

Crack Analysis of Reinforced Concrete Structure based on ANSYS

Jianfeng Xue

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: Taking As one of the most widely used building materials in engineering construction, reinforced concrete has not been fully mastered in mechanical properties, especially concrete, whose material composition is complex and cracking often occurs in practical engineering. In this paper, by using the finite element analysis software ANSYS, a separate model of reinforced concrete is established, and the bond slip between reinforcement and concrete is considered to simulate the process of reinforced concrete structure breaking.

Keywords: Reinforced concrete; ANSYS; Fracture analysis

基于 ANSYS 的钢筋混凝土结构开裂分析

薛建锋

重庆交通大学, 重庆, 中国, 400074

摘要: 钢筋混凝土作为工程建设中应用最广泛的一中建筑材料, 但对其力学性能的掌握还不够全面, 尤其是混凝土, 其材料组成较复杂, 在实际工程中经常出现开裂。本文通过应用有限元分析软件 ANSYS, 建立钢筋混凝土分离式模型, 并考虑钢筋与混凝土之间的粘结滑移, 模拟钢筋混凝土结构破坏过程。

关键词: 钢筋混凝土; ANSYS; 裂缝分析

1 引言

近年来, 随着我国综合实力的迅速提升, 在经济快速发展的同时, 也推动着我国基础设施的建设, 尤其是在一带一路等政策的号召下, 建筑行业正面临着许多新的机遇和挑战。

钢筋混凝土材料是实际工程中最常见, 也是应用最广泛的材料之一, 尤其是在我国, 钢筋混凝土结构应用最为广泛。钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种材料相结合形成的一种材料, 它不仅充分发挥了混凝土材料较好的抗压能力, 同时, 钢筋也弥补了混凝土抗拉能力的不足。钢筋和混凝土之所以能组成一种材料同时工作, 与其两者自身的材料特性密切相关。

(1) 钢筋和混凝土之间有较好的粘结力, 且钢筋表面也经常被加工成具有一定间隔肋条的带肋钢筋, 以此来增加钢筋与混凝土之间的粘结力; (2) 钢筋和混凝土有相似的线膨胀系数, 不会因为彼此变形不协调而造成粘结滑失效的现象。

然而, 即使钢筋混凝土有较好的抗压和抗拉能力, 但在实际工程中, 还是会经常出现钢筋混凝土开

裂等病害, 对结构造成不可逆转的损伤, 严重时甚至危及人身安全。所以, 对钢筋混凝土结构的受力及开裂分析, 确保结构的稳定性, 具有重要的实际工程意义。

2 研究意义

目前, 人们对钢筋混凝土材料的力学性能研究, 是建立在线弹性理论的基础上, 并通过大量试验数据得出经验公式, 来反映钢筋混凝土材料的非弹性力学性能。这种方法对于一般工程来说, 确实简单易行, 但也具有一定的局限性, 主要表现为以下几个方面:

(1) 规范给出的经验公式更多的是针对梁、柱等较为简单的基本构件, 对于实际工程中复杂的结构, 并没有明确的计算方法, 设计者往往采用模型试验等方法来确定结构的内力及变形, 依此来作为结构配筋的依据;

(2) 规范给出的经验公式只是提供了一种较保守的计算方法, 不能真实反映结构内部真实内力分布情况。

随着有限元软件的出现, 越来越多的数值分析方

法被运用在工程中。运用有限元方法分析钢筋混凝土结构，不仅能反映出结构各个部位的应力和应变，还能模拟出结构开裂至破坏的全过程，为深入研究钢筋混凝土结构力学性能提供了一直切实可行的方法。

随着有限元软件的出现，越来越多的数值分析方法被运用在工程中。运用有限元方法分析钢筋混凝土结构，不仅能反映出结构各个部位的应力和应变，还能模拟出结构开裂至破坏的全过程，为深入研究钢筋混凝土结构力学性能提供了一直切实可行的方法。

3 工作原理

钢筋和混凝土之所以能组成一种材料同时工作，与其两者自身的材料特性密切相关。(1) 钢筋和混凝土之间有良好的粘结力，且钢筋表面也经常加工成具有一定间隔肋条的带肋钢筋，以此来增加钢筋与混凝土之间的粘结力；(2) 钢筋和混凝土有相似的线膨胀系数，不会因为彼此变形不协调而造成粘结滑失效的现象。

4 钢筋混凝土梁有限元分析

4.1 有限元模型的建立

桩的运用 ANSYS 建立一个矩形截面的钢筋混凝土简支梁，其参数如下：混凝土采用 C40, 受拉钢筋采用，梁的长度为 $L_0=2000\text{mm}$, 跨度 $L_1=1800\text{mm}$, 矩形截面尺寸为 $150\text{mm} \times 300\text{mm}$, 分别在距梁两端 600mm 处受到一个 $P=200\text{KN}$ 的集中力。

4.2 有限元模型参数的选择

混凝土采用 Solid65 单元，钢筋采用 link8 单元模拟，建立分离式模型，考虑钢筋与混凝土之间的粘结滑移。混凝土本构模型根据《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010) 的规定取值：

$$\text{当 } e_c \leq e_0 \text{ 时, } s_c = f_c \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^n \right]$$

$$\text{当 } e_0 \leq e_c \leq e_{cu} \text{ 时 } s_c = f_c$$

其中：

$$e_0 = 0.002 + 0.5(f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (1)$$

$$e_{cu} = 0.0033 - 0.5(f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (2)$$

$$n = 2 - \frac{1}{60}(f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (3)$$

上述公式中， e_0 最小取 0.002， e_{cu} 最大取 0.0033，n 最大取 2.0。

由于本文混凝土选用的是 C40，故 $f_c=26.8\text{MPa}$, $f_t=2.39\text{MPa}$, 弹性模量取本构模型的初始弹性模量，采用多线性等向强化模型 MISO 模拟。当混凝土强度小于 C50 时， $e_0 = 0.002$ ， $e_{cu} = 0.0033$ ， $n=2$ 。

钢筋采用理想弹塑性本构模型，屈服强度 $f_y=300\text{MPa}$, 弹性模量 $E=210\text{GPa}$ ，钢筋与混凝土之间的粘结滑移用 COMBIN39 单元模拟，其本构模型根据 Houde 和 Mirza 提出的经验公式：

$$t = (5.3 \times 10^2 s - 2.52 \times 10^4 s^2 + 5.78 \times 10^5 s^3 - 5.47 \times 10^6 s^4) \sqrt{\frac{f_c}{40.7}} \quad (4)$$

上式中：

τ ：粘结应力，MPa；

s：滑移量，mm；

f_c ：混凝土抗压强度，MPa。

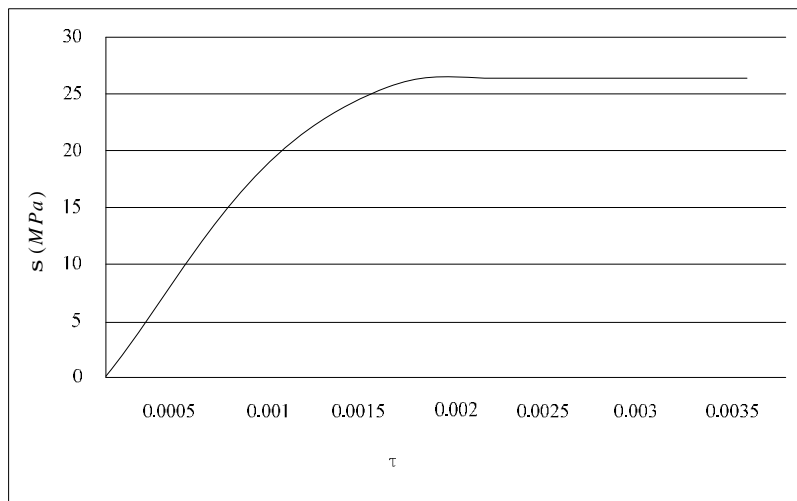


Figure 1. Constitutive model of concrete

图 1. 混凝土本构模型

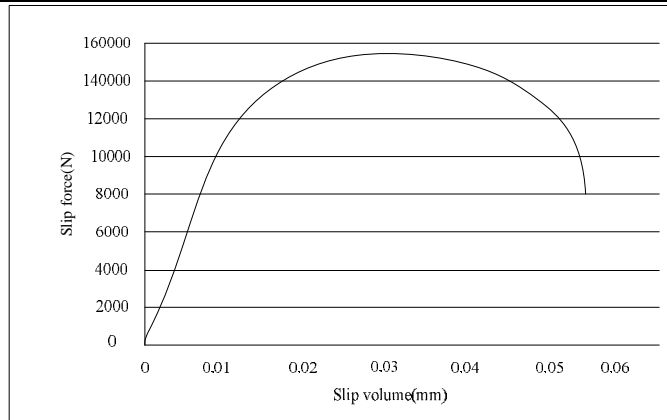


Figure 2. Bond slip constitutive model
 图 2. 粘结滑移本构模型

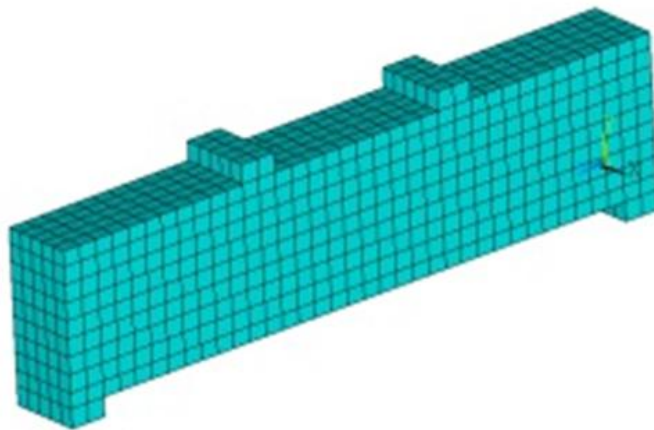


Figure 3. Concrete finite element model
 图 3. 混凝土有限元模型

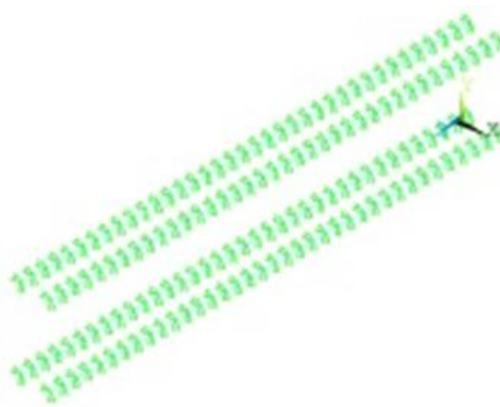


Figure 4. Reinforcement finite element model
 图 4. 钢筋有限元模型

4.3 钢筋混凝土梁的有限元分析

建好有限元模型后，按图示垫块位置施加

200KN 的力，通过 ANSYS 后处理模块，得出结构内 力云图和位移云图：

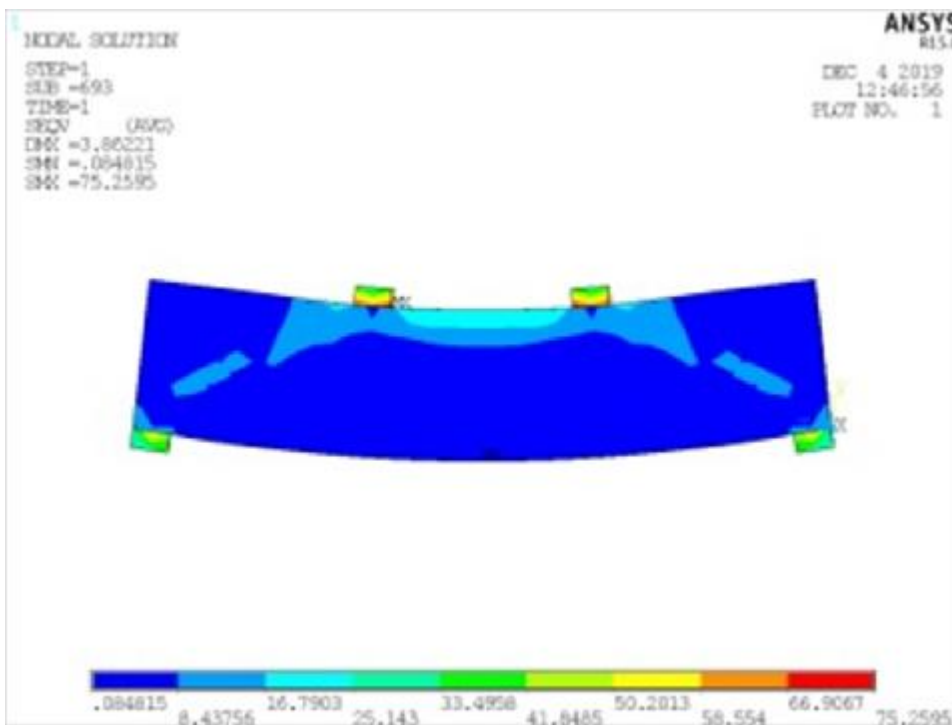


Figure 5. The stress nephogram
图 5. 应力云图

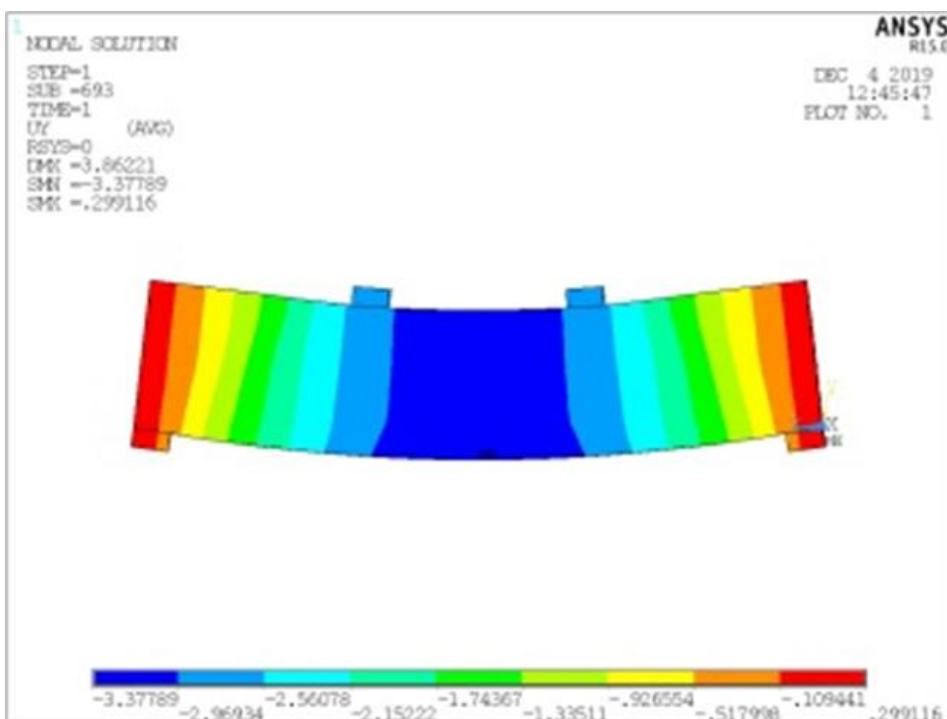


Figure 6. Displacement cloud chart

图 6. 位移云图

裂缝发展规律:

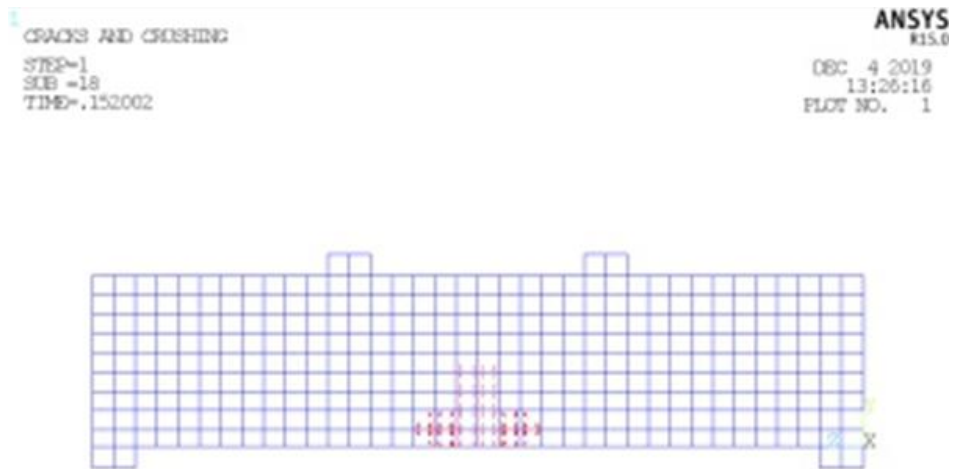


Figure 7.Fracture distribution map (1)
图 7.裂缝分布图 (1)

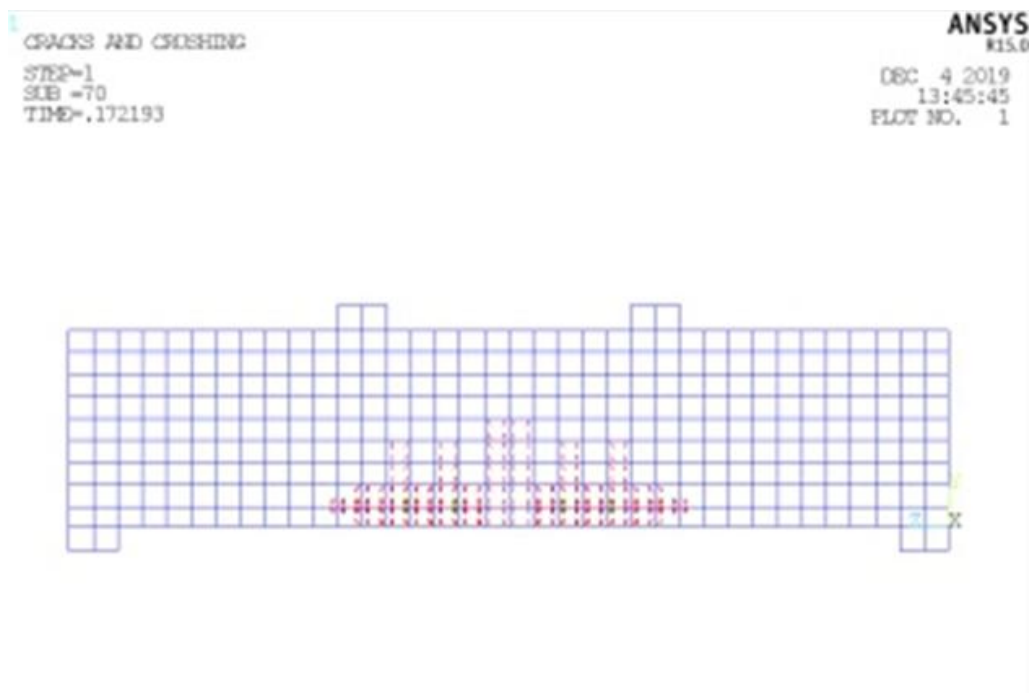


Figure 8.Fracture distribution map (2)
图 8.裂缝分布图 (2)

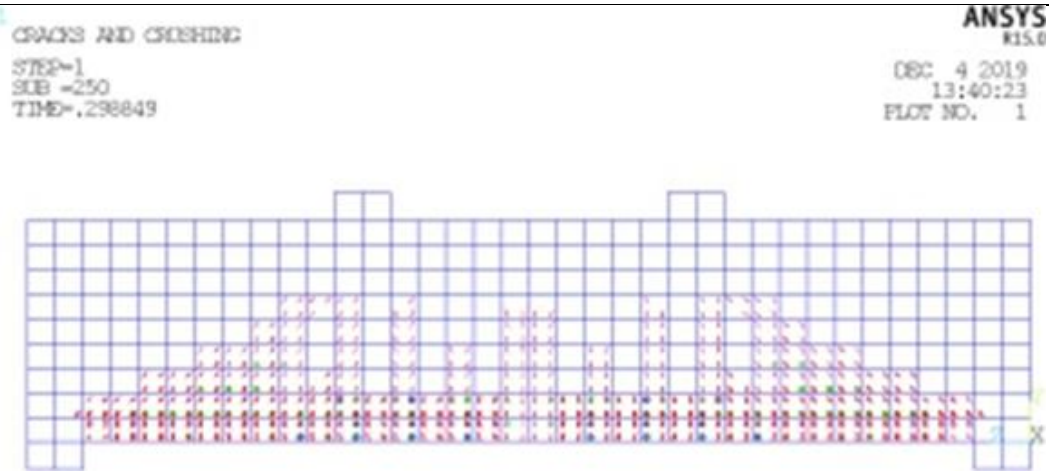


Figure 9.Fracture distribution map (3)

图 9.裂缝分布图 (3)

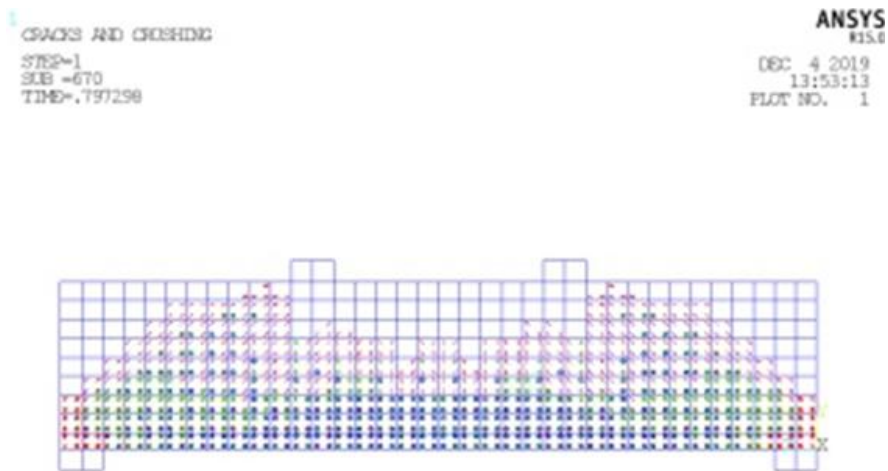


Figure 10.Fracture distribution map (4)

图 10.裂缝分布图 (4)

由图 (7) 可以看出, 当进行到 0.152002 时, 结构在跨中出现裂缝, 此时的荷载为结构开裂荷载为 0.031MPa。

由图 (8) 可以看出, 当进行到 0.172179 时, 结构在跨中开始出现第二次开裂, 此时的荷载为结构开裂荷载为 0.035MPa。

由图 (9) 可以看出, 当进行到 0.298849 时, 结构首次出现第三次开裂, 此时的荷载为结构开裂荷载为 0.060MPa。

由图 (10) 可以看出, 当进行到 0.797298 时, 结构出现贯穿裂缝, 此时的荷载为结构开裂荷载为 0.160MPa。

5 结论

通过 ANSYS 模拟发现, 裂缝主要集中在跨中和支座处, 且当结构出现贯穿裂缝时, 开裂面与结构大约呈 45° 角, 符合结构力学分析结构, 证明运用 ANSYS 对钢筋混凝土结构进行有限元分析是可行

的。

References (参考文献)

- [1] Yang Shuling. Finite element analysis of damage plasticity model of abaqus reinforced concrete structure. *Engineering Construction & Design*. 2019, (21), 17-19.
杨书灵. ABAQUS 钢筋混凝土结构损伤塑性模型有限元分析研究. *工程建设与设计*. 2019, (21), 17-19.
- [2] Zhu Junwen. Numerical analysis of mechanical properties of reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber cloth. *Building Materials and Decoration*. 2019, (27), 61-62.
朱俊文. 碳纤维布加固钢筋混凝土梁的力学性能数值分析. *建*
- [3] Lu Lianghai, Dai Guozhong, Shi Weicheng. Nonlinear analysis of reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber cloth. *Construction Technology*. 2013, 42(22), 55-57.
鲁良辉, 代国忠, 施维成. 碳纤维布加固钢筋混凝土梁非线性分析. *施工技术*. 2013, 42(22), 55-57.
- [4] Jiang Xue, Li Hao, Wang Lei. Bearing performance analysis of reinforced concrete flexural members strengthened with bonded steel based on ANSYS. *Construction Technology*. 2011, 40(S2), 1-3.
江雪, 李浩, 王蕾. 基于 ANSYS 的粘钢加固钢筋混凝土受弯构件承载性能分析. *施工技术*. 2011, 40(S2), 1-3.