

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและ การเสื่อมสภาพของผนังอาคารโบราณสถาน กรณีศึกษา : พระอุโบสถ วัดนิเวศธรรมประวัติ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

สริน พินิจ¹

sarin_mo@hotmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถนัย เศรษฐบุตร์²

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

atch.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีประวัติศาสตร์ยาวนานและทรงคุณค่าทั้งในด้านศิลปวัฒนธรรม ประเพณี ภาษา รวมไปถึงสถาปัตยกรรม โบราณสถานที่เต็มไปด้วยเรื่องราวความเป็นมาในอดีต แต่ด้วยระยะเวลาอันยาวนานทำให้โบราณสถานหลายแห่งเสื่อมสภาพลง ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของอาคารและศิลปกรรมคือ ความชื้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสียหายและตรวจวัดปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในวัสดุผนังภายในของอาคารโบราณสถาน กรณีศึกษา อุโบสถวัดนิเวศธรรมประวัติ อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวผนังภายในอาคารกับปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้น การประเมินความเสียหายของผิวผนังภายในอาคาร ทำโดยการประเมินด้วยสายตา จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยแบ่งความเสียหายเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ผิวผนังไม่พบความเสียหาย ระดับที่ 2 ผิวผนังเกิดการฟองของสี ระดับที่ 3 ผิวผนังเกิดการฟองและหลุดลอกของสี การตรวจวัดปริมาณความชื้นภายในวัสดุอาคาร (Moisture content) ทำโดยอาศัยเครื่องมือวัดแบบไม่ทำลาย พื้นผิวที่ตรวจหาปริมาณความชื้นจากการนำไฟฟ้า โดยส่งคลื่นความถี่สูงผ่านเนื้อวัสดุเข้าไป ทำการวัดที่ผนังภายในอาคารด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ฝั่งละสองช่วงเสา จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสองตัวแปร (ระดับความเสียหายของผิวผนัง และปริมาณความชื้น) โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความชื้นต่อพื้นที่ผนังภายใน ณ จุดที่วัดความชื้น และแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณความชื้นและความเสียหายในแต่ละระดับความสูง จากการศึกษาพบว่า ความเสียหายในระดับที่ผิวผนังเกิดการฟองและหลุดลอกของสี (ระดับที่ 3) พบมากที่ระดับความสูง 0.80 เมตร จากระดับพื้นภายในอาคาร และเมื่อพิจารณาตามลำดับของผนัง จะพบเห็นความเสียหายมากในผนังที่ 1 บริเวณช่วงล่างของผนัง ปริมาณความชื้นที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 45%-96% และความเสียหายรองลงมาคือ 2 ผิวผนังเกิดการฟองของสี (ระดับที่ 2) พบมากในผนังที่ 1 และ 2 ซึ่งอยู่ ณ ระดับความ

¹ นิสิตระดับปริญญาเอกและอาจารย์พิเศษ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² อาจารย์ประจำ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูงที่ 1-2 และ 2-3 ตามลำดับ จะพบว่าปริมาณความชื้นที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 15%-73% และระดับต่ำสุดคือ ไม่พบความเสียหายอย่างชัดเจน (ระดับที่ 1) พบมากในผนังที่ 3 และ 4 ซึ่งอยู่ ณ ระดับความสูงที่ 1-2 จะพบว่าปริมาณความชื้นที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 11%-48% และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวผนังภายในอาคารกับปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้น พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันอย่างชัดเจน ในระดับของลดทลายช่วงบนของผนังทั้งสี่ ได้แก่ ที่ความสูง 1.40 เมตร และ 1.70 เมตร แต่สำหรับระดับลดทลายช่วงล่างของผนัง ได้แก่ ที่ความสูง 0.40 เมตร 0.60 เมตรและ 0.80 เมตร แนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวผนังภายในอาคารกับปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในผนังที่ 2 และ 3 คือ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณความชื้นต่ำกลับพบความเสียหายมากและ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณความชื้นสูงกลับพบความเสียหายน้อย ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษาต่อไปถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้น

คำสำคัญ : ปริมาณความชื้น การเสื่อมสลายของผิวผนังอาคาร อาคารโบราณสถาน

Relationship between Moisture Content and Decay of Walls in Ancient Building: A Case of Wat Nivet Thammaprawat, Ayutthaya

*Sarin Pinit*¹

sarin_mo@hotmail.com

*Assistant Professor Dr.Atch Sreshthaputr*²

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

atch.s@chula.ac.th

¹ Doctoral Degree Student and Special lecturer Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

² Full-time lecturer Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

Abstract

Thailand has a long history and great heritage in culture, tradition and language, as well as historical buildings and artifacts which are replete with stories and memories that show the legacy generations have created. However, changes in the environment have occurred in many ways. The climate patterns have become more severe. Also, there have been changes in people's consumption habits, including using inappropriate methods and materials to renovate and restore old buildings. These changes have led to excessive amount of heat and moisture in buildings, which accelerate the deterioration of historical buildings. This research aims to assess the damage and measure the moisture content in the walls of historic buildings at Wat Niwet Thammaprawat, located in Bang Pa-in, Ayutthaya. The results obtained to analyze the relationship between the level of damage found at the building interior wall surface and the amount of moisture content within the interior walls. Damage assessment of the interior wall surfaces is carried out by sight and the deterioration is divided into three levels: level 1: wall surfaces show no damage; level 2: wall surfaces show some blisters; and level 3: wall surfaces' paint is peeling off. The method of measurement is the determination of the wall conductivity using high-frequency electric capacitance equipment of which the electricity is passed through the walls to measure the moisture content. The measurements carried out by the equipment show the moisture levels on the interior surfaces of the north and south walls. The results were analyzed in order to find the relationship between two variables, the damage levels and the corresponding moisture content. The results showed that the walls with blistering surface and the paint peeling off (level 3) are found at the height of 0.80 meter above the ground. From the measurements, it was found that the northwestern walls have the most severe damages and the moisture contents are between 45-96%. Less damage were found on the southeastern walls, with the moisture contents between 11%-48%. There is a strong relationship between the level of damages and the moisture content on the northwestern walls, but the relationship is reversed for the southeastern walls which to be further investigated.

Keywords: moisture content, deteriorated wall surface, historic buildings.

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีอาคารโบราณสถานและโบราณวัตถุสำคัญจำนวนมาก แต่ด้วยระยะเวลาอันยาวนานทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในหลายด้าน สภาพอากาศที่รุนแรงขึ้น รวมถึงการซ่อมแซมอาคารด้วยวิธีการและวัสดุที่ไม่เหมาะสม ทำให้โบราณสถานเหล่านั้นเสื่อมสภาพและพังทลายลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้จากสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี รวมถึงการเกิดน้ำท่วมในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตภาคกลาง ทำให้เกิดการสะสมและถ่ายเทปริมาณความร้อนและความชื้นในตัวอาคารตลอดเวลา ทำให้โบราณสถานได้รับความเสียหายจากน้ำและความชื้นเป็นจำนวนมาก การเสื่อมสภาพมีทั้งที่เกิดจากตัวโบราณสถานเอง (intrinsic factors) ได้แก่ ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างที่มีอายุมาก และการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นจากการกระทำของสภาพแวดล้อมภายนอก (extrinsic factor) ได้แก่ สาเหตุจากมนุษย์และจากธรรมชาติ สาเหตุจากธรรมชาติสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 รูปแบบคือ ภัยพิบัติจากธรรมชาติและสภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ ทั้งปัจจัยทางด้านกายภาพและทางด้านชีวภาพ

หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดปัญหาในปัจจัยด้านอื่นๆ ต่อเนื่องกัน คือ ความชื้น ซึ่งนอกจากจะส่งผลกระทบต่อตรงกับการเสียหายทางกายภาพของวัสดุ อันได้แก่ การบดบัง (Thomson 1981 อ้างอิงถึงในเชิรวริภา กลิ่นบุบผา 2553) และการเสื่อมสลายของเนื้อวัสดุก่อสร้าง ที่โดยมากจะมีลักษณะพูน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศตลอดเวลา รวมถึงการดูดน้ำจากดินขึ้นมาสะสมในเนื้อวัสดุอาคาร (กตัญญูลี เวชวิมล 2543) เป็นสาเหตุทำให้เนื้อวัสดุอาคาร ผิวผนังอาคารเกิดการเสียหายและเสื่อมสภาพ ความชื้นยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการทำลายโดยสิ่งมีชีวิต (bio deterioration) (คณะกรรมการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการวางแผนพัฒนาอาคารโบราณสถานเมืองนครศรีธรรมราช 2528 อ้างอิงถึงใน เชิรวริภา กลิ่นบุบผา 2553) และความชื้นยังเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ให้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เพราะน้ำเป็นตัวทำละลายที่

สามารถละลายสารต่างๆ ที่มีอยู่ในอากาศและดิน ก่อให้เกิดเป็นสารละลายที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของโบราณสถานได้ (จิราภรณ์ อรัณยนาถ 2529 อ้างอิงถึงใน เชิรวริภา กลิ่นบุบผา 2553)

งานวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพโบราณสถานจากสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้น ก๊าซต่างๆ และจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ได้แก่ มอสส์ สาหร่าย ไลเคน ราและแบคทีเรีย (อักษร ศรีเปล่ง 2525) การศึกษาชนิดของเชื้อราบนโบราณวัตถุและในอากาศภายในอาคาร (ชลี ชัยศรีสุข 2525) การศึกษาเชื้อราที่มีผลต่อการเสื่อมสลายของกาวและสีฝุ่นที่ใช้ในการวาดภาพจิตรกรรมฝาผนัง และผลของสารเคมีกำจัดเชื้อราต่อชนิดของเชื้อรา (พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ 2526) และการศึกษาชนิดและบทบาทของแบคทีเรียต่อการเสื่อมสภาพของโบราณสถาน (คันสนีย์ ขวนะกุล 2528) ในส่วนของก๊าซในอากาศและสารละลายจำพวกเกลือ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการกัดกร่อนอิฐเก่าจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (พัชรวิไล พงษ์พานิช 2547) และบทบาทของเกลือบนโบราณสถาน (จิราภรณ์ อรัณยนาถ 2527) ทางด้านความชื้น ได้มีการศึกษาสาเหตุของการเกิดความชื้นและพฤติกรรมของความชื้นในเชิงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาเรื่องอิทธิพลของความชื้นและแสงแดดต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในวัด (กตัญญูลี เวชวิมล 2543) โดยศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้น ปริมาณความเข้มแสงและรังสีอัลตราไวโอเล็ตและการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมบนผนัง มีการศึกษาปัจจัยการควบแน่นของน้ำในโบราณสถาน (สุรียน ศิริธรรมปิติ 2542) ที่ได้เน้นการศึกษาโดยการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นจากสถานที่จริง และนำมาวิเคราะห์หาบริเวณและช่วงเวลาที่จะสามารถเกิดการควบแน่นของไอน้ำในอากาศ ภายในโบราณสถาน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความผันแปรของการสะสมความชื้นในผนังอาคารโบราณสถานบางแห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์ 2554) โดยได้ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์หาความผันแปรของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและ

ภายนอกของอาคารโบราณสถาน รวมถึงพิจารณาความผกผันเชิงพื้นที่ของความชื้นในผนังที่มีสภาพจิตรกรรมฝาผนังทั้งสี่ด้านของอาคารที่มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

ในการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาความชื้นของอาคารจริง ได้พบความพยายามเสนอวิธีแก้ปัญหาความชื้นที่ระเหยขึ้นจากดินในโบราณสถานประเภทพระนอน ที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของผนังอาคาร (อรอนันต์ เศรษฐบุตร และคณะ 2556) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้วัดข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอกอาคาร และใช้วิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเสนอแนวทางการลดปริมาณความชื้นด้วยการระบายอากาศ (flush out) แต่ปัจจุบันยังไม่ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาย่างจริงจัง

จากการศึกษาข้างต้นเหล่านี้นั้นจะเห็นได้ว่า มีการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการเสื่อมสภาพของอาคารโบราณสถาน อันเกิดจากปัจจัยในหลายด้าน ทั้งทางด้านความร้อน สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ และสารเคมี แต่ยังคงขาดการศึกษาในเรื่องวิธีการแก้ปัญหาทางด้านความชื้นอย่างจริงจังจนเกิดเป็นองค์ความรู้เพื่อสร้างแนวทางในการป้องกันความเสื่อมสภาพจากความชื้นของอาคารโบราณสถานของประเทศไทยที่ชัดเจน การแก้ปัญหาในเรื่องความชื้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรต้องมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการและเครื่องมือที่ทันสมัยที่พัฒนาขึ้นตลอดเวลา

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

การศึกษานี้ใช้วิธีการสำรวจ เก็บข้อมูลเชิงกายภาพของอาคาร และตรวจวัดปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในผนังภายในของอาคารกรณีศึกษา ได้แก่ อุโบสถวัดนิเวศธรรมประวัติ โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในวัสดุผนังภายในของอาคารอุโบสถวัดนิเวศธรรมประวัติ
2. เพื่อตรวจวัดปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นในวัสดุผนังภายในของอาคารอุโบสถวัดนิเวศธรรมประวัติ

3. เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวผนังภายในอาคารกับปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาปริมาณความชื้นที่มีผลต่อการเสื่อมสลายของผิวผนังอาคารประเภทอุโบสถ กรณีศึกษาวัดนิเวศธรรมประวัติ อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ โดยการลงพื้นที่ภาคสนาม (field study) เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณความชื้นภายในผิววัสดุผนังภายในของอาคาร มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

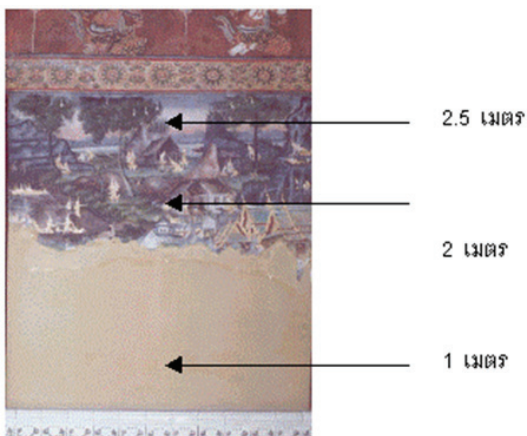
1. การศึกษาทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่าความชื้นเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดในการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนัง เนื่องจากความชื้นสามารถเคลื่อนที่ได้หลายรูปแบบ และสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาขั้นอื่นๆ ต่อไป ทำให้มีผลต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังได้ เช่น การเกิดผลึกเกลือบนผนัง การเจริญเติบโตของสาหร่ายและราบนผนัง เป็นต้น (Mora 1974 อ้างอิงถึงใน กัตยูลี เวชวิมล 2543) โดยปกติวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารโบราณจะมีรูพรุน ทำให้น้ำสามารถผ่านเข้าออกได้ วัสดุเหล่านี้จะแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศตลอดเวลา ซึ่งวัสดุจะทั้งรับและสูญเสียความชื้นขึ้นอยู่กับขณะนั้นอากาศมีความชื้นมากหรือน้อยกว่าวัสดุ (Oxley and Gobert 1983 อ้างอิงถึงใน กัตยูลี เวชวิมล 2543)

ความชื้นภายในเนื้อวัสดุเกิดได้จากหลายสาเหตุ ดังต่อไปนี้ 1) ความชื้นที่สัมผัสกับผนังโดยตรง ความชื้นประเภทนี้จะมาจากน้ำฝนที่สาดโดนผิวหน้าของผนังด้านนอกอาคาร 2) ความชื้นที่ไหลซึมไปสู่ผนัง (infiltration) แหล่งกำเนิดที่สำคัญของความชื้นประเภทนี้คือน้ำฝน โดยน้ำฝนสามารถไหลซึมเข้าไปในผนังได้จากการชำรุดเสียหายของอาคาร เช่น จากหลังคา 3) ความชื้นที่กลั่นตัว

จับอยู่บนผนัง (condensation) จะเกิดในกรณีที่อุณหภูมิที่ผิวหน้าผนังลดลงจนต่ำกว่าจุดน้ำค้างของอากาศ อากาศที่สัมผัสกับผนังจะเย็นลงจนถึงจุดน้ำค้างและหยดน้ำจะกลั่นตัวออกมาจับอยู่บนผนัง 4) ความชื้นที่ขึ้นไปตามแรงดึงในรูพรุนของผนัง (capillarity) ความชื้นประเภทนี้มีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำในดิน ใต้ดินหรือน้ำฝนที่ท่วมขังบริเวณฐานอาคาร โดยน้ำเหล่านี้จะขึ้นมาตามรูพรุนในผนังและจะปรากฏให้เห็นรอยชำรุดเป็นแนวทางยาวจากพื้นถึงที่ความสูงระดับหนึ่งๆ (Oxley and Gobert 1983 อ้างอิงถึงใน กัตยูลี เวชวิมล 2543)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการศึกษาเรื่องอิทธิพลของความชื้นและแสงแดดต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในวัด (กัตยูลี เวชวิมล 2543) โดยศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้น ปริมาณความเข้มแสงและรังสีอัลตราไวโอเลตและสัดส่วนการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมบนผนัง งานวิจัยนี้ได้เลือกอาคารกรณีศึกษา 2 หลัง ที่มีการตัดและไม่ได้ตัดความชื้นในผนัง ได้แก่ 1) วัดเปาโลหิตย ซึ่งมีการตัดความชื้นในผนังโดยสอดแผ่นเหล็กไร้สนิม และ 2) วัดสุวรรณารามราชวรวิหาร ซึ่งไม่ได้ตัดผนังความชื้น โดยทำการวัดปริมาณความชื้นในวัสดุผนังอาคารด้วยเครื่องมือวัดค่าที่ไม่ทำลายพื้นผิว จากนั้นนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว



ภาพที่ 1 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลของงานวิจัยเรื่องอิทธิพลของความชื้นและแสงแดดต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในวัด (กัตยูลี เวชวิมล 2543)

(One way ANOVA) ประกอบการประเมินความเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังด้วยการประเมินทางสายตาและวิเคราะห์ผลที่ได้เป็นสัดส่วนร้อยละของพื้นที่จิตรกรรมที่เสื่อมสลายต่อพื้นที่ภาพจิตรกรรมทั้งหมด (ภาพที่ 1)

2. การลงพื้นที่เก็บข้อมูล

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ของอาคารกรณีศึกษา

วัดนิเวศธรรมประวัติ เป็นพระอารามหลวงชั้นเอกชั้นราชวรวิหารอยู่ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นวัดที่มีความสำคัญเนื่องด้วยเป็นพระอารามหลวงที่พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงสถาปนาเมื่อ พ.ศ. 2419 มีพระราชประสงค์ให้เป็นพระอารามสำหรับพระราชวังและเป็นที่ทรงบำเพ็ญพระราชกุศลครั้งทรงเสด็จมาประทับแรม ณ พระราชวังบางปะอิน วัดนิเวศธรรมประวัติตั้งอยู่บนท้ายเกาะลอย ด้านหน้าพระราชวังบางปะอิน อาณาเขตของวัดทิศเหนือติดกับบ้านพักอาศัยซึ่งตั้งอยู่บนที่ดินทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ ทิศใต้ติดกับที่ดินทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์และประภาคารท้ายเกาะ ทิศตะวันออกติดกับคลองลัดส่วนที่ไหลผ่านด้านหน้าพระราชวังบางปะอิน และทิศตะวันตกติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา

รูปแบบสถาปัตยกรรมของวัดนี้เป็นแบบโกธิคประยุกต์ (Gothic Revival) ซึ่งมาจากแนวพระราชดำริของรัชกาลที่ 5 ที่จะทรงบูชาพระพุทธศาสนาด้วยของแปลก เพื่อให้ประชาชนชมเล่นว่าเป็นของประหลาด (อนงค์ อนันต์รัตนสุข 2555) ที่ไม่เคยพบเห็นในพระอารามอื่น ทั้งนี้ทรงโปรดเกล้าฯ ให้ นายโยคิม กรรสี วางแผนที่และออกแบบพระอุโบสถ กุฏิและเสนาสนะต่างๆ ให้มีพื้นฐานแบบอย่างตะวันตก การก่อสร้างเริ่มขึ้นใน พ.ศ. 2420 และสำเร็จลงในสองปีต่อมา ต่อมาในสมัยรัชกาลที่ 7 มีการสร้างเขื่อนคอนกรีตแทนเขื่อนกันดินเดิม รวมถึงมีการบูรณะปฏิสังขรณ์กุฏิ ศาลา และปูชนียสถาน ใน พ.ศ. 2553 กรมศิลปากรมีการจัดตั้งโครงการอนุรักษ์และพัฒนาวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร (ภาพที่ 2-4)



ภาพที่ 2 ด้านหน้าอุโบสถ



ภาพที่ 3 ด้านหลังอุโบสถ



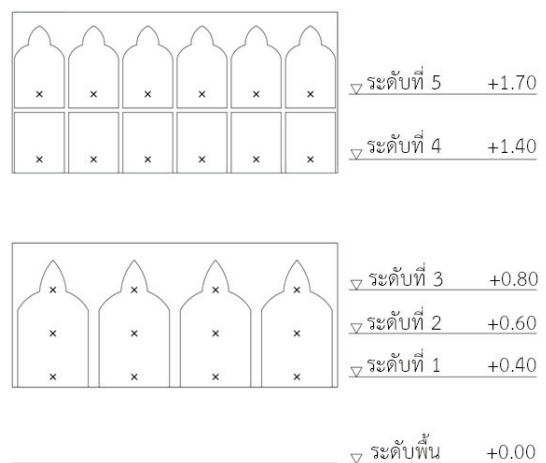
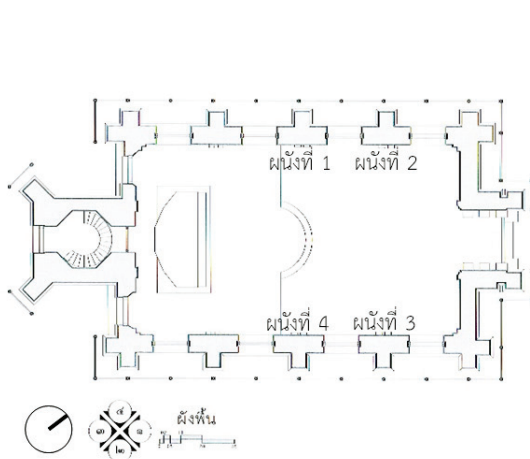
ภาพที่ 4 มุมมองภายในอุโบสถ

2.2 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณความชื้นในผนังอาคารกรณีศึกษา

1) รูปแบบการเก็บข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจวัดปริมาณความชื้นในผนังที่มาจากการดูดความชื้นขึ้นจากดินแบบแคพิลลารี (Capillary suction) และเนื่องด้วยข้อจำกัดของเครื่องมือวัดปริมาณความชื้นแบบไม่ทำลายพื้นผิว ที่ต้องทำการทาบเครื่องวัดกับผนังที่มีพื้นผิวเรียบเท่านั้น ผู้วิจัยจึงระบุตำแหน่งการตรวจวัดตามลวดลายปูนปั้นบนผนังเรียบ ซึ่งเป็นบริเวณที่สังเกตเห็นการเสียหายได้ชัดเจน พื้นที่ในการวัดได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ลายปูนปั้นช่วงล่างที่

ระดับความสูง 0.40 - 1.00 เมตร วัดจากระดับพื้นภายใน และลายช่วงบนที่อยู่ระดับความสูง 1.40 - 2.00 เมตรจากระดับพื้นภายใน ตำแหน่งการวัดสำหรับลายปูนปั้นผนังช่วงล่างมีระดับความสูงจากพื้นดินเท่ากับ 0.40 เมตร 0.60 เมตร และ 0.80 เมตร และสำหรับลายปูนปั้นผนังช่วงบนจึงมีระดับความสูงเท่ากับ 1.40 เมตร และ 1.70 เมตร การวัดปริมาณความชื้นได้ทำกับผนังภายในอาคารสองด้าน ได้แก่ ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยแบ่งพื้นที่การวัดออกเป็นหน่วยการซ้ำของลายปูนปั้นตามช่วงเสาตามละสองช่วงเสา และทำการวัดปริมาณความชื้นในช่วงเวลาบ่ายระหว่างเวลา 15.00 - 17.00 น. ของวันอังคารที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 (ภาพที่ 5-6)



ภาพที่ 5 ตำแหน่งผนังที่มีการวัดค่าปริมาณความชื้นบนภาพผังพื้นอุโบสถ (ภาพซ้าย) (กลุ่มวิชาการอนุรักษ์โบราณสถาน กรมศิลปากร 2553)

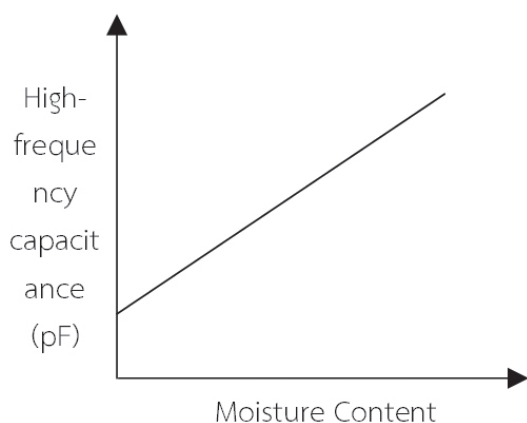
ภาพที่ 6 ตำแหน่งการวัดค่าปริมาณความชื้นบนผนังหนึ่งหน่วยช่วง (ภาพขวา)

2) เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณความชื้นภายในวัสดุผนังอาคาร

อุปกรณ์วัดปริมาณความชื้นในผนังที่ใช้คือเครื่องวัด Concrete and Mortar Moisture Tester HI-520-2 เป็นเครื่องมือวัดความชื้นโดยอาศัยคลื่นไฟฟ้าความถี่สูง (high-frequency capacitance) ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวัสดุที่มีความลึก 2 ระดับคือ 10 มิลลิเมตรและ 40 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาสร้างความ



ภาพที่ 7 การใช้เครื่องมือ Concrete and Mortar Moisture Tester HI-520-2



ภาพที่ 8 หลักการของเครื่องมือในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณความชื้นในวัสดุ
ที่มา : คู่มือการใช้งานของเครื่องมือ Concrete and Mortar Moisture Tester HI-520-2

สัมพันธ์และแสดงออกมาเป็นค่าปริมาณความชื้นภายในวัสดุ (moisture content) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของน้ำหนักน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ (กรัม) ต่อน้ำหนักวัสดุที่แห้ง (กรัม) จากค่าตั้งต้นของเครื่องมือ สามารถเลือกประเภทวัสดุที่จะวัดได้ 6 ประเภท โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้การวัดค่าปริมาณความชื้นภายในวัสดุอิฐ จากการวัดสอบเทียบ (calibration) โดยผู้วิจัย การใช้งานทำโดยการทาบบเครื่องมือไปบนผิววัสดุที่เรียบและมีขนาดพื้นที่ไม่เล็กกว่าพื้นที่หน้าตาของเครื่องมือ (ภาพที่ 7)

3. การวิเคราะห์ และการประเมินผลจากข้อมูล

ข้อมูลการสำรวจได้ถูกนำมาวิเคราะห์ใน 3 รูปแบบดังนี้

3.1 ประเมินผลจากการสังเกตด้วยสายตา วิธีนี้จะนำไปใช้ประเมินความเสียหายของผิวผนังภายในอาคาร โดยแบ่งความเสียหายเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ผิวผนังไม่พบเห็นความเสียหาย ระดับที่ 2 ผิวผนังเกิดการพองของสี ระดับที่ 3 ผิวผนังเกิดการพองและหลุดลอกของสี

3.2 ประเมินผลโดยใช้วิธีการทางสถิติ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 3 กลุ่มขึ้นไป โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่ระดับความสูงและทิศทางต่างๆ กัน โดยตัวแปรด้านความสูงจัดเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีลำดับ (ordinal) ส่วนตัวแปรด้านทิศทางของผนังถูกจัดว่าเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีการลำดับ (nominal)

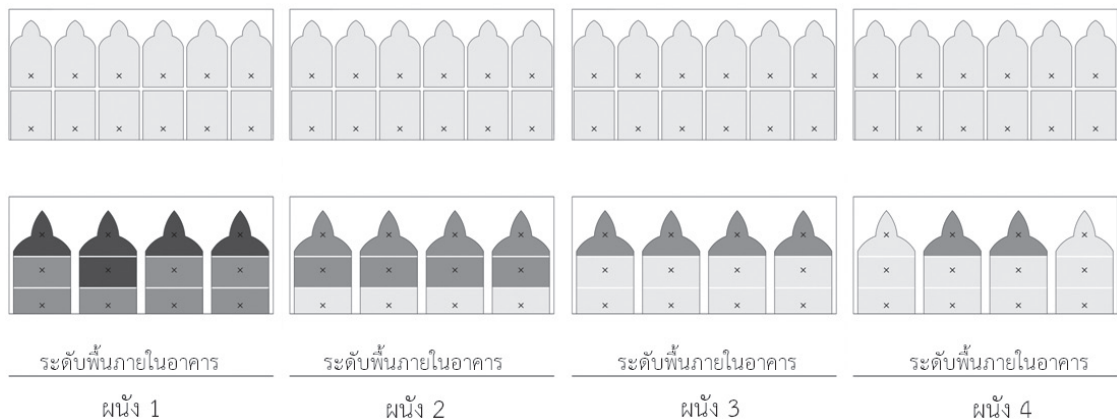
3.3 ประเมินผลโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความชื้นต่อพื้นที่ภายในของผนัง ณ จุดที่วัดความชื้น และการสร้างแผนภูมิเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นภายในวัสดุผนังที่ระดับความสูงที่แตกต่างกัน และความเสียหายของผิวผนังภายในที่ระดับความสูงที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษา

1. การประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในวัสดุผนังภายในของอาคาร

การประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในวัสดุผนังภายในของอาคาร ทำโดยการเก็บข้อมูลความเสียหายของผนังภายในอาคาร ด้วยการสังเกตและการบันทึกภาพถ่าย จากนั้นนำมาวิเคราะห์และประเมินผลความเสียหายที่เกิดขึ้นเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ผนังไม่พบเห็นความเสียหายชัดเจน ระดับที่ 2 ผนังเกิดการฟองของสี ระดับที่ 3 ผนังเกิดการฟองและหลุดลอกของสี โดยนำเสนอออกมาเป็นโทนสีเทาขาว เทา และเทาดำ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าระดับความเสียหายส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ 1 คือ ผนังไม่พบเห็นความเสียหายชัดเจน โดยเฉพาะ ณ ความสูงที่ 4 และ 5 คือ 1.40 เมตร และ 1.70 เมตร จากระดับพื้นภายในอาคาร ความเสียหายระดับที่ 3 พบมากที่ระดับความสูงที่ 3 ที่ความสูง 0.80 เมตร จากระดับพื้นภายในอาคาร และเมื่อพิจารณาตามลำดับของผนัง จะพบเห็นความเสียหายมากในผนังที่ 1 (ผนังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ที่ช่วงล่างของผนัง อีกทั้งเมื่อพิจารณาในลักษณะภาพรวมของแนวโน้มความเสียหาย พบว่า ระดับความเสียหายจะไล่จากมากไปหาน้อยในผนังที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การวิเคราะห์ความเสียหายของผนัง 4 ช่วงผนังภายในพระอุโบสถ

2. การตรวจวัดปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นใน วัสดุผนังภายในอาคาร

2.1 ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในผนังที่ความ สูงต่างๆ

จากผลการเก็บข้อมูลปริมาณความชื้นในผิววัสดุผนัง
ภายนอกอาคารพระอุโบสถ และนำมาวิเคราะห์หาค่า
เฉลี่ยของแต่ละระดับความสูง 5 ระดับ ได้แก่ 0.40 เมตร
0.60 เมตร 0.80 เมตร 1.40 เมตร และ 1.70 เมตรพบ
ว่า อาคารพระอุโบสถมีปริมาณความชื้นในผนังแต่ละ
ระดับความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดัง
แสดงในตารางที่ 2 พร้อมกับแสดงข้อมูลสถิติเชิงบรรยาย
(descriptive statistics) ในตารางที่ 1 และ 2

2.2 ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในแต่ละ ช่วงผนัง

จากผลการเก็บข้อมูลปริมาณความชื้นในผิววัสดุผนัง
ภายนอกอาคารพระอุโบสถ และนำมาวิเคราะห์ผลค่า
เฉลี่ยตามตำแหน่งแต่ละช่วงผนัง ในทิศตะวันตกเฉียง-
เหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าพระอุโบสถมี
ปริมาณความชื้นเฉลี่ยในผนังแต่ละช่วงผนังแตกต่าง
กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3
และ 4

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถิติของการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในวัสดุ ที่แต่ละระดับความสูงของอาคารอุโบสถ

	จำนวนข้อมูล	Mean (%)	Std. Deviation (%)	Minimum (%)	Maximum (%)
ระดับความสูงที่ 1	16	28.8375	15.05027	11.30	73.20
ระดับความสูงที่ 2	16	35.9875	19.65848	13.50	73.50
ระดับความสูงที่ 3	16	44.3000	23.52125	17.50	96.20
ระดับความสูงที่ 4	24	15.1333	4.42941	8.90	23.90
ระดับความสูงที่ 5	24	11.0583	1.98471	7.80	15.40
รวม	96	24.7354	18.68203	7.80	96.20

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในวัสดุ ณ ตำแหน่งในการวัดที่แต่ละระดับ
ความสูงของอาคารพระอุโบสถ โดยใช้วิธี ANOVA

	F	Sig
ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในวัสดุ ณ แต่ละระดับความสูง	19.075	0.000

ตารางที่ 3 ข้อมูลสถิติของการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในวัสดุ ที่แต่ละผนังของอาคารพระอุโบสถ

	จำนวนข้อมูล	Mean (%)	Std. Deviation (%)	Minimum (%)	Maximum (%)
ผนัง 1	24	36.2375	28.61579	9.70	96.20
ผนัง 2	24	22.5000	14.13291	9.40	60.90
ผนัง 3	24	21.6333	12.74358	8.40	47.90
ผนัง 4	24	18.5708	8.22412	7.80	37.40
รวม	96	24.7354	18.68203	7.80	96.20

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในวัสดุ ณ ตำแหน่งในการวัดที่แต่ละระดับความสูงของอาคารพระอุโบสถ โดยใช้วิธี ANOVA

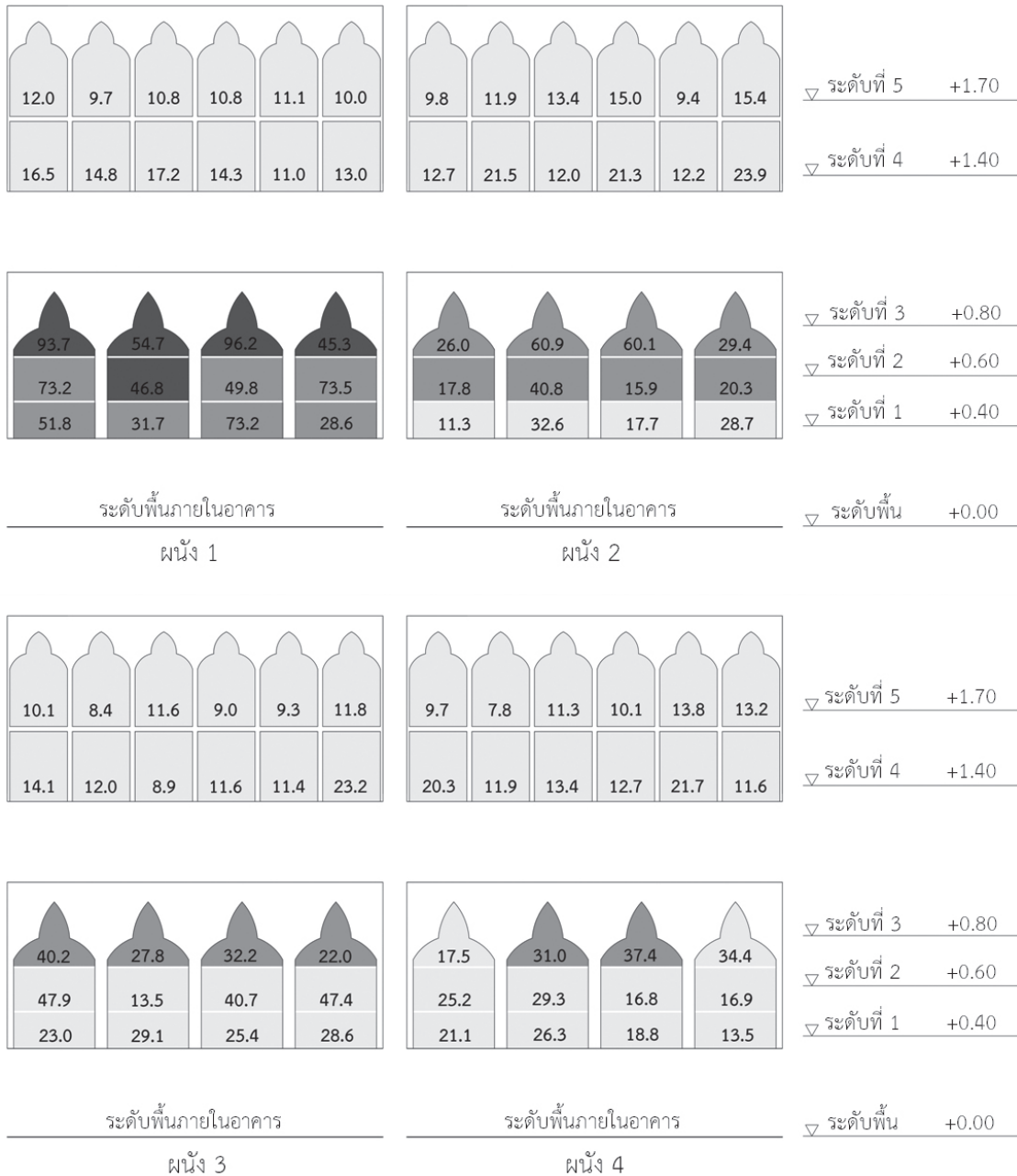
	F	Sig
ความแตกต่างของปริมาณความชื้นในวัสดุ ณ แต่ละผนัง	4.739	0.004

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นกับปริมาณความชื้นที่ตรวจพบ

3.1 การประเมินผลโดยใช้การเปรียบเทียบปริมาณความชื้นต่อพื้นที่ภายในของผนัง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ระดับความเสียหายมากที่สุดหรือระดับที่ 3 พบมากในผนังที่ 1 ซึ่งอยู่ ณ ระดับความสูงที่ 2 และ 3 โดยวัดปริมาณความชื้นได้ 45.3%, 46.8%, 54.7%, 93.7%, และ 96.2% จะเห็นได้ว่า

ความเสียหายเกิดขึ้นได้ในระดับปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงประมาณ 45%-96% และความเสียหายรองลงมาหรือระดับที่ 2 พบมากในผนังที่ 1 และ 2 ซึ่งอยู่ ณ ระดับความสูงที่ 1-2 และ 2-3 ตามลำดับ พบว่าวัดความชื้นได้ 15%-73% และความเสียหายต่ำสุดหรือระดับที่ 1 พบมากในผนังที่ 3 และ 4 ซึ่งอยู่ ณ ระดับความสูงที่ 1-2 พบว่าวัดความชื้นได้ 11%-48% อีกทั้งยังพบความเสียหายระดับนี้ที่ความสูง 1.40 เมตร และ 1.70 เมตร ในทุกผนัง โดยค่าเฉลี่ย ณ แต่ละระดับความสูงของแต่ละผนังมีแนวโน้มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 10

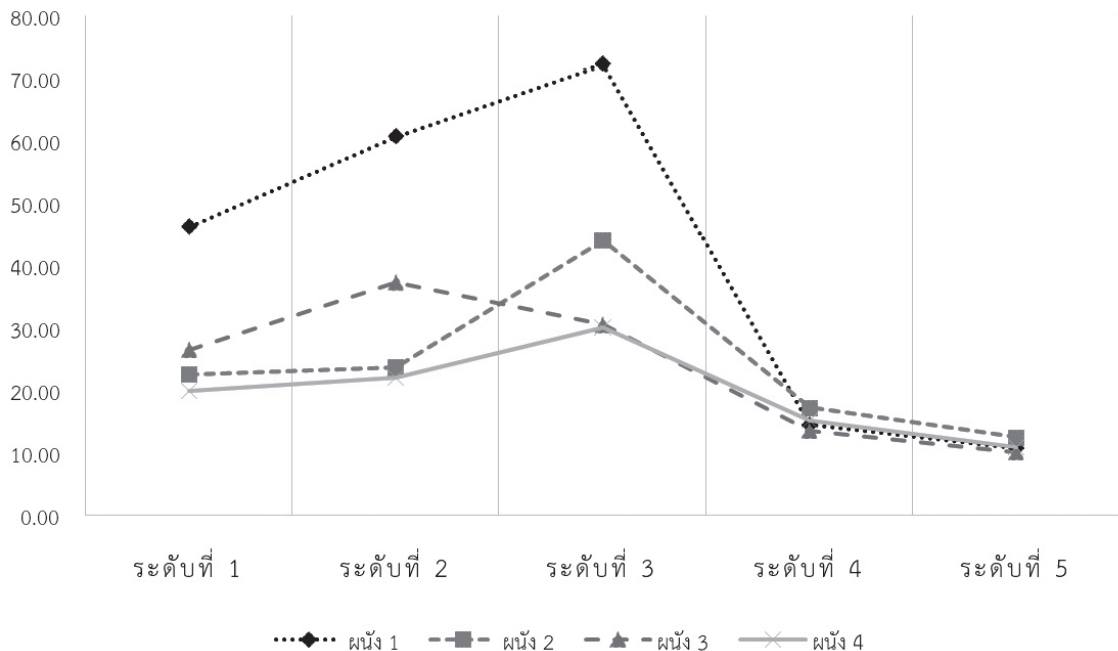


ภาพที่ 10 การวิเคราะห์ความเสียหายของผนังสองด้วย (4 ช่วงผนัง) ภายในพระอุโบสถ เทียบกับค่าปริมาณความชื้นในวัสดุผนัง

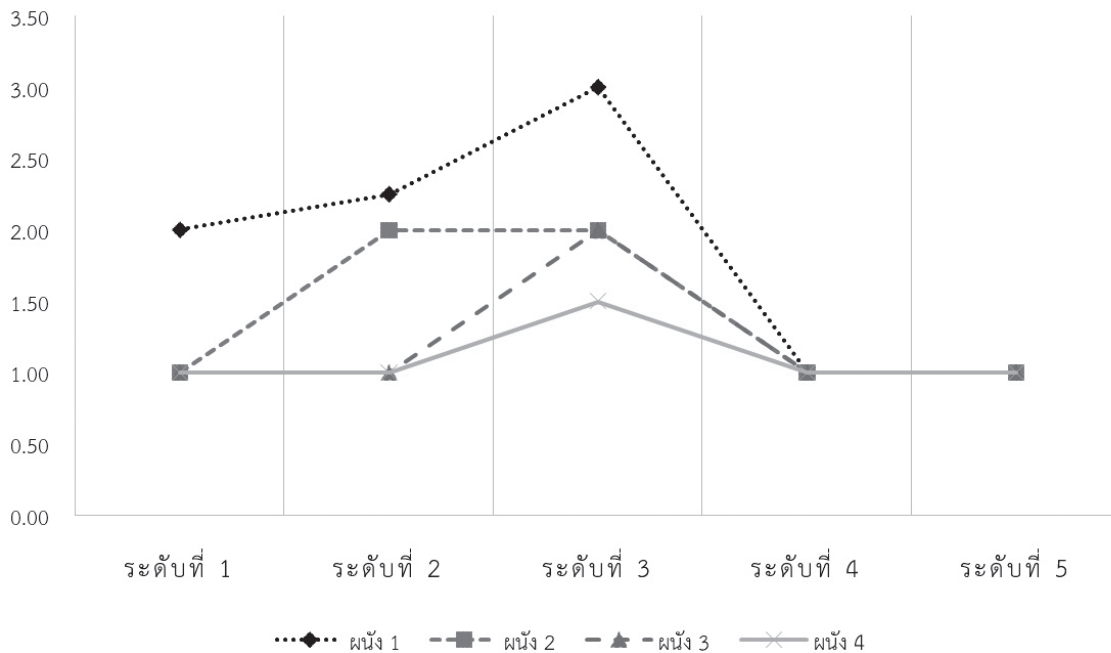
3.2 การประเมินผลด้วยแผนภูมิเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นภายในวัสดุผนังที่ระดับความสูงที่แตกต่างกัน และความเสียหายของผิวผนัง

จากแผนภูมิเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นที่ความสูงต่างๆ และความเสียหายที่เกิดขึ้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นกับระดับความเสียหายของผนังที่ 4 มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด รองลงมาคือผนังที่ 1 ซึ่งจะพบความแตกต่างของแนวโน้ม ระดับความสูงที่ 2 (ระดับ 0.60 เมตรจากพื้นภายใน

อาคาร) ส่วนในผนังที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างระหว่างแนวโน้มของปริมาณความชื้นและระดับความเสียหายอย่างชัดเจนที่ระดับความสูงที่ 2 และ 3 (ระดับ 0.60 และ 0.80 เมตรจากพื้นภายในอาคาร ตามลำดับ) โดยผนังที่ 2 มีปริมาณความชื้นสูงสุดที่ระดับความสูงที่ 2 แต่ระดับความเสียหายอยู่ในระดับต่ำสุด (ระดับที่ 1) และผนังที่ 3 มีปริมาณความชื้นสูงสุด ณ ระดับความสูงที่ 3 แต่ระดับความเสียหายอยู่ในระดับเดียวกับระดับความสูงที่ 2 (ภาพที่ 11-12)



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นที่ระดับความสูงต่างๆ



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของความเสียหายของผิวผนังภายในที่ระดับความสูงต่างๆ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

1) ความเสียหายมากที่สุดระดับ 3 พบมากที่ระดับความสูงที่ 3 คือที่ระดับความสูง 0.80 เมตร จากระดับพื้นภายในอาคาร และเมื่อพิจารณาตามลำดับของผนัง จะพบความเสียหายมากที่สุดใผนังที่ 1 (ผนังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) ที่มาของความชื้นที่เกิดขึ้นอาจมาจากหลายสาเหตุ ได้แก่ เกิดการรั่วซึมจากหน้าต่างหรือหลังคา เป็นต้น ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

2) บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดจะพบปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 45%-96% และความเสียหายรองลงมาหรือระดับ 2 พบมากในผนังที่ 1 และ 2 ซึ่งอยู่ ณ ระดับความสูงที่ 1-2 และ 2-3 ตามลำดับ จะพบว่าปริมาณความชื้นที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 15%-73%

และความเสียหายต่ำสุดหรือระดับที่ 1 พบมากในผนังที่ 3 และ 4 (ผนังทิศตะวันออกเฉียงใต้) ซึ่งอยู่ ณ ระดับความสูงที่ 1-2 จะพบว่าปริมาณความชื้นที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 11%-48%

3) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเสียหายกับปริมาณความชื้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันอย่างชัดเจน ในระดับของลวดลายช่วงบนผนังทั้งสิ้น ได้แก่ ที่ความสูง 1.40 เมตร และ 1.70 เมตร แต่สำหรับระดับลวดลายช่วงล่างของผนัง ได้แก่ ที่ความสูง 0.40 เมตร 0.60 เมตรและ 0.80 เมตร แนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณผิวผนังภายในอาคารกับปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นมีความตรงกันข้าม โดยเฉพาะในผนังที่ 2 และ 3 คือ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณความชื้นต่ำกลับพบความเสียหายมากและ ณ ตำแหน่งที่มีปริมาณความชื้นสูงกลับพบความเสียหายน้อย จากข้อสรุปดังกล่าว ควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคตถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดขึ้น

2. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาต่อเนื่องในอนาคต ควรมีข้อควรพิจารณาเพิ่มเติม ดังนี้

- 1) การวัดปริมาณความขึ้นของอาคารกรณีศึกษาควรทำเพิ่มเติมในช่วงเวลาอื่นของวัน เนื่องด้วยระยะเวลาที่ต่างไป ส่งผลให้ปริมาณความขึ้นเปลี่ยนไปได้
- 2) เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือที่การวัดความขึ้นต้องทำกับผนังที่มีความเรียบ จึงควรวัดในแต่ละตำแหน่งหลายครั้งเพื่อมาหาค่าเฉลี่ย หรือเลือกค่าที่เป็นไปได้มากที่สุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการวัด
- 3) ควรวัดปริมาณความขึ้นในผนังทุกด้านและในระยะความสูงที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณความขึ้นในแต่ละระยะความสูงได้ชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปสู่การหาสาเหตุและที่มาของความขึ้นที่อาจเกิดจากปัจจัยด้านอื่นได้
- 4) การเพิ่มจำนวนจุดที่วัดปริมาณความขึ้นในแต่ละด้านของผนังให้เพิ่มมากขึ้น จะช่วยให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

บรรณานุกรม

- กตัญชลี เวชวิมล. “อิทธิพลของความขึ้นและแสงแดดต่อการเสื่อมสภาพของจิตรกรรมฝาผนังในวัด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- กรมศิลปากร. กลุ่มวิชาการอนุรักษ์โบราณสถาน. *ลายเส้นโบราณสถาน วัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร*. กรุงเทพฯ : โครงการอนุรักษ์และพัฒนาวัดนิเวศธรรมประวัติราชวรวิหาร กรมศิลปากร, 2553.
- _____. ฝ่ายอนุรักษ์จิตรกรรมฝาผนัง และประติมากรรมติดที่. *สรุปผลการสัมมนาเรื่องการอนุรักษ์จิตรกรรมฝาผนัง และการอนุรักษ์พระพุทธรูป*. กรุงเทพฯ : มูลนิธิฟอร์ดแห่งประเทศไทย, 2533.
- จิราภรณ์ อรัณยนาถ. “การเสื่อมสภาพของโบราณสถานและโบราณวัตถุ.” ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 21 สาขาสิ่งแวดล้อม 31 มกราคม - 3 กุมภาพันธ์ 2526, ส่วนที่ 21 : (12 หน้า). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.
- เจียรวิภา กลิ่นบุบผา. “ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางชีวภาพและกายภาพที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของโบราณสถานบางแห่งใน จ.พระนครศรีอยุธยา.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552.
- พัชรวิไล พงษ์พานิช. “อัตราการกัดกร่อนอิฐเก่าจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ภัทรวรรณ พงศ์ศิลป์. “การศึกษาสถาปัตยกรรมวัดพุทธมรารามราชวรวิหาร กรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549.

วิษณุดา เตชาดิศย์. “ประสิทธิภาพของสารกันซึมที่ใช้เคลือบผิวอิฐเพื่อป้องกันความชื้น.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

สุริยน ศิริธรรมปิติ. “ปัจจัยที่มีผลต่อการควบแน่นในโบราณสถาน: กรณีศึกษาพระอุโบสถวัดกำแพง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุวิชา เบญจพร. “อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

อนัญญา โพธิ์ประดิษฐ์. “ความผันแปรของการสะสมความชื้นในผนังอาคารโบราณสถานบางแห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2554.

อนงค์ อนันต์รัตนสุข. “รายงานผลการดำเนินการดำเนินงานของสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดพระนครศรีอยุธยา” พระนครศรีอยุธยา : สำนักงานวัฒนธรรม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, 2555.

อรรถจน์ เศรษฐบุตร, ญัฐนี วงศ์วีระนนท์ชัยและสริน พินิจ. *แนวทางการแก้ปัญหาความชื้นในองค์พระพุทธรูปโลหะสำริด วัดสระต้อ จ.พระนครศรีอยุธยา, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการครบรอบ 25 ปี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.* ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

Beall, Cristine. *Thermal and Moisture Protection Manual for Architects, Engineers, and Contractors.* New York: McGraw-Hill Companies, 1999.

Gratwick, R.T. *Dampness in Building.* London: Crosby Lockwood Staples, 1974.