תכנון טופולוגי של מבנים תחת עומסי לחץ

משה פוקס ונועם שמש
המחלקה למכניקה חומרים ומערכות
הפקולטה להנדסה, אוניברסיטת ת"א, 69978 רמת אביב

תקציר

בהתאם לגישה של אופטימיזציה טופולוגית, בכדי להגדיר את הבעיה לאופטימיזציה, יש צורך להגדיר את מרחב התכן, בו ימצא המבנה, ולרשת אותו לאלמנטים סופיים. כל אלמנט סופי הינו פורוזיבי בעל צפיפות יחסית ρ המשתנה בין 0 ל 1. לאחר הגדרת תנאי השפה על המבנה, האלגוריתם מחפש את הפילוג האופטימלי של הצפיפות היחסית, תחת אילוץ נפח, לפי קריטריון אופטימליות של מינימום אנרגיה. לבסוף הטופולוגיה האופטימלית של הצפיפויות מופיעה בצורה של חורים (0) ואלמנטים מלאים בחומר (1).

העבודה הנוכחית עוסקת בקבוצה של בעיות בהן העומס שפועל על המבנה תלוי בגיאומטריה של המבנה עצמו. סוג העומסים המתאים לבעיות אלו הוא בעיקר עומסי לחץ. קיימים מספר קשיים עם בעיות תיכון אלו:

- העמיסה תלויה בממשק בין החומר לביו התווך בו שורר הלחץ.
- אין קריטריון ודאי לשינוי מיקום וצורת הממשק בין שני התווכים.
- אין הצגה ברורה של האזור היוצר את הלחץ.

אנו מציעים כי משטח העמיסה, עליו הלחץ פועל, ייוצג על ידי עקומה שמוגדרת על ידי נקודות בקרה שגם הן חלק ממשתני התכן בנוסף לצפיפויות היחסיות. בכדי לייצג את התווך היוצר את הלחץ, אנו מכתיבים אילוץ על מודול יאנג (E) במרחב כך שאלמנטים שנמצאים באזור התווך היוצר את הלחץ מקבלים E קרוב לאפס, כך שהם אינם תורמים באופן משמעותי לקשיחות המבנה. אילוץ זה יוצר נטייה לאיפוס הצפיפויות היחסיות באזור הלחץ ולנדידתן לאזור המבנה.
מספר דוגמאות יוצגו בכדי להראות כי באמצעות השיטה ניתן להפיק תוצאות טובות לבעיות הנדסיות שונות.

TOPOLOGICAL DESIGN OF STRUCTURES UNDER PRESSURE LOADS

Moshe B. Fuchs and Noam Shemesh
Department of Solid Mechanics, Materials and Systems
Faculty of Engineering, Tel Aviv University 69978 Ramat Aviv

Abstract

According to the topological structural optimization approach, one needs to define a design region and to mesh it into finite elements. Each element is assumed to be porous with relative density ρ ($0 < \rho < 1$). After applying boundary conditions to the domain, the algorithm searches for optimal distribution of relative densities for minimum compliance, subjected to a constant volume of material constraint. Finally, the optimal topology emerges in the form of voids (0) and filled elements (1).

The present work deals with “design dependent loads” problems where the loads applied to the structure depend on the structure’s geometry. Physically, pressure loads cause this kind of loading. There are a number of difficulties with this design problem:

- The loading depends on the interface shape between the material and the pressure domain.
- There is no obvious criterion to change the interface shape and position during the iterative process.
- There is no clear representation of the pressure zone.

We propose that the loading surface, which the pressure acts on, will be represented by a curve defined by control points, which are a part of the design variables in addition to the relative densities. Also, E is assumed close to zero within the pressure zone. This constraint has a tendency to extract material from the pressure domain.

A few examples will show that this technique yields good results for different engineering design problems.