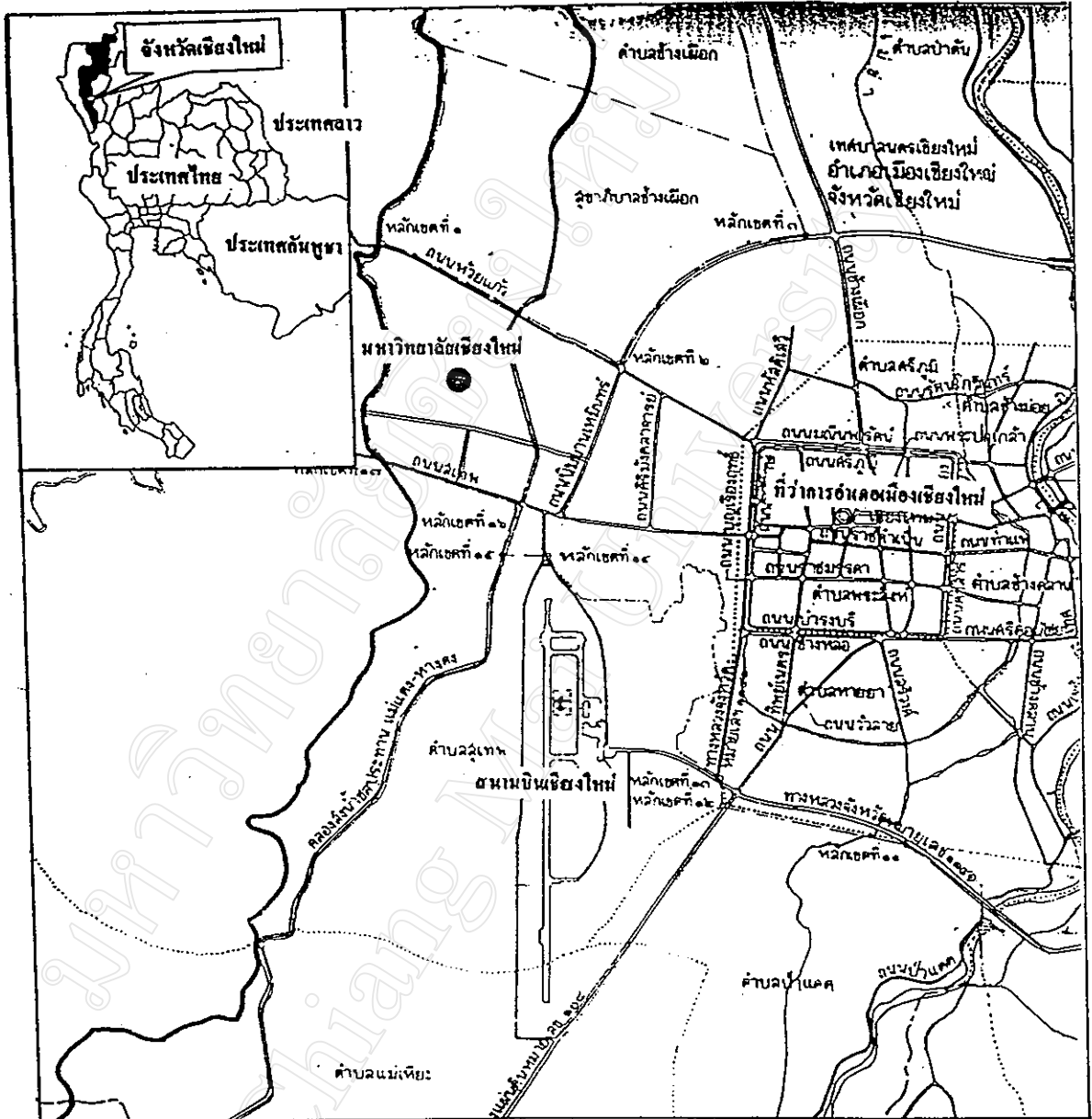


ภาคผนวก ก

แสดงข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มตอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ที่ผ่านมา



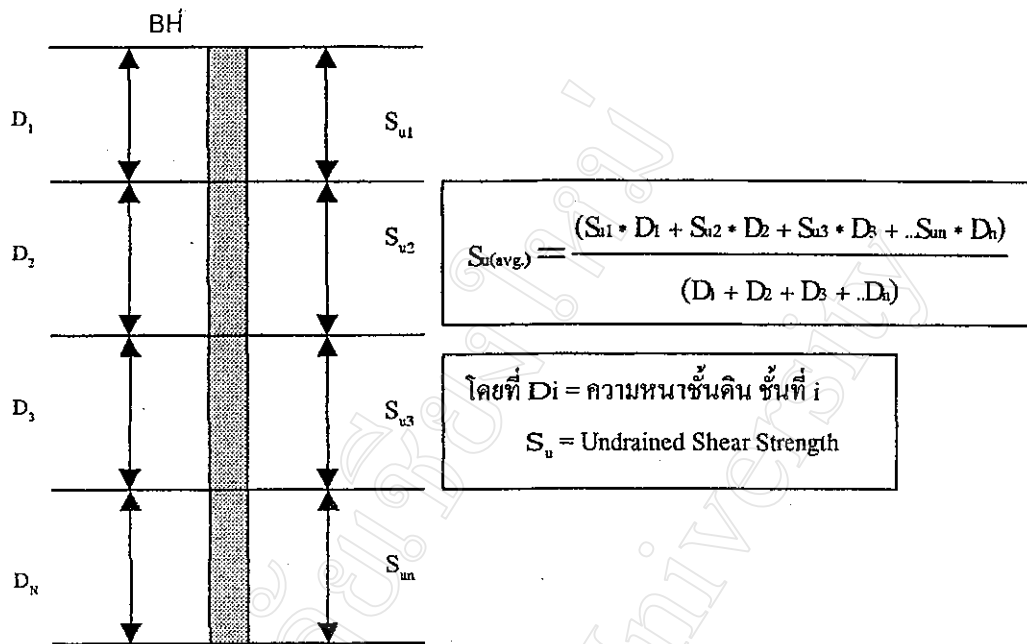
รูปที่ ก.1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ทำการทดสอบหาแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่

ตารางที่ ก.1 แสดงที่ตั้งโครงการของข้อมูลการทดสอบน้ำหนักรรทุกเสาเข็ม

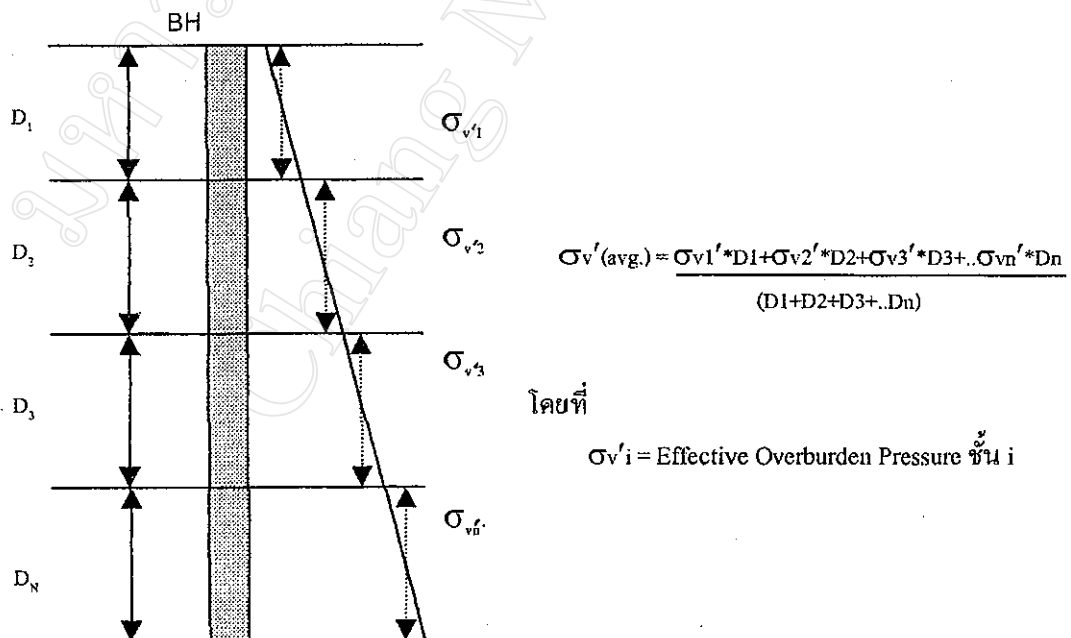
โครงการ	ที่ตั้ง
1. ศูนย์การค้ากาดสวนแก้ว	ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่
2. อาคารท่าอากาศยาน	ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
3. SR LAND คี๊จ G4	ถนนเชียงใหม่-เชียงใหม่ ตำบลสันนาเม็ง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
4. SR LAND คี๊จ F5	ถนนเชียงใหม่-เชียงใหม่ ตำบลสันนาเม็ง อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
5. โรงแรมพรพิงค์	ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
6. อาคารสำนักงานใหญ่บริษัท นิยมพาณิชย์	ถนน อ้อมเมือง ต. สุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
7. อาคารเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้	อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
8. อาคารพลศึกษามหาวิทยาลัย แม่โจ้	อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
9. แฟลตข้าราชการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ ก.2 แสดงรายละเอียดเสาเข็มที่ทำการทดสอบน้ำหนักบรรทุกทุกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่

โครงการ	ชนิดเสาเข็ม	ขนาด (mm.)	ความยาว ฝังในดิน (เมตร)	วิธีการทดสอบ
1. ศูนย์การค้ากาศวนแก้ว	คอนกรีตอัดแรง	0.40x0.40x9.00	8	Slow Maintained Load Test
2. อาคารท่าอากาศยาน	คอนกรีตอัดแรง	0.40x0.40x13.00	11	Slow Maintained Load Test
3. SR LAND ตึก G4	คอนกรีตอัดแรง	0.35x0.35x11.00	11	Slow Maintained Load Test
4. SR LAND ตึก F5	คอนกรีตอัดแรง	0.35x0.35x11.00	11	Slow Maintained Load Test
5. โรงแรมพรพิงค์	คอนกรีตอัดแรง	0.40x0.40x18.00	16	Slow Maintained Load Test
6. อาคารสำนักงานใหญ่ บริษัทนิคมพาณิชย์	คอนกรีตอัดแรง	0.40x0.40x13.60	11.3	Slow Maintained Load Test
7. อาคารเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้	คอนกรีตอัดแรง	0.26x0.26x10.00	9	Slow Maintained Load Test
8. อาคารพลศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้	คอนกรีตอัดแรง	0.40x0.40x10.0	8.7	Slow Maintained Load Test
9. แฟลตข้าราชการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	คอนกรีตอัดแรง	0.25x0.25x8.00	8	Slow Maintained Load Test



รูปที่ ก.3 แสดงการวิธีการหา Average Undrained Shear Strength โดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก



รูปที่ ก.4 แสดงการวิธีการหา Average Effective Overburden Pressure โดยวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ ก.3 แสดงสรุปลักษณะของชั้นดินบริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็ม

PILE LOAD TEST PROJECT	DEPTHS (m.)	SOIL TYPE (USC)	AS RECEIVED CONDITION			ATTERBERG LIMITS (Average)			GRADATION TEST (SIEVE ANALYSIS) % PASSED SIEVE(Average)				UNDRAINED SHEAR STRENGTH $S_{u(average)}$ (t/m^2)
			WATER CONTENT (Average) (%)	BULK DENSITY (Average) (t/m^3)	DRY DENSITY (t/m^3)	L.L. (%)	P.L. (%)	P.I. (%)	NO. 4 (%)	NO. 10 (%)	NO. 40 (%)	NO. 200 (%)	
1. ศูนย์การก้ากาดสวนแก้ว	0-1												
	1-12	CL	22	1.92	1.57	45.7	18.6	27.1	100	98.7	87.5	69.8	15.7
2. อาคารสำนักงานท่าอากาศยาน	0-1												
	1-7	CL	13	1.93	1.71	29.5	19.5	9	100	98.7	82.8	76.1	18
	7-10	CL	12	2.02	1.80	30	22	8	99.0	93.4	80.5	63.7	19
	10-13	CL	11.8	2.08	1.86	30	21	9	99.8	95.1	74.7	54.6	20
3. SR LAND ตึก G4	0-1												
	1-5	CL	18.8	1.90	1.60	42.3	18.5	23.8	100	93.2	88.2	73.4	6.0
	5-13	CL	16.3	2.06	1.77	43.5	16	27.5	98.9	89.7	79.3	58.9	16.5
4. SR LAND ตึก F5	0-1												
	1-5	CL	18.8	1.90	1.60	42.3	18.5	23.8	100	93.2	88.2	73.4	6.0
	5-13	CL	16.3	2.06	1.77	43.5	16	27.5	98.9	89.7	79.3	58.9	16.5

ตารางที่ ก.๖(ต่อ) แสดงสรุปลักษณะของชั้นดินบริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็ม

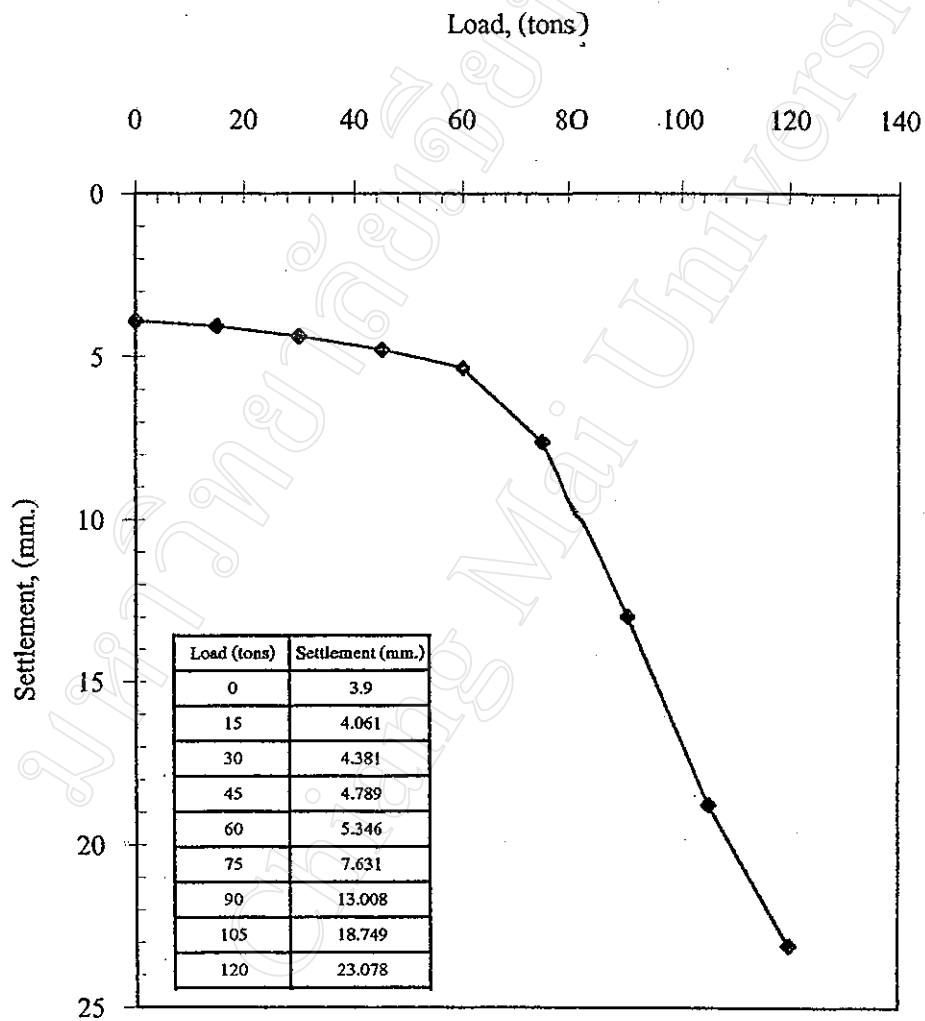
PILE LOAD TEST PROJECT	DEPTHS (m.)	SOIL TYPE (USC)	AS RECEIVED CONDITION			ATTERBERG LIMITS (Average)			GRADATION TEST (SIEVE ANALYSIS) % PASSED SIEVE(Average)				UNDRAINED SHEAR STRENGTH $S_{u(average)}$ (t/m^2)
			WATER CONTENT (Average) (%)	BULK DENSITY (Average) (t/m^3)	DRY DENSITY (t/m^3)	L.L. (%)	P.L. (%)	P.I. (%)	NO. 4 (%)	NO. 10 (%)	NO. 40 (%)	NO. 200 (%)	
5. โรงแรมพรพิงค์	0-5	CL	23.4	1.99	1.61	43.7	22.5	21.2	100	99	79.5	68.2	10
	5-12	CL	19.5	1.92	1.61	40.8	18.3	22.5	100	100	92.6	74.5	13.5
	12-18	CL	21.5	2.03	1.67	44.5	21.2	23.3	100	98.7	80.2	63.5	18.3
6. อาคารสำนักงานใหญ่บริษัท นิยมพาณิชย์	0-0.8			1.82									
	0.8-3.5	CL	17.1	2.07	1.77	40	16	24	99.9	99.3	74.6	52.3	20.9
	3.5-9.0	CL	16.5	2.11	1.83	28	17	11	100	99.3	92.6	68.4	29
	9.0-12	CL	13.4	2.18	1.92	27	12	15	100	98.9	94.1	89.2	14.2
7. อาคารเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้	0-1												
	1-10	CL	14.5	1.88	1.64	42	23.5	18.5	99.9	97.4	76.3	58	13

ตารางที่ ก.3(ต่อ) แสดงสรุปลักษณะของชั้นดินบริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็ม

ตารางที่ ก.3(ต่อ) แสดงสรุปลักษณะของชั้นดินบริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็ม

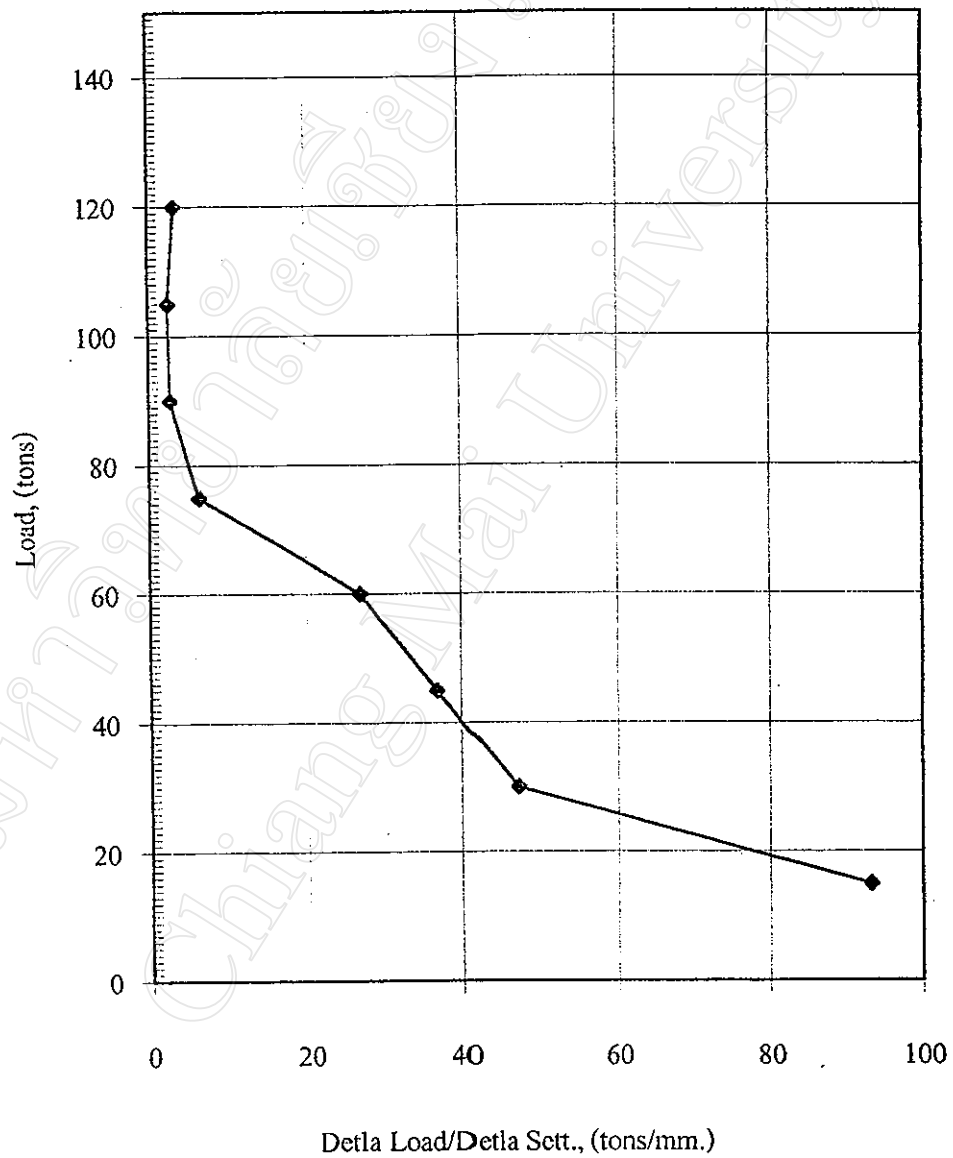
PILE LOAD TEST PROJECT	DEPTHS (m.)	SOIL TYPE (USC)	AS RECEIVED CONDITION			ATTERBERG LIMITS (Average)			GRADATION TEST (SIEVE ANALYSIS) % PASSED SIEVE(Average)					UNDRAINED SHEAR STRENGTH $S_{u(average)}$ (t/m^2)
			WATER CONTENT (Average) (%)	BULK DENSITY (Average) (t/m^3)	DRY DENSITY (t/m^3)	L.L. (%)	P.L. (%)	P.I. (%)	NO. 4 (%)	NO. 10 (%)	NO. 40 (%)	NO. 200 (%)		
8. อาคารเรียนพลศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้	0-1.3												6.9	
	1.3-5	CL	17.5	1.94	1.65	42	23	19	100	94	80	58		
	5-11	CL	15.4	2.08	1.80	34	17.5	16.5	100	88	72	55	13.5	
9. โครงการแปลตึกอาคาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้	0-1													
	1-4	CL	23.5	1.89	1.65	40	22	18	100	91.3	86.5	61.7	10	
	4-7	CL	25.4	1.91	1.77	38	22.7	15.3	99.4	83.5	79.8	59.1	17	
	7-9	CL	20.5	1.91	1.79	39	20.7	18.3	98.5	82.8	77.4	50	16	

เสาเข็มต้นที่	1	โครงการ	ก่อสร้างอาคารศูนย์การค้ากาดสวนแก้ว
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ถ. ห้วยแก้ว อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่
ขนาดหน้าตัด	0.40x0.40 เมตร	วันที่ทดสอบ	26 มิ.ย 2533
ความยาว	9 เมตร	น้ำหนักออกแบบ	60 ตัน



รูปที่ ก.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารศูนย์การค้ากาดสวนแก้ว

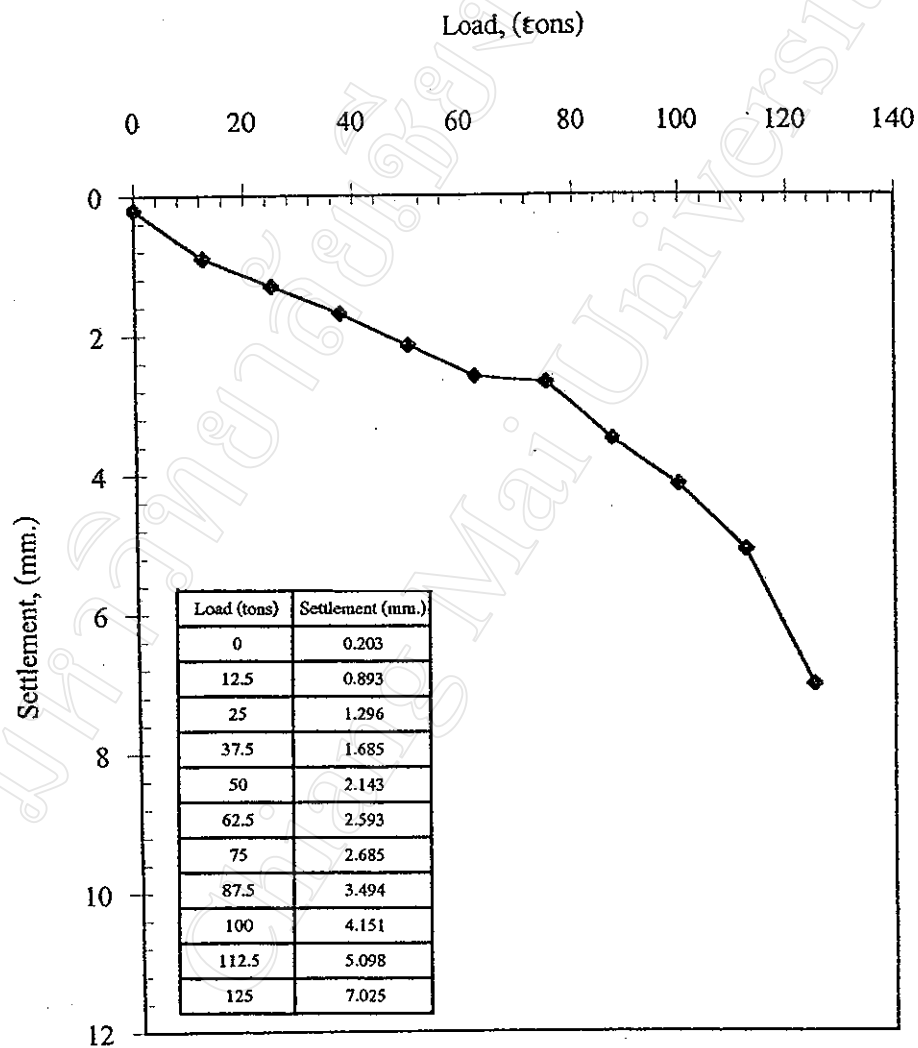
เสาเข็มต้นที่	I	โครงการ	ก่อสร้างอาคารศูนย์การค้าคสวนแก้ว
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ถ. ห้วยแก้ว อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่
ขนาดหน้าตัด	0.40x0.40 เมตร	วันที่ทดสอบ	-
ความยาว	9 เมตร	น้ำหนักออกแบบ	60 ตัน



รูปที่ ก.6 แสดงกราฟการหาค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยโดยวิธี Modified Mazurkiewicz
โครงการก่อสร้างอาคารศูนย์การค้าคสวนแก้ว

เสาเข็มคันที่ 2
ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง
ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร
ความยาว 13 เมตร

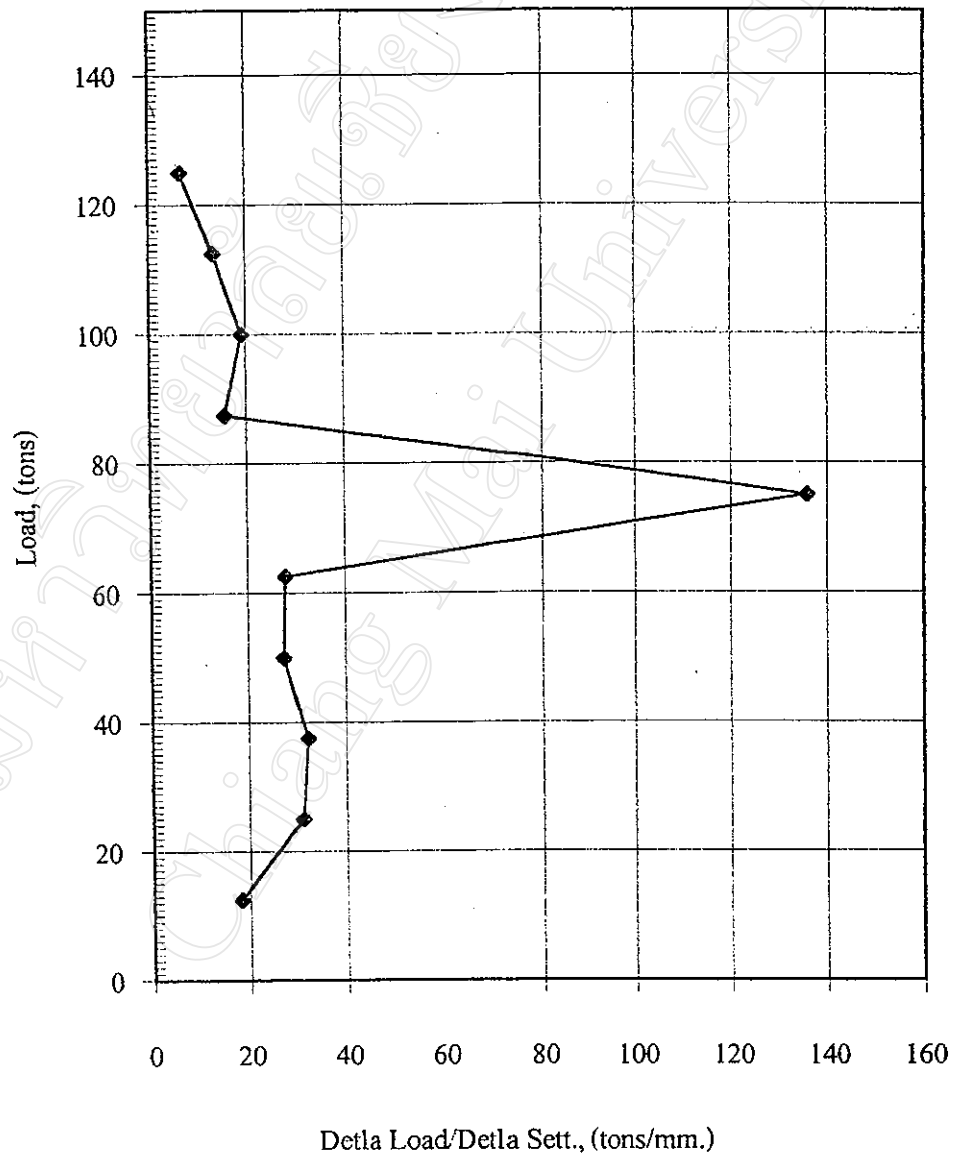
โครงการ ก่อสร้างอาคารสำนักงานท่าอากาศยาน
สถานที่ตั้ง ด.สุเทพ อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่
วันที่ทดสอบ 11 พ.ย 2537
น้ำหนักออกเบบ 50 ตัน



รูปที่ ก.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารสำนักงานท่าอากาศยาน

เสาเข็มต้นที่ 2
ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง
ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร
ความยาว 13 เมตร

โครงการ ก่อสร้างอาคารสำนักงานท่าอากาศยาน
สถานที่ตั้ง ต.สุเทพ อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่
วันที่ทดสอบ 11 พ.ย 2537
น้ำหนักออกแบบ 50 ตัน



รูปที่ ก.8- แสดงกราฟการหาค่าน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยโดยวิธี Modified Mazurkiewicz
โครงการก่อสร้างอาคารสำนักงานท่าอากาศยาน

เสาเข็มคันที่ 3

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.35x0.35 เมตร

ความยาว 11 เมตร

โครงการ

ก่อสร้างอาคาร SR LAND G4

สถานที่ตั้ง

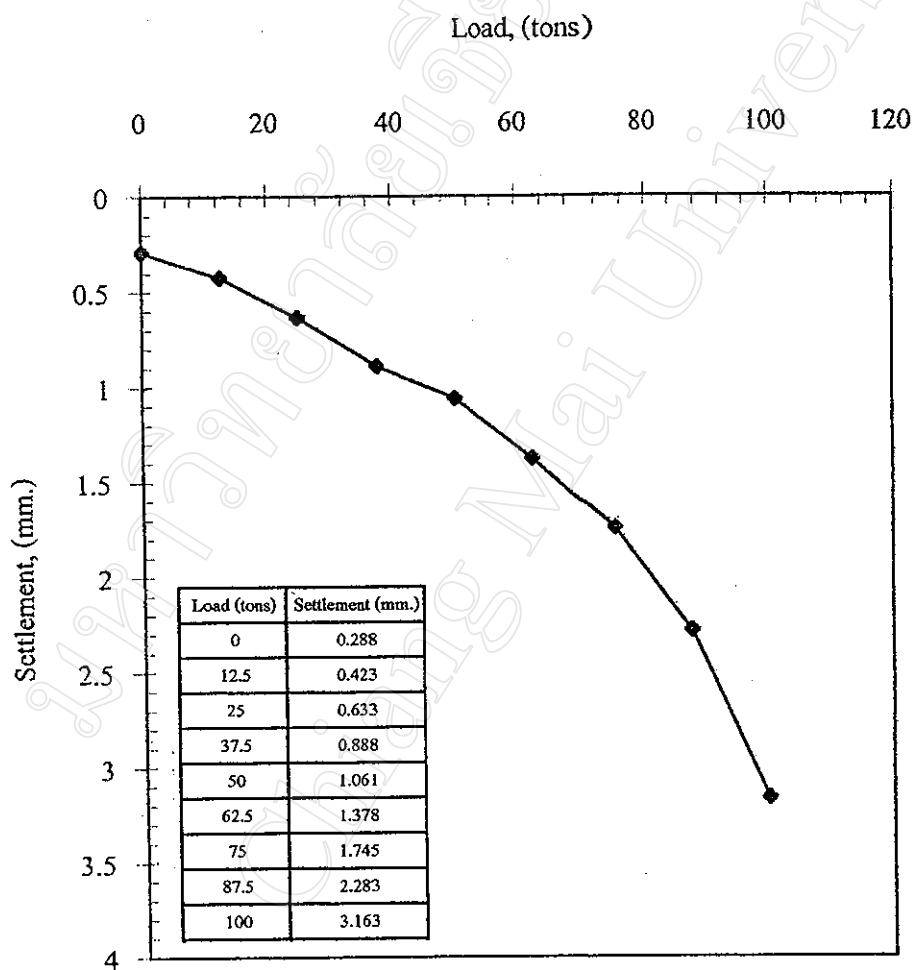
ถ. เชียงใหม่-เชียงราย อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่

วันที่ทดสอบ

พ.ศ 2536

น้ำหนักออกแบบ

50 ตัน



รูปที่ ก.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคาร SR LAND G4

เสาเข็มคันที่ 3

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.35x0.35 เมตร

ความยาว 11 เมตร

โครงการ

ก่อสร้างอาคาร SR LAND G4

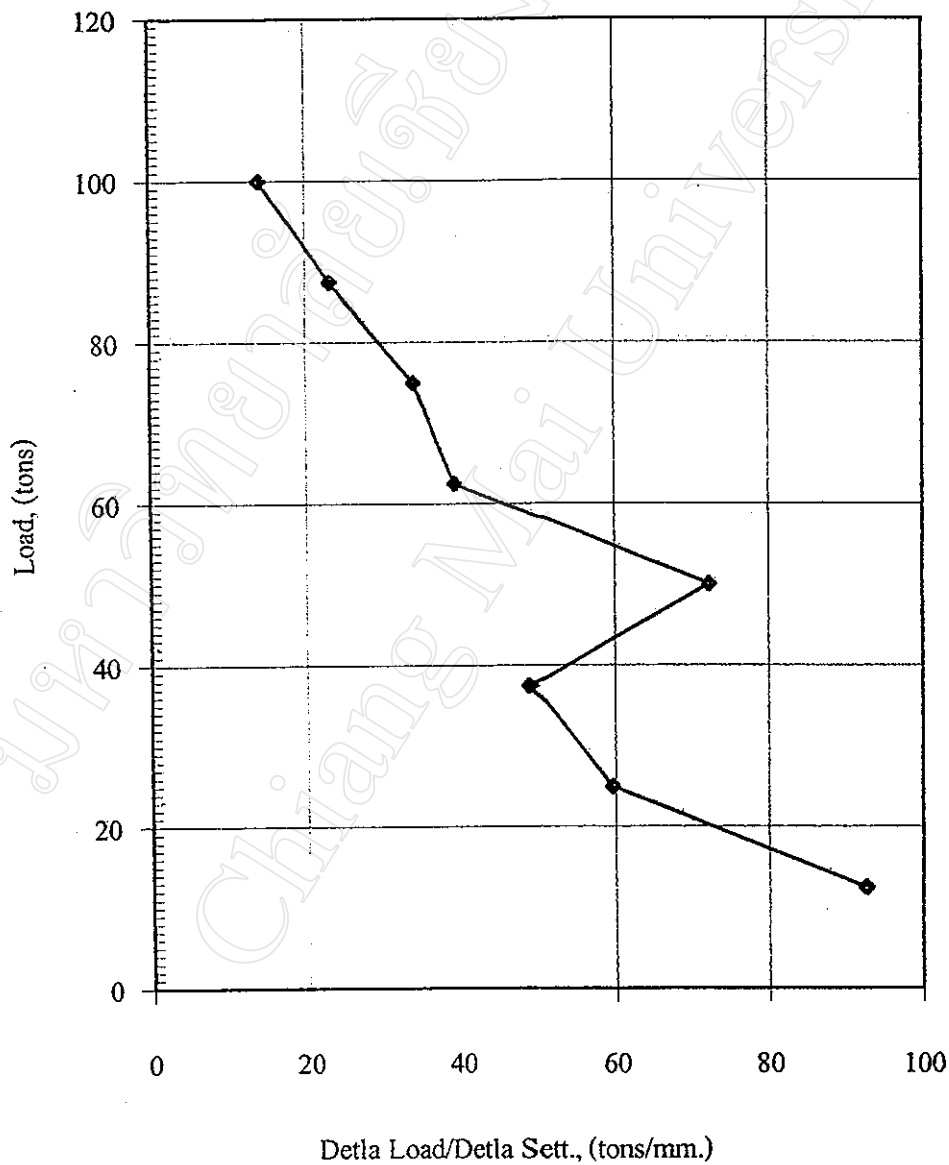
สถานที่ตั้ง

ถ. เชียงใหม่-เชียงใหม่ อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่

วันที่ทดสอบ

พ.ศ 2536

น้ำหนักออกแบบ 50 ตัน



รูปที่ ก.๑๐ แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย

โครงการก่อสร้างอาคาร SR LAND G4

เสาเข็มคันที่ 4

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.35x0.35 เมตร

ความยาว 11 เมตร

โครงการ

สถานที่ตั้ง

วันที่ทดสอบ

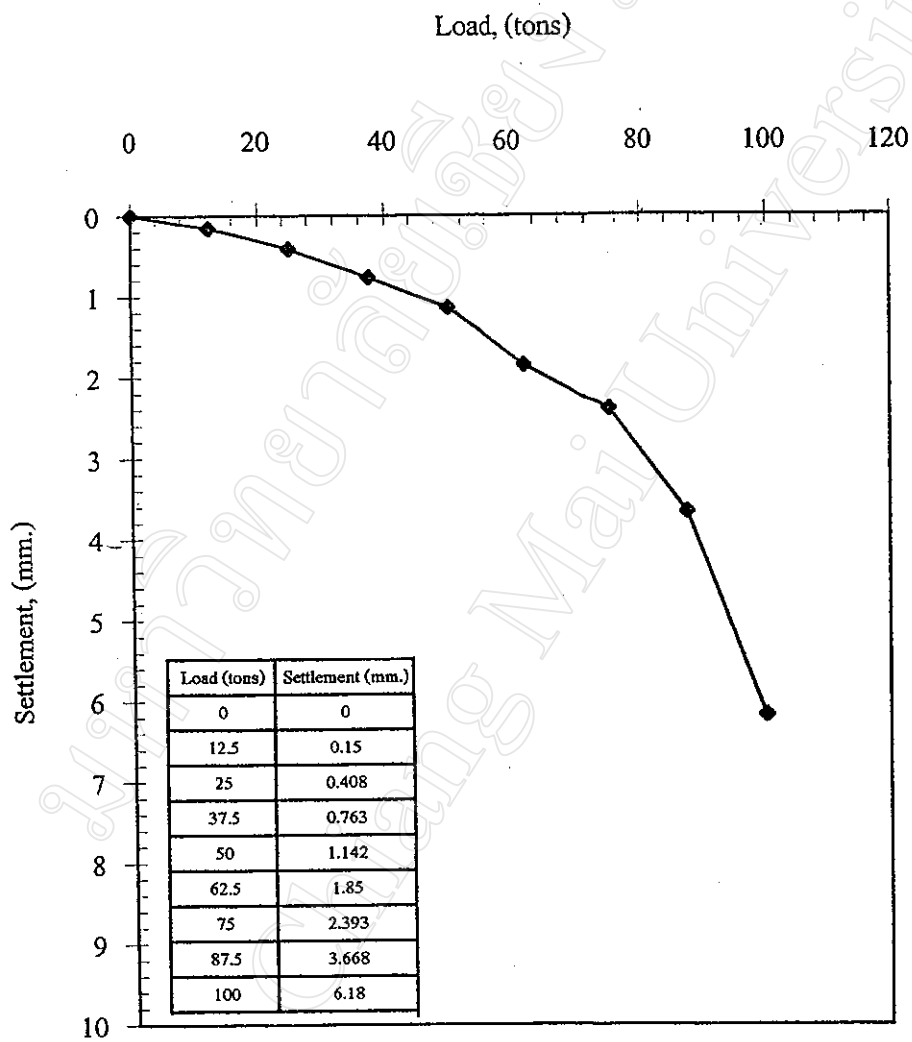
น้ำหนักออกแบบ

ก่อสร้างอาคาร SR LAND F5

ถ. เชียงใหม่-เชียงราย อ. ตันทราย จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ 2536

50 ตัน



รูปที่ ก-๔ แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย

โครงการก่อสร้างอาคาร SR LAND F5

เสาเข็มคันที่ 4

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.35x0.35 เมตร

ความยาว 11 เมตร

โครงการ

สถานที่ตั้ง

วันที่ทดสอบ

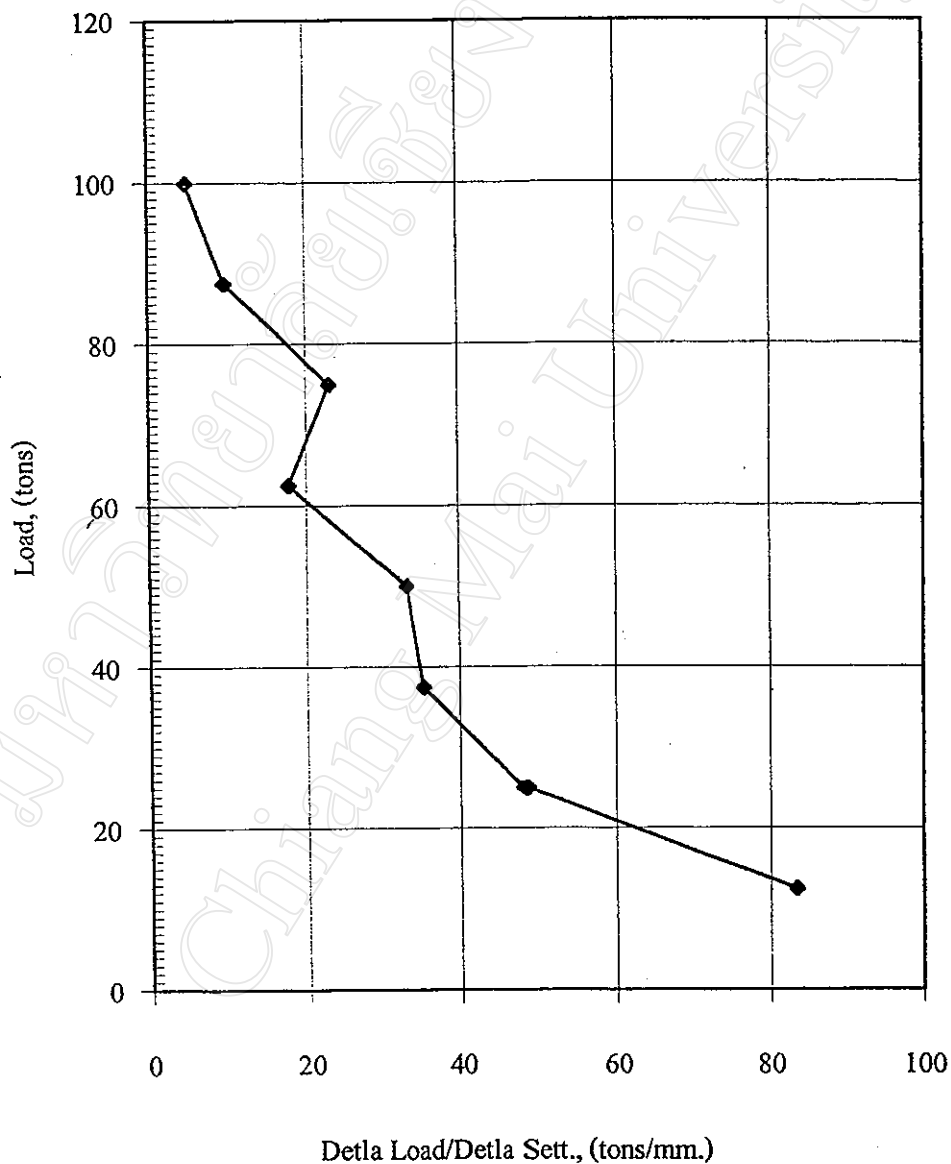
น้ำหนักออกแบบ

ก่อสร้างอาคาร SR LAND F5

ถ. เชียงใหม่-เชียงราย อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ 2536

50 ตัน



รูปที่ ก.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคาร SR LAND F5

เสาเข็มต้นที่ 5

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร

ความยาว 18 เมตร

โครงการ

ก่อสร้างโรงแรมพรพิงค์

สถานที่ตั้ง

ถ. ห้วยแก้ว อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่

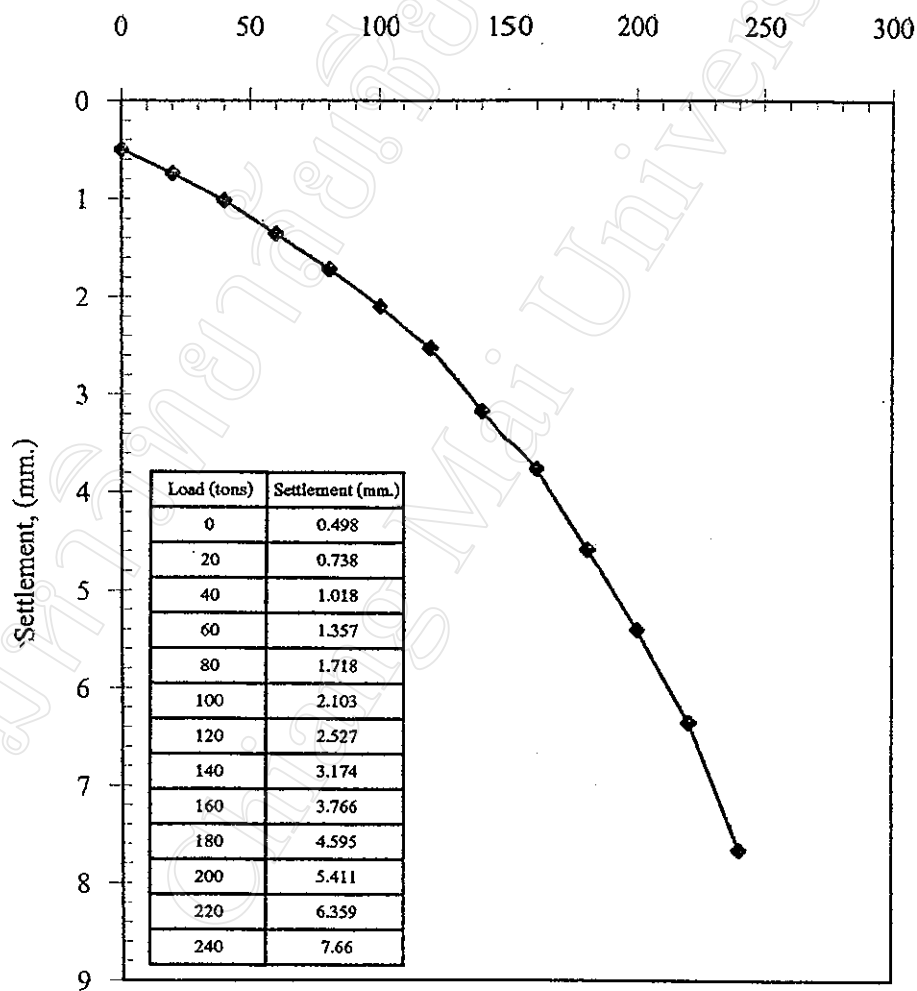
วันที่ทดสอบ

22-24 ก.ค. 2534

น้ำหนักออกแบบ

80 ตัน

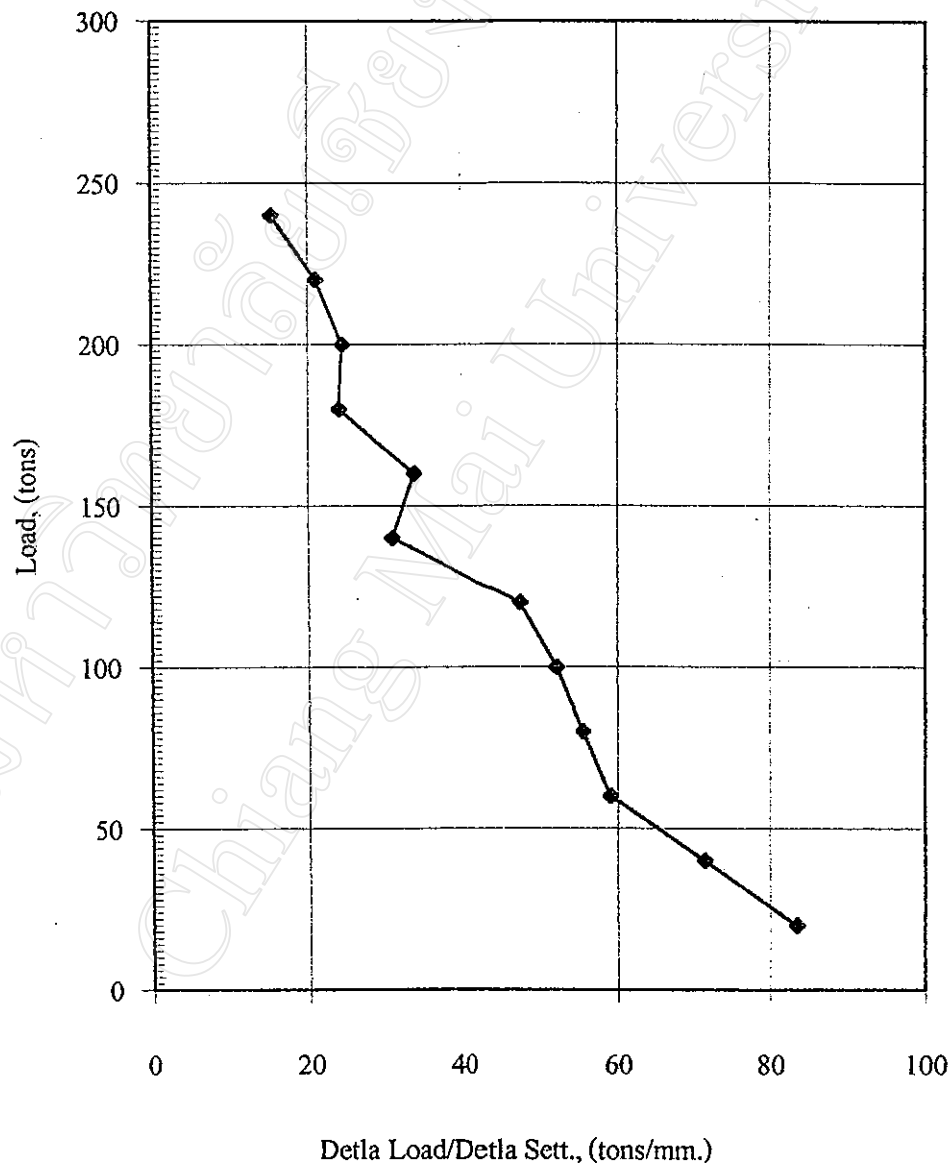
Load, (tons)



รูปที่ ก.๖ แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างโรงแรมพรพิงค์

เสาเข็มคันที่ 5
ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง
ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร
ความยาว 18 เมตร

โครงการ ก่อสร้างโรงแรมพรพิงค์
สถานที่ตั้ง ถ. ห้วยแก้ว อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่
วันที่ทดสอบ 22-24 ก.ค. 2534
น้ำหนักออกแบบ 80 ตัน



รูปที่ ก.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างโรงแรมพรพิงค์

เสาเข็มคันที่ 6

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร

ความยาว 13.6 เมตร

โครงการ

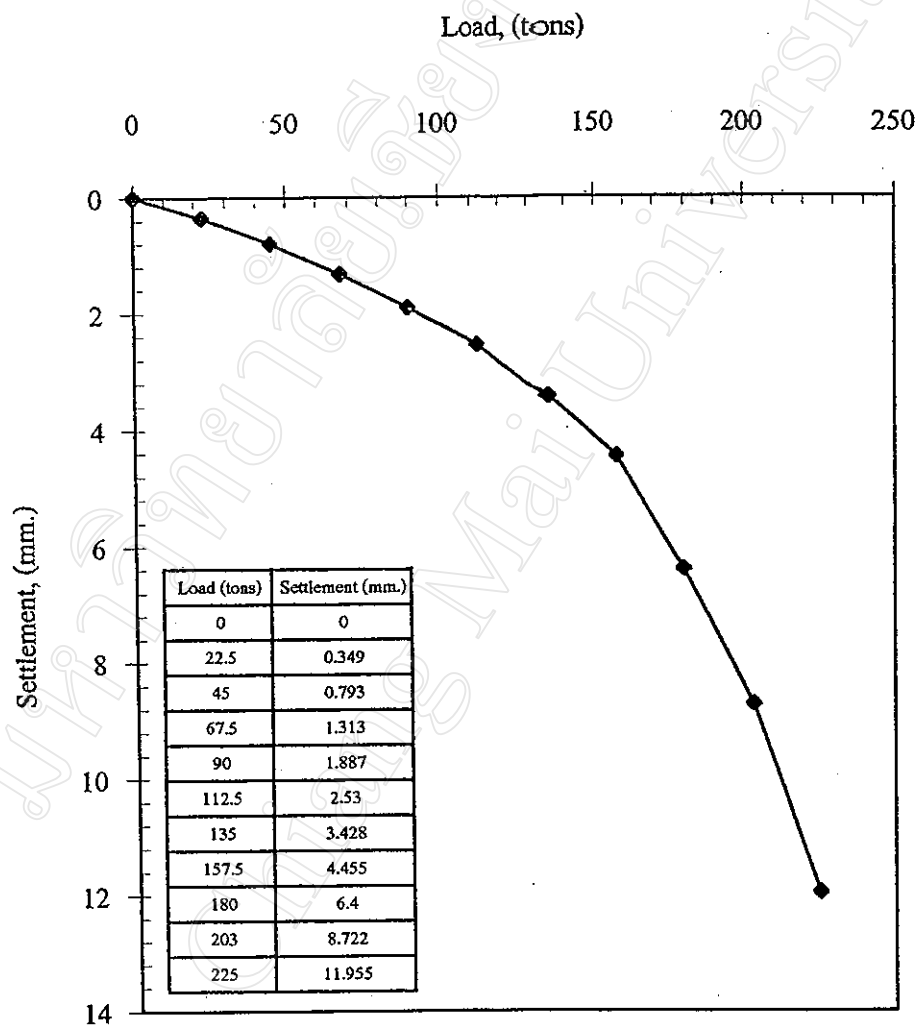
สถานที่ตั้ง

วันที่ทดสอบ 3-9 ส.ค 2534

น้ำหนักออกแบบ 90 ตัน

ก่อสร้างอาคารสำนักงานบริษัทนิคมพาณิชย์

ถ. อ้อมเมือง ต.สุเทพ อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ ก.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารสำนักงานบริษัทนิคมพาณิชย์

เสาเข็มต้นที่ 6

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร

ความยาว 13.6 เมตร

โครงการ

สถานที่ตั้ง

วันที่ทดสอบ

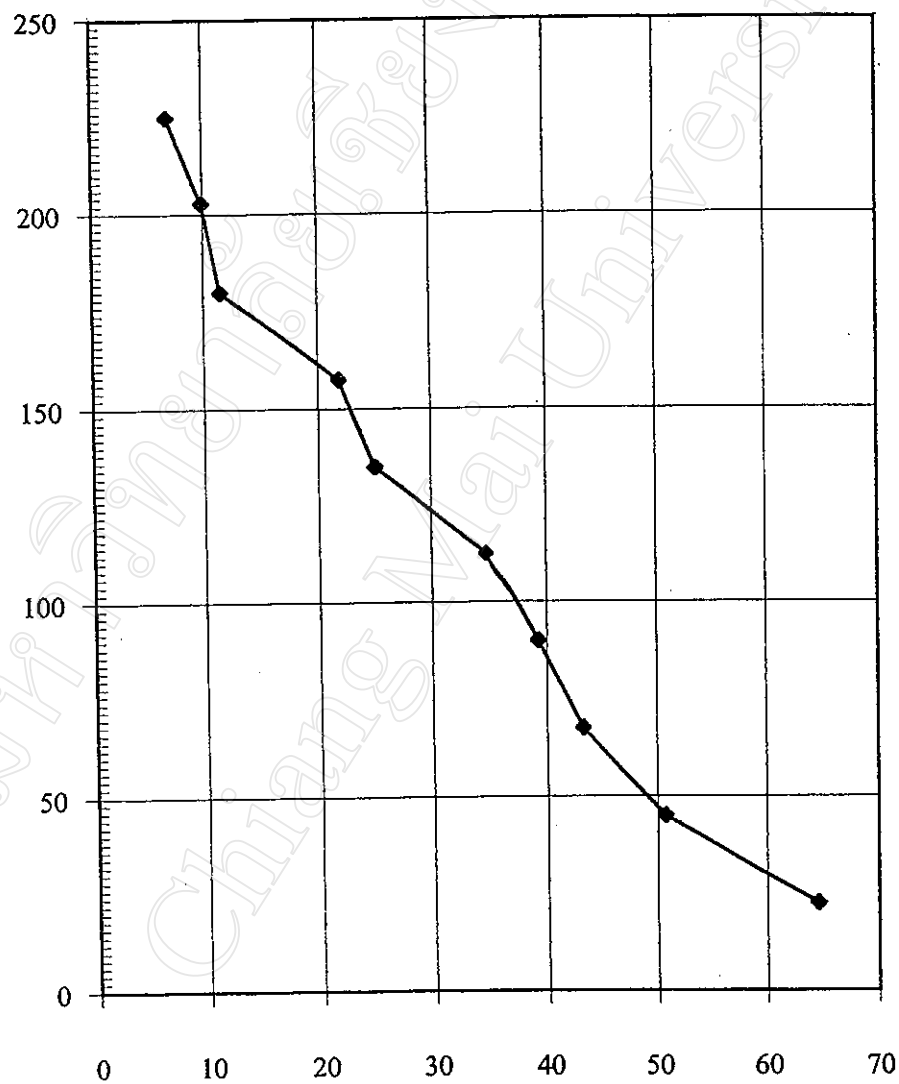
น้ำหนักออกแบบ

ก่อสร้างอาคารสำนักงานบริษัทนิคมพาณิชย์

ถ. อ้อมเมือง ค.สุเทพ อ. เมือง จังหวัดเชียงใหม่

3-9 ส.ค 2534

90 ตัน



รูปที่ ก.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารสำนักงานบริษัทนิคมพาณิชย์

เสาเข็มต้นที่ 7

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.26x0.26 เมตร

ความยาว 10 เมตร

โครงการ

สถานที่ตั้ง

วันที่ทดสอบ

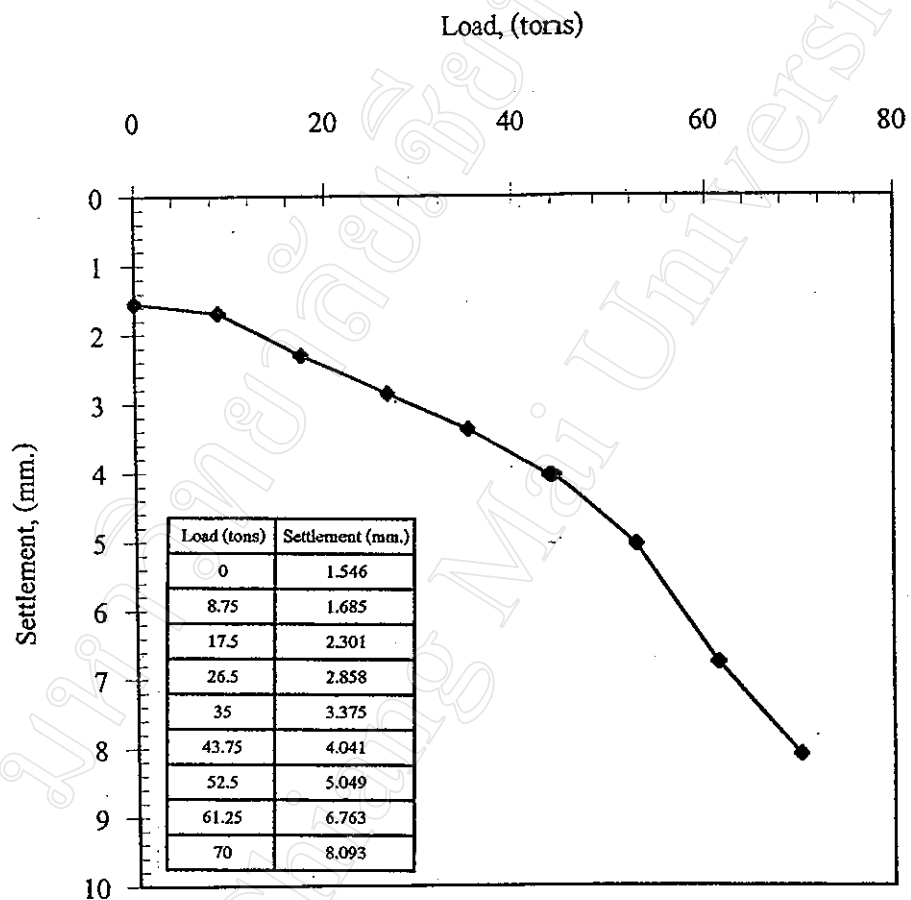
น้ำหนักออกแบบ

ก่อสร้างอาคารเรียนเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่

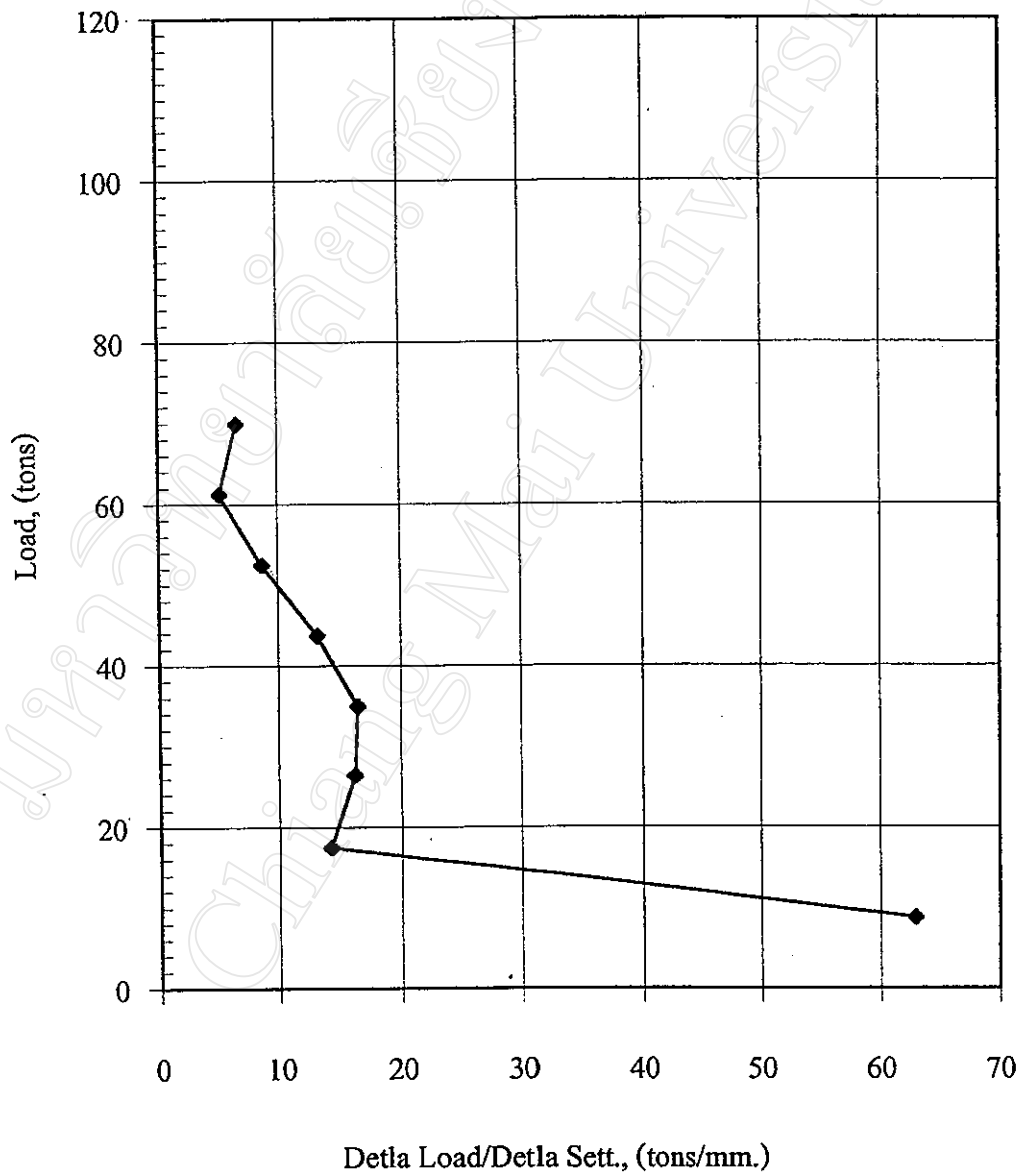
9 เม.ย 2536

35 ตัน



รูปที่ ก.๑๗ แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารเรียนเทคโนโลยีการประมง

เสาเข็มคันที่	7	โครงการ	ก่อสร้างอาคารเรียนเทคโนโลยีการประมง
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่
ขนาดหน้าตัด	0.26x0.26 เมตร	วันที่ทดสอบ	9 เม.ย 2536
ความยาว	10 เมตร	น้ำหนักออกแบบ	35 ตัน



รูปที่ ก.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารเรียนเทคโนโลยีการประมง

เสาเข็มคันที่ 8

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร

ความยาว 10 เมตร

โครงการ

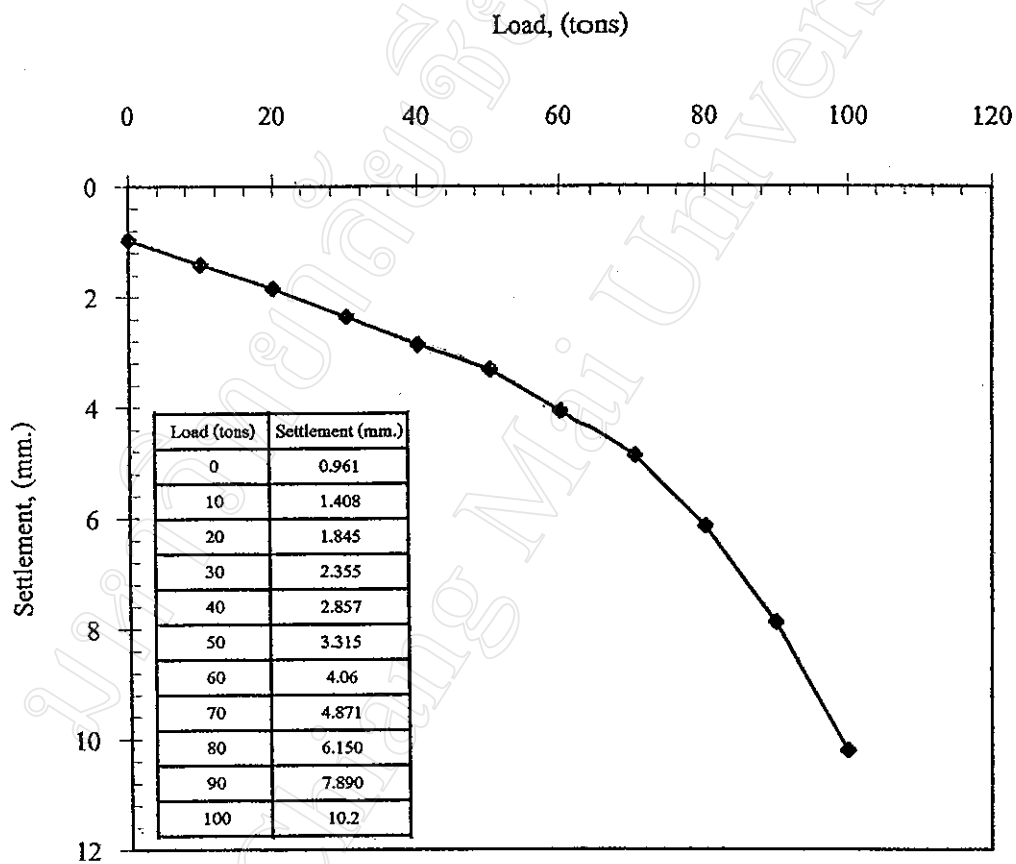
ก่อสร้างอาคารพลศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้

สถานที่ตั้ง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่

วันที่ทดสอบ

น้ำหนักออกแบบ 40 ตัน



รูปที่ ก.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างอาคารพลศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้

เสาเข็มคันที่ 8

ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง

ขนาดหน้าตัด 0.40x0.40 เมตร

ความยาว 10 เมตร

โครงการ

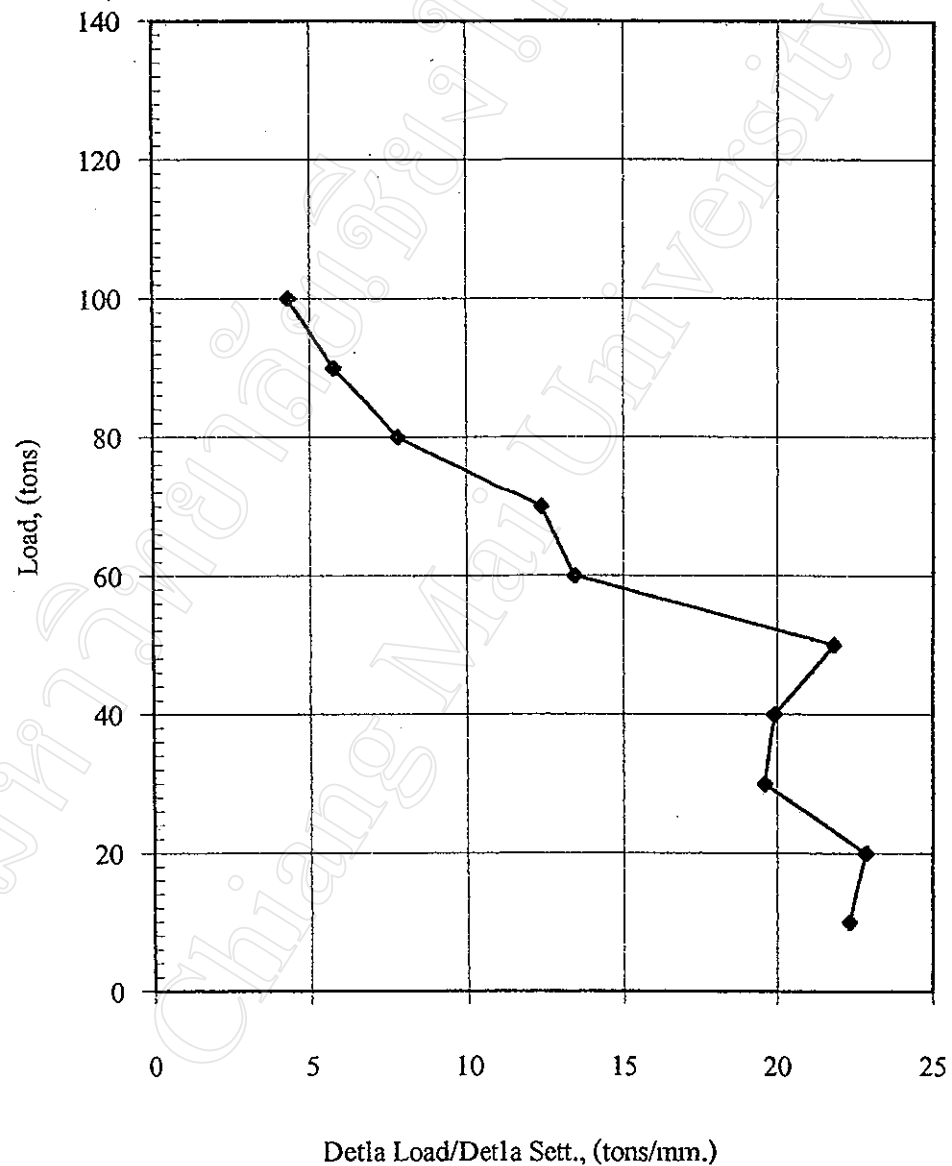
สถานที่ตั้ง

วันที่ทดสอบ 19 ก.ย 2534

น้ำหนักออกแบบ 80 ตัน

ก่อสร้างอาคารเรียนพลศึกษา

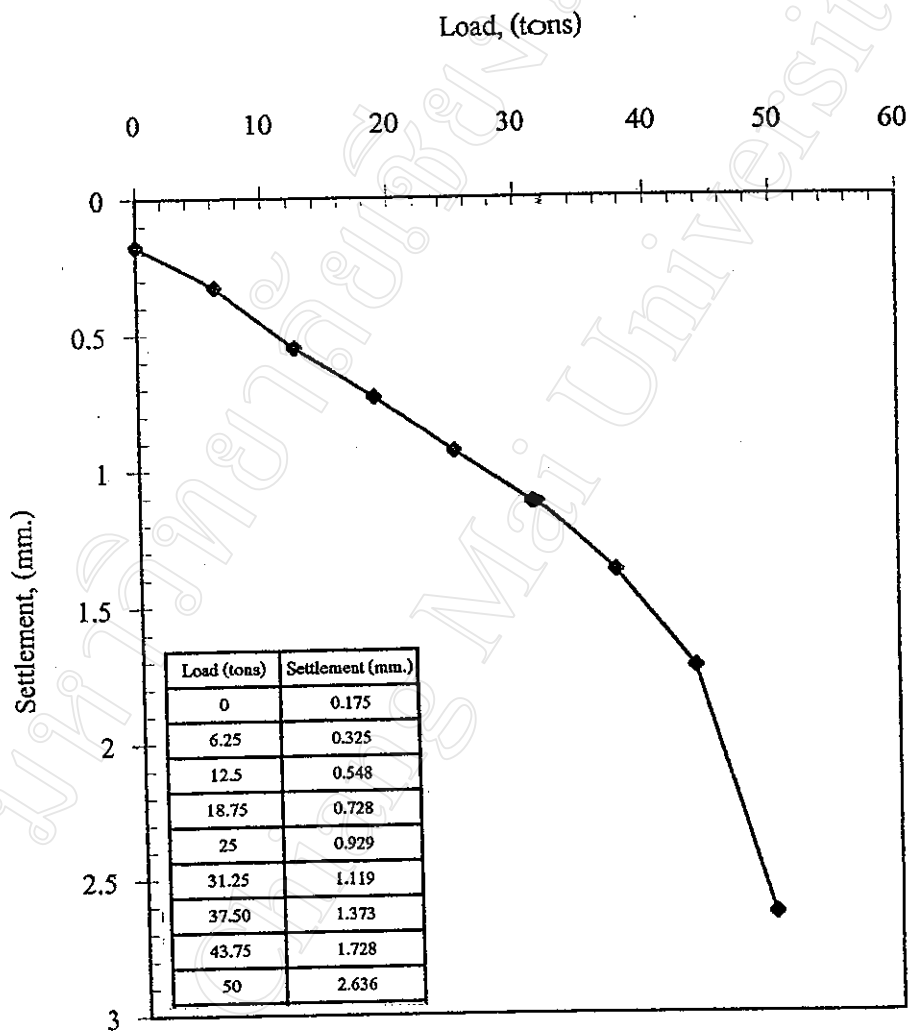
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ ก.20 แสดงกราฟการหาค่าน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยโดยวิธี Modified Mazurkiewicz
โครงการก่อสร้างอาคารพลศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้

เสาเข็มต้นที่ 9
ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง
ขนาดหน้าตัด 0.25x0.25 เมตร
ความยาว 8 เมตร

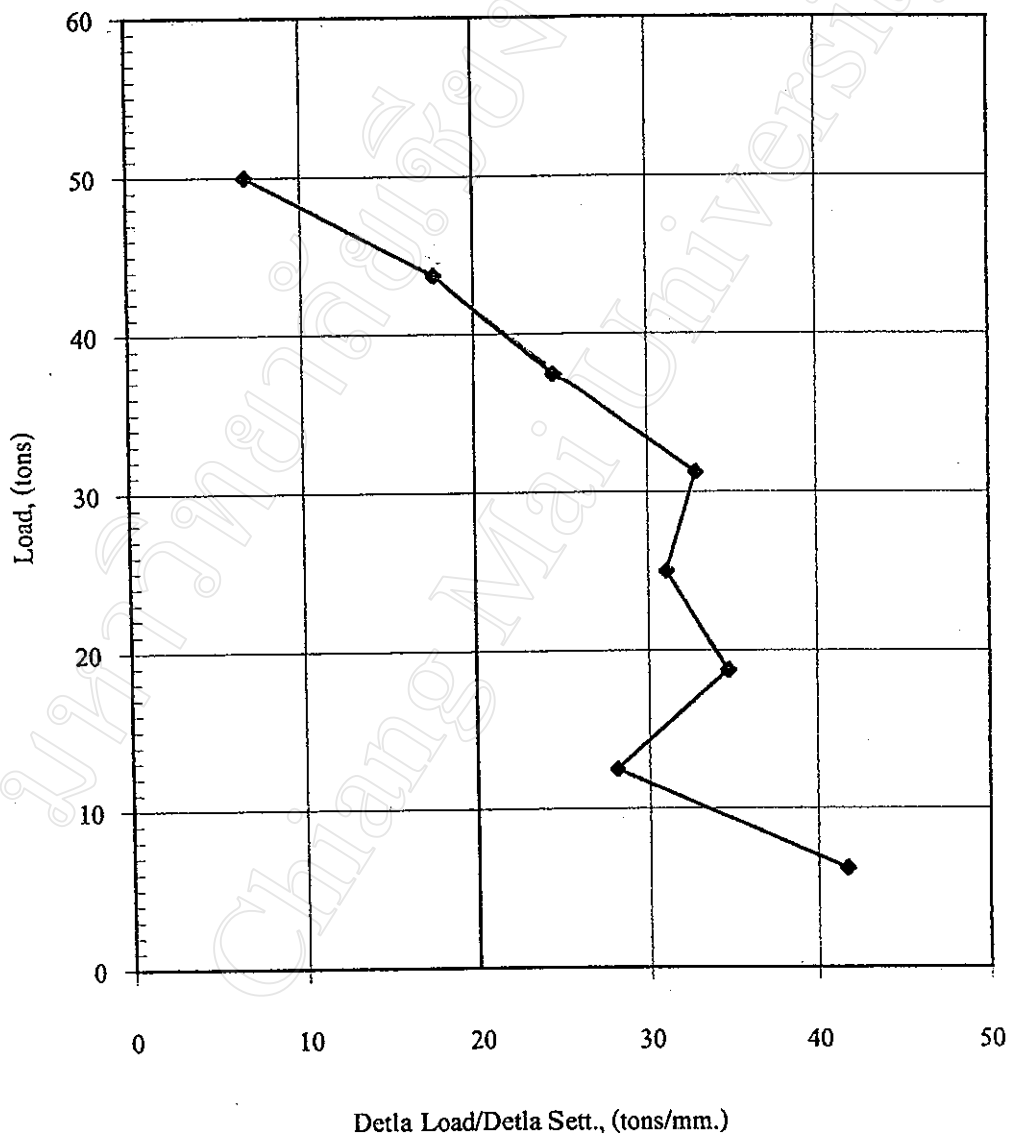
โครงการ ก่อสร้างแพลตฟอร์มอาคารมหาวิทยาลัยแม่โจ้
สถานที่ตั้ง อ. สันทราย จังหวัดเชียงใหม่
วันที่ทดสอบ -
น้ำหนักออกแบบ 25 ตัน



รูปที่ ก. 21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวในการให้น้ำหนักรอบสุดท้าย
โครงการก่อสร้างแพลตฟอร์มอาคารมหาวิทยาลัยแม่โจ้

เสาเข็มคันที่ 9
ชนิดเสาเข็ม คอนกรีตอัดแรง
ขนาดหน้าตัด 0.25x0.25 เมตร
ความยาว 8 เมตร

โครงการ ก่อสร้างแพลตฟอร์มอาคารมหาวิทยาลัยแม่โจ้
สถานที่ตั้ง อ.สันทราย จังหวัดเชียงใหม่
วันที่ทดสอบ -
น้ำหนักออกแบบ 25 ตัน



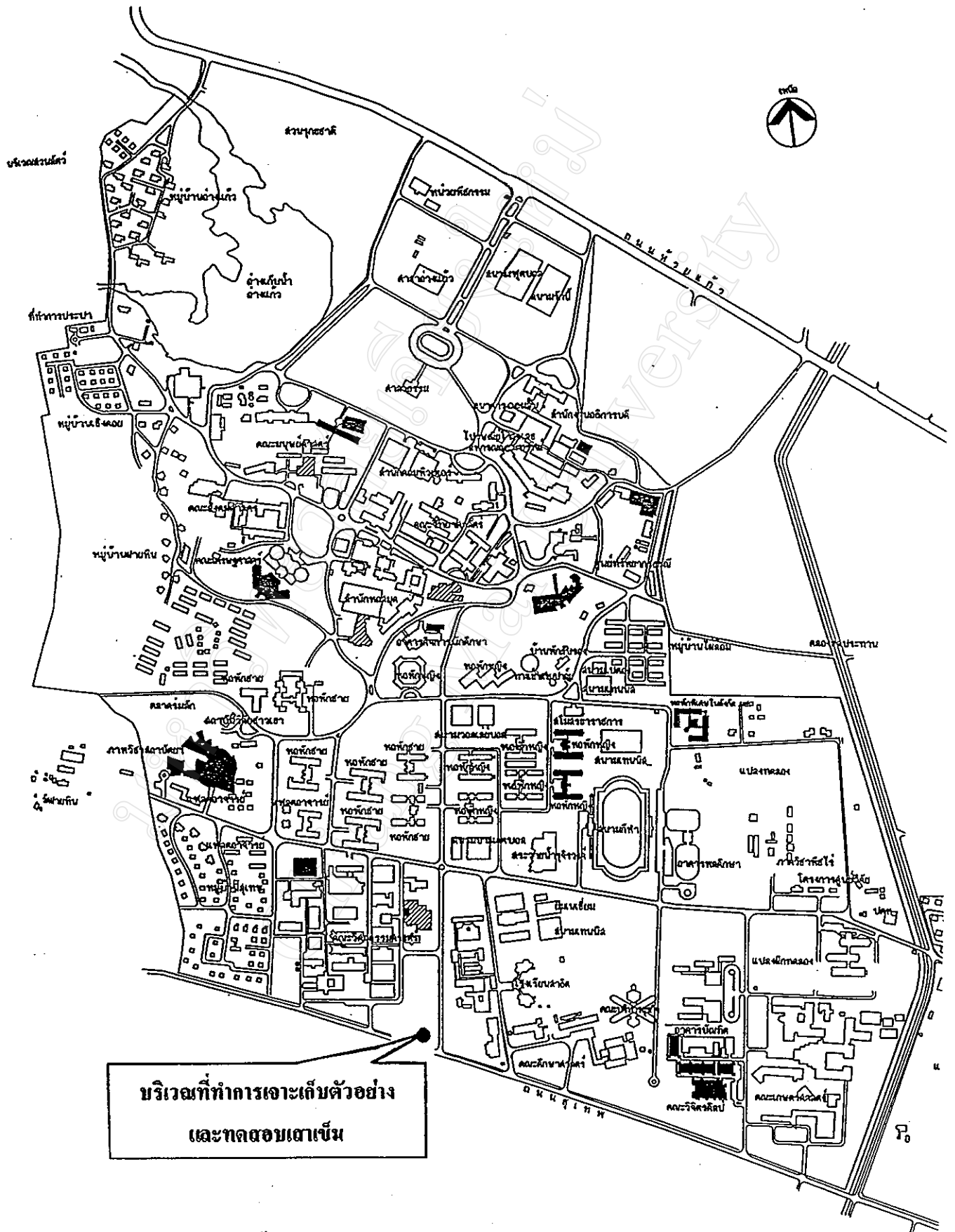
รูปที่ ก.22 แสดงกราฟการหาค่าน้ำหนักบรรทุกทุกประติบัติโดยวิธี Modified Mazurkiewicz
โครงการก่อสร้างแพลตฟอร์มอาคารมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตารางที่ ก.4 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยที่ประมาณได้โดยวิธีต่างๆ

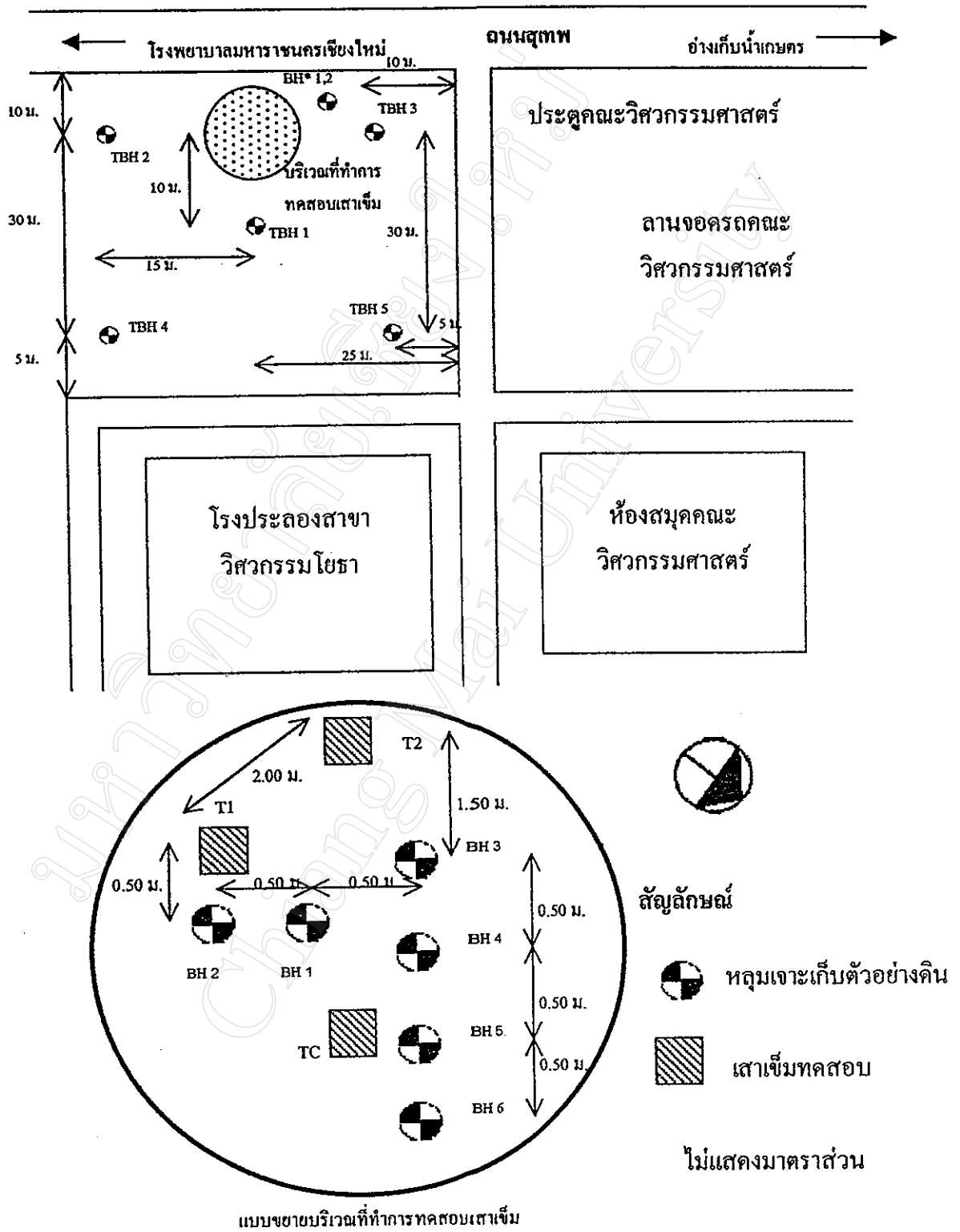
โครงการ	Modified Mazurkiewicz	Mazurkiewicz	Chin	Butler/Hoy	Fuller/Hoy	Davission
1.กาดสวนแก้ว	100	108	168.7	94	102	94
2.อาคารท่าอากาศยาน	136	130	177	-	-	117
3.SR LAND G4	114	116	158.8	-	-	-
4.SR LAND F5	112.5	107	126.4	-	-	-
5.รร.พรพิงค์	228	249	463	-	-	-
6.นิคมพาณิชย์	206	229	317.4	-	-	230
7.ประมงแม่โจ้	72	66	156.7	-	-	-
8.พลศึกษาแม่โจ้	130	116	161.2	-	-	-
9.แฟลตแม่โจ้	59	57	69	-	-	-

ภาคผนวก ข

แสดงผลการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์

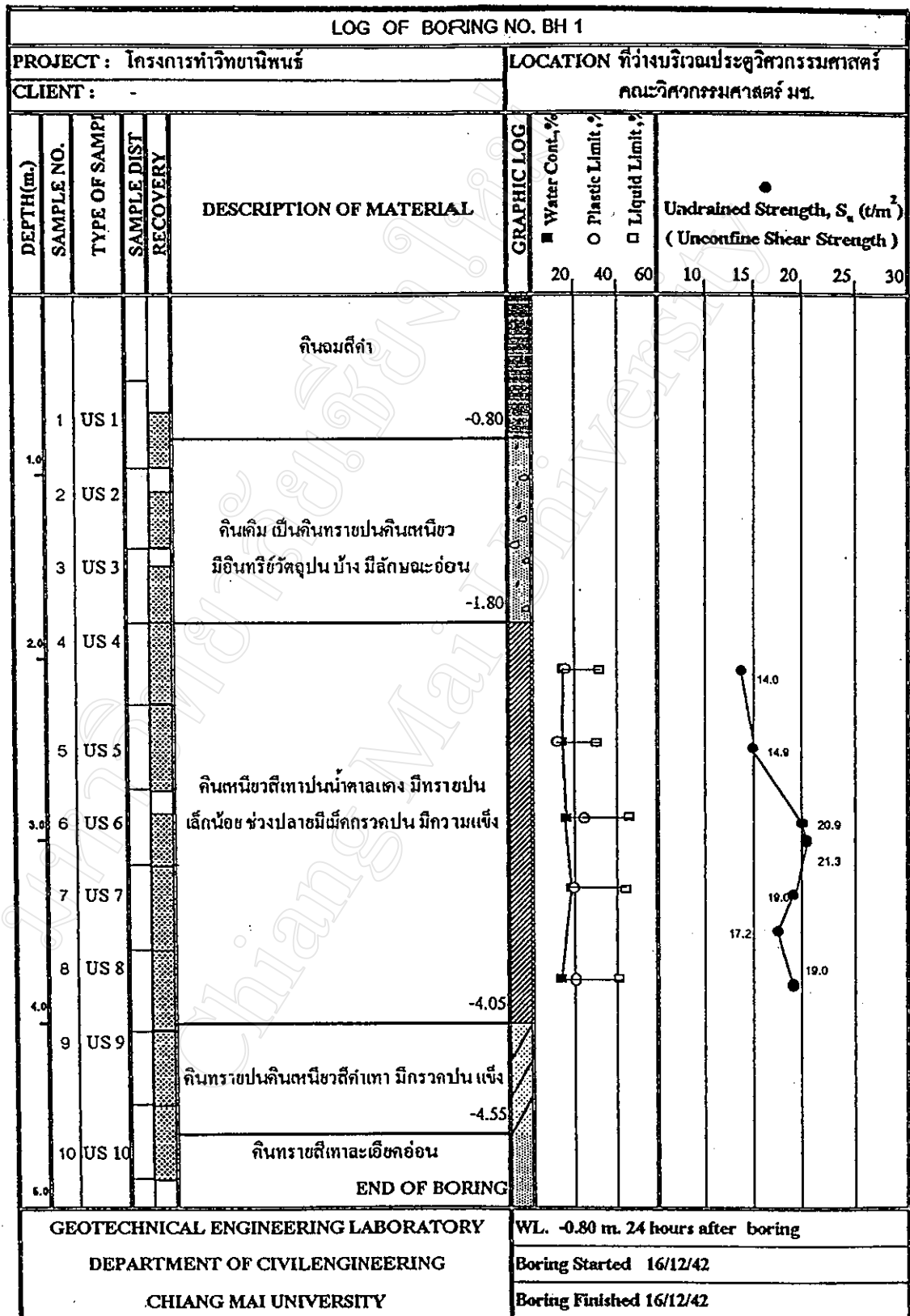


รูปที่ ข.1 แสดงที่ตั้งที่ทำการเจาะเก็บตัวอย่างดินและตำแหน่งเสาเข็มทดสอบ บริเวณประตูคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



(หมายเหตุ BH*1,2 ข้อมูลการเจาะสำรวจจาก อาทิตย์ สินีพันธุ์กุล(2542))

รูปที่ ข.2 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะเก็บตัวอย่างดินและตำแหน่งเสาเข็มทดสอบ



รูปที่ ข.3 แสดงสรุปลักษณะชั้นดินบริเวณที่ทดสอบเสาเข็ม

ตารางที่ ๗.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางดัชนีผลการเจาะสำรวจบริเวณประตูถนนวิศวกรรมศาสตร์

ข้อมูล	ความลึก (ม.)	Water Content (%)	Atterberg Limited			Gradation Test (Sieve Analysis)			
			LL(%)	PL(%)	PI(%)	NO.4	NO.10	NO.40	NO.200
บริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็ม	2.25-2.70	15.32	30.9	14.2	15.6	100	99.9	91.8	81.3
	2.70-3.15	17.47	44.3	17.1	27.2	99.6	98	84	69.9
	3.15-3.60	19.30	43.4	19.7	23.7	100	99.7	89.4	74.5
TBH 1	2.40-3.40	17.10	43.5	17.30	26.23	99.35	96.54	83.24	55.1
TBH 2	2.40-4.00	16.04	41.03	15.55	25.48	99.76	98.72	89.32	68.7
TBH 3	2.40-4.20	16.90	43.6	16.20	27.40	97.8	91.04	84.8	70.5
TBH 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TBH 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
อาทิตย์ สนิทส์สกุล(2542)	2.50-2.90	15.85	43.1	15.99	27.11	99	98	88	81.2
	3.50-3.90	16.00	40.6	15.60	25	100	100	90	73.6

หมายเหตุ 1. หลุมเจาะสำรวจ TBH 4 และ TBH 5 ไม่พบชั้นดินเหนียวแข็งที่ระดับความลึกระหว่าง 0-7 เมตร ส่วนใหญ่เป็นชั้นดินทรายปนดินเหนียว และที่

ระดับความลึก 7 เมตร พบชั้นกรวดแน่น

2. อาทิตย์ สนิทส์สกุล(2542) ทำการเจาะสำรวจชั้นดินจำนวน 2 หลุม(BH 1 และ BH 2)

วิธีดำเนินการทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์

1. การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดิน

ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM ดังต่อไปนี้

ก. Natural Water Content	
ข. Atterberg's Limits	ASTM D423-66, D424-59, D427-61
ค. Grain Size Analysis	ASTM D422-63
ง. Specific Gravity	ASTM D854-58

2. การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบ ไม่มีขอบเขตจำกัด (Unconfined Compressive Test)

ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2166-66

3. การทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดิน (One-Dimensional Consolidation Test)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่อง Lever Arm Oedometer ผลิตโดยบริษัท SOIL TEST (สหรัฐอเมริกา)

3.1 การเตรียมดินตัวอย่าง

ใช้เครื่องคั่นดินตัวอย่างออกจากกระบอกดิน ตัดหัวและท้ายของดินที่ถูกคั่นออกข้างละประมาณ 2.5 ซม. ตัดดินตัวอย่างที่เหลือสำหรับการทดสอบดินตัวอย่างในแนวตั้ง 1.5 ซม. และการทดสอบดินตัวอย่างในแนวราบ 3 ซม.

ใช้แบบตัดดิน (Trimmer) ซึ่งทาวาสลินด้านในเพื่อลดแรงเสียดทานกดลงไปบนดินตัวอย่างซ้ำๆ ตัดดินตัวอย่างด้านบนและด้านล่างให้เรียบและขนานกับแบบตัดดิน นำดินส่วนที่ถูกตัดออกจากด้านบนและ ด้านล่างไปหา ความชื้นในมวลดิน คำนวณความเหลว คำนวณความเป็นพลาสติก และความถ่วงจำเพาะ

ปิดด้านบนและด้านล่างของดินตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 นำแบบตัดดินซึ่งบรรจุดินตัวอย่างวางบนคอนโซลิดะชั่นริง ซึ่งใส่หินพรุนเปียกน้ำเรียบร้อยแล้ว ใช้แบบกด กดดินตัวอย่างลงไปบนคอนโซลิดะชั่นริงอย่างช้าๆ วางหินพรุนอัดตัวด้วยน้ำบนดินตัวอย่างเสร็จแล้วประกอบฝาครอบคอนโซลิดะชั่นริง

นำคอนโซลิดะชั่นริงที่ประกอบเสร็จแล้ววางบนแท่น โอโดมิเตอร์ (Oedometer) ปรับก้านส่งถ่วงน้ำหนักให้กดทับหินพรุนพอดี คัดตั้งเกจวัดการยุบตัวของดินตัวอย่าง ปรับก้านให้ถ่วงน้ำหนักให้ถ่วงอยู่ในแนวราบ ขึ้นสุดท้ายให้เติมน้ำท่วมดินตัวอย่าง

3.2 การใส่น้ำหนัก

3.2.1 ใส่น้ำหนักเพื่อให้เกิดการคอนโซลิดेशन โดยใส่น้ำหนักกดทับดินตัวอย่างเท่ากับน้ำหนักประสิทธิผล

3.2.2 การใส่น้ำหนักในครั้งต่อไป คำนึงการตามการทดสอบมาตรฐาน ASTM D2435-90 ด้วยการใส่น้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น $\Delta p'/p' = 1$ ระยะเวลาในการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 24 ชม. สำหรับตัวอย่างที่ CON-3 มีการใส่น้ำหนักเพิ่ม $\Delta p'/p' < 1$ เฉพาะช่วงบริเวณโค้งของกราฟ (โดยประมาณจากตัวอย่างทดสอบ CON-1 และ CON-2)

4. การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรง (Direct Shear Test)

การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงในงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องมือซึ่งผลิตโดยบริษัท WYKEHAM FARRANCE ซึ่งประกอบด้วยกล่องใส่ดินตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 6 ซม. ยาว 6 ซม. สูง 2 ซม. โดยแบ่งการทดสอบตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

4.1 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบไม่ระบายน้ำ ของตัวอย่างทดสอบดินกับดิน

4.1.1 การเตรียม และจัดดินตัวอย่างเข้ากล่องบรรจุดิน

การนำดินตัวอย่างออกจากกระบอกบรรจุดิน โดยใช้เครื่องดันดิน ดันดินออกจากกระบอกเก็บดินตัวอย่าง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.30 ซม. ตัดหัวท้ายของดินตัวอย่างออกข้างละ 2.5 ซม. ตัดดินตัวอย่างทำมุมกับแนวราบ 90 องศา ใช้แบบตัดดินตัวอย่าง (Trimmer) ซึ่งทาสลินด้านในเพื่อลดแรงเสียดทาน กดลงไปในดินตัวอย่างช้าๆ (ดินตัวอย่างไม่ควรจะยาวกว่าแบบตัดดินตัวอย่างข้างละ 3 มม.) ตัดดินตัวอย่างส่วนบน และส่วนล่างที่ยาวกว่าออก ให้ดินส่วนบน และส่วนล่างเรียบขนานกับขอบของแบบตัดดิน บันทึกขนาด ความสูง น้ำหนัก หาปริมาณน้ำในมวลดินจากดินส่วนที่ถูกตัดออกจากดินตัวอย่าง

ที่กล่องโลหะบรรจุดิน ใส่หินปูนชุ่มน้ำ วางทับด้วยแผ่นโลหะกันดินเลื่อนน้ำแบบตัดดินตัวอย่างที่บรรจุดินซึ่งปิดทับด้วยกระดาษกรองชุ่มน้ำเรียบร้อยแล้ว วางบนกล่องโลหะบรรจุดิน (Shear Box) กดดินตัวอย่างให้ดินค่อยๆ เลื่อนเข้าสู่กล่องโลหะบรรจุดินตัวอย่างปิดทับดินตัวอย่างที่บรรจุลงในกล่องเรียบร้อยแล้ว ด้วยแผ่นโลหะกันดินเลื่อนพร้อมด้วยหินปูนชุ่มน้ำวางหัวถ่าน้ำหนัก (Loading Head) บนหินปูน เลื่อนก้านส่งถ่าน้ำหนักในแนวตั้งและกับหัวถ่าน้ำหนัก Strain Indicator วัดการทรุดตัวในแนวตั้ง และบนหัวของแขนบรรจุถ่าน้ำหนัก

4.1.2 วิธีการใส่หน่วยแรง

หมุนสกรูรองรับคานถ่วงน้ำหนักจนสกรูแตะคานบรรทุกน้ำหนักในแนวตั้งเสร็จแล้วใส่น้ำหนักในแนวตั้งตามตารางที่ 4.5 เติมน้ำลงในกล่องโลหะบรรจุดินตัวอย่าง ค่อยๆ คายสกรูเพื่อให้น้ำหนักกดลงบนตัวอย่างสม่ำเสมอ พร้อมกับวัดการทรุดตัวของดินตัวอย่าง ปล่อยให้ดินตัวอย่างเกิดการคอนโซลิดะชันเป็นเวลา 24 ชม.

4.1.3 การเลื่อนดินตัวอย่าง

เมื่อปล่อยให้ดินตัวอย่างเกิดการคอนโซลิดะชันครบ 24 ชม. ทำการเลื่อนดินตัวอย่างเพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยอัตราเร็วในการเลื่อน 0.60 มม./นาที (ถาวร สุทธิพันธุ์, 2535)

4.2 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบไม่ระบายน้ำระหว่างตัวอย่างทดสอบ ดินกับ ตัวอย่างทดสอบคอนกรีตผิวเรียบ

4.2.1 การเตรียม และจัดดินตัวอย่างเข้ากล่องบรรจุดิน

ดินตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ เตรียมเหมือนข้อ 4.1.1 โดยมีขนาดความสูง 1.5 ซม. ส่วนตัวอย่างทดสอบคอนกรีตทำการเตรียมโดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ ต่อ ทราย เท่ากับ 1 ต่อ 3 ขนาดของตัวอย่าง กว้าง 6 ซม. ยาว 6 ซม. สูง 1.5 ซม. (ทำการเตรียมโดยใช้แบบเหล็ก) ดังแสดงในรูปที่ ง.1 (ภาคผนวก ง) ในการบรรจุตัวอย่างทดสอบเข้าสู่ชุดทดสอบให้ตัวอย่างคอนกรีตอยู่ด้านล่างของกล่องโลหะ จากนั้นกดดินตัวอย่างให้ดินค่อยๆ เลื่อนเข้าสู่กล่องโลหะบรรจุดินตัวอย่างปิดทับดินตัวอย่างที่บรรจุลงในกล่อง เรียบร้อยแล้ว ด้วยแผ่นโลหะกันดินเลื่อนพร้อมด้วยหินปูนหุ้มน้ำวางหัวถ่าน้ำหนัก (Loading Head) บนหินปูน เลื่อนก้านส่งถ่าน้ำหนักในแนวตั้งแตะกับหัวถ่าน้ำหนัก Strain Indicator วัดการทรุดตัวในแนวตั้ง และบนหัวของแกนบรรทุกน้ำหนัก

4.2.2 วิธีการใส่หน่วยแรง

หมุนสกรูรองรับคานถ่วงน้ำหนักจนสกรูแตะคานบรรทุกน้ำหนักในแนวตั้งเสร็จแล้วใส่น้ำหนักในแนวตั้งตามตารางที่ 4.5 เติมน้ำลงในกล่องโลหะบรรจุดินตัวอย่าง ค่อยๆ คายสกรูเพื่อให้น้ำหนักกดลงบนตัวอย่างสม่ำเสมอ พร้อมกับวัดการทรุดตัวของดินตัวอย่าง ปล่อยให้ดินตัวอย่างเกิดการคอนโซลิดะชันเป็นเวลา 24 ชม.

4.2.3 การเลื่อนดินตัวอย่าง

เมื่อปล่อยให้ดินตัวอย่างเกิดการคอนโซลิดะชันครบ 24 ชม. ทำการเลื่อนดินตัวอย่าง กับตัวอย่างคอนกรีตผิวเรียบ เพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือน ด้วยอัตราเร็วในการเลื่อน 0.60 มม./นาที

5. การทดสอบหากล้างรับแรงเฉือนด้วยเครื่องทดสอบไตรแอกเซียล(Triaxial Test)

5.1 การดำเนินการทดสอบ

5.1.1. การเตรียมตัวอย่าง การตรวจสอบ การปรับและติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

5.1.1.1 การเตรียมตัวอย่าง ดินตัวอย่างที่ตัดเป็นท่อนๆ ยาวท่อนละประมาณ 10 ซม. นำเข้าโครงเหล็กซึ่งหมุนได้รอบแกน ใช้มีดคมบาง กับ เลื่อยฉลุ ตัดแต่งตลอดความยาวให้เป็นรูปทรงกระบอก ให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5 ซม. นำดินตัวอย่างวางบนกระบอกผ่าครึ่ง ตัดหัวท้ายดินตัวอย่างวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง ส่วนบน ส่วนกลาง ส่วนล่าง และความสูงด้วยเวอร์เนีย (ความสูงประมาณ 7 ซม.) หาค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง และชั่งน้ำหนักดินตัวอย่าง นำดินส่วนที่ถูกเฉือนออกในขณะตัดแต่งไปหาความชื้นของมวลดิน

5.1.1.2 การตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์

ก. ตรวจสอบ Proving Ring โดยวิธีถ่วงน้ำหนัก ตรวจสอบกับ Calibration Chart ของทางบริษัทผู้ผลิต

ข. ตรวจสอบค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความดันน้ำ (Transducer) ด้วยเครื่องทดสอบหาความดันมาตรฐาน ผลิตโดยบริษัท BUDENBERG No. 12163/280D (อังกฤษ)

ค. ตรวจสอบฐานเซลล์ และคอสายจากฐานเซลล์ทุกสาย มีน้ำเต็มปราศจากฟองอากาศ น้ำที่ใช้จะต้องต้มไล่ฟองอากาศแล้ว

5.1.1.3 จัดดินตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ

วางหินพรุนที่ผ่านการต้มไล่ฟองอากาศออกแล้วบนแท่นวางดินตัวอย่าง ปิดด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.4) เปียกน้ำ นำดินตัวอย่างวางบนกระดาษกรอง ปิดทับด้วยกระดาษกรองเปียกน้ำ บนกระดาษกรองวางทับด้วยหินพรุนชุ่มน้ำ วาง Top Cap บนหินพรุน พันรอบดินตัวอย่างด้วยกระดาษกรองชุ่มน้ำ ซึ่งตัดเป็นริ้วตามแนวดิ่ง 8 ชั้น กว้างชั้นละ 0.64 ซม. ยาว 8 ซม. (ตัดช่องเว้นช่อง) ปลายของกระดาษกรองจะยาวมากกว่าดินตัวอย่าง และทาบบนติดกับหินพรุน (ประโยชน์ที่ได้จากกระดาษกรองคือ เพื่อเร่งให้การกระจายความดันน้ำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั่วดินตัวอย่าง และยังช่วยให้การคอนโซลิดชันเร็วขึ้น)

เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำจากภายในและภายนอกเซลล์เข้าออกทางด้านข้าง ใช้ถุงยางอนามัยสวมดินตัวอย่างจำนวน 2 ชั้น ที่ฐานวางดินตัวอย่างและ Top Cap รััดด้วยยาง O-Ring ข้างละสองเส้น ที่โอริงซึ่งติดกับก้านส่งถ่านน้ำหนักและฝาครอบเซลล์ทำด้วยจารบีเพื่อป้องกันน้ำในเซลล์รั่วซึม

5.1.2. การทำให้ดินตัวอย่างอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ

เพิ่มความดันรอบเซลล์ (Cell Pressure, σ_3) และความดันกลับ (Back Pressure) โดยการหมุนที่ปรับความดันด้วยมือช้าๆ และสลับกันอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราเร็วประมาณ 5 ปอน/คร. นิ้ว/นาที่ จนกระทั่งความดันถึงความดันที่ต้องการให้ตัวอย่างดินอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยใช้ความดัน 35 ปอน/คร.นิ้ว

เพื่อประกอบดินตัวอย่างไม่ให้เกิดรอยร้าว และพองตัวเนื่องจากความดันย้อนกลับที่ไต่เข้าไปดังกล่าวยังต้น จึงต้องเพิ่มความดันเซลล์ให้สูงกว่าความดันกลับประมาณ 1 ปอน/คร.นิ้ว เมื่อปรับความดันเซลล์ และความดันกลับ ได้ตามต้องการแล้ว จัด Dial Gauge วัฏธะการยืดหดตัวของดินตัวอย่าง โอนความดันที่ปรับด้วยมือให้เข้าสู่ระบบความดันด้วยปรอท โดยต่อเข้ากับกลับความดันในเซลล์ชุดหนึ่ง อีกชุดหนึ่งต่อเข้ากับความดันน้ำในตัวอย่าง เสร็จแล้วติดตั้งเครื่องมือวัดความดันน้ำ (Transducer)

5.1.3. ตรวจสอบสภาพอิ่มตัวของดินตัวอย่าง

การตรวจสอบสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำของดินตัวอย่าง โดยการสังเกตการตอบสนองของความดันน้ำในดินตัวอย่าง ด้วยการปิดวาล์วความดันกลับ แล้วเพิ่มความดันน้ำในเซลล์ประมาณ 10 ปอน/คร.นิ้ว ความดันน้ำในเซลล์ที่เพิ่มขึ้น จะส่งถ่ายแรงดันไปบีบดินตัวอย่าง ทำให้ความดันในดินตัวอย่างเพิ่มขึ้น ถ้าความดันน้ำในดินตัวอย่างเพิ่มขึ้นน้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 1 นาที หรือมีค่าไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเวลาที่ปล่อยทิ้งไว้มากกว่า 1 นาที แสดงว่าดินตัวอย่างยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ จะต้องปล่อยให้ดินตัวอย่างอยู่ในสภาพทำให้ดินอิ่มน้ำอีก 12-24 ชม. เสร็จแล้วทำการวัดระดับความดันน้ำอีกครั้งหนึ่ง ถ้าได้ตามระดับความดันดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็จะถือว่าดินตัวอย่างอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำอย่างสมบูรณ์

5.1.4. การทำให้ดินตัวอย่างเกิดการคอนโซลิดะชั่น

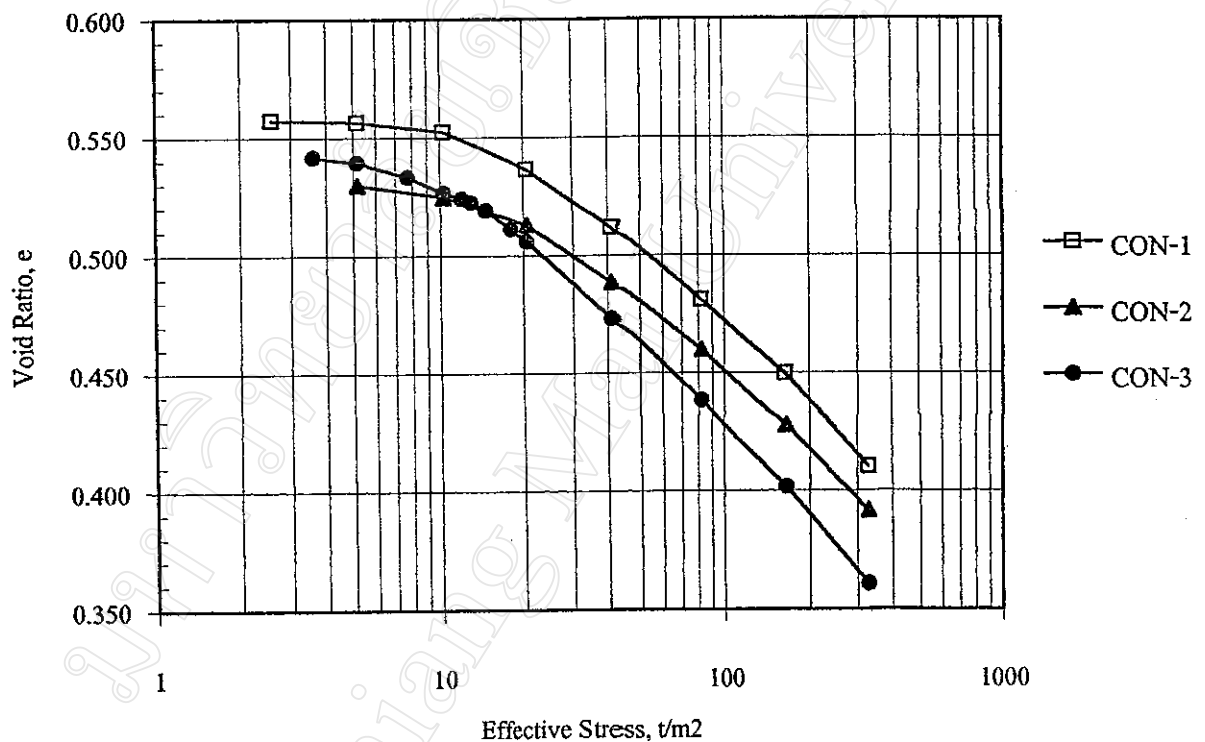
หลังจากทดสอบดินตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำสมบูรณ์แล้ว จึงทำการคอนโซลิดะชั่น วิธีดำเนินการเริ่มด้วยการปิดวาล์วความดันกลับ ต่อมาทำการเพิ่มความดันเซลล์ด้วยการหมุนที่ปรับความดันด้วยมือ จะได้ระดับความดันที่ต้องการ (ตามตารางที่ 4.6) เมื่อดำเนินการเสร็จแล้ว โอนถ่ายความดันไปสู่การควบคุมด้วยปรอท ระบบคอนโซลิดะชั่นจะเริ่มต้นเมื่อเปิดวาล์วเส้นทางอีกครั้งหนึ่ง ระยะเวลาที่ดินตัวอย่างคอนโซลิดะชั่นสมบูรณ์ ปกติใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชม.

เมื่อดินตัวอย่างคอนโซลิดะชั่นครบ 24 ชม. แล้วทำการทดสอบว่าดินตัวอย่างคอนโซลิดะชั่นได้สมบูรณ์หรือไม่ ด้วยการปิดวาล์วความดันกลับ ทำการวัดความดันน้ำในดินตัวอย่าง ถ้าความดันน้ำในดินตัวอย่างเพิ่มขึ้น แสดงว่าการคอนโซลิดะชั่นยังไม่สิ้นสุด ซึ่งจะต้องทำการคอนโซลิดะชั่นอีกต่อไป

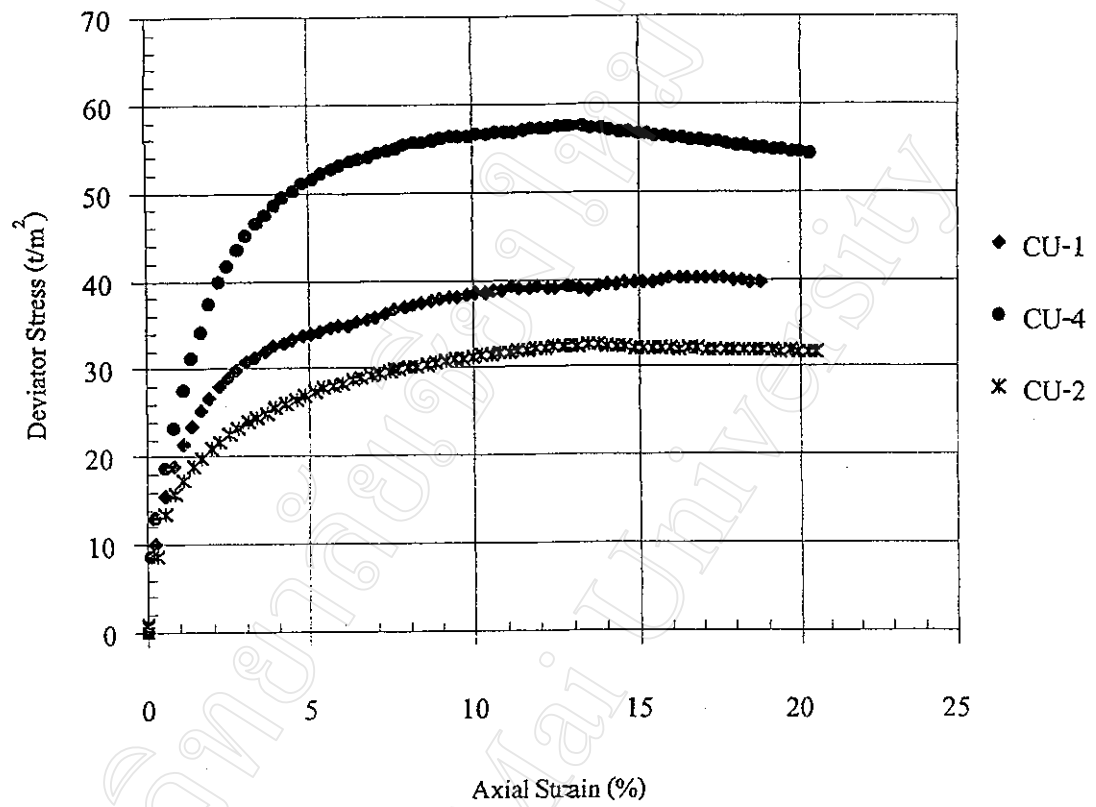
5.15. การเพิ่มหน่วยแรงกดในแนวดิ่งและความดันเซลล์

ทำการเพิ่มหน่วยแรงกดในแนวดิ่งด้วยอัตรา 0.60 มม./นาที ในขณะที่เพิ่มแรงกดในแนวดิ่ง (σ_v) ต้องคอยปรับความดันเซลล์ (σ_3) เพื่อให้พรอทรักษาระดับที่ได้หลังจากการคอนโซลิเดชันสิ้นสุดลง

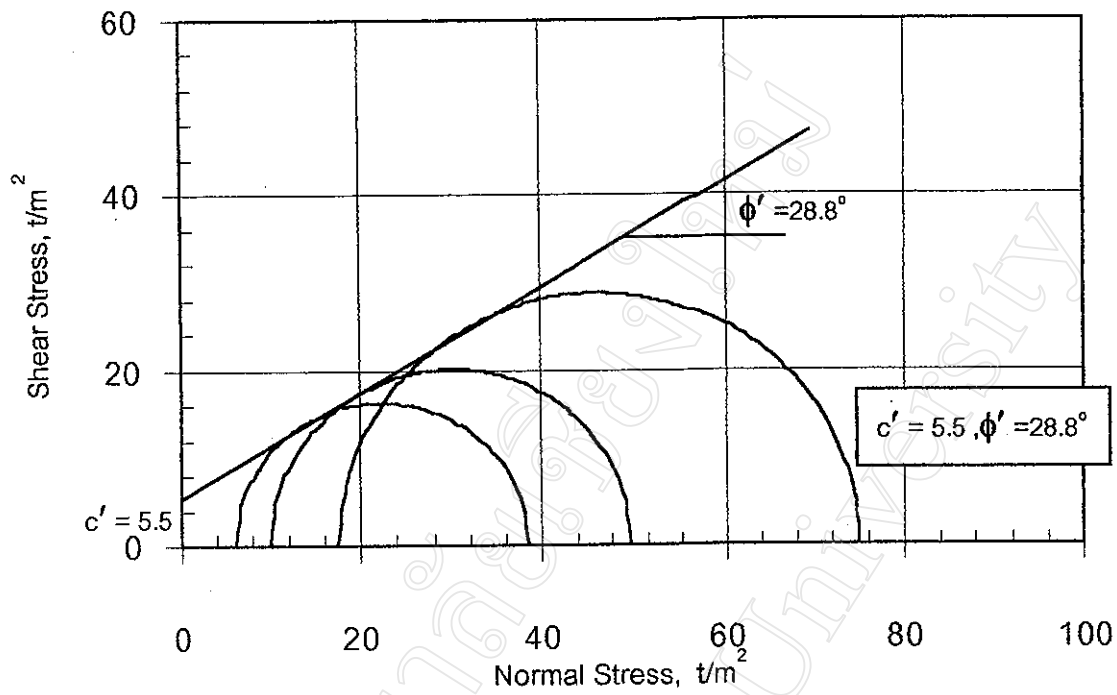
ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ ข.4 แสดง $e-\log \sigma_v'$ จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดิน



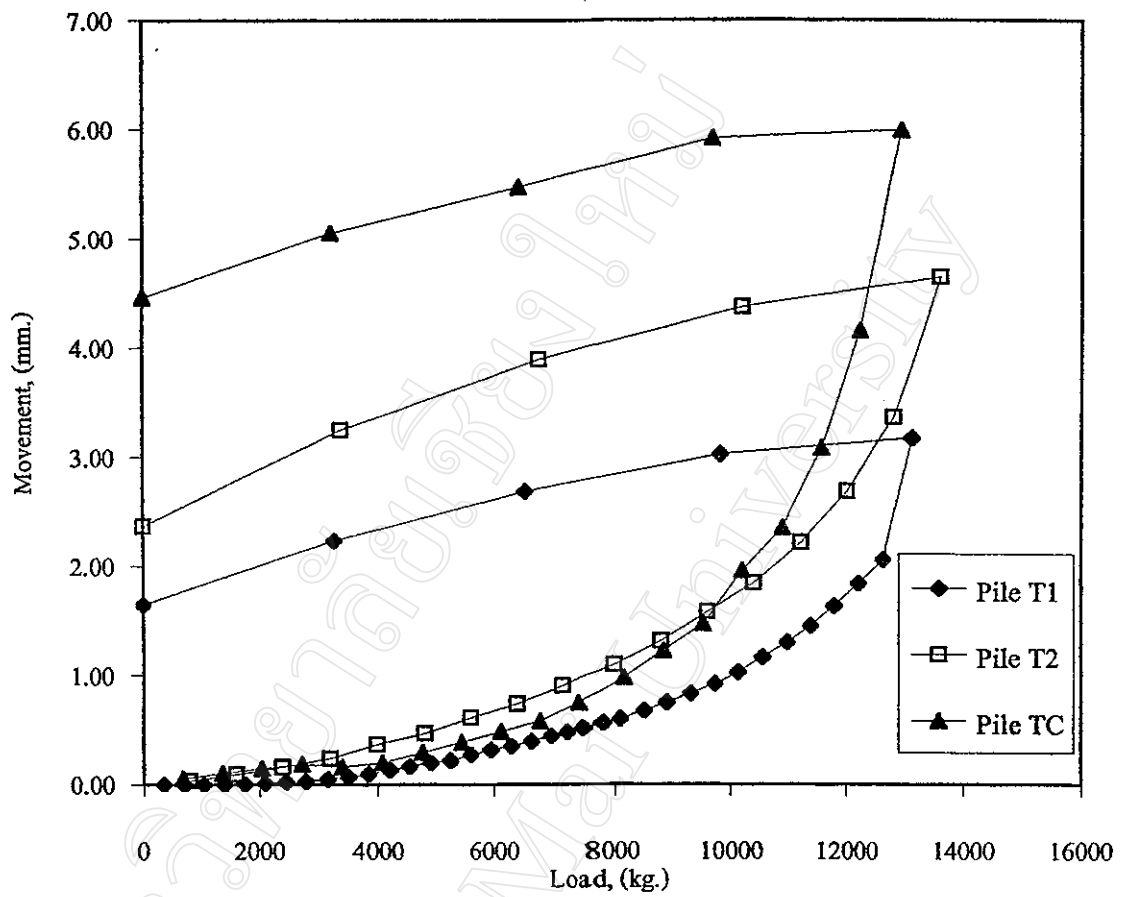
รูปที่ ข.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดิวเเตอร์กับความเครียด จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression with Pore Pressure Measurement $\overline{CU}$



รูปที่ ข.6 แสดงพารามิเตอร์ c' และ ϕ' จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression with Pore Pressure Measurement $\overline{CU}$

ภาคผนวก ก

แสดงผลการทดสอบเสาเข็มในสนาม

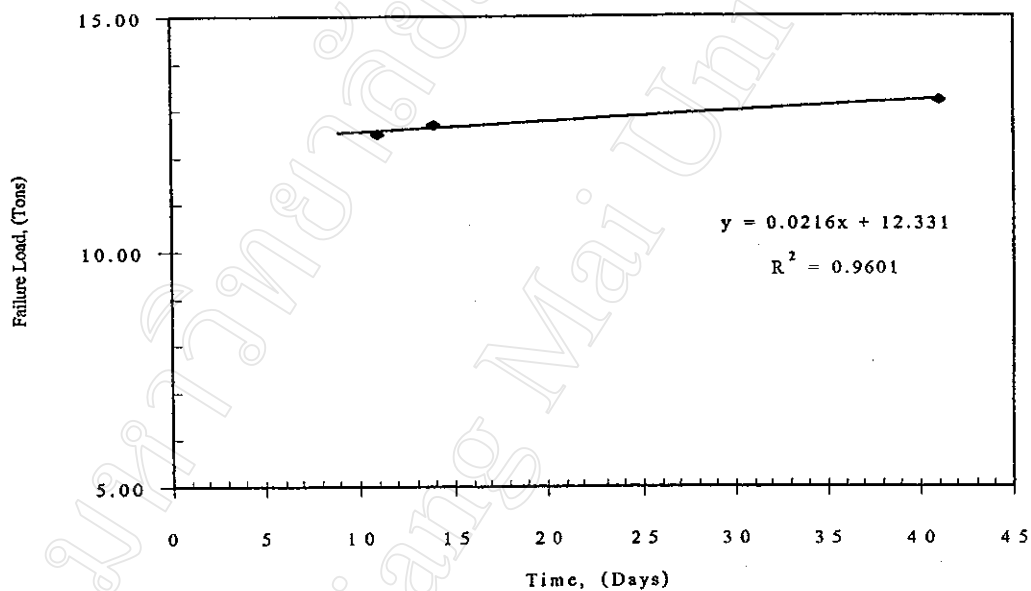


รูปที่ ค.1 แสดงการเปรียบเทียบ กำลังรับแรงดึง กับ การเคลื่อนตัวของเสาเข็มทดสอบ T1,T2 และ TC ในการทดสอบครั้งแรก

ตารางที่ ค.1 แสดงกำลังรับแรงดึงประลัย กับ เวลา

เสาเข็ม	ทดสอบ(ครั้งที่)	ระดับปลายเสา เข็ม(ม.)	เวลา(วัน)	น้ำหนักบรรทุก ประลัย(ตัน)
TC	2	3.60	11*	12.50
T1	1	3.60	14	12.71
T2	1	3.60	41	13.21

11* คือ จำนวนวันนับจากวันที่ทดสอบในครั้งที่ 1 โดยการกด



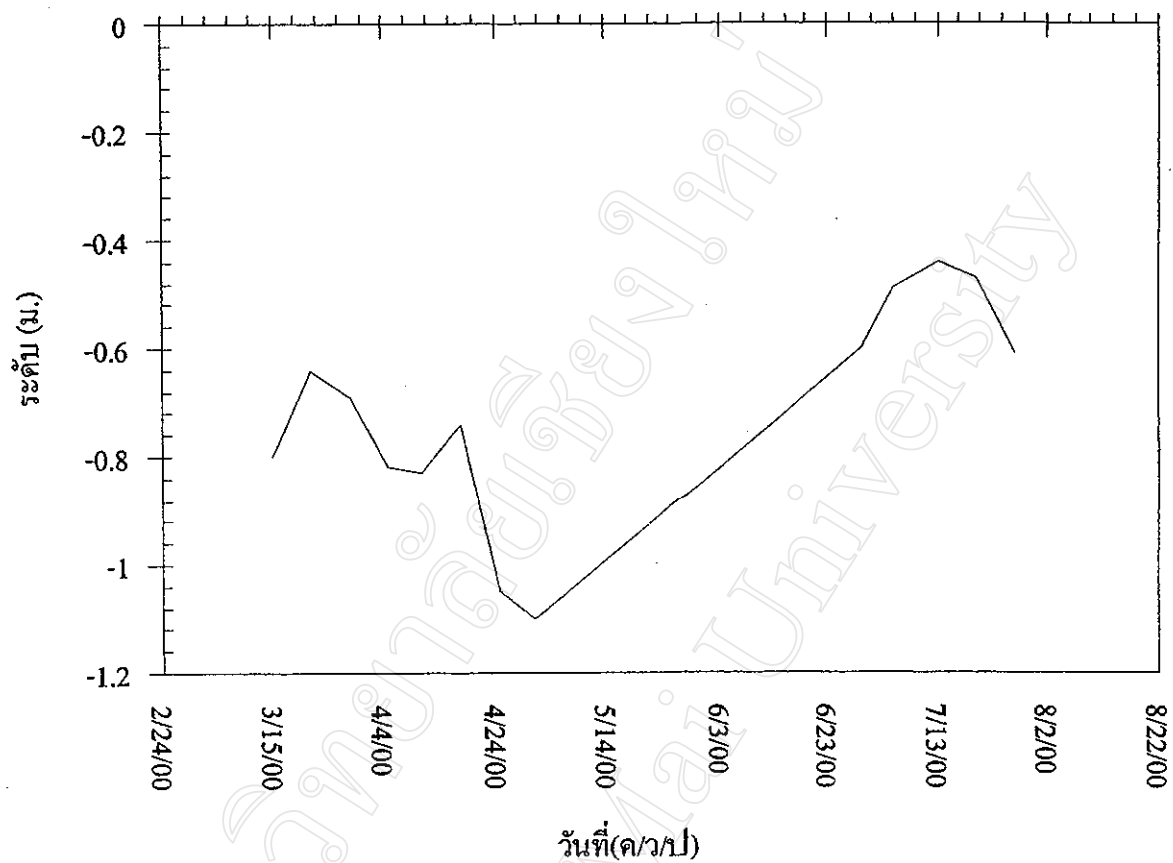
รูปที่ ค.2 แสดงกำลังรับแรงดึงประลัย กับ เวลา ของเสาเข็มตอก

ตารางที่ ค.2 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณจากวิธีต่างๆกับที่วัดได้จาก
การทดสอบเสาเข็มโดยการดึง (วิธีหน่วยแรงรวม)

เสาเข็ม ทดสอบ	หน่วยแรงวัด ได้ (ตัน/ตร.ม.)	หน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณได้ (ตัน/ตร.ม.)				
		Bowles (1997)	Peck (1958)	McCarthy (1988)	Tomlinson (1994)	รูปที่ 5.4
T1(2.38-2.80)	12.98	9.69	6.71	4.77	3.73	6.85
T1(2.80-3.20)	9.50	10.92	8.40	5.46	5.04	7.98
T1(3.20-3.60)	11.04	9.77	7.24	5.07	4.34	7.42
T2(2.40-2.80)	8.83	9.69	6.71	4.77	3.73	6.85
T2(3.18-3.60)	7.89	10.92	8.4	5.46	5.04	7.98
T2(3.18-3.60)	20.04	9.77	7.24	5.07	4.34	7.42
TC(2.39-2.80)	13.62	9.69	6.71	4.77	3.73	6.85
TC(2.80-3.20)	8.96	10.92	8.4	5.46	5.04	7.98
TC(3.20-3.60)	11.67	9.77	7.24	5.07	4.34	7.42

ตารางที่ ค.3 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณจากวิธีต่างๆกับที่วัดได้จาก
การทดสอบเสาเข็มโดยการดึง (วิธีหน่วยแรงประสิทธิผล และวิธีหน่วยแรงรวมรวม
กับหน่วยแรงประสิทธิผล)

เสาเข็ม ทดสอบ	หน่วยแรง วัดได้ (ตัน/ตร.ม.)	หน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณได้ (ตัน/ตร.ม.)				
		Meyerhof (1976)	Flaate(eff.) (1977)	Flaate(mix) (1977)	Vijakverjiya and Focht(1972)	Beta=1.1
T1(2.38-2.80)	12.98	3.90	3.57	4.36	16.62	3.79
T1(2.80-3.20)	9.50	4.40	4.04	7.23	22.95	4.28
T1(3.20-3.60)	11.04	4.91	4.50	6.47	20.27	4.78
T2(2.40-2.80)	8.83	4.09	3.76	4.49	16.71	3.98
T2(3.18-3.60)	7.89	4.60	4.22	7.36	23.03	4.48
T2(3.18-3.60)	20.04	5.11	4.68	6.60	20.36	4.97
TC(2.39-2.80)	13.62	3.66	3.36	4.21	16.52	3.56
TC(2.80-3.20)	8.96	4.17	3.82	7.09	22.84	4.06
TC(3.20-3.60)	11.67	4.68	4.29	6.33	20.17	4.55



วันที่	ระดับน้ำ (ม.)	วันที่	ระดับน้ำ (ม.)
15 มีนาคม 2543	-0.80	1 พฤษภาคม 2543	-1.10
22 มีนาคม 2543	-0.64	29 มิถุนายน 2543	-0.60
29 มีนาคม 2543	-0.69	5 กรกฎาคม 2543	-0.49
5 เมษายน 2543	-0.82	13 กรกฎาคม 2543	-0.44
11 เมษายน 2543	-0.83	20 กรกฎาคม 2543	-0.47
18 เมษายน 2543	-0.74	27 กรกฎาคม 2543	-0.61
25 เมษายน 2543	-1.05		

รูปที่ ค.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแต่ละช่วงของการทดสอบเสาเข็ม

ตารางที่ ค.4 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณจากวิธีต่างๆกับที่วัดได้จาก
การทดสอบเสาเข็ม โดยปรับเทียบแรงกดจากแรงดึง (วิธีหน่วยแรงรวม)

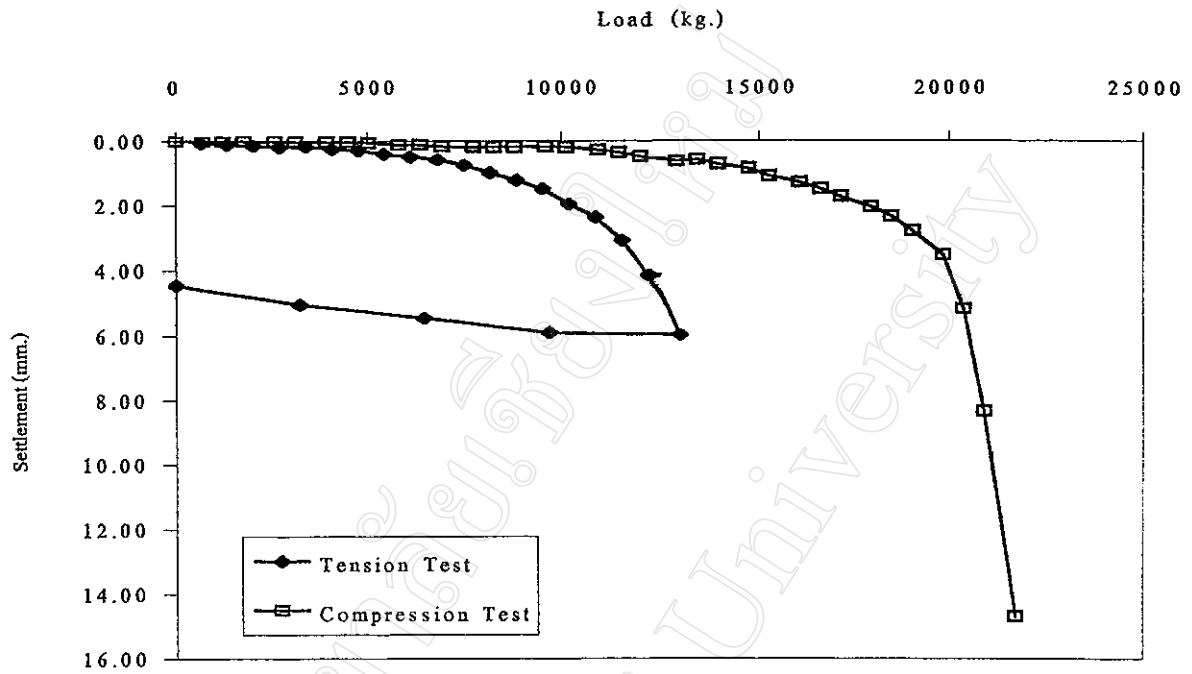
เสาเข็ม ทดสอบ	หน่วยแรงวัด ได้ (ตัน/ตร.ม.)	หน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณได้ (ตัน/ตร.ม.)				
		Bowles (1997)	Peck (1958)	McCarthy (1988)	Tomlinson (1994)	Chiang Mai
T1(2.38-2.80)	9.97	9.69	6.71	4.77	3.73	6.85
T1(2.80-3.20)	7.30	10.92	8.40	5.46	5.04	7.98
T1(3.20-3.60)	8.48	9.77	7.24	5.07	4.34	7.42
T2(2.40-2.80)	6.78	9.69	6.71	4.77	3.73	6.85
T2(3.18-3.60)	6.04	10.92	8.4	5.46	5.04	7.98
T2(3.18-3.60)	15.39	9.77	7.24	5.07	4.34	7.42
TC(2.39-2.80)	10.46	9.69	6.71	4.77	3.73	6.85
TC(2.80-3.20)	6.88	10.92	8.4	5.46	5.04	7.98
TC(3.20-3.60)	8.96	9.77	7.24	5.07	4.34	7.42

ตารางที่ ค.5 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณจากวิธีต่างๆกับที่วัดได้จาก
การทดสอบเสาเข็ม โดยปรับเทียบแรงกดจากแรงดึง (วิธีหน่วยแรงประสิทธิผล และวิธี
หน่วยแรงรวมร่วมกับหน่วยแรงประสิทธิผล)

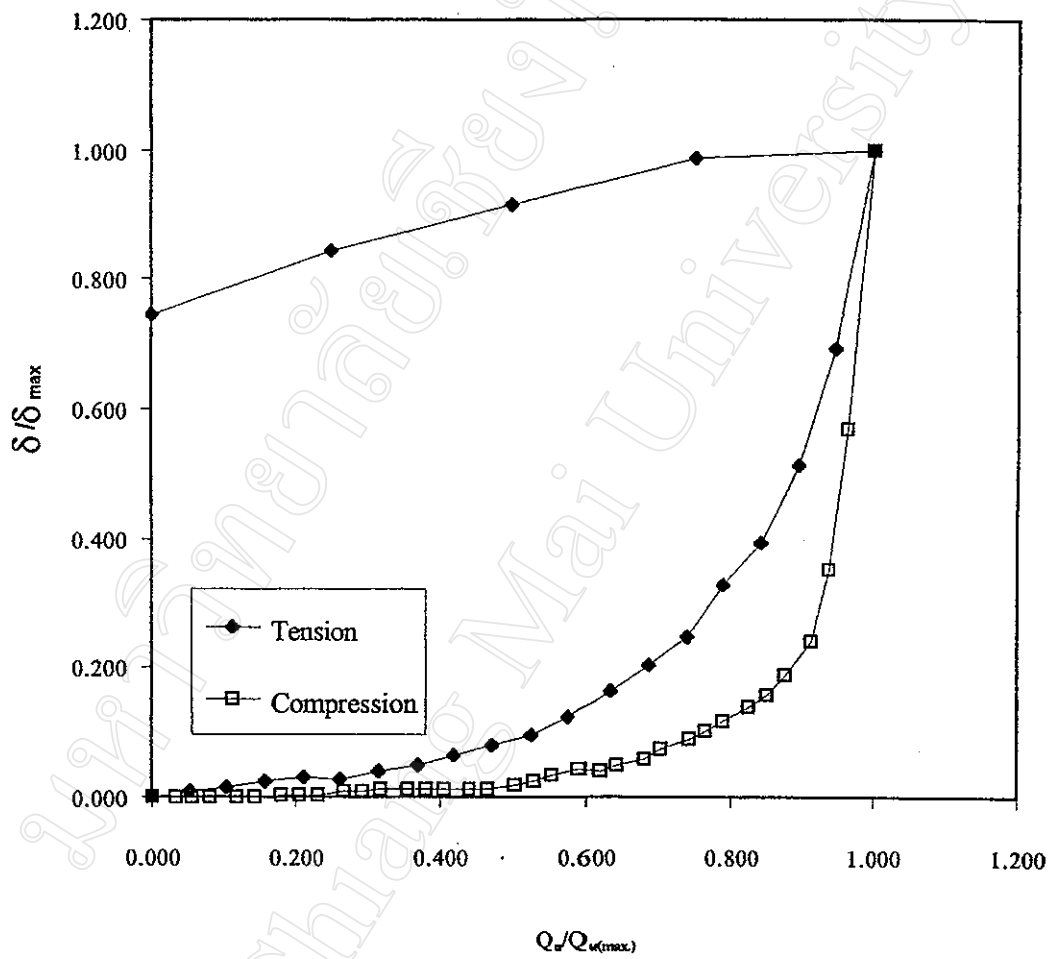
เสาเข็ม ทดสอบ	หน่วยแรงวัด ได้ (ตัน/ตร.ม.)	หน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณได้ (ตัน/ตร.ม.)				
		Meyerhof (1976)	Flaate I (1977)	Flaate II (1977)	Vijakverjiya and Focht	Chiang Mai
T1(2.38-2.80)	9.97	3.90	3.57	4.36	16.62	3.79
T1(2.80-3.20)	7.30	4.40	4.04	7.23	22.95	4.28
T1(3.20-3.60)	8.48	4.91	4.50	6.47	20.27	4.78
T2(2.40-2.80)	6.78	4.09	3.76	4.49	16.71	3.98
T2(3.18-3.60)	6.04	4.60	4.22	7.36	23.03	4.48
T2(3.18-3.60)	15.39	5.11	4.68	6.60	20.36	4.97
TC(2.39-2.80)	10.46	3.66	3.36	4.21	16.52	3.56
TC(2.80-3.20)	6.88	4.17	3.82	7.09	22.84	4.06
TC(3.20-3.60)	8.96	4.68	4.29	6.33	20.17	4.55

ตารางที่ ๓.6 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรงเสียดทานผิวที่ประมาณจากรูปที่ 5.44 กับผิวที่วัดได้
จากการทดสอบเสาเข็ม โดยปรับเทียบจากแรงดึงเป็นแรงกด

เสาเข็ม ทดสอบ	หน่วยแรงวัด ได้ (ตัน/ตร.ม.)	หน่วยแรงเสียดทานผิว ที่ประมาณได้ (ตัน/ตร.ม.)
		จากรูปที่ 5.44
T1(2.38-2.80)	9.97	9.69
T1(2.80-3.20)	7.30	7.56
T1(3.20-3.60)	8.48	8.69
T2(2.40-2.80)	6.78	9.69
T2(3.18-3.60)	6.04	7.56
T2(3.18-3.60)	15.39	8.69
TC(2.39-2.80)	10.46	9.69
TC(2.80-3.20)	6.88	7.56
TC(3.20-3.60)	8.96	8.69



รูปที่ ค.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง น้ำหนักบรรทุก กับ การเคลื่อนตัวของเสาเข็ม
ทดสอบ โดยการกด และการดึงเสาเข็มทดสอบ TC Stage I (กรณีมี End Bearing)



รูปที่ ค.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง δ/δ_{max} กับ $Q_u/Q_{u(max)}$ พฤติกรรมการรับแรงดึง-แรงกดของเสาเข็มทดสอบ TC ที่ระดับทดสอบ -3.60

ภาคผนวก ง

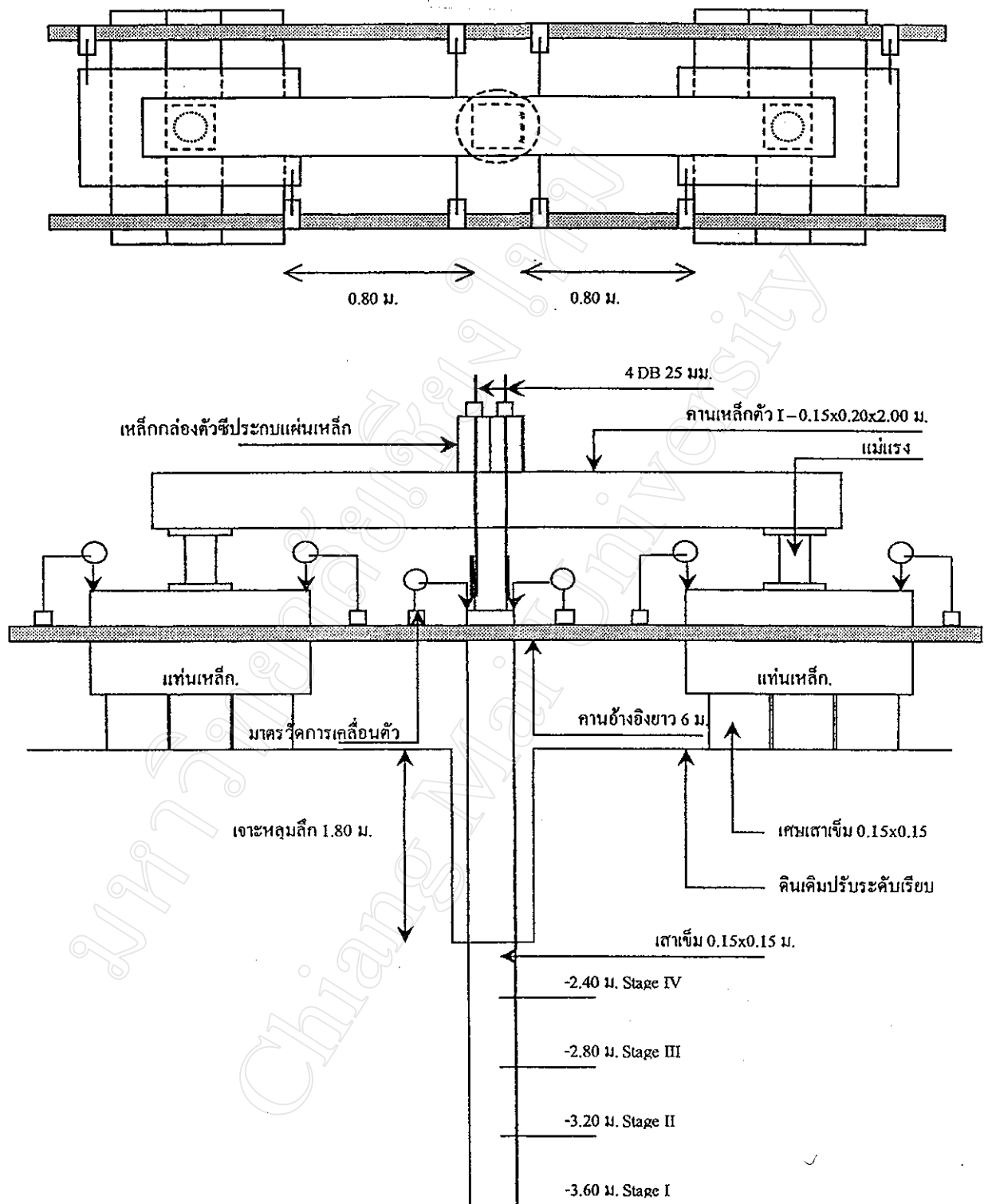
แสดงรายการอุปกรณ์ การติดตั้งและ การทดสอบเสาเข็ม

ตารางที่ ง.1 แสดงน้ำหนักของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเสาเข็มโดยการกดและการดึง

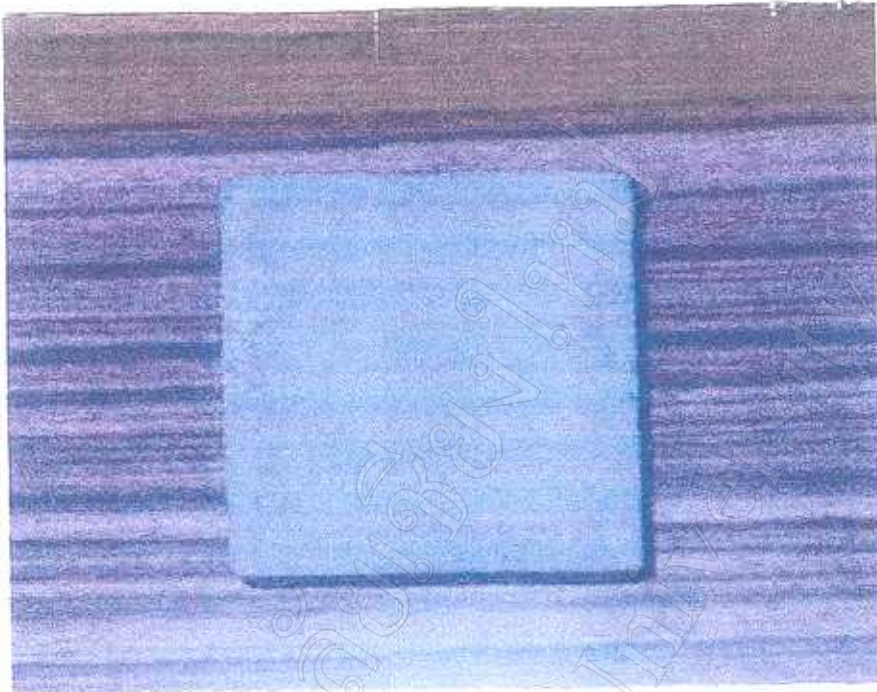
เสาเข็มทดสอบ	รายการอุปกรณ์	น้ำหนัก(กิโลกรัม)
T1 T2 และ TC	1. เสาเข็มทดสอบยาว 4.2 เมตร	226.0
	2. แผ่นเหล็กเชื่อมประกบ	25.7
	3. เหล็กกล่องรวมน๊อต	35.3
	4. คานเหล็ก	113.0
TC*	1. เสาเข็มทดสอบยาว 3.45 เมตร	186.3
	2. แผ่น Plate จำนวน 3 แผ่น	20.7
	3. แผ่นรองแม่แรง	11.7
	4. แม่แรง ขนาด 10 ตัน	6.0
	5. คานเหล็ก	113.0
	6. เหล็กกล่อง	35.3
TC**	1. เสาเข็มทดสอบยาว 3.45 เมตร	186.3
	2. แผ่น Plate จำนวน 1 แผ่น	7.0
	3. แผ่นรองแม่แรง	15.0
	4. แม่แรง ขนาด 100 ตัน	145.0
	5. คานเหล็ก	113.0
	6. เหล็กกล่อง	35.3

TC* เสาเข็มทดสอบโดยการกดใน Stage IV (ไม่มีแรงต้านทานส่วนปลายเข็ม)

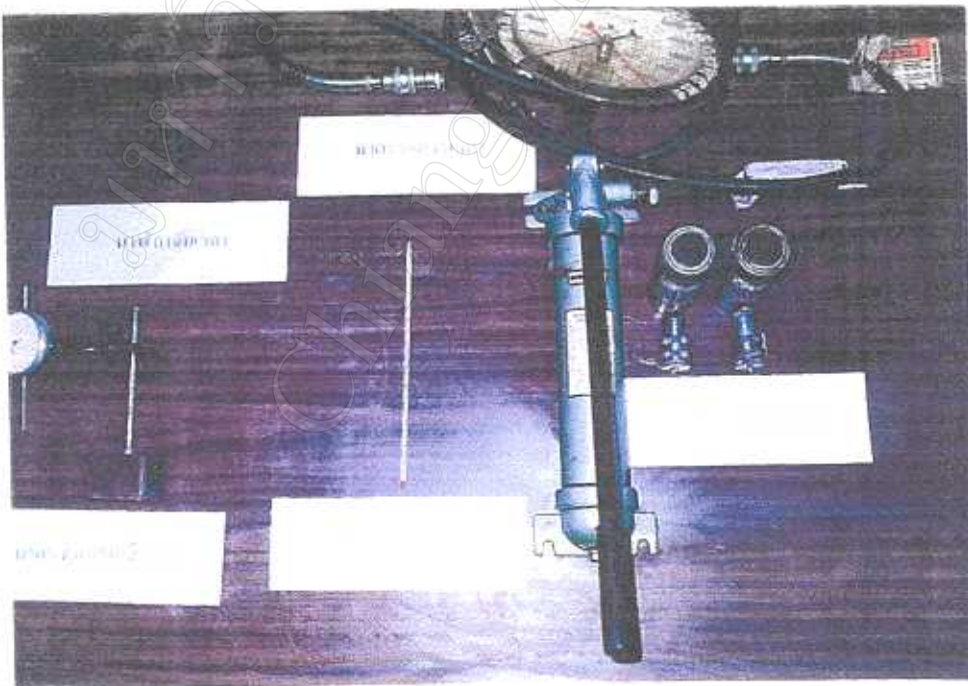
TC** เสาเข็มทดสอบโดยการกดใน Stage I (มีแรงต้านทานส่วนปลายเข็ม)



รูปที่ ง.1 แสดงรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง



รูปที่ ง.2 แสดงตัวอย่างคอนกรีตผิวเรียบที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงเค้นตรงระหว่างตัวอย่างดินกับตัวอย่างคอนกรีตผิวเรียบ



รูปที่ ง.3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเสาเข็ม



รูปที่ ๔.๔ แสดงตัวอย่างการทดสอบเสาเข็มใน Stage II ของเสาเข็มทดสอบ TC โดยการดึง



รูปที่ ๔.๕ แสดงตัวอย่างการทดสอบเสาเข็มใน Stage IV ของเสาเข็มทดสอบ TC โดยการกด



รูปที่ ง.6 แสดงสรุป Stage การทดสอบ จากเสาเข็มทดสอบ TC

ภาคผนวก จ

แสดงข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มทดสอบ T1 T2 และ TC

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง :

เสาเข็มต้นที่	T1	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15	เมตร	วันที่ทดสอบ 15, 22, 29/3, 5/4/43
ความยาวฝังในดิน	1.80	เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ยังไม่ได้หักน้ำหนักอุปกรณ์)

Stage I (-3.60 ม.)		Stage I (-3.60 ม.)..(ต่อ)	
Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)
348	0.00	8095	0.60
706	0.00	8507	0.68
1050	0.00	8893	0.75
1394	0.00	9305	0.83
1751	0.01	9718	0.92
2096	0.01	10131	1.03
2453	0.03	10544	1.17
2797	0.03	10956	1.30
3155	0.05	11369	1.45
3499	0.07	11782	1.64
3843	0.10	12195	1.84
4201	0.13	12607	2.06
4545	0.17	13100	3.17
4902.0	0.20	9825	3.03
5246.0	0.22	6550	2.69
5604.0	0.27	3275	2.24
5948.0	0.32	0	1.65
6292.0	0.35		
6650.0	0.40		
6994.0	0.44		
7269.0	0.48		
7544.0	0.52		
7819.0	0.57		

Stage II (-3.20 ม.)	
Load (kg.)	Movement (mm.)
554	0.00
1105	0.02
1655	0.05
2205	0.09
2756	0.13
3306	0.17
3843	0.24
4393	0.32
4944	0.39
5494	0.47
6044	0.56
6595	0.66
7145	0.77
7696.0	0.89
8246.0	1.03
8796.0	1.19
9347.0	1.37
9897.0	1.66
10447.0	2.48
7833.0	2.40
5219.0	2.15
2618.0	1.70
0.0	1.17

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง :

เสาเข็มต้นที่	T1	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15	เมตร	วันที่ทดสอบ 15, 22, 29/3, 5/4/43
ความยาวฝังในดิน	1.80	เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ยังไม่ได้หักน้ำหนักอุปกรณ์)

Stage III (-2.80 ม.)	
Load (kg.)	Movement (mm.)
431	0.00
857	0.02
1298	0.05
1724	0.11
2150	0.14
2577	0.18
3003	0.23
3444	0.30
3870	0.36
4297	0.42
4724	0.48
5164	0.59
5590	0.71
6017.0	0.82
6443.0	0.94
6883.0	1.08
7310.0	1.24
7792.0	1.54
8163.0	2.09
6127.0	1.84
4091.0	1.50
2040.0	1.16
0.0	0.63

Stage IV (-2.38 ม.)		Stage IV (-2.38 ม.)...(ต่อ)	
Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)
252	0.00	0	0.55
486	0.01		
733	0.02		
981	0.04		
1229	0.06		
1476	0.09		
1710	0.11		
1958	0.14		
2205	0.18		
2453	0.23		
2701	0.28		
2935	0.35		
3182	0.43		
3430	0.51		
3677	0.59		
3926	0.67		
4159	0.78		
4407	0.96		
4655	1.19		
4902	1.63		
3857	1.49		
2577	1.25		
1284	0.90		

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง :

เสาเข็มต้นที่	T2	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15 เมตร	วันที่ทดสอบ	11, 18, 25/4, 2/5/43
ความยาวฝังในดิน	1.80 เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ยังไม่ได้หักน้ำหนักอุปกรณ์)	

Stage I (-3.60 ม.)		Stage II (-3.18 ม.)		Stage III (-2.80 ม.)	
Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)
802	0.03	444	0.01	362	0.00
1600	0.09	898	0.03	706	0.01
2398	0.16	1352	0.07	1064	0.04
3196	0.24	1806	0.11	1421	0.08
3994	0.37	2247	0.15	1779	0.11
4806	0.47	2700	0.20	2136	0.17
5604	0.61	3155	0.26	2481	0.21
6402	0.74	3595	0.34	2838	0.27
7200	0.90	4049	0.42	3196	0.33
7998	1.10	4503	0.52	3554	0.41
8796	1.31	4943	0.63	3898	0.50
9594	1.58	5398	0.76	4255	0.60
10392	1.85	5852	0.90	4613	0.71
11204	2.22	6292	1.05	4971	0.86
12002	2.69	6746	1.21	5329	0.96
12800	3.36	7200	1.41	5673	1.11
13598	4.65	7654	1.64	6030	1.36
10199	4.37	8094	1.97	6388	1.81
6801	3.89	8549	2.66	6746	3.09
3402	3.25	6415	2.60	5054	3.07
0	2.37	4269	2.24	3375	2.90
		2136	1.76	1683	2.56
		0	1.10	0	2.12

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง :

เสาเข็มคันที่	T2	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15 เมตร	วันที่ทดสอบ	11, 18, 25/4, 2/5/43
ความยาวฝังในดิน	1.80 เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ยังไม่ได้น้ำหนักอุปกรณ์)	

Stage IV (-2.40 ม.)..(ต่อ)	
Load (kg.)	Movement (mm.)
279	0.02
541	0.03
816	0.04
1091	0.07
1366	0.10
1641	0.13
1903	0.18
2178	0.23
2453	0.30
2728	0.38
3004	0.48
3265	0.58
3540	0.70
3815	0.86
4090	1.09
4352	1.57
4627	2.33
3471	2.37
2316	2.30
1160	2.07
0	1.69

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง :

เสาเข็มต้นที่	TC	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15	เมตร	วันที่ทดสอบ 26/6, 6, 13, 20/43
ความยาวฝังในดิน	1.80	เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ยังไม่ได้หักน้ำหนักอุปกรณ์)

Stage I (-3.60 ม.)		Stage II (-3.20 ม.)		Stage III (-2.80 ม.)	
Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)
678	0.05	532	0.01	385	0.00
1358	0.10	1065	0.03	758	0.00
2037	0.15	1598	0.07	1145	0.00
2717	0.19	2131	0.1	1518	0.02
3397	0.16	2664	0.13	1905	0.08
4077	0.25	3198	0.19	2278	0.11
4757	0.29	3731	0.25	2651	0.15
5437	0.39	4263	0.32	3038	0.21
6116	0.48	4797	0.4	3424	0.26
6796	0.58	5330	0.5	3797	0.31
7476	0.75	5850	0.6	4184	0.38
8156	0.98	6383	0.75	4557	0.46
8836	1.22	6917	0.92	4930	0.58
9515.0	1.48	7450.0	1.12	5317.0	0.67
10195.0	1.96	7983.0	1.37	5690.0	0.82
10875.0	2.36	8516.0	1.63	6077.0	0.94
11555.0	3.08	9049.0	1.93	6450.0	1.07
12235.0	4.16	9583.0	2.38	6837.0	1.22
12915.0	5.99	10116.0	3.41	7210.0	1.42
9686.0	5.92	7587.0	3.28	7596.0	1.92
6458.0	5.48	5058.0	2.90	7970.0	3.57
3229.0	5.05	2529.0	2.42	5983.0	3.48
0.0	4.46	0.0	1.89	3983.0	3.10

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง :

เสาเข็มต้นที่	TC	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15 เมตร	วันที่ทดสอบ	26/6, 6, 13, 20/43
ความยาวฝังในดิน	1.80 เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ยังไม่ได้หักน้ำหนักอุปกรณ์)	

Stage III (-2.80 ม.)..(ต่อ)		Stage IV (-2.39 ม.)		Stage IV (-2.39 ม.)..(ต่อ)	
Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)
1998	2.81	225	0.00	1158	2.51
0	2.23	438	0.01	0	1.99
		665	0.02		
		878	0.06		
		1104	0.09		
		1318	0.14		
		1544	0.16		
		1758	0.22		
		1984	0.30		
		2198	0.38		
		2424	0.46		
		2638	0.57		
		2864	0.65		
		3078	0.76		
		3304	0.86		
		3517	0.99		
		3744	1.08		
		3957	1.20		
		4184	1.42		
		4397	1.84		
		4624	2.85		
		3464	2.86		
		2304	2.75		

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มโดยการกด :

เสาเข็มต้นที่	TC*	โครงการ	วิทยานิพนธ์
ชนิดเสาเข็ม	คอนกรีตอัดแรง	สถานที่ตั้ง	ที่ว่างใกล้ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขนาดหน้าตัด	0.15x0.15	เมตร วันที่ทดสอบ	15/6, 27/7/43
ความยาวฝังในดิน	1.80	เมตร	(น้ำหนักทดสอบ (Load) ที่แสดงนี้ได้คิดรวมน้ำหนักอุปกรณ์)

Stage I (-3.60 ม.)		Stage I (-3.60 ม.)..(ต่อ)		Stage IV (-2.40 ม.)	
Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)	Load (kg.)	Movement (mm.)
0	0.00	14723	0.85	600	0.00
714	0.00	15262	1.08	813	0.00
1253	0.00	16070	1.30	1040	0.00
1792	0.00	16609	1.49	1253	0.00
2600	0.01	17148	1.72	1479	0.00
3139	0.01	17956	2.04	1693	0.11
3947	0.03	18495	2.33	1919	0.27
4486	0.03	19033	2.78	2133	0.58
5025	0.06	19842	3.53	2359	0.99
5833	0.12	20380	5.19	2573	2.00
6372	0.12	20919	8.35	2799	3.01
6910	0.16	21727	14.69	3013	4.52
7719	0.18			3239	8.82
8257	0.19			2519	8.84
8796	0.19			1805	8.72
9604	0.18			1093	8.56
10143	0.19			0	8.21
10951	0.28				
11490	0.36				
12029	0.48				
12837	0.63				
13376	0.58				
13915	0.72				

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายชานนท์ ณ นคร
วัน เดือน ปี เกิด	2 มกราคม 2516
ประวัติทางการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิริยาลัย จังหวัด แพร่ ปีการศึกษา 2534 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม โยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2538-2539
ประสบการณ์ในการทำงาน	ปี 2539-2541 บริษัทควอลิตี้ทิม คอนซัลแตนท์ จำกัด ตำแหน่ง วิศวกรโยธา