การสัมมนาวิชาการ

บูรณาการของงานวิศวกรรมโยธาในการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ณ ห้องสัมมนา อาคาร EN6
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วันที่ 17 กันยายน 2547

จัดโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ ๒๕๔๗

การสัมมนาเรื่อง

"บูรณาการของงานวิศวกรรมโยธาในการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ"

วันศุกร์ที่ ๑๗ กันยายน ๒๕๔๗

เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๖.๓๐ น

ณ ห้องสัมมนา ๖๖๐๕ อาคาร EN 6 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

จัดโดย

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

คำนำ

โครงการนี้รวบรวมความรู้พื้นฐานเกี่ยวแก่วิธี เทคนิค คำแนะนำ การประยุกต์ความรู้วิศวกรรมโยธาแขนงต่าง ๆ อย่างเป็นสหวิทยาการ เพื่อบูรณาการงานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานอาทิเช่น คำนึงถึงสภาพภูมิสถาปัตยกรรม งานสำรวจภูมิประเทศ เทคนิคธรณี ธรณีวิทยา วิศวกรรมฐานราก วัสดุวิศวกรรม วิศวกรรมโครงสร้าง ชลศาสตร์ อุทกวิทยา และการบริหารจัดการเชิงวิศวกรรม เป็นที่ประจักษ์ว่า แม้ในห้วงเวลาที่เกิดวิกฤติเศรษฐกิจ งานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในประเทศไทยก็ยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและมีระบบ ทั้งนี้เพราะเป็นบริบทหนึ่งของงานทำนุบำรุง ศิลปวัฒนธรรมของชาติ ในขณะที่อุตสาหกรรมท่องเที่ยวของประเทศ ถูกหยิบยกเป็นกลยุทธ์ ในแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ แนวความคิดที่จะพัฒนาและขยายศักยภาพของการท่องเที่ยวในเชิงอนุรักษ์ ศิลปวัฒนธรรม ก็เป็นทางเลือกหนึ่ง เพราะประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีประวัติศาสตร์ความเป็นมายาวนาน มั่งคั่งด้วยศิลปวัฒนธรรม โบราณสถาน แหล่งโบราณคดี ที่ยังคงสภาพให้เห็นเค้าความเจริญรุ่งเรืองในอดีตเป็นจำนวนมาก การพัฒนาประเทศที่มุ่งที่จะเสริมสร้าง ศักยภาพและความแข็งแกร่งของเศรษฐกิจ สังคม การเมือง การปกครอง โดยเฉพาะชุมชนระดับท้องถิ่น ก็ไม่ควรละเลยการอนุรักษ์ฟื้นฟูมรดกอันทรงคุณค่าทางประวัติศาสตร์ ศิลป และวัฒนธรรม แม้โบราณสถานเป็นสมบัติของชาติ แต่ผู้ที่จะได้ประโยชน์มากที่สุดจึงอาจได้แก่ ชุมชนและสมาชิกของชุมชนใน ฐานะเจ้าของสถานที่ ควรปลูกจิตสำนึกหวงแหน มีส่วนร่วมรับผิดชอบ ทำนุบำรุงรักษา ด้วยความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานที่มีเป็นจำนวนมากในประเทศไทย ซึ่งปกติเป็นอำนาจหน้าที่ของหน่วยงานรัฐ คือกรมศิลปากร ย่อมมีปัญหาและอุปสรรคไม่น้อย โดยเฉพาะงบประมาณ บุคลากร ผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น สถาบันศึกษาซึ่งเป็นศูนย์รวมของนักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญ องค์ความรู้ วิทยาการแขนงต่าง ๆ และเทคโนโลยีอันทันสมัย โดยเฉพาะในเชิงวิศวกรรมโยธาจึงกำหนดบทบาทที่จะช่วยส่งเสริมหรือสนับสนุนงานดังกล่าวให้เกิดความเข้าใจถึงแก่นแท้ สามารถปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิผล ประสิทธิภาพ ในเชิงกว้าง และยั่งยืน

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เข้าอบรม มีทัศนคติอันดี และเข้าใจพื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวแก่บูรณาการวิศวกรรมโยธาแขนงต่าง ๆ เพื่อบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

๑. ศึกษาคุณลักษณะของโบราณสถานที่อยู่ในข่ายจะบูรณะฟื้นฟู

๒. ทบทวนวิธี เทคนิค และองค์ประกอบของการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในประเทศไทย

๓. เสนอบทบาทการประยุกต์ใช้สหวิทยาการแขนงต่าง ๆ ของวิศวกรรมโยธา (ภูมิสถาปัตยกรรม งานสำรวจภูมิประเทศ งานเทคนิคธรณี และธรณีวิทยา วิศวกรรมฐานราก วัสดุวิศวกรรม วิศวกรรมโครงสร้าง ชลศาสตร์ อุทกวิทยา การบริหารและจัดการ) ในการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างเป็นบูรณาการ

๔. เสนอแนวทางบูรณะฟื้นฟูโบราณแต่ละแห่งอย่างมีเอกภาพ และแนวทางจัดทำคู่มืออย่างง่าย กรณีศึกษา และเพื่อให้ผู้เข้าร่วมโครงการสามารถนำเอาความรู้ไปใช้ปฏิบัติได้อย่างเป็นประสิทธิผล และประสิทธิภาพในระยะยาว

การก่อสร้างสมัยทวาราวดี
กรณีศึกษา การก่อสร้างเมืองหริภุญไชยและเมืองบริวาร

CITY CONSTRUCTION DURING TAVARAWATI PERIOD
CASE STUDY OF HARIPUNCHAI AND HER VASSAL CITIES

ธำรง เปรมปรีดิ์
ศาสตราจารย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพมหานคร

THAMRONG PREMPRIDI
Professor
Mahanakorn University of Technology, Bangkok

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึง การก่อสร้างในสมัยทวาราวดี (ประมาณพุทธศตวรรษที่ 12-18) ซึ่งเป็นสมัยที่คนในสุวรรณภูมิ ได้ตั้งถิ่นฐานมั่นคงและเป็นสังคมเกษตรกรรมแล้ว รู้จักใช้เทคโนโลยีสำรวจ และ การก่อสร้าง คันดิน คูน้ำ และสิ่งปลูกสร้างที่ใช้อิฐและศิลาแลง ดังตัวอย่างเห็นได้จากกรณีก่อสร้างเมืองหริภุญไชยและเมืองบริวารได้แก่ เวียงกุมกาม เวียงมโน และเวียงท่ากานต์ในต้นพุทธศตวรรษที่ 14 จึงสรุปได้ว่าเป็นแบบอย่างและรากฐานของวิศวกรรมที่แสดงให้เห็นถึง ระเบียบแบบแผนของการก่อสร้าง การวางแผนก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุที่คงทนแข็งแรง รูปแบบงานสถาปัตยกรรม และวิศวกรรมที่ชัดเจนและเป็นเอกลักษณ์

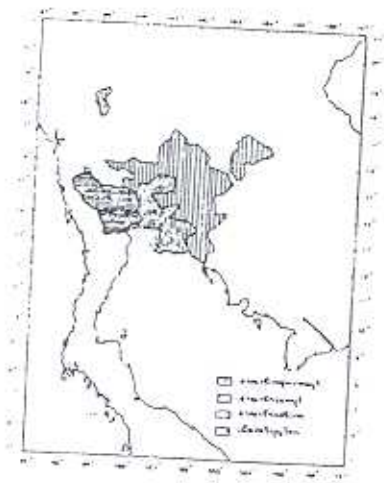
ABSTRACT

This paper presents construction during Tawarawati Period (Buddhist century 12-18). People of Suwanaphumi during that period had established firmly communities and cities and they developed into an agrarian society already. Construction technology e.g Surveying, construction of city moats and wall, brick or lateritic stone building were employed. Case study cited for this study, the city planing of Haripunchai and her vassal cites, Wieng KumKam, Wieng Ta Kan and Wieng Mano were constructed during 14th Buddhist century. Other building structures are built as late as in

the 18th Century. From the study, it can be observed that Haripunchai was built with clear objectives and well planned Building structures were built with good quality materials resulting in lasting structure with distinct style of their own. These can be termed good engineering.

บทนำ

ดินแดนที่เรียกว่า สุวรรณภูมิมีคนอยู่อาศัยหลายพันปีมาแล้ว "เอกสารอ้างอิง [1]" มีความเจริญรุ่งเรืองหลายด้าน และพัฒนาต่อเนื่องกันมาจนถึงปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จาก เมืองหริภุญไชยและเมืองบริวารที่สร้างในสมัยทวาราวดี ประมาณช่วงพุทธศตวรรษที่ 12-18 ซึ่งมีที่ตั้ง ดังแสดงใน (รูป ที่ 1 และ รูปที่ 2) มีการวางผังเมืองอย่างเป็นระเบียบแบบแผนเพื่อสิ่งปลูกสร้างที่ ปรากฏจนถึงปัจจุบัน มีสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมที่ชัดเจน ใช้วัสดุและเทคนิคก่อสร้างที่ทำให้สิ่งปลูกสร้างแข็งแรง และคงรูปปรากฏจนถึงปัจจุบัน



รูปที่ 1 แสดงแผนที่ของเมืองทวารวดีและเมืองหริภุญไชย พ.ศ. 1200-1800
(ที่มา: เอกสารอ้างอิง [6])

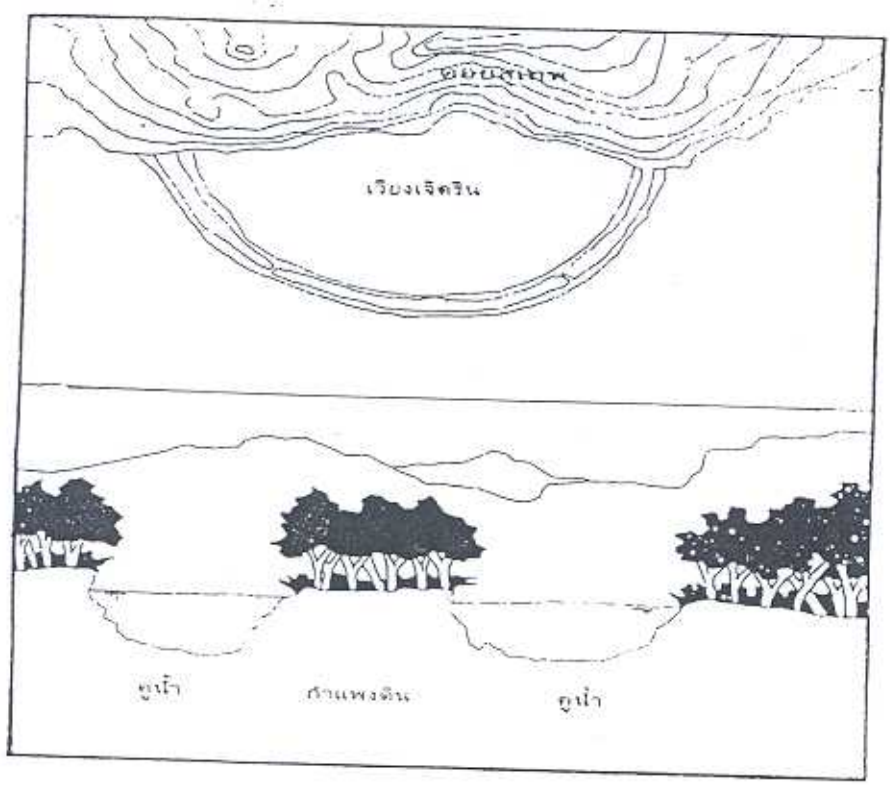
รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งที่ตั้งเมืองหริภุญไชย และเมืองบริวาร พ.ศ. 1800
(ที่มา: เอกสารอ้างอิง [6])

การพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างของไทย

เทคโนโลยี คือ การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการคือ ความรู้ทางด้านคุรุภัณฑ์ (Hardware) เป็นความรู้ความสามารถที่จะสร้างสรรค์เครื่องมือ และเครื่องจักรกล เพื่อนำมาใช้ทดแทนแรงงาน ความรู้ทางด้านวิธีการ (Software) เป็นความรู้ความสามารถที่จะใช้เครื่องมือ และ เครื่องจักรกลที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ และรวดเร็ว ความรู้ทางด้านการจัดการ (Organization หรือ Managementware) ทำให้สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและ ความรู้ทางด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อปรับขีดความสามารถของผู้ใช้เทคโนโลยี (Peopleware or Humanware) เพื่อให้คนส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีได้

สำหรับความรู้ด้าน วิธีการ ก็มีพิธีกรรมทางศาสนาที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมของตน เช่น คนที่ปลูกข้าวและกินข้าว จะมีพิธีขอสมาลาโทษก่อนเกี่ยวข้าว ทำบุญนำข้าวขึ้นยุ้งและ ตักบาตรเทโวด้วยข้าวสาร เป็นต้น

ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 12-18 เป็นช่วงที่พัฒนาการทางเทคโนโลยีเกิดขึ้นในสุวรรณภูมิ เช่น เทคโนโลยีสำรวจโดยการนับก้าว ซึ่งใช้ในการสร้างเมืองที่มีคูคันดินล้อมรอบเมืองเป็นรูปวงกลม เช่น เวียงเจ็ดริน รูปที่ 3 "เอกสารอ้างอิง [6]" โดยตั้งเสาหลักเมืองขึ้นแล้วให้คนเดินทางออกไปทิศต่างๆ กัน พร้อมนับก้าวตามจำนวนที่ต้องการและจะปักเสาไว้เป็นที่สังเกต หลังจากนั้นขุดดินตามแนวเสาจะได้เมืองเป็นรูปวงกลมโดย เปิดคันดินไว้สี่ทิศ ก็จะได้ "ปากประตูหลวง" ใช้เป็นทางเข้าออกเมือง ถนนหลักของเมืองจะอยู่ในแนวเหนือใต้ และตะวันออกตะวันตก บ้านพักอาศัยหันด้านหน้าออกสร้างแนวทางทิศเหนือวัสดุก่อสร้างที่หาได้ง่าย ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้ที่ตัดเป็นท่อน และแบ่งขนาดด้วยเครื่องมือเหล็ก ถ้าเป็นศาสนสถาน ซึ่งเน้นการทำพิธีกรรมในตอนเช้าจะหันประตูไปทางทิศตะวันออกเพื่อรับแสงอาทิตย์ยามเช้าช่วยเพิ่มแสงสว่าง นอกจากนี้ยังมีการนำเทคโนโลยีการก่อสร้างจากอินเดียเข้ามาทำให้เกิดการก่อสร้างด้วยอิฐ หินทราย หินแลง และพัฒนาปูนก่อ หรือปูนปั้นเพื่อเชื่อมประสานอิฐ และหิน หรือปูนฉาบ เพื่อปิดรอยต่อของอิฐและหินกันน้ำเข้าไปทำลายปูนกับอิฐ เป็นต้น



รูปที่ 3 แสดงคันเวียงเจ็ดรินและกำแพงเวียงรูปครึ่งวงกลม (ที่มา : " เอกสารอ้างอิง [6]")

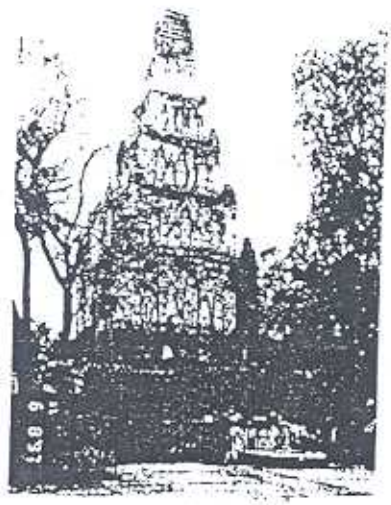
ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 12-18 ซึ่งเรียกว่ายุคทวาราวดีนั้น จะมีนครรัฐหลักอยู่ 4 นคร ซึ่งได้รับเทคโนโลยีจากอินเดียได้แก่ นครรัฐ หรืออาณาจักรสุพรรณบุรี ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา มีทางเข้าจากมหาสมุทรอินเดียข้ามแหลมทองที่ชุมพรแล้วเข้ามาทางเพชรบุรี ราชบุรี หรือนครปฐม ขึ้นเหนือไปที่ชัยนาท และเมืองกาญจน์ อาณาจักรลพบุรี ตั้งอยู่ทางด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา เข้ามาจากเขมรผ่านทางปราจีนบุรี ได้แก่ อาณาจักรศรีเทพ ตั้งอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก เข้ามาทางเขมรทางถนนสายหลักพระนคร-พิมาย ส่วนอาณาจักรที่ 4 เป็นอาณาจักรที่ชาวอินเดียได้เข้ามายึดตั้งเป็นอาณาจักรขอม มีศูนย์บัญชาการอยู่ที่พระนคร(นครธม) เป็นแหล่งรวบรวมและถ่ายทอดเทคโนโลยีอินเดียสู่อาณาจักรต่างๆ ในสุวรรณภูมิส่วน ในเขตภาคเหนือลุ่มแม่น้ำปิง-กวง ชาวละว้าสร้างเมืองเวียงบุรี (เจ็ดริน) เวียงสวนดอก และเวียงนพบุรี เป็นชุมชนหลักอยู่เชิงดอยสุเทพ พัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ขึ้นใช้เอง ดังนั้นการพัฒนาทางด้าน ครุภัณฑ์ วิธีการ และการจัดการ จะช้ากว่าชุมชนในอาณาจักรต่างๆ ที่อยู่ทางใต้ลงมา เช่น ศรีเทพ ลพบุรี และสุพรรณบุรี ซึ่งรับเทคโนโลยีมาจากอินเดียที่พัฒนามาก่อน เมื่อมีเรือถ่อซึ่งใช้ติดต่อค้าขายระหว่างชาวลพบุรีกับชาวละว้าจึงทำให้มีผู้คนจากลพบุรีจำนวนมากขึ้นไปตั้งถิ่นฐาน เพื่อค้าขายกับชาวละว้าในลุ่มน้ำกวง ทางตะวันออกเฉียงใต้ของชุมชนชาวละว้า โดยมีแม่น้ำปิงเป็นแนวเขตธรรมชาติ ในต้นพุทธศตวรรษที่ 14 มีบัณฑิตชาวลพบุรีไปตั้งอาศรมสอนพุทธศาสนา ชาวละว้าเรียกฤาษีวาสุเทพ และเรียกดอยที่ตั้งอาศรมว่าดอยสุเทพ ท่านผู้นี้ได้วางผังเมืองหริภุญไชยให้เป็นรูปรียาวตามแม่น้ำกวง กว้าง 450 เมตร ยาว 825 เมตร ได้เชิญสุกกทันตฤาษีจากลัวประ หรือลพบุรีมาสำรวจวางผังเมือง และเชิญช่างต่างๆ มาช่วยกันสร้างเมืองหริภุญไชย มีกำแพงเป็นหินแลง และมีคูน้ำอยู่รอบนอกกำแพง และอาคารในเมืองขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 1310 ในพิธีตั้งตระกูลผู้ครองนครใหม่ ได้มีการเชิญพระนางจามเทวี ภริยาเจ้าเมืองรามปุระของอาณาจักรลพบุรีขึ้นเป็น "เก้าเมือง" หรือต้นตระกูล (ต้องเป็นหญิง) พระนางจามเทวีมีโอรสแฝด คือ เจ้ามหันตยศ ต่อมาครองเมืองหริภุญไชย (ลำพูน) และเมืองบริวาร ตัวเมืองหริภุญไชยมีผังเป็นรูปรียาวไปตามลำน้ำกวง ส่วน เจ้าอนันตยศ ครองเมืองเขลางนคร (ลำปาง)

การสร้างเมืองบริวารอื่นๆ

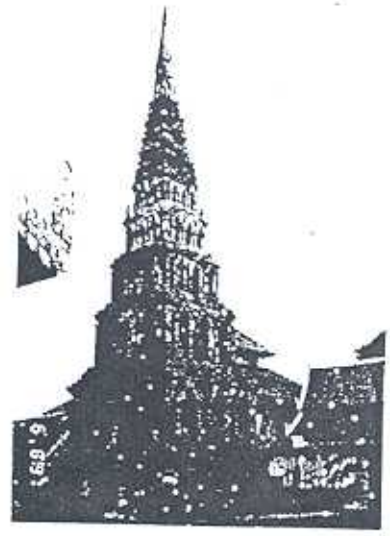
เมื่อผู้คนจากลพบุรีตั้งถิ่นฐานถาวรในเขตลุ่มน้ำปิง–กวง กระทบกระทั่งกับคนชาวละว้าที่ตั้งถิ่นฐานอยู่ก่อนแล้ว และเมื่อทำสงครามกัน ชาวลพบุรีหริภุญไชยซึ่งมีเทคโนโลยีที่เหนือกว่าก็เอาชนะได้ เป็นเหตุให้ชาวละว้าบางส่วนต้องหลบหนีเข้าป่าไปตั้งเมืองลี้ และบางส่วนไปตั้งเมืองอมก๋อย (อมกลอย) ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของหริภุญไชย ชาวหริภุญไชยได้ยึดเมืองกุมกาม เวียงเก่าของชาวละว้าซึ่งตั้งอยู่ทางเหนือของหริภุญไชยเป็นเมืองบริวาร โดยอาศัยลำน้ำปิงเป็นแนวป้องกันด้านตะวันตก ลำน้ำกวงเป็นแนวป้องกันทางด้านตะวันออกและหนองหอย ซึ่งเป็นหนองน้ำใหญ่เป็นเครื่องกีดขวางการบุกโจมตีจากทางเหนือ สร้างเวียงมโนขึ้นทางด้านตะวันตกของหริภุญไชย และสร้างเวียงท่ากาน (ท่ากานต์) ขึ้นทางตะวันตกเฉียงใต้เพื่อใช้เป็นเมืองหน้าด่าน และเป็นท่าเรือขนส่งสินค้าติดต่อกับลพบุรี โดยอาศัยแนวลำน้ำปิงเป็นแนวป้องกันทั้งสองเมือง

เวียงกุมกาม เป็นเวียงเดิมของชาวละว้าไม่ปรากฏรูปทรงเดิม เพราะพ่อขุนเม็งรายมหาราชได้บูรณะ และสร้างใหม่ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 19 ปัจจุบันจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางไปตามยาวของลำน้ำปิง มีวัดกานโถมเป็นศูนย์ของเมือง เวียงท่ากานต์ ตั้งอยู่บนเนินดิน พื้นที่รอบๆ เป็นที่ลุ่ม อยู่ห่างจากลำน้ำปิงประมาณ 3 กิโลเมตร ลำน้ำแม่ขานไหลผ่านด้านทิศตะวันออกประมาณ 2 กิโลเมตร มีลำเหมืองที่ขุดขึ้นเพื่อดึงน้ำจากลำน้ำแม่ขานเข้ามายังคูเมืองด้านทิศใต้ และทิศตะวันออก ตัวเมืองมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาวประมาณ 700 เมตร กว้างประมาณ 500 เมตร มีการสร้างกำแพงเมือง เป็นกำแพงดิน 2 ชั้นมีคูเมืองอยู่กลาง เวียงมโน ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของหริภุญไชย เข้าใจว่าจะเป็นเขตอรัญญิก ไม่มีรายละเอียดของตัวเมืองมากนัก

สุวรรณจังโกฏเจดีย์หรือเจดีย์กู่กุด (รูปที่ 4) ที่ยังคงรูปจนถึงปัจจุบันและเป็นพุทธศาสนสถานสำคัญของหริภุญไชย อยู่ในวัดจามเทวี เป็นเจดีย์สี่เหลี่ยมรูปทรงปิรามิดชะลูด ฐานกว้างประมาณ 15 เมตร ข้างบนมีชั้นซ้อน 5 ชั้น ประดิษฐานพระพุทธรูปยืนในซุ้มจรนำ ด้านละ 3 องค์ ชั้นละ 12 องค์ รวม 5 ชั้น มี 60 องค์ สุวรรณเจดีย์ (รูปที่ 5) อยู่ในวัดพระธาตุหริภุญไชยรูปทรงปิรามิดสี่เหลี่ยมชะลูด มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ยาวประมาณด้านละ 10 เมตร ชั้นซ้อนมี 5 ชั้น และมีพระพุทธรูปยืนด้านละ 3 องค์ เช่นเดียวกับเจดีย์กู่กุด ทั้งองค์เจดีย์ถ่อสร้างด้วยอิฐ เจดีย์กู่คำ (เจดีย์สี่เหลี่ยม) สร้างด้วยอิฐฉาบปูนเลียนแบบ เจดีย์ สุวรรณจังโกฏ วัดจามเทวี พ.ศ. 1831 โดยพ่อขุนเม็งรายมหาราชโปรดให้สร้างขึ้นไว้ในเวียงกุมกาม ในพุทธศตวรรษที่ 19 และได้รับการปฏิสังขรณ์ในปี พ.ศ. 1449 โดยได้รับอิทธิพลจากศิลปะพม่า สูง 44 เมตรฐานกว้างด้านละ 16.5 เมตร แต่เดิมมีพระพุทธรูปยืน 60 องค์ แต่ผู้บูรณะชั้นหลังได้เพิ่มอีก 4 องค์ เป็น 64 องค์ เจดีย์กู่คำ เจดีย์ฐานแปดเหลี่ยมกู่พระคงเวียงท่ากาน "เอกสารอ้างอิง [4]" ตั้งอยู่ในวัดท่ากาน มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 11.50 เมตร สูง 12 เมตร ก่อด้วยอิฐแดงกับปูน วิหารเก่าเวียงท่ากาน กว้าง 15 เมตร ยาว 30 เมตร ฐานก่อด้วยอิฐ สูงประมาณ 1.7 เมตรก่ออิฐหนาประมาณ 80 เซนติเมตร พื้นวิหารปูด้วยแผ่นหินทรายรูปหกเหลี่ยมสีเทา ขนาดประมาณ 50 x 86 ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4 สุวรรณจังโกฏเจดีย์ (เจดีย์กู่กุด)
ฐานสี่เหลี่ยมวัดจามเทวี
(ที่มา: "รายการอ้างอิง [6]")



รูปที่ 5 พระสุวรรณเจดีย์ วัดพระธาตุหริภุญไชย
(ที่มา: "รายการอ้างอิง [6]")

วัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้างที่ใช้ในสมัยหริภุญไชยตอนต้นจะเป็นหินแลง ใช้ก่อสร้างกำแพงเมือง และสุวรรณเจดีย์จังโกฏ ขนาด 24 x 34 x 14 เซนติเมตร มีปูนก่อประสาน กำแพงเมืองไม่ปรากฏปูนฉาบ แต่ที่สุวรรณเจดีย์ มีร่องรอยฉาบ เหลืออยู่บ้าง ในสมัยปลายหริภุญไชย และต้นล้านนา นิยมใช้อิฐเผา โดยนำดินเหนียวมาปนกับทรายและแกลบแล้วเผา ส่วนที่เป็นแกลบจะไหม้และกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาจากก้อนอิฐ ทำให้ก้อนอิฐมีโพรง น้ำหนักเบาและดูดซับน้ำได้ดี ขนาด 16.5 x 30 x 5 เซนติเมตร โดยประมาณ ใช้เตาเผามีผนังล้อมรอบทั้งสี่ด้าน โดยใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 600 °C ทำให้อิฐแกร่ง มีความคงทนถาวร มีอายุอยู่ได้กว่า 700 ปี จวบจนถึงปัจจุบัน

งานปูนปั้นมีระบุไว้ในตำนานทางเหนือเรียกว่า "สะดาย" หรือ "สได" "เอกสารอ้างอิง [1]" ได้จากการนำเปลือกหอยเผาไฟนำมาร่อนแล้วหมักกับน้ำ เมื่อผสมทรายละเอียดโขลกให้เข้ากันแล้วเติมกาวจากหนังสัตว์ช่วยเชื่อมประสาน ในระยะที่ปูนขาวยังไม่ก่อตัวเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต กาวจะช่วยยึดทรายกับปูนไว้ด้วยกัน แต่เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนขาวก้เทรายแล้วจะได้วุ้นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ซึ่งเมื่อแห้งจะแข็งตัวยึดอิฐไว้ด้วยกันรับแรงแทนกาวที่เสื่อมสภาพได้ ใช้มากในการก่อสร้างเจดีย์ ฐาน และผนังอาคาร

งานไม้ใช้เป็นโครงหลังคา อาจเนื่องมาจากน้ำหนักเบาสามารถยกขึ้นติดตั้งได้สะดวก เดิมใช้ขวานผ่าไม้ออกเป็นขนาดต่างๆ แล้วสกัดแต่งให้เรียบด้วยสิ่ว

มีหลักฐานการใช้หินเพื่อก่อสร้างในหริภุญไชยน้อยมาก อาจเนื่องมาจากแหล่งหินอยู่ห่างไกล เช่น ที่ดอยขุนตาล ห่างจากเมืองไปทางทิศตะวันออกประมาณ 6 กิโลเมตร ต้องขนลากมาด้วยล้อเกวียนเทียมสัตว์ แล้วข้ามลำน้ำแม่กวง ซึ่งขนส่งไม่สะดวก อาจพบมีใช้บ้าง เช่น หินทราย (รูปแบบทรงหกเหลี่ยม) ใช้ปูพื้นวิหาร หรือพื้นถนน

โลหะที่ใช้พบว่ามีทั้งเหล็ก เช่น ตะปูยึดไม้ แกนเหล็กรูปต่างๆ ใช้ยึดส่วนที่เป็นอิฐก่อ หรือปูนปั้น นอกจากนั้นยังพบหลักฐานการใช้ แผ่นทองที่ใช้หุ้มส่วนยอดเจดีย์ และโลหะผสมเช่น แผ่นสำริดใช้หุ้มเสาฉัตร

ความมั่นคงของโครงสร้าง

ตัวอย่างความมั่นคงของโครงสร้างสุวรรณเจดีย์ในเขตวัดพระธาตุหริภุญไชยซึ่งยกเป็นกรณีศึกษา ประมาณว่าเจดีย์มีปริมาตร 177 ลูกบาศก์เมตร และน้ำหนักรวมประมาณ 360 ตัน (3,600 กิโลนิวตัน) พบว่าฐานรากจะต้องรับน้ำหนักหรือเกิดแรงแบกทานเฉลี่ย ประมาณ 100 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร จากการเจาะสำรวจชั้นดินด้วยสว่านเจาะดิน (Hand auger) และศึกษาคุณสมบัติดินในห้องปฏิบัติการ พบว่าดินในเมืองลำพูน (หริภุญไชย) เป็นดินร่วนปนดินเหนียวเล็กน้อยจะเป็นดินที่มีค่า California Bearing Ratio (CBR) ประมาณ 8 British Standard Institution ให้ค่าแรงแบกทาน (Bearing Capacity)ของดินที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ประมาณ 100 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งใกล้ค่าแรงแบกทานที่เกิดขึ้น ความแข็งแรงดังกล่าวยังไม่รวมผลเนื่องจากแรงลม ซึ่งพบว่าตามสถิติในรอบ 100 ปี จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลำพูน อาจมีความเร็วลมถึง 32 เมตรต่อวินาที หรือทำให้เกิดแรงดันลมได้ถึง 10 กิโลนิวตันต่อ ตารางเมตร

สรุป

สรุปได้ว่า เมืองหริภุญไชยและเมืองบริวารในสมัยทวาราวดี เกิดเนื่องจากการขยายตัวติดต่อค้าขายของผู้คนในอาณาจักรลพบุรี กับชาวละว้า ในลุ่มน้ำปิง-กวง ที่อยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย เมืองหริภุญไชยสร้างขึ้นในต้นพุทธศตวรรษที่ 14 เจริญรุ่งเรืองมาจนถึงประมาณพุทธศตวรรษที่ 19 ก่อนถูกยึดครองแล้วเปลี่ยนมาเป็นส่วนหนึ่งของล้านนาไทยในปัจจุบัน สิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นในสมัยหริภุญไชยก่อสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยในขณะนั้น มีทั้งส่วนที่พัฒนาขึ้นเอง

และบางส่วนที่รับการถ่ายทอดมาจากอินเดีย อาทิเช่นรูปแบบสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะตามความเชื่อทางพุทธศาสนา ที่มีอายุยืนยาว มาปรากฏให้เห็นในปัจจุบัน ได้แก่ พระเจดีย์ทรงปิรามิดคัดยอดชะลูดมีเสถียรภาพ สร้างจากหินแลง หรืออิฐเผา โดยใช้ปูนก่อเป็นตัวประสาน และใช้ปูนฉาบฉาบปิดผิวกันน้ำเข้าไปทำลายองค์เจดีย์ เมืองบริวารของหริภุญไชย สร้างขึ้นเพื่อป้องกันการบุกรุกของชาวลัวะ มีการวางผังเมืองเป็นอย่างดี ใช้ลักษณะภูมิประเทศมาเสริมความสามารถในการป้องกันเมือง เช่น กำแพงเมือง คันดิน และคูเมือง ถือเป็นรากฐานของงานวิศวกรรมที่สืบเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

1. สันติ เล็กสุขุม "ศิลปะเมืองเหนือ :หริภุญไชย-ล้านนา"ด่านสุทธาการพิมพ์,
2. กรมศิลปากร "แหล่งโบราณคดีบ้านวังไฮ ลำพูน" พิมพ์ที่ หจก. ป.สัมพันธ์พาณิชย์ พ.ศ. 2532 กรุงเทพ ISBN 974-417-020-4
3. กรมศิลปากร "แหล่งโบราณคดีประเทศไทย เล่ม 6 (ภาคเหนือ)" พิมพ์ที่ หจก. ไอเดียสแควร์ พ.ศ. 2534 กรุงเทพฯ ISBN 974-417-199-5
4. กรมศิลปากร "เวียงท่ากาน เล่ม 1" สำนักพิมพ์สมาพันธ์ กรุงเทพ 2534
5. กรมศิลปากร "เวียงกุมกาม" สำนักพิมพ์สมาพันธ์ กรุงเทพ 2534
6. ธรรมชาติ สมนึก, กำจร แก้ววรรณา, ประสบสุข ศรีเมธารักษ์, วรวิทย์ ตันติพงศ์พิรเดช, "การก่อสร้างสมัยทวาราวดี : กรณีศึกษาการก่อสร้างเมืองหริภุญไชยและเมืองบริวาร" ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพ, พ.ศ. 2541

บทที่ 2

โบราณสถานในประเทศไทย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.1 ทั่วไป

บทนี้กล่าวถึงโบราณสถานในประเทศไทย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย ยุคความเป็นมา ตำแหน่งที่ตั้ง ศิลปวัฒนธรรม หรืออารยธรรมที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบ และพัฒนาการของโบราณสถาน ในประเทศไทย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รูปแบบของโบราณสถาน โบราณสถานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสถานที่ตั้ง สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้โบราณสถานเสื่อมสภาพ เสียเสถียรภาพ หรือวิบัติ

2.2 ความเดิม

ยุคหรือประวัติศาสตร์ ของโบราณคดี ในประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาจแบ่งได้เป็น 2 – 3 ยุคใหญ่ ๆ คือยุคก่อนประวัติศาสตร์ และยุคประวัติศาสตร์ ยุคประวัติศาสตร์ มีหลักฐานการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ในประเทศไทย ราว 3,000 – 4,000 ปี ก่อนพุทธกาล ดังตัวอย่างหลักฐานที่ปรากฏจากแหล่งโบราณคดีบ้านเชียง มนุษย์ยุคนั้นรู้จักการประดิษฐ์เครื่องมือ เครื่องใช้จากธรรมชาติ เช่น ขวานหิน รู้จักการทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผา และการทำลายเขียนสี การพิมพ์ภาพบนภาชนะ หรือบนแผ่นหินดังตัวอย่างปรากฏที่แหล่งประวัติศาสตร์ภูพระบาท ผาแต้ม เป็นต้น นอกจากนั้นยังรู้จักการประดิษฐ์เครื่องประดับ จากหินและแร่ เช่น สร้อย ลูกปัด ต่อมามีหลักฐานว่ามนุษย์รู้จักการถลุงโลหะ ซึ่งก็ได้แก่สัมฤทธิ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ทดแทนวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ขวาน มีด จนกระทั่งพัฒนาเป็นเครื่องใช้อื่น ๆ เช่น ภาชนะ เครื่องประดับ

จากหลักฐานหลาย ๆ ด้าน เช่น ภาพเขียนสี และสิ่งที่พบในหลุมหรือแหล่งขุดค้น สันนิษฐานว่า มนุษย์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ ที่ตั้งถิ่นฐานในประเทศไทย ได้มีพัฒนาการจากสังคมมนุษย์ล่า สู่สังคมเกษตรกรรมคือ รู้จักการเพาะปลูกพืช เลี้ยงปศุสัตว์ และทำการประมง หลักฐานทางประวัติศาสตร์ดังกล่าว ลบล้างความเชื่อเดิมที่ว่ามนุษย์หรือบรรพชนในดินแดนประเทศไทย อพยพลงมาจากตอนบนคือในประเทศจีน

ในยุคประวัติศาสตร์ พบว่ามีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ และชุมชน กระจัดกระจายอย่างกว้างขวาง ทั้งที่ราบภาคกลาง แอ่งที่ราบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้แก่ แอ่งสกลนคร และ แอ่งโคราช ในภาคเหนือ ตะวันออก ตะวันตก และดินแดนในภาคใต้ เชื่อกันว่า ยุคทวารวดี เป็นชุมชนในช่วงแรกเริ่มของยุคประวัติศาสตร์ นอกจากจะมีหลักฐานการตั้งถิ่นฐานหรือชุมชน แล้วยังขุดค้นพบหลักฐานอื่นๆซึ่งแสดงถึง ความเจริญก้าวหน้าของการดำรงชีพ การเป็นสังคมเกษตรกรรมทั้งนี้เนื่องจากขุดพบหลักฐานสินค้า หรือสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งมีต้นกำเนิดจากอารยธรรม ในต่างประเทศ อาทิเช่น ตะเกียงโรมัน รูปหล่อโลหะ เช่นสัมฤทธิ์หรือทองเหลือง เครื่องประดับ ภาชนะเครื่องเคลือบ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากขุดพบหลักฐานสินค้า หรือสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งมีต้นกำเนิดจากอารยธรรมในต่างประเทศ อาทิเช่น ตะเกียงโรมัน รูปหล่อโลหะ เช่นสัมฤทธิ์หรือทองเหลือง เครื่องประดับ ภาชนะเครื่องเคลือบ เป็นต้น

พิจารณาจากภูมิศาสตร์ ตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทยปัจจุบัน ย้อนกลับไปในอดีต เห็นได้ว่ามีอาณาเขตติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน มีแม่น้ำหลายสาย เป็นเส้นทางคมนาคมในประเทศ มีอาณาเขตติดต่อกับทะเล เป็นทางเชื่อมโยงการคมนาคมเพื่อติดต่อค้าขายหรือเจริญสัมพันธ์กับต่างประเทศ พร้อม ๆ กันนั้น ข้อได้เปรียบหรือ

ลักษณะเด่นดังกล่าวทำให้ดินแดนแห่งนี้กลายเป็นทางผ่าน (Path) หรือศูนย์รวมของอารยธรรม ภายหลังทำให้เกิดอาณาจักรต่าง ๆ ขึ้น ภายใต้อิทธิพลทางการปกครอง หรืออารยธรรมต่าง ๆ เช่น ขอม จีน อินเดีย จามปา ฟูนัน เจนละ เป็นต้น

ความแตกต่างเหล่านี้ ทำให้รากฐานความคิด และพัฒนาการ ทางประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม ศิลปวัฒนธรรม เริ่มแตกต่างกัน และมีเอกลักษณ์ที่เฉพาะตัวมากยิ่งขึ้น แม้บางยุคหรือบางแห่งจะแสดงให้เห็นว่า อารยธรรมเหล่านั้น ผสมผสานกันจนเป็นรูปลักษณ์เฉพาะ ตัวอย่างเช่น ศิลปะลพบุรี เป็นต้น

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี โดยเฉพาะในด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมมีเพิ่มมากขึ้น ชุมชนหรือการตั้งถิ่นฐานเริ่มมีรูปแบบ ปรากฏอาณาเขต เช่น คูเมือง หรือคันดิน ซึ่งเป็นเสมือนกำแพงเมือง มีสิ่งปลูกสร้าง ดังจะเห็นร่องรอยดังกล่าวจาก การสำรวจภาคพื้นดิน หรือภาพถ่ายทางอากาศ การก่อสร้างมีวิวัฒนาการทุกด้าน เช่น รู้จักใช้หลักคาราศาสตร์ หรืออุปกรณ์ช่วยอย่างง่าย ช่วยในการสำรวจ และวางผัง รู้จักใช้หิน และได้เป็นวัสดุก่อสร้าง รู้จักการปรับปรุงคุณภาพวัสดุก่อสร้าง เช่น ใช้อิฐเผาไฟ จวบจนกระทั่งรู้จักใช้โลหะเป็นอุปกรณ์เชื่อมยึดหรือประสานองค์อาคารเข้าด้วยกัน

มนุษย์ยังรู้จักงานวิศวกรรมฐานราก ดังจะเห็นได้จากร่องรอยฐานราก หรือกระบวนปรับปรุงดิน หรือฐานรากที่รองรับโบราณสถานต่าง ๆ รู้จักการระบายน้ำ และเทคโนโลยีการก่อสร้าง ทำให้ได้ระบบโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือมีความสูงเพิ่มขึ้น

นอกจากจะมีสิ่งปลูกสร้างเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ แล้ว ความเชื่อในเรื่องลัทธิ หรือศาสนาทำให้เกิดสิ่งปลูกสร้างที่เกี่ยวแก่ศาสนพิธี หรือการบูชาเทพเจ้า สิ่งศักดิ์สิทธิ์ เช่น ปราสาทขอม ตามความเชื่อหรือคติ ในศาสนาพราหมณ์ ฮินดู หรือลัทธิอื่น ๆ สถูป เจดีย์ ในพุทธศาสนสถาน เป็นต้น

2.3 ประวัติศาสตร์ ศิลปะ วัฒนธรรม และโบราณคดีในประเทศไทย

พัฒนาการทางประวัติศาสตร์ ศิลปะ วัฒนธรรม และโบราณคดี ในประเทศไทย ที่มีเอกลักษณ์ และปรากฏหลักฐาน อาจจำแนกได้ดังนี้

2.3.1 ยุคทวาราวดี

ยุคทวาราวดีจัดเป็นชุมชนในยุคแรก ๆ ของประวัติศาสตร์ ศิลปะ วัฒนธรรม และโบราณคดีในประเทศไทย ที่พอจะปรากฏหลักฐานสืบสานความเป็นมาได้ว่า น่าจะมีความเจริญรุ่งเรืองอยู่ในราวพุทธศตวรรษที่ 11 ถึง 16 ศิลป หรือโบราณวัตถุในยุคทวาราวดีส่วนมากเกี่ยวเนื่องกับพระพุทธศาสนา ได้จากการผสมผสานของศิลปวัฒนธรรมที่รับจากอินเดีย เข้ากับศิลปวัฒนธรรมดั้งเดิมในท้องถิ่น เมื่อกล่าวถึงศิลปะทวาราวดี มักจะหมายโดยนัยถึงลักษณะศิลปะทวราวดีในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นส่วนใหญ่ เพราะเชื่อกันว่าศิลปะทวาราวดีมีจุดเริ่ม ต้น ณ บริเวณแห่งนี้ แล้วเจริญแพร่หลายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ของดินแดนไทยหลายจังหวัด วัฒนธรรมสมัยทวาราวดีที่ปรากฏยังภูมิภาคต่าง ๆ แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

2.3.1.1 วัฒนธรรมทวาราวดีในภาคกลางได้แก่หลักฐานที่ปรากฏตามเมืองโบราณต่างๆ เช่น เมืองคูบัว จังหวัดราชบุรี เมืองดงละคร จังหวัดนครนายก เมืองซับจำปา นครโกษา จังหวัดลพบุรี เมืองพงตึก จังหวัดกาญจนบุรี เมืองกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เมืองศรีวัตละปุระ (ดงศรีมหาโพธิ) จังหวัดปราจีนบุรี ในจำนวนนี้สันนิษฐานว่า เมืองกำแพงแสน หรืออู่ทอง คงจะเป็นศูนย์กลางของเมืองทวราวดีในภาคกลาง ในขณะที่วัฒนธรรมทวราวดีในภาคกลาง แสดงศิลปะ หรือฝีมือช่างที่สูงกว่าแถบอื่น และมีความเจริญสูงสุดในช่วงศตวรรษที่ 11-12 ก่อนที่อิทธิพลขอมขอมจะแผ่เข้ามา

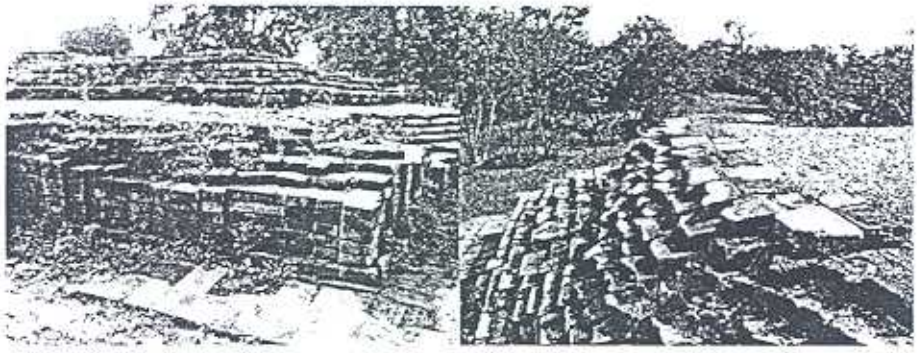
2.3.1.2 วัฒนธรรมทวราวดีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบร่องรอยเมืองโบราณตั้งแต่แถบรอยต่อภาค และเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือลงไป ได้แก่ เมืองศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์ เมืองเสมา และเมืองโคราฆะปุระ จังหวัดนครราชสีมา เมืองกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม เมืองฟ้าแดดสงยาง จังหวัดกาฬสินธุ์ เมืองผือ (อุทยานประวัติศาสตร์ ภูพระบาท) จังหวัดอุดรธานี และร่องรอยชุมชน บางส่วนในจังหวัดอุบลราชธานี และนครพนม เป็นต้น

2.3.1.3 วัฒนธรรมทวราวดีภาคเหนือ เริ่มตั้งแต่ภาคเหนือตอนล่าง คือจังหวัดนครสวรรค์ พบร่องรอยเมืองโบราณ เช่น เมืองพระบาง เมืองบน เมืองโคกไม้เดน และเมืองจันเสน ในจังหวัดนครสวรรค์ เมืองหริภุญชัย ในจังหวัดลำพูน และเมืองนพบุรีศรีนครพิงค์ เชียงใหม่ เป็นต้น

ลักษณะพิเศษของเมืองโบราณในยุคทวราวดีคือ มีการวางผังเมือง เป็นรูปคล้ายวงกลม หรือวงรี มีคูน้ำเพื่อกักน้ำไว้ใช้ในทางเกษตรกรรม ใช้อุปโภคบริโภค เป็นเส้นทางคมนาคม ส่วนคูเมืองและคันดินสันนิษฐานว่าเป็นคันกักเก็บน้ำ เป็นกำแพง หรือแนวปราการ ป้องกันอุทกภัย และศัตรู สิ่งปลูกสร้างและศิลปกรรม เช่น สถูป ใบเสมา แม้กระทั่งภาพสลักนูนสูง หรือนูนต่ำที่พบตามธรรมชาติ เช่น ผนังถ้ำ แสดงอิทธิพลและความศรัทธานับถือในพุทธศาสนา สถาปัตยกรรมทวราวดีส่วนใหญ่จึงเป็นพุทธศาสนสถานเป็นสถูป หรือเจดีย์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ส่วนฐาน ส่วนองค์ระฆัง และยอดเจดีย์ ปัจจุบันโบราณสถานยุคทวราวดีส่วนใหญ่เหลือเฉพาะฐาน หรือเพียงกองมูลดินขนาดใหญ่ อิฐที่ใช้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีแกลบเป็นส่วนผสมค่อนข้างมาก การก่อเชื่อมประสานกันโดยใช้ส่วนผสมระหว่างดินเนื้อละเอียดกับยางไม้ บางแห่งพบการใช้หินแลง หรือศิลาแลง ปะปนบ้าง เช่น ทำฐาน หรือก่อฐานสถูป หรือเจดีย์ พบลวดลายปูนปั้นประดับฐานสถูป หรือเจดีย์ ฐานสถูป หรือเจดีย์ จำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ ฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ฐานแปดเหลี่ยมย่อมุม และฐานกลมแบบทรงลังกา รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างร่องรอยชุมชนในยุคทวราวดี รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างร่องรอยสิ่งปลูกสร้างในยุคทวราวดี และรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างสิ่งปลูกสร้างในยุคทวราวดีที่ยังคงสภาพ

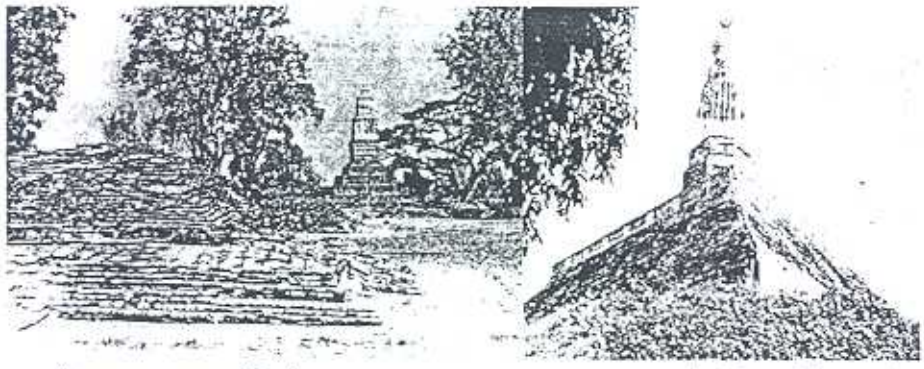
รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายทางอากาศเมืองเก่ากำแพงแสน ร่องรอยชุมชนในยุคทวาราวดี

(ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net/)



ก. โคกไม้เดน นครสวรรค์ ข. เมืองบน นครสวรรค์

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างร่องรอยสิ่งปลูกสร้างในยุคทวราวดี



ก. ฟ้าแดดสงยาง กาฬสินธุ์ ข. จุลประโทนเจดีย์ นครปฐม

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างสิ่งปลูกสร้างในยุคทวราวดีที่ยังคงสภา พ: จุลประโทนเจดีย์ จังหวัดนครปฐม

(ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net/)

2.3.2 ศิลปะยุคศรีวิชัย

อาณาจักรศรีวิชัยปรากฏในระหว่างช่วงพุทธศตวรรษที่ 13 – 16 โดยประมาณ แต่บ้างก็สันนิษฐานว่าน่าจะมีความเจริญรุ่งเรืองในช่วงพุทธศตวรรษที่ 13 - 14 ศูนย์กลางของอาณาจักรศรีวิชัยเชื่อกันว่าตั้งอยู่ในเมืองปาเล็มบัง ในเกาะสุมาตรา เป็นศูนย์กลางความเจริญของอารยธรรมที่รับถ่ายทอดมาจากอินเดียที่สำคัญแห่งหนึ่ง อาณาจักรศรีวิชัยแบ่งเป็นสองส่วนคือ

2.3.2.1 อาณาจักรศรีวิชัยส่วนล่าง อยู่ที่เมืองปาเล็มบัง บนเกาะสุมาตรา ซึ่งมี มหาสถูปบุโรพุทโธ สถูปขนาดใหญ่สร้างตามคติพระพุทธศาสนาฝ่ายมหายาน ภายนอกประดับด้วยศิลาจำหลักเรื่องราวพุทธประวัติ เป็นศูนย์กลางความเจริญของอารยธรรมที่รับถ่ายทอดมาจากอินเดีย

2.3.2.2 อาณาจักรศรีวิชัยส่วนบน นับตั้งแต่อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในภาคใต้ของประเทศไทย ลงไปจนถึงแหลมมลายู ซึ่งมีเมืองไชยา เป็นเมืองหลวง สถาปัตยกรรมรับอิทธิพลมาจากศาสนาพราหมณ์และพระพุทธศาสนานิกายมหายาน เช่น เจดีย์พระบรมธาตุไชยา อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภายในบรรจุพระบรมสารีริกธาตุ

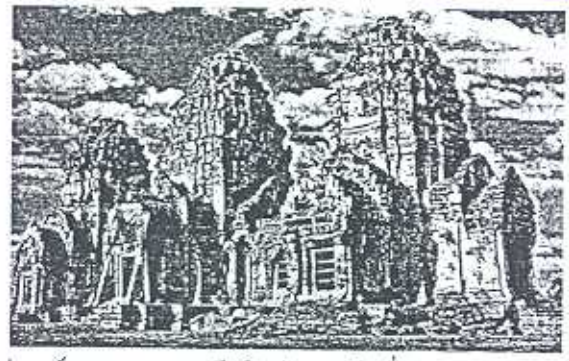
ตัวอย่างศิลปะศรีวิชัยในประเทศไทยได้แก่ พระบรมธาตุไชยา สุราษฎร์ธานี (รูปที่ 2.4) ส่วนพระบรมธาตุเมืองนครศรีธรรมราชนั้น มีผู้กล่าวว่า เดิมเป็นสถูปศิลปะศรีวิชัย แต่ภายหลังถูกแก้ไขเป็นสถูปทรงระฆังคว่ำแบบลังกา

รูปที่ 2.4 พระบรมธาตุไชยา สุราษฎร์ธานี ศิลปะแบบศรีวิชัย (ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net)

2.3.3 สมัยลพบุรี

สมัยลพบุรีปรากฏในช่วงระหว่างพุทธศตวรรษที่ 16 ถึง 18 แม้จะมีลักษณะคล้ายกับศิลปะของขอม แต่ก็ถูกจัดให้เป็นศิลปะเฉพาะแยกต่างหาก ทั้งนี้ ศิลปะลพบุรีเกิดจากการผสมกลมกลืนระหว่างศิลปะขอมที่แพร่เข้ามามีอิทธิพลต่ออาณาจักรทวราวดี ตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 12 - 13 ภายหลังเมื่ออาณา

จักรทวาราวดีเสื่อมลง จึงเกิดศิลปะขอมผสมกับศิลปะท้องถิ่นในดินแดนละโว้ หรือลพบุรี ซึ่งถือเป็นศูนย์กลางความเจริญในยุคนั้น ตัวอย่างศิลปะลพบุรี ได้แก่ พระปรางค์สามยอด ลพบุรี ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 พระปรางค์สามยอด ลพบุรี ศิลปะลพบุรี (ที่มา: http://www.lopburi.go.th/)

2.3.4 ศิลปะขอม

ศิลปะขอมเป็นอารยธรรมของชนเชื้อชาติขอม ปรากฏในช่วงระหว่างพุทธศตวรรษที่ 10 -18 โดยประมาณ จึงมีหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม ศิลปะขอมอาจแบ่งเป็น 3 สมัยหลัก ๆ ได้แก่ ก่อนเมืองพระนคร สมัยเมืองพระนคร และสมัยหลังเมืองพระนคร ปกตินักประวัติศาสตร์ศิลปะหรือนักโบราณคดีแบ่งยุคศิลปะขอมโดยอาศัยข้อสันนิษฐานจากรูปทรง และลวดลายของสิ่ง ประดิษฐ์หรือสิ่งปลูกสร้าง ตารางที่ 2.1 (ก – ค) แสดงช่วงอายุของศิลปะขอมแบบต่าง ๆ โดยประมาณ

ศิลป หรืออาณาจักรขอมมีศูนย์กลางอยู่ที่เมืองพระนคร และแผ่กระจายทั่วดินแดนเขมรหรือประเทศกัมพูชาปัจจุบันในประเทศไทยปรากฏสิ่งปลูกสร้าง ในยุคอาณาจักรขอมเรืองอำนาจส่วนใหญ่กระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ดูหัวข้อถัดไป) ในภาคอื่น ๆ เช่น ภาคกลางและภาคเหนือ พบปะปนบ้างที่สุโขทัย และศรีเทพ เพชรบูรณ์ ทางใต้สุดพบที่จังหวัดเพชรบุรี ทางด้านตะวันตก พบที่จังหวัดกาญจนบุรี (ปราสาทเมืองสิงห์) ทางด้านตะวันออกพบที่จังหวัดสระแก้ว และปราจีนบุรี (เช่น ปราสาทสด็อกก็อกธม และปราสาทเขาน้อย)

ตารางที่ 2.1 ก สมัยก่อนเมืองพระนคร

ยุคศิลปะแบบ	พุทธศักราช (โดยประมาณ)
พนมดา (Phanom Da)	1100-1150
ถาลาบริวัต (Thala Borivat)	1150
สมโบร์ไพรกุก (Sombor Prei Kuk)	1150-1200
ไพรกเมง (Prei Kmeng)	1180-1250
กำปงพระ (Kampong Preah)	1250-1350
กุเลน (Kulen)	1370-1420

ตารางที่ 2.1 ข สมัยเมืองพระนคร

ยุคศิลปะแบบ	พุทธศักราช (โดยประมาณ)
พระโค (Preah Ko)	1420-1436หรือหลังจากนั้น
บาเค็ง (Bakheng)	1436-1470
เกาะแกร์ (Kok Ker)	1464-1490
เปรรูป (Pre Rup)	1490-1510
บันทายสรี (Banteay Srer)	1510-1550
เกลียง หรือคลัง (Khleang)	1510-1560
บาปวน (Bahuam)	1560-1630
นครวัด (Angkor Wat)	1550-1720
บายน (Bayon)	1720-1780

ตารางที่ 2.1 ค สมัยหลังเมืองพระนคร

ยุคศิลปะแบบ	พุทธศักราช (โดยประมาณ)
สรีสันดาวร (Srer santan)	พุทธศตวรรษที่ 20-22

ศิลปะยุคเก่าแก่สุดคือศิลปะแบบพนมดา พบในประเทศไทยน้อยมาก ที่พบได้แก่เศียรพระหริหระ พบที่เมืองพะเนียต หรือว่าเมืองกาไว (เชื่อว่าเป็นเมืองในอาณาจักรขอมโบราณ) ตั้งอยู่ที่ตำบลคลองนารายณ์ อำเภอเมืองจันทรบุรี ศิลปะแบบถาลาบริวัต มีทับหลังชิ้นหนึ่งซึ่งปัจจุบันเก็บรักษาไว้ที่พระอุโบสถวัดสุปัฏนารามวรวิหาร จังหวัดอุบลราชธานี ส่วนศิลปะแบบสมโบร์ไพรกุกและศิลปะแบบไพรกเมงนั้นได้แก่ทับหลังซึ่งพบที่ปราสาทเขาน้อย จังหวัดสระแก้ว นอกจากนั้น ศิลปะแบบไพรกเมง ยังดูได้จากตัวปราสาทภูมิโพน ที่จังหวัดสุรินทร์ ส่วนศิลปะแบบกำปงพระมีแสดงในพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติอุบลราชธานี

ศิลปะแบบกุเลนที่พบในประเทศไทยได้แก่รูปสิงห์แกะสลักลอยตัวที่วัดโพธิ์ย้อย อำเภอนางรองจังหวัดบุรีรัมย์ ตัวอย่างศิลปะแบบพระโคและบาเค็ง ได้แก่ ปราสาทพนมวันจังหวัดนครราชสีมา ตัวอย่างศิลปะแบบเกาะแกร์ ได้แก่ ปราสาทเมืองแขก จังหวัดนครราชสีมา และปราสาทที่ก่อด้วยอิฐ ที่พนมรุ้ง (อยู่ด้านข้างของปรางค์ประธาน) จังหวัดบุรีรัมย์ ตัวอย่างศิลปะแบบเกลียง และ บาปวน ได้แก่ปราสาทเมืองต่ำ จังหวัดบุรีรัมย์ ปราสาทพนมวันจังหวัดนครราชสีมา ปรางค์น้อย ที่พนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ ปราสาทนารายณ์เจงเวง จังหวัดสกลนคร และปราสาทเปือยน้อย จังหวัดขอนแก่น

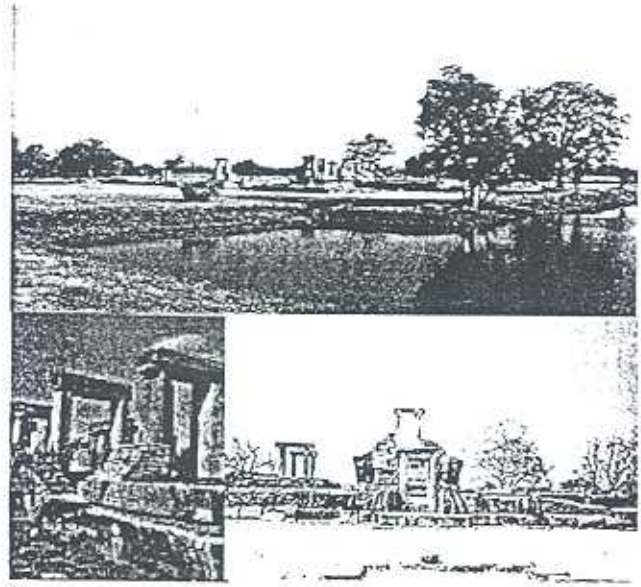
ปราสาทหินพิมาย และปรางค์ประธานของปราสาทพนมรุ้ง คือตัวอย่างศิลปะแบบบาปวน และนครวัด ส่วนปราสาทบันทายสรี (บันทายศรี) หรือเพชรลีชมพูของกัมพูชาประเทศนั้น เป็นแม่แบบของศิลปะแบบเฉพาะเรียกว่าศิลปะแบบบันทายศรี ตัวอย่างศิลปะแบบเกรียง หรือแบบคลังและแบบบาปวน ดูได้จากปราสาทสด็อกก็อกธม ตำบลโคกสูง กิ่งอำเภอโคกสูง จังหวัดสระแก้ว (ซึ่งตั้งอยู่บนเส้นทางไปยังเมืองพระนคร) ตัวอย่างศิลปะแบบบายนได้แก่ นครวัดและนครธม เป็นศิลปะที่มีคติหรือเรื่องพระพุทธศาสนาปะปนเพราะสมัยนี้กษัตริย์ขอม

ทรงนับถือพุทธศาสนานั่นเอง ส่วนศิลปะแบบศรีสันการ พบน้อยมากในประเทศไทยเพราะเป็นช่วงที่อิทธิพลของขอมในดินแดนไทยเสื่อมลง รูปที่ 2.6 ถึงรูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างศิลปะขอมที่พบในประเทศไทย

รูปที่ 2.6 ปราสาทเขาน้อย ในจังหวัดสระแก้ว ศิลปะแบบไพรกเมง

(ที่มา: http://kanchanapisek.or.th)

รูปที่ 2.7 ปราสาทพนมวัน จังหวัดนครราชสีมา ศิลปะแบบพระโค และบาเค็ง



รูปที่ 2.8 ปราสาทเมืองแขก จังหวัดนครราชสีมา ศิลปะแบบเกาะแกร์

รูปที่ 2.9 ปราสาทเมืองต่ำ จังหวัดบุรีรัมย์ ศิลปะแบบเกลียง และบาปวน

(ก) ปราสาทหินพิมาย จังหวัดนครราชสีมา (ข) ปราสาทหินพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์

รูปที่ 2.10 ศิลปะแบบบาปวน

(ก) ปราสาทเมืองสิงห์ จังหวัดกาญจนบุรี (ข) ปราสาทเขาน้อย จังหวัดสระแก้ว

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างศิลปะอารยธรรมแบบขอมซึ่งพบในภูมิภาคอื่นในประเทศไทย

ศิลปะของชนชาติขอม ซึ่งเดิมเป็นไปตามคติศาสนาพราหมณ์ นิยมสร้างปรางค์ ซึ่งมีฐานสูง และชุ้มทางประดูเข้าทั้ง 4 ทิศ อาจมีกำแพง หรือชุ้มทางเดินล้อมรอบ โดยมีผังเป็นรูปสี่เหลี่ยมรอบบริเวณปรางค์อาจมีย่อมุม ส่วนตรงกลางภายในปรางค์ จะเป็นห้องโถงสำหรับประดิษฐานรูปเคารพ เช่น แท่นศิวลึงค์และฐานโยนี ใช้ประกอบศาสนพิธี รูปสลักลอยตัวของกษัตริย์ เป็นต้น ภายหลังเมื่อกษัตริย์หลายพระองค์นับถือศาสนาพุทธ รูปเคารพก็ถูกเปลี่ยนเป็นพระพุทธรูป

2.3.5 สมัยเชียงแสน

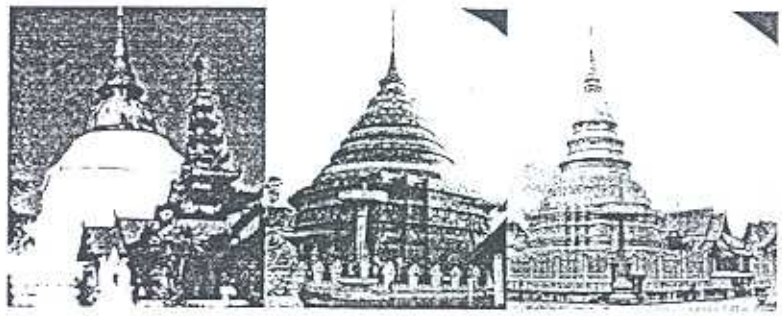
สมัยเชียงแสนปรากฏในช่วงระหว่างพุทธศตวรรษที่ 17 ถึง 24 แม้หลักฐานทางประวัติศาสตร์ของอาณาจักรเชียงแสนค่อนข้างลางเลือน แต่ก็พอสันนิษฐานได้ว่า ในช่วงแรก ๆ ศิลปะเชียงแสนได้รับอิทธิพลจากศิลปะปาละ (จากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย) พร้อม ๆ กับได้รับอิทธิจากพุทธศาสนาลัทธิหินยานแบบเถรวาท ผ่านมาทางพม่า (ในสมัยอาณาจักรพุกาม) ด้วยเหตุนี้พระพุทธรูปเชียงแสนจึงได้รับอิทธิพลจากลัทธิหินยานฝีมือช่างคุปตะ และปาละจากอินเดีย ทำให้มีลักษณะงดงามสมบูรณ์ สะท้อนชีวิตความเป็นอยู่และศิลปวัฒนธรรมสมัยเชียงแสน จนเป็นเอกลักษณ์ หรือฝีมือสกุลช่างเฉพาะเรียก "ศิลปะแบบเชียงแสน" สถาปัตยกรรมสมัยเชียงแสนที่ยังมีเหลืออยู่นั้น เป็นฝีมือภายหลังพ่อขุนเม็งรายสร้างนครเชียงใหม่ เมื่อ พ.ศ. 1839 (มจ.สุภัทรดิศ ดิศกุล, 2505) เจดีย์ในสมัยเชียงแสนแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 เจดีย์ทรงกลมแบบลังกา แบบอย่างเจดีย์สุโขทัย (หรือเรียกว่าแบบศรีวิชัยผสมลังกา) มีลักษณะรูปแบบเป็นเจดีย์กลมตั้งบนฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสย่อมุม องค์ระฆังกลมฐานสูง ส่วนองค์ระฆังคว่ำเป็นบัวหงาย ส่วนยอดเป็นรูประฆังกลมเรียบมีบัลลังก์ ปล่องไฉน ที่ปลายยอดจะมีฉัตร เช่น เจดีย์วัดพระแก้วดอนเต้า พระธาตุลำปางหลวง พระธาตุหริภุญไชย จังหวัดลำปาง เจดีย์วัดพระสิงห์ เจดีย์พระธาตุจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 2.12) เป็นต้น

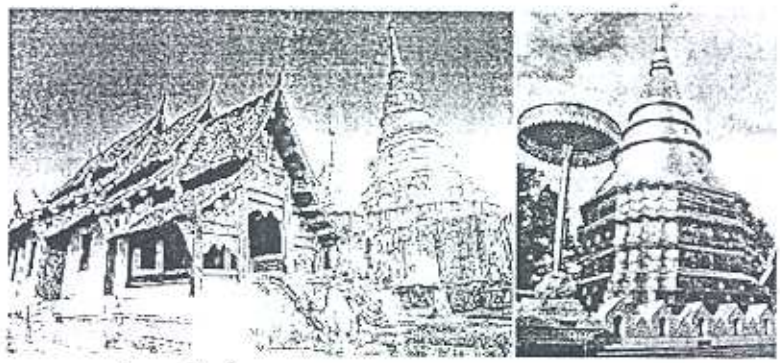
แบบที่ 2 อิทธิพลศิลปะแบบศรีวิชัยแท้ ๆ ที่ปรากฏในศิลปะสมัยเชียงแสน ลักษณะรูปแบบเจดีย์เหลี่ยมหลายองค์ตั้งบนฐาน จัตุรัสไม่ย่อมุม องค์ระฆังเป็นบัวหงาย ปล่องไฉนสั้น มีซุ้มจระนำ เช่น เจดีย์ วัดป่าสักพระแสนภู สร้างที่เมืองเชียงแสนราว พ.ศ. 1862 (มจ.สุภัทรดิศ ดิศกุล; 2505) และพระธาตุจอมกิตติ จังหวัดเชียงราย เจดีย์ทรงมณฑป วัดเจดีย์เจ็ดยอด จังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 2.13)

แบบที่ 3 สถาปัตยกรรมเชียงแสนที่เลียนแบบมหาวิหารที่พุทธคยาในประเทศอินเดีย ตัวอย่างเช่น เจดีย์เจ็ดยอด จังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 2.14)

สำหรับอาคารโบสถ์วิหารในสมัยเชียงแสนช่วงแรก ๆ สร้างด้วยไม้ หลังคาซ้อนกันหลายชั้น มุงกระเบื้องดินเผา กระเบื้องไม้ ไม่นิยมตีฝ้าแหงนขึ้นด้านหน้าลงทางด้านข้าง สำหรับอาคารโบสถ์ วิหาร ในสมัยเชียงแสนที่พบอยู่ในปัจจุบัน ส่วนมากเป็นสมัยหลังและเนื่องจากดินแดนทางภาคเหนือของประเทศไทยได้ถูกประเทศพม่าเข้าครอบครอง ตั้งแต่ปลายพุทธศตวรรษที่ 21 มาจนปลายพุทธศตวรรษที่ 23 บรรดาโบสถ์ วิหาร จึงมีอิทธิพลของศิลปะพม่าเข้าปะปน



ก. วัดพระแก้วดอนเต้า ข. พระธาตุลำปางหลวง ค. พระธาตุหริภุญไชย

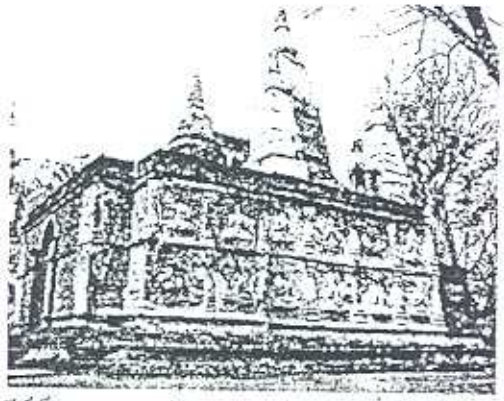


ง. วัดพระสิงห์ จ. พระธาจอมทอง

รูปที่ 2.12 เจดีย์ทรงกลมแบบลังกาในสมัยเชียงแสน

รูปที่ 2.13 พระธาตุจอมกิตติ จังหวัดเชียงราย ศิลปะแบบศรีวิชัย ในสมัยเชียงแสน

(ที่มา: http://prarutjaoatri.com)



รูปที่ 2.14 วัดเจดีย์เจ็ดยอด สถาปัตยกรรมเชียงแสนที่เลียนแบบพุทธคยาในอินเดีย
(ที่มา: http://203.144.136.10/service/mod/heritage/nation/chiangmai)

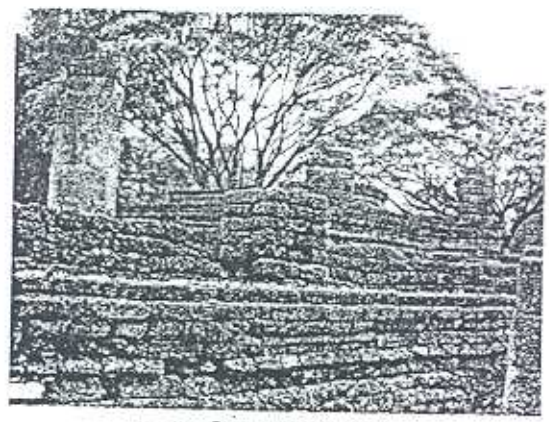
2.3.6 สมัยสุโขทัย

สมัยสุโขทัยอยู่ในช่วงระหว่างพุทธศตวรรษที่ 18 ถึง 20 อาณาจักรสุโขทัยได้ชื่อว่ามีความเจริญสูงสุดทางด้านศิลปวัฒนธรรม สาขาต่าง ๆ โดยเฉพาะพระพุทธรูปที่มีลักษณะสะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์ และความสุข (บ้างเรียกว่า ยุคบ้านเมืองดี) สุโขทัยรับเอาพุทธศาสนาลัทธิลังกาวงศ์ ดังนั้น จึงเกิดอิทธิพลรูปแบบศิลปะแบบลังกา แทนที่อิทธิพลของศิลปะขอม ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอาณาจักรสุโขทัย มิได้ตกอยู่ภายใต้อาณาจักรขอม การสร้างวัดในสมัยสุโขทัย ให้ความสำคัญต่อสถูป หรือเจดีย์เป็นอันดับแรก นอกเหนือจากนั้นจะเป็นพระวิหารขนาดใหญ่ เช่น ประดิษฐานพระพุทธรูป ส่วนพระอุโบสถ ซึ่งใช้ประกอบศาสนกิจนั้นมิได้ให้ความสำคัญมากนัก สถาปัตยกรรมสมัยสุโขทัย แบ่งเป็น 3 แบบใหญ่ ดังนี้

2.3.6.1 พระอุโบสถ และวิหาร ในสมัยสุโขทัยจะสร้างวิหารมีขนาดใหญ่กว่าพระอุโบสถเพราะให้ความสำคัญต่อวิหารมากกว่า อาคารวิหารส่วนใหญ่จะสร้างเป็นวิหารโถง ใช้เป็นที่ประชุมฟังธรรม วิหารที่พบในปัจจุบันจะพบเพียงฐานและเสาส่วนใหญ่ เสาที่สร้างวิหารจะเป็นเสากลม หลังคาซ้อนกันหลายชั้น กระเบื้องที่ใช้มุงเป็นกระเบื้องแบบสังคโลก ไม่มีช่อฟ้าใบระกาเช่นสมัยปัจจุบัน (รูปที่ 2.15ก)

2.3.6.2 มณฑป ที่พบในสมัยสุโขทัยนั้นสร้างขึ้นภายใต้อิทธิพลของพุทธศาสนา เพราะมีห้องประดิษฐานพระพุทธรูปในอิริยาบถต่าง ๆ พระพุทธบาทหรือสิ่งเคารพบูชาอื่น ๆ มณฑปโดยทั่วไปจะก่อสร้างด้วยอิฐหรือศิลาแลง ก่อเป็นรูปอาคาร หลังคาอาจเป็นโครงสร้างไม้ ในรูปแบบหลังคาทรงปั้นหยายอดแหลมและเป็นทรงจั่ว หรือทรงหลังก่ออิฐถือปูนเป็นรูปทรงต่าง ๆ ภายในมณฑปจะมีพื้นที่แคบ ๆ ใช้ในการเคารพบูชาพระพุทธรูป อาคารทรงมณฑปในสมัย

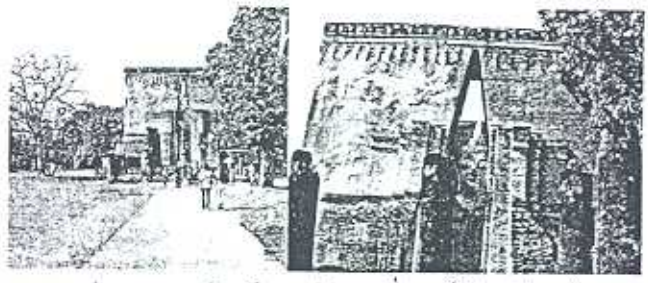
สุโขทัยนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันออกไป มีตั้งแต่ขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็ก ลักษณะรูปแบบมณฑปที่สร้างขึ้นในสมัยสุโขทัยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ มณฑปที่มีผังเป็นรูปสี่เหลี่ยมทั้งย่อมุมและไม่ย่อมุมทั้ง 3 ด้านปิดส่วนใหญ่เป็นผนังก่อด้วยอิฐหรือศิลาแลง ลักษณะรูปแบบของมณฑปประเภทนี้อาจแบ่งได้ตามลักษณะรูปทรงของทรงหลังคามณฑปซึ่งแบ่งได้ 3 แบบ คือ 1) มณฑปหลังคาทรงกลีบบัว มณฑปประเภทนี้สร้างบนผนังสี่เหลี่ยม ผนังทั้งสี่ด้านก่ออิฐเปิดด้านหน้าด้านเดียว ทรงหลังคาก่ออิฐเป็นรูปทรงกลีบบัวแล้วฉาบปูน ประดับตกแต่งด้วยลายปูนปั้น 2) มณฑปหลังคาทรงแหลม มณฑปสร้างบนผนังสี่เหลี่ยมก่อด้วยอิฐ (ที่ศรีสัชนาลัยจะก่อด้วยศิลาแลง) หลังคาก่ออิฐเลื่อมฉาบปูนประดับตกแต่งด้วยลายปูนปั้น และ 3) มณฑปหลังคาทรงคลี หรือหลังคาเครื่องไม้ มณฑปสร้างบนผนังสี่เหลี่ยมผนังก่ออิฐ มณฑปจะมีขนาดใหญ่ ส่วนมณฑปอีกประเภทหนึ่งใช้ประดิษฐานพระพุทธรูปทั้งสี่ด้านอาจเป็นพระยืน 4 ทิศ หรือพระพุทธรูป 4 อิริยาบถ พระนั่ง นอน ยืน เดิน โดยแบ่งเป็น 4 ห้อง โดยมีแกนกลางเป็นผนังสี่เหลี่ยมประกอบโครงสร้างไม้ รูปที่ 2.15ข แสดงตัวอย่างมณฑปหลังคาทรงแหลม และรูปที่ 2.15ค แสดงมณฑปหลังคาทรงคลี ตามแบบศิลปะสุโขทัย



ก. ชากวิหารวัดนางพญา

รูปที่ 2.15 วิหาร หรือมณฑปศิลปะแบบสุโขทัย

ข.วิหาร หรือมณฑปวัดกุฎีราย และซวนชั้นหลังคาศิลาแลงก่อเหลื่อม

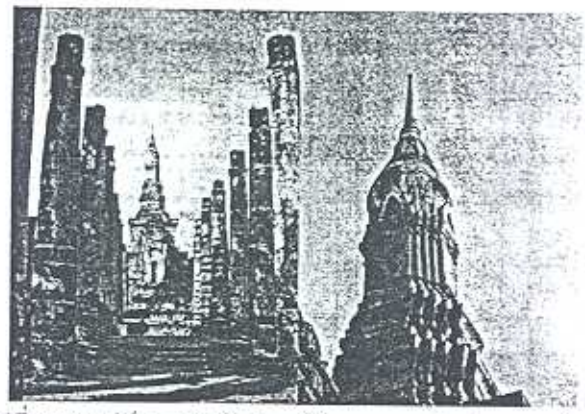


ค.มณฑปพระอจนะวัดศรีชุมหลังคาเครื่องคลี ปัจจุบันผุพังหมดแล้ว

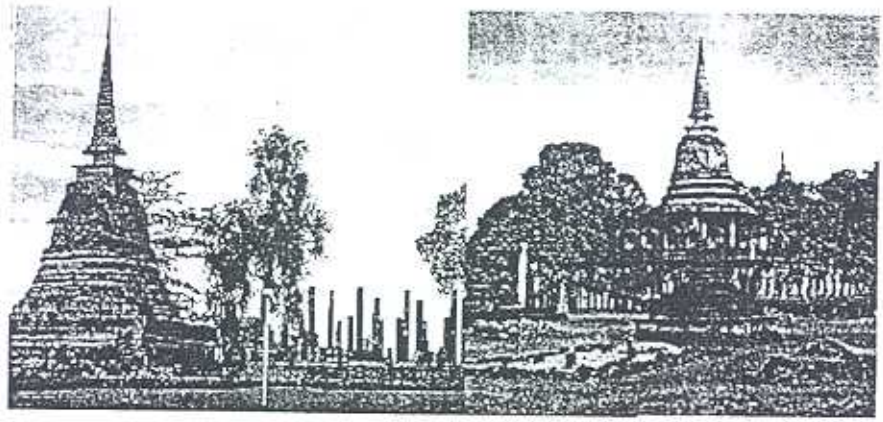
รูปที่ 2.15 วิหาร หรือมณฑปศิลปะแบบสุโขทัย (ต่อ)

2.3.6.3 เจดีย์ สมัยสุโขทัยให้ความสำคัญกับเจดีย์ โดยสร้างเจดีย์ขนาดใหญ่เป็นประธานของวัด และมีเจดีย์บริวารรายล้อม รูปแบบของเจดีย์แบ่งได้ 3 แบบ คือ แบบที่ 1 เจดีย์แบบสุโขทัย หรือเจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ หรือเจดีย์ทรงดอกบัว ทำฐานเป็นสี่เหลี่ยม 3 ชั้น ตั้งซ้อนกันขึ้นไป องค์เจดีย์เหลี่ยมย่อไม้ยี่สิบ ยอดทำเป็นดอกบัวตูม (รูปที่ 2.16) คติในการสร้างเจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ แสดงถึงสุขาวดี เช่น มีฐานเป็นสี่เหลี่ยม หมายถึง พื้นโลกที่มี 4 ทิศ หรือ 47 ทวีป คือ อมรโคยานทวีป ชมพูทวีป วิเทหทวีป อุตตระกุรุทวีป ฐานสูง แสดงถึงเขาพระสุเมรุยอดพุ่มดอกบัว แสดงถึงพุทธภูมิ อันมีปลายสุดคือปรินิพพาน แบบที่ 2 เจดีย์ทรงลังกา นำแบบอย่างมาจากลังกา แต่ได้เปลี่ยนฐานให้สูงขึ้น องค์ระฆังไม่ตั้งตรงอย่างลังกา ทำเส้นรอบนอกองค์ระฆังให้ชะลูดขึ้น ตัวอย่างเช่น เจดีย์ทรงกลมวัดสระศรีอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย เจดีย์ทรงกลมอีกแบบหนึ่ง

สร้างเป็นเจดีย์ช้างล้อมรอบองค์เจดีย์ ลักษณะเจดีย์ช้างล้อมมี 2 รูปแบบ คือ เจดีย์ทรงกลมที่มีช้างล้อมรอบองค์เจดีย์ และ เจดีย์ทรงกลมที่ยกฐานสูงขึ้น มีซุ้มพระพุทธรูปล้อมรอบเจดีย์เหนือชั้นช้างล้อม เจดีย์ช้างล้อมทั้งสองประเภท จะสร้างขึ้นเป็นเจดีย์ประธานของวัด (รูปที่ 2.17) คติในการสร้างเจดีย์วัดช้างล้อมหมายถึง เอาช้างเป็นเขมฆฝนบันดาลความสุขความอุดมสมบูรณ์ หรือช้างเป็นสัตว์ที่ค้ำชูศาสนา แบบที่ 3 เจดีย์แบบศรีวิชัย และลังกาผสม เจดีย์สร้างเป็นแบบฐานสูงเป็นฐานสี่เหลี่ยมมีซุ้มจระนำที่ยอดเป็นเจดีย์ทรงกลมแบบลังกาและที่มุมมีเจดีย์เล็ก ๆ หรือเจดีย์อีกแบบที่ยกฐานสูงขึ้นเรือนฐานทำเป็นเจดีย์ครึ่งวงกลมซ้อนกันเป็นชั้น ๆ เจดีย์ประเภทนี้จะสร้างขึ้นเป็นเจดีย์วิหาร



รูปที่ 2.16 เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ วัดมหาธาตุ ศิลปะแบบสุโขทัย



ก. วัดสระศรี ข. วัดช้างล้อม

รูปที่ 2.17 เจดีย์ทรงระฆังคว่ำ ศิลปะแบบสุโขทัย อิทธิพลพุทธศาสนาลัทธิลังกาวงศ์

2.3.7 สมัยอู่ทอง

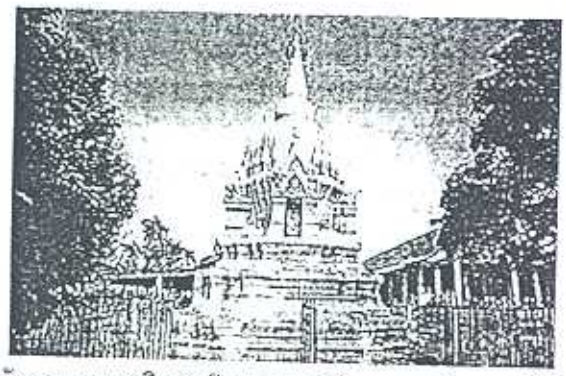
ศิลปะสมัยอู่ทองปรากฏในช่วงศตวรรษที่ 17 – 20 ควบคู่กับอาณาจักรอู่ทอง ซึ่งรับอิทธิพลศิลปวัฒนธรรมของทวราวดี ลพบุรี สุโขทัย รวมทั้งศาสนาพุทธ ลัทธิหินยาน แบบเถรวาท ลักษณะสถาปัตยกรรมและศิลปกรรม สมัยอู่ทอง แบ่งเป็น 4 กลุ่มหลักดังนี้

2.3.7.1 สถาปัตยกรรมกลุ่มเมืองสรรค์ มีเมืองสรรค์เป็นศูนย์กลาง มีการสร้างพระปรางค์และเจดีย์เป็นประธานของวัด รูปแบบของสถาปัตยกรรมเจดีย์กลุ่มนี้เป็นเจดีย์แบบอู่ทองที่ได้รับอิทธิพลศิลปะศรีวิชัยผสมกับศิลปะสุโขทัย ลักษณะฐานแปดเหลี่ยม เรือนธาตุแปดเหลี่ยมมี ซุ้มจรนำรับฐานบัวลูกแก้วและองค์ระฆัง เช่น วัดบรมธาตุวรมหาวิหาร ชัยนาท ดังแสดงในรูปที่ 2.18 สำหรับโบสถ์ วิหาร สร้างเป็นทรงยาว ไม่เจาะหน้าต่าง ชั้นหลังคาเตี้ย

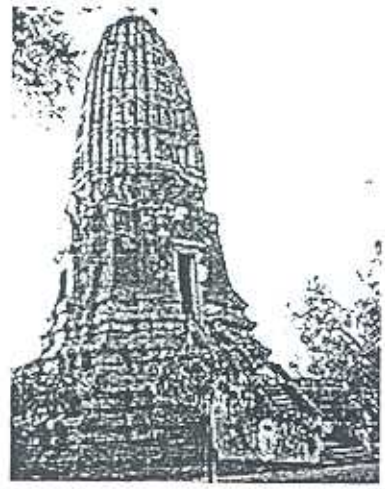
2.3.7.2 สถาปัตยกรรมกลุ่มเมืองอโยธยา ปรากฏในอยุธยาทั้งเมืองบริเวณรอบนอกเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยา ได้แก่ วัดพนัญเชิง ซึ่งตามหลักฐานสร้างก่อนกรุงศรีอยุธยาถึง 26 ปี (ก่อนพุทธศักราช 1893) สถาปัตยกรรมวัดนี้ยังปรากฏเจดีย์ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาหลายแห่งด้วยกัน

2.3.7.3 สถาปัตยกรรมกลุ่มสุพรรณบุรีมีทั้งพระปรางค์ เจดีย์ เช่น วัดรัตนมหาธาตุ สุพรรณบุรี ซึ่งมีลักษณะแบบปรางค์อู่ทองดั้งเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.19

2.3.7.4 สถาปัตยกรรมกลุ่มลพบุรี คือส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมอู่ทองที่ได้รับอิทธิพลจากศิลปะลพบุรี แต่ลวดลายบางส่วนจะแตกต่างกัน



รูปที่ 2.18 วัดบรมธาตุวรวิหาร ชัยนาท สถาปัตยกรรมเมืองสรรค์ ศิลปะอู่ทองอิทธิพลศรีวิชัยผสมกับสุโขทัย (ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net/)



รูปที่ 2.19 ปรางค์วัดพระศรีรัตนมหาธาตุ จังหวัดสุพรรณบุรีศิลปะแบบอู่ทองดั้งเดิม

2.3.8 สมัยอยุธยา

ศิลปะสมัยอยุธยา ปรากฏคู่กรุงศรีอยุธยา ในช่วงระหว่างพุทธศตวรรษที่ 20 ตั้งแต่ พ.ศ.1893 คือในช่วงที่กรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานี ยาวนานถึง 417 ปี สถาปัตยกรรมและศิลปะอยุธยา อาจแบ่งเป็น 4 ยุค คือ

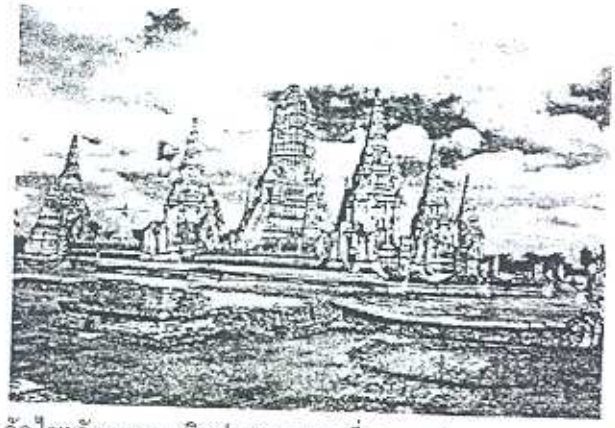
2.3.8.1 ยุคที่ 1 ตั้งแต่เมื่อพระเจ้าอู่ทองสร้างกรุงศรีอยุธยาจนถึงรัชกาลสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถ พ.ศ. 1893 – พ.ศ. 2034 รวม 141 ปี ลักษณะของสถาปัตยกรรมในยุคนี้มีการเจาะช่องลมลูกกรง เรียกว่า แบบเสามะหวด บางแห่งทำเป็นสี่เหลี่ยม วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างคือ อิฐ และปูน

2.3.8.2 ยุคที่ 2 ตั้งแต่สมัยสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถประทับที่เมืองพิษณุโลกจนถึงสมัยพระเจ้าทรงธรรม (พ.ศ. 1991 – 2171) ระยะเวลา 180 ปี ลักษณะสถาปัตยกรรมในสมัยนี้ อาคาร โบสถ์ วิหาร จะยกฐานสูง ไม่มีหน้าต่าง แต่มีช่องลม ไม่นิยมฝังเพดาน นิยมทำบัวหัวเสาเป็นรูปบัวคูม เช่น วัดหน้าพระเมรุ วัดมเหยงค์ เป็นต้น (รูปที่ 2.20)

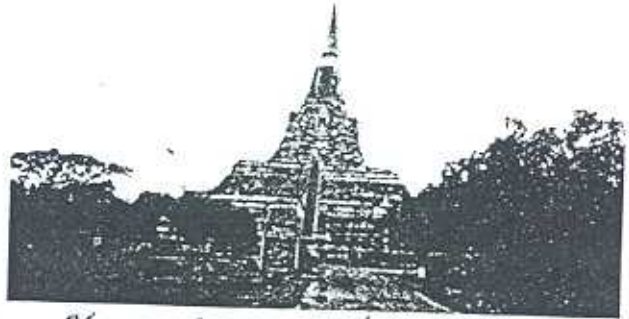
2.3.8.3 ยุคที่ 3 นับตั้งแต่พระเจ้าปราสาททอง พ.ศ. 2173 มาสิ้นรัชกาลพระเจ้าท้ายสระ พ.ศ. 2251 รวมเวลา 73 ปี ลักษณะของสถาปัตยกรรมในยุคนี้ คือ เจดีย์จะมีลักษณะเป็นแบบฉบับของสมัยอยุธยา โดยนำเจดีย์ทรงกลมมาทำเป็นเหลี่ยมที่มุมทั้งสี่ด้าน เรียกเจดีย์เหลี่ยมย่อมุมไม้สิบสอง สร้างขึ้นในสมัยพระเจ้าปราสาททอง ที่วัดไชยวัฒนาราม อำเภอบางประอิน ดังแสดงในรูปที่ 2.21

2.3.8.4 ยุคที่ 4 นับตั้งแต่พระเจ้าบรมโกศ (พ.ศ. 2275 – 2310) จนเสียกรุง ระยะเวลา 35 ปี ในสมัยนี้เป็นสมัยที่มีการซ่อมศิลปกรรมมากกว่าสร้างใหม่ พระเจ้าบรมโกศทรงมีศรัทธาที่จะปฏิสังขรณ์มากกว่าสร้างขึ้นใหม่ ลักษณะของสถาปัตยกรรมในสมัยนี้จะสืบเนื่องมาจากยุคที่ 3 มีการสร้างเจดีย์เหลี่ยมย่อมุมไม้ 12 แต่มีฐานกว้างมาก เช่น เจดีย์ภูเขาทอง ดังแสดงในรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.20 วัดมเหยงค์ ศิลปะอยุธยายุคที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 1991 – 2171
(ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net/)



รูปที่ 2.21 วัดไชยวัฒนาราม ศิลปะอยุธยา ยุคที่ 3 ระหว่าง พ.ศ. 2173 - พ.ศ. 2251



รูปที่ 2.22 เจดีย์ภูเขาทอง ศิลปะอยุธยา ยุคที่ 4 ระหว่างพ.ศ. 2275 – 2310

2.3.9 สมัยรัตนโกสินทร์

สมัยรัตนโกสินทร์ เริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2325 ถึงก่อนช่วงปัจจุบัน (พุทธศตวรรษที่ 17 ถึง 24) นับตั้งแต่สถาปนากรุงรัตนโกสินทร์เป็นราชธานี โดยสร้างกรุงรัตนโกสินทร์โดยเลียนแบบกรุงศรีอยุธยา ทั้งพระบรมมหาราชวัง และวัดพระศรีรัตนศาสดาราม รูปแบบสถาปัตยกรรม และศิลปะสมัยรัตนโกสินทร์อาจแบ่งเป็น 4 ระยะดังนี้

2.3.9.1 สมัยรัชกาลที่ 1 – 2 เป็นช่วงต้นแห่งการสร้างกรุงรัตนโกสินทร์ รูปแบบสถาปัตยกรรมส่วนใหญ่เป็นพระบรมมหาราชวัง ล้วนถือเป็นงานสถาปัตยกรรมชั้นเยี่ยม ได้แก่ พระที่นั่งดุสิดมหาปราสาท (รูปที่ 2.23) มณฑปหอมณเฑียรธรรมในวัดพระแก้ว ส่วนอาคารพระอุโบสถและพระวิหาร ก็นิยมทำเครื่องยอดเช่นเดียวกับสมัยอยุธยา หลังคายังเป็นเครื่องไม้มีบัวเป็นเสาบัวจงกล รูปทรงอาคารในช่วงแรกอ่อนโค้งแบบอยุธยามีการประดับตกแต่งลวดลายรับอิทธิพลจากอยุธยาตอนปลาย ต่อมาอาคารโบสถ์วิหารนิยมประดับตกแต่งด้วยกระจกสี รูปแบบของพระเจดีย์ในช่วงต้น ๆ ยังคงสร้างเจดีย์เหลี่ยมย่อมุมไม้สิบสอง แต่มีลักษณะรูปแบบแตกต่างจากสมัยอยุธยา เจดีย์เหลี่ยมย่อมุมรัตนโกสินทร์ไม่มีซุ้มจระนำสี่ทิศดังเช่นศิลปะอยุธยาและนิยมใช้ฐานสิงห์ที่ยอดเหนือบัลลังก์ ลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของสถาปัตยกรรมและศิลปะสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้นคือการสร้างพระปรางค์ ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากสมัยอยุธยาเช่นกัน (รูปที่ 2.24)

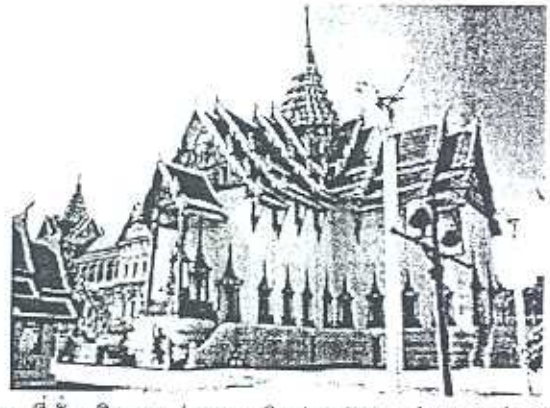
2.3.9.2 สมัยรัชกาลที่ 3 ในสมัยนี้งานสถาปัตยกรรม ผสมผสานรูปแบบระหว่างไทยกับจีนจะพบทั่ว ๆ ไป อาคารประเภทโบสถ์และวิหารจะเป็นอาคารทรงตึก ไม่มีช่อฟ้าใบระกา นิยมตกแต่งหน้าบันด้วยถ้วยชามลายครามและเบญจรงค์ หรือประดับตกแต่งหน้าบันด้วยกระเบื้องเคลือบผูกลายแบบจีนหรือเป็นเรื่องราวคติแบบจีน เช่น รูปแบบพระอุโบสถวัดราชโอรส และวัดราชนัดดา เป็นต้น (รูปที่ 2.25)

2.3.9.3 สมัยรัชกาลที่ 4 ลักษณะเด่นของรูปแบบศิลปกรรมในสมัยนี้ โดยเฉพาะสถาปัตยกรรมทางศาสนสถานและพระบรมมหาราชวัง แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบตามคตินิยมแบบกรุงเก่า ซึ่งรัชกาลที่ 4 ทรงมีความเลื่อมใสในพระพุทธศาสนามาก ทรงสร้างวัดโดยนำแบบแผนการสร้างตามคตินิยมแบบกรุงเก่าโดยการสร้างเจดีย์กลมเป็นประธานของวัดอยู่ด้านหน้าพระอุโบสถ 2) รูปแบบที่ได้รับอิทธิพลตะวันตก เป็นสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวกับพระที่นั่งต่าง ๆ ในพระราชวัง มีรูปแบบของอาคารทรงฝรั่งที่มีซุ้มโค้งประตูหรือหน้าต่าง ส่วนของหลังคาจะมุงกระเบื้องแบบจีน (รูปที่ 2.26)

2.3.9.4 สมัยรัชกาลที่ 5 จนถึงปัจจุบัน ในสมัยนี้อิทธิพลตะวันตกเข้ามามีบทบาทมาก การสร้างอาคารทางด้านศาสนสถานลดน้อยลง รูปแบบของสถาปัตยกรรม

กลายเป็นอาคารทางด้านสาธารณประโยชน์มากกว่า รูปแบบสถาปัตยกรรมที่สวยงาม เช่น พระราชวังบ้านปืน และกลุ่มพระที่นั่งต่าง ๆ ในพระราชวังสนามจันทร์ :ซึ่งสร้างในสมัยรัชกาลที่ 6 (รูปที่ 2.27)

รูปที่ 2.23 พระปรางค์วัดอรุณราชวราราม ศิลปะสมัยกรุงธนบุรี ต่อเนื่องต้นยุคกรุงรัตนโกสินทร์

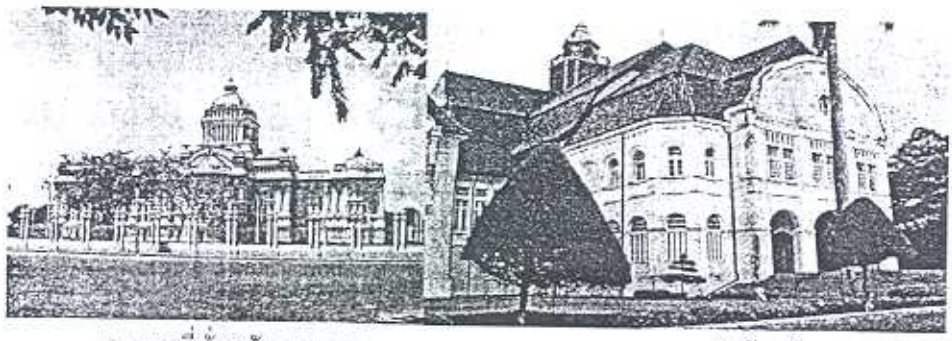


รูปที่ 2.24 พระที่นั่งดุสิตมหาปราสาท ศิลปะสมัยรัตนโกสินทร์ในรัชกาลที่ 1 – 2
อิทธิพลอยุธยาตอนปลาย (ที่มา: http://kanchanapisek.or.th)

ก. พระเชตุพนวิมลมังคลาราม ข. วัดราชโอรสาราม ค. วัดราชนัดดา

รูปที่ 2.25 ศิลปะสมัยรัตนโกสินทร์ในรัชกาลที่ 3 สถาปัตยกรรมผสมผสานระหว่างไทยกับจีน

รูปที่ 2.26 พระที่นั่งจักรีมหาปราสาท ศิลปะรัตนโกสินทร์ อิทธิพลตะวันตก สมัย รัชกาลที่ 4



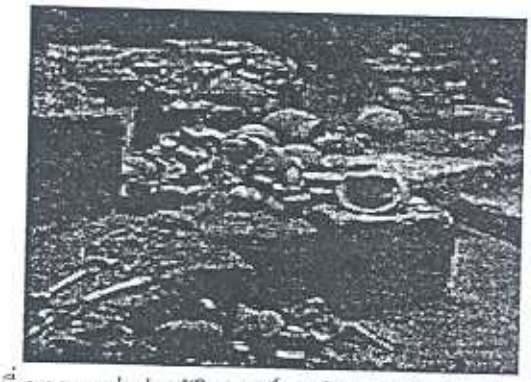
ก. พระที่นั่งอนันตสมาคม ข. พระราชวังบ้านปืน

รูปที่ 2.27 พระที่นั่งและพระราชวังสมัยรัชกาลที่ 5 และ 6 ศิลปะตะวันตก

2.5 แหล่งประวัติศาสตร์ และโบราณคดี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากหลักฐานปรากฏ เชื่อว่าแหล่งประวัติศาสตร์และโบราณคดี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความเป็นมายาวนานพอ ๆ กับกำเนิดของยุคก่อนประวัติศาสตร์ ทั้งนี้เดิมเชื่อกันว่า บรรพบุรุษที่อาศัยอยู่ในดินแดนที่เรียกว่าประเทศไทยนี้อพยพมาจากที่อื่น เช่น ทางตอนบนจากประเทศจีน ภายหลังจากที่ได้พบหลักฐานที่ปรากฏในหลุมขุดค้นแหล่งประวัติศาสตร์บ้านเชียง ทำให้ข้อสันนิษฐานเดิมถูกลบล้างไปสิ้น บ้านเชียงเป็นแหล่งโบราณคดีที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งค้นพบว่าเคยเป็นที่อยู่อาศัยและเป็นที่ฝังศพของคนก่อนประวัติศาสตร์ยุคโลหะเมื่อราว 3,000 - 3,500 กว่าปีมาแล้ว มีความเจริญก้าวหน้าทางวัฒนธรรมและเทคโนโลยีสูงมาตั้งแต่โบราณ ชาวบ้านเชียงโบราณเป็นชุมชนยุคโลหะที่รู้จักทำการเกษตร เลี้ยงสัตว์ นิยมเครื่องมือเครื่องใช้และเครื่องประดับจากสำริดในระยะแรก และรู้จักใช้เหล็กในระยะต่อมาแต่ก็ยังคงใช้สำริดควบคู่กันไป ชาวบ้านเชียงรู้จักทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นภาชนะสีเทาทำเป็นลายขูดขีด ลายเชือกทาบ และขัดมัน รู้จักทำภาชนะดินเผาลายเขียนสีรูปทรงและลวดลายต่าง ๆ มากมาย นักโบราณคดีบางท่านให้ความเห็นว่า เครื่องปั้นดินเผาหลายเขียนสีที่บ้านเชียงเก่าแก่ที่สุดในทวีปเอเชียอาคเนย์ และอาจจะเก่าแก่ที่สุดในโลกก็เป็นได้ นอกจากนั้นชาวบ้านเชียงโบราณยังรู้จักทำเครื่องจักสาน ทอผ้า มีประเพณีการฝังศพ ฝังสิ่งของเครื่องใช้ อาหาร รวมกับศพเป็นการอุทิศให้กับผู้ตาย สิ่งของที่เป็นโบราณวัตถุ ซึ่งได้จากการสำรวจรวบรวมและขุดค้นที่บ้านเชียงรวมแหล่งใกล้เคียง เช่น ขวาน ใบ

หอก มีด ภาชนะดินเผา ทั้งที่เขียนสีและไม่เขียนสี และดินเผา ลูกกลิ้งดินเผา แม่พิมพ์หินใช้หล่อเครื่องมือสำริดทำจากหินทราย เบ้าดินเผา รูปสัตว์ดินเผา ลูกปัดทำจากหินสี แก้วกำไล และแหวนสำริด ลูกกระสุนดินเผา ขวาน หินขัด และได้พบเศษผ้าที่ติดอยู่กับเครื่องมือสำริด แกลบข้าวที่ติดอยู่กับเครื่องมือเหล็ก เป็นต้นชุมชนชาวบ้านเชียงในสมัยก่อนประวัติศาสตร์เป็นชุมชนเกษตรกรรมยุคโลหะมีความเจริญก้าวหน้ามานานแล้ว สามารถแบ่งลำดับขั้น วัฒนธรรมสังคมเกษตรกรรมที่บ้านเชียงออกเป็น 6 สมัย โดยกำหนดอายุทางวิทยาศาสตร์วิธีคาร์บอน 14 ว่าวัฒนธรรมสมัยที่ 1 หรือชั้นดินล่างสุดของบ้านเชียงมีอายุประมาณ 5,600 ปีมาแล้ว จากการวิเคราะห์กระดูกสัตว์และเปลือกหอยทำให้มีความคิดว่า คนก่อนประวัติศาสตร์ที่บ้านเชียงในระยะแรกได้เลือกตั้งถิ่นฐานในบริเวณป่าที่ถูกถางมีการเลี้ยงสัตว์ และล่าสัตว์ด้วย พอถึงสมัยที่ 4 เมื่อราว 3,600 ปีมาแล้ว รู้จักใช้เครื่องมือเหล็กเลี้ยงควาย เพื่อช่วยในการทำนา ในสมัยที่ 5 เมื่อราว 3,000 ปีมาแล้ว มีการทำภาชนะดินเผาลายเขียนสีลงลายและรูปทรงหลายแบบ พอถึงสมัยที่ 6 จึงทำแต่ภาชนะดินเผาเคลือบสีแดงหรือเขียนสีบนพื้นแดงทำเครื่องประดับที่มีส่วนผสมของโลหะที่มีความวาวมากขึ้น กำหนดอายุได้ราว 1,700 ปีมาแล้ว จากการค้นพบแกลบข้าวที่ติดอยู่กับเครื่องมือเหล็ก การค้นพบเครื่องมือสำริด แม่พิมพ์สำริด เครื่องมือสำริด เบ้าดินเผา ทำให้สามารถกล่าวได้ว่าวัฒนธรรมบ้านเชียงมีความเจริญก้าวหน้าสูง รู้จักการใช้โลหะกรรมหล่อหลอมสำริดและปลูกข้าวที่เก่าแก่ที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ไม่น้อยกว่า 5,000 ปีมาแล้ว มีความเจริญก้าวหน้าทางวัฒนธรรมไม่เท่าเทียมกันทั้งประเทศ กล่าวคือขณะที่พวกที่อาศัยอยู่ทางแควน้อย และแควใหญ่ของจังหวัดกาญจนบุรี เมื่อ 3,700 ปีใช้หินเป็นเครื่องมือและใช้หินกระดูกสัตว์และเปลือกหอยเป็นเครื่องประดับนั้นพวกที่อาศัยอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศมีความเจริญรุดหน้ากว่ารู้จักใช้สำริดมาทำเป็นเครื่องประดับ และรู้จักใช้เหล็กทำเป็นเครื่องมือ ความเจริญทางวัฒนธรรมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากการขุดค้นทางโบราณคดีพบว่ามีการใช้สำริดทำกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยก่อนแหล่งอื่นของโลกภาคตะวันออก คือประมาณ 2,500 ปีก่อน คริตศักราช คือประมาณ 4,472 ปีมาแล้ว ใกล้เคียงกับเวลาที่ใกล้ที่สุดที่อาจเป็นไปได้ที่บ้านเชียง รูปที่ 2.28 แสดงหลุมขุดค้นในแหล่งประวัติศาสตร์และโบราณคดีที่บ้านเชียง

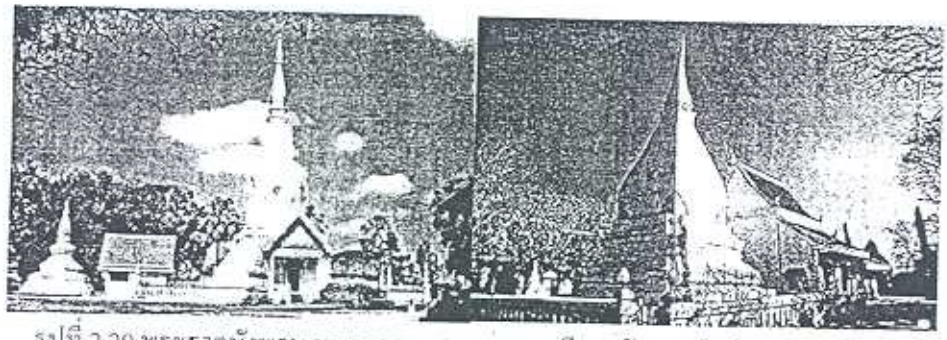


รูปที่ 2.28 แหล่งประวัติศาสตร์และโบราณคดี บ้านเชียง อุดรธานี

ต่อมา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ตั้งของชุมชนโบราณหลายกลุ่ม ดังจะเห็นได้จากการขุดค้นพบซากกระดูก เครื่องใช้ อาทิเช่น ชุมชนที่หลุมขุดค้นบ้านปราสาท ในจังหวัดนครราชสีมา บ้านก้านเหลือง จังหวัดอุบลราชธานี นอกจากจะค้นพบร่องรอยการตั้งรกรากเป็นชุมชนของมนุษย์ยุคประวัติศาสตร์แล้ว ยังพบอิทธิพล

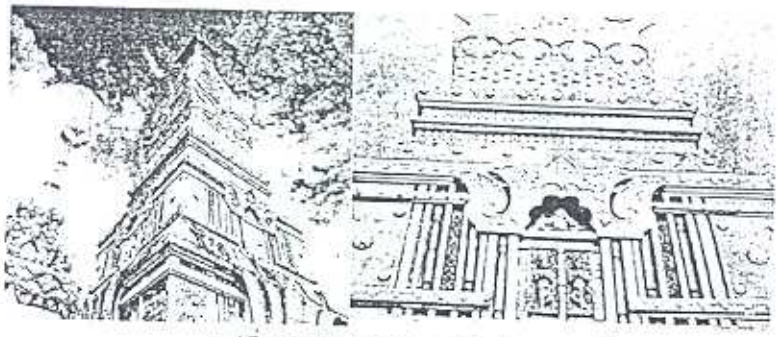
ของอารยธรรมขอม ที่แพร่มาจากวัฒนธรรมของชุมชนอื่น เช่น ฟูนัน เจนละ สิ่งเหล่านี้ปรากฏเป็นหลักฐานบันทึก เช่น จารึก หรือเครื่องใช้ เช่น กลองมโหระทึก ของวัฒนธรรมดองซอน ซึ่งมีรากเหง้าอยู่ในประเทศเวียดนามใน ปัจจุบัน อารยธรรมทวราวดี ได้ปรากฏร่องรอยอยู่ทั่วไปในแผ่นดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ตั้งแต่ที่ราบสูงของแอ่งโคราช ตัวอย่างเช่น เมืองโคภาฆปุระ และเมืองเสมา ในจังหวัดนครราชสีมา เมืองฟ้าแดดสงยาง ในจังหวัดกาฬสินธุ์ ลงไปจนถึงเมืองศรีมโหสถ ในจังหวัดสระแก้ว

สิ่งปลูกสร้างในสมัยทวารวดี ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสถูป เจดีย์ อาจมีร่องรอยหรือโครงเค้าของความเป็นชุมชนหรือเมือง ได้แก่ คูเมือง คันดิน กำแพงเมือง หรือสภาพการวางผังโดยรวม ๆ วัสดุก่อสร้างใช้อิฐเผา มีบ้างที่ใช้หินแลงหรือหินทรายประกอบ (เช่นเมืองเสมาและเมืองโคภาฆปุระ) จากจารึกหรือหลักฐานอื่นที่พบ เช่น ใบเสมา พบที่เมืองฟ้าแดดสงยาง จังหวัดกาฬสินธุ์ ทำให้สันนิษฐานได้ว่าสิ่งปลูกสร้างในสมัยทวราวดีก็ใช้ไม้เป็นวัสดุเช่นกันแต่อาจจะผุพังไปตามเวลา ลักษณะของสถูป เจดีย์ ที่ปรากฏบ้างก็เป็นมูลดินกองใหญ่ หรือเหลือเฉพาะส่วนฐาน มีทั้งฐานเหลี่ยม ฐานเหลี่ยมย่อมุม ฐานแปด และฐานกลม สถูป หรือเจดีย์ที่พบจะมีแบบแผนที่เป็นลักษณะเฉพาะ สันนิษฐานว่า ก่อสร้างในยุคที่ได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมหลาย ๆ ด้าน เช่น ขอม ศรีวิชัย หรือแม้แต่อิทธิพลทางศาสนาพุทธ นิกายลังกาวงศ์ และการผสมผสานฝีมือของช่างสกุลท้องถิ่น ตัวอย่างเช่น พระธาตุบังพวน จังหวัดหนองคาย และพระธาตุศรีสองรักในจังหวัดเลย เป็นต้น (รูปที่ 2.29) สถูป หรือเจดีย์ บางแห่งรับอิทธิพลอารยธรรมทวราวดี เช่น พระธาตุพนม จังหวัดนครพนม (รูปที่ 2.30) ภายหลังมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปเพราะอิทธิพล หรือฝีมือของช่างท้องถิ่น หรืออิทธิพลศิลปะล้านช้าง เช่น พระธาตุเชิงชุม จังหวัดสกลนคร พระธาตุเรณูนคร พระธาตุท่าอุเทน เป็นต้น (รูปที่ 2.31)

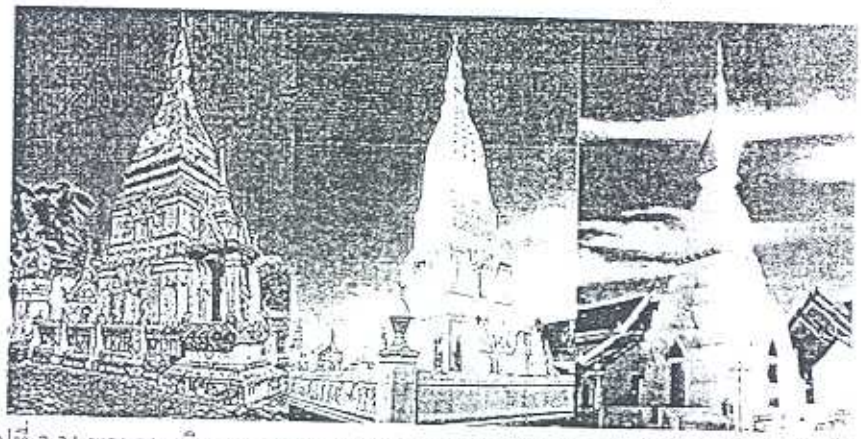


รูปที่ 2.29 พระธาตุบังพวน หนองคาย และพระธาตุศรีสองรัก เลย อิทธิพลศิลปะล้านช้าง

(ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net และ http://kanchanapisek.or.th))



รูปที่ 2.30 พระธาตุพนม ศิลปะทวาราวดี

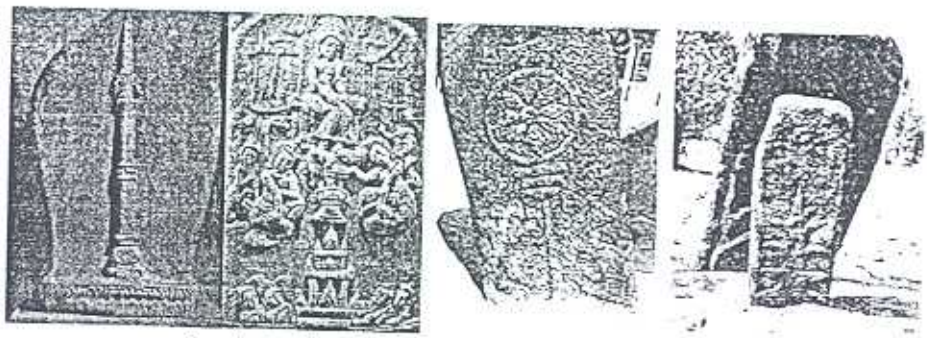


รูปที่ 2.31 พระธาตุเชิงชุม พระธาตุเรณูนคร และพระธาตุท่าอุเทน อิทธิพลศิลปะล้านช้าง และฝีมือช่างสกุลท้องถิ่น

นอกจากสถูป หรือเจดีย์ ยังค้นพบหลักฐานอื่นซึ่งแสดงถึงอารยธรรมทวราวดี เช่น จารึก และเสมา เป็นต้น บ้างกลึงแต่งจากแท่งหิน ตามธรรมชาติโดยมิได้ชะลอ หรือเคลื่อนย้ายขึ้นติดตั้งบนฐาน ตัวอย่างเช่น ภาพสลักนูนต่ำบนแผ่นหินจารึก ที่อุทยานประวัติศาสตร์ ภูพระบาท จังหวัดอุดรธานี จารึกหรือใบเสมาบางแห่งกระจายอยู่ทั้งบริเวณ เป็นหลักฐานแสดงว่า สถานที่ดังกล่าวเคยมีความสำคัญตัวอย่างเช่นใบเสมายุคทวราวดีที่บ้านสงเปือยจังหวัดอำนาจเจริญ นอกจากนั้น รูปสลักหรือข้อความในจารึก ยังสันนิษฐานให้เห็นว่า ในยุคทวราวดีได้รับเอาอิทธิพลจากพุทธศาสนาเข้ามาแทนที่ความนับถือในลัทธิพราหมณ์ หรือศาสนาฮินดู ตัวอย่างเช่น รูปสลักนูนต่ำเล่าเรื่องพุทธประวัติ บนใบเสมาจำหลักเมืองฟ้าแดดสงยาง หรือเสมาจำหลักที่บ้านสงเปือย เป็นต้น (รูปที่ 2.32)

อารยธรรมขอมแพร่เข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่ยุคอาณาจักรเจนละ หรือสมัยก่อนเมืองพระนคร หลักฐานการแพร่กระจายของวัฒนธรรมเจนละ หรือวัฒนธรรมขอมสมัยก่อนเมืองพระนคร (ราวพุทธศตวรรษที่ 12 - 14) เข้ามาสู่ดินแดนประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่เป็นจารึก ซึ่งจารึกที่พบในประเทศไทยนี้ มักมีข้อความสอดรับกันดีกับจารึกที่พบในประเทศกัมพูชา และจดหมายเหตุจีน สะท้อนให้เห็นว่า เมื่อใดที่กษัตริย์ที่ทรงอานุภาพ ขึ้นครองราชย์ที่ราชธานีของอาณาจักรขอมแล้ว ก็มักจะแผ่พระเดชานุภาพเข้าไปในดินแดนใกล้เคียง รวมถึงประเทศไทย

ด้วย ซึ่งหลักฐานจากจารึกเหล่านี้ ทำให้เชื่อกันว่า ในช่วงเวลานั้นอาณาจักรเจนละ ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำโขงตอนกลาง เขตเมืองจำปาสักประเทศลาวปัจจุบัน มีเศรษฐปุระเป็นศูนย์กลาง ศาสนสถานหลักของชุมชนแห่งนี้คือวัดภู ในแขวงเมืองจำปาสัก ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กับดินแดนประเทศไทย น่าจะมีความเกี่ยวข้องกัน ตั้งแต่ราวพุทธศตวรรษที่ 12 ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.33 แผนที่แสดงอาณาจักรเจนละ



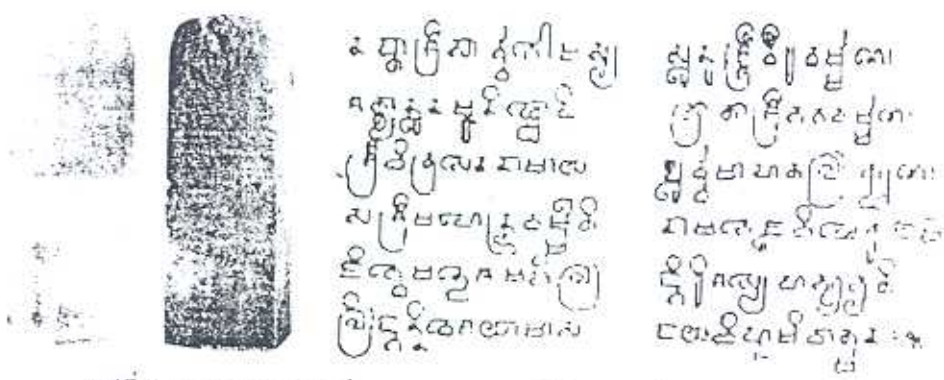
ก. เสมาจำหลักเมืองฟ้าแดดสงยาง ข. เสมาจำหลักบ้านสงเปือย

รูปที่ 2.32 ใบเสมาจำหลักศิลปะทวราวดี แสดงอิทธิพลของพุทธศาสนา

รูปที่ 2.33 แผนที่แสดงอาณาจักรเจนละ

พระเจ้าจิตรเสน หลังจากขึ้นครองราชย์แล้ว ทรงพระนามว่า พระเจ้ามเหนทรวรมัน เป็นกษัตริย์องค์สำคัญของเจนละที่เรืองอำนาจมากพระองค์หนึ่ง หลักฐานเกี่ยวกับอำนาจของพระองค์นั้น พบอยู่เป็นจำนวนมากที่สุดนั้น น่าจะได้แก่บริเวณลุ่มแม่น้ำมูล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยพระเจ้าจิตรเสนทรงกษัตริย์ที่เชี่ยวชาญการศึกสงคราม จดหมายเหตุจีนสมัยราชวงศ์ซุย เมื่อประมาณ พ.ศ. 1132 - 1161 ได้บันทึกไว้ว่า "พระเจ้าจิตรเสนพระองค์นี้น่าจะได้เผชิญศึกสงคราม ควบคู่ไปกับพระเชษฐาของพระองค์ คือ พระเจ้าภววรรมันที่ 1 เจ้าชายทั้ง 2 พระองค์ ทรงเป็นนักรบ ได้ร่วมแรงร่วมใจกันก่อตั้งอาณาจักรเจนละขึ้น โดยยกกองทัพต่อต้านอาณาจักรฟูนันจนประสบชัยชนะ" ทุกครั้งที่พระเจ้าจิตรเสนได้รับชัยชนะ ก็จะสร้างศาสนานุสาวรีย์ พร้อมทั้งจารึก ประกาศพระราชประสงค์ที่สร้างรูปเคารพขึ้น เป็นการอุทิศถวายแด่พระศิวะเทพเจ้า โดยมีพระประสงค์จะให้เป็นที่สักการบูชาของปวงชน ณ อาณาบริเวณนั้น ๆ อีกทั้งเพื่อเป็นการเฉลิมฉลอง และเป็นที่ระลึกแห่งชัยชนะของพระองค์ด้วย

หลักฐานเก่าที่สุดที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ศิลาจารึกที่ระบุพระนามของพระเจ้าจิตรเสน หรือพระเจ้ามเหนทรวรมัน ปัจจุบันพบแล้วจำนวน 10 หลัก มีทั้งจารึกอยู่บนแท่งหินที่ทำขึ้นโดยเฉพาะวางบนฐานประดิษฐกรรม และจารึกบนผนังถ้ำ จารึกไว้ด้วยภาษาสันสกฤตเหมือนกันทุกหลัก ถึงแม้จะไม่ปรากฏศักราช แต่เมื่อศึกษาวิเคราะห์รูปอักษรในจารึกแล้ว ทราบว่าเป็นรูปอักษรปัลลวะในระหว่างพุทธศตวรรษที่ 12 จารึกเหล่านี้พบอยู่ที่จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 5 หลัก ได้แก่ จารึกปากแม่น้ำมูล 1 และ 2 จารึกปากโดมน้อย จารึกวัดสุปัฏนาราม และจารึกถ้ำภูหมาไน จารึกถ้ำเปือยทอง 3 หลัก ที่อำเภอปะคำ จังหวัดบุรีรัมย์ และนอกจากนั้น ที่บริเวณลุ่มแม่น้ำชีตอนบน พบจารึกวัดศรีเมืองแอม ที่อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น ส่วนในภาคตะวันออก จารึกช่องสระแจง ที่อำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว ข้อความในจารึกทั้งหมด แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กล่าวถึงพระนามพระเจ้าจิตรเสน ไม่ได้กล่าวถึงพระนามพระเจ้ามเหนทรวรมัน ได้แก่ จารึกถ้ำเปือยทอง แสดงว่ามีการจารึกในสมัยที่พระองค์ยังเป็นพระเจ้าจิตรเสน ทรงนับถือศาสนาพราหมณ์ ลัทธิไศวนิกาย ตามบรรพบุรุษ เมื่อทำสงครามชนะข้าศึกแล้วพระองค์ได้สร้างศิวลึงค์ ด้วยความภักดีตามคำสั่งของพระบิดาและพระมารดา 2) กล่าวถึงพระประวัติพระเจ้ามเหนทรวรมัน และการสร้างศิวลึงค์ ไว้เป็นเครื่องหมายแห่งชัยชนะของพระองค์ ได้แก่การจารึกปากแม่น้ำมูล 1 และ 2 จารึกวัดสุปัฏนาราม และจารึกปากโดมน้อย 3) กล่าวถึงพระประวัติพระเจ้ามเหนทรวรมัน เหมือนกลุ่มที่ 2 แต่ตอนท้ายต่างกัน คือ ให้สร้างโคอุสภะไว้เป็นสวัสดิมงคลแก่ชัยชนะของพระองค์ ได้แก่ จารึกถ้ำภูหมาไน และ จารึกวัดศรีเมืองแอม และ 4) กล่าวถึงการสร้างบ่อน้ำไว้ให้แก่ประชาชน ในจารึกช่องพระแจง รูปที่ 2.39 แสดงตัวอย่างจารึกที่ระบุพระนามพระเจ้าจิตรเสน และรูปที่ 2.34 แสดงตัวอย่างอักขระในจารึกที่ระบุพระนามพระเจ้าจิตรเสน

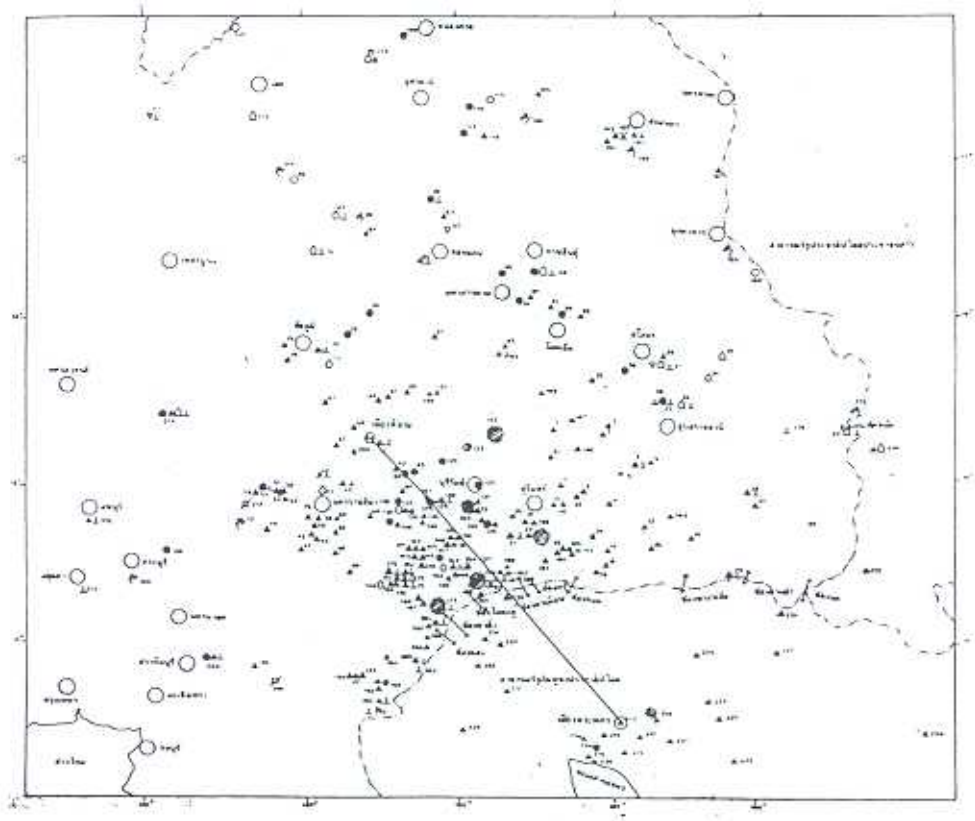


รูปที่ 2.34 ตัวอย่างจารึกที่ระบุพระนามพระเจ้าจิตรเสนที่พบในประเทศไทย

หากเชื่อว่าจารึกที่กล่าวถึงพระนามของกษัตริย์ปรากฏที่ใดก็อาจจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างราชอาณาจักรขอมกับดินแดนนั้น ๆ แล้ว จากจารึกเท่าที่พบแล้วในปัจจุบัน ทำให้ทราบถึงร่องรอยความยิ่งใหญ่ของอาณาจักรเจนละ ในรัชกาลพระเจ้ามเหนทรวรมันนี้ มีอาณาเขตครอบคลุมลำน้ำโขง ตั้งแต่เมืองภวปุระ ซึ่งเป็นเมืองราชธานีในเขตประเทศกัมพูชา ผ่านเมืองจำปาสัก เขตประเทศลาว เข้าสู่ดินแดนทิศตะวันตกเขตประเทศไทย ที่ปากแม่น้ำมูล จังหวัดอุบลราชธานี ล่องตามลำน้ำเข้ามาถึงเขตจังหวัดบุรีรัมย์ และขึ้นมาตามลำน้ำ ที่จังหวัดขอนแก่น ส่วนดินแดนตอนใต้นั้นเข้าไปถึง บริเวณเทือกเขาพนมดงรัก ที่จังหวัดสระแก้ว ซึ่งอยู่ในกลุ่มแม่น้ำบางประกง และบางทีอาจจะเลยเข้าไปถึงลุ่มแม่น้ำป่าสัก ที่จังหวัดเพชรบูรณ์อีกด้วย

หลักฐานจากจารึกที่กล่าวมานี้ นับเป็นหลักฐานทางประวัติศาสตร์รุ่นแรกสุดที่พบ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนโบราณในแถบอีสานกับอาณาจักรเจนละทั้งทางการปกครอง และศาสนาระยะแรกเริ่ม โดยเฉพาะศาสนาพราหมณ์ ลิทธิไศวนิกาย นอกจากจารึกแล้ว ยังพบร่องรอยอารยธรรมขอมในรูปแบบอื่น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.41 รูปจำหลักลอยตัว เป็นเทพต่าง ๆ เช่น พระหริหรักษ์ พระอิศวร พระศิวะ พระนารายณ์ พระคเนศวร์ รูปทวารบาล รูปสัตว์ เช่น พญานาค ราชสีห์ โคนนทิ รูปยักษ์ และแม้แต่รูปแทนพระองค์กษัตริย์ขอม เช่น รูปของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ณ ปราสาทพิมาย เป็นต้น

โบราณสถานขอม ซึ่งพบในประเทศไทย ซึ่งโดยส่วนใหญ่มีกระจัดกระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะแถบตอนล่าง หรือเส้นทางจากเมืองพระนคร ไปจนกระทั่งถึง พิมาย (ปราสาทหินพิมาย) ดังแสดงในรูปที่ 2.35 และตารางที่ 2.3 แสดงโบราณสถานในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 2.35 แผนที่แสดงแหล่งโบราณคดีสำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
(ที่มา: กรมศิลปากร, 2531)

รูปที่ 2.35 (ต่อ)

หมายเหตุ

1 ปราสาทบ้านบัวคูน
2 ปรางค์วัดไพรีพิราลุ
3 ปรางค์วัดบ้านหนองหิน
4 ปราสาทและอารึกสระกำแพงใหญ่
5 ปราสาทสระกำแพงน้อย
6 ปราสาทบ้านปราสาท อ.ตูมพรพิสัย
7 ปราสาทแสรอ อ.เมืองสุรินทร์
8 ปราสาทศรีขรภูมิ
9 ปราสาทบ้านกู่ อ.ปรางค์กู่
10 ปราสาทเมืองที
11 ปราสาทบ้านพระปิลหรือปราสาทแก้ว
12 ปราสาทบ้านเฉนียง
13 ปราสาทกุล
14 ปราสาทภูฝ้าย
15 ปราสาทยายเหงา
16 ปราสาทข้านจาน
17 ปราสาทสังข์ศิลปชัย
18 ปราสาทตาเมยย
19 ปราสาทภูมิโพน
20 ปราสาทและอารึกขาพระวิหาร
21 ปราสาทจอมพระ
22 กู่พระโกนา อ.สุวรรณภูมิ
23 เมืองโบราณและอารึกคงเมืองเดย
24 ปราสาทตะเบียงเตีย
25 ปราสาทสุมพุก
26 ปราสาทหนึ่นโขย
27 ปราสาทตูมเตียวและอารึกปราสาท
28 ปราสาทบ้านพลวงและเสาบ้านพลวง
29 ปราสาทบ้านโพธิ์
30 ปราสาทบ้านช่างปี่
31 ธาตุตาลทองหรือพระธาตุก่องข้าวน้อยม่วงแม่และอารึกบ้านตาลทอง อ.เมืองยโสธร
32 อารึกภูหมาไน-ค้นทาลา
33 ผาแต้ม โขงเจียม
34 โบสถ์บ้านปูลา
35 โบสถ์วัดป่าอรุณวิจิตรพัฒนา
36 อารึกบนโบสถ์วัดไพรีพิรุ่งใหญ่
37 ปราสาทหนองบัญ
38 ปรางค์และอารึกวัดอุบมุงเจริญ
39 กู่บ้านจิ้ว อ.ค้นชื่อนแก้ว
40 อารึกในนสัง
41 เมืองพิมาย ปราสาทหินและอารึกพิมาย ท่านางสระผม กู่กุฏิฤาษีน้อย
42 ปราสาทหินและอารึกพนมวัน
43 ปราสาทและอารึกวัดปรางค์ทอง
44 ปราสาทหนึ่งด้านหรือกู่เทพบิน
45 ปราสาทห้วยทอง อ.ปักธงชัย
46 ปราสาทหินนางเย
47 ปราสาทหนองหอย
48 ปราสาทสระน้อย อ.ปักธงชัย
49 ปรางค์วัดหนองขุนแสงหรือวัดพระเจ้าลองหิน
50 ปราสาทหินเมืองเก่า
51 ปราสาทหินเมืองแขก
52 ปราสาทหินโนนกู่
53 ปราสาทบ้านบุโพธิ์
54 เมืองเสมาและอารึก
55 ปรางค์บ้านประโค
56 ปรางค์สระแพลง อ.โชคชัย
57 ปราสาทบ้านปราสาท อ.โนนสูง
58 ปรางค์พลสงคราม
59 ปรางค์ครบุรี
60 ด้งวัฒนา
61 ปรางค์บ้านสิลา
62 กู่บ้านกู่ อ.บัวใหญ่
63 กู่ศิลา
64 ปรางค์บ้านปรางค์ อ.หัวหนองแสง
65 เมืองด่านจาน (ไทยจาน)
66 เมืองพลับพลา
67 ปรางค์บ้านปรางค์ อ.คง
68 ปราสาทหินบ้านถนนหัก
69 ปราสาทนางรำ
70 ปราสาทหัวสระ
71 อารึกบ่อออิกา
72 ภาพเขียนเขาจันทร์งาม
73 กู่สระหิง
74 ปรางค์กู่ อ.เมืองชัยภูมิ
75 วัดปางกู่ อ.บ้านเขว้า
76 โบสถ์และอารึกบ้านแก้ง พระธาตุหนองสามหมื่น คุ้มบุงพระสังข์
77 โบสถ์กุดไร่
78 เมืองหนองไข่นุ่น
79 เมืองคอนสวรรค์
80 กู่แก้วและอารึกกู่แก้ว อ.เมืองขอนแก่น
81 กู่เปือยน้อยหรือวัดธาตุกู่ทอง อ.เปือย
82 พระธาตุขามแก่น
83 กู่ประภาไชย
84 ปรางค์กู่ อ.หนองเรือ
85 เมืองชัยบาน
86 โนนนกทา
87 โบสถ์อารึกวัดโนนศิลา
88 ธาตุสมเด็จนางพญาหรือคูหัวธาตุ
89 เมืองโบราณหรืออารึกดงเมืองแอม
90 ถ้ำฝ่ามือ
91 เมืองเชียงเทียนและกู่สูงยาง
92 กู่สันเครือพันธ์และอารึกนาดูน
93 กู่บ้านแดง
94 กู่มหาธาตุ
95 เมืองกันทรวิชัย
96 เมืองสาเกตุนคร
97 ปราสาทบ้านสีแก้ว
98 ปราสาทหนองกู่
99 เมืองพนมไพร
100 เมืองเรืองคุก
101 พระธาตุเชิงชุมและอารึก
102 สะพานขอม
103 ปราสาท (พระธาตุ) นารายณ์เจงเวง

รูปที่ 2.35 (ต่อ)

หมายเหตุ

104. ปราสาทพระธาตุภูพึก
105. ปราสาทภูแก้ว อ.สว่างแดนดิน
106. ภูผายนต์ - ภูผักหวาน
107. พระธาตุพนม
108. แหล่งนายกองสูน
109. ถ้ำฝ้ามือแดง
110. เมือง - ใบเสมาศิลปะสุวรรณ
111. เชิงคาน
112. ใบเสมาริมสระพุง
113. ถ้ำผาน้อง
114. บ้านเชียง
115. เมืองหนองหาน
116. เมืองคอนแก้ว
117. กู่บ้านจิต
118. บ้านผือ
119. กุฏิฤาษี อ.พุทไธสง
120. กู่สวนแตง อ.พุทไธสง
121. เคาสดึก อ.สตึก
122. แหล่งโลหกรรมโนนยาลัย อ. คูเมือง
123. เมืองบ้านสะก้ายหรือสะได้ อ.ลำปลายมาศ
124. เมืองแปะเมืองบุรีรัมย์ อ.เมืองบุรีรัมย์
125. เมืองไพรอด อ.หนองหงส์
126. ปราสาทบ้านลำไทร อ.ลำปลายมาศ
127. เมืองสูงและปราสาทเมืองสูง อ.ลำปลายมาศ
128. ปรางค์บุทีน อ.ลำปลายมาศ
129. ปราสาทและจารึกโคกกลาง อ.ลำปลายมาศ
130. ปราสาทขาคระโดง อ.เมืองบุรีรัมย์
131. เมืองและเคาบ้านสลักได อ.เมืองบุรีรัมย์
132. ปราสาทหัวรัว อ.เมืองบุรีรัมย์
133. ศาลปู่เจ้าสระท่อมเมืองคา อ.ประโคนชัย
134. กุฏิฤาษี ค.ช้านี อ.นางรอง
135. ปราสาทหนองดาปล่อง อ.นางรอง
136. ปราสาทหนึ่งและเมืองศิลา อ.หนองหงส์
137. ปราสาทหองหรือกลางบ้าน อ.หนองหงส์
138. เมืองแฝก อ.หนองกี่
139. ปราสาทเมืองปราสาท อ.หนองกี่
140. ปราสาทสระสี่เหลี่ยมหรือสระวัลย์บริรักษ์ อ.นางรอง
141. ปราสาทสระตะโก อ.นางรอง
142. ปราสาทหนองอ้นเปนหรือหนองสังกา อ.นางรอง
143. กุฏิฤาษี ค.หนองโบสถ์ อ.นางรอง
144. ปราสาทหนองกงหรือห้วยกง อ.นางรอง
145. ปราสาทหนองตาสิงหรือตาคำ อ.ประคำ
146. เมืองนางรอง อ.นางรอง
147. ปราสาทตลนหวาย อ.นางรอง
148. ปราสาทหนองไปรังหรือหนองปล่อง อ.นางรอง
149. ปราสาทกระจับโพรง อ.นางรอง
150. ปราสาทหนองยายพิมพ์ อ.นางรอง
151. ใบเสมาอุทยานประวัติศาสตร์พนมรุ้ง อ.นางรอง
152. ปราสาทหินพนมรุ้งและจารึก อ.นางรอง
153. กุฏิฤาษีหนองบัวราย อ.ประโคนชัย
154. ใบเสมาสถานสระแคลง อ.ประโคนชัย
155. ปราสาทบ้านบุ อ.ประโคนชัย
156. กุฏิฤาษีบ้านโคกเมืองและแท่นบัลลังก์ อ.ประโคนชัย
157. ปราสาทเขาปลายบัด(ใประบัด) อ.ประโคนชัย
158. ปราสาทเมืองต่ำ อ.ประโคนชัย
159. ปราสาทสะลมอม อ.บ้านกรวด
160. ปราสาทโคกยาง อ.บ้านกรวด
161. ปราสาทหนอ(ธม) อ.บ้านกรวด
162. ปราสาทหอง อ.บ้านกรวด
163. ปราสาทโนนเบก อ.บ้านกรวด
164. แหล่งโลหกรรมสายไหม อ.บ้านกรวด
165. ปราสาทหนองหงส์ อ.สะทิงพระ
166. ปราสาทหนองบัว อ.สะทิงพระ
167. ถ้ำปีดทอง อ.ประคำ
168. ปราสาทหนองอีหงส์ อ.สะทิงพระ
169. ปราสาทสระตะครือ อ.ประคำ
170. ปราสาทบ้านใหม่ไทยเจริญ อ.ประคำ
171. จารึกถ้ำนประคำและปราสาทวัดโพธิ์น้อย อ.ประคำ
172. ปราสาทหนองไข่น้ำและหลักชัย อ.ประคำ
173. ปราสาทโคกวิงหรือโคกปราสาทและจารึก อ.ประคำ
174. ปราสาททุ่งศรีสุข อ.ประคำ
175. เคาบ้านกรวด อ.บ้านกรวด
176. เคาสะทิงพระ อ.สะทิงพระ
177. เมืองแสงโทน อ.ประโคนชัย
178. ขวิกวัดสระแก้ว
179. กู่กาสิงห์
180. ปราสาทตาเมือน
181. ปราสาทตาเมือนโต๊ด
182. ปราสาทตาเหมือนธม
183. ปราสาทมีชัย
184. ปราสาทบ้านปราสาท อ.สังขะ
185. ปราสาทบ้านสนวน
186. ปราสาทโนนแท่น
187. ปราสาทยอ
188. ปราสาทโอรา
189. ปราสาทแบน
190. กู่บ้านประสาท อ.โนนสูง
191. แหล่งตัดหินเขาคะเกว
192. แหล่งตัดหินสิคิ้ว

ตารางที่ 2.3 แสดงโบราณสถานในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลำดับ	ชื่อโบราณสถาน	สถานที่ตั้ง	รูปแบบศิลปะหรือสถาปัตยกรรม	ยุค (โดยประมาณ) พุทธศตวรรษที่
1*	ปราสาทหินพนมรุ้ง	บุรีรัมย์	ขอมแบบปาปวน	15-18
2*	ปราสาทหินเมืองต่ำ	บุรีรัมย์	ขอมแบบปาปวน	15-18
3	ปราสาทโคกงิ้ว	บุรีรัมย์	ขอมแบบปาปวน	18
4	ปราสาทหนองหงส์	บุรีรัมย์	ขอม แบบปาปวน	16
5	ปรางค์กู่สวนแตง	บุรีรัมย์	ขอมแบบนครวัด	17
6	ปราสาทเมืองที	สุรินทร์	ขอมแบบปาปวน	16-17
7	ปราสาทบ้านไพล	สุรินทร์	ขอม	16
8*	ปราสาทหินบ้านพลวง	สุรินทร์	ขอมแบบปาปวน	16-17
9	ปราสาทตาเมือน	สุรินทร์	ขอม	18
10	ปราสาทตาเมือนโต๊ด	สุรินทร์	ขอม	18
11	ปราสาทตาเมือนธม	สุรินทร์	ขอม	16
12	ปราสาทศรีขรภูมิ (ปราสาทระแงง)	สุรินทร์	ขอมแบบปาปวนรวมกับนครวัด	17
13	ปราสาทตะเปียงเตีย	สุรินทร์	ลาว	16-17
14	ปราสาทภูมิโปน	สุรินทร์	ขอม	13
15	ปราสาทยายเหงา	สุรินทร์	ขอม	16-17
16	ปราสาทจอมพระ	สุรินทร์	ขอมแบบบายน	17
17	ปราสาทบ้านช่างปี่	สุรินทร์	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
18*	ปราสาทหินพนมวัน	นครราชสีมา	ขอมแบบปาปวน	16-17
19	ปราสาทพะโค	นครราชสีมา	ขอม	16
20	ปรางค์ครบุรี	นครราชสีมา	ขอม	16
21	ปรางค์กู่	นครราชสีมา	ขอม	16
22	ปรางค์สีดา	นครราชสีมา	ขอม	16
23*	ปราสาทหินพิมาย	นครราชสีมา	ขอมแบบปาปวน	16
24	ปราสาทนางรำ	นครราชสีมา	ขอมแบบปาปวน	18
25	ปราสาทวัดสระกำแพงใหญ่	ศรีสะเกษ	ขอม	16
26	ปราสาทหินวัดสระกำแพงน้อย	ศรีสะเกษ	ขอม	16
27	ปราสาทบ้านปราสาท	ศรีสะเกษ	ขอม	16
28	ปราสาทปรางค์กู่	ศรีสะเกษ	ขอม	16

หมายเหตุ *บูรณะฟื้นฟูโดยวิธีอนัสติโลซิสแล้ว

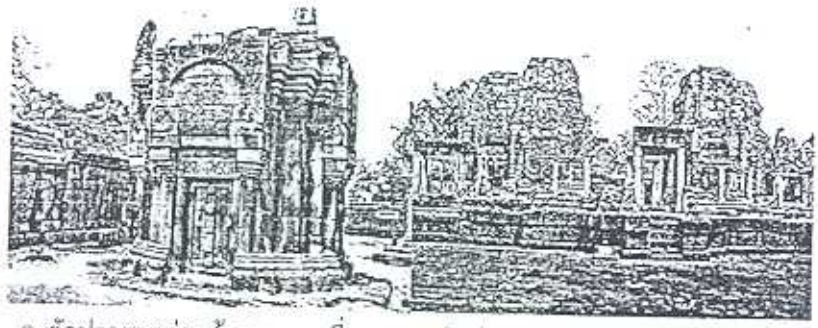
ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อโบราณสถาน	สถานที่ตั้ง	รูปแบบศิลปะหรือสถาปัตยกรรม	ยุค (โดยประมาณ) พุทธศตวรรษที่
29	ปราสาทหินบ้านสมอ	ศรีสะเกษ	ขอม	16
30	ปราสาทตาเล็ง	ศรีสะเกษ	ขอม	16-17
31	ปราสาทตำหนักไทร	ศรีสะเกษ	ขอม	16
32	ปรางค์ศิลาช่องโดนตวล	ศรีสะเกษ	ขอม	16
33	ปราสาทพระธาตุนราธณ์เขงเวง	สกลนคร	ขอมแบบปาปวน	16-17
34	ปราสาทเปือยน้อย	ขอนแก่น	ขอมแบบปาปวน	16-17
35	เมืองโบราณ ดงเมืองแอม	ขอนแก่น	ทวราวดี	11-12
36	ปรางค์กู่	ชัยภูมิ	ขอมแบบปาปวน	18
37	กู่นหาธาตุ	มหาสารคาม	ขอมแบบบายน	18
38	กู่สันตรัตน์	มหาสารคาม	ขอมแบบบายน	18
39	กู่จาน	ยโสธร	ขอม	17-18
40	ปราสาทบ้านแปัญ	อุบลราชธานี	ขอม	15-16
41	เมืองฟ้าแดดสองยาง	กาฬสินธุ์	ทวราวดี	13-16
42	พระธาตุพนม	นครพนม	ทวราวดี	12-14

หมายเหตุ * บูรณะฟื้นฟูโดยวิธีอนัสติโลซิสแล้ว

โบราณสถานขอมรวมทั้งที่พบในประเทศไทยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน คือ ปราสาท ปรางค์ หรือกู่ บ้างก็เรียกโดยจำแนกวัตถุประสงค์ หรือประโยชน์ใช้สอย ซึ่งอาจจำแนกเป็น 3 ประเภท คือ โบราณสถานที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นศาสนพิธี หรือบูชารูปเคารพ (สิ่งค้ำชูลัทธิ) ในโบราณสถานเหล่านี้จึงมักปรากฏห้องโถง หรือห้องพระโรง (เรียกห้องครรภ์คฤหัส) เป็นส่วนศูนย์กลางปราสาท มักมีแท่นวางรูปเคารพ เช่น แท่นฐานโยนี และศิวลึงค์ ท่อโสมสูตร แท่นประดิษฐ์ฐานรูปสลักลอยตัวของกษัตริย์ขอม ภายหลังเมื่อรับอิทธิพลของพุทธศาสนา ก็เป็นพระพุทธรูป ประเภทที่สองบ้างเรียกว่าปรางค์ มีลักษณะเป็นอโรคยาศาล คือเป็นเสมือนสถานพยาบาลรักษาโรคให้แก่ราษฎร์ผู้เจ็บป่วย และอีกประเภทหนึ่ง มีลักษณะเป็นกระโจมไฟ หรือที่พักคนเดินทาง โดยเฉพาะโบราณสถานที่อยู่บนเส้นทางระหว่างเมืองพระนครกับเมืองปลายทางที่สำคัญ เช่น พิมาย ห้องโถงเล็ก ๆ ซึ่งเป็นที่เก็บคัมภีร์ของนักบวช ตำรายา หรือเครื่องประกอบพิธีกรรมอาจเรียกว่าบรรณาลัย หรือกู่ ปราสาทขอมจัดวางผังโดยเชื่อมโยงตำแหน่งและความเชื่อเรื่องจักรวาล ประกอบด้วยการเกิด การดำรงอยู่ และการดับสูญ ตามคติความเชื่อของพราหมณ์และฮินดู ดังนั้น การวางผังปราสาทขอมโบราณจึงมีแกนหลัก แกนนอนและแกนตั้ง โดยแกนหลักในแนวนอนคือทิศหลักทั้ง 4 ทิศ ประตูของปราสาทหันหน้าไปทางทิศตะวันออก หรือบางแห่งหันไปทางเมืองพระนคร (ซึ่งอยู่ในทิศตะวันตก)

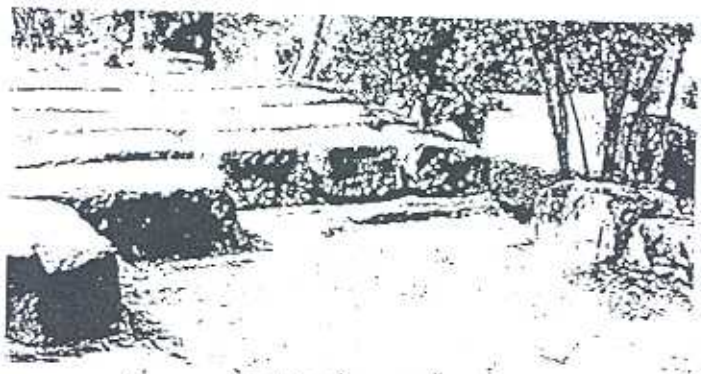
นอกเหนือจากตัวปราสาทหรือหมู่ปราสาทและปรางค์บริเวณ โบราณสถานของขอมมักประกอบด้วย บารายหรือสระน้ำ ซึ่งใช้กักเก็บน้ำ บารายบางแห่งเป็นสระขุด เรียงหรือกรุผนังสระด้วยหิน หรือบางแห่งมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ตัวโบราณสถานกำหนดอาณาเขตโดยกำแพงแก้ว ซึ่งเป็นกำแพงชั้นเดียว หรือเป็นวิหารคด คือมีลักษณะเป็นกำแพงที่มีลักษณะเป็นซุ้มทางเดิน มุขทั้ง 4 ด้านมักมีซุ้มประตู (โคปุระ) ตัวปราสาท อาจแยกก่อสร้างบนฐานเดียวหรือสร้างวางบนฐานเดียวกัน (รูปที่ 2.36)



ก. ตัวปราสาทก่อสร้างบนฐานเดี่ยว ข. ตัวปราสาทหลายหลังบนฐานร่วมกัน

รูปที่ 2.36 ลักษณะฐานรากโบราณสถานขอม

วัสดุที่ใช้ก่อสร้างปราสาทมีทั้งอิฐดินเผา ซึ่งเป็นอิทธิพลดั้งเดิมของทวาราวดี หินแลง (ศิลาแลง) และหินทราย หินทรายเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้สร้างหรือเป็นส่วนประกอบปราสาทขอมมากที่สุด มักพบว่าตัดหรือขลอ เจาะรูแล้วเคลื่อนย้ายด้วยแรงงานคน แรงงานสัตว์ หรือตามกระแสน้ำ มาจากแหล่งอื่น ดังตัวอย่างเช่น แหล่งตัดหินที่พิมายและบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 แหล่งตัดหินที่อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา

3.6 สาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพ เสียเสถียรภาพ หรือวิบัติ

สาเหตุที่ทำให้โบราณสถานเสื่อมสภาพ เสียเสถียรภาพ หรือวิบัติ อาจจำแนกดังนี้

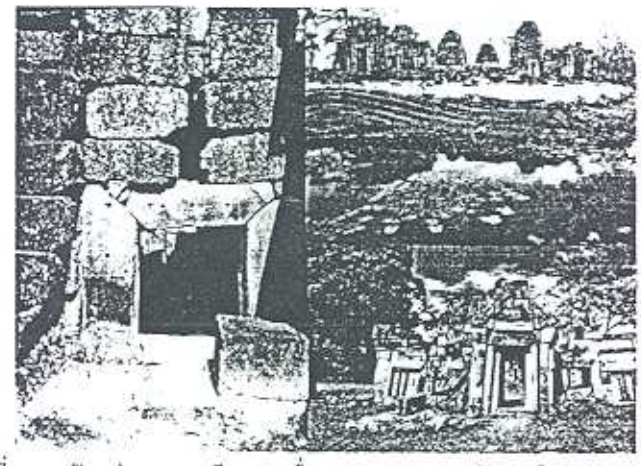
3.6.1 อุบัติภัยธรรมชาติ

อุบัติภัยธรรมชาติ อาจทำให้โบราณสถานเสียหาย หรือวิบัติอย่างรวดเร็วและรุนแรง ตัวอย่าง เช่น อุบัติภัยแผ่นดินไหว ทำให้เจดีย์ที่วัดพระเจดีย์หลวง เชียงใหม่ พังทะลายเสียหาย เป็นต้น (รูปที่ 2.38)

รูปที่ 2.38 วัดพระเจดีย์หลวง เสียหายเพราะอุบัติภัยแผ่นดินไหว

3.6.2 ระบบฐานรากวิบัติ

ระบบฐานรากวิบัติ หมายรวมถึง ความชำรุดทรุดโทรมของฐานราก ฐานรากที่ไม่สามารถต้านทานแรง หรือรับน้ำหนักได้ หรือดิน หินที่รองรับฐานรากวิบัติ เคลื่อนตัว หรือการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน มีผลทำให้โบราณสถานทรุดตัว เอียง แตกร้าว หรือวิบัติได้ (รูปที่ 2.39)



รูปที่ 2.39 ตัวอย่างความเสียหายเนื่องจากการทรุด เอียง หรือวิบัติของฐานราก

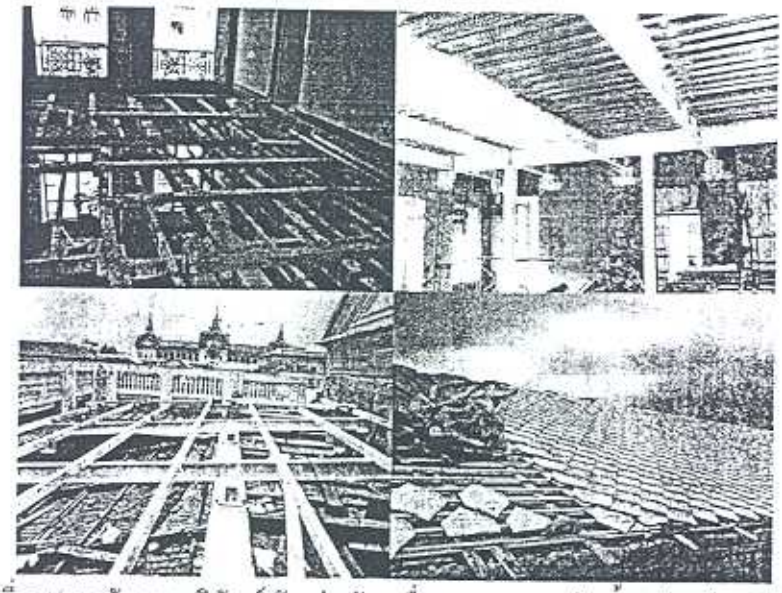
3.6.3 การทำลายโดยมนุษย์

การทำลายโดยมนุษย์มักทำให้โบราณสถานเสียหายได้อย่างร้ายแรง และทำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ยาก ตัวอย่างการทำลายโดยมนุษย์เช่น กรุงศรีอยุธยาที่ถูกเผาทำลายจนเกือบสิ้นสภาพ หรือการขุดค้นวัตถุโบราณ เป็นต้น (รูปที่ 2.40)

รูปที่ 2.40 อุทยานประวัติศาสตร์กรุงศรีอยุธยาจากความเสียหายที่ถูกเผาทำลาย

3.6.4 วัสดุเสื่อมสภาพ

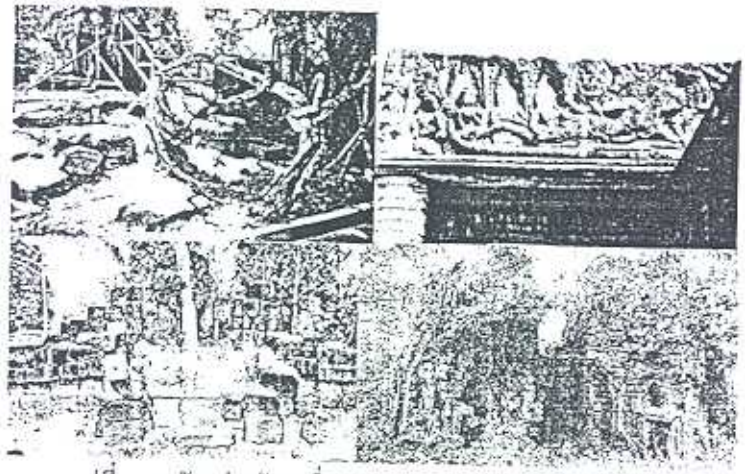
วัสดุที่เป็นส่วนประกอบของโบราณสถานอาจเสื่อมสภาพเพราะการใช้งาน (เช่น รับน้ำหนักบรรทุกเป็นเวลานาน หรือเกิดความล้า) กรณีเช่นนี้ มักจะต้องปฏิสังขรณ์ หรือบูรณะฟื้นฟูโดยการเปลี่ยนวัสดุใหม่ทดแทนของเดิมบางส่วน หรือทั้งหมด (รูปที่ 2.41)



รูปที่ 2.41 หอรัษฎากรพิพัฒน์ ตัวอย่างวัสดุเสื่อมสภาพเพราะรับน้ำหนัก หรือการใช้งาน

3.6.5 ชำรุดทรุดโทรมโดยธรรมชาติและกาลเวลา

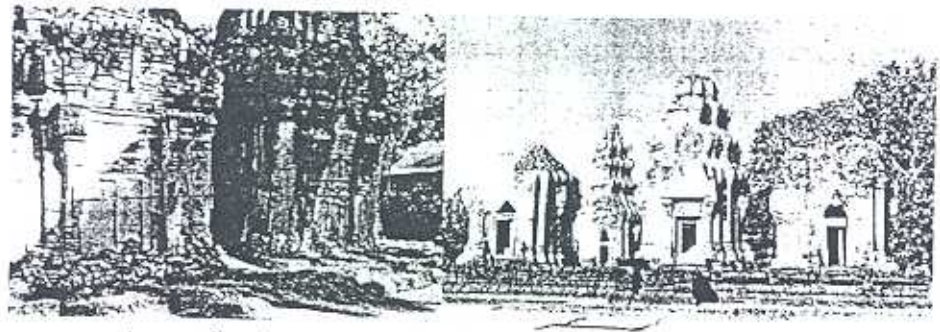
โบราณสถานอาจเสื่อมสุภาพเนื่องจากเหตุธรรมชาติ และกาลเวลา เช่น ปฏิกิริยาชีวเคมี จากสิ่งมีชีวิต เช่น วัชพืช ตะไคร่น้ำ เชื้อรา สภาพความเป็นกรด หรือด่าง ประกอบกับถูกทิ้งร้าง หรือปราศจากการทำนุบำรุง เป็นเวลายาวนาน เช่น เหตุจากความชื้น แสงแดด อุณหภูมิ เป็นต้น (รูปที่ 2.42)



รูปที่ 2.42 ตัวอย่างวัสดุเสื่อมสภาพโดยธรรมชาติและตามกาลเวลา

3.6.6 ถูกก่อสร้างเพิ่มเติมอย่างผิดแบบและวิธี

การก่อสร้างต่อเติมอย่างผิดแบบแผนหรือวิธี อาจเกิดโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ หรือเจตนา แต่โดยทั่วไปแล้ว นอกจากจะทำให้โบราณสถานเสียคุณค่าในเชิงศิลปะ สถาปัตยกรรม หรือโบราณคดีแล้ว ยังอาจทำให้โครงสร้างโบราณสถานต้องบรรทุกน้ำหนักเพิ่มขึ้น อาจชำรุด หรือวิบัติได้ (รูปที่ 2.43)

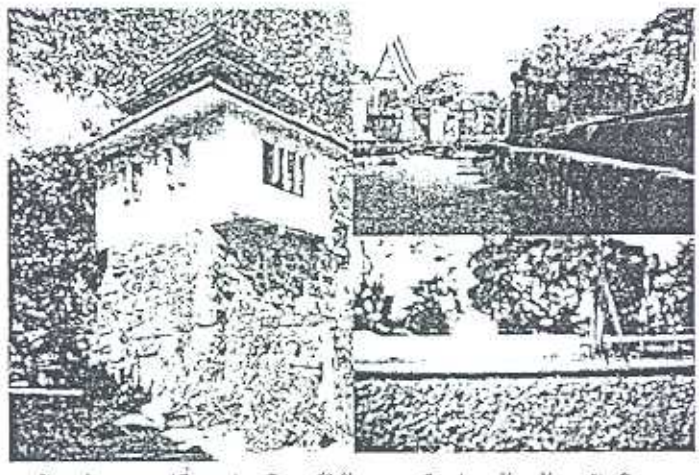


ก. ปราสาทบ้านปราสาท ข. ปราสาทศรีขรภูมิ

รูปที่ 2.43 ตัวอย่างการก่อสร้างต่อเติมอย่างผิดแบบแผนหรือวิธี

3.6.7 การเปลี่ยนประโยชน์ใช้สอย หรือก่อสร้างซ้อนทับ

โบราณสถานขอมหลายแห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถูกเปลี่ยนใช้เป็นศาสนสถาน หรือวัดในพระพุทธศาสนา หรือถูกสิ่งปลูกสร้างอื่นซ้อนทับ จนเปลี่ยนสภาพ และด้อยคุณค่า ในเชิงศิลปะสถาปัตยกรรม หรือโบราณคดี (รูปที่ 2.44)



รูปที่ 2.44 ตัวอย่างการเปลี่ยนประโยชน์ใช้สอย หรือก่อสร้างซ้อนทับโบราณสถานเดิม

3.6.8 การสั่นสะเทือน

ตัวอย่างผลกระทบจากการสั่นสะเทือนได้แก่ การจราจร หรือการก่อสร้างอาคารข้างเคียง ที่สามารถทำให้โบราณสถานชำรุด ทรุด เอียง โยกคลอน แตกร้าว หรือวิบัติได้ (รูปที่ 2.45)

ก. พระปรางค์สามยอด ลพบุรี ข. วังบางขุนพรหม กรุงเทพ

รูปที่ 2.45 ตัวอย่างการสั่นสะเทือนเนื่องจากการจราจร หรือการก่อสร้างในพื้นที่ข้างเคียง

3.7 สรุป

บทนี้กล่าวถึงโบราณสถานในประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย ยุคของประวัติศาสตร์ อารยธรรม สถาปัตยกรรม หรือศิลปวัฒนธรรม ในประเทศไทย รูปแบบ เอกลักษณ์ อิทธิพลทางความคิดที่มีต่อสถาปัตยกรรม ศิลปกรรม โบราณสถานในแต่ละยุค โบราณสถานที่ปรากฏในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และโบราณสถานขอมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุความเสื่อมสภาพ เสียเสถียรภาพ หรือวิบัติ ซึ่งจะนำไปสู่การปฏิสังขรณ์ หรือบูรณะฟื้นฟู ดังจะกล่าวในบทต่อต่อไป.

3. การบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงวิศวกรรม

3.1 ทั่วไป

บทนี้กล่าวถึงการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก คือ การวางแผนและสำรวจ การทดสอบ หรือตรวจสอบ และการบริหารจัดการ งานวางแผนและสำรวจ ประกอบด้วย กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานบูรณะฟื้นฟู ศึกษาข้อเท็จจริง หรือความสำคัญของโบราณสถานในเชิงประวัติศาสตร์ โบราณคดี หรือศิลปวัฒนธรรม และกำหนดแผนสำรวจ อาทิเช่น แผนที่ ผังบริเวณ ตัวอย่างวัสดุที่สุ่มเก็บ การวิเคราะห์คำนวณ หรือตรวจสอบ เป็นงานที่สืบเนื่องจากผลสำรวจ ประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุในสถานที่จริง หรือการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างวัสดุในห้องปฏิบัติการ การใช้ผลสำรวจ เพื่อสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ คำนวณ เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพ สาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพ หรือพังทลายของโบราณสถาน ตลอดจนจำลองสภาพของโบราณสถาน ภายหลังจากที่บูรณะฟื้นฟูแล้ว ภายใต้น้ำหนัก แรง เงื่อนไข หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อทราบสาเหตุ และปัจจัย เพื่อกำหนดแนวทาง หรือมาตรการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถาน ส่วนงานบริหารจัดการเป็นกระบวนการนำเอา ผลสำรวจ วิเคราะห์ คำนวณ หรือตรวจสอบ ไปใช้ในเชิงปฏิบัติ ตลอดจนการใช้สหวิทยาการ และการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงบูรณาการ เนื้อหาของบทนี้ ยังแสดงบริบทของงานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงวิศวกรรม โดยเฉพาะวิศวกรรมโยธา รวมทั้งกระบวนประยุกต์ หรือบูรณาการหลักวิศวกรรมเข้ากับศาสตร์สาขา หรือแขนงอื่น ๆ เช่น สถาปัตยกรรม ประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศิลปวัฒนธรรม และอื่น ๆ เพื่อให้งานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานบรรลุวัตถุประสงค์ และเป้าหมายอย่างมีประสิทธิผล เพื่อทำนุบำรุงโบราณสถานให้คงสภาพ แข็งแรงมั่นคง ทรงคุณค่าทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี หรือศิลปะไว้อย่างครบถ้วนบริบูรณ์ รวมทั้งให้เกิดความเข้าใจในทางที่จะประยุกต์ใช้วิศวกรรม ร่วมกับศาสตร์ในแขนงอื่น ๆ เพื่อให้งานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในประเทศไทย ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

3.2 งานวางผังและสำรวจ

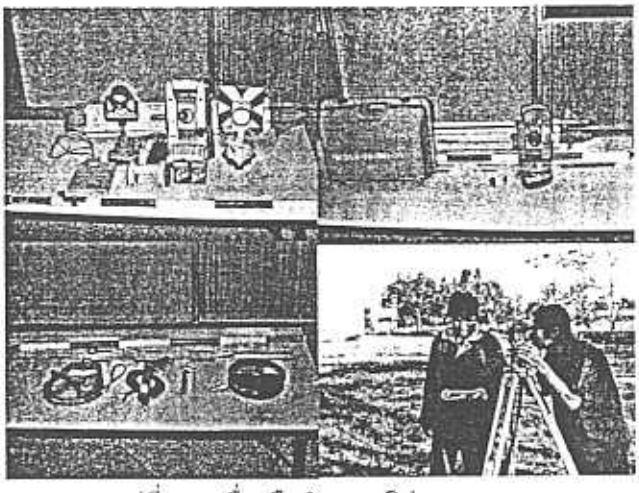
งานวางผังและสำรวจต้องมีองค์ประกอบและรายละเอียดดังนี้

3.2.1 สำรวจพื้นที่เบื้องต้น

งานสำรวจพื้นที่เบื้องต้น เป็นการสำรวจที่ตั้งโบราณสถานสภาพแวดล้อมทั่วไป เพื่อทราบอาณาบริเวณ และข้อมูลเบื้องต้นของโบราณสถาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ กำหนดแนวทางและขอบเขตงานการสำรวจรายละเอียด งานสำรวจพื้นที่เบื้องต้น (Reconnaissance) อาจใช้การเดินสำรวจด้วยตาเปล่า ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ เช่น แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ประกอบกับเครื่องมือ หรืออุปกรณ์สำรวจอย่างง่าย เช่น โซ่วัดระยะ ลูกดิ่ง ระดับน้ำ ผลสำรวจพื้นที่เบื้องต้น อยู่ในรูปของบันทึก แบบร่าง (Sketch) หรือภาพถ่าย

3.2.2 สำรวจภูมิประเทศ

งานสำรวจภูมิประเทศ (Topographic survey) เป็นการรังวัดสำรวจเพื่อทำแผนที่ (Mapping) ผังบริเวณ (Site map or Layout) ทำหมุดระดับหลักฐาน (Reference or Benchmark) โดยใช้เครื่องมือสำรวจภูมิประเทศ (รูปที่ 3.1) เก็บพิกัดทางราบ ทำระดับ เส้นชั้นความสูง (Contour) นอกเหนือจากการสำรวจภูมิประเทศ อาจใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Arial photograph – รูปที่ 3.2) อย่างไรก็ตาม แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมีความถูกต้องแม่นยำสูง มีประสิทธิภาพ แต่จะต้องใช้แผนที่ ที่ทันสมัย หรือมิเช่นนั้นจะต้องสำรวจภูมิประเทศประกอบ เพื่อเก็บรายละเอียดเพิ่มเติม



รูปที่ 3.1 เครื่องมือสำรวจภูมิประเทศ

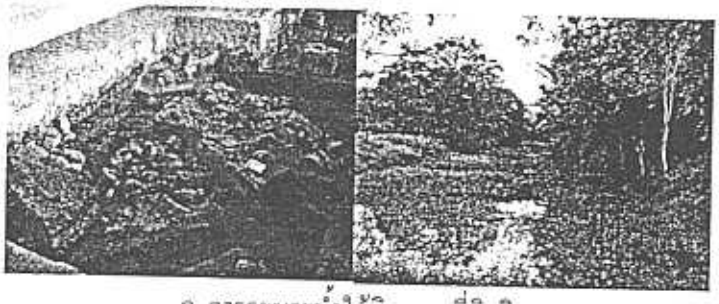
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจังหวัดนครสวรรค์ (ที่มา: http://www.heritage.thaigov.net)

3.2.3 สำรวจการใช้ที่ดิน

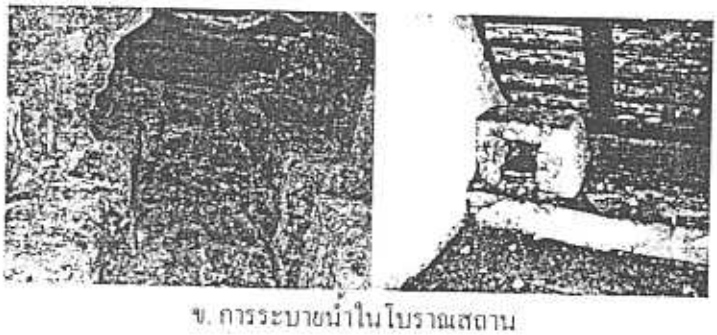
งานสำรวจการใช้ที่ดิน (Land use Survey) มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติ โดยเฉพาะในกรณีที่รอบบริเวณโบราณสถานมีสิ่งปลูกสร้าง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ เพื่อกำหนดมาตรการที่จำเป็น เช่น ทำรั้ว ทำคันดิน หรือทำนบป้องกันน้ำท่วม สร้างระบบระบายน้ำ ปรับปรุงภูมิทัศน์ เป็นต้น งานสำรวจการใช้ที่ดิน อาจทำพร้อมการสำรวจภูมิประเทศ หรืออาศัยแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

3.2.4 สำรวจการระบายน้ำ

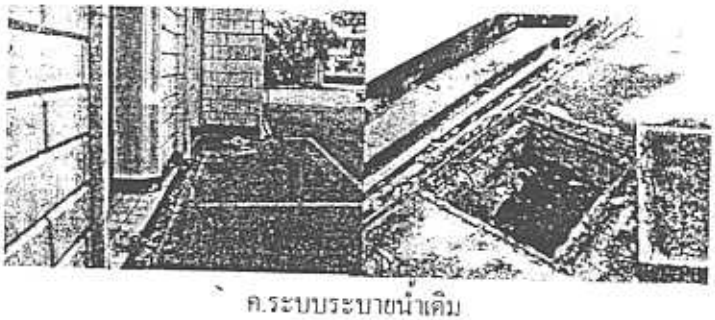
งานสำรวจการระบายน้ำ (Draining survey) ประกอบด้วย สำรวจพื้นที่รับน้ำ (Catchment area) ทิศทางการระบาย หรือไหลบ่าของน้ำท่า(หรือน้ำเหนือผิวดิน – Runoff) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากฝน สภาพการใช้ที่ดิน หรือความสามารถในการซึมซับน้ำ ทางน้ำธรรมชาติ ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุดในแต่ละฤดูกาล สภาพการกัดเซาะของพื้นดิน ระดับน้ำใต้ดิน (Ground water table) งานสำรวจการระบายน้ำ ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำแผนที่เส้นชั้นความสูง ประกอบกับข้อมูลการระบายน้ำ เพื่อใช้ในการปรับปรุงพื้นที่หรือภูมิทัศน์ นอกจากนั้น งานสำรวจการระบายน้ำ ยังหมายรวมถึงการระบายน้ำบนหลังคาคลุม ระบบระบายน้ำเดิม การระบายน้ำอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่อง หรือติดต่อกับโบราณสถาน ซึ่งความชื้นมีผลต่อความมั่นคงแข็งแรงของโบราณสถาน หรือเป็นสาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพ ซึ่งจะต้องปรับปรุงแก้ไข รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างงานสำรวจการระบายน้ำบริเวณโบราณสถาน



ก. การระบายน้ำใต้ดิน และที่ผิวดิน



ข. การระบายน้ำในโบราณสถาน



ค.ระบบระบายน้ำเดิม

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างงานสำรวจการระบายน้ำบริเวณโบราณสถาน

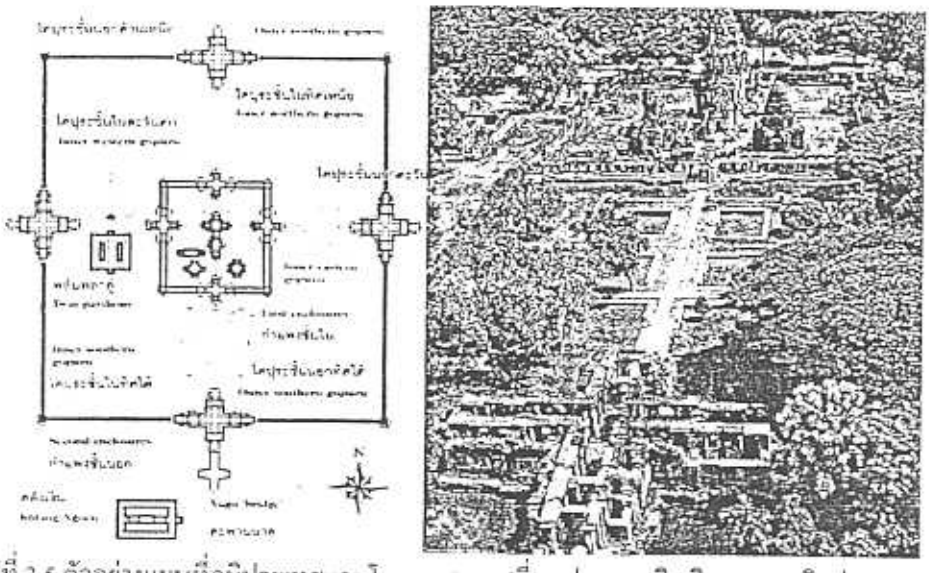
3.2.5 หมุดหลักฐาน

ในการสำรวจ และวางผัง จะต้องกำหนดตำแหน่ง และจำนวนหมุดหลักฐาน โดยคำนึงถึงความละเอียดของงาน หรือปัจจัยเงื่อนไขอื่น ๆ เช่น ภูมิประเทศ อุปสรรคในงานสำรวจ เวลา และงบประมาณ หมุดหลักฐาน ประกอบด้วย หมุดควบคุมพิกัดทางราบ และทางดิ่ง (Benchmark) หากเป็นไปได้ หมุดดังกล่าวควรทำไว้อย่างถาวร ป้องกันการคลาดเคลื่อน หรือถูกรบกวน มีจุดใยงยึดที่ใช้อ้างอิง หรือวัดสอบ ความถูกต้องของหมุดหลักฐานได้ ทั้งนี้ จะต้องคำนึงถึงความสะดวกในการอ้างอิงหมุดหลักฐานภายในบริเวณโบราณสถานที่จะฟื้นฟูบูรณะ รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างหมุดหลักฐาน

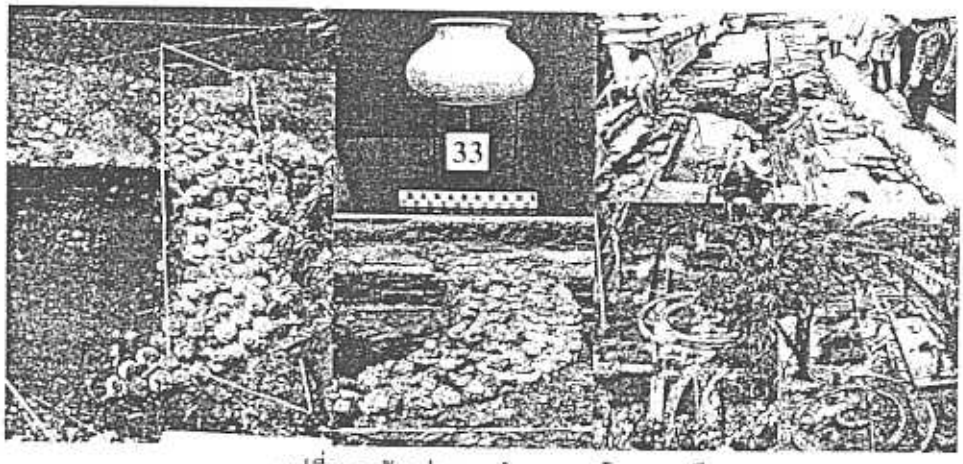
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างหมุดหลักฐาน

3.2.6 สำรวจโบราณสถาน

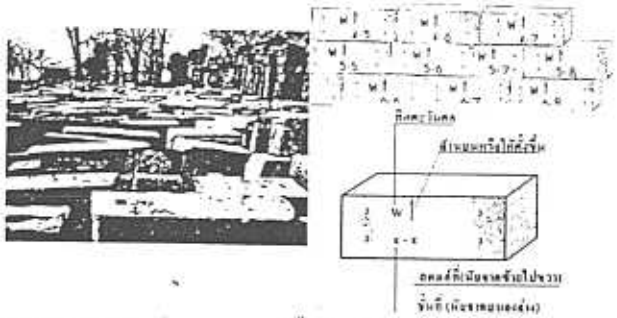
นอกเหนือจากงานสำรวจภูมิประเทศเพื่อทำแผนที่ดังกล่าวมาข้างต้นแล้ว งานสำรวจยังหมายความรวมถึงการสำรวจโบราณสถาน ปกติมักเรียกว่า เป็นการสำรวจทางโบราณคดี แต่งานสำรวจโบราณสถานในที่นี้ มีความหมายในวงกว้าง หมายถึงการสำรวจทั้งในเชิงวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และโบราณคดี ปกติแล้ว จะต้องให้ความสำคัญกับงานสำรวจทางโบราณคดี เป็นลำดับแรก ทั้งนี้เพราะ กระบวนฟื้นฟูบูรณะโบราณสถานมุ่งเน้นที่จะรักษาสภาพ และผดุงคุณค่าของโบราณสถาน ทั้งในเชิงประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม ศิลปกรรม หรือโบราณคดี ให้มากที่สุด โดยงานสำรวจเชิงวิศวกรรม และสถาปัตยกรรม จะช่วยสนับสนุนการเตรียมงานก่อนฟื้นฟูบูรณะ เช่น ทำพิกัดอ้างอิง หรือพิกัดฉาก (Grid line) แปลนรูปด้าน รูปตัด ซึ่งเป็นงานรวมรายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งของโบราณสถาน ทั้งทางราบ และทางดิ่ง ทำระเบียนชิ้นส่วน หรือองค์อาคารต่าง ๆ ถ่ายภาพ สำรวจความชำรุดเสียหาย ของชิ้นส่วนต่าง ๆ หรือระบบโครงสร้าง ปัญหาอุปสรรคที่พึงระวัง ระหว่างฟื้นฟูบูรณะ เป็นต้น รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศและโบราณสถาน รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการสำรวจทางโบราณคดี และรูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการทำระเบียนชิ้นส่วนโบราณสถาน



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างแผนที่ภูมิประเทศและโบราณสถาน (ที่มา ปราสาทหินพิมาย, กรมศิลปากร, 2531)



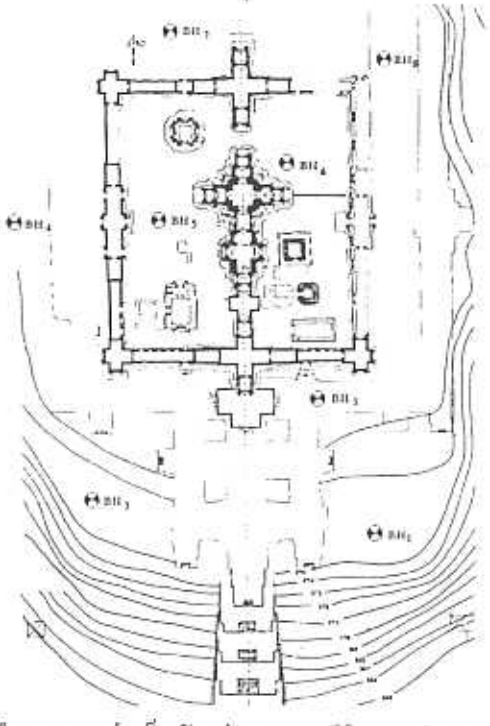
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการสำรวจทางโบราณคดี



รูปที่ 3.7 การทำระเบียนหรือเครื่องหมายบนชิ้นส่วนโบราณสถาน (ที่มา: กรมศิลปากร, 2531)

3.3 งานสำรวจและทดสอบทางธรณีวิทยา และธรณีเทคนิค

งานสำรวจทางธรณีวิทยา และธรณีเทคนิค หมายถึงกระบวนสำรวจ ธรณีสัณฐาน สภาพธรณีวิทยา และธรณีเทคนิค เพื่อทราบคุณสมบัติของดิน หรือหิน บริเวณที่ตั้งโบราณสถาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของระบบฐานรากและโครงสร้างโบราณสถาน รวมถึงการสำรวจเพื่อเก็บตัวอย่าง (Sampling) ดิน หรือหิน ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และกลสมบัติในห้องปฏิบัติการ งานสำรวจทางธรณีเทคนิค ประกอบด้วยการสำรวจด้วยตาเปล่า (Visual inspection) การใช้เครื่องมืออย่างง่ายเพื่อทดสอบในสถานที่ เช่น การทดสอบกำลังอัดของหิน หรือ อิฐ โดยใช้ Plate load test การใช้สว่านเจาะดินสุ่มเก็บตัวอย่าง เป็นต้น งานสำรวจทางธรณีเทคนิค จะต้องเริ่มด้วยการวางแผน เช่น กำหนดตำแหน่งสุ่มเก็บตัวอย่างตามความสำคัญ ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้งของโบราณสถาน ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะพังทลาย หรือตำแหน่งที่จำเป็นจะต้องเสริมกำลังฐานราก เป็นต้น นอกจากนั้น จะต้องกำหนดขอบเขตของการสำรวจ ข้อมูลที่ต้องการ จำนวนตัวอย่าง วิธีทดสอบ หรืองบประมาณ เป็นต้น (ดู หัวข้อถัดไป) รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างผังสำรวจและสุ่มเก็บตัวอย่างทางธรณีวิทยา



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างผังสำรวจและสุ่มเก็บตัวอย่างทางธรณีวิทยา (ปราสาทพนมรุ้ง กรมศิลปากร, 2531)

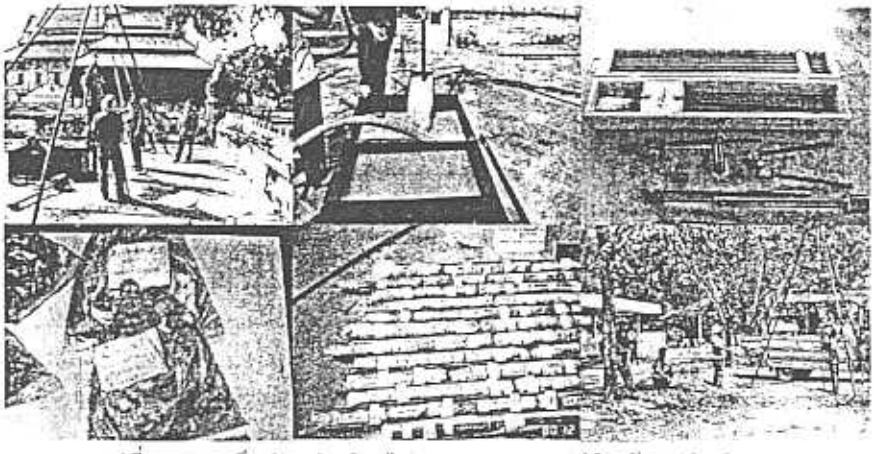
3.4 งานทดสอบวัสดุ

งานทดสอบวัสดุ เป็นกระบวนเพื่อทราบคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties) หรือกลสมบัติ (Mechanical properties) ของวัสดุ เพื่อนำไปสู่กระบวนวิเคราะห์ คำนวณเพื่อฟื้นฟูโบราณสถานในที่สุด ตัวอย่างคุณสมบัติกายภาพของวัสดุได้แก่ มิติ น้ำหนัก หน่วยน้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะ สี ผิวเนื้อ (Texture) ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของหิน ดิน แร่ และตัวอย่างกล

สมบัติ ได้แก่ ความแข็ง โมดูลัสยืดหยุ่น กำลังต้านทานแรงอัด แรงดึง แรงเฉือน หรือแรงดัด เป็นต้น องค์ประกอบของงานทดสอบวัสดุมีดังนี้

3.4.1 การสุ่มเก็บตัวอย่าง

นอกเหนือจากงานสำรวจทางธรณีวิทยา หรือธรณีเทคนิค การทดสอบทางวิศวกรรมอื่น ๆ บางประเภท ก็ไม่สามารถกระทำได้ ในสถานที่ แต่จะต้องสุ่มเก็บตัวอย่าง (Sampling) เพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น องค์ประกอบทางเคมี กำลังต้านทานแรงของวัสดุ เป็นต้น การสุ่มเก็บตัวอย่างจะต้องเริ่มต้นด้วยการกำหนดแผนงาน ตำแหน่งที่จะเก็บตัวอย่าง ซึ่งพิจารณาตามความสำคัญของสิ่งปลูกสร้าง หรือสถานที่ คุณสมบัติที่ต้องการตรวจสอบ และจำนวนตัวอย่าง รวมถึงงบประมาณ รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของวัสดุในห้องปฏิบัติการทดสอบ



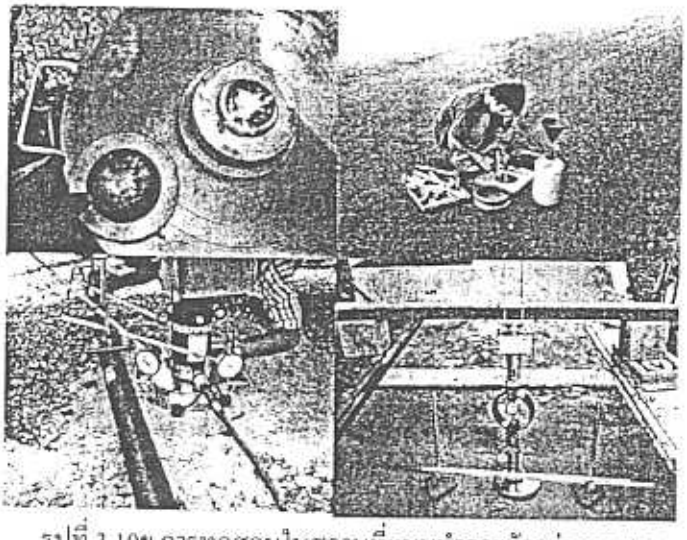
รูปที่ 3.9 การเก็บตัวอย่างดิน ไปทดสอบกลสมบัติในห้องปฏิบัติการ

3.4.2 การทดสอบในสถานที่

การทดสอบในสถานที่ (Field or in-situ test) ต้องใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ทดสอบวัสดุในสถานที่จริง โดยเลือกสุ่มตัวอย่าง หรือกำหนดตำแหน่งทดสอบ การทดสอบในสถานที่ อาจเป็นได้ทั้งการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-destructive test) ซึ่งตัวอย่างวัสดุทดสอบจะยังคงสภาพ ไม่เสียหายภายหลังทดสอบ หรือการทดสอบแบบทำลาย (Destructive test) เป็นกระบวนการทดสอบที่ ภายหลังทดสอบ ตัวอย่างวัสดุจะเสียหาย เปลี่ยนสภาพ หรือถูกทำลาย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลจากการวิบัติภายใต้น้ำหนัก หรือแรงกระทำ เช่น ทดสอบกำลังรับแรงอัด หรือแรงดึงของหิน เป็นต้น ตัวอย่างการทดสอบในสถานที่ได้แก่ ทดสอบกำลังอัดของหิน หรืออิฐโดย Schmidt Hammer Plate load test ทดสอบความหนาแน่นของดินในสนามโดยวิธีทรายแทนที่ (Field density test by sand replacement) ทดสอบแรงแบกทานของดิน (Bearing capacity or plate load test) ทดสอบการเจาะหยั่ง (Standard Penetration Test - SPT) การใช้อุปกรณ์ Ultrasonic ตรวจสอบรอยร้าว หรือความต่อเนื่องของเนื้อวัสดุ เป็นต้น รูปที่ 3.10ก

แสดงตัวอย่างการทดสอบในสถานที่ โดยวิธีทำลายตัวอย่าง รูปที่ 3.10ข แสดงตัวอย่างการทดสอบในสถานที่ไม่ทำลายตัวอย่างทดสอบ

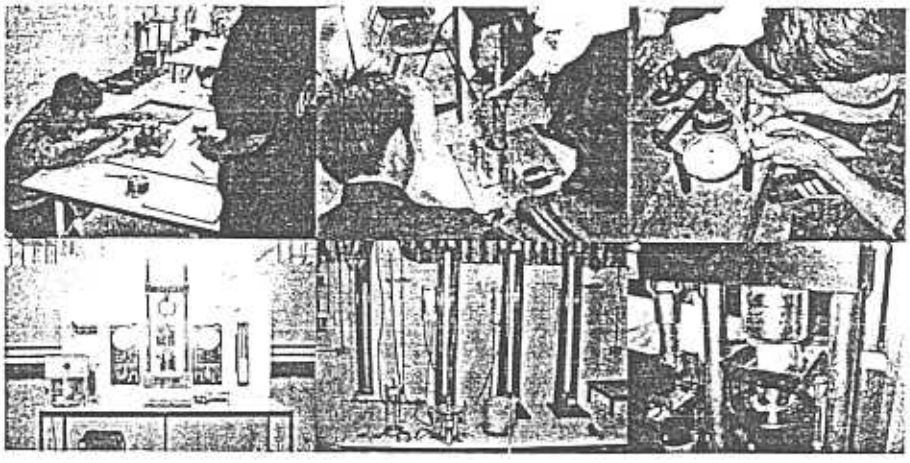
รูปที่ 3.10ก การทดสอบในสถานที่โดยไม่ทำลายตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 3.10ข การทดสอบในสถานที่แบบทำลายตัวอย่างทดสอบ

3.4.2 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

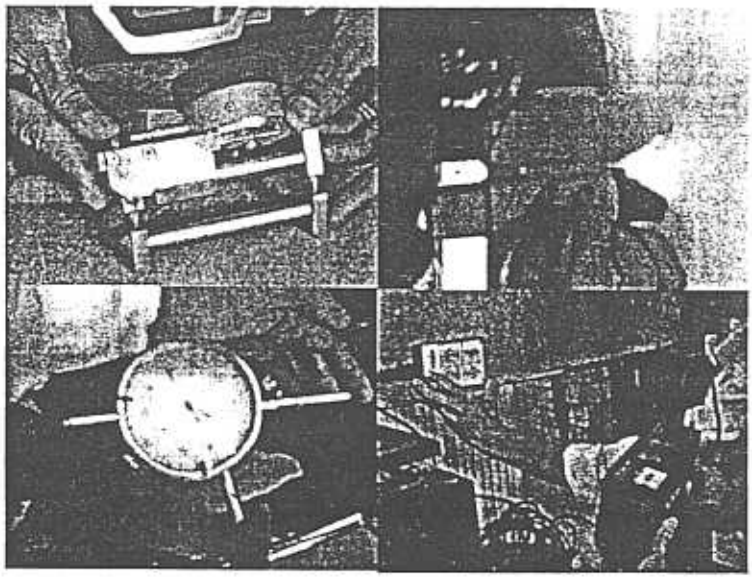
การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory test) เป็นกระบวนการทดสอบอย่างละเอียด ต้องใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ทดสอบที่ละเอียดแม่นยำมากขึ้น การทดสอบในห้องปฏิบัติการ มักเป็นการทดสอบแบบทำลาย เพราะต้องใช้ตัวอย่างวัสดุที่สุ่มเก็บจากการสำรวจ เช่น สำรวจทางธรณีวิทยา ดังที่กล่าวไว้แล้ว ตัวอย่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้แก่ การวิเคราะห์ขนาดของมวลดิน การหาหน่วยน้ำหนัก น้ำหนักจำเพาะ ปริมาณความชื้น ขีดจำกัดเหลว การทดสอบกำลังรับแรงอัดของวัสดุ เช่น หิน ดิน เป็นต้น รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการทดสอบ



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.4.3 ทดสอบ หรือตรวจสอบโดยอุปกรณ์ละเอียด

การทดสอบ หรือตรวจสอบโดยอุปกรณ์ละเอียด หมายถึงการทดสอบ หรือตรวจสอบที่ต้องใช้เครื่องมือวัดละเอียด หรือเทคโนโลยีสูง เช่น ใช้กล้องส่องกำลังขยายสูงเพื่อตรวจขนาดรอยแตกร้าว ใช้ระบบคลื่น Ultrasonic เพื่อหาตำหนิ หรือรอยแตกร้าวภายในเนื้อวัสดุ หรือใช้รังสีเอ็กซ์ (X-ray) ถ่ายภาพเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบละเอียดของวัสดุ เป็นต้น ทั้งนี้ อาจเป็นได้ทั้งการทดสอบ หรือตรวจสอบในสถานที่ หรือห้องปฏิบัติการ รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการทดสอบโดยใช้เครื่องมือละเอียด



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการทดสอบโดยใช้เครื่องมือละเอียด

3.4.5 มาตรฐานทดสอบ

มาตรฐานทดสอบ (Test standard) ว่าด้วยเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวแก่วัสดุ คุณสมบัติ การสุ่มเก็บตัวอย่าง (จำนวน ตำแหน่ง มิติ ความผิดพลาดคลาดเคลื่อน) การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ทดสอบ ลำดับขั้นตอนและวิธีทดสอบ การวัดผล การคำนวณผลการทดสอบ เกณฑ์ยอมรับหรือความผิดพลาดคลาดเคลื่อน

3.5 การจำลองและวิเคราะห์โครงสร้าง

เมื่อได้ทราบความเป็นมา ผัง และองค์ประกอบของโบราณสถาน ตลอดจนรายละเอียดเกี่ยวแก่วัสดุ โดยเฉพาะกลสมบัติของวัสดุแล้ว ก็จะสามารถจำลองโครงสร้าง และวิเคราะห์ หรือคำนวณโครงสร้างโบราณได้

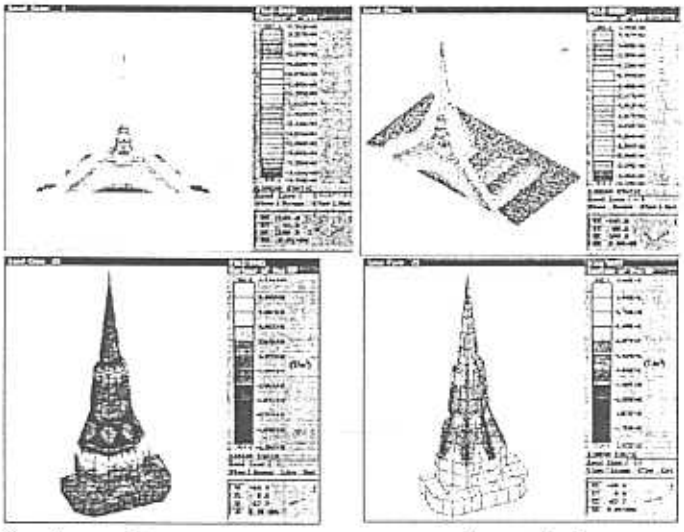
แบบจำลอง (Modeling) หมายถึง แบบแผน หรือแบบย่อส่วนของอาคาร หรือโครงสร้างที่คาดว่าจะก่อสร้าง (A set of plans for a building or a pattern of something to be made) หรือเป็นคำอธิบายแบบอย่างของสิ่งที่จะก่อสร้าง เพื่อให้เกิดภาพ หรือเข้าใจได้ (A description or analogy used to help visualize something that cannot be directly observed) หรือเป็นระบบระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของจำนวน ตัวเลข หรือเชิงปริมาณ (A system of postulates, data and inferences presented as a mathematical description of an entity or state of affairs) คำที่มีความหมายคล้ายคลึงกันได้แก่ Example, Exemplar, Pattern หรือ Ideal ซึ่งมีความหมายท้านองแบบแผนที่กำหนดไว้ในเบื้องต้นก่อนที่จะลงมือทำ (Something set before one for guidance or something taken or proposed as worthy of imitation)

กระบวน หรือการจำลอง (Modeling) หมายถึงการทำงาน หรือปฏิบัติตามแบบจำลองที่ได้สร้างไว้ หรือวางแผนไว้ (To plan or form after a pattern or to produce a representation or simulation or to construct or fashion in imitation of a particular model or to act as a fashion model) การจำลองโครงสร้าง จะต้องอาศัยสมมติฐาน (Assumption) ซึ่งหมายถึงข้อสมมติที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริง หรือที่เป็นไปได้ เพื่อสันนิษฐานว่าสิ่งที่จะพิสูจน์ หรือวิเคราะห์เป็นจริงในเบื้องต้น (A fact of statement taken for granted that something is true)

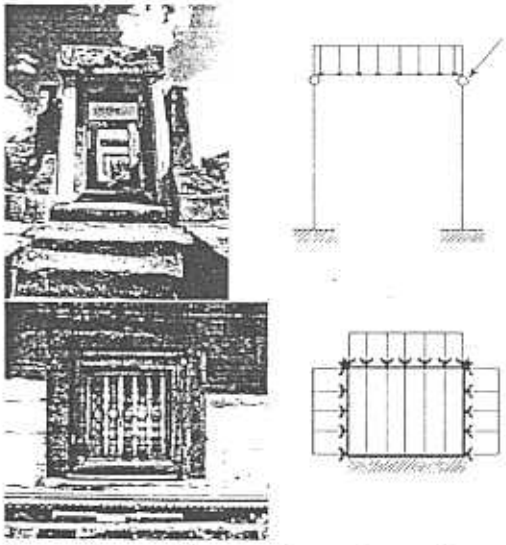
ในเชิงวิศวกรรมโครงสร้างกระบวนจำลองโครงสร้างมีวัตถุประสงค์ที่จะแปลง (Transform) ข้อมูล (Input) ของอาคาร อันได้แก่คุณสมบัติทางกายภาพ (เช่นมิติ พื้นที่ภาคตัดขวาง โมเมนต์เฉื่อยของรูปหน้าตัด หน่วยน้ำหนัก) และกลสมบัติ (เช่นโมดูลัสยืดหยุ่น อัตราส่วนปัวซองส์) ให้อยู่ในเชิงปริมาณ (เป็นตัวเลข หรือจำนวน – Quantitative) หรือเชิงคุณภาพ (เช่น ตรรกะสำหรับบอกสภาพที่รองรับ หรือการยึดรั้งด้วยเลขฐานสอง สัญลักษณ์) เพื่อให้อยู่ในรูปที่สามารถวิเคราะห์ได้โดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข หรือจำนวน

ตัวอย่างเช่น แบบจำลองโครงสร้าง ประกอบด้วย คุณสมบัติทางกายภาพคุณสมบัติทางกายภาพของโครงสร้าง ซึ่งมีรูปร่าง แสดงด้วยจุดต่อ (Joint) องค์อาคาร (Member or Element) ได้แก่ความกว้าง ความยาว ความหนา หรือความลึก หากเป็นรูปหน้าตัดเรขาคณิตง่าย ๆ ที่รองรับ ขอบเขต สภาพการยึดรั้ง (Support or boundary condition) และกลสมบัติของวัสดุ แบบจำลองโครงสร้าง เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลข ที่แปลงคุณสมบัติกายกายภาพและกลสมบัติ ให้เป็นตัวเลขในเชิงคำนวณ ตัวอย่างเช่น โบราณสถานจริงใช้อิฐ หรือหินเรียงซ้อนประกบกัน อาจมีวัสดุประสานหรือยึดต่อบ้าง มีร่อง สลัก หรือเดือยยึดบ้างแต่ก็มิได้เป็นองค์อาคารที่มีคานต่อเนื่อง

หรือใช้วัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Monolithic) ดังนั้นจำลองโครงสร้างโบราณสถาน จึงอาจมีลักษณะแตกต่างจากอาคารทั่วไป ปราศจากโครงข้อแข็งซึ่งประกอบด้วยเสา และคาน แต่กลับมีลักษณะเหมือนกับหน่วย (Unit or Cell) ขององค์อาคารมาเรียงต่อกันคล้ายอิฐ อาจเรียงแบบจำลองประเภทนี้ว่า Brick Structure System อาจเป็นแบบจำลอง 2 หรือ 3 มิติ (รูปที่ 3.12ก) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การจำลองโบราณสถานทั้งหลังโดยใช้แบบจำลองที่ซับซ้อนนั้น อาจไม่เกิดประโยชน์ ดังนั้น บางครั้งจึงอาจจำลองเฉพาะบางส่วน หรือบางองค์อาคารของโบราณสถาน (รูปที่ 3.12ข)



รูปที่ 3.11ก ตัวอย่างแบบจำลองระบบ Brick Structure ของโครงสร้างโบราณสถาน



รูปที่ 3.11ข ตัวอย่างแบบจำลององค์อาคาร หรือบางส่วนของโครงสร้างโบราณสถาน

การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึงการจำแนกแยกย่อย หรือพิจารณาถึงรายละเอียดทั้งปวง (Separation of a whole into its component parts) หรือกระบวนการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งอาศัยสมมติฐานของผลลัพธ์ และอุปมานโดยกระบวน หรือลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ที่สมเหตุผล (Proof of a mathematical proposition by assuming

the result and deducing a valid statement by a series of reversible steps) หรือหมายถึงระเบียบวิธีในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนให้อยู่ในรูปง่ายขึ้น (A method in philosophy of resolving complex expressions into simpler or more basic ones) หรือการแจงรายละเอียดของรูปที่แสดง เช่นสมการทางคณิตศาสตร์ ให้รู้แจ้งเห็นจริง (Clarification of an expression by an elucidation of its use in discourse) อาจกล่าวโดยสรุปว่า การวิเคราะห์โครงสร้างมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาแรงภายในองค์อาคารต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงขององค์อาคาร หรือโครงสร้างซึ่งเป็นผลเนื่องจากน้ำหนัก หรือแรงภายนอก

อนึ่ง ฐาน หรือที่รองรับโบราณสถาน เป็นที่ทราบว่าในอดีต โบราณสถานส่วนใหญ่วางอยู่บนดิน หรือหินเรียงรูปแบบต่าง ๆ บ้างก็ใช้ท่อนซุงวางเรียงซ้อนกันหลายชั้น ซึ่งฐานรากดังกล่าวนี้ อาจทรุดเคลื่อนคัว หรือเสื่อมสภาพ พฤติกรรมของฐานรากโบราณสถาน จึงแตกต่างจากอาคารสมัยใหม่ เพราะขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของดิน หรือหินที่ใช้ทำฐานรากนั่นเอง ตารางที่ 3.1 แสดงช่วงโมดูลัสยืดหยุ่นของหินบางชนิดโดยประมาณ การกำหนดที่รองรับของแบบจำลองโครงสร้างจึงยุ่งยากขึ้น อาจต้องทดสอบกำลังต้านทานแรงของดิน หรือหิน อนึ่ง กลสมบัติของดิน หรือหินอาจผันแปรตามแหล่งกำเนิดหรือปัจจัยอื่น ๆ ดังนั้นการสุ่มเก็บตัวอย่าง การทดสอบวัสดุในสถานที่ก่อสร้าง หรือการทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ ย่อมทำให้ทราบคุณสมบัติของวัสดุ และการคำนวณละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3.1 ช่วงโมดูลัสยืดหยุ่นของหินบางชนิดโดยประมาณ

ชนิดของหิน	โมดูลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคาล)
Limestone	3 - 27
Dolomite	7 - 15
Limestone (very hard)	70
Sandstone	10 -20
Quartz – sandstone	60 - 120
Greywacke	10 - 14
Siltstone	3 - 14
Gneiss – fine	9 - 13
Gneiss – coarse	13 - 23
Schist – Micaceous	21
Schist - Biotite	40
Schist - Granitic	10
Schist - Quartz	14
Granite – very altered	2
Granite - slightly altered	10 - 20
Granite - good	20 - 50
Quartzite - Micaceous	28
Quartzite - sound	50 - 80
Dolomite	70 - 100
Basalt	50
Andesite	20 - 50
Amphibolite	90

3.6 น้ำหนัก หรือแรง

น้ำหนัก หรือแรงกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างมีผลให้องค์อาคาร หรือโครงสร้าง เกิดแรงต้านทาน และการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงขององค์อาคาร หรือโครงสร้างซึ่งเป็นผลเนื่องจากน้ำหนัก หรือแรงภายนอกได้แก่ การโก่งตัว (Deflection) พิกัดแตกร้าว (Crack) การเซ (Sway) การหมุน (Rotation) เป็นต้นเช่น ในเชิงวิศวกรรมโครงสร้างอาจกล่าวว่า องค์อาคาร หรือโครงสร้าง แสดงพฤติกรรมภายใต้น้ำหนัก หรือแรง ตัวอย่างของน้ำหนัก หรือแรงได้แก่ น้ำหนักคงที่ (Dead load คือน้ำหนักขององค์อาคาร – Self weight และน้ำหนักคงที่ส่วนเพิ่ม – Superimposed deadload ได้แก่ส่วนประกอบที่ไม่ใช่องค์อาคาร หรือโครงสร้างหลักที่วาง หรือบรรทุกไว้บนองค์อาคาร หรือโครงสร้างหลักอย่างถาวร เช่น ผนังที่ไม่รับน้ำหนัก บานประตู หน้าต่าง ลวดลายปูนปั้น หรือสิ่งประดับ เป็นต้น) น้ำหนักบรรทุกจร (Live load)

นอกเหนือจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ยังมีน้ำหนัก หรือแรงอื่น ๆ ซึ่งกระทำต่อโครงสร้างหรือองค์อาคาร โดยมากมักเป็นแรงหรือน้ำหนักที่เกิดจากอิทธิพลธรรมชาติ อุบัติภัย หรือเป็นแรงสมมติเทียบเท่า (Equivalent) เพื่อจำลองสภาพ หรือ เหตุการณ์ดังกล่าว แรงเหล่านี้อาจเสมือนน้ำหนักบรรทุกคงที่ เนื่องจากกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างอย่างถาวร อาทิเช่น แรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างระดับ (Differential settlement) ซึ่งส่วนใหญ่มักกระทำต่อองค์อาคารหรือโครงสร้างเป็นครั้งคราว หรือในช่วงเวลาสั้น ๆ คล้ายน้ำหนักบรรทุกจร เช่น แรงลม แรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงแผ่นดินไหว แรงเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่น้ำหนักบรรทุกกระทำอย่างรุนรงในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น สั่น (Vibration) หรือกระแทก (Impact) จะต้องคำนึงถึงผลดังกล่าวด้วย

3.7 ผลลัพท์

ผลลัพท์จากการวิเคราะห์โครงสร้างประกอบด้วยแรงภายในได้แก่ แรงตามแกน (Axial force) ซึ่งอาจเป็นแรงดึง (Tension) แรงอัด (Compression) แรงเฉือน (Shear) แรงดัด หรือโมเมนต์ดัด (Bending moment or moment) แรงบิด หรือโมเมนต์บิด (Torsion) การหมุน การเคลื่อนตัว การโก่งตัว เป็นต้นผลลัพท์จากการวิเคราะห์โครงสร้าง ใช้เพื่อประเมินเสถียรภาพของโครงสร้างโบราณสถาน เพื่อทราบสาเหตุการเสียเสถียรภาพ หรือเพื่อกำหนดวิธีฟื้นฟูบูรณะที่เหมาะสม อาทิเช่น เสริมความแข็งแรงฐานราก ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ทดแทนส่วนที่สูญหาย เสริมความแข็งแรงของส่วนต่าง ๆ หรือการยึดต่อองค์อาคาร เป็นต้น

3.8 Software กับการวิเคราะห์คำนวณ

การวิเคราะห์โครงสร้างโบราณสถานซึ่งเป็นแบบจำลองโครงสร้าง 2 หรือ 3 มิติ ในปัจจุบันใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) ซึ่งแบบจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Model) กล่าวคือเป็นการนำเอาชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบกันเป็นโครงสร้าง ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นนั้นจะประกอบด้วย จุดต่อ (Node) ชิ้นส่วน (Element) จะต้องทราบคุณสมบัติทางกายภาพ และกลสมบัติของวัสดุดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ประโยชน์และข้อได้เปรียบของกระบวนจำลอง วิเคราะห์คำนวณโครงสร้าง

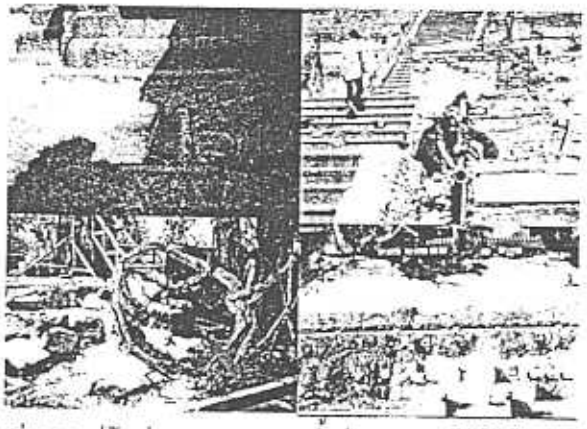
โบราณสถาน คือ สามารถจำลองสภาพ (Simulate) เพื่อทราบสาเหตุการเสียเสถียรภาพ หรือวิบัติของโบราณสถาน ภายใต้เหตุหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่ผันแปร ได้แก่ คลสมบัติของวัสดุ น้ำหนัก หรือแรงต่าง ๆ การทรุดตัวหรืออุบัติภัย ต่าง ๆ เช่น ความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว สามารถจำลองสภาพ และเข้าใจถึงระบบพฤติกรรม ของระบบ โครงสร้างโบราณสถานรวมรวมทั้งภาระในการรับน้ำหนักหรือแรง ปัจจัยเสี่ยง หรือความไม่แน่นอนต่าง ๆ ทั้งนี้ โดยพิจารณาจากผลลัพธ์ของการวิเคราะห์คำนวณโครงสร้าง และสามารถจำลองสภาพ และกำหนดมาตรการ การ แก้ไข ซ่อมแซม หรือเสริมกำลังโบราณสถาน โดยกระบวนวิธีทางวิศวกรรมที่เหมาะสม เช่น การเปลี่ยนวัสดุ ใช้ วัสดุทดแทนบางส่วนหรือทั้งหมด การเสริมกำลัง โดยวัสดุยึดต่อ เชื่อมประสาน การใช้ค้ำยันยึดรั้ง รัด เสริมกำลัง ดินใต้ฐานราก การเสริมความแข็งแรงของฐานราก

3.9 วิศวกรรมโยธากับการฟื้นฟูบูรณะโบราณสถาน

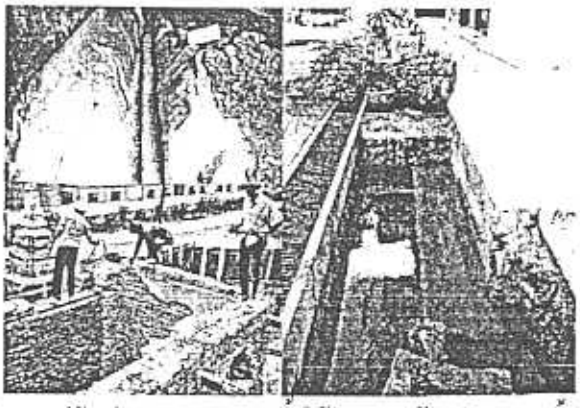
กระบวนวิศวกรรมโยธากับการฟื้นฟูบูรณะโบราณสถาน กล่าวโดยลำดับดังนี้

3.9.1 การระบายน้ำ

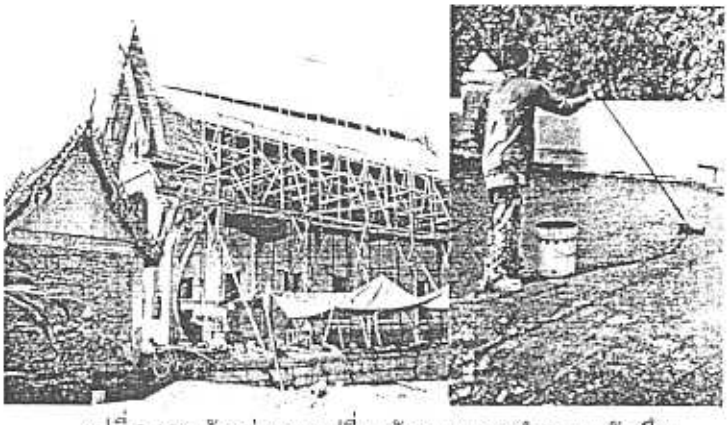
การระบายน้ำ ประกอบด้วย ระบบระบายน้ำที่ผิวดิน หรือน้ำท่า โดยเฉพาะน้ำฝน ออกจากตัว โบราณสถานโดยเร็ว ไม่ท่วมขัง หรือไหลบ่า ซึ่งอาจพัดพา กัดเซาะ หรือชะล้างหน้าดิน ทำให้โบราณ สถาน เสียเสถียรภาพได้ และหมายความรวมถึงระบบระบายน้ำใต้ดิน เพื่อป้องกัน การเอ่อท่วมขังของ น้ำหรือความ เสียหายที่เกิดจากแรงดันน้ำใต้ดิน และการป้องกันความชื้น หรือรั่วซึมโดยเปลี่ยนวัสดุมุง หรือทำระบบกันซึม (รูปที่ 3.12ก ถึง รูปที่ 3.12ค ตามลำดับ)



รูปที่ 3.12ก ตัวอย่างการปรับปรุงระบบระบายน้ำฝนและบนผิวดินในบริเวณโบราณสถาน



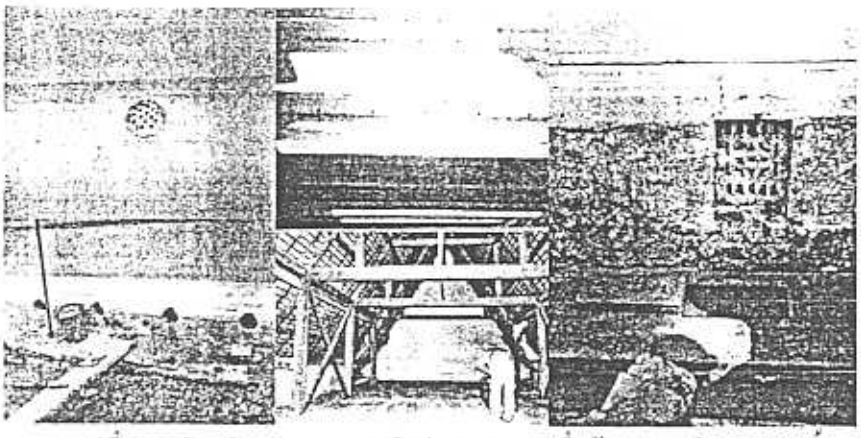
รูปที่ 3.12ข ตัวอย่างการปรับปรุงระบบระบายน้ำใต้ดิน และป้องกันความชื้นในบริเวณโบราณสถาน



รูปที่ 3.12ค ตัวอย่างการเปลี่ยนวัสดุมุง และทำระบบกันซึม

3.9.2 การระบาย หรือถ่ายเทอากาศ

การระบาย หรือถ่ายเทถ่ายเทอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันความชื้น หรือระบายกลิ่นอับในโบราณสถาน สามารถทำโดยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมความชื้น การระบาย หรือถ่ายเทอากาศ (Ventilation) ซึ่งสามารถช่วยป้องกัน หรือชะลอวัสดุเสื่อมสภาพ เช่น ลดการดูดซึมน้ำของอิฐ ลดแรงดันน้ำที่สะสมใต้พื้น (Sub-drain) ป้องกันปฏิกิริยาชีวเคมี ป้องกันการแพร่ หรือการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำ สาหร่าย เชื้อรา ไลเค่นส์ หรือวัชพืช (รูปที่ 3.13)

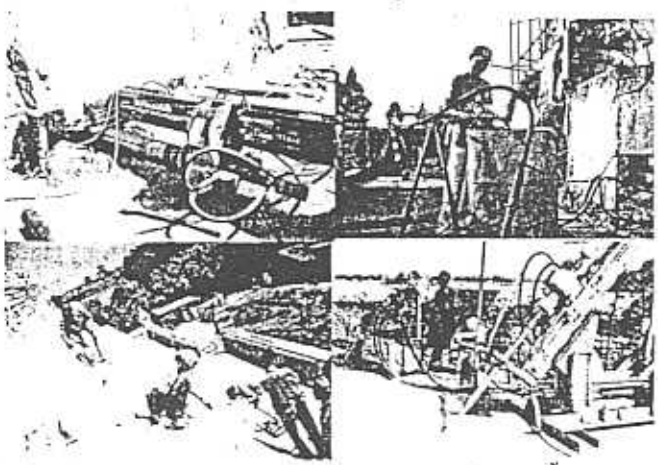


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการระบาย หรือถ่ายเทอากาศเพื่อป้องกัน หรือลดความชื้น

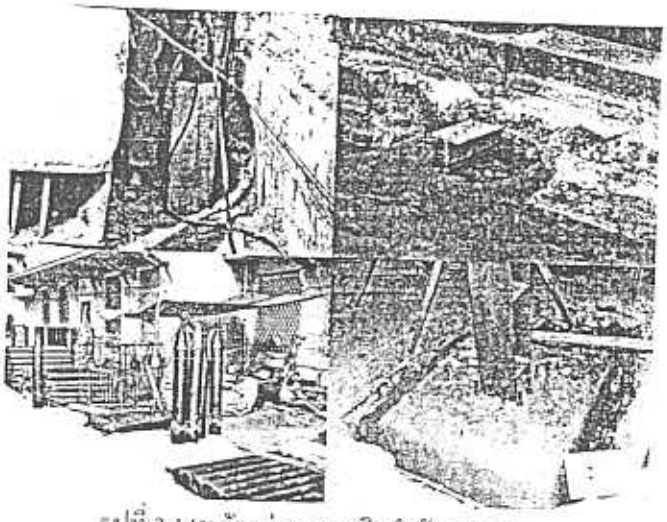
3.9.3 การเสริมเสถียรภาพ หรือเสริมกำลัง

การเสริมเสถียรภาพ (Stabilization) หรือเสริมกำลัง (Reinforcement) คือความพยายามที่จะทำให้องค์อาคาร หรือโครงสร้าง สมดุล มั่นคง (Stable) สามารถ หรือมีกำลัง (Strength) ต้านทานน้ำหนักหรือแรงได้เพิ่มขึ้น การเสริมกำลังหรือเสถียรภาพอาจทำได้หลายวิธี ดังนี้

3.9.2.1 ปรับปรุงระบบฐานราก ประกอบด้วยดินที่รองรับฐานราก และตัวฐานราก อาทิเช่น ขุดลอกเพื่อปรับระดับ หรือบดอัดใหม่ (Re-compaction) การใช้มวลรวมหรือดินที่มีคุณสมบัติในการต้านทานน้ำหนักหรือแรง ทดแทนดินเดิม (Replacement and re-compact) ปรับปรุงการระบายน้ำใต้ดิน (Sub-drain) การเสริมกำลังด้วยวัสดุเสริมแรง (Geo-textile) และปรับปรุงระบบฐานราก เช่น ใช้ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก รูปที่ 3.14ก และรูปที่ 3.14ข แสดงตัวอย่างการปรับปรุงระบบฐานรากโบราณสถาน ตามลำดับ

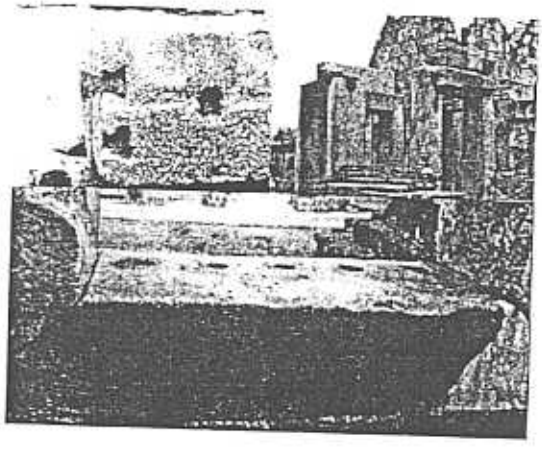


รูปที่ 3.14ก ตัวอย่างการปรับปรุงระบบฐานรากโบราณสถานโดยอัดน้ำปูนอุดโพรงรอยแตก



รูปที่ 3.14ข ตัวอย่างการเสริมกำลังฐานราก

3.9.2.2 การยึดองค์อาคารหรือชิ้นส่วนอาคารด้วยสลัก เดือย หรือวัสดุยึดรอยต่ออื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งการยึดองค์อาคารในแนวราบ และแนวดิ่ง ตัวอย่างเช่น ใช้เหล็กเดือย (Dowel bar) ยึดทับหลังประดับกับกรอบประตูด้วยเหล็กประกับและน็อต ใส่เหล็กยึดช่วงมุมผนัง ซึ่งมีลักษณะคล้ายเหล็กตัวปลิงเดิม เป็นต้น (รูปที่ 3.15)

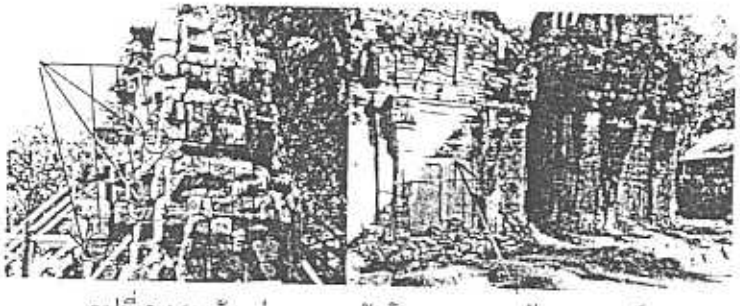


รูปที่ 3.15 ตัวอย่างชิ้นส่วนที่อาจยึดด้วยสลัก เดือย หรือวัสดุยึดรอยต่ออื่น ๆ

3.9.2.3 การค้ำยัน หรือผูกรัด องค์อาคาร หรือโครงสร้างโบราณสถาน เป็นเพียงมาตรการ หรือวิธีชั่วคราวเพื่อพยุง หรือเสริมกำลังองค์อาคาร หรือโครงสร้าง เช่น โดยใช้โครงไม้ โครงเหล็กรูปพรรณ ลวดเหล็ก หรืออื่น ๆ ก่อนที่จะมีการ

บูรณะฟื้นฟู รูปที่ 3.16ก และรูปที่ 3.16ข แสดงตัวอย่างการค้ำยัน หรือผูกรัดโบราณสถาน ตามลำดับ

รูปที่ 3.16ก ตัวอย่างการค้ำยันโบราณสถานด้วยโครงไม้ หรือโครงเหล็ก

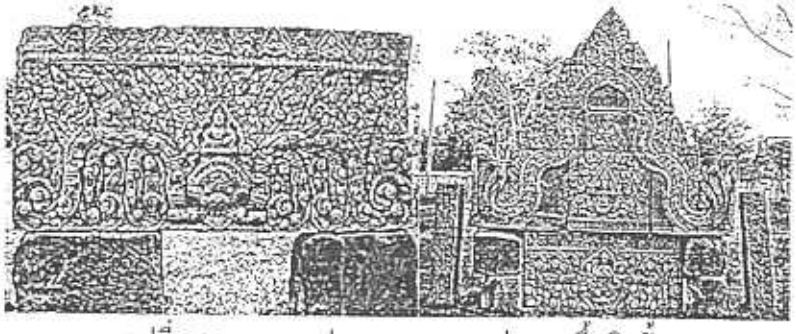


รูปที่ 3.16ข ตัวอย่างการผูกรัดโบราณสถานด้วยลวดเหล็ก

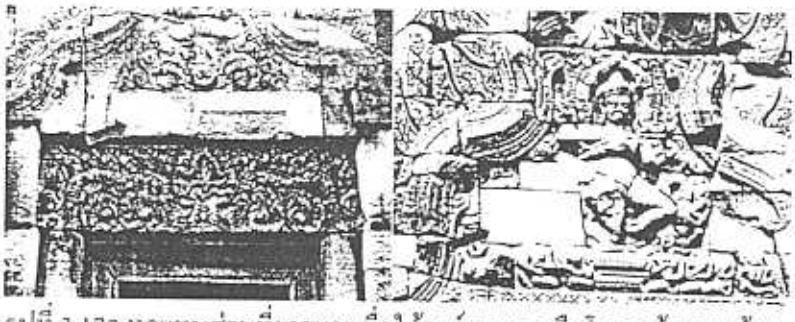
3.9.2.4 การรื้อถอน และประกอบเข้าใหม่ เป็นบริบทหนึ่งของการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานโดยวิธีอนัสติโลซีส (Anastilosis) ซึ่งกระบวนทำงานเริ่มตั้งแต่การสำรวจทำผัง หรือแผนที่แสดงรายละเอียด รูปด้าน รูปตัด ภาพถ่าย การทำรหัสชิ้นส่วน จนกระทั่งการยกขึ้นประกอบ โดยอาจมีวัสดุยึด หรือเสริมแรง ในเชิงวิศวกรรม การรื้อถอน และการประกอบเข้าใหม่ ถือเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสภาพการรับน้ำหนัก หรือแรง และความครบถ้วนของโครงสร้าง บางครั้ง แม้โบราณสถานจะดูมั่นคงแข็งแรง แต่หากรื้อถอน หรือประกอบเข้าใหม่ไม่ถูกวิธี ก็จะเสียสมดุล หรือวิบัติได้ ดังนั้น จึงจำต้องมีลำดับขั้นตอน หรือมาตรการระหว่างการรื้อถอน รื้อประกอบใหม่ เช่น รื้อถอนจากส่วนที่รับน้ำหนักน้อยสุด เช่น ส่วนบนลงล่าง หรือให้มีโครงค้ำยันที่ช่องเปิด (เช่นประตู หรือหน้าต่าง) เพื่อพยุงกรอบหน้าต่างหรือทับหลังในระหว่างการรื้อถอน การรื้อถอนส่วนบนที่น้ำหนักมาก หรืออยู่ในที่จำกัด ควรเลือกใช้เครื่องจักรกลที่เหมาะสม เช่น ปั่นจั่น ในขณะที่การรื้อถอนส่วนละเอียด เช่น บราลี กลีบขนุน เสาลูกมะหวด อาจใช้แรงคนกับเครื่องผ่อนแรงอย่างง่าย เช่น รอก คาน (รูปที่ 3.17ก) ก่อนการประกอบเข้าใหม่ ปกติจะต้องมีการทดลองเรียงชิ้นส่วน หรือหินที่รื้อถอนออกมาจากที่เดิม เพื่อให้แน่ใจว่า แต่ละชิ้นส่วน หรือหินแต่ละก้อน อยู่ในตำแหน่งที่

ถูกต้อง อุจาทรอยต่อ หรือลวดลายหนุนต่ำ ที่จะต้องเข้ากันได้สนิท หรือต่อเนื่องกัน (รูปที่ 3.17ข) ชิ้นส่วนที่ขาดหายไป และเป็นส่วนที่มีนัยสำคัญต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง จำเป็นจะต้องทดแทน (Replacement) ด้วยวัสดุทดแทนชนิดเดียวกัน แต่ทำให้เห็นความแตกต่างกันชัดเจน เพื่อทราบหรือเป็นที่เข้าใจได้ว่า คือ ชิ้นส่วนใหม่ที่ทดแทนของเดิม เช่นมีสีแตกต่างกัน หรือมีผิวหน้าเรียบไม่สลักลวดลายใดๆทั้งสิ้น (รูปที่ 3.17ค) นอกจากนั้น ชิ้นส่วนที่ทดแทนใหม่จะต้องทำรหัส หรือเครื่องหมาย ตลอดจนระเบียนกำกับไว้เป็นหลักฐานอ้างอิงในอนาคต

รูปที่ 3.17ก การรื้อถอนอย่างมีลำดับโดยใช้แรงคน หรือเครื่องจักรกล
(ที่มา วสุ โปษยะนันท์, 2540)

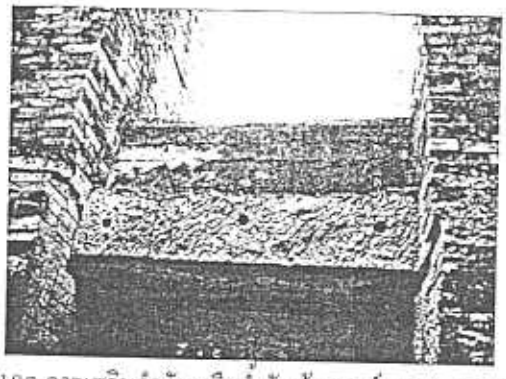


รูปที่ 3.17ข ทดลองประกอบภายนอกก่อนยกขึ้นติดตั้ง

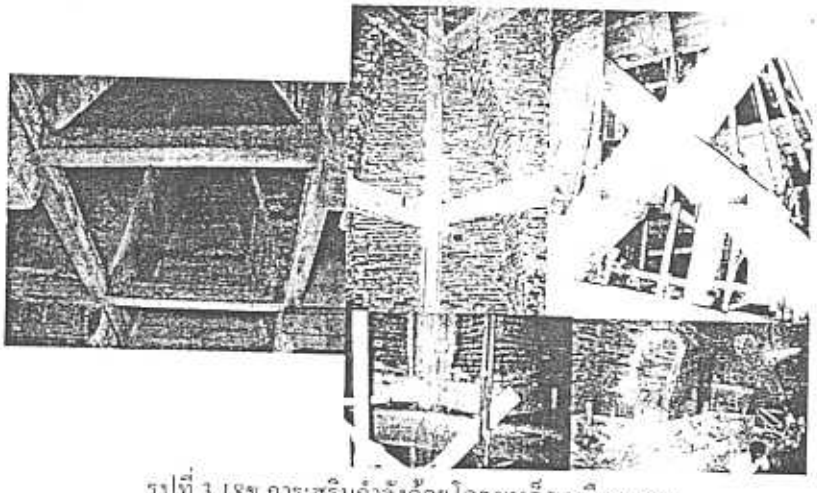


รูปที่ 3.17ค ทดแทนส่วนที่ขาดหายเพื่อให้องค์อาคาร หรือโครงสร้างครบถ้วน

3.9.2.4 การเสริมแรงด้วยองค์อาคาร หรือโครงข้อแข็ง เป็นการเสริมกำลังโบราณสถานบางส่วน หรือทั้งหมดอย่างค่อนข้างถาวร เช่น ใช้องค์อาคาร หรือโครงข่อแข็งเหล็ก หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก อนึ่ง การเสริมแรงโครงสร้างโบราณสถานโดยวิธีนี้ พึงระวังมิให้โครงดังกล่าวปรากฏแก่สายตาของภายนอก (รูปที่ 3.18ก และรูปที่ 3.18ข ตามลำดับ)

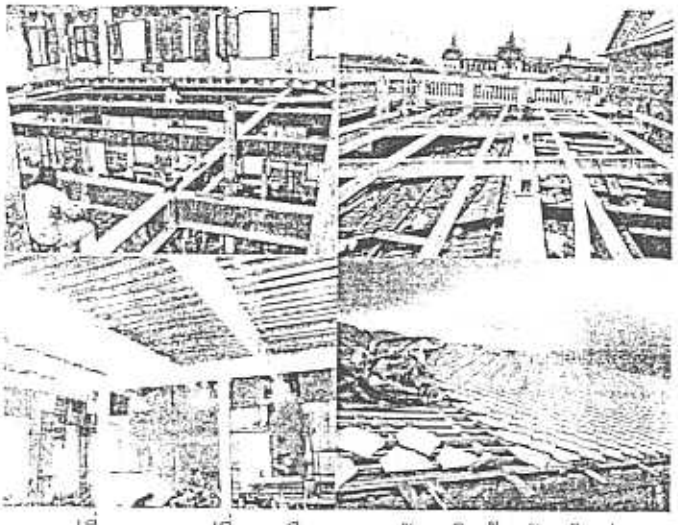


รูปที่ 3.18ก การเสริมกำลัง หรือค้ำยันด้วยองค์อาคาร ค.ส.ล. (คาน)



รูปที่ 3.18ข การเสริมกำลังด้วยโครงเหล็ก หรือค.ส.ล.

3.9.2.5 การเปลี่ยน หรือทดแทนวัสดุเดิมด้วยวัสดุใหม่ อาจมีวัตถุประสงค์ทั้งเพื่อเสริมกำลัง และเพิ่มความทนทาน เช่น ใช้โครงหลังคาเหล็ก หรือระบบพื้นคานเหล็ก (ซึ่งกันสนิมและทาสีเป็นอย่างดี) แทนโครงหลังคาไม้ หรือระบบพื้นคานไม้ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ทนทาน ป้องกันปลวก มอด หรือเชื้อรา เป็นต้นแต่ก็มีบางกรณี ที่ต้องเปลี่ยนวัสดุใหม่ เพราะไม่สามารถหาของเดิม หรือผลิตให้เหมือนของเดิมได้ โดยเฉพาะวัสดุประดับต่าง ๆ เช่น กระเบื้องหลังคา กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น (รูปที่ 3.19)



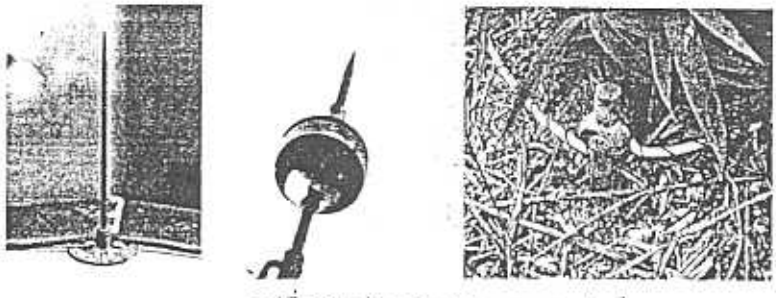
รูปที่ 3.19 การเปลี่ยน หรือทดแทนวัสดุเดิมด้วยวัสดุใหม่

3.10 งานอื่น ๆ

นอกเหนือจากงานวิศวกรรมโยธาแล้ว การฟื้นฟูบูรณะโบราณสถานของมยังต้องคำนึงถึงงานวิศวกรรมอื่น ๆ และงานในสาขา หรือแขนงอื่น ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

3.10.1 ระบบสายล่อฟ้า

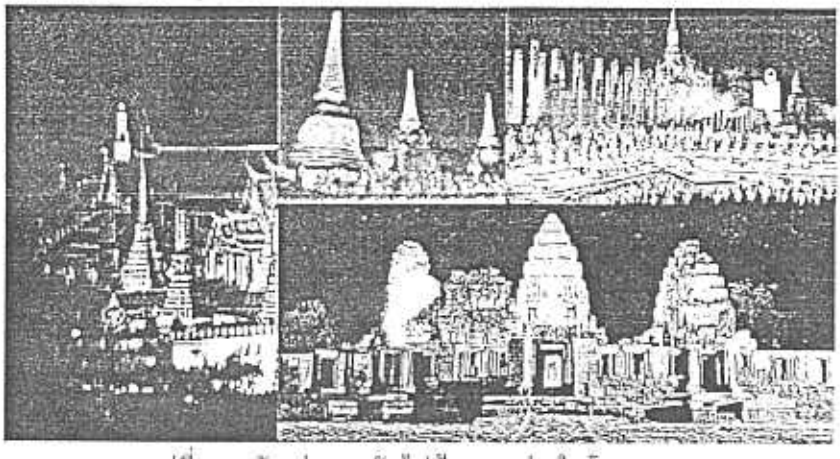
ระบบสายล่อฟ้า (Lightning system) ประกอบด้วย ปลายเสา สายนำ และแท่งสายดิน (Ground rod) ดังแสดงในรูปที่ 3.20 ระบบสายล่อฟ้าจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะโบราณสถานที่มีรูปทรงสูงชะลูด หรือมีส่วนประกอบที่เป็นโลหะ สำหรับโบราณสถานขอม ตำแหน่งดังกล่าวมักได้แก่ปรางค์ประธาน ทั้งนี้ สายที่จะนำกระแสลงสู่ดิน จะต้องวางในตำแหน่งที่ไม่ปรากฏแก่สายตา และแท่งสายดินควรอยู่นอกโบราณสถาน



รูปที่ 3.20 ส่วนประกอบของสายล่อฟ้า

3.10.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าประกอบด้วยสายไฟฟ้า และดวงโคม ซึ่งอาจมีวัตถุประสงค์เพื่อให้แสงสว่าง หรือเพื่อการจัดแสดง ปกติสายไฟฟ้าควรซ่อนอยู่ใต้ดิน โดยใช้ท่อร้อยหรือมีรางเดินสายไฟ อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น สวิทช์ และอุปกรณ์ ควรติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่ปรากฏแก่สายตา แต่ต้องปลอดภัย และผู้ดูแลโบราณสถานเข้าถึงได้สะดวก ชนิด และจำนวนดวงโคมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ใช้งาน รูปที่ 3.21 แสดงตัวอย่างการจัดไฟฟ้าแสงสว่างในโบราณสถาน



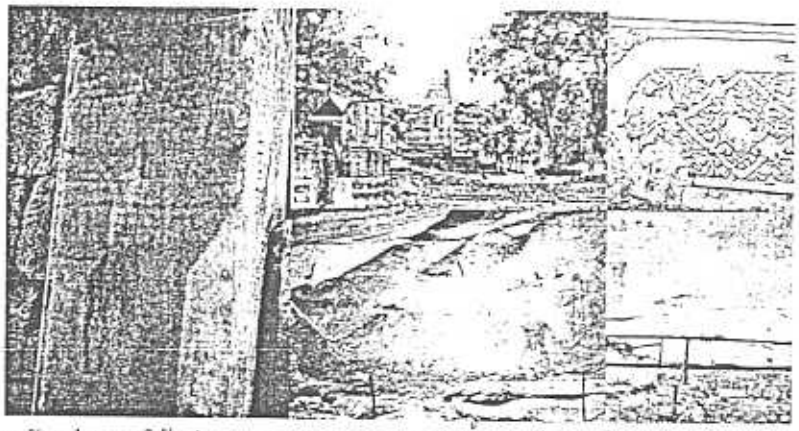
รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการจัดไฟฟ้าแสงสว่างในโบราณสถาน

3.10.3 ระบบเตือน หรือป้องกันภัย

ระบบเตือน หรือป้องกันภัยที่สำคัญได้แก่ ระบบเตือนเพลิงไหม้ ระบบดับเพลิง และระบบป้องกันโจรกรรม ในประเทศไทย นอกจากที่พิพิธภัณฑ์สถาน มักไม่พบระบบดังกล่าวมากนัก ระบบดับเพลิงอาจไม่จำเป็นมากนักสำหรับโบราณสถานซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยวัสดุไม่ติดไฟ อาทิเช่น อิฐ หิน หรือศิลาแลง แต่จะจำเป็นมากหากเป็นโบราณสถานที่มีเครื่องไม้ เช่น โบสถ์ วิหาร ต่าง ๆ ระบบดับเพลิงอาจเป็นแบบถังดับเพลิงที่ใช้สารเคมี หรือระบบดับเพลิงอัตโนมัติที่ใช้น้ำดับเพลิง หรือใช้ทั้งสองระบบร่วมกัน ทั้งนี้ พิจารณาตามความเหมาะสมแต่ละกรณี

3.10.4 การป้องกัน หรือปกป้องชิ้นส่วน หรือองค์ประกอบสำคัญ

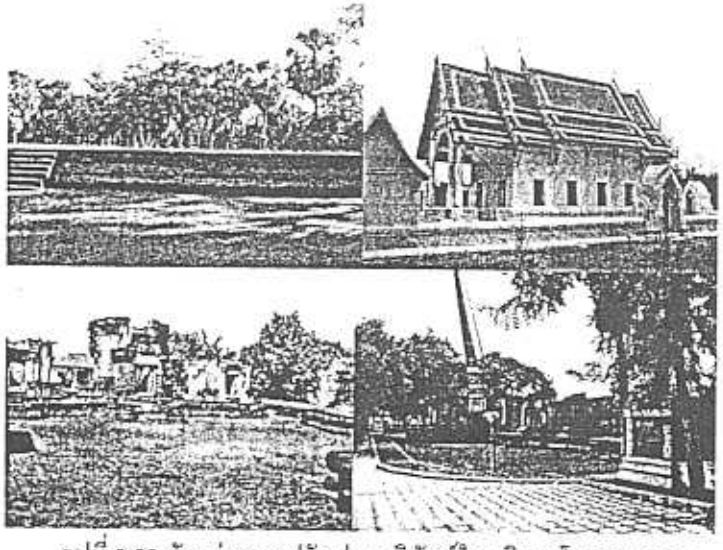
การป้องกัน หรือปกป้องชิ้นส่วน หรือองค์ประกอบสำคัญในที่นี้ หมายถึงส่วนประกอบที่ทรงคุณค่า อาจเสียหายเพราะการสัมผัสสภาพธรรมชาติ (เช่นความชื้น แสงแดด วัชพืช หรือเชื้อรา เป็นต้น) การสัมผัส หรือการกระทำของมนุษย์ ตัวอย่างชิ้นส่วน หรือองค์ประกอบสำคัญที่ควรป้องกัน หรือปกป้องได้แก่ ภาพเขียนสี จารึก ลายปูนปั้น เป็นต้น ทั้งนี้ อาจใช้วิธี หรือวัสดุ ที่เหมาะสมแต่ละกรณี เช่น แผ่น Acrylic ซึ่งโปร่งใส แลเห็นได้สะดวก ใช้รั้วกั้น หรือมีหลังคาลดอุม เป็นต้น(รูปที่ 3.22)



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการใช้แผ่น Acrylic หลังคาลุม หรือรั้ว ปกป้องจารึกส่วนสำคัญของโบราณสถาน

3.10.5 การปรับปรุงภูมิทัศน์

ปกติ การปรับปรุงภูมิทัศน์ มักต้องพิจารณาควบคู่กับการระบายน้ำในบริเวณโบราณสถาน และต้องพิจารณาองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมอื่น ๆ ตามสมควร อาทิเช่น การปลูกหญ้า ไม้ประดับ หรือไม้ยืนต้น การทาสีโบราณสถาน (เฉพาะโบราณสถานที่อยู่ในวิสัย หรือสมควรทาสีได้) นอกจากนั้น อาจจัดให้มีสาธารณูปโภค หรือสิ่งอำนวยความสะดวกตามสมควร อาทิเช่น ทางเท้า ที่จอดรถ ป้ายคำอธิบายโบราณสถาน หรือโบราณวัตถุ ศาลา ที่นั่งพัก ถังขยะ เป็นต้น รูปที่ 3.23 แสดงตัวอย่างการปรับปรุงภูมิทัศน์ในบริเวณโบราณสถาน



รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการปรับปรุงภูมิทัศน์ในบริเวณโบราณสถาน

3.11 ข้อควรระวัง

งานวิศวกรรมโยธาที่เกี่ยวแก่การฟื้นฟูบูรณะโบราณสถาน ข้อควรระวัง มีดังนี้

3.11.1 หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรหนัก

ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรหนักบางประเภทที่เกิดแรงสั่นสะเทือน เช่น ปั้นจั่นตอกเสาเข็ม เครื่องเจาะกระแทกชนิดใช้ลมอัด รถบดอัดดิน เป็นต้น ควรหลีกเลี่ยงใช้วิธี หรือเครื่องจักรกลอื่นแทน หรือหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็จะต้องใช้เท่าที่จำเป็นด้วยความระมัดระวัง

3.11.2 หลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงโบราณสถานอย่างถาวร

วิศวกรพึงจะต้องหลีกเลี่ยงการปฏิสังขรณ์ หรือบูรณะฟื้นฟูโดยใช้วิธี หรือเทคนิคซึ่งเปลี่ยนแปลงโบราณสถานอย่างถาวร โดยมิอาจทำให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ตัวอย่างเช่น ใช้กาววิทยาศาสตร์ (Epoxy) ยึดหรือผนึกหินทุกก้อนอย่างถาวร ใช้วัสดุ หรือวิธีทางเคมีเคลือบผิวซึ่งมีรอยแตะสลักบนต่ำ หรือจารึกอย่างถาวร ทั้งนี้เพราะการกระทำดังกล่าวย่อมทำลายคุณค่าในเชิงประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม และศิลปกรรมของโบราณสถาน

3.11.3 ไม่ให้องค์ประกอบทางวิศวกรรมปรากฏแก่สายตา

ไม่ควรให้องค์ประกอบ หรือสิ่งต่อเติมในทางวิศวกรรมเช่นสายไฟฟ้า ดวงโคม สายล่อฟ้า หรือท่อระบายน้ำ ที่ติดให้ปรากฏอยู่ภายนอกโบราณสถาน พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมความแข็งแรงของระบบฐานราก วัสดุยึดรอยต่อจำพวกโลหะ ปรากฏแก่สายตา หรือทัศนียภาพ เพราะจะทำลายคุณค่าทางศิลปะ หรือสถาปัตยกรรมของโบราณสถาน อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในตำแหน่งซ่อนเร้น ก็จะต้องสามารถเข้าถึงเพื่อบำรุงรักษาได้สะดวก

3.11.4 ควรกำหนดวิธี และแผนงานเฝ้าติดตามและตรวจสอบ

ภายหลังการฟื้นฟูบูรณะโบราณสถาน ควรกำหนดแผนงานเฝ้าติดตาม และตรวจสอบ (Monitoring and inspection) โบราณสถานอย่างต่อเนื่อง เช่น อาศัยหมุดระดับหลักฐาน และมาตรวัด (Bar scale) ที่ติดตั้งกับตัวโบราณสถานเป็นตำแหน่งอ้างอิงในการเฝ้าติดตามและตรวจสอบการทรุดตัว การเอียงของโบราณสถาน

3.11.5 บันทึกหรือรายงานการบูรณะฟื้นฟู

ควรทำบันทึก หรือรายงานการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงวิศวกรรม เพื่อเป็นหลักฐานอ้างอิงสำหรับผู้เกี่ยวข้อง และอนุชนรุ่นหลัง และเพื่อให้งานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานเป็นไปอย่างมีระบบและแนวทางเดียวกัน เช่นเดียวกับบันทึกทางประวัติศาสตร์ หรือโบราณคดี โดยควรบันทึกความเป็นมาของการบูรณะฟื้นฟู เหตุ หรือปัจจัยที่ทำให้โบราณสถานเสื่อมสภาพ เสียเสถียรภาพ หรือวิบัติ ลำดับ

ขั้นตอน และวิธีบูรณะฟื้นฟู บันทึกหรือรายงานอาจประกอบด้วยรายงาน แบบเหมือนสร้าง (As – Built Drawing) ภาพถ่าย หรือข้อมูลอิเล็คทรอนิค เป็นต้น

3.12 สรุป

บทนี้กล่าวถึงการบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก คือ การวางแผนและสำรวจ การทดสอบ หรือตรวจสอบ และการบริหารจัดการ เนื้อหาของบทนี้ ยังแสดงบริบทของงานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในเชิงวิศวกรรม โดยเฉพาะวิศวกรรมโยธา รวมทั้งการใช้สหวิทยาการ หรือบูรณาการหลักวิศวกรรมเข้ากับศาสตร์สาขา หรือแขนงอื่น ๆ เช่น สถาปัตยกรรม ประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศิลปวัฒนธรรม และอื่น ๆ ให้เกิดความเข้าใจอันดี ในทางที่จะทำให้งานบูรณะฟื้นฟูโบราณสถานในประเทศไทย ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้โบราณสถานให้คงสภาพ แข็งแรงมั่นคง ทรงคุณค่าทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี หรือศิลปะไว้อย่างครบถ้วนบริบูรณ์สืบไป.

การทรุดตัวของฐานรากของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถาน กรณีศึกษา: สิมวัดทุ่งศรีเมือง

Foundation Settlement of Ancient Buildings, A Case Study: Wat Thung Sri Muang

ผศ.ดร.นท แสงเทียน

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทนำ

โบราณสถานเป็นสิ่งปลูกสร้างที่แสดงถึงความเชื่อ อารยธรรม และความมีรุ่งเรืองของแต่ละยุคสมัย คุณค่าของโบราณสถาน ไม่เพียงแค่เฉพาะในด้านของประวัติศาสตร์และโบราณคดี แต่ยังเชื่อมโยงถึงความศรัทธาต่อศาสนาและการดำรงชีวิตของบรรพชน ในปัจจุบันโบราณสถานเป็นส่วนสำคัญต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวซึ่งเป็นรายได้หลักของหลายประเทศทั่วโลก

โบราณสถานหลายแห่งชำรุดทรุดโทรมตามกาลเวลา หลายแห่งถูกขุดค้นทำลายโดยกลุ่มมิจฉาชีพ ด้วยความนิยมผิดในการครอบครองโบราณวัตถุไว้เป็นสมบัติส่วนตัว หลายแห่งเสียหายจากการคุกคามของพื้นที่อาศัย เช่นการปลูกสร้างอาคารประชิดจนเสียทัศนียภาพอย่างถาวร หรือ การตัดเส้นทางสัญจรผ่านไปในบริเวณใกล้เคียงจนสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานได้รับผลกระทบจากความสั่นสะเทือนจากยานพาหนะและการกัดกร่อนทางเคมีเนื่องจากมลภาวะของอากาศ

วิสัยทัศน์ในการอนุรักษ์หรือบูรณะโบราณสถานให้คงสภาพนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามสิ่งที่จะละเลยไม่ได้คือคุณค่าทางประวัติศาสตร์ที่ควรดำรงไว้พร้อมกัน ด้วยเหตุดังกล่าวการบูรณะโบราณสถานจึงจำเป็นต้องอาศัยระเบียบวิธีและความเชี่ยวชาญอย่างถูกต้องเหมาะสม

ในส่วนประกอบทั้งหมดของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถาน ฐานรากนับเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งซึ่งหากเกิดความเสียหาย เช่นการผุกร่อนหรือการทรุดตัวของดินภายใต้ฐานรากก็สามารถสร้างความเสียหายต่อองค์อาคารโดยรวมได้ การศึกษาพฤติกรรมในภาพรวมของดินและฐานรากของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานจึงมีความจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อการบูรณะตามระเบียบวิธีที่ถูกต้องต่อไป

2. การทรุดตัวต่างระดับของฐานราก

การทรุดตัวต่างระดับเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดการแตกร้าวของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานนอกเหนือจากลักษณะการกระจายของความเค้นในองค์อาคารและการเสื่อมสภาพตามเวลา การทรุดตัวต่างระดับ (differential settlement) ของดินภายใต้ฐานรากทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนเกินขีดจำกัดขึ้นในองค์อาคารจนเกิดความเสียหาย การทรุดตัวดังกล่าวเกิดจากสาเหตุหลัก ๆ ดังนี้

2.1 ความแตกต่างของชั้นดิน

ดินต่างชนิดกันจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการยุบอัดตัวได้ (coefficient of compressibility) แตกต่างกัน ค่าดังกล่าวแสดงอัตราส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนช่องว่างในดิน (void ratio) ต่อค่าความ

เค้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นหากดินขาดความต่อเนื่องหรือมีความหนาของดินแต่ละชั้นไม่สม่ำเสมอก็เป็นสาเหตุของการทรุดตัวต่างระดับได้

2.2 การกระจายของความเค้นที่ไม่สม่ำเสมอ

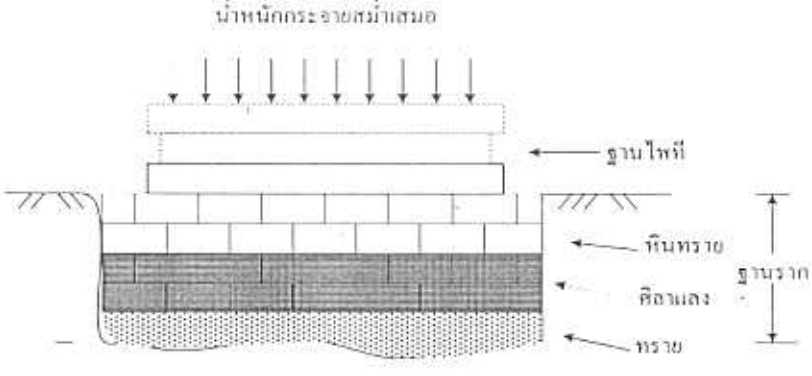
การกระจายของความเค้นที่ไม่สม่ำเสมอ เป็นสาเหตุสำคัญของการทรุดตัวต่างระดับ หากอาคารไม่มีระบบฐานรากที่ออกแบบมาอย่างถูกต้อง ถึงแม้ดินภายใต้ฐานรากจะมีความสม่ำเสมอแต่ก็สามารถเกิดการทรุดตัวต่างระดับได้

2.3 การกัดเซาะ

การกัดเซาะทำให้ดินสูญเสียความหนาแน่นและกำลังในการรับแรง สาเหตุสำคัญของการกัดเซาะเกิดจากทางระบายน้ำไม่ว่าจะเกิดจากการก่อสร้างหรือเกิดตามธรรมชาติ ซึ่งหากลักษณะการระบายน้ำไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดการชะอนุภาคของดินภายใต้สิ่งปลูกสร้างทำให้เกิดความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว

3. ลักษณะการทรุดตัวและงานฐานรากของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถาน

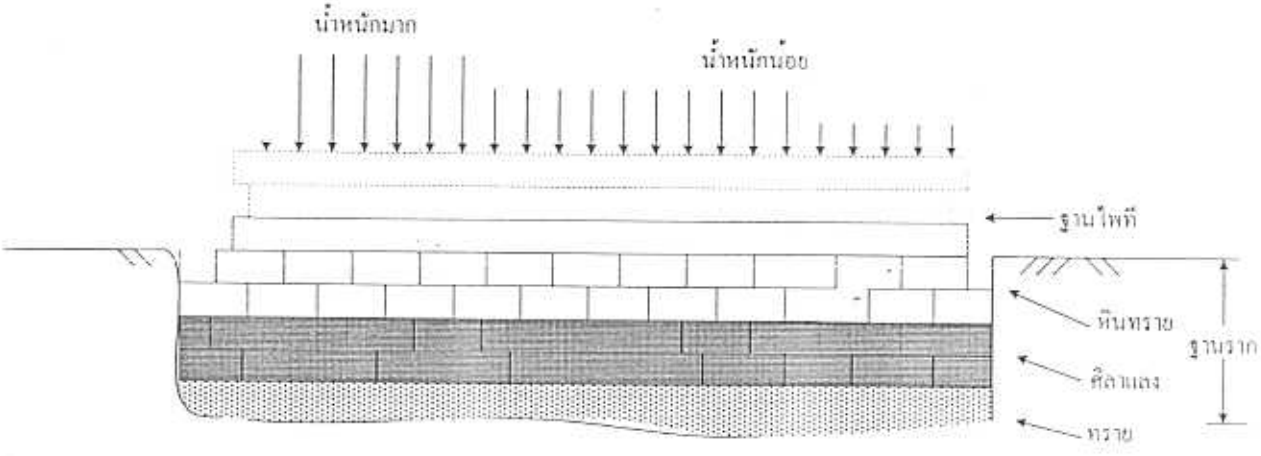
การทรุดตัวของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานมีหลายลักษณะ อย่างไรก็ตามรูปแบบที่เห็นได้ชัดเจนคือ การทรุดตัวของสิ่งปลูกสร้างที่มีฐานแคบ (รูปที่ 1) เช่น สถูปหรือเจดีย์ ซึ่งอาจถือได้ว่าน้ำหนักมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอบนฐาน การทรุดตัวลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากการผุกร่อนของวัสดุรองใต้ฐานหรือเกิดจากการขุดทำลายจนเกิดการแอ่นเสียสมดุลและพังทลายลงมา โดยมีผลจากการทรุดตัวต่างระดับน้อยมาก



รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปของฐานแบบแคบ

อีกลักษณะหนึ่งคือการทรุดตัวบนฐานร่วมที่มีน้ำหนักกระจายกว้าง (รูปที่ 2) เช่น อุโบสถ หรือ สิม เป็นต้น การทรุดตัวดังกล่าวอาจมีลักษณะ การทรุดตัวต่างระดับเข้ามาเกี่ยวข้องเนื่องจากการกระจายน้ำหนักของตัวอาคารไม่

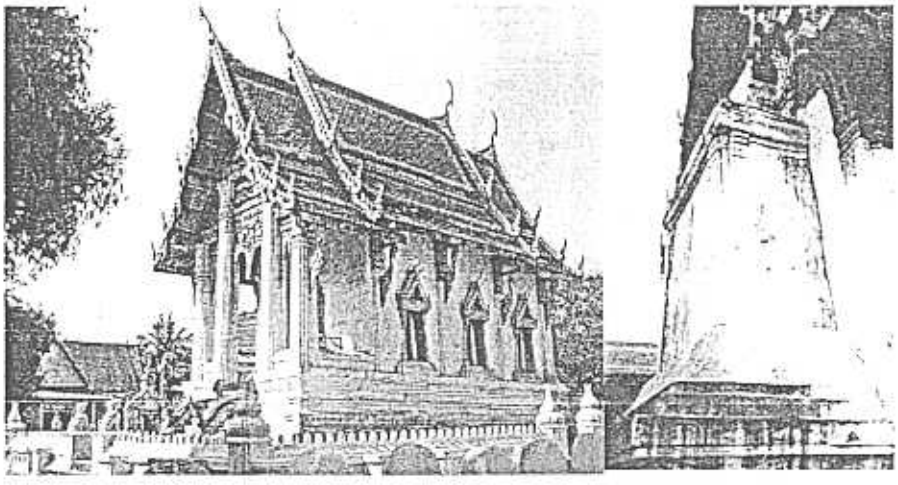
สม่ำเสมอ การทรุดตัวลักษณะดังกล่าวถึงแม้ว่าจะยังไม่เกิดการพังทลายแต่อาจปรากฏรอยร้าวบริเวณฐานและตัวอาคารอย่างเห็นได้ชัดและสามารถส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบคานหรือเสาภายในได้



รูปที่ 2 ลักษณะโดยทั่วไปของฐานที่มีน้ำหนักกระจายกว้าง

สำหรับกรณีตัวอย่างคือการทรุดตัวของสิมวัดทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุบลราชธานีนั้นสามารถสรุปได้ดังนี้ วัดทุ่งศรีเมือง ตั้งอยู่ที่ถนนหลวงในเขตเทศบาลเมือง สันนิษฐานว่าได้รับการก่อสร้างในราวสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่3 (พ.ศ. 2330-2393) ผู้สร้างวัดนี้คือ ท่านเจ้าอริยวงศาจารย์ญาณวิมลอุบล คณะภิบาลสังฆปาโมก (สุ้ย) หอพระพุทธบาท(สิม)ในวัดทุ่งศรีเมืองสร้างขึ้นเพื่อการทำสังฆกรรมของพระสงฆ์ โดยมีลักษณะผสมกันระหว่างศิลปะแบบรัตนโกสินทร์ตอนต้น และศิลปะเวียงจันทน์ ภายในมีจิตรกรรมฝาผนังทุกด้านเขียนขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 3 อาคารที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์อีกหลังหนึ่งคือ หอพระไตรปิฎก สร้างด้วยไม้ทั้งหลัง ตั้งอยู่กลางสระน้ำเพื่อเป็นที่เก็บรักษาพระไตรปิฎก มีลักษณะเป็นอาคารแบบไทย มีห้อง 4 ห้อง เป็นที่เก็บตู้พระธรรมทุกด้านเขียนลงรักปิดทอง ส่วนของหลังคามีลักษณะศิลปะไทยผสมพม่าคือมีช่อฟ้าใบระกา นอกจากนี้บนหน้าบันทั้ง 2 ด้าน ยังมีลวดลายแกะสลัก ส่วนฝาปะกนด้านล่างแกะเป็นรูปสัตว์ประจำราศีต่างๆ และลวดลายพันธุ์พฤกษาเป็นช่องๆโดยรอบ (ข้อมูลเผยแพร่โดยการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย)

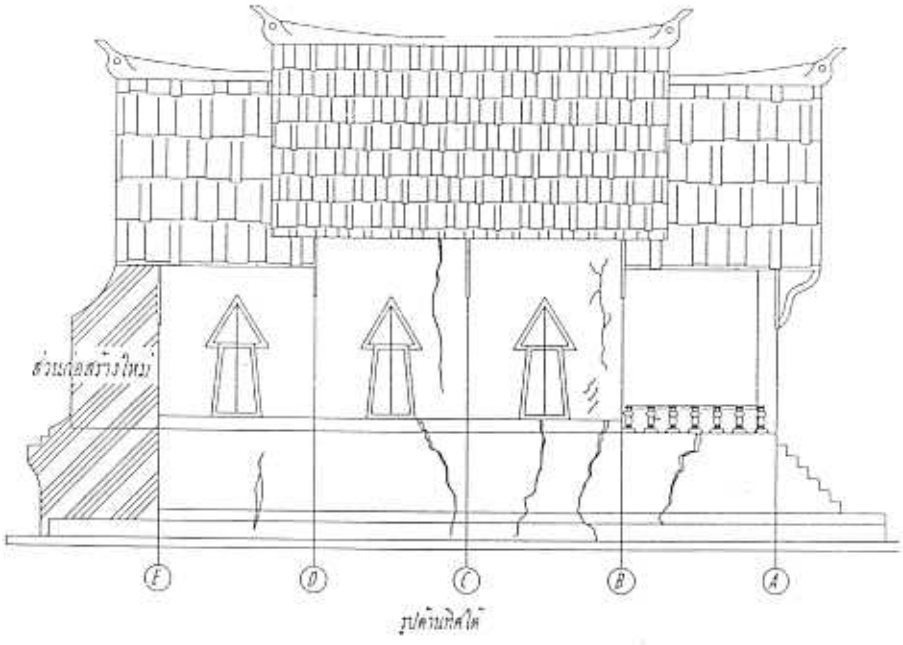
มีการสันนิษฐานว่าฐานของสิมได้รับการก่อสร้างโดยใช้อิฐหรือศิลาเรียงแบบฐานตื้นก่อนมีการก่อสร้างตัวอาคารด้านบน การบูรณะต่อเติมครั้งล่าสุดมีขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2517 โดยในการบูรณะดังกล่าวได้มีการเพิ่มเติม โครงสร้างเพื่อบรรจุอัฐิของเสด็จเจ้าอุปราช คำพันธ์ ที่บริเวณด้านหลังของอาคาร (รูปที่ 3) ปัจจุบันจากการสำรวจด้วยตาเปล่าพบว่ามีการแตกร้าวเกิดขึ้น โดยเฉพาะส่วนฐานขึ้นมาถึงผนังของสิมทำให้เกิดการรั่วของน้ำฝนเข้าไปภายในส่งผลให้ภาพเขียนบนฝาผนังเกิดการเสียหายลบเลือน



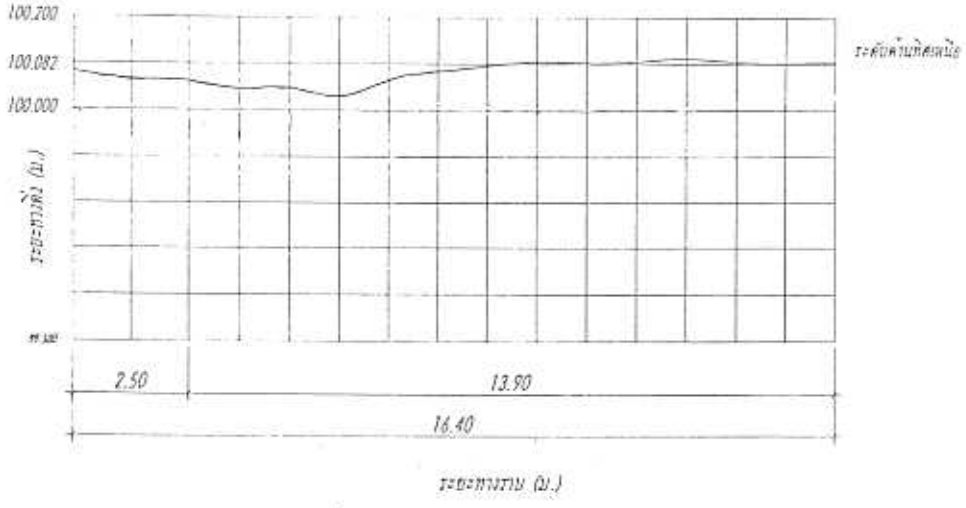
(ก) หอพระพุทธบาท(สิม) วัดทุ่งศรีเมือง (ข) ส่วนบรรจุอัฐิของเสด็จเจ้าอุปราชคำพันธ์ด้านหลังสิม

รูปที่ 3 หอพระพุทธบาท(สิม) วัดทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุบลราชธานี และส่วนบรรจุอัฐิของเสด็จเจ้าอุปราช คำพันธ์ ที่บริเวณด้านหลังของสิม

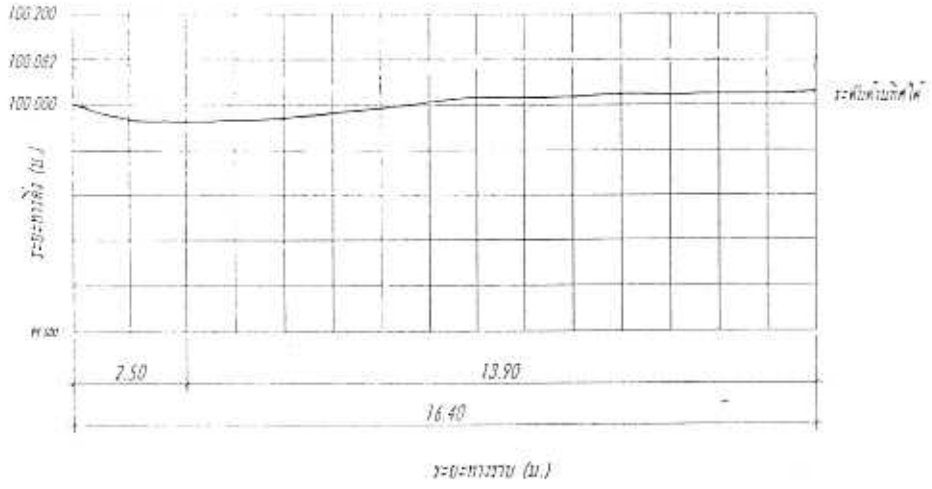
จากการเจาะสำรวจดินพบว่าในภาพรวมของชั้นดินมีลักษณะใกล้เคียงกับดินที่พบโดยรอบคือที่ระดับลึก 0 – 1.0 เมตร เป็นทรายปนทรายแป้ง 1-2 เมตร เป็นดินเหนียวมีความแข็งปานกลาง-แข็ง จากระดับ 2-6 เมตรเป็นดินเหนียวปนทรายมีกำลังรับแรงเฉือนสูงและจากระดับ 6-12 เมตรเป็นทรายมีความแน่นปานกลางถึงแน่นมาก จากการทำระดับกับผิวดินซึ่งปูด้วยแผ่นกระเบื้องซีเมนต์โดยรอบโดยการวัดเทียบระดับให้มุมของส่วนต่อเติมทางด้านทิศใต้เป็นจุดอ้างอิงแล้วทำการวัดระดับโดยใช้กล้องระดับตามความยาวของอาคาร แสดงให้เห็นว่าผิวระดับสูงสุดนั้นอยู่ทางทิศตะวันออกและมีการทรุดตัวทางทิศตะวันตกโดยมีระดับการทรุดตัวแตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ 50 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าระดับของสิมฝั่งทิศเหนือตลอดแนวสูงกว่าฝั่งทิศใต้ดังแสดงในรูปที่ 4 จากข้อมูลการสำรวจข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า สิมเกิดการแตกร้าวเนื่องจากการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันของฐาน(differential settlement)โดยการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากการเสื่อมสลายของฐานรากตามกาลเวลา ส่วนการต่อเติมโครงสร้างด้านหลังของสิมนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อค้ำยันตัวสิมไม่ให้ทรุดตัวจนเกิดความเสียหาย อย่างไรก็ตามการต่อเติมดังกล่าวอาจเป็นการเพิ่มน้ำหนักแก่ชั้นดินซึ่งเป็นดินเหนียวที่สามารถยุบตัวได้ทำให้เกิดการดึงรั้งจนขนาดการทรุดตัวมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าบางจุดของพื้นที่ใกล้เคียงสิมมีดินที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ที่ยังย่อยสลายไม่หมดหรือที่เรียกว่า ดินอินทรีย์ (peat soil) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีความสามารถในการยุบตัวสูงมาก และ มีค่าความคืบตัว (creep) ภายใต้ความเค้น (stress) คงที่สูงมากเช่นกัน ลักษณะของดินอินทรีย์ สามารถสังเกตได้ คือมักจะมีสีดำ หรือน้ำตาลเข้ม มีลักษณะร่วน หรือ อาจมีกลิ่น โดยทั่วไปมีค่า plasticity ต่ำ หรือ โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งที่ปล่อยให้แห้งในอุณหภูมิห้อง กับ น้ำหนักแห้งที่ได้จากการอบ (air dried to oven dried) ความแตกต่างของน้ำหนักทั้งสองคือตัวบ่งชี้ถึงปริมาณสารอินทรีย์ในดิน



(ก) ลักษณะการแตกร้าวของสิม วัดทุ่งศรีเมือง



(ข) ระดับพื้นตลอดแนวด้านทิศเหนือของสิม



(ค) ระดับพื้นตลอดแนวด้านทิศใต้ของสิม

รูปที่ 4 การแตกร้าวของสิม วัดทุ่งศรีเมือง และระดับพื้นตลอดแนวด้านทิศเหนือและทิศใต้ของสิม

4. ข้อมูลดินเพื่อประกอบการวางแผนการบูรณะสิ่งปลูกสร้างภายในโบราณสถาน

เมื่อสิ่งปลูกสร้างภายในโบราณสถานทรุดโทรมเสียหายและจำต้องดำเนินการบูรณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบูรณะที่เกี่ยวของกับโครงสร้างทั้งส่วนตัวอาคารหรือฐานรากนั้น ผู้ออกแบบและวางแผนการบูรณะจำเป็นต้องมีข้อมูลประกอบการพิจารณาอย่างครบถ้วน การสำรวจดินเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับงานฐานราก โดยทั่วไปมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ การเก็บตัวอย่างดิน และการทดสอบในสนาม มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การเก็บตัวอย่างดิน

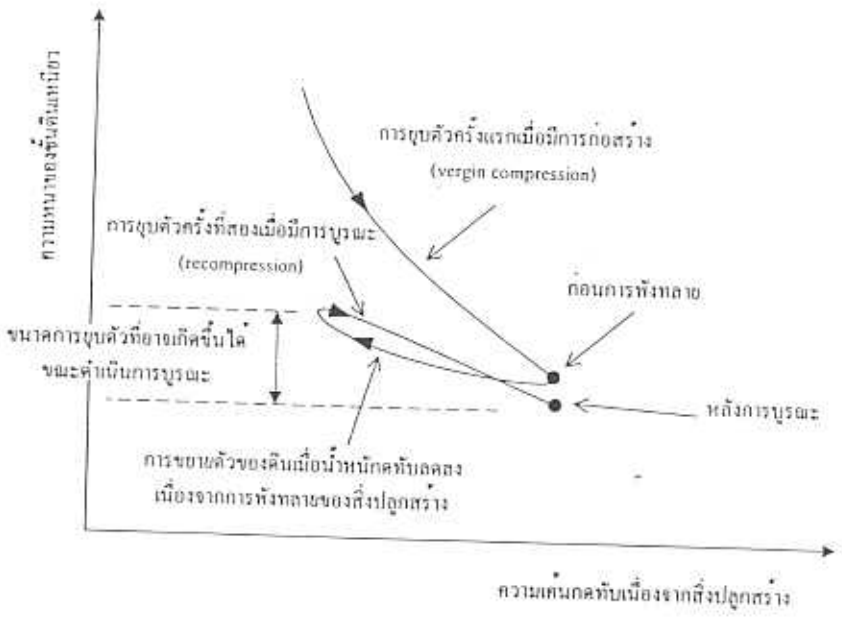
เนื่องจากระบบฐานรากของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานนั้นมักจะเป็นฐานรากตื้น (Shallow foundation) ซึ่งการกระจายของความเค้นจะอยู่ภายใต้ฐานรากแล้วจึงแผ่ออกไปตามความลึก (รูปที่ 5) ทั้งนี้ในบางแห่งยังไม่สามารถประมาณได้ว่าฐานรากอยู่ลึกกว่าระดับดินเท่าใด การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติของดินนั้น จึงจำเป็นต้องเก็บอย่างละเอียดเท่าที่จะเป็นไปได้นับจากผิวดินลงไป การเว้นช่วงการเก็บที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ขาดข้อมูลที่สำคัญเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ การเจาะสำรวจควรมีการเก็บตัวอย่างแบบไม่รบกวนควบคู่ไปกับหาค่าความแข็งแรงของดินด้วยการตอก (standard penetration test) ด้วย อย่างไรก็ตามการเจาะสำรวจดินจะเป็นประโยชน์ก็ต่อเมื่อจะมีการบูรณะสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานในลักษณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักให้กับสิ่งปลูกสร้างเดิม หรือในบริเวณใกล้เคียงกับสิ่งปลูกสร้างเดิม เช่น ในกรณีของการต่อเติมสิมวัดทุ่งศรีเมือง จังหวัดอุบลราชธานี (ตามรูปที่ 3) เป็นต้น หรือเพื่อการปรับปรุงดินภายใต้ฐานรากด้วยวิธีอื่นใดก็ตาม นอกจากนั้นการสร้างอาคารใหม่ประชิดสิ่งปลูกสร้างเดิมโดยใช้ระบบฐานรากที่ไม่เหมาะสมหรือการขุดคูคลองในบริเวณใกล้เคียงยังสามารถทำให้เกิดการทรุดหรือการรบกวนต่อชั้น

ดินภายใต้ฐานรากรากของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานได้ ทั้งนี้ผลกระทบจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินในบริเวณดังกล่าวโดยตรง

4.2 การทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบดินในห้องปฏิบัติการมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาคุณสมบัติต่างๆของดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติทางด้านการทรุดตัวของดิน ทั้งนี้คุณสมบัติของดินดังกล่าวมีความสำคัญต่อการบูรณะสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานที่จำเป็นต้องมีการจัดวางชิ้นส่วนกลับเข้าตำแหน่งเดิม (anastilosis) เป็นจำนวนมาก การบูรณะด้วยวิธีดังกล่าวย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเค้นใต้ฐานรากของสิ่งปลูกสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากดินในบริเวณดังกล่าวมีดินเหนียวอยู่ด้วย ลักษณะสำคัญของดินเหนียวคือสามารถยุบตัวได้มากเมื่อมีการให้น้ำหนักและสามารถขยายตัว (swell) ได้เมื่อน้ำหนักที่กระทำลดลงหลังจากนั้นหากมีน้ำหนักกระทำเพิ่มขึ้นอีกดินเหนียวก็สามารถยุบตัวได้อีกถึงแม้ขนาดของการยุบตัวในครั้งถัดมาจะไม่มากเท่าครั้งแรกก็ตาม (รูปที่ 6) พฤติกรรมของการยุบตัวจะเป็นเช่นไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของดิน แร่ธาตุซึ่งเป็นองค์ประกอบและประวัติการรับแรงของดิน (stress history) ทั้งนี้สามารถประมาณขนาดและอัตราการทรุดตัวได้โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองการกดอัดคายน้ำของดิน (oedometer test หรือ consolidation test) พฤติกรรมดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นหากใต้ฐานรากเป็นทรายหรือทรายแป้งที่มีอัตราการระบายน้ำสูง

รูปที่ 5 การทรุดตัวของชั้นดินใต้ฐานรากตื้น



รูปที่ 6 พฤติกรรมของดินเมื่อมีการก่อสร้าง พังทลาย และการฟื้นฟูบูรณะ

สำหรับโบราณสถานบางแห่งที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดชัน การจำแนกประเภทของดินมีผลต่อการประมาณการกัดเซาะหน้าดินที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากประเภทของดินแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่อาจมีผลต่อการกัดเซาะหน้าดินเช่นปริมาณน้ำฝน (rainfall erosivity factor) ความลาดชันของพื้นที่ (slope gradient) และ การปลูกพืช (vegetative cover factor) เป็นต้น การกัดเซาะหน้าดินนั้นหากเกิดขึ้นมากและต่อเนื่องเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดผลเสียต่อฐานรากได้

นอกจากปัจจัยทางด้านคุณสมบัติของดินแล้วยังอาจมีปัจจัยอื่นๆที่ควรคำนึงถึงในการบูรณะหรือซ่อมแซมฐานรากของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานเช่น ความแข็งแรงของวัสดุฐานรากซึ่งอาจมีการเสื่อมสลายตามกาลเวลาและอาจไม่สามารถรับน้ำหนักกดทับได้ดังเดิม ความแตกต่างของระบบโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้างเช่น การก่อสร้างสถูปหรือเจดีนั้นอาศัยการก่อโดยน้ำหนักที่กดทับฐานรากเป็นแบบกระจาย (distribute load) การบูรณะอาจต้องอาศัยการเสริมแรงโดยการฉีดอัดน้ำปูน (cement grouting) แต่การก่อสร้างสิมหรืออุโบสถนั้นมีการถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานรากโดยใช้ระบบคานและเสาจึงมีลักษณะของน้ำหนักแบบเป็นจุด (point load) ซึ่งสำหรับกรณีหลังนี้โบราณสถานบางแห่งได้ใช้วิธีการเสริมเสาเข็มใต้ฐานราก (underpinning) เพื่อเป็นการเสริมกำลังและลดการทรุดตัวของตัวอาคาร อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวสามารถใช้ได้ก็ต่อเมื่อฐานรากเดิมมีลักษณะใกล้เคียงกับฐานรากแผ่และมีความแข็งแรงเพียงพอเท่านั้น

5. สรุป

การชำรุดทรุดโทรมเสียหายของสิ่งปลูกสร้างในโบราณสถานเกิดจากหลายสาเหตุ การทรุดตัวของฐานรากเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีความสำคัญ ก่อนการวางแผนเพื่อการบูรณะไม่ว่าวิธีการใดก็ตามควรมีการศึกษาข้อมูลทั้งในส่วนของระบบการถ่ายแรงของฐานราก ดินภายใต้ฐานรากและความแข็งแรงของวัสดุฐานราก การเพิ่มน้ำหนักให้กับสิ่ง

ปลูกสร้างหรือการซ่อมแซมฐานรากโดยมิได้ศึกษาคุณสมบัติของดินนั้นอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อองค์อาคารอันมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ได้ในที่สุด

7. แหล่งอ้างอิงและเอกสารสืบค้นเพิ่มเติม

1. สุรฉัตร สัมพันธารักษ์ (2540) "วิศวกรรมปฐพี" วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
2. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม (2541) "การพัฒนาการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมศิลปกรรม" ISBN 974-87287-0-6
3. Simons N. E. & Menzies B. K. (1977) " A Short Course in Foundation Engineering" Butterworths & Co (Publishers) Ltd, 1997 ISBN 0 408 00295 6

การบูรณะเจดีย์ภูเขาทอง

RESTORATION OF PUKHAO THONG CHEDI

วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย
ศาสตราจารย์
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี

นพดล เพียรเวช
รองศาสตราจารย์
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี

ชาญพจน์ ตั้งตรงจิตร
ผู้ร่วมวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี

พฤทธิพงศ์ สิงหติราช
ผู้ร่วมวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี

ไพรัช เล้าประเสริฐ
กรรมการผู้จัดการ
บริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด

WORSAK KANOK-NUKULCHAI
Professor
Asian Institute of Technology, Pathumthani

NOPPADOL PHIENWEJ
Associate Professor
Asian Institute of Technology, Pathumthani

CHANPHOT TANGTONGCHIT
Research Associate
Asian Institute of Technology, Pathumthani

PRUETHIPONG SINGHATIRAJ
Research Associate
Asian Institute of Technology, Pathumthani

PAIRUCH LAOPRASERT
Managing Director
Stonehenge Design and Consultants Co.,Ltd.

บทคัดย่อ

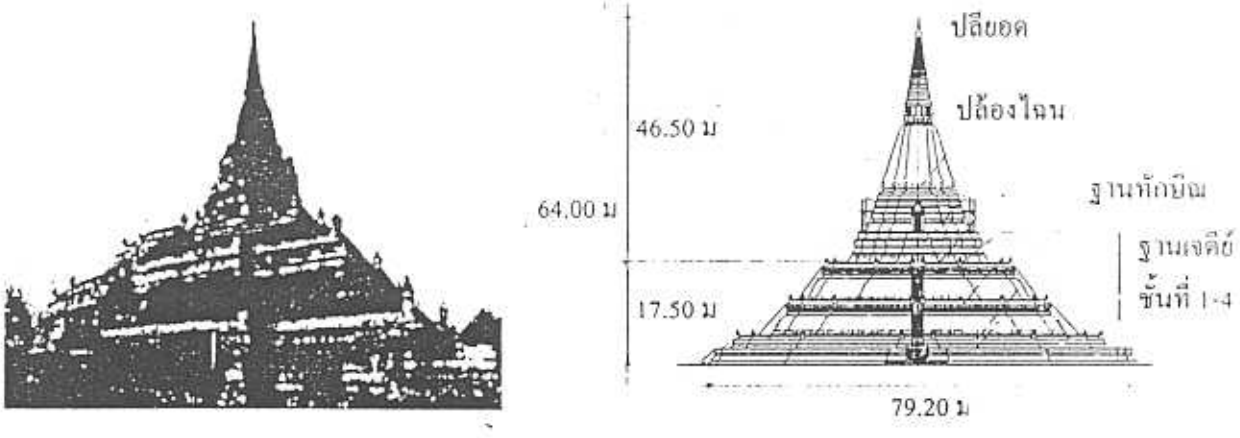
เจดีย์ภูเขาทองเป็นปูชนียสถานสำคัญของชาติ ตั้งอยู่ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากได้ปรากฏร่องรอยการเสื่อมสภาพ ทั้งรอยแยกและรอยแตกร้าวมากมายที่ผิวขององค์เจดีย์ รวมถึงการเอียงตัวของยอดเจดีย์ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจน สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 3 จังหวัดพระนครอยุธยา กรมศิลปากร จึงได้ติดต่อให้ คณะวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ร่วมกับ บริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด ดำเนินการตรวจสอบสภาพโครงสร้างและออกแบบวิธีการบูรณะเจดีย์ภูเขาทอง บทความนี้เสนอถึง วิธีการสำรวจและตรวจสอบ การวิเคราะห์หาสาเหตุของการเสื่อมสภาพ หลักการและแนวทางการบูรณะ การออกแบบวิธีการบูรณะ และสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนการบูรณะ

ABSTRACT

Phukao Thong Chedi is an old ancient pagoda sited in Ayudthya Province. The pagoda is obviously deteriorated as evidenced by a lot of splits and cracks on the outer surface and a visible tilting of the upper part. Due to the deterioration, the Bureau of Archaeology and National Museum (Regional 3), Fine Arts Department, then contacted School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology and Stonehenge Design and Consultants Co.,Ltd. to conduct an investigation and design for the restoration of the pagoda. This paper presents the whole process of restoration by describing methods of surveying, investigation and analysis for causes of deterioration. The conclusions were drawn for restoration principles, design and procedures.

บทนำ

เจดีย์ภูเขาทองเป็นเจดีย์เก่าแก่ ตั้งอยู่บริเวณทุ่งภูเขาทองนอกตัวเมืองพระนครศรีอยุธยาไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 2 กิโลเมตร จากเอกสารและหลักฐานทางประวัติศาสตร์สรุปได้ว่า สมเด็จพระราเมศวรทรงสถาปนาวัดภูเขาทองขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 1930 ในจดหมายเหตุของนายแพทย์เกมป์เฟอร์ ชาวเยอรมัน หมอประจำคณะฑูตเนเธอร์แลนด์ซึ่งเดินทางมายัง กรุงศรีอยุธยาเมื่อปี พ.ศ. 2233 ได้บันทึกไว้ว่า เจดีย์องค์นี้พระมหากษัตริย์ไทยสร้างขึ้นเพื่อเป็นที่ระลึกที่ได้ชัยชนะเหนือกษัตริย์มอญ [3] ในปี พ.ศ. 2287 สมเด็จพระเจ้าบรมโกศโปรดให้บูรณะปฏิสังขรณ์องค์เจดีย์และพระอารามภูเขาทอง 6 เดือนจึงสำเร็จ หลังจากนั้นไม่พบหลักฐานว่ามีการบูรณะซ่อมแซมเจดีย์ภูเขาทองอีกเลย จนในปี พ.ศ. 2499 คณะรัฐบาลสมัย จอมพล ป. พิบูลสงคราม ได้ดำเนินการบูรณะองค์เจดีย์ครั้งใหญ่ โดยเสริมความแข็งแรงขององค์เจดีย์บางส่วนด้วยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ต่อเติมปล้องไฉน ปลียอด และประดับลูกแก้วบนปลียอดด้วยทองคำหนัก 2500 กรัม ในปี พ.ศ. 2540 เนื่องจากได้ปรากฏร่องรอยการเสื่อมสภาพ ทั้งรอยแยกและรอยแตกร้าวมากมายที่ผิวขององค์เจดีย์ รวมถึงยอดเจดีย์เกิดการเอียงอย่างเห็นได้ชัด สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 3 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กรมศิลปากร จึงได้ติดต่อให้ คณะวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ร่วมกับ บริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด ดำเนินการตรวจสอบสภาพโครงสร้างและออกแบบเพื่อการบูรณะองค์เจดีย์ภูเขาทอง โดยเริ่มสำรวจและตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2539 ออกแบบแล้วเสร็จเดือนเมษายน พ.ศ. 2540 เริ่มการบูรณะเมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2540 และคาดว่าการบูรณะจะแล้วเสร็จประมาณเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542



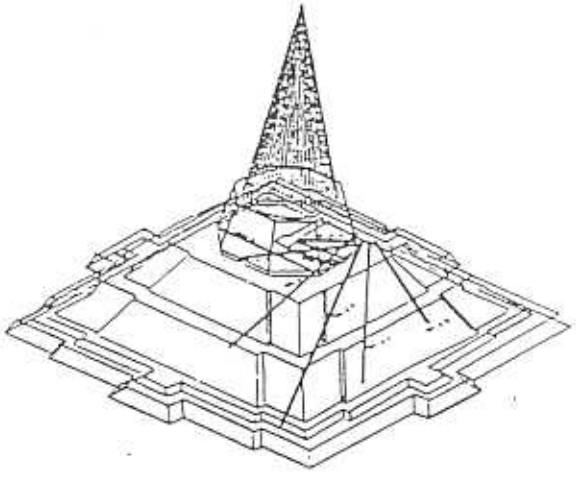
รูปที่ 1 เจดีย์ภูเขาทอง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

คณะทำงานได้เริ่มตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุของการเอียงตัวของยอดเจดีย์ รวมถึงหาข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการบูรณะ การตรวจสอบแบ่งเป็น 3 ส่วน หลักๆ คือ การตรวจสอบสภาพภายนอก การตรวจสอบสภาพภายใน และการตรวจสอบสภาพพื้นดินใต้ฐานองค์เจดีย์ ผลการตรวจสอบ รวมถึงวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน สรุปได้ดังนี้

<u>การตรวจสอบสภาพภายนอก</u>

งานตรวจสอบสภาพภายนอกประกอบด้วย การสำรวจรังวัดขนาด เขียนแบบแสดงมิติขององค์เจดีย์ การตรวจสอบสภาพของการแตกร้าว และบันทึกไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบบูรณะ เจดีย์ภูเขาทองเป็นเจดีย์ย่อมุมไม้สิบสองตั้งบนฐานสี่เหลี่ยม ฐานชั้นล่างสุดกว้างประมาณ 80 เมตร ความสูงจากพื้นถึงยอด 64 เมตร ฐานเจดีย์แบ่งเป็นชั้นๆ ทั้งหมด 4 ชั้นดังแสดงในรูปที่ 1 โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นวัสดุก่อ ซึ่งก่อโดยใช้อิฐดินเผาประสานรอยต่อด้วยดินเหนียว พบรอยแยก รอยร้าวอยู่ทั่วไปบริเวณผิวนอกขององค์เจดีย์และฐานชั้นต่างๆ ส่วนบนขององค์เจดีย์ตั้งแต่ระดับฐานทักษิณไปจนถึงปลียอดเอียงตัวไปทางทิศตะวันตกเป็นมุม 2-3 องศา จากการรังวัดพบว่ายอดเจดีย์เอียงออกไปจากแกนดิ่งเป็นระยะ 2.10 เมตร พื้นตั้งแต่ระดับฐานทักษิณขึ้นไปมีการเอียงตัวอย่างเห็นได้ชัด เช่นที่ระดับองค์เจดีย์ชั้นที่ 6 ขอบของเจดีย์ทางทิศตะวันตกมีระดับต่ำกว่าขอบทางด้านทิศตะวันออกถึง 70 เซนติเมตร บนฐานทักษิณมีช่องเปิดซึ่งเดินเข้าไปภายในองค์เจดีย์ได้ โถงขนาดใหญ่ด้านในประดิษฐสถานพระพุทธรูปสำหรับสักการะ เมื่อการบูรณะครั้งล่าสุด (พ.ศ.2499) ได้มีการสร้างโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อพยุงส่วนยอดขององค์เจดีย์ไว้ ดังรูปที่ 2 โครงข้อแข็งนี้มีฐานทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส เสาที่มุมทั้งสี่สร้างแนบขึ้นไปตามผิวด้านในของปล้องไฉน มีคานรัดรอบ 4 ด้านแบ่งเป็น 4 ระดับ ความสูงของโครงประมาณ 10 เมตร ตั้งอยู่บนฐานซึ่งเป็นวัสดุก่อ อย่างไรก็ตามโครงข้อแข็งนี้มีสภาพทรุดโทรมเป็นอันมาก จากการตรวจสอบพบว่ามีรอยร้าวและรอยผุกร่อนของคอนกรีตจนเห็นเหล็กเสริมเป็นสนิมปรากฏอยู่ทั่วไป

รูปที่ 2 โครงข้อแข็งภายในองค์เจดีย์



รูปที่ 3 แนวการเจาะสำรวจภายในฐานเจดีย์

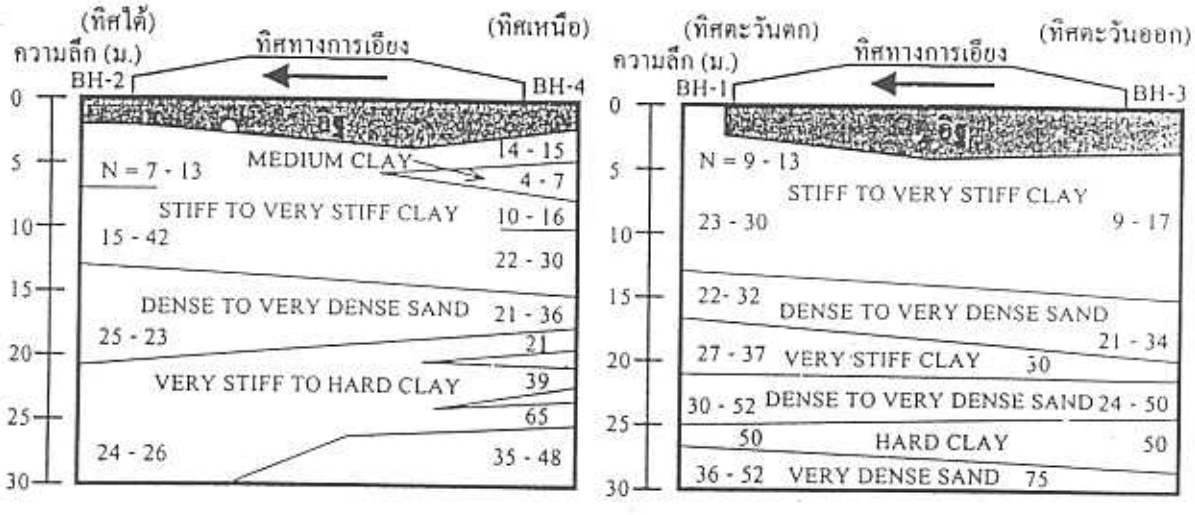
<u>การตรวจสอบสภาพภายใน</u>

งานตรวจสอบสภาพภายในองค์เจดีย์ทำโดยการเจาะหลุมสำรวจและเก็บตัวอย่างวัสดุ โดยใช้เครื่องเจาะแบบ Skid-mounted rotary drill rig เก็บตัวอย่างโดยใช้ Triple tube wire line core barrel ตั้งแท่นเจาะบนพื้นฐานทักษิณและฐานชั้นต่างๆ ตัวอย่างที่เก็บเป็นแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 61 มิลลิเมตร หลุมเจาะทั้งหมด 9 หลุม ความยาวรวม 176 เมตร แนวเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างแสดงไว้ในรูปที่ 3 การเจาะสำรวจนี้ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบสภาพของวัสดุและ

ตรวจสอบสภาพภายในของฐานเจดีย์ ผลการเจาะสำรวจพบว่า อิฐก่อภายในฐานขององค์เจดีย์มีสภาพค่อนข้างดี ไม่มีโพรงขนาดใหญ่ แต่มีโพรงขนาดเล็กที่ถมด้วยดินอัดกระจายอยู่ทั่วไป การเจาะสำรวจทะลุลงไปใต้ฐานองค์เจดีย์พบว่ามีการก่ออิฐลึกลงไปจากระดับพื้นดินประมาณ 1-2 เมตรรองใต้ฐานขององค์เจดีย์ ใต้ชั้นอิฐลงไปจะเป็นดินถม นอกจากการเจาะสำรวจแล้ว การตรวจสอบยังได้ขุดเปิดผิวองค์เจดีย์บริเวณพื้นฐานทักษิณ เพื่อเก็บข้อมูลทางโครงสร้างและตรวจสอบร่องรอยทางโบราณคดี การขุดเปิดผิวนี้ทำโดยใช้แรงงานคนค่อยๆขุดอิฐที่เรียงอยู่ออกมาที่ละชั้น ขุดลึกลงไปประมาณ 2 เมตร การขุดค้นพบว่าตามบริเวณมุมทั้งสี่ของฐานทักษิณมีรอยแยกเป็นช่องกว้าง ประมาณ 80 เซนติเมตร ยาวตลอดตั้งแต่ขอบเจดีย์จนถึงขอบระเบียง ในช่องว่างของรอยแยกมีดินและทรายถมอยู่ รอยแยกเหล่านี้สันนิษฐานว่าเป็นรอยต่อของฐานเจดีย์ซึ่งพอกเสริมจากฐานเดิมจากการบูรณะครั้งหลังๆ เพื่อเสริมความมั่นคงไม่ให้องค์เจดีย์ล้มลงเนื่องจากการเอียงตัว สำหรับตัวอย่างอิฐที่เก็บได้นั้นเมื่อนำไป ทดสอบความแข็งแรงในห้องปฏิบัติการพบว่า อิฐและวัสดุก่อมีค่ากำลังอัดประลัยประมาณ 65 และ 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร [1,2]

<u>การตรวจสอบสภาพของดินใต้ฐานองค์เจดีย์</u>

การตรวจสอบสภาพของดินใต้ฐานองค์เจดีย์เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติการรับกำลังของดิน ทำโดยการเจาะหลุมสำรวจดินทั้งหมด 4 หลุม กระจายไปในแต่ละด้านขององค์เจดีย์ การเจาะหลุมใช้เครื่องเจาะแบบ Rotary โดยวิธี Wash boring สลับกับการเก็บตัวอย่างดินไปจนถึงความลึก 30 เมตรใต้ฐาน เมื่อนำตัวอย่างดินไปทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆในห้องปฏิบัติการ เช่น ความชื้น ความหนาแน่น ค่ากำลังเฉือนแบบอันเดรนและค่าการทรุดตัวของดินเหนียว รวมถึง การทดสอบหาขนาดคละของทราย รายละเอียดผลการทดสอบแสดงใน[1] ภาพตัดชั้นดินแสดงในรูปที่4 กำลังรับน้ำหนักบรรทุก (Bearing capacity) สำหรับดินช่วงความลึก 2 เมตรแรกซึ่งประมาณจากค่า SPT N-value มีค่าเฉลี่ยประมาณ 65 ตันต่อตารางเมตร (N-value เฉลี่ยเท่ากับ 18)



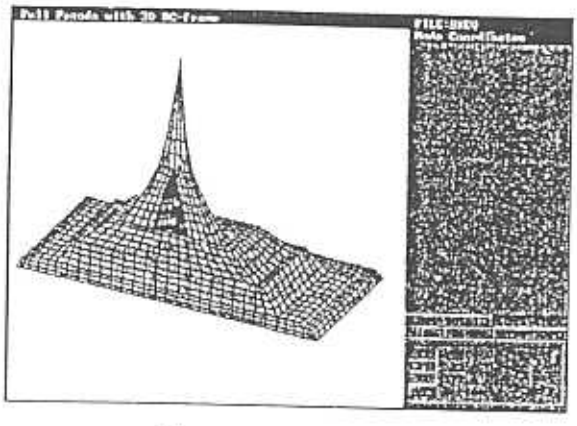
รูปที่ 4 ภาพตัดชั้นดิน

การวิเคราะห์

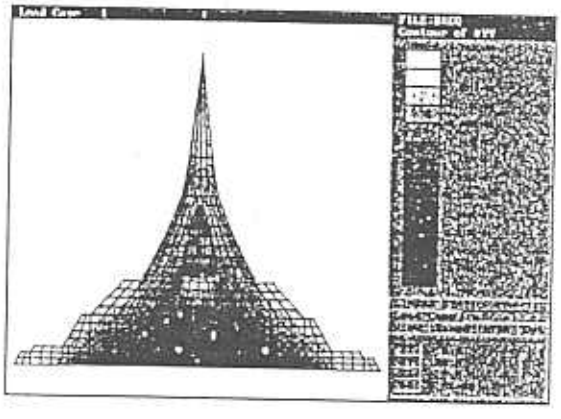
เพื่อหาสาเหตุของการเอียงของยอดเจดีย์และตรวจเสถียรภาพขององค์เจดีย์ คณะทำงานได้นำเอาข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน แล้วทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางโครงสร้างที่เกิดจากการแบกรับน้ำหนักขององค์เจดีย์ ลักษณะการกระจายของแรงภายใน รวมถึงหาค่าหน่วยแรงอัดสูงสุดและหน่วยแรงดึงสูงสุดที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์สภาพการทรุดตัวของฐานรากเพื่อตรวจสอบข้อสันนิษฐานเบื้องต้นที่ว่า การเอียงตัวของยอดเจดีย์น่าจะเกิดจากการทรุดตัวของดินใต้ฐาน

การวิเคราะห์โครงสร้าง

การวิเคราะห์โครงสร้างเจดีย์ภูเขาทองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำโดยใช้โปรแกรม STRAND6 แบบจำลองโครงสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติ แสดงในรูปที่ 5 ประกอบด้วย จุดต่อ 4157 จุด และชิ้นส่วนทั้งหมด 3294 ชิ้น แบ่งเป็น วัสดุก่อ และคอนกรีตในบางส่วน คุณสมบัติทางกลของวัสดุก่อได้จากผลการทดสอบ คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 20000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนปัวซอง 0.22 หน่วยน้ำหนัก 1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (รายละเอียดของการทดสอบและการวิเคราะห์ แสดงใน [1]) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสรุปได้ดังนี้ การกระจายของแรงภายในโครงสร้างนั้น เป็นการถ่ายแรงจากส่วนบนลงสู่ส่วนล่างขององค์เจดีย์ ดังแสดงในรูปที่ 6 แรงอัดสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางใต้ฐานของเจดีย์ หน่วยแรงอัดสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 3.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งต่ำกว่าค่ากำลังอัดประลัยของวัสดุก่ออยู่มาก เทียบเป็นอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 10 สรุปได้ว่าโครงสร้างยังมีเสถียรภาพที่ดีและจะไม่เกิดการวิบัติแบบพังทลายทันที (Sudden collapse) หน่วยแรงดึงสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมากคือ 0.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงสภาพของวัสดุก่อ แม้ว่าก้อนอิฐยังคงสภาพคืออยู่ แต่ดินเหนียวที่สอไว้เสื่อมสภาพจนไม่สามารถยึดประสานก้อนอิฐเข้าด้วยกัน แรงดึงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยก็สามารถที่จะแยกก้อนอิฐออกจากกัน เป็นผลให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้น บริเวณที่เกิดแรงดึงขึ้นนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ที่บริเวณผิวด้านนอกของฐานเจดีย์ตามชั้นต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพปัจจุบันขององค์เจดีย์



รูปที่ 5 แบบจำลองโครงสร้าง



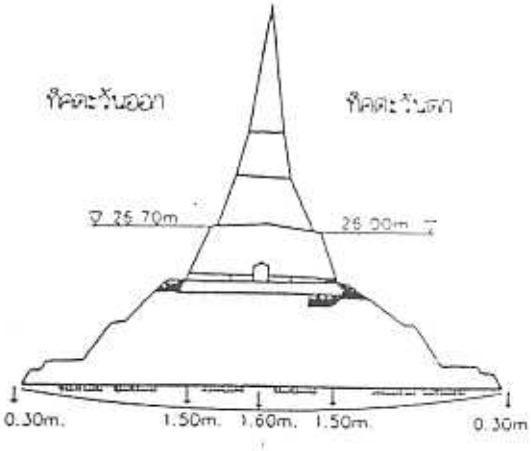
รูปที่ 6 รูปตัดแสดงหน่วยแรงในแนวแกนดิ่ง (ตัน/ม^2)

การวิเคราะห์สภาพฐานราก

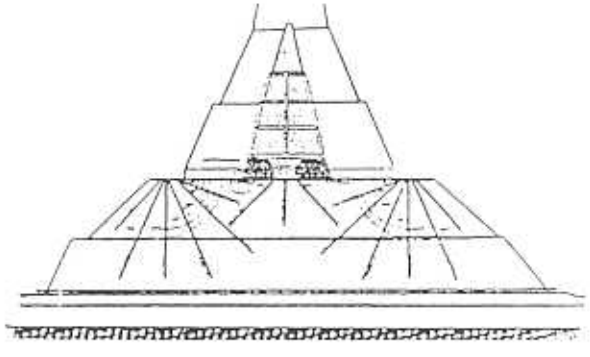
เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดิน 65 ตันต่อตารางเมตร กับค่าหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นใต้ฐานองค์เจดีย์ซึ่งมีค่าสูงสุด 38 ตันต่อตารางเมตรที่บริเวณกึ่งกลาง และลดลงเรื่อยๆจนเท่ากับ 11 ตันต่อตารางเมตรที่ริมฐานเจดีย์ด้านนอก จะเห็นได้ว่า พื้นดินใต้ฐานของเจดีย์มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงอัดจากองค์เจดีย์ได้โดยปลอดภัย แม้ว่าบริเวณกึ่งกลางจะมีค่าหน่วยแรงอัดค่อนข้างสูง (อัตราส่วนความปลอดภัย 1.9) แต่ก็เป็นค่ามากเฉพาะจุด โดยที่ค่าแรงอัดนี้จะลดลงโดยรอบตามลักษณะรูปทรงขององค์เจดีย์ ทำให้มั่นใจได้ว่าดินใต้องค์เจดีย์มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักองค์เจดีย์โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อไปในอนาคต สำหรับข้อสันนิฐานที่ว่าการเอียงตัวของยอดเจดีย์ไปทางทิศตะวันตกนั้นอาจจะเกิดเนื่องจากการทรุดตัวของชั้นดินใต้ฐานรากนั้น ทางคณะทำงานได้วิเคราะห์การทรุดตัวของชั้นดินโดยอาศัยจากข้อมูลดินจากการเจาะสำรวจ พิจารณาสภาพการเรียงตัวและความหนาแน่นของชั้นดินดังแสดงในภาพตัดชั้นดิน (รูปที่ 1) จะเห็นได้ว่าชั้นดินเหนียวแข็งที่มีสภาพอ่อนที่สุดจะอยู่ทางด้านทิศเหนือ อีกทั้งชั้นดินเหนียวแข็งด้านทิศตะวันตกจะมีค่าความแข็งแรงตามค่า SPT N-value สูงกว่าบริเวณอื่นๆอยู่เล็กน้อย หลักฐานจากข้อมูลดินที่ปรากฏนี้มิได้สนับสนุนว่าการทรุดและเอียงตัวขององค์เจดีย์เกิดเนื่องจากการทรุดตัวของชั้นดิน เพราะถ้าเป็นเช่นนั้นจริงการเอียงตัวควรจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ปรากฏ เมื่อวิเคราะห์การทรุดตัวของชั้นดินโดยละเอียดตามทฤษฎี One-dimensional consolidation โดยใช้หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นใต้ฐานองค์เจดีย์ซึ่งได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างมาเป็นแรงกด

บนพื้นที่สีเหลี่ยม อาศัยคุณสมบัติการทรุดตัวของดินซึ่งได้จากการทดสอบการทรุดตัวของดิน(Consolidation Test) เป็นข้อมูลพื้นฐาน การวิเคราะห์พบว่าการทรุดตัวของฐานเจดีย์ตามแนวตัดขวางผ่านศูนย์กลางจะมีลักษณะเป็นพาราโบล่าหงาย มีค่าทรุดตัวสูงสุดที่จุดกึ่งกลางประมาณ 1.60 เมตร และลดลงไปจนเท่ากับ 0.30 เมตรที่ขอบด้านนอก การทรุดตัวของชั้นดินเนื่องจากน้ำหนักกดนี้ไม่สอดคล้องกับสภาพการเอียงขององค์เจดีย์ด้านบนเหนือฐานทักษิณในปัจจุบันซึ่งขอบด้านตะวันตกจะมีระดับต่ำกว่าขอบด้านตะวันออกอยู่ 0.70 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 และการทรุดตัวนี้จะเกิดสมบูรณ์ภายในเวลา 6 ปีหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเอียงตัวของยอดเจดีย์ในปัจจุบันมิได้เกิดจากการทรุดตัวของดินที่ใต้ฐาน

เมื่อพิจารณาจากระดับจากการรังวัดเจดีย์จะพบว่า การเอียงที่เกิดขึ้นนั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการเอียงของส่วนยอดเจดีย์ที่อยู่เหนือฐานทักษิณขึ้นไป ประกอบกับผลการการวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงให้เห็นว่าแรงส่วนใหญ่จะถ่ายจากยอดเจดีย์ลงสู่ส่วนกลางของฐาน และผลการเจาะสำรวจที่พบโพรงกระจายอยู่ทั่วไปในฐานเจดีย์ จึงสรุปว่า การเอียงตัวของยอดเจดีย์นั้นเกิดจากการยุบตัวของโพรงหรืออิฐภายในฐานขององค์เจดีย์ทางด้านทิศตะวันตก เป็นผลให้ยอดเจดีย์ตั้งแต่ฐานทักษิณขึ้นไปเกิดการเอียงตัวและดึงให้พื้นฐานทักษิณเกิดการแยกออกตามมุมทั้งสี่ด้าน จากลักษณะรูปทรงขององค์เจดีย์ซึ่งจะมีน้ำหนักหรือแรงอัดสูงมากที่บริเวณศูนย์กลาง การเอียงตัวเพียงเล็กน้อยนั้นสามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อเสถียรภาพของโครงสร้างต่อไปได้ในอนาคต จึงต้องมีการวางแผนและออกแบบวิธีการบูรณะเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ต่อไป



รูปที่ 7 การทรุดตัวที่ฐานเนื่องจากน้ำหนักขององค์เจดีย์



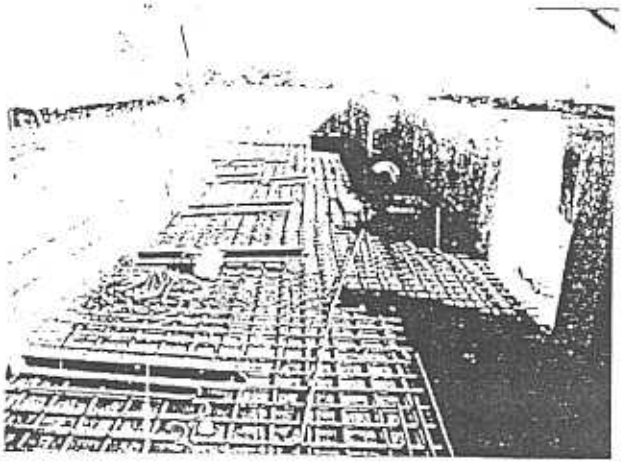
รูปที่ 8 แนวการอัดฉีดน้ำปูนที่ฐานเจดีย์

การบูรณะ

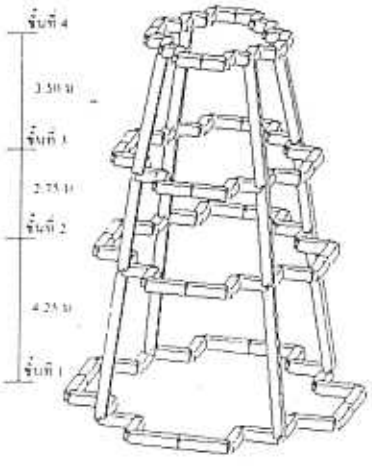
ในการบูรณะองค์เจดีย์ภูเขาทองนั้น กรมศิลปากรและคณะทำงานได้กำหนดเป้าหมายหลักไว้ดังนี้ คือ พยายามรักษาโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆขององค์เจดีย์ให้คงอยู่ได้ในสภาพปัจจุบันเท่าที่จะทำได้ตามวิทยาการที่มีอยู่ ต้องง่ายต่อการดูแลรักษาต่อไปในอนาคต และการบูรณะต้องไม่มีผลให้สภาพทางโบราณคดีเสื่อมเสียหรือบิดเบือนไป งานบูรณะองค์เจดีย์ภูเขาทองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การเสริมความแข็งแรงของโครงสร้าง และการป้องกันการแตกร้าวของผิวภายนอกองค์เจดีย์ รายละเอียดของงานและวิธีการปฏิบัติมีดังนี้

การเสริมความแข็งแรงของฐานเจดีย์

การเสริมความแข็งแรงของฐานเจดีย์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันไม่ให้ยอดเจดีย์ที่เอียงอยู่นั้นเกิดการเอียงตัวมากขึ้น การป้องกันสามารถทำโดยการอัดฉีดน้ำปูนเข้าไปอุดช่องว่างภายในทั้งหมด แต่การอัดฉีดน้ำปูนเข้าไปจนเต็มฐานนั้นนอกจากจะสิ้นเปลืองแล้วยังเพิ่มน้ำหนักบรรทุกแก่องค์เจดีย์อย่างมากอีกด้วย ดังนั้นจึงได้ออกแบบและควบคุมแนวการอัดฉีดน้ำปูนเป็น 2 ขั้นตอน ดังแสดงใน รูปที่ 8 คือ 1. อัดฉีดน้ำปูนในแนวดิ่งบริเวณรอบนอกของฐานเจดีย์ เพื่อสร้างแนวป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวราบของอิฐและป้องกันการไหลออกของน้ำปูนซึ่งจะอัดฉีดเข้าไปบริเวณส่วนกลาง 2. อัดฉีดน้ำปูนในแนวดิ่งและแนวเอียงบริเวณกึ่งกลางของฐานเจดีย์ แนวของการอัดฉีดน้ำปูนในส่วนกลางนี้จะมีลักษณะเป็นรูปโดมคว่ำ เพื่อเสริมความแข็งแรงของฐานเจดีย์และช่วยในการกระจายแรงกดซึ่งมีมากที่จุดกึ่งกลางให้กระจายออกไปด้านนอกของฐานเจดีย์



รูปที่ 9 การเสริมเหล็กรูปพรรณที่พื้นฐานทักษิณ



รูปที่ 10 โครงข้อแข็งที่สร้างขึ้นใหม่

การเสริมความแข็งแรงของพื้นฐานทักษิณ

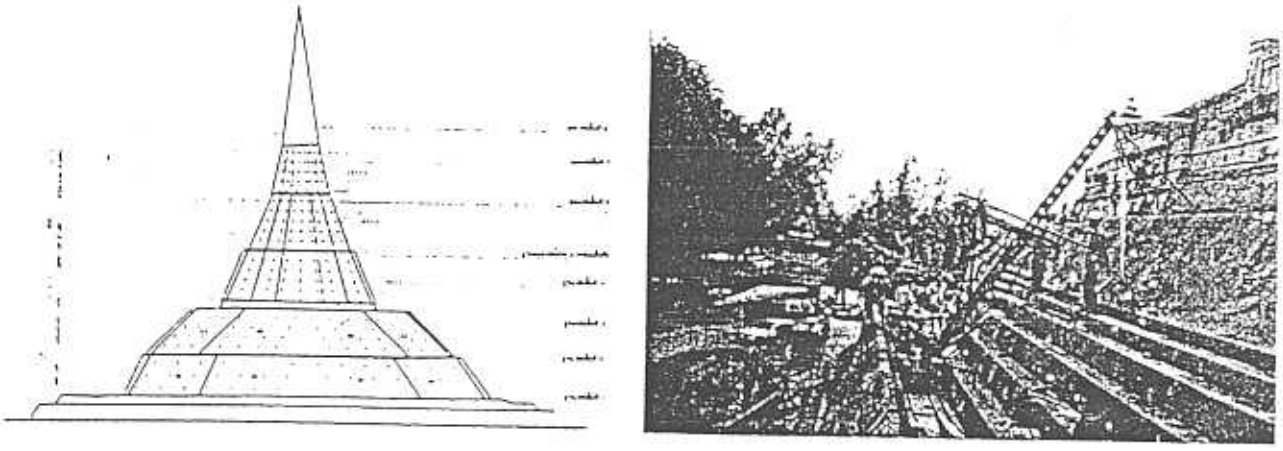
เนื่องจากพื้นฐานทักษิณเป็นบริเวณสำคัญซึ่งเชื่อมต่อฐานเจดีย์ด้านล่างและส่วนยอดเจดีย์ด้านบนเข้าด้วยกัน ประกอบกับในปัจจุบันพื้นมีระดับแตกต่างกันอยู่มาก การบูรณะจึงได้กำหนดให้ทำพื้นขึ้นใหม่ พื้นใหม่นี้จะต้องเป็นพื้นที่คงรูปและสามารถต้านทานแรงดัดได้สูง เพื่อช่วยกระจายแรงกดจากยอดเจดีย์ไปทั่วฐานของเจดีย์และควบคุมการทรุดตัวของยอดเจดีย์ให้เกิดขึ้นเท่าๆกัน พื้นใหม่จะเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ออกแบบให้มีการฝังคานเหล็กสอดอยู่ในแผ่นพื้นใต้ส่วนยอดของเจดีย์ตามแนวรัศมีดังรูปที่ 9 ขั้นตอนการก่อสร้างทำโดย การลอกพื้นฐานทักษิณเดิมลึกลงไปประมาณ 30 เซนติเมตร เจาะและสอดท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จากด้านนอกของฐานทักษิณเข้าไปยังศูนย์กลางของโถงด้านใน ใส่คานเหล็กรูปพรรณ(H-100×100×6×8) เข้าไปในท่อและอัดฉีดน้ำปูนจนเต็มท่อ เมื่อฝังคานเหล็กทั้งหมดแล้วจึงเทพื้นทั้งด้านนอกและด้านในของฐานทักษิณ

การเสริมความแข็งแรงของช่องเปิดด้านใน

เนื่องจากโครงข้อแข็งเดิมที่ภายในโถงนั้นอยู่ในสภาพที่ทรุดโทรมมาก การซ่อมแซมทำได้ยาก และมีรูปร่างค่อนข้างขัดแย้งกับลักษณะการย่อเหลี่ยมหักมุมภายในองค์เจดีย์ ในการบูรณะจะสร้างโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กนี้ขึ้นใหม่ให้มีรูปทรงกลมกลืนกับสถาปัตยกรรมภายใน ดังแสดงในรูปที่ 10 แล้วจึงก่ออิฐปิดทับ โครงข้อแข็งที่สร้างขึ้นใหม่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 30x30 เซนติเมตร ออกแบบให้สามารถต้านทางแรงดันด้านข้างที่เกิดจากการดันตัวขององค์เจดีย์ และการเซทางด้านข้างของยอดเจดีย์ตามอัตราส่วน ความสูง ต่อ 200 (รายละเอียดการคำนวณแสดงใน [1]) โครงข้อแข็งนี้จะตั้งอยู่บนกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งเชื่อมต่อกับพื้นฐานทักษิณที่เทใหม่โดยตรง

การป้องแตกร้าวบนผิวภายนอกองค์เจดีย์

ในการบูรณะครั้งนี้จะมีการสกัดผิวภายนอกขององค์เจดีย์ออกทั้งหมดและฉาบผิวใหม่โดยใช้ปูนฉาบพิเศษตามวิธีของกรมศิลปากร เพื่อป้องกันรอยแตกร้าวที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคตจึงได้มีการออกแบบให้เจาะเย็บหมุดขนาดต่างๆ ที่ผิวภายนอกขององค์เจดีย์ ทั้งส่วนฐานและส่วนยอดของเจดีย์ ดังแสดงในรูปที่ 11 นอกจากนั้นยังมีการเจาะท่อระบายน้ำเพื่อกันไม่ให้มีน้ำขังภายใน และเจาะท่อระบายอากาศเพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกองค์เจดีย์



รูปที่ 11 การเจาะเย็บผิวเจดีย์

สรุป

งานบูรณะเจดีย์ภูเขาทองเป็นงานบูรณะที่ทำอย่างเป็นระบบ มีหลักเกณฑ์และขั้นตอนตามหลักวิชาการ โดยประยุกต์เอาเทคโนโลยีต่างๆมาช่วยทำงานจนสำเร็จ หลังจากรับทราบปัญหาคือ การเอียงตัวขององค์เจดีย์ภูเขาทอง ทางคณะทำงานก็เริ่มวางแผนและเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุ กล่าวคือ 1. รังวัดด้วยกล้องสำรวจ เพื่อหาขนาดทางเรขาคณิต ตรวจสอบสภาพการทรุดเอียง และทำจุดอ้างอิงเพื่อใช้ในการเฝ้าระวังต่อไปในอนาคต 2. การตรวจสภาพโครงสร้างทั้งภายในและภายนอก รวมถึงการเจาะสำรวจเก็บตัวอย่าง เพื่อหาข้อมูลทางโครงสร้างและวัสดุ 3. ตรวจสอบสภาพของฐานรากและเจาะสำรวจดิน ไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์และประมวลผลด้วยวิธีการที่ทันสมัย เช่น การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ การวิเคราะห์การทรุดตัวของดินใต้ฐานเจดีย์เนื่องจากน้ำหนักกดคงที่ จึงสรุปสาเหตุของการเอียงว่าเกิดขึ้นเนื่องจากการยุบตัวของโพรงภายในฐานขององค์เจดีย์ หลังจากนั้นค่อยออกแบบวิธีการและขั้นตอนการบูรณะเพื่อ เสริมความแข็งแรงและเสถียรภาพแก่องค์เจดีย์ ได้แก่ เสริมความแข็งแรงของฐานเจดีย์ด้วยการอัดฉีดน้ำปูน เพิ่มเสถียรภาพของการกระจายแรงจากยอดเจดีย์ลงสู่ฐานเจดีย์ด้วยการเสริมความแข็งแรงของพื้นฐานทักษิณ เสริมความมั่นคงของยอดเจดีย์ด้วยการสร้างโครงข้อแข็งและฐานรองรับภายในใหม่ รวมถึง การเจาะเย็บหมุดขนาดต่างๆทั่วพื้นผิวขององค์เจดีย์เพื่อป้องกันการแตกร้าวที่ผิวเนื่องจากแรงดึง

เอกสารอ้างอิง

1. วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย และคณะ, การวิเคราะห์โครงสร้างเจดีย์ภูเขาทองเพื่อการบูรณะ, ไขธาสาร, ปีที่9, ฉบับที่ 12, ธันวาคม 2540
2. วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย และคณะ, รายงานสำรวจและออกแบบเพื่อการบูรณะเจดีย์ภูเขาทอง, จัดทำโดย สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และบริษัท สโตนเอ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด, 2541
3. เทพ สุขรัตนี, พระราชวังและวัดโบราณในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, พระนคร, โรงพิมพ์สำนักนายกรัฐมนตรี, 2511

บทนำ

วังสราญรมย์เป็นอาคารที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ เป็นทั้งสถานที่ประทับของมกุฎราชกุมาร เจ้าฟ้า และเป็นที่รับรองราชอาคันตุกะที่เสด็จเยือนประเทศไทย และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือเป็นที่ทำการของกระทรวงการต่างประเทศ

หลังจากกระทรวงการต่างประเทศได้ย้ายที่การไปที่ถนนศรีอยุธยา วังสราญรมย์จึงได้ว่างเปล่ารอการปรับปรุงซ่อมแซม เพื่อใช้เป็นที่จัดแสดงพิพิธภัณฑ์ ของกระทรวงการต่างประเทศ

กระทรวงการต่างประเทศได้ว่าจ้างบริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด ทำการสำรวจและเขียนแบบสภาพปัจจุบัน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบก่อสร้างอาคารพระราชวังด้านทิศตะวันออกที่เคยถูกรื้อออก และปรับปรุงซ่อมแซมอาคารเดิม

เอกสารฉบับนี้ เป็นรายงานประกอบการสำรวจและเขียนแบบสภาพปัจจุบัน เพื่ออนุรักษ์พระราชวังสราญรมย์ โดยมีเนื้อหาประกอบด้วยประวัติและความสำคัญของพระราชวังสราญรมย์ในอดีตจนถึงปัจจุบัน

การสำรวจทางสถาปัตยกรรมกล่าวถึงเรื่องประวัติความเป็นมา ประวัติการสร้างและการบูรณะ รวมถึงการสำรวจงานด้านสถาปัตยกรรมต่างๆ

การสำรวจทางด้านวิศวกรรม กล่าวถึงการสำรวจระดับพื้น ฐานราก พื้น โครงหลังคา และงานระบบ ได้แก่ ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ และระบบสุขาภิบาล และ

การสำรวจทางภูมิทัศน์ กล่าวถึงการสำรวจข้อมูลทางกายภาพการใช้พื้นที่ของบริเวณรอบอาคารในสภาพปัจจุบันและเมื่ออดีต

วัตถุประสงค์การดำเนินงาน

1. เพื่อสำรวจ ตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูล จากเอกสาร บันทึกทางประวัติศาสตร์ สภาพจริงของพระราชวังสราญรมย์ นำไปสู่แบบสภาพปัจจุบัน
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลด้านรูปแบบทาง สถาปัตยกรรม วิศวกรรม และภูมิทัศน์ นำไปสู่แบบสภาพปัจจุบัน
3. เพื่อศึกษาสภาพปัญหา การชำรุดเสียหาย ความเสื่อมโทรม ของอาคาร
4. เพื่อจัดทำแบบและเขียนแบบสภาพปัจจุบันของพระราชวังสราญรมย์ เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการบูรณะซ่อมแซม

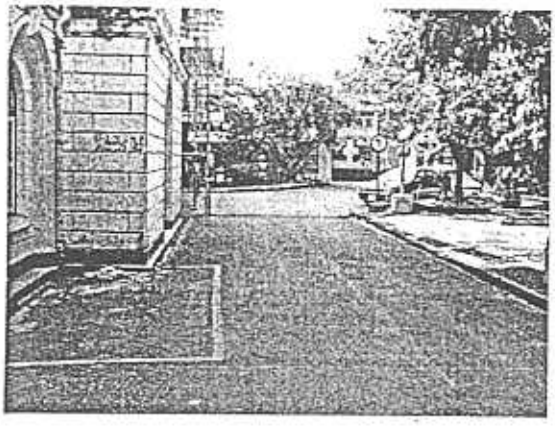
ขอบเขตการทำงาน

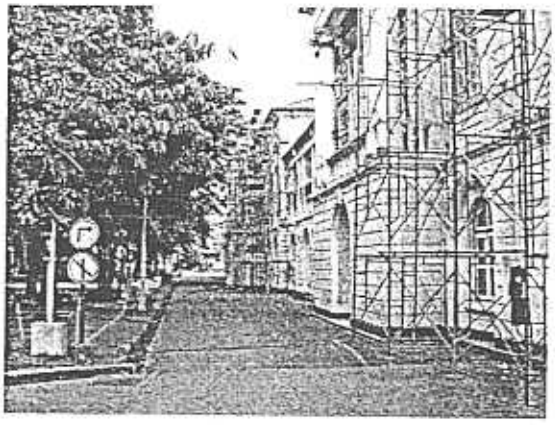
1. สำรวจงานด้านวิศวกรรม

การสำรวจระดับของวังสราญรมย์

ระดับพื้นภายนอก

วังสราญรมย์ ตั้งอยู่ระหว่างถนนกัลยาณไมตรี ด้านทิศเหนือ และถนนสราญรมย์ ด้านทิศใต้ พื้นที่ภายในบริเวณวังสราญรมย์อยู่สูงกว่าถนนสราญรมย์ประมาณ 10 – 20 เซนติเมตร และอยู่สูงกว่าถนนกัลยาณไมตรีประมาณ 5 – 15 เซนติเมตร สภาพพื้นที่รอบอาคารเป็นถนนราดยางแอสฟัลท์ ด้านหน้าเป็นเนินสวนหย่อม ปลูกต้นไม้และหญ้าปลูกหญ้า เนินสูงประมาณ 10 – 20 เซนติเมตร ลาดลงมาหาตัวอาคาร โดยที่พื้นที่บริเวณสวนด้านหน้าอยู่ต่ำกว่าพื้นที่ภายนอกรั้วด้านถนนสนามไชยประมาณ 30 – 50 เซนติเมตร พื้นวังชั้นล่างในปัจจุบันอยู่ต่ำกว่า กึ่งกลางถนนลาดยางด้านหน้า ประมาณ 4 – 5 เซนติเมตร

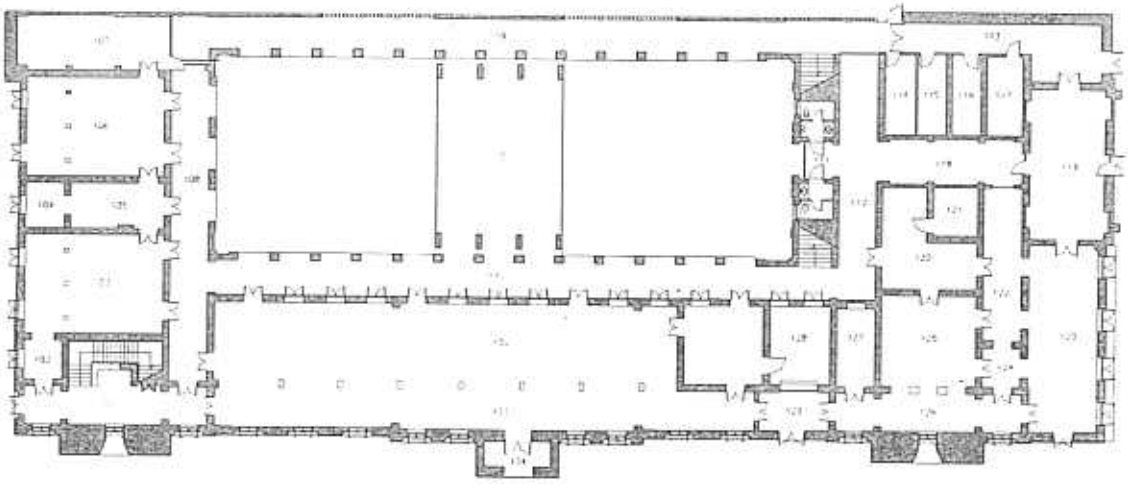




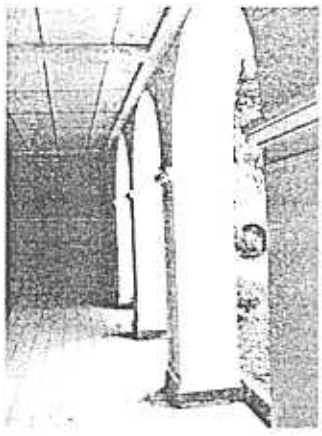
สภาพโดยทั่วไปของวังจะอยู่ต่ำกว่าพื้นที่โดยรอบ ฝนตกน้ำจะไหลเข้าหาและมีรางระบายน้ำมี

ระดับของพื้นภายในอาคาร

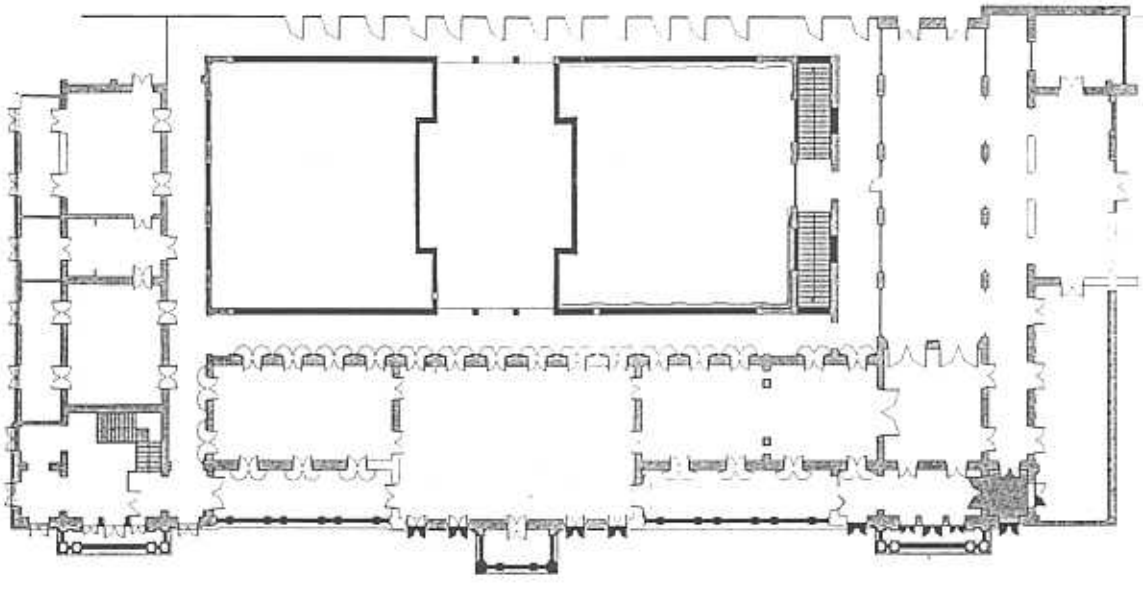
ระดับพื้นภายในห้องมีค่าต่างกันไม่มาก มีไม่เกิน 5 เซนติเมตร ถือว่าน้อยมาก บริเวณที่มีค่าระดับต่างกันเกิน 5 เซนติเมตร ได้แก่บริเวณทางเดินรอบ court ค่าระดับที่ต่างกันจะสูงสุดบริเวณใกล้กับอาคารสี่ชั้นประมาณ 16.7 เซนติเมตร เหตุผลที่ค่าระดับในห้องไม่ต่างกันมากเนื่องจากการทำพื้นคอนกรีตใหม่ ราว พ.ศ. 2530 พร้อมกับการเสริมเสาเข็มเหล็กรูปพรรณ ต้องทุบพื้นออกเกือบทั้งหมด ระดับพื้นคอนกรีตที่เทใหม่จึงค่อนข้างเรียบเท่ากัน สำหรับพื้นทางเดินค่าระดับที่ต่างกันมากอาจเนื่องจากทางเดินยาวทำให้การคุมระดับยากขึ้นและต้องมีการปรับความลาดเพื่อป้องกันน้ำขัง และระดับพื้นบริเวณใกล้อาคารสี่ชั้นจะสูงกว่า อย่างไรก็ตามระดับของพื้นชั้นล่างนี้ไม่ได้บ่งเหตุที่เป็นผลและแนวโน้มของการทรุดตัวที่อาจจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นเกณฑ์ค่าระดับของพื้นชั้นล่างนี้ถือว่ามีค่าปรกติ



บริเวณที่ต่างกันกับบริเวณคื่นประมาณ 17 เซนติเมตร (สีฟ้า) ชั้นล่าง



พื้นชั้นบนค่าระดับความแตกต่างของพื้นห้องต่างๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.5 ถึง 10 เซนติเมตร ค่าที่แตกต่างกันนี้ไม่ได้เกิดจากการทรุดตัวของอาคาร แต่เกิดจากการแอ่นตัวของพื้น (Deflection) โครงสร้างพื้นชั้นบนเป็นแบบคงไม้พื้นไม้ คงเหล็กพื้นคอนกรีต ทำให้เกิดการสั่นและแอ่นตัวได้ง่าย ในกรณีที่ต้องการให้พื้นชั้นสองรับน้ำหนักมากขึ้นสามารถเสริมคงให้ดีขึ้น



ภาพแสดงบริเวณที่ต่างกับบริเวณอื่นประมาณ 10 เซนติเมตร (สีฟ้า) ชั้นบน

พอสรุปได้ว่า พื้นของอาคารทั้งสองชั้นมีระดับต่างกันบ้าง เนื่องจากการปรับความลาดของพื้นป้องกันการไหลของน้ำเข้าสู่ห้องทำงานบริเวณทางเดิน การแอ่นตัวของพื้นไม้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวถือเป็นเรื่องปรกติของอาคารทั่วๆไป และผลการตรวจสอบระดับพบว่าพื้นของอาคารไม่มีการทรุดตัว ซึ่งสอดคล้องกับการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของฐานราก

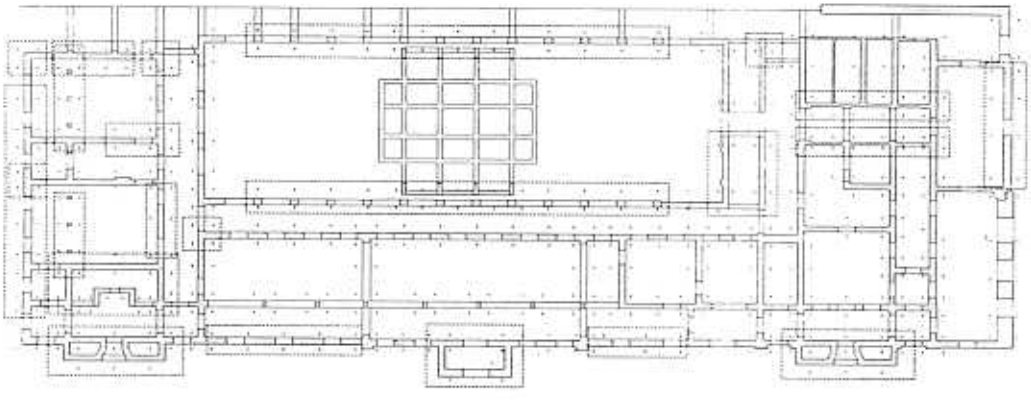
ฐานรากอาคาร

หลักฐานเก่าสำคัญกล่าวถึงเรื่องฐานรากของอาคาร การแสดงความคิดเห็นของวิศวกรใหญ่กรมโยธาธิการ มร.ถาโลแอนเลอกรี เมื่อ 25 กันยายน พ.ศ. 2441 ว่าอาคารของวังไม่มั่นคงแข็งแรง ฐานรากกำแพงไม่ได้ใส่เข็ม ได้กำแพงไม่ได้วางไม้หมอนหรือไม้ทับหลัง ฐานรากกำแพงวางอยู่บนอิฐหัก การก่ออิฐที่ฐานรากคุณภาพไม่แน่นหนาและแข็งแรง คุณภาพและฝีมือการทำงานไม่ดี แต่เนื่องจากติดขัดเรื่องเวลาและงบประมาณ การซ่อมฐานรากใหม่ทั้งหมดจึงไม่ได้ดำเนินการ มีเพียงการซ่อมบริเวณที่ชำรุดเสียหายเป็นแห่ง ๆ

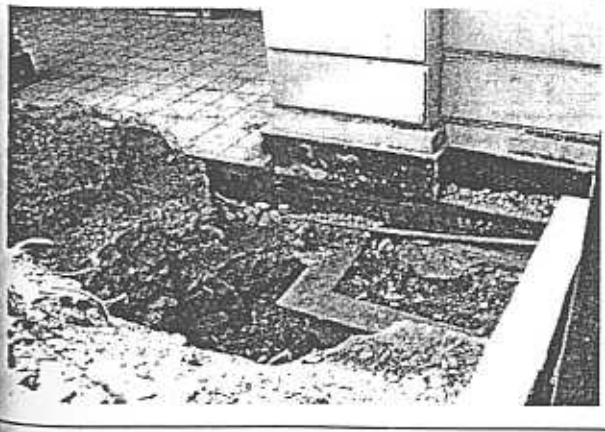
ฐานรากตามที่ขุดสำรวจได้กำแพงอิฐ โดยบริษัท ซินครอน นั้น จะพบฐานรากก่ออิฐรองรับตลอดแนวกำแพง มีหน้าตัดเป็นเชิงลาดขั้นบันไดทั้งสองข้างของกำแพงเรียกว่าฐานรากขั้นบันได (Step Footing) มีความกว้างของฐานรากล่างสุดประมาณ 2.0 เมตร

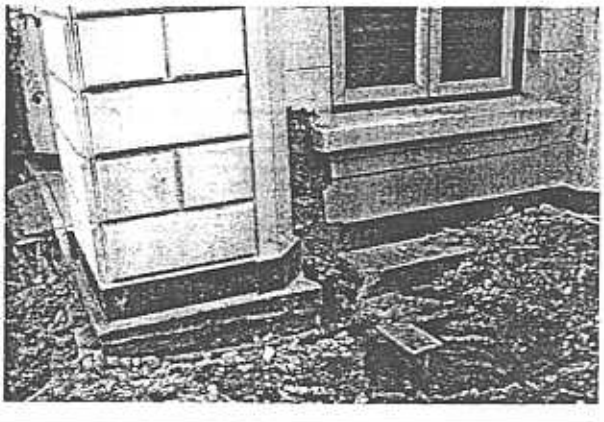
การที่ฐานรากวางบนพื้นดิน ผลที่เกิดขึ้นคือการทรุดตัวเร็วกว่าปรกติ ในช่วงดังกล่าวไม่มีอาคารก่อสร้างอยู่ใกล้เคียงกัน ผลกระทบจึงยังไม่เห็น ปี พ.ศ. 2512 กระทรวงการต่างประเทศได้สร้างอาคารสี่ชั้น โดยรื้อตัวอาคารของวังด้านทิศตะวันออกลง ดังนั้นอาคารทั้งสองเชื่อมติดกัน การทรุดตัวที่ต่างกันของอาคารทั้งสองจึงปรากฏขึ้น อาคารสี่ชั้นทรุดตัวน้อยกว่าเนื่องจากอาคารตั้งอยู่บนฐานรากที่มีเสาเข็มยาวรองรับ จากผลการเก็บข้อมูลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าในระยะเวลา 17 ปี เกิดการทรุดตัวต่างกัน 4 เซนติเมตร จึงได้เสนอแนวทางในการป้องกันการทรุดตัว เมื่อวันที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2530 โดยการเสริมเสาเข็มเหล็ก WF 150x150x21.00 ม และทำคานเหล็ก WF 300x150 และ WF150x150 รองรับ ทำคานคอนกรีตขนาด 0.20x0.50 ม ประกบทั้งสองด้าน และคานลึก 0.35x0.50 ม. รองได้สำหรับตัดความชื้น

จากผลของการเสริมเสาเข็มดังกล่าวทำให้ปัญหาการทรุดตัว และการแตกร้าวของผนังก่ออิฐหมดไป และโครงสร้างของอาคารสามารถรับน้ำหนักในการใช้งานได้มากขึ้น



แปลนแสดงการเสริมเสาเข็มฐานราก



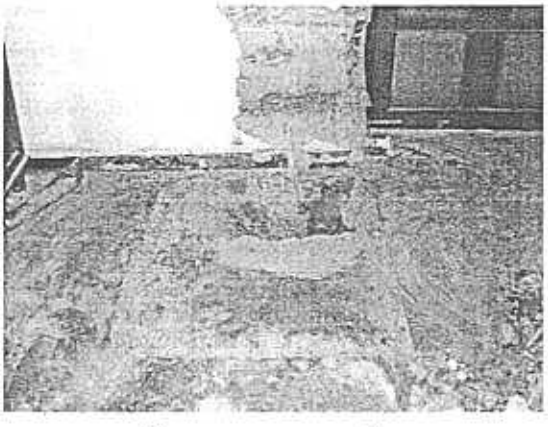


เหล็ก WF ที่สอดผ่านกำแพงและวางบนเสาเข็ม WF

คานและพื้นชั้นล่าง

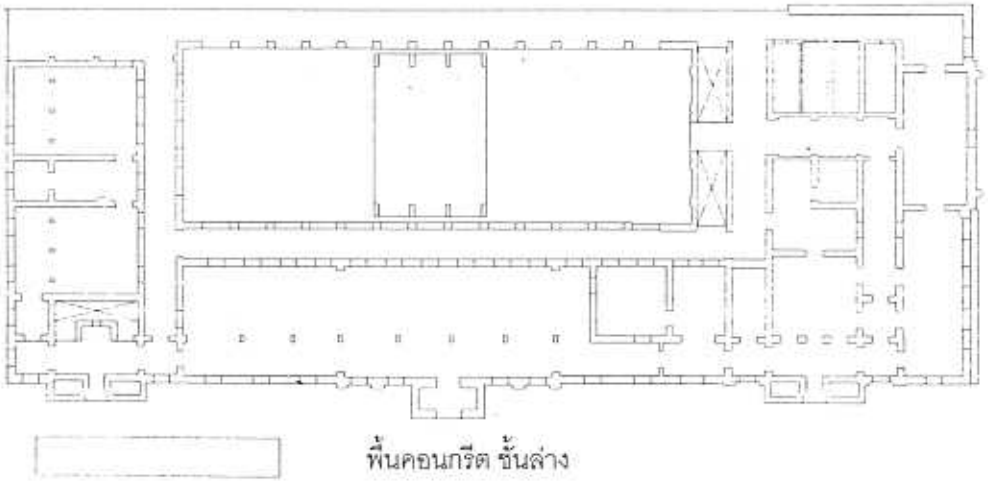
จากหลักฐานบันทึกถึงการซ่อมแซมพื้นวังสราญรมย์ พอสรุปได้ดังนี้ วันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2441 ซ่อมพื้นใหม่ทั้งสองชั้น ปี พ.ศ. 2515 ซ่อมแซมครั้งใหญ่ สร้างคานคอนกรีตเสริมเหล็กใต้กำแพงชั้นล่างส่วนที่ติดกับดินทั้งหมด เปลี่ยนไม้ตงและพื้นไม้ชั้นบนส่วนที่ผุ เทคานและพื้นไม้ที่ผุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก วันที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2530 เสริมเสา คาน และพื้นชั้นสอง 3 แบบ คือ คงไม้และพื้นไม้ คานและพื้นคอนกรีต คงเหล็กพื้นคอนกรีต

สภาพปัจจุบัน พื้นชั้นล่างบริเวณห้องทำงานปูกระเบื้องยาง ขนาด 9 นิ้ว x 9 นิ้ว ส่วนทางเดินปูกระเบื้องเซรามิค ขนาด 8 นิ้ว x 8 นิ้ว จากข้อมูลและการขุดสำรวจ พบว่าพื้นชั้นล่างถูกรื้อและเทคอนกรีตใหม่ทั้งหมด และปูกระเบื้องแดงขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว

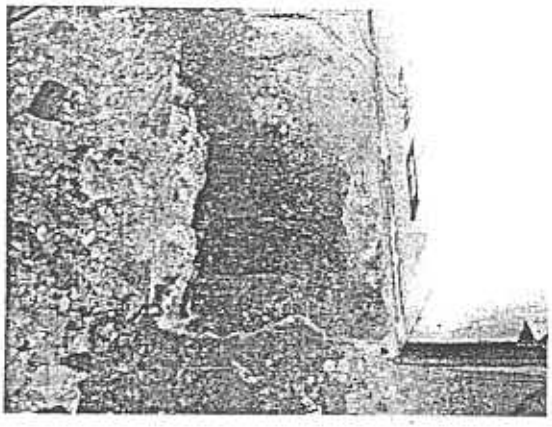


กระเบื้องยางปูทับบนกระเบื้องแดง

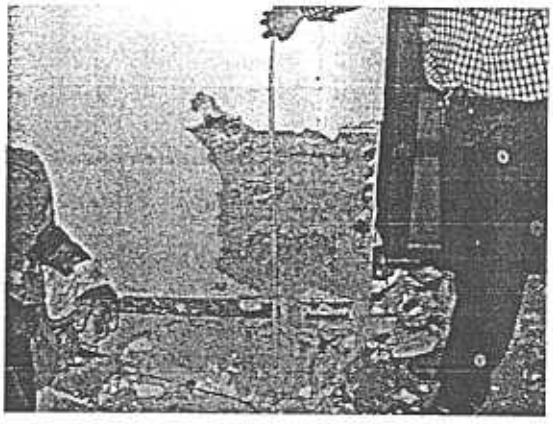
เมื่อสกัดใต้พื้นคอนกรีตจะพบคานเหล็กรูปพรรณ ขนาด 150 x 300 มิลลิเมตร วางใต้กำแพงอิฐ และมีคานคอนกรีตฝังในกำแพงอิฐ



พื้นคอนกรีต ชั้นล่าง

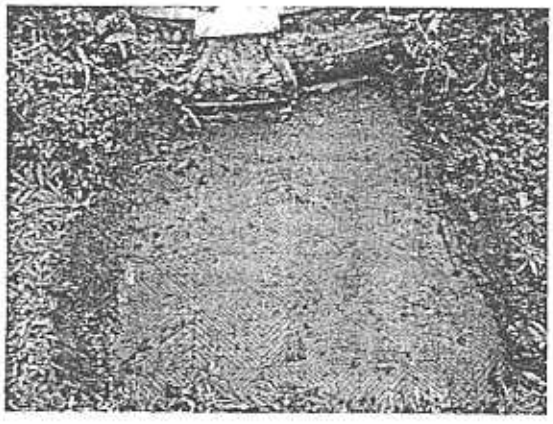


คานเหล็กใต้พื้นวางใต้ผนังอิฐ

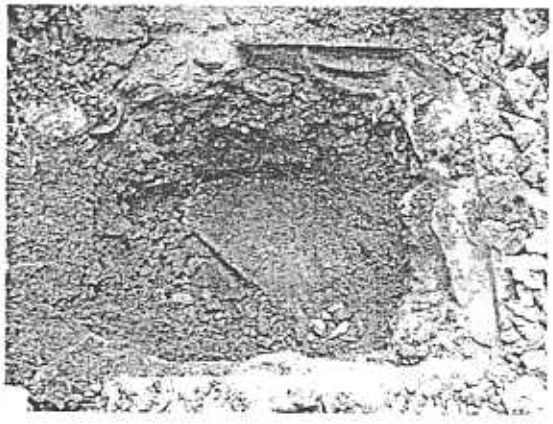


คานอิฐในผนังก่ออิฐ

พื้นสวนภายในปัจจุบันถมดินปลูกหญ้าหนา 15 - 20 เซนติเมตร ทับบนกระเบื้องหินเซาะร่อง ขนาด 17 x 17 เซนติเมตร และใต้กระเบื้องหินเซาะร่องลงไปประมาณ 30 เซนติเมตร เป็นกระเบื้องดินเผาหน้าวัว ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร



กระเบื้องหินเซาะร่อง

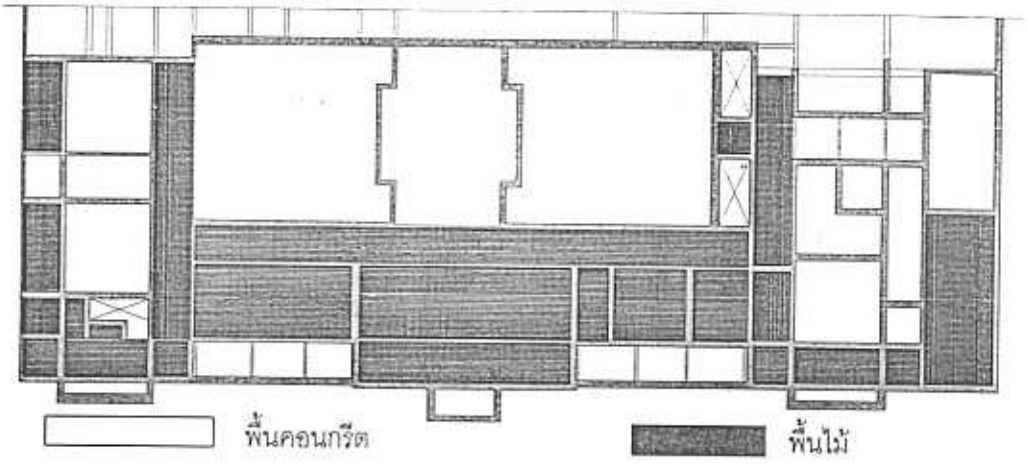


กระเบื้องหน้าวัว ใต้กระเบื้องหินเซาะร่อง

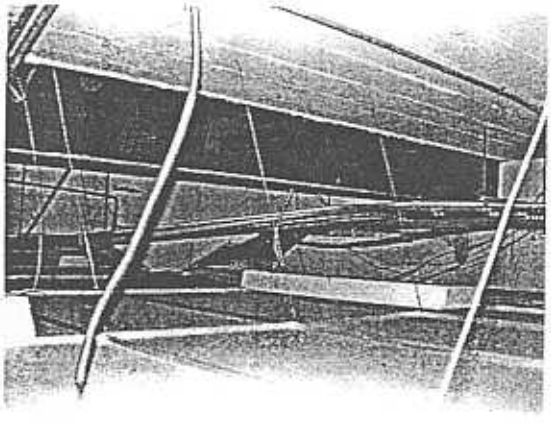
จากการสำรวจพบว่าพื้นชั้นล่างอยู่ในสภาพดี ไม่มีรอยแตกร้าว หรือการทรุดตัว เนื่องจากปัญหาดังกล่าวได้ถูกแก้ไขไปแล้ว

คานและพื้นชั้นบน

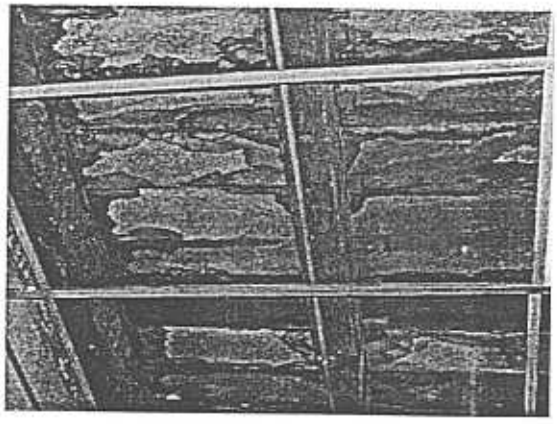
พื้นชั้นบนประกอบด้วยวัสดุปูพื้นหลักๆอยู่ 5 ชนิด ได้แก่ ไม้ปาร์เก้เข้าลิ้น พรม หินอ่อน ไม้ขนาด 8 นิ้ว กระเบื้องเซรามิค 8 นิ้ว x 8 นิ้ว โดยที่โครงสร้างพื้นที่รับวัสดุแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ ดงไม้พื้นไม้ คานเหล็กพื้นคอนกรีต คานคอนกรีตพื้นคอนกรีต



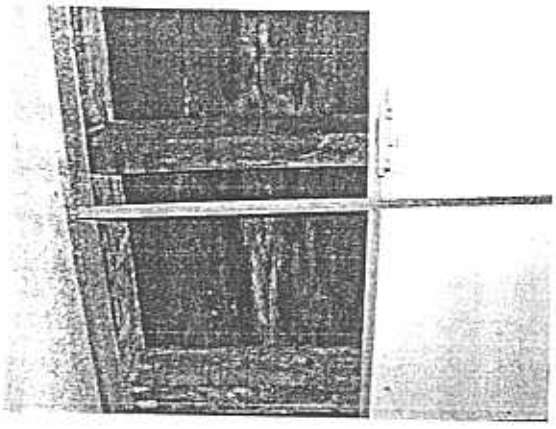
สภาพพื้นโดยทั่วไปมีสภาพดี บางส่วนที่ชำรุดเสียหายได้ถูกซ่อมแซมเมื่อ พ.ศ. 2530 ดังนั้นพื้นที่สำรวจในปัจจุบันส่วนใหญ่อยู่ในสภาพดี ยกเว้นพื้นไม้ที่ปูกระเบื้องดินเผา ห้อง 223 ห้อง 228 และพื้นไม้ปูหินอ่อน บริเวณทางเดิน ที่สภาพค่อนข้างเสื่อมโทรม เนื่องจากอยู่ด้านที่น้ำฝนสาดเข้ามาและซึมลงสู่พื้นไม้



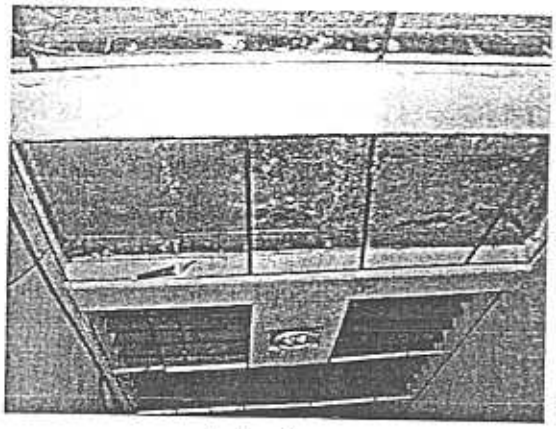
คานเหล็ก พื้นคอนกรีต



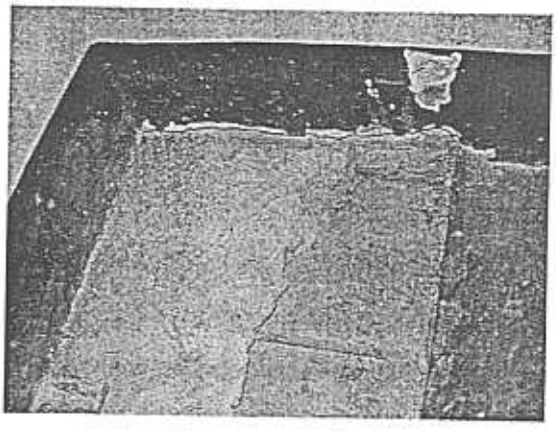
พื้นที่เสื่อมสภาพเนื่องจากน้ำรั่วซึม



ตงไม้ พื้นไม้



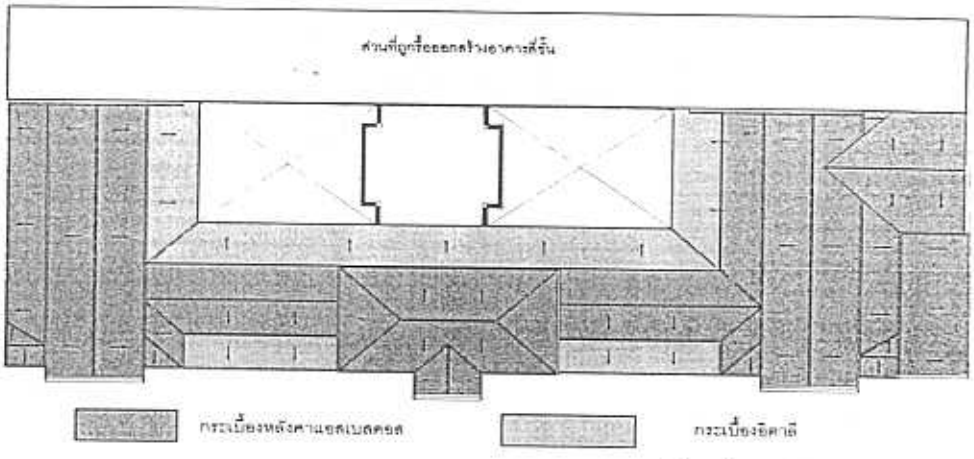
คานคอนกรีต พื้นคอนกรีต



พื้นหินอ่อนปูบนพื้นไม้

หลังคาและโครงหลังคา

วัสดุมุงหลังคาของวังสราญรมย์ในยุคแรกไม่ปรากฏหลักฐานชัดเจนว่าเป็นแบบใด แต่มีข้อมูลที่พอจะอ้างอิงได้ที่กล่าวถึงในปี พ.ศ. 2470 ว่ากระเบื้องที่มุงเป็นกระเบื้องแอสเบสตอส และหลังจากนั้นอีก 1 ปี มิถุนายน พ.ศ. 2471 มีการซ่อมแซมหลังคาบริเวณเฉลียงด้านหน้าวัง 2 ด้าน และระเบียงภายในโดยรอบ 4 ด้าน โดยใช้กระเบื้องอิตาลี ดำเนินการโดยบริษัท แองโกล สยามคอร์เปอรเรชั่น จำกัด เป็นเงินรวม 4,938 บาท[1]



ภาพแสดงกระเบื้องหลังคาระหว่างพ.ศ. 2470 - 2471

จึงพอสันนิษฐานได้ว่ากระเบื้องหลังคาเดิมเป็นกระเบื้องแอสเบสตอส และบริเวณระเบียงกับชายคาเปลี่ยนเป็นกระเบื้องอิตาลี อาคารดังกล่าวจะใช้กระเบื้องทั้งสองชนิด อาจจะเกี่ยวกับงบประมาณในการซ่อมแซมและเปลี่ยนแปลงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงเฉพาะจุดไปก่อน เพราะถ้าเปลี่ยนแปลงทั้งหมดคงต้องเสริมโครงหลังคาด้วยเพราะน้ำหนักของกระเบื้องทั้งสองต่างกันมาก

พ.ศ. 2515 กระเบื้องหลังคาได้ถูกเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด โดยใช้กระเบื้องวิบูลย์ศรี สีแดง พร้อมกับซ่อมและเสริมโครงสร้าง และได้เปลี่ยนกระเบื้องหลังคาเป็น Cpac Monia สีแดง[2] พร้อมทั้งเสริมแผ่นสังกะสีรองใต้แปเพื่อกันการรั่วซึม ไม่ปรากฏปีชัดเจนพอประมาณได้ว่าก่อน พ.ศ. 2528 ไม่กี่ปี

กระเบื้องวิบูลย์ศรี กว้าง 24.5 ซม.
ยาว 38.8 ซม. หนา 2.0 ซม.

กระเบื้องซีแพคโมเนีย กว้าง 33 ซม.
ยาว 42 ซม. หนา 2.5 ซม.

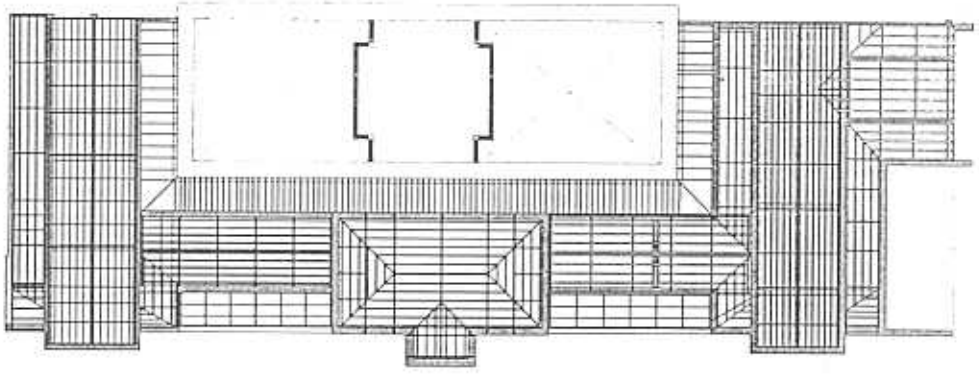
[1] เอกสารถ่ายสำเนาจากกระทรวงต่างประเทศ "วังสราญรมย์", ระหว่างปี ----

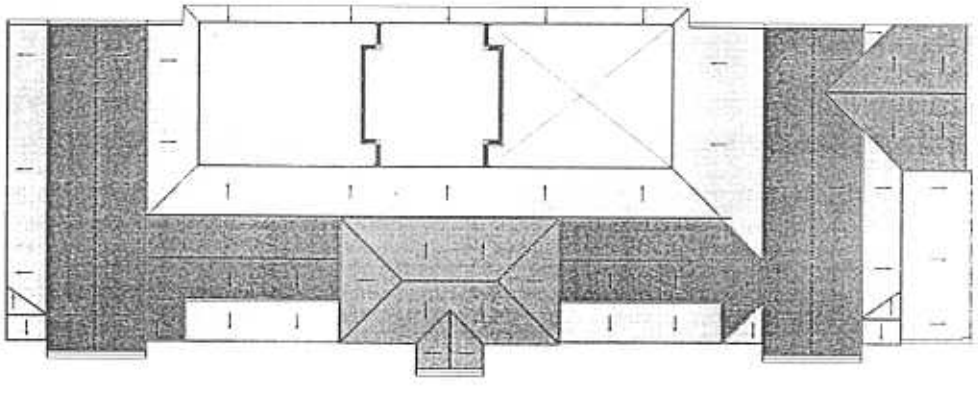
[2] เอกสารถ่ายสำเนาจากกระทรวงต่างประเทศ "โครงการศึกษาปัญหาทางด้านวิศวกรรมโยธา เพื่อการบูรณะอาคารวังสราญรมย์" โดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529

โครงหลังคา

โครงหลังคาวังสราญรมย์ เป็นไม้เนื้อแข็ง ตามที่ระบุในรายการประกอบแบบก่อสร้าง พ.ศ. 2515 ได้แก่ ไม้ประเภท เต็ง รัง ประดู่ แดง มะค่า ส่วนไม้ที่ได้จากโครงหลังคาเป็นไม้สัก การทดสอบตัวอย่างไม้ดำเนินการโดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิจารณากำลังคัดทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-143 มีค่า 96 – 132 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

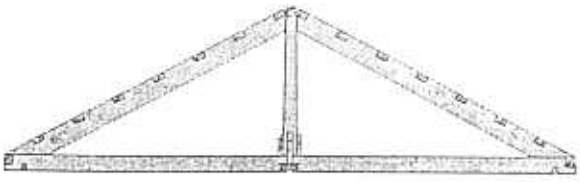
รูปแบบของโครงหลังคาแบ่งได้สี่ลักษณะตามรูปทรงของหลังคาดังนี้



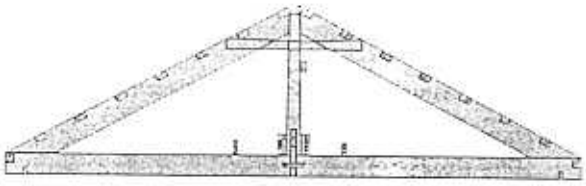


1. แนวหลังคาแถบสีแดง เป็นหลังคารูปทรงแบบจั่ว โครงหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยมแบบโฮว์กว้างประมาณ 6.50 เมตร สูงประมาณ 1.90 เมตร ไม้ท่อนล่าง (Bottom Chord) ขนาด 5" x 10" หรือ 4" x 11" ไม้ท่อนบน (Top Chord) ขนาด 2" x 11" ไม้แนวตั้ง (Vertical Member) ขนาด 2" x 7" ปลายสอบเหลือ 2" x 5" โครงชุดนี้เป็นลักษณะของโครงหลังคาแบบดั้งเดิม ดังรูปที่ 1 เมื่อมีการซ่อมแซมหลังคาเนื่องจากไม้ผุได้มีการเสริมไม้ให้โครงมีความแข็งแรงมากขึ้นดังรูปที่ 2 หลังจากมีการเปลี่ยนชนิดของกระเบื้อง ทำให้น้ำหนักกระเบื้องเพิ่มมากขึ้น ได้เสริมไม้แนวทแยง (Diagonal Member) ขนาด 2" x 5" ดังรูปที่ 3 และได้เสริมจันทันรองขึ้นมาเพื่อลดระยะห่างเป็นโครงหลังคาแบบที่ 4 เพื่อให้ระยะแปสั้นลง

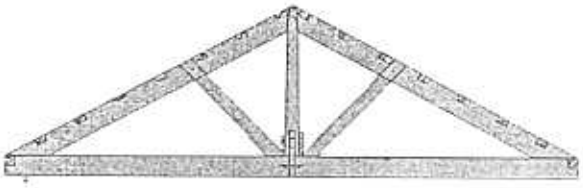
[3] การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก



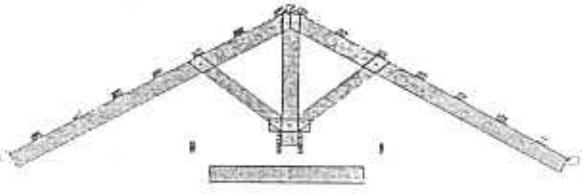
รูปที่ 1



รูปที่ 2

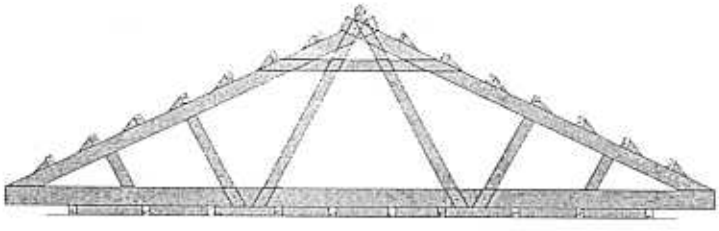


รูปที่ 3

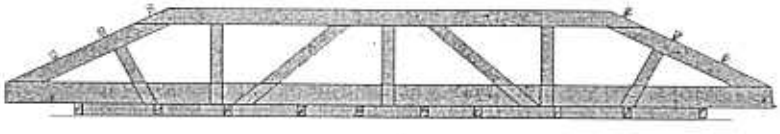


รูปที่ 4

2. แนวหลังคาแถบสีฟ้า เป็นหลังคารูปทรงปั้นหยา โครงหลังคาเป็นรูปสามเหลี่ยมแบบเบลเยี่ยม กว้างประมาณ 9.50 เมตร สูงประมาณ 2.50 เมตร ไม้ท่อนล่าง (Bottom Chord) ขนาด 4" x 10" จำนวน 2 ท่อนประกบกัน ไม้ท่อนบน (Top Chord) ขนาด 4" x 8" ไม้แนวทแยง (Diagonal Member) ขนาด 6" x 6" และ 4" x 6" ดังรูปที่ 5 สำหรับโครงหลังคารูปที่ 6 เป็นโครงประกอบรูปสี่เหลี่ยมคางหมูกว้างประมาณ 9.50 เมตร สูงประมาณ 1.17 เมตร ไม้ท่อนล่าง (Bottom Chord) ขนาด 4" x 10.5" จำนวน 2 ท่อนประกบกัน ไม้ท่อนบน (Top Chord) ขนาด 2" x 8" จำนวน 2 ท่อนประกบกัน ส่วนไม้แนวทแยง (Diagonal Member) ขนาด 4" x 6"



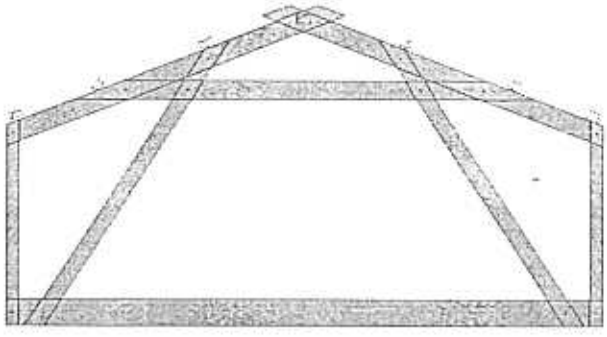
รูปที่ 5



รูปที่ 6

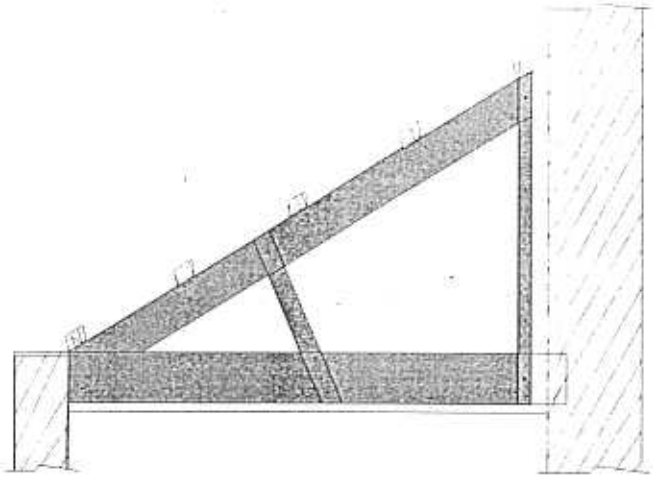
ไม้หลังคาชุดนี้สภาพดี และอยู่ในสภาพเดิมไม่ได้ถูกเสริมเนื่องจากการเปลี่ยนวัสดุมุง สาเหตุอาจมาจากมีการทำหลังคาชุดนี้ใหม่ทั้งหมดเนื่องจากเปลี่ยนทางเข้าออกมาอยู่ทางทิศตะวันตก

3. แนวหลังคาแถบสีเขียว เป็นหลังคารูปแบบจั่วทรงสูง กว้างประมาณ 4.50 เมตร สูงประมาณ 2.27 เมตร ไม้ท่อนล่าง (Bottom Chord) ขนาด 4" x 6" ไม้ท่อนบน (Top Chord) ขนาด 4.5" x 6" ไม้แนวตั้งและแนวทแยง (Vertical & Diagonal Member) ขนาด 4" x 5" ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7

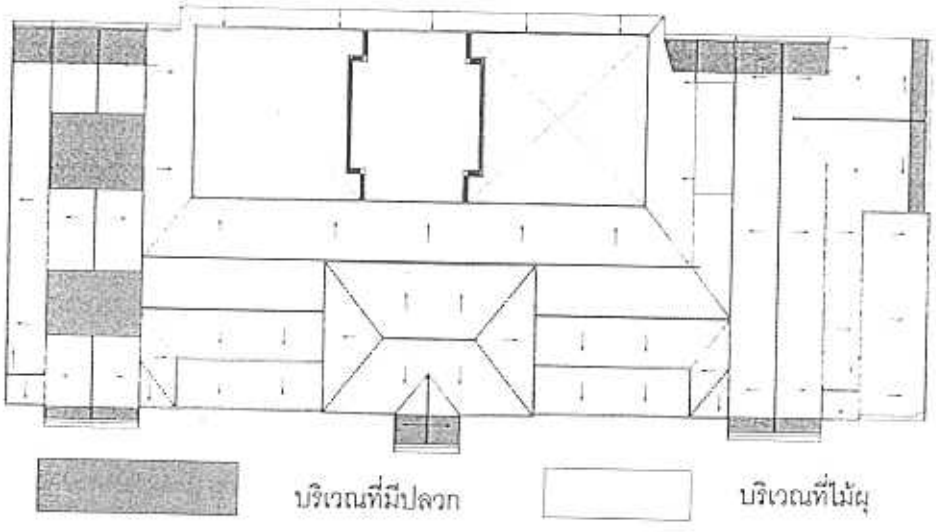
4. แนวหลังคาแถบสีเหลือง เป็นหลังคาบริเวณชายคา โครงหลังคาเป็นแบบสามเหลี่ยมมุมฉาก กว้างประมาณ 2.5 เมตร สูงประมาณ 1.00 เมตร ไม้ท่อนล่าง (Bottom Chord) ขนาด 2" x 5" หรือ 2" x 6" จำนวน 2 ท่อน ไม้ท่อนบน (Top Chord) ขนาด 2" x 5" ไม้แนวตั้งและแนวทแยง (Vertical & Diagonal Member) ขนาด 4" x 5" ดังรูปที่ 8

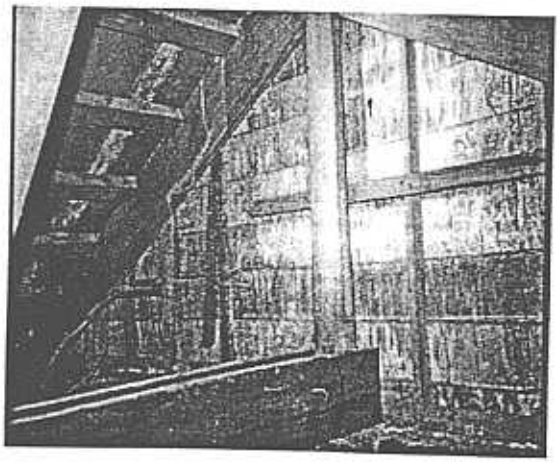


รูปที่ 8

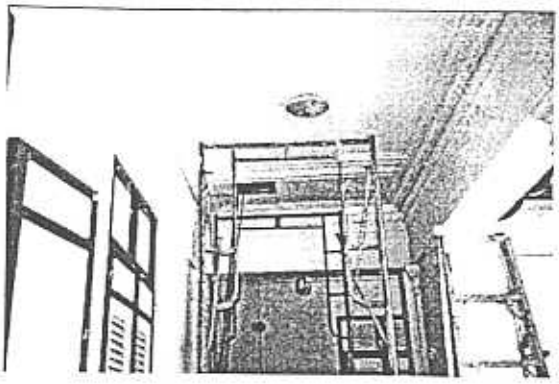
สภาพของโครงหลังคา

เนื่องจากหลังคามีการเปลี่ยนแปลงมาหลายยุคหลายสมัย จึงทำให้รูปแบบของโครงที่แท้จริงปรากฏหลงเหลืออยู่ไม่มาก การซ่อมโครงหลังคาที่ผ่านมาจะใช้ไม้ดามหรือเพิ่มจันทันเพื่อชอยระยะห่างให้สั้นลง สภาพความแข็งแรงของหลังคาที่สำรวจพบยังอยู่ในสภาพดีแม้ว่าบางบริเวณไม้ที่เสริมจะวางไม่เป็นระเบียบ จะมีผุบ้างบริเวณพื้นที่สีฟ้า แต่ปัญหาที่เริ่มพบและจะมีผลในอนาคตก็คือปลวก ปลวกเริ่มทำลายเนื้อไม้ของโครงหลังคาบริเวณพื้นที่สีน้ำตาล สาเหตุจากการทิ้งไม้แบบที่ใช้สำหรับเทคอนกรีตปิดหน้าจั่ว และอาจมีเชื้อปลวกอยู่ เพราะไม้ไม้แบบดังกล่าวจะถูกปลวกกัดกินก่อนและเริ่มแผ่ขยายออกไปไม้โครงหลังคา ดังนั้นในการบูรณะซ่อมแซมควรให้ความสำคัญกับปลวกเป็นอับดับแรก

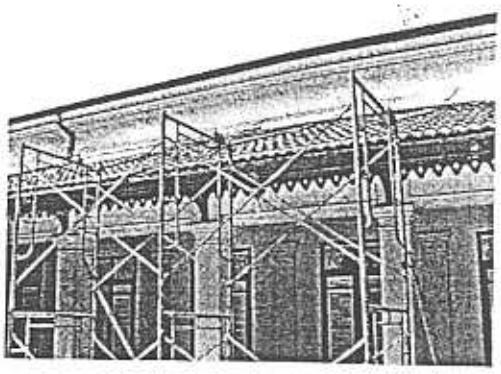




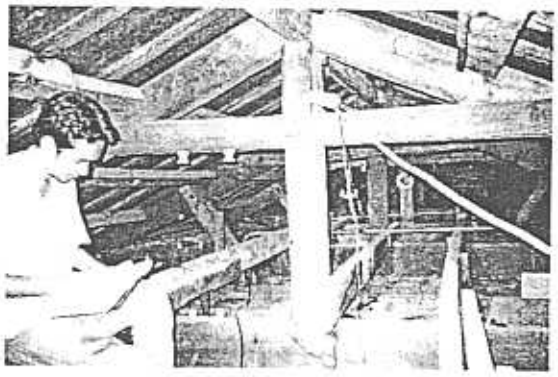
บริเวณที่มีปลวก



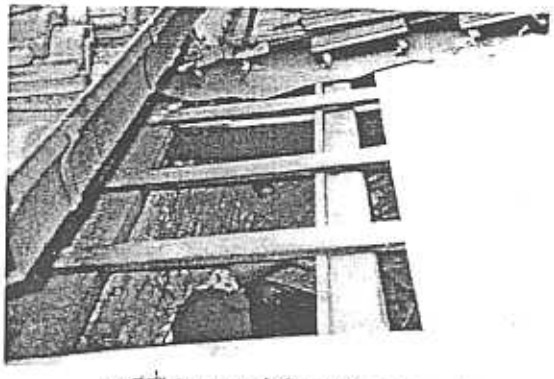
ช่องเปิดสำหรับขึ้นไปสำรวจโครงหลังคา



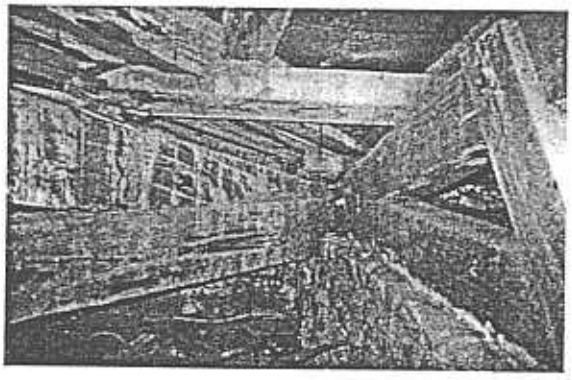
การตั้งนั่งร้านเพื่อสำรวจหลังคา



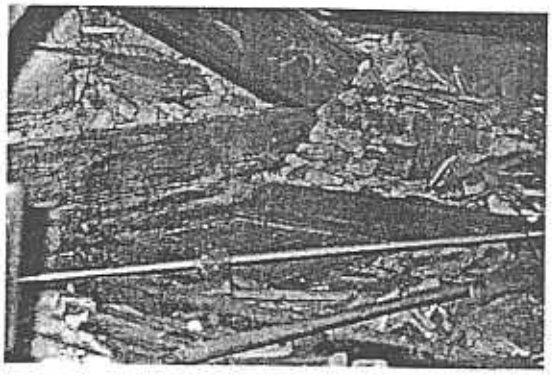
การSketchรูปแบบโครงหลังคา



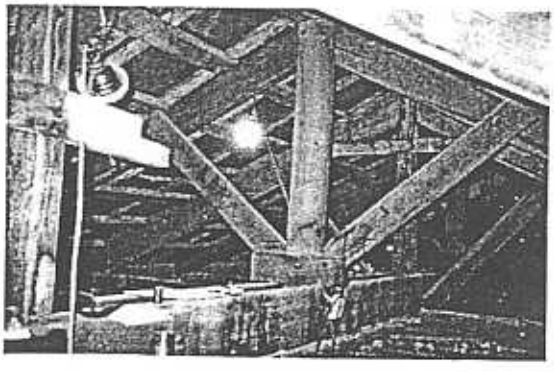
กรณีที่ไม่สามารถเข้าโครงหลังคาจากภายใน
ต้องเปิดหลังคากระเบื้อง



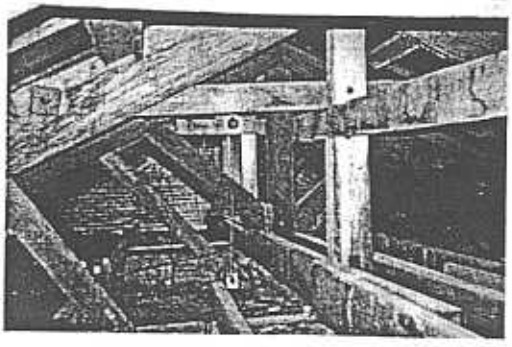
ไม้โครงหลังคาบางส่วนสร้างความเสียหายโดย



เศษกระเบื้องเดิมที่ถูกรื้อออกบางส่วนยังคงอยู่บนหลังคา



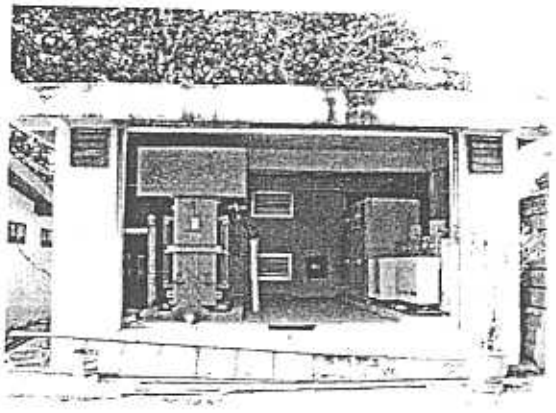
รูปแบบโครงหลังคาเดิม



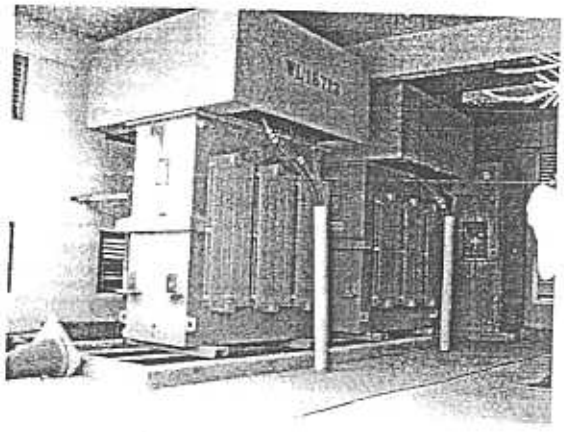
รูปแบบโครงหลังคาใหม่มีการเสริมโครงให้แข็งแรงขึ้น

งานระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าของวังสราญรมย์ในปัจจุบัน ดึงสายไฟฟ้าแรงสูงจากด้านถนนกัลยาณไมตรี ผ่านเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า ตั้งอยู่ในห้องเครื่องด้านหน้าติดกับทางเข้า ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ชุด ชุดละ 750 KVA ชุดแรกจ่ายเข้าสู่ตู้ MDB1 แล้วจ่ายเข้าสู่วังสราญรมย์ และบางส่วนจ่ายระบบปรับอากาศ ชั้น 3 และชั้น 4 ของอาคารสี่ชั้น ส่วนชุดที่สองจ่ายเข้าสู่ตู้ MDB2 แล้วจ่ายเข้าสู่อาคารสี่ชั้น โดยที่ตู้ MDB1 และตู้ MDB2 ตั้งอยู่ในห้องเครื่อง ด้านหน้า

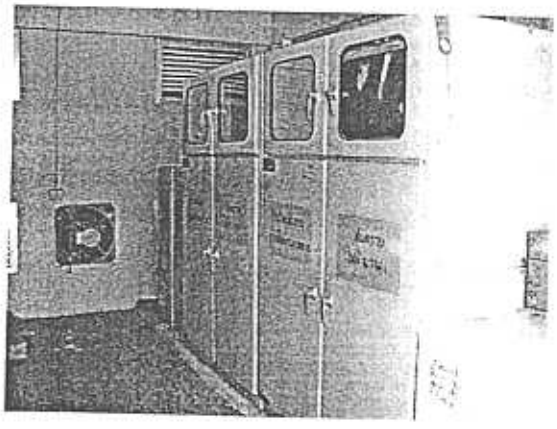


ห้องเครื่องไฟฟ้า

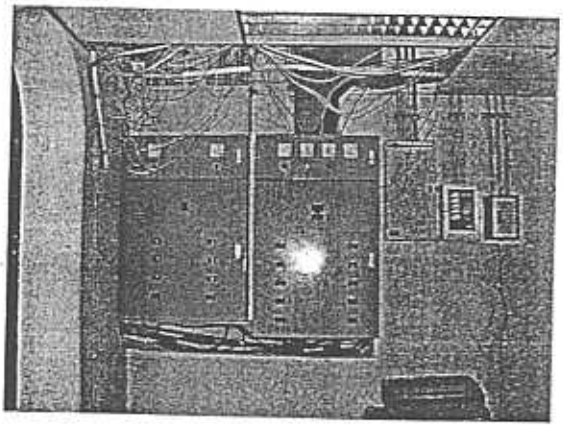


หม้อแปลง 750 KVA 2 ชุด

เมื่ออาคารสี่ชั้นถูกรื้อลง ไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่อาคารผ่าน MDB2 ถูกตัดออกทั้งหมด และไฟฟ้าจ่ายแอร์ชั้น 3 และชั้น 4 ที่ผ่านตู้ MDB1 ถูกตัดออกเช่นกัน ดังนั้นจะเหลือไฟฟ้าที่จ่ายวังสราญรมย์โดยผ่านตู้ MDB1 เท่านั้น โดยจ่ายเข้าสู่ตู้ MDB (วังสราญรมย์) มีเมนเซอร์กิต 250 Amp ควบคุมและต่อพ่วงเข้าสู่ตู้ DB1 สำหรับจ่ายระบบปรับอากาศ มีเมนเซอร์กิต 350 Amp ควบคุม



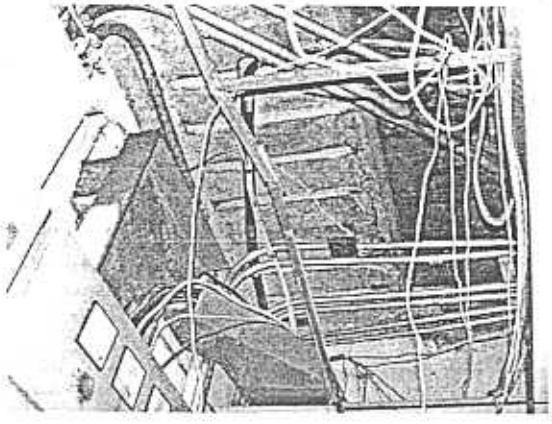
ตู้ MDB1 และ MDB2



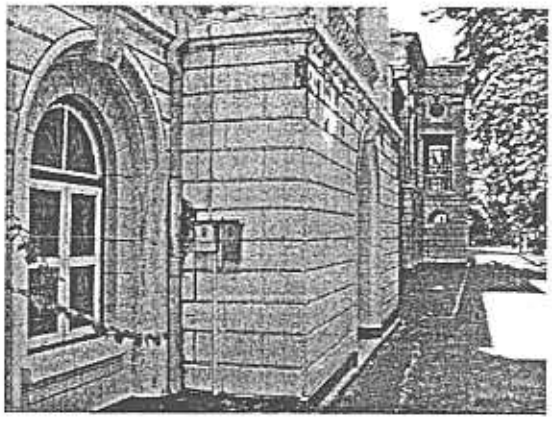
ตู้ MDB (วังสราญรมย์) และ DB1

ตู้ MDB (วังสราญรมย์) ที่จ่ายไฟฟ้าและจ่ายแอร์ และตู้วงจรย่อย (LP) ทั้งหมดอยู่ในสภาพที่เก่า ผ่านการใช้งานมานาน ถ้ามีการปรับปรุงสมควรที่จะเปลี่ยนใหม่

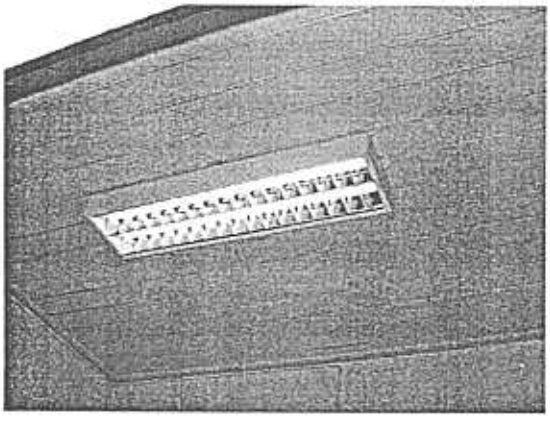
ดวงโคมไฟฟ้าแสงสว่างในห้องทำงานเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ อุปกรณ์ระบบป้องกันอัคคีภัย อยู่สภาพเก่า ไม่เหมาะที่จะใช้งานต่อไป ส่วนไฟช่อประดับ (Chandelier) สภาพยังดีและมีความเก่าแก่ทรงคุณค่าสามารถนำมาใช้งานได้เช่นเดียวกับโคมไฟแสงสว่างสวนภายนอกที่ทำขึ้นมาใหม่สภาพยังดีใช้งานได้



การเดินสายไฟภายในอาคาร



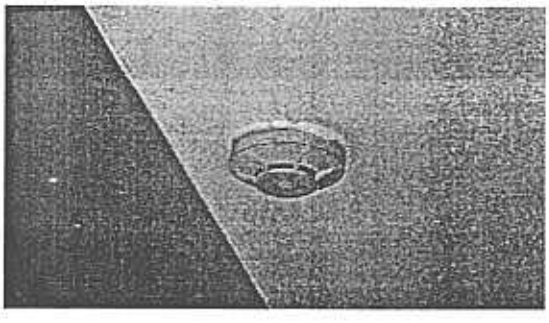
ตู้ควบคุมที่อยู่ภายนอกอาคาร



หลอดไฟแสงสว่างห้องทำงาน

ไฟแสงสว่างสวนภายนอก

ไฟช่อประดับ (Chandelier)



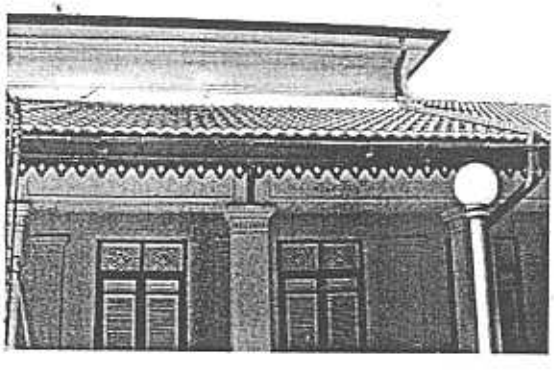
ระบบป้องกันอัคคีภัย

งานระบบสุขาภิบาล

ระบบเมนประปาเข้าสู่วังเป็นท่อขนาด 3 นิ้ว ไหลลงสู่ถังเก็บน้ำใต้ดิน ขนาด 50 ลูกบาศก์เมตร น้ำจากถังเก็บน้ำจะจ่ายเข้าสู่อาคารโดยผ่านเครื่องสูบน้ำ จำนวน 2 เครื่องเป็นหลัก และมีเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก (Home Pump) 1 ชุด สำรองเข้าสู่ห้องน้ำวังสราญรมย์ชั้นบน แต่ปัจจุบันท่อต่างๆได้ถูกรื้อออกแล้ว

ถังเก็บน้ำและเครื่องสูบน้ำ

น้ำจากฝนตกลงสู่หลังคาระบายน้ำ ผ่านรางสังกะสี และผ่านลงสู่พื้นชั้นล่างโดยท่อสังกะสีแนวดิ่ง ขนาด กว้าง 0.10 เมตร ลึก 0.05 เมตร ปริมาณน้ำฝนที่อยู่บริเวณสวนตรงกลาง (Court) ระบายออกโดยท่อฝังใต้ดิน ขนาด 6 นิ้ว วางใกล้กัน จำนวน 3 ท่อต่อแนว ลอดใต้อาคารมาออกด้านหน้าอาคาร

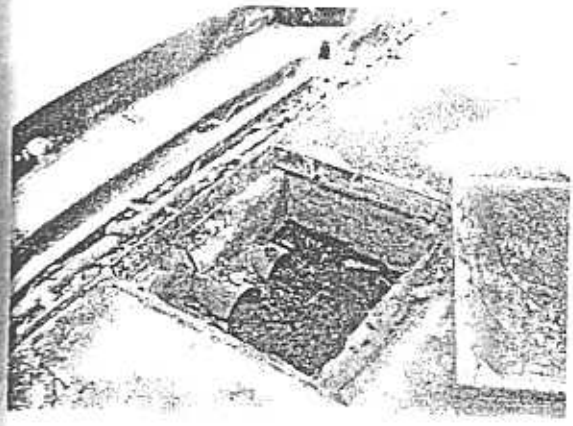


รางระบายน้ำรับจากหลังคา

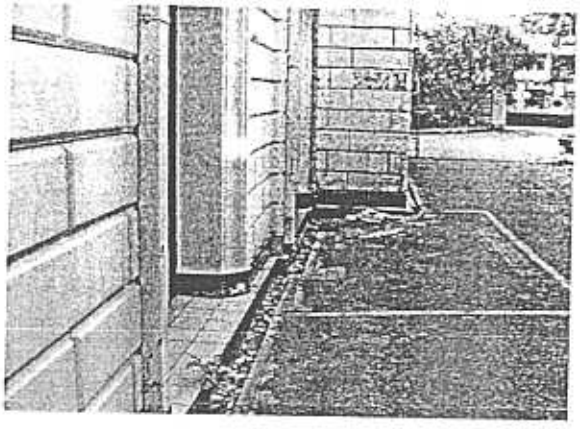
การระบายน้ำจากหลังคาสู่สวนตรงกลาง

บริเวณด้านหน้าวัง มีรางระบายน้ำรับน้ำจากหลังคา และcourt กลาง รางระบายชุดนี้ก่อปัญหาให้กับอาคารเนื่องจากมีขนาดเล็ก กว้าง 0.10 เมตร ลึก 0.15 เมตร ความลาดน้อย และมีเศษวัสดุอุดตันบ่อยเพราะไม่มีฝาปิด ทำให้ระบายน้ำไม่ทัน เกิดการท่วมขัง เร่งการเสื่อมสภาพของปูนฉาบให้เร็วขึ้น

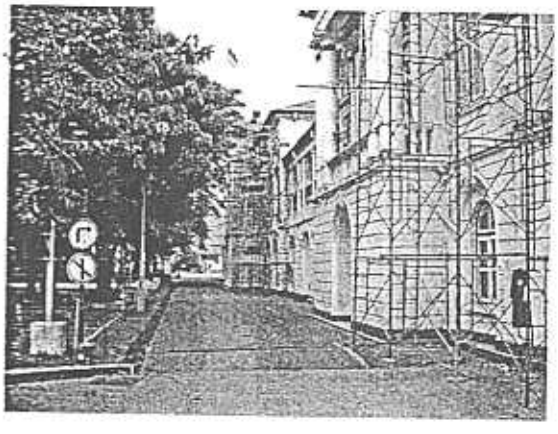
รางระบายน้ำด้านหน้าอาคารไหลลงสู่รางระบายน้ำหลักมีฝาตะแกรงเหล็กปิด ขนาดกว้าง 0.22 เมตร ลึก 0.35 เมตร รับน้ำฝนจากในพื้นที่บริเวณทั้งหมดไหลลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะถนนกัลยาณไมตรี และถนนสราญรมย์



ท่อระบายน้ำจากcourtกลาง ลอดใต้วังมาด้านหน้า



รางรับน้ำจากหลังคาติดกับอาคาร

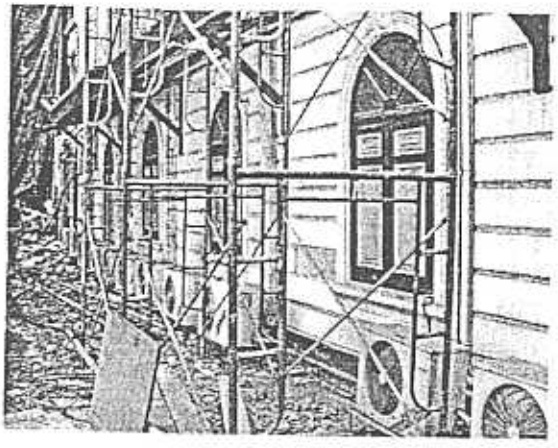


รางระบายน้ำหลักมีฝาตระแกรงปิดระบายสู่สาธารณะ

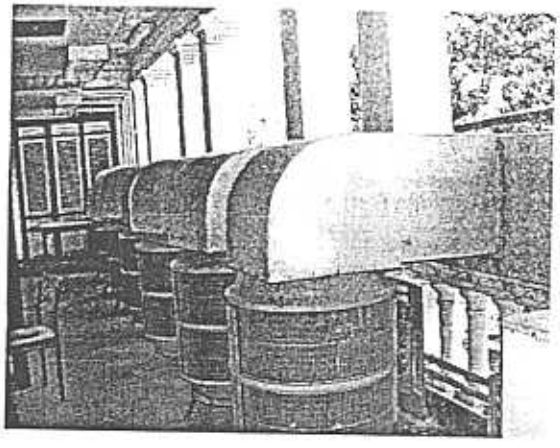
งานระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ใช้เป็นแบบแยกส่วน (Split Type) โดยระบบระบายความร้อน (Condehsing Unit) ติดตั้งบริเวณด้านนอกอาคาร และทางเดินรอบอาคาร ซึ่งจะส่งลมร้อนอยู่ในบริเวณดังกล่าว เนื่องจากมีข้อจำกัดของพื้นที่ทำให้ไม่สามารถมีข้อเลือกในการเดินเครื่องปรับอากาศมากนัก

ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ มาจากตู้ DB1 จ่ายตู้ Load Center (LC1, LC2, LC3) ชั้นล่าง และ Panel Board (PB2-1, PB2-2, PB2-3) ชั้นสอง



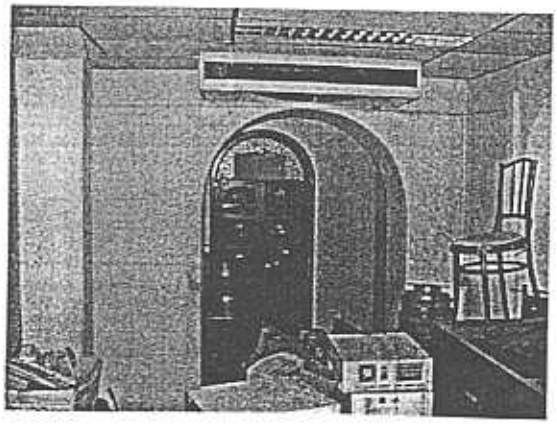
Condensing ตั้งอยู่นอกอาคาร



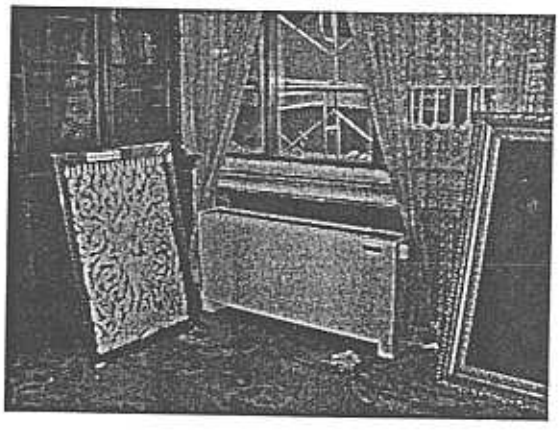
Condensing ตั้งอยู่บนระเบียง

Condensing ตั้งอยู่ในทางเดิน

เครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องอยู่ในสภาพเสื่อมโทรม และชำรุดเสียหาย เนื่องจากผ่านการใช้งานมายาวนาน จึงไม่สมควรนำกลับมาใช้อีก

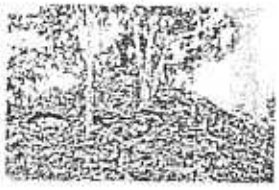


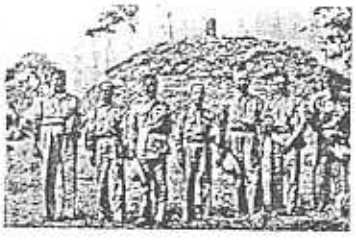
Fan Coil ชนิดแขวนฝ้าเพดาน



Fan Coil ชนิดตั้งพื้น

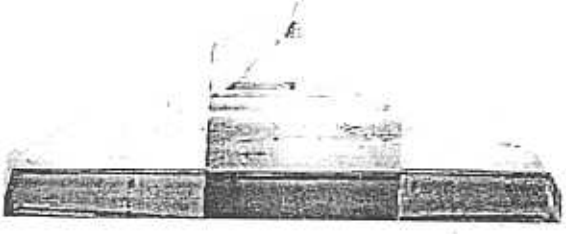
พระบรมราชานุสรณ์ดอนเจดีย์

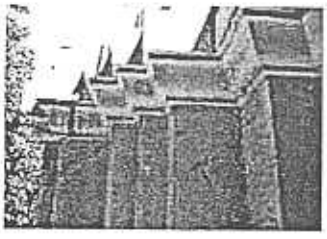




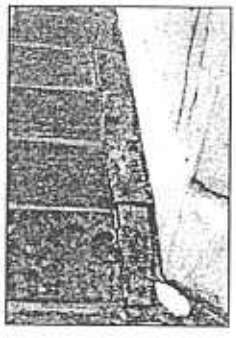
จากเจดีย์นี้ค้นพบใน พ.ศ.๒๔๕๖

สภาพปัญหา

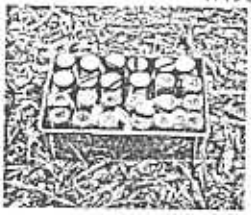




จากการศึกษาและตรวจสอบ พบว่ามีการแตกร้าวของปูนฉาบ เนื่องจากการเสื่อมสภาพของปูนฉาบที่มีอายุนาน และการแตกร้าวของคอนกรีตโครงสร้าง เนื่องจากการทรุดตัวของโครงสร้างไม่เท่ากัน

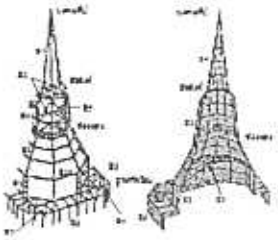


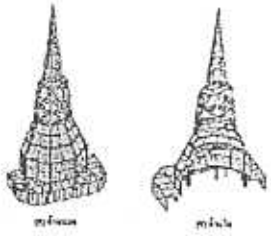
การสำรวจสภาพชั้นดิน

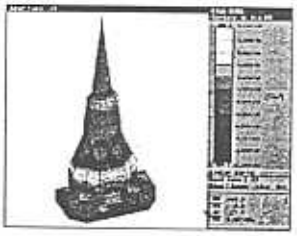


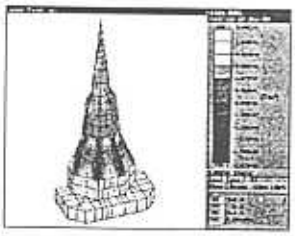
ชั้นดินฐานรากขององค์เจดีย์ เป็นดินแน่นมีกำลังรับน้ำหนักเพียงพอต่อน้ำหนักจากโครงสร้างขององค์เจดีย์ นอกจากนั้นการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินพบว่าอยู่ลึกกว่า 5 เมตร ใต้ผิวดิน ซึ่งบ่งบอกถึงสภาพที่ดีของดินฐานราก

การออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้าง









แนวทางการบูรณะและซ่อมแซม

การบูรณะสำหรับกรณีที่ 1. ที่เกิดการแตกร้าวเนื่องจากการเสื่อมสภาพของปูนฉาบและการแตกร้าวเนื่องจากการขยายตัวของปูนฉาบ ดำเนินการโดยสกัดปูนฉาบเดิมออกปูลาดตาข่ายเส้นฉาบปูนทับ การปูลวดตาข่ายจะช่วยลดการแตกร้าวได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะบริเวณรอยต่อ เนื่องจากลวดเหล็กจะช่วยยึดเนื้อปูนไม่ให้ขยายตัวเมื่อถูกความร้อน

การบูรณะสำหรับกรณีที่ 2. ที่เกิดการแตกร้าวของพื้นบริเวณลานประทักษิณชั้นสอง โดยทำการซ่อมพื้นที่แตกร้าวโดยการใช้น้ำยาอีพอกซี่ อัดเข้าไปตามรอยแตกร้าวของโครงสร้าง น้ำยาจะไปประสานเนื้อคอนกรีตให้เป็นเนื้อเดียวกันและมีความแข็งแรงมากกว่าเดิม สำหรับพื้นผิวคอนกรีตที่ถูกปูนทรายเททับหลายครั้งให้สกัดปูนทรายออก แล้วเคลือบผิวด้วยน้ำยาอีพอกซี่ เป็นการป้องกันการซึม แล้วยังทำให้มีหน้าของคอนกรีตมีความแข็งมากกว่าเดิมด้วย สำหรับผนังก่ออิฐของบัวหน้ากระดานวางอยู่บนพื้น ได้เสริมตามเหล็กรูปพรรณให้พื้นเพื่อรองรับผนังอิฐด้านล่าง

แนวทางการบูรณะและซ่อมแซม

การออกแบบสำหรับกรณีที่ 3. เนื่องจากอัตราการทรุดตัวของฐานรากฐานรากที่รับลานประทักษิณมีการทรุดตัวมากกว่า การลดอัตราการทรุดตัวโดยการเสริมเสาเข็ม ไมโครไพล์ (Micropile) เพื่อให้ฐานรากถ่ายน้ำหนักลงชั้นดินลึกลงไปด้านล่าง

เสาเข็มไมโครไพล์ที่ใช้เป็นเสาเข็มเหล็กขนาดเล็กรับกำลังได้สูง ใช้พื้นที่ทำงานน้อย เป็นเหล็กกลม กลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.10 เมตร หุ้มด้วยน้ำปูนที่ถูกอัดด้วยกำลังสูงเข้าไปเคลือบทั้งภายในและภายนอกเสาเข็ม เสาเข็มมีความยาว 12.00 เมตร รับน้ำหนักปลอดภัยได้ 25 ตันต่อต้น

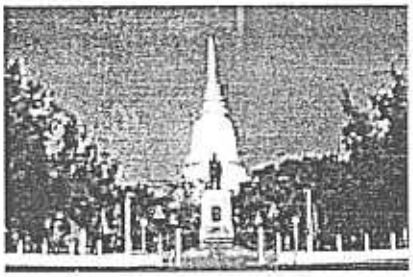
การบูรณะสำหรับกรณีที่ 4. บริเวณผนังย่อมุมทั้งสี่ด้านที่ไม่ได้อยู่บนทาน

ได้ดำเนินการหล่อคานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบปีกกว้างเพื่อรับกับผนังย่อมุมให้ผนังย่อมุมนี้โดยปลายทั้งสองด้านของคานยึดเข้ากับเสาบนที่จะวางอยู่บนดินเหมือนที่ผ่านมา

การบูรณะเพื่อให้เจดีย์มีความสวยงาม

ประเบื้องต้นผลานประทักษิณชั้นล่าง และชั้นสอง การทำผ้าเพดานยับซุ้มฉาบรอยต่อ การทำประตูไม้บานเฟี้ยมบริเวณทางเข้าทั้ง 4 ด้าน และซ่อมแซมหน้าต่างและช่องแสง การทำบันไดขึ้นองค์เจดีย์ใหม่ โดยทำเป็นสแตนเลสและย้ายเข้าไปริมเสาเพื่อลดพื้นที่ในให้กีดขวาง การทาสี การทำระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การทำระบบไฟฟ้าส่ององค์เจดีย์เพื่อเกิดความสวยงามในยามค่ำ การทำระบบป้องกันฟ้าผ่า และการทำระบบไฟฟ้าสัญญาณเตือน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากยานพาหนะทางอากาศ

สรุป



งบประมาณ ปี ๒๕๔๒ วงเงินจำนวน ๑๖,๕๐๐,๐๐๐ บาท

ระยะเวลาดำเนินการ วันเริ่มต้นสัญญาตั้งแต่วันที่ ๖ ตุลาคม พ.ศ.๒๕๔๑ และสิ้นสุดสัญญาในวันที่ ๓ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๔๒ รวมระยะเวลาดำเนินการทั้งสิ้น ๓๐๐ วัน

งานวิศวกรรมโครงสร้าง

เสริมเสาเข็มไมโคร ๑๐๙ ต้น

เสริมฐานราก ๕๒ ฐาน

งานซ่อมโครงสร้างพื้นโดยฉีดน้ำยา Epoxy Resin ๘๐ ตารางเมตร

การทำระบบป้องกันน้ำซึมพื้นระเบียงชั้นบน ๕๘๐ ตารางเมตร

งานสถาปัตยกรรมและโยธาผสมผสาน

ฉาบปูนองค์เจดีย์ ๔,๔๓๙ ตารางเมตร

ซ่อมผิวเจดีย์ที่แตกร้าว ๑,๘๘๘ ตารางเมตร

ทำผ้าแพรลาย ๙๓๐ ตารางเมตร"

ติดตั้งประตูและช่องแสง ๖๒ ชุด

ปูกระเบื้องดินเผาพื้นระเบียง ๑,๑๑๐ ตารางเมตร

ซ่อมบันไดขึ้นองค์เจดีย์ ๑ ชุด

ทาสีภายใน, ภายนอก ๖,๖๕๗ ตารางเมตร

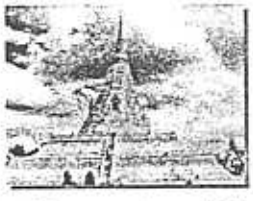
งานวิศวกรรมงานระบบ

งานไฟฟ้าแสงสว่าง ไฟสัญญาณและระบบป้องกันฟ้าผ่า ระบบระบายน้ำจากองค์เจดีย์และระบบระบายน้ำรอบบริเวณเจดีย์ ๘๒ เมตร

เจดีย์ภูเขาทอง พระนครศรีอยุธยา

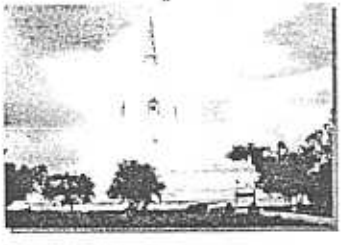
สมัย พระเพทราชา พ.ศ.2233

สมัย รัตนโกสินทร์ ก่อนพ.ศ. 2500



สมัย จอมพล ป. พ.ศ. 2500

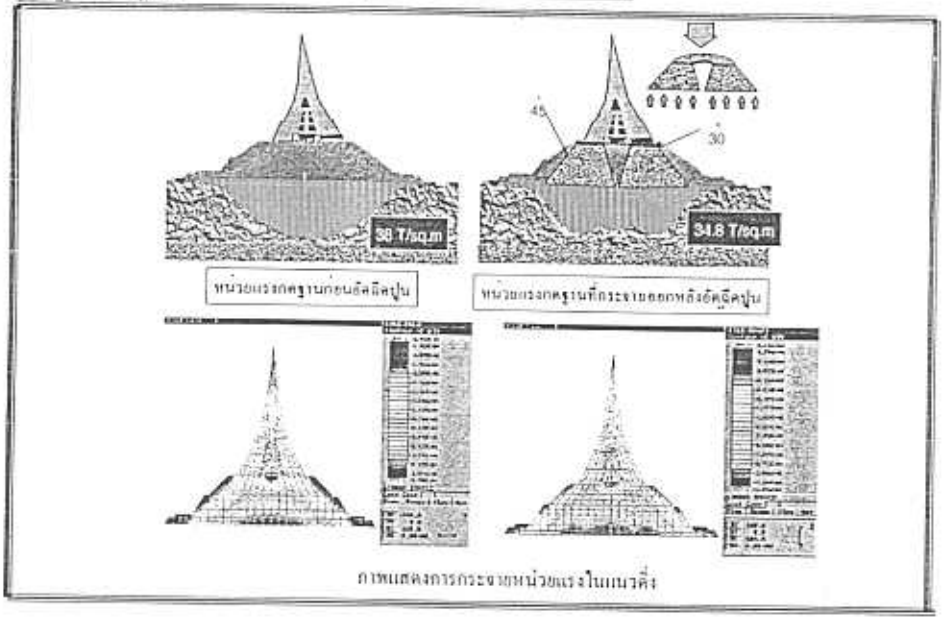
สมัย ก่อนบูรณะ พ.ศ. 2540



สมัย บูรณะโดย กรุงเทพ ประกันภัย พ.ศ. 2542

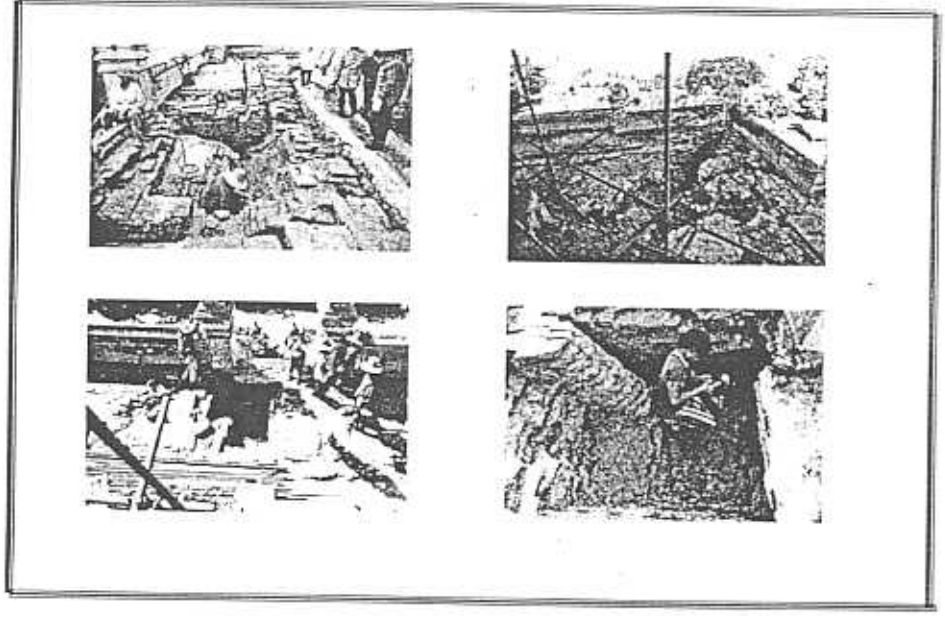
เจาะสำรวจในองค์เจดีย์ และการสำรวจโดยใช้คลื่น

การวิเคราะห์โครงสร้าง

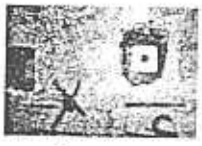


ภาพแสดงการกระจายหน่วยแรงในแนวดิ่ง

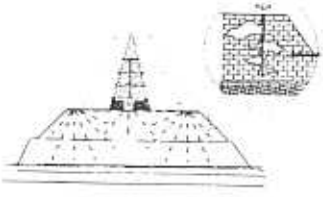
การสำรวจทางโบราณคดี

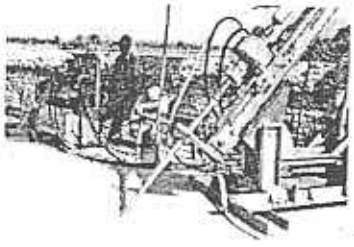


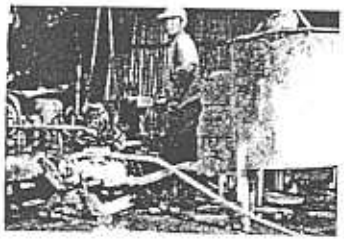
เจาะเข็มฐานเจดีย์ (ROCK BOLTS)

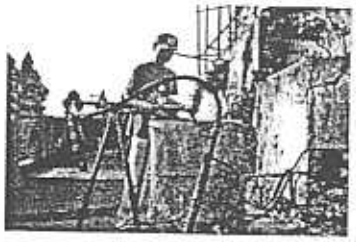


เจาะและอัดน้ำปูนในแนวดิ่งและแนวเอียงบริเวณฐานประทักษิณ

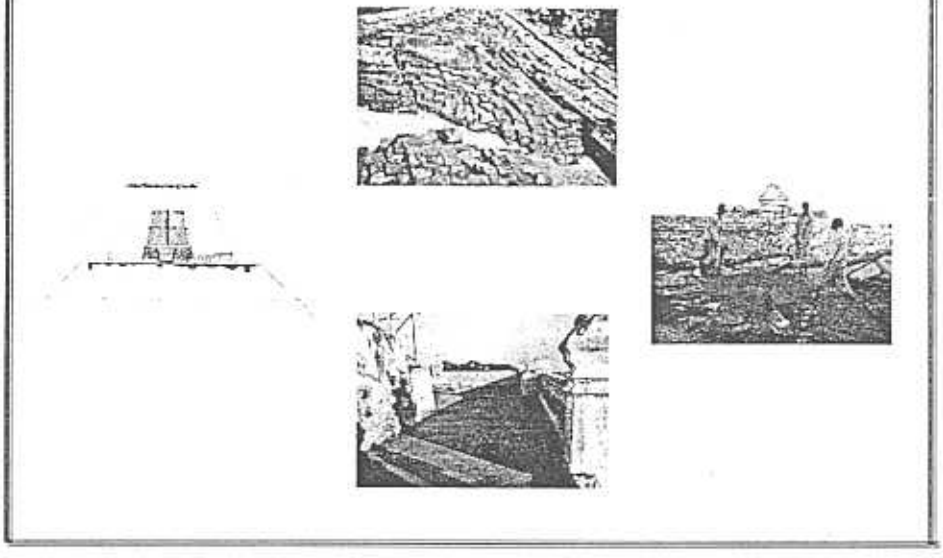




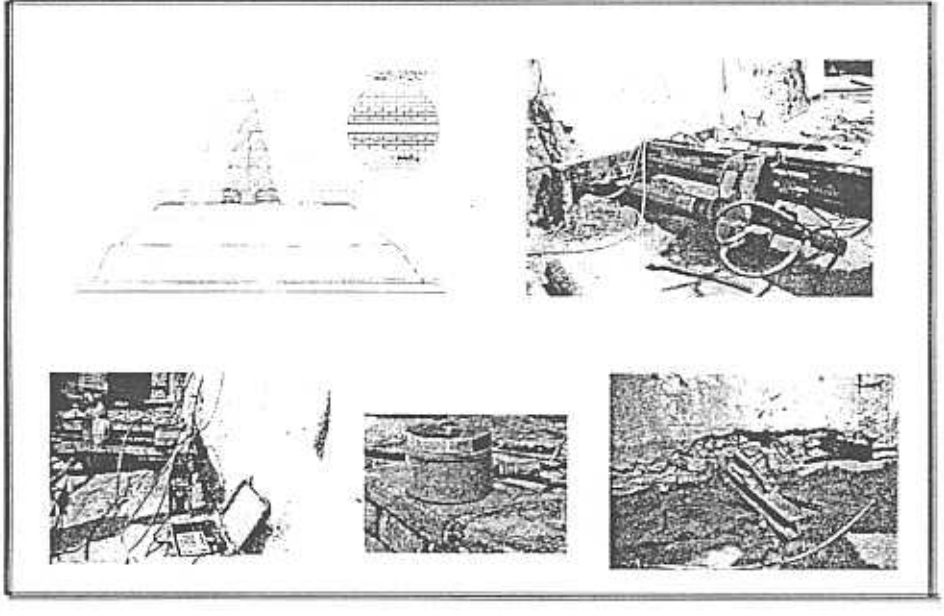




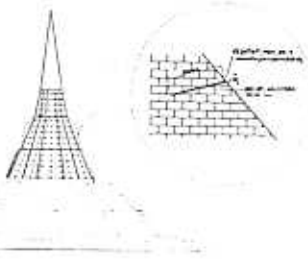
เทคอนกรีตมวลเบาปิดรอยแยกบนฐานประทักษิณ

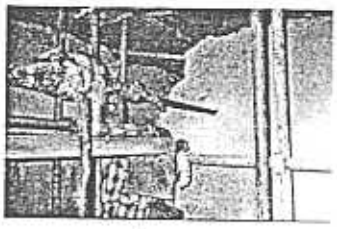


เจาะแนวนอนและอัดฉีดน้ำปูนกำลังสูงและเสริมเหล็กรูปพรรณ

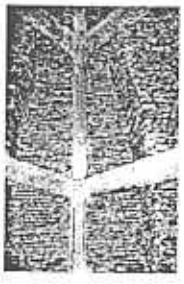


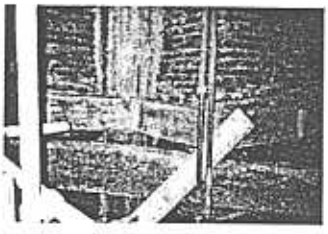
เจาะเข็บองค์เจดีย์ และอุโมงค์ทางเข้า

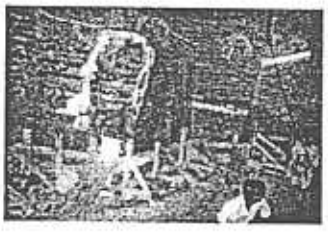




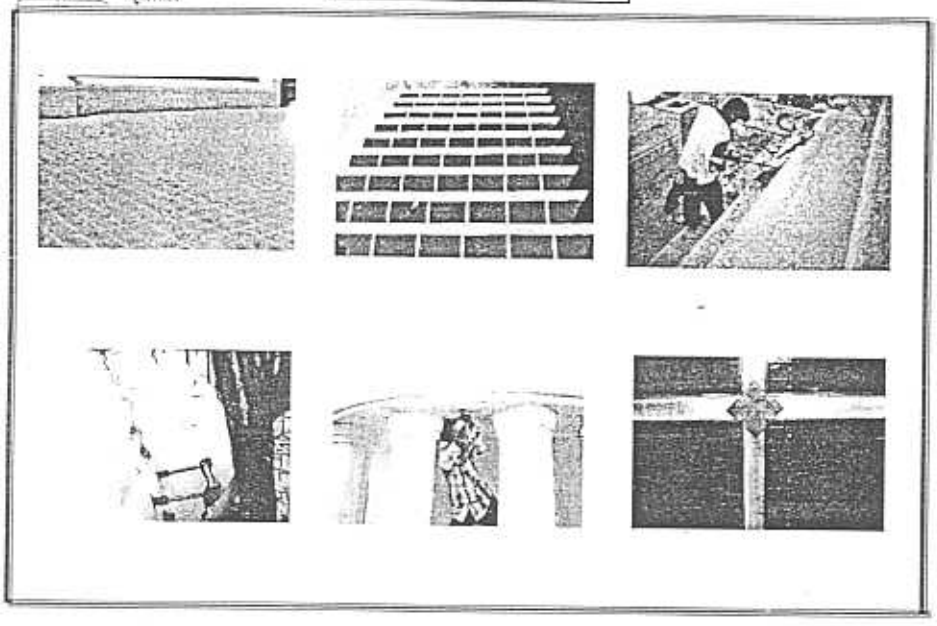
โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในอุโมงค์



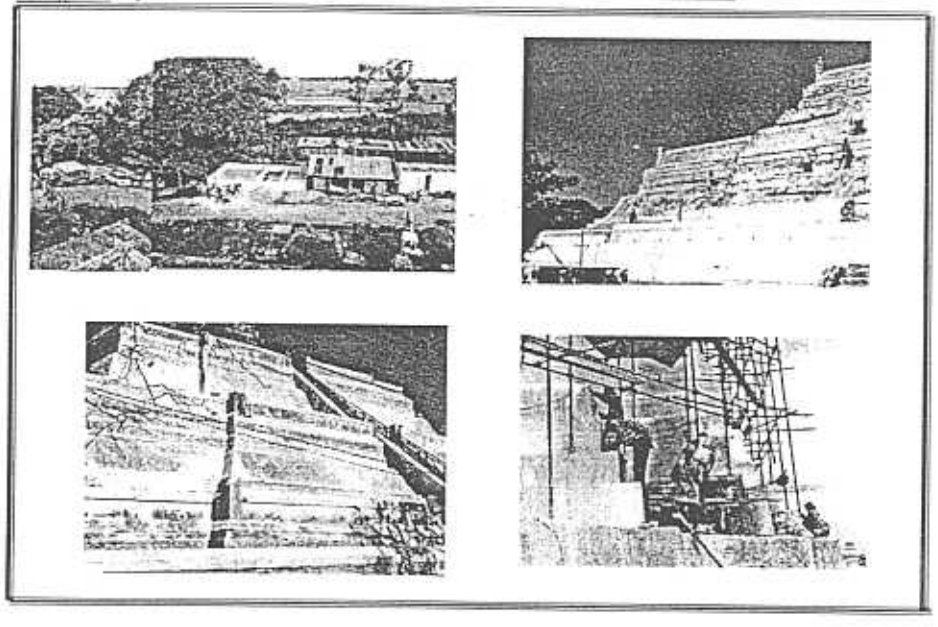




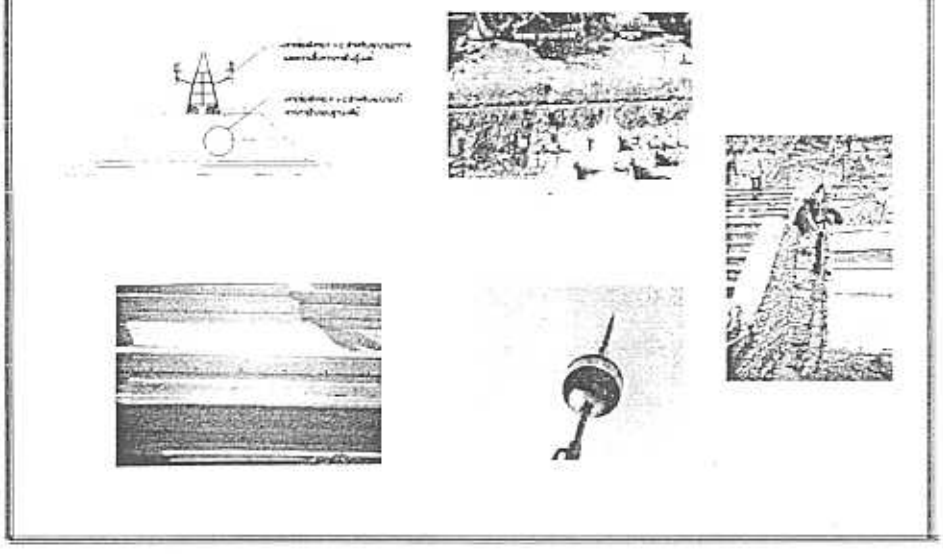
งานตกแต่ง



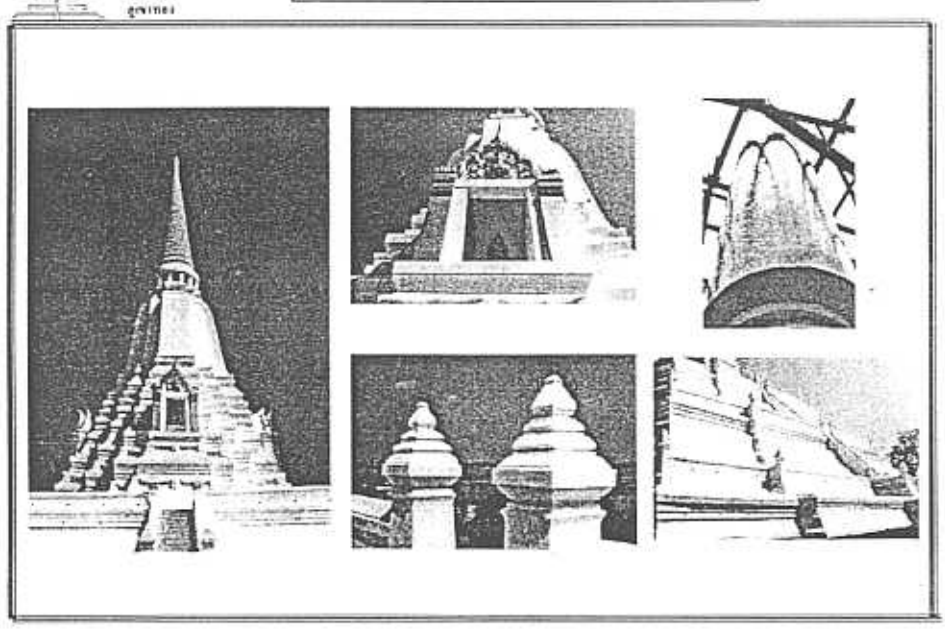
ฉาบปูนหมัก และขัดปูนดำ



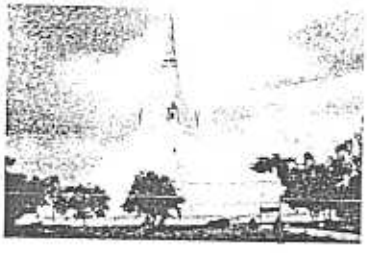
ระบบระบายน้ำ ระบบระบายอากาศ และระบบสายล่อฟ้า

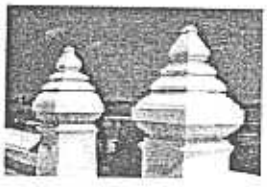


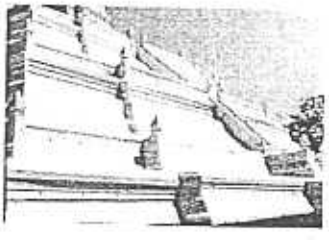
เจดีย์ภูเขาทอง ภายหลังการบูรณะ



ปูนขัด





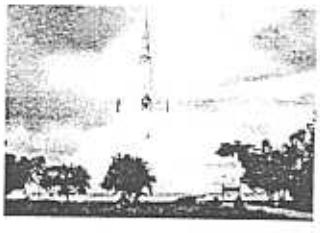


ภาพแสดงการทำงาน

ก่อนการบูรณะ (สิงหาคม 2540)

สกัดปูนฉาบ (ตุลาคม 2540)

ฉาบปูนฐานเจดีย์ (มิถุนายน 2541)



บูรณะเสร็จ (มีนาคม 2542)

รายละเอียดโครงการ

โครงการ	:	บูรณะเจดีย์ภูเขาทอง
สถานที่ตั้งโครงการ	:	ตำบลภูเขาทอง อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ผู้ว่าจ้าง	:	วัดภูเขาทอง โดยการสนับสนุนงบประมาณจาก บริษัท กรุงเทพประกันภัย จำกัด (มหาชน) ภายใต้การควบคุมของ สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ ๓ พระนครศรีอยุธยา
ผู้ออกแบบ	:	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย บริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด
ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง	:	สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ ๓ พระนครศรีอยุธยา บริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด
ผู้รับเหมางานวิศวกรรม	:	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ. เอส. เอ็ม. เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
ผู้รับเหมางานโบราณคดี	:	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ปุราเวริทย์
วันเริ่มต้นสัญญา	:	8 สิงหาคม 2540
วันสิ้นสุดสัญญา	:	7 สิงหาคม 2541
งบประมาณการบูรณะงานวิศวกรรม	:	15,500,000 บาท
งบประมาณการบูรณะงานโบราณคดี	:	9,500,000 บาท

คณะผู้ทำงาน

สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ ๓

บริษัท กรุงเทพประกันภัย จำกัด (มหาชน)

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

STONEHENGE

บริษัท สโตนเฮ้นจ์ ดีไซน์ แอนด์ คอนซัลแทนท์ จำกัด

ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ. เอส. เอ็ม. เอ็นจิเนียริ่ง

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ปุราณรักษ์

บริษัท เมสทค จำกัด