

VIBRATION AND STABILITY ANALYSIS OF FRAME-TYPE STRUCTURES AND PLATES USING BEAM-COLUMN ANALOGY

Abstract

With the increasing use of frame-type structures that span long distances, there is a need for methods to design and to determine, in sufficient accuracy, the behavior of the structure under either static and / or dynamic loading. The most important in these two fields are: vibration and stability analysis.

The overall objective of this dissertation is to present an exact method besides the conventional approximate methods utilized in solving frame-type structures for both stability and vibration. The overall objective may be broken into three parts. The first part concerns the development of a three-dimensional total Lagrangian beam that is used to determine the natural frequency and critical load for the structure. The second part deals with the problem of approximating plate behavior (both dynamic and static) by using equivalent grid-framework model. The emphasis, for plate analysis, is on the stability and vibration analysis without dealing with nonlinear static and dynamic response. However, the nonlinear static and dynamic analysis may be regarded as a subtopic of dynamic stability which will be addressed as part three of this dissertation.

Numerical results are presented for many example problems, and they indicate that the adopted method is reasonably accurate. For the first three frequencies of non-prismatic simply-supported beam, it is seen that the exact method adopted here using stepped model gives more accurate results (accuracy within 4%) than that of FEM tapered elements (accuracy within 25%). For vibration analysis of plates using beam-column analogy the percentage of error is depending on mesh size. For rough modeling of plate element free-free opposite sides by simple-simple supported opposite sides it found the percentage of error of the first three natural frequencies increase from -0.1 to 9.5% for 4×4 mesh size and 0 to 2.7% for 8×8 mesh size.

التحليل الاهتزازي و الاستقرار للمنشآت الهيكلية و الصفائح باستخدام نموذج عتبة-عمود

الخلاصة

مع الاستخدام المتزايد للمنشآت الهيكلية ذات الوزن الخفيف والتي تمتاز باطوال كبيرة ، فان هناك حاجة لتصميم و تحليل المنشآت بصورة دقيقة و كافية والتي تتعرض لأحمال ثابتة و/ أو متحركة. ان الاكثر أهمية في هذين المجالين هما: تحليل الاهتزازية و الاستقرارية. الهدف العام لهذه الدراسة هو تقديم طريقة دقيقة الى جانب الطرق التقريبية المعروفة المستخدمة في حل مسائل كل من الاستقرارية و الاهتزازية للمنشآت الهيكلية. ان الهدف العام من هذه الدراسة يمكن تقسيمه الى ثلاثة اجزاء. الجزء الأول يتعلق بتكوين و تأليف عتبة ثلاثية الابعاد باتباع نهج لاغرانج و الذي يستخدم لإيجاد وتحديد التردد الطبيعي و الحمل الحرج للمنشأ بصورة كلية. الجزء الثاني يتعامل مع مسألة حل مسائل الصفائح بصورة تقريبية (لكل من التحليل السكوني و الحركي) و ذلك باستخدام نموذج شبكي مكافئ. ان التحليل الخطي واللاخطي السكوني و الحركي هي جزء من الأدوات المستخدمة في حل الاستقرارية الحركية الذي هو الجزء الثالث من هذه الدراسة.

نتائج عددية قد قدمت باستخدام العديد من المسائل و التي توضح ان الطريقة المتبعة في هذه الدراسة دقيقة و مقبولة. بعض المسائل المتعلقة بالطريقة المتبعة قد تم التنويه عنها من خلال الامثلة المعطاة. فعند إجراء تحليل اهتزازي لعتبة مستدقة (متغيرة العمق) لإيجاد الترددات الثلاث الاولى وجد ان اتباع هذه الطريقة يعطي نتائج أكثر دقة (نسبة الخطأ ضمن 4%) من طريقة العناصر المحددة في حال استخدام عناصر لاموشورية (نسبة الخطأ ضمن 25%). اما في تحليل الصفائح اهتزازيا وجد ان دقة الحل تعتمد على حجم العناصر الشبكية المستخدمة. ففي حالة صفيحة حرة الحركة من حافتين متقابلتين و مسندة عموديا فقط من الحافتين الاخرى وجد ان دقة الحل باستخدام مشبك 4×4 تتراوح بين 0.1% الى 9.5% اما عند استخدام مشبك 8×8 فان دقة الحل تتراوح بين 0 الى 2.7%.