

“การก่อสร้างฐานรากอาคารบนไหล่เขา : กรณีศึกษาการก่อสร้างเจดีย์วัดเขาสุกิม”

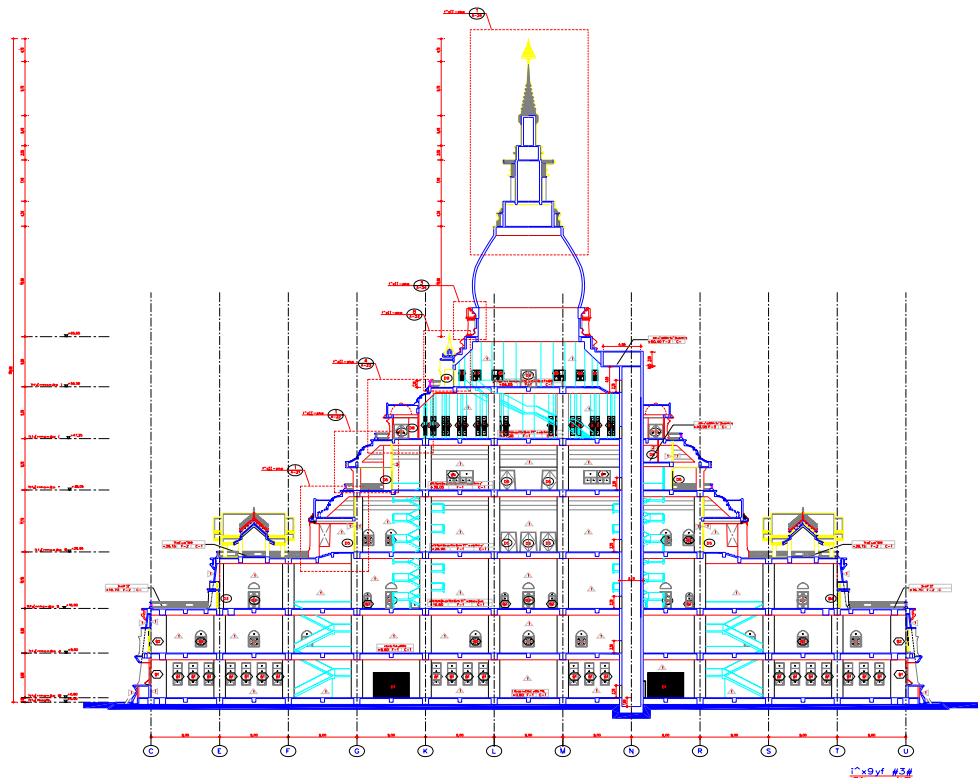
ผศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์¹

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และหัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengsus@ku.ac.th)

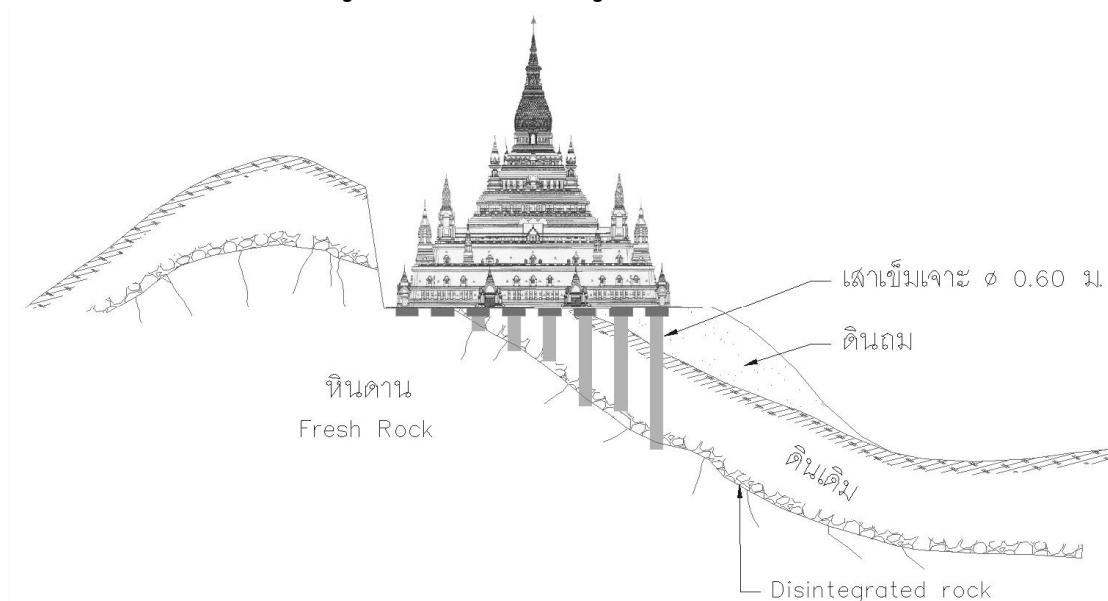
ความเป็นมา

โครงการก่อสร้างเจดีย์บูรพาวิริยาประชาสามัคคี ณ วัดเขาสุกิม อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ได้ก่อสร้างตามเจตนารมณ์ของพระวิสุทธิญาณเถร (หลวงปู่สมชายฐิตวิริโย) เพื่อประดิษฐานพระพุทธรูปหินอ่อนและพระบรมสารีริกธาตุขององค์สมเด็จพระสัมมาสัมพุทธเจ้า โดยได้เริ่มดำเนินการก่อสร้างเมื่อปี พ.ศ.2538 โดยองค์เจดีย์ที่ก่อสร้างมีขนาดที่ฐาน 99×99 เมตร ความสูง 119 เมตร (ภาพที่ 1) ตำแหน่งขององค์เจดีย์ก่อสร้างบนไหล่เขา ซึ่งเป็นภูเขาหินแกรนิต (ภาพที่ 2 และ 3) ชนิด Hornblende-Biotite มีขนาด Grain ใหญ่ มีรอยแตกสม่ำเสมอและมีความผูกพันปานกลางถึงสูง เมื่อผูกพันให้ดินทรายปนดินเหนียว (SC) เม็ดทรายมีความเป็นเหลี่ยมคม ส่วนประกอบของดินเหนียวมีความเหนียวต่ำ ($PI < 10\%$) ฐานรากเจดีย์ส่วนหนึ่งวางอยู่บนชั้นหินแข็ง ส่วนที่เหลือเป็นดินถมก่อสร้างโดยใช้เสาเข็มเจาะระบบแห้ง ขนาด 60 ซม. โดยเสาเข็มได้ถูกออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย 120 ตัน/ต้น และน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 300 ตัน/ต้น ระหว่างก่อสร้างได้ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม เมื่อปี พ.ศ.2541 และพบว่าเสาเข็มเจาะส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ Dynamic Pile Load Test (ลุ่มทดสอบ 42 ต้น ไม่ผ่าน 20 ต้น) และไม่ผ่าน Static Pile Load Test ที่กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (ทดสอบ 8 ต้น ไม่ผ่านทั้ง 8 ต้น) จากเหตุดังกล่าวทำให้การก่อสร้างต้องหยุดชะงักลง เหตุผลสำคัญที่เสาเข็มเจาะระบบแห้ง ไม่สามารถผ่านการทดสอบการรับน้ำหนักดังกล่าว เนื่องจากเป็นธรรมชาติของหินแกรนิตที่ผูกพันในลักษณะเข้าศูนย์กลาง โดยการผูกพันจะก่อให้เกิดหินลอยแทรกอยู่ในมวลดินที่ผูกพันแล้ว (ภาพที่ 4) ลักษณะดังกล่าวทำให้ปลายเสาเข็มเจาะวางอยู่บนหินลอยมากกว่าที่จะวางอยู่บนหินพิศ จากการเจาะสำรวจในภายหลังได้พบว่าสมมุติฐานดังกล่าวถูกต้อง เนื่องจากระดับหินพิศส่วนใหญ่จากการเจาะสำรวจอยู่ต่ำกว่าระดับปลายเสาเข็มเจาะ (ภาพที่ 5) ใน พ.ศ. 2548 หลังจากการมรณภาพของหลวงปู่สมชายและเสร็จงานบำเพ็ญกุศลสวดอภิธรรมครบ 100 วัน เหล่าศิษยานุศิษย์จึงได้มีมติในการสานต่อการก่อสร้างเจดีย์ โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้เข้ามาดำเนินการศึกษาและหาแนวทางแก้ไขปัญหานี้ในอดีต ทางเลือกต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบ ข้อดี-ข้อเสีย และราคาการก่อสร้าง ทางเลือกต่างๆ ประกอบด้วยการย้ายองค์เจดีย์เข้าไปด้านในภูเขาหรือย้ายไปบนยอดเขา การอัดฉีดน้ำปูนลงที่ปลายเสาเข็มเจาะเพื่อเพิ่มแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม การตออัดเสาเข็มเจาะเดิม (Re-Strike) และการตอกเสาเข็มแซมโดยการเจาะนำ ดังแสดงดังภาพที่ 6 จากทางเลือกต่างๆ ข้างต้น พบว่าการตอกเสาเข็มแซมโดยการเจาะนำ เป็นทางเลือกที่เป็นไปได้มากที่สุด ทั้งนี้โดยใช้เสาเข็ม Pre-Stress ขนาด 52.5×52.5 ซม. ตอกแซมเสาเข็มเจาะทุกต้น (แซม

100%) และเพื่อลดการดันตัวของดินจากเสาเข็มตอกจึงใช้การเจาะนำ (Pre-Bored) ก่อนสอตเสาเข็มเพื่อตอก นอกจากนั้นเพื่อป้องกันความเสียหายที่ปลายเสาเข็ม จึงได้ใช้ Steel Shoe ที่ปลายเสาเข็ม (ภาพที่ 7) เพื่อป้องกันความเสียหายของปลายเสาเข็มและเพื่อกระแทกหินลอยขนาดเล็กให้หลิกหรือแตก โดยสรุปจำนวนเสาเข็มตอกมีทั้งสิ้น 448 ต้น ประกอบด้วยเสาเข็มความยาว 11, 18, 21 และ 24 เมตร การแบ่งพื้นที่ความยาวการตอกเสาเข็มพิจารณาจากผลการเจาะสำรวจชั้นดินและชั้นหินจำนวน 16 หลุม (ภาพที่ 8 และภาพที่ 9) การเจาะสำรวจดังกล่าวทำให้ได้ข้อมูลที่นำเชื่อถือในการกำหนดความยาวของเสาเข็ม นอกจากนั้นผลการเจาะสำรวจดังกล่าวยังนำไปใช้ในการปรับความยาวเสาเข็มใหม่ ทำให้สามารถลดงบประมาณเสาเข็มได้กว่า 5 ล้านบาท



ภาพที่ 1 รูปตัดด้านข้าง เจดีย์บุรพาวุธตวริยาประชาสามัคคี



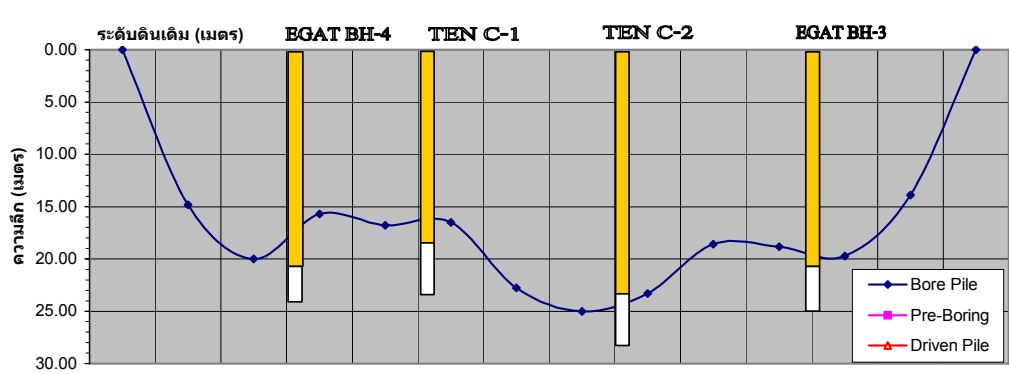
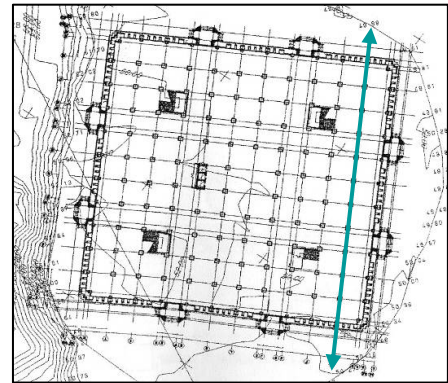
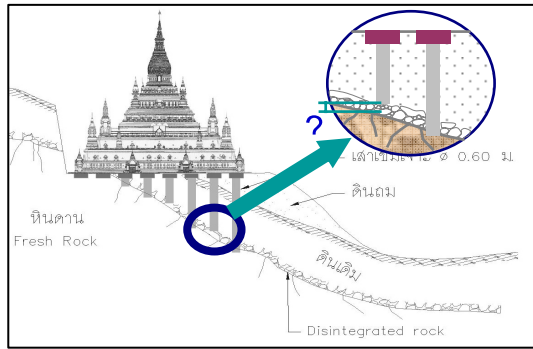
ภาพที่ 2 ลักษณะฐานรากองค์เจดีย์ที่ส่วนหนึ่งเป็นฐานรากแผ่ ส่วนหนึ่งเป็นฐานรากเสาเข็ม



ภาพที่ 3 พื้นที่ดำเนินงานก่อสร้าง

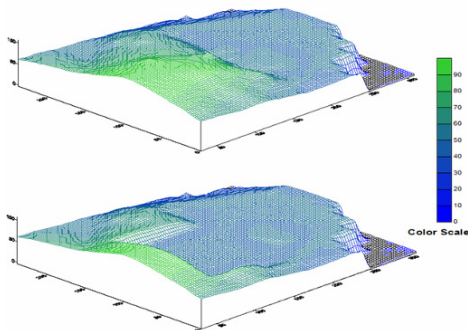


ภาพที่ 4 การแตกและผุพังของหินแกรนิตทำให้เกิดหินลอย

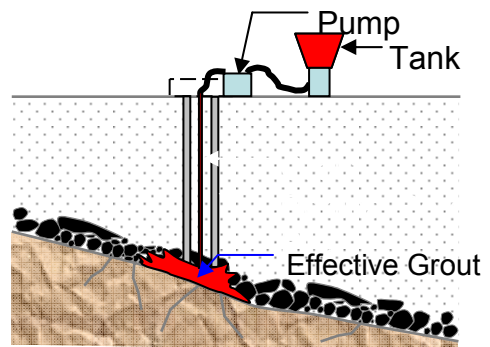


ภาพที่ 5 ผลการเจาะสำรวจแสดงระดับความลึกถึงชั้นหินและลงไปในหินนอก 3 เมตร
เปรียบเทียบกับระดับปลายเสาเข็มเจาะแบบแห้ง

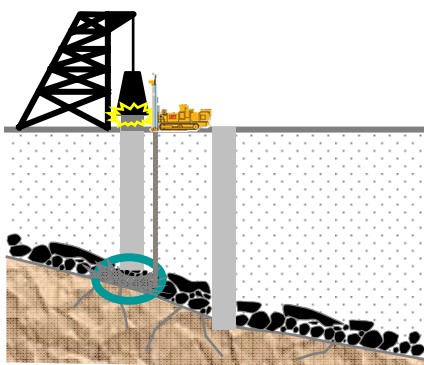
ปริมาณการระเบิดหิน = 263,799 ลบ.ม.



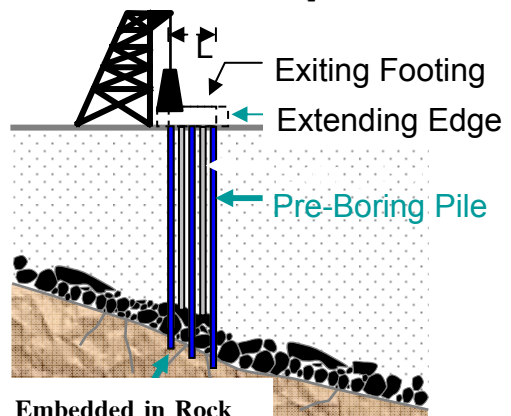
การระเบิดหิน



การอัดฉีดน้ำปูน



การตอกอัดเสาเข็มเดิม

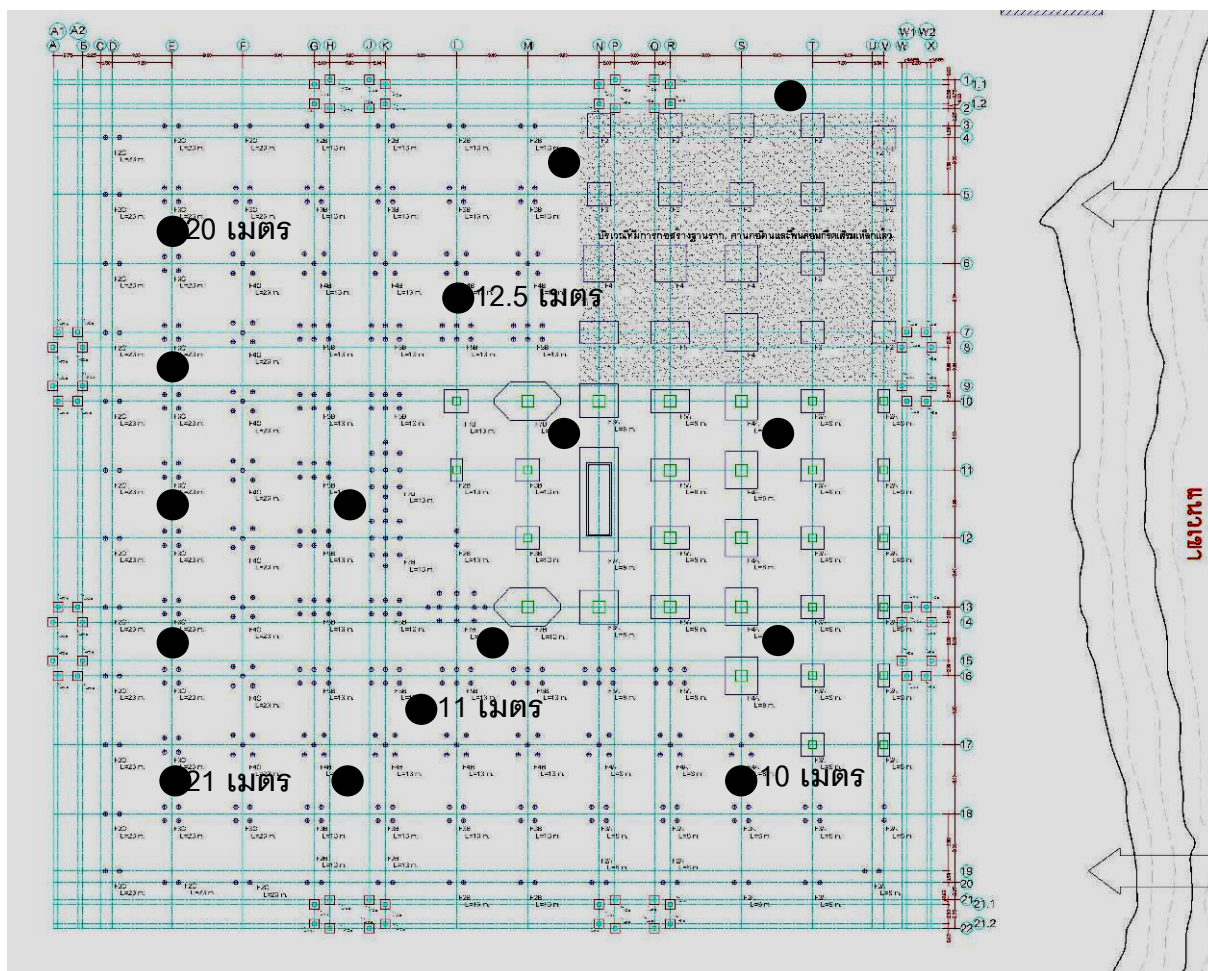


การตอกแถม

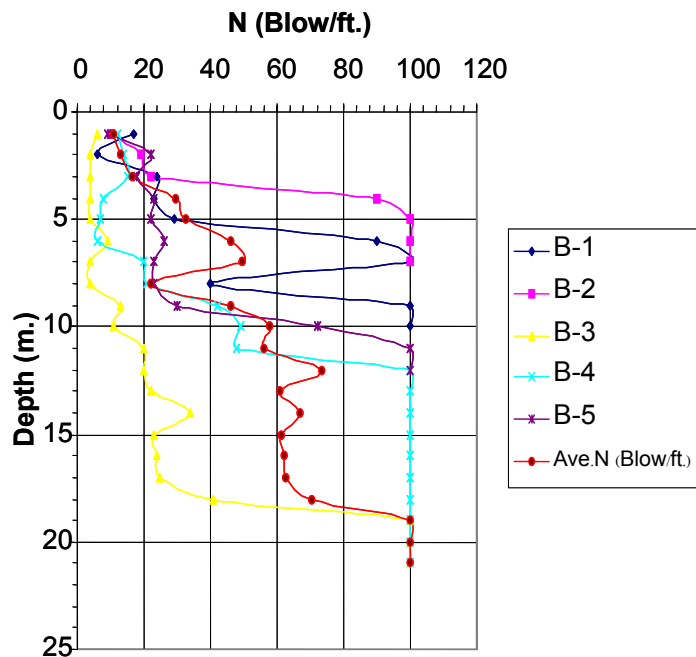
ภาพที่ 6 รูปแบบทางเลือกในการแก้ไขฐานราก



ภาพที่ 7 Steel Shoe เพื่อป้องกันปลายเสาเข็มและตอกกระแทกหินลอย



ภาพที่ 8 ผังแสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจและข้อมูลบางส่วนแสดงความลึกถึงชั้นหิน



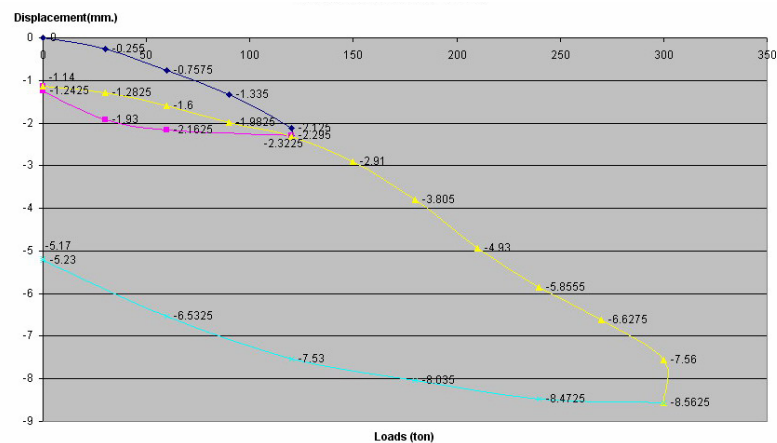
ภาพที่ 9 ข้อมูลการทดสอบ N-SPT

การควบคุมคุณภาพงานเสาเข็มตอก

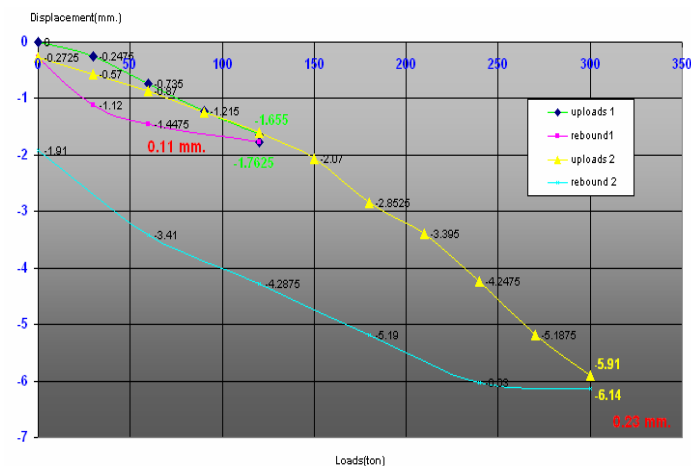
เนื่องจากการออกแบบเสาเข็มต้องการให้เสาเข็มมีพฤติกรรมเป็น End bearing pile ดังนั้นการควบคุมการตอกเสาเข็มจึงควบคุมจากระยะจมจากการตอก 10 ครั้งสุดท้าย (Last Ten Blows) โดยช่วงแรกของการก่อสร้าง Last ten blows ควบคุมระยะที่ 1 ซม. จากนั้นจึงพิสูจน์กำลังรับน้ำหนักโดยวิธี Dynamic Pile Load Test ซึ่งพบว่ากำลังรับน้ำหนักได้เกินเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมาก (กว่า 500 ตัน/ตัน) จึงผ่อนผันให้ใช้ระยะที่ 2 และ 3 ซม. ได้ตามลำดับ เพื่อลดโอกาสเกิดความเสียหายของเสาเข็มจากการตอก โดยทุกครั้งที่เปลี่ยนแปลงระยะควบคุมการตอกได้ทำการสุ่มทดสอบ Dynamic Pile Load Test เพื่อตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักเสมอ การทดสอบ Dynamic Pile Load Test นี้ได้ดำเนินการสุ่มทดสอบทุกฐานราก ฐานรากละ 1 ตัน หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับจำนวนเสาเข็มต่อฐานรากนั้น โดยจะเลือกเสาเข็มที่ได้ค่า Last Ten Blows มากที่สุด นอกจากนั้นยังได้ทำการทดสอบ Seismic Test กับเสาเข็มทุกต้น เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม สำหรับการทดสอบ Static Pile Load Test ได้ทำการทดสอบเสาเข็มจำนวน 8 ต้น โดยเลือกเสาเข็มที่มีความยาวต่าง ๆ กัน และเลือกเสาเข็มในฐานรากที่รับน้ำหนักสูง ผลการทดสอบพบว่าเสาเข็มทั้ง 8 ต้น รับน้ำหนักได้ตามกำหนด ภาพที่ 10 ถึง 12 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบ Static Pile Load Test ของเสาเข็มยาว 11, 18 และ 21 เมตร ตามลำดับ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าเมื่อความยาวเสาเข็มมากขึ้นการทรุดตัวที่ 12 ซม. และการคืนตัวจะมีค่าลดลง นอกจากนั้นเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมการถ่ายแรง ระหว่างเสาเข็มกับดิน วีรพงศ์และคณะ (2551) จึงได้ทำการติดตั้ง Strain Gauge ในเสาเข็มต้นที่ทำการทดสอบ Static Pile Load Test โดยเลือกเสาเข็มยาว 18 เมตร ทำการติดตั้ง Strain Gauge ตั้งแต่ขบวนการการหล่อเสาเข็มผลของการทดสอบพบว่าเมื่อน้ำหนักกระทำต่อเสาเข็มอยู่ในช่วงน้ำหนักใช้งาน (120 ตัน) การถ่ายแรงลงสู่ดินส่วนใหญ่เกิดจากความฝืดของเสาเข็มกับดิน (Skin Friction) ดังแสดงในภาพที่ 13 ทั้งนี้เนื่องจากเสาเข็มมีความยาวและดินรอบเสาเข็มเป็นดินทรายปนดินเหนียว

เนื่องจากเสาเข็มมีปริมาณมากและมีปัญหาแต่ละต้นแตกต่างกัน สุทธิศักดิ์และคณะ (2551) จึงได้รวบรวมข้อมูลการก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างของเสาเข็มตอกลงในระบบฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลที่จัดเก็บได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานด้านตำแหน่ง วันที่ดำเนินการตอกคุณภาพของเสาเข็มก่อนตอก ขนาดลูกตุ้มที่ใช้ตอก และความยาวเสาเข็ม ข้อมูลด้านการควบคุมคุณภาพการตอกเสาเข็มอันประกอบด้วย ค่าการทรุดตัว 10 ครั้งสุดท้าย ค่าคำนวณกำลังรับน้ำหนักสูงสุดจาก Hiley's Formular ค่าการเอียงศูนย์ของเสาเข็ม ค่าการเอียงของเสาเข็ม ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic ผลการทดสอบพฤติกรรมความสามารถในการรับน้ำหนักโดยวิธี Dynamic Pile Load Test และ Static Pile Load Test

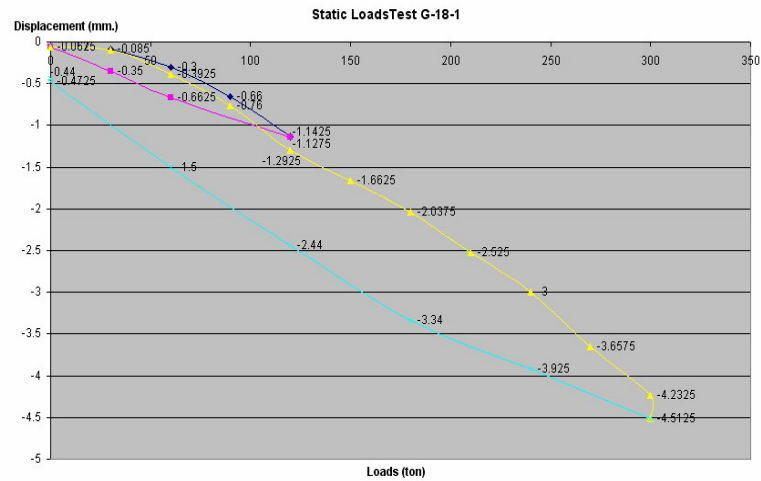
ข้อมูลจากการจัดเก็บแสดงลักษณะหินฐานรากใต้ปลายเสาเข็มได้ถึงแสดงในภาพที่ 14 และเมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีการประเมินจากสูตรของ Hiley's กับผลการทดสอบ Dynamic Pile Load Test พบว่ามีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 15 และ 16) ทำให้สรุปได้ว่าการใช้ผลจากสมการ Hiley's ควรใช้ประเมินเพื่อการควบคุมการก่อสร้างเป็นหลัก ไม่ควรนำมาใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินกำลังรับน้ำหนัก นอกจากนี้ หากทำการประเมินตำแหน่งเสาเข็มที่เกิดการเอียงตัวจากการตอกพบว่าเสาเข็มบริเวณรอยต่อระหว่างดินถมและฐานรากหินตัดมีการเอียงตัวมากและพบปัญหาการเกิดรอยแตกภายในเสาเข็ม เนื่องจากเสาเข็มสั้นและตอกลงในบริเวณที่หินฐานรากมีการเอียงตัวดังแสดงในภาพที่ 17



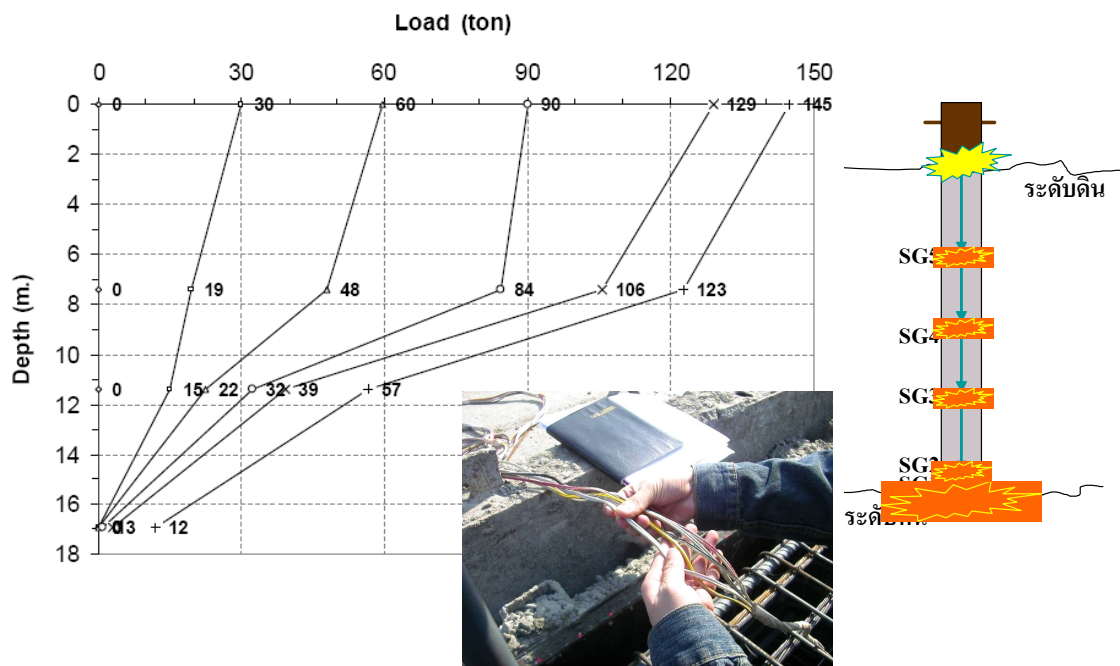
ภาพที่ 10 ผลการทดสอบ Static Pile Load Test เสาเข็มยาว 11 เมตร



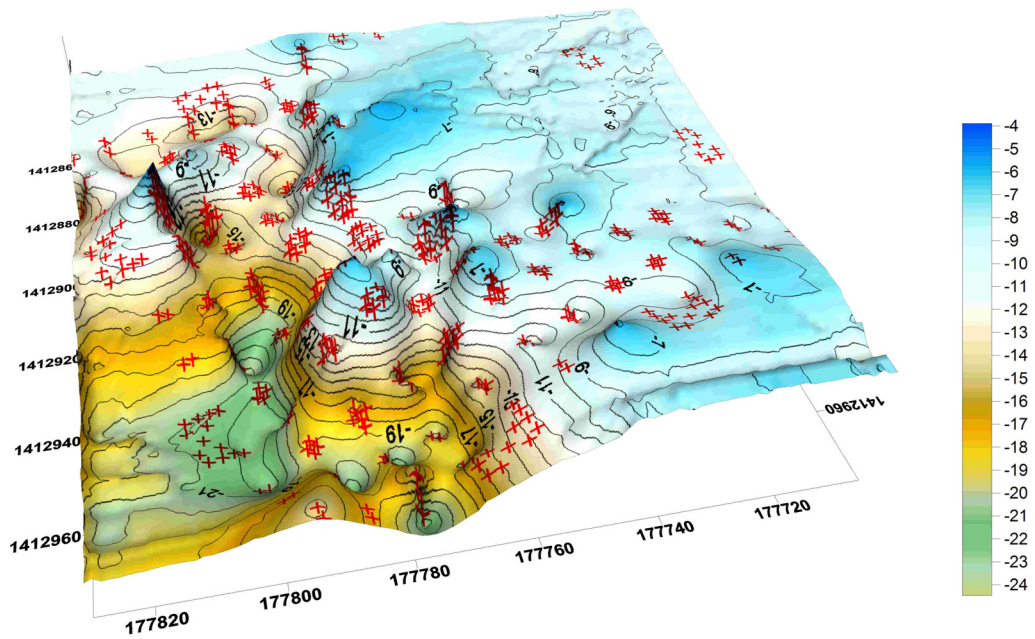
ภาพที่ 11 ผลการทดสอบ Static Pile Load Test เสาเข็มยาว 18 เมตร



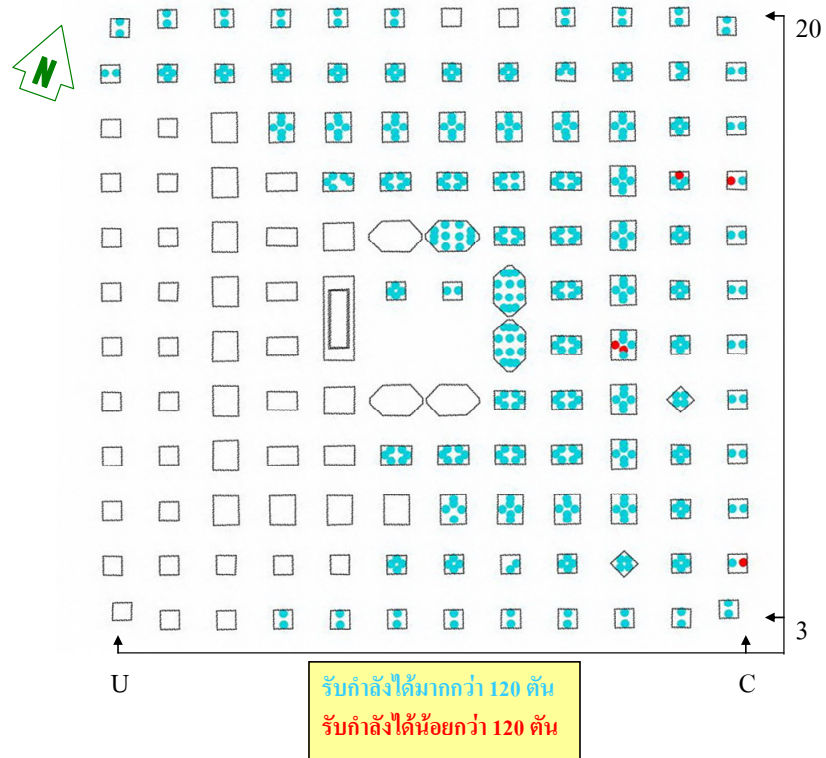
ภาพที่ 12 ผลการทดสอบ Static Pile Load Test เสาเข็มยาว 21 เมตร



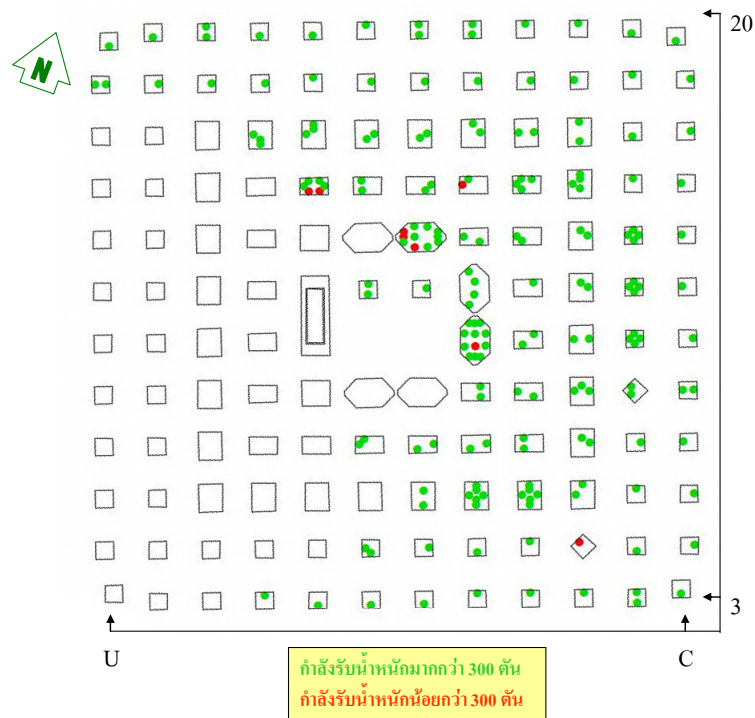
ภาพที่ 13 การติด Strain Gauge ในเสาเข็มตอกและผลการถ่ายแรงจากการทดสอบ Static Load Test (วีรพงศ์และคณะ, 2551)



ภาพที่ 13 ลักษณะของหินฐานรากแสดงจากข้อมูลปลายเข็มตอก (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2551)



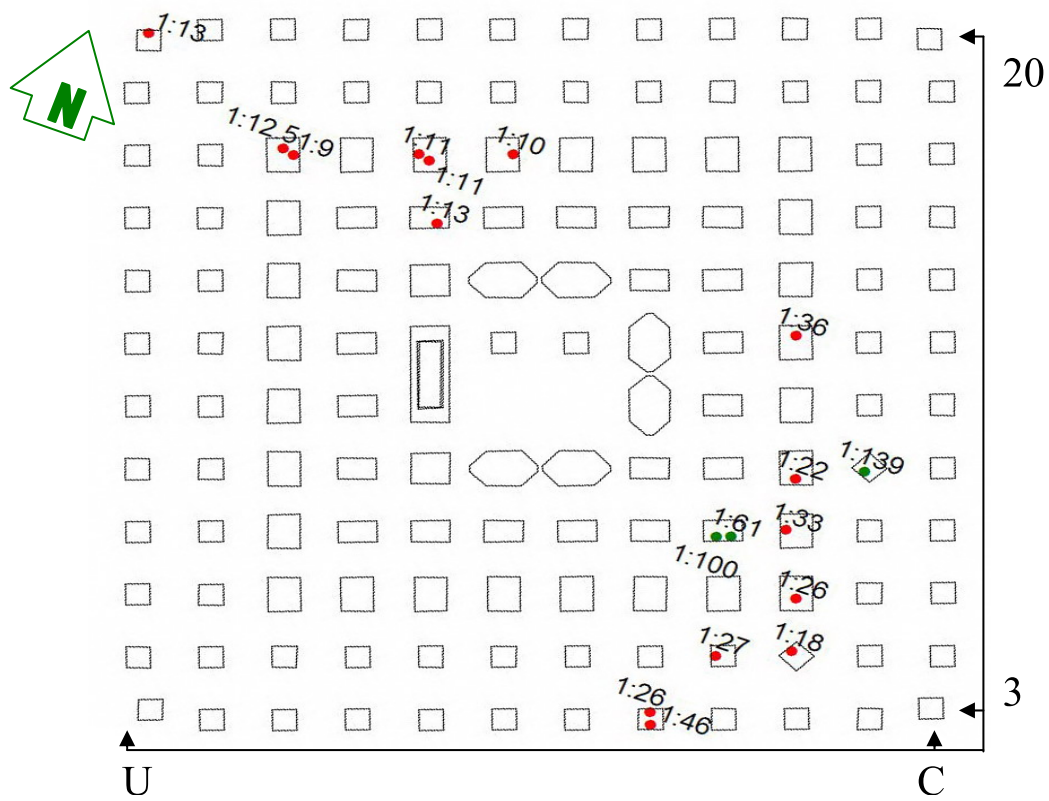
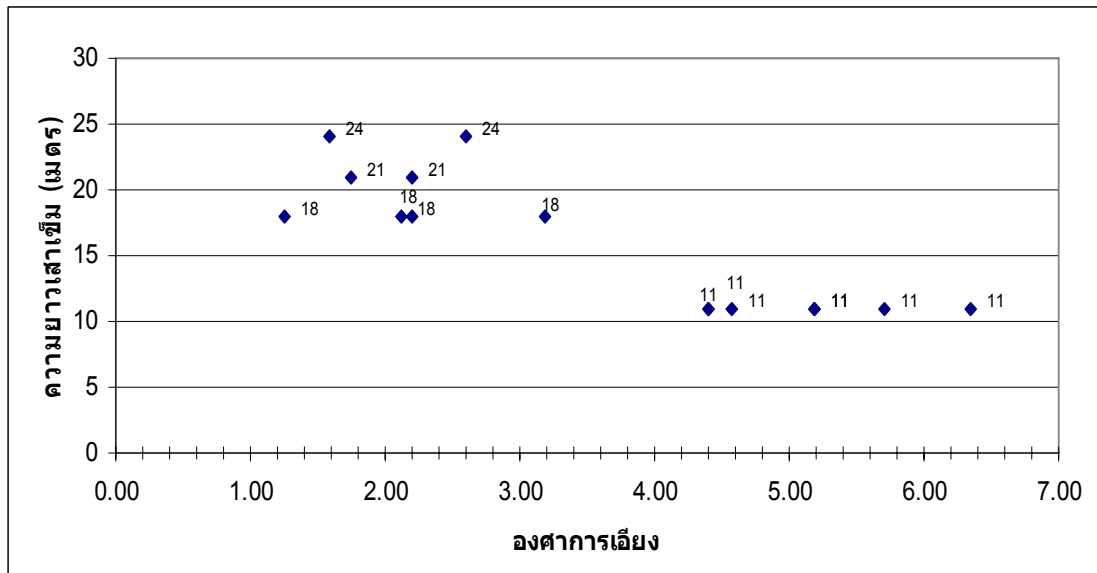
ภาพที่ 15 ตำแหน่งเสาเข็มที่ไม่ผ่านเกณฑ์การรับน้ำหนักจากสมการ Hiley's (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2551)



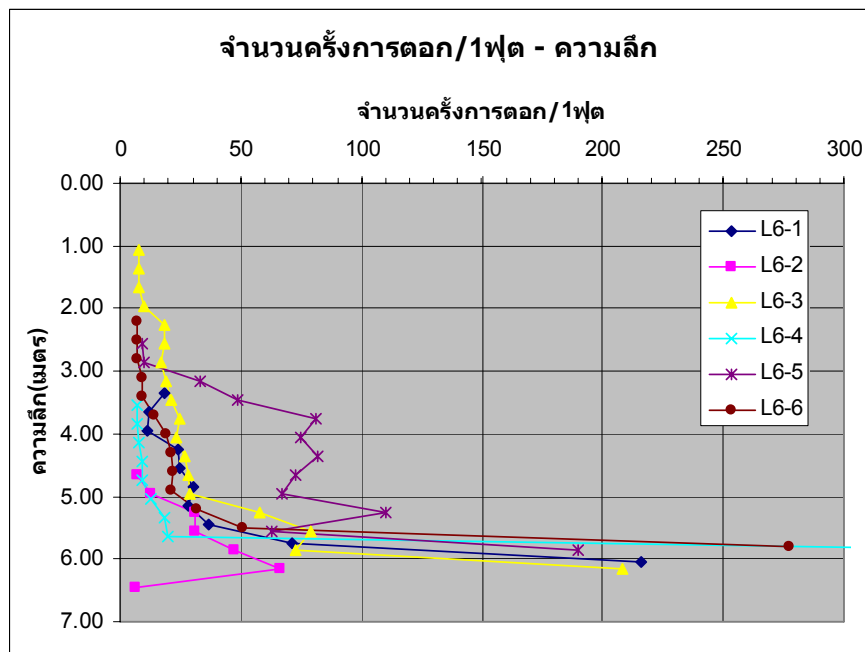
ภาพที่ 16 ตำแหน่งเสาเข็มที่ไม่ผ่านเกณฑ์รับน้ำหนักจากการทดสอบ Dynamic Pile Load Test
(สุทธิศักดิ์และคณะ, 2551)

พฤติกรรมและปัญหาการตอกเสาเข็ม

เนื่องจากการตอกเสาเข็มเป็นการตอกลงสู่ฐานหินแกรนิต ดังนั้นจึงประสบปัญหาที่เกิดจากสภาพหินล่อยหรือความไม่สม่ำเสมอของหน้าหินแกรนิต ทั้งนี้พฤติกรรมของการตอกเสาเข็มแสดงได้ดังพฤติกรรมของจำนวนครั้งการตอกต่อ 1 ฟุต ดังแสดงในภาพที่ 18 โดยจะเห็นว่าพฤติกรรมมี 3 รูปแบบได้แก่ เสาเข็มที่ตอกแล้วปลายวางอยู่บนชั้นหิน (L6-1, L6-3, L6-4, L6-6), เสาเข็มที่ตอกผ่านหินล่อยขนาดเล็กหรือกรวดลงสู่ชั้นหินพืด (L6-5) และเสาเข็มที่ไถลหรือหัก (L6-2) ทั้งนี้ปัญหาและอุปสรรคที่พบมากในการก่อสร้างได้แก่



ภาพที่ 17 ตำแหน่งเสาเข็มที่เกิดการเอียงและความสัมพันธ์เทียบกับความยาวเสาเข็ม (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2551)



ภาพที่ 18 จำนวนการตอกเสาเข็มต่อ 1 ฟุต ตามความลึก

1) เสาเข็มเอียงและหนีศูนย์ เกิดจากปลายเสาเข็มเกิดการลื่นไถลกับหินลอยหรือตอกลงสู่หินฟืดที่ขรุขระ (ภาพที่ 19) ทำให้การตอกเสาเข็มเอียง พฤติกรรมนี้ทำให้เกิดการเยื้องศูนย์ของเสาเข็ม และเสี่ยงต่อการแตกร้าวของเสาเข็ม (ภาพที่ 20) เมื่อเสาเข็มเอียงมากจนปั่นจั่นไม่สามารถโน้มตัวตอกได้ อาจทำให้ต้องตอกแซมเพิ่มเติม ในโครงการนี้ฐานรากทุกฐานต้องทำการวิเคราะห์ออกแบบแก้ไขรวมถึงตอกแซมเนื่องจากการเยื้องศูนย์และเอียงดังกล่าว



ภาพที่ 19 ลักษณะความไม่เรียบของหน้าหินที่มีการเอียงตัวตามชุดรอยแตกของหิน
จากรูปจะเห็นเสาเข็มตอกใหม่และเสาเข็มเจาะระบบแห้งเดิม



ภาพที่ 20 การเอียงและหนีศูนย์ของเสาเข็ม

2) การตอกเสาเข็มในกลุ่มเดียวกันแต่ได้ความลึกต่างกันอย่างมาก แม้จะมีระยะห่างกันไม่มาก เสาเข็มต้นที่ตอกไม่ลงเนื่องจากปลายเสาเข็มวางอยู่บนชั้นหินหรือหินลอยขนาดใหญ่ ไม่สามารถตอกทะลุลงไปได้ ส่วนเสาเข็มที่ตอกแล้วมีการจมลงมากเกินไปเนื่องจากปลายเสาเข็มวางอยู่บนช่องว่างระหว่างหินหรือชอกหิน (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ปลายเสาเข็มต่างระดับกันแม้จะอยู่ห่างกันไม่มาก

3) เสาค้ำจมลงไปในดินมากหรือความยาวเสาค้ำไม่เพียงพอ จากสภาพชั้นหินด้านล่างนั้นแปรปรวนมากตามธรรมชาติของหินแกรนิต อย่างไรก็ตาม เนื่องมีการเจาะสำรวจถึง 16 หลุมซึ่งถือว่ามากสำหรับพื้นที่ขนาดนี้ ทำให้พบปัญหานี้อยู่ในปริมาณที่ไม่มาก การแก้ไขดำเนินการโดยใช้เหล็กส่งตอกส่งลงไปอีกแต่กำหนดให้ส่งได้ไม่เกิน 2 เมตร และตั้งแบบหล่อปลายเสาค้ำขึ้นมา (ภาพที่ 22)



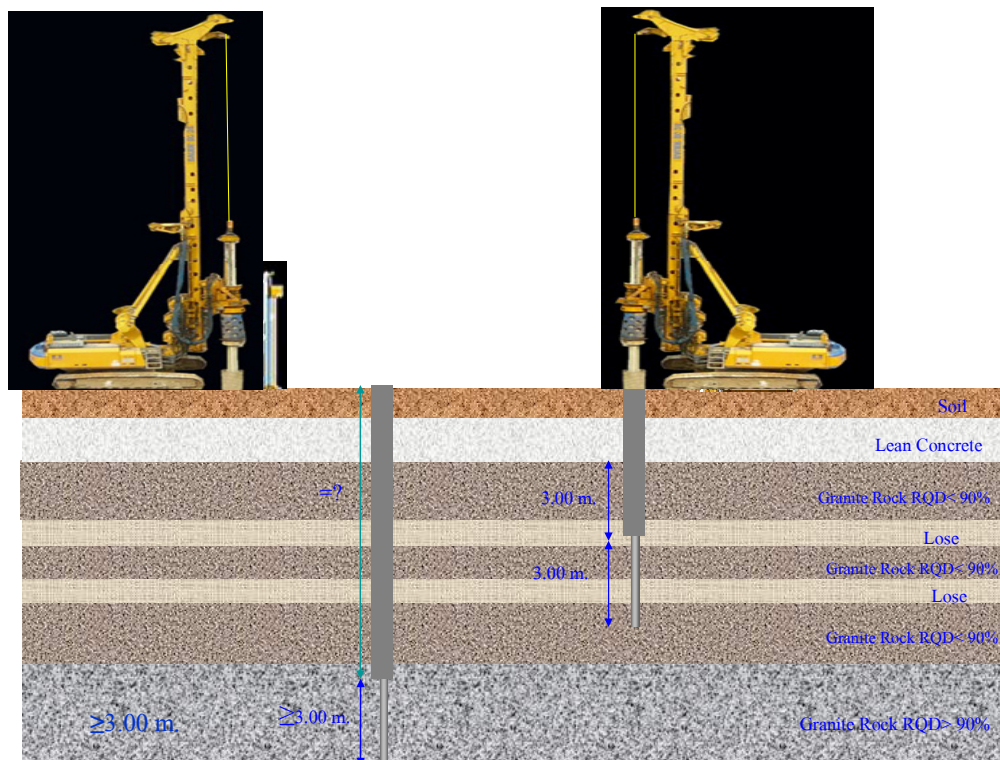
ภาพที่ 22 การทำแบบหล่อเพื่อตอเสาค้ำที่จม

เสาค้ำเจาะในชั้นหิน

เมื่อทำการก่อสร้างถึงบริเวณฐานรากที่เป็นรอยต่อระหว่างดินถมและฐานรากหินตัด การก่อสร้างพบความยากลำบากเนื่องจากไม่สามารถใช้เสาค้ำตอกได้ดังปัญหาการเอียงของเสาค้ำที่ได้กล่าวมา และหากใช้ฐานรากแผ่ จำเป็นต้องขุดลึกลงไปมาก ซึ่งอาจเกิดปัญหาการเคลื่อนตัวของฐานรากเสาค้ำใกล้เคียงได้ ประกอบกับการก่อสร้างเดิมได้ทิ้งฐานรากแผ่ที่ขาดความปลอดภัยเนื่องจากมีการเสริมคอนกรีตฐานรากที่ไม่ได้เสริมเหล็กไว้ (ภาพที่ 23) ทำให้หากต้องรื้อทั้งฐานรากเดิมและคอนกรีตฐานรากออกเพื่อก่อสร้างฐานรากแผ่วางไว้บนชั้นหินที่มั่นคงจะเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงได้ทำการก่อสร้างฐานรากเสาค้ำเจาะในหินระบบเปียก โดยทำการรื้อฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กออกและเจาะทะลุคอนกรีตฐานรากสู่ชั้นดินและชั้นหิน โดยให้ปลายเสาค้ำวางอยู่บนหินดีที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 3 เมตร เนื่องจากบริเวณรอยต่อของไหล่เขาดังกล่าวมีความแปรปรวนของชั้นดิน/หินมาก ประกอบกับราคาเสาค้ำเจาะในหินมีราคาค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องเจาะสำรวจนำทุกต้นเพื่อคำนวณกำลังรับน้ำหนักและระบุปลายเสาค้ำที่เหมาะสม (ภาพที่ 24) แสดงความเสี่ยงต่อการวางปลายเสาค้ำลงบนชั้นหินผุหรือบาง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดแรงฝืดระหว่างเสาค้ำกับฐานคอนกรีตฐานรากเดิม จึงได้มีการติดตั้งแผ่นสังกะสีเคลือบยางมะตอยในช่วงที่เสาค้ำผ่านบริเวณดังกล่าว (ภาพที่ 25) เพื่อป้องกันการดึงและบิดของฐานคอนกรีตซึ่งอาจส่งผลต่อเสาค้ำโดยตรง (ภาพที่ 26) แสดงการเจาะเสาค้ำในหิน



ภาพที่ 23 ฐานคอนกรีตปรับระดับที่ไม่เสริมเหล็กและมีความหนาต่างกัน



ภาพที่ 24 ลักษณะหินฐานรากที่ปรากฏชั้นหินผุสลับชั้นหินดี



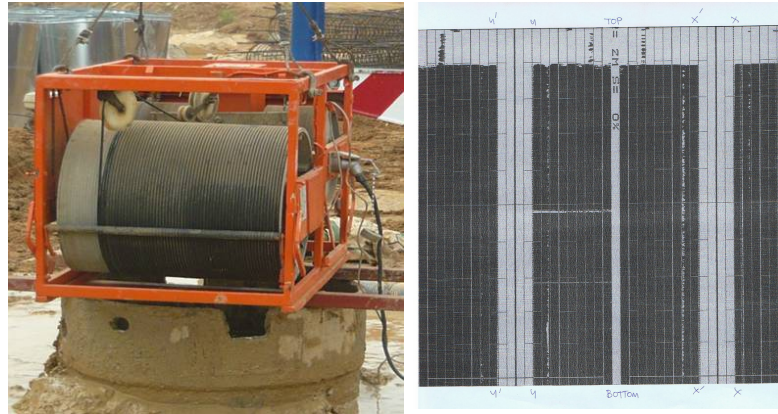
ภาพที่ 25 แผ่นสังกะสีเพื่อลดแรงฝึกระหว่างเสาเข็มเจาะกับฐานรองคอนกรีตเดิม



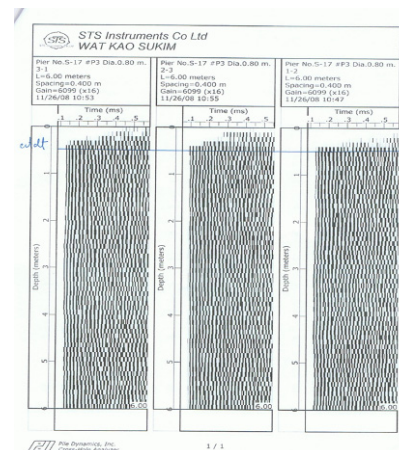
ภาพที่ 26 การก่อสร้างเสาเข็มเจาะในหิน

การควบคุมคุณภาพเสาเข็มเจาะในหิน

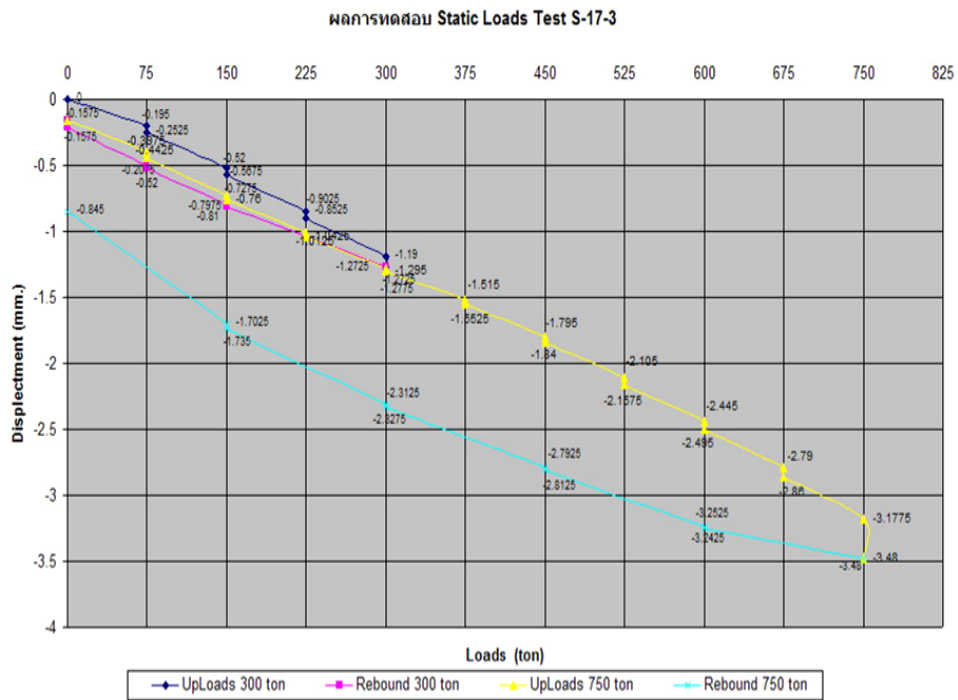
การควบคุมคุณภาพเสาเข็มประกอบด้วย การทดสอบ Drilling Monitor เพื่อตรวจสอบขนาดของหลุมเจาะ (ภาพที่ 27) Sonic Logging Test เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อคอนกรีต หลังจากเท (ภาพที่ 28) Dynamic Load Test, Seismic Test และ Static Pile Load Test ดังแสดงผลในภาพที่ 29 ซึ่งจากผล Static Pile Load Test จะเห็นว่าเสาเข็มมีความเป็นอิลาสติกสูง มีค่าการทรุดตัวถาวรน้อย



ภาพที่ 27 การทดสอบความสมบูรณ์ของหลุมเจาะเสาเข็ม (Drilling Monitor)



ภาพที่ 28 การทดสอบ Sonic Logging เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มหลังการเทและ
แข็งตัว



ภาพที่ 29 ผลการทดสอบ Static Pile Load Test ของเสาเข็มเจาะในหิน

ฐานรากแผ่

งานก่อสร้างฐานรากส่วนสุดท้ายได้แก่การก่อสร้างฐานรากแผ่ซึ่งแต่เดิมได้มีการก่อสร้างไว้ แต่เมื่อทำการตรวจสอบความมั่นคงพบว่า อาจมีความเสี่ยงสูงที่จะนำฐานรากเดิมมาใช้ ดังแสดงปัญหาต่างๆ ที่พบในภาพที่ 30 ถึง 32 ดังนั้นจึงได้ตัดสินใจรื้อฐานรากเดิมออกและตัดปรับหินฐานรากที่มีความขรุขระมาก โดยการตัดให้เรียบ ดังภาพที่ 33 โดยมีข้อกำหนดการปรับหน้าหินดังภาพที่ 34 การตัดหินเพื่อทำฐานรากเป็นไปด้วยความยากลำบาก เนื่องจากหินมีความแข็งแต่เปราะ ทำให้ควบคุมขนาดและความเรียบยาก โดยในการปรับความเรียบต้องอาศัย ผู้รับเหมาที่ชำนาญในการสกัดหินสร้างพระมาดำเนินการ ทั้งนี้การก่อสร้างฐานรากแผ่ ได้ดำเนินการโดยความระมัดระวังอย่างยิ่ง เนื่องจากปรากฏแนวรอยแตกของหินหลายรูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 35 และ ภาพที่ 36 แสดง Stereonet ที่ระบุถึงรูปแบบของรอยแตกที่ตัดกันให้ลักษณะการพิบัติแบบลิ่มระนาบ $327/51^\circ$



ภาพที่ 30 ฐานรากเก่าพบการเซาะร่องเพื่อวางคานทำให้ Effective Depth ของฐานรากเปลี่ยนไป



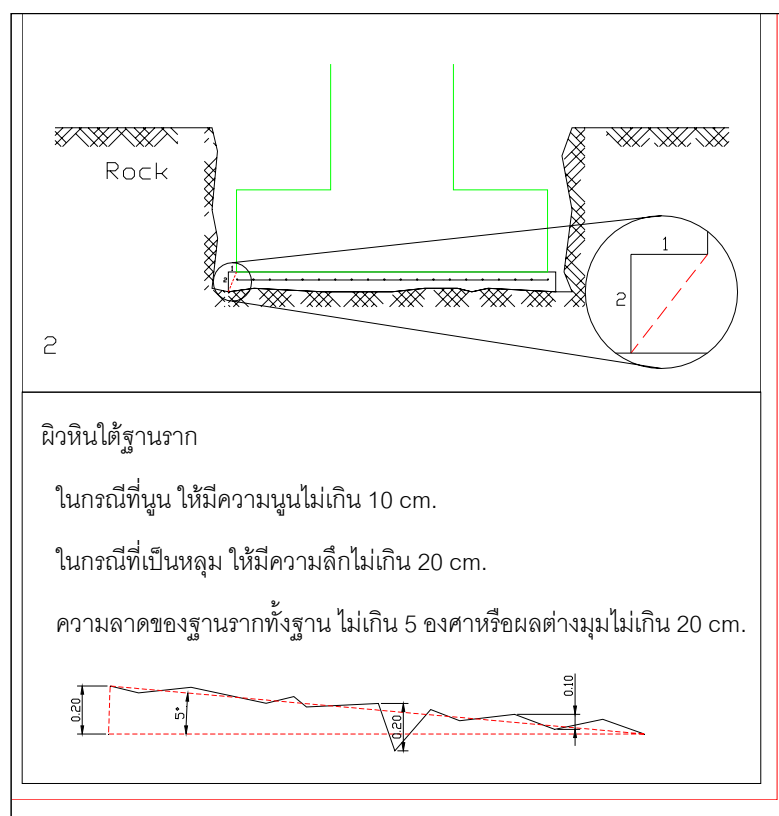
ภาพที่ 31 คอนกรีตรองฐานรากมีความหนามากไป, ไม่สม่ำเสมอ รวมถึงไม่มีการเสริมเหล็ก



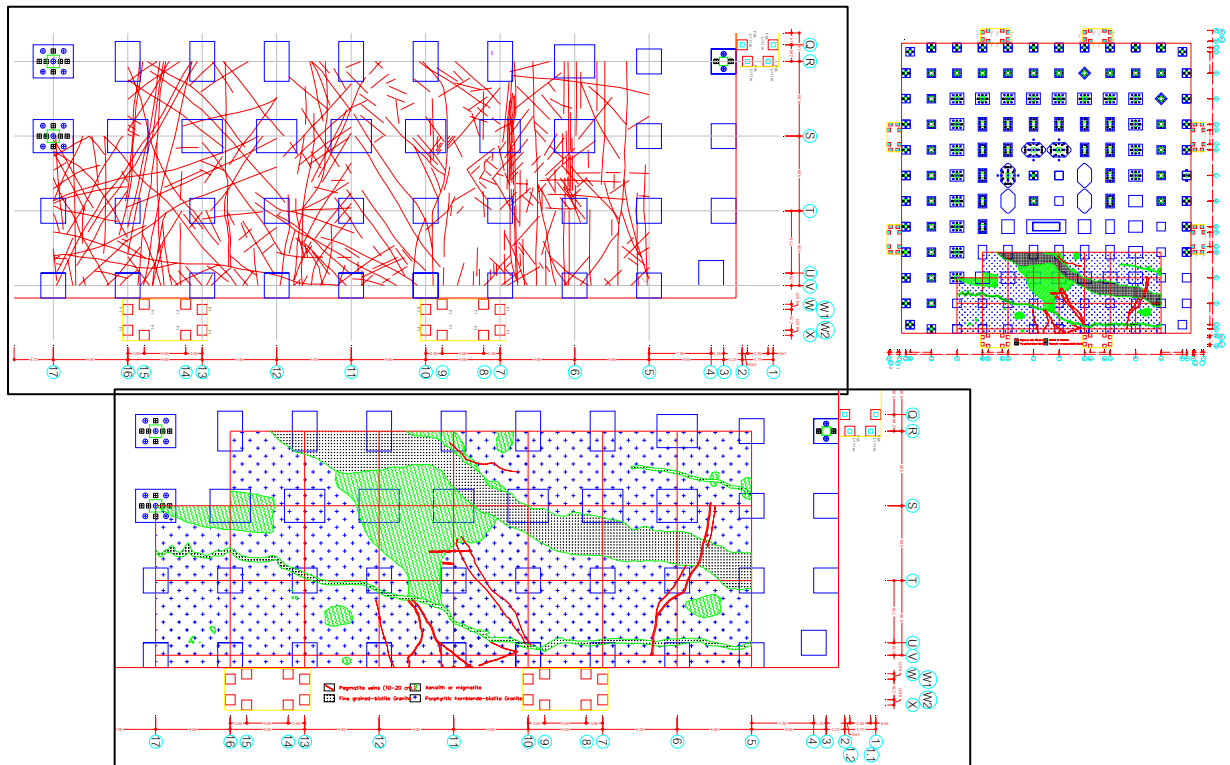
ภาพที่ 32 ฐานรากบางฐานวางอยู่บนหินฟิตส่วนหนึ่งและวางบนดินถมส่วนหนึ่ง อาจทำให้เกิดการบิดตัวของฐานรากจากการทรุดตัวไม่เท่ากัน



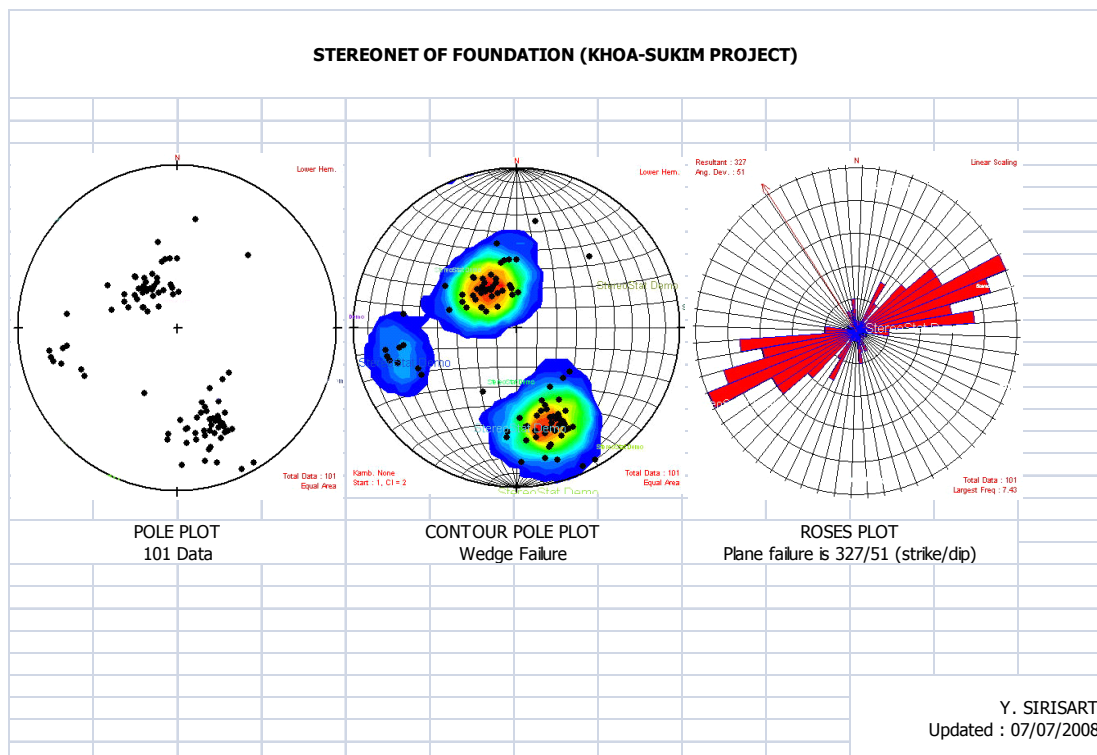
ภาพที่ 33 การตัดหินเพื่อทำฐานรากแผ่



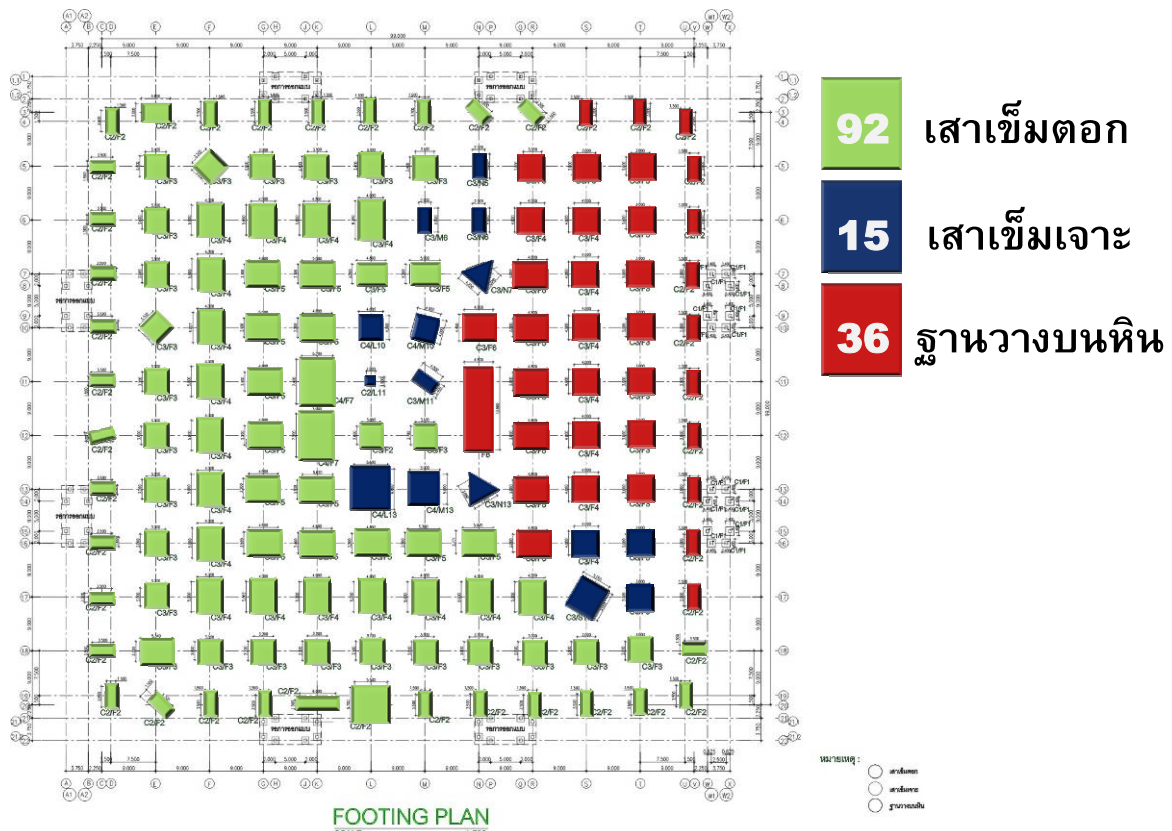
ภาพที่ 34 ข้อกำหนดความเรียบของหินฐานราก และการเสริมเหล็กในคอนกรีตฐานราก เพื่อรับแรง Tension จากความไม่เรียบของหน้าหิน



ภาพที่ 35 แผนที่รอยแตกและประเภทของหินบริเวณส่วนก่อสร้างฐานรากแผ่



ภาพที่ 36 Stereonet บริเวณหินฐานราก



ภาพที่ 37 สรุปประเภทของฐานรากที่ใช้ในโครงการฯ

สรุป



การก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่บนไหล่เขาจำเป็นต้องใช้ความใส่ใจมากเป็นพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากหินฐานรากเป็นแกรนิต จากการดำเนินงานที่เสนอมาทำให้สรุปได้ว่าถึงแม้ฐานรากเสาเข็มตอก

จะมีความประหยัดแต่ได้ประสบปัญหาระหว่างการก่อสร้างมาก ทำให้ต้องติดตามแก้ไขฐานรากเกือบทุกฐาน อย่างไรก็ตามเมื่อแก้ปัญหาเป็นที่เรียบร้อยแล้วพบว่าคุณภาพการรับน้ำหนักและการทรุดตัวอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สำหรับเสาเข็มเจาะในหินพบว่ามีประสิทธิภาพดีทั้งด้านคุณสมบัติทางวิศวกรรมและการก่อสร้างแต่เนื่องจากมีราคาแพงกว่าเสาเข็มตอกมากจึงกำหนดให้ก่อสร้างเฉพาะในพื้นที่ที่จำเป็น อันได้แก่พื้นที่ที่มีความลาดเทของหินฐานรากมาก สุดท้ายการก่อสร้างฐานรากแผ่นบนหินแกรนิตที่มีแนวรอยแตกที่มีการเอียงตัวและตัดกันเป็นลิ่มพบว่าประสบปัญหาในการตัดและทำให้ฐานรากเรียบ ภาพที่ 37 แสดงสรุปประเภทฐานรากทั้งหมดที่ได้ดำเนินการในโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

- วีรพงศ์ ขวัญเซ่ง, ก่อโชค จันทรวงกูร และ สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, 2551 “การควบคุมงานตอกเสาเข็มตามหลักสมดุลพลังงาน” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13
- สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, ศิริชัย แก้วกิตติคุณ และ เสวก จินโต, 2551 “การประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจ็ดยูบรพาสถิตวิริยาประชาสามัคคี วัดเขาสุกิม จ. จันทบุรี” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13.