

บทที่ 5

การคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตอกสำหรับชั้นดินเชียงใหม่

ในการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มสำหรับชั้นดินเชียงใหม่ โดยส่วนใหญ่ในขั้นตอนของการออกแบบเพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มนั้นจะใช้วิธีสถิติศาสตร์ในรูปของสูตรสถิติศาสตร์สำหรับการคำนวณ และจะต้องอาศัยผลการเจาะสำรวจดินบริเวณที่จะทำการตอกเสาเข็มมาเป็นพื้นฐานในการคำนวณเพื่อที่จะเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณในแต่ละบริเวณที่จะทำการติดตั้งเสาเข็ม จากลักษณะดังกล่าวความสมบูรณ์และความถูกต้องของผลการเจาะสำรวจดินจึงเป็นส่วนที่สำคัญยิ่งในขั้นตอนการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม และเนื่องจากพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบสำหรับวิธีสถิติศาสตร์ ได้มีผู้ทำการวิจัยและแนะนำไว้อย่างมากมายแตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกใช้พารามิเตอร์ในการออกแบบจึงเป็นอีกปัจจัยสำคัญอีกอันหนึ่งที่จะเป็นดัชนีชี้ความถูกต้องของค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่คำนวณได้

สำหรับงานวิจัยในบทนี้ได้ทำการรวบรวมผลการเจาะสำรวจดินควบคู่ไปกับข้อมูลการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในสนามที่ได้มีการเจาะและทดสอบในจังหวัดเชียงใหม่ แล้วมาทำการคำนวณกลับ(Back Calculation) เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบเสาเข็มตอกในเชียงใหม่ โดยจะยึดค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบในสนามที่ประเมินได้โดยวิธีการของ Marzuekiewicz เป็นหลักในการคัดเลือกพารามิเตอร์ ข้อมูลลักษณะชั้นดินในเชียงใหม่ที่รวบรวมมาได้จากผลการเจาะสำรวจกับงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเลือกใช้พารามิเตอร์ ก็จะเป็นส่วนสำคัญอีกอันหนึ่งในการตัดสินใจเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเชียงใหม่

5.1 ลักษณะของข้อมูลผลการเจาะสำรวจชั้นดินในเชียงใหม่

ลักษณะของข้อมูลผลการเจาะสำรวจดินในจังหวัดเชียงใหม่ นั้นมีความสมบูรณ์และความละเอียดในการเจาะสำรวจแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณที่มีการเจาะสำรวจดิน แต่ลักษณะโดยทั่วไปในการเจาะสำรวจจะเน้นหนักไปในการแยกแยะชั้นดินตามความลึก ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างขึ้นมาทำการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆของดิน จากข้อมูลที่รวบรวมมาได้จำนวน 23 ตัวอย่างสามารถที่จะสรุปได้ว่า สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น(Cohesionless Soil) จะได้จากการเก็บตัวอย่างดินจากกระบอกผ่า(Split Spoon)และมีการทดสอบ Standard Penetration Test, SPT ควบคู่ไปกับการเก็บตัวอย่างชนิดนี้ด้วย ส่วนดินที่มีความเชื่อมแน่น(Cohesive Soil) จะเก็บตัวอย่างดินเป็นชนิดที่ไม่ถูกรบกวน(Undisturbed

Sample) จากกระบอกเปลือกบาง (Thin Wall) ส่วนคุณสมบัติของดินที่มีการทดสอบสามารถที่จะสรุปได้ดังนี้

ดินที่มีความเชื่อมแน่น สำหรับดินชนิดนี้จะมีการทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน (Index Properties) คือขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit), LL ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit), PL ปริมาณความชื้นในธรรมชาติ (Natural Water Content), W_n ส่วนการทดสอบเพื่อหา ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity) นั้น จากข้อมูลที่รวบรวมมาได้แทบจะไม่มี การทดสอบเลย ส่วนการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดิน (Engineering Properties) จะมีการทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นรวม (Total Unit Weight), γ_t ส่วนในการทดสอบคุณสมบัติของดินทางด้าน Compressibility จะไม่มี การทดสอบเลย และการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการรับแรงของดินนั้นจะเป็นการทดสอบแบบ Unconfined Compression Test

ดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น สำหรับดินชนิดนี้การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน เช่น Grain Size Distribution จะมีการทดสอบบ้างในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ในการจำแนกชนิดของดินตามระบบ Unified Soil Classification ส่วนการทดสอบเพื่อหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินนั้นจะไม่มี การทดสอบเลยจากข้อมูลที่รวบรวมมาได้ ในด้านคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินชนิดนี้ที่มีการทำการทดสอบจะมีการทดสอบเพียงเพื่อหาค่า ความหนาแน่นรวมเท่านั้น ส่วนการทดสอบชนิดอื่นๆ ไม่ปรากฏจากข้อมูลที่รวบรวมมาได้

จากข้อมูลผลการเจาะสำรวจดินที่รวบรวมมาอาจจะกล่าวได้ว่าสำหรับคุณสมบัติที่มีความสำคัญ ที่ต้องใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม เช่นค่า Undrained Shear Strength ของดินเหนียว ตลอดจนค่ามุมเสียดทานของดินทราย (Friction Angle), ϕ โดยส่วนใหญ่จะมีการทดสอบเพื่อหาค่าดังกล่าวไม่มากนัก โดยค่า ϕ นั้นจะไม่มี การทดสอบเพื่อหาค่าเลยจากข้อมูลที่รวบรวมมาได้ ทุกตัวอย่างของผลการเจาะสำรวจดินที่รวบรวมมาได้ จะมีเพียงการทดสอบ Standard Penetration Test, SPT ซึ่งเป็นการทดสอบในสนามเท่านั้นที่มีการทดสอบเสมอๆ ทั้งในชั้นดินที่เป็นดินทรายและดินเหนียว ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าค่า N ที่ได้จากการทดสอบ SPT จึงเป็นข้อมูลหลักในการที่จะเชื่อมต่อไปหาค่า Undrained Shear Strength และค่า ϕ จากกราฟและตารางต่างๆ ที่มีผู้เสนอไว้ อย่างน้อยที่สุดค่า N นี้ก็พอจะบอกได้ว่าปลายเสาเข็มควรจะวางอยู่บนชั้นดินที่ความลึกเท่าใด ซึ่งชั้นดินที่พอจะใช้เป็นชั้นที่วางปลายเสาเข็มควรมีค่า N สูงกว่า 30

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลของค่า N จาก SPT กับค่า Unconfined Compressive Strength ในเชียงใหม่

ลำดับที่	โครงการ	N Value From SPT	Unconfined Compressive Strength (t/m^2)	Atterberg's Limit(%)		
				LL.	PL.	PI.
1	อาคารสูง อ.สุเทพ ซ. 5	15.00	36.00	44.00	24.00	20.00
		11.70	21.00	48.00	24.00	24.00
		17.70	23.00	43.00	22.00	21.00
		27.00	44.00			
2	อาคารบางกอก ริเวอร์พาร์ค ห้วยแก้ว	6.24	15.00	36.10	20.10	16.00
3	อาคารเรียนคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	22.20	30.00			
		34.20	35.00			
		22.40	35.00			
		44.20	26.00			
		25.00	25.00			
4	อาคารสูง 8 ชั้น อ.ศรีนครินทร์	5.80	18.00	41.00	23.00	18.00
5	โครงการนครเชียงใหม่	19.65	22.00	26.00	13.00	13.00
6	อาคารสูง อ.ช้างกลาง	4.22	4.00	41.00	24.00	17.00
		29.12	24.00	45.00	22.00	23.00
7	โรงแรมปรีณัฐท้าววัง	6.40	9.00			
		5.10	7.00			
		4.30	4.00			
8	อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ แม่โจ้	18.40	26.00	32.80	18.40	14.40
		12.10	22.00	30.70	15.40	15.30
		21.70	18.00			
		14.80	28.00			
9	อาคารปฏิบัติการเทคนิคคอมพิวเตอร์ ราชภัฏวชิรเวศน์ เชียงใหม่	6.40	10.00			
		1.90	3.00	52.00	28.00	24.00
		3.10	5.00			
		3.80	6.00			
		10.00	15.00	50.00	27.00	23.00
		11.00	16.00			
		11.00	17.00			
		20.00	45.00	51.00	26.00	25.00
		17.00	25.00			
		19.00	29.00			
		15.00	23.00	53.00	37.00	26.00

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลของค่า N จาก SPT กับค่า Unconfined Compressive Strength ในเชิงใหม่(ต่อ)

ลำดับที่	โครงการ	N Value From SPT	Unconfined Compressive Strength (t/m^2)	Atterberg's Limit(%)		
				LL.	PL.	PI.
10	โครงการเรนทลแอร์พอร์ท เชียงใหม่	17.00	4.00	30.00	22.00	8.00
		20.00	15.00	30.00	21.00	9.00
		20.00	11.00	27.00	19.00	8.00
		19.00	9.00			
		20.00	6.00			
		20.00	13.00			
		20.00	24.00			
11	อาคารพลศึกษา ม.แม่โจ้	5.40	9.00	37.00	18.00	19.00
		10.70	15.00	31.00	17.00	14.00
		13.20	11.00			
12	วิทยาลัยนครเชียงใหม่	6.40	10.00			
		11.30	17.00	37.00	29.00	8.00
		10.00	15.00			
		9.30	14.00			
		21.00	31.00	38.00	28.00	10.00
		23.40	39.00			
		24.20	46.00	35.00	28.00	7.00
		18.50	35.00			
		13.30	20.00			
		3.10	5.00			
		3.10	5.00	38.00	28.00	10.00
		9.30	14.00			
		7.90	12.00			
		28.70	49.00			
		22.00	39.00			
		13.30	20.00	37.00	29.00	8.00
		15.30	23.00			
		1.90	3.00	37.00	28.00	9.00
		5.00	8.00			
		16.70	25.00	38.00	27.00	11.00
		6.40	10.00			
		16.70	25.00			

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลของค่า N จาก SPT กับค่า Unconfined Compressive Strength ในเชียงใหม่(ต่อ)

ลำดับที่	โครงการ	N Value From SPT	Unconfined Compressive Strength (t/m^2)	Atterberg's Limit(%)		
				LL.	PL.	PI.
	วิทยาลัยนครเชียงใหม่(ต่อ)	25.40	42.00			
		18.70	39.00			
		16.00	24.00			
		20.00	33.00			
		7.90	12.00			
		15.30	23.00	38.00	28.00	10.00
		5.70	9.00			
		13.30	20.00			
		16.00	24.00	37.00	28.00	9.00
		28.30	42.00			
		26.80	40.00			
		19.40	43.00			
		14.00	21.00			
		18.50	35.00			
13	อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	6.50	12.00	22.00	15.50	6.50
		39.55	26.00	29.70	15.50	14.00
		13.40	12.00	22.00	14.80	7.20
		8.00	13.00			
14	หอพัก 10 ชั้น ถ.ห้วยแก้ว	14.60	8.00	27.10	21.80	5.30
		38.30	26.00	52.30	31.00	21.30
		44.80	22.00			
15	อาคารเรียนรวม วิทยาลัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	5.60	10.00			
		4.90	7.00			
		15.50	16.00			
		14.00	25.00			
16	ฟ้างามปาร์ก เชียงใหม่	28.31	50.00	35.00	18.70	16.30
		7.20	6.00	23.90	14.70	9.20

5.2 การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined Compressive Strength, q_u กับค่า N ที่ได้จากการทดสอบ Standard Penetration Test, SPT

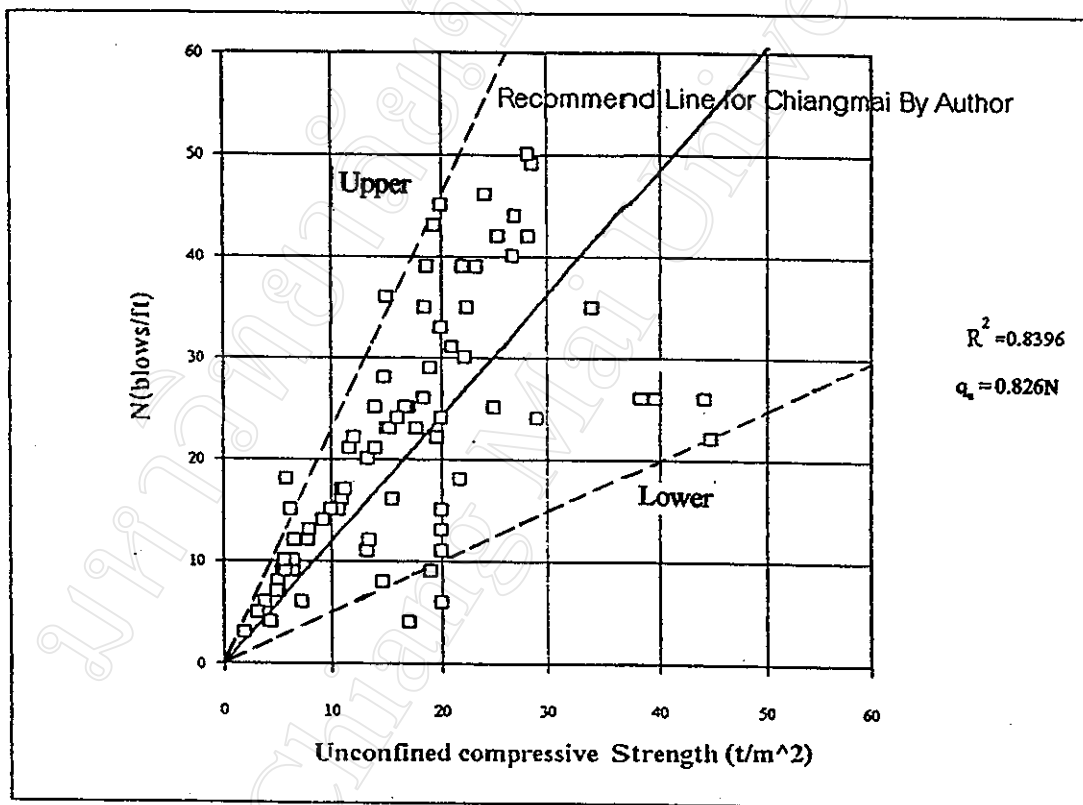
5.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined Compressive Strength, q_u กับค่า N ที่ได้จากการทดสอบ Standard Penetration Test, SPT สำหรับดินเหนียวเชิงใหม่

จากลักษณะของข้อมูลดินที่ได้มีการเจาะสำรวจในเชิงใหม่ที่รวบรวมมาได้นั้น ในกรณีที่เป็นดินเหนียวโดยส่วนใหญ่จะไม่มีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อไปทำการทดสอบหาค่า Unconfined Compressive Strength, q_u ก็จะสามารถหาค่า Undrained Shear Strength, S_u แต่ในการคำนวณเพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มค่า S_u นี้มีความจำเป็นในการหาค่าทั้งในส่วนที่กำลังรับแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มในกรณีที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียวและค่ากำลังรับแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มกรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับดินเหนียว แต่จากผลการเจาะสำรวจชั้นดินโดยส่วนมากจะมีการทดสอบ SPT ไปควบคู่กับการเก็บตัวอย่างดิน ณ ความลึกต่างๆ ทั้งในกรณีที่เป็นดินทรายและดินเหนียว ดังนั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า S_u และค่า N จึงมีความจำเป็น ในกรณีต้องการทราบค่า S_u แต่ผลการเจาะสำรวจไม่มีการทดสอบ

จากเหตุผลดังกล่าวในข้างต้น การหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในจังหวัดเชิงใหม่จึงจำเป็นต้องมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า q_u และค่า N สำหรับดินเหนียวเชิงใหม่โดยเฉพาะ เพื่อความเหมาะสมและความถูกต้องในการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในเชิงใหม่โดยวิธีสถิติศาสตร์ จึงได้รวบรวมข้อมูลการเจาะสำรวจดินในจังหวัดเชิงใหม่ที่มีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่า q_u ในห้องปฏิบัติการจากการทดสอบ Unconfined Compression Test ควบคู่ไปกับการทดสอบ SPT ในสนาม โดยการรวบรวมตัวอย่างนี้จะได้จากผลการเจาะสำรวจชั้นดิน 16 โครงการและได้ค่าความสัมพันธ์ จำนวน 91 คู่ ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และเมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ จะได้ในรูปที่ 5.1

จากรูปที่ 5.1 พบว่าที่ค่า q_u มีค่าน้อยกว่า 15 ตันต่อตารางเมตร จะมีการกระจายของกลุ่มข้อมูลไม่มาก แต่ถ้าค่า q_u มากกว่า 15 ตันต่อตารางเมตรจะมีการกระจายของข้อมูลที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะที่ q_u มีค่าประมาณ 20 ตันต่อตารางเมตรจะมีการกระจายของข้อมูลสูงมาก จากลักษณะดังกล่าวกรณีดินเหนียวที่เป็นดินเหนียวแข็งคือมีค่า S_u มากกว่า 10 ตันต่อตารางเมตร การใช้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจจะให้ค่าที่มีความแปรปรวนได้มาก แต่อย่างไรก็ตามค่า q_u ที่ได้จากการทดสอบ Unconfined Compression Test นี้ตามธรรมชาติแล้วจะเป็นค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงอยู่มาก เนื่องจากการรบกวนของการเก็บตัวอย่าง เพราะการเก็บตัวอย่างจะทำให้ค่าความเค้นของดินในสภาพเดิมเปลี่ยนแปลงไปมาก ดัง

นั่นแม้ว่าดินที่มีสภาพเหมือนกันอาจจะมีค่า q_u ที่แตกต่างกันมากเนื่องจากผลของการรบกวนตัวอย่างที่ไม่เท่ากัน ประกอบกับลักษณะของดินเหนียวในเชียงใหม่ โดยส่วนใหญ่จะมีทรายปนอยู่ในเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างสูง ค่า q_u ที่ได้จะยิ่งต่ำมากเพราะทรายจะไม่สามารถที่จะรักษาความเค้นของดินในสภาพเดิมได้นานเมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวไปทำการทดสอบก็ยิ่งจะให้ค่า q_u ที่ต่ำ จากเหตุผลดังกล่าวจึงพอจะบอกได้ว่าจากกราฟความสัมพันธ์แม้ว่าในช่วงที่ค่า q_u สูงจะมีการกระจายของข้อมูลมากแต่ก็สามารถที่จะใช้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวไปทำการหาค่าได้เพราะเป็นค่าที่ค่อนข้างจะต่ำกว่าความเป็นจริงอยู่แล้วเมื่อนำไปหาค่าจะให้ค่าที่ปลอดภัยในระดับหนึ่ง

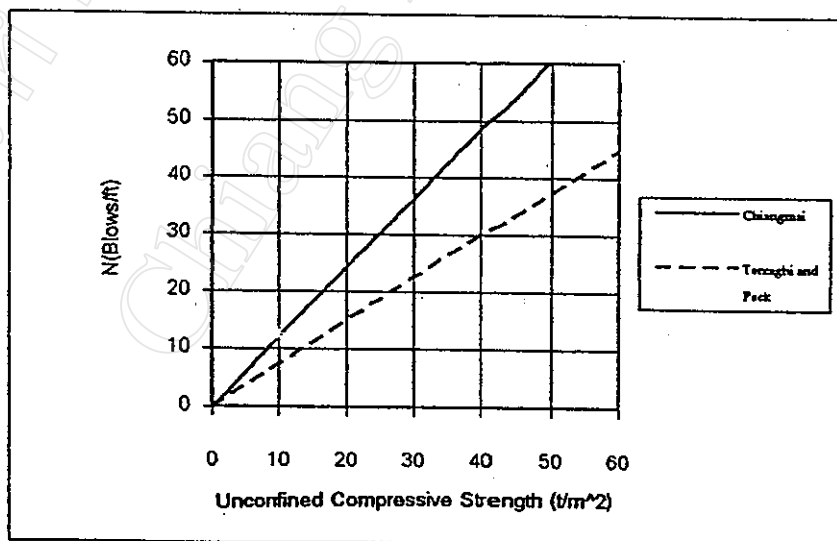


รูปที่ 5.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า N จากการทดสอบ SPT กับค่า Unconfined Compressive Strength ของเชียงใหม่

5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined Compressive Strength, q_u กับค่า N ที่ได้จากการทดสอบ Standard Penetration Test, SPT ของดินเหนียวเชิงใหม่กับกราฟความสัมพันธ์จากงานวิจัยต่างๆ

ก. กราฟความสัมพันธ์ของ Terzaghi และ Peck

จากรูปที่ 5.1 เมื่อมาทำการพิจารณาพร้อมกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า S_u และค่า N ที่ได้มีผู้เสนอไว้แล้วในบทที่ 2 รูปที่ 2.4 ก็จะมีเส้นความสัมพันธ์ของ Terzaghi และ Peck กับของ Sowers เมื่อพิจารณาเส้นกราฟที่แนะนำสำหรับดินเหนียวเชิงใหม่กับเส้นกราฟที่แนะนำโดย Terzaghi และ Peck ที่แสดงในรูปที่ 5.2 พบว่าเส้นกราฟสำหรับดินเหนียวเชิงใหม่จะมีความชันมากกว่าเส้นกราฟความสัมพันธ์ของ Terzaghi และ Peck ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่ค่า N เท่ากัน ค่า q_u ที่แปลผลมาจากกราฟความสัมพันธ์ทั้งสอง ค่า q_u ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของ Terzaghi และ Peck จะให้ค่าที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกราฟความสัมพันธ์ของ Terzaghi และ Peck สร้างขึ้นจากการทดสอบ SPT และ Unconfined Compression Test กับดินเหนียวที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ (Terzaghi และ Peck, 1976) แต่สำหรับเชิงใหม่เป็นดินเหนียวที่มีเปอร์เซ็นต์ทรายปนอยู่ค่อนข้างสูงจึงให้ค่า q_u ที่ต่ำกว่า ดังนั้นการใช้กราฟความสัมพันธ์ของ Terzaghi และ Peck ในการแปลค่าเพื่อการคำนวณจึงไม่น่าจะปลอดภัยนักสำหรับการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในเชิงใหม่



รูปที่ 5.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า N และ q_u ของดินเหนียวเชิงใหม่กับ Terzaghi และ Peck

ข.กราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers

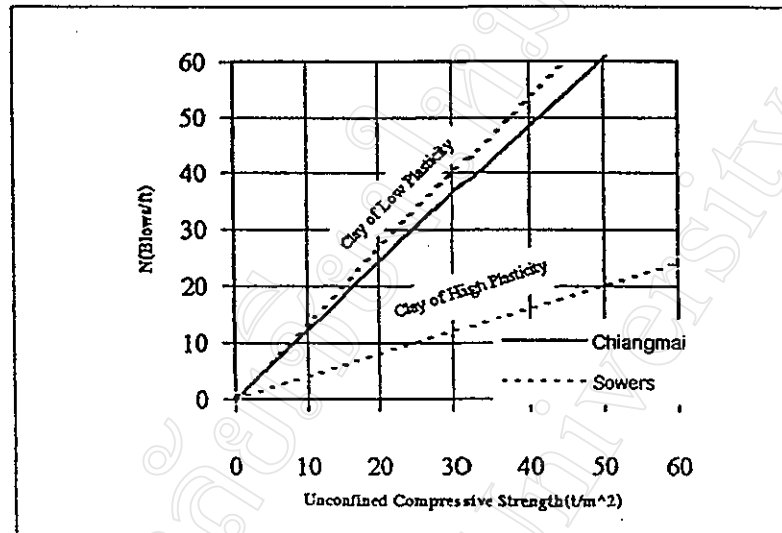
เมื่อพิจารณากราฟความสัมพัทธ์สำหรับเชิงใหม่ที่ได้กับกราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers พบว่ากราฟความสัมพัทธ์ระหว่างค่า N กับ q_u ที่เสนอโดย Sowers จะนำคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่แสดงในรูปของ Atterberg's Limit มาเกี่ยวข้องกับกราฟความสัมพัทธ์ด้วยเมื่อนำกราฟความสัมพัทธ์ของดินเหนียวเชิงใหม่กับ Sowers เขียนบนกราฟเดียวกันจะได้ดังรูปที่ 5.3 พบว่า เส้นกราฟความสัมพัทธ์ของดินเหนียวเชิงใหม่จะใกล้เคียงกับเส้นกราฟความสัมพัทธ์ที่เป็นเส้น Low Plasticity ของ Sowers ซึ่งเมื่อทำการพิจารณากราฟเฉพาะของ Sowers กับข้อมูลความสัมพัทธ์จากตารางที่ 5.1 ซึ่งเป็นข้อมูลของดินเหนียวเชิงใหม่ ซึ่งจากตารางจะมีข้อมูลอยู่ 35 คู่ที่มีข้อมูลการทดสอบหาค่า Atterberg's Limit ซึ่งจาก 35 ข้อมูลดังกล่าวพอจะจำแนกได้ว่าจะมีข้อมูลที่เป็นดิน Low Plasticity คือมีค่าพิคเคลวประมาณ 30 เปอร์เซนต์ และข้อมูลที่เป็นดิน High Plasticity คือมีค่าพิคเคลวประมาณ 50 เปอร์เซนต์ ซึ่งเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเขียนบนกราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers จะได้ดังรูปที่ 5.4 และ 5.5 ซึ่งจากรูปที่ 5.4 จะพบว่าสำหรับดินเหนียวเชิงใหม่ที่เป็นดิน Low Plasticity จะมีความสัมพัทธ์ที่สอดคล้องกับเส้นกราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers ที่เป็นเส้นกราฟ Low Plasticity ส่วนในกรณีที่ดินเหนียวเชิงใหม่ที่เป็นดิน High Plasticity จะไม่สอดคล้องกับกราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers ที่เป็นเส้นกราฟ High Plasticity ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะค่า Liquid Limit ที่จัดเป็น High Plasticity จะมีค่าประมาณ 50 ดันๆ ซึ่งยังไม่เป็นค่าที่สูงมากนักเพิ่งเข้าสู่ช่วงที่เป็น High Plasticity ทำให้ข้อมูลดังกล่าวไม่สอดคล้องกับเส้น High Plasticity ของ Sowers เท่าใดนัก

ดังนั้นพอจะกล่าวได้ว่า สำหรับดินเหนียวเชิงใหม่ที่จะหาค่า q_u จากค่า N จากกราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers นั้นถ้าไม่มีการทำการทดสอบหาคุณสมบัติของดินในรูปของ Atterberg's Limit แล้วการใช้กราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers ในการหาค่าจะไม่มีความเหมาะสมนัก เนื่องจากในกรณีที่ดินเป็นดินเหนียวชนิด High Plasticity ค่า q_u ที่แปลผลออกมาได้จากเส้นกราฟ High Plasticity จะให้ค่า q_u ที่สูงกว่าความเป็นจริงอยู่มาก ฉะนั้นการใช้กราฟความสัมพัทธ์ของ Sowers สำหรับดินเหนียวเชิงใหม่จึงไม่สามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางและครอบคลุมเนื่องจากลักษณะของผลการเจาะสำรวจชั้นดินในเชิงใหม่จะมีการทดสอบเพื่อหาค่า Atterberg's Limit ไม่มากนัก

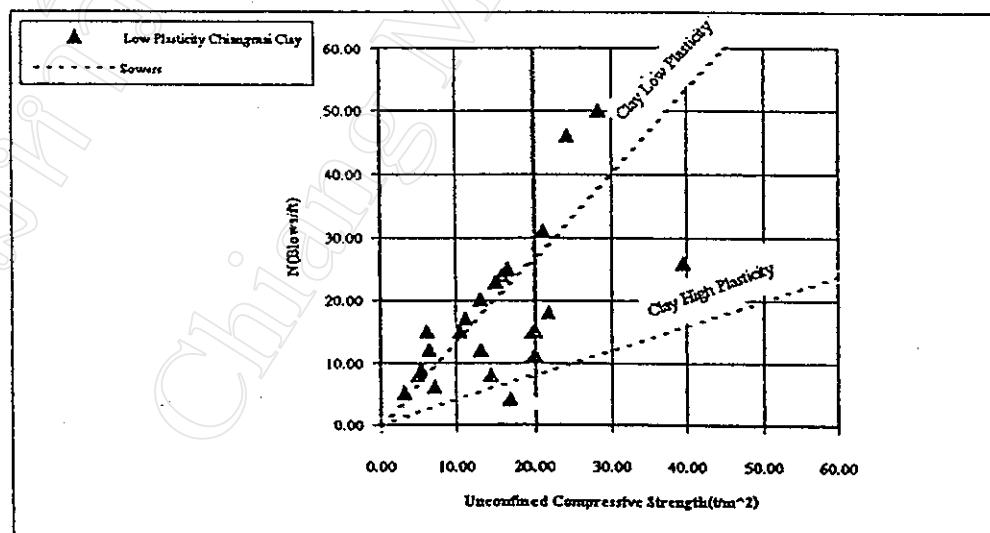
ซึ่งจากกราฟความสัมพัทธ์ของ q_u กับค่า N ของดินเหนียวเชิงใหม่เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพัทธ์เปรียบเทียบกับกราฟความสัมพัทธ์อื่นๆจะได้ดังแสดงในรูปที่ 5.5

จากการหากราฟความสัมพัทธ์ระหว่างค่า q_u และค่า N สำหรับดินเหนียวเชิงใหม่เพื่อนำไปหาค่าในการคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มสำหรับเชิงใหม่ จากเหตุผลและเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพัทธ์ที่มีผู้นิยมใช้ในการออกแบบ พอที่จะกล่าวได้ว่าสำหรับในกรณีที่ต้องการหาค่า q_u จากค่า

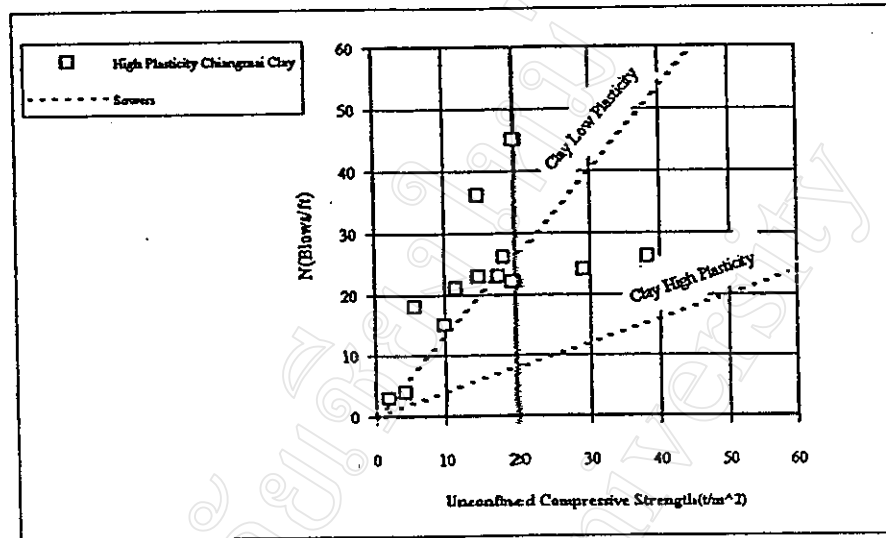
N จากการทดสอบ SPT สำหรับดินเหนียวใหม่นั้นกราฟความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการหาค่าอยู่พอสมควร



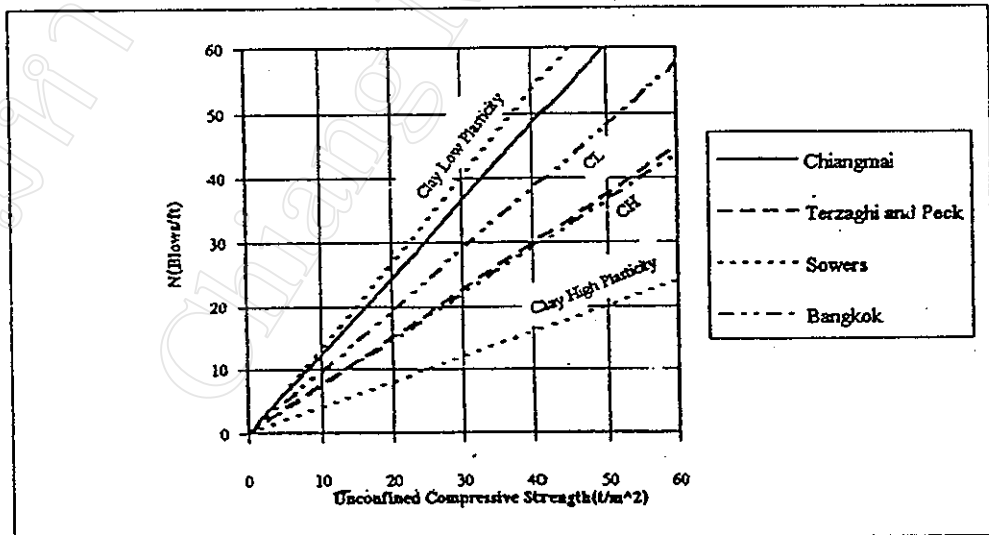
รูปที่ 5.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า N และ q_u ของดินเหนียวเชิงใหม่กับ Sowers



รูปที่ 5.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า N และ q_u ของ Sowers กับดินเหนียวเชิงใหม่ที่เป็นดิน Low Plasticity



รูปที่ 5.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า N และ q_u ของ Sowers กับดินเหนียวเชียงใหม่ที่เป็นดิน High Plasticity



รูปที่ 5.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า N และ q_u ของดินเหนียวเชียงใหม่กับกราฟความสัมพันธ์ของงานวิจัยอื่นๆ

5.3 พารามิเตอร์ในการหาค่าแรงแบกทานของเสาเข็ม

ค่าแรงแบกทานที่ปลายของเสาเข็มนี้จะขึ้นอยู่กับว่าปลายของเสาเข็มวางอยู่บนชั้นดินชนิดใด การเลือกใช้พารามิเตอร์ก็จะต้องแตกต่างกันไปตามชั้นดินที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ ซึ่งในการเลือกใช้พารามิเตอร์มาเพื่อหาค่าแรงแบกทานของเสาเข็มนั้น สามารถที่จะพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

5.3.1 ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียว

ในกรณีที่ปลายของเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียว จะพิจารณาสภาวะวิกฤติของดินเหนียวอยู่ในสภาวะเงื่อนไขไม่ระบายน้ำ ซึ่งเป็นที่ทราบกันคืออยู่แล้วว่าคุณสมบัติของดินเหนียวนั้นจะมีค่า ϕ มีค่าเท่ากับศูนย์ และมีค่าการยึดเกาะ (Cohesion) ของดิน, c ดังนั้นในหัวข้อนี้ สามารถที่จะหาค่ากำลังรับแรงแบกทานของเสาเข็มได้จากสมการที่ 2.4 จากสมการดังกล่าวค่าพารามิเตอร์ที่มีความจำเป็นในการหาค่าจะประกอบด้วย ค่าการยึดเกาะของดิน, ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทาน (Bearing Capacity Factor) ที่อยู่ในรูปของ N_c และค่าความดันจากน้ำหนักดินด้านบน

ก. ค่าการยึดเกาะของดิน, c

กรณีที่ต้องการจะหาค่า c ของดินเหนียวนี้ โดยทางตรงสามารถที่จะหาได้จากการเก็บตัวอย่างดินแบบที่ไม่ถูกรบกวนไปทำการทดสอบแบบ Unconfined Compression Test ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิธีการทดสอบนี้เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่สามารถที่จะหาค่า c ได้สะดวกและง่ายกว่าวิธีการทดสอบวิธีการอื่นๆ แต่สำหรับการทดสอบแบบ Unconfined Compression Test นี้ค่า c ที่ได้ค่อนข้างที่จะให้ค่าออกมาต่ำกว่าความเป็นจริงอยู่มาก เมื่อใช้ค่า c จากการทดสอบ Unconfined Compression Test ก็จะทำให้ค่าที่มีความปลอดภัยเพียงพอ ส่วนข้อมูลที่ไม่มีการทดสอบหาค่า c ก็จะสามารถใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า N จากการทดสอบ SPT และค่า q_u สำหรับดินเชิงใหม่ที่จะแสดงไว้ในรูปที่ 5.1

ข. ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานที่อยู่ในรูปของ N_c

สำหรับชั้นดินเหนียวที่เป็นชั้นดินที่ปลายเสาเข็มวางอยู่สำหรับเชิงใหม่ส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก ที่มีค่า N จากการทดสอบ SPT มากกว่า 30 ซึ่งสำหรับค่า N_c ที่ใช้กับฐานรากเสาเข็มนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องน้อยมาก แต่ค่า N_c ที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มกรณีที่ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวนี้จะให้ N_c มีค่าเท่ากับ 9 (Skempton, 1951) และสำหรับเชิงใหม่ก็จะยังใช้ค่านี้ในการหาค่า

ค. ค่าความดันเนื่องจากน้ำหนักของดินด้านบน

ค่าความดันจากน้ำหนักของดินด้านบน σ ที่ความลึกที่ระดับปลายเสาเข็มนี้จะคิดในรูปของค่าความดันประสิทธิผลจากน้ำหนักของดินด้านบน (Effective Overburden Pressure) โดยค่าความดันดังกล่าวจะแปรผันตามความลึกของปลายเสาเข็ม

5.3.2 ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นทราย

สำหรับการหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มกรณีที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นทรายนั้น มีข้อแตกต่างในการหาตัวแปรตามวิธีการที่มีผู้เสนอไว้ ซึ่งแต่เดิมนั้นค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มในกรณีนี้จะขึ้นอยู่กับค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานของเสาเข็มที่อยู่ในรูปของ N_q และค่าความดันดินจากน้ำหนักของดินด้านบนที่แปรผันตามความลึก โดยจะใช้ค่าความดันนี้ σ จุดที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ แต่ต่อมาได้มีการจำกัดค่าของ Effective Overburden Stress โดยจะมีค่าหนึ่ง σ_c ที่ความลึกหนึ่งซึ่งเรียกว่าความลึกวิกฤติ (Critical Depth) ซึ่งเมื่อถึงความลึกวิกฤตินี้แล้ว ค่าความดันในแนวดิ่ง (Vertical Depth) เนื่องจากน้ำหนักกดทับจากดินชั้นบนจะมีค่าคงที่ไปตลอดแม้ว่าความลึกนี้จะเพิ่มขึ้นก็ตาม (Vesic, 1967)

จากหลักการที่แตกต่างกันในการหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มในกรณีนี้ จึงมีแนวทางอยู่สองแนวทางที่จะนำมาใช้ในการหาค่าสำหรับเชิงใหม่ แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า สำหรับแนวทางที่มีผู้เสนอให้จำกัดค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มนั้นได้พัฒนามาจากกรณีที่ชั้นดินที่เป็นชั้นทรายเป็นชั้นเดียว (Homogeneous Soil-Mass) แต่สำหรับชั้นดินธรรมชาติโดยทั่วไปรวมทั้งชั้นดินเชิงใหม่จะเป็นดินชั้นดินที่วางตัวอยู่เป็นชั้นๆ และบางทีอาจจะมีชั้นดินเหนียวแทรกมิดได้เป็นชั้นทรายชั้นเดียว จากลักษณะชั้นดินที่แบ่งเป็นชั้นๆ นี้ยังมิได้มีการวิจัยหรือผู้เสนอแนะแนวทางว่า σ_c ที่ความลึกเท่าใดที่จะเรียกว่าความลึกวิกฤติ ฉะนั้นในกรณีนี้จึงเป็นการยากที่จะจำกัดค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มให้คงที่ σ_c ความลึกค่าใดค่าหนึ่งสำหรับชั้นดินที่แบ่งเป็นชั้นๆ เช่น เชิงใหม่ และนอกจากนี้ยังพบว่าความสัมพันธ์ของการกำหนดค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มนี้จะปรากฏเมื่อปลายเสาเข็มอยู่ที่ระดับความลึก 30 ถึง 40 เมตร (Poulos, 1980) แต่ปลายเสาเข็มในจังหวัดเชียงใหม่ที่ลึกที่สุดจะอยู่ที่ประมาณ 20 เมตรเท่านั้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นในการหาค่าความดันในแนวดิ่งเนื่องจากน้ำหนักของดินด้านบน σ ที่ความลึกที่ปลายเสาเข็มสำหรับชั้นดินเชิงใหม่นั้นจะให้ค่าดังกล่าวแปรผันตามความลึก

การหาค่าแรงแบกทานของเสาเข็มในกรณีนี้จะเป็นไปตามสมการที่ 2.3 ซึ่งพารามิเตอร์ที่มีความจำเป็นในการหาค่าจะประกอบด้วย ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานที่อยู่ในรูปของ N_q กับค่าความดันเนื่องจากน้ำหนักดินด้านบนที่กระทำ ณ ปลายเสาเข็ม

ก.ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานที่อยู่ในรูปของ N_q

ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานที่อยู่ในรูปของ N_q สำหรับใช้หาค่ากำลังแบกทานที่ปลายเสาเข็มในกรณีที่ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายนี้ จะใช้ค่า N_q ที่พัฒนามาจากการออกแบบฐานรากคั้น โดยจะมีการพิจารณาในส่วนของความลึกของเสาเข็มและรูปร่างของเสาเข็มประกอบไปด้วย ซึ่งค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานนี้ มีผู้ทำการวิจัยและแนะนำการใช้ค่า N_q นี้อย่างกว้างขวาง โดยค่า N_q นี้จะมีค่าที่แตกต่างกันไป แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าค่า N_q ที่มีผู้ใช้กันอย่างกว้างขวางก็ยังมิได้มีการยืนยันว่าค่า N_q ที่ได้มีการเสนอนั้นเป็นค่าที่ดีและมีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับค่าที่ผู้ออกแบบจะเลือกใช้ (Bowles, 1988)

สำหรับการหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มที่ปลายอยู่ในชั้นดินทรายสำหรับเชิงใหม่ การเลือกใช้ค่า N_q ยังมีได้มีผู้ทำการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะว่าจากค่า N_q ที่มีผู้แนะนำไว้มากมายนั้น N_q ที่เหมาะสมควรจะมีการเลือกใช้กราฟความสัมพันธ์ของใคร ซึ่งจากหนังสือของ Us. Army Corps of Engineer No.1 ได้ทำการรวบรวมกราฟของ N_q จากงานวิจัยต่างๆ และได้แนะนำช่วงความสัมพันธ์ที่จะใช้ในการออกด้วย ดังที่แสดงในรูปที่ 2.32 สำหรับบทนี้จะใช้ช่วงค่า N_q ที่แนะนำมาทำการหาค่าเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมด้วย

แต่อย่างไรก็ตามสำหรับค่า N_q ข้างต้นจะมีความสัมพันธ์กับค่ามุมเสียดทานภายในของดิน (Internal Friction Angle), ϕ ในกรณีของดินทรายดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่าจากข้อมูลของการเจาะสำรวจชั้นดินในเชิงใหม่ที่รวบรวมมาได้จะไม่มีการเก็บตัวอย่างดินมาทำการทดสอบเพื่อหาค่า ϕ แต่จะมีเพียงการทดสอบ SPT เท่านั้น ซึ่งค่า N ที่ได้นี้จะต้องโยงความสัมพันธ์เปลี่ยนออกมาเป็นค่า ϕ ก่อนแล้วจึงจะทำการหาค่า N_q จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า N_q และ ϕ ได้ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมานิยมใช้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวของ Peck Hansen และ Thronburne ดังแสดงในรูปที่ 2.15 สำหรับการคำนวณเพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในบทนี้จะใช้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวในการหาค่าด้วย และจากกราฟจะพบว่า นอกจากที่สามารถที่จะหาค่า ϕ จากค่า N แล้วยังสามารถที่จะหาค่า N_q ได้ด้วย สำหรับค่า N_q นี้จะมีความสอดคล้องกับค่า ϕ ที่ได้มาจากค่า N ดังกล่าว อันเนื่องมาจากการเป็นงานวิจัยชุดเดียวกัน ดังนั้นการหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มกรณีนี้ก็จะใช้ค่า N_q ที่ได้จากกราฟในรูปที่ 2.15 มาพิจารณาเพื่อหาค่ากำลังแบกทานของเสาเข็มรับน้ำหนักของเสาเข็มในเชิงใหม่ด้วย

ในรูปที่ 2.32 ได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง N_q และค่า ϕ จากที่มีผู้เสนอไว้ประกอบด้วย Meyerhof, Hansen, Berezontzev และ Terzaghi ซึ่งในการพิจารณาค่า N_q ที่เหมาะสมสำหรับเชิงใหม่ จะใช้ค่าดังกล่าวมาพิจารณาด้วย

5.4 พารามิเตอร์ในการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างเสาเข็ม

สำหรับค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มนี้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของชั้นดินที่ผิวของเสาเข็ม สัมผัสเป็นหลัก และทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับ ชนิดของเสาเข็มและวิธีการในการติดตั้งเสาเข็มด้วย ซึ่งค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มสามารถที่จะหาได้จากสมการที่ 2.5 และพารามิเตอร์ที่มีความจำเป็นต้องใช้ในการคำนวณหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มนี้สามารถที่จะพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

5.4.1 กรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับดินเหนียว

กรณีนี้สภาวะวิกฤติของเสาเข็มจะเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีการระบายน้ำ แต่ก็ยังมีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่แนะนำให้ใช้สภาวะที่มีการระบายน้ำในการวิเคราะห์หาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็ม ในกรณีที่ดินรอบเสาเข็มที่ค่า OCR สูงๆ แต่สำหรับดินเหนียวแข็งเชิงใหม่ การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงรวม (Total Stress) สามารถที่จะหาค่าได้คือการวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงประสิทธิผล (ชานนท์, 2543) นอกจากนี้ข้อมูลจากผลการเจาะสำรวจดินที่รวบรวมมา ยังไม่มีความละเอียดพอที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีหน่วยแรงประสิทธิผลได้ ดังนั้นการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มในกรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับกับชั้นดินเหนียวในบทนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์โดยหน่วยแรงรวมเป็นสำคัญ ดังนั้นพารามิเตอร์ที่มีความจำเป็นในการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มในกรณีนี้ จะประกอบไปด้วยค่าการยึดเกาะของดินและค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะ (Adhesion Factor)

ก. ค่าการยึดเกาะของดินเหนียว, c

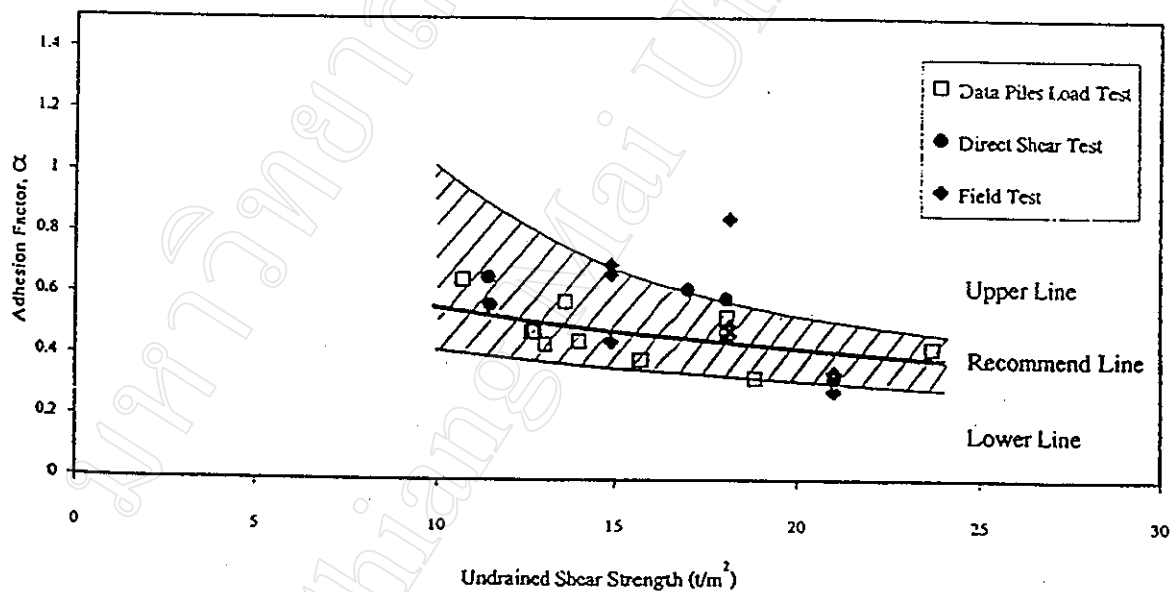
สำหรับรายละเอียดของการหาค่าการยึดเกาะของดินเหนียว ในขั้นตอนการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มนี้จะมีลักษณะเดียวกับการหาค่า c ของการหาค่าแรงแบกทานในกรณีที่ปลายเสาเข็มอยู่ในดินเหนียว คือยังจะต้องให้กราฟความสัมพันธ์ที่แนะนำไว้ในรูปที่ 5.1 เพราะข้อมูลที่มียังมีเฉพาะค่า N ที่ได้จากการทดสอบ SPT ในกรณีที่ไม่มีกรเก็บตัวอย่างดินมาทำการทดสอบเพื่อหาค่า c

ข. ค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะของดินเหนียว, α

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะนี้เป็นค่าที่เสนอขึ้นมา เนื่องจากการดองเสาเข็มทำให้เกิด การอัดตัวระบายน้ำ (Consolidation) ของดินรอบๆเสาเข็ม เนื่องมาจากแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่

ทางด้านของของเสาเข็มอันเนื่องจากการตอกเสาเข็ม และการตอกเสาเข็มนี้ยังทำให้เกิดช่องว่างระหว่างดินกับผิวด้านข้างของเสาเข็ม และการเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงที่เกิดจากการตอกเสาเข็มนี้ยังทำให้เกิด Strain-Softening ขึ้นในดินด้วย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้หน่วยแรงของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าค่า Undisturbed Shear Strength ของดินเหนียวจึงมีการเสนอค่าสัมประสิทธิ์ในการยึดเกาะระหว่างดินกับเสาเข็มขึ้นโดยจะเป็นสัมประสิทธิ์ที่เป็นสัดส่วนกับค่าการยึดเกาะของดิน ซึ่งได้มีงานวิจัยและผู้เสนอค่าดังกล่าวมากมายแตกต่างกันออกไป แต่สำหรับเชียงใหม่ก็น่าจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองหาค่าจะขึ้นดินเชียงใหม่เป็นพื้นฐาน

โดยค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะสำหรับดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.7 สำหรับการหาค่าแรงเสียดทานด้านของเสาเข็มในบทนี้จะใช้รูปที่ 5.7 ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะของดินเหนียว



รูปที่ 5.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะกับค่า Undrain Shear Strength ของดินเหนียวแข็งเชียงใหม่
ที่มา:ชานนท์(2543)

5.4.2 กรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับชั้นดินทราย

กรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับชั้นดินทราย สภาพะวิฤติของเสาเข็มจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีการระบายน้ำเพราะเป็นคุณสมบัติของดินทรายที่มีการระบายน้ำที่ดี ซึ่งค่าแรงเสียดทานของเสาเข็มในกรณีนี้จะสามารถที่จะคำนวณได้ตามสมการที่ 2.7 ดังนั้นพารามิเตอร์ที่มีความจำเป็นในการหาค่าจะประกอบด้วย ค่ามุมเสียดทานของดิน, ϕ ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง, K และค่ามุมเสียดทานระหว่างดินกับเสาเข็ม, δ ทั้งนี้ยังรวมถึงการคิดแรงดันเนื่องจากน้ำหนักของดินด้านบน ณ ความลึกของเสาเข็มที่สัมผัสกับชั้นทราย ซึ่งการเลือกใช้พารามิเตอร์ต่างๆ สามารถที่จะพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

ก. ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง, K

ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างนี้จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการทำเสาเข็ม กับลักษณะของชั้นทรายที่เสาเข็มสัมผัสว่ามีความแน่นหรือหลวมเพียงใด รวมไปถึงวิธีการติดตั้งเสาเข็ม ซึ่งก็ได้มีผู้ทำการวิจัยและเสนอค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างนี้ มีค่าแตกต่างกันไป เช่นพิจารณาค่า K นี้ให้ไปเกี่ยวข้องกับค่า OCR (Tomlinson, 1971) หรือบางทีก็จะให้ค่า K นี้มีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างที่อยู่ในภาวะที่อยู่กับที่ (At Rest Condition), K_0 ถึงค่าเท่ากับ 1.75 (Bowles, 1988) แต่จากข้อมูลการเจาะสำรวจดินในเชิงใหม่ที่รวบรวมมาซึ่งอาจคิดในการพิจารณาค่า K ดังกล่าว สิ่งที่จะต้องพิจารณาได้ก็คือชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำเสาเข็มกับสภาพของดินทรายที่เสาเข็มสัมผัสที่อยู่ในรูปของความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density), D_r ที่สามารถที่จะประมาณได้จากค่า N ของการทดสอบ SPT ดังแสดงในตารางที่ 5.2 จากเหตุผลในเบื้องต้นดังกล่าวสอดคล้องกับค่า K ที่เสนอโดย Brooms (1961) ที่แสดงในตารางที่ 2.6 โดยค่า K นี้จะพิจารณาจากวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็มกับค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์

จากค่า K ในตารางที่ 2.6 เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับค่า N ของชั้นดินเชิงใหม่พบว่าค่า N ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 50 ครั้งจะเป็นชั้นทรายที่มีความแน่นปานกลางถึงแน่น ซึ่งจะมีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์อยู่ค่อนข้างจะสูงคือ 0.4 ถึง 0.8 จากค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์นี้ถ้าพิจารณาตามตารางที่ 2.3 ค่า K สำหรับดินเชิงใหม่ควรมีค่าระหว่าง 1.0 ถึง 2.0 โดยในการใช้ค่า K เพื่อหาค่าแรงเสียดทานในบทนี้จะพิจารณาค่า K อยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 2.0

ข. ค่ามุมเสียดทานระหว่างดินกับเสาเข็ม, δ

สำหรับค่ามุมเสียดทานระหว่างดินกับเสาเข็มนั้นมีงานวิจัยที่จะมาบ่งชี้ค่า δ ที่แน่นอนนั้นมีน้อยมาก เนื่องจากสภาพการรับน้ำหนักของเสาเข็มจริงๆ มีพฤติกรรมที่ซับซ้อนกว่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการมาก ดังนั้นค่า δ ที่มีผู้แนะนำส่วนใหญ่จะมาจากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มซึ่งก็มาจากสภาพที่แตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณที่มีการทำการทดสอบ ดังนั้นในการคัดเลือกที่จะใช้ค่า δ เพื่อหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มในกรณีนี้จึงต้องมาจากประสบการณ์ของผู้ออกแบบ

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ค่า N และ ϕ ของทราย
ที่มา: สุรฉัตร(2526)

N Value	Relative Density	ϕ
< 4	< 0.2	< 30
4-10	0.2-0.4	30-35
10-30	0.4-0.6	35-40
30-50	0.6-0.8	40-45
> 50	> 0.8	> 45

แต่อย่างไรก็ตามค่า ϕ นี้ส่วนใหญ่จะมีค่าเป็นสัดส่วนของค่า ϕ ของดินทรายในชั้นที่สัมผัสกับเสาเข็ม ซึ่งลักษณะการตอกเสาเข็มลงในชั้นทรายนี้สภาพการสัมผัสของเสาเข็มกับชั้นทรายจึงขึ้นอยู่กับสภาพของชั้นทรายชั้นนั้นด้วยว่ามีลักษณะเช่นไร ถ้ากรณีที่เป็นชั้นทรายหลวมการตอกเสาเข็มจะทำให้ชั้นทรายแน่นขึ้น แต่ถ้าเป็นกรณีที่เป็นชั้นทรายแน่นพลังงานจากการตอกเสาเข็มทำให้มีการแตกสลายของมวลดินและจะไปทำลายโครงสร้างของเม็ดดิน จากลักษณะทั้งสองกรณีนี้เป็นผลให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนไปซึ่งก็จะมีผลต่อค่า ϕ ด้วย เพราะค่า ϕ เดิมของทรายมีการเปลี่ยนแปลง สำหรับชั้นทรายแข็งใหม่จะเป็นชั้นทรายแน่น ดังนั้นค่าแรงเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับชั้นทรายนี้น่าจะเป็นสัดส่วนที่ลดลงไปกว่าค่า ϕ เดิมของทราย ประกอบกับค่า ϕ ที่กล่าวมานี้จากข้อมูลดินส่วนใหญ่จะได้มาจากการประมาณจากค่า N ตามความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.15 โดยไม่ได้มาจากการทดสอบหาค่าจริงๆ

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การเลือกใช้ค่า ϕ นี้สำหรับเชิงใหม่น่าจะเป็นค่าที่เป็นสัดส่วนที่ลดลงจากค่า ϕ เดิมของดิน โดยจะมีความเกี่ยวข้องกับค่า K ที่เลือกใช้ในหัวข้อก่อน โดยทำการพิจารณาร่วมกับวัสดุที่ใช้ในการทำเสาเข็ม ซึ่งในการใช้ค่า ϕ นี้จะให้เท่ากับ 0.5ϕ ถึง ϕ

ค. ค่าความดันเนื่องจากน้ำหนักดินด้านบน

สำหรับการคิดค่าความดันดินเนื่องจากน้ำหนักดินด้านบนในกรณีหาแรงเสียดทานด้านของเสาเข็มที่สัมผัสกับดินทราย จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการคิดค่าความดันเนื่องจากน้ำหนักดินด้านบนในกรณีของการหาแรงแบกทาน คือจะคิดให้ค่าความดันดังกล่าวแปรผันตามความลึกและอยู่ในทอมของความเค้นประสิทธิผล

5.5 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการทดสอบเสาเข็ม

จากพารามิเตอร์ที่มีความจำเป็นเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยใช้สูตรสถิติที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.3 และ 5.4 ในการพิจารณาเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนั้น จะทำการทดสอบเสาเข็มจำนวน 1 ต้น บริเวณข้างประตูด่านวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยเป็นการทดสอบแบบกด และได้นำผลการทดสอบเสาเข็มของโครงการก่อสร้างถนนวงแหวนรอบกลางงานก่อสร้างทางแยกหมายเลข 7 (ทางลอด) อ.สารภี จ.เชียงใหม่จำนวน 1 ต้น ซึ่งเป็นการทดสอบแบบดึง จากผลการทดสอบเสาเข็มทั้ง 2 ต้นดังกล่าวพอที่จะเป็นแนวทางในการพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มสำหรับเชียงใหม่ได้

5.5.1 รายละเอียดของเสาเข็มทดสอบและการทดสอบเสาเข็ม

ก. การทดสอบเสาเข็มในสนาม

เสาเข็มที่นำมาทำการทดสอบ มีจำนวน 1 ต้น และเสาเข็มสมออีก 2 ต้น โดยเสาเข็มทดสอบและเสาเข็มสมอเป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดสี่เหลี่ยมคี่เหลี่ยมคี่เหลี่ยม มีขนาดหน้าตัด 0.15×0.15 เมตร ความยาว 6 เมตร ผลิตโดยบริษัทคอสสะเกิดคอนกรีตจำกัด ในการติดตั้งเสาเข็มจะทำการขุดเจาะดิน ณ ตำแหน่งที่จะตอกเสาเข็มทดสอบ โดยขนาดของหลุมมีขนาด 30 เซนติเมตร ลึก 1.80 เมตรทั้งนี้เพื่อเป็นการลดแรงดันดินด้านข้างมากระทำกับเสาเข็มขณะที่ทำการตอกเสาเข็มเพื่อลดแรงเสียดทานจากชั้นดินถม หลังจากนั้นทำการหย่อนเสาเข็มทดสอบลงไปหลุมที่ทำการเจาะไว้ หลังจากนั้นก็ทำการติดตั้งเสาเข็มโดยการตอกซึ่งใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มที่มีความสูง 9 เมตร น้ำหนักของดัมพ์ที่ใช้ในการตอกเสาเข็มหนัก 2 ตัน ทำการตอกโดยมีระยะยกดัมพ์ 30 เซนติเมตร มีไม้หมอนรองการตอกที่หัวเสาเข็ม ระดับปลายเสาเข็มภายหลังทำการติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้วอยู่ที่ 3.60 เมตรจากระดับผิวดิน

การทดสอบเสาเข็มจะเริ่มจากการทดสอบแบบการรับน้ำหนักอย่างช้า (Static Method – Slow Maintain Load Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 1143-81 โดยจะทำการให้น้ำหนักกับเสาเข็มเป็นขั้นๆจนถึงน้ำหนักที่เท่ากับน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบที่ประมาณไว้จากการใช้ตัวประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 2.5 และทำการถอนน้ำหนักออกเป็นขั้นๆเช่นกันจนน้ำหนักที่กระทำมีค่าเท่ากับศูนย์หลังจากนั้น ใช้วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักอย่างรวดเร็ว (Quick Load Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 3689-83 โดยจะทำการทดสอบแบบกด โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้แก่เสาเข็มเป็นขั้นๆ โดยเพิ่มขั้นละ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักบรรทุกพิกัดที่ได้ประมาณไว้ และทำการรักษาน้ำหนักบรรทุกไว้เป็นเวลา 5 นาที โดยทำการจดบันทึกการเคลื่อนตัวของเสาเข็มที่เวลา 0 2.5 5 นาที จนกระทั่งเกิดการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม โดยคู่มือมาตรฐานน้ำหนักจะไม่สามารถคองน้ำหนัก ณ ตำแหน่งนี้ให้ถือเป็นจุดสิ้นสุดการทดสอบ

จากผลการทดสอบเสาเข็มข้างต้นได้กำลังรับน้ำหนักพิบัติของเสาเข็มมีค่าเท่ากับ 21.0 ตัน ซึ่งทำการประเมินค่ากำลังรับน้ำหนักพิบัติจากวิธีการของ Marzurkiewicz และมีค่าการทรุดตัว ณ จุดพิบัติเท่ากับ 14.69 มิลลิเมตร

ข. การทดสอบเสาเข็มของโครงการก่อสร้างถนนวงแหวนรอบกลาง

เสาเข็มที่นำมาทำการทดสอบมีจำนวน 1 ต้น เป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดสี่เหลี่ยมคางหมู ขนาด 0.35x0.35 เมตร ยาว 15 เมตร ในการติดตั้งเสาเข็มจะทำการติดตั้งให้ปลายเสาเข็มอยู่ที่ระดับความลึกเท่ากับ 14.30 เมตร

การทดสอบเสาเข็มจะเป็นการทดสอบแบบดึงโดยจะเริ่มจากการทดสอบแบบการรับน้ำหนักอย่างช้า (Static Method – Slow Maintain Load Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 3689-90 โดยจะทำการให้น้ำหนักกับเสาเข็มเป็นขั้นๆ จนถึงน้ำหนักที่เท่ากับน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบที่ประมาณไว้จากการใช้ตัวประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 2.0 หรือ 200 เปอร์เซ็นต์ และทำการถอนน้ำหนักออกเป็นขั้นๆ เช่นกันจนน้ำหนักที่กระทำมีค่าเท่ากับศูนย์หลังจากนั้น ใช้วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักอย่างรวดเร็ว (Quick Load Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 3689-83 โดยจะทำการทดสอบแบบกด โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้แก่เสาเข็มเป็นขั้นๆ โดยเพิ่มขั้นละ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักบรรทุกพิบัติที่ได้ประมาณไว้ และทำการรักษาน้ำหนักบรรทุกไว้เป็นเวลา 5 นาที โดยทำการจดบันทึกการเคลื่อนตัวของเสาเข็มที่เวลา 0 5 นาที จนกระทั่งเกิดการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม โดยดูที่มาตรวัดน้ำหนักจะไม่สามารถคงน้ำหนัก ณ ตำแหน่งนี้ให้ถือเป็นจุดสิ้นสุดการทดสอบ

จากผลการทดสอบเสาเข็มข้างต้นได้กำลังรับน้ำหนักพิบัติของเสาเข็มมีค่าเท่ากับ 120.0 ตัน ซึ่งทำการประเมินค่ากำลังรับน้ำหนักพิบัติจากวิธีการของ Marzurkiewicz และมีค่าการทรุดตัว ณ จุดพิบัติเท่ากับ 12.80 มิลลิเมตร

5.5.2 การวิเคราะห์พารามิเตอร์จากการทดสอบเสาเข็ม

ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์จากการทดสอบเสาเข็มนี้จะพิจารณาร่วมกับลักษณะชั้นดินบริเวณที่ทำการติดตั้งเสาเข็มกับกำลังรับน้ำหนักพิบัติของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งเสาเข็มแต่ละต้นจะทำการพิจารณาคัดเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

ก.การวิเคราะห์พารามิเตอร์จากผลการทดสอบเสาเข็มในสนาม

ในบริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็มแบบกด ณ บริเวณข้างประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีลักษณะชั้นดินที่เสาเข็มจะถูกติดตั้งลงไปชั้นดินเหนียวแข็ง โดยมีปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียวปนทรายที่ระดับความลึกเท่ากับ 3.60 เมตร ดังรายละเอียดของลักษณะชั้นดินแสดงไว้ในภาคผนวก ข ในรูปที่ ข3 และตารางที่ ข1 โดยที่ปลายเสาเข็มมีค่า N จากการทดสอบ SPT เท่ากับ 15 และในบริเวณที่ทำการทดสอบเดียวกันนี้ ชานนท์(2543) ได้ใช้เป็นบริเวณที่ทำการทดสอบเสาเข็มเพื่อหาสัมประสิทธิ์การยึดเกาะระหว่างเสาเข็มกับดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะที่ได้เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบจริงๆ จึงเป็นค่าที่ให้ความน่าเชื่อถือได้ระดับหนึ่ง

ในการวิเคราะห์นี้เนื่องจากด้านข้างของเสาเข็มเป็นดินเหนียวแข็งทั้งหมด การวิเคราะห์หาแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มจะพิจารณาจากเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะกับค่ากำลังรับแรงเฉือนไม่ระบายน้ำที่ได้จากการทดสอบของ ชานนท์(2543) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 โดยค่าแรงเสียดทานด้านข้างที่หาได้นี้จะพิจารณาให้เป็นค่าจริงที่ได้จากการทดสอบ ส่วนสำหรับค่าแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม ซึ่งวางอยู่ในชั้นทรายนี้ พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญในการหาค่าในส่วนนี้ก็คือ N_u การพิจารณาจะใช้ค่า N_u ที่ได้มีผู้เสนอไว้ดังกล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 5.3 แล้วพิจารณาค่าที่หาได้จะสามารถที่จะคำนวณได้ใกล้เคียงกับค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในสนามมากที่สุด และค่า N_u นี้จะหาค่าจากค่า ϕ ที่ทำการแปลงมาจากค่า N จากการทดสอบ SPT ตามความสัมพันธ์ที่เสนอโดย Peck Hansen และ Thornburn (1974) ดังแสดงในรูปที่ 2.15

ข.การวิเคราะห์พารามิเตอร์จากผลการทดสอบเสาเข็มโครงการก่อสร้างถนนวงแหวนรอบกลาง

สำหรับการทดสอบเสาเข็มในโครงการนี้เป็นการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง ซึ่งในส่วนของการแบกทานที่ปลายเสาเข็มจะไม่มีมีความเกี่ยวข้องทำให้สามารถที่จะพิจารณาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มได้ ซึ่งจากลักษณะชั้นดินของบริเวณที่ทำการติดตั้งเสาเข็มทดสอบจะเป็นชั้นดินทรายสลับกับชั้นดินเหนียว ดังแสดงในภาคผนวกรูปที่ ข4 ในการวิเคราะห์จะทำการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังเสนอไปในหัวข้อที่ 5.3 มาทำการพิจารณาในการหาค่า โดยจะปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จนสามารถที่จะคำนวณออกมาได้ใกล้เคียงกับผลการทดสอบเสาเข็มมากที่สุด

แต่เนื่องจากผลการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการทดสอบโดยการดึงกับการกดมีพฤติกรรมที่แตกต่างกันโดยค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการดึงจะมีค่ามากกว่าค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการกดอยู่ประมาณ 12 ถึง 28 เปอร์เซ็นต์(Bond และ Jadine,1995) และสำหรับดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ ค่าที่ได้จากการดึงจะมากกว่าค่าที่ได้จากการกดอยู่ประมาณ 23.2 เปอร์เซ็นต์ (ชานนท์,2543) และจากชั้นดินในบริเวณที่ทำการทดสอบแม้ว่าจะมีชั้นทรายสลับอยู่บ้างแต่

ชั้นดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวแข็ง ดังนั้นค่ากำลังรับน้ำหนักพิสัยของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบโดยการดึงจะใช้สัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.768(ปรับลดลง 23.2 เปอร์เซ็นต์) ในการปรับค่าเพื่อให้เป็นค่ากำลังรับน้ำหนักพิสัยของเสาเข็มโดยการกด โดยจะใช้ค่ากำลังรับน้ำหนักพิสัยที่ทำการปรับค่าแล้วนี้มาพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อไป

5.5.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์จากเสาเข็มทดสอบ

จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อที่ 5.3.2 พบว่า สำหรับเสาเข็มที่ทำการทดสอบค่า N_u ที่สามารถจะคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดสอบเสาเข็มในสนามมากที่สุดคือค่า N_u ที่เสนอโดย Berezhontzev ดังแสดงในรูปที่ 2.21 โดยสามารถที่จะคำนวณได้ค่าที่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดสอบในสนามเพียง -2.05 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นดังแสดงในตารางที่ 5.3 สำหรับเสาเข็มที่ทำการทดสอบในโครงการถนนวงแหวนรอบกลาง จะได้พารามิเตอร์สำหรับการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างคือ สำหรับชั้นดินเหนียวแข็ง ใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะกับค่ากำลังรับแรงเฉือนไม่ระบายน้ำสำหรับดินเหนียวแข็งเชิงใหม่ที่เสนอโดย ชานนท์(2543) ดังแสดงในรูปที่ 5.7 สำหรับชั้นดินทราย ใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันด้านข้าง, K จะให้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่ามุมเสียดทานระหว่างดินกับเสาเข็ม, α จะให้มีค่าเท่ากับ 0.75ϕ โดยค่ากำลังรับน้ำหนักที่คำนวณได้มีค่าแตกต่างจากค่าที่ได้จากการทดสอบเพียง +1.08 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 5.3 ซึ่งเสาเข็มทั้งสองต้นจะคิดค่าน้ำหนักกดทับจากดินด้านบนให้แปรผันตามความลึก

ตารางที่ 5.3 แสดงค่ากำลังรับน้ำหนักที่คำนวณได้ของเสาเข็มทดสอบกับค่าที่ได้จากการทดสอบในสนาม

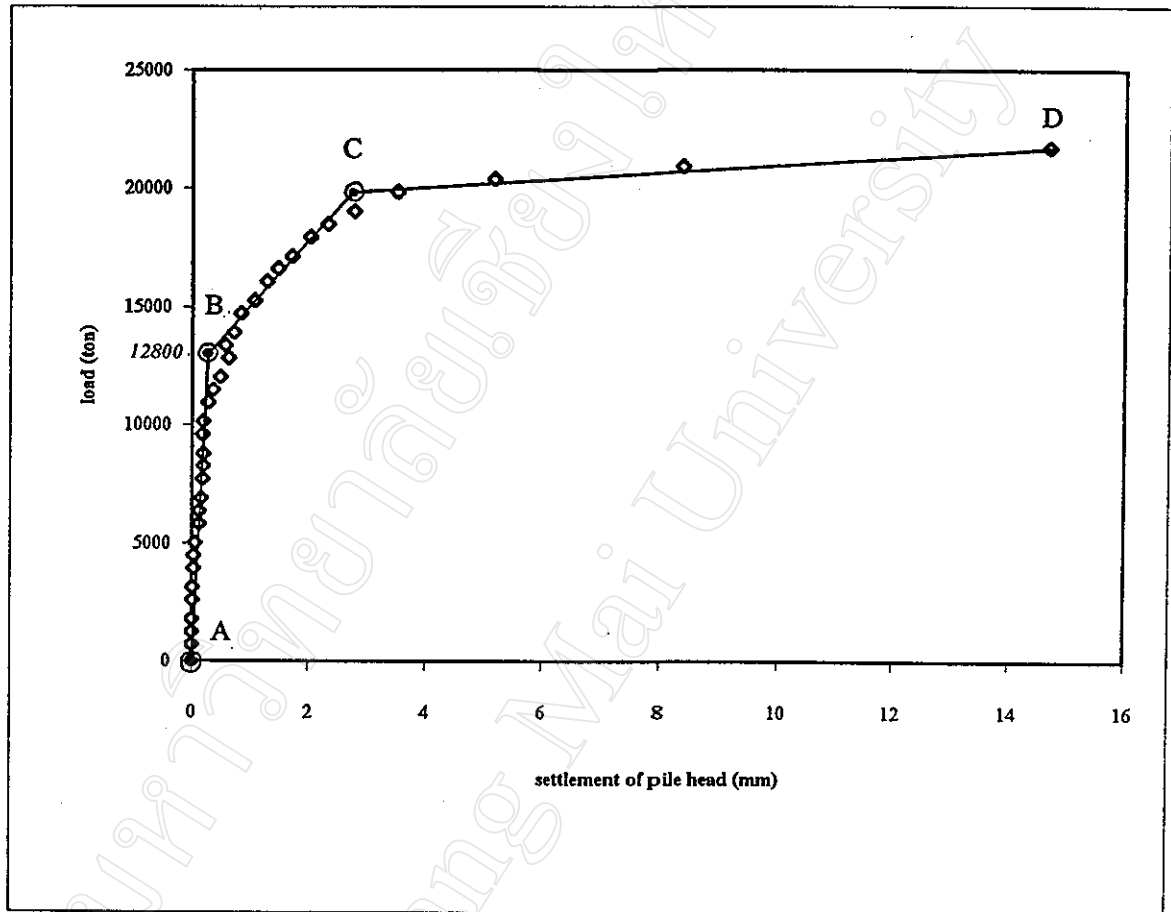
ชื่อโครงการ	P_u (Tons)	Q_u (Tons)	%Error	Remark
1.เสาเข็มทดสอบ	20.57	21.0	-2.05	$P_{u1}=12.8$ Tons $P_{pu}=8.25$ Tons
2.โครงการถนนวงแหวน	93	92	+1.08	P_u ปรับลดลง 23.2% จาก 120 ตัน

จากค่าพารามิเตอร์ที่ได้ จะใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเชิงใหม่ โดยจะนำไปใช้ในการคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจากข้อมูลที่ทำกรรวบรวมมาได้ ในหัวข้อต่อไป

จากเสาเข็มที่ทำการทดสอบเป็นเสาเข็มคอกไม้ไม่สามารถที่จะติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อที่จะแยกค่าของแรงเสียดทานด้านข้างและแรงแบกทานที่ปลายของเสาเข็มได้ แต่จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและการทรุดตัวที่ได้จากการทดสอบสามารถที่จะบอกความสัมพันธ์ของค่าแรงเสียดทานและแรงแบกทานของเสาเข็มได้ โดยใช้วิธีการอย่างง่าย (Simplified Method) ในการพิจารณาแยกค่าทั้งสองได้ เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักและการทรุดตัวที่ได้ สามารถเขียนเส้นกราฟที่แสดงถึงแรงเสียดทานด้านข้างและแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม ดังแสดงในรูปที่ 5.8 จากรูปดังกล่าวพบว่า ส่วนของเส้นตรง AB เป็นตัวแทนของกราฟความสัมพันธ์ของแรงเสียดทานด้านข้างและการทรุดตัวของเสาเข็มทดสอบ และในส่วนของเส้นตรง BC เป็นตัวแทนของกราฟความสัมพันธ์ของแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มและการทรุดตัว และที่จุด B เป็นจุดที่แรงเสียดทานด้านข้างมีค่าสูงสุดซึ่งจากกราฟมีค่าประมาณ 12.8 ตัน ซึ่งตรงกับค่าที่คำนวณได้ในตารางที่ 5.3 ส่วนเส้นตรง CD เป็นช่วงที่เสาเข็มเกิดการพิบัติอย่างชัดเจนคือมีการทรุดตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเป็นการพิบัติแบบ Punching Failure จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น สามารถที่จะกล่าวได้ว่าค่าแรงเสียดทานและแรงแบกทานของเสาเข็มที่คำนวณได้จากการใช้พารามิเตอร์ ตามหัวข้อที่ 5.5.3 เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและการทรุดตัวที่ได้ มีความสมเหตุสมผลและเป็นค่าที่น่าเชื่อถือได้

5.6 ผลการคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการใช้พารามิเตอร์ที่แนะนำ

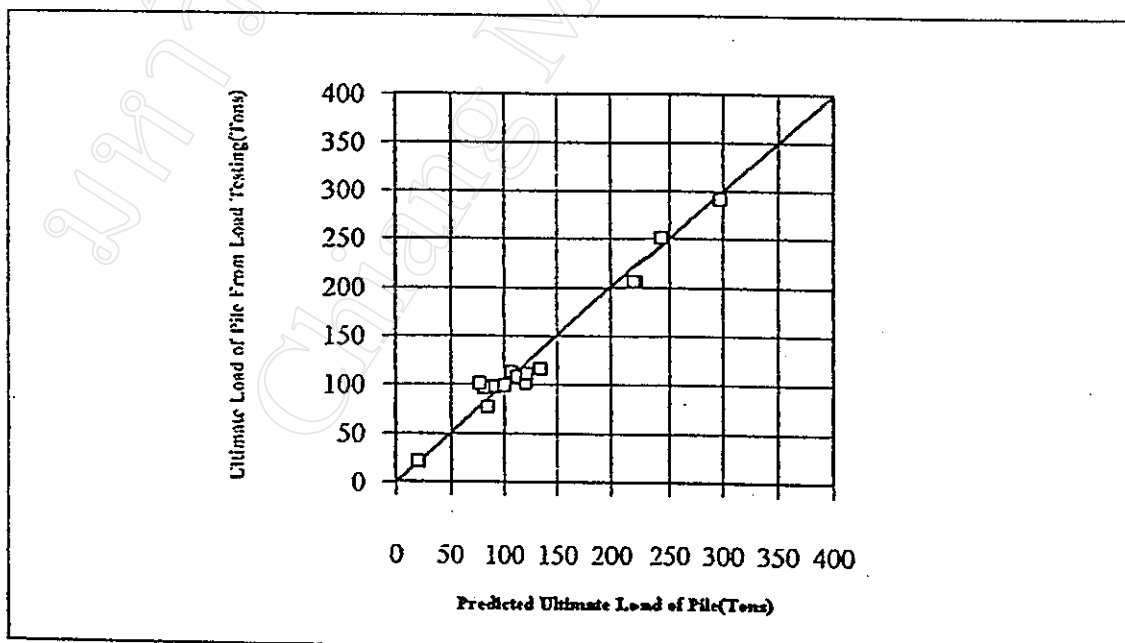
จากข้อมูลการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในสนามและข้อมูลจากผลการเจาะสำรวจดินบริเวณที่มีการติดตั้งเสาเข็มที่รวบรวมมาได้พบว่าส่วนใหญ่ปลายของเสาเข็มจะวางอยู่ในชั้นทรายแน่นคือจะมีอยู่ 14 ตัน ส่วนที่มีปลายของเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งจะมีเพียง 9 ตันรวมถึงเสาเข็มทดสอบ 1 ตันที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายด้วย เมื่อทำการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีการสถิติ และใช้พารามิเตอร์ที่ได้ทำการแนะนำไปแล้วจากหัวข้อก่อน สำหรับกรณีที่ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายผลการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการใช้พารามิเตอร์ที่แนะนำจะแสดงในตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.9 ส่วนสำหรับกรณีที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียวผลที่ได้จากการใช้พารามิเตอร์ที่แนะนำแสดงในตารางที่ 5.5 และนำค่าจากตารางดังกล่าวมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์จะได้ตามรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงเสียดทานด้านข้างกับแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มกับค่าการทรุดตัวของเสาเข็มทดสอบ

ตารางที่ 5.4 แสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่หาได้จากวิธีสถิติและจากการทดสอบเสาเข็ม
ในสนามที่ใช้ค่า N_q ที่เสนอโดย Berezontzev ตามรูปที่ 2.21

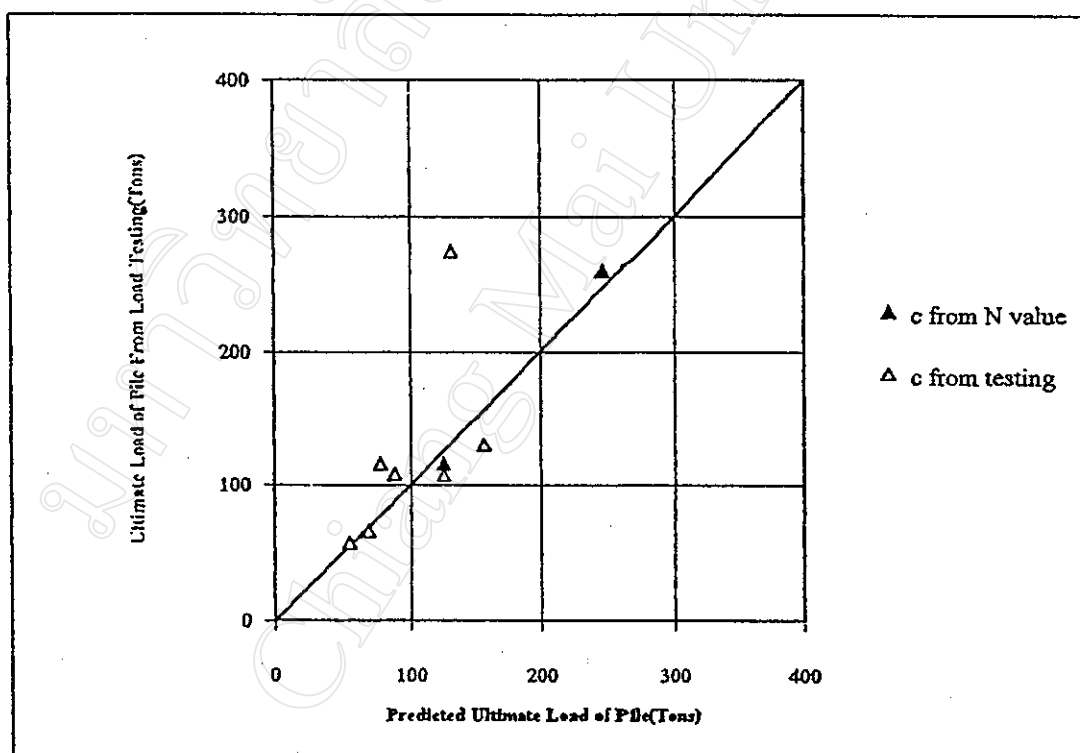
ลำดับที่	ชื่อโครงการ	P_{to}	P_{pu}	P_u	Q_u	%error
1	SR.CONDO	68	67	135	115	17.39
2	ริมปิง กอน โค	95	148	243	250	-2.80
3	ประปาแม่กวังT1	29	62	91	96	-5.21
4	ประปาแม่กวังT2	26	55	81	95	-14.74
5	ประปาแม่กวังT3	25	52	77	100	-23.00
6	ประปาแม่กวังT4	26	85	111	106	4.72
7	ประปาแม่กวังT5	30	78	108	112	-3.57
8	ประปาแม่กวังT6	22	91	113	106	6.60
9	ประปาแม่กวังT7	42	59	101	98	3.06
10	ประปาแม่กวังT8	46	76	122	100	22.00
11	HOLIDAY LODGE HOTEL	126	96	222	205	8.29
12	อาคาร 3 ชั้น แม่ไร่	35	50	85	76	11.84
13	โรงพยาบาลเชียงใหม่ราม1	83	215	298	290	2.76
14	หอ 9 หอญิง มร.	53	70	123	110	11.82
15	เสาเข็มทดสอบ	12	8	21	21	-2.05



รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม จากตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.5 แสดงค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ทำได้จากวิธีสแตติกส์และจากการทดสอบเสาเข็ม
ในสนามที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียว

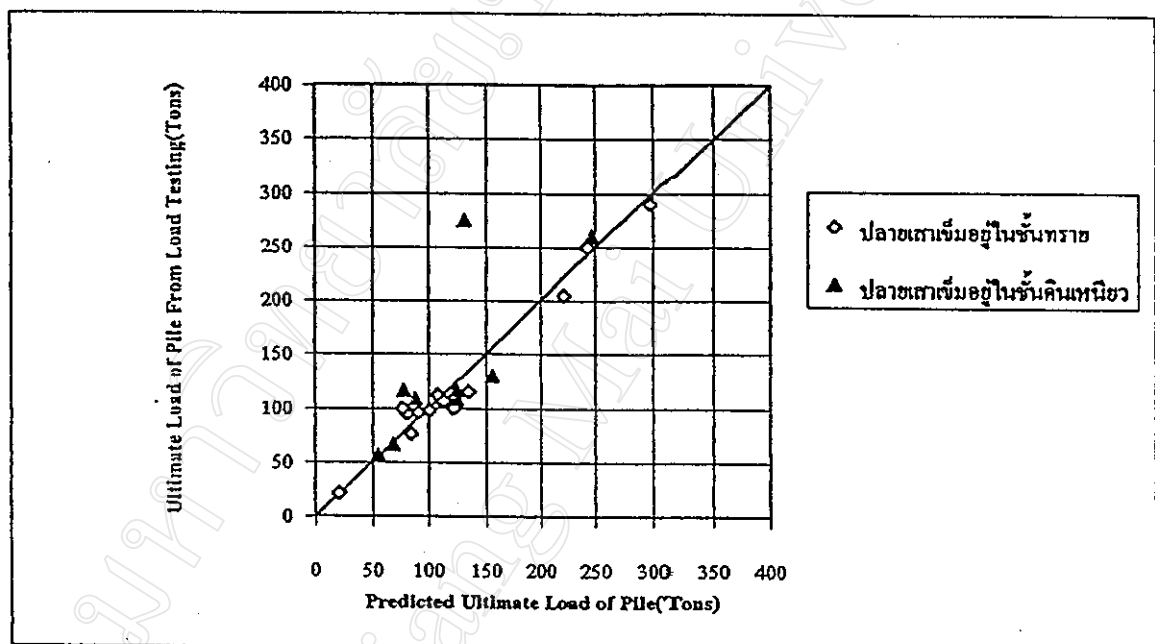
ลำดับที่	ชื่อโครงการ	P_u	P_{pu}	P_u	Q_u	%error
1	โรงแรมพรพิงค์	209.5	37.9	247.4	260.0	-4.85
2	โครงการ SRLAND-G4	107.0	17.9	124.9	116.0	7.63
3	โครงการ SRLAND-F5	107.0	17.9	124.9	107.0	16.68
4	อาคารสำนักงานบริษัทนิคม	108.1	23.4	131.5	274.0	-52.00
5	อาคารพละศึกษา แม่ไร่	57.8	20.0	77.8	116.0	-32.95
6	อาคารศูนย์การค้าทศสวนแก้ว	64.8	23.5	88.3	108.0	-18.25
7	อาคารสำนักงานท่าอากาศยาน	125.4	30.3	155.7	130.0	19.81
8	อาคารเทคโนโลยีประมง แม่ไร่	59.9	8.4	68.3	66.0	3.46
9	แฟลตข้าราชการ แม่ไร่	45.8	9.4	55.2	57.0	-3.25



รูปที่ 5.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์จากตารางที่ 5.5

จากการใช้พารามิเตอร์ที่แนะนำในการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มสำหรับทั้งกรณี
ที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นดินเหนียวและปลายเสาเข็มวาง อยู่ในชั้นดินทรายได้แสดงผลของค่าน้ำหนัก
ที่คำนวณได้กับค่าที่ได้จากการทดสอบในสนามได้แสดงในรูปที่ 5.11

ซึ่งจากผลของค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่คำนวณได้กับค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้
จากการทดสอบเสาเข็มในสนามที่แสดงรูปที่ 5.11 นั้นให้ความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองที่ดีคือมีค่าความ
ชันของเส้นตรงที่เป็นตัวแทนของข้อมูลเท่ากับ 1.043 และค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจมีค่าเท่ากับ
0.9516 ซึ่งก็สามารถที่จะบอกได้ว่าพารามิเตอร์ที่แนะนำให้ใช้ในการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม
สำหรับเชิงใหม่นั้นให้ค่าที่คำนวณได้ออกมาดีใกล้เคียงกับ ค่าที่ทดสอบได้ในสนาม



รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จาก
การทดสอบเสาเข็มในสนาม ทั้งกรณีที่ปลายเสาเข็มอยู่ในดินเหนียวและดินทราย

5.7 สรุป

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในเชิงใหม่โดยวิธีสถิติศาสตร์
สามารถที่จะสรุปได้ดังนี้

-การหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็ม กรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับชั้นดินเหนียว ค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะ, α จะใช้กราฟความสัมพันธ์ที่แนะนำโดย ชานนท์(2543)ที่ใช้สำหรับดินเหนียวแข็งเชิงใหม่ดังแสดงในรูปที่ 5.7 และในกรณีที่ต้องหาค่าการยึดเกาะของดิน, c จากค่า N ที่ได้จากการทดสอบ SPT ให้ใช้กราฟความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นสำหรับดินเหนียวเชิงใหม่ que แสดงในรูปที่ 5.1 และกรณีที่เสาเข็มสัมผัสกับดินทรายค่าพารามิเตอร์สำหรับการหาค่าแรงเสียดทานด้านข้างของเสาเข็มนี้จะประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง, K จะใช้ค่าเท่ากับ 1.00 และค่ามุมเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินรอบเสาเข็ม, δ จะให้มีค่าเท่ากับ $\frac{3}{4}\phi$ ซึ่งทั้งค่า K และ δ นี้จะอ้างอิงจากตารางที่ 2.6 ซึ่งเสนอโดย Brooms(1961) โดยค่า ϕ ของดินสามารถที่จะหาได้จากค่า N จากการทดสอบ SPT ซึ่งจะใช้กราฟความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปที่ 2.15 โดยความสัมพันธ์นี้เสนอโดย Peck Hansen และ Thornburn(1974) สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันของน้ำหนักดินด้านบนจะใช้ค่าจริงที่แปรผันตามความลึกและใช้ในรูปแบบของความเค้นประสิทธิผล

-การหาค่าแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม กรณีที่ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวพารามิเตอร์ที่ต้องใช้คือ ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานที่อยู่ในรูปของ N_c จะให้มีค่าเท่ากับ 9 และค่าการยึดเกาะของดิน, c ในกรณีที่ไม่มี การทดสอบหาค่า c ก็จะหาได้จากรูปที่ 5.1 โดยจะมีความสัมพันธ์กับค่า N จากการทดสอบ SPT ณ ความลึกที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ สำหรับกรณีที่ปลายเสาเข็มวางอยู่ในชั้นทราย ค่าตัวประกอบความสามารถในการรับแรงแบกทานที่อยู่ในรูปของ N_q จะใช้ตามรูปที่ 2.21 ที่เสนอโดย Berezontzev(McCarthy,1982) โดยค่า ϕ ของดินสามารถที่จะหาได้จากค่า N จากการทดสอบ SPT ซึ่งจะใช้กราฟความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปที่ 2.15 โดยความสัมพันธ์นี้เสนอโดย Peck Hansen และ Thornburn(1974) ส่วนการหาค่าแรงดันของน้ำหนักดินด้านบนก็ยังจะใช้ค่าที่เป็นค่าจริงที่แปรผันตามความลึกและอยู่ในรูปความเค้นประสิทธิผล