# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาสำหรับดินอ่อนนั้นยังเป็นปัญหาหลักทางด้านวิศวกรรมปฐพี เพราะการก่อสร้างบนดินอ่อนมักจะประสบปัญหาทางด้านการเลื่อนไหลของดินฐานราก และการทรุดตัวทั้งในขณะก่อสร้างและหลังจากการก่อสร้างเสร็จสิ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทางด้านเครื่องจักรกล และวิทยาการที่ทันสมัยทำให้งานวิศวกรรมเทคนิคธรณีมีความก้าวหน้าโดยเฉพาะงานปรับปรุงคุณภาพดินอ่อนที่นำปูนซีเมนต์มาผสมกับดิน ซึ่งเรียกว่า ดินซีเมนต์ ( Soil-Cement ) นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมต่างๆ อาทิ เช่น งานฐานรากถนน ฐานรากอาคาร งานป้องกันลาดตลิ่งพัง งานกำแพงกันดินสำหรับงานขุดหรือก่อสร้างใต้ดิน ได้มีวิวัฒนาการ การทำรูปแบบของดินซีเมนต์ลักษณะต่างๆตามการใช้งาน ซึ่งการนำดินซีเมนต์มาใช้ในงานกำแพงกันดินสำหรับงานขุดนั้น ปัญหาทางด้านเสถียรภาพและปริมาณการเคลื่อนตัวทางด้านข้างเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ถ้าการออกแบบกำแพงกันดินไม่ดีพอ จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงการและส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารใกล้เคียงอีกด้วย เช่น การทรุดตัวของโครงสร้างอาคาร และปัญหาการเลื่อนไถลของฐานรากอันเนื่องมาจากการพังทลายของกำแพงกันดิน เป็นต้น ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการควบคุมปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอย่างใกล้ชิด โดยมีการติดตั้งเครื่องมือเพื่อตรวจวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

ซึ่งในงานวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มดินซีเมนต์ ของงานก่อสร้างบ่อเก็บน้ำของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย อำเภอ วังน้อย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา เดิมนั้นโรงไฟฟ้าวังน้อย มีบ่อเก็บน้ำสำรองเพื่อใช้ในการระบายความร้อนเมื่อมีการผลิตกระแสไฟฟ้าจำนวน 1 บ่อ ความจุประมาณ 300,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งบ่อเก็บน้ำนี้สามารถเก็บน้ำไว้ใช้ได้ประมาณ 5-7 วัน แต่เนื่องจากในระยะเวลา 2-3 ปีที่ผ่านมานี้เกิดภาวะแล้งจัด น้ำที่ทำการสำรองไว้ไม่เพียงพอ ทำให้ต้องหยุดเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว ทางโรงไฟฟ้าวังน้อยจึงได้ดำเนินการเพื่อก่อสร้างบ่อเก็บน้ำที่2ขึ้น เพื่อสำรองการใช้น้ำอีกประมาณ 7 วัน และได้มีการก่อสร้างถนนรอบๆบ่อเก็บน้ำด้วย แต่เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการก่อสร้างมีขนาดจำกัด ทำให้ไม่สามารถออกแบบบ่อเก็บน้ำซึ่งมี Slope ด้านข้างได้ โครงการจัดส่งน้ำให้โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม จึงได้ทำการการศึกษาวิธีที่จะออกแบบบ่อเก็บน้ำขนาดความจุประมาณ 300,000 ลูกบาศเมตร ที่ประหยัดเนื้อที่ที่สุด คือ สามารถขุดบ่อเก็บน้ำในแนวดิ่งได้ ในที่สุดจึงได้ออกแบบโดยใช้

วิธีการ Jet Grouting เพื่อทำเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ เป็นการป้องกันเสถียรภาพ ดังแสดงในรูปที่ 1.1-1.2

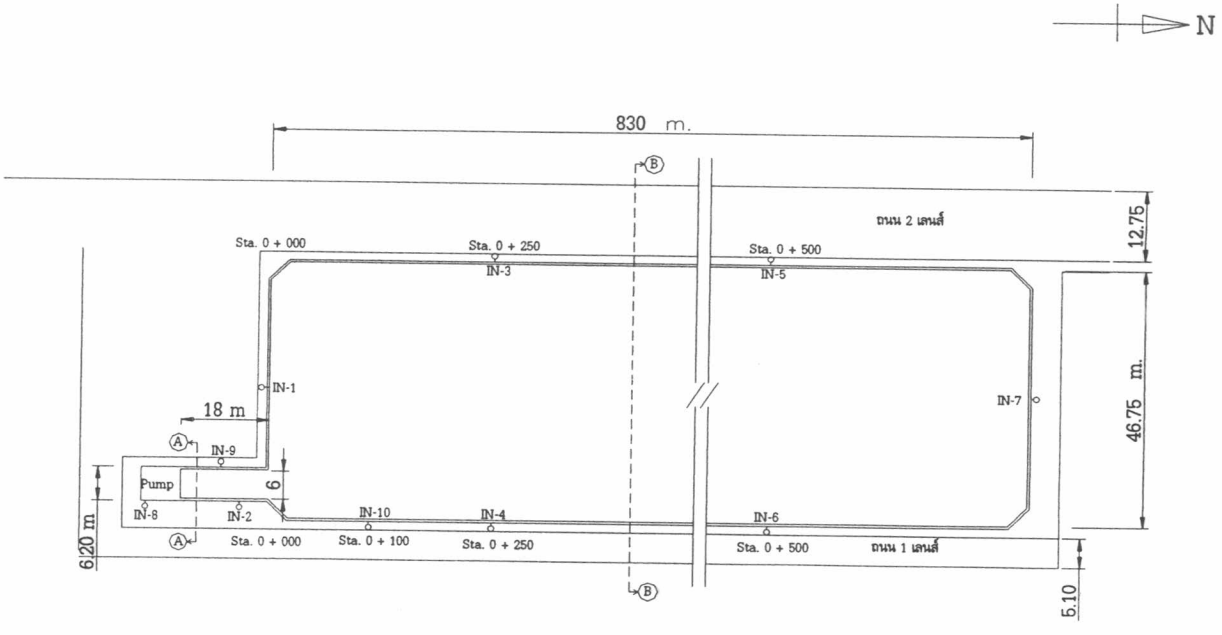
งานวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์ และทำการเปรียบเทียบปริมาณการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์ที่ได้จากการวัดจริงในโครงการ กับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Finite Element โดยใช้โปรแกรม PLAXIS (Brinkgreve R.B.J. and Vermeer P.A. , 1998 ) ซึ่งได้จำลองพฤติกรรมของมวลดินโดยใช้แบบจำลองชนิด Mohr-Coulomb และศึกษาการเคลื่อนตัวของมวลดินในช่วง Elastic และ Elasto-Plastic โดยมีการกำหนดรูปแบบของปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์ในรูปแบบ 2 มิติ (Plane Strain)

รูปที่ 1.1 สถานที่ของโครงการที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัย

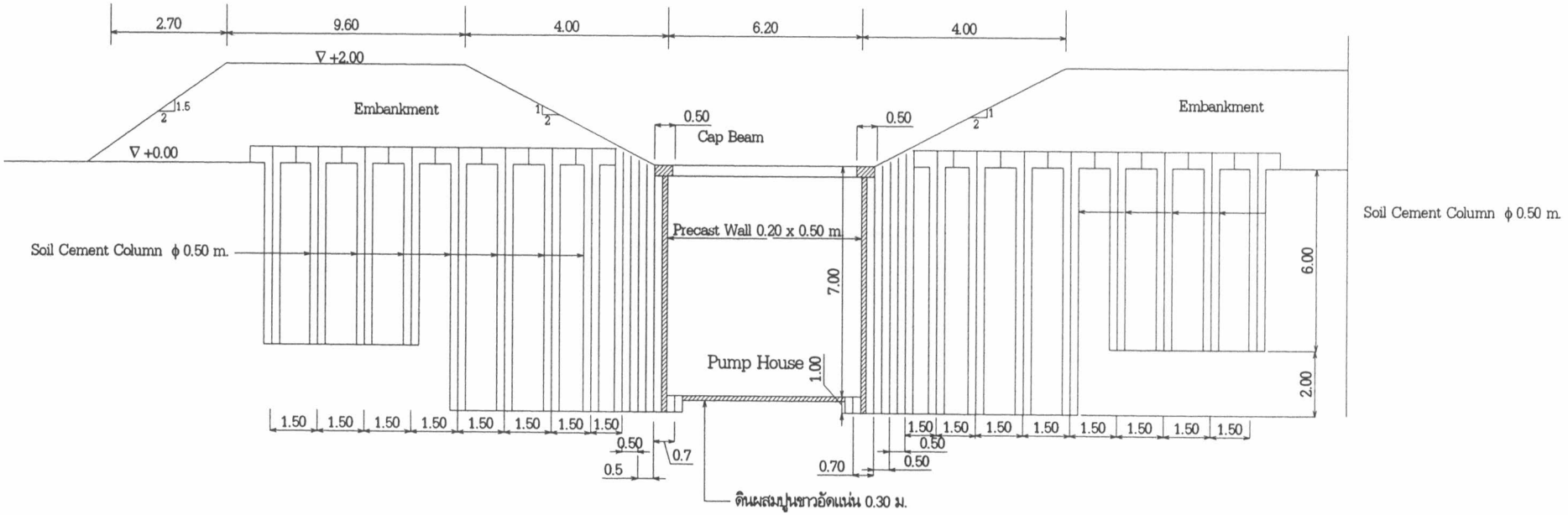
รูปที่ 1.2 สถานที่ของโครงการที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัย

## 1.2 ลักษณะของโครงการที่ทำการศึกษา

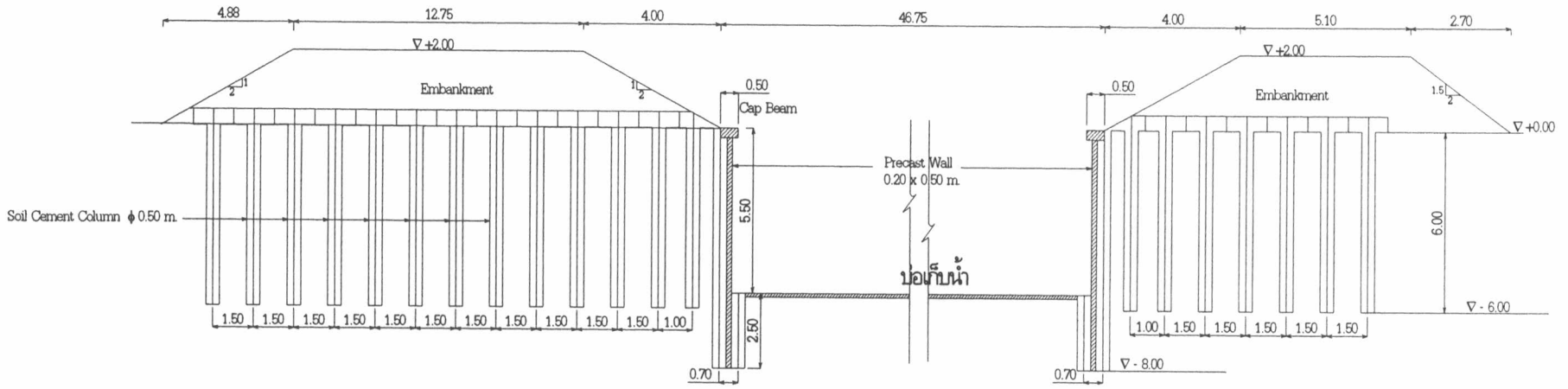
โครงการที่ทำการศึกษาในการวิจัยนั้นตั้งอยู่ภายใน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมวังน้อย อำเภอ วังน้อย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นบริเวณที่จะทำการก่อสร้างบ่อเก็บน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการระบายความร้อนมีการผลิตกระแสไฟฟ้า ความจุประมาณ 300,000 ลูกบาศก์เมตร โดยบ่อเก็บน้ำนั้นเป็นบ่อเก็บน้ำในแนวดิ่ง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 อยู่ติดกับโรงสูบน้ำ ซึ่งเป็นส่วนของทางเข้าบ่อเก็บน้ำ มีความกว้าง 6.20 เมตร ยาว 18.0 เมตร และลึก 7.0 เมตร ส่วนที่ 2 จะอยู่ต่อจากส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนของบ่อเก็บน้ำ มีความกว้าง 46.75 เมตร ยาว 830 เมตร และลึก 5.50 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1.3 โดยรอบๆบ่อน้ำได้ออกแบบเป็นถนน (Embankment) เพื่อใช้สำหรับการบำรุงรักษาในอนาคต ระบบกำแพงออกแบบโดยใช้วิธี Jet Grouting ทำเป็นกำแพงดิน-ซีเมนต์ เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์เท่ากับ 0.50 เมตร และมีการออกแบบ Precast Wall ขนาดหน้าตัด 0.20*0.50 เมตร ยาว 8.0 เมตร เพื่อทำการตกแต่งผิวของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 1.4 และ 1.5 โดยที่ตัว Precast Wall ไม่ได้ทำหน้าที่ในการรับแรงทางด้านข้าง โดยเริ่มทำการก่อสร้างเมื่อเดือน พฤศจิกายน 2543 และจะแล้วเสร็จประมาณเดือน เมษายน 2545




รูปที่ 1.3 แสดงแปลนของโครงการและตำแหน่งของ Inclinometer




รูปที่ 1.4 แสดงหน้าตัดของทางเข้าบ่อเก็บน้ำ (รูปตัด A-A)




รูปที่ 1.5 แสดงหน้าตัดของบ่อเก็บนำ (รูปตัด B-B)

1.2.1 ข้อกำหนดในการออกแบบเสาเข็มดิน-ซีเมนต์

ในการออกแบบเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ได้แบ่งประเภทของข้อกำหนดดังนี้

1.2.1.1 ขนาดของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Column = 0.50 เมตร

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Cap = 1.50 เมตร

ความลึก = ตามแบบก่อสร้าง (แสดงในรูปที่ 1.4 - 1.5)

1.2.1.2 Unconfined Compressive Strength

ในการก่อสร้างมีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบ Unconfined Compressive Test เพื่อตรวจสอบค่า Strength ให้ได้ตามข้อกำหนดดังนี้

ที่อายุ 14 วัน UC Strength ($q_u$) $\geq$ 600 kPa

หรือที่อายุ 28 วัน UC Strength ($q_u$) $\geq$ 800 kPa

1.2.1.3 Pull Out Test

การทดสอบการดึงเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ (Pull Out Test) เพื่อดูลักษณะของเสาเข็มว่าอยู่ในสภาพเรียบร้อย มีขนาดและเนื้อวัสดุสม่ำเสมอตามข้อกำหนดหรือไม่ การทดสอบนี้จะทำการติดตั้งโครงเหล็กเสริมลงไปตลอดความยาวเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ ในขณะที่น้ำดิน-ซีเมนต์ยังเหลวอยู่ และหลังจากนั้นเมื่อเสาเข็มมีอายุไม่น้อยกว่า 14 วัน ให้ดึงถอนเสาเข็ม โดยขนาดเส้นรอบรูปหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ หลังจากดึงเสาเข็มขึ้นมาแล้ว จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 15%แต่ไม่เกิน 20% ของขนาดเสาเข็ม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร) นั่นคือ

15% < เส้นรอบรูปของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ < 20%

1.335 เมตร < 1.570 เมตร < 1.887 เมตร

15% < เส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ < 20%

42.5 เซนติเมตร < 50 เซนติเมตร < 60 เซนติเมตร

1.2.1.4 Pile Load Test

มีการทดสอบ Pile Test จำนวน 2 ต้น มีน้ำหนักบรรทุก 18.5 ตัน

1.2.1.5 Cement Content

ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก./ลบ.ม. ของ Column (ดิน)

1.2.2 ขั้นตอนและวิธีการทำเสาเข็มดิน-ซีเมนต์

การก่อสร้างเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ใช้เป็นกำแพงกันดินทำการก่อสร้างโดยใช้วิธี Jet Grouting ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.2.2.1 ทำการเจาะดินด้วยหัวเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ไปยังความลึกที่ต้องการ

1.2.2.2 อัดฉีดน้ำปูนเป็นขั้นๆ โดยใช้ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที ขั้นตอนละ 5 วินาที ด้วยแรงดัน 200 bars ถึงระดับที่ต่ำกว่าพื้นดินประมาณ 3 เมตร

1.2.2.4 กดก้านเจาะลงไปยังระดับก้นหลุม อัดฉีดน้ำปูนด้วยแรงดัน 200 bars โดยใช้ Step การยกก้านเจาะ 24 ชั่วโมง ทุกๆ 5 วินาที จนถึงปากหลุม

1.2.2.5 สำหรับหลุมที่ต้องมี Pile Cap ได้ทำการดึงก้านเจาะขึ้นมาจนถึงระดับประมาณ 0.30 เมตร จากนั้นให้หัวเจาะแช่น้ำปูนเป็นจุด จำนวน 4 จุด แล้วลากแต่ละจุดเพื่อให้ได้รัศมี 1.5 เมตร

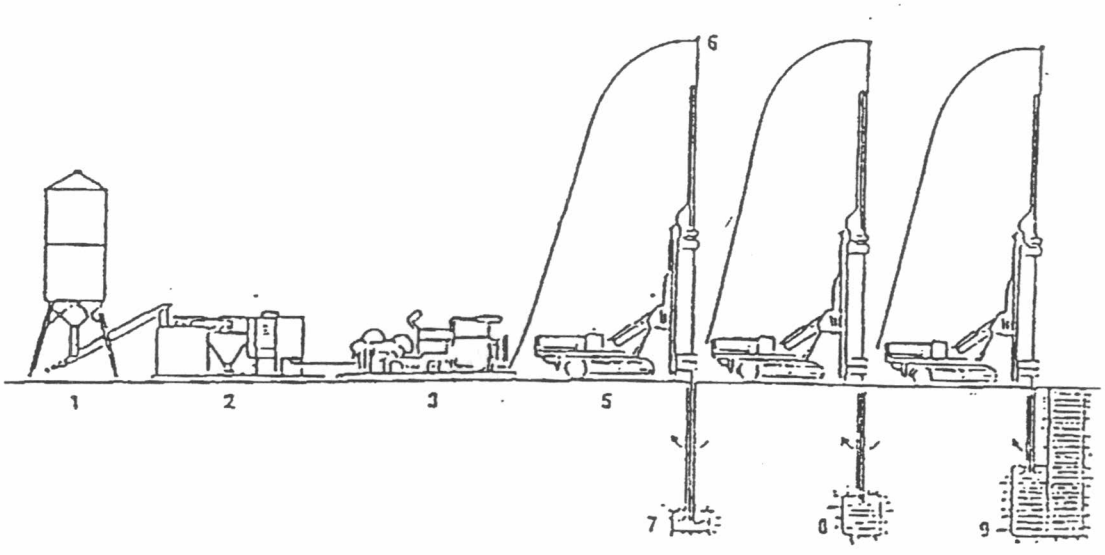
1.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการทำเสาเข็มดิน-ซีเมนต์

1.2.3.1 ทำการจัดเตรียมน้ำและซีเมนต์จาก Mixer Plant โดยใช้อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ตามที่กำหนดไว้ (โดยน้ำหนัก) ซึ่งใช้ปริมาณน้ำ 220 ลิตร และปูน 200 กิโลกรัม

1.2.3.2 ปั๊มความดันสูงจะทำการปั๊มส่วนผสมน้ำและซีเมนต์ที่ความดันประมาณ 200 bars หรือ 250 bars ตามที่กำหนดไว้ส่งไปยังรถเจาะ รถเจาะจะหมุนก้านเจาะพร้อมกับอัดฉีดน้ำเพื่อทำให้ดินอ่อนตัวพร้อมที่จะผสมกับน้ำปูน

1.2.3.3 รถเจาะหลังจากหมุนก้านเจาะกดลงไปถึงระดับที่ต้องการแล้ว จะเริ่มอัดน้ำปูนซีเมนต์ เข้าไปผสมกับดิน พร้อมกับหมุนและดึงก้านเจาะขึ้นตามที่กำหนดไว้ แล้วฉีดน้ำปูนด้วย

ความดันจากปั๊มอย่างต่อเนื่องตลอดชั้นดินจนถึงระดับความลึกที่ต้องการจึงจะเสร็จขั้นตอนของการทำ Column ดังกล่าว แล้วทำการย้ายตำแหน่งของก้านเจาะไปยังตำแหน่ง Column ใหม่ต่อไป




1. Cement silo
2. Mixing plant
3. Triplex high pressure pump
4. High pressure hose
5. Jetting drilling rig
6. High pressure swivel head
7. Drilling step
8. Lifting back and injection step
9. Process cycle finishing and repeating

รูปที่ 1.6 แสดงการทำเสาเข็มดิน-ซีเมนต์

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง " พฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของดินในการก่อสร้างบ่อเก็บน้ำของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย " มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1.3.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์

1.3.2 เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรครวมทั้งแนวทางการแก้ไขปัญหาขณะขุดดิน

1.3.3 เพื่อศึกษาถึงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องโดยทำการวิเคราะห์กลับโดยวิธี Finite Element เพื่อเปรียบเทียบผลการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์ ที่ได้วัดจริงในงานก่อสร้างกับการคาดคะเนการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษางานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของดินและเสาเข็มดิน-ซีเมนต์เพื่อใช้ในการก่อสร้างบ่อเก็บน้ำของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย และมีการจำลองพฤติกรรมของมวลดินโดยใช้แบบจำลองชนิด Mohr-Coulomb และศึกษาการเคลื่อนตัวของมวลดินในช่วง Elastic และ Elasto-Plastic โดยนำข้อมูลที่ได้จากโครงการก่อสร้างบ่อเก็บน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวของดิน แล้วนำข้อมูลที่ได้เพื่อมาทำการวิเคราะห์กลับ ( Back Analysis ) โดยขอบเขตการวิจัยแบ่งออกได้ดังนี้

1.4.1 รวบรวมข้อมูลลักษณะของโครงการก่อสร้าง, ข้อมูลของชั้นดิน, ข้อมูลและคุณสมบัติของดินทั่วไป, ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มดิน-ซีเมนต์, อัตราส่วนผสมของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์, กำลังรับแรงอัดของเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพการก่อสร้าง

1.4.2 รวบรวมข้อมูลการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน, รายละเอียดของตำแหน่งที่ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง ( Inclinometer ), รวมทั้งขั้นตอนการก่อสร้างขณะทำการวัดการเคลื่อนตัวของดิน

1.4.3 ศึกษาพฤติกรรมและการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงเสาเข็มดิน-ซีเมนต์ขณะทำการขุดดิน

1.4.4 ทำการวิเคราะห์โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์กลับ ( Back Analysis ) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของดิน ($E_u/S_u$) โดยเปรียบเทียบผลการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน ที่ได้จากข้อมูลที่ทำการวัดในสนาม กับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี Finite Element

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลนำไปใช้เป็นแนวทางต่อไปในการออกแบบและการวางแผนงานสำหรับการก่อสร้างโครงการต่อไปในอนาคต

1.5.2 เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรมวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ " PLAXIS " เพื่อเป็นการคาดคะเนการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงกันดิน-ซีเมนต์

1.5.3 เพื่อใช้เป็นการเตือนภัยและป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการก่อสร้างกำแพงดิน-ซีเมนต์ เมื่อมีการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของกำแพงทั้งในขณะก่อสร้างและหลังจากการก่อสร้างเสร็จสิ้น

1.5.4 เพื่อเป็นแนวทางในการขยายผลการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของดินต่อไป