



การประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลการก่อสร้างฐานรากเสาเข็ม

เจดีย์บูรพาฐิตวิริยาประชาสามัคคี วัดเขาสุกิม จ.จันทบุรี

GIS APPLICATIONS FOR PILE FOUNDATION SYSTEM

AT KHAO SUKIM'S PAGODA, CHANTHABURI

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์¹

ศิริชัย แก้วกิตติคุณ²

เสวก จินโต³

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ fengsus@ku.ac.th

^{2,3}นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ : โครงการก่อสร้าง เจดีย์บูรพาฐิตวิริยาประชาสามัคคี วัดเขาสุกิม จังหวัดจันทบุรีถือเป็นโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ฐานรากใช้ทั้งฐานรากแผ่และฐานรากเสาเข็ม การก่อสร้างมีการใช้ฐานรากเสาเข็มในปริมาณมาก มีการเก็บข้อมูลการก่อสร้างเสาเข็ม และข้อมูลการทดสอบคุณภาพ ในการดำเนินการก่อสร้างเสาเข็มทั้งหมด 448 ต้นนั้นทำให้มีปริมาณข้อมูลเป็นจำนวนมาก ยากต่อการจัดการและการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล ดังนั้นโครงการนี้จึงได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสาเข็มทั้งหมด ผลการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้ การวิเคราะห์ข้อมูลการก่อสร้างและการวิเคราะห์ปัญหาของเสาเข็มมีความชัดเจนมากขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในการออกแบบแก้ไขฐานราก โดยที่ข้อมูลทั้งหมดถือเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้ที่ดำเนินการก่อสร้างต่อไป

ABSTRACT : Khaosukim's pagoda is the big construction project , and large number of Driven Pile were used (448 piles). The data were collected during pile driving such as, last ten blows settlement, pile driven length, eccentricity and pile testing data. By collecting these data, Geographic Information System (GIS) application was used. The information of pile construction is able to show graphically in order to analyse the safety of foundation, the data is also useful for footing design in the next process

KEYWORD : Pile Foundation, Foundation on Rock, Pile Testing

1. บทนำ

ด้วยทางวัดเขาสุกิม อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ได้มีโครงการที่จะก่อสร้าง เจดีย์เจดีย์บูรพาฐิตวิริยาประชาสามัคคี เพื่อเป็นที่ประดิษฐานพระบรมสารีริกธาตุขององค์สมเด็จพระสัมมาสัมพุทธเจ้า แต่เนื่องจากวัดเขาสุกิมตั้งอยู่บนลาดเขา ทำให้ไม่มีพื้นที่ในการก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องตัดภูเขาบางส่วนและถมดินเพิ่มอีกส่วนหนึ่ง ทำให้ต้องใช้ฐานราก 2 แบบคือฐานรากแผ่ ที่ตั้งบนหินภูเขาเดิม และฐานรากเสาเข็มในส่วนที่เป็นดินถมใหม่ ด้วย

น้ำหนักที่ขององค์เจดีย์ การทรุดตัวที่แตกต่างกันของฐานรากทั้งสองชนิดย่อมทำให้ความเสียหายได้มาก ทำให้ต้องออกแบบฐานรากด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง การก่อสร้างในอดีตที่ใช้เสาเข็มเจาะนั้น เมื่อมีการทดสอบหลังก่อสร้างเสาเข็มไปแล้วปรากฏว่า ผลการทดสอบไม่ผ่าน โครงการก่อสร้างจึงต้องหยุดชะงักไป จนกระทั่งพ.ศ. 2548 วัดเขาสุกิมจึงได้เชิญศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรม ปฐพี และฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เข้ามาเป็นคณะกรรมการฝ่ายควบคุม

งานก่อสร้างเจดีย์ และเป็นที่ปรึกษาในการแก้ปัญหาฐานราก เพื่อถวายเป็นพุทธบูชา โครงการนี้จึงต้องการที่จะเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการก่อสร้างที่ผ่านมา และวิเคราะห์ ลักษณะของชั้นหินแข็ง ชั้นดิน รวมทั้งหินลอย เพื่อหาสาเหตุของจุดที่มีปัญหาระหว่างก่อสร้าง ตลอดจนใช้ระบบ GIS ในการรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างและหลังการก่อสร้างที่มีปัญหาเช่น การที่เสาเข็มมีเอียงศูนย์, การเอียง, การเลื่อนไถล, หรือค่า Last Ten Blows Settlement ที่มากเกินไป และค่าการทดสอบคุณภาพเสาเข็ม เพื่อประเมินความเสี่ยงของระบบฐานราก และทำการการซ่อมแซมต่อไป ที่ตั้งโครงการก่อสร้างอยู่ที่ วัดเขาสุกิม ต.เขาบายศรี อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี แหล่งข้อมูลที่ใช้มาจากข้อมูลเดิม ที่เก็บก่อนก่อสร้าง ขณะก่อสร้าง และหลังทำการก่อสร้าง ตลอดจนค่าการ ทดสอบต่างๆ ที่ได้ทำไว้แล้วของฐานรากเสาเข็ม ที่ตอกแซมทั้งหมด นำ มารวบรวมแล้วจึงวิเคราะห์ด้วยระบบ GIS ไม่ได้มีการเก็บข้อมูล หรือทดสอบค่าต่างๆ ใหม่แต่อย่างใด

2. วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

2.1. รวบรวมข้อมูลที่บันทึกไว้ขณะทำการก่อสร้างจากข้อมูลสนาม โดยค่าที่ทำการรวบรวมมีดังนี้ ความยาวของเสาเข็ม, ความลึกของปลายเสาเข็มที่ตอกได้, ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ, ค่า Last Ten Blows Settlement และกำลังรับน้ำหนักจากสมการของ HILEY's, ค่าการเอียงของเสาเข็ม, ค่าการเอียงศูนย์ของเสาเข็ม และวันที่ทำการก่อสร้างฐานรากเสาเข็ม ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำเข้าสู่ระบบ GIS

2.2. รวบรวมข้อมูลผลการทดสอบคุณภาพเสาเข็ม ได้แก่ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม Seismic test, ผลการทดสอบ Dynamic Pile Load test และผลการทดสอบ Static Pile Load test แล้วนำเข้าสู่ข้อมูลสู่ระบบ GIS

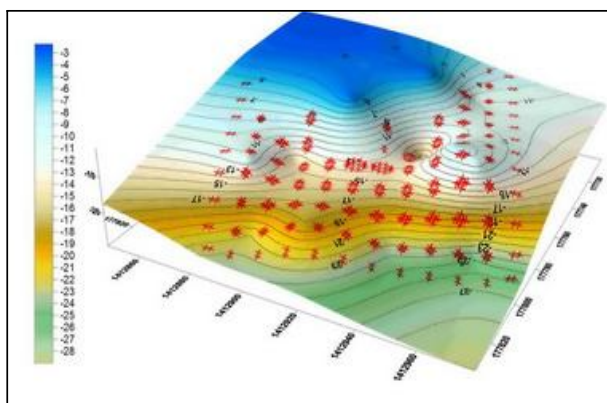
2.3. การวิเคราะห์และแสดงผลด้วยระบบ GIS ได้แก่ การแสดงข้อมูลของเสาเข็มทุกต้น ทั้งข้อมูลชั้นดินข้อมูลการก่อสร้าง และข้อมูลการทดสอบคุณภาพเสาเข็ม จากนั้นจึงสร้างภาพ 3 มิติของสภาพชั้นหินด้านล่างจากข้อมูลจากหลุมเจาะและข้อมูลความลึกที่ตอกเสาเข็มลงไปได้เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันวิเคราะห์เสาเข็มต้นที่มีปัญหาในการก่อสร้างเช่นเสาเข็มที่เอียงมาก เอียงศูนย์มาก และการทดสอบคุณภาพที่ไม่ผ่านเกณฑ์เช่น

ผลจาก Dynamic Pile Load Test เพื่อมองเห็นภาพรวมและการกระจายตัวของเสาเข็มที่มีความเสี่ยง

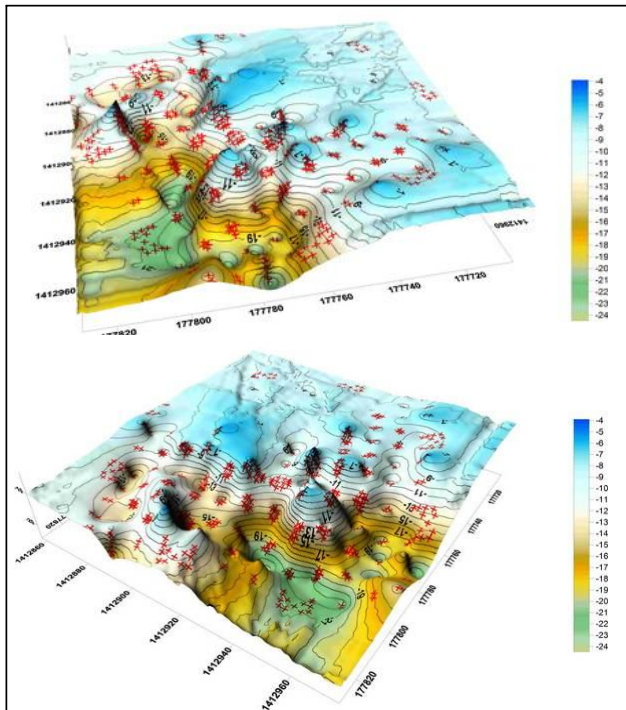
2.4. การใช้ระบบ GIS วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการก่อสร้างเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างกับระยะเวลาการทดสอบคุณภาพเสาเข็มว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ จากนั้นจึงมีการประเมินความเสี่ยงของฐานรากเสาเข็มในกรณีต่างๆ แล้วนำผลรวมมาแสดงเป็นระดับความเสี่ยงของเสาเข็ม

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากหลุมเจาะในระบบ GIS

การเจาะสำรวจเพื่อดูลักษณะชั้นดินดำเนินการเจาะทั้งหมด 16 หลุม เมื่อนำค่าความลึกของชั้นหินแข็งด้านล่างที่ได้จากหลุมเจาะนี้มาวาดเป็นภาพ 3 มิติจะได้ดังภาพที่ 1 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพ 3 มิติที่วาดจากระดับความลึกปลายเสาเข็มที่สามารถตอกเสาเข็มลงไปได้แสดงในภาพที่ 2 จากภาพทั้งสองแสดงให้เห็นว่าลักษณะชั้นหินจริงกับปลายเสาเข็มมีความแตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตามจำนวนข้อมูลของหลุมเจาะมีจำนวนน้อยกว่าข้อมูลปลายเสาเข็มเป็นอันมากจึงต้องทำการวิเคราะห์ในส่วนอื่นประกอบเพื่อประเมินความเสี่ยง



ภาพที่ 1 ระดับชั้นหินแข็งจากข้อมูลหลุมเจาะ



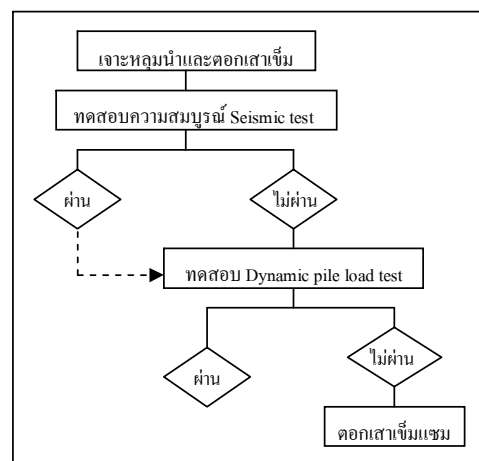
ภาพที่ 2 ระดับที่สามารถดักเสาเข็มลงไปได้

4. การวิเคราะห์เสาเข็มที่มีปัญหาในการก่อสร้างและการทดสอบคุณภาพ

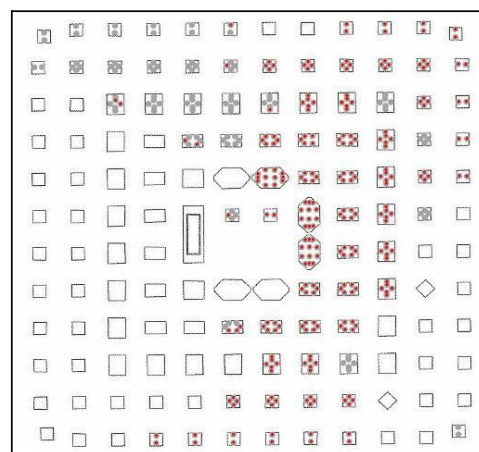
4.1 ลำดับการก่อสร้าง

การก่อสร้างที่มีคุณภาพนั้นควรมีลำดับดังนี้ คือ ขั้นแรกทำการเจาะหลุมนำเพื่อลดการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินเนื่องจากมีเสาเข็มเจาะเดิมอยู่ จากนั้นจึงสอดเสาเข็มเพื่อตอกด้วยวิธีตามปกติ โดยใช้ปั้นจั่นและค้อนน้ำหนักขนาด 8 ตัน และ 9.5 ตัน (ขึ้นกับน้ำหนักของเสาเข็ม) เมื่อตอกเสาเข็มแล้วจึงทำการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ซึ่งควรทำการทดสอบกับเสาเข็มทุกต้น เพื่อที่จะสามารถเลือกเสาเข็มต้นที่ไม่สมบูรณ์เพื่อทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยวิธี Dynamic pile load test ต่อไป และหากทดสอบไม่ผ่านก็จำเป็นต้องตอกเสาเข็มแซมทันที แผนการก่อสร้างที่แสดงในภาพที่ 3 แต่จากบันทึกการก่อสร้างพบว่า การทดสอบเกือบทั้งหมดทำในช่วงหลังของการก่อสร้าง เมื่อตอกเสาเข็มใกล้จะเสร็จแล้ว ทำให้การก่อสร้างไม่มีประสิทธิภาพตามที่วางแผนไว้ ปัญหาที่พบได้แก่ การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มไม่ครบทุกต้น ทำให้อาจจะมีเสาเข็มต้นที่ไม่สมบูรณ์ไม่ได้รับการตรวจสอบ และยังพบการทดสอบที่ข้ามขั้นตอนโดยทดสอบ Dynamic pile load test ก่อนที่จะทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

เนื่องมาจากอาจต้องทดสอบ Dynamic pile load test เมื่อพบเสาเข็มที่ไม่สมบูรณ์จากการทดสอบ Seismic test จากบันทึกการทดสอบความสมบูรณ์พบว่า การทดสอบจะทำในช่วงหลังของการก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ดังแสดงในภาพที่ 4 จุดสีเทาคือเสาเข็มที่ตอกแล้วเสร็จถึงวันที่ 21 มกราคม 2550 และจุดสีแดงคือการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มในช่วงวันที่ 15-21 มกราคม 2550 ซึ่งเป็นช่วงเวลาใกล้ส่งมอบงาน ในเวลาเพียง 1 สัปดาห์มีทดสอบเสาเข็มถึง 246 ต้น โดยก่อนหน้านี้ทดสอบไปเพียง 65 ต้น



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการก่อสร้างที่เหมาะสม



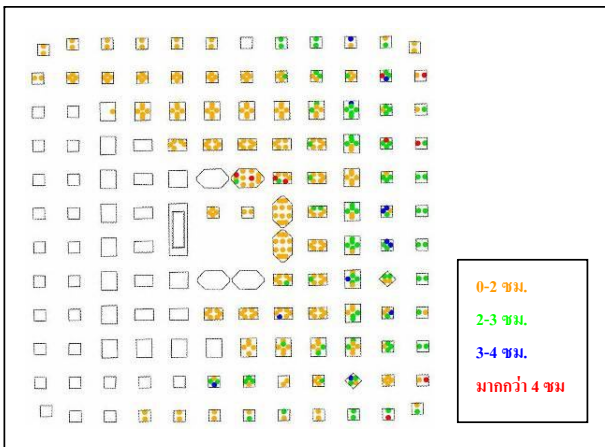
ภาพที่ 4 การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มในช่วงก่อนส่งมอบงาน

4.2 ค่า Last ten blows settlement

จากข้อกำหนดการควบคุมการก่อสร้างในช่วงแรกได้มีการกำหนดค่า Settlement of last ten blows ให้มีค่าไม่เกิน 1 ซม. เนื่องจากต้องการให้เสาเข็มสามารถทะลุผ่านหินลอยได้อย่างไรก็ตามหลังจากใช้เกณฑ์ดังกล่าวไประยะหนึ่ง พบว่าปลายเสาเข็มที่ตอกมีความเสียหายและผลการทดสอบ Dynamic



pile load test พบว่าค่ากำลังรับน้ำหนักมีค่าสูงกว่าที่ต้องการมาก จึงได้มีการเปลี่ยนเกณฑ์การควบคุมให้มีค่าไม่เกิน 2 ซม. และ 3 ซม. ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปรากฏว่ามีเสาเข็มจำนวนหนึ่งที่มีการทรุดตัวมากกว่า 3 ซม. แสดงในภาพที่ 5 พบว่าเสาเข็มดังกล่าวการกระจายตัวอยู่บริเวณฐานรากขนาดใหญ่ตรงกลางขององค์เจดีย์ ซึ่งเป็นเสาเข็มสั้น ซึ่งอาจเกิดปัญหาจากการที่ตอกเสาเข็มบนหินลอยหรือขอบหินของภูเขาเดิมทำให้ตอกแล้วเสาเข็มเลื่อนไกลและยังพบปัญหานี้ในบริเวณขอบด้านนอกของดินที่ถมใหม่ ซึ่งเสาเข็มจมเกินกว่าที่จะตอกได้หรือเสาเข็มสั้นเกินไป



ภาพที่ 5 ค่า Last ten blow settlement แสดงใน GIS

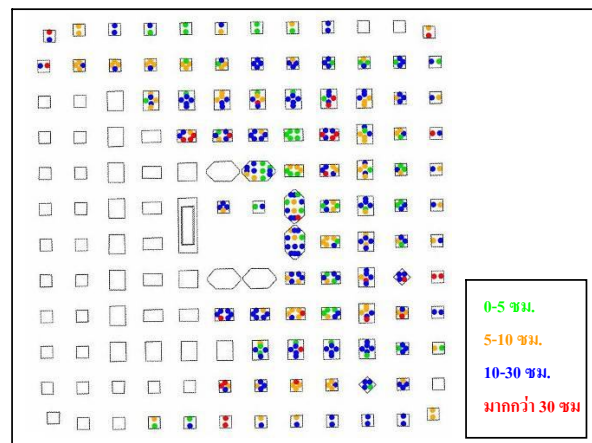
4.3 กำลังรับน้ำหนักจาก Hiley's formula

จากข้อกำหนดในการออกแบบฐานรากนั้นเสาเข็มต้องรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 120 ตัน/ต้น ซึ่งจากการคำนวณมีเสาเข็ม 5 ต้นที่ไม่ผ่าน และมีสาเหตุมาจากค่า Last ten blow settlement ที่มากกว่า 3 ซม. จำนวน 3 ต้น อย่างไรก็ตามค่าการทดสอบ Dynamic pile load test ทั้ง 5 ต้นผ่านทั้งหมด ช่วยยืนยันว่าเสาเข็มเหล่านี้สามารถใช้งานตามที่ต้องการได้ แต่พบว่ามีปัญหาการเอียงศูนย์ที่มากทำให้ต้องมีการออกแบบฐานรากใหม่ หากพิจารณาจากค่า Last ten blow settlement ก่อนหน้านี้เสาเข็มบางต้นที่มีค่าการทรุดตัวมาก แต่ค่ากำลังผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากยังมีตัวแปรอื่นที่ใช้ในการหาค่าด้วย ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักของลูกตุ้ม หรือ ระยะชกลูกตุ้มเป็นต้น

4.4 ค่าการเอียงศูนย์ของเสาเข็ม

ตามร่างมาตรฐานการออกแบบฐานรากเสาเข็มตอกของ วสท. ระยะเอียงศูนย์ควรมีค่าไม่เกิน 5 เซนติเมตร แต่จาก

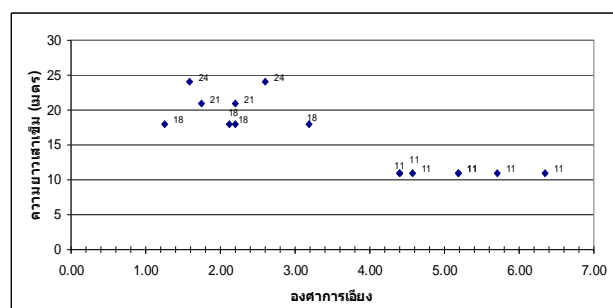
บันทึกการก่อสร้าง พบว่าเสาเข็มเกือบทั้งหมดมีค่าการเอียงศูนย์มากกว่ามาตรฐานดังกล่าวหลายเท่า ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเจาะหลุมนำอาจพบหินลอยทำให้ต้องหลบหลีก หรือการที่ตอกเสาเข็มไปโดนหินลอย นอกจากนี้ยังต้องหลบหลีกฐานรากเสาเข็มเจาะเดิม ค่าการเอียงศูนย์ของเสาเข็มแบ่งเป็นช่วงๆ แสดงด้วยระบบ GIS ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่าข้อมูลมีการกระจายมาก จนไม่สามารถวิเคราะห์เป็นระบบได้



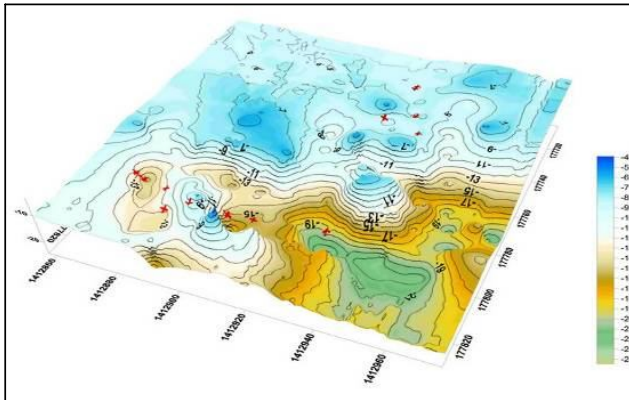
ภาพที่ 6 ค่าการเอียงศูนย์แสดงด้วยระบบ GIS

4.5 ค่าการเอียงของเสาเข็ม

ตามร่างมาตรฐานการก่อสร้างเสาเข็มตอกของ วสท. ได้กำหนดค่าการเอียงของเสาเข็มให้มีค่าไม่เกิน 1:50 แต่จากบันทึกการก่อสร้างพบเสาเข็มจำนวนมากมีค่าการเอียงสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากการที่ตอกเสาเข็มลงไปพบกับหินลอยหรือแนวขอบของหินภูเขาเดิม ความสัมพันธ์ตามภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าเสาเข็มสั้นมีแนวโน้มการเอียงมากกว่าเสาเข็มยาว และตำแหน่งของเสาเข็มที่เอียงมากในภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าเสาเข็มที่เอียงมากจะกระจายอยู่บริเวณขอบของหินภูเขาเดิมอย่างชัดเจน เนื่องมาจากแนวหินภูเขาเดิมนั้นมีความลาดเอียงอยู่เมื่อตอกเสาเข็มลงไป จึงเกิดการเอียงไปตามแนวหิน



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ขององศาการเอียงกับความยาวเสาเข็ม

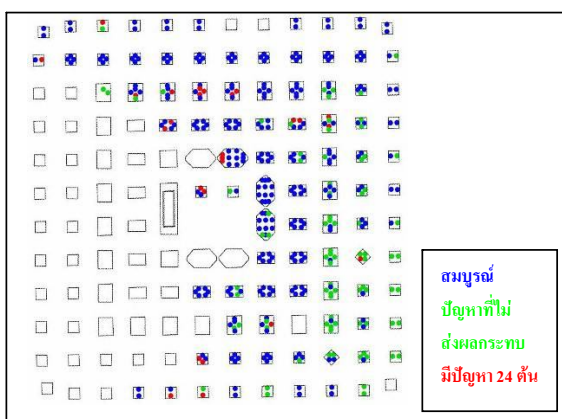


ภาพที่ 8 ตำแหน่งเสาเข็มที่มีการเอียงมาก

4.6 การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี

Seismic test

จากการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม พบเสาเข็มหลายต้นที่ผลการทดสอบพบว่าอาจเกิดความผิดปกติขึ้นกับโครงสร้างเสาเข็ม มีปัญหาการแตกร้าว เสาเข็มที่มีปัญหาส่วนใหญ่จะกระจายตัวใกล้ๆบริเวณฐานรากตื้น ซึ่งเป็นเสาเข็มสั้นดังแสดงในภาพที่ 9 และส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีการควบคุมค่า Last ten blows settlement ในช่วงแรกของการก่อสร้างที่ 1 ซม. ทำให้ผู้ก่อสร้างพยายามที่จะตอกให้ได้ตามข้อกำหนดแต่ในทางกลับกันก็ทำให้เสาเข็มเกิดความเสียหายด้วยเช่นกันเมื่อมีการตอกย้ำไปชนกับชั้นหินแข็งด้านล่าง ทำให้เกิดการแตกร้าวภายในได้



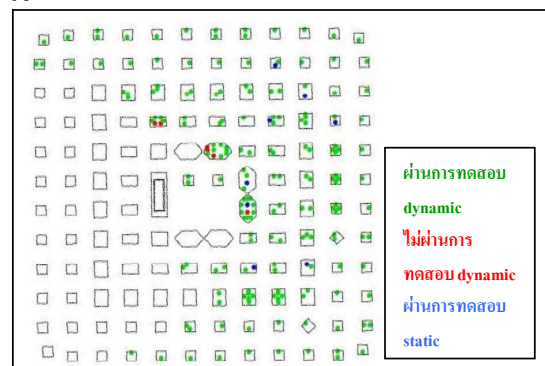
ภาพที่ 9 ผลการทดสอบความสมบูรณ์แสดงในระบบ GIS

4.7 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยวิธี

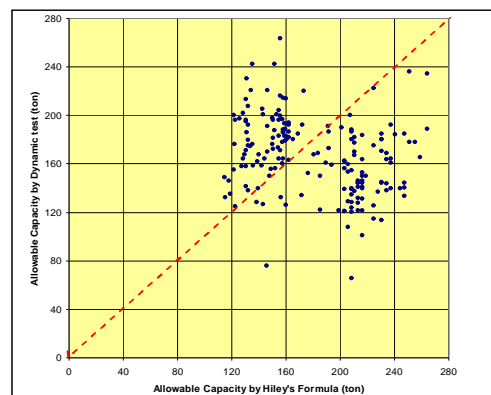
Dynamic Pile Load Test

กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มประลัดควรสูงกว่า 300 ตัน/ต้นจากบันทึกการทดสอบพบว่ามีการทดสอบ Dynamic pile load test เพียง 200 ต้น จากทั้งหมด 448 ต้น ดังแสดงในภาพที่ 10

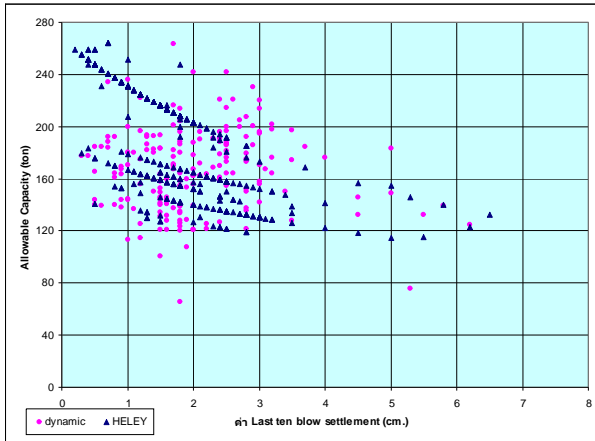
แสดงให้เห็นว่ามีเสาเข็มบางต้นที่มีค่ากำลังรับน้ำหนักไม่ถึงเกณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งเสาเข็มที่ทดสอบไม่ผ่านมีการกระจายตัวบริเวณฐานรากขนาดใหญ่ที่เป็นเสาเข็มสั้น เสาเข็มที่ทดสอบค่า Dynamic pile load test ไม่ผ่านนั้นจัดว่าไม่สามารถใช้งานได้ ในโครงการนี้จึงมีแนวทางแก้ไข โดยการตอกเสาเข็มแฉวม เมื่อนำค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจากวิธีของ Hiley's Formula ซึ่งจะได้ค่าเป็น Allowable capacity มาเปรียบเทียบกับค่า Allowable Capacity ด้วยวิธีทดสอบแบบ Dynamic pile load test ซึ่งแปลงมาจากค่า Ultimate Capacity โดยใช้อัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 2.5 จะได้ความสัมพันธ์ดังกราฟในภาพที่ 11 โดยแสดงถึงความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกันและพบว่าค่าที่ได้จาก Hiley's Formula มีการแกว่งกว่าเล็กน้อย จากนั้นนำค่า Allowable Capacity ของเสาเข็มจากวิธีทั้งสองมาเปรียบเทียบกับค่า Last ten blows settlement จะได้ความสัมพันธ์ดังกราฟในภาพที่ 12 พบว่าเมื่อเสาเข็มที่มีค่าการทรุดตัวมาก ค่ากำลังรับน้ำหนักจากทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันตามที่ตั้งข้อสังเกตไว้



ภาพที่ 10 ผลการทดสอบ Dynamic pile load test และ ทดสอบ Static pile load test



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของ Allowable Capacity จาก Hiley's Formula และ Dynamic pile load test



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบค่า Last ten blow settlement กับค่ากำลังรับน้ำหนักด้วย Dynamic pile load test และ Hiley's formula

4.8 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักด้วยวิธี

Static Pile Load Test

ทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของเสาเข็มมีน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 300 ตัน การทดสอบด้วยวิธีนี้ทำทั้งหมด 8 ดันโดยพิจารณาจากความยาวของเสาเข็ม และ ขนาดของฐานรากเพื่อใช้ผลการทดสอบเป็นตัวแทน ตำแหน่งที่มีการทดสอบด้วยวิธี Static pile load test แสดงในภาพที่ 10 ผลการทดสอบพบว่าผ่านหมดทั้ง 8 ดัน

5. การจัดระดับความเสี่ยงของเสาเข็มต้นที่มีปัญหา

ความเสี่ยงของเสาเข็มขึ้นอยู่กับความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบแต่ละวิธีซึ่ง สามารถลำดับได้ดังนี้

- 1) การทดสอบ Static pile load test
- 2) การทดสอบ Dynamic pile load test
- 3) ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม หรือ ค่ากำลังรับน้ำหนักจากสูตรของ Hiley ซึ่งคำนวณจากค่า Last ten blows settlement
- 4) ค่าการเอียง หรือ การเอียงศูนย์กลางของเสาเข็ม

ซึ่งค่าการทดสอบ Static pile load test นั้นทำการทดสอบทั้งหมด 8 ดันผลการทดสอบปรากฏว่าผ่านเกณฑ์ทุกต้น ซึ่งหากเสาเข็มไม่ผ่านการทดสอบ Static pile load test แล้วก็แน่ชัดว่าเสาเข็มนั้นไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นจึงมิได้นำผลการทดสอบ Static pile load test มาเป็นเกณฑ์ในการจัดระดับความเสี่ยงนี้ จากข้อมูลที่เหลือ สามารถจัดระดับความเสี่ยงของเสาเข็มต้นที่มี

ปัญหาได้ตามตารางที่ 1 เพื่อที่จะได้จัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมและติดตามเฝ้าระวังฐานรากนั้นๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 เกณฑ์การจัดระดับความเสี่ยงของเสาเข็ม

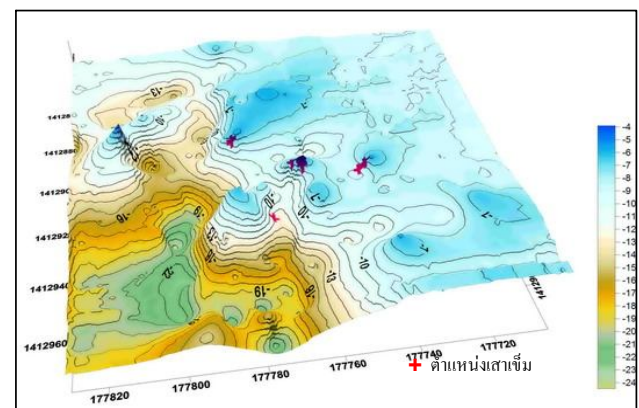
Hiley's Formula	Dynamic load test	Seismic test	เสาเข็มเอียง	เสาเข็มเอียงศูนย์กลาง	ระดับความเสี่ยง
X	X	X	X	X	สูงที่สุด
X	X	X	-	-	สูงที่สุด
✓	X	✓	-	-	เสี่ยงมาก
X	X	✓	-	-	เสี่ยงมาก
✓	✓	X	-	-	เสี่ยงปานกลาง
X	✓	✓	-	-	เสี่ยงปานกลาง
✓	✓	✓	X	-	เสี่ยงปานกลาง
✓	✓	✓	-	X	เสี่ยงปานกลาง
✓	✓	✓	-	-	เสี่ยงน้อย

หมายเหตุ ✓ ผ่านเกณฑ์, X - ไม่ผ่านเกณฑ์

จากเกณฑ์ในตารางข้างต้นจะได้เสาเข็มในระดับความเสี่ยงต่าง ๆ ดังนี้

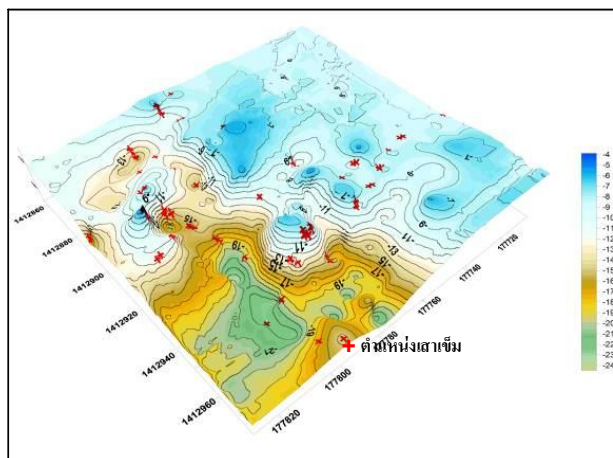
กลุ่มที่มีความเสี่ยงมากที่สุด

ไม่มีเสาเข็มต้นใดที่ค่าไม่ผ่านทุกกรณีจึงไม่มีเสาเข็มอยู่ในกลุ่มนี้
กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ได้แก่เสาเข็มที่ทดสอบค่า Dynamic pile load test ไม่ผ่านเกณฑ์ และพิจารณาค่าการทดสอบความสมบูรณ์หรือกำลังรับน้ำหนักตามสูตรของ Hiley ประกอบด้วย ตำแหน่งเสาเข็มต้นที่มีความเสี่ยงสูงจำนวน 7 ต้นแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตำแหน่งเสาเข็มที่มีความเสี่ยงสูง

กลุ่มที่มีความเสี่ยงปานกลาง ได้แก่เสาเข็มต้นที่ทดสอบ Dynamic pile load test ผ่าน แต่ผลการทดสอบอื่นๆอย่างน้อยหนึ่งการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ เสาเข็มต้นที่มีระดับความเสี่ยงปานกลางแสดงตำแหน่งในภาพที่ 14 จำนวนเสาเข็มในกลุ่มนี้มี 61 ต้น



ภาพที่ 14 ตำแหน่งเสาเข็มที่มีความเสี่ยงปานกลาง

6. สรุปผลการศึกษาโครงการ

- 1) ระบบ GIS สามารถมาใช้ในการรวบรวมและจัดการข้อมูลการตอกและทดสอบเสาเข็มปริมาณมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) สามารถใช้ระบบ GIS ในการประเมินความเสี่ยงของฐานรากเสาเข็มตามสภาพภูมิประเทศและสภาพฐานรากได้เป็นอย่างดี
- 3) การตอกเสาเข็มบนฐานรากหินแกรนิต พบว่าสามารถเกิดการเอียงของเสาเข็มได้ง่ายโดยเฉพาะเสาเข็มสั้น เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของฐานรากหินแกรนิต
- 4) จากผลการทดสอบทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า การใช้เสาเข็มตอกกับฐานรากที่เป็นหินแกรนิต และมีหินลอยเป็นจำนวนมากนั้น สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่ามีเสาเข็มเพียงร้อยละ 1 ที่ไม่ผ่านการทดสอบตามเกณฑ์และต้องตอกแซม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อันประกอบไปด้วย

นางสาวมนันยา จันทสร

(นักสารสนเทศภูมิศาสตร์ประจำศูนย์วิจัยฯ)

นายวีรพงษ์ ขวัญเซ่ง

(นิสิตปริญญาโท)

นางสาวจุฑาทิพย์ เขียวแจ่ม

(นิสิตปริญญาโท)