

# **Elastic Plastic Analysis of Structures by Finite Element Method**

**By Engineer :  
Abdullah Mezhal AL-Bagamy**

**Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Masters degree  
In the Department of Civil Engineering at the College of Engineering  
King Saud University**

**Jumada I ١٤٢٧ H  
June ٢٠٠٦**

## *ABSTRACT*

### **Elastic Plastic Analysis of Structures by Finite Element Method**

The main objective of the present work concerns the elastic-plastic analysis of structures by the finite element method. Combination of modern non-linear techniques with the finite element method has opened new and wide possibilities for the elastic-plastic analysis. It is now possible with modern computers and numerical techniques to relax limitations imposed in the classical theory of plasticity. Hardening behavior, load reversal and Bauschinger effects can all be accounted for. The thesis aims at mastering, implementing and using most modern numerical techniques associated with a finite element elastic plastic analysis. Various aspects of elastic plastic analysis are investigated. A Fortran open source program developed by the supervisor of the thesis was used. It deals with the plane stress and plane strain problems using isoparametric 2D elements with four, eight or nine nodes. Manipulating an accessible source program is by far more efficient and useful for the investigator than using a black box executable program. Only a long experience with computer implementation can guarantee an appropriate modeling and good result interpretation with the use of black box software.

The main numerical algorithms and procedures (subroutines) are explained and after a validation, the program was used to study the effects of various parameters such as number of elements, type of element, plastic criterion, level of hardening, nonlinear methods. The gradual spread of plasticity was tracked with great accuracy and theoretical results were reproduced by numerical simulation with great accuracy. In stress concentration cases, elastic-plastic models caused stress redistribution which led to increased load capacity.

Nodal stress projection was also investigated and it was found that for postprocessing purposes, the use of projected nodal stresses was very important and that models using large numbers of simple elements were better than models with smaller number of higher order elements.

### تحليل المرونة واللدونة في المنشآت بطريقة العناصر المحددة

#### ملخص:

أن الهدف الرئيسي لهذه الرسالة هو تحليل المنشآت في مرحلة المرونة والدونه بطريقة العناصر المحددة وذلك بدمج طرق الحل الغير خطي الحديثة مع طريقة العناصر المحددة وفهم هذه الفرضيات وتطبيقاتها ومن هذا الدمج ومع الإمكانيات المتاحة في استخدام الحاسوب فتح مجال واسع لتحليل المنشآت في مرحلة المرونة واللدونة وبذلك تم تجاوز حدود النظرية القديمة لللدونة إلى مرحلة المرونة واللدونة للمادة وما يصاحبه ذلك من انواع التصلب وحالات المادة عند عكس الحمولة عندما تكون في مرحلة المرونة واللدونة وظهور ( تأثير بوشنفر ) .

لذا يكون من أهداف هذه الرسالة استيعاب نظريات المرونة واللدونة وطرق الحل الغير خطية وطرق الحل بالعناصر المحددة واستيعاب برنامج الحاسب بلغة الفورتران الذي تم تطويره من قبل الأستاذ الدكتور / عبد الحميد شريف المشرف على هذه الرسالة وذلك بتطبيقه على أمثله نظريه ومعملية ومقارنتها ومن ثم التحقق من صحة البرنامج.

حيث يتم دراسة الأمثلة في بعدين وذلك بتقسيمها إلى عناصر محددة تشمل أربعة أو ثمانية أو تسعة ( نود ) للعنصر ووجود برنامج حاسب ألي مفتوح يمكن التعديل فيه وتطويره فانه مع كثرة التجارب والخبرة الطويلة يكون أكثر فائدة من استخدام برنامج حاسب ألي لايمكن فتحه والتعديل فيه .

وتم في هذا البحث وصف للنظرية التقليدية مع مع حدودها ووصف للنظرية التدرجية الحديثة وكذلك وصف للمراحل الرئيسية لنمذجة المنشآت بواسطة طريقة العناصر المحددة وكذلك دراسة الطرق الحسابية اللاخطية وكذلك شرح أهم مراحل البرنامج والتحقق من صحته ومن ثم تم استخدام البرنامج لدراسة تأثير تغير بعض المتغيرات على سلوك المنشأ مثل تغير عدد العناصر ونوعها وكذلك دراسة معايير الخضوع وأنواع التصلب وتم دراسة عدد من المتغيرات وتحليل ومناقشة النتائج.

و دراسة الإزاحات والإجهاد والانفعال عند كل مرحلة من الحمولة بحيث يستطيع البرنامج متابعة مراحل المرونة ومن ثم مراحل وتدرج وانتشار اللدونة في مرحلة المرونة واللدونة وحتى الانهيار على جميع أجزاء المنشأ والبرنامج يستطيع إيجاد الإزاحات عند النود في كل مرحلة من مراحل التحميل وكذلك إيجاد الاجهادات عند نقاط التكامل داخل العنصر ومن ثم بالإسقاط يستطيع إيجاد الاجهادات عن النود .

وحيث أن البرنامج يرسم الكنتور من الاجهادات المسقطة عند النود فقد وجدنا بعد الدراسة والتحليل أنه عند تساوي درجة حرية الحركة لنموذجين من تقسيم العناصر لنفس المثال فان النموذج ذو العدد الكبير من العناصر مع أربعة نود يعطي دقة أفضل من النموذج ذو العناصر القليلة ذات الثمانية أو ألتسعه نود.