<u>รายงานการวิจัย</u>

เรื่อง

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการหากำลังรับน้ำหนักบรรทุก และการทรุดตัว ของฐานรากบนเสาเข็มเดี่ยว

โดย.. นาย บุญทวี สุขรัตน์อมรกุล
ภาควิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อ.ที่ปรึกษา อ.ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ
วันที่ 20 เมษายน 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับรายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

.....

(อ.สุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการวัดผล .....

(อ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ)

.....

(อ.สุพจน์ ศรีนิล)

.....

(อ.ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

.....

(อ.เกษม อมันตกุล)

.....

(อ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)

.....

(ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

3/5/33

.....

(อ.วิบูลย์ วุฒิญาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่รายงานการวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้นั้น เกิดจากความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้จัดทำจึงขอนำนามของท่านเหล่านั้นมาประกาศ ณ.ที่นี้ เพื่อเป็นการขอบพระคุณ และระลึกถึงตลอดไป

1. ดร.ศรีกริช หิรัญยมาศ

2. อ.สุพจน์ ศรีนิล

และ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง ทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในวงการของธุรกิจการก่อสร้างในปัจจุบัน ได้มีพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีและวิทยาการสมัยใหม่เข้าไปประยุกต์ใช้กับการก่อสร้างอย่างมากมาย เพื่อให้ได้มาซึ่งงานที่มีคุณภาพ ประหยัด และใช้เวลารวดเร็วในการทำงาน

ในประเทศไทยโครงการก่อสร้างในเวลานี้ก็มีอยู่อย่างมากมายเช่นกัน แต่ละโครงการก็มีทั้งโครงการขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ดังนั้นบริษัทที่ทำการออกแบบ และรับเหมาก่อสร้าง จึงต้องหาวิธีในการออกแบบและการก่อสร้างที่ทันสมัยอยู่ตลอด เพื่อนำมารองรับกับงานที่เพิ่มสูงขึ้นและมีความยุ่งยากในการทำมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการนำเอาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ การนำเอาระบบการบริหารงานที่มีประสิทธิภาพ การใช้อุปกรณ์ในการก่อสร้างชนิดใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้

จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ก็เป็นอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับการก่อสร้างได้อย่างมากมาย อาทิเช่น นำมาใช้ในการออกแบบ ทั้งทางด้านสถาปัตยกรรม ด้านวิศวกรรม นำมาใช้ในการวางแผนงาน ควบคุมการทำงาน ควบคุมระบบการเงิน และอื่นๆ ดังนั้นจึงจัดได้ว่าคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่จะมีส่วนทำให้การพัฒนาในวงการนี้ก้าวไปได้อีกมาก

ในงานวิจัยที่ผู้จัดทำได้ทำขึ้นฉบับนี้ เป็นงานวิจัยที่ต้องอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก โดยจะใช้คอมพิวเตอร์มาคำนวณหากำลังรับน้ำหนัก และการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้นกับ รากฐานรากชนิดรากบนเสาเข็มเดี่ยว โดยข้อมูลที่จะต้องกรอกให้เครื่องรับรู้ก็ประกอบด้วยข้อมูลของดินและข้อมูลของเสาเข็มที่เลือกใช้ โดยข้อมูลดินนั้นก็จะได้จากการเจาะสำรวจและการทดลองในห้องแล็บ ส่วนเสาเข็มนั้นแล้วแต่ผู้เลือกใช้ว่าต้องการใช้เสาประเภทใด ขนาดเท่าใด ฉะนั้นจึงหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ไม่มากก็น้อย กับผู้ที่ได้นำไปใช้ และผู้จัดทำก็ไม่ขอสงวนสิทธิหากมีผู้ใดจะทำการพัฒนาและนำไปเผยแพร่ต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใด ก็ต้องขออภัยไว้ ณ.ที่นี้ด้วย

บุญหวี สุขรัตนโอมรกุล
ผู้จัดทำ
เมษายน 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
คำนำ	ค
จุดมุ่งหมายและขอบเขต	1
บทนำ	2
ฐานราก	4
การเลือกชนิดของฐานราก	4
ชนิดของฐานราก	6
ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็มจำแนกตามวิธีการผลิต	10
กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม	13
พฤติกรรมของเสาเข็มเดี่ยว	13
การวิบัติแบบต่างๆของเสาเข็ม	14
การวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักและการทรุดตัว	19
การใช้โปรแกรม	29
ตัวโปรแกรม UNIT WIN	37
ตัวโปรแกรม UNIT SCREEN	42
ตัวโปรแกรม SINPILE	43
ผลการดำเนินการโปรแกรม SINPILE	63
ENTER SOIL DATA	64
CALCULATE THE RESULT	68
การดำเนินการสำหรับ FRICTION PILE	70
การดำเนินการสำหรับ PILE ON STIFF CLAY	77
การดำเนินการสำหรับ PILE ON SAND	84
รูปและตารางประกอบ	91
หนังสืออ้างอิง	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดมุ่งหมาย และขอบเขต

ในการทำงานชิ้นนี้ขึ้นมา มีแนวทางในการทำโดยพยายามให้สนองต่อจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้แต่แรก ซึ่งเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาไว้ เมื่องานเสร็จสมบูรณ์ออกมา จึงสามารถนำไปใช้เพื่อสนองวัตถุประสงค์นั้น ๆ ได้อย่างใกล้เคียง หรือสมบูรณ์ที่สุด

จุดประสงค์ของงานคือ

๑. เพื่อนำกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยวที่ใช้กับฐานราก ใช้เข็ม (Pile Foundation)

๒. เพื่อหาการทรุดตัว ของเสาเข็มเดี่ยวที่ใช้กับฐานรากใช้เข็ม (Pile Foundation)

โดยการได้มาซึ่งค่าต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์นั้น ผู้ใช้จะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของดิน ในบริเวณที่จะตอกเข็ม และข้อมูลเกี่ยวกับเข็มที่จะพิจารณาใช้ โดยข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของดิน ในบริเวณที่จะตอกเข็ม และข้อมูลเกี่ยวกับเข็มที่จะพิจารณาใช้ โดยข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดินนั้น อาจจะได้มาจาก การทำการสำรวจโดยทางราชการในบริเวณต่าง ๆ แล้วนำมาเก็บไว้ หรืออาจจะจ้างบริษัทที่ทำการทดสอบ มาทำการสำรวจดินในบริเวณนั้นโดยเฉพาะเลยก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบว่าต้องการความละเอียดของข้อมูลอยู่ในระดับใด เมื่อได้ข้อมูลทั้ง ๒ ชนิด มาแล้วก็ทำการกรอกเข้าสู่โปรแกรม ตามขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม เมื่อโปรแกรมดำเนินการจนถึงขั้นสุดท้าย ก็จะได้มาซึ่งกำลังรับน้ำหนักและการทรุดตัวของเสาเข็มโดยประมาณโดยสูตร และระบบที่ใช้ในการคำนวณ จะนำมากล่าวถึงและอธิบายในส่วนต่าง ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ การก่อสร้างในประเทศไทยได้ขยายตัวสูงขึ้นอย่างมากมาย ดังนั้น จึงมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยต่าง ๆ เข้ามาใช้เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานในปัจจุบันเพื่อให้ได้มาซึ่งผลงานที่สมบูรณ์ ทำได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยการประยุกต์เทคโนโลยีต่าง ๆ เข้าไปใช้นี้จะเข้าไปใช้กับทุกส่วน ตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งจบการทำงานโดยสิ่ง ๆ หนึ่งที่เกิดจากความทันสมัยของเทคโนโลยี และเข้ามามีบทบาทกับธุรกิจการทำงาน แทบทุกประเภทในเวลานี้ รวมทั้งธุรกิจการก่อสร้างด้วย ซึ่งจะมีประโยชน์ทำให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และเป็นระบบระเบียบมากขึ้นก็คือ คอมพิวเตอร์ โดยประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ต่อธุรกิจการก่อสร้างนี้ มีอยู่หลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น ใช้คำนวณออกแบบทางสถาปัตยกรรม ออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรม ควบคุมระยะเวลาการทำงาน การเงิน เป็นต้น

จากการเล็งเห็นความสำคัญ และประโยชน์ที่มีมากมายของคอมพิวเตอร์ ผู้เขียนจึงเลือกที่จะใช้คอมพิวเตอร์มาใช้ประกอบในการนำเสนอโครงการพิเศษ (Special Project) ตามหลักสูตรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมุ่งเน้นไปที่ การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คำนวณเกี่ยวกับกำลังรับน้ำหนัก และการทรุดตัวโดยประมาณ ของเสาเข็มเดี่ยว (Single Pile) สำหรับฐานรากที่ใช้เข็ม (Pile Foundation) ซึ่งจะใช้กับโครงสร้างที่ไม่ใหญ่มาก และรับน้ำหนักไม่สูงนัก

ผลที่จะได้จากการดำเนินการของโปรแกรมนี้ จะเป็นค่าโดยประมาณอย่างคร่าว ๆ โดยสูตรและทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาใช้นี้ ก็นำสูตรที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป และทฤษฎีที่ได้มีการค้นคว้าไว้ ซึ่งได้รับการยอมรับในความถูกต้อง รวมไปถึงจากความเข้าใจของผู้เขียนในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ซึ่งได้ปรึกษากับท่านผู้รู้ มาอย่างถี่ถ้วนแล้ว

ดังนั้นการสนองความต้องการของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชุดนี้ ต่อผู้ใช้จะช่วยให้สามารถทราบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มและการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการตัดสิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใจเลือกขนาด และชนิดของเสาเข็ม ให้เหมาะสมกับกำลังรับน้ำหนักที่เสาเข็มนั้นจะต้องรับจากโครงสร้างส่วนบนของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานราก

ในการก่อสร้าง อาคาร โรงงาน หรือสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ซึ่งมีอยู่อย่างมากมาย ในปัจจุบันทุกสิ่งย่อมจะต้องถ่ายเทน้ำหนักลงสู่พื้นโลกทั้งสิ้น ดังนั้นจึงจะต้องมีกรรมวิธีที่จะทำให้พื้นโลกนั้นสามารถรับน้ำหนักที่จะถ่ายลงมาได้ การใช้ฐานรากก็เป็นกรรมวิธีที่จะให้ดินสามารถรับน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนได้ตามอัตราที่ต้องการ แล้วไม่ส่งให้เกิดการทรุด เลื่อนตัว ดินกว่าค่าที่กำหนดอันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างได้ ดังนั้นจะสรุปคำจำกัดความและลักษณะของฐานรากได้ว่า

ฐานราก คือสิ่งที่รองรับน้ำหนักบรรทุก แล้วถ่ายน้ำหนักลงไปยังชั้นดิน ชั้นหินที่อยู่ใต้ฐานราก น้ำหนักบรรทุกนี้ได้แก่ น้ำหนักของโครงสร้างอาคาร และน้ำหนักจร ซึ่งรวมถึงแรงลมหรือพายุด้วย ฐานรากต้องมีความแข็งแรงและสามารถถ่ายน้ำหนักลงไปยังดินใต้ฐานรากได้โดยปลอดภัย ไม่เกิดการเสียหายทรุดตัว เอียง หรือเกิดการแตกร้าวขึ้นแก่องค์อาคารนั้น ๆ อย่างไรก็ดี เมื่อฐานรากรับน้ำหนักย่อมเกิดการทรุดตัว การทรุดตัวลงทั้งหมดของโครงอาคาร ถ้าไม่มากเกินไปก็จะไม่เกิดอันตราย หรือความเสียหายการทรุดตัวของโครงอาคารบางส่วน อาจจะทำให้ส่วนโครงสร้างเสียรูป พื้นผนังแตกร้าวและอาจจะเกิดอันตรายต่อชีวิต และทรัพย์สิน ก่อนการออกแบบก่อสร้างฐานราก เพื่อให้เกิดความแน่ใจในการใช้ข้อมูลคำนวณออกแบบ และเป็นแนวให้เลือกใช้ชนิด และออกแบบโครงฐานรากได้ถูกต้องเหมาะสม สำหรับอาคารธรรมดาที่มีน้ำหนักบรรทุกไม่มากนัก อาจใช้การศึกษาเปรียบเทียบกับการก่อสร้างที่เคยทำในสภาพของดินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันถ้าเป็นอาคารขนาดใหญ่สูงมากชั้น ควรทำการสำรวจ วิเคราะห์ และวิจัยหากำลัง และความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน

การเลือกชนิดของฐานราก

ในการเลือกใช้ฐานรากชนิดใดที่จะให้เหมาะกับสภาพของดินในสนาม และให้ทำได้อย่างประหยัด และถูกต้องสมบูรณ์ตามเงื่อนไขการก่อสร้างนั้น จะต้องพิจารณาตัวประ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบสำคัญตามรายการต่อไปนี้

๑. สภาพดินฐานราก
๒. ข้อจำกัดโดยโครงสร้างเหนือดิน
๓. ข้อจำกัดจากสิ่งแวดล้อม
๔. เงื่อนไขและค่าก่อสร้าง

โดยสภาพของดินฐานราก คือเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่สุดที่จะต้องคำนึงถึง ดังนั้นจึงได้มีการกำหนด รูปแบบของฐานราก แบบมาตรฐานที่เหมาะสมกับสภาพดิน ลักษณะต่าง ๆ ไว้ดังต่อไปนี้

ก. เมื่อดินฐานรากที่รับแรงถ่ายได้นั้น ในดินผิวบน หรืออยู่ลึก ๒–๓ เมตร จากผิวบน เช่น ดินในบางพื้นที่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย ในกรณีเช่นนี้ ควรใช้ฐานแผ่ แล้วอาจจะล้อมรอบด้วยเข็ม เพื่อป้องกันอันตรายแม้ในกรณีที่น้ำเกิดเซาะ

ข. เมื่อดินฐานรากที่รับแรงถ่ายได้นั้น อยู่ใต้ผิวดิน ประมาณ ๑๐ เมตร ในกรณีนี้ ควรปรับปรุงดินโดย การตอกเข็ม หรือใช้ฐานลอย โดยเสาเข็มที่ใช้ควรใช้เข็มคอนกรีตหรือเข็มไม้ และถ้าใช้เข็มเหล็กหรือเข็มคอนกรีตหล่อในที่ ในกรณีของเข็มสั้นจะไม่เป็นการประหยัด

ค. เมื่อดินที่รับแรงถ่ายได้นั้นอยู่ใต้ผิวดิน ประมาณ ๒๐ เมตร ในกรณีนี้ ต้องแล้วแต่การทรุดที่จะยอมให้มีได้ ถ้ายอมให้มีการทรุดตัวอาจจะใช้เข็มคอนกรีตหรือเข็มไม้ เป็นลักษณะของเข็มเสียดทาน (Friction Pile) แต่ถ้าไม่ยอมให้มีการทรุดตัวหรือยอมให้มีได้เล็กน้อย ก็จะใช้เสาเข็มที่มีความยาวมากพอ ที่จะวางอยู่บนชั้นดินถ่ายโดยอาจจะเป็น เข็ม คสล. เข็มคอนกรีตอัดแรง เข็มเหล็ก หรือเสาเข็มหล่อในที่ แต่ถ้ามีหินปนอยู่ระหว่างชั้นดินด้วย ควรใช้ฐานรากปล่อง (caisson) จะดีกว่า

ง. เมื่อดินที่รับแรงถ่ายได้นั้น อยู่ใต้ผิวดินประมาณ ๓๐ เมตร มักใช้ฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากปล่องแบบเปิด เข็มเหล็ก หรือเข็มเหล็กในที่ซึ่งถ้าความดันบรรยากาศ ในบริเวณที่ลงไปทำงานต่ำกว่า ๓ กก./ตร.ซม. ก็อาจใช้ฐานรากปล่องแบบอัดลม (Pneumatic caisson)

จ. เมื่อดินที่รับแรงธารได้นั้น อยู่ใต้ผิวดินเกินกว่า ๔๐ เมตร ในกรณีเช่นนี้ เข็มเหล็ก และเข็มหล่อในที่ จะได้เปรียบกว่าอย่างอื่น

ข้อจำกัดโดยโครงสร้างเหนือดิน ตามรายการในข้อที่ ๒ เป็นปัจจัยที่จะต้องตรวจสอบสภาพน้ำหนักบรรทุก (ขนาด , การแจกแจง , ทิศทาง ฯลฯ) ลักษณะเชิงผลวิศของโครงสร้างเหนือดิน ความสำคัญของโครงสร้าง และหน้าที่ความยากในการบำรุงรักษา และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ฯลฯ

ในการดำเนินการมีบางกรณีที่สภาพแวดล้อม ตามรายการที่ ๓ ไม่เอื้ออำนวยให้ได้งานที่สอดคล้องกับสภาพที่สมบูรณ์ในการออกแบบได้ แม้จะได้เลือกชนิดฐานรากที่เหมาะสม ตามที่ต้องการและออกแบบได้ อย่างเพียบพร้อมในแง่ที่เกี่ยวกับสภาพดิน และข้อจำกัดของโครงสร้างก็ตาม แต่เมื่อทำการก่อสร้าง ในเมืองที่ชุมชนหนาแน่น บ่อยครั้งที่ระเบียบวิธีการก่อสร้างจะถูกจำกัด เนื่องจากเป็นการรบกวนต่อสาธารณชน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงสภาพแวดล้อม ประกอบการพิจารณาเลือกใช้ฐานรากที่เหมาะสมด้วย

ดังนั้น วิศวกรผู้ออกแบบ จะต้องใช้วิจารณญาน ประกอบกับความรู้ความสามารถที่ตนมีอยู่ พิจารณาออกแบบฐานราก ให้ได้ฐานรากที่มีความมั่นคงแข็งแรง และสามารถรองรับต่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ อย่างสมบูรณ์

<u>ชนิดของฐานราก</u>

ฐานรากมีหลายประเภท อาจจำแนกได้เป็นแบบตื้น (Shallow Foundation) และฐานรากแบบลึก (Deep Foundation) ฐานรากแบบตื้น หมายถึง ฐานรากที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความลึกต่ำจากระดับดินเท่ากับ หรือน้อยกว่าด้านกว้างของฐานราก ส่วนฐานรากแบบลึก หมายถึง ฐานรากที่มีความลึกต่ำจากระดับดิน เท่ากับ หรือมากกว่าส่วนกว้างของฐานราก อย่างไรก็ดี อาจแบ่งฐานรากตามลักษณะความสำคัญ ได้เป็น ๓ ประเภท คือ

๑. ฐานรากแบบแท่งตอม่อ (Pier Foundation) เป็นฐานรากขนาดโต และทำลึกลงทั้งแท่ง จนนั่งบนชั้นดิน ที่มีความแข็งแรงมาก พอกับการรับน้ำหนักได้

๒. ฐานรากแผ่ (Spread Foundation) จะมีพื้นที่ฐานรากแผ่กว้างพอไว้ดิน สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้โดยปลอดภัย จัดเป็นฐานรากประเภทตื้นโดยฐานแผ่ทำหน้าที่กระจายน้ำหนักบรรทุกจากเสา หรือลงไปยังชั้นดิน ข้างล่างนั้นจะรับได้ ปกติฐานรากแผ่จะตั้งอยู่บนชั้นหินดาน หรือชั้นกรวด ถ้าตั้งอยู่บนชั้นดินปนทรายก็ควรจะมีค่า มาก-กว่า ๓๐ หรือเป็นดินเหนียวที่มีค่า มากกว่า ๒๐ โดยในสองชนิดหลังนี้ ต้องมีความหนาของชั้นดิน มากกว่า ๑.๕ เท่าของความกว้างของฐานรากและต้องไม่มีชั้นดินอ่อนในชั้นใต้ลงไป ฐานรากแผ่ป้องกัน ไม่ให้อาคารทรุดตัวหรือเอียง และป้องกันไม่ให้ทรงลม ยกอาคารลอยขึ้นด้วย ระดับของฐานรากนี้ควรอยู่ในระดับที่เนื้อดิน จะไม่คิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร หรือ ขนาดอีกเนื่องจากน้ำใต้ดินก่อนการก่อสร้างฐานรากนี้จะต้องปรับระดับให้แน่น และเรียบ เพื่อให้การถ่ายทรงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ฐานรากแผ่แบ่งออกเป็น ๒ อย่างคือ

ก. ฐานรากแผ่รับน้ำหนักของอาคารเป็นผืนแผ่นเดียวกันเรียกว่า ฐานรากแบบแพ (Raft Foundation) หรือฐานรากแบบสึก (Mat Foundtion) หรือฐานรากแบบลอย (Floating foundation)

ข. ฐานรากแผ่รับน้ำหนักของอาคาร แบบถ่ายน้ำหนักเป็นจุด ได้แก่ ฐานรากแบบแยก (isolated footing) ฐานรากคานเปิดรองรับเสาอาคารเพียงด้านเดียว มีรูปจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ฐานแผ่ร่วม (cambinded footing) เป็นฐานรากรองรับเสากลุ่มหนึ่ง มีรูปเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู รูปผืนผ้า รูปผืนผ้าแห่งข้างหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปสี่เหลี่ยมเว้นช่อง ฐานรากผนัง (wall footing) รองรับผนังกำแพงเป็นแถบยาวตลอด

๓. ฐานรากเข็ม (Pile Foundation)

ในชั้นดินในระดับตื้น เป็นดินเหนียวอ่อน และชั้นดินระดับลึกเป็นดินเหนียวแข็งหรือทราย อาทิเช่น พื้นที่บริเวณกรุงเทพฯ ซึ่งมีลักษณะของชั้นดินตั้งแต่ผิวดินจนถึงระยะความลึก ๑๒ เมตร เป็นดินเหนียวอ่อน ต่อจากนั้นความหนาแน่นของมวลดินจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนถึงความลึก ๒๑ เมตร เป็นชั้นดินแข็ง ส่วนชั้นดินทรายมักจะพบที่ระดับความลึกตั้งแต่ ๒๒ เมตร เป็นต้น พฤติภาพของชั้นดินทางธรณีวิทยาดังกล่าว ทำให้ต้องจัดวางน้ำหนักของอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง บนฐานรากประเภทเสาเข็ม เพื่อให้เป็นฐานรากที่มีสมรรถนะต่อการถ่ายน้ำหนักที่ได้บรรทุกลงสู่ชั้นดินระดับลึก ที่มีความแข็งแรง นอกจากนั้นฐานรากเสาเข็ม สามารถช่วยลดการทรุดตัวให้น้อยลง เพื่อมิให้สิ่งก่อสร้างเกิดการแตกร้าวเสียหาย เสาเข็มภายใต้การบรรทุกน้ำหนักจะเกิดการเคลื่อนที่แรงต้านการเคลื่อนที่ของเสาเข็มส่วนหนึ่ง จะเกิดจากแรงเสียดทานของมวลดินบริเวณผิวเข็มโดยรอบ (Skin Friction Resistance) อีกส่วนหนึ่งจะเกิดจากแรงต้านของดินที่ปลายเข็ม (Bearing Resistance) อนึ่งแรงเสียดทานของดินที่ผิวเข็มและแรงต้านของดินที่ปลายเข็ม จะมีปริมาณความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพของชั้นดิน เสาเข็มที่ลอยอยู่บนชั้นดินอ่อน การส่งถ่ายน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มลงสู่ชั้นดิน จะส่งถ่ายผ่านผิวเข็มซึ่งเสาเข็มชนิดนี้ ถูกเรียกว่า

การที่เสาเข็มจะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงขึ้นได้ก็ต่อเมื่อขนาด และความยาวของเสาเข็ม เพิ่มขึ้นโดยที่ปลายเข็มได้ทะลุทะลวงผ่านชั้นดินอ่อน เข้าสู่ชั้นดินที่แน่นหรือแข็งกว่า โดยที่การถ่ายน้ำหนักบรรทุกที่ผิวเข็มในชั้นดินที่แข็งกว่ามีปริมาณสูงขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งมวลดินในชั้นดินที่แข็งกว่าโดยรอบผิวเข็ม จะมีแรงเสียดทานที่ผิวเข็ม สูงกว่าแรงเสียดทานในชั้นดินอ่อน กอร์ปกับเกิดแรงต้านทานที่ปลายเข็ม (Bearing Resistance) –เสาเข็มที่หยั่งถึงชั้นดินแข็งหรือชั้นทราย การถ่ายน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มส่วนมากจะเกิดที่ปลายเข็ม ซึ่งเข็มชนิดนี้เรียกว่า End Bearing Pile เป็นเสาเข็มที่มีการทรุดตัวน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเข็มชนิด Friction Pile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓.๑ ชนิดของเสาเข็ม

เสาเข็มที่ใช้ในงานก่อสร้าง ทำจากวัสดุหลายชนิดเช่น เข็มไม้ เข็มคอนกรีต เข็มเหล็ก และเข็มประกอบ เข็มไม้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับอาคารขนาดเล็กซึ่งรานรากรับน้ำหนักบรรทุกไม่มากนัก มีขนาดตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง ๓ นิ้ว ยาว ๓ เมตรจนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๓ นิ้ว ยาว ๘ เมตร การตอกตั้งจะต้องให้หัวเข็มอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน เพื่อลดปัญหาการผุกร่อนของเข็ม เข็มคอนกรีตมีทั้งชนิด คอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา และคอนกรีตอัดแรง ขนาดยาวตั้งแต่ ๓ เมตร จนถึง ๒๒ เมตร หล่อสำเร็จใช้กับอาคารขนาดกลางและขนาดใหญ่ ในบางกรณีที่ไม่สามารถนำเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จมาใช้งาน ก็อาจจะดำเนินการ โดยหล่อเข็มคอนกรีตในที่ แต่มีข้อเสียอยู่ตรงที่ว่า เสาเข็มคอนกรีตหล่อในที่จะมีราคาสูงกว่า เข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ เข็มเหล็กจะเป็นเข็มที่ทำจากเหล็กรูปพรรณมักจะเป็น Wide Flange, I-Beam, Pipe ซึ่งสามารถจะตอกตั้งและต่อได้ง่าย ความสามารถสูงต่อการทะลุทะลวงผ่านชั้นดิน แต่เข็มเหล็กก็จะมีข้อเสีย คือเกิดสนิมและมีราคาแพง ส่วนเสาเข็มประกอบก็เกิดจากการนำวัสดุที่เหมาะสมแต่ละชนิดมาประกอบเป็นเสาเข็ม เช่นคอนกรีตกับเหล็ก หรือคอนกรีตกับไม้ซึ่งขั้นตอนปฏิบัติการยุ่งยาก ไม่ค่อยจะนิยมนำมาใช้ อนึ่งเสาเข็มชนิดต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นสามารถจำแนกตามลักษณะการตอกตั้งได้ดังต่อไปนี้

ก. เข็มแทนที่ดิน

ได้แก่ เสาเข็มที่ตอกตั้งโดยการตอกหรือกด ซึ่งมีผลทำให้มวลดินที่ถูกเสาเข็มแทนที่ เคลื่อนตัวหนีออกไป ดังนั้นการเคลื่อนตัวของมวลดินจากการตอกตั้งเข็มจำนวนมากอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อฐานรากของอาคารข้างเคียง ในทางปฏิบัติมักจะตอกเข็มจากแนวที่ใกล้อาคารก่อน และห่างออกมาตามลำดับ จะทำให้แนวเข็มที่ใกล้อาคารได้มีส่วนต้านการเคลื่อนตัวของมวลดินที่อยู่ห่างออกไปจากอาคาร ไม่ให้เคลื่อนตัวเข้ามาสู่ฐานรากอาคารได้ อนึ่งการตอกเข็มทำได้หลายวิธี เช่น ตอกด้วยลูกตุ้ม (Dropped Hammer) ตอกด้วยเครื่องตอกแบบดีเซล (Diesel Hammer) และตอกด้วยเครื่องสั่นสะเทือน (Vibrating Hammer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
027095

ข. เข็มไม่แทนที่ดิน

ได้แก่ เข็มที่หล่อในที่ โดยการเจาะเอาดินออกก่อน แล้วเทคอนกรีตลงไปแทนที่ วิธีนี้จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาของการเคลื่อนตัวของมวลดินที่ถูกแทนที่และการสั่นสะเทือนเนื่องจากการตอกเข็ม แต่จะมีปัญหาทางด้านเทคนิคปฏิบัติ ที่จะไม่ให้ดินบริเวณผนังหลุมเจาะเกิดการเคลื่อนพังลงมาในหลุม

ค. เข็มกึ่งแทนที่ดิน

ได้แก่ การตอกตั้งเข็มคอนกรีต ด้วยการเจาะดินบางส่วนออกก่อน เพื่อลดปริมาณของมวลดินที่เคลื่อนตัวลง เข็มเหล็กที่ตอกลงไปในดินก็คือ ว่าเป็นเข็มกึ่งแทนที่ดิน ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาตรของเสาเข็มเหล็กมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับปริมาตรของเสาเข็มคอนกรีต

<u>ข้อดีและข้อเสียของเสาเข็มจำแนกตามประเภทวิธีการผลิต</u>

<u>ข้อดี</u>

– เข็มตอก

๑. เนื่องจากการผลิตเข็มทำในโรงงาน จึงสามารถจะควบคุมคุณภาพได้ เพราะตรวจสอบได้ทุกเวลา

๒. การตอกเข็มทำได้รวดเร็ว โดยเฉพาะในกรณีของเข็มเหล็ก ถึงแม้ชั้นดินจะแข็งก็สามารถตอกทะลุลงไปถึงชั้นรับแรงทานที่อยู่ลึก ๆ ได้

๓. เข็มขนาดธรรมดาสามารถหาได้ง่าย เพราะโรงงานผลิตเตรียมไว้ ฉะนั้นแม้จะเป็นงานขนาดเล็ก ค่าเข็มก็ไม่แพง

๔. การประมาณค่าวิสัย สามารถรับแรงทานก็ทำได้โดยอาศัยสูตรการตอกเข็ม ทำให้สะดวกในการควบคุมการตอกเข็ม

๕. วิธีการตอกเข็มเหมาะแก่การหาค่าวิสัย สามารถรับแรงทานของเข็มในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– เข็มหล่อในที่

๑. ในการทำเข็ม จะมีเสียงและการสั่นสะเทือนน้อย เหมาะสำหรับการก่อสร้างในบริเวณที่มีผู้คนอยู่หนาแน่น

๒. สามารถทำเข็มขนาดใหญ่ และมีความยาวมาก ๆ ได้ ไม่ต้องพะวงต่อการต่อเข็ม และความยาวของเข็มก็สามารถจะปรับได้โดยง่าย

๓. ขนาดของเข็ม โดยทั่วไปใหญ่กว่าเข็มสำเร็จรูป และวิสัยรับทรงธารต่อด้านก็มากกว่า ฉะนั้นจึงสามารถทำงานให้เล็กลงได้

๔. ดินที่ขุดได้ ยกเว้นวิธีใช้การระบายกลับทาง สามารถสังเกตุได้ด้วยตาเปล่า และสมบัติของดินในชั้นกลาง ๆ หรือชั้นรับแรงธารก็สามารถจะรับได้

๕. ผลเสียต่ออาคารข้างเคียงมีน้อย

ข้อเสีย

– เข็มกอก

๑. เวลาตอกเข็มมีเสียง และการสั่นสะเทือน จะติดปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริเวณในบริเวณที่มีผู้อยู่อาศัยหนาแน่น

๒. ในกรณีของเข็มยาว จำเป็นจะต้องมีข้อต่อ ถ้าข้อต่อ หรือทำการต่อได้ไม่ดีก็จะเกิดผลเสียที่ร้ายแรง

๓. ถ้าไม่ดำเนินการให้ถูกต้อง เข็มอาจจะตอกหักเสียหาย

๔. ถ้าการตอกเข็มไม่สามารถหยุดได้ ที่ระยะสึกที่กำหนด จำเป็นจะต้องมีการแก้ไขเป็นพิเศษ

๕. เนื่องจากต้องใช้พื้นที่ ณ ที่ก่อสร้าง สำหรับกองเข็ม จึงต้องจัดหาพื้นที่กว้างเตรียมไว้

๖. ในกรณีเป็นเข็มคอนกรีต ขนาดใหญ่ จะหนักและไม่สะดวกในการขนส่งและการยกไปมา นอกจากนี้จะต้องใช้เครื่องตอกขนาดใหญ่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๗. ในกรณีที่เป็นเข็มต่อเหล็ก จะต้องมีวิธีในการป้องกันสนิมด้วย

– เข็มหล่อในที่

๑. มีหลายกรณีที่ต้องเทคอนกรีตใต้น้ำ เมื่อสำเร็จแล้ว จะสู้เข็มสำเร็จรูปไม่ได้ นอกจากนั้น การตรวจคุณภาพก็ทำได้โดยทางอ้อม

๒. เวลาเทคอนกรีต คอนกรีตอาจจะไปผสมกับดินในหลุม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเทคอนกรีตทันที หลังจากเจาะหลุมเสร็จ

๓. แม้ว่าการเจาะดิน จะกระทำไปถึงชั้นที่รับแรงธารแต่ก็มีโอกาสที่จะไม่ได้เข็มที่รับแรงธารที่ปลาย เพราะมีโคลนเลนสะสมอยู่ที่ก้นหลุม

๔. เนื่องจากเป็นเข็มขนาดใหญ่ ใช้คอนกรีตมาก ถ้าเป็นงานขนาดเล็กค่าใช้จ่ายจะค่อนข้างสูง

๕. เนื่องจากต้องใช้น้ำในการทำเข็ม วิธีระบายน้ำก็ยุ่งยาก หลุมเจาะจะสกปรก และในทุกวิธีจะต้องพิจารณาว่า จะทำอย่างไรกับดินที่เจาะขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

เสาเข็มมีอยู่มากมายหลายแบบทั้ง รูปร่าง หน้าตัด ชนิด กรรมวิธีในการนำเข็มนั้นไปไว้ในดินใต้โครงสร้าง เพื่อให้รับน้ำหนัก การจัดทิศทางการตอก เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้ตามต้องการ ซึ่งหากจะศึกษาหรืออธิบายให้ครอบคลุมทั้งหมด ก็คงจะกินเวลาพอสมควร เนื่องจาก Project ชิ้นนี้เป็นการวิเคราะห์ในเรื่องกำลังรับน้ำหนัก และสิ่งอื่น ๆ ในรายงานฉบับนี้ จึงขอพูดถึงเฉพาะกรณีของเสาเข็มเดี่ยวเท่านั้น

สภาพการรับน้ำหนักของเสาเข็ม มีอยู่หลายรูปแบบแล้วแต่ลักษณะของแรง ที่จะมากระทำต่อเสาเข็มนั้น จากรูปที่ ๔ a เมื่อมีน้ำหนักในแนวดิ่งกระทำลงบนเข็มที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง เช่นกัน สภาพการรับน้ำหนักของเสาเข็มจะมีทั้งแรงเสียดทาน ซึ่งเกิดจากแรงดัน ของมวลดินในแนวราบ ที่จะสูงขึ้นเมื่อมีน้ำหนักจะทำลงมา และแรงต้านที่ต้านการเคลื่อนที่ลงของเข็มที่กระทำที่ปลายเข็มดังนั้น กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในกรณีเช่นนี้ ก็จะเป็นผลรวมของกำลังรับน้ำหนักเนื่องจากแรงเสียดทานโดยรอบ รวมกับกำลังรับน้ำหนักที่รับที่ปลายเข็ม ดังนี้ กำลังในส่วนต่าง ๆ จะมีค่ามากน้อยเพียงใดก็จะขึ้นอยู่กับ คุณลักษณะทางกายภาพของชั้นดิน ชนิด ขนาด ของเสาเข็มและวิธีการตอกตั้งเสาเข็ม

ในกรณีที่เสาเข็มถูกกระทำด้วยแรงในแนวราบ หรือโมเมนต์ การกระจายของความเค้น ตลอดความยาวของเสาเข็มนั้น จะไม่สมดุลย์กัน และจะเกิดโมเมนต์ดัดขึ้นที่ลำต้นของเสาเข็ม ดังรูปที่ ๔ b ในรูปที่ ๔ c เสาเข็มถูกกระทำโดยแรงดึง การกระจายของความเค้นและแรงยึดเหนี่ยวของดิน ที่มีต่อเสาเข็ม จะเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับกรณี ๔ a แต่จะเกิดในทิศทางที่กลับกัน ส่วนในรูปสุดท้าย คือ ๔ d ชั้นดินในส่วนบนของเสาเข็มนั้นเกิดการทรุดตัว จึงส่งผ่านแรงกระทำลงสู่เสาเข็ม

พฤติกรรมของเสาเข็มเดี่ยว (Behavior of Single Pile)

๑. ปฏิกริยาระหว่าง ดินและเสาเข็ม (Soil - Pile Interaction)

เพื่อที่จะให้การออกแบบฐานรากเสาเข็ม เป็นไปได้อย่างปลอดภัยและประหยัด เราจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ ปฏิกริยาที่มีต่อกันระหว่าง เสาเข็มและดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อป้องกันการวิบัติของเสาเข็ม และประมาณการทรุดตัวของเสา อันเนื่องมาจากการกระทำของน้ำหนักบรรทุกด้านบน ดังนั้นในการออกแบบควรจะคำนึงถึงความจำเป็น ๒ ข้อ ดังต่อไปนี้

ก. จะต้องแน่ใจว่ามีความปลอดภัยเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการวิบัติโดยการใช้สัดส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) จะต้องพิจารณาใช้ตามความสำคัญของโครงสร้างและความเสียหายทางด้านการเงิน หากเกิดการวิบัติขึ้นมา

ข. การทรุดตัวของเสาเข็ม ควรจะนำไปเปรียบเทียบค่าที่ยอมให้ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายในภายหลัง และไม่ไปลดประสิทธิภาพในการทำงานของโครงสร้างส่วนบน

<u>การวิบัติแบบต่าง ๆ ของเสาเข็ม</u> แสดงไว้ในรูปที่ ๕

กรณีที่ ๑ จะแสดงถึงเข็มลอย ที่ปลายเข็มวางอยู่บนชั้นดินที่สามารถรับน้ำหนักได้ แต่ชั้นดินที่อยู่บริเวณด้านบนขึ้นมา มีความอ่อนตัวมาก ทำให้ไม่สามารถต้านเสาเข็มโดยใช้แรงเสียดทานได้ และยังมีความแน่นไม่พอที่จะบังคับให้เสาเข็มไม่เกิดการโก่งตัว เมื่อมีแรงอัดกระทำลงมา ดังนั้นเมื่อมีน้ำหนัก กระทำลงมาถึงจุดหนึ่ง ก็จะทำให้เสาเข็มหักได้

กรณีที่ ๒ จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับแบบแรก แต่จะเป็นแบบที่ใช้เข็มได้เหมาะสมที่สุด โดยเสาเข็มจะถูกตอกทะลุชั้นดินที่มี Shear Strength ต่ำ ไปสู่ชั้นล่างกว่าที่มี Shear Strength สูง และจะไม่มีชั้นดินอ่อนอยู่ภายใต้ ชั้นดินที่ปลายเข็มวางอยู่อีก น้ำหนักกดที่เริ่มขึ้นที่ด้านบน จะก่อให้เกิด Shear Failure ในชั้นดินชั้นล่างที่รับแรงกด เหตุที่เสาเข็มนี้มีแรงเฉือนเกิดขึ้นต่ำบนดินชั้นบน จนสามารถมองข้าม เพราะมีความสำคัญน้อยกว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในดินชั้นล่าง ก็เพราะเข็มประเภทนี้ จะไม่มีการทรุดตัว หรือทรุดตัวน้อยมาก ดังนั้น การรับน้ำหนักส่วนใหญ่ของเข็มจะถูกรับโดย ชั้นดินชั้นล่างที่รองรับปลายเข็ม แผนภูมิการทรุดตัวของฐานราก ที่สัมพันธ์กับน้ำหนักบรรทุกของเข็มประเภทนี้จะเหมือนกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานรากแบบตื้นที่วางอยู่บนทรายแน่น

กรณีที่ ๔ จะไม่ค่อยปรากฏในการใช้เข็มแบบนี้ คือชั้นดินที่อยู่ด้านล่างกว่ามีความอ่อนตัว มากกว่าดินที่อยู่ชั้นบน ดังนั้น น้ำหนักกระทำจะถูกรับโดยแรงเสียดทานทั้งหมด แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกระทำกับ การทรุดตัวจะมีเส้นที่ตั้งในแนวดิ่ง ซึ่งหมายถึง กำลังรับน้ำหนักโดยดินต่อเสาเข็มแบบแรงเสียดทาน ได้ถึงจุดสูงสุด

กรณีที่ ๕ เป็นการต้านทานแรงดึง จะมีลักษณะเหมือนกรณีที่ ๔ แต่จะเป็นไปในทางที่ตรงข้ามกัน

๒. การรับน้ำหนักของเสาเข็ม

การรับน้ำหนักของเสาเข็ม จะประกอบด้วย ๒ ส่วน คือ

– จากการรวมค่าความต้านทานจากแรงฝืดเพื่อยึดผิวรอบพื้นที่ผิวของตัวเสาเข็มที่สัมผัสกับดิน

– จากค่าความต้านทานต่อการกดอัดที่ปลายเข็ม

ในสภาพการรับน้ำหนักที่แท้จริง เมื่อเสาเข็มรับน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบนลงมา และถ่ายให้กับดิน ก็จะเกิดความเค้นขึ้นในมวลดิน ซึ่งเราสามารถหาได้ลักษณะของความเค้นที่เกิดขึ้น จะมีค่ามากที่บริเวณที่ใกล้กับจุดที่รับน้ำหนักและจะลดลงไป เมื่อระยะไกลออกไปเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการถ่ายน้ำหนักในมวลดิน ดังนั้นจากความเค้นในแนวดิ่งที่จุดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เราสามารถหาจุดที่มีความเค้นในแนวดิ่ง เกิดขึ้นเท่า ๆ กัน แล้วลากเส้นเชื่อมถึงกันก็จะได้รูปออกมาดังรูปที่ ๖ ซึ่งเป็นรูปที่แสดงเส้นที่มีความเค้นในแนวดิ่งที่เท่ากัน ที่เกิดขึ้นโดยรอบเสาเข็ม โดยแสดงเป็น สัดส่วนของความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรับน้ำหนักที่ปลายเข็ม และการรับน้ำหนักโดยรอบผิวเข็ม เนื่องจากแรงเสียดทาน

ในการคิดคำนวณ กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่สามารถจะรับได้ซึ่งเกิดจากผลรวมของกำลังรับน้ำหนักจาก ๒ ค่า ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ค่าการรับน้ำหนักที่คำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มานั้น ก็จะมาจากแนวความคิดที่ว่า เป็นค่ากำลังรับน้ำหนักจากเสาเข็ม ที่จะไม่ก่อให้เกิดความเค้นในดิน จนกระทั่งทำให้มวลดินนั้น เกิดการวิบัติ

ดังนั้นในการคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยว ในรายงานฉบับนี้ก็เป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวมาแล้ว เช่นกัน โดยจะเขียนรูปแสดงการรับน้ำหนักของดินที่มีต่อเสาเข็มได้ดังรูปที่ ๗ โดยแรงเสียดทานที่ผิวจะกระทำอยู่โดยรอบ พื้นที่ผิวของเสาเข็ม และมีแรงธารต้านทานที่ปลายเข็มจากชั้นดินที่มีความแน่นพอที่จะรับแรงธารได้

สูตร ที่นำมาใช้ในการคำนวณ กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยวนั้นมีอยู่หลายสูตร โดยโครงสร้างของสูตรโดยทั่วไป จะมีลักษณะคล้าย ๆ กัน แต่จะเป็นพวกสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ และอัตราส่วนความปลอดภัยที่จะใช้แตกต่างกัน ซึ่งก็จะให้ผลลัพธ์ออกมาใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ดี ในการคำนวณออกแบบในขั้นแรก โดยใช้การคำนวณโดยวิธีสถิตย์-ศาสตร์ (Static Formular) เมื่อทำการก่อสร้างจริง ก็จะต้องควบคุมและตรวจสอบอีกทีหนึ่งโดยใช้วิธีการคำนวณทางผลศาสตร์ (Dynamic Formular) ซึ่งหาได้จากการตอกเข็ม

ในรายงานฉบับนี้ หัวข้อเรื่องเป็นการหากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยว โดยใช้ โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ในการออกแบบ ฉะนั้นจึงขอกล่าวถึงเฉพาะสูตรและวิธีการในการคำนวณโดยวิธีสถิตยศาสตร์ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALYSIS

General basic equation:

$$F_u = F_p + F_f \quad \text{----------(1)}$$

Where: F_u = ultimate capacity of single pile, tons.

F_p = load carried in point bearing, tons.

F_f = load carried by friction along perimeter of pile, tons.

F_p can be determined from Terzaghi & Peck's equation

$$F_p/A_p = 1.3\ c\ N_c + q\ N_q + S_c\ u\ B\ N_r \quad \text{-------(2)}$$

Where: c = cohesion of soil (or may be interpreted from Fig.13) t/m^2.

N_c, N_q, N_r = dimensionless bearing capacity factors. (determined from Fig.9)

q = effective overburnden pressure at pile tip, t/m^2.

S_c = shape coefficient (Ø.4 for square pile, or Ø.3 for round pile)

u = unit weight of soil, t/m^3

B = width or diameter of pile, m.

A_p = cross-sectional area of pile tip, m^2.

For cohesive soil ($i = Ø$, $N_c = 5.7$, $N_q = 1.Ø$, $N_r = Ø$)

$$F_p/A_p = 7.4\ c + q \quad \text{----------(2-a)}$$

For cohesionless soil ($c = Ø$)

$$F_p/A_p = q\ N_q + S_c\ u\ N_r \quad \text{----------(2-b)}$$

F_f can be determined from Meyerhof's equation

$$F_f/L_p = m\ s\ r\ c\ L_b + Ø.5\ K_h\ u\ L_b^2 \tan i' \text{-(3)}$$

where m = material factor (1.Ø for concrete and timber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

piles, or 0.7 for steel piles)

s = shape factor (1.0 for cylindric and prismatic piles)

r = reduction factor (determined from fig.8)

L_b = embeded length of piles, m.

K_h = ratio of horizontal to vertical earth presssure on side of pile above plastic zone.

N' bls/ft.	0-4	4-10	10-30	30-50	>50
K_h	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0

N' = adjusted Standard Penetration Test(N),blow/ft.
= 15 + 0.5(N - 15) for N > 15

i' = angle of friction between soil and pile (take i'= 0.75 i for average ,determined i values from fig.9), degree.

L_p = length of pile perimeter, m.

For cohesive soil (i = 0)

$$F_f/L_p = m\ s\ r\ c\ L_b \qquad \text{----------(3-a)}$$

For cohesionless soil (c = 0)

$$F_f/L_p = 0.5\ K_h\ u\ L_b^2\ \tan i' \qquad \text{----------(3-b)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์

จากสูตร เราจะได้ว่า

น้ำหนักบรรทุกที่เสาเข็มจะรับได้ จะเป็นไปตามสมการที่ ๑ คือเป็นผลรวมของ

๑. น้ำหนักบรรทุกที่รับได้ โดยแรงต้านทานที่ปลายเข็ม

๒. น้ำหนักบรรทุกที่รับได้โดยแรงเสียดทานระหว่าง ผิวเข็ม กับผิวดินตลอดความยาวของเสาเข็ม

๑. น้ำหนักบรรทุกที่รับได้ โดยแรงต้านทานที่ปลายเข็ม

สูตรที่นำมาใช้ในการหาค่าน้ำหนักบรรทุก ที่รับได้ในกรณีนี้ ใช้สูตรที่คิดขึ้นมาโดย เทอร์ซากิ และเพ็ค ดังสมการที่ ๒ สูตรที่ใช้สูตรนี้สามารถใช้หาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินได้ ทั้งในดินที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless Soil)และดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) โดยค่าตัวแปรที่จะใช้ในแต่ละกรณีก็จะแตกต่างกันไปตามแต่ประเภทของดินนั้น ๆ ซึ่งเมื่อแทนค่าตัวแปร เข้าไปแล้ว เราสามารถสรุปสูตรออกมาให้ใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น ตามประเภทของดินนั้น ๆ เลย เป็นสูตรที่ ๒ – a สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) และมีมุมเสียดทาน (Angle of Friction) – o และสูตรที่ ๒ – b สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesion Less Soil)และมีค่า cohesion (c) = 0

จากสูตรที่ ๒ – a ค่าตัวแปรของ c และ q เราสามารถดูได้จากรายการแสดงคุณสมบัติของดินที่ได้เจาะสำรวจมา เมื่อแทนค่าเข้าไปก็จะได้ผลลัพธ์ออกมา สำหรับสูตร ๒ – b ซึ่งมีค่า c = 0 เราจะหาค่า effective overburden pressure และ unit weight ได้จาก รายการเจาะสำรวจ ค่า shape corfficient ค่าคงที่ แบ่งเป็นสำหรับ เข็มเหลี่ยมและเสาเข็มกลม แล้วอ่านค่า Dimensionless Rearing Capacity factor จากกราฟซึ่งจะเป็นค่าที่สัมพันธ์กับ Angle of friction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า คือด้านแคบ หรือความกว้างของเสาเข็ม

๒. น้ำหนักบรรทุกที่รับได้โดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่าง ผิวดินกับผิวเข็ม ตลอดความยาวของเข็ม

ลักษณะการคำนวณหา น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในกรณีนี้ จะต้องคำนวณกำลังรับน้ำหนักที่ดินแต่ละชั้นจะรับได้ แล้วนำค่าสำหรับทุกชั้นมารวมกัน เป็นค่ากำลังรับน้ำหนักรวมที่รับได้ สูตรที่ใช้ในการคำนวณในกรณีนี้ก็ยังแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน เช่นกัน คือสูตรสำหรับใช้กับดินที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) กับสูตรที่ใช้สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless Soil) ได้แก่ สมการ ๓ - a และ ๓ - b ตามลำดับ จากสมการ ๓ - a ค่า matcrial factor และ shape factor เป็นค่าคงที่ สำหรับชนิดและรูปร่างของเสาเข็มแบบต่าง ๆ ค่า reduction facter เป็นค่าที่ต้องเปิดหาจากกราฟ โดยจะมีความสัมพันธ์กับค่า Unconfined Compressive Strength ส่วนค่า Cohesion of Soil และ Embeded length of pile จะดูได้จากรายการเจาะสำรวจชั้นดิน ในบางกรณีที่ค่า Unconfined Compressive Strength ไม่ได้ถูกบอกมาก็สามารถจะเทียบหาจาก Cohesion ของดินได้ ส่วนสมการที่ ๓ - b ที่ใช้สำหรับ Cohesionless Soil หรือดินทรายที่มีค่า Cohesion ของดินเท่ากับ 0 ค่า Unit weight of Soil และ Embedded Length of Pile ดูได้แบบเดียวกับสมการ ๓ - a ส่วนมุมเสียดทานระหว่างดินและเสาเข็มจะใช้เท่ากับสัมในสี่ของ angle of friction of Soil ส่วนค่า Ratio of horizontal to vertical earth pressure on side of pile above plastic zone จะเป็นค่าที่ดูได้โดยดูเทียบจากค่า Adjusted Standard Penetration Test (bls/ft)

สำหรับดินของกรุงเทพมหานคร ซึ่งดินชั้นบนจะเป็นดินเหนียวอ่อน ลึกลงไปที่ระดับสิบกว่าเมตร จะเป็นดินเหนียวแข็ง จนถึงระดับลึกประมาณ ๒๐ เมตร จึงเป็นชั้นทรายฉะนั้นในลักษณะการเลือกใช้เสาเข็มเดี่ยวตอกลงไปเพื่อรับน้ำหนัก ของโครงสร้างที่ไม่ใหญ่นักจะเป็นไปใน ๓ ลักษณะคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑. เสาเข็มในชั้นดินอ่อน

๒. เสาเข็มปลายหยั่งในชั้นดินแข็ง

๓. เสาเข็มปลายหยั่งในชั้นทราย (ผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น)

๑. <u>เสาเข็มในชั้นดินอ่อน</u>

การรับน้ำหนักของเสาเข็มในกรณีนี้จะเป็นลักษณะของ เข็มที่รับน้ำหนักโดยอาศัยแรงด้านทาน (friction pile) เข็มจะจมตัวอยู่ในชั้นดินอ่อนซึ่งจะมีลักษณะเดียวกันตลอด ความยาวของเข็ม หรือจะแบ่งได้เป็นหลายชั้นก็ตาม เราจะสามารถคำนวณหากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มได้เท่ากับ

$$Q = E\ (\ l)\ (\ m\ )\ (\ r\ )\ (\ c\ )\ (p.\ )$$

เสาเข็มที่ใช้ในการรับน้ำหนักสำหรับกรณีนี้มักจะใช้เข็มไม้ หรือเข็มคอนกรีต

๒. <u>เสาเข็มปลายหยั่งในชั้นดินแข็ง</u>

การรับน้ำหนักของเสาเข็มในประเภทนี้ จะประกอบด้วย กำลังที่รับได้เนื่องจากแรงเสียดทาน และกำลังต้านทานที่ปลายเข็ม เนื่องจากดินเหนียว (Cohesive Soil) ดังนั้นในการคิดคำนวณ ส่วนที่รับโดยแรงเสียดทานจะมีลักษณะเหมือนกับข้อ ๑ แล้วนำมารวมกับกำลังรับน้ำหนักที่ต้านโดยชั้นดินที่ปลายเข็ม ดังสูตรที่จะแสดงดังต่อไปนี้

$$Q = E\ (\ l)\ (m)\ (s)\ (r)\ (c)\ (p) + (A)\ (7.4\ c + q)$$

๓. <u>เสาเข็มปลายหยั่งในชั้นดินทราย</u> (โดยผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น)

เสาเข็มประเภทนี้ จะถูกตอกผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น แล้วให้ปลายเข็มไปจมตัวอยู่ในชั้นทราย ซึ่งเป็นชั้นดินที่สามารถรับแรงธารได้ ลักษณะการรับน้ำหนักจะประกอบด้วย ๓ ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓.๑ เนื่องจากแรงเสียดทานในชั้นดินเหนียว (Cohesive Soil)

๓.๒ เนื่องจากแรงเสียดทานในชั้นดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless Soil)

๓.๓ เนื่องจากแรงด้านทาน การกดอัดที่ปลายเข็ม

$$Q = E\,(1)\,(m)\,(s)\,(r)\,(c)\,(p) + (0.5)\,(K\gamma)\,(\gamma)\,(i)\,(l)\,(\tan i)\,(p) + (q)\,(N_q) + (sc)\,(u)\,(B)\,(N_r)$$

ในทั้ง ๓ กรณี ก็จะสามารถคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยประมาณได้ ซึ่งในการใช้งานจริงจะต้องมีการเผื่อ ส่วนประกอบความปลอดภัยเข้าไป เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งานมากยิ่งขึ้น ดังนั้น

$$\text{ค่ากำลังรับน้ำหนักที่ให้เสาเข็มรับได้ } (Qa) = \frac{Q}{SF.}$$

เมื่อ SF คือ SAFETY FACTOR โดยมากจะใช้มีค่าประมาณ ๒ – ๔

ดังนั้นจากที่อธิบายมาทั้งหมดเกี่ยวกับ การรับน้ำหนักของเสาเข็ม ก็ได้รวบรวมไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่เขียนขึ้นมาแต่ขอเน้นย้ำอีกครั้งว่าค่ากำลังรับน้ำหนักที่คำนวณได้จากโปรแกรมนี้นั้น เป็นค่าการคาดคะเนโดยประมาณเท่านั้น ในการทำงานจริง ๆ ควรจะทำการตรวจสอบอีกครั้ง หลังจากตอกเข็มโดยใช้วิธีคำนวณทางผลศาสตร์ หรือทดสอบกำลังรับน้ำหนักที่แท้จริง โดยวิธี Pile Load Test เลยก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทรุดตัวของฐานราก (Settlement of Foundation)

การทรุดตัวก็คือ การยุบตัวลงในแนวดิ่ง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดิน ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ฐานรากหรือโครงสร้างของอาคารเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นในการออกแบบฐานรากควรจะได้มี การคำนวณหาค่าการทรุดตัวของฐานรากเมื่อฐานรากนั้นจะต้องรับน้ำหนักจากโครงสร้าง เพื่อตรวจดูว่าค่าการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้นจะไม่มากเกินจากค่าที่ยอมให้ และจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคาร สิ่งก่อสร้างได้

การยุบตัว ของชั้นดินแบ่งการคำนวณตามลักษณะการทรุดตัว ออกได้เป็น ๓ ลักษณะ คือ

๑. การทรุดตัวทันที (Immediate Settlement)

๒. การทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวของดิน (Consolidation Settlement)

๓. การทรุดตัวเนื่องจากคุณสมบัติ พลาสติกของดิน (Secondary Settlement)

๑. การทรุดตัวทันที

เป็นการทรุดตัวเนื่องจากคุณสมบัติยืดหยุ่นของดิน โดยจะเกิดขึ้นทันทีที่รับน้ำหนักหรือมีแรงมากระทำ

๒. การทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวของดิน

จะเกิดขึ้นหลังจากการทรุดตัวแบบทันที และจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาต้องใช้เวลานานกว่าจะสิ้นสุดการทรุดตัว โดยเฉพาะในชั้นดินเหนียวที่ยอมให้น้ำไหลซึมผ่านได้ช้าและยาก อาจจะต้องใช้เวลาหลายปีในการให้การทรุดตัวแบบนี้สิ้นสุด ดังนั้นความเสียหายของอาคารที่เกิดขึ้นกว่าจะปรากฏให้เห็นก็ภายหลังจากเสร็จสิ้นการก่อสร้าง เป็นระยะเวลานานแล้วก็ได้

ขนาดของการทรุดตัวของดิน ในประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานการยุบและอัดตัวของดิน (Compressibility) ส่วนอัตราการทรุดตัวของดินขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่กับการยอมให้น้ำซึมไหลผ่าน (permeability) และความสามารถต้านทานต่อการยุบและอัดตัวของดิน

สมมุติฐานที่ใช้ในทฤษฎีของการยุบและอัดตัวของดิน มีดังนี้

๑. ชั้นของดินเป็นเนื้อเดียวตลอด
๒. ดินอยู่ในสภาพอิ่มตัวเต็มที่
๓. การยุบตัวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและ อัตราส่วนช่องว่างเมื่อน้ำระบายออกจากช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
๔. การยุบอัดตัวเกิดขึ้นในทิศทางเดียวกันกับแนวที่แรงกระทำ
๕. น้ำที่ระบายออกไปในทิศทางเดียวกันกับแนวที่แรงกระทำ
๖. สัมประสิทธิ์ของการยุบอัดตัวมีค่าคงที่ ตลอดเวลาที่มีการยุบและอัดตัว

๓. <u>การทรุดตัวเนื่องจากคุณสมบัติพลาสติกของดิน</u>

เป็นการทรุดตัว เนื่องจากการล้าของดิน เมื่อมีน้ำหนักจำนวนหนึ่งกดทับอยู่เป็นเวลานาน จะมีขนาดการทรุดตัวไม่มากนัก และใช้เวลาในการทรุดตัวนาน ดังนั้นการทรุดตัวในหัวข้อนี้จึงไม่ค่อยถูกนำมาคำนึงถึงนัก

<u>การคำนวณการทรุดตัว</u>

สูตรที่ใช้ในการคำนวณการทรุดตัวแบบต่าง ๆ มีดังนี้

๑. Immediate Settlement

$$Si = \frac{(q)\ (B)\ (1 - P\ r^2)\ (Iw)}{E}$$

เมื่อ q = unit stress at pile point (T/m^2)
B = ส่วนด้านแคบ หรือเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pr = Poisson's ratio

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของดิน (T / m^2)

Iw = ค่าอิทธิพล (Influence Factor) จะขึ้นอยู่กับแบบและขนาดของฐานราก หรือเสาเข็ม

๒. Consolidation Settlement

$$Sc = \frac{(Cc)\,(Ho)}{(1+e)} \log_{10} \frac{(Po + P)}{P_o}$$

เมื่อ Cc = ดัชนีของการอัดตัว (Compression Index)

h. = ความหนาของชั้นดินที่คิด (m)

e. = อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ของดินตามธรรมชาติ

p. = หน่วยแรงกดอัดที่เกิดจากดินที่มีอยู่เหนือชั้นกว่า

p = หน่วยแรงกดอัดที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการรับน้ำหนักการกดอัดจากเสาเข็ม

สำหรับ เสาเข็มประเภทที่อยู่ในชั้นดินอ่อน หรือเสาเข็มที่ปลายนั่งอยู่บนชั้นดินแข็ง ในการคำนวณค่าการทรุดตัว จะขอนำเฉพาะค่าการทรุดตัวแบบ Consolidation Settlement เท่านั้นมาคิดพิจารณา เพราะการทรุดตัวแบบ Immediate Settlement ชั่วจะเกิดขึ้นทันทีเมื่อรับน้ำหนัก สำหรับเสาเข็มจมอยู่ในชั้นดินเหนียว และการก่อสร้างก็คงจะกินเวลาพอสมควรจึงคิดเสมือนว่าImmediate Settlement นี้เกิดขึ้นในช่วงนี้จนหมดแล้ว

การคิด Consolidation Settlement เนื่องจากเสาเข็มประเภทนี้ได้แบ่งแนวคิดในการพิจารณาออกเป็น ๒ ประเภท คือ การทรุดตัวในกรณีของแรงเสียดทานด้านข้าง และ การทรุดตัวเนื่องจากด้านทานการกดที่ปลายเข็มสำหรับเสาเข็มที่ปลายเข็มนั่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนชั้นดินแข็ง ในกรณีแรกคือ การทรุดตัวเนื่องจากดินรับแรงที่เกิดจากการเสียดทานด้านข้าง แนวความคิดที่ใช้กับโปรแกรมสำหรับการทรุดตัวประเภทนี้ คือ ให้แรงทั้งหมดที่ดินในแต่ละชั้นรับได้ เป็น Point Load กระทำที่กึ่งกลางของชั้นดินนั้น ๆ แล้วก็จะถ่ายแรงจากจุดกึ่งกลางของชั้นดินไปยัง ความลึกต่ำสุดของดินในแต่ละชั้น ก็จะได้ vertical unit stress ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการถ่ายน้ำหนักของเสาเข็มออกมา ซึ่งค่าที่ได้มาค่านี้ประกอบกับ effective overburnden pressure ที่รวมลงมาจากชั้นบนสุด ถึงพื้นผิวล่างของแต่ละชั้นที่พิจารณา ก็จะไปเป็นค่าที่แทนเข้าไปในตัวแปรในสูตรการหา Consolidation Settlement ส่วนค่า h. ก็คือความหนาของชั้นดินที่พิจารณาโดยต้องพิจารณาประกอบกับการยอมให้น้ำไหลผ่าน ออกจากชั้นดินนั้น ๆ ว่ายอมให้ไหลผ่านออกได้ทางเดียวหรือยอมให้ไหลออกได้ทั้ง ๒ ทาง คือทั้งด้านบน และด้านล่าง ซึ่งถ้าไหลออกได้ทั้ง ๒ ทางแล้ว ค่า h. ที่แทนลงไปจะต้องหารด้วย ๒ ค่า Cc คือค่า Compression Index ซึ่งถ้าในการเจาะสำรวจไม่ได้บอกมาโดยตรง ก็สามารถจะหาได้โดยใช้ความสัมพันธ์จากค่าใดค่าหนึ่งต่อไปนี้คือค่า Void Ratio, Water Content หรือค่าขีดเหลว (Liquid Limit) หรืออาจจะใช้ค่าโดยประมาณ โดยดูจากสภาพของดินแบบต่าง ๆ เลยก็ได้

ส่วนการทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักที่กดลงที่ปลายเข็ม เมื่อปลายเข็มนั่งอยู่บนชั้นดินแข็งนั้น จะถือว่าค่าน้ำหนักที่เข็มรับได้ด้วยการต้านที่ปลายเข็มเป็นที่กระทำต่อดินนั้น แล้วจะถ่ายน้ำหนักที่กระทำเป็นจุด จากปลายเข็มนี้ ไปสู่ที่ระดับกึ่งกลางของความหนาของชั้นดินแข็งที่เหลืออยู่ในชั้นนั้น โดยวิธีของ Bousineque ก็จะได้ vertical unit stress ที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักที่กดเพิ่มขึ้น จากดินข้างบนที่มีอยู่เดิมส่วน effective overburnden pressure จากดินเดิมก็จะคิดถึงระยะเดียวกับจุดที่คิดว่า vertical unit stress ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักกด ของเสาเข็ม เช่นกัน สำหรับค่าที่แทนสำหรับตัวแปรตัวอื่น ๆ ก็พิจารณาเหมือนกับที่ใช้แทนสำหรับคิดเนื่องจากแรงเสียดทานที่ผิว

ในกรณีของเข็มที่ลอดผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น แล้วไปนั่งอยู่บนชั้นดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น คือดินทราย การคิดค่าการทรุดตัวของเสาเข็มในประเภทนี้จะประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยการทรุดตัวที่เกิดจาก Immediate Settlem ในชั้นทราย รวมกับ Consolidation Settleme ในชั้นดินเหนียวที่อยู่ใต้ ชั้นทรายนั้น เหตุที่นำค่าเฉพาะแค่นี้มาคิดก็เพราะว่า Consolidation ในชั้นทราย จะมีค่าน้อยมากจึงไม่นำมาพิจารณา เช่นเดียวกับ Immediate Settlement ในชั้นรองดินเหนียว ส่วนในการคำนวณ Immediate Settlement ในชั้นทราย ค่า unit stress at pile point ก็คือค่า stress ที่ชั้นดินที่ปลายเข็มนั้นจะต้องรับเนื่องจากน้ำหนักที่กระทำผ่านเข็มนั้นลงมา ดังนั้นค่าสูงสุดก็คือ กำลังรับแรงอัดที่สามารถรับได้ ของดินนั้น ๆ ค่า poisson's ratio และ Elastic Modulus ของดิน ถ้าไม่มีอยู่ในรายงานการเจาะสำรวจก็สามารถจะใช้ค่าโดยประมาณได้จากตาราง โดยดูจากสภาพของดินส่วน Indlucence factor จะต้องดูจากตารางเพราะจะขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของเสาเข็ม

ค่าการทรุดตัวในชั้นดินเหนียวที่อยู่ใต้ชั้นทราย จะคิดที่จุดกึ่งกลางของชั้นดินเหนียวนั้น โดยค่า effective overburnden pressure ก็คิดจากชั้นบนสุดลงมา ค่า vertical unit stress ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ก็คิดถ่ายน้ำหนักมาจาก ตำแหน่งที่ปลายเข็มกระทำต่อชั้นทราย เป็น Point Lose แล้วใช้วิธีของ Bousineque เช่นเดียวกับที่แล้วมา คิด vertical unit stress ที่เกิดขึ้น ส่วนค่าอื่น ๆ ก็ใช้หลักการเช่นเดียวกับที่แล้วมา

เมื่อได้ค่าทั้ง ๒ ออกมา คือ Immediate Settlement ในชั้นทราย และ Consolidation Settlement ในชั้นดินเหนียวข้างล่างชั้นทราย เมื่อนำมารวมกันก็จะเป็นค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นสำหรับเสาเข็มในกรณีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

๑. การทรุดตัวของเสาเข็มประเภท เข็มที่อยู่ในชั้นดินอ่อน คิดจากผลรวมของการทรุดตัวของดินในแต่ละชั้น เนื่องจากการรับน้ำหนักแบบเสียดทาน ทางด้านข้างของเสาเข็มและดิน

๒. การทรุดตัวของเสาเข็มประเภท เข็มที่วางอยู่บนชั้นดินแข็ง คิดจากผลรวมของการทรุดตัวของดินในแต่ละชั้น เนื่องจากการรับน้ำหนักแบบเสียดทานด้านข้างระหว่างเสาเข็มกับดิน รวมกับ การทรุดตัวของชั้นดินแข็งที่รับน้ำหนักแบบ Point Load จากเสาเข็ม

๓. การทรุดตัวของเสาเข็มประเภท เข็มที่นั่งอยู่บนชั้นทราย โดยคอกผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่นลงมา คิดจาก

การทรุดตัวของชั้นทรายในชั้นที่รับเข็ม รวมกับ การทรุดตัวของชั้นดินเหนียวที่อยู่ใต้ชั้นทรายนั้น

เท่าที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับ Special Project ฉบับนี้ ดังนั้นค่าต่าง ๆ ที่ได้ออกมาจะเป็นค่าโดยประมาณที่เกิดขึ้นจากทฤษฎีเหล่านั้น เท่านั้นหากผู้ใช้ต้องการทราบค่าที่ละเอียดมากขึ้น ก็จะต้องตรวจสอบด้วยการทดสอบจริง ๆ และการคิดคำนวณที่ละเอียดมากขึ้นไปอีก อย่างไรก็ตามผลที่ได้ออกมาจากโปรแกรมนี้ ก็คงจะพอที่จะใช้เป็นหลักในการพิจารณาเลือกใช้ชนิด ขนาดและ ประเภทของเสาเข็มเบื้องต้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรม

โปรแกรมการหาน้ำหนักบรรทุก และการทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ TURBO PASCAL V.5 การใช้โปรแกรมจะประกอบไปด้วย ไฟล์ที่จำเป็น ในการใช้งานอยู่ 4 ไฟล์คือ

1. SINGLE.EXE เป็นไฟล์หลักที่ใช้ในการคำนวณ การกรอกข้อมูล
2. WIN.TPU เป็นไฟล์ที่มีหน้าที่ในการจัดลักษณะการแสดงผลของจอภาพ หรือ จัดหน้าต่างของจอภาพนั่นเอง
3. SCREEN.TPU เป็นไฟล์ที่ถูกเขียนขึ้นเพื่อแสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรม โดยจะบอกชื่อของโปรแกรม
4. SCR.TXT เป็นไฟล์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการดำเนินการโปรแกรม SCREEN.PAS เป็นส่วนประกอบในการแสดงผลของไฟล์ SCREEN.TPU

ในการดำเนินการ จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำแผ่น PROGRAM DISKETT ใส่เข้าไปใน DISKDRIVE ตัวใดตัวหนึ่ง แล้วนำแผ่น DISKETT ที่ทำการ FORMAT แล้วอีกแผ่น ใส่เข้าไปใน DISKDRIVE ตัวที่เหลืออยู่ เพื่อใช้เป็น DISKETT ในการเก็บข้อมูล ในกรณีนี้สมมุติว่า ใส่ PROGRAM DISKETT ลงไปใน DRIVE A. และใส่ DATA DISKETT ใน DRIVE B.

2. เมื่อ CURSOR อยู่ที่ DRIVE A. ทำการ LOAD SINGLE.EXE โปรแกรมจะถูกดำเนินการออกมา โดยจะปรากฏเป็นจอแสดง ชื่อของโปรแกรม เมื่อต้องการดำเนินการต่อไป ให้กด ENTER

3. จะเข้าสู่ขั้นตอนในการให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการจะทำอะไร โดยมีข้อให้เลือกอยู่ 3 ข้อคือ - ENTER DATA ใส่ข้อมูลดิน
- CALCULATE THE RESULT คำนวณผลลัพธ์
- EXIT ออกจากโปรแกรม

ฉะนั้น ถ้าเพิ่งจะเริ่มใช้โปรแกรมคือ ยังไม่เคยกรอกข้อมูลลงในโปรแกรมนี้มาก่อน ก็จะต้องเลือก 1 เพื่อทำการกรอกข้อมูลลงไป แต่ในกรณีที่มีข้อมูลดินที่เคยกรอกลงในโปรแกรมนี้มาก่อนแล้ว และต้องการเข้าไปคำนวณผลลัพธ์เลย ก็จะต้องเลือก 2 ถ้าเลือก 3 ก็จะออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 เมื่อเลือก 1 เพื่อใส่ข้อมูลดิน

3.1.1 ผู้ใช้จะต้องตั้งชื่อ FILE เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล โดยจะต้องใช้ 2 ชื่อสำหรับ 2 ไฟล์ ซึ่งเหตุที่ต้องใช้ชื่อไฟล์ถึง 2 ชื่อ ก็เพราะเหตุผลทางด้านประเภทของข้อมูล ส่วนที่ต้องเก็บข้อมุลเป็นไฟล์นั้น ก็เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่ใส่เข้าไปในเครื่องแล้วนั้น กลับมาใช้ได้อีกเมื่อต้องการคำนวณเสาเข็มประเภทอื่นในชั้นดินประเภทเดียวกัน ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการกรอกข้อมูลดินเข้าไปใหม่ ชื่อไฟล์ที่ตั้งควรจะใช้ชื่อ ที่ทำให้ทราบตำแหน่งที่ขุดเจาะดินขึ้นมา และทั้ง 2 ชื่อ ก็ควรจะมีความสัมพันธ์กัน เพราะว่าจะเป็นไฟล์ที่จะต้องใช้ร่วมกันโดยตลอด

ต่อมาโปรแกรมก็จะถามว่า ชั้นดินที่จะกรอกข้อมูลให้กับเครื่องนั้นมีกี่ชั้น และระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินลงไปเท่าไร เมื่อกรอกเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ยืนยันข้อมูลข้างต้นด้วยการตอบ Y สำหรับคำถาม ACCEPT DATA ABOVE (Y OR N) แต่ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลที่ได้กรอกลงไปแล้วก็ให้ตอบ N จอภาพก็จะขึ้นให้กรอกข้อมูลใหม่

3.2.2 จะเป็นขั้นตอนในการกรอกข้อมูลดิน ผู้ใช้จะต้องให้ข้อมูลดินต่างๆกับเครื่องเพื่อให้โปรแกรมรับรู้และสามารถนำไปคำนวณได้ โดยจะประกอบด้วย

- ค่าหน่วยน้ำหนักประสิทธิผล (EFFECTIVE UNIT WEIGHT) ของดิน สำหรับดินที่อยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดิน จะต้องเอาหน่วยน้ำหนักของน้ำ หักออกจากหน่วยน้ำหนักอิ่มตัวของดินเสียก่อน ดังนั้นในชั้นดินที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ระหว่างกลาง ก็จะต้องแบ่งชั้นดินในชั้นนั้นออกเป็น 2 ชั้นในการให้ข้อมูล

- ค่า STANDARD PENETRATION TEST (SPT-N) เป็นค่าที่กรอกเพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูได้จากตารางสรุปของโปรแกรม แต่ไม่ได้นำไปใช้ในการคำนวณ ดังนั้นถ้าไม่มีข้อมูลชุดนี้จะไม่ใส่ก็ได้

- ค่าความหนาของแต่ละชั้นดิน ถ้าชั้นดินใดถูกชั้นด้วยระดับน้ำใต้ดินก็จะต้องแบ่งกรอกความหนาของชั้นดินนั้นออกเป็น 2 ชั้น เพราะค่าคุณสมบัติต่างๆจะแตกต่างกัน

- ค่ามุมเสียดทานภายใน (ANGLE OF INTERNAL FRICTION) ของดิน จะใช้หน่วยองศา (DEGREE)

- ค่าแรงดึงดูด (COHESION) ของดิน

เมื่อกรอกข้อมูลต่างๆถูกต้องเรียบร้อย ก็กด Y เพื่อยอมรับ หรือถ้าจะต้องทำการแก้ไขก็กด N เพื่อกรอกข้อมูลเข้าไปใหม่

3.2.3 เมื่อกรอกข้อมูลดินทุกชั้นเข้าไปเรียบร้อย โปรแกรมก็จะสรุปออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ดูในรูปของตาราง เป็นอันจบขั้นตอนในการให้ข้อมูลดินกับโปรแกรม เมื่อกด ENTER ก็จะออกจากขั้นตอนนี้เข้าสู่โปรแกรมหลัก เพื่อเลือกขั้นตอนในการทำงานใหม่ต่อไป

3.2 เมื่อเลือก 2 เพื่อคำนวณ กำลังรับน้ำหนักและการทรุดตัวของฐานรากบนเสาเข็ม

3.2.1 โปรแกรมจะถามผู้ใช้ว่า ไฟล์ของข้อมูลดินที่จะนำมาใช้ในการคำนวณมีชื่อว่าอะไร ซึ่งผู้ใช้จะต้องใส่ชื่อไฟล์เข้าไป 2 ชื่อ จากชื่อไฟล์ที่ได้ตั้งไว้ให้เก็บข้อมูลในตอนต้น โดยทั้ง 2 ชื่อจะต้องเป็นชุดเดียวกันเหมือนกับที่ใส่ไว้ในตอนแรกเช่นกัน

3.2.2 จากนั้น จะเป็นขั้นตอนในการกรอกข้อมูลของเสาเข็มที่จะใช้ โดยข้อมูลที่จะต้องให้ประกอบด้วย

- ประเภทของเสาเข็ม ใช้ตัว C แทนสำหรับเสาเข็มคอนกรีตและเสาเข็มไม้ ตัว S สำหรับเสาเข็มเหล็ก
- ความยาวของเสาเข็มที่จะใช้
- พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม
- เส้นรอบรูปของเสาเข็ม

3.2.3 เมื่อได้ข้อมูลของเสาเข็มมาแล้ว ก็จะเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกสภาพการรับน้ำหนักของเสาเข็มว่าสำหรับเสาเข็มที่เลือกใช้กับดินตามสภาพที่ได้กรอกเข้าไป ลักษณะการรับน้ำหนักของเสาเข็มจะเป็นแบบใด

3.2.3.1 เข็มที่รับน้ำหนักโดยอาศัยแรงเสียดทานที่พื้นที่ผิวโดยรอบ (FRICTION PILE)

3.2.3.2 เข็มที่ปลายหยั่งในชั้นดินแข็ง (PILE ON STIFF CLAY)

3.2.3.3 เข็มที่ปลายหยั่งในชั้นทราย (PILE ON SAND)

เมื่อเลือกการคำนวณตามหัวข้อใด โปรแกรมก็จะเข้าไปสู่การคำนวณตามประเภทของเสาเข็มนั้นๆ คือ

3.2.3.1 เข็มที่รับน้ำหนักโดยใช้แรงเสียดทานที่พื้นที่ผิวโดยรอบ

3.2.3.1.1 เมื่อเข้าสู่หมวดนี้แล้วก็จะต้องให้ค่าต่างๆ กับโปรแกรม 2 ค่า คือ

- MATERIAL FACTOR (MF) มีค่าเท่ากับ 0.7 สำหรับเสาเข็มเหล็ก และ เท่ากับ 1 สำหรับเสาเข็มคอนกรีตและเสาเข็มไม้
- ตำแหน่งของหัวเสาเข็มที่อยู่ต่ำจากผิวดินชั้นบนสุดลงไป เพราะว่าในบางกรณี การทำฐานรากจะไปที่ตำแหน่งที่อยู่ใต้ผิวดิน จึงต้องตอกเสาเข็มให้ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหัวเสาเข็มจมลงไปใต้ดิน

3.2.3.1.2 จะเป็นขั้นตอนในการให้ค่า REDUCTION FACTOR กับโปรแกรม โดยค่า REDUCTION FACTOR นี้ เราสามารถจะดูได้จากกราฟในรูปที่ 8 จะเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH (Qu) ซึ่งเท่ากับ 2C ฉะนั้นจากที่ทราบค่า COHESION(C) ก็จะสามารถหาค่า REDUCTION FACTOR ได้

3.2.3.1.3 เมื่อให้ข้อมูลต่างๆกับโปรแกรมครบและถูกต้องเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาว่า เสาเข็มที่คำนวณนั้นสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่าไร แต่เพื่อความปลอดภัยในแง่ของการออกแบบ จะต้องให้รับน้ำหนักน้อยกว่านี้ โดยการใช้อัตราส่วนความปลอดภัย(SAFETY FACTOR) เข้าไปหาร ก็จะได้กำลังรับน้ำหนักที่ยอมให้โดยปลอดภัยออกมา แล้วโปรแกรมก็จะถามต่อไปว่า ต้องการหาค่าการทรุดตัวด้วยหรือไม่

3.2.3.1.4 เมื่อต้องการหาค่าการทรุดตัว ก็จะต้องให้ค่ากับตัวแปรต่างๆ ของโปรแกรมต่อไปนี้คือ

- ค่าดัชนีการยุบอัดตัว (COMPRESSION INDEX) ค่าดัชนีการยุบอัดตัวนี้จะได้มาจากการทดสอบดินที่ได้ขุดเจาะขึ้นมา แต่ในกรณีที่ไม่มีการทดสอบค่าเหล่านี้ไว้ ก็สามารถจะประมาณได้ โดยพิจารณาตามความสัมพันธ์กับค่าอื่นๆ ตามสูตรต่อไปนี้ คือ

เมื่อทราบค่าอัตราส่วนช่องว่างของมวลดินตามธรรมชาติ

$$Cc = 0.54(e0 - 0.35)$$

เมื่อทราบค่าปริมาณความชื้นของมวลดินตามธรรมชาติ

$$Cc = 0.0054\ (2.6w - 35)$$

เมื่อทราบค่าขีดเหลว (LIQUID LIMIT) ของมวลดิน

$$Cc = 0.009\ (LL. - 10)$$

ส่วนมวลดินจำพวกทราย ค่าดัชนีความยุบอัดตัว จะขึ้นอยู่กับสภาพความหนาแน่น คือ

ทรายสภาพหลวม ค่า $Cc = 0.05 - 0.06$

ทรายสภาพแน่น ค่า $Cc = 0.02 - 0.03$

- ค่าอัตราส่วนช่องว่างของมวลดินตัวอย่างตามธรรมชาติ

- สภาพการไหลออกจากมวลดินของน้ำของชั้นดินต่างๆ ที่ไหลออกได้ทางเดียว หรือไหลออกได้ 2 ทางคือทั้งชั้นบนและชั้นล่าง

เมื่อกรอกข้อมูลต่างๆครบถ้วน ก็กด Y เพื่อยอมรับข้อมูลข้างต้น

3.2.3.1.5 จะได้ผลลัพธ์ออกมาว่า เสาเข็มที่ใช้เมื่อรับน้ำหนักสูงสุดจะทรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวลงไปในแนวดิ่งเป็นระยะเท่าใด เป็นการสิ้นสุดการคำนวณ เมื่อกด ENTER ก็จะเข้าสู่ MAIN MANU ให้เลือกดำเนินการต่อไป

3.2.3.2 เมื่อเลือกกรณีที่ 2 คือ เป็นเสาเข็มที่มีปลายหยั่งอยู่ในชั้นดินแข็ง

3.2.3.2.1 เมื่อเข้าสู่หมวดนี้แล้วก็จะต้องให้ค่าต่างๆ กับโปรแกรม 2 ค่า คือ

- MATERIAL FACTOR (MF) มีค่าเท่ากับ 0.7 สำหรับเสาเข็มเหล็ก และ เท่ากับ 1 สำหรับเสาเข็มคอนกรีตและเสาเข็มไม้

- ตำแหน่งของหัวเสาเข็มที่อยู่ต่ำจากผิวดินชั้นบนสุดลงไป เพราะว่าในบางกรณี การทำฐานรากจะไปที่ตำแหน่งที่อยู่ใต้ผิวดิน จึงต้องตอกเสาเข็มให้ระดับของหัวเสาเข็มจมลงไปใต้ดิน

3.2.3.2.2 จะเป็นขั้นตอนในการให้ค่า REDUCTION FACTOR กับโปรแกรม โดยค่า REDUCTION FACTOR นี้ เราสามารถจะดูได้จากกราฟในรูปที่ 8 จะเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH (Qu) ซึ่งเท่ากับ 2C ฉะนั้นจากที่ทราบค่า COHESION(C) ก็จะสามารถหาค่า REDUCTION FACTOR ได้

3.2.3.2.3 เมื่อให้ข้อมูลต่างๆกับโปรแกรมครบและถูกต้องเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาว่า เสาเข็มที่คำนวณนั้นสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่าไร แต่เพื่อความปลอดภัยในแง่ของการออกแบบ จะต้องให้รับน้ำหนักน้อยกว่านี้ โดยการใช้อัตราส่วนความปลอดภัย(SAFETY FACTOR) เข้าไปหาร ก็จะได้กำลังรับน้ำหนักที่ยอมให้โดยปลอดภัยออกมา แล้วโปรแกรมก็จะถามต่อไปว่า ต้องการหาค่าการทรุดตัวด้วยหรือไม่

3.2.3.2.4 เนื่องจากเสาเข็มประเภทนี้มีปลายหยั่งอยู่ในชั้นดินแข็ง (STIFF CLAY) และจากข้อมูลดินที่ให้กับโปรแกรมไป ตัวโปรแกรมยังไม่สามารถแยกได้ว่าชั้นดินใดเป็น ดินอ่อน ดินแข็ง หรือ ดินทราย ดังนั้นจึงต้องบอกกับโปรแกรมว่าจำนวนชั้นของชั้นดินแข็งนับตั้งแต่ชั้นที่ปลายเข็มนั่งอยู่นับลงไปที่อยู่ติดกันมีกี่ชั้น และในกรณีที่ปลายเข็มวางอยู่บนชั้นดินแข็งพอดี ก็จะเริ่มนับตั้งแต่ชั้นที่อยู่ด้านล่างเป็นต้นไป

3.2.3.2.5 เป็นขั้นตอนสำหรับใส่ข้อมูลดินเพิ่มเติมบางตัวเพื่อใช้ในการหาการทรุดตัว อันประกอบด้วย

- ค่าดัชนีการยุบอัดตัว (COMPRESSION INDEX)
- ค่าอัตราส่วนช่องว่างของมวลดินตามธรรมชาติ
- สภาพการระบายน้ำออกจากมวลดินของแต่ละชั้นดิน โดยจะแบ่งเป็น ระบายออกได้ทางเดียว กับระบายได้ 2 ทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการกรอกข้อมูลชุดนี้ จะกรอกโดยใช้ข้อมูลลักษณะเดียวกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.3.1.4

3.2.3.2.6 เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนและถูกต้อง ก็จะได้ผลลัพธ์ออกมาว่า ค่าการทรุดตัวในแนวดิ่งของเสาเข็มประเภทที่ 2 นี้ เมื่อรับน้ำหนักกระทำสูงสุดจะทรุดตัวลงไปเท่าไร เป็นอันจบการคำนวณสำหรับเสาเข็มประเภทนี้

3.2.3.3 กรณีที่ 3 สำหรับเสาเข็มที่ปลายหยั่งอยู่บนชั้นทราย

3.2.3.3.1 ในขั้นตอนของการคำนวณหากำลังรับน้ำหนัก จะต้องให้ค่าต่างๆ ต่อไปนี้ กับโปรแกรม คือ

- ความลึกของหัวเสาเข็มจากผิวดินชั้นบน เพราะในบางครั้งเสาเข็มจะไม่ได้ถูกตอกให้เสมอกับผิวดินพอดี แต่จะถูกกำหนดให้ตอกลึกลงไปใต้ดิน ด้วยความจำเป็นทางด้านโครงสร้าง

- จำนวนของชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น หรือดินเหนียวที่วางตัวอยู่เหนือชั้นดินทราย

- ค่า REDUCTION FACTOR ของดินในชั้นต่างๆ โดยค่า REDUCTION FACTOR นี้จะดูได้จากกราฟ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่า UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH (Q_u) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2C ดังนั้นจากค่า COHESION ของดินในชั้นต่างๆ ก็จะสามารถหาค่า REDUCTION FACTOR ได้

- ค่า MATERIAL FACTOR เป็นค่าคงที่สำหรับวัสดุที่ใช้ในการทำเสาเข็มแต่ละชนิด โดยมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเป็นเสาเข็มไม้ หรือเสาเข็มคอนกรีต และมีค่าเท่ากับ 0.7 สำหรับเสาเข็มเหล็ก

- ค่าจำนวนชั้นของชั้นดินทรายที่เสาเข็มถูกตอกเข้าไปอยู่ โดยดูได้จากรายการแสดงการเจาะสำรวจดิน ประกอบกับความยาวของเสาเข็มที่ใช้ แล้วเทียบดูว่า สำหรับเสาเข็มความยาวเท่านี้จะจมลงไปในชั้นดินทรายที่อยู่ใต้ดินเหนียวเป็นจำนวนกี่ชั้น และในกรณีที่ไปนั่งอยู่บนชั้นทรายพอดี ก็จะต้องนับชั้นทรายที่รองรับอยู่ลงไปด้วย

- ค่า STANDARD PENETRATION TEST (BLOWS/FT.) ในชั้นของดินทราย

- ค่า DIMENSIONLESS BEARING CAPACITY FACTOR หรือค่า N_q , N_r จะสามารถหาได้โดยดูจากกราฟรูปที่ 9 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเสียดทานภายในของชั้นดิน กับค่า Nc,Nq,Nr ดังนั้น ในชั้นของดินทราย เมื่อทราบค่ามุมเสียดทานภายในก็จะสามารถดูเทียบค่า N_q และ N_r ออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า SHAPE COEFFICIENT เป็นค่าคงที่สำหรับรูปทรงต่างๆของเสาเข็ม โดยมีค่าเท่ากับ 0.4 สำหรับเสาเข็มสี่เหลี่ยม และ 0.3 สำหรับเสาเข็มกลม

- ค่าความกว้าง หรือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม

เมื่อได้ให้ค่าทุกค่าที่ครบถ้วน และถูกต้องกับโปรแกรมแล้ว ก็จะได้กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็มออกมา แล้วถ้าต้องการใช้สัดส่วนความปลอดภัยเท่าไรก็ป้อนให้กับโปรแกรม ก็จะได้กำลังรับน้ำหนักโดยปลอดภัยของเสาเข็มออกมา แล้วโปรแกรมจะถามต่อไปว่า ต้องการจะคำนวณหาค่าการทรุดตัวของเสาเข็มหรือไม่

3.2.3.3.2 เมื่อต้องการหาค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม ก็จะต้องให้ข้อมูลกับโปรแกรมในชั้นของดินทราย และ ชั้นของดินเหนียวใต้ชั้นทรายนั้น

ก.สำหรับในชั้นของดินทรายจะต้องให้ค่าต่อไปนี้คือ

- ความกว้างของเสาเข็มที่ปลายเสาเข็มนั้น

- ค่า INFLUENCE FACTOR เป็นค่าอิทธิพลเนื่องจากรูปร่าง และลักษณะของฐานราก ดังตารางที่ 14

- ค่า โมดูลัสยืดหยุ่นของดิน จะได้จากการทดสอบดินที่ขุดเจาะขึ้นมา แต่ถ้าไม่มีค่า E นี้มาให้ ก็สามารถจะใช้ค่าโดยประมาณ จากการเปรียบเทียบกับสภาพต่างๆ ของดินได้ดังนี้

ดินเหนียวอ่อน	= 175 - 420	ตัน/ตร.เมตร.
ดินเหนียวแข็ง	= 700 - 1750	ตัน/ตร.เมตร.
ดินเหนียวปนทราย	= 2800 - 4200	ตัน/ตร.เมตร.
ตะกอนทราย	= 700 -2100	ตัน/ตร.เมตร.
ทรายหลวม	= 1050 - 2450	ตัน/ตร.เมตร.
ทรายแน่น	= 4200 - 8400	ตัน/ตร.เมตร.
ทรายแน่นปนกรวด	= 9800 - 19600	ตัน/ตร.เมตร.

-ค่า POISSON'S RATIO จะได้จากการทดสอบ แต่ถ้าไม่มี ก็จะสามารถหาได้โดยการดูตามสภาพดินต่างๆ คือ

SATURATED CLAYS	= 0.4 - 0.5
UNSATURATED CLAYS	= 0.1 - 0.3
SILT	= 0.3 - 0.35
DENSE SAND	= 0.2 - 0.4
FINE GRAINED SAND	= 0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SANDY CLAYS = 0.2 - 0.3

ข. สำหรับดินเหนียวที่อยู่ใต้ชั้นทราย ต้องให้ข้อมูลต่อไปนี้

- ค่า ดัชนีการยุบอัดตัว (COMPRESSION INDEX) ดูได้จากผลการทดสอบ หรือประมาณจากสูตรต่างๆ เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น

- ค่าอัตราส่วนช่องว่างของมวลดินตามธรรมชาติ

- ลำดับของชั้นดินเหนียวที่อยู่ใต้ชั้นทราย ใส่ว่าอยู่ลำดับที่เท่าไร โดยเริ่มนับจากชั้นบนสุด

- สภาพการระบายน้ำของมวลดิน ว่าระบายออกได้ทิศทางเดียว หรือระบายออกได้ 2 ทาง

เมื่อให้ค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ก็จะได้ค่าการทรุดตัวในแนวดิ่งของเสาเข็มประเภทนี้ เมื่อรับน้ำหนักกระทำสูงสุดออกมา เป็นอันสิ้นสุดการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

unit win;

```
interface
uses crt;
type  screenline   =array [1..80] of integer;
      screenarray  =array [1..25] of screenline;
      screenblock  =array[1..2000] of integer;
      windowlink   =^windowcontrolblock;
      windowcontrolblock = record
                           x1,y1,x2,y2  :integer; {window boundary}
                           x,y          :integer; {cursor location}
                           id           :byte;    {id number}
                           backlink     :windowlink;
                           screencontents:screenblock;
                           end;
     headstring = string[80];
     attr       =byte;
var  activewindow :windowlink;
     screenptr    :^screenarray;
     fixedsize    :integer;
     windowcount  :byte;
     errorwindow  :byte;
const
        nodisplay    =$00;
        lowdisplay   =$07;
        highdisplay  =$0f;
        reverselow   =$70;
        reversehigh  =$8;
        underlinelow =$01;
        underlinehigh=$09;
        blinklow     =$87;
        blinkhigh    =$8f;
        undblinklow  =$81;
        undblinkhigh =$89;
        revblinklow  =$f0;
        revblinkhigh =$f8;
        single   =1;
        double   =2;
        mix1     =3;
        mix2     =4;
        boxstyle    :byte    =single;
        attrofbox   :byte    =highdisplay;
        attrofwindow:byte    =highdisplay;
        attrofheader:byte    =highdisplay;
        attrofchar  :byte    =highdisplay;
        headerofwindow:headstring='';
        typeofbox   : array [1..4,1..8] of char =
                      ( ('ว','ต','ต','ว','ล','ม','ย','ล'),
                        (' ','ผ','ผ',' ','ฝ','ผ','ห','พ'),
                        (' ','ต','ต',' ','ๆ','บ','ไ','ภ'),
                        ('ว','ผ','ผ','ว','ๆ','น','ๆ','พ')
                      );
                      {
                       (#196,#179,#179,#196,#218,#191,#192,#217),
                       (#205,#186,#186,#205,#201,#187,#200,#188),
                       (#205,#179,#179,#205,#213,#184,#212,#190),
                       (#196,#186,#186,#196,#214,#183,#211,#189)
                      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
 procedure setatttr
 purpose    : set attribute of display character
 input      : attribute type
 output     : none
 monochrome character attribbutes bytes
    bit no. 7 6 5 4 3 2 1 0
            B x x x I x x U
}
procedure setattr(a:attr);
procedure windowbox(x1,y1,x2,y2:byte);
procedure windowopen(x1,y1,x2,y2:byte);
procedure windowclose;
procedure initwin;
procedure setboxstyle(name:byte);
procedure setwinheader(st:headstring);
procedure setwinattr(name:byte);
procedure setboxattr(name:byte);
procedure setheadattr(name:byte);
procedure setcharattr(name:byte);
implementation
procedure setattr(a:attr);
begin
    case a of
        nodisplay   :textattr :=$00;
        lowdisplay  :textattr :=$07;
        highdisplay :textattr :=$0f;
        reverselow  :textattr :=$70;
        reversehigh :textattr :=$8;
        underlinelow :textattr :=$01;
        underlinehigh:textattr :=$09;
        blinklow    :textattr :=$87;
        blinkhigh   :textattr :=$8f;
        undblinklow :textattr :=$81;
        undblinkhigh :textattr :=$89;
        revblinklow :textattr :=$f0;
        revblinkhigh :textattr :=$f8;
     end;
    end;
{window procedures
  windowopen   :-make window and draw box
  window close :-remove window
  setboxstyle  :-select typw of box window
  setwinheader :-set header of window
  setwinattr   :-set attribute of window background
  setboxattr   :-set attributte of box window
  setheadattr  :-set attribute of header
  setcharattr  :-set attribute of characterin window
  setwindow    :-set window configuration
 }

procedure windowbox(x1,y1,x2,y2:byte);
const  top    =1;left   =2;
       right  =3;bottom =4;
       upleft =5;upright=6;
       loleft =7;loright=8;
var  x,y   :byte;
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    window(x1,y1,x2,y2);
    setattr(attrofwindow);
    clrscr;
    window(1,1,80,25);
    setattr(attrofbox);
    {top}
    gotoxy(x1,y1);
    write(typeofbox[boxstyle,upleft]);
    for x:=x1+1 to x2-1 do begin
      write (typeofbox[boxstyle,top]);
     end;
    write(typeofbox[boxstyle,upright]);
    {sides}
    for Y := y1+1 to y2-1 do begin
      gotoxy(x1,y);write(typeofbox[boxstyle,left]); {left code}
      gotoxy(x2,y);write(typeofbox[boxstyle,right]);{right side}
    end;
    {bottom}
    gotoxy(x1,y2);
    write(typeofbox[boxstyle,loleft]);
    for x:=x1+1 to x2-1 do
      write(typeofbox[boxstyle,bottom]);
    write(typeofbox[boxstyle,loright]);
    {make it the current window and locate cursor to top}
    setattr(attrofheader);
    gotoxy( (x1+x2-length(headerofwindow)) div 2,y1);
    write(headerofwindow);
    window(x1+1,y1+1,x2-1,y2-1);
    setattr(attrofchar);
  end;{proc.boxwin}

    {
     procedure windowopen
     purpose  :-made window and draw vox
     input    :-coordinate xy
     output   :-none
    }
    procedure windowopen(x1,y1,x2,y2:byte);
    var block    :windowlink;
        linelength,
       windowsize,
        i             :integer;
        y             :byte;
    begin
      linelength :=x2-x1+1;

    windowsize :=linelength*(y2-y1+1)*2+fixedsize;
    {check window valid}
    if (x2>80) or (y2>25) or (x2-x1<2) or (y2-y1<2) then
      errorwindow :=1
     else
      if (abs(memavail) < windowsize) then
       errorwindow:=2
        else
         errorwindow:=0;
      if errorwindow =0 then
       begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    getmem(block,windowsize);
    block^.x1 :=x1;
    block^.x2 :=x2;
    block^.y1 :=y1;
    block^.y2 :=y2;
    block^.x  :=wherex;
    block^.y  :=wherey;
    block^.backlink :=activewindow;
    activewindow    :=block;
    windowcount     :=windowcount+1;
    block^.id       :=windowcount;
    i:=1;
    for y:=y1 to y2 do begin
      move (screenptr^[y,x1],block^.screencontents[i],linelength*2)
      i:=i+linelength;
    end;
    windowbox(x1,y1,x2,y2);
  end;
end;
{
 procedure windowclose
 purpose   :-remove window
 input     :-none
 output    :-none
}
procedure windowclose;
var block  :windowlink;
    linelength,
    windowsize,i   :integer;
    y              :byte;
begin
 if activewindow<> nil then
  begin
    block   :=activewindow;
    linelength:=block^.x2-block^.x1+1;
    windowsize:=linelength*(block^.y2-block^.y1+1)*2+fixedsize;
    windowcount :=windowcount-1;
    i:=1;
    for y:=block^.y1 to block^.y2 do begin
      move (block^.screencontents[i],screenptr^[y,block^.x1],linel
;
      i:=i+linelength;
     end;
    activewindow:=block^.backlink;
    if activewindow = nil then
     window(1,1,80,25)
    else
     with activewindow^do window(x1+1,y1+1,x2-1,y2-1);
   gotoxy(block^.x,block^.Y);
   freemem(block,windowsize);
  end;
 end;

 procedure initwin;
 var mode  :byte absolute $0040:$0049;
 begin
  activewindow :=nil;
  fixedsize    :=sizeof(windowcontrolblock)-sizeof(screenblock);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (mode=2) or (mode=3) then
      screenptr:=ptr($b800,0)
      else
      screenptr:=ptr($b000,0);
      window(1,1,80,25);
      windowcount := 0;
   end;
  procedure setboxstyle(name:byte);
  begin
   boxstyle:=name;
  end;

  procedure setwinheader(st :headstring);
  begin
   headerofwindow:=st;
  end;

  procedure setwinattr(name:byte);
  begin
   attrofwindow:=name;
  end;

  procedure setboxattr(name:byte);
  begin
   attrofbox:=name;
  end;

  procedure setheadattr(name:byte);
  begin
   attrofheader:=name;
  end;

  procedure setcharattr(name:byte);
  begin
   attrofchar:=name;
  end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          unit SCREEN;
INTERFACE

TYPE SCREEN80      = ARRAY [1..25,1..80,1..2] OF CHAR;
     SCREENARRAY   = ARRAY [1..25] OF STRING[80];

VAR  MONOSCREEN    : SCREEN80 ABSOLUTE $B000:$0000;
     COLOSCREEN    : SCREEN80 ABSOLUTE $B800:$0000;
CONST SCREENDATA   : SCREENARRAY =
('                                                                              ',
 '                                                                              ',
 '                                                                              ',
 '       +======================================================================+',
 '       ฅ          KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG           ฅ',
 '       ฅ          ================================================          ฅ',
 '       ฅ   SSSSS  III  N   N  GGGGG  L      EEEEE                            ฅ',
 '       ฅ   S       I   N  NN  G      L      E                                ฅ',
 '       ฅ   SSSSS   I   N N N  G GGG  L      EEEEE                            ฅ',
 '       ฅ       S   I   NN  N  G   G  L      E                                ฅ',
 '       ฅ   SSSSS  III  N   N  GGGGG  LLLLL  EEEEE                            ฅ',
 '       ฅ                              PPPPP  III  L      EEEEE                ฅ',
 '       ฅ                              P   P   I   L      E                    ฅ',
 '       ฅ                              PPPPP   I   L      EEEEE                ฅ',
 '       ฅ                              P       I   L      E                    ฅ',
 '       ฅ                              P      III  LLLLL  EEEEE                ฅ',
 '       ฅ                        ====================                          ฅ',
 '       ฅ                        FOUNDATION    DESIGN                          ฅ',
 '       ฅ                        ====================                          ฅ',
 '       ฅ                        BY  BOONTAWEE SUKKHARATAMORNKUL               ฅ',
 '       ฅ                            APRIL  1990                               ฅ',
 '       +======================================================================+',
 '                                                                              ',
 '                                                                              ',
 '                                                                              ');
VAR SCRFILE    : FILE OF SCREENARRAY;
 PROCEDURE ASCREEN;
 IMPLEMENTATION
 PROCEDURE ASCREEN;
 BEGIN
   ASSIGN  (SCRFILE,'SCR.TXT');
   REWRITE (SCRFILE);
   WRITE   (SCRFILE,SCREENDATA);
 END; END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    program soil;
 uses crt,screen,win,printer;
 label exit,exit1;
 type screen80          =array [1..25,1..80,1..2] of char;
      screenarray       =array [1..25] of string[80];
 var  ser,g:integer;
      monoscreen :screen80 absolute $b000:$0000;
      coloscreen :screen80 absolute $b800:$0000;
      charscreen :screenarray;
      crttype    : byte    absolute $0040:$0049;
      x,y,len    : byte;
      scrfile    : file of screenarray;
 procedure readscreenfile;
 begin
      assign (scrfile,'scr.txt');
      reset  (scrfile);
      read   (scrfile,charscreen);
 end;
 procedure displayscreen;
 begin
      for y:=1 to 25 do
        begin
         len := length(charscreen[y]);
          for x:=1 to len do
           if (crttype =7) then
            begin
             monoscreen[y,x,1] :=charscreen[y][x];
             monoscreen[y,x,2] :=#15;  {attribute}
           end   else    begin
              coloscreen[y,x,1] :=charscreen[y][x];
              coloscreen[y,x,2] :=#15;  {attribute}
            end;     end;    end;
 procedure datainput;
 type      soil=record
           t,u,i,c,sn:real;
           end;
 label  input1,input2;
 var   fp1,fp2:text;
      fname1,fname2:string[12];
      a:array[1..50] of soil;
      n,x:integer;
      y,l,le,sa,z,p,yy:real;
      pt:string[5];
      che1,che2,prn:char;
 begin
      input1:clrscr;
      writeln;
      writeln;
      write('  ENTER THE 1:FILENAME TO SAVE DATA...  ');
      readln(fname1);
      write('  ENTER THE 2:FILENAME TO SAVE DATA...  ');
      read1n(fname2);
      assign(fp2,fname2);
      rewrite(fp2);
      writeln;
      writeln;
      writeln;
      write('  AMOUNT OF LAYER OF SOIL                : ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        readln(n);
       write('  THE DEPTH OF WATER TABLE FROM GROUND LEVEL(M.):');
       readln(l);
       writeln;
       writeln;
       write('                                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ');
       readln(che1);
        if (che1='n') or (che1='N') then
           goto input1
            else
      writeln(fp2,n:4,l:6:2);
      assign(fp1,fname1);
       rewrite(fp1);
       clrscr;
       writeln;
       writeln;
       writeln('                                  << SOIL DATA >>');
       writeln;
      for x:=1 to n do
       begin  with a[x] do
         begin
           input2:writeln;
           writeln('                                        LAYER',x);
writeln('-------------------------------------------------------------------------------')
           write('      EFFECTIVE UNIT WEIGHT (T/M^3)                          :');
           readln(u);
           write('      SPT-N (BLOW/FT)                                        :');
           readln(sn);
           write('      THICKNESS (M)                                          :');
           readln(t);
           write('      ANGLE (DEGREE)                                         :');
           readln(i);
           write('      COHESION (T/M^2)                                       :');
           readln(c);
writeln('-------------------------------------------------------------------------------')
           write('                                  ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N) : ')
     readln(che2);
     if (che2='n') or (che2='N') then
       goto input2
        else
          writeln(fp1,u:13:2,sn:13:2,t:6:2,i:11:2,c:11:2);
        end;
       writeln;
      end;
     clrscr;
     writeln;
     writeln;
     writeln;
reset(fp2);
readln(fp2,n,l);
writeln('                                  << SOIL DATA >>');
writeln('-------------------------------------------------------------------------------
-------');
writeln('    LAYER(M)       UNIT W(T/M^3)  SPT-N(BLOW/FT)    ANGLE(DEG)    COHESIO
M^2)');
writeln('-------------------------------------------------------------------------------
------');
reset(fp1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while not eof(fp1) do
  begin
    y:=0;
    z:=a[1].t;
    for x:= 1 to n do
      begin
        with a[x] do
          begin
    readln(fp1,u,sn,t,i,c);
writeln(y:6:2,'-',z:6:2,u:14:2,'    ',sn:13:2,'     ', i:11:2,'    ',c:11:2);
y:=y+a[x].t;
z:=z+a[x+1].t;
end;  end;        end;
close(fp2);
close(fp1);
writeln('-------------------------------------------------------------------
-------');
writeln('  THE DEPTH OF WATER LEVEL FROM GROUND :',1:6:2,' M.');
writeln('-------------------------------------------------------------------
-------');
writeln;
writeln;
writeln;
write('                  DO YOU  WANT TO PRINT OUT TO PRINTER (Y OR N) : ')
readln(prn);
if (prn='y') or (prn='Y') then
begin
writeln(lst,'  << DATA FILE   : ',fname1,' AND ',fname2,' >>');
   writeln(lst);
   writeln(lst);
   writeln(lst,'                                  << SOIL DATA >>');
writeln(lst,'-------------------------------------------------------------------
-----------');
writeln(lst,'   LAYER(M)      UNIT W(T/M^3)  SPT-N(BLOW/FT)   ANGLE(DEG)   CO
ON(T/M^2)');
writeln(lst,'-------------------------------------------------------------------
-----------');
    yy:=0;
    z:=a[1].t;
    for x:= 1 to n do
      begin
        with a[x] do
          begin
writeln(lst,yy:6:2,'-',z:6:2,u:14:2,'    ',sn:13:2,'     ', i:11:2,'    ',c:11:
yy:=yy+a[x].t;
z:=z+a[x+1].t;
  end;       end;
writeln(lst,'-------------------------------------------------------------------
-----------');
writeln(lst,'  THE DEPTH OF WATER LEVEL FROM GROUND :',1:6:2,' M.');
writeln(lst,'-------------------------------------------------------------------
-----------');
end;
end;
procedure soilcal;
type  soil=record
        t,u,i,c,sn:real;
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          end;
var    fp1,fp2:text;
       fname1,fname2:string[12];
       a:array[1..50] of soil;
       f:array[1..50] of real;
       qu:array[1..50] of real;
       qua:array[1..50] of real;
       qq:array[1..50] of real;
       fv:array[1..50] of real;
      pt:string[5];pt1:string[20];
      n,x,v,w,ac,acl,y,dw,lc:integer;
      yy,l,tl,le,sa,z,p,mf,sf,ff,fy,lee,f1,ff1,f2,fft,q,qx,qx1,qt,fpt,fpt2,
       fpt1,tt:real;
       spt,sptn,kh,ffp,ffp2,ffpt,ai,ffp1,Nq,Nr,mi,qxm,qxe,sc,di,fpp,fpp1,
       tf,rad,rad1,tan:real;
       pw,em,pr,inf,t1,vus1,sc1,sc2,vus2,tsc1,t2,tsc,t3,tt1,tt2,vus3,sc3,
       sc4:real;
       cc,pp,pp3,pp1,ttc1,tttc,pp2,e0,qxx,fxx,fx,pp4,pp5,tcc,sfa,sl:real;
       si,j,h,k,quu,tqu,uu,tqu1,tqu2,jk1,jk,jk2,qa,ts,pp10,pp11,qub:real;
       lg,zt,tss,les,fxs,t11,vus11,pp01,pp12,sc11,t12,t31,t10,t32,t4,t5,
       vus5,qxy,pp6,pp7,sc5,t51,tcs:real;
       wd,ty,as,vv:integer;
       rf:array[1..50] of real;
       che3,che4,che5,che6,che7,che8,che9,che10,che11,che12,che13,scc:char;
       che14,che15,che16,che17,prn:char;
label   input3,input4,input5,input6,input7,input8,input9,input10,input11;
label   input12,input13,input14,input15,input16,input17;
begin
       input3:clrscr;
       writeln;
       writeln;
       write('ENTER THE 1:FILENAME OF YOUR DATA TO COMPUTE...');
       readln(fname1);
       write('ENTER THE 2:FILENAME OF YOUR DATA FO COMPUTE...');
       readln(fname2);
       for x:=1 to 6 do
       writeln;
       write('                                ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ');
       readln(che3);
       if (che3='n') or (che3='N') then
         goto input3
          else
       assign(fp1,fname1);
       reset(fp1);
       assign(fp2,fname2);
       input4:clrscr;
       writeln;
       writeln;
       writeln;
       writeln('                          << PILE DATA >>');
writeln('          ------------------------------------------------------');
       write('          '     MATERIAL [C(concrete),T(timber),S(steel)] :');
       readln(pt);
       if (pt='c') or (pt='C') then
          pt1:='CONCRETE' else
            if (pt='t') or (pt='T') then
           pt1:='TIMBER' else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (pt='s') or (pt='S') then
              pt1:='STEEL';
      write('                LENGTH (M)                                    :');
      readln(le);
      write('                SECTION AREA (M^2)                            :');
      readln(sa);
      write('                PERIMETER (M)                                 :');
      readln(p);
writeln('          ------------------------------------------------------');
      for x:=1 to 4 do
        writeln;
      write('                                ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N) : ');
      readln(che4);
      if (che4='n') or (che4='N') then
         goto input4
          else
      writeln;
      writeln;
      write('DO YOU WANT TO PRINT OUT TO PRINTER (Y OR N) : ');
      readln(prn);
      if (prn='y') or (prn='Y') then
      begin
      writeln(lst,'                          << PILE DATA >>');
writeln(lst,'-----------------------------------------------------------------
;

      if (pt='c') or (pt='C') then
         pt1:='CONCRETE' else
           if (pt='t') or (pt='T') then
             pt1:='TIMBER' else
               if (pt='s') or (pt='S') then
                 pt1:='STEEL';
writeln(lst,'  MATERIAL                                                : ',pt1);
writeln(lst,'  LENGTH (M)                                              : ',le:4:2);
writeln(lst,'  SECTION AREA (M^2)                                      : ',sa:4:2);
writeln(lst,'  PERIMETER (M)                                           : ',p:4:2);
writeln(lst,'-----------------------------------------------------------------
;
      end;
      reset(fp2);
      readln(fp2,n,l);
      clrscr;
      writeln;
      writeln;
      writeln('CHOOSE THE LOADING CONDITION OF YOUR PILE');
      writeln;
      writeln;
      writeln('         1:FRICTION PILE');
      writeln('         2:PILE ON STIFF CLAY');
      writeln('         3:PILE ON SAND');
      writeln;
      write('                                        CHOOSE : ');
      readln(ty);
      clrscr;
    if ty=1 then
      begin
        input5:clrscr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    writeln;
    writeln;
    writeln;
    write('  MF ( 1 (concrete,timber pile),0.7 (steel pile))  : ');
    readln(mf);
    write('  THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL (M)     : ');
    readln(lg);
    for x:=1 to 8 do
    writeln;
    write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N) : ');
    readln(che5);
     if (che5='n') or (che5='N') then
        goto input5
         else
    sf:=1;
        while not eof(fp1) do
        begin
        for x:=1 to n do
                begin
                 with a[x] do
                  begin
                        readln(fp1,u,sn,t,i,c);
                  end;end;end;
         zt:=a[1].t;
         vv:=1;
           while zt<lg do
            begin
             zt:=zt+a[vv+1].t;
             vv:=vv+1;
            end;
         z:=a[1].t;
          w:=0;
          v:=1;
           while z<(le+lg) do
            begin
            w:=w+1;
            z:=z+a[v+1].t;
            v:=v+1;
            end;
   input6:clrscr;
   writeln;
   writeln;
writeln('  READ THE VALUE OF REDUCTION FACTOR FROM GRAPH AND ENTER');
   writeln;
          for x:=1 to v do
             begin
                  write('  LAYER ',x,' : ');
                  readln(rf[x]);
               end;
           for x:= 1 to 4 do
            writeln;
          write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ');
          readln(che5);
          if (che5='n') or (che5='N') then
            goto input6
            else
          with a[vv] do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
            tss:=0;
             for x:=1 to vv do
              tss:=tss+a[x].t;
               if w>0 then
                 les:=tss-lg
                  else
                   if w=0 then
                     les:=le;
             fxs:=mf*sf*rf[vv]*c*les*p;
             fv[vv]:=fxs;
        end;
        if w>0 then
         begin
           ff:=0;
           for x:=vv+1 to w do
            begin
             with a[x] do
              begin
                      fx:=mf*sf*rf[x]*c*t*p;
                      f[x]:=fx;
                      end;
                      ff:=ff+fx;
                      end;
                      y:=w+1;
                       with a[y] do
                        begin
                          tt:=0;
                          for x:=1 to (v-1) do
                          tt:=tt+a[x].t;
                       lee:=le+lg-tt;
                       fxx:=mf*sf*rf[v]*c*lee*p;
                       f[y]:=fxx;
                       end;
          uu:=0;
           for x:=1 to w do
            begin
             with a[x] do
              begin
               qx:=u*t;
               qu[x]:=qx;
              end;
             uu:=uu+qx;
             qq[x]:=uu;
            end;
          with a[y] do
           begin
            qx1:=u*lee;
            qua[y]:=qx1;
           end;
      end
else
 begin
      ff:=0;
      fxx:=0;
      qq[vv]:=a[vv].u*(le+lg);
 end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        fft:=fxs+ff+fxx;
      writeln;
    clrscr;
    writeln;
    writeln;
    writeln;
       writeln('  TOTAL LOAD =',fft:10:4,' TONS/PILE');
       writeln;
       writeln;
       write('  ENTER SAFETY FACTOR          :');
       readln(sfa);
       sl:=fft/sfa;
       writeln;
       writeln;
riteln('-----------------------------------------------------------------
       writeln;
       writeln('  ALLOWABLE LOAD  =',sl:10:4,' TONS/PILE');
       writeln;
riteln('-----------------------------------------------------------------
       writeln;
       writeln('  DO YOU WANT TO FIND SETTLEMENT:Y(Yes) or N(No)');
       writeln;
       write('                                :');
       readln(scc);
       writeln;
        if (scc='y') or (scc='Y') then
         begin
          with a[vv] do
           begin
             input7:clrscr;
             writeln;
             writeln;
             writeln('                              LAYER',vv);
riteln('-----------------------------------------------------------------
          write('  COMPRESSION INDEX,Cc                                  :');
          readln(cc);
          write('  VOID RATIO ,e0                                        :');
          readln(e0);
             t11:=les/2;
             vus11:=3*fxs/(2*pi*t11*t11);
             pp01:=(qq[vv]+vus11)/qq[vv];
             pp12:=ln(pp01)*0.434294481;
             write('  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                    :');
             readln(wd);
              if wd=1 then
               t12:=les  else
                if wd=2 then
                 t12:=t11;
             sc11:=cc*t12*pp12/(1+e0);
riteln('-----------------------------------------------------------------
           end;
          writeln;
          write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) :
          readln(che7);
          if (che7='n') or (che7='N') then
            goto input7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            else
           writeln;
           sc2:=0;
            for x:= vv+1 to w do
             begin
           input8:writeln('                                          LAYER',x);
writeln('-------------------------------------------------------------------');
           write('  COMPRESSION INDEX,Cc                                    :');
           readln(cc);
           write('  VOID RATIO ,e0                                          :');
           readln(e0);
           t1:=a[x].t/2;
           vus1:=3*f[x]/(2*pi*t1*t1);
           pp1:=(qq[x]+vus1)/qq[x];
           pp:=ln(pp1)*0.434294481;
            write('  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                         :');
            readln(wd);
             if wd=1 then
              t10:=2*t1   else
                 if wd=2 then
                  t10:=t1;

           sc1:=cc*t10*pp/(1+e0);
           sc2:=sc2+sc1;
writeln('-------------------------------------------------------------------');
         writeln;
         write('                                ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ');
          readln(che8);
          if (che8='n') or (che8='N') then
            goto input8
             else
         end;

       if w>0 then
    begin
      with a[w+1] do
          begin
       input9:writeln;
       writeln('                                        LAYER',w+1);
writeln('-------------------------------------------------------------------');
        write('  ENTER COMPRESSION INDEX,Cc                                :');
        readln(cc);
        write('  ENTER VOID RATIO ,e0                                      :');
        readln(e0);
       ttc1:=0;
        for x:= 1 to (v-1) do
         ttc1:=ttc1+a[x].t;
         t2:=le+lg-ttc1;
         t3:=t2/2;
         vus2:= 3*f[w+1]/(2*pi*t3*t3);
         qub:=qq[w]+qua[y];
         pp2:=(qub+vus2)/qub;
         pp3:=ln(pp2) *0.434294481;
           write('  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                         :');
         readln(wd);
          if wd=1 then
           t31:=t2   else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if wd=2 then
              t31:=t3;
          sc3:=cc*t31*pp3/(1+e0);
riteln('-----------------------------------------------------------------');
        writeln;
        write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ');
         readln(che9);
         if (che9='n') or (che9='N') then
           goto input9
            else
        end;
        end
      else  sc3:=0;
           tsc:=sc11+sc2+sc3;
           clrscr;
           writeln;
           writeln;
           writeln;
           writeln;
riteln('-----------------------------------------------------------------');
           writeln;
           writeln('  TOTAL SETTELEMENT =',tsc:10:4,' M.');
           writeln;
riteln('-----------------------------------------------------------------');
           writeln;
           writeln;
      end;
rite('DO YOU WANT TO PRINT OUT TO PRINTER ( Y OR N) : ');
eadln(prn);
lrscr;
f (prn='y') or (prn='Y') then
egin

riteln(lst,'  THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL    : ',lg:6:4,' M.');
riteln(lst);
riteln(lst,'  ULTIMATE LOAD CAPACITY OF PILE              : ',fft:6:4,' TONS.

riteln(lst,'  SAFETY FACTOR                               : ',sfa:6:4);
riteln(lst,'  ALLOWABLE LOAD CAPACITY OF PILE             : ',sl:6:4,' TONS.'
f (scc='y') or (scc='Y') then
riteln(lst,'  SETTLEMENT DUE TO ULTIMATE LOAD             : ',tsc:6:4,' M.');
riteln(lst,'-----------------------------------------------------------------

riteln(lst);
riteln(lst);
nd else
      end
lse   if ty=2 then
       begin
         input10:clrscr;
         writeln;
         writeln;
         write(' MF [ 1 (concrete and timber pile),0.7 (steel pile) ]:');
         readln(mf);
         write(' THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL (M)        :');
         readln(lg);
         sf:=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        writeln;
        writeln;
             while not eof(fp1) do
             begin
             for x:=1 to n do
                     begin
                    . with a[x] do
                       begin
                              readln(fp1,u,sn,t,i,c);
                       end;end;end;
              zt:=a[1].t;
              vv:=1;
                while zt<=lg do
                 begin
                  zt:=zt+a[vv+1].t;
                  vv:=vv+1;
                 end;
              z:=a[1].t;
               w:=0;
               v:=1;
                while z<=(le+lg) do
                 begin
                 w:=w+1;
                 z:=z+a[v+1].t;
                 v:=v+1;
                 end;
writeln('   READ THE VALUE OF REDUCTION FACTOR FROM GRAPH AND ENTER');
                  writeln;
                  for x:=1 to v do
                 begin
                     write('  LAYER ',x,' : ');
                     readln(rf[x]);
                  end;
               writeln;
       write('                                ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ')
      readln(che10);
      if (che10='n') or (che10='N') then
        goto input10
         else
              with a[vv] do
               begin
                  tss:=0;
                   for x:=1 to vv do
                    tss:=tss+a[x].t;
                   les:=tss-lg;
                   fxs:=mf*sf*rf[vv]*c*les*p;
                   fv[vv]:=fxs;
               end;
                  ff:=0;
                  for x:=vv+1 to w do
                   begin
                    with a[x] do
                     begin
                             fx:=mf*sf*rf[x]*c*t*p;
                             f[x]:=fx;
                             end;
                             ff:=ff+fx;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    end;
                    y:=w+1;
                      with a[y] do
                       begin
                          tt:=0;
                          for x:=1 to (v-1) do
                          tt:=tt+a[x].t;
                        lee:=le+lg-tt;
                        fxx:=mf*sf*rf[v]*c*lee*p;
                        f[y]:=fxx;
                       end;
                  fft:=fxs+ff+fxx;
                 uu:=0;
                   for x:=1 to w do
                    begin
                     with a[x] do
                      begin
                       qx:=u*t;
                       qu[x]:=qx;
                      end;
                     uu:=uu+qx;
                     qq[x]:=uu;
                    end;
                  with a[y] do
                   begin
                    qx1:=u*lee;
                    qua[y]:=qx1;
                   end;
                 fpt2:=7.4*a[y].c;
                 qt:=uu+qx1;
                 fpt:=fpt2+qt;
                 fpt1:=fpt*sa;
    clrscr;
  writeln;
  writeln;
  writeln;
    tl:=fpt1+fft;
    writeln('  TOTAL LOAD =',tl:10:4,' TONS/PILE');
    writeln;
    writeln;
    write('  ENTER SAFETY FACTOR     :');
    readln(sfa);
    sl:=tl/sfa;
    writeln;
    writeln;
iteln('-------------------------------------------------------------------
    writeln;
    writeln('  ALLOWABLE LOAD    =',sl:10:4,' TONS/PILE');
    writeln;
iteln('-------------------------------------------------------------------
    writeln;
    writeln('  DO YOU WANT TO FIND SETTLEMENT:Y(Yes) OR N(No)');
    writeln;
      write('                                    :');
    readln(scc);
     if (scc='y') or (scc='Y') then
      begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            input17:clrscr;
            writeln;
            writeln;
            writeln('         AMOUNT OF LAYER OF STIFF CLAY ');
            writeln('  (counted from pile tip layer to lower layer)');
            write('                                          : ');
            readln(as);
              writeln;
              for x:=1 to 6 do
              writeln;
              write('                                ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR
 ');
          readln(che17);
          if (che17='n') or (che17='N') then
            goto input17
             else
             writeln;
             if as=1 then
               begin
          input11:clrscr;
          writeln('                                  LAYER',w+1);
writeln('-------------------------------------------------------------------
          write('  ENTER COMPRESSION INDEX,Cc                          :');
          readln(cc);
          write('  ENTER VOID RATIO ,e0                                :');
          readln(e0);
            tt1:=0;
             for x:=1 to v do
              tt1:=tt1+a[x].t;
              tt2:=tt1-le-lg;
              t3:=tt2/2;
              vus3:=3*fpt1/(2*pi*t3*t3);
              qxx:=(a[y].u*t3)+qua[y]+qq[w];
              pp4:=(qxx+vus3)/qxx;
              pp5:=ln(pp4)*0.434294481;
              write('  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                   :');
           readln(wd);
writeln('-------------------------------------------------------------------
            writeln;
            write('                           ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) :
          readln(che11);
          if (che11='n') or (che11='N') then
            goto input11
             else
            clrscr;
            writeln;
            writeln;
            writeln;
            if wd=1 then
             t32:=tt2   else
               if wd=2 then
                 t32:=t3;
              tcs:=cc*t32*pp5/(1+e0);
writeln('-------------------------------------------------------------------
          writeln;
          writeln('  TOTAL SETTLEMENT ',tcs:10:4,' M.');
          writeln;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
writeln('-------------------------------------------------------------------');
            end
        else
            begin
          input12:clrscr;
             writeln('                                        LAYER',w+1);
writeln('-------------------------------------------------------------------');
        write('  ENTER COMPRESSION INDEX,Cc                          :');
        readln(cc);
        write('  ENTER VOID RATIO ,e0                                :');
        readln(e0);
          tt1:=0;
           for x:=1 to v do
            tt1:=tt1+a[x].t;
            tt2:=tt1-le-lg;
            t3:=tt2/2;
            vus3:=3*fpt1/(2*pi*t3*t3);
            qxx:=(a[y].u*t3)+qua[y]+qq[w];
            pp4:=(qxx+vus3)/qxx;
            pp5:=ln(pp4)*0.434294481;
            write('  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                   :');
         readln(wd);
writeln('-------------------------------------------------------------------');
          writeln;

          if wd=1 then
           t32:=tt2   else
             if wd=2 then
              t32:=t3;
            sc4:=cc*t32*pp5/(1+e0);
        writeln('                                LAYER',w+2);
writeln('-------------------------------------------------------------------')
          write('  ENTER COMPRESSION INDEX,Cc                          :');
        readln(cc);
        write('  ENTER VOID RATIO ,e0                                :');
        readln(e0);
            t4:=a[w+2].t/2;
            t5:=tt2+t4;
            vus5:=3*fpt1/(2*pi*t5*t5);
            qxy:=(a[w+2].u*t4)+(a[w+1].u*a[w+1].t)+qq[w];
            pp6:=(qxy+vus5)/qxy;
            pp7:=ln(pp6)*0.434294481;
            write('  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                   :');
            readln(wd);
writeln('-------------------------------------------------------------------')
            writeln;
          write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : '
        readln(che12);
        if (che12='n') or (che12='N') then
          goto input12
           else
               if  wd=1 then
                t51:=(2*t4)   else
                  if wd=2 then
                   t51:=t4;
            sc5:=(cc*t51*pp7)/(1+e0);
            tcs:=sc4+sc5;
            clrscr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                writeln;
                writeln;
                writeln;
                writeln;
                writeln;
writeln('-------------------------------------------------------------');
                writeln;
                writeln('TOTAL SETTLEMENT = ',tcs:8:4,' M.');
                writeln;
writeln('-------------------------------------------------------------');
                    end;
          end;
        writeln;
        write('DO YOU WANT TO PRINT OUT TO PRINTER ( Y OR N) : ');
readln(prn);
clrscr;
if (prn='y') or (prn='Y') then
begin
writeln(lst);
writeln(lst);
writeln(lst,'  THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL     : ',lg:6:4,' M.'
writeln(lst);
writeln(lst,'  ULTIMATE LOAD CAPACITY OF PILE               : ',tl:6:4,' TON
writeln(lst,'  SAFETY FACTOR                                : ',sfa:6:4);
writeln(lst,'  ALLOWABLE LOAD CAPACITY OF PILE              : ',sl:6:4,' TON
if (scc='y') or (scc='Y') then
writeln(lst,'  SETTLEMENT DUE TO ULTIMATE LOAD              : ',tcs:6:4,' M.
writeln(lst,'-------------------------------------------------------------
;
writeln(lst);
writeln(lst);
end else
writeln;
        end
   else
      begin
        if ty=3 then
       begin
        input13:clrscr;
        writeln;
        writeln;
        writeln;
        write('  THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL (M)        : ');
        readln(lg);
         while not eof(fp1) do
           begin
              for x:=1 to n do
                begin
                  with a[x] do
                    begin
                      readln(fp1,u,sn,t,i,c);
                    end;end;end;
        zt:=a[1].t;
        vv:=1;
          while zt<=lg do
            begin
              zt:=zt+a[vv+1].t;
              vv:=vv+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end;
      write('  AMOUNT OF LAYERS OF COHESIVE SOIL (ABOVE SAND)       : ');
      readln(ac);
      writeln;
      writeln('  READ VALUE OF REDUCTION FACTOR FROM GRAPH AND ENTER');
       writeln;
       for x:= 1 to ac do
        begin
          write('  LAYER ',x,' : ');
          readln(rf[x]);
         end;
      writeln;
      write('  MF [ 1 (concrete and timber pile),0.7 (steel pile)] :  ');
      readln(mf);
      writeln;
      sf:=1;
       with a[vv] do
        begin
          tss:=0;
          for x:=1 to vv do
            tss:=tss+a[x].t;
         les:=tss-lg;
         fxs:=mf*sf*rf[vv]*c*les*p;
        end;
      ff:=0;
       for x:=(vv+1) to ac do
        begin
         with a[x] do
           begin
             f1:=mf*sf*rf[x]*c*t*p;
            end;
            ff:=ff+f1;
        end;
writeln('  AMOUNT OF LAYERS OF COHESIONLESS SOIL THAT PILE IS DRIVED IN');
        write('                                                        : ');
        readln(acl);
        z:=0;
        for x:=1 to (ac+acl-1) do
         begin
          z:=z+a[x].t;
         end;
        ffp:=0;
        for x:=1 to (acl-1) do
         begin
          writeln;
          writeln('  ENTER STANDARD PENETRATION TEST(N),BLOW/FT');
          write('  LAYER ',ac+x,' : ');
          readln(spt);
          sptn:=15 + ((spt-15)/2);
           if spt<= 15  then
             spt:=spt   else
               spt:=sptn;
            if (spt>=0) and (spt<=4) then
              kh:=0.5 else
               if (spt>4) and (spt<=10) then
                kh:=0.6 else
                  if (spt>10) and (spt<=30) then
                    kh:=0.7 else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if (spt>30) and (spt<= 50) then
                  kh:=0.8 else
                   if spt>50 then
                    kh:=1.0;
        with a[ac+x] do
         begin
          rad:=i*pi/180;
          rad1:=0.75*rad;
          tan:=sin(rad1)/cos(rad1);
          ai:=tan;
          ffp1:=kh*u*t*t*p*ai*0.5;
         end;
        ffp:=ffp+ffp1;
      end;
      mi:=lg+le-z;
      writeln;
      writeln;
      writeln('  ENTER STANDARD PENETRATION TEST(N),BLOW/FT');
        write('  LAYER ',ac+acl,' : ');
        readln(spt);
        writeln;
        write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N )
      readln(che13);
      if (che13='n') or (che13='N') then
        goto input13
         else
        sptn:=15 + ((spt-15)/2);
         if spt<= 15  then
           spt:=spt   else
             spt:=sptn;
          if (spt>=0) and (spt<=4) then
            kh:=0.5 else
             if (spt>4) and (spt<=10) then
              kh:=0.6 else
               if (spt>10) and (spt<=30) then
                kh:=0.7 else
                 if (spt>30) and (spt<= 50) then
                   kh:=0.8 else
                    if spt>50 then
                     kh:=1.0;
      with a[ac+acl] do
       begin
          rad:=i*pi/180;
          rad1:=0.75*rad;
          tan:=sin(rad1)/cos(rad1);
          ai:=tan;
          ffp2:=kh*u*mi*mi*p*ai*0.5;
       end;
      ffpt:=ffp+ffp2;
     input14:CLRSCR;
     writeln;
     writeln;
write('  READ VALUE OF Nq FROM GRAPH FOR ANGLE =',a[ac+acl].i:4:2,' :
   readln(Nq);
write('  READ VALUE OF Nr FROM GRAPH FOR ANGLE =',a[ac+acl].i:4:2,' :
   readln(Nr);
   q:=0;
   for x:=1 to (ac+acl-1) do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
         with  a[x] do
          begin
           qx:=u*t;
          end;
          q:=q+qx;
        end;
       with a[ac+acl] do
        begin
         qxm:=u*mi;
        end;
       qxe:=q+qxm;
       writeln;
       writeln;
writeln('    ENTER VALUE OF SHAPE COEFFICIENT ');
writeln('(0.4 for square pile,0.3 for round pile)');
  write('                                                    : ');
      readln(sc);
      writeln;
      writeln;
    write('  ENTER WIDTH OR DIAMETER OF PILE (M)             : ');
      readln(di);
      writeln;
      write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ')
           readln(che14);
           if (che14='n') or (che14='N') then
             goto input14
              else
      fpp1:=(qxe*Nq) + (sc*a[ac+acl].u*di*Nr);
      fpp:=fpp1*sa;
      fft:=fxs+ff+ffpt+fpp;
      clrscr;
      writeln;
      writeln;
      writeln;
      writeln;
      writeln;
      writeln('  TOTAL LOAD  =',fft:10:4,' TONS/PILE');
      writeln;
      writeln;
      write('  ENTER SAFETY FACTOR      :');
        readln(sfa);
        sl:=fft/sfa;
      writeln;
      writeln;
writeln('-------------------------------------------------------------');
      writeln;
        writeln('  ALLOWABLE LOAD =',sl:10:4,' TONS/PILE');
      writeln;
writeln('-------------------------------------------------------------');
      writeln;
      writeln('  DO YOU WANT TO FIND SETTLEMENT,Y(Yes) OR N(No)');
      writeln;
      write('                                  :');
      readln(scc);
     writeln;
      if (scc='y') or (scc='Y') then
     begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            input15:clrscr;
            writeln;
            writeln;
            writeln('                                    LAYER',ac+ac1);
writeln('-------------------------------------------------------------------');
            write('  ENTER WIDTH AT PILE POINT (M)                    : ');
            readln(pw);
            write('  ENTER INFLUENCE FACTOR (USE VALUE FROM TABLE) : ');
            readln(inf);
            writeln('  ENTER SOIL ELASTIC MODULUS (T/M^2)
writeln('(In case of do not have data ,use the estimate value from manaul)');
            write('                                                   : ');
            readln(em);
            writeln('  ENTER POISSON RATIO ');
writeln('(In case of do not have data ,use the estimate value from manaul)');
            write('                                                   : ');
            readln(pr);
               si:=fpp1*pw*inf*(1-(pr*pr))/em;
writeln('-------------------------------------------------------------------');
            writeln;
        write('                              ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : ');
            readln(che15);
            if (che15='n') or (che15='N') then
              goto input15
               else
            input16:clrscr;
            for x:=1 to 4 do
            writeln;
        writeln('    LAYER OF COHESIVE SOIL UNDER COHESIONLESS SOIL LAYER');
writeln('-------------------------------------------------------------------');
            write('  ENTER COMPRESSION INDEX (Cc)                     : ');
            readln(cc);
            write('  ENTER VOID RATIO (e0)                            : ');
            readln(e0) ;
            writeln('  ENTER THE SEQUENCE OF LAYER OF COHESIVE SOIL ');
            writeln('       (under cohesionless soil layer)');
            write('                                                   : ');
            readln(lc);
            j:=0;
             for x:=1 to (lc-1) do
               j:=j+a[x].t;
             k:=0;
              for x:=1 to lc do
               k:=k+a[x].t;
            write('   WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                 : ');
            readln(dw);
writeln('-------------------------------------------------------------------');
            writeln;
         write('                                 ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) :
            readln(che16);
            if (che16='n') or (che16='N') then
              goto input16
               else
            writeln;
            writeln;
            writeln;
            writeln;
            if dw=1 then
```

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            h:=a[lc].t
              else
                h:=a[lc].t/2;
           tqu1:=0;
            for x:=1 to (lc-1) do
             begin
               with a[x] do
                begin
                 quu:=u*t;
                end;
               tqu1:=tqu1+quu;
              end;
             with a[lc] do
              tqu2:=u*t/2;
              tqu:=tqu1 + tqu2;
              jk1:=(k-j)/2;
              jk2:=j+jk1;
              jk:=jk2-le-lg;
              qa:=3*fpp/(2*pi*jk*jk);
              pp10:=(tqu+qa)/tqu;
              pp11:=ln(pp10)*0.434294481;
              sc:=cc*h*pp11/(1+e0);
              ts:=si+sc;
              clrscr;
              writeln;
              writeln;
              writeln;
              writeln;
writeln('-------------------------------------------------------------');
              writeln;
              writeln('  TOTAL SETTLEMENT =',ts:10:4,' M.');
              writeln;
writeln('-------------------------------------------------------------');
              writeln;
            end;
      close(fp1);
      close(fp2);
     end;
     write('DO YOU WANT TO PRINT OUT TO PRINTER ( Y OR N) : ');
readln(prn);
clrscr;
if (prn='y') or (prn='Y') then
begin

writeln(lst,'  THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL     : ',lg:6:4,' M.'
writeln(lst);
writeln(lst,'  ULTIMATE LOAD CAPACITY OF PILE               : ',fft:6:4,' TO
;
writeln(lst,'  SAFETY FACTOR                                : ',sfa:6:4);
writeln(lst,'  ALLOWABLE LOAD CAPACITY OF PILE              : ',sl:6:4,' TON
if (scc='y') or (scc='Y') then
writeln(lst,'  SETTLEMENT DUE TO ULTIMATE LOAD              : ',ts:6:4,' M.'
writeln(lst,'-------------------------------------------------------------
;
writeln(lst);
writeln(lst);
end else end;
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
     clrscr;
     readscreenfile;
     displayscreen;
     writeln('PRESS ENTER TO GO ON');
     readln;
     exit1:directvideo :=true;
     checksnow    :=true;
     clrscr;
     initwin;
     setwinattr(lowdisplay);
     setheadattr(underlineHIGH);
     setboxstyle(double);
     setboxattr(lowdisplay);
     setcharattr(highdisplay);
     setwinheader('SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN');
     windowopen(1,2,80,25);
     for g:=1 to 8 do
     writeln;
     writeln('                              WHAT DO YOU WANT TO DO');
     writeln;
     writeln('                                1:ENTER DATA');
     writeln('                                2:CALCULATE THE RESULT');
     writeln('                                3:EXIT ');
   writeln;
   writeln;
   write('          CHOOSE : ');
   readln(ser);
     if ser=1 then
       datainput
         else
          if ser=2
           then
             soilcal
               else
                if ser=3 then
                  goto exit;
     writeln;
     writeln;
     writeln;
     writeln('  PRESS ENTER TO GO TO MAIN MANU');
     readln;
     goto exit1;
     exit:end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRESS ENTER TO GO ON

```
+=============================================================================
ต          KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ต          ==============================================
ต    SSSSS  III  N   N  GGGGG  L      EEEEE
ต    S       I   N  NN  G      L      E
ต    SSSSS   I   N N N  G GGGG L      EEEEE
ต        S   I   NN  N  G   G  L      E
ต    SSSSS  III  N   N  GGGGG  LLLLL  EEEEE
ต                                     PPPPP   III  L       EEEEE
ต                                     P   P    I   L       E
ต                                     PPPPP    I   L       EEEEE
ต                                     P        I   L       E
ต                                     P       III  LLLLL   EEEEE
ต                        ======================
ต                        FOUNDATION    DESIGN
ต                        ======================
ต                        BY  BOONTAWEE SUKKHARATAMORNKUL
ต                            APRIL  1990
+=============================================================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

WHAT DO YOU WANT TO DO

1:ENTER DATA
2:CALCULATE THE RESULT
3:EXIT

CHOOSE :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

ENTER THE 1:FILENAME TO SAVE DATA...  data1
ENTER THE 2:FILENAME TO SAVE DATA...  data2


AMOUNT OF LAYER OF SOIL                              :5
THE DEPTH OF WATER TABLE FROM GROUND LEVEL(M.):0.0

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


                              SOIL DATA
                              =========

                                LAYER1
-------------------------------------------------------------------
      EFFECTIVE UNIT WEIGHT (T/M^3)                  :0.76
      SPT-N (BLOW/FT)                                :10
      THICKNESS (M)                                  :5
      ANGLE (DEGREE)                                 :0
      COHESION (T/M^2)                               :1.2
-------------------------------------------------------------------
                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

LAYER(M)	UNIT W(T/M^3)	SPT-N(BLOW/FT)	ANGLE(DEG)	COHESION(T/
0.00- 5.00	0.76	10.00	0.00	1.20
5.00- 14.00	0.81	20.00	0.00	1.40
14.00- 20.00	0.94	30.00	0.00	2.00
20.00- 24.00	1.30	40.00	35.00	0.00
24.00- 30.00	1.10	0.00	0.00	3.50

THE DEPTH OF WATER LEVEL FROM GROUND : 0.00 M.

PRESS ENTER TO GO TO MAIN MANU

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

ENTER THE 1:FILENAME OF YOUR DATA TO COMPUTE...DATA1
ENTER THE 2:FILENAME OF YOUR DATA FO COMPUTE...DATA2

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

PILE DATA

MATERIAL [C(concrete,timber) OR S(steel)]	:C
LENGTH (M)	:6
SECTION AREA (M^2)	:0.01767
PERIMETER (M)	:0.4712

ACCEPT DATA ABOVE (Y OR N) : Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


CHOOSE THE LOADING CONDITION OF YOUR PILE


        1:FRICTION PILE
        2:PILE ON STIFF CLAY
        3:PILE ON SAND

                                CHOOSE : 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
N
N                          SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN
N
N
N
N   MF ( 1 (concrete,timber pile),0.7 (steel pile))   : 1
N   THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL (M)      : 0.0
N
N
N
N
N
N
N
N
N                          ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N) : Y
N
N
N
N
N
N
N
N
N
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

READ THE VALUE OF REDUCTION FACTOR FROM GRAPH AND ENTER

LAYER 1 : 0.49
LAYER 2 : 0.45

ACCEPT DATA ABOVE (Y OR N) : Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


  TOTAL LOAD =     1.6822 TONS/PILE

  ENTER SAFETY FACTOR          :2

-------------------------------------------------------------------

  ALLOWABLE LOAD  =     0.8411 TONS/PILE

-------------------------------------------------------------------

  DO YOU WANT TO FIND SETTLEMENT:Y(Yes) or N(No)

                               :Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


                          LAYER1
-------------------------------------------------------------
  COMPRESSION INDEX,Cc                          :0.54
  VOID RATIO ,e0                                :1.35
  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS               :  2
-------------------------------------------------------------

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y


                          LAYER2
-------------------------------------------------------------
  ENTER COMPRESSION INDEX,Cc                    :0.44
  ENTER VOID RATIO ,e0                          :1.17
  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS               :2
-------------------------------------------------------------

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

-------------------------------------------------------------------------

  TOTAL SETTELEMENT =     0.0120 M.

-------------------------------------------------------------------------

  PRESS ENTER TO GO TO MAIN MANU
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

PILE DATA

MATERIAL [C(concrete,timber) OR S(steel)]	:C
LENGTH (M)	:15
SECTION AREA (M^2)	:.09
PERIMETER (M)	:1.2

ACCEPT DATA ABOVE (Y OR N) : Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


CHOOSE THE LOADING CONDITION OF YOUR PILE


        1:FRICTION PILE
        2:PILE ON STIFF CLAY
        3:PILE ON SAND

                                CHOOSE : 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


MF [ 1 (concrete and timber pile),0.7 (steel pile) ]:1
THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL (M)        :0.0


 READ THE VALUE OF REDUCTION FACTOR FROM GRAPH AND ENTER

 LAYER 1 : 0.49
 LAYER 2 : 0.45
 LAYER 3 : 0.42

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


  TOTAL LOAD =    13.7547 TONS/PILE

  ENTER SAFETY FACTOR     :2
------------------------------------------------------------------------
  ALLOWABLE LOAD    =     6.8773 TONS/PILE
------------------------------------------------------------------------
  DO YOU WANT TO FIND SETTLEMENT:Y(Yes) OR N(No)
                          :Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

        AMOUNT OF LAYER OF STIFF CLAY
  (counted from pile tip layer to lower layer)
                                        : 1

                                ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN
                         LAYER3
-------------------------------------------------------------------
  ENTER COMPRESSION INDEX,Cc                          :0.33
  ENTER VOID RATIO ,e0                                :0.96
  WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS                     :2
-------------------------------------------------------------------

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ): Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

TOTAL SETTLEMENT 0.0023 M.

PRESS ENTER TO GO TO MAIN MANU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

PILE DATA

MATERIAL [C(concrete,timber) OR S(steel)]	:C
LENGTH (M)	:21
SECTION AREA (M^2)	:.09
PERIMETER (M)	:1.2

ACCEPT DATA ABOVE (Y OR N) : Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


CHOOSE THE LOADING CONDITION OF YOUR PILE


        1:FRICTION PILE
        2:PILE ON STIFF CLAY
        3:PILE ON SAND

                                CHOOSE : 3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN


 THE DEPTH OF PILE HEAD FROM GROUND LEVEL (M)          : 0.0
 AMOUNT OF LAYERS OF COHESIVE SOIL (ABOVE SAND)        : 3

 READ VALUE OF REDUCTION FACTOR FROM GRAPH AND ENTER

 LAYER 1 : 0.49
 LAYER 2 : 0.45
 LAYER 3 : 0.42

 MF [ 1 (concrete and timber pile),0.7 (steel pile)] :  1

 AMOUNT OF LAYERS OF COHESIONLESS SOIL THAT PILE IS DRIVED IN
                                                       : 1


 ENTER STANDARD PENETRATION TEST(N),BLOW/FT
 LAYER 4 : 40

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
N
N                          SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN
N
N
N  READ VALUE OF Nq FROM GRAPH FOR ANGLE =35.00 : 32
N  READ VALUE OF Nr FROM GRAPH FOR ANGLE =35.00 : 34
N
N
N    ENTER VALUE OF SHAPE COEFFICIENT
N(0.4 for square pile,0.3 for round pile)
N                                               : 0.4
N
N
N  ENTER WIDTH OR DIAMETER OF PILE (M)           : 0.3
N
N                          ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
N
N
N
N
N
N
N
N
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

 TOTAL LOAD   =    69.0530 TONS/PILE

 ENTER SAFETY FACTOR    :2

-------------------------------------------------------------------

 ALLOWABLE LOAD =   34.5265 TONS/PILE

-------------------------------------------------------------------

 DO YOU WANT TO FIND SETTLEMENT,Y(Yes) OR N(No)
                              :Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

                              LAYER4
------------------------------------------------------------------
  ENTER WIDTH AT PILE POINT (M)                    : 0.3
  ENTER INFLUENCE FACTOR (USE VALUE FROM TABLE)    : 0.82
  ENTER SOIL ELASTIC MODULUS (T/M^2)
(In case of do not have data ,use the estimate value from manaul)
                                                   : 7000
  ENTER POISSON RATIO
(In case of do not have data ,use the estimate value from manaul)
                                                   : 0.3
------------------------------------------------------------------

                    ACCEPT DATA ABOVE ( Y OR N ) : Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

LAYER OF COHESIVE SOIL UNDER COHESIONLESS SOIL LAYER

ENTER COMPRESSION INDEX (Cc)	: 0.225
ENTER VOID RATIO (eO)	: 0.77
ENTER THE SEQUENCE OF LAYER OF COHESIVE SOIL (under cohesionless soil layer)	: 5
WATER CAN DRAIN OUT 1 OR 2 WAYS	: 2

ACCEPT DATA ABOVE (Y OR N) : Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE PILE FOUNDATION DESIGN

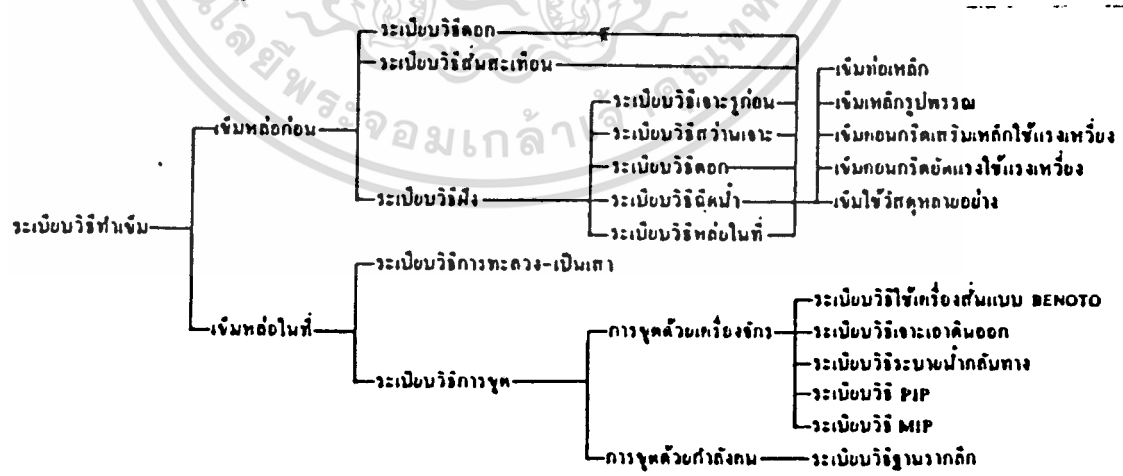
TOTAL SETTLEMENT = 0.0231 M.

PRESS ENTER TO GO TO MAIN MANU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

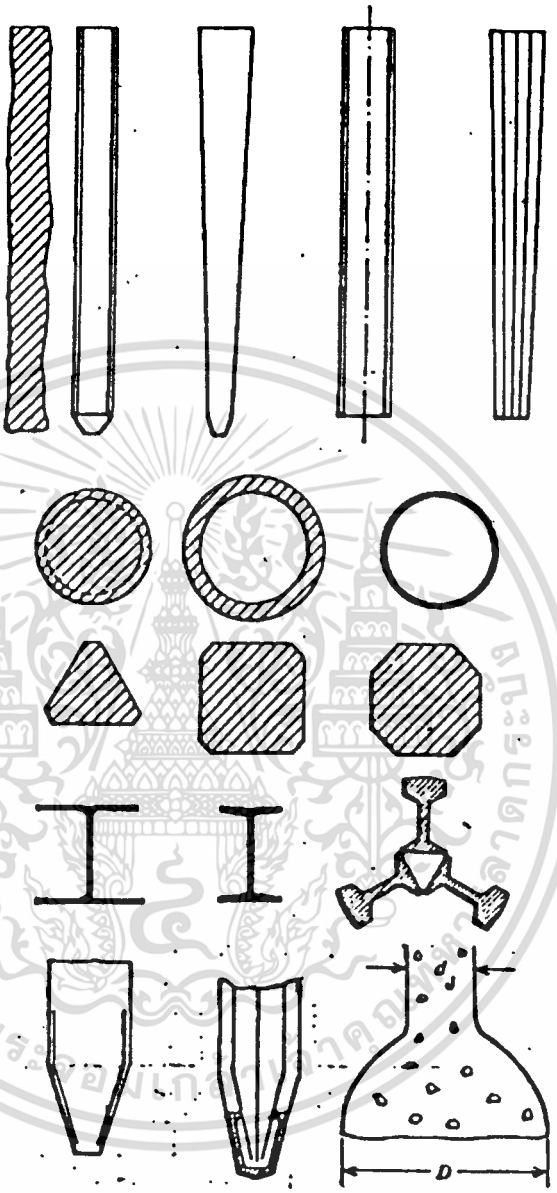
วัสดุที่ใช้	ชนิดเข็ม		ระเบียบวิธีผลิต	รูป
เข็มเหล็ก	เข็มท่อเหล็ก		ใช้ไฟฟ้าเชื่อม ใช้เหล็กแผ่นม้วน, ขดเป็นวง	กลม
	เข็มเหล็กรูปพรรณ (รูป H)		ใช้วิดร้อน, ใช้เชื่อม	H
เข็มคอนกรีต	เข็มคอนกรีตหล่อก่อน	เข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก	• หล่อโดยใช้แรงเหวี่ยง • หล่อโดยใช้เครื่องสั่น	กลม สามเหลี่ยม ฯลฯ
		เข็มคอนกรีตอัดแรง	• ระบบดึงลวดก่อน • ระบบดึงลวดทีหลัง	กลม
	เข็มหล่อในที่	เข็มคอนกรีตแบบเรย์มอนด์	ระบบทะลวง	
		• เข็มโดยใช้เครื่องสั่นแบบ • เข็มโดยเจาะเอาดินออก • เข็มโดยใช้การระบายน้ำกลับทาง • เข็มฐานรากกลึก	ระบบเจาะ	กลม

รูปที่ 1 ชนิดของเข็ม



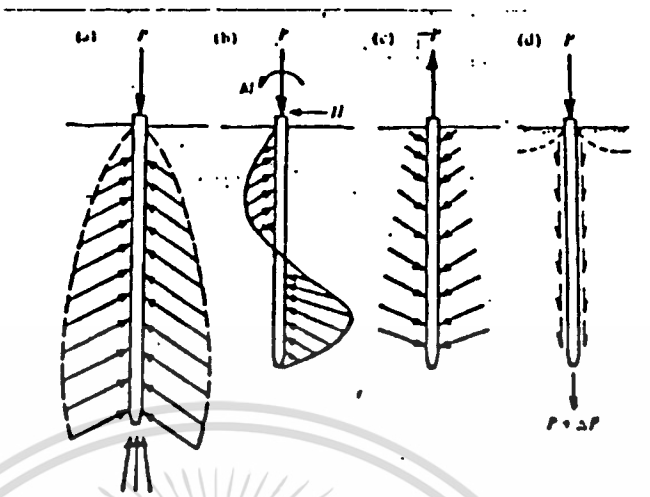
รูปที่ 2 การแยกประเภทเข็มโดยวิธีการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

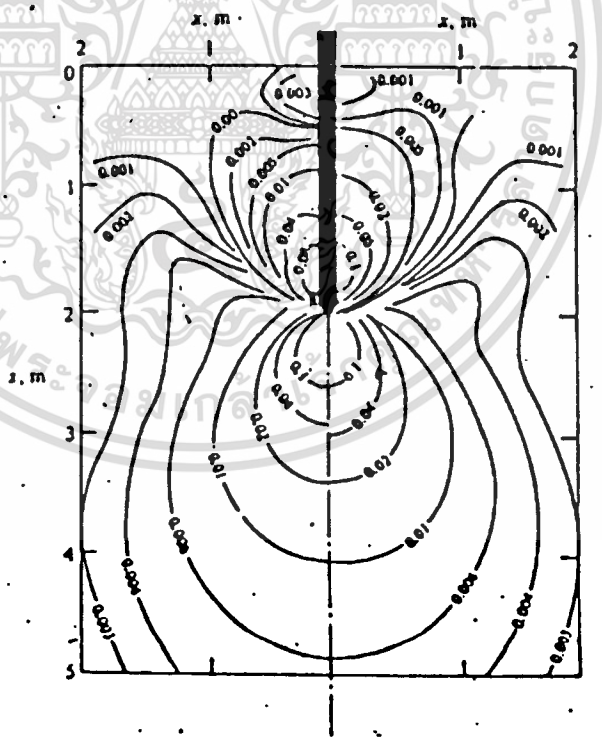


รูปที่ 3 แสดงหน้าตัดแบบต่างๆของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

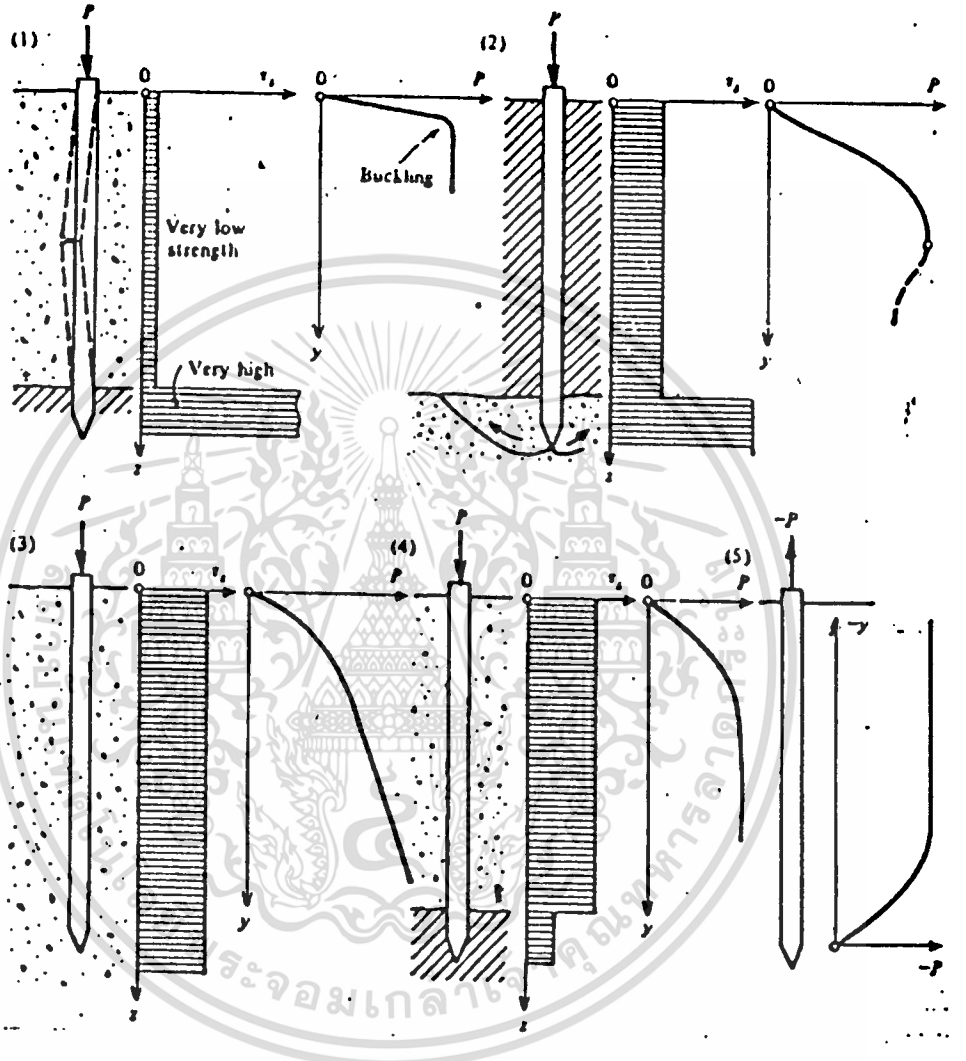


รูปที่ 4 แสดงการถ่ายน้ำหนักจากเสาเข็มสู่มวลดิน



รูปที่ 6 แสดงแนวความเค้นในแนวดิ่งที่เท่ากันรอบเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



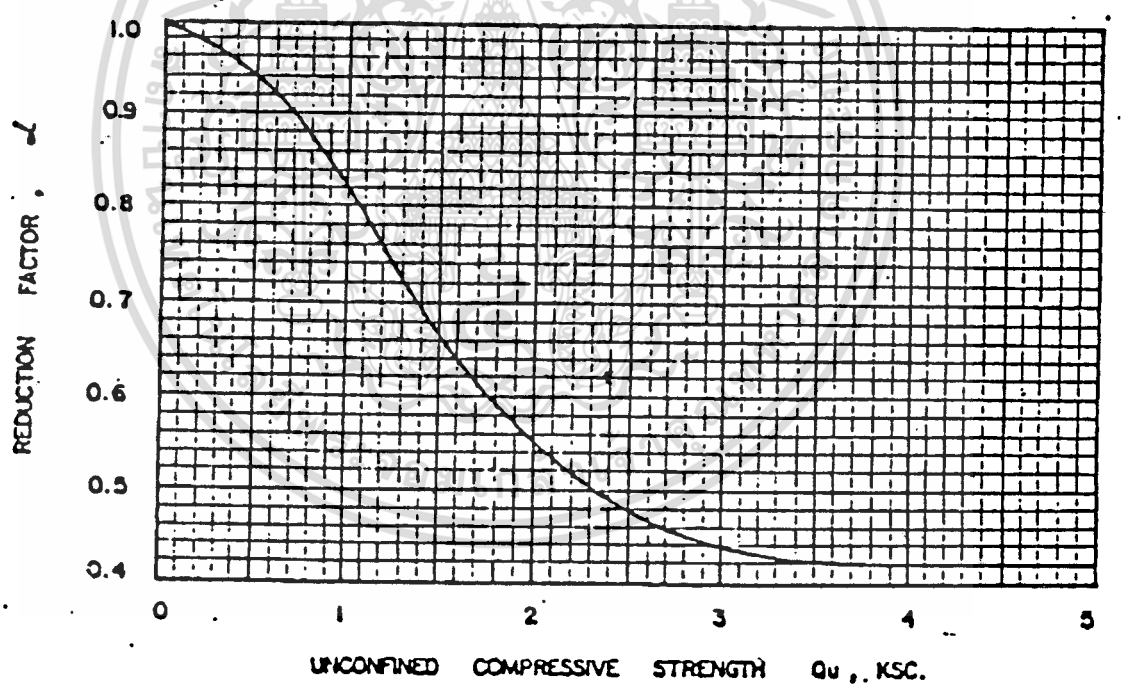
รูปที่ 5 แสดงการรับน้ำหนัก และการวิบัติของเสาเข็มในดินประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	สะพานทางหลวง		สะพานรถไฟ	ท่าเรือ	
	เข็มรับแรงอาร	เข็มเสียดทาน	–	เข็มรับแรงอาร	เข็มเสียดทาน
น้ำหนักคงที่	3	4	3	มากกว่า 2.5	
น้ำหนักคงที่รวมทั้งชั่วคราว	–	–	2	–	
เวลาเฟนดินไหว	2	3	1.5 (1.2)	มากกว่า 1.5	มากกว่า 2.0

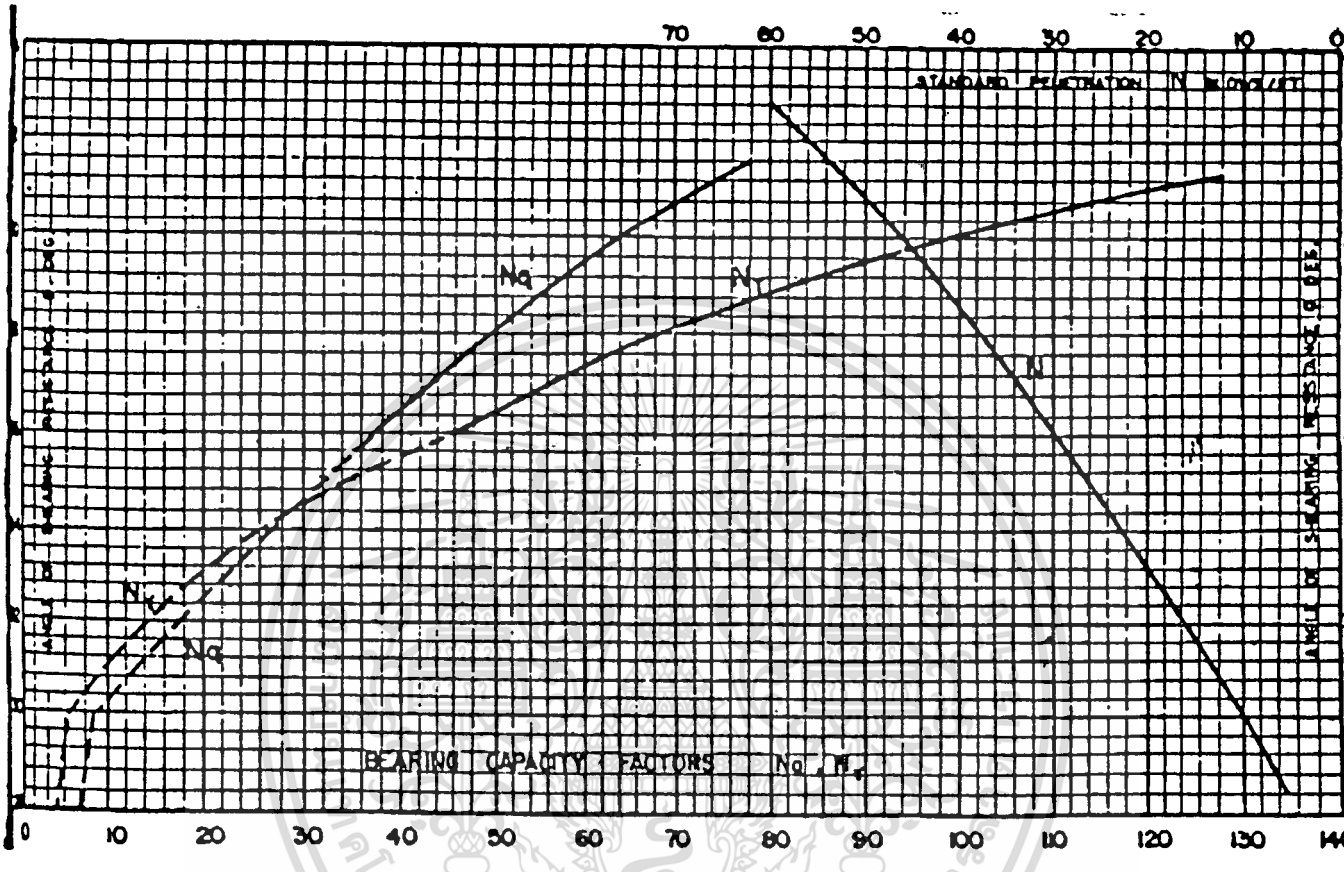
เลขในวงเล็บ : ใช้เมื่อคิดน้ำหนักขบวนรถไฟเข้าด้วย

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างของตัวประกอบความปลอดภัย



รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง REDUCTION FACTOR กับ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง BEARING CAPACITY FACTORS AND ANGLE OF INTERNAL FRICTION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

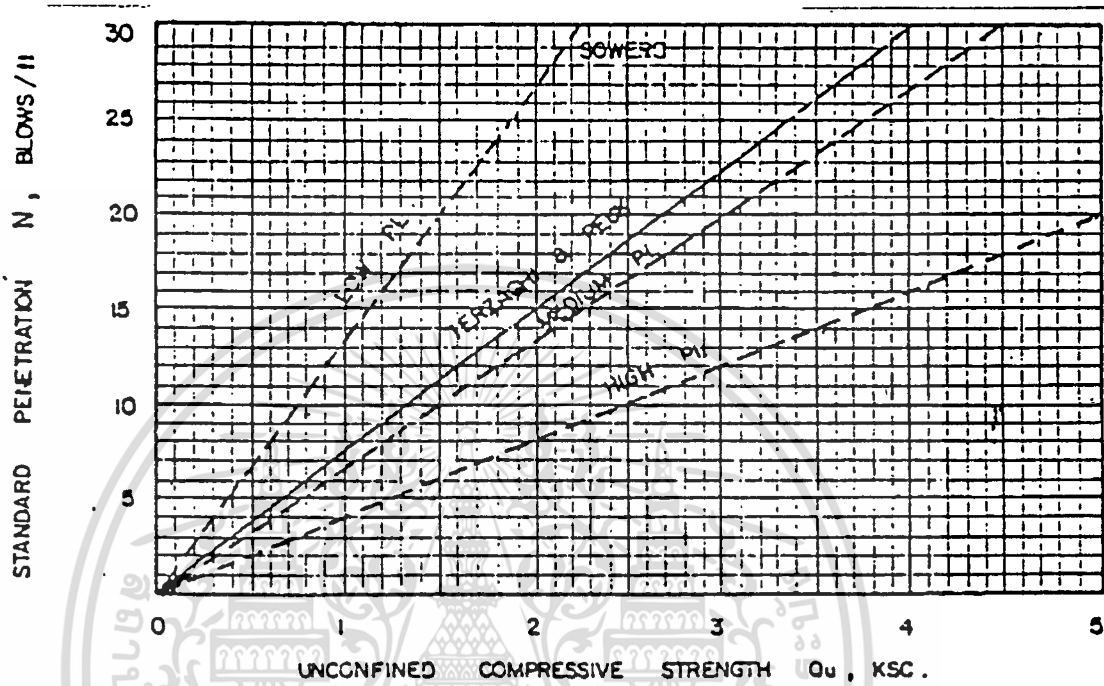
ชนิดของดิน	อัตราส่วนพัวส์ซอง, μ
- ดินเหนียว สภาพอิ่มตัว	0.4 - 0.5
- ดินเหนียว สภาพไม่อิ่มตัว	0.1 - 0.3
- ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay)	0.2 - 0.3
- ดินตะกอน (Silt)	0.3 - 0.35
- ทรายสภาพแน่น	0.2 - 0.4
เม็ดหยาบ (อัตราส่วนโพรง 0.4 - 0.7)	0.15
เม็ดละเอียด (อัตราส่วนโพรง 0.4 - 0.7)	0.25
- หิน	0.1 - 0.4

รูปที่ 10 แสดงอัตราส่วนพัวส์ซองของดินชนิดต่างๆ

ชนิดของดิน	E (กก./ซม^2)
- ดินเหนียวอ่อนมาก (Very Soft Clay)	3.5 - 28
- ดินเหนียวอ่อน (Soft Clay)	17.5 - 42
- ดินเหนียวแข็งปานกลาง (Medium Clay)	42 - 84
- ดินเหนียวแข็ง (Hard Clay)	70 - 175
- ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay)	280 - 420
- ดินตะกอนปนทราย (Silty Sand)	70 - 210
- ทรายสภาพหลวม (Loose Sand)	105 - 245
- ทรายสภาพแน่น (Dense Sand)	490 - 840
- ทรายสภาพแน่นและกรวด (Dense Sand and Gravel)	980 - 1960
- ชั้นดินสีเทาปนเหลือง (Loess)	980 - 1260

รูปที่ 11 แสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง STANDARD PENETRATION (N) AND UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH (Qu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่าง	ศูนย์กลาง	มุม	กึ่งกลางของด้านกว้าง	กึ่งกลางของด้านยาว	ค่าเฉลี่ย
วงกลม	1.00	0.64	0.64	0.64	0.85
วงกลม (แข็งแกร่ง)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95
สี่เหลี่ยมจัตุรัส (แข็งแกร่ง)	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
สี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านยาว/ด้านกว้าง					
1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15
2	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30
3	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52
5	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83
10	2.53	1.26	1.49	2.12	2.26
100	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70
1000	5.47	2.76	2.94	5.03	5.15
10000	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60

รูปที่ 12 แสดงปัจจัยของรูปร่างและความแข็งแกร่งสำหรับคำนวณการทรุดตัว

Influence Factors for Various Types of Foundation

รูปราก	แบบยืดหยุ่นตัวได้ (flexible)			แบบแข็งเกร็ง (rigid)
	ตรงกึ่งกลาง	ตรงมุม	ค่าเฉลี่ย	
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	1.12	0.56	0.95	0.82
กลม	1.0	0.64	0.85	0.88
สี่เหลี่ยมผืนผ้า $(\frac{L}{B})$				
= 1.5	1.36	0.68	1.20	1.06
2.0	1.53	0.77	1.31	1.20
5.0	2.10	1.05	1.83	1.70
10.0	2.52	1.26	2.25	2.20
100.0	3.38	1.69	2.96	3.40

รูปที่ 14 แสดงปัจจัยของรูปร่างและความแข็งแกร่งสำหรับคำนวณการทรุดตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Bowles, J.E.(1968). Foundation Analysis and Design, McGraw Hill Inc., New York.
2. วัฒนา ธรรมมงคล และ วินิต ช่อวิเชียร พิมพ์ครั้งที่ 6 (2532) ปฐพีกลศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
3. มานะ อภิพัฒนะมนตรี (2529) วิศวกรรม ปฐพีและฐานราก สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพมหานคร
4. ศ.ดร. ชัย มุกตพันธ์ และ คาซูโตะ นาคาซาวา (2526) ปฐพีกลศาสตร์ และวิศวกรรมฐานราก สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ กรุงเทพมหานคร
5. มณเฑียร กังกศิเทียม (2529) กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน กรุงเทพมหานคร
6. ชัชวาลย์ ยนต์หงส์ (2532) แนะนำภาษา PASCAL โดย TURBO PASCAL สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพมหานคร
7. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา พิมพ์ครั้งที่ 3 (2530) เรียนรู้ภาษาปาสคาล บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร
8. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา (2532) คู่มือ เทอร์โบปาสคาล รุ่น 4.0-5.0 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร
9. สุรศักดิ์ สงวนพงศ์ (2532) แอดวานซ์เทอร์โบปาสคาล version 4.0 บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร
10. วารสาร ไมโครคอมพิวเตอน์ ฉบับ ยูทิลิตี้ (2532) บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร
11. เอกสารประกอบผลการทดสอบเสาเข็ม (2532) บริษัท ซอยล์เทสท์ติ้งสยาม จำกัด กรุงเทพมหานคร
12. SOIL INVESTIGATION REPORT (2532) K.ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD. BANGKOK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้