

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทางด้านเทคโนโลยีในการก่อสร้างเสาเข็มคอกและเสาเข็มเจาะ  
CONSTRUCTION MOVIE FOR DRIVING PILE AND BORED PILE WORK

โดย  
นายภัควัตร รอดระหงษ์  
นายเจษฎา ผือโย

เลขหมู่.....  
เลขทว.ยืม 73348  
วัน,เดือน,ปี 13 ก.ค. 2550

b. 112 9209x  
i. ....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2549

ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CONSTRUCTION MOVIE FOR DRIVING PILE AND BORED PILE WORK**



**MR.PAKKAWAT RODRAHONG**  
**MR.JEDHSADA PHUEYO**

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE  
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2006**

๗

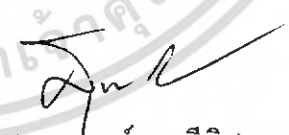
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

|                    |                                                                              |              |              |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทางด้านเทคโนโลยีในการก่อสร้างเสาเข็มคอก-<br>และเสาเข็มเจาะ |              |              |
| นักศึกษา           | นายภัทวิตร รอดระหงษ์                                                         | รหัสประจำตัว | 45010573     |
|                    | นายเจษฎา ผือโย                                                               | รหัสประจำตัว | 45010143     |
| หลักสูตร           | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต                                                          | สาขาวิชา     | วิศวกรรมโยธา |
| อาจารย์ที่ปรึกษา   | ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร                                                       |              |              |

| คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ                                            | ลายมือชื่อ                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ผศ.สุพจน์ ศรีนิล<br>ผศ.สมเกียรติ ขวัญพุกษ์<br>ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร |  |

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

  
(นายสุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 31 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2549

หัวข้อโครงการพิเศษ      สื่ออิเล็กทรอนิกส์ทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างด้านงานเสาเข็มตอก  
และเสาเข็มเจาะ  
CONSTRUCTION MOVIE FOR DIVING PILE AND BORED  
PILE WORK

นักศึกษา                      นาย ภัควัตร รอดกระหังษ์  
                                      นาย เจษฎา ผือโย

อาจารย์ที่ปรึกษา            ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

ระดับการศึกษา              วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชา                        วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา                    2549

## บทคัดย่อ

การทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้างในด้านต่าง ๆ เป็นเรื่องยากและต้องอาศัยประสบการณ์การทำงาน ซึ่งการศึกษาจากหนังสือและตำราเรียนต้องใช้เวลานานในการทำ ความเข้าใจ เนื่องจากได้รับรู้เพียงแค่ภาพนิ่งและตัวอักษรเท่านั้น หากมีสื่อการเรียนการสอนที่ประกอบไปด้วยเสียง ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวก็จะช่วยให้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้างได้ชัดเจนและรวดเร็วยิ่งขึ้น

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นสื่อในการเผยแพร่ข้อมูล ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านการก่อสร้างในงานด้านเสาเข็มตอกและเสาเข็มเจาะ จัดทำขึ้นโดยใช้โปรแกรม 3 ds max 6.0 มีการนำเสนอข้อมูลโดยใช้ภาพ เสียง และมัลติมีเดียเข้ามาประกอบการนำเสนอในรูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูป สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งค้นคว้าหาข้อมูลและใช้เป็สื่อการเรียนการสอนสำหรับนักเรียน นักศึกษาหรือผู้ที่สนใจโดยที่โปรแกรมนี้มีรูปแบบการใช้งานง่ายและสามารถทำการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ซึ่งในโปรแกรมได้มีการรวบรวมข้อมูลและจัดแบ่งหมวดหมู่เป็นหัวข้อต่างๆ ได้แก่ การก่อสร้างเสาเข็มตอก เสาเข็มเจาะ

Title : CONSTRUCTION MOVIE FOR DIVING PILE AND BORED PILE  
Name : MR. PAKKAWAT RODRAHONG  
MR.JEDHSADA PHEUYO  
Field : CIVIL ENGINEERING  
Department : CIVIL ENGINEERING  
Faculty : ENGINEERING  
Advisor : ASST.PROF.LAEMTHONG LAOKHONGTHAWORN

## ABSTRACT

Comprehension in construction technology is difficult and needs working experience. Studying from books spends a lot of time to make clearly understanding because we get only pictures and text. Studying media with sounds, pictures and animation will help us make more quickly and clearly understanding in construction technology.

The objective of this project is to be the distribution channel of the information, knowledge and in sight about construction technology. This project is setup by using 3d studio max and presents the information by pictures, sounds, and multimedias. We wish this project can be used as knowledge base and learning material for students or interested people. This program is easy to use and user-interactive. The contents were diving pile and bored pile work .

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ คุณความดีขอมอบให้แก่บุคคลผู้ให้ความอนุเคราะห์ ตลอดจนแนะนำ  
ในด้านต่างๆต่อผู้จัดทำดังนี้

ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์คุมสอบ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ผศ.สมเกียรติ ขวัญพุกภัย อาจารย์คุมสอบ

ให้คำชี้แนะและให้ข้อมูล พี่ๆเพื่อนๆภาควิชาที่รวบรวมและให้ข้อมูลมาจากบริษัทต่างๆ

ตลอดจนเพื่อนๆต่างมหาวิทยาลัยที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน โดยเฉพาะการให้  
คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมแอนิเมชัน และที่ขาดเสียมิได้คือบุคลากรผู้ให้ความช่วยเหลือในด้าน  
การเงินและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

นาย ภัควัตร รอดระหงษ์

นาย เจษฎา ศือโย

ผู้ประพันธ์

# สารบัญ

| บทที่ | เรื่อง                            | หน้า |
|-------|-----------------------------------|------|
|       | ปกใน (ภาษาไทย)                    | ก    |
|       | ปกใน (ภาษาอังกฤษ)                 | ข    |
|       | หน้าอพนุมัติ                      | ค    |
|       | บทคัดย่อภาษาไทย                   |      |
|       | บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                | จ    |
|       | กิตติกรรมประกาศ                   | ฉ    |
|       | สารบัญ                            | ช    |
|       | สารบัญตาราง                       | ณ    |
|       | สารบัญรูป                         | ญ    |
| 1     | บทนำ                              |      |
|       | 1.1. กล่าวนำ                      | 1    |
|       | 1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา    | 1    |
|       | 1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา      | 2    |
|       | 1.4. สมมุติฐานของการศึกษา         | 2    |
|       | 1.5. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา | 2    |
|       | 1.6. ขั้นตอนการศึกษา              | 3    |
| 2     | วรรณกรรมปริทัศน์                  |      |
|       | 2.1. กล่าวนำ                      | 7    |
|       | 2.2. นิยาม                        | 7    |
|       | 2.3. การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์   | 7    |
|       | 2.4. ความหมายของสื่อการสอน CAI    | 8    |

# สารบัญ

| บทที่ | เรื่อง                                                                                | หน้า |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
|       | 2.5. รูปแบบของสื่อ CAI                                                                | 8    |
|       | 2.5.1. การนำเสนอเนื้อหา (Knowledge Presentation)                                      | 9    |
|       | 2.5.2. การโต้ตอบกับผู้เรียน (Interactivity)                                           | 9    |
|       | 2.5.3. การวัดและประเมินผล (Evaluation)                                                | 9    |
|       | 2.6. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว                                 | 10   |
|       | 2.6.1. ภาพนิ่ง                                                                        | 10   |
|       | 2.6.1.1. ส่วนประกอบของภาพ                                                             | 10   |
|       | 2.6.1.2 องค์ประกอบของภาพ                                                              | 11   |
|       | 2.6.2. ภาพเคลื่อนไหว                                                                  | 12   |
| 3     | การพัฒนาสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์                                                    |      |
|       | 3.1. กล่าวนำ                                                                          | 14   |
|       | 3.2 การศึกษาการเรียนการสอนในปัจจุบันและการกำหนดแนวทาง<br>ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน | 14   |
|       | 3.2.1. ขั้นตอนในการศึกษา                                                              | 14   |
|       | 3.2.1.1. การศึกษาวิเคราะห์สื่อการเรียนการสอนที่มีในปัจจุบัน                           | 15   |
|       | 3.2.1.2. วิธีการวิเคราะห์                                                             | 17   |
|       | 3.2.1.2.1. คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่ผู้สอนต้องการ                             | 17   |
|       | 3.2.1.2.2. คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่นักศึกษาต้องการ                           | 18   |
|       | 3.2.2. สรุปแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน                                         | 18   |
|       | 3.3. การรวบรวมข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีทางการก่อสร้าง                                    | 19   |
|       | 3.3.1. การวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล                                            | 19   |
|       | 3.3.1.1. เสาเข็มตอก                                                                   | 19   |

# สารบัญ

| บทที่ | เรื่อง                                                   | หน้า |
|-------|----------------------------------------------------------|------|
|       | 3.3.1.2. เส้าเข็มเจาะ                                    | 52   |
|       | 3.4. โปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน | 80   |
|       | 3.5. เกมที่ใช้ในการเลือกโปรแกรม                          | 81   |
| 4     | ขั้นตอนในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์                         |      |
|       | 4.1. กล่าวนำ                                             | 82   |
|       | 4.2. ขั้นตอนในการทำภาพยนตร์แอนิเมชัน                     | 82   |
|       | 4.2.1. เขียน Storyboard                                  | 82   |
|       | 4.2.2. Modeling                                          | 82   |
|       | 4.2.3. Texturing                                         | 84   |
|       | 4.2.4. Animation                                         | 85   |
|       | 4.2.5. Light and camera                                  | 86   |
|       | 4.2.6. Rendering                                         | 87   |
|       | 4.2.7. Composite                                         | 88   |
| 5     | ผลงานของ Construction Movie                              |      |
|       | 5.1. กล่าวนำ                                             | 89   |
|       | 5.2. ขั้นตอนการใช้งาน                                    | 89   |
|       | 5.2.1. เปิดสื่อโดยใช้ win amp , power dvd , media player | 89   |
|       | 5.2.2. รูปแบบและหน้าตาของสื่อ                            | 90   |
| 6     | สรุปผลงาน                                                |      |
|       | 6.1. กล่าวนำ                                             | 91   |
|       | 6.2. สรุปผลงาน                                           | 91   |
|       | 6.3. การใช้งานโปรแกรม                                    | 91   |

# สารบัญ

| บทที่ | เรื่อง              | หน้า |
|-------|---------------------|------|
| 6.4.  | ปัญหาและแนวทางแก้ไข | 92   |
| 6.5.  | แนวทางการพัฒนาต่อ   | 93   |

## บรรณานุกรม



๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

| ตารางที่ | ชื่อตาราง                                                                          | หน้า |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.1.     | แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างการตอกเข็มโดยใช้ปั้นจั่น<br>กับ Diesel hammer | 25   |
| 3.2.     | แสดงสูตรการคำนวณหาแรงต้านทานของเสาเข็มจากการตอก                                    | 37   |
| 3.3.     | แสดงค่าประสิทธิภาพของลูกตุ้ม                                                       | 38   |
| 3.4.     | แสดงค่า $C_1$ , $C_2$ และ $C_3$ จาก Hilay                                          | 38   |
| 3.5.     | แสดงน้ำหนักน้อยสุดของลูกตุ้ม                                                       | 44   |
| 3.6.     | แสดงค่าความลึกที่คาดว่าจะตอกเสาเข็มลงไปในดินได้                                    | 45   |

# สารบัญรูป

| รูปที่ | ชื่อรูป                                                        | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------------|------|
| 3.1.   | แสดงลักษณะของเสาเข็มเหล็ก                                      | 20   |
| 3.2.   | แสดงลักษณะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก                          | 21   |
| 3.3.   | แสดงเปอร์เซ็นต์เหล็กปลอกเมื่อเทียบกับปริมาณคอนกรีต             | 22   |
| 3.4.   | แสดงเครื่องตอกเข็มแบบใช้ปั้นจั่น                               | 23   |
| 3.5.   | แสดงเครื่องตอกเข็มโดยใช้ Diesel Hammer                         | 24   |
| 3.6.   | แสดงการขนส่งเสาเข็ม                                            | 26   |
| 3.7.   | แสดงการขนส่งเสาเข็ม                                            | 27   |
| 3.8.   | แสดงการขนส่งเสาเข็ม                                            | 27   |
| 3.9.   | แสดงการยกเสาเข็มลงโดยใช้เครน                                   | 28   |
| 3.10.  | แสดงการยกเสาเข็มลงโดยใช้รอกและเฟรม                             | 29   |
| 3.11.  | แสดงการลากเสาเข็มโดยใช้ล้อเลื่อน                               | 30   |
| 3.12.  | แสดงการลากเสาเข็มโดยไม่ใช้ล้อเลื่อน                            | 30   |
| 3.13.  | แสดงการยกเสาเข็มโดยใช้ลวดสลิง                                  | 31   |
| 3.14.  | แสดงการยกเสาเข็มโดยใช้ลวดสลิง                                  | 32   |
| 3.15.  | แสดงการตั้งค้ำ                                                 | 33   |
| 3.16.  | แสดงการตรวจสอบเสาเข็มโดยใช้กล้องที่ไฮโดรไลต์                   | 33   |
| 3.17.  | แสดงการตกกระทบของลูกตุ้มลงบนเสาเข็ม                            | 36   |
| 3.18.  | แสดงข้อมูลดินที่ทำการเจาะสำรวจออกแบบโดย Japan Road Association | 41   |
| 3.19.  | แสดงการเคลื่อนย้ายปั้นจั่น                                     | 43   |
| 3.20.  | แสดงการทดสอบเสาเข็มโดยใช้ Schmith Hammer                       | 50   |
| 3.21.  | แสดงการทดสอบเสาเข็มโดยวิธี Static Load Test                    | 50   |
| 3.22.. | แสดงหาค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม                                  | 51   |
| 3.23.. | แสดงการวัดค่าการทรุดตัวเสาเข็ม                                 | 51   |
| 3.24.  | แสดงน้ำยาเบนโทไนต์                                             | 63   |
| 3.25.  | แสดงน้ำยาโพลิเมอร์                                             | 63   |
| 3.26.  | แสดงเครื่องมือในการทดสอบความชื้นเหลว                           | 64   |
| 3.27.  | แสดงการตรวจสอบค่า PH                                           | 64   |

ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

| รูปที่ | ชื่อรูป                                       | หน้า |
|--------|-----------------------------------------------|------|
| 3.28.  | แสดงเครื่องการทดสอบหาค่าความหนาแน่น           | 65   |
| 3.29.  | แสดงหัวเจาะแบบสว่าน                           | 65   |
| 3.30.  | แสดงหัวเจาะแบบถัง                             | 65   |
| 3.31.  | แสดงปลอกเหล็ก                                 | 66   |
| 3.32.  | แสดงเครื่องกดและถอนปลอกเหล็ก                  | 66   |
| 3.33.  | แสดงท่อเทคอนกรีต                              | 66   |
| 3.34.  | แสดงเครื่องแยกทราย                            | 67   |
| 3.35.  | แสดงกรวยเทคอนกรีต                             | 67   |
| 3.36.  | แสดงเครื่องเช็คสภาพหลุมเจาะ                   | 67   |
| 3.37.  | แสดงเม็คโฟมที่ได้ลงไปหลุมเจาะ                 | 68   |
| 3.39.  | แสดงลักษณะของโปรแกรม 3ds max 6.0              | 81   |
| 4.1.   | แสดงการขึ้นโมเดลปั้นจั่น                      | 83   |
| 4.2.   | แสดงการใส่ลวดลายให้กับวัตถุ                   | 84   |
| 4.3.   | แสดงการสร้างการเคลื่อนไหวให้กับวัตถุ          | 85   |
| 4.4.   | แสดงการให้แสงและมุมกล้องให้กับวัตถุ           | 86   |
| 4.5.   | แสดงการประมวลผลของโปรแกรม                     | 87   |
| 4.6.   | แสดงการใส่เอฟเฟกต์ให้กับชิ้นงาน               | 88   |
| 5.1.   | แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้เปิดภาพบนแอนิเมชัน   | 89   |
| 5.2.   | แสดงหน้าต่างและรูปแบบภาพบนแอนิเมชันที่น่าเสนอ | 90   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการก่อสร้างมีความก้าวหน้า และมีรูปแบบหลากหลาย แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างเหล่านี้กลับอยู่กระจัดกระจายกันตามบริษัทต่างๆ และไม่มีการจัดเก็บข้อมูลเป็นหมวดหมู่ และในปัจจุบันนี้เริ่มมีการใช้คอมพิวเตอร์กันแพร่หลายอย่างมากในทุกวงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถาบันการศึกษา รวมทั้งยังมีการใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นสื่อในการเรียนการสอน หรือเป็นแหล่งค้นคว้าหาข้อมูลเพราะคอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลได้มาก มีระบบจัดการข้อมูลที่ดี และยังมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายอีกด้วย

การทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้างในด้านต่างๆ เป็นเรื่องยากและต้องอาศัยประสบการณ์การทำงาน ซึ่งการศึกษาจากหนังสือและตำราเรียนต้องใช้เวลานานในการทำ ความเข้าใจ เนื่องจากได้รับรู้เพียงแค่ภาพนิ่งและตัวอักษรเท่านั้น หากมีสื่อการเรียนการสอนที่ประกอบไปด้วยเสียง ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวก็จะช่วยให้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการก่อสร้างได้ชัดเจนและรวดเร็วยิ่งขึ้น

### 1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันจะเริ่มมีการก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลพวงมาจากเศรษฐกิจที่ดีขึ้น และเนื่องจากการก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้นนี้ จึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการขั้นตอนของการก่อสร้างที่ถูกต้อง เพื่อที่จะให้การก่อสร้างมีความถูกต้อง รวดเร็วและมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้ศึกษาโครงการจึงมีแนวความคิดที่จะจัดทำสื่อทัศนศึกษา ที่รวมขั้นตอนของการก่อสร้างไว้ให้นักศึกษาหรือนักศึกษานอกที่มีความสนใจได้ศึกษาขั้นตอนในการก่อสร้าง เพื่อที่จะให้นักศึกษาและนักศึกษานอกที่มีความสนใจ สามารถเรียนรู้ขั้นตอนการก่อสร้างได้รวดเร็วและดียิ่งขึ้น

ผู้ศึกษาโครงการจึงได้เลือกขั้นตอนในการทำเสาเข็มมาเป็นโสตทัศนศึกษา เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาและบุคคลภายนอกที่มีความสนใจได้ทำการศึกษา ซึ่งเสาเข็มมีความสำคัญมากในการก่อสร้างส่วนใหญ่ เนื่องจากเสาเข็มจะต้องรับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจากตัวโครงสร้าง ถ้าเสาเข็มที่ทำมานั้นไม่ถูกต้องตามขั้นตอนแล้วอาจทำให้เสาเข็มได้รับความเสียหาย แตกหัก และมีสภาพที่ไม่สมบูรณ์ได้ โดยจะทำให้การรับน้ำหนักของเสาเข็มรับน้ำหนักได้ไม่เต็มที่หรือรับน้ำหนักไม่ได้เลย แล้วจะทำให้ตัวโครงสร้างไม่เกิดความปลอดภัย ดังนั้นขั้นตอนในการทำเสาเข็มจึงมีความสำคัญ ดังนั้นผู้ศึกษาโครงการจึงได้จัดทำโสตทัศนศึกษาให้นักศึกษาและบุคคลภายนอกที่มีความสนใจได้ศึกษาเพื่อที่จะให้มีความรู้ความเข้าใจขั้นตอนของการทำเสาเข็มได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

### 1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อจัดทำสื่อในลักษณะภาพเคลื่อนไหวและภาพนิ่งประกอบการบรรยาย ในเรื่องงานเสาเข็มประเภทต่างๆ ได้แก่ ชนิดของเสาเข็ม ขั้นตอนการตอกเสาเข็มด้วยเครื่องมือต่างๆ การทำเสาเข็มเจาะ การตอกเสาเข็ม spun ในที่อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายเหมาะสำหรับวิศวกรและนักศึกษาในสาขาวิศวกรรมโยธา

### 1.4. สมมุติฐาน

ถ้ามีสื่อที่สามารถแสดงให้เห็นภาพและมีคำบรรยาย จะทำให้เราสามารถศึกษาสิ่งที่เราสนใจหรือถ่ายทอดความรู้ได้ดียิ่งขึ้น

### 1.5. ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาแบ่งออกเป็น

#### 1.4.1 ลักษณะของสื่อการเรียนการสอน

- นำเสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวมาประกอบ

- สื่อสามารถตอบโต้กับผู้ใช้ได้

#### 1.4.2. เนื้อหาในด้านเทคโนโลยีการก่อสร้าง

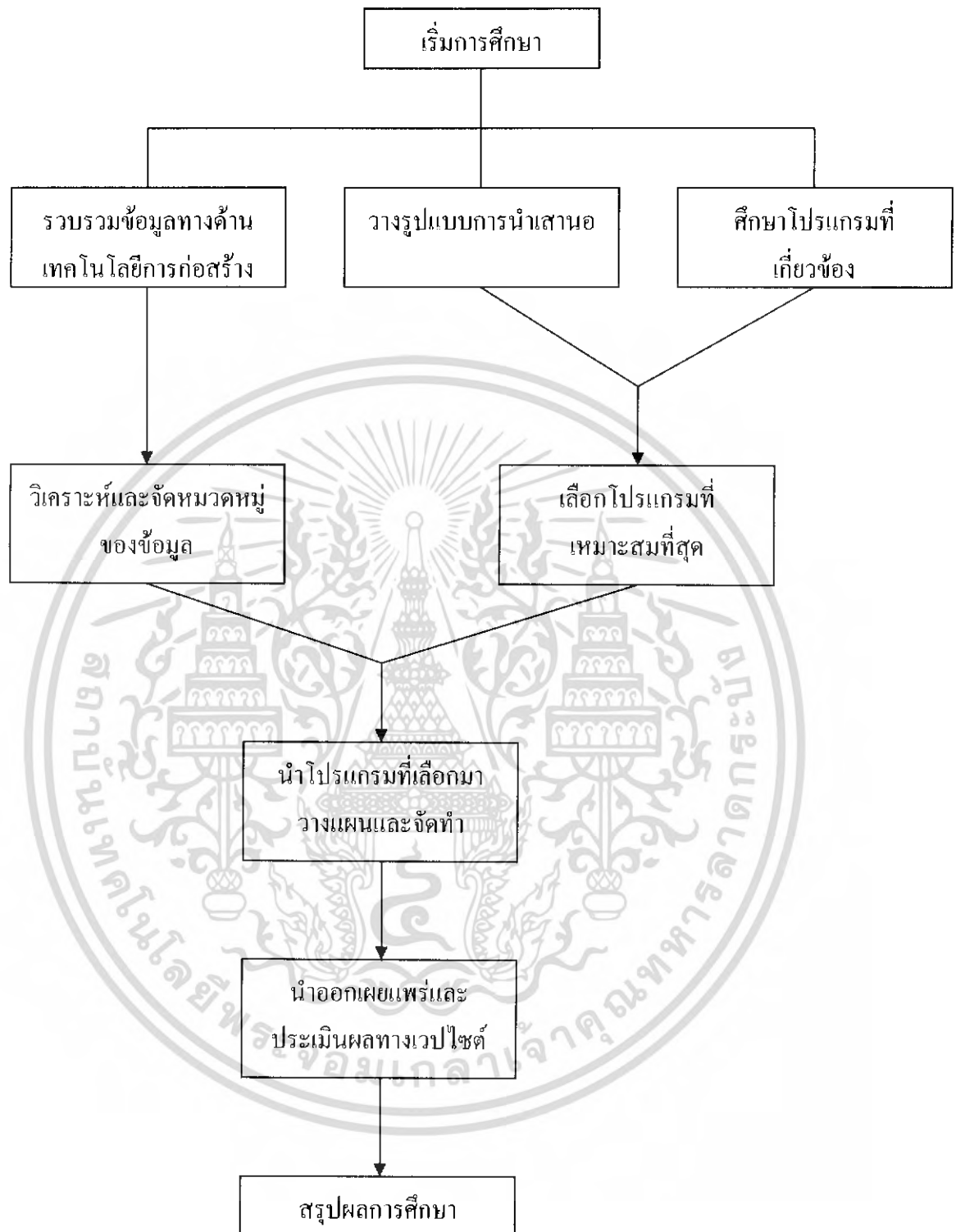
- ชนิดของเสาเข็ม
- การทำเสาเข็มตอก
- การทำเสาเข็มเจาะ
- การทำเสาเข็มตอกในน้ำ
- การเสาเข็ม spun แบบ Auger press และ Non pollution Pile

#### 1.4.3 เป็นฐานข้อมูลในลักษณะออนไลน์

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอนหลักๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.1

- ก. รวบรวมข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้าง
- ข. วิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล
- ค. วางรูปแบบการนำเสนอ
- ง. ศึกษาโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง
- จ. เลือกโปรแกรมที่เหมาะสมที่สุด
- ฉ. นำโปรแกรมที่เลือกมาทำการวางแผนและจัดทำโครงการ



ภาพที่ 1.1. แสดงขั้นตอนการทำงาน

## รวบรวมข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้าง

รวบรวมข้อมูลทางเทคโนโลยีการก่อสร้าง ดังนี้

1. การทำเสาเข็มตอก
2. การทำเสาเข็มเจาะ
3. การทำเสาเข็มได้น้ำ

## วิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลเสร็จแล้วก็จะทำการวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล โดยจะแบ่งเป็นหัวข้อย่อยๆ เช่น รูปแบบและชนิดของเสาเข็ม ส่วนประกอบต่างๆของเสาเข็ม และอุปกรณ์ ขั้นตอนการก่อสร้าง ข้อเสนอแนะในการก่อสร้าง วิธีการแก้ไขปัญหา

### ก. วางรูปแบบการนำเสนอ

รูปแบบของการนำเสนอจะต้องควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. น่าสนใจและสวยงาม
2. แยกเป็นหมวดหมู่ต่างๆ
3. มีรูปแบบการใช้งานง่าย และมีฟังก์ชันต่างๆอย่างสมบูรณ์

### ง. ศึกษาโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

เป็นขั้นตอนในการศึกษาโปรแกรมที่เหมาะสมที่จะมาใช้ทำเป็นสื่อการเรียนการสอน โดยโปรแกรมที่จะนำมาพิจารณา สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. โปรแกรมที่สามารถนำมาใช้พัฒนาสื่อการเรียนการสอน
2. โปรแกรมที่สร้างมัลติมีเดียเพื่อช่วยให้สื่อการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ

#### จ. เลือกโปรแกรมที่เหมาะสมที่สุด

โดยมีการตั้งเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกโปรแกรมมาพัฒนาสื่อการเรียนการสอนไว้ และเลือกโปรแกรมที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ หรือใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้มากที่สุด

คุณสมบัติของโปรแกรม

- ออนไลน์ได้
- ทำภาพเคลื่อนไหวได้ดี
- ไม่เปลืองหน่วยความจำ
- ใช้งานง่าย

#### ฉ. วางแผนและจัดทำสื่อการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมที่เลือก

จัดทำสื่อการเรียนการสอนด้วยโปรแกรมที่เลือกไว้

## บทที่ 2

### วรรณกรรมปริทัศน์

#### 2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายและรูปแบบของสื่อ ให้รู้จักสื่ออิเล็กทรอนิกส์ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวองค์ประกอบของภาพ ข้อดี ข้อเสียของตลอดจนแนวทางการพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์

#### 2.2 นิยาม

คำว่า สื่อการสอน (Media) หมายถึง สิ่งใดก็ตามไม่ว่าจะเป็น วัสดุ (Software) อุปกรณ์ (Hardware) หรือแม้แต่วิธีการ (Techniques or Method) ที่เป็นตัวกลางในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อทำให้นักเรียนบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของการเรียนที่ตั้งไว้ (สร้างงานมัลติมีเดียอย่างสมบูรณ์แบบ โดยใช้ 3ds max 6.0

#### 2.3. การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์

ในปัจจุบันการใช้คอมพิวเตอร์เป็นที่แพร่หลายอย่างมากในทุกวงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถาบันการศึกษา มีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการเรียนการสอน หรือเป็นแหล่งค้นคว้าหาข้อมูล เพราะคอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมาก มีระบบจัดการข้อมูลที่ดี และยังมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายอีกด้วย ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์จะมุ่งไปยังคอมพิวเตอร์ โดยการพัฒนาคอมพิวเตอร์ให้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อด้อยอยู่บ้าง ดังต่อไปนี้

ข้อดี

- ทำให้สื่อการเรียนการสอนเป็นมัลติมีเดียมากขึ้น ทำให้สื่อมีความน่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเผยแพร่ได้ง่าย
- ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในมองเห็นภาพได้ง่ายขึ้น
- สามารถเปิดกับ เครื่องเล่นซีดี หรือ ดีวีดี ได้โดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์

#### ข้อด้อย

- ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ในการนำเสนอ ถ้าไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถนำเสนอได้
- พื้นที่การนำเสนอจำกัดอยู่แค่บนหน้าจอเล็ก ๆ เท่านั้น จึงมองเห็นได้ไม่ทั่วถึง ยกเว้นว่าจะใช้อุปกรณ์อื่นช่วย เช่น โปรเจกเตอร์ แต่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง
- ความทนทานของสื่อ ขึ้นอยู่กับรูปแบบในการจัดเก็บข้อมูล ถ้าเป็นฟลอปปีดิสก์ ก็ชำรุดได้ง่าย แต่ถ้าเป็นคอมแพคดิสก์ก็มีความทนทานมากกว่า

#### 2.4. ความหมายของสื่อการสอน CAI (Computer Assisted Instruction Media)

คำว่า CAI ย่อมาจาก Computer Assisted Instruction แปลตรงๆ ตามศัพท์ คือ คอมพิวเตอร์ช่วยการสอน พูดให้เข้าใจความและก็มีคามหมายลึกก็คือ การนำคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งเข้ามาช่วยในการเรียนการสอนของนักศึกษาและผู้สอน โดยมีผู้สอนหรือผู้มีความรู้เป็นผู้ผลิตสื่อขึ้นมาแล้ว นำไปให้นักศึกษาได้เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกลางในการนำกระบวนการการเรียนการสอนของผู้สอนไปสู่นักศึกษา (สร้างงานมัลติมีเดียอย่างสมบูรณ์แบบ โดยใช้ 3ds max 6.0 )

#### 2.5. รูปแบบของสื่อการสอน CAI

คำว่ารูปแบบ หมายถึง แบบแผนหรือแนวปฏิบัติ หรือข้อกำหนดที่สามารถปรับเข้ากับสภาวะจริง (สร้างงานมัลติมีเดียอย่างสมบูรณ์แบบ โดยใช้ 3ds max 6.0) การสร้างสื่อ CAI ควรทำให้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายมากที่สุดจึงจะเป็นสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้สอนทำอยู่แล้วสามารถนำมาทำสื่อ CAI ได้ เช่น

##### 1. บทเรียนสำเร็จรูป หรือบทเรียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ชุดการเรียนรู้การสอน

สื่อต่างๆ เหล่านี้อาจผู้สอนก็ทำกันปกติแล้ว แต่จะจัดทำในกระดาษแล้วทำเป็นรูปเล่ม แต่ถ้าเรานำมาประยุกต์ ปรับปรุง แล้วให้เรียนกันในคอมพิวเตอร์ก็สามารถเป็นสื่อ CAI ได้แล้ว ส่วนรูปแบบที่นิยมในการสร้างสื่อ CAI เป็นดังนี้

### 2.5.1. การนำเสนอเนื้อหา (Knowledge Presentation)

การสร้างเนื้อหาต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ หรือความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ส่วนเนื้อหาไม่ควรมีเฉพาะข้อความเพียงอย่างเดียว แต่เนื้อหาควรจะมีสิ่งต่อไปนี้ด้วย เช่น มีภาพประกอบ มีเสียง หรือมีภาพยนตร์ประกอบด้วยถึงจะเรียกว่าเนื้อหาที่ดีและเหมาะสมกับความสามารถของสื่อการสอนแบบคอมพิวเตอร์

### 2.5.2 การโต้ตอบกับผู้เรียน (Interactivity)

โดยปกติการสอนที่ดี ควรเป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้แสดงความคิดเห็นโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนได้ ฉะนั้นสื่อ CAI ที่ดีควรให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในการคิดแก้ปัญหา นั่นคือ มีการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับสื่อ CAI ซึ่งปัจจุบันโปรแกรมที่ใช้สร้างสื่อ CAI สามารถสร้างการโต้ตอบดังกล่าวได้และทำได้ดีเสียด้วย

### 2.5.3. การวัดและประเมินผล (Evaluation)

หลังจากผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาหรือได้ใช้สื่อ CAI แล้ว สิ่งที่คุณเรียนจะบอกผู้สอนได้ว่าเขาไปสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือไม่ นอกจากการสังเกต สัมภาษณ์พูดคุยแล้ว สิ่งที่วัดได้เป็นรูปธรรมก็คือ แบบทดสอบหรือข้อสอบหลังจากใช้สื่อ CAI แล้ว อาจไม่ใช่วิธีการวัดผลที่ดีที่สุด แต่ก็ถือว่าเป็นที่นิยมกัน ส่วนวิธีทดสอบผู้สอนจะใช้แบบไหนก็ได้แต่ขอให้ยึดหลักการวัดผลดังนี้

- วัดได้ตรงวัตถุประสงค์ที่ต้องการ
- ใช้เครื่องมือที่ดี ส่วนมากที่นิยมคือ ข้อสอบหรือแบบทดสอบ แต่อย่าไปยึดเป็นรูปแบบตายตัว จะเป็นเครื่องมืออะไรก็ได้ แต่ขอให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารให้เราเข้าใจว่าเขารู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องในสิ่งที่เราสอน เช่น เป็นการสร้างสถานการณ์แล้วให้วิเคราะห์หาสาเหตุแก้ปัญหา  
นั้นก็ถือว่าเป็นเครื่องมือที่ดีแล้ว ไม่จำเป็นต้องยึดข้อทดสอบหรือแบบทดสอบเสมอไป

- ใช้ผลการวัดให้คุ้มค่า ควรวัดผลเพื่อค้นหาและพัฒนาผู้เรียนเป็นหลัก

## 2.6. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

ภาพเป็นข้อมูลที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของระบบการสื่อสารด้วยคอมพิวเตอร์  
เนื่องจากภาพแต่ละภาพนั้นประกอบไปด้วยข้อมูลสารสนเทศมากมาย เราจึงนิยมนำภาพมา  
ประกอบการแสดงผล โดยทั่วไปแล้วภาพที่มองเห็นนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ  
ภาพนิ่ง(Picture) กับภาพเคลื่อนไหว(Motion Picture หรือ Animation)

### 2.6.1. ภาพนิ่ง

ภาพนิ่ง หมายถึง ภาพที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ เป็นได้ทั้งภาพเขียน ภาพถ่าย  
หรือภาพที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ (การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบ GIF Animation)

#### 2.6.1.1. ส่วนประกอบของภาพ

ภาพแต่ละภาพส่วนแต่ประกอบไปด้วยเส้นที่ลากไปมาเป็นรูปทรง ลายเส้นนั้นมีที่มาจาก  
จุด (Dot หรือที่ทางคอมพิวเตอร์เรียก พิกเซล (Pixel) วางตัวเรียงต่อกัน เส้นที่หนาจะมีจำนวนจุด  
หนาแน่นมาก ภายในจุดหรือ พิกเซลนั้นมีองค์ประกอบที่ใช้ในการแสดงสี รูปทรง ฟอรัมเมตของภาพ เรา  
เรียกองค์ประกอบ ของพิกเซลว่า บิต (Bit ย่อมาจากคำว่า Binary Digit ประกอบไปด้วยตัวเลข 2 คือ 0  
หรือ 1) จึงนิยมเรียกภาพคอมพิวเตอร์ ที่สร้างว่า ภาพบิตแมป (Bit map)

ข้อดีของภาพบิตแมปคือ มีความเร็วในการแสดงภาพสูง สามารถโหลดภาพเข้าสู่  
หน่วยความจำได้โดยตรง ใช้ทรัพยากรของเครื่องน้อยกว่า และที่สำคัญคือ ได้รับความนิยมในการ  
นำมาใช้งานมาก ดังนั้น เราจึงพบเห็นภาพบิตแมปที่อยู่ในฟอรัมเมตต่างๆ มากมาย และสำหรับการสร้าง  
ภาพเคลื่อนไหวแบบ GIF Animation นั้น ก็ใช้ภาพบิตแมปเช่นกัน

นอกจากภาพบิตแมปแล้ว ยังมีภาพอีกประเภทหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานบนคอมพิวเตอร์ คือ เวกเตอร์ (Vector) โดยเวกเตอร์นั้นแตกต่างจากบิตแมปตรงที่ภายในภาพนั้นไม่ได้เกิดจากจุดหรือพิกเซล แต่ประกอบไปด้วยสมการทางคณิตศาสตร์จำนวนมากมาย

ภาพแบบเวกเตอร์จะถูกสร้างขึ้นมาจากเส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม ไม่สามารถทำการระบายสี หรือทำซ้ำ หรือทำเทคนิคพิเศษใดๆ ได้เหมือนภาพแบบบิตแมป ส่วนมากจึงใช้ภาพเวกเตอร์กับงานวาดภาพลายเส้น หรือภาพคลิปปาร์ต

เวกเตอร์นั้นมีข้อดีที่เหนือกว่าบิตแมปตรงที่มีความละเอียดของภาพในการแสดงสูงมาก ไม่ว่าภาพนั้นจะถูกย่อหรือขยายเป็นขนาดเท่าใดก็ตาม ก็ไม่ทำให้ภาพนั้นผิดเพี้ยนไปได้ เพราะสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการสร้างภาพ จะทำการคำนวณสเกลภาพใหม่ทุกครั้ง ภาพที่ได้ไม่ว่าจะเป็นขนาดเท่าใด จึงมีความเหมือนกันทุกขนาดภาพ แต่ถ้าเป็นบิตแมปเพียงแค่ขยายขนาดของภาพให้ใหญ่ขึ้นกว่าขนาดปกติ สิ่งหนึ่งที่ขยายใหญ่ตามไปด้วยคือขนาดของจุด ดังนั้นภาพบิตแมปที่ขยายใหญ่ขึ้นจึงมีความผิดเพี้ยนของภาพสูง ภาพที่ได้จึงมีความหยาบมาก

ข้อเสียของภาพแบบเวกเตอร์อยู่ที่การแสดงผลที่ช้ามาก เพราะทุกครั้งที่มีการแสดงผล ต้องมีการเรนเดอร์ภาพใหม่ ยิ่งภาพที่มีความละเอียดสูง กว่าที่จะแสดงผลออกมาได้ต้องใช้เวลานาน

ดังนั้น จึงควรเป็นเรื่องจำเป็นที่เราต้องทราบถึงชนิดของภาพที่นำมาสร้าง เพื่อที่จะได้สร้างภาพที่มีความสวยงาม เหมาะสมกับงานที่ใช้

#### 2.6.1.2 องค์ประกอบของภาพ

การทำให้ภาพที่ปรากฏบนจอภาพมีความน่าสนใจนั้นเป็นสิ่งสำคัญและทำได้ยาก เพราะต้องอาศัยศิลปะในการจัดองค์ประกอบต่างๆของภาพให้เหมาะสม เพื่อให้ภาพเกิดความสมดุลย์ และมีคุณค่า ซึ่งมีหลักการจัดภาพดังนี้

1. จัดภาพให้อุณหภูมิ ภาพที่เห็นแล้วดูไม่แข็งกระด้าง ดูแล้วมีมิติ มีความลึก โดยการเลือกมุม ความสูง-ต่ำ ฉากหน้า และฉากหลัง
2. การวางฉากหน้าและฉากหลัง ทำให้ภาพดูลึก แต่ไม่ควรลึกมากเกินไป
3. ภาพที่เป็นสี่เหลี่ยม ทรงกลม ไม่ควรจัดวางให้อยู่ในมุมเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ภาพเส้นของส่วนสูงของพื้นที่ เช่น ทางลาดชันควรจัดให้เห็นเส้นทางว่าโค้งด้วย
5. ไม่วางสิ่งสำคัญไว้หลังสิ่งที่สำคัญเช่นกัน เพราะทำให้ความสำคัญของสิ่งที่วางลดลงไป
6. ภาพที่มีเส้นระดับตัดกลาง เช่น ขอบน้ำ ขอบดิน ควรทำให้จุดตัดที่มีจุดสนใจอยู่ที่ไกลมาก โดยจัดวางแนวเส้นขอบไว้ที่  $\frac{1}{3}$  จากกรอบเฟรมด้านล่างของภาพ
7. ภาพอาคาร บ้านเรือนที่มีขนาดสูงใหญ่ ควรวางมุมให้พอควร
8. ภาพวิวและภาพใกล้คู่กัน ไม่ควรให้จุดสนใจอยู่ในแนวเดียวกัน จุดสนใจควรอยู่มุมของภาพในเส้นทะแยง
9. การเคลื่อนไหวในท่าที่ เช่น ใบหน้าของคน ควรอยู่ในกรอบด้านข้าง ด้านใดด้านหนึ่ง
10. ภาพมุมสูงที่มีการเคลื่อนไหว สิ่งที่เคลื่อนไหวควรอยู่บริเวณมุม เพื่อวิ่งมายังมุมตรงกันข้ามในลักษณะคล้ายทะแยง ให้มุมด้านหน้าว่างไว้
11. การเน้นภาพ อาจทำให้ส่วนของภาพเป็นสีอ่อน ขอบภาพเป็นสีเข้ม และหาฉากหน้าเป็นมุม เป็นเส้นโค้ง เพื่อดึงภาพเข้าสู่ภาพเข้าสู่จุดสนใจ ที่เป็นศูนย์กลางของภาพ
12. ไม่ควรปล่อยให้พื้นที่ว่างมากเกินไป
13. ใช้ฉากหน้าทำให้ภาพดูลึก

## 2.6.2 ภาพเคลื่อนไหว

ภาพเคลื่อนไหวหรือภาพอนิเมชันนั้น เป็นภาพที่เกิดจากภาพนิ่งที่มีคุณสมบัติต่างกัน เพราะภาพที่ปรากฏบนจอภาพนั้นสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ ทำให้ภาพเคลื่อนไหวสามารถสื่อความหมายได้ดีกว่าภาพนิ่งทั่วไปมากนัก ภาพเคลื่อนไหวจึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการอธิบายแนะนำสารคดี แสดงขั้นตอนการทำงานด้วยภาพที่เคลื่อนไหวได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่เข้าใจยากถ้าอธิบายเหตุการณ์เดียวกันด้วยภาพนิ่ง หรือข้อความประกอบ (การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบ GIF Animation, บริษัท โอเอวัน จำกัด)

อีกทั้งภาพที่เคลื่อนไหวได้นั้นมีแรงดึงดูดสายตา ใจ ของผู้ที่พบเห็นได้อย่างไม่ยากนัก จึงนิยมนำมาใช้ในการสร้างเป็นโลโก้ แบนเนอร์

ด้วยเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย การสร้างภาพเคลื่อนไหวไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป เพราะปัจจุบันมีโปรแกรมการสร้างภาพนิ่งและเคลื่อนไหวจำนวนมาก แต่ละโปรแกรมล้วน

แล้วแต่มีประสิทธิภาพในการสร้างงานให้ตรงตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ยากอย่าง  
ที่คิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน CONSTRUCTION MOVIE

### 3.1. กล่าวนำ

ในบทนี้เราจะทำการศึกษาระบบการเรียนการสอนในปัจจุบันที่มีอยู่ว่ามีลักษณะอย่างไร หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ว่ามีความบกพร่องในจุดใดบ้าง และจะทำการแก้ไขได้อย่างไรบ้าง ซึ่งหลังจากทำการแก้ไขและพัฒนาแล้วเราจะได้สื่อการเรียนการสอนระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งเป็นจุดประสงค์สำคัญในส่วนการทำงานในบทนี้

### 3.2. การศึกษาระบบการเรียนการสอนในปัจจุบันและการกำหนดแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน

เราจะทำการศึกษาถึงจุดเด่นจุดด้อยของสื่อการเรียนการสอนแต่ละประเภทที่นิยมใช้ในปัจจุบัน แล้วกำหนดเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยต้องคงจุดเด่นเอาไว้ แก้ไขจุดด้อย และเพิ่มเติมคุณสมบัติบางประการที่จำเป็นเข้าไปด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ได้สื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นจุดประสงค์สำคัญในการทำงานของบทนี้ หากยังไม่กำหนดคุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่ต้องการเอาไว้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแล้วการพัฒนาก็จะเป็นไปอย่างไรทิศทาง และส่งผลให้สื่อการเรียนการสอนที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพตามไปด้วย

#### 3.2.1. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- ศึกษาถึงการเรียนการสอนที่มีในปัจจุบัน
- วิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของสื่อแต่ละชนิด และคุณสมบัติที่ควรมีเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำหนดเป็นคุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่จะพัฒนา

### 3.2.1.1 การศึกษาและวิเคราะห์สื่อการเรียนการสอนที่มีในปัจจุบัน

การศึกษาและวิเคราะห์ระบบในปัจจุบันเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอน มีวัตถุประสงค์เพื่อบอกถึงความต้องการของระบบการเรียนการสอนที่จะพัฒนาขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นการวิเคราะห์ว่าควรมีอะไรเพิ่มเติมในระบบปัจจุบัน และควรปรับปรุงระบบการเรียนการสอนปัจจุบันในจุดใดบ้าง เป็นต้นว่า มีสื่ออะไรบ้างที่ต้องการ สื่อดังกล่าวต้องการโดยใคร เมื่อไร ที่ไหน ในรูปแบบอะไร และอย่างไร ซึ่งในการที่จะสามารถวิเคราะห์ความต้องการต่างๆ ได้เราจำเป็นต้องทราบวัตถุประสงค์ของการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนคือ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อสนองตอบต่อความต้องการใหม่ เพื่อนำความคิดและเทคโนโลยีใหม่มาใช้ และเพื่อปรับปรุงระบบการเรียนการสอนปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้นในการวิเคราะห์ระบบการเรียนการสอนจึงต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบการเรียนการสอนดังกล่าวด้วย

#### วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

การศึกษาค้นหาข้อมูลของระบบการเรียนการสอนปัจจุบันเพื่อการวิเคราะห์ จะมีวิธีการต่างๆ ที่ผู้วิเคราะห์สามารถนำมาใช้ได้ โดยที่ในการใช้วิธีการเพื่อหาข้อมูล ผู้วิเคราะห์ระบบอาจเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะของระบบการเรียนการสอนปัจจุบันที่เข้าไปทำการวิเคราะห์ หรืออาจใช้วิธีการหลายๆ อย่างประกอบกันก็ได้

การหาข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ระบบสื่อการเรียนการสอนในปัจจุบัน เพื่อจะได้ทราบว่าผู้สอนและผู้เรียนมีความต้องการสื่อแบบใดหรือลักษณะใด มีวิธีการที่สามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

1. การสัมภาษณ์
2. การใช้แบบสอบถาม
3. การสังเกตจากการเรียนการสอน

## การสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการติดต่อสื่อสาร 2 ด้าน ผู้วิเคราะห์ระบบการเรียนการสอนสามารถที่จะอธิบายให้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์และข้อมูลที่ต้องการได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถที่จะสอบถามปัญหาระหว่างกันได้ทันทีในกรณีที่มีข้อสงสัยเกิดขึ้น

ในการสัมภาษณ์ผู้วิเคราะห์ระบบการเรียนการสอนสามารถที่จะสัมภาษณ์ผู้สอนและผู้เรียนในทุกระดับการศึกษาเพื่อสอบถามถึงความต้องการ ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนการสอน ตลอดจนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน

## การใช้แบบสอบถาม

การใช้แบบสอบถามเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการหาข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ระบบการเรียนการสอน การใช้แบบสอบถามมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนั้นการใช้วิธีการนี้จึงต้องมีความรอบคอบเป็นพิเศษเนื่องจากการติดต่อสื่อสารทางเดียว ซึ่งในกรณีที่คำตอบไม่ชัดเจนจะไม่สามารถที่จะทำความเข้าใจได้ทันทีเหมือนกับการสัมภาษณ์ อย่างไรก็ตาม การใช้แบบสอบถามจะใช้ในกรณีที่แหล่งข้อมูลอยู่ห่างไกลและมีหลายแหล่ง ต้องใช้เวลาและเสียค่าใช้จ่ายมากหากต้องเดินทางไปยังแหล่งข้อมูลเหล่านั้น นอกจากนี้การใช้แบบสอบถามยังสามารถใช้ตรวจสอบข้อมูลลักษณะเดียวกันที่ได้จากแหล่งอื่น

## การสังเกตจากการเรียนการสอน

การสังเกตจากการเรียนการสอนเป็นวิธีการอีกประการหนึ่งที่ผู้วิเคราะห์ระบบสามารถนำไปใช้เพื่อหาข้อมูล โดยการสังเกตในระหว่างการเรียนการสอนเพื่อพิจารณาว่าผู้สอนสอนอย่างไรบ้าง ผู้เรียนมีการเรียนรู้หรือไม่ มีประสิทธิภาพเพียงใด ซึ่งการสังเกตการเรียนการสอนจะใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่รับจากสัมภาษณ์ หรือใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อวางแผนงานในการสัมภาษณ์

### 3.2.1.2. วิธีการวิเคราะห์

หลังจากที่ทำการรวบรวมข้อมูลจากผู้สอนและนักศึกษาแล้ว เราจะนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 3.2.1.2.1. คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่ผู้สอนต้องการ

คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่ผู้สอนต้องการได้แก่

1. สามารถดึงดูดความสนใจจากผู้ฟัง(นักศึกษา)ได้ ทำให้การเรียนการสอนน่าสนใจ น่าติดตามมากขึ้น
2. สื่อการเรียนการสอนควรมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เพื่อให้ง่ายต่อการขนย้ายและการจัดเก็บ และสะดวกในการสลับสับเปลี่ยนสื่อการเรียนการสอนแต่ละชั้น ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนการสอนแต่ละครั้งมักจะใช้สื่อการเรียนการสอนมากกว่า 1 ชิ้น การที่สื่อมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จึงไม่สะดวกต่อการสับเปลี่ยนในระหว่างการเรียนการสอน
3. ปรับปรุงและพัฒนาได้ง่าย เป็นไปได้ยากมากที่สื่อการเรียนการสอนซึ่งทำขึ้นในครั้งแรกจะสมบูรณ์ครบถ้วน มักต้องมีการแก้ไขปรับปรุง เพื่อเพิ่มประเด็นที่ตกหล่นไปหรือบกพร่องไม่สมบูรณ์ หรือบางครั้งข้อมูลในสื่อเป็นข้อมูลที่เก่าเกินไป และได้มีข้อมูลที่ใหม่กว่าออกมาเผยแพร่ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สื่อการเรียนการสอนทันสมัยทันต่อเหตุการณ์
4. มีความแข็งแรงทนทาน ด้วยเหตุที่ต้องมีการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขสื่อการเรียนการสอนให้ทันสมัยอยู่เสมอ ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขแต่ละครั้งย่อมสร้างความเสียหายให้แก่ตัวสื่อการเรียนการสอน บ้างไม่มากนักยอ ดังนั้นสื่อการเรียนการสอนจึงต้องมีความแข็งแรงทนทานเพื่อรองรับการแก้ไขปรับปรุงเหล่านั้น สื่อการเรียนการสอนที่บอบบางไม่แข็งแรงทนทานจะทำให้การปรับปรุงแก้ไขทำได้ยาก ต้องการความประณีตสูง ประกอบกับในการใช้งานสื่อการเรียนการสอนจำเป็นจะต้องเคลื่อนย้ายบ่อยครั้ง จึงเป็นเหตุให้สื่อชำรุดเสียหายจากการกระแทกหรือตกหล่น

5. ค่าใช้จ่ายต่ำ ถึงแม้ว่าจะสามารถสร้างสื่อการเรียนการสอนที่มีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นได้ครบถ้วนสมบูรณ์ แต่หากต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงเกินความจำเป็นแล้ว ก็คงไม่อาจนำสื่อนั้นมาใช้ในการเรียนการสอนจริงได้ คุณภาพของสื่อการเรียนการสอนเป็นสิ่งจำเป็นแต่ก็ต้องตั้งอยู่บนค่าใช้จ่ายที่สมเหตุผลผลด้วยเช่นกัน

### 3.2.1.2.2. คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่นักศึกษาต้องการ

คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนที่นักศึกษาต้องการ ได้แก่

1. เข้าใจง่าย และสื่อความหมายชัดเจน เมื่อเห็นแล้วสามารถเข้าใจถึงสิ่งที่ต้องการจะบอกได้ทันทีโดยไม่ต้องตีความ การใช้ภาพเข้าช่วยแทนการใช้ตัวอักษรจะทำให้สื่อมีความสวยงาม น่าสนใจ และเข้าใจได้ง่ายขึ้น
2. ควรมีขนาดพอเหมาะและมองเห็นได้ชัดเจน ถึงแม้ว่าสื่อจะถูกจัดทำขึ้นมาดีเพียงใด แต่หากมีขนาดเล็กมองเห็นได้ไม่ชัดเจนแล้ว คุณค่าของสื่อจะลดลงไปมาก
3. กระชับไม่เยิ่นเย้อ มีจุดเด่นจุดเน้น การมีจุดเด่นจุดเน้นในสื่อการเรียนการสอนจัดเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงสิ่งที่ต้องการจะสื่อได้เร็วขึ้น การใช้ภาพแทนตัวอักษรจะช่วยให้การสื่อความหมายกระชับขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสวยงามและความน่าสนใจ สื่อการเรียนการสอนที่เยิ่นเย้อและไม่มีจุดเน้นจะทำให้เกิดความเบื่อหน่ายและไม่ใส่ใจกับเนื้อหาสาระที่ต้องการจะสื่อถึงอีกด้วย

### 3.2.2. สรุปแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน

แนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่ต้องการได้แก่

1. มีความสวยงามน่าสนใจ เน้นการใช้ภาพในการสื่อความหมาย
2. เนื้อหากระชับไม่เยิ่นเย้อ
3. ทำการจัดเก็บง่ายและขนย้ายสะดวก
4. มีความแข็งแรงทนทาน
5. ทำการปรับปรุงและพัฒนาได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. มีค่าใช้จ่ายค่า

จากข้อสรุปข้างต้น จึงเลือกสร้างสื่อด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า สื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถสนองตอบความต้องการดังกล่าวข้างต้นได้ คุณสมบัติของสื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ที่ควรมี ได้แก่

1. สนับสนุนมัลติมีเดีย(เสียง,ภาพนิ่ง,ภาพเคลื่อนไหว)
2. จัดเก็บง่าย โดยเขียนข้อมูลลงบนแผ่นซีดี หรือในฮาร์ดดิสก์
3. ปรับพัฒนาง่ายและสะดวก อาศัยเพียงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เท่านั้น

### 3.3. การรวบรวมข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้าง

ข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างที่น่าสนใจและได้รวบรวมไว้ ได้แก่

1. การก่อสร้างเสาเข็มตอก
2. การก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

#### 3.3.1 การวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล

เราสามารถวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ของข้อมูล ได้ดังนี้

##### 3.3.1.1. เสาเข็มตอก

วัสดุอุปกรณ์ในการตอกเสาเข็มและวิธีการขนส่งเสาเข็ม  
ประเภทของเสาเข็ม

เสาเข็มสามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะตามชนิด ดังนี้

- 1.1 เสาเข็มไม้
- 1.2 เสาเข็มเหล็ก
- 1.3 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกโปรแกรม

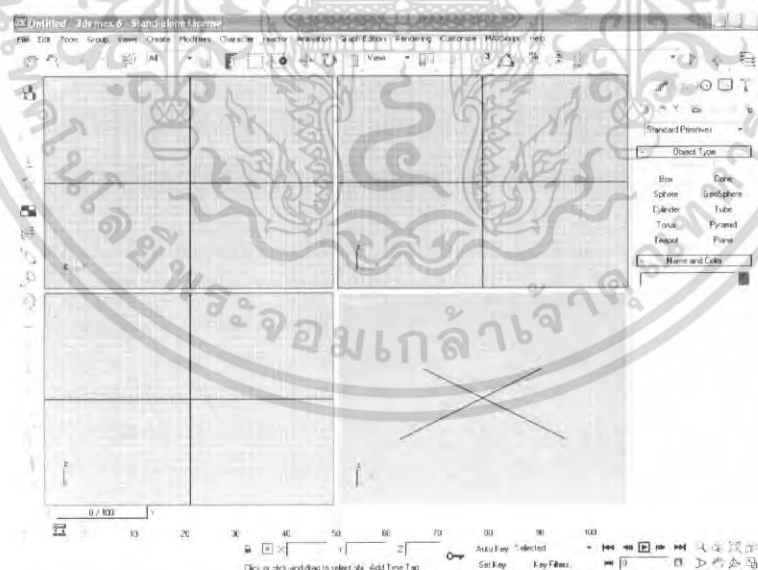
การเลือกโปรแกรมที่เหมาะสมที่สุด มีเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกโปรแกรมมาพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. ตอบสนองรูปแบบการนำเสนอที่ต้องการได้
2. สนับสนุนมัลติมีเดีย

#### 3.5.1.ลักษณะของ 3ds max 6.0

3ds max 6.0 1 เป็นโปรแกรมที่สำหรับสร้างภาพแอนิเมชันภาพเคลื่อนไหวซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำภาพยนตร์ และสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นลักษณะของ 3 มิติ การแสดงผลจะแสดงผลออกมาคล้ายกับเป็น การ์ตูน หรือ ที่เรียก กันว่า แอนิเมชัน

การใช้งานสำหรับผู้เพิ่งเริ่มศึกษาในระยะแรกก็จะรู้สึกว่ายากกว่าใช้งานก่อนข้างยาก คำสั่งในโปรแกรมเยอะมาก จนไม่สามารถจดจำได้หมด แต่ถ้าเราศึกษาอย่างดองแท้ เราก็จะเข้าใจและจำคำสั่งเหล่านั้นได้ ต่อไปนี้จะเป็นการใช้งานโปรแกรม 3ds max 6.0



รูปที่ 3.38. แสดงหน้าต่างของโปรแกรม 3ds max 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.1 เสาค้ำไม้

เสาค้ำไม้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้เบญจพรรณ เสาค้ำไม้จะต้องทาบเปลือกหรือฉากเปลือกออกทั้งหมด ตาไม้ต่าง ๆ จะต้องตัดให้เรียบเสมอฟังของต้นเสาค้ำ ปลายและหัวเสาค้ำจะต้องเลื่อยตัดเรียบได้ฉากกับลำต้น มักจะใช้กันทั่วไปในงานก่อสร้างขนาดเล็กเนื่องจากมีราคาถูกและหาได้ง่ายขนาดที่นิยมใช้กันทั่วไปมีขนาดตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว (10 ซม.) จนถึงเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว (15 ซม.) ยาว 4 – 12 เมตรชั่วคราวระวางในการใช้เสาค้ำไม้ก็ไม่ควรให้เสาค้ำอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน เพราะจะเกิดการผุร่อน ควรให้หัวเสาค้ำจมใต้ระดับน้ำใต้ดินอยู่เสมอจึงจะใช้งานได้นาน

ไม้ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ทำเสาค้ำในประเทศ ได้แก่ ไม้สน ไม้ยาง 4-12 เมตร ซึ่งไม้ที่มีความยาว 8-12 เมตรนั้น ในปัจจุบันจะหาไม้ที่มีลักษณะตรงและมีคุณภาพดีได้ลำบาก ประกอบกับราคาแพง จึงไม่เป็นที่นิยมในการก่อสร้าง

## 1.2 เสาค้ำเหล็ก

เสาค้ำเหล็กจะมีลักษณะเป็น H SECTION และ BOX SECTION แต่จะไม่มีลักษณะเป็น TUBULAR SECTION เพราะหล่อคอนกรีตที่หัวเข็มได้หลังจากตอกเสร็จแล้ว เข็มเหล็กมีกำลังสูงสามารถทนต่อการตอกได้ดี จึงเหมาะที่จะใช้ตอกผ่านชั้นทรายลงไปยังชั้นดินแข็งเบื้องล่าง เสาค้ำเหล่านี้นี้มีพื้นที่หน้าตัดน้อย เพื่อให้เสาค้ำสามารถรับ End bearing ได้มากขึ้น จึงมักจะมีการเชื่อมขยายปลายเสาค้ำให้โตขึ้น เนื่องจากเสาค้ำมีราคาแพงและอาจเกิดการผุร่อนเนื่องจากเป็นสนิม ดังนั้นเสาค้ำเหล็กจึงไม่เป็นที่นิยม

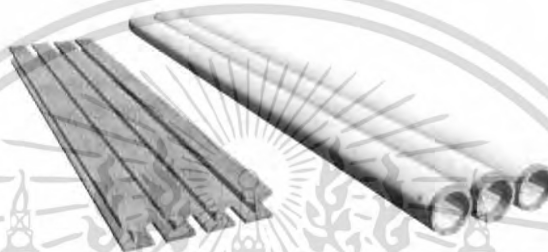


รูปที่ 3.1. แสดงลักษณะของเสาค้ำเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาเข็มหล่อสำเร็จรูปเสริมเหล็กธรรมดาหรือเสริมเหล็กอัดแรง ลักษณะเป็นเสาเข็มคอนกรีตสี่เหลี่ยม แปดเหลี่ยม กลม หรือ รูปตัว I ความยาวและขนาดสามารถคำนวณออกแบบและผลิตได้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน ความยาวที่ผลิตมีขนาดตั้งแต่ 2 เมตร จนกระทั่งถึงความยาว 30 เมตร

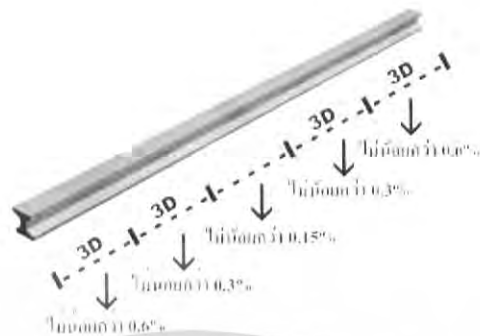


รูปที่ 3.2. แสดงลักษณะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforcement Precast Concrete piles) ส่วนใหญ่การออกแบบจะให้จุดศูนย์กลางของหน้าตัดทับจุดศูนย์กลางของเสาเข็ม เหล็กเสริมตามยาวต้องมีพอเพียงที่จะรับโมเมนต์ดัดเนื่องจากการขนส่งและยกตอก เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมไม่ควรเล็กกว่า

9 มิลลิเมตร สำหรับเหล็กปลอกอาจเป็นปลอกแบบพันหรือแบบปลอกเดี่ยวก็ได้ ต้องเสริมบริเวณปลายและโคนเสาให้มาก เพราะทั้งที่โคนและที่ปลายเสาเข็ม อาจเสียหายเนื่องจากแรงกระแทกได้

จำนวนเปอร์เซ็นต์เหล็กปลอก เมื่อเทียบกับปริมาตรคอนกรีตในช่วงนั้นๆ ไม่ควรน้อยกว่าที่กำหนดในรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 3.3. แสดงเปอร์เซ็นต์เหล็กปลอกเมื่อเทียบกับปริมาณคอนกรีต

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (Precast Prestressed Concrete piles) จะมีหน้าตัดต่างๆ เหมือนกับเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา แต่จะมีความยาวที่ยาวกว่าและขนาดหน้าตัดจะเล็กกว่า เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงมีอยู่สองชนิดด้วยกัน คือ ชนิดดึงลวดเหล็กก่อน แล้วค่อยหล่อคอนกรีต กับชนิด หล่อคอนกรีตก่อนแล้วค่อยดึงลวดเหล็ก แต่สำหรับในประเทศไทยนิยมทำชนิดดึงลวดเหล็กก่อนแล้วค่อย หล่อคอนกรีต การอัดแรงให้คอนกรีตนี้ทำให้คอนกรีตสามารถรับแรงโมเมนต์ดัดได้มากขึ้น นี่เป็นข้อ ได้เปรียบของเสาเข็มชนิดคอนกรีตอัดแรง การขนส่ง และยกตอก ต้องยกตามจุดยกที่ผู้ผลิตกำหนด เพราะผู้ผลิตได้คำนวณออกแบบไว้แล้วถ้าผู้ใช้ไม่ปฏิบัติตามเสาเข็มอาจเสียหายได้

## 2. ชนิดของเข็มตามลักษณะการติดตั้ง

**2.1 เข็มแทนที่ดิน (Displacement Pile)** คือ เข็มที่ติดตั้งด้วยการตอกหรือกด ซึ่งเข็มไม่มีช่องกลองที่ ปลายลงในชั้นดิน ดังนั้นเข็มจึงไปแทนที่ดินเท่ากับปริมาตรของเข็ม จึงทำให้มีการเคลื่อนตัวของดิน รอบๆเข็ม และเมื่อมีเสาเข็มลักษณะนี้เป็นจำนวนมากในบริเวณก่อสร้าง อาจทำให้เกิดความเสียหายแก่ อาคารข้างเคียงได้

**2.2 เข็มกึ่งแทนที่ดิน (Semi-displacement Pile)** คือ เข็มที่จะมีการแทนที่ดินเล็กน้อย ทำให้เกิดปัญหา ของดินเคลื่อนตัวน้อยลง ได้แก่ เสาเข็มเหล็ก หรือ เสาเข็มคอนกรีตที่มีการเจาะนำ ไปก่อน

**2.3 เข็มไม้แทนที่ดิน (Non-displacement Pile)** คือ เข็มที่มีการเจาะเอาดินออกไปก่อนจึงเทคอนกรีตลงไป จึงไม่เกิดปัญหาการเคลื่อนตัวของดิน แต่อาจจะเกิดการพังถล่มของผนังหลุมเจาะ จึงต้องมีปดกเหล็กเพื่อป้องกันการพังทลายของหลุม

### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการตอกเข็ม

เครื่องมือในการตอกเสาเข็มเราเรียกว่า ปั่นจั่น ซึ่งแบ่งออกเป็นชนิดและประเภทของการใช้งาน ดังนี้

#### 3.1 DROP HAMMER

ปั่นจั่นธรรมดาซึ่งอาศัยการปล่อยตุ้มเหล็กที่มีน้ำหนักประมาณ 3-7 ตัน ด้วยระยะ DROP HEIGHT ประมาณ 30-50 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดแรงกระแทกตอกเข็มลงไปในดิน เนื่องจากการตอกเสาเข็มโดย DROP HAMMER มีค่าใช้จ่ายที่ไม่แพงและไม่ยุ่งยากในการซ่อมแซมจึงเป็นที่นิยมในการใช้ระบบนี้ตอกเสาเข็ม



**DROP HAMMER**

รูปที่ 3.4. แสดงเครื่องตอกเข็มแบบใช้ปั่นจั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 SINGLE & DOUBLE – ACTION HAMMER

อาศัยพลังของไอน้ำร้อนหรือลมอัด (Compressed air) เป็นตัวยกลูกตุ้ม ซึ่งชุดลูกตุ้มมีลักษณะเป็นกระบอกคล้ายชุดลูกสูบวางอยู่บนหัวเข็ม จากนั้นก็จะมีการอัดไอน้ำหรือลมเข้าไปในกระบอกเพื่อยกลูกตุ้มขึ้น และมีลิ้นปล่อยอากาศออก เพื่อให้ลูกตุ้มตกกระทบบนหัวเข็ม ลักษณะการทำงาน อาจจะเป็นแบบ Single acting หรือ Double acting ก็ได้ลูกตุ้มชนิดนี้ทำงานได้รวดเร็ว

### 3.3 DIESEL HAMMER

คล้ายกับ SINGLE & DOUBLE – ACTION HAMMER แต่อาศัยการยกลูกตุ้มจากการจุดระเบิดของไอน้ำมันดีเซล ซึ่งได้อัดจากการกระทบบนหัวเข็มของลูกตุ้ม ปัญหาที่ควรระวังในการใช้ลูกตุ้มชนิดนี้คือตกในดินอ่อนในบริเวณภาคกลาง ก็คือในช่วงต้นเนื่องจากความต้านทานของดินน้อยมากระทบบนหัวเข็มของลูกตุ้มทำให้เสาเข็มจมลงรวดเร็วอาจทำให้แรงอัดไม่เพียงพอที่จะจุดระเบิดได้ ซึ่งในกรณีนี้ต้องผ่านชั้นดินอ่อนมากในบางครั้งอาจต้องใช้ Drop hammer ช่วยตอกจนถึงดินแข็งก่อนจากนั้นจึงตอกด้วย Diesel hammer



**DIESEL HAMMER**

รูปที่ 3.5. แสดงเครื่องตอกเข็ม โดยใช้ Diesel Hammer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1. แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างการตอกเสาเข็มโดยใช้ปั้นจั่นกับ Diesel hammer

| ประเภท                                 | ข้อดี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ข้อเสีย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DROP<br>HAMMER                         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ค่าใช้จ่ายต่ำ ซ่อมแซมได้ง่าย</li> <li>2. การทำงานไม่ซับซ้อน ควบคุมได้ง่าย</li> <li>3. สามารถปรับพลังงานได้โดยการปรับระยะปล่อยตก</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. อัตราเร็วในการตอกต่ำ</li> <li>2. ความยาวเข็มถูกจำกัด</li> <li>3. พลังงานในการตอกไม่มาตรฐาน สามารถโก่งจำนวนครั้งในการตอกได้ โดยรังโรคไว้</li> <li>4. เกิดการเยื้องศูนย์ได้ง่าย</li> <li>5. มีอันตรายจากการตอกไม่ตรง</li> <li>6. มลภาวะทางเสียงสูง</li> <li>7. มีผลกระทบจากการสั่นสะเทือนต่ออาคารข้างเคียง</li> </ol> |
| SINGLE &<br>DOUBLE<br>ACTION<br>HAMMER | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตอกเข็มได้เร็ว</li> <li>2. สามารถควบคุมจังหวะในการตอกได้</li> <li>3. ความยาวเข็มไม่ถูกจำกัด</li> <li>4. เข็มไม่เกิดความเสียหาย</li> <li>5. พลังงานในการตอกได้มาตรฐาน ได้รับพลังงานเต็มจากการตกอิสระ</li> <li>6. เกิดการเยื้องศูนย์ได้ยากกว่า</li> <li>7. ไม่เกิดอันตรายจากการตอกไม่ตรง</li> <li>8. มลภาวะทางเสียงต่ำ</li> <li>9. ผลกระทบจากการสั่นสะเทือนน้อย</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ราคาแพง เครื่องมือมีความซับซ้อน</li> <li>2. ต้องการผู้ชำนาญในการใช้งานและซ่อมบำรุง</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                       |
| DIESEL<br>HAMMER                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตอกเข็มได้เร็ว</li> <li>2. สามารถควบคุมจังหวะในการตอกได้</li> <li>3. ความยาวเข็มไม่ถูกจำกัด</li> <li>4. เข็มไม่เกิดความเสียหาย</li> <li>5. พลังงานในการตอกได้มาตรฐาน</li> </ol>                                                                                                                                                                                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ราคาแพง เครื่องมือมีความซับซ้อน</li> <li>2. ต้องการผู้ชำนาญในการใช้งานและซ่อมบำรุง</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การขนส่งเสาเข็ม

วิธีการขนส่งเสาเข็มเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง เพราะว่าเสาเข็มอาจเกิดการร้าวหรือแตกหักได้ง่ายในขณะการขนส่ง เนื่องจากความสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากความขรุขระของพื้นถนนและบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง เสาเข็มที่ใช้ในการตอกโดยทั่วไปจะมีความยาวประมาณ 10-24 เมตร ดังนั้นในการขนส่งเสาเข็มจึงจำเป็นต้องเลือกเส้นทางที่เหมาะสมและมีความสะดวก เพื่อที่จะให้รถสามารถเลี้ยวได้โดยสะดวกและไม่เกิดความเสียหายแก่เสาเข็ม รถที่ใช้ในการขนส่งเสาเข็มจะต้องสามารถเลี้ยวรถได้สะดวกโดยเสาเข็มไม่หักงอหรือเกิดรอยร้าว รถที่ใช้ขนส่งเสาเข็มมี 3 ชนิด คือ

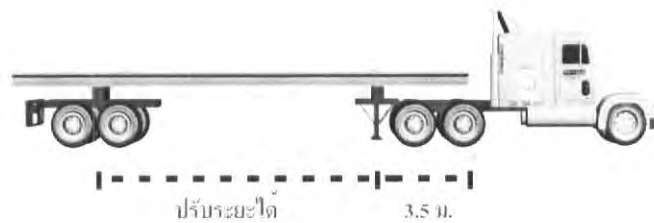
#### 3.1 รถเทรลเลอร์ ชนิดมีหมอนรองเสาเข็ม 2 หมอน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

รถเทรลเลอร์ที่มีขนาดหมอนไม่เท่ากัน คือ หมอนที่อยู่บนตัวตัวรถมีขนาดสูงกว่าบนสาลี่ โดยจะให้เสาเข็มสามารถวางเลยไปด้านหน้าหรือวางเหนือหลังการได้เพื่อจะสามารถลดความยาวของตัวรถ ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการขนส่งมากขึ้น



รูปที่ 3.6. แสดงการขนส่งเสาเข็ม

รถเทรลเลอร์ที่มีขนาดหมอนเท่ากัน คือ หมอนที่อยู่บนตัวตัวรถมีขนาดเท่ากับบนสาลี่ การขนส่งแบบนี้จำเป็นต้องออกแบบโดยคำนึงถึงการแตกร้าวเนื่องจากการขนส่ง โดยจะต้องใช้ความยาวรถมาใช้ในการออกแบบเพื่อที่จะหาแรงอัดและแรงคัตที่เกิดขึ้นขณะขนส่ง โดยทั่วไปแล้วรถขนส่งเสาเข็มจะมีด้านหลังสำหรับวางเสาเข็มยาวประมาณ 3.5 เมตร จากหมอนรองถึงตัวรถ



รูปที่ 3.7. แสดงการขนส่งเสาเข็ม

### 3.2 รถเทรลเลอร์ ชนิดมีหมอนรองเสาเข็ม 3 หมอน

รถเทรลเลอร์แบบมีหมอนรอง 3 หมอนจะมีลักษณะคล้ายกับรถเทรลเลอร์ที่มีขนาดหมอนเท่ากัน แต่แตกต่างกันตรงที่บนสาลี่จะมีหมอนรองเสาเข็ม 2 หมอน



รูปที่ 3.8. แสดงการขนส่งเสาเข็ม

#### 4. การเสาเข็มลงจากรถ

การนำเสาเข็มลงจากรถก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการขนส่ง การนำเสาเข็มลงจากรถนั้นทำได้ 2 วิธี คือ

##### 4.1 การใช้รถเครน

วิธีนี้เป็นวิธีที่ปลอดภัยและมีความรวดเร็วแต่วิธีนี้จะเป็นวิธีที่สิ้นเปลือง การยกด้วยวิธีนี้ต้องใช้รถเครน เพื่อยกหัว 2 หัวของเสาเข็มขึ้นจากรถ แล้วให้เครนค่อยๆนำเสาเข็มเคลื่อนที่ลงไปยังที่เก็บเสาเข็ม



รูปที่ 3.9. แสดงการยกเสาเข็มลงโดยใช้เครน

##### 4.2 การใช้เอเฟรมและรอก

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด การยกวิธีนี้จะใช้แรงงานจากคนในการยกโดยจะมีรอกคอยช่วยผ่อนแรง การยกโดยใช้รอกจะทำได้ เมื่อรถขนเสาเข็มเข้ามาในบริเวณก่อสร้างหรือบริเวณที่จะเก็บเสาเข็ม จากนั้นคนงานจะเอาโซ่จากรอกที่ติดอยู่กับเอเฟรม ที่ปลายโซ่จะมีตะขอเหล็กซึ่งจะเอาตะขอไปคล้องหัวของเสาเข็ม จากนั้นทำการยกเสาเข็มขึ้นจากรถ โดยจะทำการดึงโซ่พร้อมๆกันและใช้แรงเท่าๆกัน เพื่อที่จะให้เสาเข็มอยู่ในแนวนานกับพื้น เมื่อเสาเข็มขึ้นมาสูงสามารถเลื่อนไปข้างๆได้จะดึงโซ่ออกไปด้านข้างในแนวราบ เมื่อมาถึงตำแหน่งที่จะวางเสาเข็มก็ค่อยๆคลายแรงดึงของโซ่ เเข็มจะค่อยๆเคลื่อนลงจนถึงที่เก็บเสาเข็ม การนำเสาเข็มลงจากรถด้วยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ประหยัดและไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือการใช้แรงงานคน ถ้าเป็นเสาเข็มต้นใหญ่ๆจะต้องใช้คนจำนวนมาก



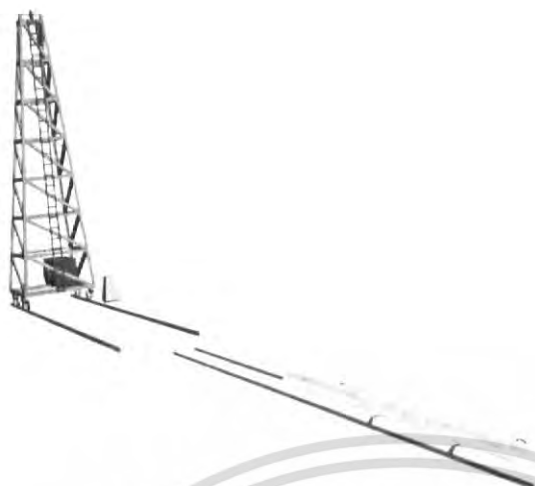
รูปที่ 3.10. แสดงการยกเสาเข็มลงโดยใช้รอก และเฟรม

## 5. การลากเสาเข็มไปยังบริเวณป็นจั่น

การลากเสาเข็มไปยังบริเวณป็นจั่นนั้น จะใช้ลวดสลิงคล้องกับใช้ในการยกลูกตุ้ม โดยที่ป็นจั่นจะมีลวดสลิง 2 เส้น เส้นที่ 1 มีหน้าที่ยกลูกตุ้มสำหรับตอกเสาเข็ม เส้นที่ 2 มีหน้าที่ยกหรือลากเสาเข็ม การลากเสาเข็มนั้นทำได้ 2 วิธี คือ

### 5.1.การลากเสาเข็มโดยใช้ล้อเลื่อน

การลากโดยวิธีนี้มักจะใช้กับเสาเข็มที่ขนาดใหญ่ เนื่องจากเสาเข็มมีน้ำหนักมาก ถ้านำเสาเข็มไปลากกับพื้นจะทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้นมากอาจทำให้เสาเข็มเกิดความเสียหายได้ ล้อเลื่อนที่ใช้จะต้องรับน้ำหนักของเสาเข็มได้ ล้อเลื่อนจะวางอยู่บนรางเหล็กที่ทำหน้าที่ลดแรงเสียดทาน โดยจะนำลวดสลิงที่ไต่ยกหรือลากมาพันที่เสาเข็มและจะนำฝัามารองบริเวณที่พื้นลวด เพื่อป้องกันไม่ให้เสาเข็มแตกที่เนื่องมาจากการบีบรัดของลวดสลิง



รูปที่ 3.11. แสดงการลากเข็มโดยใช้สือเลื่อน

## 5.2 การลากเสาเข็มโดยไม่ใช้สือเลื่อน

การลากโดยวิธีนี้จะใช้กับเสาเข็มที่มีขนาดเล็ก การลากจะเหมือนกับวิธีแรก คือ การนำลวดสลิงมาพันกับเสาเข็ม โดยจะมีผ้าพันรอบๆ แล้วค่อยๆ ลากไปยังปั้นจั่น และที่สำคัญคือแนวทางที่จะลากเสาเข็มจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง ที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเสาเข็ม



รูปที่ 3.12. แสดงการลากเข็มโดยไม่ใช้สือเลื่อน

เมื่อนำเสาเข็มเข้ามาใกล้ปั้นจั่นแล้วต่อไปจะเป็นการนำเสาเข็มขึ้นปั้นจั่น การนำเสาเข็มขึ้นปั้นจั่นทำได้ 2 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.1 การยกโดยใช้ลวดสลิงเส้นเดียว

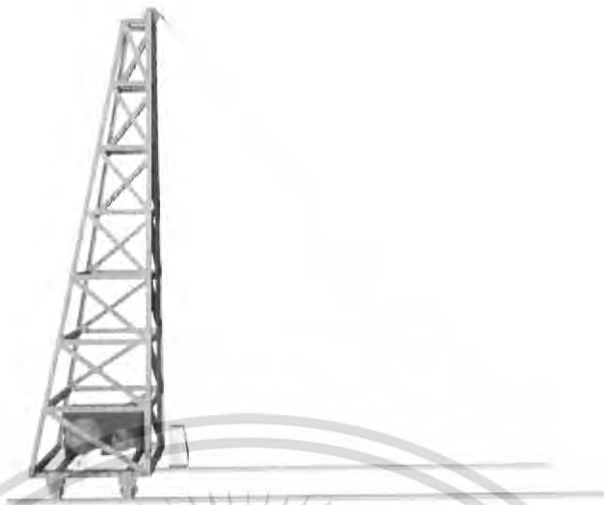
โดยทั่วไปการยกแบบนี้จะใช้กับเสาเข็มที่มีขนาดเล็ก จะพันลวดสลิงไว้ตำแหน่งที่ปลอดภัยที่สุดของเสาเข็ม คือ ตำแหน่งเกิดแรงดัดน้อยที่สุด จะเป็นตำแหน่ง 0.29L ซึ่งจะมีโมเมนต์เท่ากับ  $0.0042WL^2$

จากนั้นดึงลวดสลิงขึ้นเรื่อยๆเสาเข็มจะค่อยๆยกตัวขึ้นและเอียงตัวขึ้น คนงานจะช่วยผลักให้เสาเข็มอยู่ในแนวรางเหล็กที่ใช้เป็นแนวสำหรับปล่อยตุ้มเหล็กและก็ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง จากนั้นก็ทำการเช็คว่าได้ดังหรือไม่



### 5.2.2 การยกโดยใช้ลวดสลิง 2 เส้น

การยกเสาเข็มแบบนี้ตำแหน่งยกที่จะทำให้เกิดโมเมนต์น้อยที่สุดก็คือ ตำแหน่ง 0.207L การยกจะดึงลวดที่พันไว้ทางด้านที่ถูกตุ้มตกกระทบ ในขณะที่เดียวกันก็ยกทางด้านหัวขึ้นแต่การดึงจะน้อยกว่า เพื่อที่จะให้เข็มเอียงขึ้นและไม่ทำให้ด้านปลายเสาเข็มติดพื้นด้วย แล้วดึงขึ้นเรื่อยๆจนเสาเข็มอยู่ในแนวตั้ง



รูปที่ 3.14. แสดงการยกเข็มโดยใช้ลวดสลิง

## 6. การกำหนดจุดตอก

การกำหนดจุดตอกจะใช้กล้องรีโอดิไลด์กำหนดจุดที่แน่นอน นั่นคือจุด CO-ORDINATE ตามที่แบบเขียนไว้ ต่อจากนั้นก็ทำการหมายตำแหน่งโดยใช้ไม้ปักและทาสีเอาไว้ หลังจากนั้นก็ทำคอกสี่เหลี่ยมล้อมรอบไม้ที่ปักไว้ คอกสี่เหลี่ยมนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าเสาเข็มเล็กน้อย แต่ถ้าอยู่ในบริเวณที่ไม่สามารถตอกไม้ปักไว้ได้ เช่น บนพื้นคอนกรีต ก็ให้ทำเครื่องหมายโดยใช้ทาสีไว้ การกำหนดตำแหน่งนั้นจะต้องกำหนดให้เสร็จก่อนที่จะเลื่อนปั้นจั่นเข้าไปในบริเวณนั้น

## 7. การตั้งคัง

เมื่อนำเสาเข็มขึ้นปั้นจั่นโดยวิธีดังกล่าวแล้ว ต่อจากนั้นจะเป็นการตรวจสอบว่าเสาเข็มตั้งฉากกับพื้นหรือไม่ การตรวจสอบนั้นก็ทำได้หลายวิธี คือ การตรวจสอบด้วยไม้น้ำ ลูกคัง หรือกล้องรีโอดิไลด์

การตรวจสอบด้วยไม้น้ำนั้นเป็นการเอาไม้น้ำไปทาบดูที่เสาเข็ม แล้วตรวจสอบว่าได้คังหรือไม่ วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ค่อยนิยมมากนัก เนื่องจากมีความผิดพลาดได้ง่าย คือ ถ้าไปทาบบริเวณที่ไม่เรียบหรือมีการแอ่นตัว จะทำให้การตรวจสอบผิดพลาดไป



รูปที่ 3.15. แสดงการตั้งคั้ง

การตรวจสอบด้วยระดับน้ำ วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมกันมากซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีความสะดวก มีความแน่นอนพอสมควร การตรวจสอบก็คือนำเอาเชือกเอ็นมาผูกไว้กับลูกคั้งเหล็ก จากนั้นนำไปผูกกับขาไม้หรือเหล็ก เมื่อผูกแล้วปล่อยเชือกเอ็นลงแล้วจะได้แนวคั้งของเชือกเอ็น ต่อจากนั้นก็เล็งโดยมองแนวของเส้นเอ็นคว่าเสาเข็มอยู่ในเดียวกันกับเชือกหรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ปรับเสาเข็มใหม่แล้วเช็ดดูจนได้คั้ง

การตรวจสอบโดยใช้กล้องธีโอโดไลต์ การตรวจสอบด้วยวิธีนี้เป็นการทำงานที่ต้องการความแม่นยำ การตรวจสอบจะใช้สายคั้งของกล้องธีโอโดไลต์เป็นตัวกำหนดแนวคั้งและทำการเล็งเปรียบเทียบกับเสาเข็ม การเล็งด้วยกล้องธีโอโดไลต์นี้จะมีความชัดเจนและแม่นยำกว่า 2 วิธีแรกที่กล่าวมา แต่อาจมีข้อผิดพลาดที่ได้ถ้าสายคั้งของกล้องธีโอโดไลต์ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งแนวคั้งจริง ดังนั้นก่อนจะใช้ควรตรวจสอบสายคั้งให้ดีเสียก่อน



รูปที่ 3.16. แสดงการตรวจสอบเสาเข็มโดยใช้กล้องทีโอโดไลต์

สำหรับการปรับให้เสาเข็มได้แนวคั้งนั้น ก็ทำได้โดยให้คนงานผลักเสาเข็ม โดยที่เสาเข็มยังผูกอยู่กับลวดสลิง คนคุมเครื่องจะดึงลวดสลิงขึ้นเพียงเล็กน้อยและให้คนงานช่วยดันให้อยู่แนวคั้ง

## ข. การตอกเสาเข็มโดยใช้ DROP HAMMER

### 1. วิธีการตอกเสาเข็ม

เป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุดและยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วยปั้นจั่นตัวใหญ่พร้อมทั้งลูกตุ้มที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ ตามความต้องการ โดยใช้สายลวดสลิงเป็นตัวยกลูกตุ้มให้สูงขึ้นแล้วปล่อยตกลงมาบนหัวเสาเข็มลูกตุ้มที่ต้องไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของเสาเข็มสำหรับเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.1 ตรวจสอบปั้นจั่นว่ามีสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ ส่วนต่างๆของปั้นจั่นต้องไม่มีส่วนใดแตกหักหรือคดงอ ตะเกียบคู่น้ำของปั้นจั่นต้องเป็นเส้นตรงไม่หลวม เครื่องยนต์ต้องให้กำลังที่สม่ำเสมอ และลวดสลิงต้องมีขนาดพอเหมาะเสาเข็มและลูกตุ้ม

1.2 นำเสาเข็มขึ้นปั้นจั่นและตั้งตั้งเสาเข็มด้วยวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อได้ตั้งแล้วจะนำผ้า กระสอบ หรือไม้ และนำปลอกเหล็ก (DRIVING CAP) ครอบลงไปบนเสาเข็ม เพื่อที่จะให้เป็นตัวกระแทกเสาเข็ม

1.3 จากนั้นก็ค่อยๆวางลูกตุ้มไปบนเสาเข็ม ด้วยน้ำหนักของเสาเข็มและลูกตุ้มจะทำให้เสาเข็มสามารถแทรกตัวลงไปในดินโดยไม่ต้องตอก ถ้าเป็นดินอ่อนเสาเข็มจะลงลึกไปประมาณเกือบครึ่งของเสาเข็ม

1.4 เมื่อเสาเข็มหยุดการเคลื่อนตัวแล้วต่อไปก็ทำการตอก โดยยกลูกตุ้มขึ้นเท่ากับ ความสูงที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดของวิศวกร ในการตอกเสาเข็มจะต้องจดจำนวนการตอกต่อความลึกของเสาเข็มที่จมลงไป 1 ฟุต (BLOW COUNT) ก่อนที่จะนำเสาเข็มตั้งคั้งบนปั้นจั่นจะต้องชั่งระยะไว้ที่ข้างเสาเข็มเป็นระยะ 1 ฟุต เพื่อที่จะใช้นับจำนวนครั้งที่ตอกในขณะที่ทำการตอก

## 2. การตรวจสอบ BLOW COUNT

การตรวจสอบ BLOW COUNT คือ การนับจำนวนครั้งของการตอกเสาเข็มต่อการจมนเป็นระยะ 1 ฟุตหรือ 30 เซนติเมตร ในช่วง 10 ฟุตสุดท้ายที่เสาเข็มโผล่เหนือดิน ซึ่งในการตอกจะต้องนับจำนวน BLOW COUNT ให้ตรงตามที่วิศวกรกำหนด หากเห็นว่าจำนวนครั้งที่ตอกต่อระยะการจมน 1 ฟุต สูงมากเกินไปจนอาจทำให้เสาเข็มเสียหายได้ ก็ให้ตรวจสอบว่าการตอก 10 ครั้งสุดท้ายเสาเข็มจมได้ไม่เกินระยะที่วิศวกรกำหนด ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้จะเปลี่ยนไปตามขนาดและความยาวของเสาเข็ม เช่น วิศวกรกำหนดไว้ว่าเมื่อตอกได้ 60 ครั้ง/ฟุต ให้หยุดตอก หมายความว่า เมื่อตอกได้ 60 ครั้ง/ฟุตแล้ว เสาเข็มมีความสามารถรับน้ำหนักได้ตามกำหนดแล้ว ซึ่งการตอกได้ 60 ครั้ง/ฟุต เมื่อคิดต่อการตอก 1 ครั้ง จะได้ว่า การตอก 1 ครั้ง เสาเข็มจะจมลงไป 0.5 เซนติเมตร เพื่อความปลอดภัยในการรับแรงของเสาเข็มจะต้องมีการตรวจสอบอีกครั้ง โดยจะทำการตอกอีก 10 ครั้ง แล้วดูว่าเข็มจมลงไปอีกกี่เซนติเมตร เช่น ตอกเสาเข็มอีก 10 ครั้ง เสาเข็มต้องจมไม่เกิน 4 เซนติเมตร ถ้าเกิน 4 เซนติเมตร ให้ตอกเสาเข็มอีก 10 ครั้ง จนกว่าระยะจมของเข็มจะไม่เกิน 4 เซนติเมตร เป็นอันว่าเสาเข็มสามารถรับน้ำหนักได้ตามกำหนด

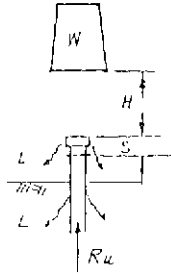
สรุปได้ว่าเมื่อตอกเสาเข็มได้ จำนวนครั้ง/1ฟุต ตามที่วิศวกรกำหนดจะต้องตอกเสาเข็มอีก 10 ครั้ง 2 ที่ การตอก 10 ครั้งสุดท้าย 2 ที่นี้ ระยะจมต้องไม่เกินตามที่กำหนดไว้จึงถือว่าใช้ได้

ในกรณีที่ค่า BLOW COUNT ลดลงอย่างกะทันหัน เช่น จาก 50 ครั้ง/ฟุต เหลือ 30 ครั้ง/ฟุต แสดงว่าอาจเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ เสาเข็มหักหรือเสาเข็มทะลุชั้นดินแข็งบางๆ ไปพบดินชั้นอ่อน ถ้าเป็นกรณีแรกจำนวน BLOW COUNT จะไม่สูงขึ้นอีกเลย ถ้าเป็นกรณีที่ 2 จำนวน BLOW COUNT อาจสูงขึ้นเมื่อชั้นดินเริ่มแข็งขึ้นอีก

## 3. การส่งเสาเข็มถึงระดับ

### 3.1 การหาแรงต้านเสาเข็มโดยวิธีไดนามิกส์

ในขณะที่ปล่อยลูกตุ้มลงกระทบเข็ม จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานลงสู่เสาเข็ม ทำให้เข็มเคลื่อนตัวลงได้ชั้นดิน ดังนั้นจึงสามารถนำทฤษฎีทางพลศาสตร์ มาประยุกต์เพื่อหาแรงต้านของเสาเข็ม ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.17. แสดงการการตกกระทบของค้ำลงบนเสาเข็ม

จากทฤษฎีการตกกระทบ

พลังงานในการตอกเข็ม = แรงต้านของเข็ม ระยะจม + พลังงานที่สูญเสีย

หรือ

$$WH = R_u S + L$$

(3.1.)

เมื่อ

|                |   |                         |
|----------------|---|-------------------------|
| W              | = | น้ำหนักของลูกค้ำ        |
| H              | = | ระยะยกลูกค้ำ            |
| R <sub>u</sub> | = | แรงต้านสูงสุดของชั้นดิน |
| S              | = | ระยะจม                  |
| L              | = | พลังงานส่วนที่สูญเสีย   |

พลังงานที่สูญเสีย เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น

- การปล่อยลูกค้ำไม่เป็นอิสระโดยสมบูรณ์
- ความยืดหยุ่นของหมอนรองหัวเข็ม
- ความยืดหยุ่นของตัวเสาเข็ม
- ความยืดหยุ่นของดินโดยรอบ

ตารางที่ 3.2. แสดงสูตรการคำนวณหาแรงต้านเสาเข็มจากการตอก

| ชื่อสูตร                           | สมการ                                                            | หมายเหตุ                                                                                                                                                  |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Engineering News<br>ค่า F.S. = 6.0 | $R_u = \frac{WH}{S + C}$                                         | C = 2.54 ซม. สำหรับลูกตุ้ม ปล่อย<br>= 0.25 ซม. สำหรับ Stream Hammer                                                                                       |
| Hilay<br>ค่า F.S. = 2.4            | $R_u = \frac{e.WH}{S + 0.5C} \times \frac{W + k^2 W_p}{W + W_p}$ | C = C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub> + C <sub>3</sub><br>ค่า C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> และ C <sub>3</sub> แสดงในตารางที่ 3<br>ค่า e แสดงในตารางที่ 4 |
| Junbu<br>ค่า F.S. = 2.0            | $R_u = \frac{WH}{K_u \cdot S}$                                   | $K_u = C_d \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{\lambda}{C_d}} \right)$<br>$C_d = 0.75 + 0.15 \frac{W_p}{W}$                                                        |
| Danish<br>ค่า F.S. = 2.3           | $R_u = \frac{e.WH}{S + \left( e \frac{WHL}{AE} \right)^3}$       | ค่า e แสดงในตารางที่ 4                                                                                                                                    |
| Gates<br>ค่า F.S. = 2.3            | $R_u = 4.0 \sqrt{eWH \cdot \log\left(\frac{25}{S}\right)}$       | ค่า e แสดงในตารางที่ 4                                                                                                                                    |

เมื่อ

- $R_u$  = แรงต้านสูงสุดของชั้นดิน , ตัน  
 $W$  = น้ำหนักของลูกตุ้ม , ตัน  
 $H$  = ระยะยกลูกตุ้ม , ซม.  
 $S$  = ระยะจมต่อการตอก 1 ครั้ง , ซม.  
 $C$  = สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงาน  
 $L$  = ความยาวเสาเข็ม , ซม.  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดของเข็ม , ซม.<sup>2</sup>  
 $E$  = โมดูลัสอีลาสติคของเข็ม , ซม.<sup>2</sup>

ตารางที่ 3.3. แสดงค่าประสิทธิภาพของลูกตุ้ม

| ชนิด                             | ประสิทธิภาพ, e |
|----------------------------------|----------------|
| ตุ้มน้ำหนักปล่อยด้วยไก           | 1.00           |
| ตุ้มน้ำหนักปล่อยด้วยเชือกหรือลวด | 0.75           |
| Single Acting Stream Hammer      | 0.80           |
| Double Acting Stream Hammer      | 0.85           |
| Deisel Hammer                    | 1.00           |

หมายเหตุ : พยายามให้ตุ้มน้ำหนักมากที่สุดระยะยกน้อยๆ ดีกว่า ตุ้มน้ำหนักน้อยแต่ยกสูงๆ เพราะ อาจจะทำให้แตกได้

ตารางที่ 3.4. แสดง ค่า  $C_1$ ,  $C_2$  และ  $C_3$  จาก Hilary

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| ค่า $C_1$ การยุบของหัวเข็มและหมอนรอง |                                 |
| - สำหรับไม้เนื้อแข็ง                 | 0.25 - 0.40                     |
| - สำหรับคอนกรีตลงในไม้ในหัวครอบเหล็ก | 0.20 - 0.40                     |
| ค่า $C_2$ การยุบตัวของตัวเข็ม        | $\frac{R_u \cdot L}{A \cdot E}$ |
| ค่า $C_3$ การยุบตัวของดินรอบเข็ม     | 0.25                            |

### 3.2 การหาแรงต้านเสาเข็มโดยวิธีสแตติกส์

จะเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ โดยจะทำการเจาะสำรวจและทดสอบคุณสมบัติของดินบริเวณทำการตอกหรือเจาะเสาเข็ม เพื่อที่จะให้ทราบลักษณะชั้นดิน

หลักการของการคำนวณ จะสมมติให้เข็มรับแรงต้านถึงจุดสูงสุด คือ ดินโดยรอบหรือได้เข็มมีการพังแล้ว แล้วจึงคำนวณกลับไปว่า น้ำหนักบรรทุกเท่าใดที่เข็มสามารถรับได้ ,  $P_u$  สามารถเขียนตัวแปรคือ

$$P_u = f(c, \phi, \gamma, B, L, \text{อื่นๆ}) \quad (3.2.)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} c &= \text{ความเหนียวของดิน} \\ \phi &= \text{มุมเสียดทานภายในของดิน} \\ \gamma &= \text{ความหนาแน่นของชั้นดิน} \\ B &= \text{ขนาดของเสาเข็ม} \\ L &= \text{ความยาวของเสาเข็ม} \end{aligned}$$

เมื่อนำไปออกแบบต้องหารด้วย อัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.)

$$P_a = \frac{P_u}{F.S.} \quad (3.3.)$$

$$\text{เมื่อ } F.S. = 2.0 - 3.0 \quad (3.4.)$$

ในกรณีที่พิจารณาน้ำหนักของเสาเข็มร่วมด้วย ต้องหักน้ำหนักของเสาเข็มออก

$$P_a = \frac{(P_u - W)}{F.S.} \quad (3.5.)$$

### 3.3 การหาแรงต้านเสาเข็มโดยข้อมูลจากการตอกทดลอง

ในโครงการก่อสร้างขนาดกลางและขนาดเล็ก การเจาะสำรวจดินและเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบนั้นจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก การสำรวจดินจะใช้ วิธีการตอกทดลอง(Standard Penetration Test) โดยการวัดแรงต้านของชั้นดินต่อการตอกหัวหยั่งด้วยลูกตุ้มซึ่งมีระยะมาตรฐานผลคือจำนวนครั้งของการตอกให้หัวจมลง 30 ซม. หรือ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ 39 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่า  $N$  มา สามารถหาค่าแรงดันของเสาเข็มได้ 2 ลักษณะ คือ

- นำค่า  $N$  ไปแปลงเป็นค่าประมาณของ  $N$  หรือ  $\phi$  โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางสถิติของข้อมูลที่มีอยู่แล้ว และคำนวณด้วยวิธีสถิติ

- นำค่า  $N$  ไปออกแบบโดยตรง โดยวิธีของ Japan Road Association

การออกแบบโดยนำค่า  $N$  หรือ  $\phi$  ไปเทียบข้อมูล

- เขียนลักษณะดินและค่า  $N$  ตามความลึก ดังรูป
- แบ่งชั้นดินเป็นชั้นดินเหนียวหรือดินทราย
- แปลงค่า  $N$  ไปเป็น  $c$  สำหรับชั้นดินเหนียว  
 $N$  ไปเป็น  $\phi$  สำหรับชั้นดินทราย
- ใช้ค่า  $c$  และ  $\phi$  ไปคำนวณแรงดัน

# SOIL TEST BORING SYMBOLIC LOG WITH MONITOR WELL INSTALLATION NOTES

PROJECT: Groundwater study

DATE: 6/2/95

BORING NO. B-1

ELEVATION: 696.3

BORING LOCATION: 25N 35W

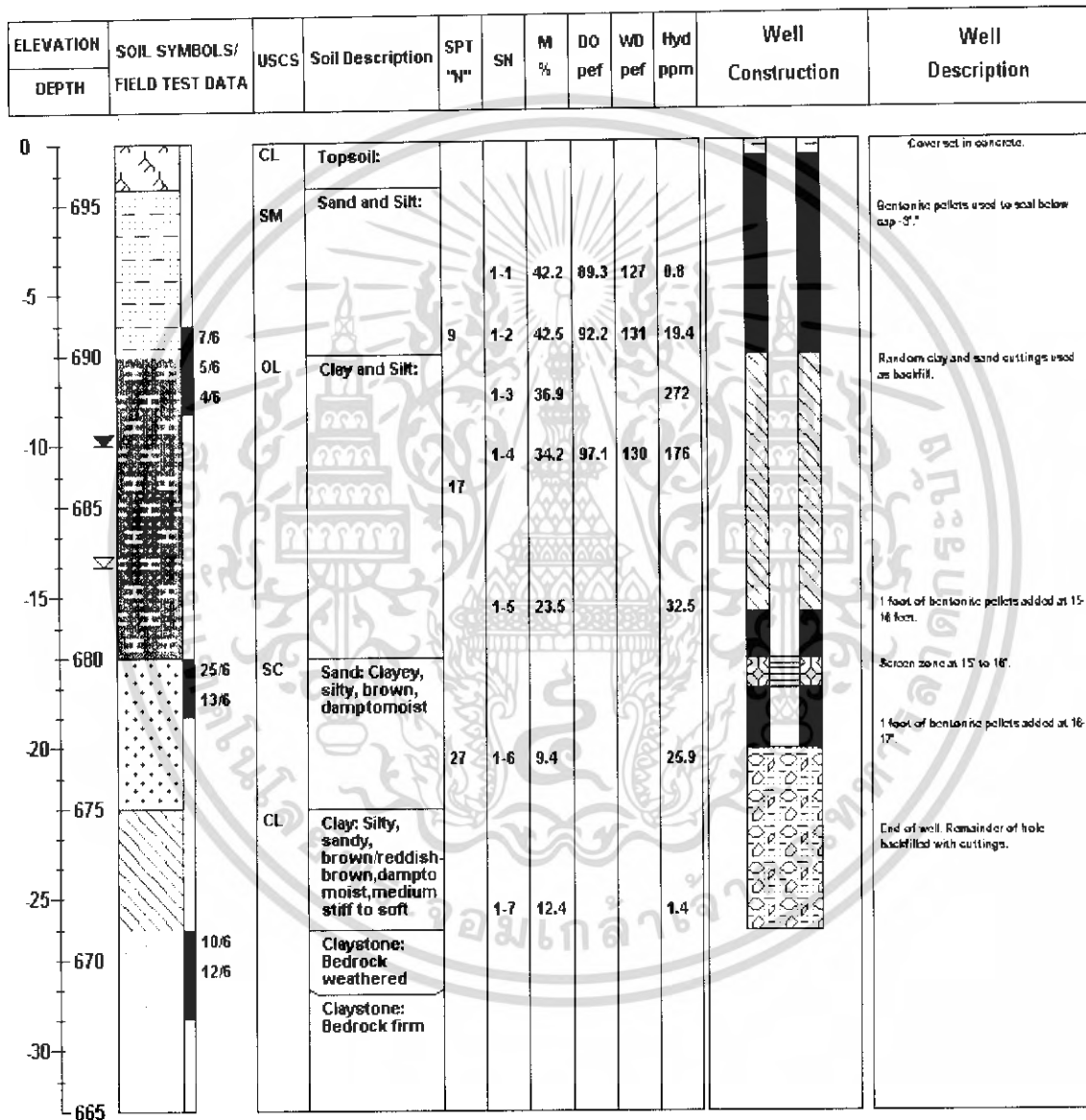
METHOD OF DRILLING: 6" Hollow Stem Auger

NOTES: Clear weather, sunny, 65°

RECORD OF WATER DEPTH CHECKS: none

CAVING DEPTH: none

ARTIFICIAL FILL DEPTH: none



รูปที่ 3.18. แสดงข้อมูลดินที่ทำการเจาะสำรวจ

การออกแบบโดยวิธี Japan Road Association

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีนี้ให้ค่า F.S. ค่อนข้างสูง คือ 3.0-4.0 โดยมีหลักการคล้ายกับ

วิธีสแตติกส์

$$Q_u = q_u \cdot A_p + P \cdot \sum l_i + f_i \quad (3.6.)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} Q_u &= \text{หน่วยแรงต้านสูงสุดที่เสาเข็ม, } \frac{T}{m^2} \\ A_p &= \text{พื้นที่หน้าตัดเข็ม, } m^2 \\ l_i &= \text{ความยาวเส้นรอบรูปประสิทธิภาพของเข็ม, } m \\ f_i &= \text{หน่วยแรงฝืดที่ผิวเข็มดินแต่ละชั้น, } \frac{T}{m^2} \end{aligned}$$

การสังเกตเข็มถึงระดับก็คือการสิ้นสุดของการตอกเสาเข็มนั่นเอง สามารถดูได้จากการตอกว่าลงลึกไปเท่าไร ถึงชั้นดินที่ต้องการหรือยังและดูว่าจำนวน BLOW COUNT ได้ตามกำหนดหรือไม่ ในบางครั้งเมื่อเราตอกลงไปถึงชั้นดินหรือความลึกที่ต้องการแล้วแต่จำนวน BLOW COUNT ไม่ได้ตามต้องการ ดังนั้นเราจะต้องตอกเสาเข็มลงไปจนกว่าจะได้จำนวน BLOW COUNT ตามที่ต้องการ ในกรณีที่ตอกเสาเข็มลงไปหมดแล้วแต่ยังไม่ได้จำนวน BLOW COUNT ตามที่ต้องการก็จำเป็นต้องตอกเสาเข็มอีกและตอลงไปจนกว่าจะได้จำนวน BLOW COUNT ที่กำหนด ในบางครั้งเข็มไม่อาจจะตอกลงไปจนถึงชั้นดินแข็ง เมื่อตอกลงไปอาจทำให้เสาเข็มหักได้ในกรณีนี้อาจจะหยุดตอกได้ แต่ต้องตรวจสอบดูว่าเสาเข็มนั้นตอกลงไปถึงชั้นดินไหนแล้ว โดยจะเทียบกับผล BORING ถ้าเป็นผลที่น่าพอใจก็หยุดตอกได้ แต่ถ้าไม่เป็นที่น่าพอใจก็จำเป็นต้องตอกลงไปอีก แต่การตอกจะใช้ความสูงในการปล่อยลูกตุ้มน้อยลง

#### 4. การเคลื่อนย้ายปั้นจั่น

การเคลื่อนย้ายปั้นจั่นเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง คือ เวลาที่ใช้ในการตอกเสาเข็มทั้งหมดจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลำดับการเคลื่อนย้ายปั้นจั่น ดังนั้นต้องมีการวางแผนการตอกเสาเข็มว่าจะตอกตัวไหนก่อนและลำดับถัดไป ในการเคลื่อนย้ายปั้นจั่นนั้นจะต้องอาศัยลวดสลิงที่ใช้ยกลูกตุ้มเหล็ก โดยจะเอาลวดสลิงมาคล้องที่รอกที่ติดอยู่กับปั้นจั่นเหนือรางเหล็กและสอดผ่านไปคล้องกับปลายของรางเหล็กในทิศทางที่ต้องการเคลื่อนย้ายปั้นจั่นไป ค่อยจากนั้นก็ทำการดึงลวดสลิงที่เครื่องตอก ลวดจะดึงรางเหล็กโดยผ่านรอกแต่รอกนี้ติดอยู่กับปั้นจั่นจึงเสมือนกับปั้นจั่นดึงตัวเองไป การทำลักษณะนี้รอกที่ติดกับปั้นจั่นจะต้อง

มีความแข็งแรงพอและวัสดุสิ่งที่ดีกับรางเหล็กจะต้องแน่นพอสมควร การเคลื่อนย้ายปั้นจั่นโดยวิธีนี้จะใช้เคลื่อนย้ายได้ในระยะทางใกล้ๆ และเป็นแนวเดียวกับรางเหล็กที่ปั้นจั่นตั้งอยู่



เมื่อ

|            |   |                                             |
|------------|---|---------------------------------------------|
| $W_{\max}$ | = | น้ำหนักมากที่สุดของลูกตุ้ม , ตัน            |
| A          | = | พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม , ซม. <sup>2</sup> |
| B          | = | ระยะกว้างของเสาเข็ม , ซม.                   |
| H          | = | ระยะยกลูกตุ้ม , ซม.                         |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5. แสดงน้ำหนักน้อยสุดของลูกตุ้ม

| ความยาวของเสาเข็ม (เมตร) | $W_{min}$ (ตัน) |
|--------------------------|-----------------|
| น้อยกว่า 15              | P               |
| 15 – 18                  | $\frac{3}{4}$ P |
| มากกว่า 18               | $\frac{1}{2}$ P |
| P = น้ำหนักเสาเข็ม       |                 |

### ระยะขยกลูกตุ้ม

สำหรับ Drop Hammer ระยะสูงของการขยกลูกตุ้มตอกควรยกต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในขณะที่เริ่มตอกในระยะที่เสาเข็มจมง่าย ทั้งนี้เพื่อป้องกันหัวเสาเข็มชำรุดโดยทั่วไปแล้วจะขยกลูกตุ้มตอกสูงประมาณ 3 ฟุต (90 ซม.) และไม่ควรมากเกิน (2.40 เมตร) 8 ฟุต หรือใช้สมการหาน้ำหนักลูกตุ้มมากที่สุด

### ข้อปฏิบัติในการตอกเสาเข็ม

1. จะต้องมีการรอบหัวเสาเข็ม และหมอนรองรับหัวเสาเข็ม กันเสาเข็มแตก
2. การกระแทกของลูกตุ้มตอกบนหัวเสาเข็มจะต้องลงเต็มหน้าและได้ฉากกับแกนของเสาเข็ม
3. ต้องหยุดการตอกเสาเข็มให้ทันทีก่อนที่จะเสาเข็มจะเสียหายเพราะ Overdriving เมื่อปรากฏการณ์ในขณะตอกเสาเข็มดังต่อไปนี้
  - เสาเข็มมีอาการสั่นและสะบัดไถลระดับผิวดิน
  - ลูกตุ้มตอกเด้งขึ้นโดยเสาเข็มไม่ทรุดจมเลย
  - หัวเสาเข็มแตกทั้งที่ทำการตอกตามปกติ
4. ต้องหยุดการตอกทันทีที่การทรุดตัวของเสาเข็มแสดงถึงความต้านทานการตอกสูงพอความต้องการ เมื่อผลการตอกเป็นดังนี้
  - เสาเข็มไม้ 4 – 5 blows ต่อนิ้ว
  - เสาเข็มคอนกรีต 6 – 8 blows ต่อนิ้ว
  - เสาเข็มเหล็ก 12 – 15 blows ต่อนิ้ว
5. ลักษณะของเสาเข็มที่ตอกซึ่งแสดงว่าชำรุดเสียหายแล้ว มีลักษณะอาการให้เห็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทรุดตัวของเสาเข็มขณะตอกเพิ่มขึ้นทันที หรือขึ้นๆ ลงๆ ขณะที่ลักษณะของชั้นดินไม่อำนวยให้เป็นเช่นนั้น

- เสาเข็มเปลี่ยนทิศทางทันทีทันใด

6. ในการตอกเสาเข็มจำนวนมากๆ ภายในบริเวณที่ก่อสร้างนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งของห้องใต้ดิน เมื่อตอกเสาเข็มเสร็จใหม่ๆ แล้วไม่ควรขุดดินทันที ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน ทั้งนี้ เพราะดินเมื่อถูกเสาเข็มตอกจะถูกรบกวน (disturbed) ทำให้ค่า Shear Strength ของดินลดน้อยลง ซึ่งจะกลับคืนกำลังประมาณ 90 % ภายใน 30 - 50 วัน ดังนั้น หากรีบทำการขุดดินจะเกิดการเลื่อนไถลของดิน ทำให้เสาเข็มที่ตอกไว้แล้วเสียหายได้
7. การตอกเข็มกลุ่มให้ตอกเสาเข็มจากคั่นกลางกลุ่มออกไป

### ความลึกของเสาเข็มที่จมดิน

1. เสาเข็มจะต้องตอกให้จมดินไม่น้อยกว่า 3 เมตร (10 ฟุต) ในชั้นดินแข็ง และไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของ ความยาวของเสาเข็ม หรือ 6 เมตร (20 ฟุต) ในชั้นดินอ่อน
2. สำหรับเสาเข็ม Friction Piles ตอกลงในชั้นดินประเภทต่าง ๆ กัน ซึ่งคาดว่าจะตอกจมลงไปได้นั้น ได้แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3.6. แสดงความลึกที่คาดว่าจะตอกเสาเข็มลงไปในดินได้

| ชั้นวัสดุ     | ความลึกที่คาดว่าจะตอกเข็มลงได้ |                | หมายเหตุ      |
|---------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| ทรายสะอาดแน่น | เล็กน้อย                       |                | ปกติใช้น้ำฉีด |
| ทรายอื่น ๆ    | 20 ฟุต                         | หรือ 6 เมตร    |               |
| ดินปนทราย     | 30 ฟุต                         | “ 9 เมตร       |               |
| ดินล้วน ๆ     | 35 ฟุต                         | “ 10 เมตร      |               |
| ดินปนซิลท์    | 45 ฟุต                         | “ 13.50 เมตร   |               |
| ซิลท์ปนโคลน   | 50 - 100 ฟุต                   | “ 15 - 30 เมตร |               |

## ผลกระทบจากการตอกเสาเข็ม

การตอกเสาเข็มในดินเหนียว (Cohesive Soil) เกิดผลกระทบดังนี้

1. เกิดปริมาตรเสาเข็มแทนที่ (Pile Volume displacement) ทำให้ดินบริเวณพื้น 2-5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มเสียรูปและ pore pressure มีค่าเพิ่มขึ้นและจะกลับคืนประมาณ 30 วัน ค่า Shear Strength และ Skin resistance ในบริเวณนี้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลของ Consolidation เมื่อ pore pressure ลดลง
2. เมื่อเสาเข็มตอกผ่านชั้นกรวด ไปยัง ชั้นดินเหนียว เข็มจะพาเอากรวดเข้าไปในดินเหนียวลึกประมาณ 20 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม ซึ่งจะเพิ่มค่า Skin friction
3. เสาเข็มเมื่อตอกผ่านชั้นดินเหนียวแข็ง ที่อยู่ด้านใต้ของชั้นดินเหนียวย่อย ชั้นดินเหนียวแข็งจะแตกและดินเหนียวย่อยจะเข้าไปในรอยร้าว เนื่องจากการตอกระหว่างเสาเข็มใน ความลึกประมาณ 20 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม ผลกระทบนี้ไม่ร้ายแรง เพราะดินอัดเข้าไปในรอยแตก ซึ่งจะให้ค่า adhesion สูงกว่า ดินเหนียวย่อย ข้างบน
4. เสาเข็มตอกในดินเหนียวแข็งจะเกิดรอยแตกที่ผิวหน้าและด้านข้างของเสาเข็มลึกประมาณ 20 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม ทำให้ค่า adhesion ในช่วงนี้ไม่มี ปกติแล้วใน ความลึก 1.2-1.8 เมตร จากหัวเสาเข็มจะไม่คิดค่า Skin resistance capacity
5. เมื่อตอกเสาเข็มลงในดินเหนียว โดยทั่วไปจะทำให้เกิดการปูดของผิวดิน (Heave) หรือเกิดการแทนที่ การปูดขึ้นของดินหากเป็น plastic Soil แล้วอาจสูงขึ้นเป็นฟุตได้ การปูดของ ดินนี้อาจจะทำให้เกิดการทรุดตัวติดตามมาก็ได้ หลังจากตอกเสาเข็มเสร็จแล้ว เสาเข็มที่ถูกยกตัว ลอยขึ้น เพราะการปูดของดินจะต้องตอกย่ำลงไป และเพื่อเป็นการป้องกันการปูดของดินการ ตอกเสาเข็มควรเริ่มตอกบริเวณกึ่งกลางออกไปยังริมบริเวณก่อสร้าง

ในประเทศไทยผลการตอกเสาเข็มในชั้นดินเหนียวบริเวณกรุงเทพ จะเกิดผลกระทบพอสรุปได้ดังนี้

1.การสั่นสะเทือนของการตอกเข็มทำให้กำลังของดินเสียไปประมาณ 28% ของ Undisturbed Strength ซึ่งวัดโดย field vane test

2.ระยะที่กระทบกระเทือนต่อ Undrain Shear Strength นั้น ห่างจากผิวเสาเข็มโดยประมาณ เท่ากับระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม

3. กำลังของดินที่เสียไปจะกลับคืนมา หลังจากการตอกเสาเข็มแล้ว 14 วัน

4. Induced pore pressure จะมีค่าสูงสุดภายในบริเวณ local Shear failure Zone

5. โดยส่วนใหญ่แล้ว excess pore pressure จะกระจายออกไปหมดภายใน 1 เดือน หลังจากที่ถูกตอกเข็มแล้ว

## การทดสอบเสาเข็ม

### 1. การทดสอบแบบมาตรฐาน (STANDARD LOADING)

1. น้ำหนักที่กระทำลงบนหน้าตัดของเสาเข็มทดสอบต้องตั้งฉากและอยู่ในแนวตั้ง
2. น้ำหนักทดสอบสูงสุดเป็น 2 เท่า ของน้ำหนักที่ออกแบบเสาเข็มแต่ละต้น (DESIGN LOAD)
3. เพิ่มน้ำหนักทดสอบเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 และ 200 ของน้ำหนักที่ออกแบบ
4. ในแต่ละขั้นตอนให้รักษาน้ำหนักไว้จนครบ 1 ชั่วโมง อ่านและบันทึกค่าการทรุดตัวที่ 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40 และ 60 นาที ตรวจสอบอัตราการทรุดตัวของเสาเข็ม ซึ่งต้องไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง จึงจะเพิ่มน้ำหนักขั้นตอนต่อไป ในกรณีที่รักษาน้ำหนักไว้ครบ 1 ชั่วโมง แล้ว อัตราการทรุดตัวของเสาเข็มยังสูงกว่า 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ให้รักษาน้ำหนักนั้นไว้อีก 1 ชั่วโมง อ่านและบันทึกค่าการทรุดตัวของเสาเข็มทุก ๆ 20 นาที เมื่อครบชั่วโมงที่ 2 แล้วอัตราการทรุดตัวของเสาเข็มไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ก็ให้เพิ่มน้ำหนักขั้นตอนต่อไปได้ หากอัตราการทรุดตัวของเสาเข็มยังสูงกว่า 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงอีก ให้ถือว่า การทดสอบนั้นล้มเหลวหรือถึงจุดวิบัติแล้ว

5. เมื่อเพิ่มน้ำหนักถึง 2 เท่าของน้ำหนักที่ออกแบบแล้ว และเสาเข็มทดสอบไม่ถึงจุดวิบัติให้คงน้ำหนักไว้ 24 ชั่วโมงอ่านและบันทึกค่าการทรุดตัวตามช่วงเวลาที่กำหนด หากอัตราการทรุดตัวไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ให้ดำเนินการตามข้อ 6. แต่ถ้าอัตราการทรุดตัวยังสูงกว่า 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ก็ให้รักษาน้ำหนักนั้นไว้อีก 24 ชั่วโมง อ่านและ

บันทึกค่าการทรุดตัวตามช่วงเวลาที่กำหนดต่อไปอีก ถ้าอัตราทรุดตัวไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรต่อ ชั่วโมงให้ดำเนินการตามข้อ 6. หากอัตราการทรุดตัวในช่วง 24 ชั่วโมงหลัง ยังสูงกว่า 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ให้ถือว่าการทดสอบนั้นล้มเหลว หรือถึงจุดวิบัติแล้ว การอ่านและบันทึกค่าการทรุดตัวช่วง 24 ชั่วโมงแรก และ 24 ชั่วโมงหลัง ดังนี้

- ทุก ๆ 20 นาที สำหรับช่วงเวลา 2 ชั่วโมงแรก
- ทุก ๆ 1 ชั่วโมง สำหรับช่วงเวลา 10 ชั่วโมงต่อมา
- ทุก ๆ 2 ชั่วโมง สำหรับช่วงเวลาที่เหลือ

6. ทำการลดน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมงให้เหลือเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 150, 100, 50 และ 0 บันทึกการคืนตัวทุก ๆ 10 นาทีและเมื่อลดน้ำหนักหมดแล้ว ให้อ่านต่อไปทุก ๆ ชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง หรือการคืนตัวคงที่

7. ต้องอ่านค่าจากมาตรวัดการทรุดตัวทุกตัวและทุกครั้งก่อนและหลังที่มีการเปลี่ยน น้ำหนัก

## 2. การทดสอบถึงจุดวิบัติ (LOADING TO FAILURE)

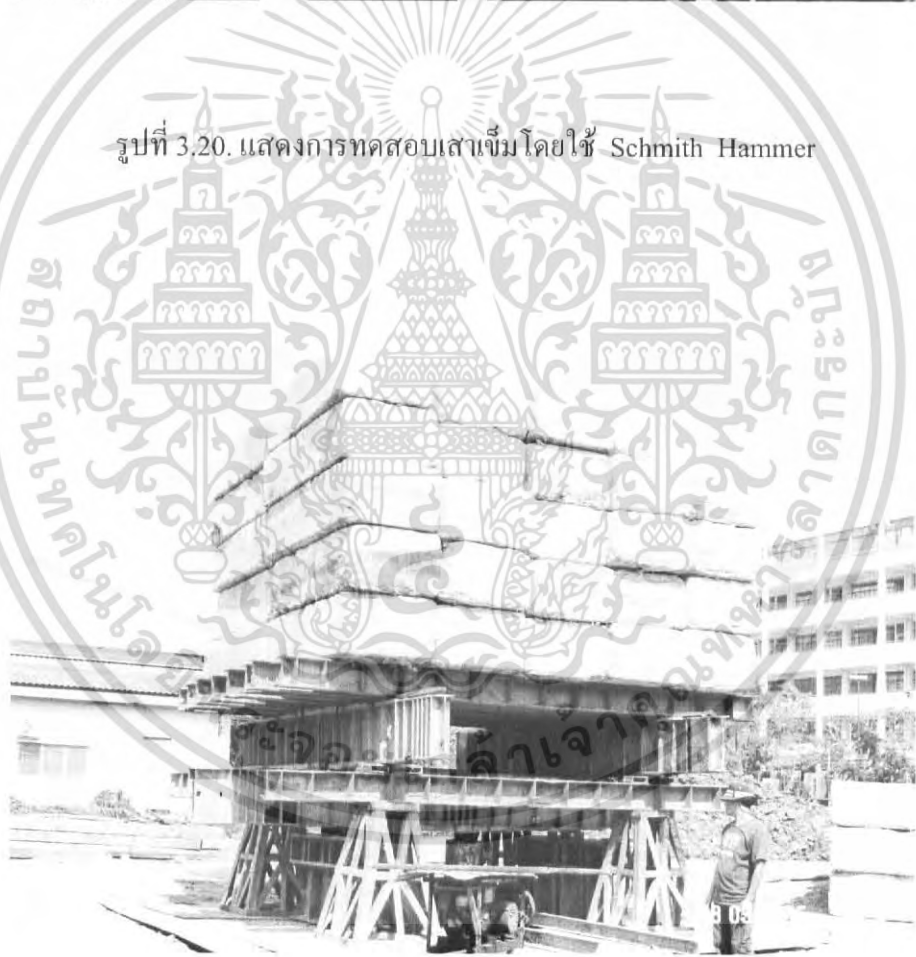
1. ชุดทดสอบต้องมีสมรรถนะใช้งานได้อย่างน้อย 3 เท่า ของค่าน้ำหนักที่ออกแบบ
2. ก่อนดำเนินการทดสอบถึงจุดวิบัติ ให้ทำการทดสอบตามข้อ 4 ก่อน
3. การทดสอบถึงจุดวิบัติให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นตอน ดังนี้
  - 3.1 เพิ่มน้ำหนักร้อยละ 50 ของน้ำหนักที่ออกแบบ และรักษาน้ำหนักไว้ 20 นาที
  - 3.2 เพิ่มน้ำหนักอีกร้อยละ 10 ของน้ำหนักที่ออกแบบทุก ๆ 20 นาที จนกว่าจะเกิดการวิบัติของเสาเข็มทดสอบ หรือชุดทดสอบ
4. ดำเนินการบันทึกผลการทดสอบตามข้อ 7 ของการทดสอบแบบมาตรฐาน และต้องอ่านค่าการทรุดตัวที่ 1, 5, 10, 15 และ 20 นาที

### 3. การทดสอบเป็นวงจร (CYCLIC LOADING)

1. วงจรที่หนึ่งให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 25 และ 50 ของน้ำหนักที่ออกแบบไว้แต่ละขั้นตอนการเพิ่มน้ำหนักให้ดำเนินการตามข้อ 4 ของการทดสอบแบบมาตรฐาน และเมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้ว จึงลดน้ำหนักลงทุก ๆ ชั่วโมง เป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 50 และ 0
2. วงจรที่สอง ให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักที่ออกแบบไว้แต่ละขั้นตอนการเพิ่มน้ำหนักให้ดำเนินการตามข้อ 4 ของการทดสอบแบบมาตรฐาน และเมื่อรักษาน้ำหนักไว้ครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ให้ทำการลดน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมงเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 50, 25 และ 0
3. วงจรที่สาม ให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 25, 50, 75, 100, 125, 175 และ 200 ของน้ำหนักที่ออกแบบไว้แต่ละขั้นตอนของการเพิ่มน้ำหนักให้ดำเนินการตาม ข้อ 4 ของการทดสอบแบบมาตรฐาน และเมื่อรักษาน้ำหนักไว้ครบ 24 ชั่วโมงแล้ว ให้ทำการลดน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมงเป็นขั้นตอนดังนี้ ร้อยละ 150, 100, 50 และ 0
4. การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้นตอนให้รักษาน้ำหนักไว้จนครบ 2 ชั่วโมง หรือในชั่วโมงแรก อัตราการทรุดตัวไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง แล้วแต่กรณีใดจะเกิดขึ้นก่อนจึงจะเพิ่มน้ำหนักขึ้นต่อไป
5. บันทึกค่าการทรุดตัวทุกครั้งก่อนหรือหลังการเปลี่ยนน้ำหนักให้อ่านค่าที่ 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 นาที และทุกๆ 20 นาที
6. เมื่อเพิ่มน้ำหนักตามข้อ 6.2 หรือ 6.3 จนถึงร้อยละ 100 หรือ 200 แล้ว เสาเข็มไม่ถึงจุดวิกฤติในขณะรักษาน้ำหนักไว้ให้บันทึกค่าการทรุดตัวของเสาเข็มทุก ๆ 20 นาที สำหรับช่วงเวลา 2 ชั่วโมงแรก  
ทุก ๆ 1 ชั่วโมง สำหรับช่วงเวลา 10 ชั่วโมงต่อมา  
ทุก ๆ 2 ชั่วโมง สำหรับช่วงเวลาที่เหลือ



รูปที่ 3.20. แสดงการทดสอบเสาเข็มโดยใช้ Schmith Hammer



รูปที่ 3.21. แสดงการทดสอบเสาเข็ม โดยวิธี Static Load Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 50:ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22. แสดงการหาค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม



รูปที่ 3.23. แสดงการวัดค่าการทรุดตัวของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 51 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.2 เสาเข็มเจาะ

เสาเข็มเจาะ แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

- 1.เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 70 ซม. ขึ้นไป มีความลึกปลายเสาเข็มไม่น้อยกว่า 40.00 ม. จากระดับผิวดิน
- 2.เสาเข็มเจาะขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 60 ซม. ลงมา

#### เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ที่ใช้งานกันส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร และลึก 50 ถึง 60 เมตร ซึ่งจะมีน้ำใต้ดินรบกวน การทำงานจึงเป็นระบบเปียก (WET PROCESS) คือการใช้ DRILLING LIQUID เพื่อรักษาสภาพรูเจาะไม่ให้พังโดยใช้สารละลาย เบนโทไนท์หรือโพลิเมอร์เป็นตัวป้องกันการหล่อเสาเข็มทำโดยวิธีการเทคอนกรีตได้น้ำ เครื่องมือในการทำงานจะมีขนาดใหญ่มีดังนี้ หัวเจาะแบบสว่าน(AUGER) หัวเจาะแบบถัง(BUCKET)

ปลอกเหล็ก(CASING)เครื่องกดและถอนปลอกเหล็ก(VIBRO HAMMER) ท่อเทคอนกรีต (TREMIE เครื่องแยกทราย(DESANDER) เครื่องผสมและเก็บสารละลาย รถปั้นจั่น อเนกประสงค์ (SERVICE CRANE)

เสาเข็มเจาะขนาด 1.20 และ 1.50 เมตร อาจคำนวณออกแบบให้รับน้ำหนักปลอดภัยได้ถึง 750 และ 900 ตัน ตามลำดับ จึงต้องทดสอบเสาเข็มก่อนใช้งานด้วยวิธี LOAD TEST เป็นจำนวนอย่างน้อย 1 ตัน เสาเข็มที่เหลืออาจทดสอบด้วยวิธี SEISMIC TESTจำนวนหนึ่งในสาม หรือทดสอบทุกต้น เพื่อตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ให้แน่ใจในความแข็งแรงปลอดภัยต่อการรับน้ำหนักตัวอาคาร และใช้งานได้ในระยะยาวตามต้องการ

ก่อนการเจาะเราต้องทดสอบความสามารถของน้ำยาก่อนว่ามีคุณสมบัติเพียงพอหรือไม่และต้องทำให้ได้มาตรฐานก่อนการนำไปใช้งาน โดยน้ำยาที่ใช้มี 2 ชนิด คือ

1.น้ำยาเบนโทไนท์

2.น้ำยาโพลิเมอร์

## 1. น้ำยาเบนโทไนต์

### **การตรวจสอบน้ำยาเบนโทไนต์**

การตรวจสอบคุณสมบัติของเบนโทไนท์ก่อนการใช้งานสารเบนโทไนท์จะผลิตและจำหน่ายในรูปของผงละเอียดเป็นถุงๆ ละ 50 กิโลกรัม มีคุณสมบัติคือน้ำได้ดี แต่ละอุนภาจะพองตัวเบียดกัน ทำให้น้ำไหลผ่านอนุภาคได้ยาก ใช้สำหรับป้องกันผนังรูเจาะไม่ให้พังทลาย โดยผสมน้ำแล้วใส่ลงในรูเจาะขณะเจาะดินด้วยระบบเปียก น้ำสารละลายจะช่วยไม่ให้ดินไหลผ่านรูเจาะ และรูเจาะจะไม่เกิดการพังทลาย ด้วยเหตุนี้ จึงต้องตรวจสอบคุณสมบัติก่อนการใช้งาน ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ความเป็นกรดค่า และปริมาณที่ทรายเจือปน

### **คุณลักษณะเฉพาะของสารละลายเบนโทไนท์**

เมื่อผงเบนโทไนท์ถูกนำมาผสมกับน้ำสะอาดและกวนให้แตกตัวแล้วจะกลายเป็นสารละลายเป็นโทไนท์ที่มีความหนืด (Viscous Slurry) และหากปล่อยให้อยู่นิ่งๆ ในระยะเวลาหนึ่ง ( เรียกว่า Exposure time หรือ Contact Time ) ความเหนียวหนืดจะเพิ่มมากขึ้น (Thick) แต่ความเหนียวหนืดนี้จะลดลง (Thin) เมื่อสารละลายถูกกวนให้ปั่นป่วน (Agitation) ปรากฏการณ์เฉพาะนี้เรียกว่า Thixotropy Characteristic สาเหตุมาจากเมื่อสารละลายเป็นโทไนท์ที่อยู่นิ่งๆ นั้นประจุไฟฟ้าในอนุภาคเล็กของผงเบนโทไนท์จะดึงดูดซึ่งกันและกันก่อตัวเป็นโครงสร้างของอนุภาคแขวนลอยคล้ายเมือกวุ้น (Gel) เมื่อเมือกวุ้นนี้ถูกกวน (Agitated) จะทำให้ประจุไฟฟ้าที่ดึงดูดกันอยู่ถูกทำลายลงทำให้โครงสร้างอนุภาคแขวนลอยที่เป็นเมือกวุ้นเกิดการแยกตัว (Disperse) กระจัดกระจายทำให้สารละลายกลับเป็นของเหลว (Fluid) 'ไกล'ได้อีก

### **คุณสมบัติของสารละลายเป็นโทไนท์ในแต่ละขั้นตอนของการก่อสร้าง**

เสาเข็มระบบเจาะเปียกโดยใช้สารละลายเป็นโทไนท์ช่วยในการขุดเจาะได้รับการพิสูจน์ว่า ได้ผลดีมาแล้วเป็นเวลานาน มีเพียงส่วนน้อยที่เกิดปัญหาและมีคุณภาพต่ำ Hutchison et al ได้สรุปไว้ว่า สารละลายเป็นโทไนท์มีหน้าที่ หลายประการ คือ

- ก) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ผนังรูเจาะพังโดยการสร้างแรงดันด้านไว้
- ข) คงอยู่ในหลุมเจาะจนกว่างานก่อสร้างจะเสร็จโดยไม่ไหลซึมหายเข้าไปในชั้นดิน
- ค) สามารถลอยแขวนตะกอนดินจากการขุดเจาะไม่ให้ตกทับถมที่ก้นรูเจาะ

ง) สามารถถูกแทนที่โดยคอนกรีตที่เทผ่านท่อเทได้หมดโดยง่าย ซึ่งจะทำให้ได้แรงยึดหน่วงที่ดีระหว่างคอนกรีตผิวเสาเข็มกับผนังรูเจาะ

จ) สามารถแยกเศษดินทรายที่ลอยแขวนออกอยู่ได้ด้วยการร่อนผ่านตะแกรง ทำให้สามารถนำกลับมาใช้ได้

ฉ) สามารถปั๊มสูบได้โดยง่าย

จะเห็นว่าคุณสมบัติข้อ ก) ถึง ค) ต้องการสารละลายที่หนืดและเหนียว (Thick slurries) ขณะที่คุณสมบัติข้อ ง) ถึง จ) ต้องใช้สารละลายที่เบาและไม่เหนียว (Fluid slurries) แต่สารละลายเป็นโพลิเมอร์สามารถทำน้ำที่ทุกชั้นตอนอย่างได้ผลนั้นมีความเป็นไปได้ด้วยการควบคุมที่ดี ดังนั้นในระหว่างการก่อสร้างจะเป็นต้องควบคุมคุณสมบัติของสารละลายให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการก่อสร้างในแต่ละชั้นตอนด้วยจึงจะได้สมรรถนะของเสาเข็ม ที่ดี

### การจับกันสารละลายเบนโทไนท์ที่ผนังรูเจาะ

ขณะที่สารละลายเบนโทไนท์สร้างแรงดันด้านไม่ให้รูเจาะพังยุบนั้นจะมีบางส่วนของสารละลายเบนโทไนท์แทรกซึมเข้าไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดทรายในชั้นดินทรายและเหลือน้ำเบนโทไนท์จากสารละลายจับตัวกันเป็นก้อน (Filter Cake) ที่ผนังรูเจาะที่ผนังรูเจาะ การก่อตัวและความหนาของ Filter Cake ก็จะหนาขึ้นด้วย หากไม่สามารถขจัดออกได้ในขั้นตอนการเทคอนกรีต ก็จะทำให้ค่าแรงเสียดทานผิวเสาเข็มและผนังรูเจาะลดลง Surface Filtration จะเกิดที่ผิวดินก่อนและแทรกซึมต่อเนื่องเข้าไปอุดช่องว่างในชั้นดินที่ลึกเข้าไปหนาหลายมิลลิเมตรหรืออาจถึงหลายเมตร (Rheological Blocking) เรียกว่า Deep Filtration หลังจากเสร็จสิ้นการเจาะแล้วสารละลายเบนโทไนท์ในรูเจาะต้องได้รับการทำความสะอาดเพื่อขจัด Filter Cake ที่ผนังรูเจาะและทดสอบคุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ที่เก็บจากกันหลุมก่อนเทคอนกรีต

หากมีการควบคุมคุณสมบัติอย่างถูกต้องใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติและเทคอนกรีตผ่านท่อเทอย่างถูกวิธีแล้ว Filter Cake ที่ผิวผนังรูเจาะจะสามารถถูกขจัดออกได้ แต่หากกระทำผิดขั้นตอนจนทำให้ Filter Cake ตกค้างอยู่จะทำค่าแรงเสียดทานของเสาเข็มลดลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณ Filter Cake ที่หลงเหลืออยู่ที่ผิวผนังหลุมเจาะนั่นเอง

## ผลกระทบเนื่องจากเวลาก่อสร้าง

เป็นที่ยอมรับกันว่าหากเวลาในการก่อสร้างเสาเข็มแต่ละต้นสั้นลงมาเท่าใดก็จะสามารถได้สมรรถนะของเสาเข็มดีขึ้นเท่านั้นเนื่องจากระยะเวลาในการ Filter Cake มีโอกาสก่อตัวได้มากกว่าเวลาที่สั้นลงดังนั้นในการก่อสร้างต้องเตรียมการให้สามารถก่อสร้างได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วซึ่งได้มีการผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างต่อแรงเสียดทานผิวไว้ดังนี้

Water & Knight ทำการวิจัยและสรุปว่า หากปล่อยให้สารละลายเบนโทไนท์อยู่นิ่งๆโดยไม่ถูกรบกวน (Non Agitation) เป็นเวลานาน Filter Cake จะก่อตัวที่ผนังรูเจาะหนา

Framing ที่เสนอแนะว่าให้ทำการเทคอนกรีตเสาเข็มระบบเจาะเปียกให้แล้วเสร็จภายใน 24 ชั่วโมงหลังการขุดเจาะแล้วเสร็จ ข้อเสนอแนะข้างต้นค่อนข้างตรงไปตรงมาตรงกับการปฏิบัติจริงในสนาม เพราะในขณะทำการขุดเจาะสารละลายเบนโทไนท์จะถูกรบกวน (Agitated) ตลอดเวลา ทำให้ Filter Cake ก่อตัวช้าและน้อยหลังการขุดเจาะหรือทำความสะอาดสารละลายแล้วเสร็จ Filter Cake จะเริ่มก่อตัวมากเนื่องจากสารละลายเบนโทไนท์จะอยู่หนึ่งที่เรียกว่า Exposure Time หรือ Contact Time

มาตรฐาน ACI 336.1.94 แนะนำว่าไม่ควรปล่อยให้สารละลายในรูเจาะอยู่นิ่งๆโดยไม่มีการรบกวน (Non Agitation) นานเกินกว่า 4 ชั่วโมง หากเวลาระหว่างการขุดเจาะแล้วเสร็จจนถึงเวลาเริ่มเทคอนกรีตนานเกิน 24 ชั่วโมงต้องทำการขุดคว้านรูเจาะใหม่เพื่อครูด Filter Cake ให้หลุดออกแล้วทำความสะอาดสารละลายเบนโทไนท์จากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติสารละลายที่ก้นหลุมและปรับปรุงคุณสมบัติใหม่อีกครั้งให้ตรงตามข้อกำหนดก่อนการเทคอนกรีตจึงจะทำให้ได้แรงเสียดทานระหว่างผิวเสาเข็มกับผิวรูเจาะดีขึ้น

สำหรับผลกระทบเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะในชั้นดินกรุงเทพมหานครนั้น ได้มีผู้ทำการศึกษาย้อนมาบ้างเช่น Littlechild ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะต่อแรงเสียดทานที่ผิวของเสาเข็มในโครงการ Hopewell ซึ่งได้สรุปไว้ว่าถ้า Viscosity มีค่ามากกว่า 35 sec/quart ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการกล่าวถึงการคว้านรูเจาะใหม่หรือการควบคุมไม่ให้สารละลายเบนโทไนท์ในหลุมเจาะอยู่นิ่งๆนานกว่า 4 ชั่วโมงแต่อย่างใด

## ทำความสะอาดก้นหลุมและทดสอบสารละลายเบนโทไนท์

การเจาะดินจะมีเศษดินและตะกอนตกสะสมที่ก้นหลุมและสารละลายเบนโทไนท์จะข้นเหนียวไม่เหมาะที่คอนกรีตจะแทนที่ได้หมด จึงต้องทำความสะอาดก้นหลุมอาจใช้ Cleaning Bucket หรือระบบ Recycle เพื่อแยกตะกอนดินทรายออกจากสารละลายเบนโทไนท์และทำการเก็บตัวอย่างสารละลายที่ก้นหลุมขึ้นมาทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ขึ้นตอนนี้สำคัญเพราะหากก้นหลุมไม่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 55 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือสารละลายเหนียวหนักเกินไปคอนกรีตจะไล่แทนที่สารละลายได้ไม่หมด ทำให้แรงเบกทานที่ปลายเสาเข็มลดลงหรืออาจจะเกิด Soft toe การทำความสะอาดนี้เป็นขั้นตอนที่น่าเสียค่าและนำอันตรายที่พบว่ายังมีผู้ประกอบการหลายรายทั้งจากท้องถิ่นและจากต่างประเทศก่อสร้างลัดขั้นตอนโดยละเว้นไม่ปฏิบัติในขั้นตอนนี้ ทำให้พบว่าเสาเข็มที่ก่อสร้างแล้วมีสมรรถนะในการรับน้ำหนักต่ำกว่าปกติ

### การตรวจสอบคุณภาพของเบนโทไนท์

1.Density อยู่ระหว่าง 1.01-1.5 ตัน/ม<sup>3</sup>

2.viscosity อยู่ระหว่าง 30-50 วินาที

3.pH อยู่ระหว่าง 8-12

4.sand content ไม่เกิน 6%

ในการนำน้ำยาเบนโทไนท์ไปใช้งานนั้นจะต้องนำน้ำยาเบนโทไนท์ที่ต้องผสมไว้ก่อนการนำไปใช้งานอย่างน้อยเป็นเวลา 24 ชม.จึงจะนำไปใช้งานได้ น้ำยาเบนโทไนท์จะมีการอุ้มทรายได้ดีกว่า น้ำยา polymer จึงทำให้เสียเวลาในการ desand เป็นอย่างมาก น้ำยาเบนโทไนท์มีราคาที่ถูกกว่า polymer มาก

### การผสมน้ำยาเบนโทไนท์

ผสมน้ำ ด้วยสัดส่วนเบนโทไนท์ 50 kg:น้ำ 5 คิว เครื่องผสมน้ำยาเบนโทไนท์ที่มีลักษณะเป็นใบพัดเพื่อให้ยาเบนโทไนท์ นั้นผสมกับน้ำแล้วจึงจัดเก็บเข้าที่เก็บต่อไป

### การทดสอบความข้นเหลว

การทดสอบความหนืด ของสารละลายเบนโทไนท์ โดยใช้สารละลายเบนโทไนท์ให้เต็มกรวยมาตรฐาน แล้วจับเวลาการไหลออกจากกรวย จนถึงขอบแก้ว ซึ่งต้องมีช่วงเวลากการไหลอยู่ที่ระหว่าง 30-90 วินาที จึงนำไปใช้งานได้

### การทดสอบความเป็นกรดและเบส

การตรวจความเป็นกรดด่างของ โดยใช้กระดาษลิตมัสจุ่มลงในน้ำสารละลาย แล้วเทียบสี ระบุค่า pH กับสีที่ข้างกล่องจะต้องมีค่า pH = 8-12 ซึ่งเป็นข้อกำหนดคุณสมบัติในการใช้งานเบนโทไนท์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 56 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การหาความหนาแน่น

การหา density ของสารละลายเบนโทไนท์ อยู่ระหว่าง 1.01-1.5 ตัน/ม<sup>3</sup>

## แท้งค์เก็บน้ำยาเบนโทไนท์

หลังจากทำการ desand แล้วจะนำน้ำยาเบนโทไนท์ไปเก็บอยู่ในถังเก็บเพื่อรอการตรวจสอบและนำไปใช้ต่อไป

ลักษณะของน้ำยา เบนโทไนท์ หลังจากการใช้งาน

ลักษณะของน้ำยา เบนโทไนท์ ที่หลังจากผ่านการใช้งานแล้ว จะมีทรายผสมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะต้องมีทรายเจือปนได้ไม่เกิน 6%

## 2.น้ำยา POLYMER

### คุณสมบัติของสารละลาย polymer

- 1.Density อยู่ระหว่าง 1.01-1.5 ตัน/ม<sup>3</sup>
- 2.viscosity อยู่ระหว่าง 40-80 วินาที
- 3.pH อยู่ระหว่าง 8-12
- 4.sand content ไม่เกิน 1.04%

### ถังเก็บน้ำยา polymer

หลังจากที่สูบน้ำจากบ่อพักที่จะนำเข้าไปเก็บในถังและจะเติมน้ำยา polymer ลงไปผสมในถังเพื่อให้ได้ น้ำยา polymer ที่มีมาตรฐานตามการตรวจสอบต่างๆลักษณะของการเก็บน้ำยา polymer จะเก็บไว้ในถังเก็บ

### ลักษณะของน้ำยา polymer

ลักษณะของน้ำยา polymer จะมีลักษณะเป็นสีใสเหนียวและมีคุณสมบัติไม่หุ้มทรายทำให้การ desand เป็นไปรวดเร็วแต่มีราคาสูงกว่าการใช้ยาเบนโทไนท์แต่ประหยัดเวลาได้เร็วกว่ามาก

## การทดสอบความชื้นเหลว

จะทดสอบโดยการให้น้ำยาไหลผ่านกรวยลงในแก้วที่มีการทำระดับไว้แล้วเมื่อเริ่มปล่อยน้ำยาก็จะเริ่มจับเวลาจนน้ำมาถึงขีดของแก้วที่กำหนด การหาค่าชื้นเหลวของน้ำยา polymer จะยอมให้มีค่าความหนืดอยู่ที่ 40-80 วินาที

## การทดสอบกรดเบส

การหาค่า กรดเบสของน้ำยา polymer ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง pH 8-12

## การทดสอบความหนาแน่น

การหาความหนาแน่นของน้ำยา polymer จะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 1.01-1.5 หลังจากเราได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำยาแล้วก็จะนำไปใช้งาน แต่เมื่อหลังจากเราใช้งานแล้วเราจะต้องทำการ แยกทรายออกจากน้ำยาโดยใช้เครื่อง DESAN

## เครื่อง Desand

เครื่อง desand จะทำหน้าที่แยกทรายออกจากน้ำยาเพื่อที่จะนำน้ำยากลับไปใช้อีก

## การเจาะ

### ขั้นตอนการเจาะ

1. กดปลอกเหล็กในชั้นดินอ่อน
2. เจาะดิน
3. ใส่เหล็กเสริมเสาเข็ม
4. ลงท่อเทคอนกรีต
5. การเทคอนกรีต
6. ดึงปลอกเหล็กขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 58 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.การกดเหล็กปลอกในชั้นดินอ่อน

เมื่อได้ตำแหน่งเสาเข็มเจาะที่ถูกต้องตามแบบแล้ว จะต้องกดปลอกเหล็กลงไปตลอดชั้นดินอ่อน เพื่อป้องกันรูเจาะเป็นคอคอด ป้องกันน้ำและการพังของรูเจาะ สำหรับดินในกรุงเทพฯ ใช้ปลอกเหล็กยาวประมาณ 12-15 เมตร

### **เหล็กปลอก**

เหล็กปลอกมีลักษณะเป็นท่อกลวงมีขนาดความหนาประมาณ 1 นิ้ว โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-120 เซนติเมตร โดยก่อนการกดปลอกเหล็กจะต้องทำการขุดดินออกก่อนประมาณ 1-3 เมตร เพื่อให้กดปลอกดินได้สะดวก การกดเหล็กปลอกลงในชั้นดินต้องใช้เครื่อง ไวโบแฮมเมอร์

### **การตรวจดึงของเหล็กปลอก**

การตรวจดึงของเหล็กปลอกจะต้องทำโดยอาจใช้ระดับน้ำหรือกล้องตรวจสอบขณะกดเหล็กปลอกลงในดิน เพื่อควบคุมดึงของเสาเข็มให้อยู่ในกำหนด

### **การควบคุมตำแหน่งเหล็กปลอก**

จะทำขณะที่กำลังกดเหล็กปลอกลงไปดินโดยใช้ไม้ที่มีความยาวเท่ากันทาบจากหมุดบนดินไปยังด้านทั้งสองของปลอกเหล็ก

### **เครื่องไวโบแฮมเมอร์**

จะใช้ในการกดและถอนปลอกเหล็กโดยทำงานร่วมกับเครื่องอัดอากาศ โดยจะทำงานแบบกดแล้วเขย่าหรือดึงแล้วเขย่าโดยเครื่องนั้นจะเป็นระบบ”สโครลิก

## **2.การเจาะดิน**

หลังจากการกดบล็อกเหล็กเสร็จเรียบร้อยแล้ว เริ่มเจาะรูเสาเข็ม โดยปกติจะใช้สว่านเจาะเอาดินได้ตลอดความยาวที่ฝังเหล็กบล็อกไว้ ซึ่งสามารถทำงานเจาะดินได้ค่อนข้างรวดเร็ว เมื่อพบน้ำในรูเจาะ และลักษณะชั้นดินมีทรายรวมอยู่เป็นจำนวนมากขึ้น จะต้องเปลี่ยนหัวเจาะเป็นแบบถัง เพื่อให้สามารถเก็บดินที่เจาะขึ้นมาได้ ซึ่งในตอนนี้ต้องเติมสารละลายเบนโทไนท์หรือโพลิเมอร์ เพื่อป้องกันดินในรูเจาะพังทลาย การเจาะดินโดยใช้หัวเจาะแบบถังจะได้งานช้ากว่าการเจาะด้วยสว่าน

### **หัวเจาะดินแบบสว่าน**

จะเจาะดินในขณะที่ยังไม่มีน้ำใต้ดินในรูเจาะ การเจาะด้วยหัวเจาะแบบสว่านจะทำงานได้เร็วกว่าการใช้หัวเจาะแบบถัง

### **หัวเจาะแบบถัง**

ใช้สำหรับการเจาะระบบเปียกเมื่อเติมน้ำยาลงในรูเจาะแล้ว หัวเจาะแบบสว่านไม่สามารถใช้เจาะดินขึ้นมาได้ เพราะดินจะไม่เกาะหัวเจาะแบบสว่านจึงต้องใช้หัวเจาะแบบถัง

### **การเติมน้ำยาเบนโทไนท์ใส่ในหลุม**

เมื่อเจาะหลุมใส่เหล็กบล็อกลงไปเพื่อกันดินพังก็จะใส่น้ำยาเบนโทไนท์ลงไปในหลุมโดยการใส่น้ำยาจะใส่ให้ปริมาณของน้ำอยู่ในเหล็กบล็อกเพื่อกันดินพัง และจะคอยเติมเรื่อยๆเมื่อปริมาณของน้ำยาลดลงเพื่อไม่ให้ปริมาณของน้ำยาลดลงต่ำกว่าเหล็กบล็อก

เมื่อเราเจาะหลุมเจาะจนได้ขนาดความลึกตามที่กำหนดแล้วต่อไปก็จะเป็นการเช็คสภาพของหลุมเจาะโดยใช้เครื่องตรวจสอบสภาพหลุม

### **เครื่องตรวจสอบสภาพหลุม**

เครื่องตรวจสอบสภาพหลุม KODEN โดยจะใช้เชือกปร๊วงของหลุมโดยจะปล่อยหัวปล่อยลงที่กลางหลุมโดยหัวปล่อยจะใช้สัญญาณวิทยุสะท้อนมาที่ตัวรับสัญญาณที่หัวแล้วจะมีเครื่องพล็อตกราฟ

ออกมาทำให้ทราบว่าลักษณะหลุมเป็นอย่างไร เมื่อเจาะหลุมและได้ ลักษณะที่ถูกต้องแล้วต่อไปจะเป็น การใส่เหล็กเสริมลงในหลุมเจาะ

### **3.ใส่เหล็กเสริมเสาเข็ม**

เมื่อเจาะรูได้ขนาดความลึกที่ต้องการแล้วก็นำเหล็กเสริมเสาเข็มใส่เข้าไปในรูเจาะต่อกันจนได้ ความยาวที่กำหนดไว้ ใช้เครื่องมือจับยึดเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ใช้เครนยกเพื่อที่จะใส่ เหล็กเสริมลงในหลุม ในการใส่เหล็กเสริมเสาเข็ม หลุมเจาะนั้นจะมีความลึกที่มากกว่าเหล็กที่ใส่ลงไป ดังนั้นจึงต้องมีการต่อเหล็กเพื่อให้ได้ความยาวของเหล็กเสริมเสาเข็มตามแบบที่กำหนด

#### **การต่อเหล็กเสริมเสาเข็ม**

ใส่เหล็กเสริมเสาเข็มแต่ละท่อนโดยการทำให้ได้จำนวนรอยทาบตามกำหนด โดยใช้เครื่องเชื่อม แท้มรอยทาบเพื่อไม่ให้เหล็กเสริมหลุดออกจากกันในขณะที่หย่อนลงในหลุม

### **4.การลงท่อเทคอนกรีต**

หลังจากใส่เหล็กเสริมเสาเข็มครบจำนวนและได้ระยะตามแบบแล้ว ต่อมาก็จะนำท่อเทคอนกรีต หย่อนลงไปในรูเจาะจนถึงก้นหลุม โดยปกติท่อเทจะมีขนาด 6-8 นิ้ว โดยจะต้องยกท่อเทขึ้นจากก้น รูเจาะประมาณ 10 เซนติเมตร

### **5.การเทคอนกรีต**

ก่อนเทคอนกรีตต้องใช้วัสดุสำหรับไล่น้ำในรูเจาะออกไปจากท่อเท โดยใส่โฟมลงไปในปาก กรวยของท่อเทคอนกรีตด้านบนโดยในการใส่โฟมนั้นเราต้องใส่ให้เต็มปากกรวยของท่อเทคอนกรีต แล้วจึงเทคอนกรีตผ่านกรวยรับคอนกรีตให้ไหลลงไปในท่อเท คอนกรีตจะดันโฟมเม็ดให้ไหลออกจาก ท่อเท โฟมเม็ดจะหลุดออกจากปลายล่างสุดของท่อเทแล้วลอยขึ้นมาที่ปากรูเจาะ ส่วนคอนกรีตที่ตกลง ไปจะเข้าแทนที่น้ำ ไล่น้ำจากก้นหลุมขึ้นมาเต็มรูเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 61จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คุณสมบัติของคอนกรีต

1. มี cement content 375 กิโลกรัม ต่อ 1 ลบ.ม.
2. มี slump อยู่ระหว่าง 15-23 ซม.
3. ผสมน้ำยาโดยมี retardation time ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง
4. สามารถทนกำลังอัดได้ ไม่น้อยกว่า 240 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

### การเทโฟม

โฟมเม็ดใช้เป็นวัสดุไล่น้ำออกจากท่อขณะที่เทคอนกรีตทับลงไป คอนกรีตจะดันโฟมเม็ดอัดไล่น้ำออกจากท่อออกไปที่ปลายล่างสุดทำให้คอนกรีตไม่ปะปนผสมกับน้ำสารละลาย ในขณะเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ ลักษณะของการเท โฟมจะเทโฟมจนเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อ

### การเทเสาเข็ม

การเทเสาเข็มจะใช้กรวยเทคอนกรีต ใช้ต่อกับท่อเทควรมีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเทเล็กน้อย เพื่อป้องกันท่อเทหล่นลงไปในรูเจาะขณะเทคอนกรีต

### การเทคอนกรีตลงในหลุมเจาะ

คอนกรีตจะค่อยๆ ไหลลงไปแทนที่น้ำในรูเจาะ ตั้งแต่ส่วนล่างของเสาเข็มจนขึ้นมาจนเต็ม การเทจะเทจนล้นออกมาจนเห็นว่าคอนกรีตสะอาดดีแล้วจึงหยุดเท

## 6.การดึงเหล็กปลอกขึ้น

หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการดึงเหล็กปลอกขึ้นจากรูเจาะทันที ถ้าทิ้งไว้นาน คอนกรีตจะเริ่มแข็งตัวแล้วเกาะปลอกเหล็กทำให้ไม่สามารถดึงขึ้นได้ โดยเมื่อต้องเทเพื่อค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยจะยุบตัวลงประมาณ 2-4 เมตร การดึงเหล็กปลอกขึ้นต้องพยายามดึงขึ้นให้เหล็กปลอกได้ดึงเพื่อป้องกันหลุมพัง

### อุปกรณ์ต่างๆ

#### น้ำยาเบนโทไนด์

น้ำยาเบนโทไนด์ บรรจุถุงละ 50 Kg.

รูปที่ 3.24. แสดงน้ำยาเบนโทไนด์

#### น้ำยาโพลีเมอร์

น้ำยาโพลีเมอร์จะมีลักษณะเป็นสีใสเหนียว



รูปที่ 3.25. แสดงน้ำยาโพลีเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 63 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องมือในการทดสอบต่างๆ

ความชื้นเหลว



รูปที่ 3.26. แสดงเครื่องมือในการทดสอบความชื้นเหลว

2.วัดค่า PH



รูปที่ 3.27 แสดงการตรวจสอบค่า PH

### 3.หาค่าความหนาแน่น



รูปที่ 3.28. แสดงเครื่องมือการทดสอบหาค่าความหนาแน่น

#### 1.หัวเจาะแบบสว่าน(AUGER)



รูปที่ 3.29. แสดงหัวเจาะแบบสว่าน

#### 2. หัวเจาะแบบถัง(BUCKET)



รูปที่ 3.30. แสดงหัวเจาะแบบถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 65 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.ปลอกเหล็ก(CASING)



รูปที่ 3.31. แสดงปลอกเหล็ก

### 4.เครื่องกดและถอนปลอกเหล็ก(VIBRO HAMMER)



รูปที่ 3.32. แสดงเครื่องกดและถอนปลอกเหล็ก

### 6. ท่อเทคอนกรีต(TREMIE PIPE)



รูปที่ 3.33. แสดงท่อเทคอนกรีต

## 6. เครื่องแยกทราย(DESANDER)



รูปที่ 3.34. แสดงเครื่องแยกทราย

## 7. กรวยเท



รูปที่ 3.35. แสดงกรวยเทคอนกรีต

## 8. เครื่องเช็คสภาพหลุม



รูปที่ 3.36. แสดงเครื่องเช็คสภาพหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. เม็ดโฟม



รูปที่ 3.37. แสดงเม็ดโฟมที่ใส่ลงไปในหลุมเจาะ

### การควบคุมงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

#### 1. การตรวจสภาพพื้นที่ และสภาพแวดล้อม

ก่อนการเริ่มงานทำเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ผู้คุมงานและผู้รับเหมาควรสำรวจสภาพแวดล้อมของพื้นที่ทำงานให้ทั่วโดยละเอียดเพื่อตรวจดู และบันทึกข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนป้องกันปัญหาและบันทึกเพื่อเป็นหลักฐาน เช่น การสำรวจสภาพสิ่งกีดขวางอาคารข้างเคียงที่ติดกับพื้นที่ก่อนสร้างว่ามีสภาพอย่างไร มีรอยร้าว แตกชำรุดหรือไม่ ซึ่งอาจบันทึกไว้ด้วยภาพถ่ายเป็นหลักฐานในการแสดงเมื่อมีปัญหาการร้องเรียนว่าเกิดการเสียหายขึ้นเนื่องจากงานก่อสร้าง เป็นต้น ควรสำรวจสิ่งกีดขวาง และอุปสรรคต่างๆ เพื่อวางแผนแก้ไขไว้ล่วงหน้า เช่น สิ่งกีดขวางที่เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ โครงสร้างเก่าคอนกรีตเสริมเหล็กฝังอยู่ในดิน หลุมบ่อ ซึ่งจะต้องถมเพื่อให้เครื่องจักรเคลื่อนผ่าน สายไฟฟ้าแรงสูง แรงต่ำ ตลอดจนเสาไฟ อยู่ในรัศมีการทำงานของเครื่องมือเครื่องจักรหรือไม่ จะต้องย้ายเสาไฟ หรือหุ้มฉนวนสายไฟชั่วคราวหรือไม่ สิ่งเหล่านี้เมื่อทราบข้อมูลแต่เนิ่นๆ จะมีความสะดวกในการได้ทันทั่วทั้งที่ไม่ทำให้การดำเนินงานต้องล่าช้ากว่าสัญญา

#### การตรวจรับผังบริเวณ

เป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดเรื่องหนึ่ง ที่จะต้องมีความรอบคอบและทำให้ถูกต้อง ได้รับการอนุมัติยอมเป็นลายลักษณ์อักษรให้ใช้ทำงานตามแบบผังบริเวณจากเจ้าของโครงการ หรือผู้ได้รับมอบอำนาจให้ทำการแทนเสียก่อน ถึงแม้จะมีแบบก่อสร้างอยู่แล้วก็ตามผู้รับเหมาควรทำการสำรวจระยะและตำแหน่ง แล้วทำแบบผังบริเวณที่มีรายละเอียดครบถ้วน เสนอขออนุมัติก่อนที่จะทำเสาเข็มเจาะต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจแบบแปลนเสาเข็ม

ควรแสดงตำแหน่งเสาเข็ม และจุดอ้างอิงต่างๆที่สำคัญหากมีรายละเอียดไม่ครบถ้วน หรือขัดแย้งกันเอง ผู้รับเหมาควรมีเวลาที่จะทำหน้าที่จะทำหนังสือขอรายละเอียดเพิ่มเติมจากผู้ออกแบบ ได้ทันเวลาทำงานต่อไปและผู้รับเหมาควรตรวจระยะต่างๆในสนามเพื่อเทียบกับแบบก่อสร้าง แล้วจัดทำแบบแปลนเสาเข็มเพื่อขออนุมัติใช้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

## 4.การเตรียมแผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงาน

ใช้แสดงข้อมูลต่างๆที่สำคัญของการทำงานในรูปของแผนภูมิต่างๆ เช่น แผนภูมิวงกลม แผนภูมิแท่ง และ กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ปริมาณงานต่อเวลา เพื่อให้เจ้าของโครงการตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ในการรับทราบความก้าวหน้าพิจารณาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนงานให้ดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของแผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงาน ซึ่งจัดทำขึ้นโดยผู้ควบคุมงานก่อสร้างของบริษัทที่ปรึกษา

## 6.การเตรียมบุคลากรทำหน้าที่ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา

สำหรับงานควบคุมเสาเข็มจะขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นงานที่จะต้องบันทึกข้อมูลการทำงานและขั้นตอนก่อนข้างละเอียดต้องทำงานกร้าแดดกลางแจ้ง ดังนั้นผู้ควบคุมจึงต้องเป็นผู้มีสุขภาพดี แข็งแรง อดทน สามารถอดทนให้กับการทำงาน โดยเฉพาะช่างคุมงานระดับช่างเทคนิค จะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบงานให้เป็นไปตามข้อกำหนด และบันทึกข้อมูลการทำงานโดยละเอียด จะต้องทำหน้าที่อยู่ในสนามตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มงานจนถึงงาน และสำหรับวิศวกรคุมงานควรจะอยู่ในสนามตลอดเวลาที่มีการเทคอนกรีตเข็ม เพราะจะต้องตัดสินใจให้คำแนะนำผู้รับเหมาโดยทันทีเมื่อมีปัญหาขณะเทคอนกรีต

## 6.การบันทึกข้อมูลการทำงาน

ผู้คุมงานระดับช่างเทคนิคจะเป็นผู้บันทึกข้อมูลการทำงานเสาขนาดใหญ่โดยละเอียดและตลอดเวลา เช่น เวลาเริ่มและเวลาเสร็จของงานแต่ละขั้นตอนลักษณะชั้นทรายของปลายเสาเข็ม ความลึกของการเจาะ ความยาวของเหล็กเสริมเสาเข็ม ปริมาตรคอนกรีตที่คำนวณได้และคอนกรีตที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 69 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพอากาศ สิ่งกีดขวาง อุปสรรคและปัญหาการปฏิบัติงาน หรือ สิ่งเสี่ยงข้อกำหนด อุบัติเหตุ ข้อ  
นำสังเกต ข้อควรระวัง โดยการบันทึกข้อมูลต่างๆลงในแบบฟอร์มที่ได้จัดทำขึ้นให้เหมาะสม  
กับลักษณะของงาน มีความง่ายและสะดวกต่อการบันทึกและตรวจสอบ

## 7. การตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็มเจาะ

ขั้นแรกต้องตรวจสอบจากแบบสำหรับก่อสร้างแล้วจึงตรวจโดยการวันในสนามโดยใช้กล้อง  
และเทปวันระยะ เมื่อคดปลอกเหล็กบนตำแหน่งที่ทำไว้แล้วก็ต้องตรวจว่าถ้ามีระยะคลาดเคลื่อนเกิน  
ค่าที่ยอมให้ ก็ต้องแก้ไขโดยการถอนแล้วคใหม่ หากมีระยะคลาดเคลื่อนเล็กน้อยก็ต้องบันทึกไว้ ซึ่ง  
ในกรณีที่เสาเข็มกลุ่มในฐานรากเดียวกันก็อาจมีการปรับตำแหน่งเสาเข็มในกลุ่มให้อยู่ในตำแหน่งที่มี  
ซี . จี. อยู่ในจุดเดิมตามแบบ

## 8. การตรวจตั้งของเสาเข็ม

จะทำในขณะที่เริ่มคดปลอกเหล็กลงดิน โดยใช้กล้องหรือระดับน้ำซึ่งมีความยาวไม่น้อยกว่า 1  
เมตร (โดยปกติจะยอมให้มีวามคลาดเคลื่อนในแนวตั้งไม่มากกว่า 1:100) ทาบที่ปลอกเหล็ก 2 ด้าน  
ที่ตั้งฉากกันจะทำให้ปลอกเหล็กได้ตั้ง ซึ่งจะช่วยให้การเจาะรูเสาเข็มได้ตั้งด้วย เพราะปลอกเหล็กจะ  
ช่วยบังคับหัวเจาะไปในตัว และควรตรวจตั้งของก้านเจาะและปลอกเหล็กในขณะที่ถอนขึ้นลงเท  
คอนกรีตเสร็จแล้วด้วยวิธีเดียวกัน จะช่วยเสาเข็มเจาะได้ตั้งตามต้องการ

## 9. การวัดความลึกของเสาเข็มเจาะ

โดยใช้สายวัดระยะถ่วงปลายด้วยก้อนน้ำหนัก เช่น ลูกตุ้มหรือเศษเหล็กที่มีน้ำหนัก และขนาด  
เหมาะสม หน้อยลงไปในรูเจาะจนถึงก้นหลุม เพื่อบันทึกข้อมูลของความลึกใช้ในการคำนวณปริมาตร  
คอนกรีตที่จะสั่งเข้าและเปรียบเทียบกับปริมาณคอนกรีตที่แท้จริงเพื่อพิจารณาความีสิ่งผิดปกติเกิด  
หรือไม่ หากวัดความลึกนี้ควรวัดประมาณ 2-3 จุดแล้วหาค่าความลึกเฉลี่ย ซึ่งในระหว่างเทคอนกรีตก็  
ควรมีการวัดระดับคอนกรีตที่ได้เทียบกับการคำนวณเป็นระยะๆ ด้วยวิธีเดียวกันเพื่อพล็อตกราฟว่ามี  
สิ่งที่ผิดปกติเกิดขึ้นที่จุดใดหรือไม่

## 10. การตรวจความสะอาดกันหุ้มเสาเข็มเจาะ

เมื่อเจาะถึงระดับชั้นทรายได้ระยะ 3 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็มตามข้อกำหนดแล้ว ควรตรวจความสะอาดของท้ายกันหุ้มที่หัวเจาะแบบถึงจุดขึ้นมาว่ามีความสะอาดหรือไม่ ซึ่งใน บางครั้งอาจพบเศษวัสดุ เช่น เศษไม้ผุเก่าๆปะปนอยู่หรือมีเศษดินเป็นก้อนผสมอยู่ เนื่องจากหลุดร่วง จากผนังรูเจาะลงไป ก็ต้องขุดต่อไปอีกเล็กน้อยเพื่อนำสิ่งสกปรกดังกล่าวขึ้นให้หมดจนเหลือแต่ชั้น ทรายแน่นที่สะอาด จะช่วยค่าทรุดตัวของเสาเข็มเมื่อน้ำหนักบรรทุกแล้วมีค่าไม่มากจนเกิดความเสียหาย ต่ออาคาร

## 11. การกำหนดระดับปลายเสาเข็มเจาะในสนาม

ระดับปลายเสาเข็มเจาะที่ระบุในแบบก่อสร้างจะเป็นระดับโดยประมาณที่มาจากข้อมูลการเจาะ สำรวดิน ดังนั้นระดับปลายเสาเข็มเจาะจริงๆจะต้องกำหนดขึ้นจากการเจาะดินให้ได้ตามข้อกำหนด เช่นต้องถึงระดับชั้นทรายแน่น และมีระยะฝังอยู่ในชั้นทรายแน่นไม่น้อยกว่า 3 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลาง ของเสาเข็มคั่นนั้น และทรายกันหุ้มจะต้องสะอาดและผิวก้นแน่นปราศจากสิ่งสกปรก หรือเศษดินที่ ร่วงหล่นลงไป ซึ่งในระดับปลายเข้มดังกล่าว โดยปกติผู้รับเหมาจะเป็นผู้พิจารณาร่วมกับผู้ควบคุม งาน ถ้ามีข้อขัดแย้ง ผู้คุมงานควรรายงานข้อมูลเพื่อขอความเห็นต่อวิศวกรออกแบบ เพื่อใช้ปฏิบัติได้ ถูกต้องต่อไป

## 12. การพิจารณาลักษณะทรายที่ปลายเสาเข็ม

ในบางโครงการการพบปัญหาขัดแย้งในเรื่องการพิจารณาทรายที่ระดับปลายเสาเข็ม โดยมิ ความเห็นต่างกันระหว่างเจ้าหน้าที่ของเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงานอาจต้องรับหน้าที่ เป็นผู้ตัดสิน ดังนั้นผู้คุมงานต้องมีวิธีตรวจลักษณะทรายที่ให้ผลได้ชัดเจน ซึ่งทำได้วิธีง่ายๆ โดยใช้ กระบอกตวงชนิดแก้วขนาดจุ 500-1000 ซี.ซี. นำทรายตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบใส่ในกระบอกตวง แล้วเติมน้ำสะอาด ทั้งทรายและน้ำที่ใส่ลงไปต้องมีปริมาณคงที่ในการทดลองทุกครั้งเพื่อสามารถ เปรียบเทียบกันได้ แล้วเขย่าทรายที่ผสมน้ำให้กระจายตัว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที จะเห็นสี และ ขนาดของเม็ดทรายตัวอย่าง คลอจนตะกอนที่ตกค้างอยู่บนเนื้อทรายสามารถเปรียบเทียบกับทราย ใน บริเวณเสาเข็มทดสอบได้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นก็เก็บตัวอย่างใส่ขวดพลาสติก พร้อมบันทึกตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 71 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และระดับความลึกของเสาเข็มต้นนั้นไว้แสดงต่อผู้ที่ต้องการตรวจดูภายหลังได้อย่างดี สำหรับตัวอย่าง  
ทรายที่จะเก็บควรเก็บจากระดับปลายเสาเข็ม และชั้นบนที่ถัดขึ้นมา 1 ชั้น ใส่ขวดพลาสติก  
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

#### 14. ระดับหัวเสาเข็มกับวิธีการเทคอนกรีต

เนื่องจากการยุบตัวของคอนกรีตเสาเข็มเจาะภายหลังถอนปลอกเหล็กขึ้นจะมีค่าตั้งแต่ 2 ถึง  
4 เมตร ดังนั้นวิธีการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะที่มีระดับวิธีดึงปลอกเหล็กขึ้นสูงจากระดับผิวดินประมาณ  
2 เมตร แล้วเทคอนกรีตเพื่อการยุบตัวไว้จนเต็มเมื่อถอนปลอกออก คอนกรีตจะยุบตัวลงไปโดยมี  
ระดับหัวเข็มมีระดับหัวเสาเข็มไม่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งการเทคอนกรีตวิธีนี้จะต้องเทคอนกรีต  
ไล่สิ่งสกปรก เช่น น้ำยาเบนโทไนท์ และเศษดินต่างๆ ให้ไหลล้นขึ้นมาที่ปากปลอกเหล็ก จนมีแค่  
คอนกรีตที่ดีล้วนๆ เต็มอยู่ที่ปากปลอกเหล็กแล้วยกปลอกเหล็กขึ้นให้สูงจากปากปลอกเหล็ก จนมีแค่  
คอนกรีตที่ดีล้วนๆ เต็มอยู่ที่ปากปลอกเหล็กแล้วยกปลอกเหล็กขึ้นให้สูงจนได้ปริมาณที่พอต่อการเผื่อ  
ค่ายุบตัว แล้วจึงถอนปลอกเหล็กออกจากรูเจาะสำหรับเสาเข็มเจาะที่มีระดับหัวเสาเข็ม ตั้งแต่ 4.00  
เมตร ลงไปในดิน สามารถเทคอนกรีตด้วยวิธีปกติ คือ เทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกจนเห็นเนื้อคอนกรีต  
ล้วนที่ปากปลอกเหล็ก แล้วก็ถอนปลอกเหล็กขึ้นได้เลย

#### 15. การตรวจคุณสมบัติคอนกรีต

สำหรับงานเสาเข็มเจาะ คอนกรีตจะต้องมีค่ายุบตัวไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อสามารถ  
เทผ่านท่อได้ง่าย และรวดเร็ว คอนกรีตสามารถไหลเขาไปตามซอกต่างๆ ได้เต็มไม่เกิดโพรง กำลังของ  
คอนกรีตที่ใช้จะมีค่ามากกว่า 240 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร และจะต้องใช้สารผสมตัวหน่วง  
เพื่อยืดเวลาแข็งตัวออกไปให้มากกว่า 4 ชั่วโมง ดังนั้นการตรวจคุณสมบัติคอนกรีต จึงต้องทำการ  
ทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตทุกคันรถ แล้วบันทึกค่าไว้ ซึ่งในบางครั้งค่ายุบตัวจะวัดได้น้อยกว่า  
กำหนด ผู้คุมงานจะยอมให้เติมน้ำได้หรือไม่ ในกรณีนี้ผู้คุมงานควรขอความเห็นผู้ออแบบเพื่อขอ  
ความเห็นเพื่อใช้ปฏิบัติไว้ก่อนที่จะเริ่มงาน การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังของคอนกรีตอาจเก็บโดย  
การสุ่มจากรถคอนกรีต 3 คัน ๆ ละ 3 ก้อน รวม 9 ก้อน ต่อเสาเข็ม

## 15. การตรวจเหล็กเสริมเข็ม

เหล็กเสริมควรตัดตัวอย่างไปทดสอบวัดแรงดึง และพื้นที่หน้าตัดเพื่อเสนอผลการทดสอบผลต่อผู้ออกแบบเมื่อได้รับการอนุมัติแล้ว จึงนำไปใช้งานต่อไปได้ ในกรณีที่จะต้องมีการต่อเหล็กด้วยการเชื่อมก็ควรส่งตัวอย่างการเชื่อมเพื่อทดสอบเพื่อขออนุมัติใช้งานต่อไป

## 16. การประชุมเพื่อแก้ปัญหาคำเนินงาน

ควรจัดให้มีเป็นประจำทุกสัปดาห์ต่อครั้งระหว่างผู้รับเหมากับผู้ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา จัดประชุมให้มีประจำเดือนละหนึ่งครั้ง โดยเชิญฝ่ายเจ้าของโครงการ และผู้ออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในปัจจุบัน เข้าร่วมประชุมเพื่อตรวจการดำเนินงาน ความก้าวหน้าของงาน อุปสรรค และปัญหาที่ทำให้เกิดความล่าช้า ตลอดจนเสนอความเห็นเป็นมติที่ประชุมเพื่อใช้ปฏิบัติต่อไป

## 17. การควบคุมของวิศวกรในขณะเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ

เป็นหน้าที่สำคัญที่จะต้องปฏิบัติในสนาม เพราะเมื่อเกิดปัญหาข้อขัดข้องจากการเทคอนกรีต เช่น รถเทคอนกรีตขาดระยะเวลานานทำให้เวลาการเทคอนกรีตเกินกำหนดที่ขออนุมัติไว้ เกิดการอุดตันในท่าเทคอนกรีตต่อไปไม่ได้ ท่อเทคอนกรีตหลุดลงไปในรูเจาะขณะเทคอนกรีต เหล็กเสริมเสาเข็มลอยขึ้นมาขณะเทคอนกรีต ฯลฯ วิศวกรจะต้องตัดสินใจที่จะแก้ปัญหาต่างในทันทีเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายมากยิ่งขึ้นต่อไป

## 18. ระบบสายงานการส่งหนังสือ

ผู้เขียนขอเสนอสายงานการส่งหนังสือที่ได้ทดลองใช้ใน โครงการก่อสร้างแล้วพบว่ามีความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตามขั้นตอนดังนี้

1. ผู้รับเหมา
2. ผู้ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา
3. ผู้ออกแบบ
4. เจ้าของโครงการ
5. ผู้ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ๗3 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ผู้รับเหมา

รวม 6 ลำดับ กล่าวโดยละเอียดคือ เมื่อผู้รับเหมาเสนอหนังสือเพื่อขอให้โอนนิติใช้งาน หรือเพื่อทำงาน หรือถามปัญหาต่างๆ ฯลฯ ผู้ควบคุมงานควรจะได้รับทราบ เพื่อพิจารณาบันทึกให้ความเห็นต่อผู้ออกแบบซึ่งในกรณีปัญหาเร่งด่วนที่ต้องการข้อยุติโดยเร็ว ผู้ควบคุมอาจจะติดต่อผู้ออกแบบทันทีเพื่อขอความเห็น ในการปฏิบัติงาน แล้วจึงเสนอหนังสือไปตามลำดับขั้นตอนในภายหลัง เมื่อผู้ออกแบบให้ความเห็นมาแล้วโดยปกติ เจ้าของโครงการมักจะไม่มีความเห็นเป็นอย่างอื่นก็จะพิจารณาให้คำตอบ เช่นเดียวกับผู้ออกแบบเมื่อผู้คุมงานได้รับคำตอบ ก็จะรีบส่งให้รับเหมาปฏิบัติงานต่อไป สำหรับหนังสือดังกล่าวควรมีสำเนาทั้งหมด 5 ชุด โดยเก็บไว้ที่ผู้ควบคุมงานหนึ่งชุด เมื่อได้รับจากผู้รับเหมา และอีกสี่ชุดส่งเป็นหลักฐานแก่ฝ่ายต่างๆที่อยู่ในสายงานหนังสือภายหลังที่ผ่านการพิจารณาทุกขั้นตอน

## 19. การป้องกันเสียงรบกวนและสั่น

เสียงรบกวนอาจป้องกันได้โดยใช้วัสดุกันล้าเป็นกำแพงกันเสียงไม่ให้เสียงผ่านเข้าไปโดยตรง แต่วิธีนี้ก็ลดเสียงได้ไม่มากนัก ควรป้องกันเสียงรบกวนผู้อยู่อาศัยข้างเคียง โดยวางแผนเวลาทำงานให้เหมาะสม งดใช้เครื่องมือเครื่องจักรที่มีเสียงดังในเวลากลางคืน หากมีความจำเป็นที่จะต้องทำงานกลางคืนผู้รับเหมาควรติดต่อแจ้งผู้อยู่อาศัยบริเวณนั้นทราบเพื่อสร้างมนุษยสัมพันธ์อันดี ในกรณีผู้คุมงานควรสังเกตท่าทีของบุคคลในชุมชนนั้นไว้ด้วยถ้าเห็นว่ามีปัญหาจะได้หาวิธีป้องกันแก้ไขได้ทัน สำหรับการป้องกันสั่นดินกระเด็นไปอาคารข้างเคียงขณะเจาะดินอาจใช้พลาสติกชนิดที่กระสอบปูขึงกันไว้ในบริเวณนั้น และผู้รับเหมาควรจัดคนงานให้ทำความสะอาดสั่นที่ตกลงตามถนนสาธารณะโดยรอบพื้นที่โครงการ เนื่องจากรถคนเดิน รถคอนกรีตวิ่งเข้าออกอยู่ตลอดเวลา

## 20. การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเสาเข็มเจาะ

เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่จะใช้คอนกรีตตั้งแต่ 25 ม3 ถึง 60 ม3 ต่อคัน ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณมาก จึงควรมีการเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้งานทุกคัน คันละไม่น้อยกว่า 9 ก้อนตัวอย่าง โดยสุ่มเก็บจากรถคอนกรีต 3 คัน คันละ 3 ก้อน ไม่ควรเก็บคันละก้อนเพราะถ้าผลการทดสอบไม่ผ่านอาจจะถือว่าได้ว่า คอนกรีตในรถคันนั้นต่ำกว่าข้อกำหนดจะเป็นปัญหาในการทำงาน ตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บแล้วจะต้องจัดเก็บให้เหมาะสม ห่างจากการสั่นสะเทือนจากรถวิ่งและโดยเฉพาะเครื่อง ไวโบร์ แสมเมอร์ ที่ซัด ถอนปลอกเหล็กซึ่งมีแรงสะเทือนมากบางโครงการขาดการระวังในเรื่องนี้ ทำให้ตัวอย่าง

คอนกรีตที่เก็บไว้จำนวนมากได้รับการกระทบกระเทือนและไม่ผ่านการทดสอบทั้งหมด ทำให้เกิดปัญหามาก

## 21. การทดสอบคุณสมบัติของเบนโทไนท์

เบนโทไนท์ชนิดที่ผลิตจำหน่ายอยู่ในรูปของผงละเอียดเป็นถึงๆละ 50 กิโลกรัม มีคุณสมบัติคือน้ำได้ดี แต่จะอนุภาจะพองตัวเบียดกัน ทำให้น้ำไหลผ่านระหว่างอนุภาคได้ยาก ใช้สำหรับป้องกันผนังรูเจาะไม่ให้พังทลาย โดยผสมน้ำแล้วใส่ลงไปในการเจาะเจาะดินด้วยระบบเป็ยกน้ำสารละลายเบนโทไนท์จะช่วยไม่ให้น้ำได้ดินไหลผ่านรูเจาะ และรูเจาะไม่เกิดพังทลาย ด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติของเบนโทไนท์ก่อน ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ความเป็ยกรดต่าง และ ปริมาณทายที่เจอปน ซึ่งจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติทุกวันก่อนใช้งาน แล้วบันทึกไว้ (อ่านรายละเอียดการทดสอบคุณสมบัติสารละลายเบนโทไนท์

## 20. การทำรายงานเสนอต่อเจ้าของโครงการ

ควรมีรายงานประจำวันแสดงถึงรายละเอียดของการทำงาน และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เช่น ประเภทงาน ตำแหน่ง จำนวนคนงานระดับต่างๆ วัสดุเข้าหน่วยงาน เวลาทำงาน ปัญหา อุปสรรคของงาน อุบัติเหตุ เป็นต้น รายงานประจำสัปดาห์ แสดงข้อมูลโดยสรุปสาระสำคัญของข้อมูลจากรายงานประจำวัน และรายงานประจำเดือนซึ่งควรจัดทำเป็นเล่มให้เรียบร้อย แสดงข้อมูลโดยสรุปความก้าวหน้าของงาน ปริมาณและเวลานับถึงปัจจุบัน ช้าหรือเร็ว เพราะเหตุใดมีข้อเสนอแนะเพื่อไขอย่างไร ตลอดจนแสดงแผนภูมิต่างๆ ของการทำงานที่ายต่อการพิจารณา เพื่อเปรียบเทียบสภาพงานที่พัฒนาไปตามระยะเวลา และอาจมีรูปถ่ายแสดงสภาพงานปัจจุบันไว้ด้วย เป็นต้น สำหรับรายงานประจำเดือน ผู้คุมงานจะใช้สำหรับรายงานในที่ประชุม เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบ

## 21. ความสะอาดของพื้นที่การทำงาน

เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับกองดินที่ได้จากการเจาะดิน ถ้าทิ้งไว้เพียงวันเดียวจะมีกองขนาดใหญ่ กีดขวางการทำงานต่างๆอย่างมาก ดังนั้นควรจะต้องมีการขนดินออกไปนอกบริเวณตลอดเวลาที่มีการเจาะดิน เศษดินต่างๆก็ควรตักเก็บกวาดอยู่เสมอเพราะ เมื่อโดนน้ำก็จะเป็โคลนก็จะทำให้ลื่น อาจเกิดอุบัติเหตุร้ายแรงได้ ตลอดจนน้ำเบนโทไนท์ที่ไหลนองตามพื้นที่การทำงานจะต้องรีบทำความสะอาด ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้และต้องป้องกันไม่ให้ไหลลงท่อหรือทางระบายน้ำจะทำให้เกิดการอุดตัน

## 22. แผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงาน

เป็นสิ่งที่เป็ประโยชน์ ที่จะใช้พิจารณาแก้ปัญหางาน ใช้แสดงต่อผู้เกี่ยวข้องให้ทราบถึงสภาพงานในปัจจุบัน และใช้ประกอบเอกสารรายงานเสนอต่อเจ้าของโครงการเป็นต้น

## 23. เครื่องจักร และอุปกรณ์การทำเสาเข็มเจาะ

จะมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก โดยปกติควรมีชนิดและจำนวนดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย ควร มีชนิดและจำนวนดังต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย คือ รถเครนติดตั้งเครื่องเจาะ 1 คัน รถเครนสำหรับบริการทั่วไป เช่น ไซ้ยกไวโบร์ แสมเมอร์ยกท่อเทคอนกรีต ยกเหล็กเสริม ซึ่งถ้ามีจำนวน 2 คัน จะช่วยให้ งานมีความคล่องตัวและรวดเร็วมาก รถตัดดิน 1 คัน รถบรรทุก 1 คัน เครื่องสูบน้ำเบนโทไนท์ถังเก็บ ถังผสม น้ำเบนโทไนท์ เครื่องมือทำความสะอาดน้ำสารละลายเบนโทไนท์ ปลอกเหล็กหัวเจาะดิน แบบต่างๆ ท่อคอนกรีตหัวเข่า เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่างๆดังกล่าว หากมีภาพที่ดีและมีจำนวนที่เหมาะสม จะช่วยให้การทำงานสำเร็จลุล่วงได้รวดเร็วเป็นพิเศษ

## 24. เวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนของการทำงานเสาเข็มเจาะ

ได้แสดงไว้ในรูปของตารางเวลาการทำงาน และแผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ของเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนของเสาเข็มเจาะ 4 ขนาดคือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 70,80,100,120 เซนติเมตร ของโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ 3 โครงการ 553 ต้น ท้ายหนังสือเล่มนี้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการ ใช้เป็นข้อมูลสำหรับวางแผนงานที่เกี่ยวกับงานเสาเข็มเจาะได้เป็นอย่างดี

## 25. การทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืน

เมื่อมีความจำเป็นที่จะทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืนผู้คุมงานควรจะขอความเห็นต่อวิศวกรผู้ออกแบบเสียก่อนเพื่อขอทราบวิธีปฏิบัติ แต่โดยปกติแล้วการทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืนและมาเจาะต่อในวันรุ่งขึ้นอาจทำได้โดยระดับที่เจาะทิ้งไว้ไม่ควรเป็นชั้นทรายปลายเสาเข็ม เพราะทรายข้างรูเจ้ามักจะพัง ทำให้ สิ้นเปลืองคอนกรีตมากขึ้น สรุปแล้วผู้คุมงานจะยินยอมให้ทิ้งรูเจาะไว้ค้างคืนได้หรือไม่ นั้น สามารถพิจารณาได้จากสิ่งต่อไปนี้คือ ผู้รับเหมาต้องต้องสามารถขุดเจาะต่อไปจนกันหลุมสะอาดได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 76 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไม่เกิดการพังทลายของรูเจาะในขณะที่เจาะดิน ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงไม่มากกว่า 28 ปริมาณที่ควบคุมไว้จนเกินไป เช่นมากกว่า 30 เปอร์เซ็น เป็นต้น

## 27. การทำเส้นแนวและจุดอ้างอิง

ผู้รับเหมาจะต้องทำไว้ให้มีอยู่ถาวร ไม่ชำรุด เสียหาย จากการทำงานจนกระทั่งหมดความ ต้องการที่จะใช้งาน โดยมีผู้ควบคุมงานเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งและรายละเอียด พร้อมทั้งเสนอแบบแสดงเส้นแนวและจุดอ้างอิง ดังกล่าว เพื่อขออนุมัติใช้งานตามขั้นตอน และเพื่อให้ตรวจสอบระยะตำแหน่งต่างๆของเสาเข็มว่ามีความคลาดเคลื่อน หรือไม่เพียงใด

## 26. การทำเสาเข็มอ้างอิง

โดยเลือกจากเสาเข็มเจาะต้นที่ทดสอบการรับน้ำหนักสูงถึงระดับผิวดินจำนวน 2 ถึง 4 ต้นในโครงการ โดยทำความสะอาดหัวเสาเข็มให้เรียบร้อยอาจฉาบปูนให้เรียบ แล้วทาสีให้เห็นชัดเจน แล้วทำการสำรวจตำแหน่งหัวเสาเข็มดังกล่าว บันทึกไว้ในแบบลงนามร่วมระหว่างผู้รับเหมา ผู้คุมงาน และผู้แทนเจ้าของโครงการ เสาเข็มอ้างอิงจะเป็นประโยชน์ที่จะใช้ตรวจสอบว่า เสาเข็มเจาะมีการเคลื่อนตัวผิด ศูนย์ หนีศูนย์ จากการทำเสาเข็มหรือจากการขุดดินหรือไม่ เป็นต้น

## 27. การซ่อมแซมหัวเสาเข็มเจาะ

กรณีแรกอาจทำในระหว่างงานทำเสาเข็มเจาะ เมื่อสามารถทราบได้ว่าระดับหัวเสาเข็มได้โดยขุดดินบริเวณหัวเสาเข็มให้กว้างพอที่จะทำงานสกัดคอนกรีตหัวเสาเข็มส่วนที่ไม่ดีออกให้หมดแล้ว ตรวจสอบความสะอาดและทดสอบกำลังก่อนกรีดหัวเสาเข็มด้วยเครื่องยิงคอนกรีต ถ้าได้ตามข้อกำหนดแล้วก็ใช้บล็อกเหล็กที่มีขนาดเดียวกันกับเสาเข็ม หรือใหญ่กว่าครอบต่อหัวเสาเข็มที่ชำรุดเมื่อได้ขุดดินหัวเสาเข็มแล้วพบว่าคอนกรีตหัวเสาเข็มมีกำลังอัดต่ำกว่าที่กำหนด หรือไม่สะอาด ก็ต้องแก้ไขด้วยวิธีแรกแต่อาจจะทำงานไม่ได้สะดวกเหมือนทำในกรณีแรกเพราะมีงานประเภทอื่นกำลังทำอยู่และจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีแรกด้วย

## 28. การสกัดหัวเสาเข็ม

เป็นงานหนักที่ต้องใช้เวลามาก แท่งคอนกรีตหัวเสาเข็มที่จะต้องสกัดออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 70 ถึง 120 เซนติเมตร ยาว 1-4 เมตร ซึ่งจะใช้วิธีสกัดให้เป็นเศษเล็กเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ๗๗ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยทั้งหมด หรือใช้วิธีตัดให้ขาดแล้วยกไปทิ้งก็เป็นสิ่งที่ผู้รับเหมาจะต้องพิจารณาในเรื่องของเวลา และค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อตัดสินใจ เลือกวิธีที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเลือกวิธีใดคนงานที่จะทำ ควรเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในงานดังกล่าวเป็นอย่างดี จะช่วยให้ได้งานที่รวดเร็วและจะลดการ เกิดอุบัติเหตุต่างๆ ได้มาก

## 29. ขั้นตอนการควบคุมงานเพื่อให้ได้ห้วเสาเข็มคุณภาพดี

ระดับห้วเสาเข็มจะถูกกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง คอนกรีตที่ใช้ต้องสะอาด และมีกำลังอัดได้ตามข้อกำหนด ดังนั้นจึงควรเทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกที่เจือปน เช่น เศษดิน ทราย ตะกอนน้ำ สารละลายเบนโทไนท์ ออกให้หมดเหลือแต่คอนกรีตที่ดี ผู้ควบคุมงานสามารถใช้การสังเกตจากการ ทำงานในสนาม และร่วมตรวจสอบอย่างใกล้ชิดในการเทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกตลอดจนการเท คอนกรีตให้สูงกว่าระดับที่กำหนดในแบบเพื่อเผื่อค่ายุบตัวของคอนกรีต โดยใช้ข้อมูลที่ได้ในสนาม ของการทำเสาเข็มต้นแรกๆ เป็นแนวทาง ซึ่งในการยุบตัวของคอนกรีตภายหลังถอนปลอกเหล็กขึ้นนั้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1-4 เมตร

## 30. การทดสอบเสาเข็ม

มักจะทำการทดสอบเสาเข็ม 2 วิธี ด้วยกันคือ SIEMIC TEST และ LOAD TEST สำหรับวิธีแรกใช้ทดสอบเสาเข็ม เช่น เสาเข็มร้าวขาดจากกัน พื้นที่หน้าตัดโป่งออกหรือคอด เป็นคอ ขวด ส่วนที่สองเป็นการทดสอบโดยการบันทึกค่าน้ำหนักให้ได้ 2.5 เท่าของน้ำหนักที่ออกแบบโดยมี ค่าการทรุดตัวไม่เกิน 12 มิลลิเมตร เป็นต้น ลงโครงการอาจทำการทดสอบเสาเข็มด้วยรายละเอียด ของการทำ SEISMIC TEST

## 34. เหล็กกลอยในขณะเทคอนกรีตเสาเข็ม

ในกรณีที่เหล็กเสริมเสาเข็มลอยขึ้นมาจากตำแหน่งเดิมนั้น จะมีโอกาสเกิดขึ้นเสมอในทุกๆ โครงการจากข้อมูลการทำเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่มากกว่า 200 ต้น บอกให้ทราบได้ว่าเสาเข็มเจาะที่มี เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่กว่า แต่อย่างไรก็ตามในทุกๆ ขนาดมีโอกาสจะเกิดเหล็กกลอยทั้งสิ้นโดยจะ ลอยขึ้นตั้งแต่ 1 ถึง 4 เมตร ในกรณีนี้ควรจะขอความเห็นเพื่อใช้ปฏิบัติจากผู้ออกแบบ และเจ้าของ โครงการไว้ล่วงหน้าโดยเฉพาะในสัญญาควรจะต้องพูดถึงผู้ที่รับผิดชอบในเรื่องนี้ด้วย

### 35.อันตรายจากการทำงาน

เนื่องจากเครื่องมือและเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่นในการทำเสาเข็มเจาะนั้นมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก อาจก่อให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ตลอดเวลา หากขาดความระมัดระวังและมาตรการป้องกันแก้ไขไว้ล่วงหน้า ข้อมูลที่เป็นประโยชน์จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ

### 36. ปัญหาการจราจรและการขนส่ง

เป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อระยะเวลาการทำงานและค่าใช้จ่ายต่างๆอย่างมาก โครงการที่อยู่ในบริเวณการจราจรแออัดนั้นจะพบว่าระยะเวลาทำงานจะยาวนานกว่าในพื้นที่ที่มีการจราจรคล่องตัว ดังนั้นในการวางแผนโครงการต้องพิจารณาถึงเรื่องนี้ให้ละเอียดถี่ถ้วน

### 37. ปัญหาการจราจรและขนส่ง

เป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อระยะเวลาการทำงานและค่าใช้จ่ายต่างๆอย่างมาก โครงการที่อยู่ในบริเวณการจราจรแออัดนั้นจะพบว่าระยะเวลาทำงานจะยาวนานกว่าในพื้นที่ที่มีการจราจรคล่องตัว ดังนั้นในการวางแผนโครงการต้องพิจารณาถึงเรื่องนี้ให้ละเอียดถี่ถ้วน

### 38. ปัญหาจากการทำงาน

ปัญหาดังต่อไปนี้นี้เป็นปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการทำงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ถ้าท่านจะต้องเป็นผู้ทำหน้าที่ควบคุมงานก่อสร้างท่านควรจะทราบเพื่อหาทางแก้ไขไว้ล่วงหน้า

1. เทคอนกรีตไม่เสร็จในระยะเวลาที่ได้รับอนุมัติไว้
2. คอนกรีตก่อนข้างแห้งเทไม่ลง จะเติมน้ำในรถผสมได้หรือไม่
3. ขณะเทคอนกรีตคนงานยกท่อเทสูงเกินไปจนหลุดจากระดับคอนกรีตที่เทไว้ทำให้น้ำไหลเข้ามาในท่อเท
4. เจ้าของเป็นผู้ซื้อคอนกรีตตามสัญญา ผู้รับเหมาส่งคอนกรีตมาใช้งานเกินกำหนดแล้วเหลือทิ้ง
5. ผู้รับเหมาเป็นผู้ซื้อคอนกรีตตามสัญญา จึงพยายามประหยัดการใช้คอนกรีตในการเทไล่สิ่งสกปรก ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องความสะอาดของคอนกรีตหัวเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ๗9 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผู้รับเหมาต้องการเทคอนกรีตเพื่อไว้มากๆ เพื่อจะได้แน่ใจว่าระดับหัวเสาเข็มจะไม่ต่ำกว่าแบบที่กำหนดไม่ต้องมาซ่อมหัวเสาเข็มที่หลังเปิดหน้าดินเพราะค่าใช้จ่ายสูงแต่เจ้าของโครงการไม่อยากให้เสียมากเพราะสิ้นเปลืองคอนกรีต และเสียเวลาในการสกัดหัวเข็มมาก
7. เมื่อเกิดปัญหาเหล็กลอย เจ้าของโครงการต้องการให้ผู้รับเหมาเสริมเหล็กเพื่อการลอยตัวโดยให้ผู้รับเหมารับผิดชอบค่าใช้จ่ายเอง
8. ผู้รับเหมาไม่สามารถเจาะเสาเข็มในตำแหน่งตามแบบได้เพราะมีสิ่งกีดขวางใต้ดินที่ไม่อาจกำจัดออกได้
9. ผู้รับเหมาทำงานไม่เสร็จตามสัญญา เพราะติดเสาไฟ บริเวณรอบๆพื้นที่โครงการ
10. รายการก่อสร้างกำหนดให้ผู้รับเหมาเจาะดินให้ปลายเสาเข็มฝังเข้าไปในทราย มีระยะ 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ผู้รับเหมาไม่สามารถเจาะได้พอดีกับระยะที่ต้องการสำหรับที่เกิน เจ้าของโครงการปฏิเสธการจ่ายเงิน
11. เจ้าของโครงการมักเข้าใจระดับปลายเสาเข็มจะมีระดับใกล้เคียงกันแต่เมื่อเวลาทำจริงๆจะต้องให้ลึกลงไปจนปลายเสาเข็มฝังในทรายได้ระยะ 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปลายเสาเข็มอาจแตกต่างกันหลายเมตร ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจ้างเหมาจะต้องเพิ่ม ซึ่งมักจะมีปัญหาตามมา
12. เจ้าของโครงการ เข้าใจผิดผู้รับเหมาถือโอกาสที่จะเจาะเสาเข็มให้ลึกมากกว่าความจำเป็นเพื่อจะได้รับค่าจ้างเพิ่ม เกิดข้อขัดแย้งมีความเห็นไม่ตรงกันในเรื่องระดับปลายเสาเข็ม
13. การขุดดินเปิดหัวเสาเข็มที่ขาดการระมัดระวังในการเคลื่อนตัวของดินอาจทำให้เสาเข็มหัก หรือหนีศูนย์ จะหาผู้รับผิดชอบได้อย่างไร

### 3.4. โปรแกรมที่สามารถนำมาใช้พัฒนาสื่อการเรียนการสอน

- 3ds max 6.0
- Powerpoint 2004
- Recorder

## บทที่ 4

### ขั้นตอนในการสร้างสื่ออิเล็กทรอนิกส์

#### 4.1. กล่าวนำ

ในบทนี้เราจะมาศึกษาขั้นตอนและวิธีการสร้างภาพยนตร์แอนิเมชันที่เราจะใช้ทำเป็นสื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากที่ได้ทำการรวบรวมข้อมูลและศึกษาโปรแกรมที่จะใช้ในการที่จะแสดงผลข้อมูลออกมาแล้ว ต่อไปก็จะเป็นวิธีและขั้นตอนในการสร้างภาพยนตร์แอนิเมชันโดยใช้โปรแกรม 3ds max 6.0

#### 4.2. ขั้นตอนในการสร้างภาพยนตร์แอนิเมชัน

##### 4.2.1. เขียน Storyboard

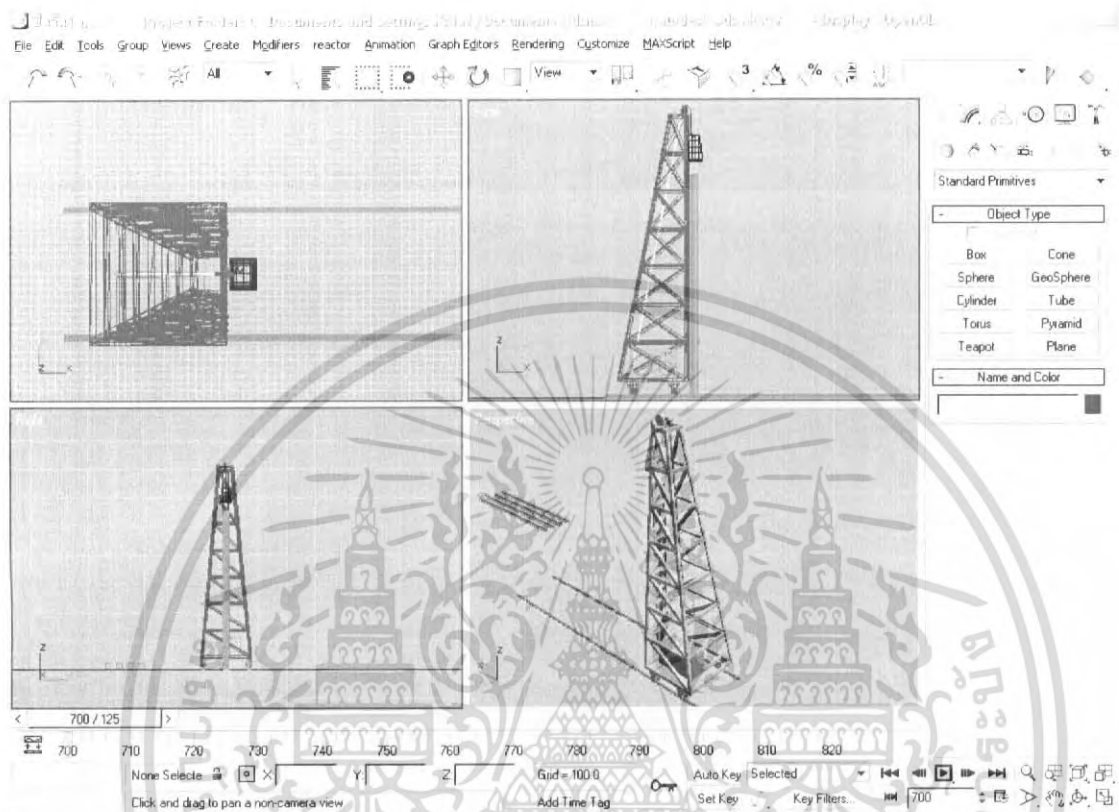
Storyboard คือการเขียนเรื่องราวที่ต้องการสร้าง แต่ละ ขั้นตอนลงไปในกระดาษเพื่อให้เห็นรูปร่างคร่าวๆของตัวโครงการงาน ในที่นี้คือ ขั้นตอนในการก่อสร้างเสาเข็ม ซึ่งจะแบ่งเป็นเสาเข็มตอกและเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ ในที่จะขอล่าวแค่เพียงตัวอย่างเดียวคือ การทำเสาเข็มตอก ซึ่ง Storyboard ของเสาเข็มตอกก็คือขั้นตอนการก่อสร้างนั่นเอง

##### 4.2.2. Modeling

การสร้างวัตถุเกี่ยวข้องกับเรื่องราวใน Storyboard ซึ่งได้แก่  
อุปกรณ์ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

1. ปั่นจั่น
2. เสาเข็มสำเร็จรูป
3. ตั้มตอก
4. รถบรรทุกเสาเข็ม

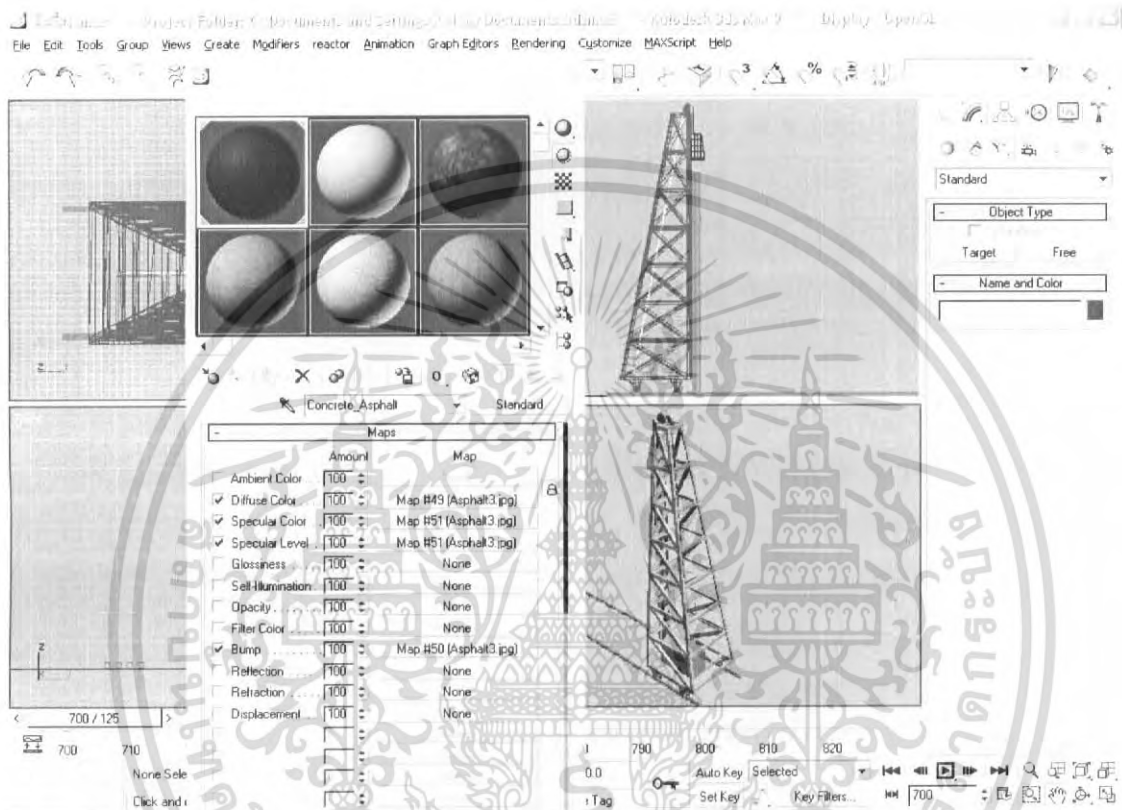
จะเห็นว่าวัตถุในการสร้างเสาเข็มตอกนั้นมีมากมายแต่ผู้จัดทำจะอธิบายแค่หนึ่งตัวอย่างพอสังเขป ซึ่งได้แก่ การสร้างปั้นจั่น



รูปที่ 4.1. แสดงการขึ้นโมเดลปั้นจั่น

### 4.2.3. Texturing

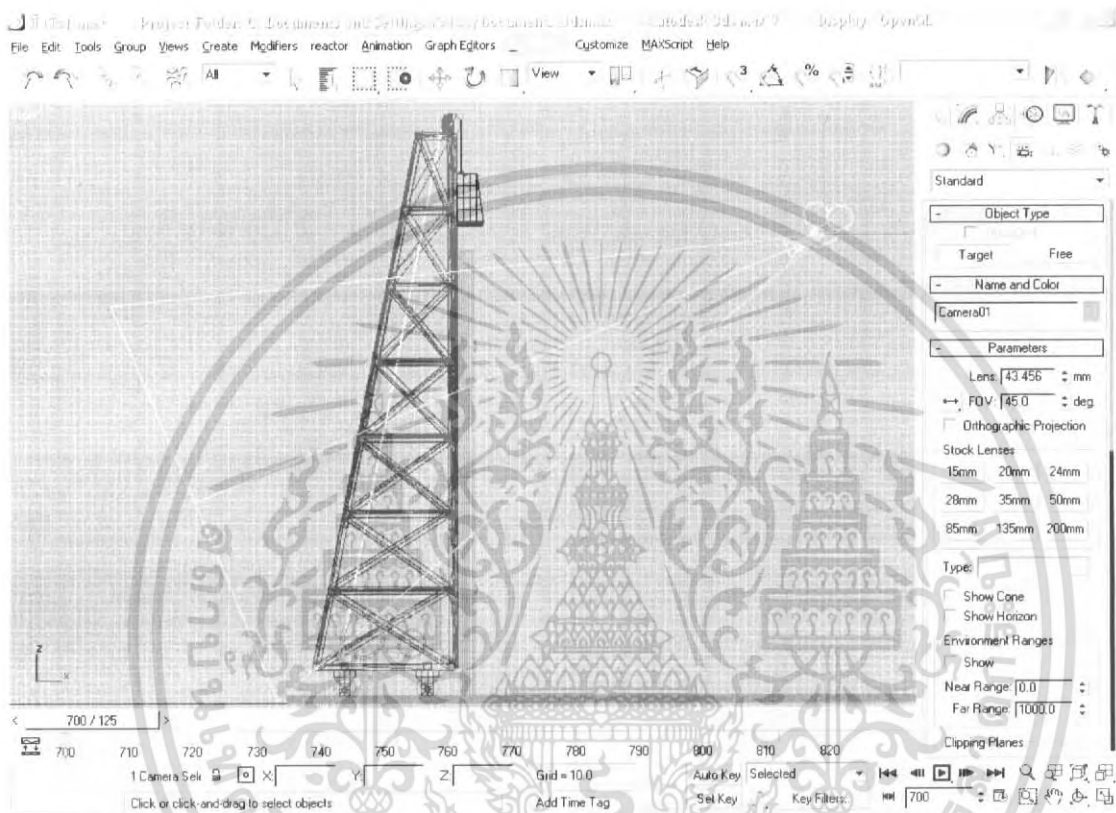
ขั้นตอนต่อจากการสร้างโมเดลก็คือ นำโมเดลที่ได้มาใส่ลวดลายและพื้นผิว โดยการใส่ลวดลายให้กับโมเดลนี้ จะใส่ลวดลายที่คล้ายกันลักษณะจริงของวัตถุให้มากที่สุด



รูปที่ 4.2. แสดงการใส่ลวดลายให้กับวัตถุ

#### 4.2.4 Animation

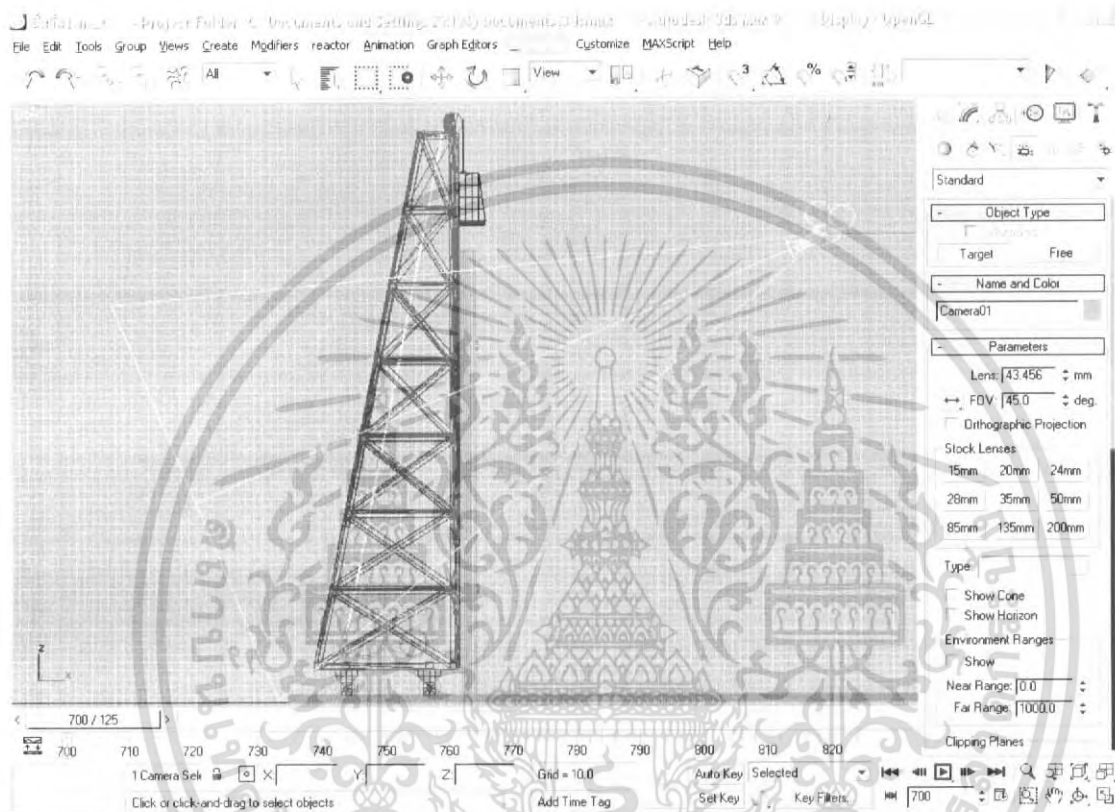
การสร้างภาพเคลื่อนไหว ก็คือการนำเอาวัตถุที่ทำการ Texturing เรียบร้อยแล้วมาใส่การเคลื่อนไหวให้เป็นไปตาม Storyboard ที่ได้ทำการเขียนไว้ในตอนต้น



รูปที่ 4.3. แสดงการสร้างการเคลื่อนไหวให้กับวัตถุ

#### 4.2.5. Light and Camera

การจัดแสงและมุมมองเหมือนกับการถ่ายทำภาพยนตร์จริงๆ ขึ้นมาดังนั้นในการจัดแสงและมม  
ก้องจึงต้องใช้เวลามากพอสมควร

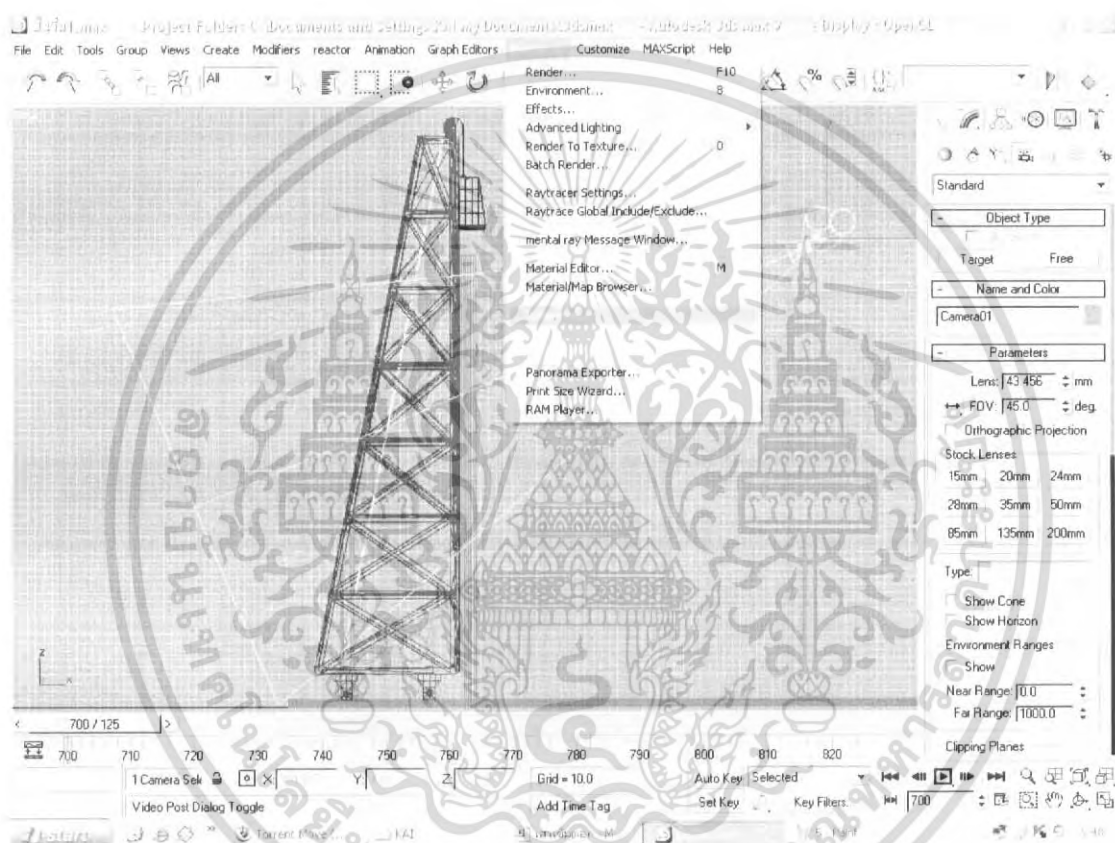


รูปที่ 4.4. แสดงการให้แสงและมุมมองกับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.6. Rendering

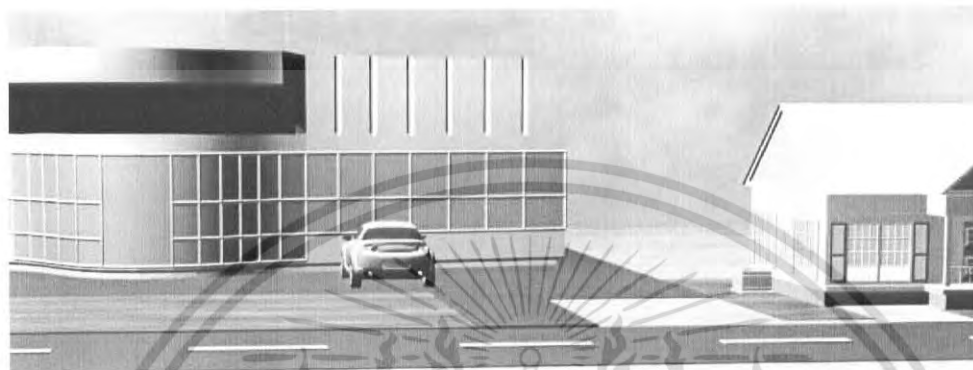
ขั้นตอนการ Rendering หรือที่เรียกกันว่าการ “การเรนเดอร์” จะเป็นขั้นตอนเราสั่งให้โปรแกรมประมวลผลทุกสิ่งทุกอย่างที่เราได้ทำการสร้างขึ้นใน หัวข้อ 1-5 ออกมาเป็นภาพ 2 มิติ สำหรับนำไปใช้งาน ในที่นี้คือการเรนเดอร์ออกมาเป็นภาพเคลื่อนไหวให้อยู่ในไฟล์ VDO เพื่อที่นำไปเป็นภาพเคลื่อนไหวที่เราต้องการจะให้ออกมาเป็นสื่อการเรียนการสอนที่เราจัดทำขึ้น



รูปที่ 4.5. แสดงการประมวลผลโปรแกรม

#### 4.2.7. Composite

การ composite เป็นขั้นตอนของการตัดต่อและใส่เอฟเฟกต์ ซึ่งเป็นการทำงานที่ลึกลงไปอีกขั้นหนึ่งและต้องใช้โปรแกรมอื่นเข้าช่วยทำงาน โดยในโครงงานชิ้นนี้ได้ใช้โปรแกรม sound recorder



รูปที่ 4.6. แสดงการใส่เอฟเฟกต์ให้กับชิ้นงาน

หนึ่งในการทำโครงงานภาพยนตร์แอนิเมชัน ที่ใช้เป็นการเรียนการสอนในครั้งนี้เราได้ทำการเรนเดอร์ออกมาเป็นไฟล์ VDO เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกขึ้น โดยผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมที่สามารถเปิดไฟล์มีเดีย ในการเปิดดูภาพยนตร์แอนิเมชันที่เป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนี้ได้

## บทที่ 5

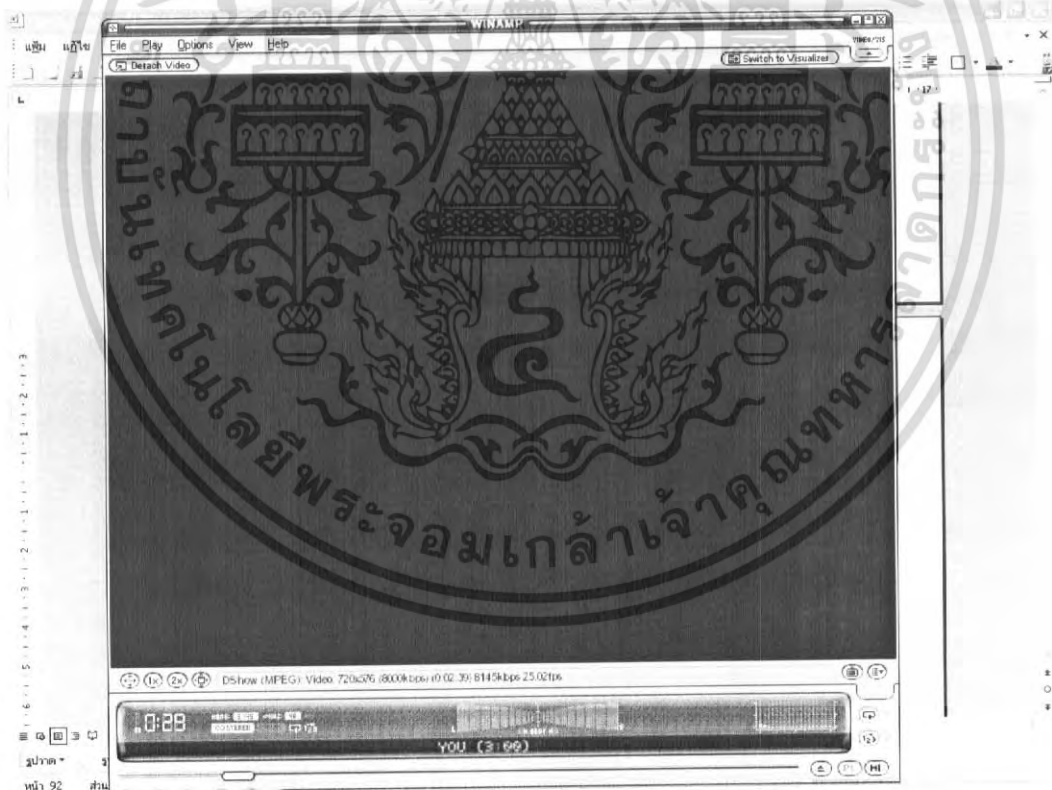
### ผลงานของ Construction Movie

#### 5.1. คำนำ

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในบทที่แล้ว เราจะนำผลที่ได้มาแสดงไว้ในบทนี้ โดยผลที่จะนำมาแสดงนี้จะนำมาแค่บางส่วนให้พอที่ผู้ที่ทำการศึกษาได้มองเห็นภาพรวมของโปรแกรมมากขึ้น

#### 5.2 ขั้นตอนการใช้งาน

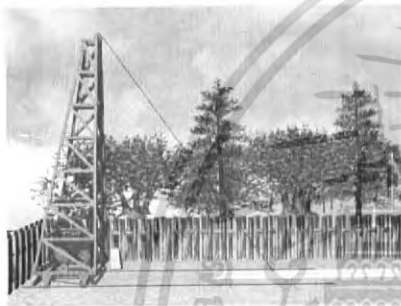
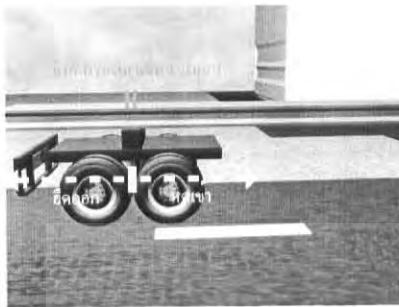
##### 5.2.1. เปิดสื่อโดยใช้ win amp, power dvd, media player



รูปที่ 5.1. แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้เปิดภาพยนตร์แอนิเมชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.2. รูปแบบและหน้าตาของสื่อ



รูปที่ 5.2. แสดงหน้าตาและรูปแบบของภาพยนตร์แอนิเมชันที่นำเสนอ

ในตัวโปรแกรมจะเป็นภาพเคลื่อนไหวมีหนังสือเป็นคำอธิบาย และมีดนตรีประกอบคำอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### การสรุปผลงาน

#### 6.1. กล่าวนำ

ในบทนี้เราจะทำการสรุปผลงาน และวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไข รวมทั้งจะบอกถึงแนวทางในการพัฒนาต่อ เพื่อเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจจะพัฒนาโปรแกรมนี้ต่อไปในอนาคต

#### 6.2. สรุปผลงาน

หลังจากที่ได้ทำผลงานมาเป็นเวลา 2 เดือนเราสามารถสรุปผลงานออกมาได้ดังนี้

##### 1. สื่อการเรียนการสอน Construction Movie

ในส่วนของตัวภาพยนตร์ Construction Movie สามารถที่จะสรุปออกมาได้ดังนี้

##### 6.2.1 การก่อสร้างเสาเข็มตอก

การทำแอนิเมชันในส่วนนี้ยังไม่เสร็จสมบูรณ์เนื่องจากขาดเวลาในการทำและระยะเวลาในการประมวลผลต้องใช้เวลาานาน แอนิเมชันบางส่วนซ้ำกันไป ทำให้ไม่ดึงดูดผู้ชมได้มากนัก

##### 6.2.2.การก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

ในการทำแอนิเมชัน เสาเข็มเจาะยังไม่สมบูรณ์แบบเนื่องจากในตัวภาพยนตร์แอนิเมชันนั้นไม่มีเสียงประกอบที่เป็นความรู้ทางด้านวิศวกรรมมีแต่ตัวหนังสือซึ่งให้ความรู้ไม่มากแต่ในตัวภาพยนตร์กราฟฟิคออกมาค่อนข้างเป็นที่น่าสนใจ

#### 6.3. การใช้งานโปรแกรม

ในการใช้งานโปรแกรมผู้จัดทำได้จัดทำออกมาเป็นไฟล์ VDO ซึ่งผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย โดยเปิดคอมพิวเตอร์ของท่าน แล้วใช้โปรแกรมที่สามารถดูไฟล์มีเดีย ได้ อาทิเช่น win amp , window media player , media player classic เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.4. ปัญหาและแนวทางแก้ไข

หลังจากได้ทำแอนิเมชันเสร็จสมบูรณ์ ทางผู้จัดทำได้พบปัญหาที่เกิดขึ้นและได้เสนอวิธีแก้ไขเมื่อผู้ใช้เกิดปัญหาในการใช้ Construction Movie

1. ความรู้ทางวิศวกรรมที่เพิ่มเข้าไปในตัว ภาพยนตร์นั้นน้อยเกินไป
2. ขั้นตอนในการทำ แอนิเมชัน นั้นยุ่งยาก ถ้าผู้ทำใหม่ไม่มีความรู้มากพอและเวลาในการฝึกฝนก็จะไม่สามารถทำงานแอนิเมชันให้เสร็จทันเวลาได้
3. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้าง แอนิเมชัน นั้นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะงานทางด้านกราฟฟิกเป็นงานที่ต้องใช้ความละเอียดมาก
4. ไม่สามารถหาห้องอัดเสียงที่เงียบเพื่อที่จะอัดเสียงเข้าไปในภาพยนตร์แอนิเมชันได้ทำให้การรับชมภาพยนตร์แอนิเมชันขาดรรถรส

### แนวทางแก้ไข

1. หาห้องอัดเสียงที่ปราศจากเสียงรบกวนจากภายนอกเพื่อที่จะอัดความรู้ทางวิศวกรรมซึ่งจะทำให้ภาพยนตร์แอนิเมชันสมบูรณ์แบบมากขึ้นและผู้ชมก็จะได้รับความรู้อย่างเต็มที่กับสื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ชิ้นนี้
2. จัดหาคอมพิวเตอร์ที่มีขีดความสามารถสูงเข้ามาช่วยในการจัดทำแอนิเมชัน ขีดความสามารถขั้นต่ำของคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานคือ
  - CPU ควรใช้แบบที่มีความเร็วตั้งแต่ 300 Mhz ขึ้นไปไม่จำกัดว่า AMD หรือ Intel ยิ่งเร็วมากยิ่งดี เพราะการประมวลผลต่างๆจะเร็วขึ้นมากทีเดียว
  - RAM ยิ่งมากยิ่งดีแต่ที่ต่ำสุดไม่ควรน้อยกว่า 256 MB (ทำงานช้ามาก) นอกจากนั้น โปรแกรมยังต้องการที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ (หลังจากทำการติดตั้งอีก 300 MB สำหรับทำงาน (256 MB น่าจะใช้ใน ระยะเริ่มต้นฝึกหัดเท่านั้นเมื่อทำงานจริงที่มีข้อมูลเยอะๆแล้วให้เพิ่มมากกว่านี้จะดีกว่า)
  - การ์ดจอ การ์ดจอ 3 มิติ ที่รองรับความละเอียด 1024\*768 รองรับสีแบบ 16 Bit และมี RAM การ์ดจอ 32 MB เป็นอย่างต่ำ
  - จอมอนิเตอร์ ถ้าจะเลือกใช้จอขนาดเล็ก เช่น จอ 14 นิ้ว ก็สามารถทำได้ แต่พื้นที่การทำงานของ คุณจะแออัดมากทีเดียว ดังนั้นจอ 15 นิ้ว หรือ 17 นิ้ว ที่มีความละเอียด 1024 พิกเซลขึ้นไปจะ เหมาะสมกับงานกราฟฟิกมากกว่า
  - พื้นที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ สำหรับติดตั้งโปรแกรม ไดรฟ์ที่ติดตั้งโปรแกรมควรมีพื้นที่ว่างไม่น้อยกว่า 650 MB
  - OS (ระบบปฏิบัติการ) Window 2000 , XP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมสท์และคีย์บอร์ด ถ้าหากว่าคุณใช้เมสท์แบบธรรมดาอยู่(2 ปุ่ม) ให้รีบเปลี่ยนมาเป็นแบบ 3 ปุ่มจะดีกว่า ในส่วนนี้จะช่วยในการเข้าถึงคำสั่งได้ง่ายขึ้น ส่วนคีย์บอร์ดก็ใช้แบบทั่วไปตามท้องตลาด
- อุปกรณ์เสริม จำพวกอุปกรณ์เสริมดิจิทัลไกด์ตัวต่างๆ พวกกล้องดิจิทัล Scanner สำหรับนำภาพถ่ายสวยๆมาใส่ในผลงาน หรือแม้กระทั่ง CD-RW สำหรับ Back up ข้อมูลไว้ไม่ผิดพลาดใช้ประโยชน์ได้มากมาย

3. ฝึกหัดใช้โปรแกรม 3ds max ให้คล่อง พยายามฝึกใช้ทุกวัน หาหนังสือและตำราที่เกี่ยวข้องกับงาน Animation มาอ่านเพื่อเพิ่มพูนความรู้ให้กับตัวเอง และจะช่วยให้การใช้โปรแกรมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

## 6.5. แนวทางในการพัฒนาต่อ

ในปัจจุบันสื่อแอนิเมชันกำลังเป็นที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวความคิดว่าน่าจะเผยแพร่ความรู้ด้านการก่อสร้างในด้านอื่น เช่น การสร้างสะพาน การก่อสร้างตึกสูง การก่อสร้างทางยกระดับ และควรจะมีการนำเสนอสื่อโดยเปิดเป็นเว็บไซต์ ให้ผู้สนใจได้โหลดข้อมูลเพื่อไปทำการศึกษาต่อไป

ในส่วนของตัวโปรแกรมควรมีเมนูและฟังก์ชันและเอกไฟล์เอกสารที่แนบไปในตัวสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้สำหรับเก็บข้อมูลที่ไม่สามารถจะเพิ่มลงในตัวภาพยนตร์แอนิเมชันได้