# การศึกษาการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงดินระหว่างการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์

# THE STUDY ON PORE WATER PRESSURE DISTRIBUTION DURING CONSTRUCTION OF CEMENT COLUMNS

**เกษม เพชรเกตุ (Kasem Petchgate) และ พินิต ตั้งบุญเติม ( Pinit Tungboonterm)**

*รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี kasem.pet@kmutt.ac.th*

**อรรถพล วิบูลย์จันทร์(Attapol Viboonjun)**

*นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*

**บทคัดย่อ :** งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงเฉพาะช่วงก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ โดยวิธี Jet grouting เพื่อที่จะศึกษาว่าแรงดันจากการ grouting มีอิทธิพลต่อพื้นที่ข้างเคียงอย่างไร ใช้ พิซโซมิเตอร์ AIT Type วัดแรงดันน้ำขณะทำเสาเข็มดินซีเมนต์ก่อนงานก่อสร้างคันดินทดลองในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมวังน้อย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ซึ่งในการก่อสร้างคันดินทดลองครั้งนี้ใช้เสาเข็มดินซีเมนต์จำนวน 80 ต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม. ยาว 9 เมตร เป็นฐานรองรับดินถม ใช้แรงดัน 250 บาร์ ในการทำ Jet Grouting เพื่อทำ Cement Column และทำ Pre Jet ได้ ติดตั้งพิซโซมิเตอร์แบบ Open Standpipe วัดผลของแรงดันน้ำในโพรงดินที่ระดับความลึก 3 เมตร 6 เมตรและ 8 เมตร ตามลำดับ และติดตั้งพิซโซมิเตอร์แบบ Closed Hydraulic System จำนวน 8 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 3 ความลึก ได้แก่ 3 เมตร 6 เมตรและ 8 เมตร เพื่อวัดค่าแรงดันน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการก่อสร้าง และหลังการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าแรงดันน้ำในโพรงดินเริ่มต้น ที่ระดับความลึก 3 เมตร 6 เมตรและ 8 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.175 ksc 0.428 ksc และ 0.678 ksc ตามลำดับ ค่าแรงดันน้ำส่วนเกินสูงสุดที่วัดได้ระหว่างก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ที่ระดับความลึก 3 เมตร 6 เมตรและ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.261 ksc 0.528 ksc และ 0.62 ksc ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแรงดันน้ำส่วนเกินหลังจากทำการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์เสร็จแล้วผ่านไป 66 วัน พบว่า ที่ระดับความลึก 3 เมตร 6 เมตร และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.00 ksc 0.02 ksc และ 0.067 ksc ตามลำดับ แสดงว่าการกระจายของแรงดันน้ำบริเวณนี้ ใช้เวลาประมาณ 66 วัน จะมีค่าแรงดันส่วนเกินเป็น 0 ที่ความลึกไม่เกิน 3 เมตร และจะเหลือค่าแรงดันอีกเล็กน้อยในส่วนที่ลึกลงไป

**ABSTRACT**: This paper presents the study on pore water pressure distribution during construction of cement column by Jet grouting method to study the effect of pore water pressure due to the adjacent area study at the EGAT's reservoir Wang Noi power plant. The 80 cement columns, which are 50 cm in diameter and 9 m in length, were constructed with grouting pressure of 250 bars as the foundation of embankment. Open standpipe piezometers were installed in order to measure initial pore pressure at the depth of 3, 6 and 8 m. Moreover, closed hydraulic system piezometers were installed 8 positions at the depth of 3, 6 and 8 m in each position, in order to measure excess pore pressure which occurred during the construction of cement column and after the construction of cement column. From the experiment, it is found that the average of initial pore pressure at the depth of 3, 6 and 8 m are 0.175, 0.428 and 0.678 ksc, respectively. The maximum excess pore pressure, which could be measured during the construction of cement column at the depth of 3, 6 and 8 m, are 0.261, 0.528 and 0.62 ksc, respectively. The average value of the excess pore pressure at 66 days after the completion of construction of cement column at the depth of 3, 6 and 8 m are 0.00, 0.02 and 0.067 ksc, respectively.

**KEYWORDS:** PORE WATER DISTRIBUTION, CONSTUCTION, CEMENT COLUMN, PIEZOMETER

## 1. บทนำ

ปกติโดยทั่วไปนั้นพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยเป็นดินเหนียวอ่อน มีปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างมาก เพราะคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวอ่อน จะมีค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำ ค่าความสามารถในการซึมผ่านต่ำ[1]ในช่วงกลางปี 1980 ปูนซีเมนต์ได้เป็นที่นิยมอย่างมากในการใช้เป็นสารผสมเพิ่ม เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินแบบผสมลึกในชั้นดินเหนียวอ่อนเทคโนโลยีการก่อสร้างแบบใหม่ที่เรียกว่า Deep Mixing Method (DMM) ได้พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น โดยเริ่มแรก DMM ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการปรับปรุง Soft Ground ของท่าเทียบเรือ และในปัจจุบัน DMM ได้ถูกนำมาใช้ในงานฐานรากของโครงสร้างอาคารต่างๆ มากมาย เช่น งานฐานรากของงาน Embankment, Building และ Storage Tank เป็นต้น Broms [2] ได้ ให้ทรรศนะเกี่ยวกับดินในบริเวณแถบ Southeast Asia ว่าการใช้ปูนซีเมนต์ (Cement) จะมีความเหมาะสมมากกว่าปูนขาว (Lime) เนื่องจากการเก็บ Unsoaked Lime ในที่ร้อนชื้นทำได้ยาก และการใช้ ปูนซีเมนต์จะให้ Strength ที่สูงกว่า Lime ซึ่ง Lime มีข้อจำกัดในเรื่อง Maximum Strength การปรับปรุงคุณภาพของดินฐานรากที่เป็นดินเหนียวอ่อน โดยวิธีผสมลึก (Deep Mixing Stabilization) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการปรับปรุงโดยทำการอัดฉีดน้ำด้วยแรงดันสูง เพื่อทำลายโครงสร้างของดิน จากผิวบนลงไปถึงความลึกที่กำหนดโดยควบคุมแรงดันรอบหมุนและระยะกด ตามรูปที่1 (1) แล้วอัดฉีดน้ำปูน (Cement Milk) ควบคุมแรงดัน รอบหมุน อัตราการไหลของน้ำปูน และระยะชัก ตามรูปที่1(2) เมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้วจะได้เสาเข็มดินซีเมนต์ ตามรูปที่ 1(3) การดำเนินการ Jet groutingโดยใช้สารละลายของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมกับดินเหนียวอ่อนในที่ เพื่อให้ดินเหนียวอ่อนทำปฏิกิริยาปอสโซลานิค เป็น “เสาเข็มดินซีเมนต์” (Cement Column) สามารถเพิ่มกำลังในการรับแรงเฉือนของดินได้ในระยะเวลาอันสั้น เสริมเสถียรภาพของฐานราก และลดการทรุดตัวของคันดินได้เป็นอย่างดี แต่ในการปรับปรุงดินด้วยวิธีนี้จะทำให้แรงดันน้ำในโพรงดิน (Pore Water Pressure) เปลี่ยนแปลงอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้เพื่อจะทราบอิทธิพลของแรงดันของน้ำ ( Pore water pressure) ที่กระทำกับดินรองข้าง และระยะเวลาของการสลายตัวของแรงดันนี้ ถ้าทราบการเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำในโพรงดินว่ามีลักษณะอย่างไรในระหว่างการก่อสร้าง และหลังการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ จะทำให้สามารถทราบถึงพฤติกรรมการกระจายตัวของแรงดันน้ำในโพรงดิน และนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณค่าอื่นๆ ได้ เช่น การทรุดตัว และกำลังรับแรงของดินรอบๆ เสาเข็มดินซีเมนต์ รวมถึงการควบคุมผลกระทบด้านวิศวกรรมที่จะเกิดกับพื้นที่บริเวณก่อสร้างเป็นต้น [4] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของ Excess Pore Pressure ขณะทำการ Jet Grouting แรงดันน้ำที่หัวฉีดขณะเข้าใกล้กับตำแหน่งที่ทำการวัด ค่า Excess Pore Water Pressure พบว่าค่าแรงดันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อ หัวฉีดเข้าใกล้จุดตรวจสอบและเมื่อหัวฉีดได้ผ่านจุดตรวจสอบนี้ไป ค่า Excess Pore Water Pressure จะลดลงอย่างทันทีทันใด ขนาดของค่า Excess Pore Water Pressure นี้จะขึ้นอยู่กับระยะทางใกล้-ไกลจากรูหัวฉีดถึงจุดตรวจสอบ Zone of Excess Pore Water Pressureขณะทำการ Jetting จะมีรูปร่างคล้ายรูปดอกเห็ด

## 2. วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพื้นที่บริเวณช่วง Sta. 0+950 ถึง Sta. 1+010 ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมวังน้อยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ระบบส่งน้ำระยะที่ 3 อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีลักษณะ Soil profile ดังแสดงในรูปที่ 2 ฐานของคันดินทดลองมีขนาดพื้นที่ 12x18 ตารางเมตร ได้ติดตั้งเสาเข็มดินซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.50 เมตร ยาว 9 เมตร จำนวน 80 ต้น เพื่อใช้เป็น ฐานรากของคันดิน เพื่อรองรับน้ำหนักจากคันดินทดลอง การติดตั้งเสาเข็มดินครั้งนี้ใช้แรงดันในการฉีดอยู่ในช่วง 250 บาร์ (ทั้ง Water Prejeting และ Cement milk Jet Grouting) อัตราการหมุนของหัวเจาะ 12 รอบต่อนาที การกำหนดลำดับการติดตั้งเสาเข็มดินซีเมนต์ในแต่ละต้นให้มีความสอดคล้องกับตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันน้ำในมวลดินที่เกิดขึ้น ขณะทำการอัดฉีดทำ Prejeting และ Cement milk grouting ทั้งในช่วงเวลาก่อสร้างและหลังการก่อสร้างเสาเข็มดินซิเมนต์ทดลอง การวัดค่าแรงดันน้ำในโพรงดินระหว่างก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์จำนวน 44 ต้น และทำการวัดแรงดันน้ำในโพรงดินหลังจากทำการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ทั้งสิ้นจำนวน 80 ต้น ตามแปลนดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 3

## 3. เครื่องมือวัดแรงดันน้ำ

ในการวัดค่าแรงดันน้ำในโพรงดินเริ่มต้นจะใช้พิซโซมิเตอร์แบบ Open standpipe Piezometer ส่วนของการวัดแรงดันน้ำในโพรงดินที่เปลี่ยนแปลงขณะทำการ Jet Grouting ใช้พิซโซมิเตอร์

แบบ Closed Hydraulic System โดยหัวของพิซโซมิเตอร์ที่ใช้จะเป็นแบบ AIT Type ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4 ระดับการติดตั้ง Piezometer และ Observation Well ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5

## 4. ผลการศึกษา

4.1 ค่าแรงดันน้ำส่วนเกินสูงสุดที่วัดได้ขณะทำการ Water Prejeting ที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร ได้ผลดังนี้

ที่ระดับความลึก 3 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.258 ksc ในตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ P7 เกิดขึ้นจากการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นที่ 3 ซึ่งห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 0.75 เมตร

ที่ระดับความลึก 6 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.522 ksc ในตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ P6 เกิดขึ้นจากการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นที่ 3 ซึ่งห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 2.25 เมตร

ที่ระดับความลึก 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.604 ksc ในตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ P4 เกิดขึ้นจากการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นที่ 11 ซึ่งห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 1.80 เมตร

4.2 ค่าแรงดันน้ำส่วนเกินสูงสุดที่วัดได้ขณะทำการ Cement Jet Grouting ที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร ได้ผลดังนี้

ที่ระดับความลึก 3 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.261 ksc ในตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ P7 เกิดขึ้นจากการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นที่ 3: ซึ่งห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 0.75 เมตร

ที่ระดับความลึก 6 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.528 ksc ในตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ P6 เกิดขึ้นจากการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นที่ 3 ซึ่งห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 2.25 เมตร

ที่ระดับความลึก 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.62 ksc ในตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์ P4 เกิดขึ้นจากการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นที่ 11 ซึ่งห่างจากศูนย์กลางเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 1.80 เมตร

จะเห็นได้ว่า ค่าแรงดันน้ำส่วนเกินที่วัดได้ระหว่างการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ขณะทำ Water Prejeting และทำ Cement Jet Grouting ด้วยความดัน 250 บาร์ จะให้ค่าแรงดันน้ำใกล้เคียงกันจะแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ $\pm$ 2.65

ค่าแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) ที่วัดได้หลังจากทำการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ (Cement Column) ทั้ง 80 ต้น จะค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป จากการวัดทั้งหมด 66 วัน ค่าเฉลี่ยของแรงดันน้ำส่วนเกินที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.00, 0.02 และ 0.067 ksc ตามลำดับ การกระจายของแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) จากการวัดด้วยพิซโซมิเตอร์ P4, P6 และ P7 แปรผันตามระยะเวลาดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 8 และเมื่อนำค่าแรงดันน้ำส่วนเกินของพิซโซมิเตอร์ P4, P6 และ P7 ที่ระดับความลึกเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาของการวัดจาก 0 ถึง 66 วัน จะได้ความสัมพันธ์ว่า แรงดันน้ำส่วนเกินลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และส่วนตื้นจะลดได้เร็วกว่าส่วนลึก

## 5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ ในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพบริเวณ อำเภอวังน้อย จังหวัดอยุธยา ครั้งนี้เป็นการศึกษาการกระจายของแรงดันน้ำในโพรงระหว่างการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ โดยใช้พิซโซมิเตอร์ แบบ AIT วัดแรงดันน้ำ โดทำการติดตั้งในตำแหน่งตามแปลนที่ความลึก 3, 6 และ 8 เมตร จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากผลการเจาะสำรวจดินและผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน พบว่าชั้นที่เป็นดินเหนียวอ่อนถึงอ่อนมาก (Soft to Very Soft Clay) จะอยู่ในช่วงระดับความลึก El. –3.00 ถึง –8.50 เมตร จากผิวดินค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติอยู่ในช่วงร้อยละ 66.13 – 95.07 ค่าความชื้นตามธรรมชาติในช่วงดินอ่อน มีค่าใกล้เคียงกับค่า Liquid Limit

2. ค่าแรงดันน้ำในโพรงดินเริ่มต้น (Initial Pore Water Pressure) ที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.175, 0.428 และ 0.678 ksc ตามลำดับ

3. ค่าแรงดันน้ำส่วนเกินสูงสุดที่วัดได้ระหว่างก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์ ที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.261, 0.528 และ 0.62 ksc ตามลำดับ

4. ค่าเฉลี่ยของแรงดันน้ำส่วนเกินหลังจากทำการก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์เสร็จแล้วผ่านไป 66 วัน ที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.00, 0.02 และ 0.067 ksc ตามลำดับ

5. อิทธิพลของแรงดันน้ำที่ใช้ในการทำเสาเข็มดินซีเมนต์เท่ากับ 250 บาร์ จะส่งผลกระทบดินด้านข้าง ระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร

6. การกระจายของแรงดันน้ำส่วนเกินที่ระดับความลึกเดียวกัน จะลดลงตามระยะเวลาที่ระดับความลึก 3 เมตร จะลดลงเร็วกว่าที่ระดับความลึก 6 และ 8 เมตร ตามลำดับ และแรงดันน้ำส่วนเกินที่ระดับความลึก 3 เมตร จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์เมื่อเวลาผ่านไป 66 วัน

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท ซอยล์กรีต เทคโนโลยี จำกัด และ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องจักรกลและวัสดุที่ใช้สำหรับงานวิจัย และการไฟฟ้าผลิตที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่ รวมถึงความสะดวกในการทำวิจัยนี้

**เอกสารอ้างอิง**

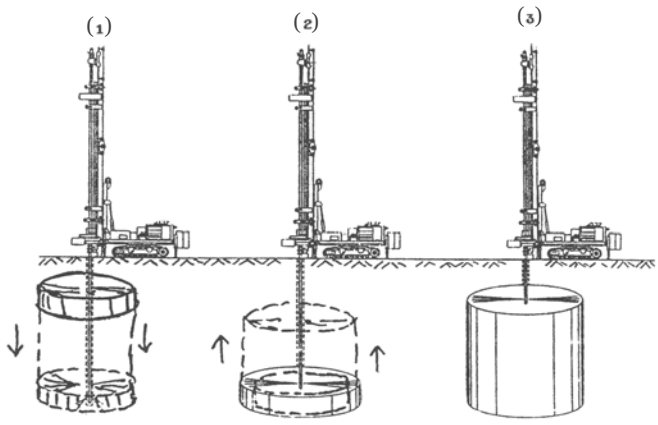
[1] DJM Research Group, 1984, The Manual for the Dry Jet Mixing Method, Research Society of Jet Mixing Method, Japan, pp. 20-31.

[2] Broms, B.B., 1984, "Stabilization of Soft Clay with Lime Columns", Proc. Seminar of Soil Improvement and Construction Techniques in Soft Ground, Nanyang Technological Institute, Singapore.

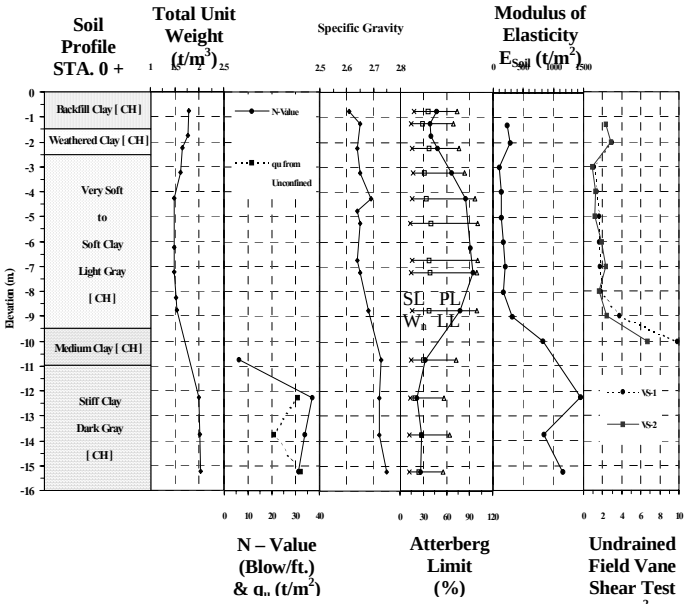
[3] เกษม เพชรเกตุ, 2541, "เทคนิคการใช้ Deep Soil Stabilization สำหรับงานดินอ่อนในประเทศไทย", การสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพดิน '41, 20 สิงหาคม 2541, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 236-265.

[4] Imanishi, H., 1996, "Ground Behavior During Soil Improvement By Jet Grouting", Grouting and Deep Mixing, The Second International Conference on Ground Improvement Geosystems, Tokyo, Vol. 1, pp. 133-136.

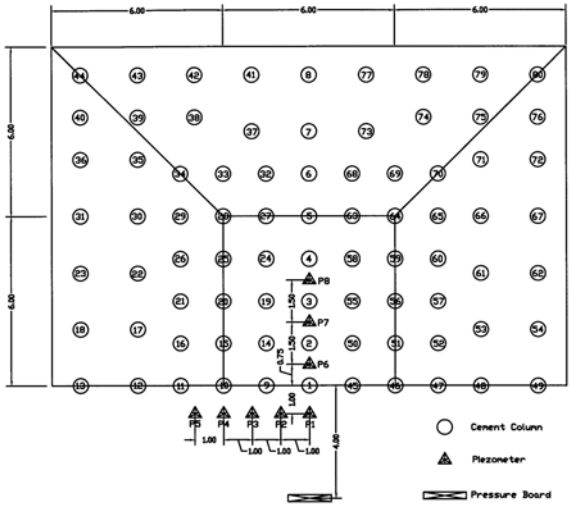
[5] สถาพร คูวิจิตรจารุ, 2527, "การวัดแรงดันน้ำและการวัดการทรุดตัวในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ", เอกสารประกอบการอบรมทางวิชาการ เทคนิคการวิเคราะห์และการทรุดตัวของชั้นดิน, 1-2 พฤศจิกายน 2527, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 35 หน้า.



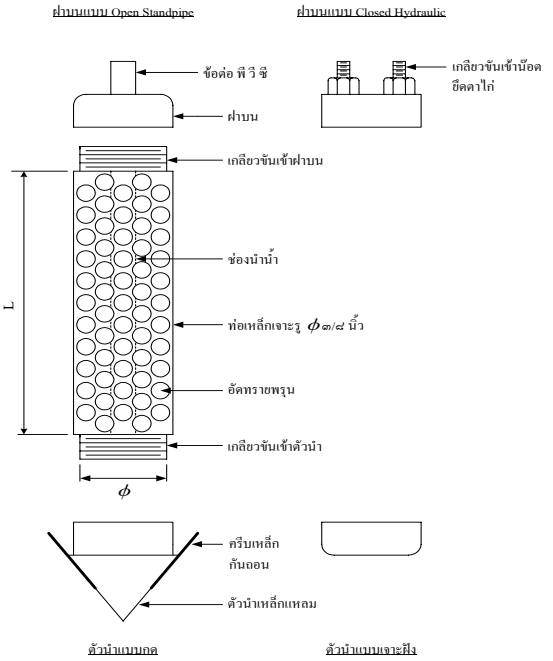

รูปที่ 1 วิธีการผสมลึกแบบอัดฉีดแรงดันสูง [3]



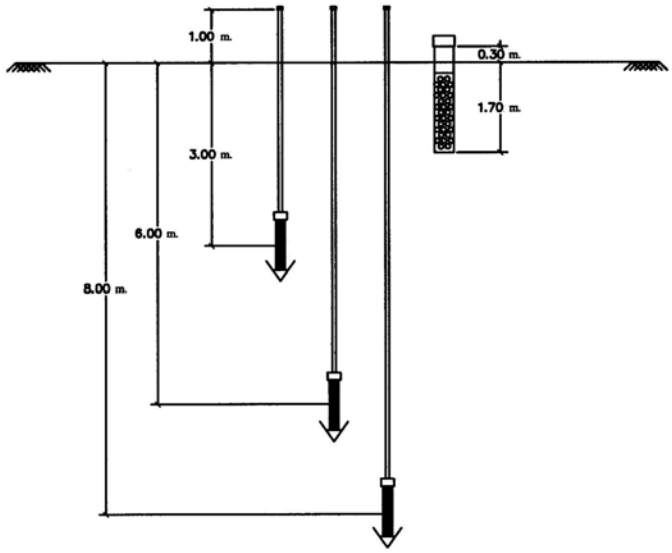

รูปที่ 2 แสดงลักษณะสภาพชั้นดินและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเดิมที่บริเวณ STA. 0 + 970



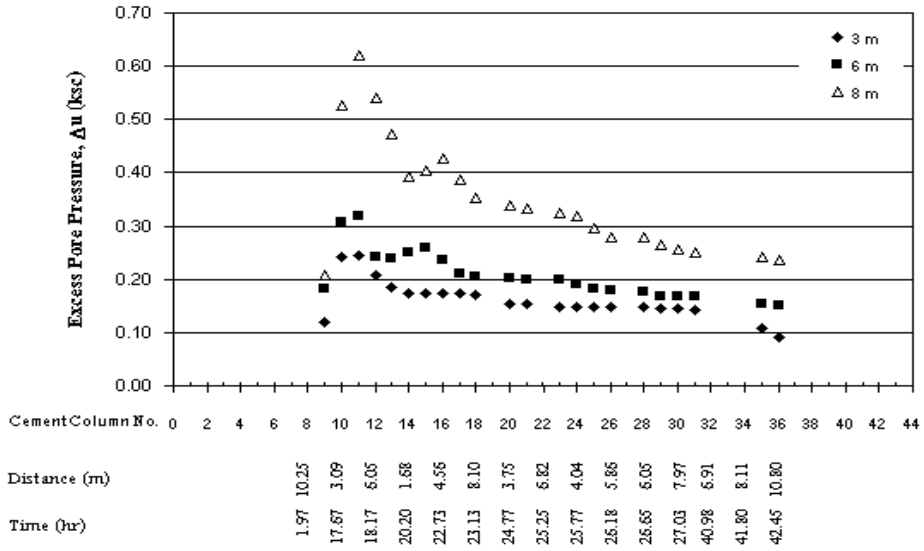

รูปที่ 3 แปลนตำแหน่งของพิซโซมิเตอร์และลำดับในการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ในแปลงคันดินทดลอง



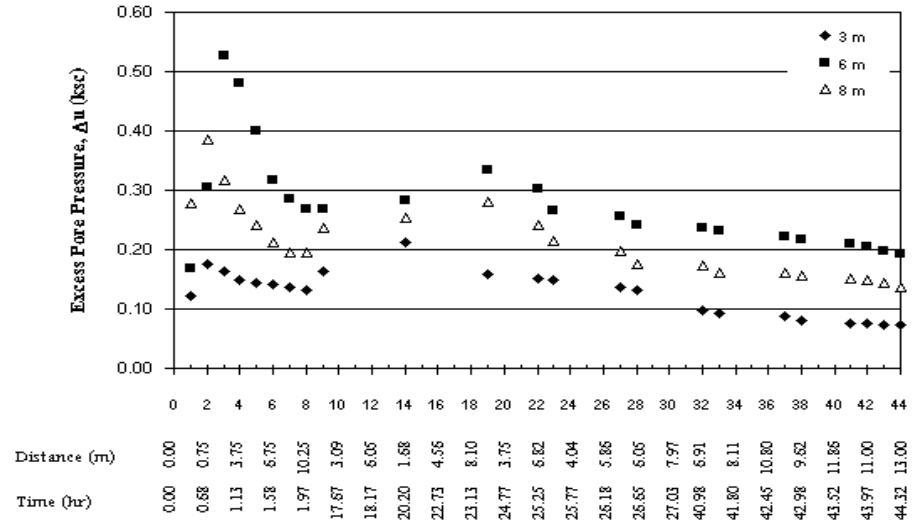

รูปที่ 4 ลักษณะของพิซโซมิเตอร์ AIT-Type



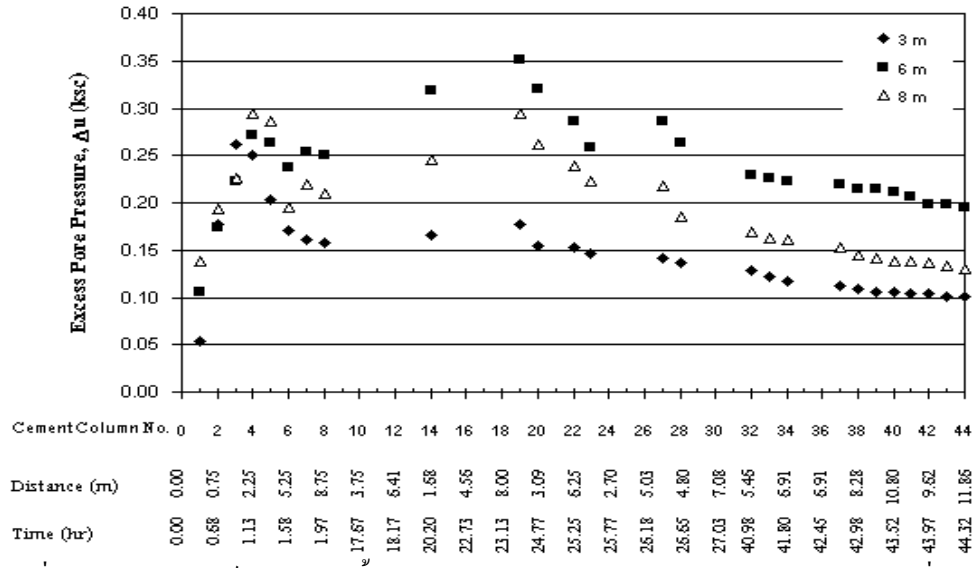

รูปที่ 5 รายละเอียดตำแหน่งของ Open Standpipe Piezometer และ Observation Well



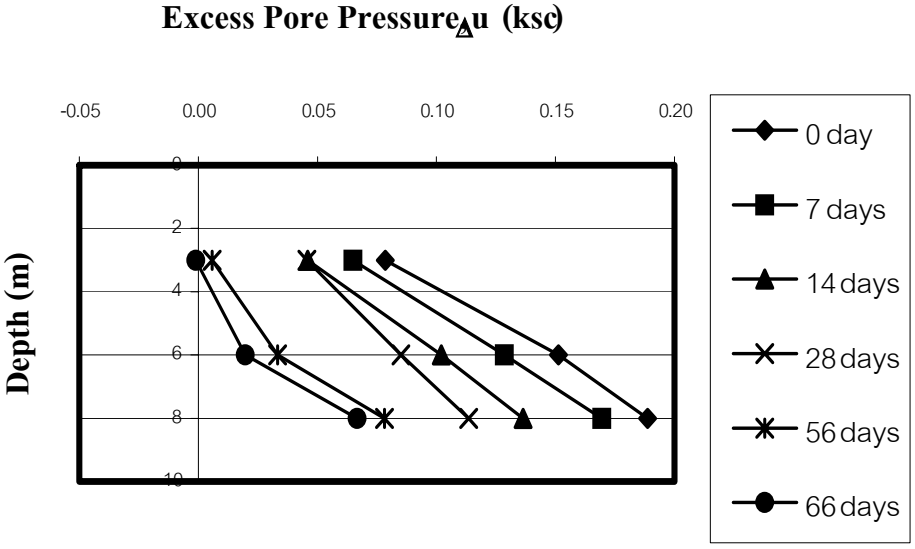

รูปที่ 6 แสดงค่าแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) กับระยะทางและเวลาที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร ระหว่างทำการ Jet Grouting ได้จากการวัดที่พิสโซมิเตอร์




รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ค่าแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) กับระยะทางและเวลาที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตรระหว่างทำ Jet Grouting ได้จากการวัดที่พิซโซมิเตอร์ P6




รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) กับระยะทางและเวลาที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตรระหว่างทำ Jet Grouting ได้จากการวัดที่พิซโซมิเตอร์ P7




รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยของแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) ที่ความลึกเดียวกันของพิสโซมิเตอร์ P4, P6, P7 ที่ระดับความลึก 3, 6 และ 8 เมตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป หลังจากก่อสร้างเสาเข็มดินซีเมนต์เสร็จแล้ว