

ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านพลศาสตร์ของโครงสร้างในการตรวจหาความเสียหายในโครงสร้าง ซึ่งแต่ละวิธีมีแนวทางการวิจัย ทฤษฎี ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดแตกต่างกันออกไป วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตรวจหาความเสียหายประเภทต่างๆ 4 วิธี ซึ่งได้แก่ วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติ วิธีการเปลี่ยนแปลงสถิติเนสเซนทริกซ์ วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมด และวิธีการเปลี่ยนแปลงเฟลกซิบิลิตีเมทริกซ์ เพื่อศึกษาว่าในกรณีที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดทั้งความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมดแล้ว วิธีการตรวจหาความเสียหายประเภทใดที่สามารถทำนายตำแหน่งและระดับความเสียหายได้ถูกต้อง โดยพิจารณาทั้งทางด้านจำนวนข้อมูลเบื้องต้นและจำนวนโหมดที่ต้องใช้ในการคำนวณ ซึ่งจากผลการศึกษาปรากฏว่า วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมดใช้จำนวนโหมดในการคำนวณน้อยที่สุด แต่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเบื้องต้นในการคำนวณความเสียหายมากที่สุด ซึ่งในวิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมดหากนำวิธี NNLS (Non-negative least-squares) มาใช้แก้ระบบสมการเชิงเส้นสามารถได้คำตอบที่ถูกต้อง ถึงแม้ว่าระบบสมการเชิงเส้นนั้นจะมีจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (under-determined system) ในหลายกรณี วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอวิธีการช่วยตรวจสอบคำตอบสำหรับลักษณะปัญหาแบบ under-determined system ซึ่งได้ตั้งสมมติฐานขึ้น 2 สมมติฐานคือ (1) เมื่อใช้จำนวนโหมดในการคำนวณเพิ่มขึ้น ถ้าคำตอบที่ได้รับจากการคำนวณด้วยวิธี NNLS ทั้งก่อนและหลังเพิ่มจำนวนโหมดตรงกัน คำตอบนั้นน่าจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และ (2) ไม่ต้องเพิ่มจำนวนโหมดในการคำนวณ แต่นำวิธีแก้สมการที่เสนอขึ้นใหม่มาตรวจสอบใช้กับวิธี NNLS โดยถ้าคำตอบจากทั้งสองวิธีตรงกัน คำตอบนั้นน่าจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งจากผลการทดสอบสมมติฐานทั้งสอง โดยใช้แบบจำลองโครงข้อแข็ง 2 มิติที่มีจำนวนชิ้นส่วน 13 ชิ้นและ 60 ชิ้นใน 17 กรณีศึกษา ปรากฏว่าทั้งสองสมมติฐานสามารถช่วยตรวจสอบคำตอบในกรณี under-determined system ได้

ในทางปฏิบัติการตรวจวัดความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมดของโครงสร้างอาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่แท้จริง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อมหรือจากตัวเครื่องมือที่ใช้วัดเอง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงศึกษาลักษณะของความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมดหรืออย่างใดอย่างหนึ่งต่อผลการทำนายความเสียหายด้วยวิธีทั้ง 4 ประเภทข้างต้น ซึ่งจากผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลองโครงข้อแข็ง 2 มิติ ปรากฏว่า ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนเฉพาะในการตรวจวัดรูปร่างโหมด วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติยังคงสามารถทำนายตำแหน่งและระดับความเสียหายได้อย่างถูกต้อง แต่จะต้องใช้จำนวนโหมดของความถี่ธรรมชาติในการคำนวณค่อนข้างมาก คือ อย่างน้อยต้องเท่ากับจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดของโครงสร้าง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอวิธีลดจำนวนโหมดที่ต้องใช้ในการคำนวณให้น้อยลง โดยแบ่งการทำนายความเสียหายเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทำการทำนายตำแหน่งเพื่อบ่งชี้ชิ้นส่วนที่น่าจะเกิดความเสียหาย ทำให้สามารถลดจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องทำนายระดับความเสียหายจากนั้นในขั้นตอนที่สอง จึงทำนายระดับความเสียหายในชิ้นส่วนที่คาดว่าจะเกิดความเสียหาย ซึ่งจากผลการทดลองตรวจหาความเสียหายในแบบจำลองโครงข้อแข็ง 2 มิติทั้ง 4 กรณี ปรากฏว่าวิธีที่เสนอสามารถทำนายตำแหน่งและระดับความเสียหายได้ถูกต้อง โดยใช้จำนวนโหมดของความถี่ธรรมชาติน้อยกว่าวิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติแบบเดิมทุกกรณี

Numerous methods to determine location and intensity of damage in structures from dynamic properties have been proposed in the literature. They were derived from different approaches; thus, having different advantages and limitations. This study compares the efficiency of four methods, which utilize information about natural frequency change, stiffness change, both natural frequency and mode shape change, and flexibility change, respectively, and compares types of required structural parameters. The efficiency is measured by the number of modes needed in the calculation to obtain the correct damage location and severity. It is found that the method using changes of natural frequencies and mode shapes requires the least number of modes, but the largest number of structural parameters. In this method, use of non-negative least-squares (NNLS) technique to solve under-determined system of linear equations can give the correct solutions in many cases, while it is well known that the solutions of under-determined system is not always the correct one. To verify the solution obtained, this thesis proposes two assumptions that the solution should be correct if (1) the solutions obtained before and after increasing number of modes in calculation are the same, and (2) the newly proposed method to solve under-determined system gives the same solution as NNLS. These two assumptions were tested and are valid in all 17 studied cases so they could be used to verify the solution of under-determined system of linear equations.

In practical application of damage detection method, the natural frequencies and mode shapes of real structures can not be measured accurately, so this thesis investigates the effects of errors in measuring natural frequencies or mode shapes, and both. It is found that the accuracy of damage detection deteriorates when such error is present; however, the method of change in natural frequency is not affected by errors in measuring mode shapes, but this method requires a large number of modal natural frequencies in the calculation, i.e., no less than number of unknowns to obtain the correct damage detection. Therefore, this thesis proposes that the number of unknowns be reduced by identifying the possibly damaged structural members using method of change in natural frequency and mode shape prior to determining the damage severity by method of change in natural frequency. Investigation in four cases shows that the proposed method is effective and the number of modal natural frequencies in calculation can be reduced to less than that required in the existing method of change in natural frequency.