单元法；数值模拟；倒塌

目前，对于结构在地震下的反应分析，多基于有限元方法。但是，这一方法只能分析结构在倒塌前的性态，而在实际地震中，特别是在强震下，一些结构物不仅严重破坏，而且发生了倒塌。结构是以怎样一种形式倒塌？是全部还是部分倒塌？上部结构的倒塌，对下部结构是否造成撞击？对于解决这些问题，传统有限元等方法显得有些力不从心。为此，日本学者在文献中提出了扩展散体单元法，以模拟结构在地震下的破坏与倒塌。但是，该模型仍显得过于粗糙，比较适合从整体上模拟结构的倒塌，而对于模拟钢筋混凝土结构常见的保护层脱落、裂缝扩展等细部震害却不太适合。本文提出了一种简化的扩展散体单元模型，以模拟钢筋混凝土结构在地震下从局部破坏到整体倒塌的全过程，以解决上述问题。

1 扩展散体单元模型 1.11 基本原理 在这一模型中，钢筋混凝土假设是由一个个质点组成，这些质点相互之间由轴向弹簧连结，为了反映结构内阻尼的影响，与弹簧可并联一个粘滞阻尼器，如图1所示。根据牛顿第二定律，对于任一质点 i ，在任一时刻，其运动方程为 式中： m_i 为 i 的质量； c_i 为阻

尼系数；为质点I的加速度与速度； F_i 为质点I所受的外力之和（包括重力、弹簧力、弹簧阻尼力、质点碰撞力、地震作用产生的惯性力等）。本文模型的阻尼在实际上仍是瑞利线性比例阻尼，分为质量阻尼与刚度阻尼两部分，其阻尼系数的取值同一般动力分析。文献中提出的混凝土模型，将混凝土划分成二维圆形刚体的集合体，刚体之间由轴向拉伸弹簧与剪切弹簧联结。本文的简化模型与其相比，单元运动的自由度由3个降为2个，联结单元的弹簧由2个降为1个，计算量大大降低。运动方程(1)的建立与求解就是散体单元法的中心与关键，一般可通过逐步数值积分法（如差分法）求解，有关求解的方法与步骤可参考文献[4]。

1.2 弹簧刚度的假定

质点间的联结弹簧应分别考虑钢筋与混凝土的作用，可看成是两根并联的钢筋、混凝土弹簧、其刚度分别为 k_s ， k_c 。对于钢筋联结弹簧，弹簧的初始刚度 k_s 比较容易确定，可取式中： E_s 为钢筋弹性模量； A_{sij} 为 i ， j 方向上从属于质点 I ， j 的钢筋横截面积，即 $A_{sij} = \rho_{ij} d t$ （ ρ_{ij} 为 i 、 j 方向上的配筋率； d 为垂直 i 、 j 方向的质点间距； t 为混凝土厚度）； L_{ij} 为相邻质点 i 、 j 的距离。混凝土联结弹簧的初始刚度 k_c 可按下述方法近似确定：

对图2a所示混凝土质点，由于假定混凝土质点之间用混凝土弹簧联结，整个混凝土体系就被等代为一个桁架体系，如图2b所示。设竖向、水平弹簧初始刚度为 k_1 （如果竖向、水平弹簧在混凝土内部，则初始刚度为 $2k_1$ ），斜向弹簧初始刚度为 k_2 在混凝土中取相邻的四个质点及其联结弹簧，则形成一个矩形单元，如图3a所示。该单元在图3b所示外力作用下，其竖向位移应等于实际四个质点围成的混凝土的竖向位移。在图3c所示力的作用下，其水平位移应等于实际四个质点围

成的混凝土的水平位移。根据这两个条件，就可确定 k_1 ， k_2 。

1.3 弹簧刚度退化与破坏的假定 由于在地震作用下，材料受到的是反复荷载，存在一个弹簧刚度退化过程。钢筋可取理想弹塑性模型、混凝土的退化模型如图4所示。图4中符号以受压为正，在 $-0.1F_y < F < 0.6F_y$ 时按弹性加卸载、当 $F > 0.6F_y$ 时，弹簧进入非线性阶段，曲线指向屈服点 (d_y, F_y) ，屈服位移 d_y 根据混凝土的屈服应变确定，取0.002倍弹簧长度，卸载时沿与初始刚度平行的斜率卸载，到达水平轴后，再指向原点，再加载时，沿原路返回；当 $F = F_y$ 时，进入下降段，下降段指向极限变形点 $(d_u, 0.2F_y)$ ， d_u 为混凝土的极限变形，在下降段的加卸载法则同非线性上升段，钢筋弹簧可根据钢种取极限应变0.016~0.025，混凝土弹簧的极限应变取0.0033，当弹簧的应变超过上述值时，认为弹簧已破坏。

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