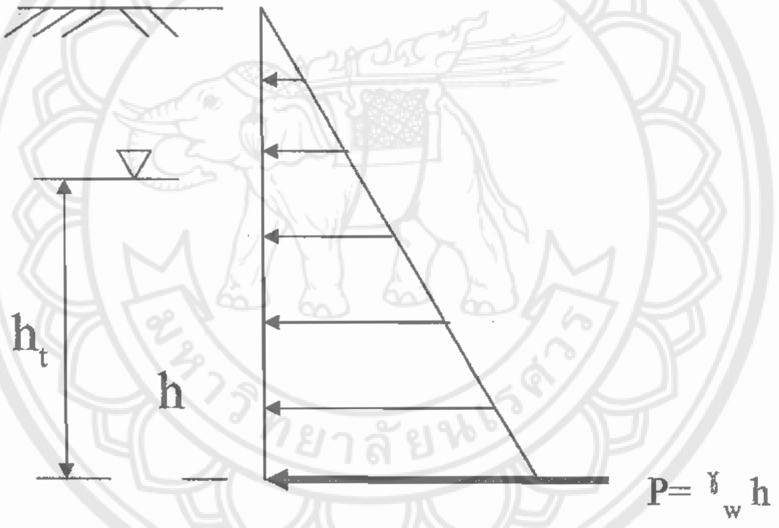
บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 การวิเคราะห์ผลและแปลผลจากการตรวจวัดของเครื่องมือ Pneumatic Piezometer

5.1.1 ตัวอย่างการคำนวณตรวจสอบแรงดันน้ำ ที่อ่านได้จากเครื่องมือ Pneumatic Piezometer



ตัวอย่างการคำนวณตรวจสอบแรงดันน้ำใต้ดินโดยประมาณ

สมมติ γ_w = 9.81 KN/m^3 ; P= γ_w h

ที่ระดับความลึก 2 m. ; P = 2 x 9.81 = 19.62 KN/m^2

ที่ระดับความลึก 5 m. ; P = 5 x 9.81 = 49.05 KN/m^2

ที่ระดับความลึก 8 m. ; P = 8 x 9.81 = 78.48 KN/m^2

ตัวอย่างการคำนวณย้อนกลับหาค่าระดับน้ำใต้ดินที่แท้จริงจากค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ระดับความลึก 2 m. จากสูตร $P = \gamma_w h$

อ่านค่าจากกราฟ วันที่ 25-8-04 (ต่ำสุด)ได้ค่า P = 4 KN/m^2

แทนค่า 4 KN/m^2 = 9.81 KN/m^3 x h_t ; ดังนั้น ได้ค่า h_{t-min} = 0.44 m.

อ่านค่าจากกราฟ วันที่ 12-9-04 (สูงสุด) ได้ค่า P = 16 KN/m^2

แทนค่า 16 KN/m^2 = 9.81 KN/m^3 x h_t ; ดังนั้น ได้ค่า h_{t-max} = 1.63 m.

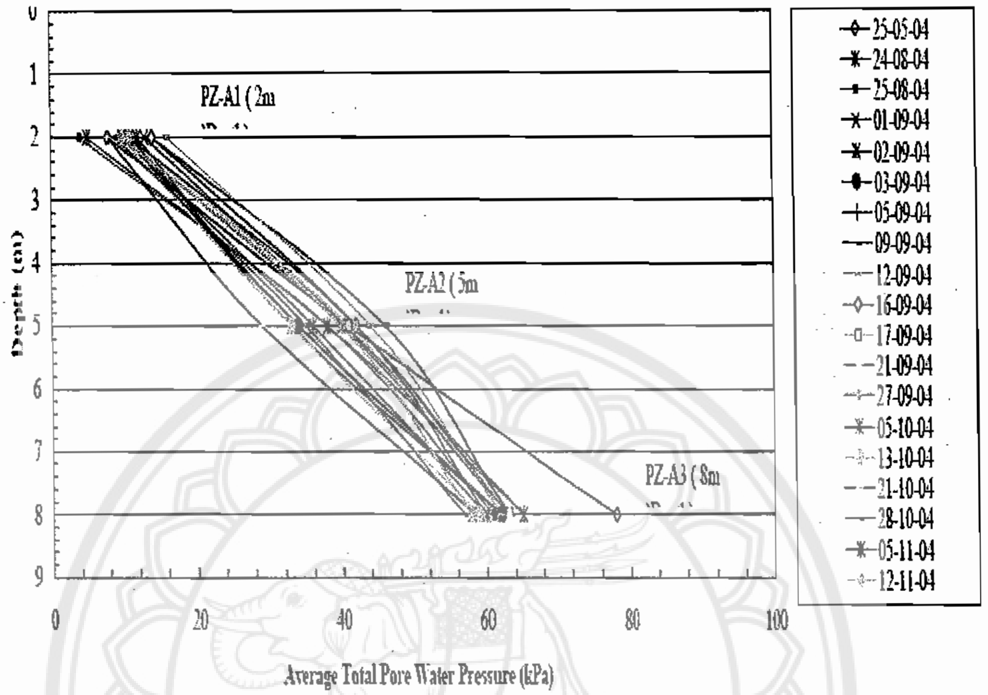
สรุป ระดับน้ำสูงสุดของโครงการจะอยู่ที่ประมาณผิวดิน (ลึกจากผิวดิน = 2 - 1.63 = 0.37 m)

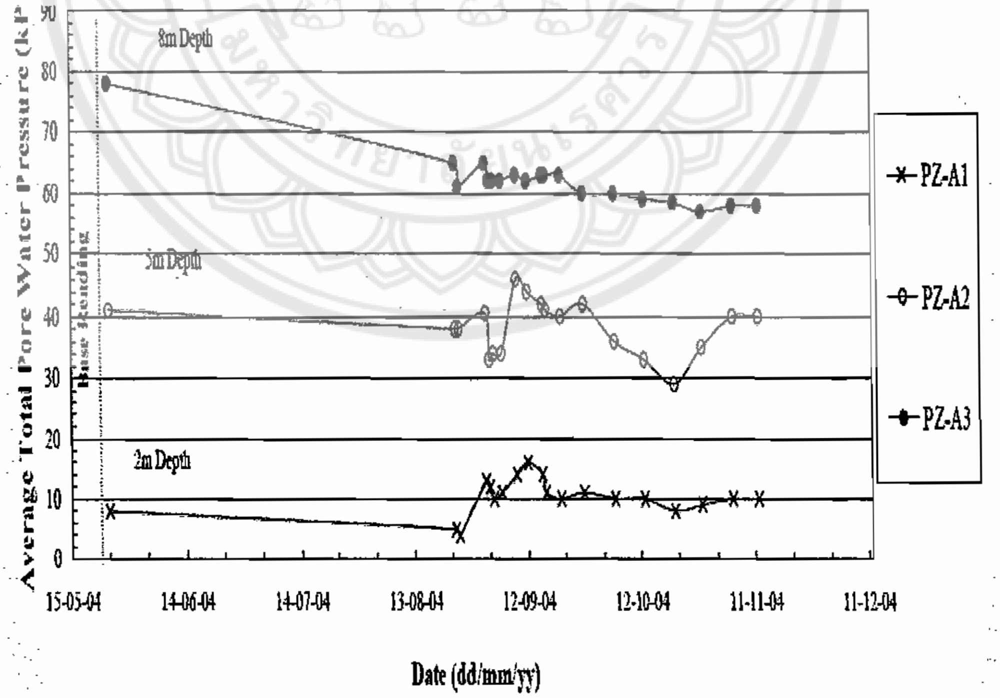
5.1.2 ตารางสรุปความสัมพันธ์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการก่อสร้างกับการติดตั้งเครื่องมือ

Pneumatic Piezometer

Section	ช่วงระยะเวลาก่อสร้าง	กิจกรรมงานขุด
A	24/8/2004 - 16/11/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2 ,3 และทำการขุดถึงระดับความลึก 8.5 ม.
B	3/5/2004 - 17/8/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2, 3 และ 4 (level 4 มีแต่ผลและกราฟแต่ไม่ได้สรุป Acvity ไว้เหนือกราฟ)ทำการขุดถึงระดับความลึก 10.5 ม.
C	7/4/2004 - 15/8/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2, 3 และลำดับเวลาผิด ทำการขุดถึงระดับความลึก 8.5 ม.
D	4/4/2004 - 10/11/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2 และ 3 ทำการขุดถึงระดับความลึก 7.5 ม.

5.1.3 สรุปผลจากข้อมูลการตรวจวัดของเครื่องมือ Pneumatic Piezometer





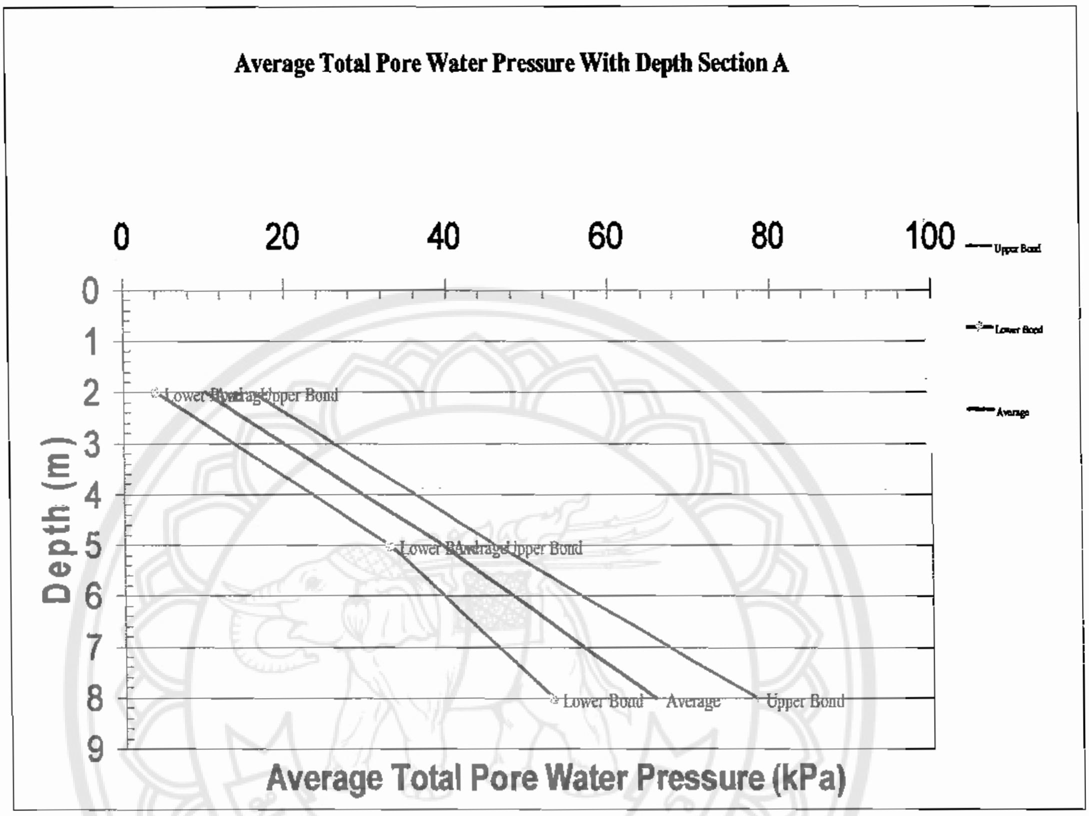
ข้อมูลชุดที่1

จากกราฟจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกับแรงดันน้ำจะทำให้ทราบถึงค่าแรงดันน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 , 5 และ 8 m ซึ่งจะพบว่ายิ่งความลึกเพิ่มขึ้นแรงดันน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้นไปด้วย

ข้อมูลชุดที่2

เป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำที่ระยะเวลาใดๆ ซึ่งจะพบว่าในช่วงที่ยังไม่มีงานขุด แรงดันน้ำก็จะลงคงค่อนข้างคงที่ แต่ในช่วงที่สองพอเริ่มกิจกรรมงานขุดค่าแรงดันน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

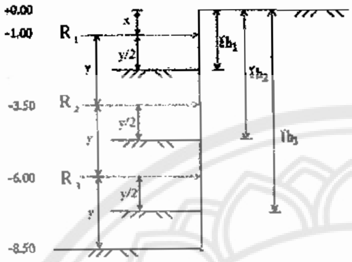
5.1.4 แนวคิดการนำผลที่ได้จากกราฟไปใช้งาน

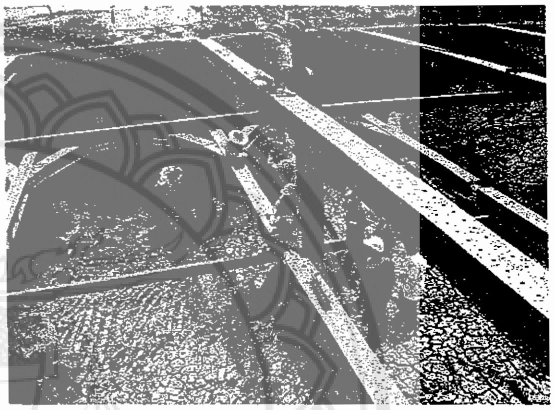


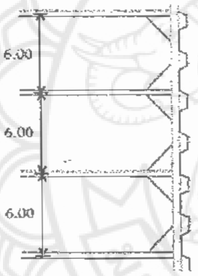
หากเรานำค่าแรงดันน้ำสูงสุด และต่ำสุดที่ระดับความลึกต่างๆที่ทำการตรวจวัดโดยเครื่องมือ Pneumatic Piezometer มาพลอตกราฟ แล้วหาเส้นกราฟของค่าเฉลี่ยออกมา เราจะทราบถึงค่าแรงดันน้ำเฉลี่ยทุกๆระดับที่ตรวจวัด ซึ่งเราสามารถนำค่าเฉลี่ยที่ได้นี้ ไปคำนวณหาระดับของน้ำใต้ดินบริเวณรอบๆโครงการขุดได้ ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์หาผลกระทบของระดับน้ำใต้ดินหรือแรงดันน้ำใต้ดินต่อกิจกรรมงานขุดในลำดับต่อๆไปได้

5.2 การวิเคราะห์ผลและแปลผลจากการตรวจวัดโดย Strain Gauge

5.2.1 ตัวอย่างการคำนวณตรวจสอบแรงอัด ที่อ่านได้จากเครื่องมือ Strain Gauge







สมมติ γ_t = 18 KN/m3 = (18/9.81) tons/m^3 ระยะห่าง Strut = 6.00 m.

Strut level 1 ติดตั้งที่ระดับ –1.00 m. รับแรงถึงระดับความลึก h_1 = 2.25 m.

$R_1 = (x + y/2)(L)(\gamma_t h_1) = (1 + 2.5/2)(6)\ [(18/9.81) \times 2.25] = 56$ tons

Strut level 2 ติดตั้งที่ระดับ –3.50 m. รับแรงถึงระดับความลึก h_2= 4.75 m.

$R_2 = (y/2 + y/2)(L)(\gamma_t h_2) = (2.5/2 + 2.5/2)(6)\ [(18/9.81) \times 4.75] = 130$ tons

Strut level 3 ติดตั้งที่ระดับ –6.00 m. รับแรงถึงระดับความลึก h_3= 7.25 m.

$R_3 = (y/2 + y/2)(L)(\gamma_t h_3) = (2.5/2 + 2.5/2)(6)\ [(18/9.81) \times 7.25] = 200$ tons

5.2.2 ตารางสรุปความสัมพันธ์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการก่อสร้างกับการติดตั้งเครื่องมือ

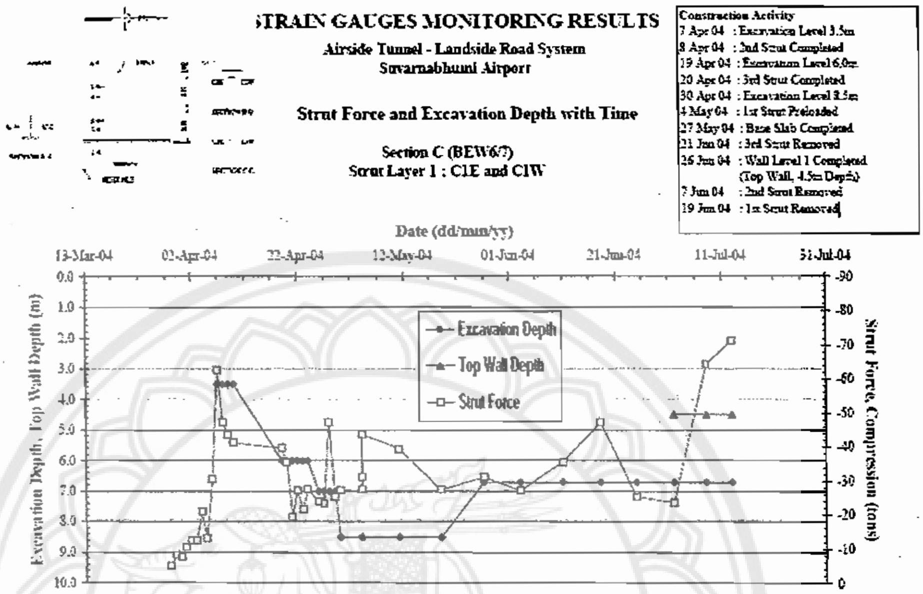
Strain Gauge

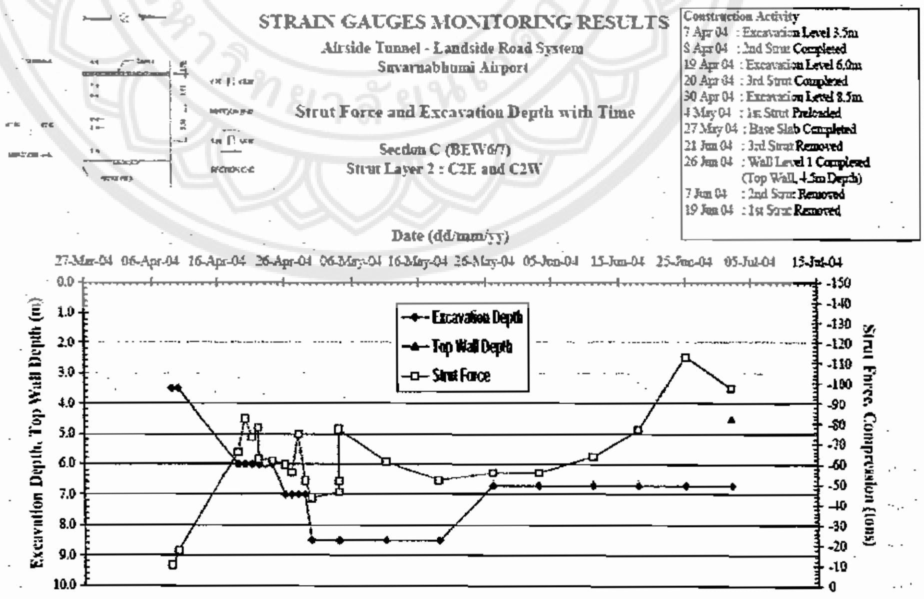
Section	ช่วงระยะเวลาก่อสร้าง	การติดตั้งเครื่องมือ SG
A	24/8/2004 - 3/11/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2 ,3 และทำการขุดถึงระดับความลึก 8.5 ม.
B	3/5/2004 - 9/7/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2, 3 และ 4 แต่ว่าข้อมูลการตรวจวัด level 1 หายไป และทำการขุดถึงระดับความลึก 10.5 ม.
C	7/4/2004 - 19/6/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2, 3 และลำดับเวลาผิด ทำการขุดถึงระดับความลึก 8.5 ม.
D	4/4/2004 - 4/10/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2 และ 3 ทำการขุดถึงระดับความลึก 7.5 ม.
F	13/9/2004 -13/11/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1 เท่านั้น และขุดถึงระดับความลึก 3.2 ม.
G	1/6/2004 - 21/9/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1และ 2 ทำการขุดถึงระดับความลึก 6.0 ม.
H	24/11/2004 -10/3/2005	ติดตั้ง SG บน Strut level 1 และ 2 ทำการขุดถึงระดับความลึก 6.5 ม.
I	14/7/2004 - 15/9/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1 เท่านั้น และเกิดปัญหา SG ถูกทำลาย
J	10/1/2005 - 9/3/2005	ติดตั้ง SG บน Strut level 1 และ 2 ทำการขุดถึงระดับความลึก 6.0 ม.
K	6/1/2005 - 9/3/2005	ติดตั้ง SG บน Strut level 1 และ 2ทำการขุดถึงระดับความลึก 6.5 ม.
L	4/1/2005 - 17/2/2005	ติดตั้ง SG บน Strut level 1 และ 2 ทำการขุดถึงระดับความลึก 6.0 ม.
M	3/5/2004 -17/8/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2, 3 และ 4 (level 4 มีแต่ผลและกราฟแต่ไม่ได้สรุป Acvity ไว้เหนือกราฟ)ทำการขุดถึงระดับความลึก 10.5 ม.
N	3/5/2004 - 29/9/2004	ติดตั้ง SG บน Strut level 1, 2, 3 แต่ว่าข้อมูลการตรวจวัด level 3 มีแต่ผลยังไม่ได้พลอดกราฟ ทำการขุดถึงระดับความลึก 4.5 ม.

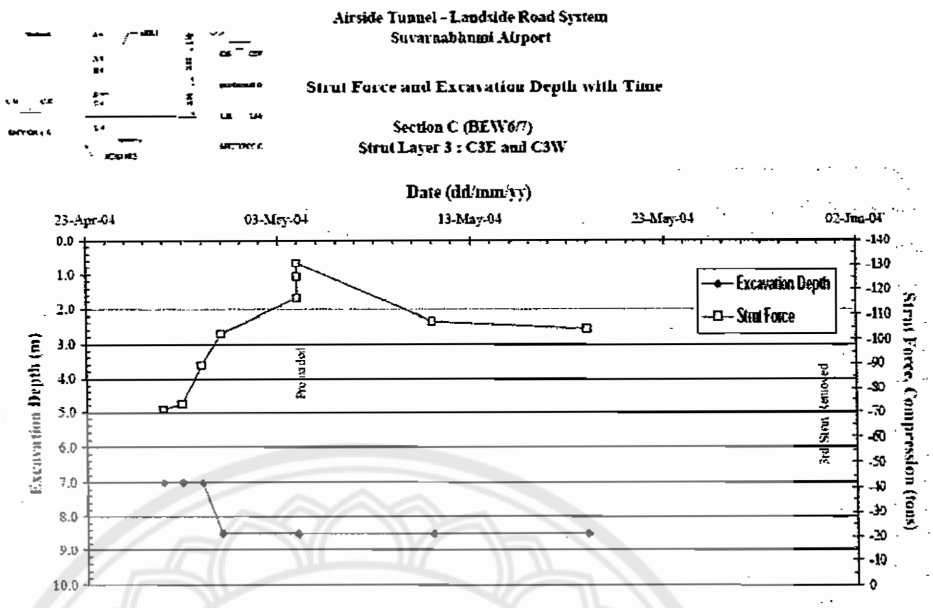
หมายเหตุ อักษรย่อ SG ที่ใช้ย่อมาจากคำว่า Strain Gauge

5.2.3 สรุปผลจากข้อมูลการตรวจวัดของเครื่องมือ Strain Gauge

ตัวอย่างผลการตรวจวัดของ Section C







จากผลการตรวจวัดของ Section C ที่ยกตัวอย่างมา สรุปได้ว่า

- ความสัมพันธ์ของเส้นกราฟกับกิจกรรมการก่อสร้าง

- กราฟกลุ่มที่ 1 พบว่ายิ่งทำกิจกรรมงานขุดไปที่ระดับความลึกมากยิ่งขึ้น แนวโน้มของแรงอัดที่กระทำกับ Strut ก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เช่น แรงกระทำของ Strut level 1 (1 ม.) จะน้อยกว่า Strut level 2 (3.5 ม.) และจะสูงสุดที่ Strut level 3 (6 ม.) และแรงที่กระทำกับ Strut ก็มีแนวโน้มที่จะมีแนวโน้มที่จะคงที่หากขุดไปได้ระดับความลึกที่ต้องการแล้วไม่มีการขุดต่อ เพียงแต่อยู่ในขั้นตอนของการทำ Base Slab และ Side Wall

- กราฟกลุ่มที่ 2 พบว่าจะมีลักษณะขัดแย้งกับกลุ่มที่ 1 คือ ยิ่งทำกิจกรรมงานขุดไปที่ระดับความลึกมากยิ่งขึ้น แนวโน้มของแรงอัดที่กระทำกับ Strut ก็จะมีค่าลดน้อยลง สาเหตุเนื่องมาจากการติดตั้งค้ำยัน Strut level 2 และ Strut level 3 ทำเสร็จสมบูรณ์และช่วยรับแรงได้

- ความสัมพันธ์ของเส้นกราฟกับระยะเวลาการก่อสร้าง

- กราฟกลุ่มที่ 1 บางสถานีขุดที่ทำการขุดโดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ (ประมาณ 1-2 เดือน) จะส่งผลให้แรงกระทำใน Strut มีค่าค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

- กราฟกลุ่มที่ 2 บางสถานีขุดที่ทำการขุดโดยใช้ระยะเวลายาวนาน จะส่งผลให้แรงกระทำใน Strut มีค่าผันแปรอยู่เสมอ โดยแรงที่มากระทำก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของการขุด

● ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกระทำสูงสุด-ต่ำสุด กับกิจกรรมการก่อสร้าง

- โดยทั่วไปแล้วค่าแรงสูงสุด-ต่ำสุดที่กระทำต่อ Strut level 1(ที่ความลึก 1 ม.) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1-80 ตัน, แรงที่กระทำต่อ Strut level 2(ที่ความลึก 3.5 ม.) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 60-100 ตัน, แรงที่กระทำต่อ Strut level 3(ที่ความลึก 6 ม.) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 80-120ตัน และแรงที่กระทำต่อ Strut level 4(ที่ความลึก 8.5 ม.) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 60-140 ตัน

- ลำดับเวลาของการติดตั้งเครื่องมือและลำดับเวลาการอ่านค่าส่งผลโดยตรงต่อค่าแรงสูงสุด-ต่ำสุด ที่อ่านได้จากเครื่องมือ เช่นหากติดตั้งเครื่องมือวัดแล้วเริ่มอ่านค่าล่าช้า (ทำการขุดไปได้ถึงระดับความลึกหนึ่งๆแล้ว) จะทำให้ค่าที่อ่านได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเพราะในขณะที่เริ่มอ่านค่านั้นได้มีแรงอัดกระทำกับ Strut เกิดขึ้นแล้ว

5.2.4 แนวคิดการนำผลที่ได้จากการตรวจวัดไปใช้งาน

ระดับความลึกจากผิวดิน (m.)	ทฤษฎี	จากเครื่องมือ
	Total pressure KN/m^2	Strain Gauge KN/m^2
3.5	63	65.4
6	108	85

เพื่อความปลอดภัยในการดำเนินการก่อสร้างงานขุด ค่าแรงอัดที่อ่านได้จากเครื่องมือ Strain Gauge ควรมีค่าน้อยค่าแรงดันดินที่คำนวณได้จากทฤษฎี เหตุที่เครื่องมือตรวจวัดค่าบางค่าได้มากกว่าค่าจากทฤษฎีทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1 ตอนคำนวณทางทฤษฎี ไม่ได้คำนึงถึง surcharge ของเครื่องจักรที่อยู่เหนือดินรอบๆ บริเวณที่ขุด แต่ค่าที่ได้จากเครื่องมือได้ทำการตรวจวัดในสภาวะทำงานจริง

2 กิจกรรมงานขุดมีผลโดยตรงต่อการอ่านค่าของเครื่องมือ

5.2.5 วิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคที่พบจากการใช้เครื่องมือ Strain Gauge และ วิธีการแก้ไข

1 เมื่อผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวทางข้างของดินจากเครื่องมือ inclinometer มีค่ามากจนพบความเสี่ยงต่อการทำงาน ในส่วนของงานค้ำยันจะทำการ Preloaded ใน Strut ทันที ซึ่งสังเกตได้ว่าการ Preloaded จะส่งผลทำให้แรงอัดที่กระทำกับ Strut เพิ่มขึ้น แต่จะช่วยลดการเคลื่อนตัวทางข้างของดิน

2 มี Strain Gauge บางตัวที่ได้รับความเสียหายในขั้นตอนของการก่อสร้าง จนทำให้ต้องหยุดการตรวจวัดใน Section นั้นๆไป

วิธีการแก้ไข (ข้อเสนอแนะของคณะผู้จัดทำ) พิจารณาผลการตรวจวัดของชุดเครื่องมือ Strain Gauge ที่อยู่บริเวณข้างเคียงเป็นพิเศษ เมื่อพบว่าผิดปกติควรตรวจสอบหาสาเหตุให้พบ หากไม่แน่ใจอาจแก้ไขโดยการหยุดการกิจกรรมงานขุดชั่วคราว แล้วทำการ Preloaded ใน Strut ทันที

3 การตรวจวัดในบาง Section ได้ค่าแรงกระทำกับ Strut มากเกินความเป็นจริง (มากถึง 731 ตัน)

วิธีการแก้ไข (ข้อเสนอแนะของคณะผู้จัดทำ) ตรวจสอบหาสาเหตุให้พบว่าเกิดจากอะไร เช่น เกิดจากข้อผิดพลาดของการติดตั้ง การอ่านค่าที่ผิด หรืออุปกรณ์ตรวจวัดชำรุด โดยต้องตรวจสอบแล้วทำการแก้ไขให้รวดเร็วที่สุด

มหาวิทยาลัยนเรศวร