

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอพฤติกรรมการสั่นแบบอิสระของคานานาโนภายใต้การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของจตุรรองรับ ซึ่งพิจารณาผลของหน่วยแรงที่ผิวสัมผัส (Surface Stress) และลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่ (Nonlocal Elasticity) ร่วมกัน โดยใช้วิธีเชิงวิเคราะห์ในการแก้ปัญหาโดยตรงเพื่อให้ได้ค่าความถี่ธรรมชาติและรูปแบบการสั่น และตรวจสอบคำตอบด้วยวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหน่วยแรงที่ผิวสัมผัสและลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการสั่นอิสระของคานานาโน หน่วยแรงที่ผิวสัมผัสจะส่งผลให้สตีฟเนสของคานานาโนสูงขึ้น ทำให้คานานาโนมีค่าความถี่ธรรมชาติสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากทฤษฎีคานาพื้นฐานในทุกเงื่อนไขของจตุรรองรับซึ่งแสดงให้เห็นขีดในโหมดที่ต่ำของรูปแบบการสั่น ในขณะที่ผลของลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่ทำให้คานานาโนมีค่าความถี่ธรรมชาติลดลงโดยเฉพาะรูปแบบการสั่นในโหมดที่สูงขึ้น สำหรับคานานาโนที่พิจารณาผลของหน่วยแรงที่ผิวสัมผัสและลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่ร่วมกัน ค่าความถี่ธรรมชาติจะอยู่ระหว่างคานานาโนที่พิจารณาผลของหน่วยแรงที่ผิวสัมผัสหรือคานานาโนที่พิจารณาผลของลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่เพียงอย่างเดียว เมื่อศึกษารูปแบบการสั่นของคานานาโน ผลของหน่วยแรงที่ผิวสัมผัสจะส่งผลต่อรูปแบบการสั่นในโหมดที่ต่ำเท่านั้น ในขณะที่รูปแบบการสั่นในโหมดที่สูงขึ้นจะใกล้เคียงกับคานานาโนที่พิจารณาผลของลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ผลของหน่วยแรงที่ผิวสัมผัสและลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อรูปแบบการสั่นในเงื่อนไขของจตุรรองรับแบบยึดหมุนทั้งสองด้าน (pinned-pinned) และจตุรรองรับแบบด้านหนึ่งเลื่อนไถลได้ในแนวตั้งกับอีกด้านหนึ่งยึดหมุน (sliding-pinned)

**คำสำคัญ :** คานานาโน / หน่วยแรงที่ผิวสัมผัส / ลักษณะยึดหยุ่นแบบไม่เฉพาะ / วิธีเชิงวิเคราะห์ / ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

## ABSTRACT

This paper presents the effects of surface stress and nonlocal elasticity on the free vibration of nanobeams with various boundary conditions. The analytical solutions for natural frequencies and corresponding mode shapes of nanobeams are derived and compared numerically by using the finite element method. The identical results between two solution methods are obtained. The obtained results indicate that the surface stress and nonlocal elasticity affects directly on the free vibration behavior of nanobeams. The effect of surface stress is to increase the stiffness of nanobeams. Therefore, the natural frequencies of nanobeams for all boundary conditions are increased in comparison with the classical Euler beam. Moreover, the surface stress affects significantly only for the lower modes of vibration. In case of nonlocal elasticity effect, it reduces the natural frequencies of nanobeams, especially for the higher modes of vibration. For nanobeams including both effects, the results show that the natural frequencies are in between one of the nanobeams with surface stress and the one with nonlocal elasticity. This gives a practical implication that not only the surface stress but also nonlocal elasticity affects directly on the vibration behavior of the nanobeams. However, the surface stress affect only the lower modes of vibration and therefore the results of nanobeams including both effects are converted to the nanobeams where only nonlocal elasticity is considered for the mode number with higher than fourth mode. In case of vibration mode shapes, the surface stress and nonlocal elasticity affect for all boundary conditions except pinned-pinned and sliding-pinned nanobeams.

Keywords : Nanobeams / Surface Stress / Nonlocal Elasticity / Analytical Solution / Finite Element Method.