

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีโบราณสถานที่ทรงคุณค่าอยู่เป็นจำนวนมากที่เกิดการเสื่อมสภาพของรูปลักษณ์ภายนอกและสภาพของโครงสร้างอันเนื่องมาจาก อายุ ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม และกิจกรรมของมนุษย์ เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการดำเนินการศึกษาวิจัยสำหรับการวางแผนเพื่อการอนุรักษ์โครงสร้างเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาเพื่อสำรวจข้อมูลและการประเมินสภาพจริงของโครงสร้างมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อการวางแผนและตัดสินใจอย่างเหมาะสมก่อนการเริ่มงานอนุรักษ์ต่อโบราณสถาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือการประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานของประเทศ โดยมีประเด็นที่ทำการศึกษาคือ การพัฒนาวิธีการเก็บข้อมูลโบราณสถานด้วยแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่าย การตรวจวัดคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้างโบราณสถาน การทดสอบและการประเมินผลกระทบจากแรงพลศาสตร์จากสภาพแวดล้อม และการประเมินความมั่นคงของโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในส่วนแรกของโครงการคือการพัฒนาวิธีการเก็บข้อมูลโบราณสถานด้วยแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายให้ได้ผลที่สมบูรณ์ โดยใช้ตัวอย่างคือวัดใหญ่ชัยมงคล และวัดไชยวัฒนาราม การเก็บข้อมูลจำเป็นต้องใช้สามวิธีในการเก็บภาพถ่ายคือ กลุ่มเมฆแบบไม่แน่น กลุ่มเมฆแบบละเอียด และแบบจำลองสามมิติแบบพื้นผิว เพื่อให้แบบจำลองสามมิติมีความสมบูรณ์และความละเอียดพอ อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลแต่ละวิธีขึ้นอยู่กับวิธีการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติ แบบจำลองสามมิติที่ได้สามารถใช้ในการตรวจสอบสภาพ และใช้ศึกษารูปทรงของวัดได้อย่างสมบูรณ์ ในส่วนที่สองเป็นการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของเจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคลโดยการตรวจวัดการสั่นไหวในสภาพแวดล้อม เพื่อหาค่าความถี่ธรรมชาติของการสั่นทางด้านข้างโดยใช้การแปลงสัญญาณฟูเรียร์ และหารูปร่างการสั่นไหวจากอัตราส่วนของขนาดฟูเรียร์ โดยผลการศึกษาที่ได้จะสามารถนำไปใช้ในการปรับแก้แบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อใช้วิเคราะห์พฤติกรรมการรับน้ำหนักของเจดีย์และเป็นค่าอ้างอิงเพื่อการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของพระเจดีย์ในอนาคต จากนั้นเป็นการศึกษาผลกระทบจากแรงพลศาสตร์จากสภาพแวดล้อมต่อโบราณสถานคือ การศึกษาผลกระทบจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากการจราจรในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและการทดสอบแรงลมต่อเจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคลด้วยการทดสอบในอุโมงค์ลม ผลการศึกษาภาคสนามสำหรับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากการจราจรแสดงว่าอัตราส่วนการลดทอนของคลื่นการสั่นสะเทือนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยามีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากชั้นดินที่แข็ง ระดับความรุนแรงของการสั่นสะเทือนได้แสดงไว้จากค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ตรวจวัดในแต่ละพื้นที่และพบว่าค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาภายใต้สภาพที่รุนแรงกว่าสภาพที่เกิดขึ้นกับโบราณสถาน ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่แนะนำในมาตรฐานด้านผลกระทบจากการสั่นสะเทือนและงานวิจัยในอดีต ผลการศึกษาผลกระทบเนื่องจากแรงลมสำหรับเจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคล พบว่าหน่วยแรงดันสูงสุดมีค่าประมาณ 1.5 กิโลปาสคาลและ หน่วยแรงดูดสูงสุดมีค่าประมาณ 2.0 กิโลปาสคาล โดยมีผลทำให้เกิดหน่วยแรงดึงสูงสุดประมาณ 350 กิโลปาสคาล และหน่วยแรงอัดสูงสุดประมาณ 1,300 กิโลปาสคาล หน่วยแรงอันเกิดขึ้นจากน้ำหนักขององค์เจดีย์วัดใหญ่ชัยมงคลได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ รูปร่างและรูปทรงของแบบจำลองในปัจจุบันเป็นไปตามผลที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายซึ่งพบว่าองค์เจดีย์เกิดการเอียงตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 3 องศาและทำให้ยอดเจดีย์เคลื่อนจากตำแหน่งเดิมไปประมาณ 3.75 เมตร แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วยเอลิเมนต์เชิงเส้นแบบสี่ด้านจำนวน 20,543 เอลิเมนต์โดยมีฐานที่ยึดแน่น จากการวิเคราะห์พบว่าที่สถานะปัจจุบันหน่วยแรงหลัก

แบบดึงและแบบอัดที่เกิดขึ้นกับองค์เจดีย์มีขนาดน้อยกว่า 25 และ 410 กิโลปาสคาลตามลำดับ การศึกษา
ยังได้พิจารณากรณีสมมติที่องค์เจดีย์เกิดการเอียงตัวเพิ่มเติมอีก 5 องศาด้วย และได้ให้ข้อสังเกตบาง
ประการถึงบริเวณที่อาจเกิดรอยแตกร้าวจากหน่วยแรงดึงขึ้นได้

Abstract

Thailand has many valuable historical remains in which their appearance and structural conditions have been deteriorating due to aging, environmental impacts and man-made activities. Proper maintenance of these heritage structures is therefore very important for the preservation of the historical sites. In order to have rational plan and decision, documentations and assessment of the existing conditions of these structures are necessary prior to any intervention on them. In this research, the main objective is to apply engineering measures to preserve the historical structures in Thailand. The contents of the study consist of development of a new technique to obtain 3D models of structures based on images, dynamic properties measurement of historic structures, tests and evaluation of impact from environmental dynamic loads and structural assessment by finite element analysis.

In the first part, this research focuses on the data collection technique for the image-based technique to obtain 3D models that are as complete as possible. The sample sites used in this work are Wat Yai Chai Mongkol and Wat Chai Wattanaram. It is suggested that the three collection strategies, sparse point cloud model, dense point cloud model and surface model, will be required for data collection if complete and detailed 3D models are required. Nevertheless, it depends on the application that 3D models will be used. The 3D models from both temples can be used for inspection, and for archiving as future reference. In the second part, dynamic characteristics of Wat Yai Chai Mongkol stupa were identified by ambient vibration measurements. Natural frequencies of the translational modes were obtained from Fourier spectrum of the measured vibrations of the stupa. Vibration mode shapes were computed from the ratio of the Fourier amplitudes. The results of the dynamics properties can be used to calibrate the Finite Element model for further structural assessments and serve as reference values for long-term monitoring. In order to investigate impacts from dynamic loads from environment to the historic structures, traffic induced vibration in Phra Nakhon Sri Ayutthaya and wind tunnel tests of Wat Yai Chai Mongkol stupa were conducted. From field test of traffic induced vibration, the attenuation rate in Phra Nakhon Sri Ayutthaya was relatively high due to stiffer soils underneath. The highest vibration velocity found in Phra Nakhon Sri Ayutthaya, under more extreme condition than the condition at historic sites, was lower than the recommendation provided in an international standard of vibration effect on structure and past researches. From wind tunnel tests, the maximum wind pressure was about 1.5 kPa and the maximum wind suction was about 2.0 kPa. This resulted in estimated stress about 350 kPa in tension and 1,300 kPa in compression. The finite element model of Wat Yai Chai Mongkol stupa was set up to analyze for stresses under its own weight. The structure from motion technique was used to obtain the current

geometric description of the structure and it was found that at present the structure is tilting by about 3 degrees to the north-west corner with the top of the structure is deviated by about 3.75 m from its expected position. The finite element model is composed of 20,543 linear tetrahedron elements with base of the model is fixed to the ground. It was found that, at present, the existing principal tensile and compressive stresses due to self-weight are less than 25 and 410 kPa respectively. Effect of additional tilting of the structure by 5 degrees was also investigated, and possible zones of tensile cracks were observed.