

วิทยานิพนธ์



เรื่อง

การออกแบบ SHEET PILE ด้วยคอมพิวเตอร์



เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมการก่อสร้าง)

พ.ศ. 2533

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี-
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้พิมพ์รายงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง



(อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการวัดผลการปฏิบัติงาน :

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สพจน์ ศรีนิล)

 กรรมการ

(อ.ดร. ศรีกริช หิรัญมาต)

 3/5/33 กรรมการ

(อาจารย์ วิบูลย์ วัฒนคุณ)

 กรรมการ

(อาจารย์ อำนวย นานิชกุลพงศ์)

 กรรมการ

(อ.ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

 กรรมการ

(อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ เกษม อมันตกุล)

 กรรมการ

(อาจารย์ ตักดิษฐ์ สถาณมวงศ์)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานนี้ ข้าพเจ้าได้รับความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล รวมทั้งคำชี้แนะต่าง ๆ ในการจัดทำโครงการวิจัยนี้ จากบุคคลต่าง ๆ จึงขอขอบพระคุณในความกรุณา มา ณ. โอกาสนี้

- อ. สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์ที่ปรึกษา
 - อ. วิบูลย์ วุฒินาน อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง
 - อ.ดร. ศรีกรีช หิรัญมาศ อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง
- เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง
เพื่อน ๆ และรุ่นน้อง

ภุมิพงค์ รุจาทรัพย์
วิมลพงษ์ รุจาทรัพย์
นักศึกษาผู้ประกาศ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญภาพ	ก
คำอธิบายสัญลักษณ์	ข
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของการออกแบบ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขต	2
บทที่ 2 เรื่องทั่วไป	
2.1 ประวัติการออกแบบ SHEET PILE	3
2.2 ประเภทของการวิเคราะห์	9
2.3 การออกแบบหน้าตัดของ SHEET PILE	16
2.4 Anchor System	26
บทที่ 3 รายละเอียดโครงการ	
3.1 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF SHEET PILE WALLS	31
3.2 ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม	42
บทที่ 4 สรุปและวิเคราะห์	
4.1 ตัวอย่างการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์	47
4.2 บทสรุปและวิเคราะห์	55
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุป	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตารางแสดง Steel sheelpiling section	ผ-ก1
ภาคผนวก ข. รายละเอียดการจัดข้อมูล	ผ-ข1
ภาคผนวก ค. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และตัวอย่างของผลลัพธ์	ผ-ค1

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 TYPE OF SHEET PILE WALLS	4
2.2 FAILURE MECHANISM IN SHEET PILE WALL	6
2.3 ตัวอย่าง EARTH PRESSURE ใน CANTILEVER SHEET PILING	8
2.4 การออกแบบ CANTILEVER SHEET PILING ใน GRANULAR SOILS	10
2.5 INITIAL EARTH PRESSURE สำหรับการออกแบบ CANTILEVER SHEET PILING จมใน COHESIVE SOIL ทั้งหมด	13
2.6 INITIAL EARTH PRESSURE สำหรับการออกแบบ CANTILEVER SHEET PILING ใน COHESIVE SOIL ผนกลับด้วย GRANULAR SOIL	15
2.7 EFFECT OF DEPTH OF PENETRATION ON PRESSURE DISTRIBUTION AND DEFLECTED SHAPE	17
2.8 แรงดันดินด้านข้างที่ใช้ในการออกแบบ ANCHORED SHEET PILING WALLs โดยวิธี FREE EARTH SUPPORT	19
2.9 MOMENT REDUCTION FACTOR ของ ROWE สำหรับการออกแบบ ANCHORED SHEET PILING WALL โดยวิธี FREE EARTH SUPPORT	21
2.10 การออกแบบ ANCHORED SHEET PILING WALL โดยวิธี EQUIVALENT BEAM	23
2.11 EQUIVALENT BEAM ตามแบบของ TSCHEBOTARIOFF	23
2.12 ANCHORAGE แบบต่าง ๆ	27
2.13 ความสามารถในการรับน้ำหนักของ DEADMAN	28
3.1 แสดงการลง P-X coding แยกเป็นแต่ละชั้นส่วน	33
3.2 แสดงแรงภายในชั้นส่วน และการเคลื่อนตัวของชั้นส่วนที่เกิดขึ้นบนคาน	35
4.1 การออกแบบ Sheet Pile ด้วยวิธี Free Earth Support	49
4.2 ก.แสดงรูปแบบการลง P-X coding สำหรับการออกแบบ Sheet Pile ด้วยคอมพิวเตอร์	51
ข.แสดงการลง P-X coding ของตัวอย่างที่ต้องการออกแบบ	51
4.3 ผลพิมพ์คอมพิวเตอร์ที่ได้จากการ Run โปรแกรม	55

คำอธิบายสัญลักษณ์

- C = Cohesion แรงยึดเหนี่ยวของดิน
 f_u = Allowable steel stress
 GWT = ระดับน้ำใต้ดิน
 H = ความสูงของ Sheet Pile เหนือ Dredge Line
 K_0 = Coefficient of Earth Pressure at Rest อาจใช้เท่ากับ 0.4 ในการออกแบบ deadman
 K_a = Coefficient of Active Earth Pressure
 K_a' = Coefficient of Active Earth Pressure ของดินต่ำกว่าระดับน้ำ
 K_p = Coefficient of Passive Earth Pressure
 K_p' = Coefficient of Passive Earth Pressure ของดินต่ำกว่าระดับน้ำ
 K_u = modulus of subgrade reaction
 q_u = unconfined compressive strength
 y = location of resultant force R
 α = มุมที่ Sheet Pile ทำมุมกับแนวราบ
 β = มุมที่ดินที่ผิวหน้าทำมุมกับตัวกำแพงกันดิน มีหน่วยเป็นองศา
 ϕ = angle of internal friction
 γ = unit weight of soil
 γ' = effective unit weight คำนวณจาก $\gamma' = \gamma - \gamma_w$
 δ = angle of friction between material
 μ = Flexibility Number
 l = ระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของ Sheet Pile ที่ระยะจากหัวเสา y
 PL = น้ำหนักด้านข้างทั้งหมดที่กระทำต่อ Sheet Pile
 D = ระยะจมของ Sheet Pile ในดินชั้นผิว บวกกับครึ่งหนึ่งของระยะจมในชั้นที่รับแรง

- z = ความลึกต่ำกว่าผิวดินเดิม
 q_u = unconfined compressive strength
 e = effective unit soil weight (moist unit weight) ที่เหนือระดับน้ำใต้ดิน และ submerged unit weight ที่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน)
 EI = Modulus of Elasticity x Moment of Inertia ของ Pile
 eh = น้ำหนักของดินถมกลับ และ Surcharge เหนือ Dredge Line
 T_{ult} = ความสามารถในการรับน้ำหนักของ Deadman
 P_p = แรงดันดินทางด้าน Passive
 P_a = แรงดันดินทางด้าน Active
 L = ความยาวของ Deadman
 H = ความสูงของ Deadman





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของการออกแบบ

ในปัจจุบันการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารโรงแรม สำนักงาน หรือศูนย์การค้า ในกรุงเทพมหานคร มักจะนิยมออกแบบให้มีห้องใต้ดิน หรือฐานรากลึกไปจากผิวดิน เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่ได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นระหว่างงานก่อสร้างจำเป็นที่จะต้องขุดดินลึกลงไปในพื้นที่ จึงจำเป็นที่จะต้องมีระบบในการป้องกันมิให้ดินผนังทลายลงมาระบบกำแพงกันดินที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในกรุงเทพฯ มักจะเป็นกำแพงประเภทค้ำยัน ซึ่งเป็นระบบที่ใช้การตอก Sheet Pile เป็นตัวกำแพงรอบบริเวณขุด และติดตั้งค้ำยันต่อตัวกำแพงในระหว่างการก่อสร้างงาน Substructure หรือโครงสร้างใต้ดิน

ในปัจจุบันการออกแบบ SHEET PILE ยังต้องใช้การคำนวณด้วยมืออยู่ ซึ่งมีความยุ่งยาก และเสียเวลาค่อนข้างมากในการที่จะทำการออกแบบ และวิเคราะห์ระบบกำแพงกันดิน ดังนั้นการที่เราจะนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ จึงเป็นการที่จะช่วยวิศวกรในการออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์

เนื่องจากในปัจจุบัน การวิเคราะห์ออกแบบ SHEET PILE ด้วยคอมพิวเตอร์ ยังไม่นิยมแพร่หลาย และมักมีใช้กับเครื่อง MAIN FRAME ซึ่งไม่เหมาะกับสภาพปัจจุบัน ที่มีความต้องการในการออกแบบ SHEET PILE ในเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้ ในโครงการพิเศษ ตามหลักสูตรของภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการริเริ่มที่จะได้นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มาใช้ในการแก้ปัญหาในทางวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับในโครงการพิเศษหัวข้อการออกแบบ SHEET PILE ด้วยคอมพิวเตอร์นี้ มีจุดประสงค์ที่จะเป็นตัวอย่างหนึ่งที่ใช้วิธี FINITE ELEMENT มาใช้ในการวิเคราะห์ และออกแบบ โดยยกานำเอาคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมาช่วยในการทำงาน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สำหรับในการจัดทำโครงการนี้ วัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเป็นตัวอย่างในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม โดยเฉพาะทางด้านปฐพีกลศาสตร์ ซึ่งจะสามารถที่จะทำการแก้ปัญหาได้รวดเร็วกว่าทำการคำนวณเอง สำหรับการใช่วิธี FINITE ELEMENT ในการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ในประเทศไทย ยังไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนัก แต่มีอยู่บ้างที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ MAIN FRAME ซึ่งไม่สะดวกมากนักสำหรับงานภาคเอกชนที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาเครื่อง MAIN FRAME ดังนั้นจึงหวังว่าจะเป็นจุดริเริ่มในการที่จะนำเอาวิธี FINITE ELEMENT มาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

1.4 ขอบเขตของโครงการ

ในการจัดทำโครงการนี้ ใช้ได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 BIT ในระบบ MS-DOS ใช้กับแผ่น diskette 5" 1/4 " DS DD (360K) โดยการเขียนโปรแกรมได้ใช้ภาษาปาสคาล และใช้ TURBO PASCAL VERSION 5.0 เป็น Editor และได้ทำการ COMPILE เป็นสกุล EXE เพื่อให้สามารถเรียกใช้ได้จาก SYSTEM สำหรับโปรแกรมนี้ จะใช้วิธีการสร้างเมตริกซ์ต่าง ๆ เพื่อทำการแก้ปัญหาเรื่อง Sheet Pile ซึ่งจะมีเลขจำนวนจริง ทศนิยมสูงสุดในการแสดงคำตอบได้กำหนดไว้เพียง 5 ตำแหน่ง ทำให้ค่าที่ได้อาจผิดพลาดได้บ้างเล็กน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

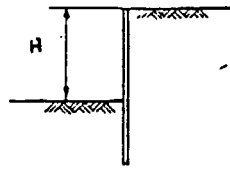
เรื่องทั่วไป

2.1 เรื่องทั่วไป

2.1.1 แบบของ Sheet Piling Walls

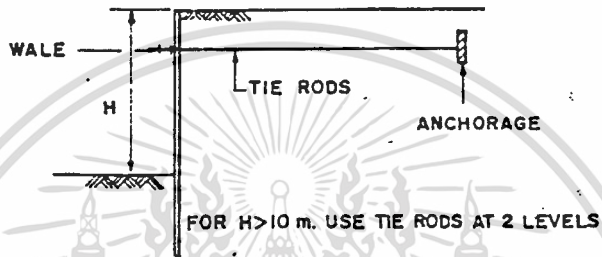
แบบของ Sheet Pile Walls ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 4 แบบคือ

1. Cantilever Sheet Piling Sheet Pile ตอกฝังในดินรับแรงต้านด้านข้างแบบคานยื่น Sheet Piling Wall แบบนี้เหมาะสำหรับดินสูงไม่มาก (ประมาณ 3.00-4.50 เมตร) การเคลื่อนตัวของ Sheet Pile ทางด้านข้างค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับ Sheet Piling Walls แบบอื่น และการกัดเซาะของน้ำหน้า Sheet Piling Wall จะมีผลต่อความแข็งแรงมาก
 2. Anchored Sheet Piling รับแรงต้านด้านข้างโดยอาศัย Sheet Pile ส่วนที่จมอยู่ในดิน (Passive Earth Resistance) และแรงดึงใน Tie Rods Sheet Piling Wall แบบนี้เหมาะสำหรับดินสูงปานกลาง ถ้า Sheet Pile Wall สูงกว่า 10 เมตร ควรใช้ Tie Rod อย่างน้อยที่สองระดับ เพื่อจะลดความยาวของ Sheet Pile ส่วนที่จมดิน และ Stresses เนื่องจากโมเมนต์ตัดที่เกิดขึ้นใน Sheet Pile
 3. Sheet Piling Relieving Platform แท่นยกพื้นบนเสาเข็มรับน้ำหนักดิน หรือน้ำหนักอื่น ๆ เพื่อไม่ให้ก่อให้เกิดแรงต้านด้านข้างต่อ Sheet Pile เหมาะสำหรับในกรณีที่ทางรถ รถไฟ Crane วิ่งใกล้ ๆ กับ Sheet Piling Wall
 4. Cellular (Cofferdams) Sheet Piling ตอกต่อกันเป็นช่องในแต่ละช่องใส่ไว้ด้วย Granular Material หรือวัสดุอย่างอื่น เพื่อช่วยให้มีเสถียรภาพภายใต้แรงต้านด้านข้าง
- Sheet Piling Walls แบบต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

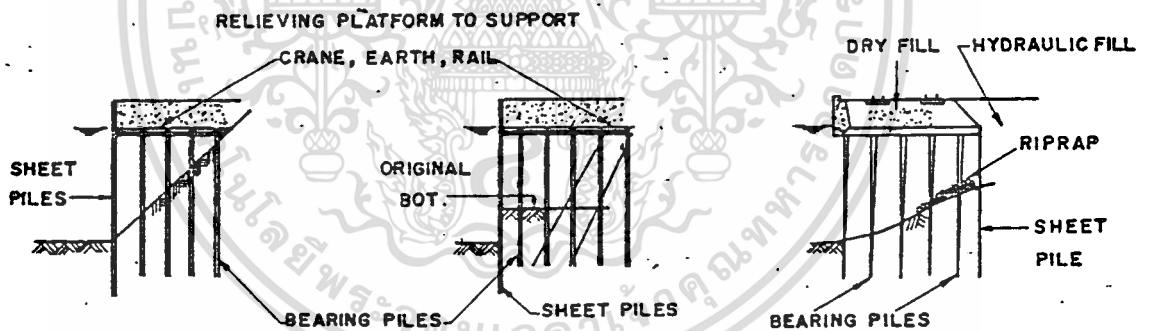


H = UP TO 3.00 4.50 m.

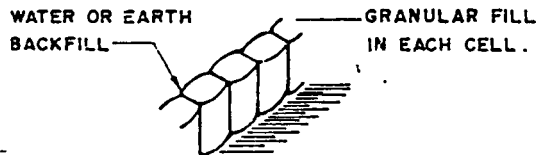
ก. CANTILEVER



ข. ANCHORED



ค. WITH RELIEVING PLATFORM



ง. CELLULAR (COFFERDAMS)

รูปที่ ๒.๑ TYPE OF SHEET PILE WALLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 Failure Mechanism in Sheet Pile

Sheet Pile ภายใต้แรงดันด้านข้างอาจ Fail ได้หลายแบบดังนี้ (ดูรูปที่

2.2)

1. Failure of Sheet Pile Structures เนื่องจากความแข็งแรงทางโครงสร้างของ Sheet Pile ไม่พอ ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งทางด้านโมเมนต์ดัด และทางด้านแรงเฉือน โดยทั่วไปการ Fail แบบนี้ไม่ค่อยเกิด

2. Failure of Tie Rod โอกาสที่ Tie Rod จะรับแรงดึงมากกว่าที่คำนวณไว้มีสูง ซึ่งอาจเนื่องมาจากแรงดันหลัง Sheet Pile เปลี่ยนไป หรือ Tie Rod ตัวติดกันหย่อน เนื่องจากการทรุดตัวของดิน เมื่อ Tie Rod ขาด จะทำให้ลักษณะการรับน้ำหนักของ Sheet Pile จะเพิ่มขึ้นมาก และ Sheet Pile เกิดการ Fail ในที่สุด

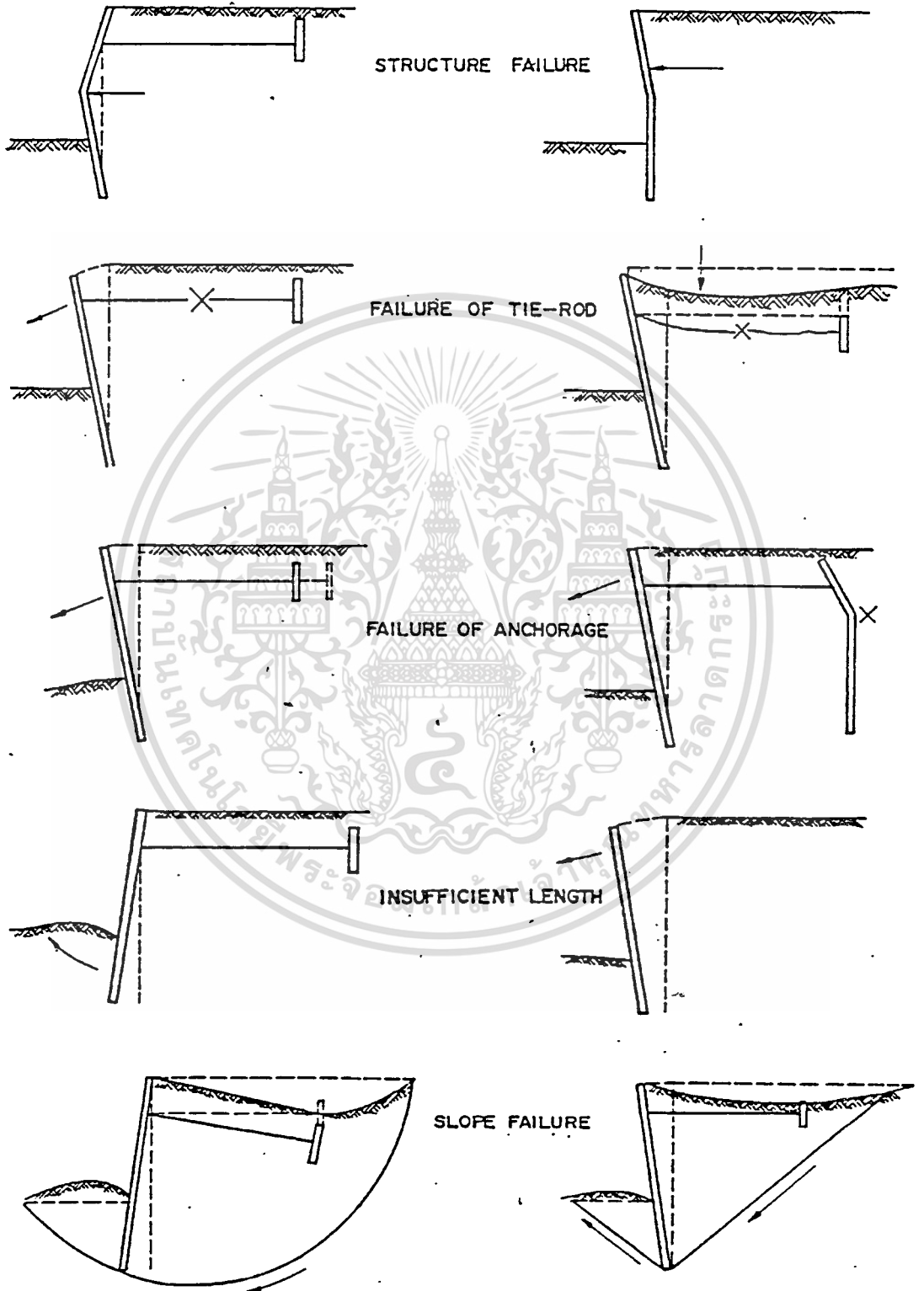
3. Failure of Anchorage Anchorage จะต้องรับแรงดึงใน Tie Rod ได้เพื่อจะให้ Sheet Pile รับน้ำหนักแบบ Anchored Sheet Pile Anchorage System อาจจะ Fail เนื่องจาก Anchorage ไม่แข็งแรงพอที่จะรับแรงดึงใน Tie Rod หรือ Anchorage ห่างจาก Sheet Pile ไม่พอ ซึ่งอยู่ใน Active Failure Zone ที่อาจจะเกิดหลัง Sheet Pile

4. Insufficient of Sheet Pile Length Sheet Pile จมดินลึกไม่พอ ซึ่งทำให้แรงดัน Passive ของดินหน้า Sheet Pile ต่ำกว่าที่จะรับแรงที่เกิดขึ้นได้

5. Slope Failure Slope ไม่เสถียรภาพ อาจเกิดขึ้นได้ 2 แบบ

ก. Massive Sliding การ Slide ของดินหลัง Sheet Pile โดยพาเอา Anchorage System ไปด้วย โดย Slip Surface ผ่านปลายของ Sheet Pile

ข. Overall Stability of Slope ซึ่งจะ fail โดยต้นเคลื่อนผ่านบริเวณที่ให้ความต้านทานน้อยที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นรูปโค้ง



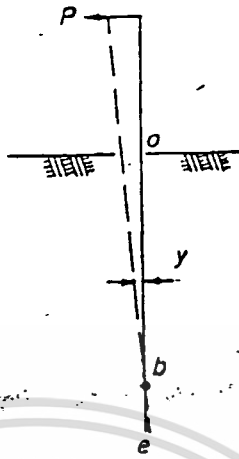
2.1.3 Lateral Pressure Against Sheet Piling Walls

แรงดันด้านข้างกระทำต่อกำแพง Sheet Pile มีดังนี้
 แรงดันดิน Active และ Passive Pressure
 แรงดันด้านข้าง เนื่องจาก Surcharge Load
 แรงดันน้ำด้านข้าง และ Seepage Pressure
 Mooring Pull, Ship Impact, ฯลฯ
 แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว Wave Pressure ฯลฯ

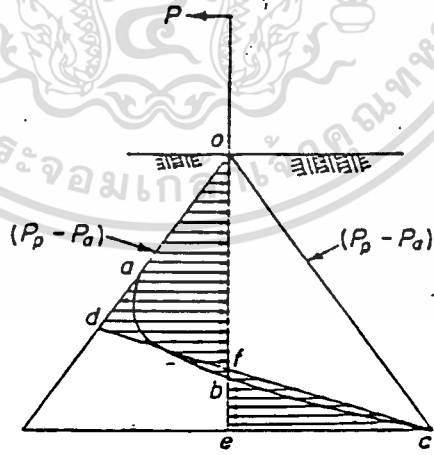
2.1.4 Cantilever Walls

Cantilever Sheet Piling Wall รับแรงดันข้างในลักษณะเดียวกับที่แสดงในรูปที่ 2.3 ในรูปเสาเข็มจมดินเมื่อรับแรงดันข้าง P ที่หัวเสาเข็ม เสาเข็มด้านบนจะเอียงไปในทิศของ P และด้านล่างจะเอียงไปทางด้านตรงกันข้าม จะมีจุดหนึ่งบนเสาเข็มซึ่งไม่เคลื่อนตัวเป็นจุดศูนย์กลางการหมุน Passive Earth Pressure จะเกิดขึ้น ด้านการเคลื่อนที่ของเสาเข็ม Pressure ด้านการเคลื่อนที่เท่ากับ Passive Pressure P_a - Active Pressure, P_p Cantilever Sheet Piling Wall รับแรงดันด้านข้างโดยอาศัย Passive Earth Pressure ทั้งสองด้านของ Sheet Pile

ขนาด และรูปแบบของแรงดันดินด้านข้างของ Cantilever Sheet Pile เมื่อรับแรงดันข้างใน Granular Soil และใน Cohesive Soil ไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน Cohesive Soil แรงดันดินเปลี่ยนไปตามเวลา ซึ่งทำให้วิธีการออกแบบ Cantilever Sheet Pile ในดินทั้งสองชนิดไม่เหมือนกัน



ก. DEFLECTION OF PILE UNDER LATERAL LOAD



ข. EARTH PRESSURE DISTRIBUTION

รูปที่ ๒.๓ ตัวอย่าง EARTH PRESSURE บน CANTILEVER SHEET PILING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.2 ประเภทการวิเคราะห์

2.2.1 การออกแบบ Cantilever Sheet Piling ใน Granular Soils

Cantilever Sheet Piling ใน Granular Soil อาจอาศัยการสมมุติรูปแบบของแรงดันดินด้านข้างให้การคำนวณง่ายยิ่งขึ้น ตามรูปที่ 2.4 ดินที่รับแรงใน Sheet Pile เป็นดินเม็ดคุณสมบัติเหมือนกันตลอดความยาวของ Sheet Pile ในกรณีที่ดินมีคุณสมบัติไม่คงที่ หลักการนี้ก็ยังใช้ในการออกแบบ แต่ใช้คุณสมบัติของดินตามแต่ละชั้น

การออกแบบจะกระทำดังนี้ (ดูรูป 2.4 ก.)

(1) สมมุติความยาวของ Sheet Pile ส่วนที่จมดิน ความลึกของ Sheet Pile ตามตารางข้างล่างอาจใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการคำนวณ

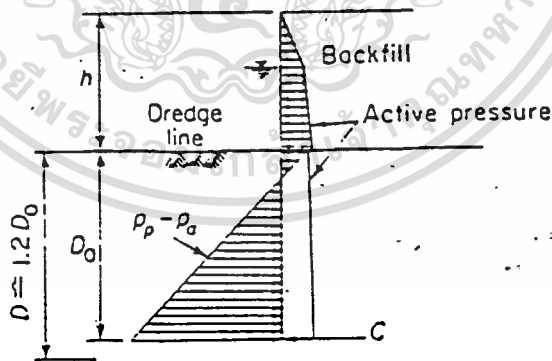
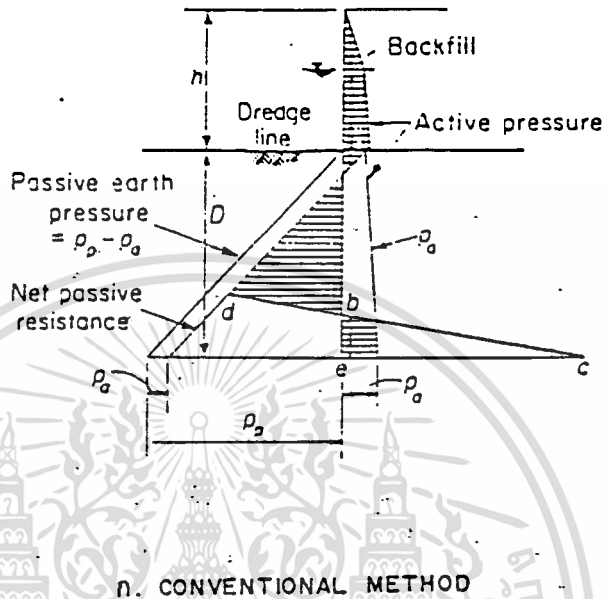
ตารางที่ 2.1 แสดงค่า Depth of Penetration สำหรับเริ่มต้นออกแบบ

Standard Penetration Resistance, N Blow/Foot	Relative Density of Soil, D _r	Depth of Penetration *
0-4	Very loose	2.0 H
5-10	Loose	1.5 H
11-30	Medium dense	1.25 H
31-50	Dense	1.0 H
50 ⁺	Very Dense	0.75 H

+ H = ความสูงของ Sheet Pile เหนือ Dredge Line

(2) หาแรงดันดินด้านข้าง ทั้งทางด้าน passive และ Active ทางด้าน Passive ใช้ Effective Weight ของดินในการหา Passive Pressure

(3) แรงกระทำบน Sheet Pile Wall ต้องอยู่ในสมดุลง่าย รูปที่ 2.5 แสดงแรงที่กระทำบน Sheet Piling Wall ผลรวมของแรงทั้งหมดในแนวราบ และผลรวมของโมเมนต์รอบจุดใด ๆ ต้องเท่ากับศูนย์



ข. SIMPLIFIED METHOD

รูปที่ ๒.๔ การออกแบบ CANTILEVER SHEET PILING ใน GRANULAR SOILS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากผลรวมของแรงในแนวราบจะได้

$$Z = \frac{KpD^2 - Ka(H+D)^2}{(Kp-Ka)(H+2D)}$$

รวมโมเมนต์ของแรงรอบจุด F โมเมนต์รอบ F ต้องเท่ากับ 0 ถ้าไม่เท่า แสดงว่าระยะความลึกของ Sheet Pile ที่จมดิน(D) ไม่ถูกต้อง ต้องปรับค่าของ D จนได้โมเมนต์รอบ F เท่ากับ 0 ระยะนี้จะเป็นระยะจมของเข็มเฟัด ซึ่งให้แรงกระทำทั้งหมดบน Sheet Piling Wall อยู่ในสมดุลย์พอดี

(4) เพิ่มระยะจมของ Sheet Pile จากที่คำนวณอีกประมาณ 20-40 % การเพิ่มนี้จะให้ Factor of Safety ประมาณ 1.5 ถึง 2.0 อีกวิธีที่จะได้ Factor of Safety ตามต้องการ คือใช้ Allowable Passive Earth Pressure Coefficient ประมาณ 50 - 70 % ของ Ultimate Passive Resistance

(5) หาโมเมนต์ดัดที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นใน Sheet Pile ซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณที่จุดที่แรงเฉือนเป็น 0 ก่อนที่จะเพิ่มระยะจมของ Sheet pile

การเคลื่อนตัวของ Sheet Pile ภายใต้อิทธิพลของแรงดันด้านข้าง อาจประมาณได้โดยสมมติให้ Sheet Pile ตรงที่ระยะ D/2 รับน้ำหนักแปรตามความลึก ซึ่งจะได้

$$l = \frac{Pt}{60EI l^2} (y^5 - 5l^4 y + 4l^5)$$

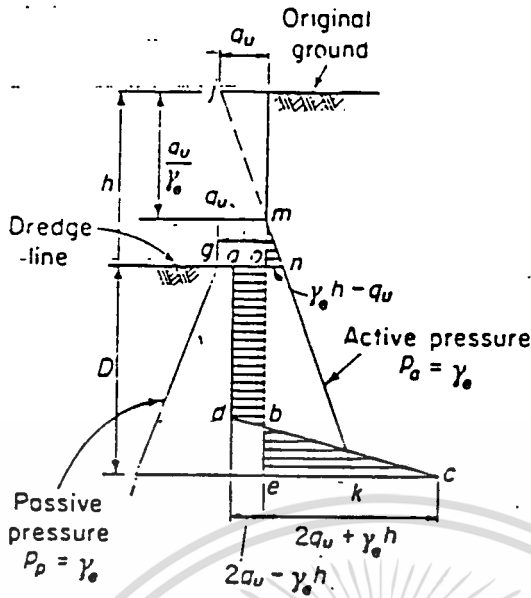
โดยที่ l = ระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของ Sheet Pile ที่ระยะจากหัวเสา y

Pt = น้ำหนักด้านข้างทั้งหมดที่กระทำต่อ Sheet Pile

l = $H + 0.5 D$

H = ความสูงของ Sheet Pile เหนือ Dredge Line

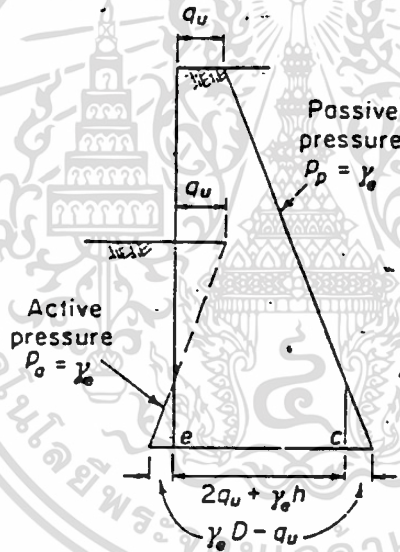
D = ระยะจมของ Sheet Pile ในดินชั้นผิว บวกกับครึ่งหนึ่งของระยะจมในชั้นที่รับแรง



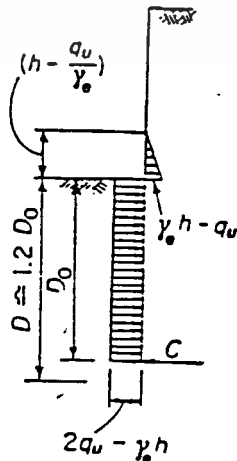
QU = UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH OF CLAY

RE = EFFECTIVE UNIT WEIGHT OF CLAY

ก. INITIAL EARTH PRESSURE



ข. MAXIMUM PASSIVE EARTH PRESSURE



ค. SIMPLIFIED EARTH PRESSURE DISTRIBUTION

เอกสารนี้รูปที่ ๒.๕ สำหรับใช้ในการออกแบบ Cantilever Sheet Piling ในดินเหนียวที่ไม่มีการคายน้ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อมูลเชิงเทคนิคที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

INITIAL EARTH PRESSURE สำหรับการออกแบบ CANTILEVER SHEET PILING

ในดินเหนียวที่ไม่มีการคายน้ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ในการออกแบบ แบบ Simplified ขึ้นตอนการออกแบบเหมือนกับที่กล่าวข้างต้น แต่ Passive Earth Pressure สมมติให้มีทางด้านเดียวของ Sheet Pile และอีกด้านหนึ่งเป็น Active Earth Pressure ตามรูป 2.4 ข.

2.2.2 การออกแบบ Cantilever Sheet Piling ใน Cohesive Soils

Cantilever Sheet Piling Walls ใน Cohesive Soils ที่พบมีอยู่ 2 แบบ คือ Sheet Piling Walls ที่อยู่ในดินเหนียวทั้งหมด และที่ตอกจมในดินเหนียวแต่ถมกลับด้วยทราย ซึ่งแรงดันทั้งสองกรณีไม่เหมือนกัน

(1) Cantilever Sheet Piling ที่อยู่ในดินเหนียวทั้งหมด Strength ของ Clay เปลี่ยนไปตามเวลา จึงทำให้แรงดันดินด้านข้างเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งในการออกแบบจะต้องคำนึงถึง

เมื่อก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ แรงดันดินด้านข้างอาจประมาณโดยใช้ undrained strength ของ Clay ทั้งนี้โดยสมมติให้ Strength ของ Clay ได้จาก Cohesion อย่างเดียว ไม่คิด internal friction ค่า Cohesion ที่ใช้ เท่ากับครึ่งหนึ่งของ unconfined compressive strength, q_u การออกแบบ แบบนี้เรียกว่า แบบ $\phi = 0$

รูปที่ 2.5 แสดง initial Earth Pressure สำหรับ Sheet Piling ที่จมอยู่ใน Cohesive Soil ตลอดความยาว

จาก $K_a = K_p = 1$ เมื่อ $\phi = 0$ Passive Earth Pressure ด้านซ้ายของ Sheet Pile มีค่าดังนี้

$$P_p = \gamma_e(Z - H) + q_u$$

Active Earth Pressure ทางด้านขวา

$$P_a = \gamma_e Z - q_u$$

โดยที่ Z = ความลึกต่ำกว่าผิวดินเดิม

$$q_u = 2C = \text{unconfined compressive strength}$$

γ_e = effective unit soil weight (moist unit weight) ที่เหนือระดับน้ำใต้ดิน และ submerged unit weight ที่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน)

Negative Earth Pressure ใน Tension Zone ไม่นำมาคิด เนื่องจาก อาจเกิด Tension Crack ในส่วนบนของดิน

Sheet Pile ส่วนที่จมดินส่วนบนเลื่อนตัวไปทางซ้าย เนื่องจาก slope ของ Earth Pressure ทางด้าน Active และทางด้าน Passive เท่ากัน ($K_a = K_p$) แรง ลัพธ์ของแรงดันดินที่ต่ำกว่า Dredge Line คงที่

$$P_p - P_a = 2q_u - \gamma_e H$$

Sheet Pile ส่วนที่จมดินส่วนล่างเลื่อนตัวไปทางขวา แรงลัพธ์ของแรงดัน หาได้ดังนี้ (ดูรูป 2.5 ข.)

$$P_p - P_a = 2q_u + \gamma_e H$$

แรงลัพธ์ของแรงดันข้างทั้งหมด แสดงอยู่ในรูปที่ 2.5 ก. ซึ่งอาจจะทำให้ ง่ายในการออกแบบ โดยใช้ตามรูปที่ 2.5 ค.

การออกแบบเหมือนกับการออกแบบ Sheet Piling ใน Granular Soil คือ หาระยะจมที่ทำให้ Sheet Piling Wall อยู่ในสภาวะสมดุลย์ และเพิ่มระยะจมอีก 20 - 40 % เพื่อเป็น Factor of Safety

ดังที่กล่าวข้างต้น คุณสมบัติของ Cohesive Soil เปลี่ยนไปหลังจากเมื่อ ก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ คือ ค่า C และ ϕ เปลี่ยนไป ค่า C และ ϕ ขึ้นสุดท้ายประมาณได้ ยาก และมีแนวโน้มว่าขึ้นสุดท้าย ค่า C เข้าใกล้ 0 และค่า ϕ เท่ากับที่หาได้จาก Triaxial Test ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเพียงพอ อาจสมมติให้

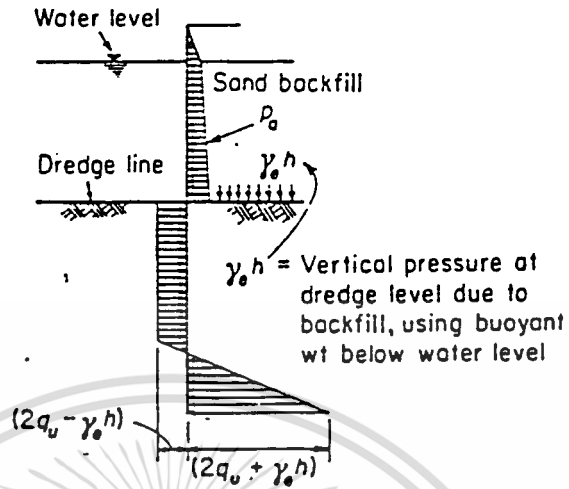
$$C = 0$$

$$\text{และ } \phi = 27$$

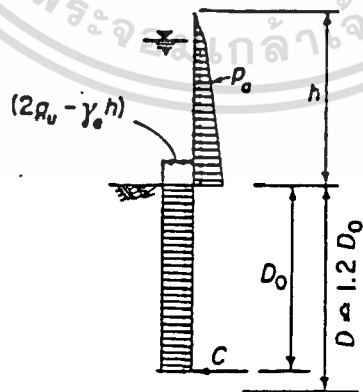
และ ออกแบบเหมือน Sheet Piling ใน Granular Soils

(2) Cantilever Sheet Piling ใน Cohesive Soil ต่ำกว่าระดับ Dredge Line และถมกลับด้วย Granular Material เหนือ Dredge Line

ออกแบบเหมือนกับ Cantilever Sheet Piling ที่จมใน Cohesive Soil ทั้งหมด แต่ใช้แรงดันดินด้านข้างต่างกัน ดังแสดงในรูป 2.6



ก. CONVENTIONAL METHOD



ข. SIMPLIFIED METHOD

2.2.3 Anchored Sheet Piling Wall

Anchored Sheet Piling รับแรงดันด้านข้างโดยอาศัย Passive Earth Pressure ทางด้านหน้าของ Wall และแรงดึงใน Tie Rod และ Anchorage System ทางด้านหลังของ Wall ความแข็งแรง และเสถียรภาพของ Anchorage Sheet Piling Wall ขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น

- Relative Stiffness ของ Piling
- ระยะจุม
- Relative Compressibility ของ Soil
- การเคลื่อนตัวของ Anchorage System

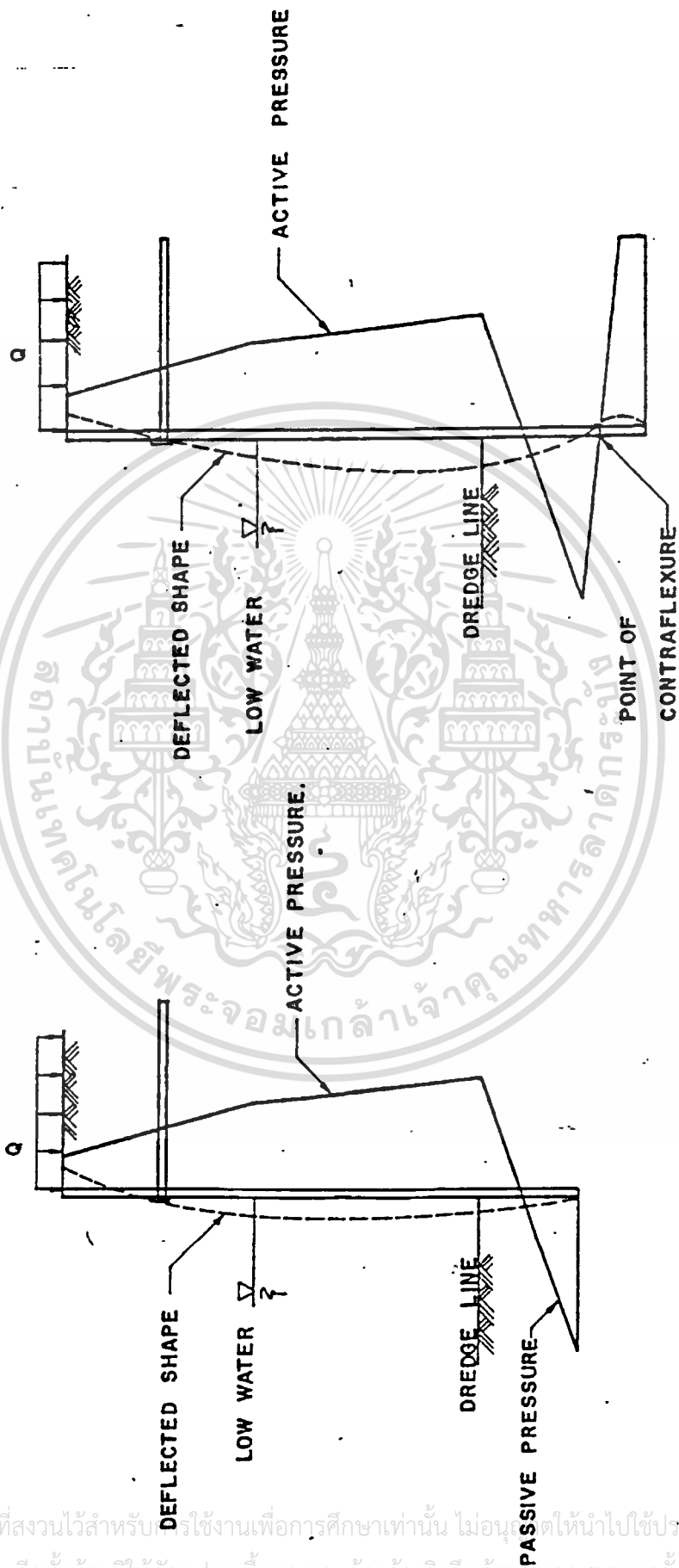
ลักษณะการรับแรงดันด้านข้างของ Sheet Pile ขึ้นอยู่กับระยะจุมของ Pile ในกรณีที่ระยะจุมน้อย Passive Earth Pressure ที่เกิดขึ้น ไม่พอที่จะรับแรงดันดินหลัง Sheet Piling Wall ปลายด้านล่างของ Sheet Pile จะเคลื่อนตัว เมื่อระยะจุมมากขึ้นเรื่อย ๆ ไปถึงจุดหนึ่ง Passive Earth Pressure จะพอรับแรงดันดินได้พอดี ในกรณีนี้ปลายล่างของ Sheet Pile จะไม่เคลื่อนตัว ซึ่งเทียบได้กับกรณี Free Earth Support ในรูปที่ 2.7 ก.

เมื่อเพิ่มระยะจุมของ Sheet Pile อีก ปลายของ Sheet Pile ภายใต้แรงดันของดินจะเคลื่อนตัวไปทางด้านหลังของ Sheet Pile ทำให้เกิด Passive Earth Pressure ทางด้านนั้น ซึ่งถ้าความยาวลึกลงมากพอ Sheet Pile จะเทียบได้กับ Pile Fixed ในดินที่จุดหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.7 ข.

2.3 การออกแบบหน้าตัดของ SHEET PILE

การออกแบบหน้าตัดของ Sheet Pile ที่ใช้กันอยู่มีหลายวิธี

- Free-earth Support Method (อาจจะ Modify โดยทฤษฎีของ Rowe)
- Free Earth Support Method
- Discrete Element Method
- Finite Element Method



ก : FREE EARTH SUPPORT

ข : FIXED EARTH SUPPORT

EFFECT OF DEPTH OF PENETRATION ON PRESSURE DISTRIBUTION AND DEFLECTED SHAPE

2.3.1 Free-earth support Method

ในวิธี Free-earth Support Method Sheet Pile สมมติให้ Rigid และที่ Failure หมุนรอบตัวเองที่ระดับของ Tie Rod ซึ่ง Passive Earth Pressure เกิดหน้า Sheet Pile และ Active Pressure เกิดด้านหลัง รูปที่ 2.8 แสดงแรงดันที่เกิดขึ้นใน Sheet Pile ที่ใช้ในการออกแบบโดยวิธี Free-earth Support

การออกแบบกระทำดังนี้

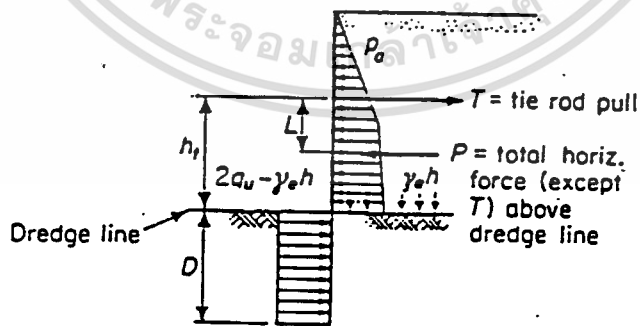
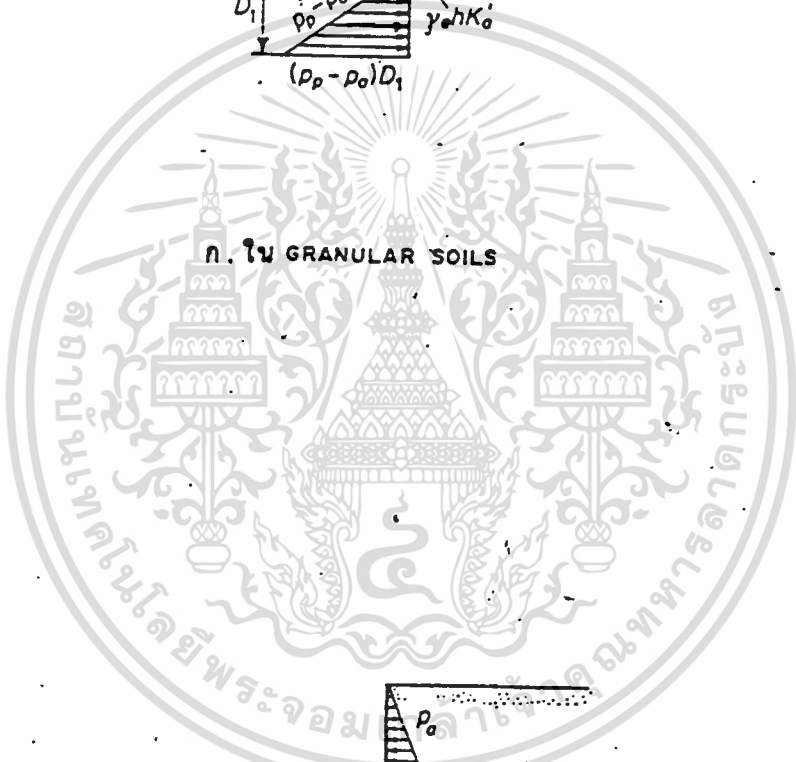
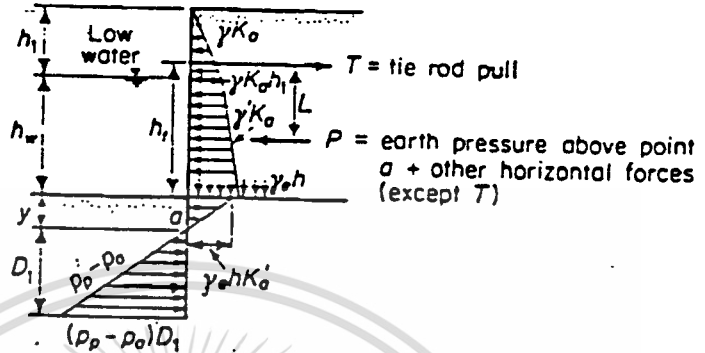
สำหรับ Sheet Piling Wall ใน Granular Soils

- (1) เลือกค่า Active และ Passive Earth Pressure ที่เหมาะสม
- (2) หาความดันในแนวตั้งเนื่องจากน้ำหนักกวดทับ และ Surcharge ที่ Dredge , γ_h
- (3) หาจุดที่ Pressure เป็น 0 , $y = \frac{\gamma_h K_a'}{(P_p - P_a)}$
- (4) รวมโมเมนต์ที่ระดับของ Tie Rod

$$LP - \frac{1}{2}(P_p - P_a)D_1^2 (h_c + y + 2D_1) = 0$$
 หาค่าของ D_1
- (5) หาแรงดันใน Tie Rod

$$T = P - \frac{1}{2}(P_p - P_a)D_1^2$$
- (6) หาโมเมนต์ตัด และแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นใน Sheet Pile
- (7) เลือกหน้าตัดของ Sheet Pile ที่รองรับโมเมนต์ตัด และแรงเฉือนสูงสุดได้
- (8) เพิ่ม D_1 อีก 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเผื่อไว้สำหรับความปลอดภัย หรือ อาจจะลด Passive Earth Pressure ในขั้นตอน 3 หรือ 4

สำหรับ Sheet Piling ใน Cohesive Soils และถมกลับด้าน Granular Soils ขั้นตอนในการออกแบบก็เหมือนข้างต้น ต่างกันเพียง Passive Earth Pressure ที่ด้านแรงดันด้านข้างหน้า Sheet Pile ควรใช้ตามรูปที่ 2.8 ข.



รูปที่ ๒.๘ ข. ใน COHESIVE SOILS ผนกลับด้วย GRANULAR MATERIALS

แรงค้ำด้านข้างที่ใช้ในการออกแบบ ANCHORED SHEET PILING WALLS โดยวิธี FREE EARTH SUPPORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sheet piling จริงไม่ตรงกับสมมติฐานที่ใช้ในการออกแบบโดยวิธีนี้ ตัวอย่าง เช่น Sheet Pile ไม่ rigid และ Earth Pressure ไม่เป็นไปตาม Hydrostatic Distribution องค์ประกอบที่มีผลต่อแรงที่เกิดใน Sheet Pile มากคือ

สำหรับ Anchored Sheet Piling ใน Granular Soils .

- (1) Relative Density ของ Soil
- (2) Relative Flexibility ของ Pile ซึ่งอาจจะบอกได้ในเทอมของ Flexibility Number

$$\rho = \frac{H^4}{EI}$$

(สำหรับ หน่วย SI จะใช้ $\rho = \frac{1113 H^4}{EI}$)

โดยที่ H = ความสูงทั้งหมดของ Pile

EI = Modulus of Elasticity x Moment of Inertia
ของ Pile

สำหรับ Anchored Sheet Piling ใน Cohesive Soils ผนกลับด้วย Granular Material

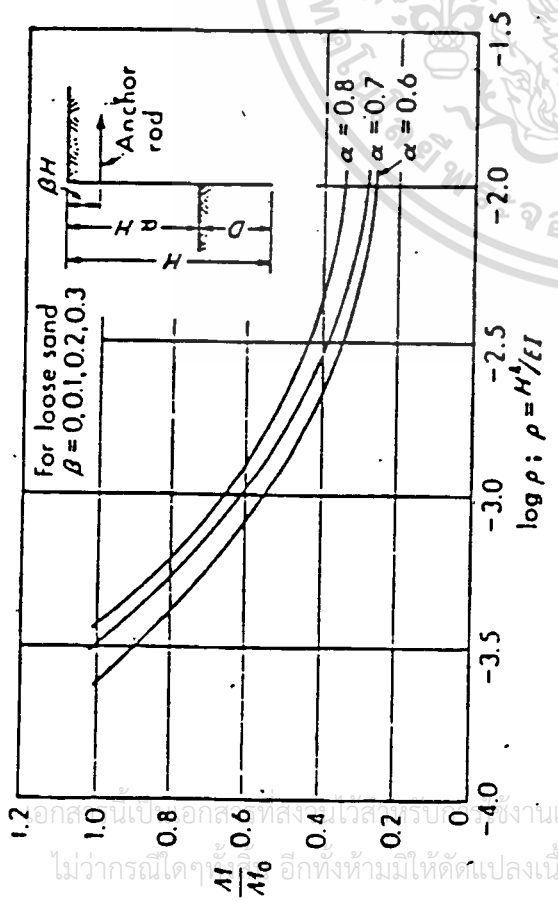
- (1) Stability Number

$$S = \frac{C}{\gamma_{eh}} \sqrt{\frac{1+C_a}{c}} = 1.25 \frac{C}{\gamma_{eh}}$$

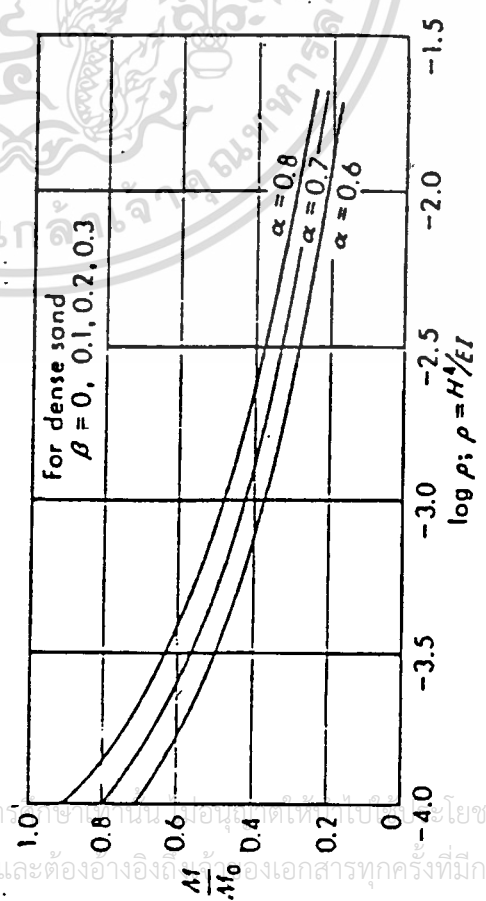
- (2) Flexibility Number

$$\rho = \frac{H^4}{EI}$$

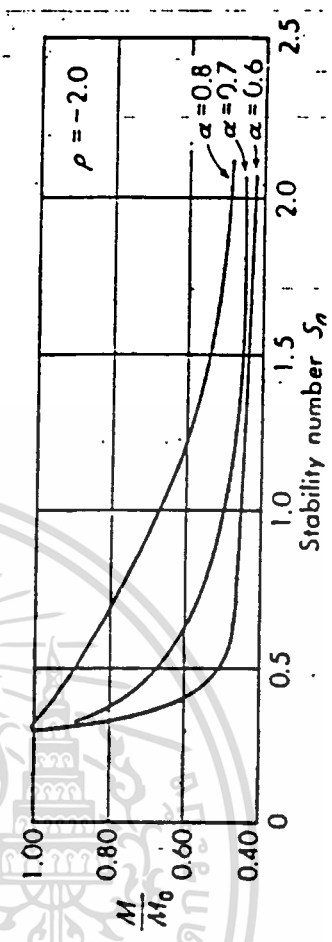
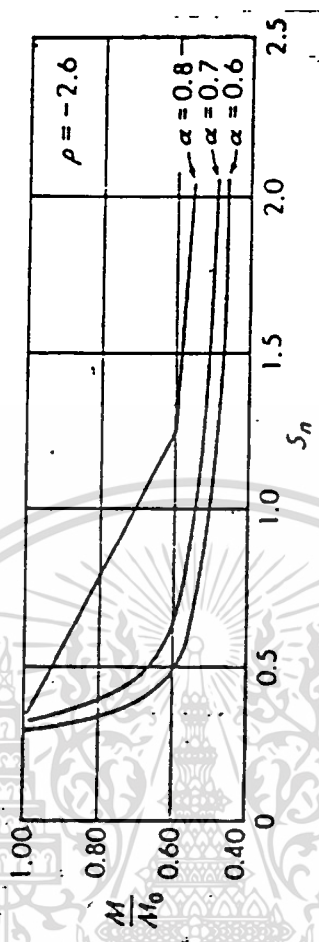
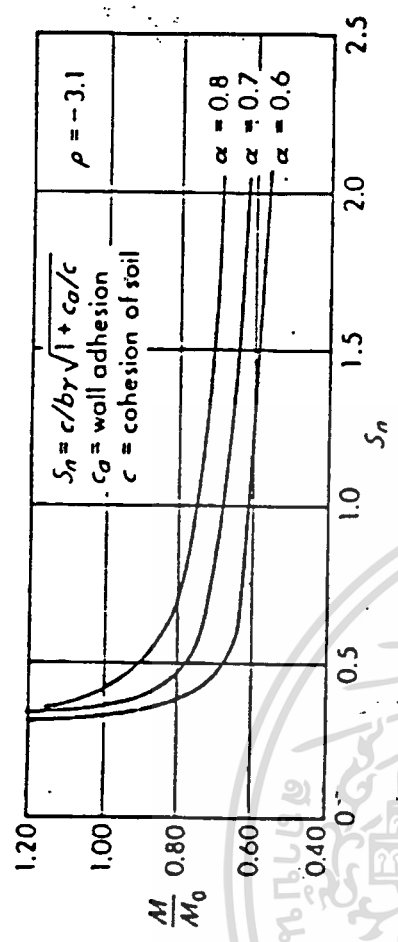
(3) ความสูงของ Sheet Pile เหนือ Dredge Line เมื่อเทียบกับ ความยาวทั้งหมดของ Sheet Pile



For $\rho < -3.0$, increase M/M_0 by 10 percent



๗. SHEET PILES IN SAND



๘. SHEET PILES IN CLAY

Rowe ใ้ใช้ Moment Reduction ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังกล่าว ตามรูป 2.9 Moment Reduction ของ Rowe ควรใช้สำหรับ uniform Medium-dense to Dense Silty Sand หรือ Sand Deposits ไม่ควรใช้สำหรับ Sheet Pile ตกใน loose silty-sand deposit หรือ Clay

2.3.2 Fixed Earth Support Method

ในวิธีนี้สมมติให้ตอก Sheet Pile ลงไปในดินลึกพอที่จะรับแรงดันดินเพื่อให้ Sheet Pile ที่จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งการหาแรงใน Sheet Pile อาจใช้วิธี Beam บน Elastic Foundation แต่ค่อนข้างจะยาก โดยทั่วไปอาจทำได้โดยเพิ่มสมมติฐานให้ง่ายต่อการคำนวณดังนี้ (ดูรูป 2.10)

- (1) แรงดันดินด้านข้างอาจหาได้โดยทฤษฎีของ Rankine หรือ Coulomb
- (2) Sheet Pile ไม่เคลื่อนที่ทางด้านข้าง และหมุนรอบตัวเองได้ที่ระดับ Tie Rod
- (3) ตำแหน่งของจุดตัดกลับของ Sheet Pile ,b ขึ้นอยู่กับ angle of internal friction, ของดินถมกลับหลัง Sheet Piling Wall ตามรูปที่ 2.10 จ.
- (4) แรงต้านทานของดิน แทนได้ด้วย Pressure Diagram สามเหลี่ยม Ode และ Concentrated Reaction C ตามรูป 2.10 ง.

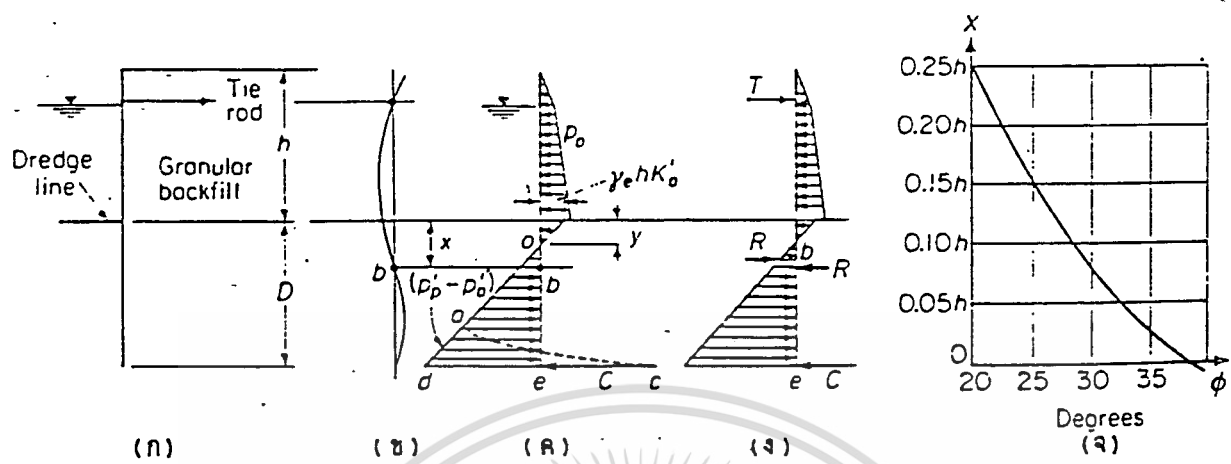
ซึ่งสามารถออกแบบได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) เลือกค่าของ Earth Pressure ที่เหมาะสม
- (2) หาคความลึกของจุดที่ Earth Pressure เป็น 0 โดย

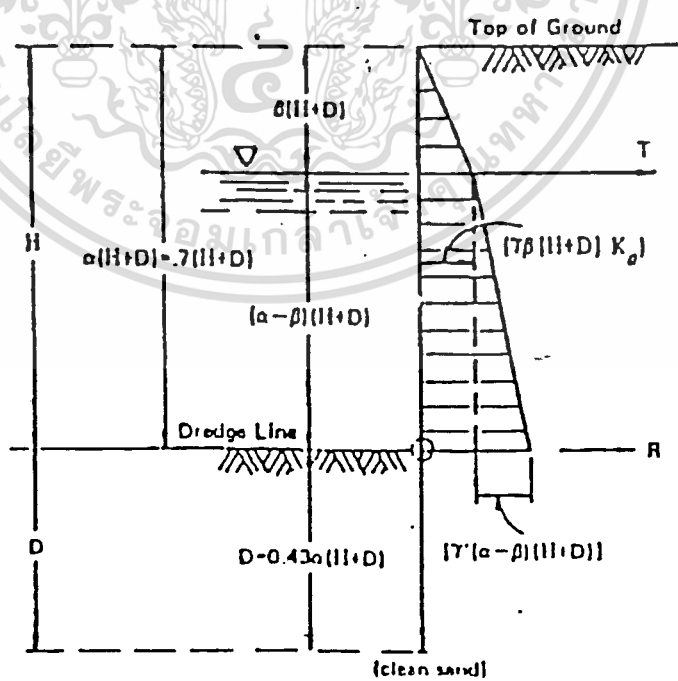
$$y = \frac{\gamma_{eh}Ka'}{Pp' - Pa'}$$

โดยที่ γ_{eh} = น้ำหนักของดินถมกลับ และ Surcharge เหนือ Dredge Line
 Ka' = Coefficient of Active Earth Pressure ของดินต่ำกว่า Dredge Line

- (3) หาจุดตัดกลับของ Sheet Pile โดยใช้ Chart รูปที่ 2.10 จ.



รูปที่ ๒.๑๐ การออกแบบ ANCHORED SHEET PILING WALL โดยวิธี EQUIVALENT BEAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ ๒.๑๐ EQUIVALENT BEAM ตามแบบของ TSCHEBOTARIOFF สำหรับการคำนวณการออกแบบ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (4) ทหารแรงเฉือนในแนวราบ, R ที่จุดตัดกลับของ Sheet Pile , b
 R เป็นแรงปฏิกิริยาตามแนวราบที่จุด b และคิดว่า Sheet Pile เป็น
 Simple Beam รองรับที่ b และที่ระดับ Tie Rod
- (5) คิดส่วนล่างของ Sheet Pile b_e เป็น Simple Beam และหาความ
 ยาว b_e โดยใช้โมเมนต์รอบ e เท่ากับ 0
- (6) ระยะจม D เท่ากับผลบวกของความยาว b_e และ x เพื่อใช้สำหรับ
 Factor of Safety โดยใช้
- ก) เพิ่มความยาว D อีก 20-40 %
- ข) ลดค่า Pp' โดยใช้ Factor of Safety 1.5-2.0

วิธีนี้เรียก Equivalent Beam Method และใช้ได้เฉพาะ Sheet Pile
 ที่ตอกใน Granular Soil เท่านั้น

โดยทั่วไป จุดตัดกลับ b และจุดที่ Earth Pressure เท่ากับศูนย์อยู่ใกล้กัน
 ในการออกแบบ สมมติให้ $x = y$ ซึ่งในกรณีนี้จะได้ระยะจมนั่งนี้

$$D = y + \sqrt{\frac{6R}{P'p - P'a}}$$

โดยที่ $y =$ ระยะจาก Dredge Line ถึงจุดที่ Earth Pressure เท่ากับ 0
 $R =$ แรงปฏิกิริยาด้านทั้งที่ 0 โดยสมมติให้ Sheet Pile รับแรงเป็น
 Simple Beam รองรับที่ 0 และที่ระดับ Tie Rod

$P'p, P'a =$ Passive และ Active Earth Pressure ในดินที่ต่ำกว่า
 Dredge Line

อาจใช้ Equivalent Beam ให้ง่ายขึ้นตาม Tschebotarioff ดังแสดง
 ในรูปที่ 2.11 วิธีนี้สมมติให้ Sheet Pile เป็น hinge ที่ Dredge Line และความลึก
 ของระยะจมนั่งเท่ากับ $0.43 \alpha(H+D)$

2.3.3 Discrete Element Method

ในปัจจุบัน การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบโครงสร้างเป็นไปอย่างแพร่
 หลาย ทั้งในระดับ Main Frame จนถึงระดับ personal Micro-computer โปรแกรม
 ทางโครงสร้างที่ใช้กันอยู่นี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ Anchored Sheet
 Piling Wall ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาใบใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนที่จะเริ่มต้นจากการสมมุติรูปแบบของการรับน้ำหนักของ Sheet Pile ก่อน เช่น เป็น Free-earth Support หรือ Fixed Earth Support Anchored Sheet Pile อาจแทนได้ด้วย Discrete Element สั้น ๆ โดยสมมุติให้ Discrete Element เหล่านี้ รับได้ทั้งโมเมนต์ดัด และแรงเฉือน Competible ที่ Nodal Points ทั้งทางด้าน Translation และ Rotation (คือเป็น Frame Element) แรงด้านข้าง และ Interaction ระหว่าง Sheet Pile และ Soil Support รวมมากกระทำที่ Nodal Points

แรงที่ได้ในการออกแบบ Sheet Pile จะถูกต้องหรือไม่ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการแทนแรงด้านข้าง และ Interaction ระหว่าง Sheet Pile และ Soil Support

Bowles แนะนำวิธีการออกแบบโดยวิธีดังนี้

(1) สมมุติตามแรงของระยะจุมของ Sheet Pile กำหนด Nodal Points บน Sheet Pile จำนวน Element มาก ให้ค่าละเอียดมากกว่าจำนวน Element Nodal

(2) หา Lateral Soil Pressure จากระดับดินถมจนถึง Dredge Line โดยใช้ทฤษฎีของ Coulomb (หรือ Rankine) รวม Soil Pressure มาลงที่ Nodal Points

(3) หา Modulus of Subgrade Reaction ในดินที่ต่ำกว่า Dredge Line อาจใช้ค่าเหล่านี้

$$K_u = CFqa \quad F = \text{Factor of Safety to Obtain } qa$$

$$\text{หรือ } K_u = C(CN_c + \bar{q}N_q + 0.05 \sqrt{BN\gamma})$$

ค่า C ใช้เท่ากับ 40 KPa

ค่า K_u ที่ใช้นี้จะให้ค่าโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนถูกต้อง แต่ค่าการแอ่นตัวของ Sheet Pile อาจไม่ถูกต้อง เพราะ Passive Soil Pressure เกือบไม่ขึ้นอยู่กับ K_u

(4) หาค่าแรงใน Sheet Pile Tie Rod และการแอ่นตัวของ Sheet Pile

(5) เปลี่ยนระยะจุม โดยเพิ่ม หรือลดลงดังนี้

ครึ่งละ 0.3 ม. สำหรับ Anchored Walls

0.6 ม. สำหรับ Cantilever Walls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนกระทั่ง การแอ่นตัวที่ Dredge Line ไม่เปลี่ยนแปลง (เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.003 ม.) ซึ่งแสดงว่า การเพิ่มระยะจมนของ Sheet Pile อีก ไม่มีผลต่อการรับน้ำหนักของ Sheet Pile ค่าโมเมนต์ตัด และแรงเฉือนใน Cycle สุดท้าย นำมาใช้ในการออกแบบ Sheet Pile

2.3.3 Finite Element Method

ในงานวิจัยปัจจุบัน และในการออกแบบที่รูปแบบของ Sheet Pile แปลงไปกว่าที่ใช้กันทั่วไป วิธี Finite Element เป็นวิธีที่ให้ค่าถูกต้องที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การ Model พฤติกรรมของ Soil Sheet Pile Anchorage System และ Interaction ที่ผิวระหว่าง Sheet Pile และ Soil ที่อยู่ติดกัน การ Model พฤติกรรมเหล่านี้ค่อนข้างยาก และในเมืองไทย และในเมืองไทย Program Finite Element สำหรับงาน Geomechanics แพร่หลายเฉพาะใน Main Frame จึงไม่เป็นการสะดวกต่อผู้ใช้โดยทั่วไปมากนัก

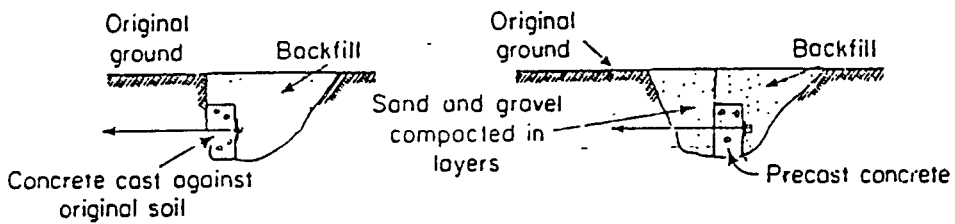
2.4 Anchorage System

ใน Anchored Sheet Piling Wall ส่วนบนของ Sheet Pile จะถ่ายน้ำหนักลง Anchorage System ประกอบด้วย Wale ซึ่งเป็นคานขวาง Sheet Pile ที่ระดับ Tie Rod Tie Rod ปิดปลายด้านหนึ่งกับ Wale และอีกด้านหนึ่งกับ Anchorage ซึ่งด้าน Tension ใน Tie Rod

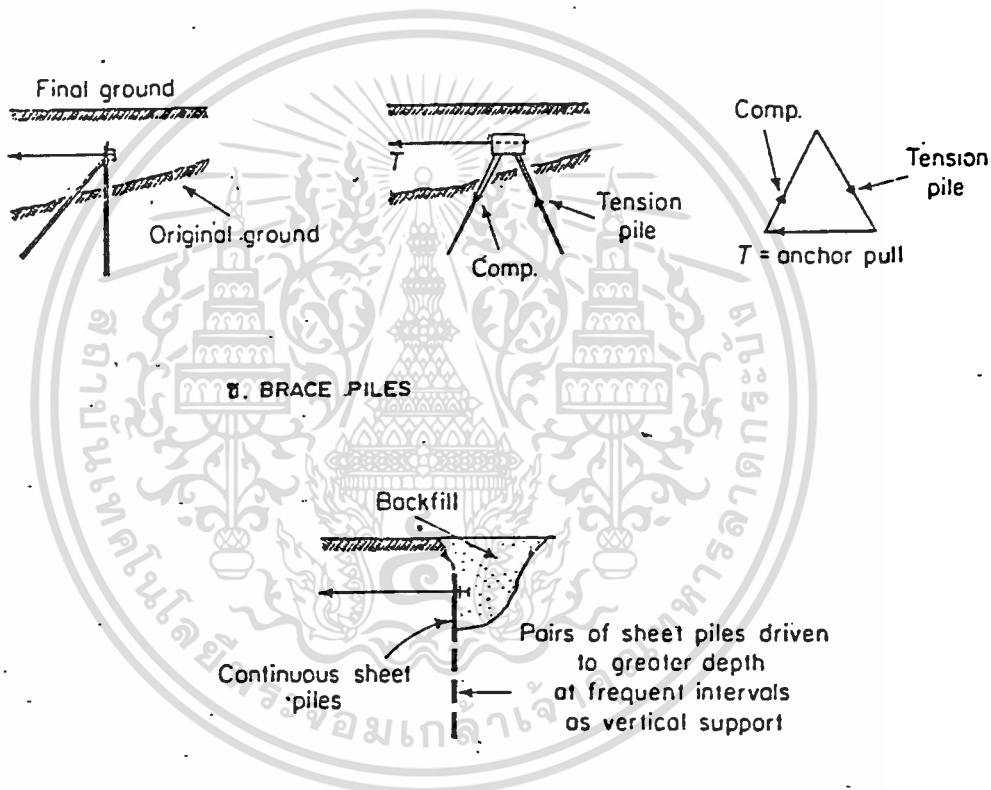
แรงใน Sheet Pile ถ่ายผ่าน Wall โดยอาศัยการต้านโมเมนต์ตัดของ Wale จาก Wale สู่ Tie Rod ซึ่งรับแรงดึง สู่ Anchorage

แรงดึงใน Tie Rod บางทีมากกว่าที่คำนวณได้จากการออกแบบวิธี Free Earth Support เนื่องจากสมมติฐานที่ใช้ไม่ได้แทนพฤติกรรมของ Sheet Pile จริง ๆ ดังนั้นควรจะออกแบบเพื่อไว้อย่างน้อย 30 % สำหรับตัว Tie Rod และ 50-100 % สำหรับจุดต่อต่าง ๆ ที่อาจเกิด Stress Concentration

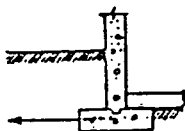
Anchorage มีหลายแบบ ตามที่แสดงในรูปที่ 2.12



๗. DEADMEN



๘. SHEET PILES



๙. LARGE STRUCTURE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Capacity of Deadman

Deadman (Anchor Beams, Anchor Blocks หรือ Anchor Plates) อาจจะฝังที่ระดับผิวดิน หรือที่ระดับลึก และอาจเป็นท่อนสั้น ๆ หรือต่อกันยาวก็ได้ ความสามารถในการรับแรงอาจหาได้ดังนี้

(1) Continuous Deadman Near Ground Surface Deadman แบบนี้ยาวเมื่อเทียบกับความสูง ถ้าความลึกของดินเหนือ Dredge Line , h น้อยกว่า $1/3-1/2$ ของความลึกของดินจนถึงส่วนล่างของ Deadman, H (ดูรูปที่ 2.13 ประกอบ) ความสามารถในการรับน้ำหนักอาจถือได้เหมือน Deadman สูงเท่ากับ H คือ

$$T_{ult} = P_p - P_a$$

โดยที่ T_{ult} = ความสามารถในการรับน้ำหนักของ Deadman

P_p = แรงดันดินทางด้าน Passive

P_a = แรงดันดินทางด้าน Active

ลักษณะของ P_p และ P_a แสดงไว้ในรูปที่ 13 ก.

(2) Short Deadman Near Ground Surface รูปที่ 2.13 ข. แสดงลักษณะการรับน้ำหนักเมื่อใกล้ Failure ของ Deadman สั้น ใกล้ระดับผิวดิน ซึ่งจะได้ความสามารถในการรับน้ำหนักดังนี้

ใน Granular Soil

$$T_{ult} \leq L(P_p - P_a) + \frac{1}{3} K_o (\sqrt{K_p} + \sqrt{K_a}) H^3 \tan \phi$$

3

โดยที่

L = ความยาวของ Deadman

P_p, P_a = แรงดันดินด้าน Passive และด้าน Active

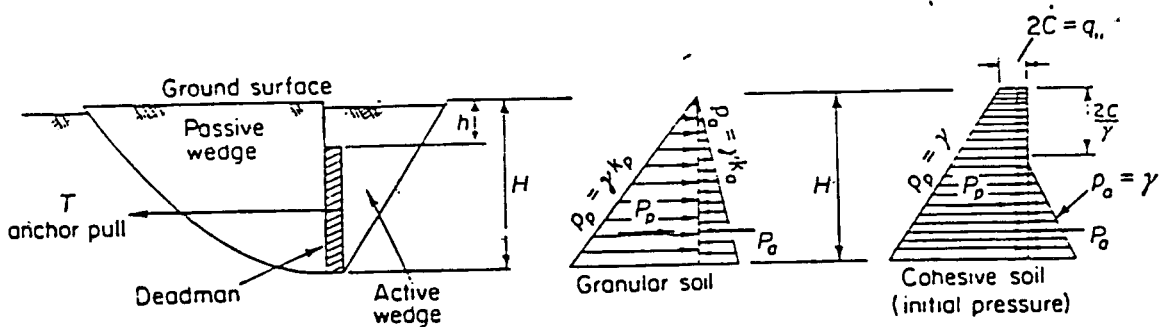
K_o = Coefficient of Earth Pressure at Rest อาจใช้เท่ากับ 0.4 ในการออกแบบ deadman

K_p, K_a = Coefficient of Passive and Active Earth Pressure

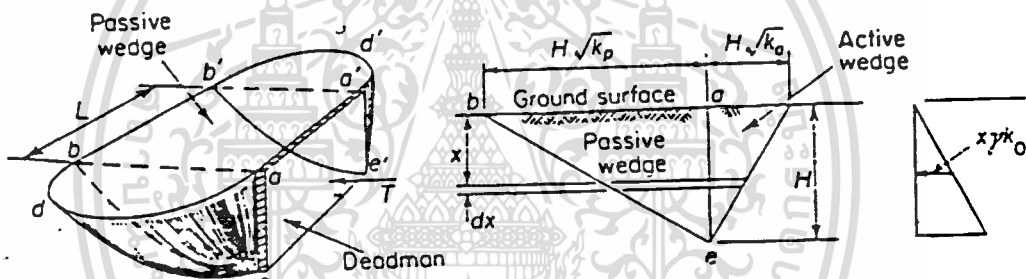
H = ความสูงของ Deadman

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

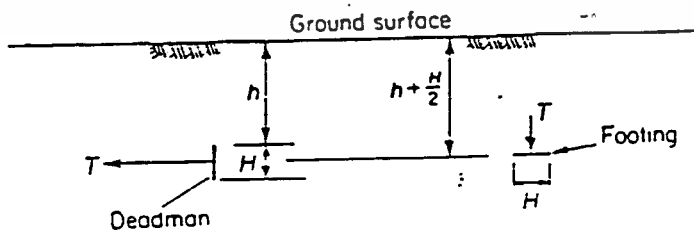
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



๖. CONTINUOUS DEADMAN NEAR GROUND SURFACE



๗. SHORT DEADMAN NEAR GROUND SURFACE



๘. DEADMAN AT GREAT DEPTH

รูปที่ ๒.๑๓ ความสามารถในการรับน้ำหนักของ DEADMAN
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน Cohesive Soil

$$T_{ult} <= L(P_p - P_a) + q_u H^2$$

โดยที่ q_u = Unconfined Compressive Strength ของ Soil

(3) Deadman ที่มีความลึกมาก ๆ (ดูรูปที่ 13 ค.) สำหรับ Deadman ที่ความลึก $h > H$ ความสามารถในการรับน้ำหนักอาจประมาณได้เท่ากับ Bearing Capacity ของ Footing ที่ระดับความลึกที่กึ่งกลางของ Deadman





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ลักษณะของโปรแกรม

3.1 FINITE ELEMENT ANALYSIS OF SHEET PILE WALL

วิธี Finite Element of Sheet Pile Wall เป็นวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์ และออกแบบ Sheet Pile ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งใช้ได้ทั้งกำแพงกันดินแบบ Cantilever และแบบ Anchor (ทั้งแบบใช้ Anchor rod และแบบ Bracing) ซึ่งสามารถหาคำตอบเรื่องการเคลื่อนตัว (Displacement) ของตัวกำแพงกันดิน อีกทั้งยังสามารถหาแรงดันดินใน Passive Zone ทั้งทางด้านหน้าของกำแพง และโมเมนต์ตัดที่จุด (node) ต่าง ๆ และที่จุดที่แรงใน Anchor กระทำ (ซึ่งอาจจะเป็นหลาย ๆ ตำแหน่ง หรือ แรงในสปริงที่มีจำนวนมาก ๆ ได้)

วิธี Finite Element of Sheet Pile Wall จะใช้สูตรพื้นฐาน คือ

$$P = AF \quad e = A^T X \quad F = Se$$

ซึ่งจะได้ว่า

$$F = SA^T X \quad P = ASA^T X$$

$$\text{และ} \quad X = (ASA^T)^{-1} P$$

ซึ่งก็คือระยะการเคลื่อนตัวของตัวกำแพงกันดิน (ทั้งการเคลื่อนตัว และการหมุน) ซึ่งสามารถหาได้ทุก ๆ จุด (node) ที่ทำการวิเคราะห์ รวมทั้งจะสามารถคำนวณหาโมเมนต์ตัด และแรงปฏิกิริยาของดิน (node soil spring) จากสูตร

$$F = SA^T X$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

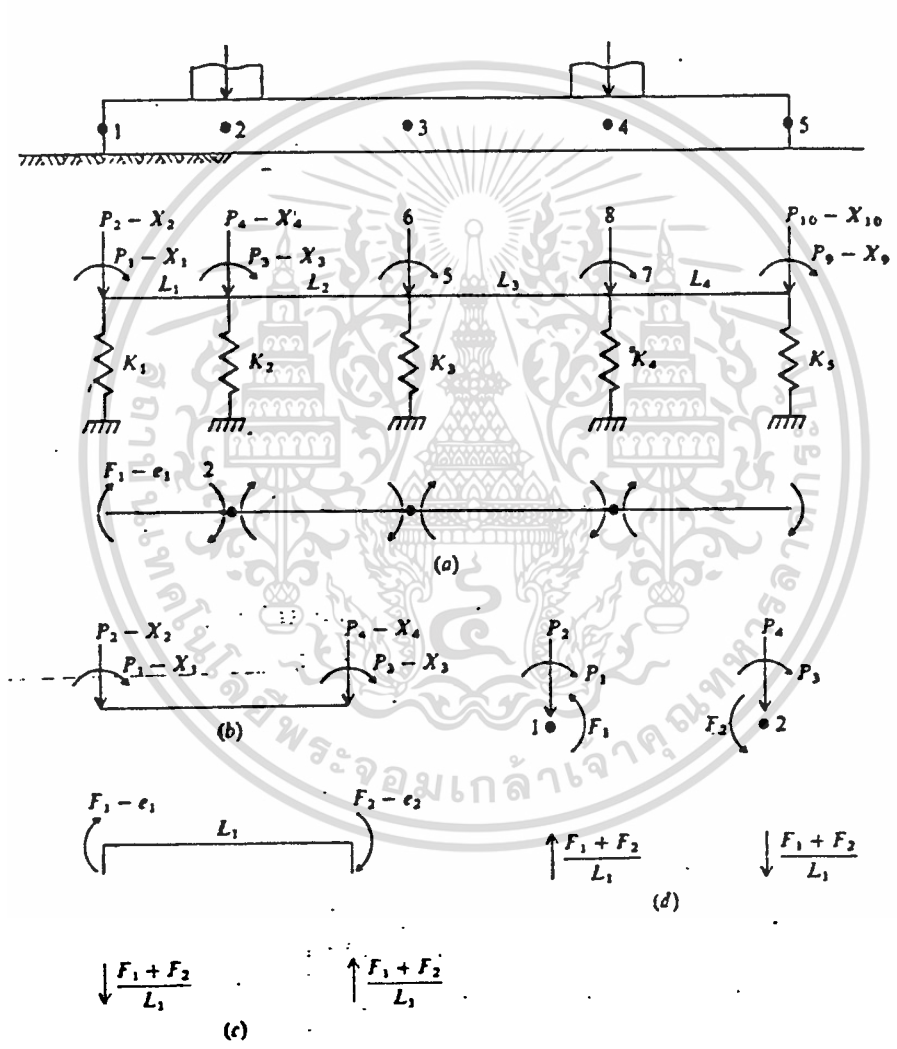
จากรูปแสดงการ coding สำหรับ Cantilever หรือ Anchor Sheet Pile จะต้องป้อนข้อมูลตำแหน่งของแรงดันดินตำแหน่งที่ต้องการ และแรงใน Anchor rod spring จากรูปตำแหน่งของ Anchor คือ node 2 และโปรแกรมจะคำนวณ soil spring (ในรูปคือ K_s) คือตั้งแต่ node 5 จนถึง node 9 ซึ่งทั้งหมดนี้จะรวมกันเป็นแรงเดียวกันที่ NP 2,10,12,14,16,18 ในการสร้าง Stiffness Matrix (STIFF(IJ))

ในการพิจารณา การใช้ Anchor rod จะพิจารณา Cross Section ของหน้าตัด (A), Modulus of Elasticity (E) และความยาว (L) ซึ่งแรงใน Anchor นี้จะหาได้จาก $e = FL/AE$ โดยที่ $F = AE * e / L = AE * X / L$ โดยที่ e, X จะรวมเป็นตัวเดียวกัน เพราะว่ามีค่าเท่ากัน และมักจะกระทำที่ node ที่เป็นตำแหน่ง Anchor ด้วย เมื่อเราวิเคราะห์ความหนาของ Sheet Pile ค่า AE/L ของ Anchor rod จะขึ้นอยู่กับระยะห่างของ Anchor rod (s) ผลของ Slope with horizontal (มุมที่ rod ทำมุมกับแนวราบของผิวดิน) ซึ่งมักจะใช้สูตร

$$ARSPGLIJ = \frac{AE \cos \alpha}{SL}$$

วิธีการสร้างเมตริกซ์ A

ในการสร้างเมตริกซ์ A ขอให้พิจารณาตามดังรูป 3.1 ซึ่งมีการลง node และ P-X coding ในรูป c นั้น พิจารณาตามซึ่งมีแรงภายในชิ้นส่วนกระทำอยู่สองชนิดคือ โมเมนต์ตัดภายในชิ้นส่วน และแรงเฉือนเนื่องจากค่าโมเมนต์ตัด



จากรูป 3.1 ผลรวมของโมเมนต์

$$P_1 = F_1 + 0F_2$$

$$P_2 = \frac{F_1}{L} + \frac{F_2}{L}$$

$$P_3 = 0F_1 + F_2$$

$$P_4 = -\frac{F_1}{L} - \frac{F_2}{L}$$

เมื่อเขียนเป็นเมตริกซ์ A จะได้

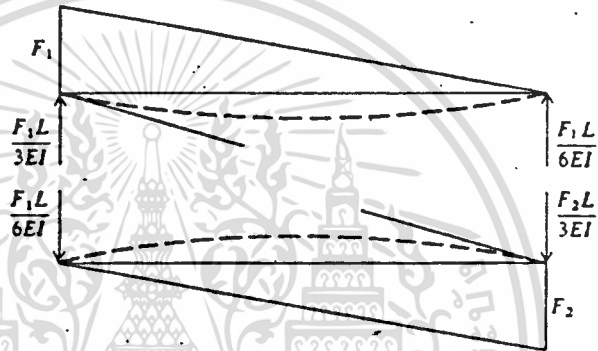
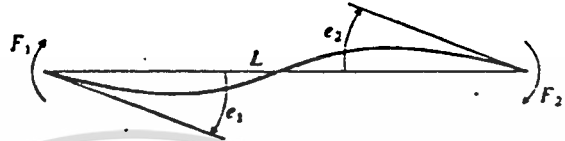
A =

1	0
$\frac{1}{L}$	$\frac{1}{L}$
0	1
$-\frac{1}{L}$	$-\frac{1}{L}$

เมตริกซ์ S

จากรูป 3.2 ใช้วิธี conjugate beam (หรือ moment area) ค่า end slope e_1 และ e_2 เป็นดังนี้คือ

Conjugate-beam relationships between end moments and beam rotations.



$$e_1 = \frac{F_1 L}{3EI} - \frac{F_2 L}{6EI}$$

$$e_2 = -\frac{F_1 L}{6EI} + \frac{F_2 L}{3EI}$$

และแก้สมการหาค่า F จะได้

$$F_1 = \frac{4EI}{L} e_1 + \frac{2EI}{L} e_2$$

$$F_2 = \frac{2EI}{L} e_1 + \frac{4EI}{L} e_2$$

และเขียนเป็น ELEMENT S MATRIX เป็น

$$S = \begin{bmatrix} \frac{4EI}{L} & \frac{2EI}{L} \\ \frac{2EI}{L} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์ A^T และเมตริกซ์ ASA^T

เมตริกซ์ SA^T ได้จากการคูณเมตริกซ์ S กับเมตริกซ์ A^T (ทรานสโพสของเมตริกซ์ A) ซึ่ง A ก็คือเมตริกซ์ในรูป $e-X$ นั้นเอง และเมตริกซ์ ASA^T จะได้มาจากการคูณเมตริกซ์เช่นเดียวกัน

ค่า node soil spring จะมีหน่วยของ FL^{-1} ซึ่งมีได้จากค่า modulus of subgrade reaction และขึ้นอยู่กับค่า contributory node area เมื่อค่า K_u เป็นค่าคงที่จะสามารถหาค่าได้ดังนี้คือ

$$K_1 = \frac{L_1}{2} BK_s \quad \text{และ} \quad K_2 = \frac{L_1 + L_2}{2} BK_u$$

BOWLES (1974) ได้แสดงให้เห็นว่าการจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จะต้องคิดค่า end spring ซึ่งมักจะใช้ข้อมูลของ Vesic' และ JOHNSON (1963) ในการคำนวณ

เป็นกระบวนการทางตรรกศาสตร์ เพื่อว่าเมื่อมีแรงดันที่ขอบสูงกว่าซึ่งได้มาเพื่อฐานราก แล้วแปลงเป็นค่า stiffer end soil spring สำหรับค่า $K_1 = L_1BK_2$ และทำนองเดียวกันสำหรับค่า K_2 ดังรูป 3.1

จากรูป 3.1 เราสามารถรวมแรงในแนวตั้งที่กระทำที่ node (และใช้ node 1 อธิบายตัวอื่นได้) ซึ่งจะได้

$$P_2 - \frac{F_1 + F_2}{L} - K_1 X_2 = 0$$

เมื่อ $(F_1 + F_2)/L$ นั้นพร้อมที่จะรวมเข้าไปในเมตริกซ์ SA^T เราจะสามารถจะได้

$$P_2 = ASA^T_{2,2} X_2 + K_1 X_2 = (ASA^T_{2,2} + K_1) X_2$$

หรือว่าค่า node spring สามารถที่จะบวกเข้าไปในแนวทแยงได้โดยตรง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากในการรวมเอาค่า node soil spring ซึ่งสามารถสร้างขึ้นในระหว่างการป้อนข้อมูล ในรูป spring array และเมื่อสร้างเมตริกซ์ ASA^T แล้วค่า spring จะนำมารวมเพื่อให้มีค่าในแนวทแยงที่เหมาะสม (ซึ่งมักจะใช้แนวคอลัมน์ที่ 1 ของ banded matrix)

ในการตรวจสอบความถูกต้องของเมตริกซ์ ASA^T และมักจะเป็นเมตริกซ์ที่มีความสมมาตร และค่าในแนวทแยงไม่เท่ากับศูนย์ ซึ่งค่า soil spring จะเป็นค่าที่บวกเข้าไปเพียงเพื่อให้มีเมตริกซ์ ASA^T มีค่าในแนวทแยงมุมเหมาะสม ซึ่งวิธีที่ง่ายคือเคลื่อน spring สำหรับ tension effect ซึ่งในขณะเดียวกันจะสามารถหาคำตอบได้ เมื่อมี shear effect ที่ตำแหน่งนั้น (ไม่มีค่าใดเป็นศูนย์ในแนวทแยง) ในที่นี้จะใช้โปรแกรมย่อย MODIF ซึ่งวิธีการนี้ที่ในแง่ของการไม่ต้องสร้างเมตริกซ์ ASA^T สำหรับ nonlinear soil effects และเก็บข้อมูลไว้เพื่อรอไว้ทำการปรับค่า nodal adjustment

เมตริกซ์ P

เมตริกซ์ P ประกอบด้วย array ที่มีค่าเป็นศูนย์ และจะป้อนค่าแรงกระทำที่ node ซึ่งไม่เท่ากับศูนย์ มักใช้ในการออกแบบ โดยจะรวม LOADING CASE หลาย ๆ กรณี ดังนั้นจะทำการจัดรูป array PCI, J เมื่อ I จะใช้ในการบอกถึงจำนวน LOAD ซึ่งเกี่ยวข้องกับระหว่าง node และ P-X coding และ J ก็คือจำนวน LOAD CASE เช่น

ในรูป 3.1 เรามีคอลัมน์ LOAD ที่ node 2,4 ซึ่งมี 2 LOAD CASE ดังนั้นใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load case

Col.	1	2
1 (node 2)	140 kips ↓	200 kips ↓
1	100 ft.k ↷	110 ft.k ↷
2	200 kips ↓	300 kips ↓

เมตริกซ์ P ของเราจะเป็น (จาก P-X coding)

$$P[3,1] = 100$$

$$P[3,2] = -100 \text{ (MOMENT)}$$

$$P[4,1] = 140$$

$$P[4,2] = 200 \text{ (AXIAL LOAD)}$$

$$P[8,1] = 200$$

$$P[8,2] = 300 \text{ (มี AXIAL LOAD)}$$

เมื่อ LOAD กระทำในทิศทางเดียวกันกับ P-X coding จะมีเครื่องหมาย + และตรงข้ามเป็น - สำหรับ LOAD CASE ในกรณีที่ 2 ที่ column 1

จากข้างบนเราจะพบว่า เราจำเป็นต้องทราบ P-X coding ในรูปของเมตริกซ์ A หรือ อาจจะเป็น substantial error

สำหรับใน columns ที่อยู่ระหว่าง node เราสามารถเลือกทำ

1. ใช้หลักการของ simple beam
2. อัตราส่วนน้ำหนักกระทำต่อ node ที่ติดกัน ถ้าเป็นชิ้นส่วนที่มีปลายยึดแน่น ค่า fixed-end moment และค่า shear (ในแนว vertical)

BOUNDARY CONDITION

ข้อได้เปรียบประการหนึ่งของวิธี FINITE ELEMENT คือเมื่อกำหนดให้ที่บางตำแหน่งมีการเคลื่อนตัว หรือการหมุน (displacement or rotation) มีค่าเป็นศูนย์ เช่นจากรูป 3.1 กำหนด NP = 10 สำหรับทุก ๆ ตำแหน่ง แต่เมื่อกำหนดให้ node ที่ 5 ไม่มีการเคลื่อนตัว และไม่เกิดการหมุน เราจะได้ว่า NP = 8 (NP = สองเท่าของจำนวนชิ้นส่วน) ซึ่งจะต้องใช้ P_0-X_0 สำหรับ P-X ที่ไม่มีการเคลื่อนตัว และไม่มีการหมุนของ node ที่ 5 โปรแกรมจะสร้าง MATRIX ขนาด 9x9 แต่ใช้คำนวณจริงเพียง 8x8 ซึ่งแน่นอนว่าเมื่อเราทราบผลลัพธ์นั้นออกมา node ที่ 5 จะมีการเคลื่อนที่เท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระยะการเคลื่อนตัวเป็นค่าที่ทราบค่า (รวมทั้งอาจเท่ากับศูนย์) ดังที่โปรแกรมต้องการ ดังนั้นโปรแกรมจะกำหนดเป็นจุดที่ทราบระยะการเคลื่อนตัว ซึ่งโปรแกรมจะทำดังนี้

1. ใส่ 1.0 ในแนวทแยงที่จุดต่าง ๆ ตาม P-X coding
2. เมตริกซ์ $ASA^T [J,K]$ ในแนว row เป็นศูนย์ทั้งหมด ตั้งแต่ $K = 1$ ถึง m ยกเว้นที่ $K = J$
3. แทรกค่าการเคลื่อนตัวที่ทราบค่า ใน P-MATRIX (ซึ่ง $PCJJ = \delta$)
4. เพิ่มค่า P MATRIX อื่น ๆ ดังนี้

$PCIJ = PCIJ - ASA^T [I,J]x$ สำหรับ $I = 1$ ถึง NP ยกเว้นที่ $I = J$ และ ให้ $ASA^T [I,J] = 0$ สำหรับ $I = J$ ถึง NP ยกเว้นที่ $I = J$

เมื่อดำเนินการข้างต้นหมดแล้ว เราจะได้เมตริกซ์ ASA^T ที่มี column และ row เป็นศูนย์ ซึ่งตัดกันที่ $[J,J]$ ซึ่งที่นี้จะมีค่าเท่ากับ 1.0 เมตริกซ์ P จะบวกเข้าไปทุก ๆ ที่ ยกเว้นที่ $PCJJ$ เมื่อทั้งหมดเป็น δ นอกจากนั้นเราจะต้อง

1. คูณ $ASA^T [I,J]$ ด้วยจำนวน N (ซึ่ง $N > 10^{10}$)
2. แทนที่ $PCJJ$ ด้วย $PCJJ' = ASA^T [I,J]xNx$

FINITE ELEMENT COMPUTER PROGRAM FOR BEAM-ON-ELASTIC FOUNDATION

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสร้างเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ S สำหรับ FINITE ELEMENT โดยอัตโนมัติ จากการป้อนข้อมูลของแต่ละชิ้นส่วนคือ I,L และทำการคำนวณ (หรืออ่านค่าเข้ามา) สำหรับค่า K_1 และค่า K_2 ก็จะสามารถสร้างขึ้นมาได้ โปรแกรมจะทำงาน SA^T และ ASA^T และจะสร้างตาม P-X coding ดังนั้นเมตริกซ์ ASA^T จะสามารถสร้างขึ้นมาแทรกในเมตริกซ์ ASA^T

เมื่อได้ทำการข้างบน เรียบร้อยแล้วสำหรับวิธีการ FINITE ELEMENT (จำนวนชิ้นส่วน NM) และเมตริกซ์ ASA^T ของขนาด $NP \times NP$ จะสร้างขึ้นดังนี้คือ

$$P_{NP} = A_{NP \times NF} S_{NF \times NF} A^T_{NF \times NP} X_{NP}$$

และยกเลิก interior term ดังแสดงคือ

$$P_{NP} = ASA^T_{NP \times NP} X_{NP}$$

เมื่อระบาระการเคลื่อนตัวเป็นค่าที่ทราบค่า (รวมทั้งอาจเท่ากับศูนย์) ดังที่โปรแกรมต้องการ ดังนั้นโปรแกรมจะกำหนดเป็นจุดที่ทราบระบาระการเคลื่อนตัว ซึ่งโปรแกรมจะทำดังนี้

1. ใส่ 1.0 ในแนวทแยงที่จุดต่าง ๆ ตาม P-X coding
2. เมตริกซ์ $ASA^T [J,K]$ ในแนว row เป็นศูนย์ทั้งหมด ตั้งแต่ $K = 1$ ถึง n ยกเว้นที่ $K = J$
3. แทรกค่าการเคลื่อนตัวที่ทราบค่า ใน P-MATRIX (ซึ่ง $PC[J] = \delta$)
4. เพิ่มค่า P MATRIX อื่น ๆ ดังนี้

$PC[I] = PC[I] - ASA^T [I,J]x$ สำหรับ $I = 1$ ถึง NP ยกเว้นที่ $I = J$ และ ให้ $ASA^T [I,J] = 0$ สำหรับ $I = J$ ถึง NP ยกเว้นที่ $I = J$

เมื่อดำเนินการข้างต้นหมดแล้ว เราจะได้เมตริกซ์ ASA^T ที่มี column และ row เป็นศูนย์ ซึ่งตัดกันที่ $[J,J]$ ซึ่งที่นี้จะมีค่าเท่ากับ 1.0 เมตริกซ์ P จะบวกเข้าไปทุก ๆ ที่ ยกเว้นที่ $PC[J]$ เมื่อทั้งหมดเป็น นอกจากนั้นเราจะต้อง

1. คูณ $ASA^T [I,J]$ ด้วยจำนวน N (ซึ่ง $N > 10^{10}$)
2. แทนที่ $PC[J]$ ด้วย $PC[J]' = ASA^T [I,J]xNx$

FINITE ELEMENT COMPUTER PROGRAM FOR BEAM-ON-ELASTIC FOUNDATION

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสร้างเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ S สำหรับ FINITE ELEMENT โดยอัตโนมัติ จากการป้อนข้อมูลของแต่ละชิ้นส่วนคือ I, L และทำการคำนวณ (หรืออ่านค่าเข้ามา) สำหรับค่า K_1 และค่า K_2 ก็จะสามารถสร้างขึ้นมาได้ โปรแกรมจะทำงาน SA^T และ ASA^T และจะสร้างตาม P-X coding ดังนั้นเมตริกซ์ ASA^T จะสามารถสร้างขึ้นมาแทรกในเมตริกซ์ ASA^T

เมื่อได้ทำการข้างบนเรียบร้อยแล้วสำหรับวิธีการ FINITE ELEMENT (จำนวนชิ้นส่วน NM) และเมตริกซ์ ASA^T ของขนาด $NP \times NP$ จะสร้างขึ้นดังนี้คือ

$$P_{NP} = A_{NP \times NF} S_{NF \times NF} A^T_{NF \times NP} X_{NP}$$

และยกเลิก interior term ดังแสดงคือ

$$P_{NP} = ASA^T_{NP \times NP} X_{NP}$$

ดังที่ได้แสดงดังกล่าว ระบบการหาคำตอบจะมีความถูกต้องเพียงพอ เราสามารถทำการประมาณอย่างรวดเร็ว ตามที่คอมพิวเตอร์ต้องการ ซึ่งเมตริกซ์มักมีขนาด $NP \times NP$ จำนวนของ P's พร้อมด้วย coding (ตามรูป 3.1) เมตริกซ์ ASA^T จะสร้างเป็นแถบพร้อมด้วยทุก ๆ ค่าเป็นศูนย์ ยกเว้น ในแนวทแยงซึ่งจะไม่เป็นศูนย์ ซึ่งเป็นมีค่ากว้างเท่ากับ 8 สำหรับค่าที่ไม่เท่ากับ 0 ทั้ง 8 ค่านี้ มี 4 ค่าที่จะแสดง (เพราะเป็นแถบที่มีความสมมาตร) และยังมีการลดขนาดของเมตริกซ์เพื่อแก้ปัญหา ตามที่ได้ผ่านมา เมตริกซ์ที่ต้องการ (ซึ่งทำการลดขนาดของเมตริกซ์) มีขนาดเพียง $NP \times 4$ แทนที่จะเป็น $NP \times NP$

เมตริกซ์ ASA^T จะถูกหาค่า inverse และคูณด้วยเมตริกซ์ P ซึ่งประกอบด้วยค่าแรงกระทำภายนอกที่ทราบค่า ซึ่งจะได้ค่าการเคลื่อนตัว และการหมุนของชิ้นส่วน และโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการสร้างเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ S ซึ่งท้ายที่สุดจะได้เมตริกซ์ SA^T และเมื่อใช้สมการ $F = SA^T X$ ก็จะได้ค่า element end moments ค่า node reaction R_1 และค่า soil pressure q_1 จะสามารถคำนวณได้จาก

$$R_1 = K_1 X_1, \quad q_1 = K_e X_1$$

และเป็นการสะดวกเมื่อเก็บเมตริกซ์ SA^T ไว้เมื่อสร้างเมตริกซ์ ASA^T แล้ว และสามารถนำมาเรียกมาใช้ในการคำนวณค่า element และ moment ของเมตริกซ์ F

สำหรับเครื่องหมายเป็นลบเมื่อค่า soil reaction มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของการเคลื่อนที่ เครื่องหมายที่แท้จริงจะคำนวณด้วยเมตริกซ์ P ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องหมายที่ใช้ทั่ว ๆ ไปในการสร้างเมตริกซ์ต่าง ๆ

3.2 ลักษณะทั่ว ๆ ไปของโปรแกรม

Program นี้ประกอบด้วย Procedure ย่อย ๆ หลาย Procedure ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 โปรแกรมย่อย INPUT ผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลความยาวของแต่ละชั้นส่วน (ระยะความยาวระหว่าง node) และความยาวที่ต้องการเพิ่มความยาวของการวิเคราะห์ในส่วนของ Embedgement ว่าต้องการเพิ่มขึ้นครั้งละเท่าไร ซึ่งในที่นี้จะใช้เป็นตัวแปร คือ DEPINC ซึ่งจะทำให้เราได้ความยาวที่เหมาะสม โดยจะเริ่มจากค่าที่น้อยที่สุดที่กำหนดให้ในชื่อตัวแปร DEMB และใช้ DEPINC มาเพิ่มค่า DEMB ทุก ๆ รอบที่ทำการคำนวณ ในการป้อนข้อมูล ซึ่งค่าของ DEPINC ที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.5 เมตร หรือ 1 ถึง 2 ฟุต แต่เมื่อเราไม่ต้องการให้มีการคำนวณเพิ่มความลึกของ Embedgement อาจกำหนดให้ NCYC = 1 ดังนั้นโปรแกรมจะมีรูปแบบคือ

- ตรวจสอบการป้อนข้อมูล เมื่อ NCYC = 1
- หาความลึกของ Embedgement ที่เหมาะสม และใช้ nonlinear analysis เมื่อ NCYC > 1 และ ใช้ค่า NCYC = 4 ถึง 8 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม และเพื่อหลีกเลี่ยงหากการประมาณที่คาดเคลื่อนมากเกินไป ถ้าการป้อนข้อมูลไม่ดีพอ

3.2.2 โปรแกรมย่อย LOAD จะให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูล ตำแหน่งที่แรงดันกระทำ นับจากบนสุดจนถึงจุดแรกใต้ dredge line (JTSOIL+1) มีแรงดันเท่ากับศูนย์ (ดังรูป 3.3) โดยจะใช้วิธีค่าเฉลี่ยค่าของพื้นที่ (average end area method) ในการคำนวณแรงที่กระทำที่จุดตั้งแต่ node แรก ถึง node JTSOIL และจุดที่ JTSOIL + 1 (node แรกได้ระดับ dredge line)

3.2.3 โปรแกรมย่อย SPRING จะทำการคำนวณค่า soil spring ของดิน ได้ระดับ dredge line และใช้ค่าแฟคเตอร์ REDFAC สำหรับประเมินค่า soil spring ตัวแรกให้ใกล้เคียงกับความจริง เมื่อค่า REDFAC = 1 จะไม่มีผลในการลดค่าของ dredge line spring สำหรับการนำเอาค่า K_u มาคิดเหมือนเป็น spring เป็นวิธีที่เสนอโดย Newmark (1943) ในโปรแกรมนี้จะให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูล NRC (NUMBER OF INPUT SPRING) ได้ด้วย นอกจากนี้หากเราต้องการใช้กับ Anchor rod spring เราจะสามารถทำการป้อนข้อมูลนี้ได้ โดยใช้ตัวแปร IAR (NUMBER OF ANCHOR RODS) ซึ่งเราจะทำการป้อนข้อมูลเรื่องตำแหน่ง และค่า spring

3.2.4 โปรแกรมย่อย BSTIF จะใช้สร้าง Element Stiffness Matrix ESAT และ EASAT ของแต่ละชิ้นส่วน ในโปรแกรมย่อยนี้ จะเรียกโปรแกรมย่อย BANDM เพื่อให้ได้มาซึ่ง banded part ซึ่งมีความกว้าง 4 แถบ ซึ่งการเก็บข้อมูลจะเก็บเป็น array (STIFFCII) เพื่อประสิทธิภาพของการจัดข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ตัวแปร ESAT จะเก็บข้อมูลของโปรแกรมย่อยนี้ไว้ เพื่อเรียกมาใช้ในการคำนวณ Element Force หรือ Bending Moment

3.2.5 โปรแกรมย่อย MODIF จะใช้ในการป้อนข้อมูล Boundary Condition เมื่อค่า NZX > 0 ขอบเขตจำกัดของค่า NP นั้นจะทำได้โดยการป้อนข้อมูลค่า NXZERO และระยะเคลื่อนตัวที่ทราบค่าแต่ละตัว ซึ่งใช้ตัวแปร XSPECLII ซึ่งได้แก่การให้ส่วนบนสุดของกำแพงกันดิน หรือที่ตำแหน่งใด ๆ นั้นอยู่กับที่ (Fix หรือค่า XSPECLII = 0)

โปรแกรมย่อยนี้จะใช้ รวมค่า Soil spring และ Anchor rod spring มาจัดเป็น diagonal term ของ array ในรูป STIFFCII ซึ่งจะทำให้มีความถูกต้องสำหรับ boundary condition ใด ๆ และจะกลับไป Main ของโปรแกรม ค่า STIFFCII ที่แก้ไขค่า Spring ในแนวทะแยงของเมตริกซ์ จะขึ้นอยู่กับเมตริกซ์ P ที่ได้ทำการแก้ไข ซึ่งจะตรวจสอบตั้งแต่ boundary condition จะต้องมีการรวมเท่ากับศูนย์ ยกเว้นสำหรับใน column แรกจะเท่ากับ 1

3.2.6 โปรแกรมย่อย SOLV1 จะถูกเรียกเพื่อใช้ลดค่าเมตริกซ์ STIFFCII และแทนที่เมตริกซ์ P ด้วยเมตริกซ์ Displacement โดยที่เมตริกซ์ P ตอนเริ่มต้นจะถูกเก็บไว้แล้วเรียกใช้เมื่อ NCYC > 1

3.2.7 โปรแกรมย่อย CONVER จะใช้ก็ต่อเมื่อค่า NCYC > 1 ซึ่งจะต้องทำในส่วนโปรแกรมย่อยนี้อีกอย่างน้อย 2 รอบ ซึ่งจะทำให้ค่าการเคลื่อนตัว(displacement) ที่ระดับDredge Line ในรอบนี้ และในการทำงานรอบก่อน มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งเมื่อค่าการเคลื่อนตัวมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรมย่อย INPUT ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 0.1 ฟุต หรือ 0.00025 เมตร) การที่จะทำการเพิ่มระยะความลึกของ Embedment จะไม่มีผลให้ค่าการเคลื่อนตัวที่ระดับ Dredge Line เปลี่ยนแปลงไปมากนัก เพราะว่าการคำนวณจะเปลี่ยนแปลงเมตริกซ์ P เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงมีการใช้พารามิเตอร์ค่า CONV ทำให้โปรแกรมนี้จะไม่คำนวณเมตริกซ์ P จนถึงตำแหน่ง node ที่ JTSOIL+1 โปรแกรมย่อยนี้จะทำวนรอบจนถึงรอบที่ NCYC ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าผลลัพธ์สุดท้าย (ซึ่งจะตรวจสอบเมื่อมีค่าผิดพลาดในการป้อนข้อมูล) และแก้ไขค่าความลึกของ Embedment เพื่อทำงานในรอบต่อไป

3.2.8 โปรแกรมย่อย FORC จะถูกเรียกเมื่อมี Convergence และ displacement criteria (หรือ NCYC = 1) และทำการคำนวณค่าโมเมนต์ตัด โดยใช้ค่าการเคลื่อนตัวของ node จากขั้นตอนในโปรแกรมย่อย SOLV1 และตอนนี้จะทำการคำนวณ node soil reaction และ soil pressure โดยใช้ program notation

$$R = \text{SPRING} [I] * X_1$$

$$q = X_1 SK_1 (X_1 K_u)$$

และแรงใน Anchor rod จะคำนวณคล้ายค่า R ของค่า soil spring ข้างบน แรงใน Anchor rod นำมาใช้ในการคำนวณ Anchor โดยตรง และค่าโมเมนต์ตัด จะใช้ตรวจสอบค่าความเค้นของวัสดุที่ยอมให้ว่าเกินกว่าที่อนุญาตให้หรือไม่ โดยที่

$$f = \frac{M}{S} \leq f_u$$

เมื่อ f = ความเค้นที่เกิดขึ้นจริง , M = โมเมนต์ตัดสูงสุด/หน่วยความหนา และ S = Section Modulus ของแผ่น Sheet Pile สำหรับหน่วยความหนา (ซึ่งจะต้องใช้ตารางในภาคผนวก ก) ซึ่งสามารถใช้เปิดหา Section Modulus ของแผ่น Sheet Pile ได้

ให้ตรวจสอบ node soil spring ว่าเป็นไปได้หรือไม่ ซึ่งจะต้องไม่เกินค่า Bearing capacity หรือค่า Passive earth pressure ที่ node ที่ความลึกใด ๆ และท้ายที่สุดให้ตรวจสอบ node displacement ได้ระดับ dredge line

ขั้นตอนการหาคำตอบ

ขั้นตอนในการหาคำตอบด้วยวิธี Finite Element ทำได้ดังนี้

1. วาดรูประบบกำแพงกันดิน และพิจารณาตำแหน่งที่ต้องการ SOLVE หาคำตอบ ซึ่งควรกำหนด node ที่ตำแหน่งที่มี Anchor rod , ตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนชั้นดิน และตำแหน่งของน้ำใต้ดิน GWT และอัตราส่วนของความยาวของ 2 Element ที่ติดกันไม่ควรเกิน 3 (หรือ Element ที่ยาวกว่าไม่ควรยาวมากกว่า 3 เท่าของ Element ที่สั้นกว่า)

2. ควรที่จะคำนวณค่า Lateral soil pressure ส่วนที่เหนือ Dredge Line โดยใช้ค่า K_u จากสมการของ Coulomb หรือสมการของ Rankine

3. ประมาณค่า K_{u} ส่วนใต้ระดับ Dredge Line สำหรับความลึกไม่เกิน 5 เมตร ค่า K_{u} ของดินใต้ Dredge Line ไม่ควรเปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อเทียบกับที่ระดับ Dredge Line สำหรับค่าคงที่ของดินเหนียว ส่วนทรายค่า K_{u} จะไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักเมื่อเทียบกับความลึกที่เพิ่มขึ้น

4. ระบุตำแหน่งใด ๆ (node) ซึ่งต้องการป้อนข้อมูลค่า K_{u} (Soil Spring) เพื่อบังคับให้มีค่านั้น ๆ ซึ่งจะเห็นได้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน เป็นชั้นดินอ่อนบาง ๆ หรือชั้นดินที่เป็นดินเลวบาง ๆ ที่เป็นโพรง

NODE SPRING

ในปี 1943 Newmark ได้แนะนำให้วิเคราะห์ห่ออกแบบ Sheet Pile โดยใช้ค่า K_{u} (Node Spring) สำหรับค่าจะขึ้นอยู่กับความยาว วิธีการนี้จะหาแรงต้านทาน (Passive Pressure) ของดินใต้ระดับ Dredge Line นอกจากนี้ Bowles (1974) ได้แนะนำให้ใช้ค่าพารามิเตอร์

$$K_{\text{u}} = A_{\text{u}} + B_{\text{u}} Z^n \text{ ซึ่งสามารถประมาณโดยใช้สมการ}$$

$$K_{\text{u}} = C(SF)q_{\text{u}}$$

เมื่อ q_{u} = Bearing Capacity ที่ความลึกต่าง ๆ ของดิน

ค่า C จะใช้ = 12 Fps (หรือระบบ SI ใช้ 40 Kpa)

ค่า SF คือค่า Safety Factor มีค่าเท่ากับ 2 สำหรับทราย

ค่า Safety Factor มีค่าเท่ากับ 3 สำหรับดินที่มีค่าเหนียวนำ
หรืออาจหามาจากสมการ

$$K_{\text{u}} = \frac{q_{\text{ult}}}{H} = C(cN_c + qN_q + 0.5 \gamma BN_f)$$

ซึ่ง H คือ Displacement เท่ากับ 1/12 ฟุต หรือ 0.0254 เมตร

เมื่อใช้ C = 12 (หรือระบบ SI ใช้ 40) จะได้

$$A_{\text{u}} = C(cN_c + 0.5 \gamma BN_f)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า K_{u} ที่ใช้นี้จะใช้หาค่าโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนที่ให้ค่าถูกต้อง ส่วนค่าการแอ่นตัวของ Sheet Pile อาจให้ค่าไม่ถูกต้องนัก เพราะค่า Passive Soil Pressure ไม่ขึ้นอยู่กับค่า K_{u}

ค่าสูงสุดของ K_{u} จะขึ้นอยู่กับค่า Ultimate Bearing Pressure ที่ค่าความลึกต่าง ๆ การประมาณค่า K_{u} จากสมการข้างบน จะมีการพิจารณาถึงผลกระทบของ nonlinear ซึ่งจะกล่าวถึงการใช้ X_{max} ซึ่งตัวโปรแกรมจะทำงานดังนี้

1. พิจารณารับค่า node soil spring ที่ตำแหน่ง Dredge Line หากเกิดดินเสียรูปเมื่อทำการตอกเข็มแล้ว

2. ไม่คิดค่า node spring เมื่อ $X_1 > X_{\text{max}}$ ซึ่งมีผลต่อดินโดยแทนที่ด้วยค่า negative node force ซึ่งคำนวณได้จาก

$$-P_1 = X_{\text{max}} K_1$$

เมื่อ $K_1 = \text{node soil spring ที่ตำแหน่งใด ๆ}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

4.1 ตัวอย่างการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์

ในรูปที่ 4.1 เป็นการออกแบบระบบ Sheet Pile ด้วยวิธี FREE EARTH SUPPORT จากตัวอย่างรูป 4.2 (เป็นระบบ SHEET PILE) เป็นระบบกันดินที่ใช้กับดินที่ไม่มีแรงเหนี่ยวนำ

ต้องการ ให้คำนวณหา SECTION ของ SHEET PILE และ ตรวจสอบแรงเค้นใน ANCHOR ROD ของระบบกำแพงกันดินนี้

วิธีหาคำตอบ กำหนดค่าหน่วยน้ำหนักของดินเหนือระดับน้ำเท่ากับ 0.105 kcf และหน่วยน้ำหนักของดินใต้ระดับน้ำเท่ากับ 0.066 ซึ่งค่ามุมเสียดทานภายในเท่ากับ 30 degree

1. วาดรูประบบกันดินดังรูป 4.1 a หลังจากเขียน diagram ของ active earth pressure ให้ช่วงความยาว 4 ม., 3 ม., 2.25 ม.

2. หาค่าแรงดันดิน โดยการคำนวณเอง จะได้ค่าแรงดันดินที่ node ต่าง ๆ

3. เขียน P-X coding และระบุ node ต่าง ๆ ซึ่งจะได้ดังรูป 4.1 b

NABOV = 8 กำหนดให้ LOAD CASE = 1 ดังนั้น NLC = 1

NBELO = 4 ไม่มี LOAD ที่จะป้อนเข้า ดังนั้นจะได้ว่า NNZP = 0

เนื่องจากเป็นระบบ SHEET PILE ดังนั้นกำหนด ITYPE = 0

ไม่มี soil spring corrected ดังนั้น NZX = 0

จะป้อนข้อมูล 10 node pressure ดังนั้น IPRESS = 10

(ในที่นี้จะต้องให้ PRESS[10] = 0.0)

ใช้หน่วย FPS. ดังนั้น IMET = 1

ต้องการให้ทำสูงสุดเพียง 5 รอบ ดังนั้นค่า NCCY = 5

นอกจากนี้ค่า E = Modulus of Elasticity ของ sheet pile

= 29000 ksi เท่ากับ 4176000 ksf

XMAX = 0.05 ฟุต (ประมาณ 1/2 นิ้ว)

REDFAC = 0.9 (ให้ค่าอนุญาตของความเสียหายที่ชั้น Dredge line)

CONV = 0.01 (ประมาณ 1/8 นิ้ว)

DEPINC = 1 ฟุต (ให้เพิ่มความลึกของ Embedment 1 ฟุต/รอบ)

BSHP = 1.0 ฟุต (ให้ใช้ unit width 1 ฟุต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้

ไม่รู้ว่า $XI = 276.3 \times (12/18)^4 \times (144)^2 = 0.00888 \text{ FT}^4$ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ ANCHOR ROD ยาว 30 ฟุต ซึ่งมี spacing (S) = 6 ฟุต ดังนั้นค่า anchor rod spring/ft ต่อ unit width สามารถคำนวณได้ดังนี้คือ

$$ARSPG[II] = \frac{3.14(29000)}{6 \times 30} = 505.9 \text{ k/ft}$$

สำหรับ soil modulus ใช้

$$K_s = SK = 12(CN_u + 0.57BN_\gamma) + 12(N_u Z^1)$$

ทำให้ได้ N_u ซึ่งมาจาก รูปที่ 2.9 (ในบทที่ 2) ของ Hansen values จะได้

$$K_s = 12(0.066(1)(15.1)) + 12(0.066)(18.4)Z$$

เมื่อใช้ effective unit weight ของดินใต้ระดับน้ำ จะได้

$$K_u = 10 + 20 Z$$

ดังนั้น AS = 10, BS = 20, EXPO = 1

ลองใช้ DEMB = 9 ft (และให้เพิ่มค่า embedment 2.25 ฟุต สำหรับดินใต้

ระดับ dredge line ในแต่ละชั้นส่วน

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่มีป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ในโปรแกรมนี้เพื่อหาคำตอบ

ซึ่งจะได้คำตอบดังผลนิมฟ์ที่ ได้รูป 4.3

ตัวอย่าง การออกแบบ เข็มปักเหล็ก กายวิธีปักที่

Example 13-6. Compute the embedment depth of the sheetpiling shown in Fig. E13-6a. Use the *free-earth* method.

Given data: $\phi = \phi' = 30^\circ$ $\delta = 20^\circ$ $c = 0$
 $\gamma = 0.105 \text{ kcf}$ $\gamma' = 0.066 \text{ kcf}$

Solution

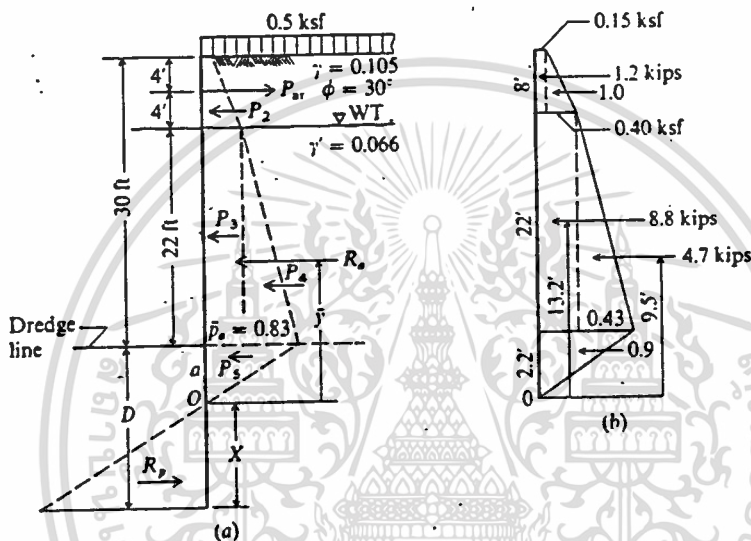
Step 1. Compute earth-pressure coefficients:

$$K_a = K'_a = 0.297 \quad \text{Table 11-1}$$

$$K_p = K'_p = 6.10 \quad \text{Table 11-2}$$

$$G_k = \gamma' K' = 0.066(6.10 - 0.297) = 0.38$$

FIGURE E13-6



Step 2. Find R_b and \bar{y} ; refer to Fig. E13-6b:

$$P_1 = 8(0.5)(0.297) = 1.2 \text{ kips} \quad P_2 = 8(0.105)(0.297)(4) = 1.0 \text{ kips}$$

$$P_3 = 22(0.40) = 8.8 \text{ kips} \quad P_4 = 22(0.066)(0.297)(11) = 4.7 \text{ kips}$$

$$\bar{p}_a = 0.83 \text{ ksf} \quad a = \frac{0.83}{G_k} = \frac{0.83}{0.38} = 2.2 \text{ ft}$$

$$P_5 = 0.83(2.2)(0.5) = 0.9 \text{ kip}$$

$$\sum P = R_b = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$$R_b = 1.2 + 1.0 + 8.8 + 4.7 + 0.9 = 16.6 \text{ kips}$$

Find \bar{y} by summing moments about point O:

$$16.6\bar{y} = 1.2(28.2) + 1.0(26.9) + 8.8(13.2) + 4.7(9.5) + 0.9(1.5)$$

$$\bar{y} = \frac{222.9}{16.6} = 13.4 \text{ ft from point O}$$

$$\bar{y} = 32.2 - 13.4 - 4 = 14.8 \text{ ft from anchor rod}$$

Step 3. Compute coefficients for Eq. (13-4):

$$3(h_3 + a) = 3(26 + 2.2) = 84.6$$

$$\frac{6R_b\bar{y}}{G_k} = \frac{6(16.6)(14.8)}{0.38} = 3879.2$$

Step 4. Compute X and D :

$$2X^3 + 84.6X^2 - 3879.2 = 0$$

$$X^3 + 42.3X^2 = 1939.6$$

Trial using a programmable calculator:

X	X^3	$42.3X^2$	$= 1939.6$
6	216	1522.8	= 1738.8
6.5	275	1787.2	= 2062.2
6.4	262	1732.6	= 1995

Use $X = 6.3$

$$D = 6.3 + 2.2 = 8.5 \text{ ft}$$

At this point no factor has been applied or $SF = 1.0$.

Step 5. Find anchor-rod force.

$$R_p = \frac{G_1 X^2}{2} = \frac{0.38(6.3)^2}{2} = 7.5 \text{ kips}$$

and $\sum F_H = 0$

$$P_{ar} + R_p - R_s = 0$$

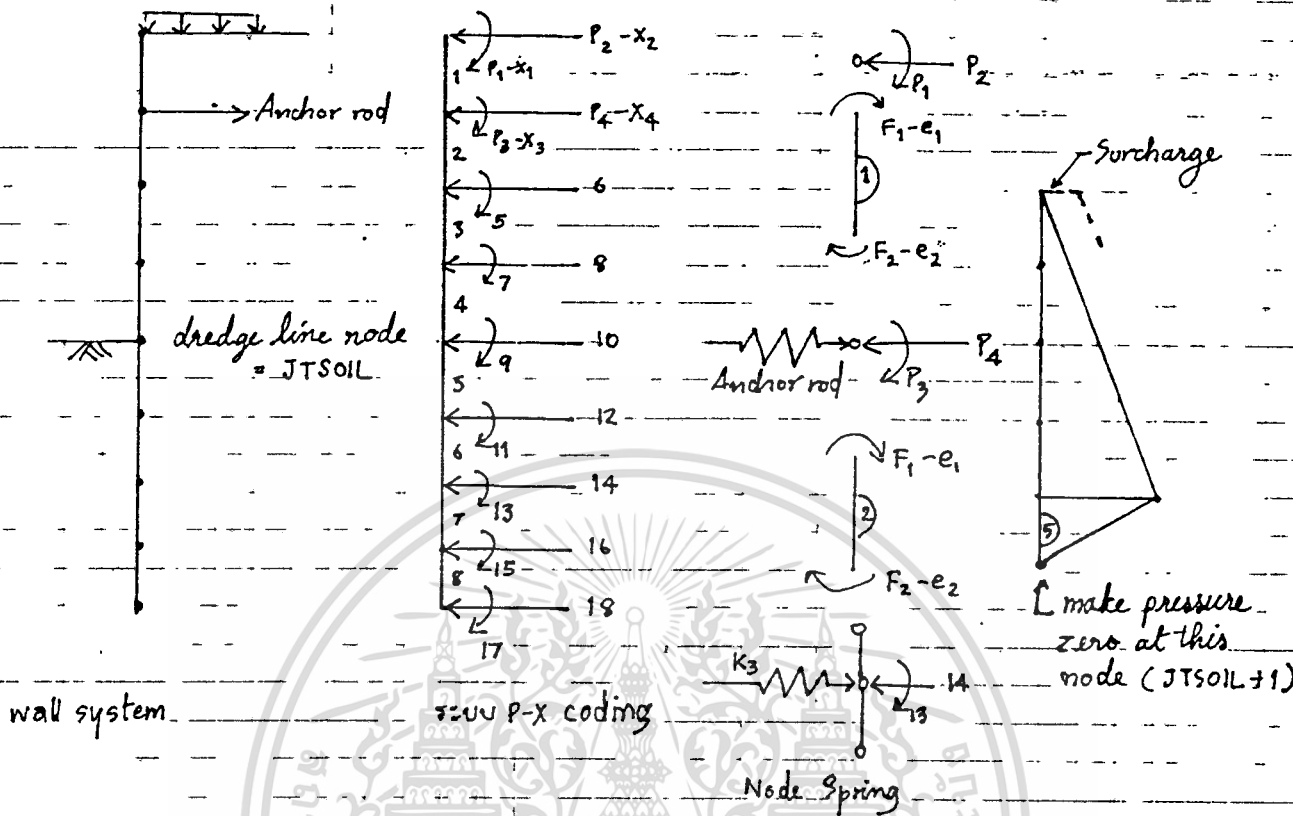
$$P_{ar} = 16.6 - 7.5 = 9.1 \text{ kips}$$

Step 6. Sum moments about anchor rod to check statics:

$$\bar{y}R_s - y'R_p = 0$$

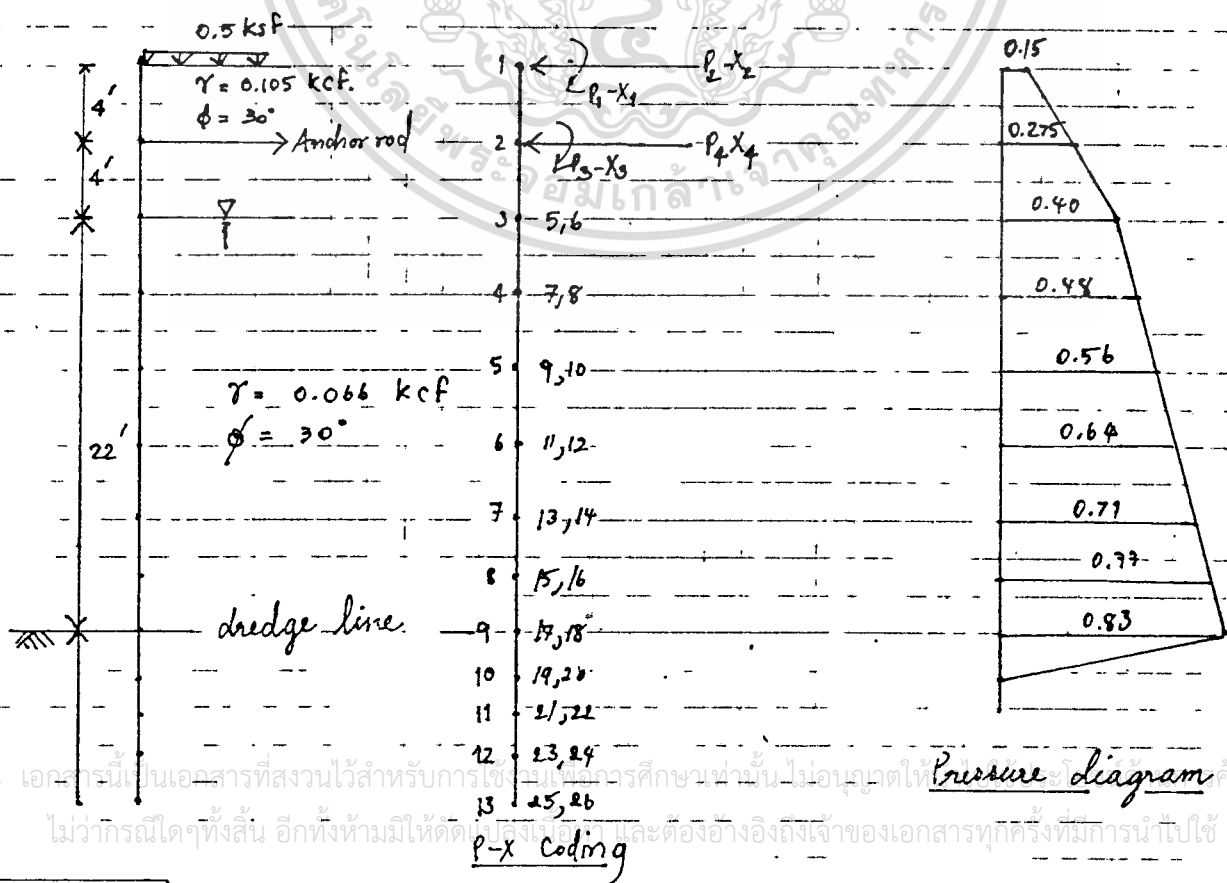
$$y' = h_3 + a + 0.67X = 26 + 2.2 + 0.67(6.3) = 32.4 \text{ ft}$$

$$16.6(14.8) - 32.4(7.5) = 245.7 - 243 \cong 0 \quad \text{O.K.}$$



รูปที่ ๘.๒ ก.

รูปแบบการลง P-X coding สำหรับการออกแบบ Sheet Pile ด้วยคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ Pressure Diagram คำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดไปลงสื่ออื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
P-X coding

SOLUTION FOR SHEET PILE WALL

NO OF NP = 26 NO OF MEMBER NM = 12 NO OF NON-ZERO P, NNZP = 0
 NO LOAD CASES, NLC = 1 NO OF ITERATIONS, NNCY = 5
 CORRECTED NODE SOIL SPRINGS NRC = 0 NODESOIL STARTS, JTSOIL = 9
 NON-LINEAR, NONLIN = 1 NO OF ANCHO RODS, IAR = 1
 NO OF BOUNDARY CONDITIONS, NZX = 0
 NO OF NODE PRESSUR ENTRIES, IPRESS = 10

MODULUS OF ELASTICITY = 4176000 KSF
 MAX LINEAR SOIL DEFORM XMAX = 0.050 FT.
 SOIL MODULUS = 10.000 + 20.000*Z**1.000 K/FT**3
 DEPTH OF EMBED, DEMB = 9.000
 DEPTH INCREASEMENT = 1.000 FT.
 WALL WIDTH, BSHP = 1.00FT.
 DREDGE LINE REDUCT FACTOR, REDFAC = 0.90

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	INERTA, FT.*4	NODE	KS, K/FT*3	SPRGS-SOIL/A.R.	NODE Q, KSF
1	1	2	3	4	4.0000	0.00888	1	0.000	0.000	0.1500
2	3	4	5	6	4.0000	0.00888	2	0.000	505.900	0.2800
3	5	6	7	8	4.0000	0.00888	3	0.000	0.000	0.4000
4	7	8	9	10	4.0000	0.00888	4	0.000	0.000	0.4800
5	9	10	11	12	4.0000	0.00888	5	0.000	0.000	0.5600
6	11	12	13	14	4.0000	0.00888	6	0.000	0.000	0.6400
7	13	14	15	16	3.0000	0.00888	7	0.000	0.000	0.7100
8	15	16	17	18	3.0000	0.00888	8	0.000	0.000	0.7700
9	17	18	19	20	2.2500	0.00888	9	10.000	25.312	0.8300
10	19	20	21	22	2.2500	0.00888	10	55.000	123.750	0.0000
11	21	22	23	24	2.2500	0.00888	11	100.000	225.000	
12	23	24	25	26	2.2500	0.00888	12	145.000	326.250	
	25						13	190.000	196.875	

THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX)

1	37083	13906	18541	-13906	1	0.0000
2	6953	13906	-6953	0	2	0.3867
3	74166	0	18541	-13906	3	0.0000
4	14412	13906	-6953	0	4	1.1133
5	74166	0	18541	-13906	5	0.0000
6	13906	13906	-6953	0	6	1.5733
7	74166	0	18541	-13906	7	0.0000
8	13906	13906	-6953	0	8	1.9200
9	74166	0	18541	-13906	9	0.0000
10	13906	13906	-6953	0	10	2.2400
11	74166	0	18541	-13906	11	0.0000
12	13906	13906	-6953	0	12	2.5533
13	86527	10816	24722	-24722	13	0.0000
14	23434	24722	-16481	0	14	2.4683
15	98888	0	24722	-24722	15	0.0000
16	32963	24722	-16481	0	16	2.3100
17	115369	19228	32963	-43950	17	0.0000
18	55573	43950	-39067	0	18	1.8375
19	131850	0	32963	-43950	19	0.0000
20	78257	43950	-39067	0	20	0.0000
21	131850	0	32963	-43950	21	0.0000
22	78358	43950	-39067	0	22	0.0000
23	131850	0	32963	-43950	23	0.0000
24	78460	43950	-39067	0	24	0.0000

CYCLE NO = 1 D.L DEFL : PREVIOUS = 0.0000 CURRENT = 0.06775

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	INERTA.FT.*4	NODE	MS.K/FT*3	SPRGS=SOIL/A.R.	NODE Q.	KSF
1	1	2	3	4	4.0000	0.00888	1	0.000	0.000	0.1500	
2	3	4	5	6	4.0000	0.00888	2	0.000	505.900	0.2800	
3	5	6	7	8	4.0000	0.00888	3	0.000	0.000	0.4000	
4	7	8	9	10	4.0000	0.00888	4	0.000	0.000	0.4800	
5	9	10	11	12	4.0000	0.00888	5	0.000	0.000	0.5600	
6	11	12	13	14	4.0000	0.00888	6	0.000	0.000	0.6400	
7	13	14	15	16	3.0000	0.00888	7	0.000	0.000	0.7100	
8	15	16	17	18	3.0000	0.00888	8	0.000	0.000	0.7700	
9	17	18	19	20	2.5000	0.00888	9	10.000	30.000	0.8300	
10	19	20	21	22	2.5000	0.00888	10	60.000	150.000	0.0000	
11	21	22	23	24	2.5000	0.00888	11	110.000	275.000		
12	23	24	25	26	2.5000	0.00888	12	160.000	400.000		
							13	210.000	241.667		

THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX)

1	37083	13906	18541	-13906	1	0.0000
2	6953	13906	-6953	0	2	0.3867
3	74166	0	18541	-13906	3	0.0000
4	14412	13906	-6953	0	4	1.1133
5	74166	0	18541	-13906	5	0.0000
6	13906	13906	-6953	0	6	1.5733
7	74166	0	18541	-13906	7	0.0000
8	13906	13906	-6953	0	8	1.9200
9	74166	0	18541	-13906	9	0.0000
10	13906	13906	-6953	0	10	2.2400
11	74166	0	18541	-13906	11	0.0000
12	13906	13906	-6953	0	12	2.5533
13	86527	10816	24722	-24722	13	0.0000
14	23434	24722	-16481	0	14	2.4683
15	98888	0	24722	-24722	15	0.0000
16	32963	24722	-16481	0	16	2.3100
17	108776	10878	29666	-35600	17	0.0000
18	44991	35600	-28480	0	18	1.8375
19	118665	0	29666	-35600	19	0.0000
20	57109	35600	-28480	0	20	0.0000
21	118665	0	29666	-35600	21	0.0000
22	57234	35600	-28480	0	22	0.0000
23	118665	0	29666	-35600	23	0.0000
24	57359	35600	-28480	0	24	0.0000
25	59333	-35600	0	0	25	0.0000
26	28721	0	0	0	26	0.0000

D.L. DEFL CONVERGED ON CYCLE = 2
DEFLS ARE : PREVIOUS = 0.06775 CURRENT = 0.06381 FOR EMBED DEPTH = 10.00 FT.

+++ CURRENT CYCLE 1 CURRENT SPRGS ZEROED = 1 PREVIOUS COUNT = 0

THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX)

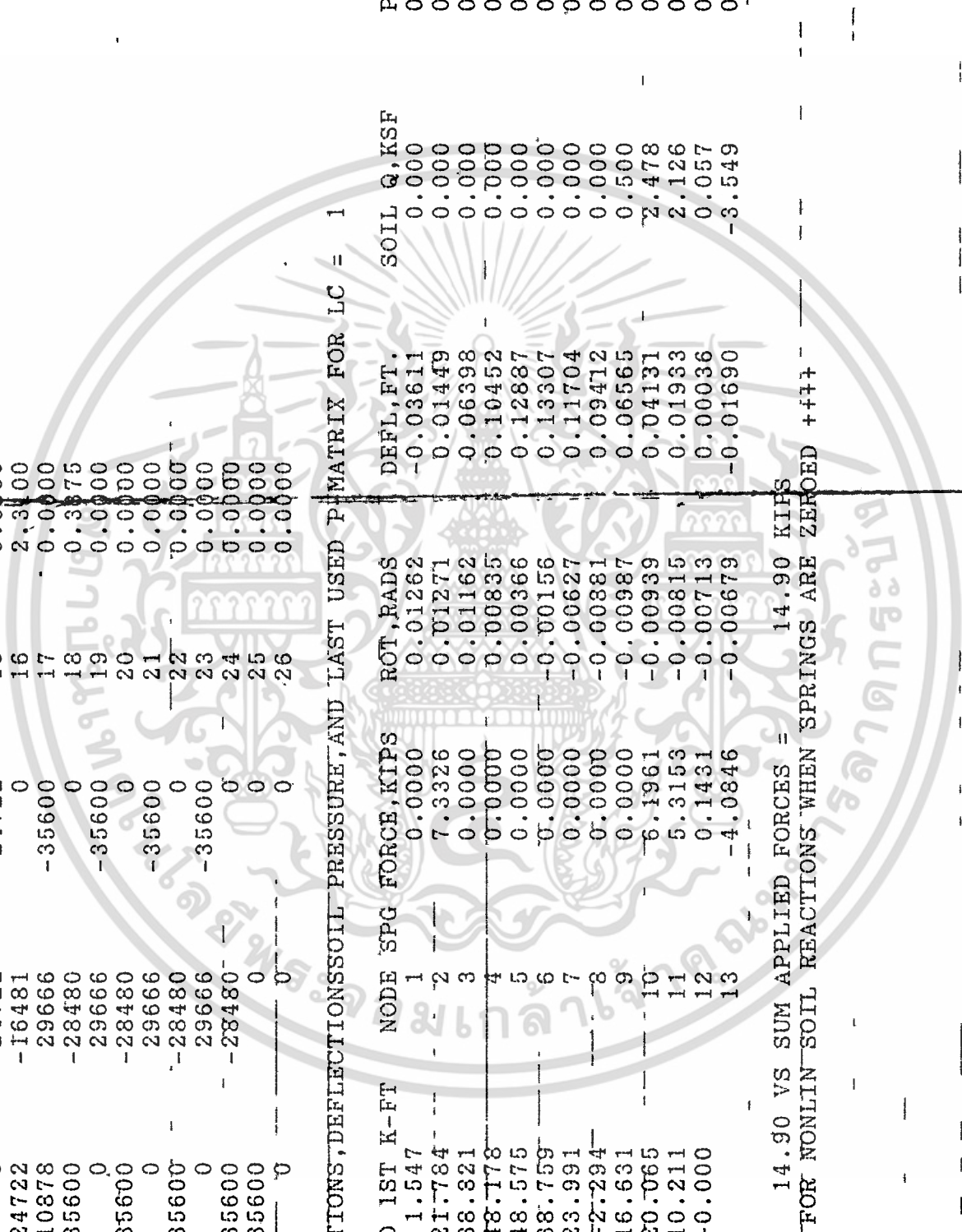
1	37083	13906	18541	-13906	1	0.0000
2	6953	13906	-6953	0	2	0.3867
3	74166	0	18541	-13906	3	0.0000

7	74166	0	18541	-13906	7	0.0000
8	-13906	-13906	-6953	0	8	1.9200
9	74166	0	18541	-13906	9	0.0000
10	-13906	-13906	-6953	0	10	2.2200
11	74166	0	18541	-13906	11	0.0000
12	13906	13906	-6953	0	12	2.5133
13	86527	10816	24722	-24722	13	0.0000
14	23434	-24722	-16481	0	14	2.4283
15	98888	0	24722	-24722	15	0.0000
16	32963	24722	-16481	0	16	2.3100
17	108776	10878	29666	-35600	17	0.0000
18	44961	35600	-28480	0	18	0.3375
19	118665	0	29666	-35600	19	0.0000
20	-57109	-35600	-28480	0	20	0.0000
21	118665	0	29666	-35600	21	0.0000
22	-57234	-35600	-28480	0	22	0.0000
23	118665	0	29666	-35600	23	0.0000
24	57359	-35600	-28480	0	24	0.0000
25	59333	-35600	0	0	25	0.0000
26	28721	0	0	0	26	0.0000

MEMBER MOMENTS, NODE REACTIONS, DEFLECTIONS, SOIL PRESSURE, AND LAST USED P-MATRIX FOR LC = 1

MEMNO.	MOMENTS--NEAR.	END	1ST K-FT	NODE	SPG	FORCE, KIPS	ROT, RADS	DEFL, FT.	SOIL Q, KSF	P-K-FT	P-- KIPS
1	-0.000	1.547	1	0.0000	0.01262	-0.03611	0.000	0.000	0.000	0.000	0.387
2	-1.547	-21.784	2	7.3326	0.01271	0.01449	0.000	0.000	0.000	0.000	1.113
3	21.784	-38.321	3	0.0000	0.01162	0.06398	0.000	0.000	0.000	0.000	1.573
4	38.321	-48.178	4	0.0000	0.00835	0.10452	0.000	0.000	0.000	0.000	1.920
5	48.178	-48.575	5	0.0000	0.00366	0.12887	0.000	0.000	0.000	0.000	2.240
6	48.575	-38.759	6	0.0000	-0.00156	0.13307	0.000	0.000	0.000	0.000	2.553
7	38.759	-23.991	7	0.0000	-0.00627	0.11704	0.000	0.000	0.000	0.000	2.468
8	23.991	-2.294	8	0.0000	-0.00381	0.09412	0.000	0.000	0.000	0.000	2.310
9	2.294	16.631	9	0.0000	-0.00987	0.06565	0.500	0.000	0.000	0.000	0.337
10	-16.631	20.065	10	6.1961	-0.00939	0.04131	2.478	0.000	0.000	0.000	0.000
11	-20.065	10.211	11	5.3153	-0.00815	0.01933	2.126	0.000	0.000	0.000	0.000
12	-10.211	-0.000	12	0.1431	-0.00713	0.00036	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000
			13	-4.0846	-0.00679	-0.01690	-3.549	0.000	0.000	0.000	0.000

SUM SPRING FORCES = 14.90 VS SUM APPLIED FORCES = 14.90 KIPS
 APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN SOIL REACTIONS WHEN SPRINGS ARE ZEROED +!!!



4.2 บทสรุปและวิเคราะห์

จากผลคำตอบที่ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถจะวิเคราะห์คำตอบที่ได้รับดังนี้

1. ในการคำนวณรอบแรกนั้นปรากฏว่าค่าการเคลื่อนตัวของ Sheet Pile มีค่ามากกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้ ดังนั้นจึงทำให้ค่าแรงที่กระทำที่ node ที่ Dredge Line ดังนี้

$$F = -(0.05)(30) = -1.50 \text{ kips}$$

เมื่อทำการบวกเข้าไปในเมตริกซ์ P ซึ่งมีค่าเดิมเท่ากับ 1.8375 kips ดังนี้

$$P[18] = 1.875 - 1.500 = 0.338 \text{ (ออกมาพร้อมกับ moment)}$$

เมื่อทำตามขั้นตอนข้างบนแล้ว ปรากฏว่าค่า Displacement ที่ระดับ Dredge เพิ่มขึ้นเป็น 0.06565 ซึ่งทำให้เกิดการเสียหายของดินที่ระดับ Dredge Line ทำให้แรงต้านทานของดินถูกจำกัดเพียง 1.5 kips ซึ่งในรอบต่อมา

$$F = 0.06381(30) = 1.91 \text{ kips}$$

2. Sheet Pile ไม่เคยมีการออกแบบสำหรับแรงเฉือน อย่างไรก็ตาม ผลรวมของ end moment ของแต่ละชิ้นส่วน (รวมแบบคิดเครื่องหมาย)หารด้วยความยาวของชิ้นส่วนจะเป็นค่า element end shear สำหรับการตรวจสอบค่าโมเมนต์จะสามารถตรวจสอบได้เองคือ moment at far end ของชิ้นส่วนที่ $m = \text{moment at near end}$ ของชิ้นส่วนที่ $m + 1$ และ free-end moment = 0.0 (node 1,12)

3. โมเมนต์สูงสุดที่ใช้ในการออกแบบจะอยู่ที่ node ที่ 5 หรือเริ่มที่ปลายของชิ้นส่วนที่ 6 (node ที่ 6) และเท่ากับ 48.6 k.ft. ตรวจสอบการใช้ section modulus ที่ได้จากภาคผนวก ก. จะได้

$$f = \frac{48.6 \times 12}{45.3} \frac{12}{18} = \frac{583.2}{30.2} = 19.3 \text{ ksi}$$

เมื่อเราใช้ค่า 25 ksi สำหรับเหล็ก A-328 จะเพียงพอเมื่อใช้ SHEET PILE PZ-27 โดยใช้เหล็กเกรด A-328

4. แรงใน Anchor rod จะอ่านค่าได้จากผลการคำนวณโดยตรง (คือในกลุ่มคำตอบเรื่องโมเมนต์ และอื่น ๆ) คือเท่ากับ 7.3325 kips เมื่อให้ระยะห่าง $S = 6$ ฟุต

ดึงเนื้แรงรวมของ Anchor rod เท่ากับ

$$F_{\text{anchor}} = 6(7.33) = 44 \text{ kips}$$

$$f = \frac{F}{A} = \frac{44}{3.14} = 14 \text{ ksi}$$

Anchor rod นี้ over design สำหรับเหล็ก A-36 เรามือ่บังคับประกอบ 3 ประการดังนี้คือ

ก. anchor ใช้ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ซึ่งมี effective area น้อยกว่า 3.14 ตารางนิ้ว

ข. บางครั้ง โข่ที่ใช้ อาจเกิดการพลิก ทำให้เราต้องใช้ effective area เท่ากับพื้นที่ทั้งหมด

ค. เมื่อ Anchor rod ใช้ไปนาน ๆ จะเกิดการล้า ทำให้แรงที่เกิดขึ้นใน Anchor rod เพิ่มขึ้น

เพื่อการพิจารณาอย่างรวดเร็ว บางครั้งอาจใช้ Anchor rod ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 นิ้ว แล้วลอง run โปรแกรมดู

5. รูปร่างการเคลื่อนตัวของ Sheet Pile อาจไม่เป็นที่ยอมรับ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบสูงสุดเท่ากับ 0.13307 ฟุต (1.60 นิ้ว) และเท่ากับ 0.01449 ฟุต ที่ตำแหน่ง Anchor rod (เท่ากับ 0.17 นิ้ว) แล้วเราสามารถตรวจสอบที่ระดับ Dredge Line

6. ค่า Soil Pressure จะแสดงค่า Maximum Passive Pressure ด้านหน้า กำแพงเท่ากับ 2.478 ksf ที่ตำแหน่ง node ที่ 10 และค่า Maximum Passive Pressure ด้านหลังกำแพงเท่ากับ -3.549 ksf (ซึ่งหมายความว่า node ด้านล่างจะเกิดการเคลื่อนตัวไปทางด้านดินถมกลับ) ที่ความลึก 10 ฟุตจะพบว่าดินสามารถรับน้ำหนักของแรงดินดินด้านข้างได้

สรุปการออกแบบ ผลการออกแบบ ได้ดังนี้คือ

ใช้ section แบบ PZ-27 - Depth of Embedment = 10 ฟุต

Anchor Rod ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่ตำแหน่ง node = 2

ใช้เหล็กระดับ A-328 จะมีความเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

5.1 บทสรุป

จากการทำโครงการพิเศษ ในหัวข้อการออกแบบ Sheet Pile ด้วยคอมพิวเตอร์ ยังมีปัญหา และความยุ่งยากในการใช้งานอีกมาก แต่ถ้าได้รับการประสานงาน และทำโครงการนี้ต่อไป ข้าพเจ้าเชื่อว่าจะเป็นประโยชน์มากต่องานวิศวกรรม

ในการจัดทำโครงการพิเศษ ในหัวข้อนี้สามารถทำการวิเคราะห์ออกแบบ ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ คือสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ และออกแบบ Sheet Pile ด้วยคอมพิวเตอร์ แต่ยังคงมีความยุ่งยากในการป้อนข้อมูล และยากต่อความเข้าใจในการที่ผู้ที่จะออกแบบจะต้องทำความเข้าใจในข้อมูลที่จะต้องป้อนให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล จึงจะทำให้การประมวลผลได้รับคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งหากได้ทำความเข้าใจถึงลักษณะของการป้อนข้อมูลแล้ว จะช่วยประหยัดเวลาในการออกแบบได้มาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบ SHEET PILE ด้วยคอมพิวเตอร์นี้ยังมีข้อจำกัดอีกมาก ดังนั้นในการปรับปรุงโปรแกรมต่อไป ข้าพเจ้าขอเสนอให้ผู้ที่ทำการพัฒนาต่อไป ควรจะพัฒนาในส่วนต่อไปนี้คือ

1. จะต้องพยายามจัดรูปแบบการป้อนข้อมูลให้สามารถทำการตรวจสอบข้อมูล และมีรูปแบบการแนะนำการป้อนข้อมูล เช่นมีกราฟิค แสดงข้อมูลที่ทำให้การป้อนแล้วว่าถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่ นอกจากนี้ควรมีระบบ PULLDOWN MENU เพื่อความสะดวกในการป้อนข้อมูล
2. เนื่องจากการป้อนข้อมูล ในการทำโครงการพิเศษนี้ ยังจำกัดอยู่มาก ดังนั้นเพื่อความสะดวก ควรอยู่ในรูปการที่สามารถที่จะทำการเปิดไฟล์ เพื่อเก็บข้อมูลลงในแผ่น disk ได้อย่างดี
3. ในการตรวจสอบการป้อนข้อมูล ควรมีระบบ Graphic เพื่อแสดง Profile ของ Sheet Pile ของข้อมูลที่ออกมา เพื่อทำการตรวจสอบ

4. ข้อมูลบางอย่างสามารถจะทำการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกัน เช่น ในเรื่องข้อมูลของ Pressure ของดิน (สามารถคำนวณได้ถ้ามีข้อมูล หน่วยน้ำหนักของดิน ความยาวของแต่ละชั้นส่วน และค่ามุมเสียดทานภายในของดิน) ซึ่งจะช่วยลดการป้อนข้อมูลบางอย่างลดลงได้
5. เมื่อได้ค่า โมเมนต์สูงสุด และแรงที่กระทำของ Anchor rod และตรวจสอบว่าค่าแรงเค้นที่กระทำว่าเกินกว่าค่าที่ยอมให้หรือไม่
6. ควรปรับปรุงให้สามารถที่จะทำการตรวจสอบ และทำการออกแบบระบบค้ำยัน

ข้าพเจ้าหวังว่า โปรแกรมที่ข้าพเจ้า เริ่มต้น หากมีผู้ประสานต่อจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อประเทศชาติ และวงการวิศวกรรมศาสตร์



เอกสารอ้างอิง

1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ลำดับที่ 10 เรื่องการออกแบบ CANTILEVER และ ANCHORED SHEET PILING WALL โดย ดร. ชัยชาญ สุทธิกานต์ ,การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง การออกแบบและก่อสร้าง SHEET PILE
2. วัฒนา ธรรมมงคล , วินิต ช่อวิเชียร ,ประพจน์ศาสตร์ , พิมพ์ครั้งที่ 5 , พ.ศ. 2528
3. BOWLES J.E., Foundation Analysis AND Design ,3rd Edition, Mc Graw-Hill International Company .
4. Chu-Kia Wang , Matrix Method Structural Analysis ,2nd Edition, International Textbook Company



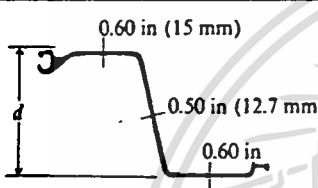
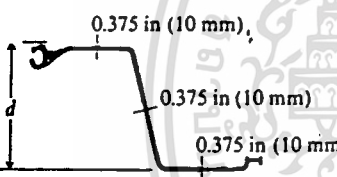
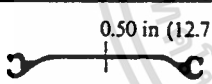
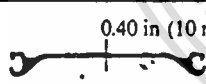
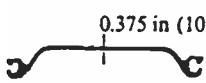
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงหน้าตัดของกำแพงกันดิน (ซีทไฟลด์เหล็ก)

Steel sheetpiling sections produced in the United States†

Section index	Depth <i>d</i> in mm	Driving distance, in mm	weight		Section modulus† per pile, in ³ m ³ × 10 ⁻³	Moment of inertia per pile, in ⁴ m ⁴ × 10 ⁻⁶	
			lb/ft kN/m	lb/ft ² kN/m ²			
	PZ40	16.1 410	19.69 500	65.6 0.96	40.0 1.91	99.6 1.632	805.4 335.23
	PZ35	14.9 380	22.64 575	66.0 0.96	35.0 1.67	91.4 1.498	681.5 283.7
	PZ27	12 305	18 460	40.5 0.59	27.0 1.29	45.3 0.742	276.3 115.0
	PZ22	9 230	22 560	40.3 0.59	22.0 1.05	33.1 0.542	154.7 64.39
	PS31	—	19.69 500	50.9 0.75	31.0 1.48	3.3 0.054	5.3 2.206
	PS27.5	—	19.69 500	45.1 0.66	27.5 1.31	3.3 0.054	5.3 2.206
	PSA23	—	16.00 405	30.7 0.45	23.0 1.10	3.2 0.052	5.5 2.290

† These sections are now only available from Bethlehem Steel Corporation.

Steel grades: A328 with $F_y = 39$ ksi (270 MPa)

A572 with $F_y = 50$ and 60 ksi (345 and 415 MPa)

A690 with $F_y = 50$ ksi (345 MPa) for marine environments



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ต้องทำการป้อนข้อมูล

- NABOV = จำนวน node ที่อยู่เหนือระดับ dredge line
- NBELO = จำนวน node ที่อยู่ใต้ระดับ dredge line
- NNZP = จำนวนของค่าเมตริกซ์ P ที่ไม่เท่ากับศูนย์
- NLC = จำนวน loading condition
- IMET = หน่วยที่ใช้ 1. สำหรับหน่วย SI , 2. สำหรับหน่วย FPS.
- NCYC = จำนวนรอบสูงสุดที่ต้องการให้คำนวณ
- NRC = จำนวน soil spring ที่ทราบค่า
- NONLIN = เป็นการ SWITCH เพื่อให้วนรอบใหม่ เมื่อค่า SOIL DEFLECTION > XMAX
- IAR = NO OF ANCHOR ROD SPRING
- NZX = NUMBER OF KNOWN DISPLACEMENT
- IPRESS = NODE PRESSURE ที่จะป้อนเข้า
- E = MODULUS OF ELASTICITY ของ SHEET PILE
- XMAX = ค่า LINEAR SOIL DEFORMATION สูงสุด
- REDFAC = FACTOR ที่ใช้ในการลดค่า SOIL SPRING ที่ระดับ DREDGE LINE
มักใช้ค่า 1.0, 0.9, 0.8 ฯลฯ
- DEMB = ค่า EMBEDMENT เริ่มต้นที่ใช้ในการออกแบบ
- CONV = ค่า CONVERGENCE FACTOR สำหรับระยะเคลื่อนตัวที่ระดับ DREDGE LINE
มักใช้ค่า 0.01 ฟุต (0.00025 ม.)
- DEPINC = เมื่อ EMBEDMENT ไม่เพียงพอ จะเพิ่ม EMBEDMENT เท่ากับ DEPINC
ใน 1 รอบ เมื่อ NCYC > 1 (หน่วยเป็นฟุต หรือเมตร)
ใช้ค่าเท่ากับ 1 ฟุต หรือ 0.3 ม. สำหรับ ANCHOR SHEET PILE
และเท่ากับ 2 ฟุต หรือ 0.6 ม. สำหรับ CANTILEVER SHEET PILE
- XI = MOMENT OF INERTIA
- BSHP = WIDTH OF SHEET-PILE (ใช้ 1 ฟุต หรือ 1 ม.)
- AS,BS,EXPO = ค่า K_u ซึ่งแต่ละค่ามาจาก

$$K_u = A_u + B_u * Z ** EXPO$$

HCIJ = ค่าความสูงของแต่ละชั้นส่วน

PRESS[IJ] = ค่าแรงดันดินที่ node ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLUTION FOR SHEET PILE WALL
 NO OF NP = 26 NO OF MEMBER NM = 12 NO OF NON-ZERO P. NNZ = 0
 NO LOAD CASES, NLC = 1 NO OF ITERATIONS, NCI = 5
 CORRECTED NODE SOIL SPRINGS NRC = 0 NODESOIL STARTS, JTSOIL = 9
 NON-LINEAR, NONLIN = 1 NO OF ANCHO RODS, IAR = 1
 NO OF BOUNDARY CONDITIONS, NZX = 0
 NO OF NODE PRESSUR-ENTRIES, IPRESS = 10

MODULUS OF ELASTICITY = 4176000-KSF
 MAX LINEAR SOIL DEFORM XMAX = 0.050 FT.
 SOIL MODULUS = 10,000 + 20,000 * Z ** 1.000 K/FT**3
 DEPTH OF EMBED, DEMB = 9.000
 DEPTH INCREASEMENT = 1.000 FT.
 WALL WIDTH, BSHP = 1.00FT.
 DREDGE LINE REDUCT-FACTOR, REDFAC = 0.90

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	INERTIA, FT. * 4	NODE	KS, K/FT**3	SPRGS=SOIL/A.R.	NODE Q, KSF
1	1	2	3	4	4.0000	0.00888	1	0.000	0.000	0.1500
2	3	4	5	6	4.0000	0.00888	2	0.000	505.900	0.2800
3	5	6	7	8	4.0000	0.00888	3	0.000	0.000	0.4000
4	7	8	9	10	4.0000	0.00888	4	0.000	0.000	0.4800
5	9	10	11	12	4.0000	0.00888	5	0.000	0.000	0.5600
6	11	12	13	14	4.0000	0.00888	6	0.000	0.000	0.6400
7	13	14	15	16	3.0000	0.00888	7	0.000	0.000	0.7100
8	15	16	17	18	3.0000	0.00888	8	0.000	0.000	0.7700
9	17	18	19	20	2.2500	0.00888	9	10.000	25.312	0.8300
10	19	20	21	22	2.2500	0.00888	10	55.000	123.750	0.0000
11	21	22	23	24	2.2500	0.00888	11	100.000	225.000	
12	23	24	25	26	2.2500	0.00888	12	145.000	326.250	
13	25	26					13	190.000	196.875	

THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX)

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	INERTIA, FT. * 4	NODE	KS, K/FT**3	SPRGS=SOIL/A.R.	NODE Q, KSF
1	37083	13906	18541	-13906	18541	0.00888	1	0.0000	0.000	0.1500
2	6953	13906	-6953	-0	-6953	0.00888	2	0.8867	505.900	0.2800
3	74166	0	18541	-13906	18541	0.00888	3	0.0000	0.000	0.4000
4	-14412	13906	-6953	-0	-6953	0.00888	4	1.1133	0.000	0.4800
5	74166	0	18541	-13906	18541	0.00888	5	0.0000	0.000	0.5600
6	13906	13906	-6953	-0	-6953	0.00888	6	1.3733	0.000	0.6400
7	74166	0	18541	-13906	18541	0.00888	7	0.0000	0.000	0.7100
8	13906	13906	-6953	-0	-6953	0.00888	8	1.3200	0.000	0.7700
9	74166	0	18541	-13906	18541	0.00888	9	0.0000	25.312	0.8300
10	13906	13906	-6953	-0	-6953	0.00888	10	2.2400	123.750	0.0000
11	74166	0	18541	-13906	18541	0.00888	11	0.0000	225.000	
12	13906	13906	-6953	-0	-6953	0.00888	12	2.533	326.250	
13	86527	10816	24722	-24722	24722	0.00888	13	0.0000		
14	-23434	24722	-16481	-0	-16481	0.00888	14	2.4683		
15	98888	0	24722	-24722	24722	0.00888	15	0.0000		
16	32963	24722	-16481	-0	-16481	0.00888	16	2.3100		
17	115369	19228	32963	-43950	32963	0.00888	17	0.0000		
18	-55573	43950	-39067	-0	-39067	0.00888	18	1.8375		
19	131850	0	32963	-43950	32963	0.00888	19	0.0000		
20	-78257	43950	-39067	-0	-39067	0.00888	20	0.0000		
21	131850	0	32963	-43950	32963	0.00888	21	0.0000		
22	-78358	43950	-39067	-0	-39067	0.00888	22	0.0000		
23	131850	0	32963	-43950	32963	0.00888	23	0.0000		
24	78460	43950	-39067	-0	-39067	0.00888	24	0.0000		

CYCLE NO = 1 D.L DEFL : PREVIOUS = 0.00000 CURRENT = 0.06775

MEMNO	NP1	NP2	NP3	NP4	LENGTH	INERTA.FT.*4	NODE	MS.K/FT*3	SPRGS-SOIL/A.R.	NODE Q. KSF
1	1	2	3	4	4.0000	0.00888	1	0.000	0.000	0.1500
2	3	4	5	6	4.0000	0.00888	2	0.000	505.900	0.2800
3	5	6	7	8	4.0000	0.00888	3	0.000	0.000	0.4000
4	7	8	9	10	4.0000	0.00888	4	0.000	0.000	0.4800
5	9	10	11	12	4.0000	0.00888	5	0.000	0.000	0.5600
6	11	12	13	14	4.0000	0.00888	6	0.000	0.000	0.6400
7	13	14	15	16	3.0000	0.00888	7	0.000	0.000	0.7100
8	15	16	17	18	3.0000	0.00888	8	0.000	0.000	0.7700
9	17	18	19	20	2.5000	0.00888	9	10.000	30.000	0.8300
10	19	20	21	22	2.5000	0.00888	10	60.000	150.000	0.0000
11	21	22	23	24	2.5000	0.00888	11	110.000	275.000	
12	23	24	25	26	2.5000	0.00888	12	160.000	400.000	
							13	210.000	241.667	

THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX)

1	37083	13906	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
2	6953	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
3	74166	0	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
4	14412	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
5	74166	0	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
6	13906	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
7	74166	0	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
8	13906	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
9	74166	0	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
10	13906	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
11	74166	0	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
12	13906	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
13	86527	10816	24722	-24722	0	0	0	0	0	0
14	23434	24722	-16481	0	0	0	0	0	0	0
15	98888	0	24722	-24722	0	0	0	0	0	0
16	32963	24722	-16481	0	0	0	0	0	0	0
17	108776	10878	29666	-35600	0	0	0	0	0	0
18	44991	35600	-28480	0	0	0	0	0	0	0
19	118665	0	29666	-35600	0	0	0	0	0	0
20	57109	35600	-28480	0	0	0	0	0	0	0
21	118665	0	29666	-35600	0	0	0	0	0	0
22	57234	35600	-28480	0	0	0	0	0	0	0
23	118665	0	29666	-35600	0	0	0	0	0	0
24	57359	35600	-28480	0	0	0	0	0	0	0
25	59333	35600	0	0	0	0	0	0	0	0
26	28721	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D.L. DEFL CONVERGED ON CYCLE = 2
DEFLS ARE : PREVIOUS = 0.06775 CURRENT = -0.06381 FOR EMBED DEPTH = 10.00 FT.

*** CURRENT CYCLE 1 CURRENT SPRGS ZEROED = 1 PREVIOUS COUNT = 0

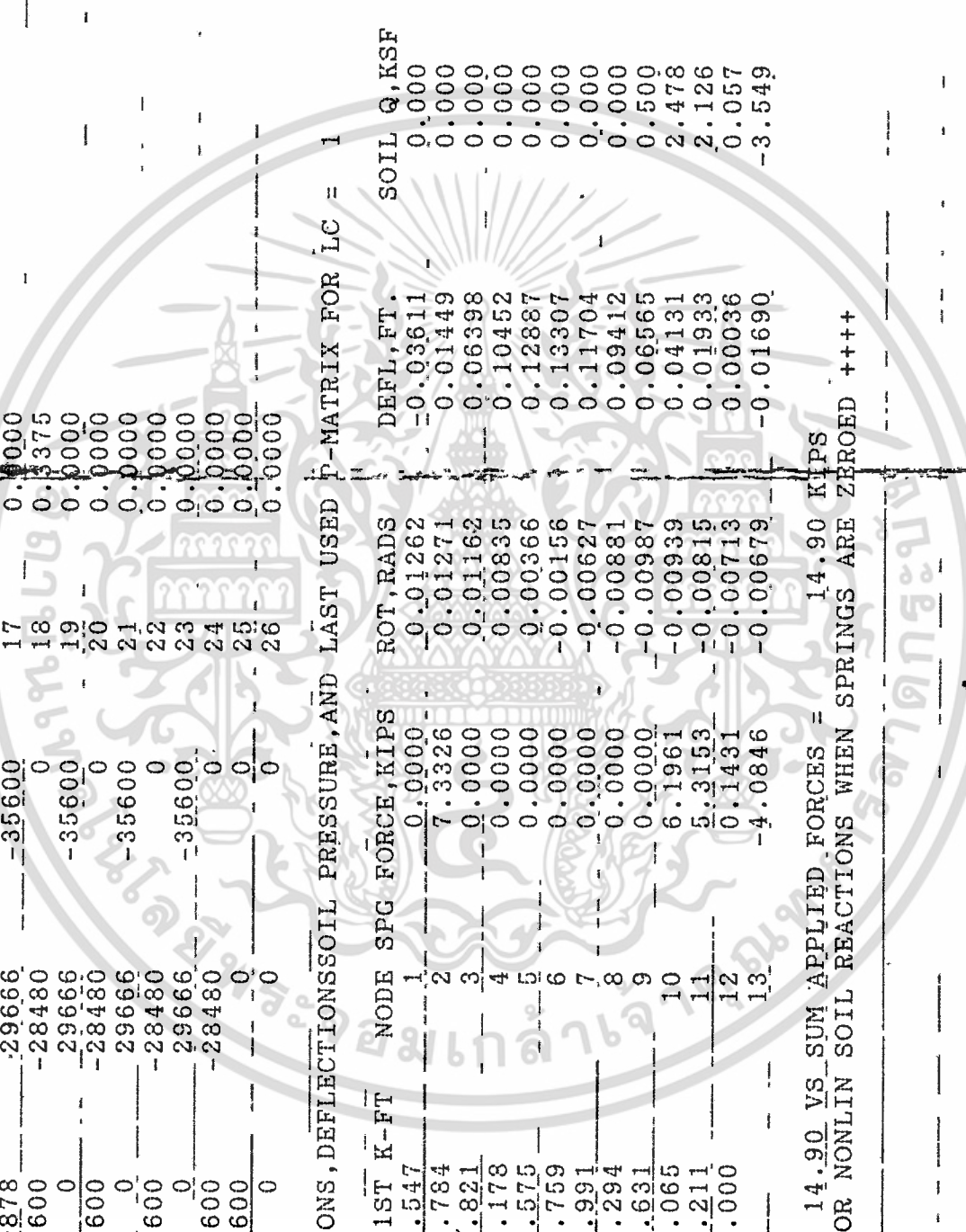
THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX)

1	-37083	-13906	18541	-13906	0	0	0	0	0	0
2	6953	13906	-6953	0	0	0	0	0	0	0
3	74166	0	18541	-13906	0	0	0	0	0	0

MEMBER	MOMENTS--NEAR	END	1ST K-FT	NODE	SPG FORCE, KIPS	ROT, RADS	DEFL, FT.	SOIL Q, KSF	P-K-FT	P-, KIPS
7	74166	0	1.547	1	0.0000	0.01262	-0.03611	0.000	0.000	0.387
8	13906	13906	-21.784	2	7.3326	0.01271	0.01449	0.000	0.000	1.113
9	74166	0	-38.821	3	0.0000	0.01162	0.06398	0.000	0.000	1.573
10	13906	13906	-48.178	4	0.0000	0.00835	0.10452	0.000	0.000	1.920
11	74166	0	-48.575	5	0.0000	0.00366	0.12887	0.000	0.000	2.240
12	13906	13906	-38.759	6	0.0000	-0.00156	0.13307	0.000	0.000	2.553
13	86527	10816	-23.991	7	0.0000	-0.00627	0.11704	0.000	0.000	2.468
14	23434	24722	-2.294	8	0.0000	-0.00881	0.09412	0.000	0.000	2.310
15	98888	0	16.631	9	0.0000	-0.00987	0.06565	0.500	0.000	0.337
16	32963	24722	20.065	10	6.1961	-0.00939	0.04131	2.478	0.000	0.000
17	108776	10878	10.211	11	5.3153	-0.00815	0.01933	2.126	0.000	0.000
18	44961	35600	-0.000	12	0.1431	-0.00713	0.00036	0.057	0.000	0.000
19	118665	0	-0.000	13	-4.0846	-0.00679	-0.01690	-3.549	0.000	0.000
20	57109	35600								
21	118665	0								
22	57234	35600								
23	118665	0								
24	57359	35600								
25	59333	-35600								
26	28721	0								

MEMBER MOMENTS, NODE REACTIONS, DEFLECTIONS, SOIL PRESSURE, AND LAST USED P-MATRIX FOR LC = 1

SUM SPRING FORCES = 14.90 VS SUM APPLIED FORCES = 14.90 KIPS
 APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN SOIL REACTIONS WHEN SPRINGS ARE ZEROED ++++



```

PROGRAM SHEETPI;
USES CRT,PRINTER ;
TYPE
STF = ARRAY [1..400] OF REAL;
PRES = ARRAY[1..60,1..4] OF REAL ;
NPDATA = ARRAY[1..30,1..4] OF INTEGER ;
EADATA = ARRAY[1..4,1..4] OF REAL ;
DATA = ARRAY[1..31] OF REAL;

CONST TITLE = 'KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG ';
VAR
ACT : INTEGER ;
NPE : NPDATA ;
SUMP : ARRAY[1..4] OF REAL;
XINER,H,PRESS,SPRNG,SK : DATA;
STIFF : STF ;
P,PSAVE : PRES;
ESATS : ARRAY [1..30,1..8] OF REAL ;
EASAT : EADATA;
NODAR : ARRAY [1..5] OF INTEGER ;
ARSPG : ARRAY [1..5] OF REAL ;
EA : ARRAY[1..4,1..2] OF REAL ;
ES : ARRAY[1..2,1..2] OF REAL ;
ESAT : ARRAY[1..2,1..4] OF REAL ;
XHOLD : REAL;
UT1,UT2,UT3,UT4,UT5 : STRING[4] ;
JTSOIL,M,NABOV,NBELO,NP,NM : INTEGER ;
NNZP,NLC,ITYPE,NCYC,NRC,NONLIN,IAR,NZX,IPRESS,IMET : INTEGER;
E,XMAX,REDFAC,DEMB,CONV,DEPINC,XI,BSHP : REAL ;
AS,BS,EXPO : REAL;
NMP1,I,J,K,ISIZE,ICOUN,LCOUN,JCOUN : INTEGER;

```

เอกสารนี้ LABEL 0040,0050,0060,0100; เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BEGIN (*MAIN*)

CLRSCR;

GOTOXY(5,5);

WRITE('=====');
WRITELN('=====');

GOTOXY(14,4);

WRITELN('KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG ');
WRITELN;
WRITELN('                                FACULTY OF ENGINEERING ');
WRITELN;
WRITE('                                DEPARTMENT OF CONSTRUCTION TECHN');
WRITELN('OLOGY '); WRITELN; WRITELN;
WRITELN('                                SPECIAL PROJECT ');
WRITELN;
WRITE('                                BACHELOR OF ENGINEERING (CONSTRUCTION ');
WRITELN('ENGINEERING)'); WRITELN; WRITELN;
WRITE('                                BY PHUMPHONG RUCHASAP CODE ');
WRITELN('29.1914 '); WRITELN;
WRITELN('                                DATE : 28 /3 /90 ');
WRITELN; WRITELN; WRITELN; GOTOXY(20,23);
WRITELN('=== PRESS ANY KEY TO CONTINUED === ');
WRITE('                                =====');
WRITELN('=====');

REPEAT UNTIL KEYPRESSED ; CLRSCR ; HEAD;

GOTOXY(5,8);

WRITE('ENTER TOTAL NUMBER OF SEGMENT (NODE) ABOVE DREDGE ');
WRITE('LINE '); GOTOXY(61,8); READLN(NABOV); WRITELN;
GOTOXY(5,9);

WRITE('ENTER TOTAL NUMBER OF NODE UNDER DREDGE LINE ');
GOTOXY(62,9); READLN(NBELO);

```

```

M := NABOV + NBELO + 1 ;
NP := 2 * M ;
NM := M - 1 ; GOTOXY(5,10);
WRITE('ENTER NUMBER OF NON-ZERO P-MATRIX ENTRIES TO READ IN ');
GOTOXY(62,10);
READLN(NNZP);GOTOXY(5,11);
WRITE('ENTER NUMBER OF LOADING CONDITIONS ');
(* DEFAULT := 1 *) GOTOXY(62,11);
READLN(NLC); GOTOXY(5,12);
WRITE('MAXIMUM NUMBER OF ITERATION ALLOWED ,NCYC = ');
GOTOXY(62,12); READLN(NCYC);
(* FOR SHEET PILE WALL DEFAULT ITYPE := 1 *)
ITYPE := 0 ; GOTOXY(5,13);
WRITE('CORRECT NODE SOIL SPRING NRC,ENTER NRC = ');
GOTOXY(62,13); READLN(NRC);
JTISOIL := NABOV + 1 ;GOTOXY(5,14);
WRITE('FOR SWITCH TO RECYCLE IF SOIL DEFL > XMAX, NONLIN = ');
GOTOXY(62,14);READLN(NONLIN);GOTOXY(5,15);
WRITELN('NO OF ANCHOR ROD SPRINGS TO READ-ALSO IDENTIFIES');
WRITE('    PROBLEM AS ANCHORED PILE WALL WHEN IAR > 0,ENTER ');
WRITELN('IAR = '); GOTOXY(62,16);READLN(IAR);GOTOXY(5,17);
WRITE('ENTER NUMBER OF KNOWN DISPLACEMENT ,NZX = ');
GOTOXY(62,17);READLN(NZX);
IPRESS := NABOV + 2 ;
GOTOXY(5,18);WRITELN('IPRESS = ',IPRESS);
WRITELN('    ENTER 1 FOR UNIT M. , KN ,KN-M,KPA,KN/M ');
WRITE('    OR    2 FOR UNIT FT.,KIPS,K-FT,KSF,K/FT ');
GOTOXY(62,20);READLN(IMET);
CASE IMET OF
    1 : BEGIN
        UT1 := 'M.'; UT2 := 'KN.' ; UT3 := 'KN-M' ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ UT4 := 'KPA'; UT5 := 'KN/M'; นั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น END; หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

2 : BEGIN
      UT1 := 'FT.'; UT2 := 'KIPS';  UT3 := 'K-FT';
      UT4 := 'KSF';  UT5 := 'K/FT';
      END;
END;
GOTOXY(5,21);WRITE('UNIT USES = ',UT1,' ',UT2,' ',UT3);
WRITELN(' ',UT4,' ',UT5 ); GOTOXY(20,23);
WRITELN('=== PRESS ANY KEY TO CONTINUE ===');
REPEAT UNTIL KEYPRESSED ;
CLRSCR ; HEAD; GOTOXY(5,8);
WRITE('ENTER MODULS OF ELASTICITY OF SHEET PILE , ENTER : ');
GOTOXY(67,8); READLN(E); GOTOXY(5,9);
WRITE('ENTER MAXIMUM LINEAR SOIL DEFORMATION ,ENTER : ');
GOTOXY(68,9); READLN(XMAX); GOTOXY(5,10);
WRITE('ENTER FACTER TO REDUCE 1ST SOIL SPRING AT D.L. ,RED');
WRITE('FAC = '); GOTOXY(68,10); READLN(REDFAC); GOTOXY(5,11);
WRITE('ENTER DEPTH OF INITIAL EMBEDGEMENT BELOW D.L. , EN');
WRITE('TER : '); GOTOXY(68,11); READLN(DEMB); GOTOXY(5,12);
WRITE('ENTER CONVERGENCE FACTOR FOR SHEET PILE DEFLS AT ');
WRITELN('DREDGE LINE'); WRITE(' ');
WRITE(', 'USALLY ABOUT 0.01 FT OR 0.00025 , PLEASE ENTER : ');
GOTOXY(68,13);READLN(CONV);GOTOXY(5,14);
WRITELN('ENTER INCREASEMENT OF EMBEDMENT WHEN NCYC > 1 ');
WRITE(' USE 0.3 M. FOR ANCHOR OR 0.6 M. FOR CANTILE');
WRITELN(' VER '); WRITE(' ');
WRITE('OR USE 1 FT. FOR ANCHOR OR 2 FT.FOR CANT. ENTER : ');
GOTOXY(68,16);READLN(DEPINC);GOTOXY(5,17);
WRITE('ENTER MOMENT OF INTERTIA/UNIT WIDTH ,PLEASE ENTER : ');
GOTOXY(68,17); READLN(XI); GOTOXY(5,18);
WRITE('ENTER WIDTH OF SHEET PILE , ENTER : ');
GOTOXY(68,18); READLN(BSHP); GOTOXY(20,25);

```

```

WRITELN ('=== PRESS ANY KEY TO CONTINUE === ');
REPEAT UNTIL KEYPRESSED ;
CLRSCR ; HEAD; GOTOXY(5,8);
WRITELN('ENTER K SPRING : ENTER AS,BS,EXPO ');
GOTOXY(5,9); WRITE('AS = '); GOTOXY(13,9); READLN (AS);
GOTOXY(5,10); WRITE('BS = '); GOTOXY(14,10); READLN(BS);
GOTOXY(5,11); WRITE('EXPO. = '); GOTOXY(14,11); READLN(EXPO);
CLRSCR ;
IF ITYPE <= 0 THEN WRITELN('SOLUTION FOR SHEET PILE WALL')
ELSE WRITE('BRACED WALL COMPUTATIONS FOLLOW ITYPE = ');
WRITELN(ITYPE); WRITE(' ');
WRITE('NO OF NP = ',NP:4,' NO OF MEMBER NM = ',NM:3,' ');
WRITELN('NO OF NON-ZERO P, NNZP = ',NNZP:3);
WRITE(' NO LOAD CASES, NLC = ',NLC:3,' ');
WRITELN(' NO OF ITERATIONS, NCCY = ',NCCY:3);
WRITE(' CORRECTED NODE SOIL SPRINGS NRC = ',NRC:3);
WRITE(' NODE');
WRITELN('SOIL STARTS ,JTSOIL = ',JTSOIL :3);
WRITE(' NON-LINEAR, NONLIN = ',NONLIN:3,' ');
WRITELN(' NO OF ANCHO RODS, IAR = ',IAR:3);
WRITELN(' NO OF BOUNDARY CONDITIONS, NZX = ',NZX:3);
WRITELN(' NO OF NODE PRESSUR ENTRIES, IPRESS = ',IPRESS:3);
(* ===== FOR PRINTER *)
IF ITYPE <= 0 THEN WRITELN(LST,'SOLUTION FOR SHEET PILE WALL')
ELSE WRITE(LST,'BRACED WALL COMPUTATIONS FOLLOW ITYPE = ');
WRITELN(LST,ITYPE); WRITE(LST,' ');
WRITE(LST,'NO OF NP = ',NP:4,' NO OF MEMBER NM = ',NM:3,);
WRITELN(LST,' NO OF NON-ZERO P, NNZP = ',NNZP:3);
WRITE(LST,' NO LOAD CASES, NLC = ',NLC:3,' ');
WRITELN(LST,' NO OF ITERATIONS, NCCY = ',NCCY:3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WRITE(LST,'          CORRECTED NODE SOIL SPRINGS NRC = ',NRC:3);
WRITELN(LST,'          NODESOIL STARTS ,JTSOIL = ',JTSOIL :3);
WRITE(LST,'          NON-LINEAR, NONLIN = ',NONLIN:3,'          ');
WRITELN(LST,'          NO OF ANCHO RODS, IAR = ',IAR:3);
WRITELN(LST,'          NO OF BOUNDARY CONDITIONS, NZK = ',NZK:3);
WRITE(LST,'          NO OF NODE PRESSUR ENTRIES, IPRESS = ');
WRITELN(IPRESS:3); WRITELN; WRITELN;
WRITELN('          === PRESS ANY KEY TO CONTINUE === ');
REPEAT UNTIL KEYPRESSED; CLRSCR;
WRITELN('MODULUS OF ELASTICITY = ',E:10:0,' ',UT4);
WRITELN('MAX LINEAR SOIL DEFORM KMAX = ',KMAX:7:3,' ',UT1);
WRITE('SOIL MODULUS = ',AS:8:3,' + ',BS:9:3,'*Z**',EXPO:5:3);
WRITELN(' ',UT5,'**3');
WRITELN('DEPTH OF EMBED, DEMB = ',DEMB:7:3);
WRITELN('DEPTH INCREASEMENT = ',DEPINC:6:3,' ',UT1);
WRITELN('WALL WIDTH, BSHP = ',BSHP:5:2,UT1);
WRITELN('DREDGE LINE REDUCT FACTOR, REDFAC = ',REDFAC:5:2);
(*===== FOR PRINTER =====)
WRITELN(LST,'MODULUS OF ELASTICITY = ',E:10:0,' ',UT4);
WRITELN(LST,'MAX LINEAR SOIL DEFORM KMAX = ',KMAX:7:3,' ',UT1);
WRITE(LST,'SOIL MODULUS = ',AS:8:3,' + ',BS:9:3,'*Z**',EXPO:5:3);
WRITELN(LST,' ',UT5,'**3');
WRITELN(LST,'DEPTH OF EMBED, DEMB = ',DEMB:7:3);
WRITELN(LST,'DEPTH INCREASEMENT = ',DEPINC:6:3,' ',UT1);
WRITELN(LST,'WALL WIDTH, BSHP = ',BSHP:5:2,UT1);
WRITELN(LST,'DREDGE LINE REDUCT FACTOR, REDFAC = ',REDFAC:5:2);
WRITELN('          === PRESSED ANY KEY TO CONTINUE === ');
REPEAT UNTIL KEYPRESSED; CLRSCR;
ISIZE := NP*4;

```

```

FOR I:= 1 TO NLC DO SUMP[I] := 0;
ICOUN := 1 ;
LCOUN := 0 ;
JCOUN := 1 ;
0040 : INPUT(NM, JTSOIL, ICOUN, JCOUN, BSHP, XI, DEPIN, DEMB);
IF JCOUN <= 1 THEN LOAD(NP, NLC, NNZP, IPRESS);
SPRING(NM, JTSOIL, IPRESS, JCOUN, NRC, IAR, BSHP, AS, BS, EXPO, REDFAC, XI);
0050 : BSTIF(ISIZE, NM, NP, E);
MODIF(NP, NM, NLC, NZX, JTSOIL, ICOUN, JCOUN);
WRITB(NP, NLC);
ACT := 4 ;
SOLV1(STIFF, P, NP, NLC, ACT, ISIZE);
IF NCYC <= 1 THEN GOTO 0100 ;
IF ICOUN > 1 THEN GOTO 0060 ;
CONVER(NP, NLC, JTSOIL, JCOUN, CONV, DEMB, UT1);
IF (JCOUN > 1) AND (JCOUN <= NCYC) THEN GOTO 40;
IF NONLIN <= 0 THEN GOTO 100 ;
0060 : CHECK(NP, NM, JTSOIL, ICOUN, LCOUN, XMAX);
IF (ICOUN > 0) AND (ICOUN <= NCYC) THEN GOTO 50;
0100 : FORC(NP, NM, NLC, NONLIN, IMET, XMAX);
END.

```

PROCEDURE HEAD;

BEGIN

```
GOTOXY(28,1);WRITELN('SHEET PILE DESIGN');WRITELN;
GOTOXY (10,3);
WRITELN('KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG');
GOTOXY(30,5); WRITELN('INPUT DATA ');
WRITE('=====');
WRITELN('=====');
REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
```

END;



```
PROCEDURE INPUT (VAR NM, JTSOIL, ICOUN : INTEGER ;
```

```
    JCOUN: INTEGER;
```

```
    VAR BSHP, XI, DEPINC, DEMB: REAL);
```

```
VAR K : INTEGER ;
```

```
    Z1, HZ, JTM: REAL ;
```

```
BEGIN
```

```
    IF JCOUN <= 1 THEN
```

```
        BEGIN
```

```
            K := 1 ;
```

```
            FOR I := 1 TO NM DO
```

```
                BEGIN
```

```
                    NPEL1,1J := K;
```

```
                    NPEL1,2J := K + 1;
```

```
                    NPEL1,3J := K + 2;
```

```
                    NPEL1,4J := K + 3;
```

```
                    XINERL1J := XI;
```

```
                    K := K + 2 ;
```

```
                END; CLRSCR; HEAD;
```

```
                WRITELN('    ENTER LENGTH OF EACH ELEMENT ');
```

```
                FOR J := 1 TO NM DO
```

```
                    BEGIN
```

```
                        WRITE('    ENTER LENGTH OF ELEMENT ', J:2, ' : ');
```

```
                        READLN(HLJ);
```

```
                    END;
```

```
                END
```

```
            ELSE
```

```
                BEGIN
```

```
                    DEMB := DEMB + DEPINC;
```

```
                    Z1 := NM + 1 - JTSOIL;
```

```
                    HZ := DEMB/Z1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOR I := JTSOIL TO NM DO

HLIJ := HZ;

END;

END;



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE LOAD (VAR NP,NLC,NNZP,IPRESS:INTEGER);
```

```
VAR
```

```
    M,PKJ,IPM1 : INTEGER ;
```

```
BEGIN
```

```
    FOR J := 1 TO NLC DO
```

```
        BEGIN
```

```
            FOR I := 1 TO NP DO
```

```
                BEGIN
```

```
                    P[1,J] := 0.;
```

```
                END;
```

```
            END;
```

```
    IF IPRESS > 0 THEN
```

```
        BEGIN
```

```
            CLRSCR ; HEAD ;
```

```
            FOR I := 1 TO IPRESS DO
```

```
                BEGIN
```

```
                    WRITE('ENTER PRESSURE DATA ',I:2,', ':');
```

```
                    READLN( PRESS[I] );
```

```
                END ;
```

```
            CLRSCR ;
```

```
            M := 0 ;
```

```
            IPM1 := IPRESS - 1 ;
```

```
            FOR I := 1 TO IPM1 DO
```

```
                BEGIN
```

```
                    M := M + 2 ;
```

```
                    FOR J := 1 TO NLC DO
```

```
                        BEGIN
```

```
                            IF ( I = 1 ) THEN P[M,J] := H[1]* (2.*PRESS[1] + PRESS[2])/6.;
```

```
                            IF ( I > 1 ) THEN P[M,J] := H[I-1]* (2. * PRESS[I] + PRESS[I-1])/6.
```

```
                            + H[I]* (2. * PRESS[I] + PRESS[I+1])/6.;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SUMP[J] := SUMP[J] + P[M,J];
END;
END;
END;
IF (NNZP > 0) THEN
(* READ FOR EACH NLC THE NP-VALUE (K) AND P-ENTRY (PRK)*)
BEGIN
WRITE('ENTER K ,PKJ ');
FOR J := 1 TO NLC DO
BEGIN
FOR I := 1 TO NNZP DO
BEGIN
WRITE('ENTER K '); READLN(K);
WRITE('ENTER PKJ '); READLN(PKJ);
PIK,JJ := PIK,JJ + PKJ;
IF (K/2*2 = K) THEN SUMP[J] := SUMP[J] + PKJ;
END;
END;
END;
FOR J := 1 TO NLC DO
BEGIN
FOR I := 1 TO NP DO
PSAVE[I,J] := PI[I,J];
END;
END;

```

```

PROCEDURE SPRING(VAR NM : INTEGER ;
                 JTS, IPR : INTEGER ;
                 JC, NRC, IAR: INTEGER ;
                 VAR BSHP, AS, BS, EXPO, REDFAC, XI: REAL) ;

VAR
    M, PKJ : INTEGER ;
    Z : REAL ;

BEGIN
    NMP1 := NM + 1 ;
    M := 1 ;
    FOR I := 1 TO NMP1 DO
    BEGIN
        SPRNGLIJ := 0.0 ;
        IF JC > 1 THEN
        BEGIN
            IF (I = NODARLMJ) AND (IAR > 0) THEN
            BEGIN
                SPRNGLIJ := ARSPGLMJ ;
                M := M + 1 ;
            END ;
        END ;
    END ;

    Z := H[JTS] ;
    SK[JTS] := AS ;
    FOR K := JTS+1 TO NMP1 DO
    BEGIN
        SK[K] := AS + (BS*EXP(EXPO*LN(Z))) ;
        IF (K = NMP1) THEN H[K] := 0. ;
        Z := Z + H[K] ;
    END ;

```

```

FOR K := JTS TO NM DO
BEGIN
IF K = JTS THEN
BEGIN
SPRNG[K] := (REDFAC*H[K]*BSHP*(7*SK[K]+6*SK[K+1]-SK[K+2])) / 24 ;
END
ELSE
BEGIN
SPRNG[K] := H[K]*BSHP*(SK[K-1]+10.*SK[K]+SK[K+1])/12.;
IF K = NM THEN
SPRNG[NM+1] := H[K]*BSHP*(7.*SK[K+1]+6.*SK[K]-SK[K-1])/24.;
END ;
END ;
IF JC <= 1 THEN
BEGIN
IF NRC > 0 THEN
BEGIN
FOR K := 1 TO NRC DO
BEGIN
GOTOXY(5,9);
WRITE('ENTER NUMBER SPRING = ');GOTOXY(50,9); READLN(J) ;
GOTOXY(5,10);
WRITE('ENTER SPRING ',J,' = ');GOTOXY(50,10);READLN(SPRNG[J]) ;
END ;
END ; GOTOXY(10,8);
Writeln('ENTER NODE THAT LOCATED ANCHOR ,AND SPRING ');writeln;
writeln('=====');
IF IAR > 0 THEN
BEGIN
GOTOXY(5,11); writeln('ANCHOR ROD LOCATED AT NODE ');

```

```

FOR I := 1 TO IAR DO
BEGIN
WRITE('   ENTER NODE ANCHOR DATA ',I:2,' LOCATE AT NODE NO. : ');
READLN(NODAR[I]);
END;CLRSCR; GOTOXY (1,5);
FOR I := 1 TO IAR DO
BEGIN
WRITELN('   ANCHOR ROD LOCATED AT NODE NO. = ',NODAR[I]:2);
END; WRITELN;WRITELN;
WRITELN('   ===PRESS ANY KEY TO CONTINUE === ');CLRSCR ;
GOTOXY (1,5);
FOR K := 1 TO IAR DO
BEGIN
WRITE('   ENTER NUMBER OF SPRING = '); READLN(J);
WRITE('   ENTER VALUE OF ANCHOR ROD SPRING = ');READLN(ARSPG[K]);
SPRNG[J] := ARSPG[K];
END;
END;
END;
WRITELN ;
WRITE('   MEMBER AND NODE DATA FOR UNIT WIDTH OF WALL ');
WRITELN ('WRITTEN IN PROCEDURE "SPRING" ');
WRITELN;
WRITE(' MEMNO  NP1  NP2  NP3  NP4  LENGTH  INERTA. ',UT1);
WRITELN('*4');

WRITE(LST,' MEMNO  NP1  NP2  NP3  NP4  LENGTH  INERTA. ');
WRITE(LST,UT1,'*4' );
WRITE(LST,'   NODE          KS. ',UT5,'*3  SPRGS-SOIL/A.R.  ');
WRITELN(LST,'NODE Q. ',UT4);

```

```

FOR K := 1 TO NM DO
BEGIN
IF K < JTS THEN SK[K] := 0.0 ;
IF K <= IPR THEN
BEGIN
WRITE(K:6);
FOR I := 1 TO 4 DO
BEGIN
WRITE(NPE[K], I:6);
END;
WRITELN (HK[K]:10:4, XINER[K]:10:5);
END
ELSE
BEGIN
WRITE(K:6);
FOR I := 1 TO 4 DO
BEGIN
WRITE(NPE[K], I:6);
END;
WRITELN (HK[K]:10:4, XINER[K]:10:5);
END;
END;
END;
(*-----*)
WRITE('NODE KS. ', UT5, '*3 SPRGS--SOIL/A.R. ');
WRITELN('NODE Q. ', UT4);
FOR K := 1 TO NM DO
BEGIN
IF K < JTS THEN SK[K] := 0.0 ;
IF K <= IPR THEN

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BEGIN
WRITE(K:4,' ',SK[K]:9:3,' ',SPRNG[K]:9:3,' ');
Writeln(PRESS[K]:8:4);
END
ELSE
BEGIN
Writeln(K:4,' ',SK[K]:9:3,' ',SPRNG[K]:9:3);
END;
END;
Writeln (NMP1:4,' ',SK[NMP1]:9:3,' ',SPRNG[NMP1]:9:3);
FOR K := 1 TO NM DO
BEGIN
IF K < JTS THEN SK[K] := 0.0 ;
IF K <= IPR THEN
BEGIN
WRITE(LST,K:6);
FOR I := 1 TO 4 DO
BEGIN
WRITE(LST,NPE[K],I:6);
END;
WRITE (LST,H[K]:10:4,XINER[K]:10:5,' ',K:5,' ');
WRITE(LST,SK[K]:10:3,' ');
Writeln (LST,SPRNG[K]:10:3,' ',PRESS[K]:8:4);
END
ELSE
BEGIN
WRITE(LST,K:6);
FOR I := 1 TO 4 DO
BEGIN
WRITE(LST,NPE[K],I:6);
END;
WRITE (LST,H[K]:10:4,XINER[K]:10:5,' ',K:5,' ');
WRITE (LST,SK[K]:10:3,' ');

```

```

WRITELN (LST,SPRNG[K]:10:3);
END;
END; WRITE(LST,' ');
WRITE (LST,' ',NMP1:5);
WRITELN (LST,' ',SK[NMP1]:10:3,' ',SPRNG[NMP1]:10:3);
END ;

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PROCEDURE BANDM(VAR EASAT:EADATA;
                VAR STIFF:STF;
                NPE : NPDATA; I:INTEGER);

VAR
    NS1 ,NS2 : INTEGER ;
BEGIN
    FOR K := .1 TO 4 DO
        BEGIN
            NS1 := ( NPE [I,K] - 1 ) * 4 ;
            FOR J := 1 TO 4 DO
                BEGIN
                    IF NPE[I,J] >= NPE[I,K] THEN
                        BEGIN
                            NS2 := NPE[I,J] - NPE[I,K] + 1 ;
                            STIFF[NS1+NS2] := STIFF[NS1+NS2] + EASAT[K,J] ;
                        END;
                    END;
                END;
            END;
        END;
    END;

```

PROCEDURE BSTIF(VAR ISIZE,NM,NP:INTEGER;VAR E:REAL);

VAR

L,II : INTEGER ;

BEGIN

FOR I := 1 TO ISIZE DO

BEGIN

STIFF[I] := 0.0 ;

END;

FOR II := 1 TO NM DO

BEGIN

EAC[1,1] := 1.;

EAC[1,2] := 0.0 ;

EAC[2,1] := 1./H[II];

EAC[2,2] := 1./H[II];

EAC[3,1] := 0.0;

EAC[3,2] := 1.;

EAC[4,1] := -1./H[II];

EAC[4,2] := -1./H[II];

{ ** BUILD ELEMENT S-MATRIX ** }

ES[1,1] := 4.*E*XINER[II]/H[II];

ES[1,2] := 0.5*ES[1,1];

ES[2,1] := ES[1,2];

ES[2,2] := ES[1,1];

{ ** BUILD SAT MATRIX ** }

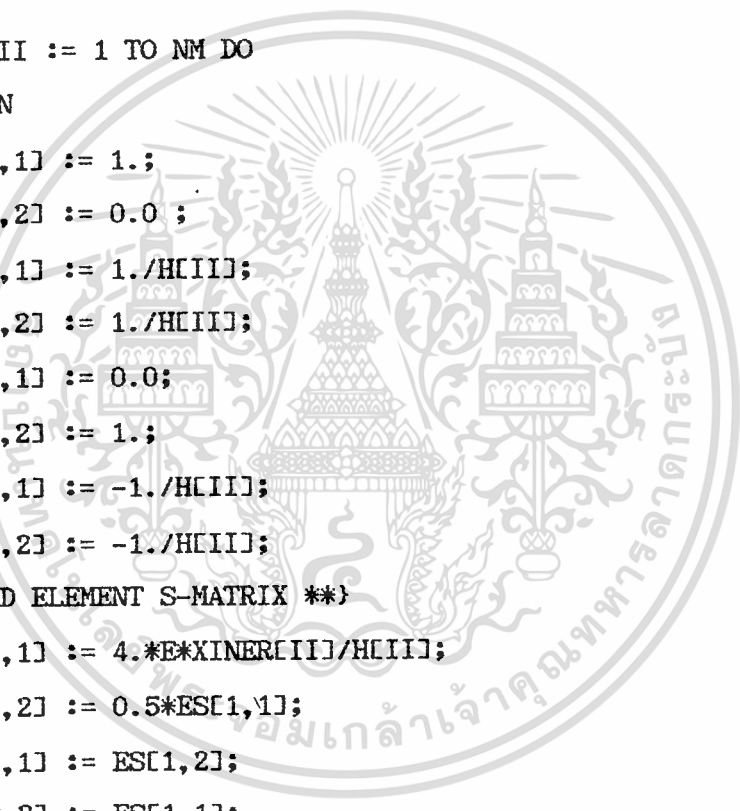
FOR I := 1 TO 2 DO

BEGIN

FOR J := 1 TO 4 DO

BEGIN

ESAT[I,J] := 0.;



```

FOR K := 1 TO 2 DO
BEGIN
ESAT[ I, J ] := ESAT[ I, J ] + ES[ I, K ] * EA[ J, K ] ;
END;
END;
END;
{ ** SAVE ESAT ** }
L := 0 ;
FOR I := 1 TO 2 DO
BEGIN
FOR J := 1 TO 4 DO
BEGIN
L := L + 1 ;
ESATS[ I, L ] := ESAT[ I, J ]
END;
END;
FOR K := 1 TO 4 DO
BEGIN
FOR J := 1 TO 4 DO
BEGIN
EASAT[ K, J ] := 0. ;
FOR L := 1 TO 2 DO
BEGIN
EASAT[ K, J ] := EASAT[ K, J ] + EA[ K, L ] * ESAT[ L, J ] ;
END;
END;
END;
BANDM ( EASAT, STIFF, NPE, I ) ;
END ;
END;

```

```

PROCEDURE MODIF (VAR NP, NM, NLC, NZX: INTEGER;
                 VAR JTSOIL, ICOUN, JCOUN: INTEGER);
VAR
    NXZERO : ARRAY[1..5] OF INTEGER ;
    XSPEC : ARRAY[1..5] OF REAL ;
    N : INTEGER;
    I : INTEGER;
    K, L, NS1, IZ : INTEGER ;
    NPZI, NPZP : INTEGER ;
    LL, IL, IM : INTEGER ;
    NPZM, KZ, K1, NPZ1, JN : INTEGER;
BEGIN
    NMP1 := NM + 1;
    IF (ICOUN <= 1) AND (JCOUN <= 1) THEN
    BEGIN
        IF NZX > 0 THEN
        BEGIN
            WRITELN('ENTER NXZERO ');
            FOR N := 1 TO NZX DO
            BEGIN
                WRITE('ENTER NXZERO [' , N:2, ' ] = ');
                READLN(NXZERO[N]);
            END;
            WRITELN('ENTER XSPEC ');
            FOR N := 1 TO NZX DO
            BEGIN
                WRITE('ENTER XSPEC[ ' , N:2, ' ] = ');
                READLN(XSPEC[N]);
            END;
            CLRSCR;
            WRITELN ;
        END;
    END;

```

```

FOR I := 1 TO NZX DO
BEGIN
WRITELN('      NX BOUNDARY CONDITIONS = ',NXZERO[I]:5);
END;
WRITELN;
FOR I := 1 TO NZX DO
BEGIN
WRITE('      BOUNDARY VALUES XSPEC = ',XSPEC[I]:7:4);
END;
END;
END;
K := 1 ;
L := 2*K;
FOR I := K TO NMP1 DO
BEGIN
  NS1 := (L-1) * 4 + 1;
  STIFF[NS1] := STIFF[NS1] + SPRNG[I];
  L := L + 2;
END;
IF NZX > 0 THEN
BEGIN
FOR IZ := 1 TO NZX DO
BEGIN
NPZI := NXZERO[IZ];
LL := (NPZI-1)*4+1;
STIFF[LL] := 1.0;
FOR IM := 1 TO NLC DO
BEGIN
P[NPZI,IM] := XSPEC[IZ];
FOR IL := 2 TO 4 DO
BEGIN

```

```

P[NPZP,IM] := P[NPZP,IM]-STIFF[LL+IL-1]*XSPEC[IZ];
END;
FOR JN := 2 TO 4 DO
BEGIN
NPZM := NPZI - JN + 1;
NPZ1 := (NPZI-JN)*4+JN;
IF NPZM > 0 THEN
P[NPZM,IM]:= P[NPZM,IM]-STIFF[NPZ1]*XSPEC[IZ];
END;
END;
FOR K := 2 TO 4 DO
BEGIN
STIFF[LL+K-1] := 0.0;
K1 := NPZI - K;
IF K1 >= 0 THEN
BEGIN
KZ := K1*4 + K;
STIFF[KZ] := 0.;
END;
END;
END;
END;
END;

```

```
PROCEDURE WRITB(VAR NP,NLC:INTEGER);
```

```
VAR
```

```
  I,J,K : INTEGER ;
```

```
  N1,N2 : INTEGER ;
```

```
BEGIN
```

```
  / WRITELN;
```

```
  WRITE(' THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY ');
```

```
  WRITELN('CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX) ');
```

```
  WRITELN ;
```

```
  WRITELN(LST);
```

```
  WRITE(LST,' THE BAND MATRIX CORRECTED FOR ANY BOUNDARY ');
```

```
  WRITELN(LST,'CONDITION P-MATRIX (ADJ FOR NZX) ');
```

```
  WRITELN(LST) ;
```

```
  ISIZE := 4*NP;
```

```
  N1 := 1;
```

```
  N2 := 4;
```

```
  FOR I := 1 TO NP DO
```

```
  BEGIN
```

```
    WRITE(' ',I:4);
```

```
    WRITE(LST,' ',I:4);
```

```
    FOR J := N1 TO N2 DO
```

```
    BEGIN
```

```
      WRITE(' ',STIFF[J]:10:0);
```

```
      WRITE(LST,' ',STIFF[J]:10:0);
```

```
    END;
```

```
    WRITE(' ',I:3,' ');
```

```
    WRITE(LST,' ',I:3,' ');
```

```
    FOR K := 1 TO NLC DO
```

```
    BEGIN
```

```
      WRITE(P[I,K]:10:4);
```

```
      WRITE(LST,P[I,K]:10:4);
```

```
    END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WRITELN;

WRITELN(LST);

N1 := N2 + 1;

N2 := N2 + 4;

IF N2 > ISIZE THEN N2 := ISIZE;

END;

END;



```
PROCEDURE SOLV1(VAR STIFF:STF; VAR P:PRES ;
                NP,NLC,NBAND,ISIZE:INTEGER);
```

```
VAR
```

```
    NL,N1,IJ,NK,M,L,N : INTEGER;
```

```
    B: REAL;
```

```
LABEL 0085;
```

```
BEGIN
```

```
    N1 := 1;
```

```
    FOR N := 1 TO NP DO
```

```
        BEGIN
```

```
            I := N;
```

```
            FOR L := 2 TO NBAND DO
```

```
                BEGIN
```

```
                    NL := (N-1)*NBAND + L ;
```

```
                    I := I + 1 ;
```

```
                    IF STIFF[NL] <> 0 THEN
```

```
                        BEGIN
```

```
                            B := STIFF[NL]/STIFF[N1];
```

```
                            J := 0;
```

```
                            FOR K := L TO NBAND DO
```

```
                                BEGIN
```

```
                                    J := J + 1;
```

```
                                    IJ := (I-1)*NBAND + J;
```

```
                                    NK := (N-1)*NBAND + K;
```

```
                                    IF STIFF[NK] <> 0 THEN
```

```
                                        STIFF[IJ] := STIFF[IJ] - B*STIFF[NK]
```

```
                                END;
```

```
                            STIFF[NL] := B;
```

```

FOR M := 1 TO NLC DO
BEGIN
P(I,M) := P(I,M)-B*P(N,M);
END;
END;
END;
FOR M := 1 TO NLC DO
BEGIN
P(N,M) := P(N,M)/STIFF(N,I);
END;
N1 := N1 + NBAND;
END;
{ **COMPLETE SOLUTION BY BACK SUBSTITUTION **}
N := NP;
0085 : N := N - 1;
IF N > 0 THEN
BEGIN
L := N-1;
FOR K := 2 TO NBAND DO
BEGIN
NK := (N-1)*NBAND+K;
FOR M := 1 TO NLC DO
BEGIN
IF STIFF(N,K) <> 0 THEN
P(N,M) := P(N,M)-STIFF(N,K)*P(L+K,M);
END;
END;
GOTO 85.
END;
END;

```

END;

```

PROCEDURE CONVER(NP,NLC : INTEGER;
                VAR JTSOIL:INTEGER ;
                VAR JCOUN:INTEGER;{YOU MUST NOT CHANGE}
                CONV : REAL ;{NO HAVE}
                VAR DEMB:REAL; UT1:STRING);

VAR
    AA,Z1 : REAL ;
    J,I : INTEGER ;

BEGIN
    IF JCOUN = 1 THEN XHOLD := 0.0;
    AA := P[2*JTSOIL,1];
    IF AA < 0 THEN AA := -AA;
    Z1 := AA - XHOLD;
    IF Z1 < 0 THEN Z1 := -Z1;
    IF Z1 > CONV THEN
        BEGIN
            WRITELN;
            WRITE('CYCLE NO = ',JCOUN:2,' D.L DEFL : PREVIOUS = ');
            WRITELN(XHOLD:8:5,' CURRENT = ',AA:8:5);WRITELN(LST);
            WRITE(LST,' CYCLE NO = ',JCOUN:2,' D.L DEFL : PREVIOUS = ');
            WRITELN(LST,XHOLD:8:5,' CURRENT = ',AA:8:5);WRITELN(LST);
            XHOLD := AA;
            JCOUN := JCOUN + 1;
        { ** RESET P-MATRIX FOR NEXT CYCLE **}
            FOR J := 1 TO NLC DO
                BEGIN
                    FOR I := 1 TO NP DO
                        BEGIN
                            P[I,J] := PSAVE[I,J];
                        END;
                    END;
                END;
    END

```

END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ELSE
 'ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BEGIN
WRITELN;
WRITELN(' D.L. DEFL CONVERGED ON CYCLE = ',JCOUN:2);
WRITELN;
WRITE(' DEFLS ARE : PREVIOUS = ',XHOLD:8:5,' CURRENT = ');
WRITELN (AA:8:5,' FOR EMBED DEPTH = ',DEMB:6:2,' ',UT1);
WRITELN(LST);
WRITE(LST,' D.L. DEFL CONVERGED ON CYCLE = ',JCOUN:2);
WRITELN(LST);
WRITE(LST,' DEFLS ARE : PREVIOUS = ',XHOLD:8:5,' CURRENT = .');
WRITELN (LST,AA:8:5,' FOR EMBED DEPTH = ',DEMB:6:2,' ',UT1);
JCOUN := 0;
END;
END;

```

```
{ **PROCEDURE TO CHECK NONLINEAR DEFORMATION OR FOOTING **}
```

```
PROCEDURE CHECK(VAR NP,NM,JTSOIL:INTEGER;
```

```
VAR ICOUN : INTEGER ; LCOUN:INTEGER;
```

```
VAR XMAX:REAL);
```

```
VAR
```

```
IHOLD,K,NMP1,I : INTEGER;
```

```
Z1,Z2,CON : REAL ;
```

```
FORC : REAL ;
```

```
BEGIN
```

```
IF ICOUN = 1 THEN IHOLD := LCOUN;
```

```
K := JTSOIL;
```

```
NMP1 := NM + 1;
```

```
Z2 := 2.*XMAX;
```

```
FOR I := K TO NMP1 DO
```

```
BEGIN
```

```
CON := 1.0;
```

```
Z1 := P[2*I,1] + XMAX;
```

```
IF Z1 <= 0 THEN
```

```
BEGIN
```

```
CON := -1.0;
```

```
FORC := -XMAX*SPRNG[I];
```

```
PSAVE[2*I,1] := PSAVE[2*I,1] + FORC;
```

```
SUMP[1] := SUMP[1] + FORC;
```

```
SPRNG[I] := 0.0;
```

```
LCOUN := LCOUN + 1;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
BEGIN
```

```
IF Z1 > Z2 THEN
```

```
BEGIN
```

```
FORC := -XMAX*SPRNG[I];
```

```
PSAVE[2*I,1] := PSAVE[2*I,1] + FORC;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SUMPL[1] := SUMPL[1] + FORC;
```

```
SPRNG[1] := 0.0;
```

```
LCOUN := LCOUN + 1;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
(* IF LCOUN <= IHOLD HAS CONVERGED ON THIS CYCLE *)
```

```
IF LCOUN > IHOLD THEN
```

```
BEGIN
```

```
WRITELN;
```

```
WRITE(' +++ CURRENT CYCLE ',ICOUN:2,' CURRENT ');
```

```
WRITE(' SPRGS ZEROED = ',LCOUN:2,' PREVIOUS COUNT = ');
```

```
WRITELN(IHOLD:2);
```

```
WRITELN(LST);
```

```
WRITE(LST,' +++ CURRENT CYCLE ',ICOUN:2,' CURRENT ');
```

```
WRITE(LST,' SPRGS ZEROED = ',LCOUN:2,' PREVIOUS COUNT = ');
```

```
WRITELN(LST,IHOLD:2);
```

```
IHOLD := LCOUN;
```

```
ICOUN := ICOUN + 1;
```

```
LCOUN := 0;
```

```
( ** REDEFINE P-MATRIX FROM SAVED LOAD MATRIX*)
```

```
FOR I := 1 TO NP DO
```

```
BEGIN
```

```
P[1,I] := PSAVE[1,I];
```

```
END;
```

```
END
```

```
ELSE
```

```
BEGIN
```

```
ICOUN := 0;
```

```
END;
```

```
END;
```

```
PROCEDURE FORC(VAR NP,NM,NLC,NONLIN,IMET:INTEGER; VAR XMAX:REAL );
```

```
VAR
```

```
F : ARRAY[1..2] OF REAL ;
CON : REAL;
LC,JJ,JL,L1 : INTEGER ;
SUM,X1,X2,XK,FORC1,SOILP1 : REAL;
INODE,LL,L,J,K : INTEGER ;
NS1,NN : INTEGER;
CH : CHAR ;
```

```
BEGIN
```

```
CON := 12.;
IF IMET > 0 THEN CON := 1000.;
FOR LC := 1 TO NLC DO
BEGIN
INODE := 0;
SUM := 0.0;
CLRSCR ;
WRITELN; GOTOXY (5,8);
WRITE('MEMBER MOMENTS FOR LC = ');
WRITELN(LC:2);
WRITELN;
WRITELN('      MEMNO. MOMENTS--NEAR END 1ST ',UT3);
FOR JJ := 1 TO NM DO
BEGIN
INODE := INODE + 1;
LL := 2*INODE;
L1 := LL - 1;
L := 0;
FOR K := 1 TO 2 DO
BEGIN
F[K] := 0.0;
```

```

FOR J := 1 TO 4 DO
  BEGIN
    NS1 := NPEL[J,J];
    L := L + 1;
    F[K] := F[K] + ESATS[J,J,L]*P[NS1,LC];
  END;
END;

X1 := P[NPEL[J,J,1],LC];
X2 := P[NPEL[J,J,2],LC];
XK := X2;

IF NONLIN > 0 THEN
  BEGIN
    IF XK > XMAX THEN XK := XMAX;
  END;
  FORC1 := XK*SPRNG[I,INODE];
  SUM := SUM + FORC1;
  SOILP1 := XK*SK[I,INODE];
  WRITE(' ', JJ:3, ' ');
  FOR NN := 1 TO 2 DO
    BEGIN
      WRITE(F[NN]:10:3, ' ');
    END;
  WRITELN;
END;

END; WRITELN;

WRITELN(' PRESS ANY KEY TO CONTINUE ');
CH := READKEY ;

(*=====PRINTER XXX +=====*)

FOR LC := 1 TO NLC DO
  BEGIN

```

```

INODE := 0;
SUM := 0.0;
WRITELN ;
WRITE('NODE REACTIONS, DEFLECTIONS');
WRITE(' SOIL PRESSURE, AND LAST USED P-MATRIX FOR LC = ');
WRITELN(LC:2);
WRITELN;
WRITE('NODE   SPG FORCE, ', UT2, ' ROT, RADS   DEFL. ', UT1);
WRITELN('      SOIL Q, ', UT4, '      P-', UT3, '      P-', UT2);
FOR JJ := 1 TO NM DO
BEGIN
  INODE := INODE + 1;
  LL := 2*INODE;
  L1 := LL - 1;
  L := 0;
  FOR K := 1 TO 2 DO
  BEGIN
    FLKJ := 0.0;
    FOR J := 1 TO 4 DO
    BEGIN
      NS1 := NPELJJ, J];
      L := L + 1;
      FLKJ := FLKJ + ESATSEJJ, L]*PINS1, LC];
    END;
  END;
  X1 := PINPELJJ, 1], LC];
  X2 := PINPELJJ, 2], LC];
  XK := X2;
  IF NONLIN > 0 THEN
  BEGIN
    IF XK > XMAX THEN XK := XMAX;
  END;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

FORC1 := XK*SPRNGLINODEJ;
SUM := SUM + FORC1;
SOILP1 := XK*SKLINODEJ;
WRITE(INODE:4,' ',FORC1:10:4,' ',X1:8:4,' ');
WRITE(X2:8:4,' ',SOILP1:9:3,' ',PSAVEILL,LCJ:9:3);
WRITELN(' ',PSAVEILL,LCJ:9:3);
END;
INODE := INODE + 1;
LL := 2*INODE;
L1 := LL - 1;
X1 := PCNPEINM,3J,LCJ;
X2 := PCNPEINM,4J,LCJ;
FORC1 := X2*SPRNGLINODEJ;
SUM := SUM + FORC1;
SOILP1 := X2*SKLINODEJ;
WRITE(INODE:4,' ',FORC1:10:4,' ',X1:8:4,' ');
WRITE(X2:8:4,' ',SOILP1:9:3,' ',PSAVEILL,LCJ:9:3);
WRITELN(' ',PSAVEILL,LCJ:9:3);
WRITELN;
WRITELN;
WRITE(' SUM SPRING FORCES = ',SUM:10:2,' VS SUM APPLIED ');
WRITELN('FORCES = ',SUM:10:2,' ',UT2);
WRITE(' APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN ');
WRITE('SOIL REACTIONS WHEN SPRINGS ARE ZEROED ++++ ');
WRITELN;
END;

```

(***** FOR PRINTER *****)

```
FOR LC := 1 TO NLC DO
```

```
  BEGIN
```

```
    INODE := 0;
```

```
    SUM := 0.0;
```

```

WRITE(LST,'MEMBER MOMENTS,NODE REACTIONS,DEFLECTIONS');
WRITE(LST,'SOIL PRESSURE,AND LAST USED P-MATRIX FOR LC = ');
WRITELN(LST,LC:2);
WRITELN(LST);
WRITE(LST,'MEMNO. MOMENTS--NEAR END 1ST ',UT3,' NODE ');
WRITE(LST,'SPG FORCE,',UT2,' ROT,RADS DEF.,',UT1);
WRITELN(LST,' SOIL Q,',UT4,' P-',UT3,' P-',',UT2);

FOR JJ := 1 TO NM DO
BEGIN
  INODE := INODE + 1;
  LL := 2*INODE;
  L1 := LL - 1;
  L := 0;
  FOR K := 1 TO 2 DO
  BEGIN
    F[K] := 0.0;
    FOR J := 1 TO 4 DO
    BEGIN
      NS1 := NPE[JJ,J];
      L := L + 1;
      F[K] := F[K] + ESATS[JJ,L]*P[NS1,LC];
    END;
  END;
  X1 := P[NPE[JJ,1],LC];
  X2 := P[NPE[JJ,2],LC];
  XK := X2;
  IF NONLIN > 0 THEN
  BEGIN
    IF XK > XMAX THEN XK := XMAX;
  END;
  FORC1 := XK*SPRNG[INODE];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SUM := SUM + FORC1;
SOILP1 := XK*SK[INODE];
WRITE(LST,' ',JJ:3,' ');
FOR NN := 1 TO 2 DO
BEGIN
WRITE(LST,F[NN]:12:3);
END; (* REVISE *)
WRITE(LST,' ',INODE:3,' ',FORC1:12:4,' ',X1:9:5,' ');
WRITE(LST,X2:9:5,' ',SOILP1:10:3,' ',PSAVE[LL,LC]:10:3);
WRITE(LST,' ',PSAVE[LL,LC]:10:3);
END;
INODE := INODE + 1;
LL := 2*INODE;
L1 := LL - 1;
X1 := PINPE[NM,3],LC;
X2 := PINPE[NM,4],LC;
FORC1 := X2*SPRNG[INODE];
SUM := SUM + FORC1;
SOILP1 := X2*SK[INODE];
WRITE(LST,' ');
WRITE(LST,INODE:3,' ');
WRITE(LST,FORC1:12:4,' ',X1:9:5,' ',X2:9:5,' ');
WRITE(LST,SOILP1:10:3,' ',PSAVE[LL,LC]:10:3,' ');
WRITE(LST,PSAVE[LL,LC]:10:3);
WRITE(LST); WRITE(LST);
WRITE(LST,' SUM SPRING FORCES = ',SUM:10:2,' VS SUM APPLIED ');
WRITE(LST,' FORCES = ',SUMP[LC]:10:2,' ',UT2 );
WRITE(LST,' APPLIED FORCES ADJUSTED FOR NONLIN ');
WRITE(LST,' SOIL REACTIONS WHEN SPRINGS ARE ZEROED ++++ ');
WRITE(LST);
END;
END;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้