

การเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปอันเนื่องมาจากเกลือ

กรณีศึกษา: พระพุทธรูปในพระอุโบสถหลังเดิม วัดอินทารามวรวิหาร กทม.

The Deterioration of Buddha Statues Caused by Salts

Case Study: A Buddha Statue in the Former Ubosot of the Intaram Voravihara Temple, Bangkok

นวลลักษณ์ วัสนันทชาติ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Nuanlak Watsantachad, Ph.D.

Faculty of Architecture, Silpakorn University

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นผลการศึกษาวิจัยเกลือบนพระพุทธรูปองค์หนึ่งซึ่งประดิษฐานอยู่ในพระอุโบสถหลังเดิมของวัดอินทารามวรวิหาร แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร จากการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนปั้นและปูนฉาบขององค์พระและปูนฉาบฐานชุกชีด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) พบว่าทำมาจากปูนหมักปูนดำ ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะมีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนตและแร่ควอทซ์ โดยที่ไม่มีเกลือซัลเฟตซึ่งเป็นส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ปะปนอยู่เลย และผลการวิเคราะห์ผลึกเกลือที่เกิดขึ้นบนองค์พระด้วยเครื่อง XRD พบว่าเป็นเกลือโซเดียมไนเตรทและเกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งไม่ได้มาจากดิน เพราะจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินพบว่าไม่มีเกลือไนเตรทหรือคลอไรด์ปะปนอยู่ เกลือไนเตรทที่พบสันนิษฐานว่าอาจละลายมากับน้ำฝนที่ชะล้างมูลของนกและค่างคาวซึ่งอยู่บนหลังคาของพระอุโบสถซึ่งรั่วแล้วหยดลงบนองค์พระ หรือมาจากน้ำที่ชะล้างเกลือไนเตรทที่เกิดจากการย่อยสลายเศษอาหารของชุมชนในบริเวณใกล้เคียงแล้วซึมเข้าสู่องค์พระ ส่วนเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่พบอาจปนเปื้อนมาในวัสดุที่ใช้ก่อสร้างองค์พระตั้งแต่แรกเริ่ม หรือปนมากับเนื้อองค์พระพุทธรูปด้านในหรือวัสดุโครงสร้างของฐานชุกชีซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้ หรืออาจปนมากับน้ำใต้ดินในรูปเกลือคลอไรด์ หรือมาจากน้ำทิ้งที่ชะล้างเศษอาหารที่มีเกลือแคงที่ใช้ปรุงอาหารของคนในชุมชนปะปนอยู่แล้วซึมเข้าสู่องค์พระ ซึ่งวัดในชุมชนส่วนใหญ่จะพบเกลือไนเตรทและเกลือคลอไรด์ปะปนมาด้วยเสมอ และผลการศึกษาสรุปได้ว่าเกลือเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้พระพุทธรูปองค์นี้เสื่อมสภาพ เนื่องจากรูปแบบของการเสื่อมสภาพขององค์พระเป็นรูปแบบเดียวกับการเสื่อมสภาพของวัสดุอันเนื่องมาจากเกลือ รวมไปถึงการที่พบผลึกเกลือบนผิวของทั้งปูนฉาบและปูนปั้นองค์พระ และพบเม็ดเกลือปะปนอยู่ในปูนปั้นองค์พระในฤดูแล้ง หายไปในฤดูฝน แล้วกลับมาใหม่ในฤดูแล้งต่อมา เป็นหลักฐานแสดงการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์นี้อันเนื่องมาจากการตกผลึกซ้ำๆ ของเกลืออย่างชัดเจน

คำสำคัญ: เกลือบนพระพุทธรูป การเสื่อมสภาพเพราะเกลือ ปูนหมักปูนดำ ปูนขาว การเสื่อมสภาพของปูน

Abstract

This article is the result of a research project on efflorescence on Buddha statues. A field survey and several chemical analyses with XRD on materials of and salts deposited on a Buddha statue, located in the former Ubosot of the Intaram Voravihara Temple in Bangkok, shows that this statue is made of lime and the salts are sodium nitrate and sodium chloride. The materials are composed of calcium carbonate and silicon dioxide, and no sulphate, which is normally found in cements, is detected. The result confirms that the materials are lime and no cements were used in previous conservations of the statue and its base. According to the chemical analysis, the surrounding soil contains neither nitrate nor chloride; hence, the efflorescence on the statue does not come from the soil. The nitrate might come from the rain that washed out birds' and bats' increments on and under the leaking roof of the Ubosot and thereafter dropped onto the Buddha statue. Sodium chloride might originally contaminate in the lime stucco or in materials used at the statue's core or base which could not be analyzed in this research. These two salts might be dissolved by groundwater and absorbed to the statue by capillary action. The study could be summarized that the deterioration of the statue is mainly caused by salt crystallization since it has the same patterns of deterioration as those of salt deterioration. These patterns include crumbling, blistering, foliation and plaster detachment. Cycles of salt crystallization, during wet and dry seasons, on and within the Buddha statue could confirm that it is deteriorated by salts.

Keywords: salt crystallization, salt deterioration, salts on Buddha statues, lime, lime plaster, lime stucco

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

วัดอินทารามวรวิหารเป็นวัดที่ตั้งอยู่ ณ ถนนเทอดไท แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เป็นวัดโบราณสมัยกรุงศรีอยุธยา (ดังปรากฏชื่ออยู่ในพงศาวดารสมัยกรุงศรีอยุธยา) แต่ไม่ปรากฏว่าผู้ใดเป็นผู้สร้างและสร้างขึ้นเมื่อใด เดิมมีชื่อว่าวัดบางยี่เรือนอก เป็นวัดเล็กๆ และทรุดโทรม แต่เมื่อสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชทรงปราบดาภิเษกแล้ว ได้ทรงบูรณปฏิสังขรณ์และสถาปนาวัดนี้ขึ้นเป็นพระอารามหลวงชั้นเอกพิเศษ และเมื่อพระองค์เสด็จสวรรคตในปี พ.ศ. 2325 พระศพของพระองค์ก็ได้ถูกฝังไว้ที่นี่ (เจดีย์บรรจุพระบรมอัฐิของพระองค์และของพระอัครมเหสียังปรากฏเคียงกันอยู่หน้าพระอุโบสถหลังเดิมจนถึงปัจจุบัน) ในช่วงรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว วัดอินทารามนี้ได้เสื่อมปรักหักพังเพราะขาดผู้ทำนุบำรุง จนกระทั่งพระยาศรีสหเทพ (ทองเพ็ง ต้นตระกูล "ศรีเพ็ญ") ได้มาปฏิสังขรณ์วัดแห่งนี้ โดยปลูกสร้างพระอุโบสถหลังใหม่ วิหาร ศาลาการเปรียญ ศาลาใหญ่ ศาลาน้อย ฯลฯ แล้วได้ทูลเกล้าถวายพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าฯ ให้โปรดเกล้าฯเป็นพระอารามหลวงชั้นตรี ชนิดวรวิหาร วัดอินทารามจึงได้ชื่อว่า "วัดอินทารามวรวิหาร" นับจากนั้นมา และได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโบราณวัตถุสถานสำหรับชาติ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ตอนที่ 64 เล่มที่ 66 เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2492

พระอุโบสถหลังเดิมตั้งอยู่ข้างพระวิหารหลังเดิม ด้านหน้าของพระอุโบสถหลังเดิมนี้เป็นที่ประดิษฐานพระเจดีย์คู่ที่บรรจุพระบรมอัฐิของพระองค์และพระมเหสีตั้งที่กล่าวมาแล้ว ในพระอุโบสถหลังเดิมนี้ประดิษฐานพระพุทธรูปไม่ทราบอายุและสมัยหลายองค์ (ดูภาพที่ 1) จากคำบอกเล่าของรักษาการเจ้าอาวาสรูปปัจจุบันสันนิษฐานว่าพระพุทธรูปเหล่านี้ประดิษฐานอยู่ในพระอุโบสถหลังนี้มาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา ยกเว้นพระพุทธรูปองค์ที่ประดิษฐานอยู่ด้านหน้าพระประธานที่เป็นพระพุทธรูปที่สร้างขึ้นในสมัยรัตนโกสินทร์เพื่อบรรจุพระสรีรังคารของสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช

ภาพที่ 1 (ซ้าย) : พระพุทธรูปที่ประดิษฐานอยู่ในพระอุโบสถหลังเดิม วัดอินทารามวรวิหาร กทม. พระพุทธรูปองค์ที่ถูกครีซคือองค์ที่เป็นกรณีศึกษา (ภาพถ่ายเมื่อเดือนกรกฎาคม 2551)

ภาพที่ 2 (ขวา) : พระพุทธรูปองค์ที่เป็นกรณีศึกษา (ภาพถ่ายเมื่อเดือนกรกฎาคม 2551)



พระพุทธรูปองค์หนึ่งในพระอุโบสถหลังเดิมของวัดอินทารามวรวิหารได้เสื่อมสภาพลงอย่างมากในปัจจุบัน (ดูภาพที่ 2) เห็นได้จากการที่ปูนฉาบที่บองค์พระพุทธรูปได้หลุดร่อนออกเผยให้เห็นเนื้อวัสดุซึ่งลักษณะคล้ายอิฐหรือหินทรายที่เปื่อยยุ่ยและเสื่อมสภาพขึ้นวิกฤติ และเมื่อทำการสืบค้นประวัติการบูรณะพระอุโบสถหลังเดิมและพระพุทธรูปในพระอุโบสถนี้จากสำนักโบราณคดี กรมศิลปากร ก็ไม่พบหลักฐานการบูรณะอย่างเป็นทางการโดยกรมศิลปากรแต่อย่างใด (เพียงแต่พบหลักฐานการขออนุญาตบูรณะและสร้างฐานชุกชีและซุ้มเรือนแก้วในปี พ.ศ. 2503 เพื่อบรรจุอัฐิของคนในตระกูลอินทรโยธินและพิชยนทรโยธิน) ผู้วิจัยจึงทำการสอบถามจากรักษาการเจ้าอาวาสฯ และพระลูกวัดได้ความว่า ที่ผ่านมาทางวัดมิได้มีการบูรณะพระอุโบสถแต่ประการใด คงมีเพียงการซ่อมแซมและทาสีใหม่บ้าง ในส่วนของพระพุทธรูปองค์ดังกล่าวก็ได้มีการดำเนินการซ่อมแซมชั่วคราวโดยการนำปูน (ไม่ทราบชนิด) มาฉาบที่บองค์พระแล้วทาสีทับ แต่ต่อมาปูนที่ฉาบก็หลุดร่อนออกอีก ซึ่งทางวัดก็ได้ฉาบปูนทับและทาสีใหม่อีกหลายครั้งแต่ปูนฉาบก็ยังหลุดร่อนอยู่ และทุกครั้งที่ปูนฉาบหลุดร่อนออกก็เผยให้เห็นเนื้อในขององค์พระพุทธรูปที่เสื่อมสภาพมากขึ้นจนอยู่ในขั้นวิกฤติ ทางวัดจึงได้หยุดซ่อมแซมพระพุทธรูปองค์นี้ไปโดยปริยาย ซึ่งการหยุดซ่อมแซมนี้ไม่ใช่เป็นเพราะทางวัดขาดแคลนในเรื่องงบประมาณ แต่สาเหตุที่สำคัญคือไม่ทราบวิธีการที่จะหยุดยั้งกระบวนการเสื่อมสภาพขององค์พระพุทธรูปและบูรณะพระพุทธรูปองค์นี้ให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว จะเห็นได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้การซ่อมแซมพระพุทธรูปที่ผ่านมาไม่ได้ผล คือการที่ไม่ได้แก้ปัญหาคause หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งนั่นคือไม่ได้มีการดำเนินการอนุรักษ์โบราณวัตถุตามหลักการและขั้นตอนการอนุรักษ์ที่สมบูรณ์ และขั้นตอนที่ขาดไปก็คือการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพื่อหาสาเหตุหรือปัจจัยที่แท้จริงที่ทำให้พระพุทธรูปนี้เสื่อมสภาพ เพื่อจะได้หาทางกำจัดสาเหตุหรือปัจจัยเหล่านั้น และป้องกันไม่ให้อายุของการเสื่อมสภาพเหล่านั้นกลับมาเป็นตัวการทำให้การซ่อมแซมบูรณะในอนาคตไม่ได้ผลอีก ดังนั้นโครงการวิจัยชิ้นนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้พระพุทธรูปนี้เสื่อมสภาพ โดยเน้นที่การศึกษาและวิจัยการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์นี้อันเนื่องมาจากเกลือ เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการศึกษาหาสาเหตุทั้งหมดที่ทำให้พระพุทธรูปองค์นี้เสื่อมสภาพต่อไป รวมทั้งเพื่อนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ในการค้นคว้าวิธีการอนุรักษ์พระพุทธรูปองค์นี้แบบยั่งยืนต่อไปด้วย

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาหาชนิดและแหล่งที่มาของเกลือซึ่งเป็นตัวการหนึ่งที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์หนึ่งซึ่งประดิษฐานในพระอุโบสถหลังเดิมวัดอินทารามวรวิหาร กรุงเทพมหานคร และเพื่อใช้ผลการวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาของการอนุรักษ์

พระพุทธรูป โดยเฉพาะการหาสาเหตุการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์อื่นๆ ในพระอุโบสถหลังเดิม และพระพุทธรูปโบราณอื่นๆ ที่สร้างด้วยวัสดุที่คล้ายคลึงกันและมีลักษณะการเสื่อมสภาพที่คล้ายคลึงกันนี้ เพื่อประโยชน์ในการค้นคว้าวิธีอนุรักษ์พระพุทธรูปหรือโบราณสถานแบบยั่งยืนต่อไป โดยที่การวิจัยนี้จะเน้นเฉพาะการศึกษาหาชนิดและแหล่งที่มาของเกลือที่เป็นตัวการทำให้พระพุทธรูปองค์ที่ถูกเลือกเป็นกรณีศึกษานี้เสื่อมสภาพ รวมไปถึงศึกษากระบวนการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์อื่นอันเนื่องมาจากเกลือด้วย

ปัญหานำวิจัยและสมมติฐานการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ทำเพื่อศึกษาหาสาเหตุการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปในพระอุโบสถหลังเดิม วัดอินทารามวรวิหาร โดยมีข้อสมมติฐานว่าพระพุทธรูปนี้เสื่อมสภาพเพราะเกลือ โดยมีปัจจัยต่างๆ ในสภาพแวดล้อมและจากการซ่อมแซมที่ผ่านมาเป็นตัวการ ซึ่งเกลืออาจจะเข้าสู่พระพุทธรูปในรูปของสารละลายเกลือจากใต้ดิน จากหรืออาจมาจากปูนซีเมนต์ที่นำมาใช้ในการซ่อมแซมฐานชุกชีหรือองค์พระพุทธรูปครั้งก่อนๆ นั้นเอง

วิธีดำเนินการวิจัย

ภายหลังจากที่ผู้วิจัยได้ประสานงานกับวัดอินทารามวรวิหารเพื่อขออนุญาตทำการวิจัยพระพุทธรูปองค์นี้แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุมัติทุนสนับสนุนการวิจัยจากภาควิชา ศิลปสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จากนั้นจึงประสานงานกับวัดอินทารามวรวิหารและกรมศิลปากรเพื่อขออนุญาตทำการวิจัยอย่างเป็นทางการ แล้วได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจและสัมภาษณ์ และจากการสืบค้นและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง รวมถึงศึกษาการอนุรักษ์ที่ผ่านมาจากการสัมภาษณ์พระสงฆ์และผู้ที่เกี่ยวข้องหรือดูแลองค์พระพุทธรูปมาโดยตลอดและจากหลักฐานทางเอกสารที่สำคัญโบราณคดี กรมศิลปากร จากนั้นจึงดำเนินงานสำรวจสภาพปัจจุบันองค์พระพุทธรูป เก็บข้อมูลด้วยการถ่ายภาพ ทำการรังวัดและสำรวจสภาพ แล้วจึงเก็บตัวอย่างวัสดุไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางแร่ธาตุและเคมี โดยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์มาแล้ว จึงนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาทำการวิเคราะห์และอภิปรายเพื่อสรุปผลการศึกษา

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้ทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาหาสาเหตุของการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปที่มีการใช้ปูนฉาบทับ โดยมีปัจจัยของการเสื่อมสภาพโดยเกลือในสภาพแวดล้อมของเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร และเมื่อได้ทำการศึกษาก็สามารถใช้ข้อมูลที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหาวิธีการอนุรักษ์พระพุทธรูปในพระอุโบสถหลังเดิมอย่างยั่งยืนต่อไป รวมทั้ง

สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้เป็นกรณีศึกษาในการศึกษาหาสาเหตุการเสื่อมสภาพและวิธีการอนุรักษ์โบราณสถานหรือโบราณวัตถุที่ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายในพระอุโบสถหลังเดิมนี้ในอนาคตได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลการศึกษานี้ไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาที่ว่าด้วยการอนุรักษ์โบราณสถาน เช่น วิชาการอนุรักษ์อาคารประวัติศาสตร์และโบราณสถานในประเทศไทย วิชาวัสดุในโบราณสถาน และวิชาการอนุรักษ์วัสดุในโบราณสถานได้

การเก็บข้อมูลภาคสนามและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เกลือและกระบวนการที่เกลือทำให้วัสดุเสื่อมสภาพ

เกลือในทางวิทยาศาสตร์คือสารเคมีที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดกับด่างแล้วได้เกลือกับน้ำ โดยมีไอออนบวกเป็นด่างและไอออนลบเป็นกรด (จิราภรณ์ อริณยะนาถ, ๒๕๒๙¹) เช่นเมื่อนำกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งเป็นกรดเกลือมาทำปฏิกิริยากับโซดาไฟ (NaOH) จะได้สารผลลัพท์คือน้ำและเกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์ NaCl) ซึ่งมีโซเดียม (Na) เป็นไอออนบวกและคลอไรด์ (Cl) เป็นไอออนลบ ตัวอย่างเกลือที่เราพบเห็นได้บ่อยบนโบราณสถานในประเทศไทยได้แก่เกลือคลอไรด์ เกลือซัลเฟต เกลือไนเตรท เกลือคาร์บอเนต และเกลือฟอสเฟต (จิราภรณ์ อริณยะนาถ, ๒๕๒๙) ซึ่งพบอยู่ในรูปของโปตัสเซียมคลอไรด์ (KCl) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2) และแคลเซียมซัลเฟต ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) หรือเรียกอีกอย่างว่ายิปซัม และในบางสภาพแวดล้อม แคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นเกลือที่ละลายน้ำไม่ได้อาจปรากฏบนผิวของวัสดุในรูปของคราบหินปูนได้เช่นกัน (Teutonico, 1988)

เกลือคลอไรด์ โดยเฉพาะเกลือโซเดียมคลอไรด์และแคลเซียมคลอไรด์มักพบในเนื้อของวัสดุเอง ในดิน หรือปะปนในไอทะเล หรือแม้กระทั่งการที่คนนำเกลือโซเดียมคลอไรด์มาใช้ปรุงอาหารก็จะเกิดเกลือคลอไรด์ตกค้างในแหล่งชุมชนได้ ซึ่งฝนหรือน้ำใต้ดินก็จะละลายเกลือคลอไรด์ในสภาพแวดล้อมเหล่านี้เข้าสู่วัสดุอีกที (Schaffer, 2004; Feilden, 2003; จิราภรณ์ อริณยะนาถ, ๒๕๕๒)

เกลือซัลเฟตมักพบในสภาพแวดล้อมที่มีมลพิษที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูปในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ของโรงงานอุตสาหกรรมของกำมะถัน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในอากาศจนกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และเมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะเปลี่ยนรูปเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์หรือซัลฟูริกแอนไฮไดรด์ (SO_3) ซึ่งทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดเป็นกรดซัลฟูริก นอกจากนี้ถ้ากรดซัลฟูริกถูกทำให้เป็นกลางโดยต่างบางตัว เช่น แอมโมเนีย (NH_3) จะเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$) หรือถ้าต่างคือแคลเซียมคาร์บอเนต จะเกิดเป็นเกลือแคลเซียมซัลเฟต (Teutonico, 1988) เกลือซัลเฟตอาจมาจากแหล่งอื่นๆ เช่น จากดินที่ทำเกษตรกรรม น้ำทะเล และจากพืชและสัตว์ชั้นต่ำ หรือแม้

1 ในบทความนี้ ในส่วนของแหล่งอ้างอิงตัวเลขไทยแสดงปีพุทธศักราชที่พิมพ์ และตัวเลขอารบิกแสดงปีคริสต์ศักราชที่พิมพ์

กระทั่งเป็นองค์ประกอบดั้งเดิมของวัสดุ รวมทั้งเป็นส่วนประกอบของวัสดุที่นำมาใช้ในการอนุรักษ์ เช่น ปูนซีเมนต์ซึ่งมีโซเดียมซัลเฟตและแคลเซียมซัลเฟตรวมอยู่ด้วย (Torraca, 1988)

เกลือไนเตรทและไนไตรท์ส่วนใหญ่มาจากการเสื่อมสลายของอินทรีย์วัตถุที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น ขยะและมูลของสัตว์ ทำให้สามารถพบเกลือไนเตรทหรือไนไตรท์ได้ง่ายตามแหล่งชุมชนต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเกลือไนไตรท์มักจะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็นเกลือไนเตรท ดังนั้นเราจึงไม่ค่อยพบเกลือไนไตรท์ในสิ่งก่อสร้างที่เป็นอิฐหรือหิน (Borrelli, 1999) แหล่งที่มาอื่นๆ ของเกลือไนเตรทก็คือพื้นที่ทำเกษตรกรรม และหมอกควันในพื้นที่ที่มีมลพิษซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์แสงของพืชชั้นต่ำ ซึ่งในกระบวนการเผาผลาญอาหารนั้นจะเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนเตรทและไนไตรท์นั่นเอง (Borrelli, 1999)

เกลือคาร์บอเนตมักจะถูกพบในรูปของสารประกอบแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ซึ่งโดยส่วนใหญ่ก็คือองค์ประกอบหลักของหินประเภทคาร์บอเนต เช่น หินปูน (Amoroso, 1983) รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการแปรรูปหินปูน แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องมาจากเกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ เราจึงไม่จัดให้เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ที่พบในวัสดุและโบราณสถาน

ในกรณีที่เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ เกลือเหล่านี้จะไม่สามารถทำอันตรายพระพุทธรูปได้เลยถ้าปราศจากน้ำหรือความชื้น ดังนั้นน้ำจึงเป็นตัวการสำคัญที่สุดอีกตัวหนึ่งที่ทำให้วัสดุเสื่อมสภาพ ซึ่งอาจเป็นเพราะคุณสมบัติที่เป็นอันตรายต่อวัสดุของน้ำเอง หรือเพราะน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ในตัวการในสภาพแวดล้อมอื่นๆ หรือเพราะน้ำสามารถเป็นตัวกลางในการนำเอาตัวการในสภาพแวดล้อมอื่นๆ เข้าสู่ตัววัสดุก็ได้ น้ำมีหลากหลายแหล่งที่มาและสามารถเข้าสู่วัสดุหลายวิธี เช่น ในรูปของน้ำฝน ไอน้ำในอากาศ น้ำใต้ดิน โอโซนเล น้ำตก น้ำแข็ง หมอก แม่น้ำ ลำธาร ทะเล และมหาสมุทร ในประเทศไทยแหล่งของน้ำที่สามารถซึมเข้าสู่วัสดุในโบราณสถานได้มากที่สุดคือ น้ำฝน น้ำใต้ดิน และความชื้นในอากาศ ทั้งนี้เพราะน้ำมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ ในรูปของความชื้น ซึ่งสามารถกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่ตามพื้นผิวของวัสดุได้โดยตรง หรือความชื้นในอากาศกลั่นตัวเป็นก้อนเมฆและกลายสภาพเป็นน้ำไหลลงมาสู่พื้นโลกในรูปของน้ำฝน ซึ่งอาจจะกระทบกับวัสดุโดยตรง หรือเป็นน้ำฝนที่ไหลลงมาจากหลังคา ชายคา หรือกันสาดลงสู่วัสดุที่ใช้ภายนอกอาคาร (หรืออาจไหลสู่ภายในอาคารได้ในกรณีที่หลังคา ชายคา กันสาด หรือฝ้าเพดานรั่ว) หรือไหลลงสู่พื้นดินกลายเป็นห้วย หนอง คลอง บึง แม่น้ำ และทะเล ซึ่งจะกลายมาเป็นน้ำที่ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการก่อสร้าง หรือซึมลงสู่ใต้ดินกลายเป็นน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาลและถูกดูดซึมเข้าสู่วัสดุในเวลาต่อมา นอกจากนี้ในบรรยากาศแล้ว น้ำซึ่งมาจากกระบวนการสังเคราะห์อาหารและหายใจของพืชและสัตว์ก็เป็นแหล่งของความชื้นในอากาศที่สามารถซึมเข้าสู่วัสดุได้ด้วย

อย่างไรก็ตามน้ำจะไม่สามารถเข้าสู่วัสดุได้เลยถ้าวัสดุนั้นๆ ไม่ใช่วัสดุที่มีรูพรุน (porous material) และเป็นวัสดุที่ชอบน้ำหรือดูดซึมน้ำได้ (hydrophilic material)² โดยเฉพาะจากการสำรวจเบื้องต้นทำให้พอจะสันนิษฐานได้ว่า วัสดุที่ควรจะต้องเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบพระพุทธรูปที่ศึกษานี้คือ หินทราย ปูน และอิฐ ซึ่งวัสดุทั้งสามชนิดนี้จัดเป็นวัสดุที่มีรูพรุนและชอบน้ำ (hydrophilic porous material) ทั้งสิ้น ดังนั้นในการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้วัสดุเสื่อมสภาพนี้ จะเน้นไปที่การเสื่อมสภาพของวัสดุที่มีรูพรุนและชอบน้ำเท่านั้น

อิฐ หินและปูนซึ่งเป็นวัสดุที่มีรูพรุนและชอบน้ำนั้นมีธรรมชาติที่เหมือนกันอย่างหนึ่งคือมีรูพรุน รูเล็กๆ (pores) ในเนื้อวัสดุเหล่านี้โดยทั่วไปจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ก็อาจมีรูพรุนบางรูที่มีขนาดใหญ่พอที่จะสังเกตเห็นได้ ซึ่งรูพรุนเหล่านี้คือท่อเล็กๆ ที่อาจต่อเนื่องกันไปทั่วเนื้อวัสดุทั้งชิ้น และท่อเล็กๆ เหล่านี้เองที่ทำให้หน้าสัมผัสที่เสียน้ำหรือสารละลายเกลือเข้าสู่เนื้อวัสดุโดยกระบวนการที่เรียกว่า “คาปิลลารีแอคชั่น” (capillary action หรือ capillarity)³ โดยที่แรงดึงดูดของน้ำกับผิวของท่อเล็กๆ นี้จะมากขึ้นเมื่อขนาดของท่อเล็กลง ยิ่งท่อเล็กเท่าใดน้ำก็จะถูกดูดไปได้ไกลมากเท่านั้น ซึ่งความไกลของน้ำที่ถูกดูดซึมจะแปรผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนั้นเอง (Winkler, 1994 อ้างถึงใน นวพลลักษณ์ วัสดุศาสตร์, ๒๕๔๙) และยิ่งวัสดุมีค่าร้อยละความพรุน (%porosity)⁴ มากและท่อยิ่งมีขนาดเล็กเท่าใด วัสดุนั้นๆ จะมีความเสี่ยงต่อการเสื่อมสภาพเพราะความชื้นและเกลือมากขึ้นเท่านั้น

กระบวนการที่ทำให้เกิดเกลือในวัสดุนั้นเริ่มจากฝน ความชื้นในอากาศ หรือน้ำใต้ดินละลายเกลือในสภาพแวดล้อมแล้วกลายเป็นสารละลายเกลือแล้วเข้าสู่วัสดุโดยกระบวนการคาปิลลารี (Schaffer, 2004; Feilden, 2003) ในทำนองเดียวกัน ถ้าเกลือมีอยู่ในเนื้อวัสดุ เมื่อน้ำหรือความชื้นเข้าสู่วัสดุก็จะละลายเกลือนี้และพาเกลือที่อยู่ในสารละลายไปตามรูพรุนในเนื้อวัสดุ เมื่อสภาพบรรยากาศเปลี่ยนไป เช่น อุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นลดลง มีลมพัดผ่าน หรือมีแสงแดดส่อง น้ำในเนื้อวัสดุจะเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกและระเหยออกและทำให้เกลือตกผลึก โดยที่เกลือนี้อาจจะตกผลึกภายนอกวัสดุกลายเป็นคราบเกลือ (efflorescence) หรือตกผลึกในรูพรุนของวัสดุ (crypto-efflorescence) ก็ได้ ซึ่งอัตราการตกผลึกของเกลือในเนื้อวัสดุหรือบนวัสดุและกระบวนการที่ทำให้เกิดเกลือนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุและประเภทของเกลือที่อยู่ในเนื้อวัสดุและสภาพแวดล้อม หรือขึ้นอยู่กับบรรยากาศและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและอุณหภูมิ เป็นต้น ส่วนรูปแบบและอัตราการเสื่อมสภาพของวัสดุเพราะเกลือที่ละลายน้ำได้นั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทและคุณสมบัติของเกลือ การมีอยู่ของน้ำ ความเข้มข้นของสารละลายเกลือ สภาพของวัสดุ รวมทั้งสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเกลือ

- 2 ในการศึกษาวัสดุเพื่อการอนุรักษ์นี้ จะมีการแบ่งชนิดของวัสดุเป็น 4 ประเภทคือ 1. วัสดุที่มีรูพรุนและชอบน้ำ (hydrophilic porous material) 2. วัสดุที่มีรูพรุนแต่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic porous material) 3. วัสดุที่ไม่มีรูพรุนแต่ชอบน้ำ (hydrophilic non-porous material) และ 4. วัสดุที่ไม่มีรูพรุนและไม่ชอบน้ำ (hydrophobic non-porous material)
- 3 คาปิลลารีแอคชั่น (capillary action) คือการที่น้ำถูกดูดเข้าสู่ท่อเล็กๆ โดยอาศัยแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับผิวของท่อ ตัวอย่างเช่นการที่ต้นไม้ไม่สามารถใช้รากดูดน้ำจากพื้นดินเข้าไปในลำต้น ซึ่งก็คือท่อลำเลียงน้ำของต้นไม้ และนำไปหล่อเลี้ยงกิ่งก้านสาขา ซึ่งการที่ท่อเล็กๆ เหล่านี้มีแรงดึงที่จะดูดน้ำเข้าสู่ท่อเล็กๆ ในวัสดุหรือในลำต้นของต้นไม้ที่มีขนาดมากกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่น้ำใต้ดินสามารถซึมเข้าสู่วัสดุได้ทั้งๆ ที่เป็นการไหลของน้ำจากที่ต่ำขึ้นสู่ที่สูงและผิดจากหลักแรงโน้มถ่วงของโลกที่น้ำต้องไหลลงสู่ที่ต่ำ
- 4 ความพรุนของวัสดุนิยมกำหนดเป็นค่าร้อยละของปริมาตรรูพรุนต่อปริมาตรของวัสดุทั้งก้อน ซึ่งค่าร้อยละของความพรุนของวัสดุนี้สามารถได้มาจากหลายวิธี เช่น การคำนวณร้อยละของปริมาตรความพรุนด้วยวิธีการแช่วัสดุในน้ำให้อิ่มตัว และคำนวณหาปริมาตรความพรุนจากปริมาตรของน้ำที่เข้าไปแทนที่รูพรุนในเนื้อวัสดุเมื่อวัสดุอิ่มน้ำ หรือการหาร้อยละของความพรุนด้วยเครื่องมือ Mercury Porosimeter ซึ่งใช้หลักการเดียวกัน

แหล่งที่มาของเกลือในพระพุทธรูป

การศึกษาเกลือที่เกิดขึ้นบนองค์พระพุทธรูปที่สำคัญขึ้นตอนหนึ่งคือการค้นหาแหล่งที่มา และแหล่งที่มาของเกลือในพระพุทธรูปที่สำคัญแหล่งหนึ่งก็คือมาจากเนื้อวัสดุของพระพุทธรูปเอง รวมไปถึงมาจากวัสดุแวดล้อมอื่นๆ ที่สัมผัสกับองค์พระพุทธรูป เช่น วัสดุที่ใช้ก่อสร้างฐานชุกชี และดินหรือฐานรากที่พระพุทธรูปและฐานชุกชีตั้งอยู่ ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ทราบว่า วัสดุที่นำมาใช้สร้างพระพุทธรูปส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย (คณะกรรมการโครงการสารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน, ๒๕๔๘)

ดินเผา โดยใช้ดินเหนียวปั้นเป็นพระพุทธรูปแล้วนำมาเผาไฟเพื่อให้เกิดความแข็งแกร่ง ถ้ามีขนาดใหญ่ก็จะทำเป็นหลายชิ้นแยกเผา และนำมาประกอบเข้าด้วยกันในภายหลัง หลังจากนั้นอาจปั้นปูนทับ หรืออาจลงรักและปิดทองที่บ่ออีกครั้งหนึ่ง งานประติมากรรม ดินเผาชิ้นส่วนใหญ่เป็นประติมากรรมนูนสูงประดับศาสนสถาน โดยแสดงเป็นพระพุทธรูป และภาพเล่าเรื่องพุทธประวัติ

หิน โดยหินที่นิยมนำมาใช้ในการทำพระพุทธรูปได้แก่หินทราย เพราะมีเนื้อละเอียด และแกะสลักได้ง่าย รองลงมาได้แก่หินชั้นชนิดอื่นๆ เช่น หินชนวนและหินแกรนิต ในระยะหลังๆ ยังมีพวกหินสีต่างๆ ตระกูลควอตซ์ เช่น หินสีเขียวที่นำมาสร้างเป็นพระแก้วมรกต รวมทั้งหยกและหินอ่อน เทคนิคการสร้างพระพุทธรูปศิลานำมาใช้ทั้งในงานประติมากรรมนูนสูงและประติมากรรมลอยตัว ซึ่งจะพบพระพุทธรูปที่ทำด้วย หินได้ในพระพุทธรูปทวารวดีและขอมที่พบในประเทศไทยตั้งแต่หลังพุทธศตวรรษที่ 19 ลงมา และก็มีกรสลักศิลานอนอยู่บ้างในพระพุทธรูปสมัยอยุธยา โดยเฉพาะในรัชกาลสมเด็จพระเจ้าปราสาททองและสมเด็จพระนารายณ์ (สุภัทรดิศ ดิศกุล, ม.จ., ๒๕๕๐) และสกุลช่างพะเยาในล้านนา ส่วนพระพุทธรูปในสมัยสุโขทัย ล้านนาและอยุธยาส่วนใหญ่มักจะนิยมหล่อด้วยทองสำริด

ทองสำริด ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมนำมาสร้างพระพุทธรูปเป็นอย่างมาก โดยมีส่วนผสมของโลหะที่สำคัญ 2 อย่างคือทองแดงกับดีบุก และใช้เทคนิคการสร้างด้วยการหล่อที่เรียกว่าการใช้ความร้อนไล่ขี้ผึ้งออก หรือที่เรียกว่า “สูญขี้ผึ้ง” (lost wax) เทคนิคการหล่อแบบนี้เป็นที่นิยมในการสร้างพระพุทธรูปอย่างมากตั้งแต่สมัยโบราณมาจนถึงปัจจุบัน

ปูนปั้น ซึ่งเป็นเทคนิคการสร้างพระพุทธรูปที่ปรากฏหลักฐานมาตั้งแต่สมัยก่อนทวารวดี และพบมากในสมัยทวารวดีจนถึงปัจจุบัน ปูนที่นำมาใช้ในการปั้นเป็นปูนแบบโบราณที่เรียกว่า “ปูนหมักปูนตา” โดยนำปูนจากธรรมชาติมาหมักและตำเข้ากับส่วนผสมอย่างอื่นทำให้เกิดความเหนียวและคงทนถาวร เช่น น้ำอ้อย งานปูนปั้นเป็นการสร้างขึ้นเพื่อประดับศาสนสถาน นิยมสร้างเป็นภาพเล่าเรื่อง และลวดลายประดับ

กับการทำให้วัสดุอิมด้วยน้ำ แต่ใช้ปรอทเป็นสารที่เข้าไปแทนที่รูพรุนแทนน้ำ ซึ่งเราสามารถนำคาร์บอนละลายของความพรุนที่หามาได้ของวัสดุแต่ละชนิดมาใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อหาว่าวัสดุชนิดใดมีความพรุนมากกว่า (นวลลักษณ์ วัสนันตชาติ, ๒๕๔๙) แต่ทั้งนี้ปริมาณความพรุนไม่เกี่ยวข้องกับขนาดและการกระจายตัวของรูพรุน จึงไม่จำเป็นว่าวัสดุที่มีความพรุนมากจะเสื่อมสภาพง่ายกว่าวัสดุที่มีความพรุนน้อยเสมอไป เพราะอัตราและปริมาณการเสื่อมสภาพของวัสดุขึ้นอยู่กับขนาดของรูพรุนด้วย

งานก่ออิฐถือปูน ซึ่งมักพบในการก่อสร้างพระพุทธรูปขนาดใหญ่ โดยการก่ออิฐถือปูนเป็นโครงสร้างใน และปั้นปูนตกแต่งรายละเอียดด้านนอก จากนั้นจึงลงรักโดยใช้ยางรักซึ่งเป็นยางไม้ผสมกับใบตองเผาไฟเรียกว่ารักสมุกและขัดผิวให้เรียบ แล้วจึงปิดทองคำเปลวทับ ซึ่งจะได้ผิวพระพุทธรูปที่ดูใกล้เคียงกับเนื้อสำริด บางครั้งอาจพบพระพุทธรูปที่ใช้ศิลาแลงก่อหรือทำเป็นโคลนแทนการก่อด้วยอิฐ โดยที่ด้านนอกปั้นปูนทับด้วยกรรมวิธีอย่างเดียวกัน

ไม้ ซึ่งถูกนำมาสร้างพระพุทธรูปโดยการแกะสลักแล้วจึงลงรักปิดทอง ข้อดีของวัสดุที่เป็นไม้คือ สามารถสร้างได้ง่ายและแสดงรายละเอียดของงานช่างได้ดี แต่มีข้อเสียคือไม่ค่อยมั่นคงถาวร และผุพังง่าย ดังนั้นจึงไม่พบหลักฐานแกะสลักไม้เหลืออยู่มากนัก มักปรากฏหลักฐานในงานศิลปกรรมรุ่นหลังเท่านั้น เช่น ในสมัยอยุธยา รัตนโกสินทร์ และงานช่างพื้นเมืองในล้านนา เป็นต้น

จากการสำรวจภาคสนามเบื้องต้น ในเดือนมิถุนายน 2551 พบว่าองค์พระสร้างจากวัสดุคล้ายอิฐหรือหินทรายสีแดง กล่าวคือเนื้อวัสดุส่วนใหญ่ประกอบด้วยเม็ดทราย มีสีน้ำตาลแดงคล้ายสีอิฐ เนื้อค่อนข้างละเอียด แต่ทั้งนี้ยังไม่สามารถจะแน่ใจได้ว่าเป็นหินทราย เพราะไม่สามารถสังเกตเห็นชั้นของหินได้ อันเนื่องมาจากในพระอุโบสถค่อนข้างมืด (ถึงแม้ว่าจะเปิดไฟแล้วก็ตาม) องค์พระได้ถูกฉาบด้วยปูนไม่ทราบชนิด หนาประมาณ 2 เซนติเมตร ปั้นเป็นลวดลายก่อนที่จะทาสีขาวทับปูนฉาบ ส่วนพระรัศมี พระเกตุมาลา และเม็ดพระศกทาสีทอง จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าฐานชุกชีเป็นแท่นขนาดใหญ่ ไม่ทราบวัสดุที่ใช้ก่อสร้างภายใน มีการฉาบปูนและทาสีทับ จากการสืบค้นประวัติการอนุรักษ์พระอุโบสถหลังเดิมทำให้ทราบว่าได้มีการบูรณะซ่อมแซมฐานพระพุทธรูปนี้ในช่วงปี พ.ศ. 2503 โดยที่ไม่พบหลักฐานแสดงรายละเอียดการบูรณะในครั้งนั้นแต่อย่างใด จึงทำให้ไม่อาจทราบชนิดวัสดุของฐานชุกชีในปัจจุบันนี้ได้ และต้องทำการเก็บตัวอย่างไปศึกษาวิเคราะห์ต่อไป อย่างไรก็ตามฐานชุกชีในสมัยอยุธยาจะนิยมใช้การก่ออิฐและฉาบปูน ดังนั้นในเบื้องต้นนี้จึงสรุปว่าวัสดุที่ใช้ในการสร้างพระพุทธรูปองค์นี้และฐานชุกชีน่าจะเป็น อิฐ หินทรายสีแดง หรือปูน ซึ่งเมื่อผู้วิจัยสันนิษฐานว่าเกลือที่ปรากฏบนพระพุทธรูปส่วนหนึ่งน่าจะมาจากวัสดุขององค์พระพุทธรูปและฐานชุกชีเอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างวัสดุจากพระพุทธรูปและฐานชุกชีนี้เพื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบทางแร่ธาตุและเคมีของวัสดุเหล่านี้ในขั้นตอนต่อไป⁵ แต่ในส่วนนี้จะนำเสนอเฉพาะการทบทวนเอกสารของวัสดุที่สันนิษฐานว่าเป็นวัสดุที่ใช้ในการสร้างพระพุทธรูปและฐานชุกชีนี้ อันได้แก่ อิฐ หินทรายสีแดง และปูนเท่านั้น



- 5 ในขั้นตอนการเก็บตัวอย่างนั้น ผู้วิจัยได้รับอนุญาตให้เก็บตัวอย่างเฉพาะวัสดุส่วนที่เสื่อมสภาพ อันได้แก่ 1) วัสดุที่เป็นเนื้อขององค์พระที่ร่วเป็นผง 2) ปูนฉาบขององค์พระที่หลุดร่อน 3) ปูนฉาบของฐานชุกชีที่หลุดร่อน 4) ผลึกเกลือที่เกาะอยู่ตามองค์พระ และ 5) ดินที่อยู่ภายนอกพระอุโบสถหลังเดิม แต่ผู้วิจัยไม่ได้รับอนุญาตให้เจาะองค์พระหรือฐานชุกชีเพื่อเก็บตัวอย่างในส่วนวัสดุที่เป็นเนื้อโครงสร้างของฐานชุกชี จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างวัสดุเหล่านี้ได้

ภาพที่ 3: ภาพพระพุทธรูปองค์ที่ศึกษา (ถ่ายเมื่อเดือนมิถุนายน 2551)

อิฐเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างมาตั้งแต่ประมาณ 4000 ปีก่อนคริสตกาลโดยชาว Chaldaeans และชาวอียิปต์ (ต่อพงศ์ ยมนาค, ๒๕๔๕ อ้างถึงในนวลลักษณ์ วัสดุแห่งชาติ, ๒๕๔๙) ในประเทศไทยเองก็เริ่มใช้อิฐมาตั้งแต่สมัยทวารวดี ต่อมาถึงสมัยลพบุรี สุโขทัย อยุธยา รัตนบุรี และรัตนโกสินทร์ ซึ่งจะเห็นได้จากงานสถาปัตยกรรมในยุคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเจดีย์ บรางค์ โบสถ์ วิหาร หรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ เช่น พระพุทธรูป อิฐทำมาจากดินเหนียวหรือดินโคลนและวัสดุประกอบอื่นๆ เช่น แกลบ ชี้เลื่อย ทราย นำมาปั้นขึ้นรูปเป็นก้อน ผึ่งให้แห้งแล้วเผาไฟ ซึ่งจากการที่อิฐทำมาจากดินนี้เอง ทำให้เนื้ออิฐประกอบไปด้วยแร่คาโอลินไนด์ (kaolinite) ไมกา (mica) คลอไรต์ (chlorites) และควอตซ์ (quartz) (Holdridge, 1963) และถ้าแยกแร่เหล่านี้เป็นองค์ประกอบทางเคมีก็จะประกอบไปด้วยซิลิกอนในรูปของควอตซ์ (silicon dioxide หรือ SiO_2) อลูมิเนียมในรูปของอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และโดยอาจมีเหล็กออกไซด์ (FeO หรือ Fe_2O_3) และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) รวมอยู่ด้วย

6 ส่วนผสมของปูนดำ นอกจากตำผสมกับทรายละเอียดแล้ว มีการเพิ่มส่วนผสมอื่นๆ เช่น ขี้เถ้าเหนียวสุก และกระดาษฟางที่แช่น้ำจนเปื่อยยุ่ย ตามสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วจึงทำให้ละเอียดเข้ากันจนเหนียวและหนืดเพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานแต่ละประเภท ดังนั้นจึงมีช่างบางคนเรียกปูนดำที่ผสมขี้เถ้าเหนียวว่า “ปูนขี้เถ้าเหนียว” หากนำปูนดำไปผสมกับน้ำขาว จะเรียกว่า “ปูนน้ำขาว” ถ้าผสมกับน้ำอ้อยเคี้ยวพอเหนียวเล็กน้อย จะเปลี่ยนชื่อเรียกเป็น “ปูนน้ำอ้อย” จากกรรมวิธีที่กล่าวมาทำให้ปูนดำมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า “ปูนเพชร” ทั้งนี้เข้าใจว่าเป็นเพราะปูนชนิดนี้มีคุณลักษณะที่แข็งแกร่งทนทาน หรืออาจมีที่มาจากช่างเมืองเพชรซึ่งมีชื่อเสียงในด้านนี้ เป็นผู้คิดค้นขึ้น (พิชณะ บุญประดิษฐ์, ๒๕๕๒) ซึ่งช่างปูนปั้นเมืองเพชรบุรีมีวิธีการผสมปูนดำเมืองเพชรที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีส่วนผสมสำคัญ จำนวน 5 อย่าง ดังนี้ คือ 1) ปูนขาว 2 ส่วน 2) ทรายละเอียด 1 ส่วน 3) น้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลทราย (เดิมใช้น้ำอ้อย) 4) กาวหนัง (เดิมใช้เปลือกประดู่เคี้ยวกับหนังวัว) และ 5) กระดาษฟาง (เดิมใช้ฟางข้าวที่แห้งแล้ว) (สุรางค์ศรี พวงมะลิ, ไม่ทราบปี)

ปูนที่ปรากฏในโบราณสถานและโบราณวัตถุมีอยู่ 2 ชนิดหลัก คือปูนหมักปูนดำซึ่งนำมาใช้ในรูปของปูนสอ ปูนฉาบ และปูนปั้นในสมัยโบราณ และปูนซีเมนต์ซึ่งมาจากการบูรณะโบราณสถานหรือโบราณวัตถุในภายหลัง ซึ่งปูนซีเมนต์นี้รวมไปถึงปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และปูนซีเมนต์ขาวด้วย ปูนหมักปูนดำ ทำมาจากปูนขาว (lime) ซึ่งก็คือการนำหินปูน (limestone) มาเผาไฟให้ได้ปูนดิบ (CaO) แล้วนำไปหมักจนกระทั่งปูนดิบนั้นกลายเป็นปูนหมักหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) แล้วจึงนำมาผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น ทรายละเอียด แล้วนำมาทำให้เป็นเนื้อละเอียดก่อนนำมาใช้งาน⁶ ซึ่งแม้ว่าปูนขาวเมื่อนำมาผสมกับน้ำและแข็งตัวแล้วจะมีเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย แต่ถ้าเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แล้ว ปูนขาวมีปริมาณเกลืออื่นๆ ที่น้อยกว่ามาก (สมชาติ จึงสิริอารักษ์, ๒๕๔๐) ส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์นั้นนอกจากจะมีแคลเซียมคาร์บอเนตปะปนอยู่บ้างแล้ว ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีก เช่น แคลเซียมซัลเฟต (ซึ่งเติมเพิ่มเข้าไประหว่างการผลิตปูนเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงปฏิกิริยาแล้วทำให้ปูนแข็งตัวช้าลง) หรือโซเดียมซัลเฟต (ซึ่งเป็นสารพลอยได้จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำระหว่างการผสมปูนเพื่อใช้งาน) (Torraca, 1988) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดเกลือต่างๆ ของซัลเฟตขึ้นในสิ่งก่อสร้างที่เป็นอิฐก่อหรือฉาบด้วยปูนซีเมนต์

หินทรายสีแดงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างโบราณสถานในประเทศไทยมาเป็นเวลานานแล้ว โดยเฉพาะในการก่อสร้างสถาปัตยกรรมแบบขอม เช่น ปราสาทหินและกูโบรีบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือนำมาใช้สร้างพระพุทธรูปในสมัยต่างๆ โดยเฉพาะที่ได้รับอิทธิพลมาจากอาณาจักรขอม ซึ่งหินทรายโดยทั่วไปจะมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือที่เรารู้จักกันในชื่อของแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก โดยทำหน้าที่หลักเป็นมวลสาร (grain) และอาจมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น แร่แคลไซต์ (CaCO_3) แร่หินฟีนมาหรือเฟลสปาร์ ฯลฯ เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย โดยมีวัสดุประสาน (cementing material) เป็นตัวเชื่อมมวลสารเข้าไว้ด้วยกัน ส่วนที่เราเห็นหินทรายเป็น

สีแดงนี้ ก็เนื่องมาจากการมีเหล็กออกไซด์ (FeO หรือ Fe_2O_3) เป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะหินที่มีเหล็กออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักและทำหน้าที่เป็นวัสดุประสาน (ferruginous sandstone) แต่ทั้งนี้ถ้ากล่าวในเชิงธรณีวิทยา หินทรายสีแดงมีด้วยกันหลายชนิด เช่น หินทรายเฟอร์รูจีนัส (ferruginous sandstone) ซึ่งมีควอตซ์ (quartz หรือ SiO_2) และเหล็กออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก หินทรายอาร์โคส (arkosic sandstone) ซึ่งประกอบด้วยแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์ และเศษหิน โดยที่วัสดุประสานส่วนใหญ่คือซิลิกา เหล็กออกไซด์ และแคลไซต์ (จิราภรณ์ อรัณยะนาถ, ๒๕๕๒) หินทรายเศษหิน (litharenite) ซึ่งประกอบด้วยแร่ควอตซ์เป็นส่วนใหญ่ โดยมีเฟลด์สปาร์ และเศษหินในปริมาณที่เท่าๆ กัน และมีซิลิกาและเหล็กออกไซด์เป็นวัสดุประสาน และหินทรายแป้ง (siltstone) ซึ่งเป็นหินตะกอนเนื้อเศษหิน ที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/256-1/16 มิลลิเมตร วัสดุประสานของหินทรายแป้งเป็นแร่ บางส่วนเป็นแร่ดินที่เกิดจากการเกิดผลึกใหม่ หินทรายแป้งมีซิลิกาสูงกว่า แต่มีอลูมินา (alumina) โพแทส (potash) และน้ำต่ำกว่า หินดินดาน และมีซิลิกาน้อยกว่าในหินทรายทั่วไป อนุภาคทรายแป้งอาจเกิดจากการแตกออกของเม็ดควอตซ์ที่มีขนาดใหญ่มากก็ได้ ส่วนการกำเนิดที่แน่นอนนั้นยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่⁷ ซึ่งหินทรายชนิดต่างๆ เหล่านี้มีองค์ประกอบทางแร่ธาตุและเคมีที่แตกต่างกันไป และส่งผลให้เกิดการคงทนต่อการเสื่อมสภาพที่ต่างกันด้วย

นอกจากวัสดุขององค์พระพุทธรูปแล้ว วัสดุแวดล้อมเช่นพื้นดินที่องค์พระพุทธรูปและฐานชุกชีตั้งอยู่ ก็เป็นแหล่งที่มาของเกลือโดยเฉพาะเกลือที่ละลายน้ำได้ที่เข้าสู่องค์พระพุทธรูป ในพื้นที่ที่ไม่มีมลพิษในอากาศ ดินจะเป็นแหล่งที่มาของเกลือแหล่งใหญ่อีกแหล่งหนึ่ง ดินธรรมชาติเกิดขึ้นจากการเสื่อมสลายโดยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และทางชีววิทยาของหิน จึงประกอบไปด้วยอนุภาคของหินต้นกำเนิด โคลน รวมไปถึงอินทรีย์สารอื่นๆ (Clark, 2003; Soanes and Stevenson (eds), 2004) กรวดและทรายคือองค์ประกอบหลักของดินแห้ง (non-cohesive soil) และโคลนกับน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของดินเปียก (cohesive soil) โดยที่มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคือซิลิกา อลูมินา และออกซิเจน ซึ่งอยู่ในรูปของซิลิกอนไดออกไซด์ (ควอตซ์) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว โดยมีแร่ธาตุอื่นๆ เช่น แร่หินฟอสเฟต (เฟลด์สปาร์) และแร่แคลไซต์ เป็นส่วนประกอบร่วมด้วย นอกจากนี้เกลือจะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบดั้งเดิมของดินแล้ว อินทรีย์สารที่เกิดจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตในดิน (humus) ก็อาจทำให้ดินเป็นกรดได้ง่ายขึ้น และเมื่อดินเป็นกรดแล้วทำปฏิกิริยากับน้ำและแร่ธาตุต่างๆ ในดินก็จะทำให้เกิดเกลือในดินเพิ่มขึ้นได้ (อรัณยะนาถ, ๒๕๕๖) รวมไปถึงการกระทำของมนุษย์ เช่นการเพาะปลูกด้วยน้ำที่มิเกลือปนเปื้อน การทิ้งพื้นที่ให้รกร้าง หรือการเลี้ยงสัตว์ ก็เป็นการเพิ่มเกลือให้กับดินได้ ดังนั้นเมื่อพระพุทธรูปและฐานชุกชีถูกสร้างขึ้นบนดินโดยไม่ได้มีการเสริมฉนวนกันความชื้นจากใต้ดินเข้าสู่ตัวอาคาร น้ำใต้ดินจะละลายเกลือที่อยู่ในดินกลายเป็นสารละลายเกลือและซึมเข้าสู่ฐานชุกชีและพระพุทธรูปได้ ดังนั้นน้ำใต้ดินเองก็เป็นแหล่งที่มาของเกลือในพระพุทธรูปด้วย

7 ที่มา: <http://www.patchra.net/minerals/MinDesc/sediment06.php>

นอกจากนี้เกลือในวัสดุอาจมาจากแหล่งอื่นๆ เช่น มากับน้ำฝน มาจากมูลสัตว์ที่ถ่ายรดบนหลังคาหรือบริเวณใกล้เคียง มาจากวัชพืชหรือต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนในบริเวณโดยรอบ มาจากสภาพแวดล้อม มาจากจุลินทรีย์ เช่น รา ไลเคนส์ หรือตะไคร่น้ำ และพืชชั้นต่ำ เช่น มอสที่ขึ้นอยู่บนอาคารหรือวัสดุ เป็นต้น

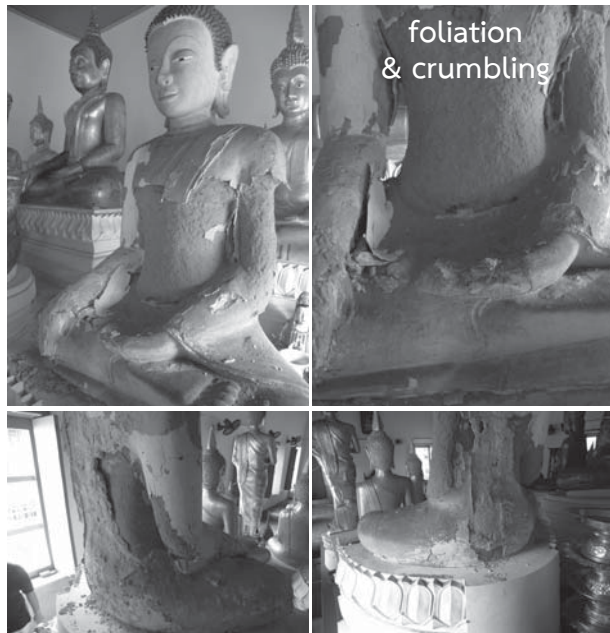
สรุปได้ว่าเกลือในพระพุทธรูปมาได้จากหลายแหล่งทั้งจากตัวของเนื้อวัสดุของพระพุทธรูปเอง จากวัสดุก่อสร้างอื่นๆ ที่ใช้ในฉาบหรือเคลือบผิวพระพุทธรูป หรือใช้ในการก่อสร้างฐานชุกชี และพื้นพระอุโบสถ หรือมาจากสภาพแวดล้อมที่พระพุทธรูปนั้นตั้งอยู่ แต่ทั้งนี้เกลือเหล่านี้จะไม่สามารถทำอันตรายพระพุทธรูปได้เลยถ้าปราศจากน้ำหรือความชื้นเป็นปัจจัยร่วม

ผลการศึกษาและการอภิปรายผลการศึกษา

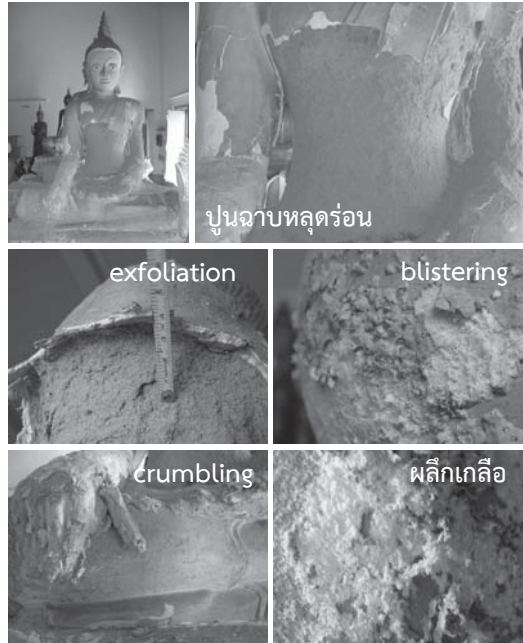
การสำรวจสภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพในปัจจุบันของพระพุทธรูปองค์ที่เลือกเป็นกรณีศึกษาพบว่า ในฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม) องค์พระส่วนที่ปูนฉาบหลุดร่อนออกมีสีน้ำตาล (7.5 YR 5/6, strong brown^๑) มีลักษณะคล้ายเป็ยกขึ้น ปูนฉาบหลุดร่อนโดยเฉพาะช่วงกลางองค์ตั้งแต่พระอุระลงมาถึงบันพระเอว และช่วงพระกรส่วนบนที่ควรจะมีอุตราสงค์ รูปแบบการเสื่อมสภาพจะเห็นการปนแตกของเนื้อวัสดุ (crumbling) ผิวองค์พระมีการแตกเป็นแผ่นบางๆ (exfoliation) แต่ไม่พบผลึกเกลือ (efflorescence) (ภาพที่ 4)

- 8 วิธีการตรวจสอบสีของวัสดุที่เป็นที่นิยมวิธีหนึ่งคือการใช้ Munsell Color Charts ซึ่งนักโบราณคดีและนักอนุรักษ์ส่วนใหญ่ใช้ในการเทียบสีดินหรือหินประเภทต่างๆ โดยการเทียบสีวิธีนี้จะบันทึกการเทียบสีด้วยตัวอักษรและตัวเลขเพื่อแสดงค่าของ Hue (เนื้อสี), Value (ความสว่างของสี) และ Chroma (ความเข้มข้นของสี) โดยรูปแบบการบันทึกรหัสสีจะขึ้นต้นด้วยค่าของเนื้อสี (Hue) เนื้อสี เว้นวรรค และค่าของ Value/Chroma (ระบุรหัสสีหลังชื่อสี หรือระบุรหัสสีก่อนแล้วตามด้วยเครื่องหมาย , และชื่อสี) เช่น strong brown (7.5 YR 5/6) หรือ 7.5YR 5/6, strong brown

ภาพที่ 4 : สภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์ที่เป็นกรณีศึกษาในฤดูฝน (ภาพถ่ายเมื่อเดือนกรกฎาคม 2551)

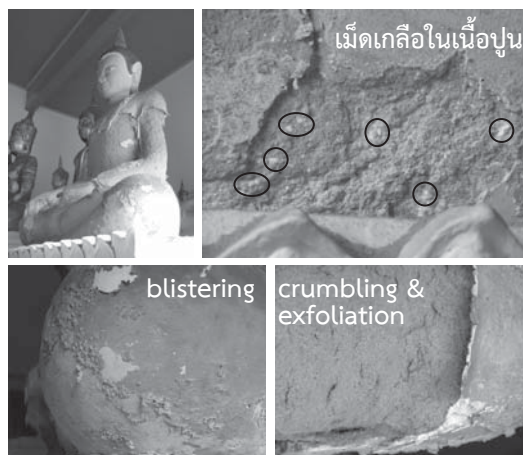


การสำรวจสภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปในถอุหนาว (เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) พบว่าเนื้อองค์พระมีลักษณะแห้งสีน้ำตาล (7.5 YR 6/4, light brown) อ่อนกว่าในช่วงฤดูร้อน มีการเสื่อมสภาพของเนื้อองค์พระเช่นเดียวกับในถอุฝน คือมีการแตกเป็นแผ่นบางๆ (exfoliation) ผิวของปูนฉาบพุพองและโป่งชูย (blistering) มีการป่นแตกของเนื้อวัสดุ (crumbling) แต่ที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากการเสื่อมสภาพในถอุฝน คือมีผลึกเกลือเกิดขึ้นบนผิวของเนื้อองค์พระและปูนฉาบ โดยเฉพาะในบริเวณที่เป็นรอยต่อระหว่างเนื้อองค์พระและปูนฉาบและบริเวณที่ผิวของปูนฉาบพุพองและโป่งชูย (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 : สภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์ที่เป็นกรณีศึกษา ในถอุหนาว (ภาพถ่ายเมื่อเดือนมกราคม 2552)

การสำรวจสภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพขององค์พระในถอุร้อน (เดือนมีนาคม-พฤษภาคม) พบว่าเนื้อพระพุทธรูปมีลักษณะแห้งสีน้ำตาล (7.5 YR 6/4, light brown) เข้มกว่าในถอุหนาวเล็กน้อย รูปแบบการเสื่อมสภาพจะคล้ายคลึงกับถอุหนาว แต่ผิวปูนฉาบมีอาการพุพองและโป่งชูยน้อยกว่า และไม่มีเกลือตกผลึกบนผิวของวัสดุ (efflorescence) ทั้งเนื้อองค์พระและปูนฉาบ จะมีก็แต่เพียงผลึกหรือเม็ดเกลือเล็กๆ แทรกอยู่ในเนื้อวัสดุขององค์พระ (crypto-efflorescence) เท่านั้น (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 : สภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์ที่เป็นกรณีศึกษา ในถอุร้อน (ภาพถ่ายเมื่อเดือนเมษายน 2552)

จากการสำรวจสภาพและรูปแบบการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูป สามารถสรุปได้ว่าวัสดุเนื้อองค์พระมีสีเข้มขึ้นในถอุฝน และจางลงเมื่อเข้าถอุหนาว และเข้มขึ้นบ้างเมื่อเข้าสู่ถอุร้อน โดยที่การเสื่อมสภาพจะรุนแรงมากที่สุดในถอุหนาว โดยมีรูปแบบการเสื่อมสภาพที่สามารถสรุปได้

คือ 1) มีการหลุดร่อนของปูนฉาบขององค์พระพุทธรูป (plaster detachment) 2) มีการป่นซุย ปนแตกของผิวด้านนอก (crumbling) ของวัสดุที่เป็นเนื้อองค์พระ 3) มีการแตกเป็นแผ่นบางๆ (exfoliation) ของวัสดุที่เป็นเนื้อองค์พระและปูนฉาบ 4) มีการพุพองและโป่งซุย (blistering) ของปูนฉาบ และ 5) มีการตกผลึกของเกลือ (salt crystallization) บนผิววัสดุที่เป็นเนื้อองค์พระ และปูนฉาบ ซึ่งอาการเหล่านี้เป็นรูปแบบการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเกลือทั้งสิ้น (Lewin and Charola, 1979; Torraca 1981) ทำให้สามารถจะสรุปได้ว่าการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์ ที่เป็นกรณีศึกษานี้ น่าจะมีสาเหตุหลักมาจากเกลือนั่นเอง

จากการเก็บตัวอย่างวัสดุขององค์พระพุทธรูปทั้งในส่วนเนื้อองค์พระและปูนที่ฉาบไป วิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ธาตุและเคมีด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) พบว่าวัสดุทั้งสองชนิดประกอบไปด้วยแร่ควอทซ์ (SiO_2) แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) แต่เนื้อองค์พระมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) รวมอยู่ด้วย ส่วนปูนฉาบที่ฐานซุกชิ้นนี้ มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับปูนที่ฉาบพระพุทธรูป โดยที่ไม่พบเกลือซัลเฟตในปูนทั้งสองตำแหน่งเลย

ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์จะพบแร่ควอทซ์ในวัสดุที่เป็นเนื้อของพระพุทธรูป แต่จากการที่ไม่พบอลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งตามปกติเป็นองค์ประกอบหลักของดินซึ่งนำมาใช้ทำอิฐ ทำให้อาจสรุปได้ว่าวัสดุที่เป็นเนื้อขององค์พระพุทธรูปนั้นไม่ใช่อิฐ รวมทั้งการที่ไม่พบเหล็กออกไซด์ร่วมกับแร่ควอทซ์ต่างๆ ที่มีสีน้ำตาลอมแดง และไม่ปรากฏขึ้นหินในวัสดุที่เป็นเนื้อขององค์พระ (ในส่วนที่ปูนฉาบหลุดร่อนออกและเผยให้เห็นเนื้อใน) ทำให้อาจสรุปได้ว่าวัสดุนี้ไม่ใช่หินทรายเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะการที่วัสดุนี้มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกับปูนที่ใช้ฉาบองค์พระพุทธรูปและฐานซุกซี อาจทำให้สรุปได้ว่าวัสดุที่เป็นเนื้อองค์พระนี้เป็นปูนที่ปั้นขึ้นรูป แต่ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์นั้นไม่สามารถกระทำจนถึงเนื้อในขององค์พระพุทธรูป ทำให้ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าพระพุทธรูปองค์นี้มีแกนข้างในที่ทำด้วยวัสดุชนิดอื่น เช่น อิฐหรือหินทราย แล้วขึ้นรูปด้วยปูนปั้นหรือไม่ หรือเป็นพระพุทธรูปที่ปั้นด้วยปูนทั้งองค์?

9 แต่ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าโดยทั่วไปแล้วเทคนิคการสร้างพระพุทธรูปโดยการก่ออิฐหรือใช้ศิลาทำเป็นโคลนแล้วจึงพอกปูนปั้นทับนั้น จะใช้กับการสร้างพระพุทธรูปขนาดใหญ่ (คณะกรรมการโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, ๒๕๔๘) แต่พระพุทธรูปที่เป็นกรณีศึกษานี้มีขนาดหน้าตักประมาณ 1.20 เมตร จึงไม่น่าจะจำเป็นต้องมีแกนที่ก่อด้วยอิฐหรือทำด้วยศิลา

ปูนที่ทำการศึกษาทั้งที่ฉาบองค์พระพุทธรูปและฉาบฐานซุกซี (รวมทั้งที่วิเคราะห์พบว่าเนื้อองค์พระพุทธรูปก็เป็นปูนที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมือนกัน) ต่างก็มีแคลเซียมคาร์บอเนต แร่ควอทซ์ และโปแตสเซียมออกไซด์รวมอยู่ด้วย แต่ไม่พบสารประกอบซัลเฟตใดๆ ทำให้อาจสรุปได้ว่าปูนที่ใช้นี้ไม่ใช่ปูนซีเมนต์ (ซึ่งโดยทั่วไปจะมีโซเดียมซัลเฟตหรือแคลเซียมซัลเฟตประกอบอยู่ด้วย) แต่เป็นปูนประเภทปูนหมักปูนดำซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะมีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต โดยมีแร่ควอทซ์ซึ่งก็เป็นองค์ประกอบหลักของเม็ดทรายซึ่งเป็นส่วนผสมของปูนหมักปูนดำประกอบอยู่ด้วยนั่นเอง

การที่พบเกลือโซเดียมคลอไรด์ในวัสดุที่เป็นเนื้อองค์พระพุทธรูปนั้น สันนิษฐานได้ว่า โซเดียมคลอไรด์อาจเป็นสารที่ปะปนอยู่ในเนื้อวัสดุตั้งแต่เริ่มสร้างองค์พระ หรืออาจเป็นเกลือจากสิ่งแวดล้อมที่มีน้ำหรือความชื้นพาเข้าสู่เนื้อวัสดุขององค์พระ แต่จากการวิเคราะห์ปูนฉาบที่ฐานชุกชีแล้วไม่พบเกลือโซเดียมคลอไรด์ ทำให้สันนิษฐานต่อไปได้ว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อวัสดุขององค์พระนั้นอาจเป็นเกลือที่มีมาแต่ดั้งเดิม หรืออาจเป็นไปได้ว่าเกลือนี้อาจมาจากวัสดุที่เป็นโครงสร้างของฐานชุกชีที่ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บตัวอย่างไปทดสอบได้ หรือมาจากน้ำใต้ดินหรือน้ำทิ้งที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ละลายปะปนอยู่ซึมเข้าสู่โครงสร้างฐานชุกชีและส่งต่อมายังองค์พระพุทธรูปก็ได้ โดยเฉพาะการที่วัดอินทารามวรวิหารนี้ตั้งอยู่ในบริเวณชุมชนที่มีคนอยู่อาศัยมาก จึงอาจเป็นไปได้ว่าเกลือคลอไรด์นี้อาจปะปนมากับน้ำทิ้งตามบ้านเรือนที่ชะล้างเศษอาหารที่มีเกลือในการประกอบอาหาร (เกลือโซเดียมคลอไรด์) ปนอยู่ด้วย

ในส่วนของเกลือที่ตกผลึกบนองค์พระพุทธรูปนั้น เมื่อเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD พบว่าประกอบไปด้วยเกลือโซเดียมไนเตรตและโซเดียมคลอไรด์ โดยมีแร่ควอทซ์ปะปนอยู่ด้วย แต่ไม่พบเกลือซัลเฟตเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ของปูนทั้งสองตำแหน่ง ทำให้สรุปได้ค่อนข้างแน่นอนว่าปูนที่ฉาบองค์พระพุทธรูป ปูนที่ฉาบฐานชุกชี รวมถึงวัสดุที่ใช้ก่อสร้างฐานชุกชีไม่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งนับว่าเป็นโชคดีอย่างมากที่การอนุรักษ์หรือบูรณะฐานชุกชีและองค์พระพุทธรูปครั้งก่อนๆ ไม่ได้ใช้ปูนซีเมนต์ซึ่งก่อให้เกิดเกลือซัลเฟตที่เป็นอันตรายต่อโบราณสถานและโบราณวัตถุเลย¹⁰ และการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์ที่ศึกษานี้ก็ไม่ได้มีสาเหตุมาจากปูนซีเมนต์

การที่เกลือที่ตกผลึกบนองค์พระพุทธรูปนั้นคือเกลือโซเดียมไนเตรตและเกลือโซเดียมคลอไรด์ทำให้สามารถสันนิษฐานแหล่งที่มาของเกลือได้ กล่าวคือในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อองค์พระพุทธรูปคือแร่ควอทซ์ แคลเซียมคาร์บอเนต โปตัสเซียมออกไซด์ และโซเดียมคลอไรด์ แต่จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินในบริเวณพระอุโบสถพบว่าประกอบไปด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ และโปตัสเซียมออกไซด์ โดยที่ไม่พบโซเดียมคลอไรด์เลย (หรืออาจมีอยู่ในปริมาณที่น้อยมากจนตรวจไม่พบ) แสดงว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ตกผลึกบนองค์พระพุทธรูปนั้นไม่ได้มาจากดินในบริเวณนั้น แต่อาจมาจากน้ำใต้ดินหรือน้ำทิ้งจากชุมชนที่ซึมผ่านโครงสร้างฐานชุกชีและเข้าสู่องค์พระพุทธรูปโดยกระบวนการคาปิลลารี หรืออาจเป็นเกลือที่ปนเปื้อนอยู่ในทรายหรือน้ำที่ใช้ผสมปูนซึ่งเป็นวัสดุของฐานชุกชีและเนื้อขององค์พระพุทธรูป หรือเป็นเกลือที่ปนเปื้อนอยู่ในวัสดุที่ผู้วิจัยไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ ซึ่งก็คือแกนของพระพุทธรูปและส่วนโครงสร้างของฐานชุกชี และเมื่อน้ำใต้ดิน น้ำทิ้งจากชุมชน หรือความชื้นเข้าสู่ตัวองค์พระก็ได้ละลายเกลือและเคลื่อนตัวไปทั่วองค์พระและออกมากที่ผิววัสดุ จนเมื่อถึงสภาพอากาศที่เอื้ออำนวย เช่น ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน เกลือจึงตกผลึกให้เราสังเกตเห็นและตรวจสอบได้นั่นเอง

10 เพราะโดยทั่วไปแล้วการใช้ปูนซีเมนต์ในการบูรณะจะก่อให้เกิดปัญหาคือปูนฉาบที่ทำด้วยปูนหมักหรือปูนตำจะหลุดร่อน เนื่องจากจากการที่ปูนซีเมนต์ไม่ยอมให้น้ำผ่าน แล้วทำให้น้ำหรือสารละลายเกลือที่อยู่ในวัสดุต้องไประเหยออกในบริเวณที่ฉาบด้วยปูนหมักปูนตำซึ่งยอมให้น้ำผ่านมากกว่า ทำให้เกลือโดยเฉพาะเกลือซัลเฟตไปตกผลึกในบริเวณนั้นเป็นจำนวนมาก แล้วทำให้ปูนฉาบบริเวณนั้นหลุดร่อนหรือเสื่อมสภาพไปเร็วกว่าบริเวณอื่นๆ

การที่เกลือคลอไรด์ตกผลึกเป็นคราบบนองค์พระพุทธรูปนี้ ไม่ได้หมายความว่า มีปริมาณเฉพาะที่เราเห็นเท่านั้น เกลือยังคงตกผลึกภายในเนื้อวัสดุขององค์พระด้วย จะเห็น ได้จากการที่มีโซเดียมคลอไรด์ปะปนอยู่ในเนื้อขององค์พระเมื่อเราทดสอบด้วยเครื่อง XRD นั้นหมายความว่าเมื่อใดก็ตามที่มีความชื้นหรือน้ำเข้าสู่องค์พระอีก น้ำนั้นก็จะไปละลายเกลือที่ยังตกผลึกค้างอยู่ภายในเนื้อองค์พระ และหลังจากนั้นน้ำในสารละลายนี้ก็พร้อมที่จะระเหยและ ทำให้เกลือตกผลึกซ้ำๆ อย่างนี้ แล้วทำให้วัสดุขององค์พระพุทธรูปเสื่อมสภาพมากขึ้นเรื่อยๆ หรือ จนกว่าเราจะกำจัดแหล่งที่มาของน้ำหรือความชื้น หรือทำให้เกลือหมดไปจากพระพุทธรูปและ สิ่งแวดล้อมรอบองค์พระพุทธรูปให้ได้เสียก่อน

จากการตรวจสอบดินหรือวัสดุที่เป็นเนื้อขององค์พระและปูนฉาบอื่นๆ แล้วไม่พบเกลือ ไนเตรทใดๆ ทำให้สันนิษฐานว่าเกลือโซเดียมไนเตรทที่ตรวจสอบได้บนองค์พระพุทธรูปนั้นคงต้องมี ที่มาจากแหล่งอื่น เช่นอาจมาจากมูลสัตว์ เช่น มูลนกบนหลังคา หรือมูลค้างคาวที่อยู่ใต้หลังคาของ พระอุโบสถ เพราะมูลของค้างคาวและนกมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่มาก และเป็นแหล่งที่มาของ เกลือโซเดียมไนเตรทได้ (จิราภรณ์ อธิษฐาน, ๒๕๕๒) ซึ่งจากการสำรวจพระอุโบสถในช่วงฤดู มรสุมพบว่าจะมีน้ำรั่วหยดจากฝ้าเพดานลงมาที่บริเวณที่องค์พระพุทธรูปนี้ตั้งอยู่ โดยเฉพาะตรงจุด ที่เป็นพระเศียร ดังนั้นเกลือโซเดียมไนเตรทที่พบบนองค์พระพุทธรูปนี้ก็น่าจะมาจากมูลนกและมูล ค้างคาวที่อยู่บนและใต้หลังคาของพระอุโบสถนั่นเอง เมื่อฝนตกก็ได้ชะล้างมูลนกบนหลังคา และ เมื่อหลังคารั่วและน้ำฝนส่วนหนึ่งไหลเข้าสู่พระอุโบสถผ่านฝ้าเพดานก็ได้ชะล้างมูลค้างคาวด้วย แล้วน้ำฝนซึ่งในเวลานั้นได้กลายเป็นสารละลายเกลือไนเตรทแล้วได้หยดลงสู่องค์พระพุทธรูป และได้นำพาเกลือไนเตรทให้เข้าสู่องค์พระพุทธรูป เมื่อน้ำในสารละลายเกลือนี้เคลื่อนตัวออกสู่ ผิวนอกและระเหยไป ก็ได้พาเกลือไนเตรทออกมาและตกผลึกเป็นคราบอยู่บนองค์พระพุทธรูป หรืออีกทางหนึ่งก็อาจเป็นได้ว่าเกลือไนเตรทมาจากเศษอาหารและน้ำทิ้งของชุมชนในบริเวณ โดยรอบวัดอินทารามวรวิหารและซึมเข้าสู่องค์พระพุทธรูปนั่นเอง เพราะเศษอาหารก็เป็นแหล่ง ที่มาของเกลือไนเตรทได้เช่นกัน แต่ก็ยังนับว่าโชคดีที่ไม่ได้ตรวจพบเกลือไนเตรทในวัสดุที่เป็น เนื้อขององค์พระหรือปูนฉาบด้วย เพราะนั่นแสดงว่าปริมาณเกลือไนเตรทที่เข้าสู่พระพุทธรูปนี้มี ปริมาณไม่มาก และแทบทั้งหมดถูกพาออกสู่อากาศของพระพุทธรูปและบนผิวปูนฉาบแล้ว

การที่เกลือไม่ว่าจะเป็นโซเดียมคลอไรด์หรือโซเดียมไนเตรทก็ตาม เมื่อตกผลึกในฤดู แล้ง และถูกละลายกลับเข้าสู่เนื้อขององค์พระพุทธรูปใหม่ในฤดูฝนหรือฤดูน้ำหลากซ้ำๆ เป็นผล ทำให้องค์พระพุทธรูปเสื่อมสภาพมากขึ้นๆ ทุกครั้งที่เกลือตกผลึกใหม่ เนื่องจากเกลือเมื่อตกผลึก จะมีปริมาตรมากกว่าเมื่ออยู่ในรูปของสารละลาย และมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนเล็กๆ ในวัสดุมาก ดังนั้นเมื่อสารละลายเกลือตกผลึก ผลึกจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูหรือท่อเล็กๆ ในปูน และ จะดันให้ผนังของรูหรือท่อเล็กๆ เหล่านั้นแตกออก โดยเฉพาะรูหรือท่อเล็กๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า

5 ไมครอน (5×10^{-6} เมตร) (Bell, 1992)¹¹ และเนื่องจากการตกผลึกนี้จะเกิดขึ้นในบริเวณใกล้ๆ กับผิวหน้าของปูน เมื่อรูพรุนหรือท่อเล็กๆ ในเนื้อปูนถูกทำลายลงก็ส่งผลให้ผิวด้านนอกของปูนป่นซุย (disaggregating) เนื้อปูนส่วนต้นๆ ใกล้กับผิวด้านนอกป่นแตก (crumbling) และเนื้อปูนส่วนในแตกเป็นแผ่นบางๆ (exfoliation) หรือโป่งซุย (blistering) (Lewin and Charola, 1979; Torraca, 1988) โดยเฉพาะการที่เกลือตกผลึกบริเวณผิวที่เป็นจุดเชื่อมระหว่างเนื้อปูนขององค์พระกับปูนฉาบ ทำให้ผลึกเกลือไปดันปูนฉาบให้หลุดร่อนออกดังสภาพที่สำรวจพบ และนั่นก็เป็นคำตอบว่าทำไมการที่พระสงฆ์ซ่อมแซมโดยการฉาบปูนทับองค์พระพุทธรูปครั้งที่ผ่านๆ มานั้นปูนฉาบก็ยังคงหลุดร่อนออกทุกๆ ฤดูแล้งจนพระสงฆ์ต้องหยุดซ่อมแซมพระพุทธรูปองค์นี้ไป และคิดว่าไม่มีวิธีที่จะซ่อมพระพุทธรูปองค์นี้ได้อีก แต่ถ้าทราบสาเหตุการเสื่อมสภาพเช่นนี้แล้ว การจะอนุรักษ์พระพุทธรูปองค์นี้ก็ไม่ใช่เรื่องที่เป็นไปไม่ได้อีกต่อไป

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาเกลือบนพระพุทธรูป โดยมีพระพุทธรูปองค์หนึ่งซึ่งประดิษฐานอยู่ในพระอุโบสถหลังเดิมของวัดอินทารามวรวิหาร แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เป็นกรณีศึกษา จากการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนเหล่านี้ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) พบว่าพระพุทธรูปองค์นี้สร้างด้วยปูนปั้น (แต่ไม่ทราบว่าแกนกลางก่อด้วยอิฐหรือทำจากหินหรือไม่) ฉาบด้วยปูนแล้วทาสี ตั้งถาวรอยู่บนฐานชุกชีที่ฉาบด้วยปูน (แต่ไม่ทราบชนิดของวัสดุโครงสร้าง) โดยที่ปูนที่ใช้ทั้งหมด รวมทั้งปูนที่ใช้ในการบูรณะซ่อมแซมพระพุทธรูปและฐานชุกชีครั้งที่ผ่านๆ มาเป็นปูนหมักปูนดำซึ่งทำมาจากปูนขาว (lime) ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วมีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนตและแร่ควอทซ์ (SiO_2) โดยที่ไม่มีเกลือซัลเฟต เช่น โซเดียมซัลเฟตหรือแคลเซียมซัลเฟต ซึ่งเป็นส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ปะปนอยู่เลย และนั่นเป็นสาเหตุที่ไม่พบเกลือซัลเฟตปะปนอยู่ในเนื้อปูนใดๆ และผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีเอกซเรย์ผลึกเกลือที่ปรากฏบนผิวของปูนฉาบและเนื้อขององค์พระพุทธรูปด้วยเครื่อง XRD ก็ได้ยืนยันในข้อสรุปนี้ เพราะผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผลึกเกลือที่เกิดขึ้นคือเกลือโซเดียมไนเตรทและเกลือโซเดียมคลอไรด์ ไม่ใช่เกลือซัลเฟตแต่ประการใด

เกลือโซเดียมไนเตรทที่พบบนองค์พระพุทธรูปนี้ไม่ได้มาจากดิน เพราะจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินแล้วพบว่าไม่มีเกลือไนเตรทปะปนอยู่ คงมีแต่ซิลิกอนไดออกไซด์หรือแร่ควอทซ์และโปตัสเซียมออกไซด์ (ซึ่งพบทั้งในปูนปั้นและปูนฉาบขององค์พระพุทธรูป และปูนฉาบฐานชุกชี) จึงทำให้สันนิษฐานว่าเกลือไนเตรทนี้อาจปนเปื้อนมากับน้ำฝนที่ชะล้างมูลของนกและค้างคาวซึ่งอยู่บนหลังคาของพระอุโบสถซึ่งรั่ว แล้วหยดลงบนพระเศียร พระอังสา และบริเวณอื่นๆ ขององค์พระ เพราะมูลของค้างคาวและนกมีสารประกอบไนโตรเจนอยู่มาก ซึ่งทำให้

11 อย่างไรก็ตามผู้วิจัยบางท่านกล่าวแย้งว่าการตกผลึกและการถูกละลายใหม่ของผลึกเกลือไม่ได้เป็นตัวการหลักที่ทำให้วัสดุที่มีรูพรุนนั้นแตก เพราะเกลือที่ตกผลึกแล้วมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณของสารละลายเกลือที่อยู่ในรูพรุนในตอนแรกเสียอีก (Charola, 2000) แต่สิ่งที่ทำให้รูพรุนของวัสดุแตกคือแรงดันที่เกิดขึ้นจากการดูดและคายน้ำ (hydration-dehydration) ของผลึกเกลือ เช่น ผลึกเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) เมื่อดูดน้ำหรือความชื้นในวัสดุเข้ามาในผลึกเพิ่มจะกลายเป็นผลึกเกลือโซเดียมซัลเฟตเดคาไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นผลึกเกลือที่มี “น้ำผลึก” (water of crystallization) ประกอบอยู่และเป็นผลึกเกลือซึ่งมีขนาดผลึกที่ใหญ่ขึ้นที่เรียกว่า “ผลึกที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (hydrated crystal)” หลังจากนั้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงหรือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นผลึกเกลือโซเดียมซัลเฟตเดคาไฮเดรตที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบนี้ก็กระจายน้ำผลึกออกและทำให้ผลึกเกลือนั้นมีขนาดเล็กลง กลายเป็นผลึกเกลือแห้ง (anhydrous crystal) ของโซเดียมซัลเฟตเหมือนเดิม ซึ่งผลึกเกลือแห้งนี้ก็จะพร้อมที่จะดูดน้ำผลึกและขยายตัวได้ที่ที่อุณหภูมิในอากาศลดลงหรือเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นอีก และการที่ผลึกเกลือขยายและหดตัวซ้ำๆ เช่นนี้หลายๆ ครั้งต่อวันนี่เองที่ทำให้เกิดแรงดันดันผนังภายในรูพรุนเหล่านั้นให้แตกออก (จิราภรณ์ อรัณยะนาถ, ๒๕๒๙ อ้างถึงใน นวลลักษณ์ วัชรสันชาติ, ๒๕๔๙)

เป็นแหล่งที่มาของเกลือโซเดียมไนเตรท หรืออาจมาจากกระบวนการย่อยสลายเศษอาหารเศษขยะ ในชุมชนซึ่งตั้งอยู่รอบบริเวณวัดอินทารามวรวิหารและเกิดเป็นเกลือไนเตรท แล้วน้ำฝนหรือน้ำทิ้ง อาจชะล้างเกลือนี้แล้วซึมเข้าสู่องค์พระพุทธรูป ส่วนเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่พบอาจปนเปื้อนมาจาก วัสดุที่ใช้ก่อสร้างองค์พระตั้งแต่แรกเริ่ม หรือปนมากับเนื้อองค์พระพุทธรูปด้านในหรือวัสดุโครงสร้าง ของฐานชุกชีซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้ หรืออาจปะปนมากับน้ำใต้ดินในรูปของสารละลายเกลือ คลอไรด์ ซึ่งมาจากการชะล้างเกลือแกงที่ใช้ปรุงอาหารของชาวบ้านในชุมชนใกล้เคียงก็เป็นได้

จากการศึกษานี้ทำให้ทราบว่าเกลือเป็นสาเหตุหนึ่งและน่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ พระพุทธรูปองค์นี้เสื่อมสภาพ เนื่องจากรูปแบบของการเสื่อมสภาพขององค์พระคือ 1) การหลุด ร่อนของปูนฉาบองค์พระ 2) การป่นซุย ป่นแตกของผิวด้านนอกของปูนปั้นองค์พระ 3) การแตก เป็นแผ่นบางๆ ของปูนปั้นและปูนฉาบองค์พระ และ 4) การพุพองและโป่งซุยของปูนฉาบ ซึ่ง อาการเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากเกลือทั้งสิ้น อีกทั้งการที่พบเกลือ ตกผลึกบนผิวของทั้งปูนฉาบและปูนปั้นองค์พระและพบเม็ดเกลือปะปนอยู่ในปูนปั้นองค์พระ ในฤดูแล้ง หายไปในฤดูฝน แล้วกลับมาใหม่ในฤดูแล้งต่อมา เป็นหลักฐานแสดงการเสื่อมสภาพ ของพระพุทธรูปองค์นี้อันเนื่องมาจากการตกผลึกซ้ำๆ ของเกลืออย่างชัดเจน เพียงแต่เกลือที่เป็น สาเหตุของการเสื่อมสภาพนั้นไม่ได้มาจกปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการบูรณะองค์พระครั้งก่อนๆ หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือไม่ได้มีการใช้ปูนซีเมนต์ในการบูรณะครั้งก่อนๆ มา แต่เป็นเกลือที่อาจอยู่ใน เนื้อของวัสดุตั้งแต่แรกเริ่ม หรือเป็นเกลือที่มาจากสภาพแวดล้อมรอบองค์พระพุทธรูปนั่นเอง

ดังนั้นการจะอนุรักษ์พระพุทธรูปองค์นี้อย่างยั่งยืนนั้น ประการแรกที่จะต้องทำก็คือการ พยายามลดปริมาณของเกลือที่อยู่ในองค์พระให้เหลือน้อยที่สุดและกำจัดแหล่งที่มาของเกลือจาก สภาพแวดล้อม รวมไปถึงการพยายามไม่ให้น้ำหรือความชื้นเข้าสู่องค์พระและฐานชุกชี และจัดการ สภาพแวดล้อมภายในพระอุโบสถไม่ให้เอื้อต่อการตกผลึกของเกลือได้อีกเสียก่อน จึงสามารถ ดำเนินการบูรณะพระพุทธรูปองค์นี้ตามหลักการและขั้นตอนอื่นๆ ในการอนุรักษ์พระพุทธรูปต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าการศึกษานี้จะสำเร็จผลได้ด้วยดีและได้ข้อสรุปซึ่งตอบปัญหานานาวิสัย ได้ครบถ้วนก็ตาม แต่หากมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ระดับน้ำใต้ดิน ฯลฯ ซึ่งมีผลต่อรูปแบบและอัตราการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปเพราะเกลือ รวมทั้งถ้าสามารถตรวจสอบวัสดุขององค์พระพุทธรูปทั้งองค์ โครงสร้างของฐานชุกชี รวมไปถึง ฐานรากของพระอุโบสถได้อย่างละเอียดกว่านี้ ก็จะทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของเกลือและสาเหตุ ของการเสื่อมสภาพของพระพุทธรูปองค์นี้ได้มากขึ้น และจะส่งผลให้การวางแผนการอนุรักษ์ พระพุทธรูปองค์นี้เป็นไปได้อย่างเหมาะสมและสัมฤทธิ์ผลมากยิ่งขึ้นด้วย

กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาศิลปสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรที่ได้อุดหนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณท่านพระครูสุวิมลธรรมโสภิต รักษาการเจ้าอาวาสวัดอินทารามวรวิหาร ที่อนุญาตให้ทำการวิจัย และพระเล็ก (สิริบุญโญ) พระลูกวัด ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวก ขอขอบคุณสำนักโบราณคดี กรมศิลปากรที่เอื้อเพื่อ ข้อมูล และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์เสนอนิลเดช ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและความรู้เกี่ยวกับพระพุทธรูป และคุณจิราภรณ์ อรัณยธาดา ผู้ทรงคุณวุฒิ กรมศิลปากร ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาในเรื่องวิทยาศาสตร์การอนุรักษ์

แหล่งอ้างอิง

- คณะกรรมการโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. ๒๕๔๘. *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฉบับเสริมการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน.
- จิราภรณ์ อรัณยธาดา. ๒๕๒๖. “บทบาทของเกลือบนโบราณสถาน” ใน รายงานการประชุมทางวิชาการเรื่อง “การศึกษาวิจัยเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ครั้งที่ 2”, วันที่ 1-4 กรกฎาคม 2526 ณ หอวิชาฐานุสรณ์ กรุงเทพมหานคร.
- จิราภรณ์ อรัณยธาดา. ๒๕๒๙. “บทบาทของเกลือในการเสื่อมสภาพของโบราณสถาน”, ศิลปากร, 29(6): 33-45.
- จิราภรณ์ อรัณยธาดา. ๒๕๕๒. “การเสื่อมสภาพและแนวทางในการอนุรักษ์หิน” ใน เอกสารการสัมมนาความรู้ในการอนุรักษ์โบราณสถานประเภทหิน วันที่ 22 มิถุนายน 2552 ณ สำนักโบราณคดี กรมศิลปากร กรุงเทพฯ
- ต่อพงศ์ ยมมาศ. ๒๕๔๕ *วัสดุและการก่อสร้าง: อิฐและคอนกรีต*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลลักษณ์ วัสนันตชาติ. ๒๕๔๙. “เกลือในกำแพงอิฐ”, หน้าจั่ว, 22(2006-2007): 237-254.
- พັນชนะ บุญประดิษฐ์. ๒๕๕๒. “ปูนหลายชื่อ” เติลนิวิสออนไลน์ – องค์ความรู้ภาษาไทย วันอังคารที่ 23 มิถุนายน 2552, http://kaewpanya.rmutl.ac.th/2552/index.php?option=com_content&view=article&id=614:2009-08-24-04-19-46&catid=50:2009-08-24-03-03-28.
- สมชาติ จิงสิริอารักษ์. ๒๕๔๐. “การอนุรักษ์โครงสร้างและวัสดุของโบราณสถาน” เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 262-407 การอนุรักษ์อาคารทางประวัติศาสตร์และโบราณสถาน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- สุภัทรดิศ ดิศกุล, หม่อมเจ้า. ๒๕๕๐. *ศิลปะในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุรพล แสงศรีถ่อม. ไม่ทราบปี. วัดอินทารามวรวิหาร (บางยี่เรือ ธนบุรี). กรุงเทพฯ: บริษัทโกลบอลพรีนติ้งแอนด์เทรตติ้งจำกัด.
- สุรางค์ศรี พวงมะลิ. ไม่ทราบปี. “งานปูนปั้น” บทความวิชาการ สำนักวัฒนธรรมจังหวัดเพชรบุรี, <http://province.m-culture.go.th/petchaburi/claft2.htm>
- Amoroso, G C and Fassina, V. 1983. *Stone Decay and Conservation*. Amsterdam: Elsevier.
- Bell, F G. 1992. “The Durability of Some Sandstones Used in the United Kingdom as Building Stones, with a Note on Their Preservation”, in D J Rodrigues, F Henriques and F T Jeremias (eds) *7th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, p. 875-885.
- Borrelli, E. 1999. *ARC Laboratory Handbook: Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials*. Rome: ICCROM.
- Charola, A E. 2000. “Salt in the Deterioration of Porous Materials: An Overview”, *Journal of the American Institute for Conservation*, 39(3): 327-343.
- Clark, A N. 2003. *The Penguin Dictionary of Geography*. London: Penguin Books Ltd.
- Feilden, B M. 2003. *Conservation of Historic Buildings, 3rd Edition*. London: Architectural Press.
- Holdridge, D A. 1963. “The Composition of Some British Clays Used in the Fine Ceramic Industries” in *International Clay Conference, Vol.1*, p. 351-364. New York: Macmillan.
- Lewin, S Z and Charola, A E. 1979. “The Physical Chemistry of Deteriorated Brick and Its Impregnation Technique” in *Il Mattone Di Venezia, Stato Delle Conoscenze Tecnico-Scientifiche*, 22-23 October 1979, p. 189-203.
- Schaffer, R J. 2004. “The Weathering of Natural Building Stones”, *Building Research Special Report*, 18.
- Soanes, C and Stevenson, A. (eds.) 2004. *Concise Oxford English Dictionary*. Oxford: Oxford University Press.
- Teutonico, J M. 1988. *A Laboratory Manual for Architectural Conservators*. Rome: ICCROM.

- Torraca, G. 1988. *Porous Building Materials: Material Science for Architectural Conservation, 3rd Edition*. Rome: ICCROM.
- Winkler, E M. 1973. *Stone: Properties, Durability in Man's Environment*. New York: Springer-Verlag.
- Winkler, E M. 1994. *Stone in Architecture: Properties, Durability, 3rd Completely Revised and Extended Edition*. New York: Springer-Verlag.