# บทที่ 6
# กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคารเอนกประสงค์และหอประชุม

## 6.1 บทนำ

ในบทนี้ได้ทำการสรุปผลของการทดสอบเสาเข็มโดยวิธีพลศาสตร์ซึ่งได้ทำการทดสอบจากโครงการก่อสร้างอาคารอเนกประสงค์และหอประชุม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก การทดสอบเสาเข็มโดยวิธีพลศาสตร์(Dynamic Load Test) เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าหน่วยแรงในเสาเข็มระหว่างการตอก (Driving Stresses) ค่าความสมบูรณ์ของเสาเข็ม(Pile Integrity) ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ตอกเสาเข็ม (Hammer Performance) และค่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม(Pile's Mobilized Capacity) รวมทั้งค่าการทรุดตัว(Settlement) โดยใช้วิธีเรียกว่า Case Method ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 4945 และ AASHTO T 298

## 6.2 สภาพชั้นดิน

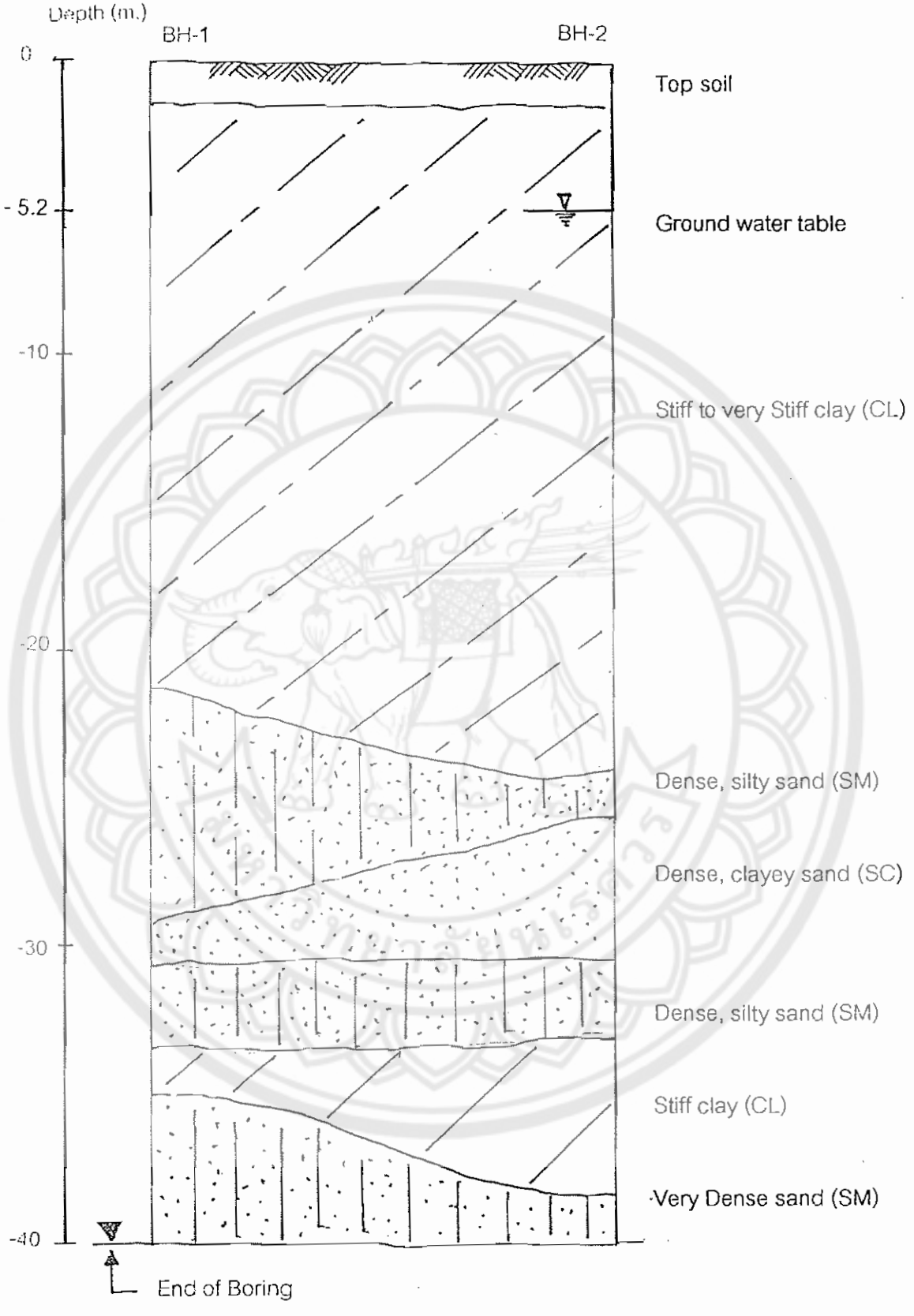
### 6.2.1 ข้อมูลดิน

ผลการเจาะสำรวจดินและผลการทดสอบหาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินเป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาออกแบบฐานรากอาคารอเนกประสงค์และหอประชุมจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งแผนที่ตั้งโครงการแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ. โดยได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 2 หลุม(รูปที่6.1) เก็บตัวอย่างดินและทดสอบ Standard Penetration Test จากในสนาม นำตัวอย่างดินคงสภาพและตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของดินซึ่งมีรายละเอียดดังภาคผนวก ช.

### 6.2.2 การเลือกใช้เสาเข็ม

ในการเลือกใช้เสาเข็มตอก บริเวณหลุมเจาะสำรวจ BH-1 อาจตอกลึกได้ไม่เกิน 25 เมตร บริเวณหลุมเจาะสำรวจ BH-2 อาจตอกลึกได้ไม่เกิน 32 เมตร

ในกรณีเลือกใช้เสาเข็มเจาะ หากเป็นระบบแห้งไม่ควรให้ปลายเสาเข็มวางในชั้นทรายแต่ถ้าต้องการวางปลายเสาเข็มในชั้นทรายแนะนำให้ใช้เสาเข็มเจาะระบบเปียกที่ใช้สารละลายเบนโทไนท์ ช่วยในการขุดเจาะดินจะทำให้ชั้นทรายบริเวณปลายเสาเข็มมีสภาพความคงตัวดีและมีค่าแรงต้านทานปลายเสาเข็มสูง




รูปที่ 6.1 Soil Profile

### 6.2.3 กำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม

กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตอกรูปสี่เหลี่ยมขนาด0.35x0.35x22เมตร ได้กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยประมาณ 56-59 ตัน

## 6.3 สูตรเสาเข็มตอก

จากสูตรเสาเข็มตอก Hiley ประมาณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมขนาด0.35x0.35x22 เมตร เท่ากับ 195 ตัน ค่าระยะกำหนด 32 blow/ft เป็นการตอกแบบ Easy driving ตามรายการคำนวณดังต่อไปนี้

| HILEY's FORMULA FOR DROPPED HAMMER<br>********** | | | |
|---|---|---|---|
| ** Qu = $\frac{2WH}{[s+k]} \cdot \frac{W+Pn^2}{(W+P)}$ ** | | | |
| Pile Size | = | 35.00 | cm. |
| Cross section Area (A) | = | 1225 | cm.^2 |
| Pile Length (L) | = | 26.00 | m. |
| Weight of Pile (P) | = | 7.64 | tons |
| Designing Pile Load (Qa) | = | 65.00 | tons |
| Safety Factor (S.F) | = | 3.00 | |
| Pile Capacity (Qu) | = | 195.00 | tons |
| Weight of RAM (W) | = | 4.50 | tons |
| Dropped Distance of RAM (H) | = | 160.00 | cm. |
| Coefficient of Restitution(n) | = | 0.00 | |
| Rebounding at final blows (k) | = | 1.790 | cm. |
| Settlement per blow (s) | = | 0.946 | cm. |
| Blowcount | = | 32 | blows/foot |

| Qu (tons) | s+k (cm.) | s (cm./blow) | Blows/foot |
|---|---|---|---|
| 65 | 8.21 | 7.61 | 4.0 |
| 81 | 6.57 | 5.82 | 5.0 |
| 98 | 5.47 | 4.58 | 7.0 |
| 114 | 4.69 | 3.65 | 8.0 |
| 130 | 4.10 | 2.91 | 10.0 |
| 146 | 3.65 | 2.31 | 13.0 |
| 163 | 3.28 | 1.79 | 17.0 |
| 179 | 2.99 | 1.34 | 22.0 |
| *195* | *2.74* | *0.95* | *32.0* |
| 211 | 2.53 | 0.59 | 51.0 |
| 228 | 2.35 | 0.26 | 117.0 |

## 6.4 การทดสอบเสาเข็มโดยวิธีพลศาสตร์

### 6.4.1 ข้อมูลเสาเข็ม

เสาเข็มที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 22 ต้น ได้แก่ เสาเข็มหมายเลข TP-1, TP-2, TP-3, TP-3, TP-4, TP-5, TP-6, TP-7, TP-8(E-7), TP-9, TP-10, TP-11, TP-12, TP-13, TP-14, TP-15, TP-16, TP-17, TP-18, TP-19, TP-20, TP-21 และ TP-22 เป็นเสาเข็มตอกรูปสี่เหลี่ยมขนาด 0.35x0.35 ม. ความยาว 13.00 เมตร และ14.50 เมตร โดยออกแบบให้มีการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย 65.00 ตันต่อต้น และมีค่าความปลอดภัย 2.50

### 6.4.2 ผลการทดสอบ

กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณโดยโปรแกรม CAPWAPC และกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบในสนาม ต่ำกว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณโดยสูตร ของ Hiley รายละเอียดของผลทดสอบเสาเข็มแสดงไว้ในภาคผนวก ช. และผลการคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยโปรแกรม CAPWAPC แสดงไว้ในภาคผนวก ฌ.

ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลของการคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยโปรแกรม CAPWAPC น้อยกว่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากการทดสอบในสนาม 4.48% โดยเฉลี่ย

2. เสาเข็มทดสอบทุกต้นไม่พบความเสียหาย

3. จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับน้ำหนักบรรทุกกับค่าการทรุดตัวสรุปได้ว่า

- เสาเข็ม TP-1, TP-2, TP-5, TP-11, TP-13, TP-14, TP-15 และ TP-16 มีค่าการทรุดตัว 8-9 มม. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 150-180 ตัน

- เสาเข็ม TP-3, TP-4, TP-6, TP-7, TP-8, TP-9, TP-10, TP-12, TP-17, TP-18, TP-19, TP-20 และ TP-22 มีค่าการทรุดตัว 6-8 มม. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 150-180 ตัน

- เสาเข็ม TP-21 มีค่าการทรุดตัว 9-11 มม. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 150-180 ตัน

## 6.5 การเปรียบเทียบสูตรเสาเข็มตอกกับค่าการทดสอบเสาเข็ม

ผลการคำนวณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มแสดงไว้ในตารางที่ 6.1 และ 6.2 นอกจากนี้ได้นำข้อมูลมาทำการพล๊อตลงในกราฟซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 6.2, 6.3, 6.4 และ 6.5

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลการตอกเสาเข็ม

| เสาเข็มตอก | ขนาดเสาเข็ม m.xm.xm. | น้ำหนักเสาเข็ม tons | น้ำหนักตุ้มตอก tons | ระยะยกตุ้มตอก m. | ระยะจมของตุ้มตอก cm./blow | พื้นที่หน้าตัด $m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TP-1 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-2 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-3 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-4 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-5 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-6 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TP-7 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-8 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.00 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-9 | SQ 0.35x0.35x13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-10 | SQ0.35x0.35x14.5 | 4.263 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-11 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-12 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-13 | SQ0.35X0.35X14.5 | 4.263 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-14 | SQ0.35X0.35X14.5 | 4.263 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-15 | SQ0.35X0.35X14.5 | 4.263 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-16 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-17 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-18 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-19 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-20 | SQ0.35X0.35X14.5 | 4.263 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-21 | SQ0.35X0.35X13 | 3.822 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |
| TP-22 | SQ0.35X0.35X14.5 | 4.263 | 3.500 | 1.60 | 0.95 | 0.1225 |

ตารางที่ 6.2 กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

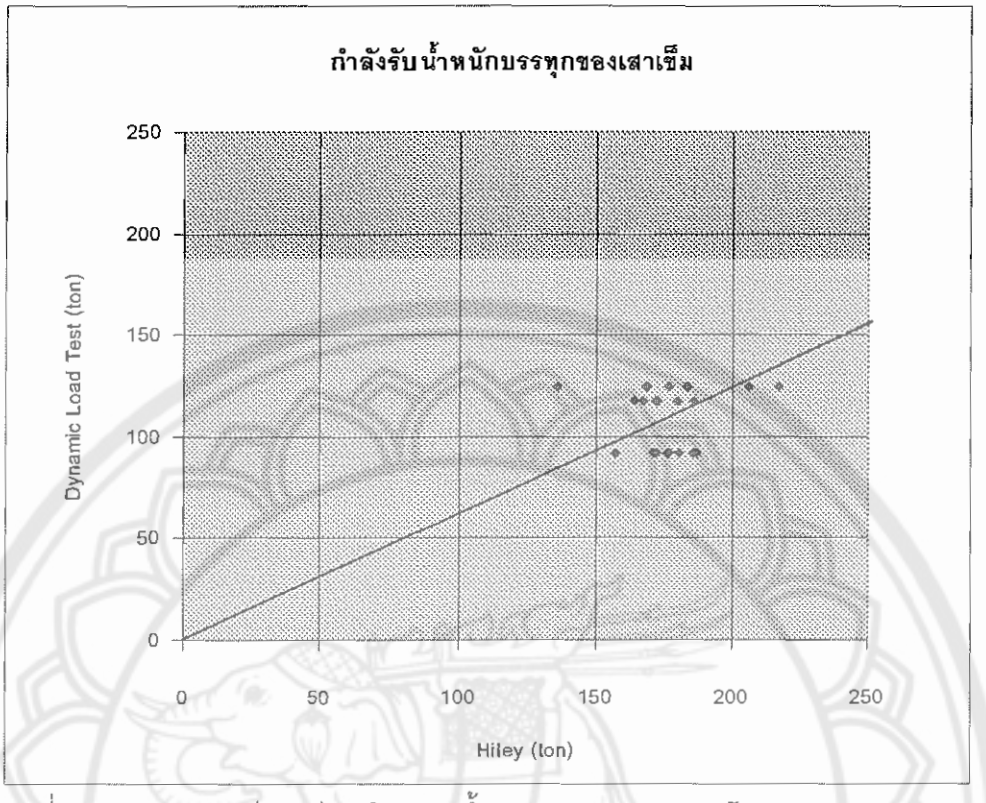
| เสาเข็มตอก | Dynamic Load Test ton | CAPWAPC ton | Hiley ton | Danish ton | Janbu ton | Gate ton |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TP-1 | 157 | 171.9 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-2 | 171 | 168.1 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-3 | 186.67 | 170.2 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-4 | 185.67 | 174.2 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-5 | 177 | 172.2 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TP-6 | 176 | 170.5 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-7 | 172 | 169.5 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-8 | 180.67 | 169 | 92.3 | 183.25 | 144.13 | 106.41 |
| TP-9 | 176.67 | 172.1 | 125 | 258.66 | 205.47 | 134.61 |
| TP-10 | 172 | 172.7 | 117.57 | 250.78 | 196.47 | 134.61 |
| TP-11 | 168.33 | 173.1 | 125 | 258.66 | 205.47 | 134.61 |
| TP-12 | 136 | 163.5 | 125 | 258.66 | 205.47 | 134.61 |
| TP-13 | 180 | 174 | 117.57 | 250.78 | 196.47 | 134.61 |
| TP-14 | 185.67 | 176.5 | 117.57 | 250.78 | 196.47 | 134.61 |
| TP-15 | 172.33 | 167 | 117.57 | 250.78 | 196.47 | 134.61 |
| TP-16 | 169 | 166.4 | 125 | 258.66 | 206.47 | 134.61 |
| TP-17 | 183.67 | 165.9 | 125 | 258.66 | 206.47 | 134.61 |
| TP-18 | 217.33 | 187.2 | 125 | 258.66 | 206.47 | 134.61 |
| TP-19 | 206 | 173.8 | 125 | 258.66 | 206.47 | 134.61 |
| TP-20 | 167 | 165.4 | 117.57 | 250.78 | 196.47 | 134.61 |
| TP-21 | 183.33 | 176.5 | 125 | 258.66 | 205.47 | 134.61 |
| TP-22 | 164 | 164.4 | 117.57 | 250.78 | 196.47 | 134.61 |

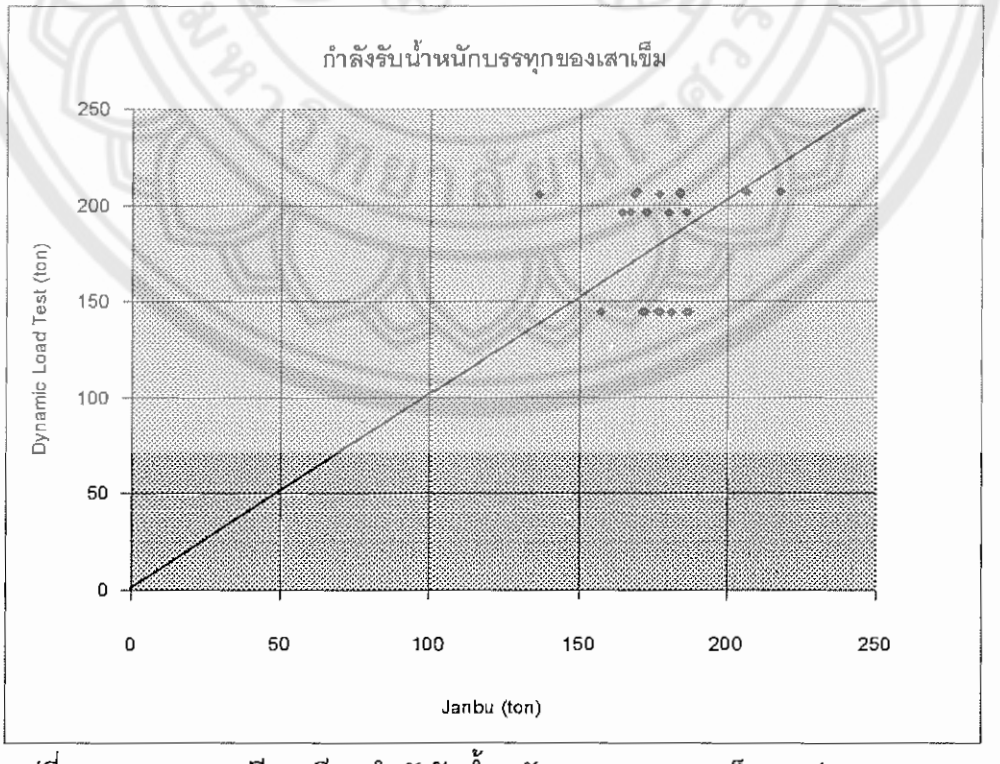
ผลการคำนวณในตารางที่ 6.2 พบว่า

1. กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธีของ Hiley ต่ำกว่าผลการทดสอบในสนามมีจำนวน 22 ต้นโดยที่ให้ค่าต่ำกว่าประมาณ 61.86% โดยเฉลี่ย

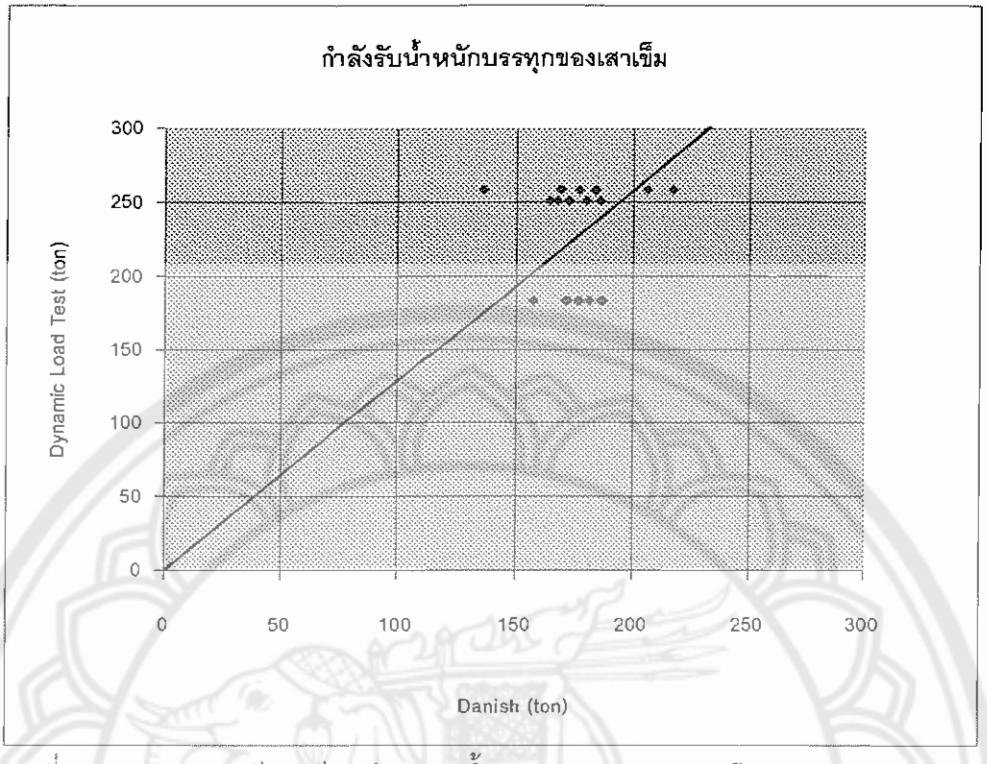
2. กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธีของ Gate ต่ำกว่าผลการทดสอบในสนามมีจำนวน 22 ต้นโดยที่ให้ค่าต่ำกว่าประมาณ 44% โดยเฉลี่ย



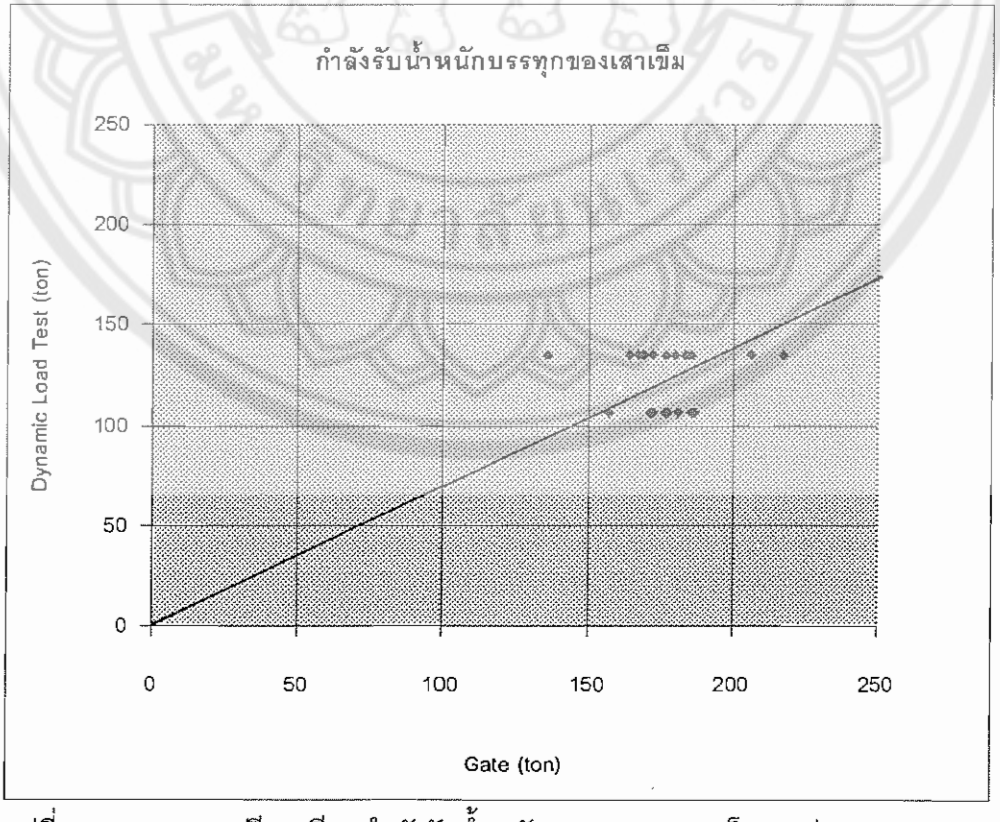

รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มระหว่างผลการทดสอบเสาเข็มในสนามกับวิธีของ Hiley




รูปที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มระหว่างผลการทดสอบเสาเข็มในสนามกับวิธีของ Janbu




รูปที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มระหว่างผลการทดสอบเสาเข็มในสนามกับวิธีของ Danish




รูปที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มระหว่างผลการทดสอบเสาเข็มในสนามกับวิธีของ Gate

## 6.6 สรุป

6.6.1 ในพื้นที่โครงการระดับความลึกที่เหมาะสมในการตอกเสาเข็มประมาณ 25-32 เมตร ณ ค่า SPT ไม่เกิน 40 blow/ft

6.6.2 กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณโดยโปรแกรม CAPWAPC น้อยกว่าผลการทดสอบในสนาม 4.48% โดยเฉลี่ย

6.6.3 กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณโดยวิธีของ Hiley และ Gate Formula ให้ค่าต่ำกว่าผลการทดสอบในสนาม (Dynamic Load Test) ประมาณ 61.86% และ 44% โดยเฉลี่ย ตามลำดับ ซึ่งถ้าใช้สูตรนี้ควบคุมการตอกเสาเข็มจะปลอดภัย

6.6.4 กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่คำนวณโดยวิธีของ Janbu และ Danish Formula สูงกว่าผลการทดสอบเสาเข็มในสนาม (Dynamic Load Test) ซึ่งถ้าใช้สูตรนี้ในการควบคุมการตอกเสาเข็มอาจจะไม่ปลอดภัย