

ขั้นตอนวิธีการดำเนินการและผลการวิจัย

4.1 ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาและการวิจัยมีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

4.1.1 รวบรวมข้อมูลผลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มตอก โดยวิธีสถิติศาสตร์ และพลศาสตร์ และผลการเจาะสำรวจชั้นดิน ในชั้นดินกรุงเทพ และจ.ระยอง รายละเอียดของข้อมูลมีดังนี้

4.1.1.1 ข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีสถิติศาสตร์ ข้อมูลนี้ได้มาจากทดสอบโดยการขึ้นน้ำหนักแบบคงน้ำหนัก (Maintained load) ทดสอบน้ำหนักพิบัติ หรือทดสอบถึงน้ำหนักบรรทุกประมาณ 2-3 เท่า ของน้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบไว้ และคาดคะเนน้ำหนักบรรทุกสูงสุดด้วยวิธีของ Mazurkiewicz (1972)

4.1.1.2 ข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลที่วัดจาก Pile driving analyzer และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CAPWAPC (Case Pile Wave Analysis Program - Continuous version) ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วย Pile mobilized ultimate static bearing capacity (CAPWAPC Capacity) , Simulated load - settlement curve และคาดคะเนน้ำหนักบรรทุกสูงสุดด้วยวิธีหา Mazurkiewicz (1972) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นผลการทดสอบที่เวลาขณะทำการตอกเสาเข็ม (initial test) และที่เวลาหลังจากปล่อยเสาเข็มทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่ง (restrike test)

4.1.1.3 ข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะชั้นดิน (Soil description) ปริมาณความชื้นธรรมชาติ (Natural water content) ค่าขีดจำกัดเหลว (Limit limit) ค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic limit) และค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน (SPT - N value) เป็นต้น

4.1.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างผลทดสอบรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีแบบพลศาสตร์ กับแบบสถิติศาสตร์ โดยวิธีของ Mazurkiewicz (1972) ทั้งคู่ และหาความสัมพันธ์ระหว่างผลทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ โดยใช้ CAPWAPC Capacity กับด้วยวิธีสถิติศาสตร์ โดย Mazurkiewicz (1972) ทั้งแบบไม่แยกโครงการ และ แบบแยกโครงการ แยกขนาดเสาเข็ม และชนิดของดินที่ปลายเสาเข็ม

4.1.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของค่าการรับน้ำหนักของเสาเข็มเมื่อทดสอบด้วยวิธีแบบพลศาสตร์ กับเวลา ซึ่งพิจารณาในรูปอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลง CAPWAPC Capacity ขณะ restrike test ต่อ initial test

4.1.4 เปรียบเทียบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน โดยพิจารณาในรูปอัตราส่วนของ แรงเสียดทานที่ผิว แรงต้านที่ปลายเสาเข็ม และน้ำหนักสูงสุด ที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ ต่อค่าดังกล่าวที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน โดยใช้ข้อมูลจากการเจาะสำรวจชั้นดิน บริเวณหลุมเจาะที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งของเสาเข็มที่พิจารณา

4.1.5 หาข้อสรุปในการใส่ parameter ในการวิเคราะห์การรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดย CAPWAPC ด้วยแนวคิดที่ว่า หลังจากตอกเสาเข็มแล้วปล่อยให้ไว้ระยะหนึ่ง ผลการรบกวนดินเนื่องจากการตอกเสาเข็มจะลดลง และมีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็ม จึงใช้วิธีของ soil mechanics ประเมินค่าแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มโดยใช้ข้อมูลจากการเจาะสำรวจดิน และใช้ค่า CAPWAPC Capacity เป็นไปตามผลการวิเคราะห์ใน report จากนั้นใส่ dynamic parameters ที่จำเป็นคือ Quake และ Damping factor ตามที่ได้มีการแนะนำ โดยสำหรับ Damping factor ได้พิจารณาแยกเป็น Cohesive soil หรือ Noncohesive soil จากนั้นทำการ trial จนกว่าสัญญาณที่วัดได้กับที่คำนวณได้จะเข้าใกล้กันมากจนเป็นที่ยอมรับได้

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มตอก โดยวิธีพลศาสตร์ กับสถิตศาสตร์

การวิจัยนี้ได้รวบรวมผลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ และสถิตศาสตร์ ซึ่งเป็นผลการทดสอบหลังจากได้ตอกเสาเข็มเสร็จสิ้นและปล่อยให้ดินมี waiting periods ไม่น้อยกว่า 10 วัน ในดินกรุงเทพฯ และไม่น้อยกว่า 4 วัน สำหรับดิน ธรรมดา โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ ได้แยกพิจารณาเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ กับแบบสถิตศาสตร์ ที่ใช้ Mazurkiewicz (1972) ในการหาค่าน้ำหนักสูงสุดทั้งคู่ กับโดยใช้วิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ ที่ใช้ค่า Pile mobilize static ultimate load หรือ CAPWAPC Capacity โดยตรง เปรียบเทียบกับวิธีทดสอบแบบสถิตศาสตร์ ที่ใช้ Mazurkiewicz (1972) หาค่าน้ำหนักสูงสุด ได้แสดงความสัมพันธ์ ดังกล่าว ด้วยสมการเส้นถดถอยแบบเส้นตรง เนื่องจากข้อมูลสามารถ fit curve ได้เป็นอย่างดี

$$Y = C X$$

เมื่อ	Y	=	น้ำหนักสูงสุดจากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (ตัน)
	X	=	น้ำหนักสูงสุดจากการทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (ตัน)
	C	=	Correction factor

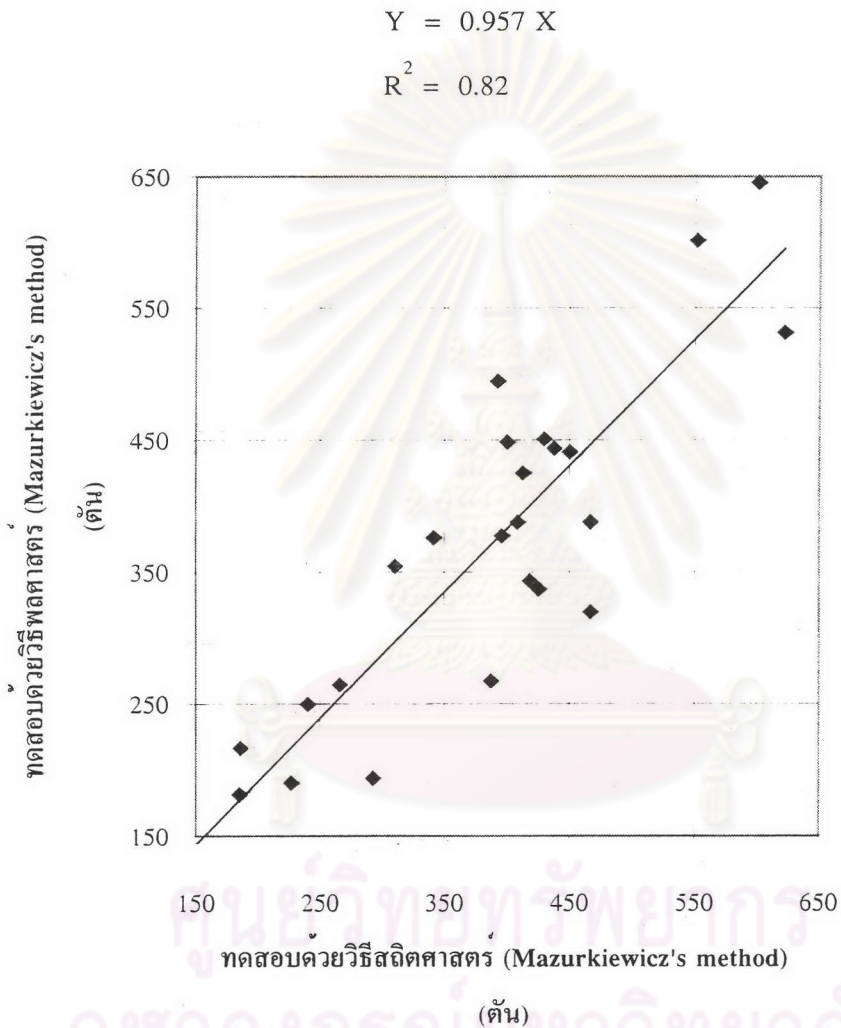
4.2.1 ความสัมพันธ์ในดินกรุงเทพ

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ในดินกรุงเทพ แบบไม่แยกโครงการ

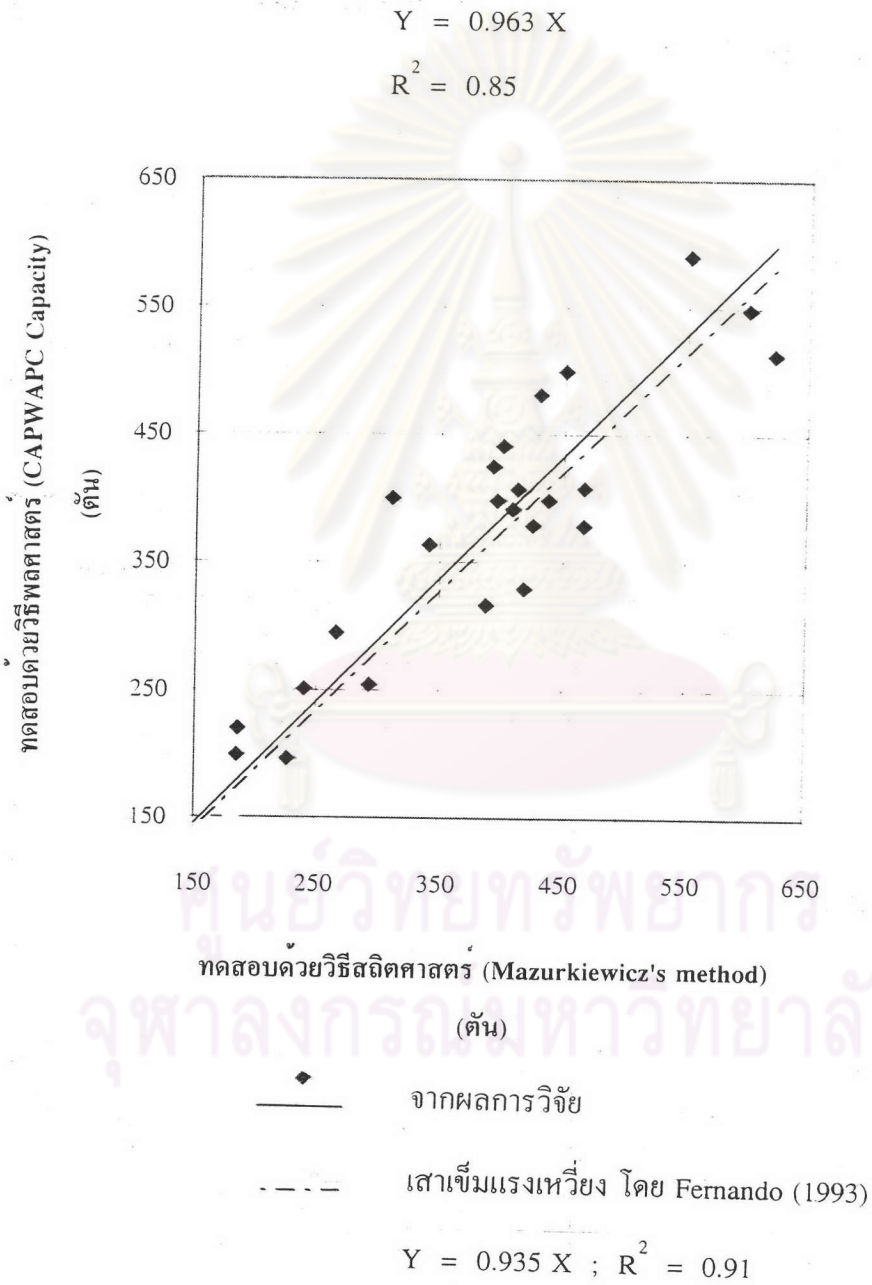
ความสัมพันธ์	Correction factor	R ²	จำนวนข้อมูล (จุด)
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz) กับ ทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	0.957	0.82	24
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) กับทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	0.963	0.85	24

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ในชั้นดินกรุงเทพ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ แบบไม่แยกโครงการ ค่า Coefficient of determination (R²) มีค่ามากกว่า 0.80 ทั้งสิ้น นั่นคือ คุณสมบัติของเส้นถดถอย (Regression line) ที่หาได้ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ และแบบสถิตศาสตร์ ได้ดี และให้ค่าจากการทดสอบด้วยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีทดสอบแบบสถิตศาสตร์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธีแบบพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) และแบบสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz) จากการวิจัยนี้ กับความสัมพันธ์ของ Fernando (1993) ที่ได้พิจารณาเสาเข็มแรงเหวี่ยง (spun pile) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 - 0.80 ม. ความยาว 24.8 - 42.0 ม. จำนวน 6 ต้น ในชั้นดินกรุงเทพ พบว่า ความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิจัยนี้ ใกล้เคียงกันมาก โดยมีความชันมากกว่าความชันของความสัมพันธ์ของ Fernando (1993) ส่วนค่า coefficient of determination (R²) จะต่ำกว่า R² ของกรณีดังกล่าวเล็กน้อย ซึ่งจำนวนข้อมูลที่พิจารณานั้นก็แตกต่างกัน ความสัมพันธ์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และ 4.2

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ในชั้นดินกรุงเทพ



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAP Capacity) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ในชั้นดินกรุงเทพ



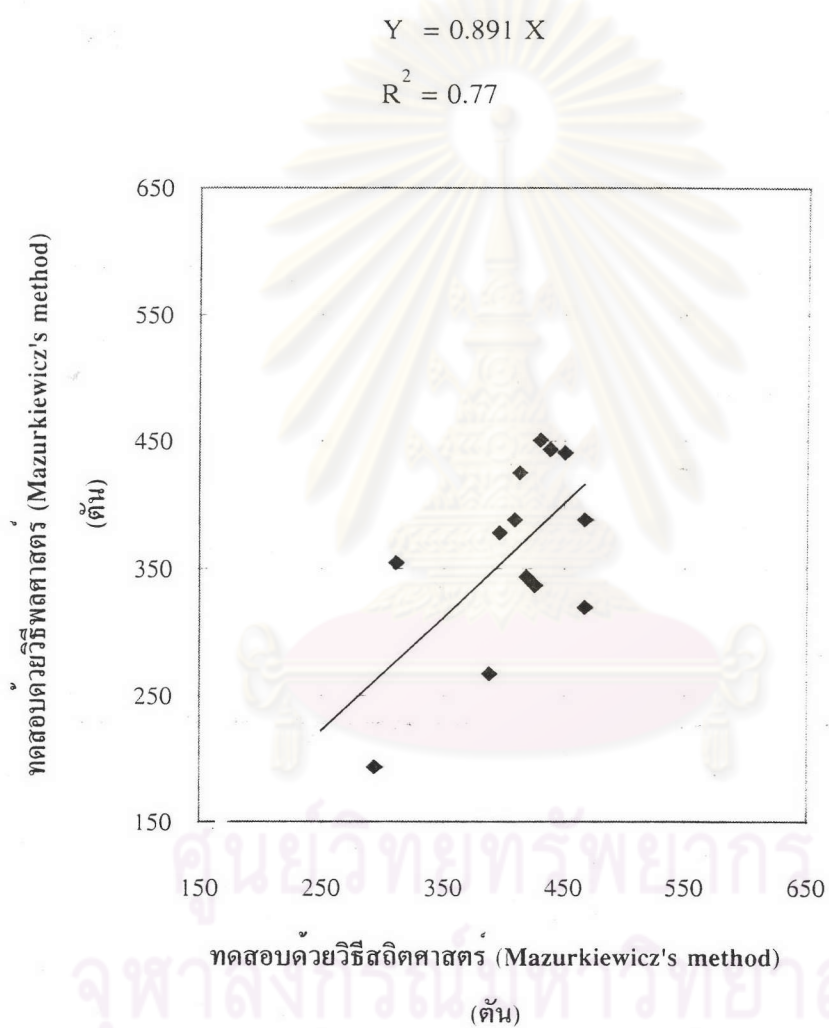
แต่เมื่อแยกโครงการ จำแนกข้อมูลตามขนาดเสาเข็ม และชนิดของดินที่ปลายเสาเข็ม ดังตารางที่ 4.2 จะเห็นว่า โครงการทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์ ซึ่งเป็นเสาเข็มแรงเหวี่ยง SP.0.60 ม. นั้น ค่า R^2 เท่ากับ 0.75 และ 0.77 ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก แบบจำลองของเสาเข็มแรงเหวี่ยงนั้น มีความแตกต่างจากเสาเข็มตอกหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน เพราะพฤติกรรมที่มีดินอุดอยู่ (plug) ในแกนกลางเสาเข็ม มีผลต่อการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ทั้งสองวิธี อีกทั้งการสะท้อนของคลื่นในเสาเข็มชนิดนี้ จะมีความซับซ้อนกว่าเสาเข็มชนิดอื่นทั่วไป (Fernando , 1993) โดยเฉพาะในกรณีที่มีการต่อเสาเข็ม หรือมี defect บางประการในเสาเข็ม จึงอาจเป็นเหตุให้ค่า R^2 ไม่สูงนัก ดังนั้น เส้นถดถอยนี้สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ของการทดสอบทั้งสองวิธีได้พอใช้ โดยค่าการรับน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีแบบพลศาสตร์ จะต่ำกว่าค่าจากการทดสอบด้วยวิธีแบบสถิตศาสตร์ และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) และแบบสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz) จากการวิจัยนี้ กับ ความสัมพันธ์ของ Fernando (1993) ซึ่งได้พิจารณาเสาเข็มแรงเหวี่ยง (spun pile) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 - 0.80 ม. ความยาว 24.8 - 42.0 ม. จำนวน 6 ต้น ในชั้นดินกรุงเทพฯ พบว่า จะได้เส้นแสดงความสัมพันธ์เกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 แต่ค่า R^2 ของ Fernando (1993) นั้นดีกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะจำนวนข้อมูลที่พิจารณาแตกต่างกันนั่นเอง

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ในดินกรุงเทพฯ โครงการทางด่วน สายรามอินทรา - อาจณรงค์
ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายกรุงเทพฯชั้นแรก

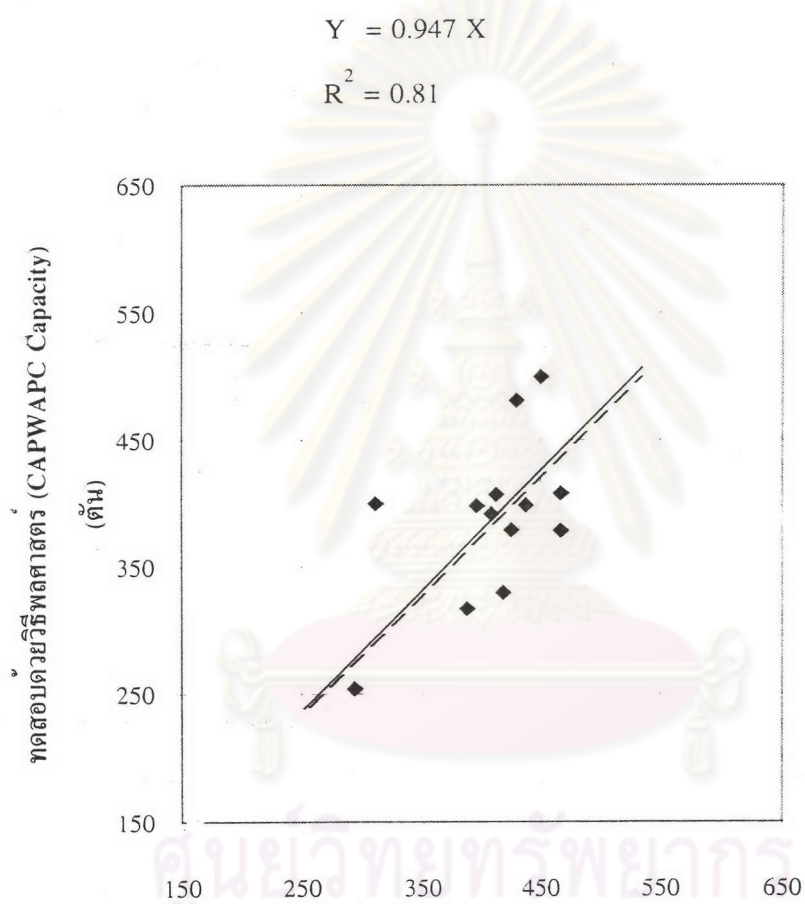
ความสัมพันธ์	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	Correction factor	R^2	จำนวน ข้อมูล (จุด)
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz) กับ ทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	SP.0.60	0.891	0.77	13
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) กับทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	SP.0.60	0.947	0.81	13

นอกจากนี้ ยังพบว่า ความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ กับ สถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) นั้น ค่าน้ำหนักสูงสุดของการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ เมื่อใช้ CAPWAPC Capacity จะให้ค่า R^2 ที่ดีกว่า เมื่อใช้ Mazurkiewicz's method อย่างไรก็ดี ค่า R^2 ดังกล่าว ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายกรุงเทพชั้นแรก โครงการก่อสร้างทางด่วน สายรามอินทรา - อางณรงค์ กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายกรุงเทพชั้นแรก โครงการก่อสร้างทางด่วน สายรามอินทรา - อารณรังค์ กรุงเทพมหานคร



ทดสอบด้วยวิธีสถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method)
(ตัน)

◆ จากผลการวิจัย

--- เสาเข็มแรงเหวี่ยง โดย Fernando (1993)

$$Y = 0.935 X ; R^2 = 0.91$$

4.2.2 ความสัมพันธ์ในดิน จ.ระยอง

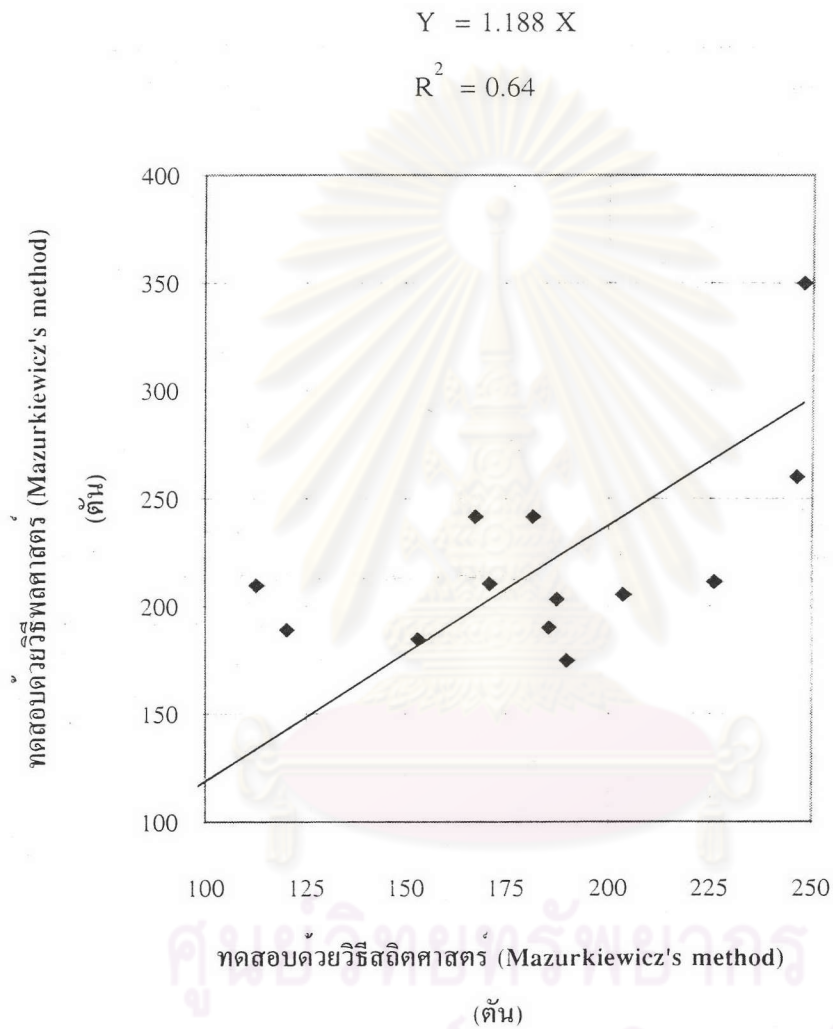
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ในดินจ.ระยอง แบบไม่แยกโครงการ

ความสัมพันธ์	Correction factor	R ²	จำนวนข้อมูล (จุด)
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz) กับ ทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	1.188	0.64	13
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) กับทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	1.172	0.68	13

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า ในชั้นดิน จ.ระยอง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์แบบไม่แยกโครงการ และปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าการรับน้ำหนักของเสาเข็มเมื่อทดสอบด้วยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ จะสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีแบบสถิตศาสตร์ และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.64 และ 0.68 สำหรับการเปรียบเทียบทั้งสองแบบ ซึ่งหมายถึง เส้นถดถอยนี้ สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว ได้น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจาก การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีแบบสถิตศาสตร์ในชั้นดินจ.ระยอง ซึ่งมีลักษณะเป็นทรายปนดินเหนียว และชั้นดินไม่ uniform นั้น การขี้นน้ำหนักอยู่ในช่วง elastic ประมาณ 2 - 3 เท่าของน้ำหนักที่ได้ ออกแบบไว้ มีลักษณะเป็น proof test มิได้ทำการทดสอบจนถึงน้ำหนักวิกฤติ (Ultimate load) จึงทำให้เมื่อหาน้ำหนักสูงสุดโดยวิธีของ Marzurkiewicz ผลที่ได้ค่อนข้างแปรปรวน ความสัมพันธ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5 และ 4.6

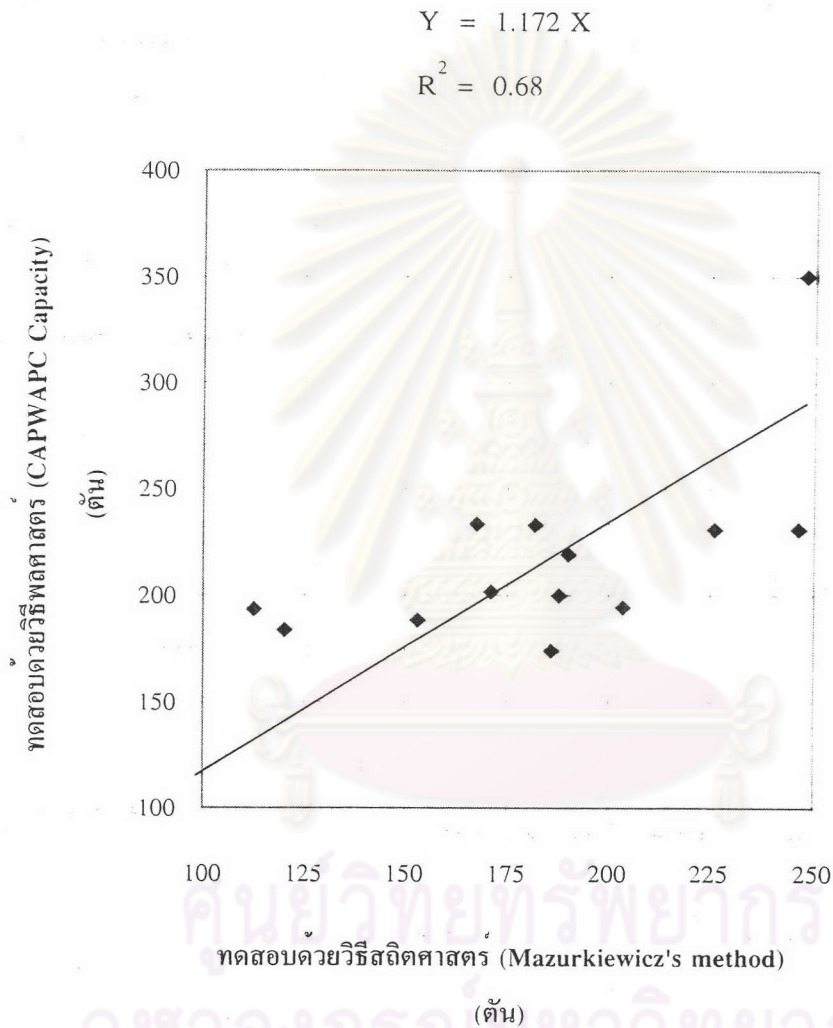
เมื่อพิจารณาแบบแยกโครงการ ดังตารางที่ 4.4 ได้พิจารณาแต่เฉพาะข้อมูลของโครงการ โรงปุ๋ยแห่งชาติ โดยจำแนกตามขนาดเสาเข็ม ส่วนโครงการ Thai Caprolactum และ Thai Rayong Refinery vol.2/2 นั้น ข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงไม่นำมาพิจารณา ซึ่งพบว่า ค่า R² มีค่ามากกว่า 0.80 ทั้งสิ้น นั่นคือ สามารถใช้เส้นถดถอยนี้อธิบายความสัมพันธ์ได้ดี และจะให้ค่าการรับน้ำหนักของเสาเข็มเมื่อทดสอบด้วยวิธีแบบพลศาสตร์ สูงกว่าวิธีทดสอบแบบสถิตศาสตร์มาก โดยเฉพาะสำหรับเสาเข็ม SQ.0.35 ม. ทั้งนี้เนื่องจาก การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีแบบสถิตศาสตร์ มิได้ทำการทดสอบจนถึงน้ำหนักวิกฤติ (Ultimate load) จึงทำให้เมื่อหาน้ำหนักสูงสุด โดยวิธีของ Marzurkiewicz ค่อนข้างแปรปรวน ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว อีกทั้ง ความแตกต่างของ waiting periods ที่ทำการทดสอบด้วยวิธีทดสอบแบบ

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ในชั้นดินจังหวัดระยอง



คู่มือวิชาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ในชั้นดินจังหวัดระยอง



พลศาสตร์ และแบบสถิตศาสตร์ หลังจากตอกเสาเข็มเสร็จ ล้วนมีผลต่อความสัมพันธ์ดังกล่าว ความสัมพันธ์ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ในดิน จ.ระยอง โครงการโรงพยาบาลแห่งชาติ ต.มาบตาพุด อ.เมือง ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand (Completely decomposed granite)

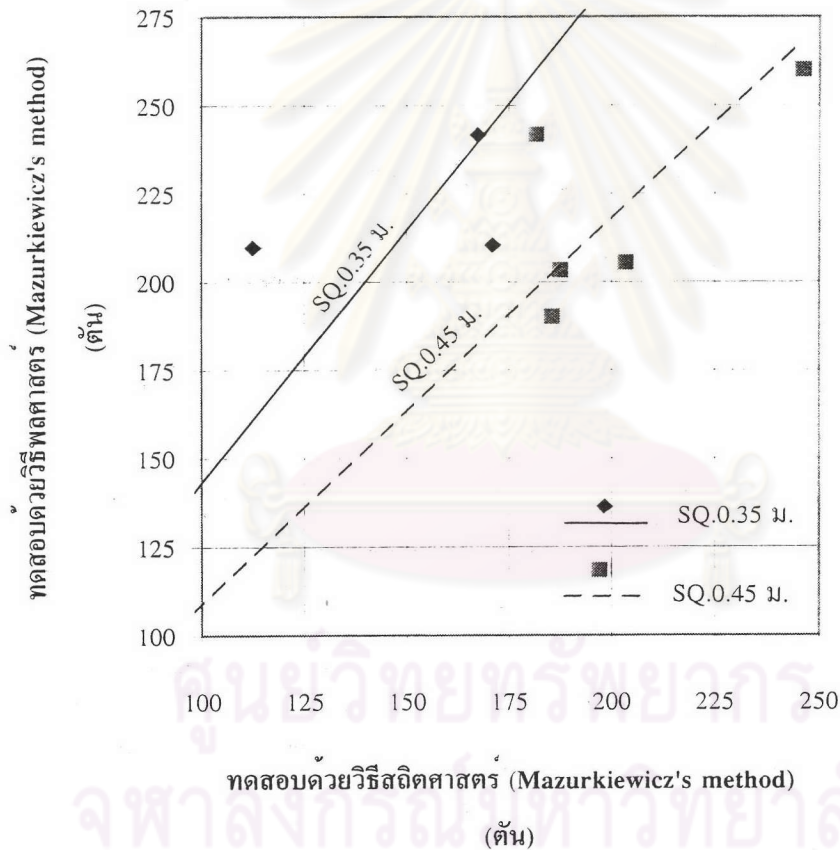
ความสัมพันธ์	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	Correction factor	R ²	จำนวน ข้อมูล (จุด)
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz) กับ ทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	SQ.0.35	1.431	0.90	3
ทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	SQ.0.45	1.090	0.95	5
ทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) กับทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	SQ.0.35	1.364	0.92	3
ทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz)	SQ.0.45	1.019	0.92	5

และโดยทั่วไป พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็ม จากการทดสอบด้วยวิธีแบบพลศาสตร์โดยใช้ CAPWAPC Capacity กับแบบสถิตศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) จะให้ค่า R² สูงกว่า ความสัมพันธ์เมื่อใช้ Mazurkiewicz's method ในการหาค่าน้ำหนักสูงสุดทั้งคู่ ยกเว้นสำหรับเสาเข็ม SQ.0.45 ม.เท่านั้นที่เป็นไปในทางตรงกันข้าม ซึ่ง Load - deformation curve ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีแบบพลศาสตร์นั้น เป็นการกระทำโดยคิดว่า มีการเพิ่มน้ำหนักกระทำที่หัวเสาเข็มเป็นชั้น และโปรแกรมจะคำนวณผลของการจมของส่วนของเสาเข็ม และนำไปสู่ค่า static soil resistance จากการวิเคราะห์ดังกล่าว จึงได้ simulated load - deformation curve ผลจากการวิเคราะห์จึงอาจแตกต่างไปจากลักษณะของ load - deformation curve ที่เกิดจากการขึ้นน้ำหนักจริงในการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีแบบสถิตศาสตร์ แต่เนื่องจากการหาค่าน้ำหนักสูงสุดโดยวิธีของ Mazurkiewicz นั้น ได้พิจารณาในช่วงที่เส้นกราฟมีการเปลี่ยนความชันใกล้เคียงจุด yield แล้ว ดังนั้น ค่า R² ของความสัมพันธ์เมื่อใช้ CAPWAPC Capacity กับ Mazurkiewicz's method ในการหาค่าน้ำหนักสูงสุดของการทดสอบด้วยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักสูงสุดของ Mazurkiewicz จากการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีแบบสถิตศาสตร์ จึงไม่ต่างกันมากนัก

รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand (Completely decomposed granite) โครงการก่อสร้างโรงพยาบาลแห่งชาติ ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ. ระยอง

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาด SQ.0.35 ม. $Y = 1.431 X ; R^2 = 0.90$

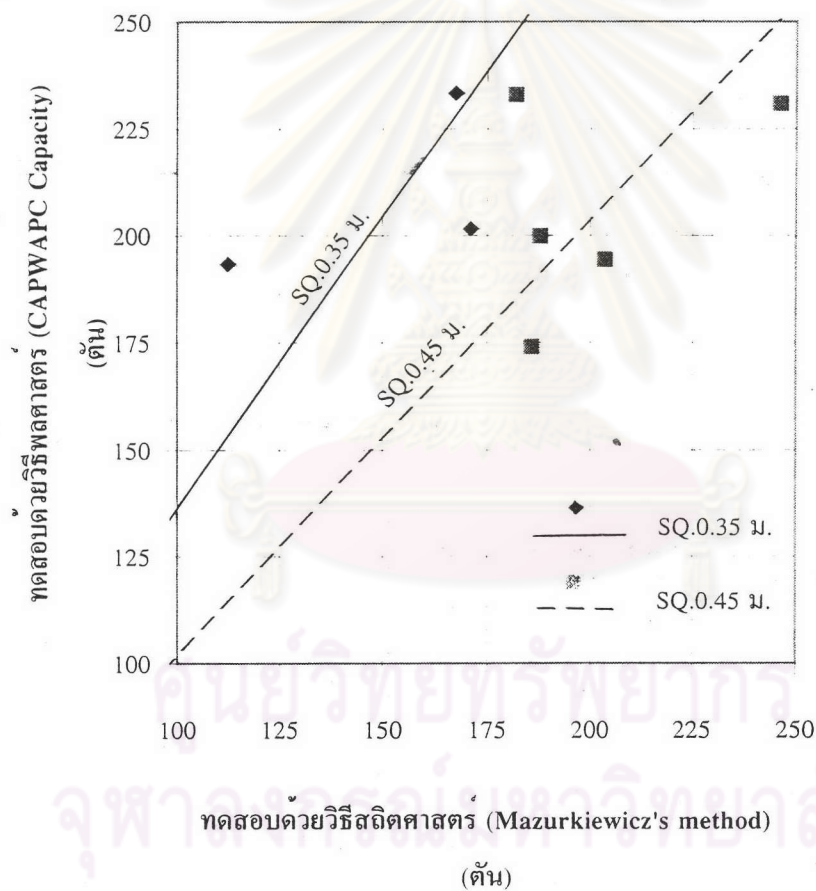
เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาด SQ.0.45 ม. $Y = 1.090 X ; R^2 = 0.95$



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ (CAPWAPC Capacity) และ สถิติศาสตร์ (Mazurkiewicz's method) ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand (Completely decomposed granite) โครงการก่อสร้างโรงพยาบาลแห่งชาติ ต. มาบตาพุด อ.เมือง จ. ระยอง

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาด SQ.0.35 ม. $Y = 1.364 X ; R^2 = 0.92$

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาด SQ.0.45 ม. $Y = 1.019 X ; R^2 = 0.92$



ในการหาความสัมพันธ์ของการทดสอบการรับน้ำหนักด้วยวิธีแบบพลศาสตร์ และแบบสถิตศาสตร์นั้น ควรกระทำภายใต้เงื่อนไขที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เช่น ช่วงเวลาทดสอบที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของดินอันเนื่องมาจากผลของการตอกเสาเข็มได้ลดน้อยลง และด้วย failure criteria อันเดียวกัน เป็นต้น โดยวิธีแบบพลศาสตร์ การทดสอบควรใส่พลังงานมากพอที่จะทำให้เสาเข็มเกิดการเคลื่อนตัวจน mobilize load ได้เต็มที่ และวิธีแบบสถิตศาสตร์ควรทดสอบจนถึงน้ำหนักวิกฤติ เพื่อหลีกเลี่ยงความแปรปรวนของข้อมูล ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยวิธีทดสอบแบบพลศาสตร์ กับเวลา

เนื่องจาก การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ ขณะการตอกเสาเข็มครั้งสุดท้าย (initial test) นั้น เป็นค่าที่ได้ขณะที่ดินรอบเสาเข็มอยู่ในสภาพที่ถูกรบกวน จากผลของการตอก ซึ่งหลังจากที่ปล่อยเสาเข็มทิ้งไว้ จนผลกระทบบดงกล่าวได้ลดน้อยลงกับเวลาแล้ว ค่าการรับน้ำหนักดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น จึงได้ทำการวิจัย โดยรวบรวมผลการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยวิธีแบบพลศาสตร์ ที่เวลาขณะตอกเสาเข็มเสร็จ (initial test) กับหลังจากปล่อยให้ดินมี waiting periods ระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงทำการทดสอบอีกครั้ง (restrike test) ในเสาเข็มต้นเดียวกัน โดยพิจารณาในรูปของอัตราส่วนของ CAPWAPC Capacity เมื่อ restrike test ต่อ initial test เทียบกับเวลา และแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยสมการเส้นถดถอยแบบลอกการิทึม เนื่องจากสามารถแสดงแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้ดี ซึ่งได้แยกพิจารณาตามขนาดของเสาเข็ม และชนิดของดินที่ปลายเสาเข็ม ในแต่ละโครงการ

$$Y = a \ln(X) + b$$

เมื่อ $Y =$ อัตราส่วนของ CAPWAPC Capacity
เมื่อ restrike test ต่อ initial test

$$X = \text{Waiting periods (วัน)}$$

$$a, b = \text{ค่าคงที่}$$

4.3.1 ความสัมพันธ์ในดินกรุงเทพฯ

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนักของเสาเข็มเมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลา ในดินกรุงเทพฯ

โครงการ	ชนิดดินปลายเสาเข็ม	ขนาดเสาเข็ม (เมตร)	a	b	R^2	ช่วงเวลา (วัน)	จำนวนข้อมูล (จุด)
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนรวมวงน้อย	ดินเหนียวแข็ง	SQ.0.40	+1.25	-2.98	0.95	35-63	4
		SQ.0.45	+0.45	+0.06	0.78	42-80	4
ทางด่วนสายรามอินทรา - อจธรรมค์	ทรายชั้นแรก	SP.0.60	+0.32	+0.81	0.52	8-29	12

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลง การรับน้ำหนักของเสาเข็ม กับเวลา ของเสาเข็มโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนรวมวงน้อย ซึ่งปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งกรุงเทพฯ นั้น เสาเข็มขนาด SQ.0.40 ม. ให้ค่า R^2 ดีที่สุด ส่วนเสาเข็มขนาด SQ.0.45 ม. ได้ค่า R^2 พอใช้ ซึ่งจากความสัมพันธ์ของเส้นถดถอยที่แสดงไว้นั้น สามารถอธิบายได้ว่า หลังจากที่ตอกเสาเข็มเสร็จ และทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง จึงทำการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มอีกครั้ง (restrike test) พบว่า อัตราส่วนการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ restrike test ต่อ initial test นั้น จะเพิ่มขึ้นกับเวลา ส่วนหนึ่งอาจเนื่องจากผลของการจัดเรียงตัวใหม่ของโครงสร้างเม็ดดินและการลดลงของแรงดันน้ำในโพรงดิน (excess pore pressure) จากขบวนการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation process) จึงทำให้กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเพิ่มขึ้นกับเวลา ส่วนความเร็วและปริมาณการเพิ่มขึ้นของการรับน้ำหนักดังกล่าวนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งจากการวิจัยนี้จะเห็นว่า สำหรับเสาเข็มที่มีขนาดเล็กกว่า อัตราส่วนของการเพิ่มขึ้นของการรับน้ำหนักจะเกิดขึ้นเร็วกว่าเสาเข็มซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า เมื่อพิจารณาที่ช่วงเวลาเดียวกัน และภายใต้เงื่อนไขของชั้นดินชนิดเดียวกัน เนื่องจากผลจากการตอกเสาเข็มขนาดเล็กกว่า จะรบกวนดินโดยรอบเสาเข็มน้อยกว่า ทำให้การปรับสภาพของดินต่อผลการรบกวนนั้น เกิดขึ้นได้เร็วกว่าเสาเข็มที่มีขนาดใหญ่ อีกทั้งขบวนการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation process) ของเสาเข็มขนาดใหญ่ จะใช้เวลานานกว่าเสาเข็ม

ขนาดเล็ก ส่วนปริมาณการเพิ่มขึ้นของการรับน้ำหนักนั้น ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของชั้นดินนั้นๆ เส้นแนวโน้มของข้อมูลได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.9 และ 4.10

ส่วนโครงการทางด่วน สายรามอินทรา-อาจณรงค์ ซึ่งเป็น SP.0.60 ม. ปลายเสาเข็ม อยู่ในชั้นทรายกรุงเทพชั้นแรกนั้น เส้นถดถอยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอัตราการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนักของเสาเข็มกับเวลา ได้น้อยมาก เนื่องจากข้อมูลค่อนข้างกระจัดกระจาย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นไปในทางเพิ่มขึ้นกับเวลา ในช่วงเวลาของข้อมูลที่ทดสอบ ส่วนหนึ่งอาจเนื่องจากผลของการจัดเรียงตัวใหม่ของโครงสร้างเม็ดดิน และการลดลงของแรงดันน้ำในโพรงดิน (excess pore pressure) จากขบวนการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation process) อันเป็นพฤติกรรมของเสาเข็มที่ตอกในดินเหนียว และเนื่องจากชนิดของชั้นดินที่ปลายเสาเข็มเป็นชั้นทรายที่มีดินเม็ดละเอียดผสมอยู่ จึงทำให้ออกจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ในการรับน้ำหนักดังที่กล่าวมาแล้ว ยังพบว่า แม้ขนาดเสาเข็มของโครงการนี้จะใหญ่กว่าเสาเข็มในโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย แต่การเพิ่มขึ้นของการรับน้ำหนักของเสาเข็มนั้น จะใช้เวลาน้อยกว่าเสาเข็มที่ปลายวางอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งในโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการ dissipate ความดันน้ำในโพรงดิน(excess pore pressure)สำหรับชั้นทรายปนดินเม็ดละเอียดนั้น จะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าชั้นดินเหนียว ส่วนปริมาณการเพิ่มขึ้นของการรับน้ำหนักจะขึ้นกับชนิดของดินแต่ละชั้น เส้นแนวโน้มดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.11

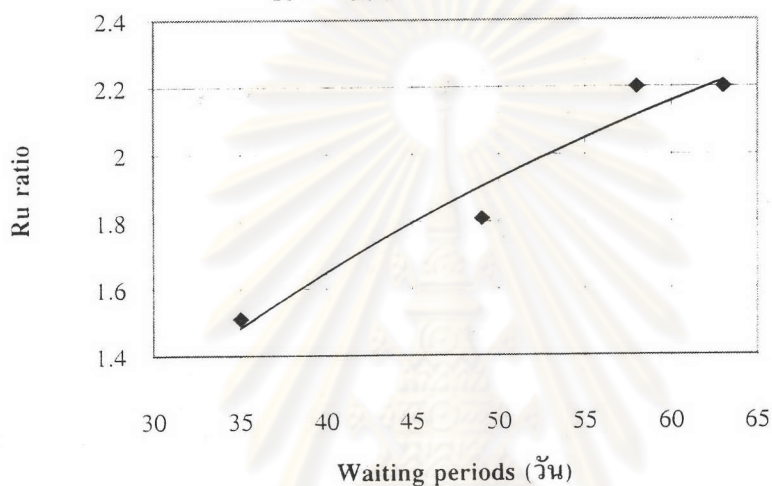
4.3.2 ความสัมพันธ์ในดิน จ.ระยอง

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.6 จะเห็นว่า สำหรับโครงการ Siam Styrene Monomer เสาเข็มขนาด SQ.0.40 ม. ซึ่งปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand ค่า R^2 ค่อนข้างต่ำ จึงใช้อธิบายความสัมพันธ์ของเส้นถดถอยได้น้อยมาก ด้วยข้อมูลค่อนข้างกระจัดกระจาย ซึ่งเส้นถดถอยนี้ได้แสดงว่า อัตราส่วนของการรับน้ำหนักของเสาเข็ม มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้นกับเวลา ในช่วงเวลาที่ทดสอบ เนื่องจากการตอกเสาเข็มในชั้นทรายที่มีดินเม็ดละเอียดปนอยู่ประมาณ 32 - 42 % อีกทั้งดินที่อยู่รอบเสาเข็มแต่ละต้น อาจมีเปอร์เซ็นต์ของดินเม็ดละเอียดที่แตกต่างกัน จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำในโพรงดินแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการวิจัยนี้พบว่าผลจากการตอกเสาเข็ม ส่วนหนึ่งจะทำให้แรงดันน้ำในโพรงดิน (excess pore pressure) เพิ่มขึ้น มีผลให้กำลังรับแรงเฉือน (shear strength) ลดลง และเมื่อเวลาผ่านไป แรงดันน้ำในโพรงดิน (excess pore

รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนัก ของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง SQ. 0.40 ม. เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลาปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งกรุงเทพ โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา

$$Y = 1.25 \ln(X) - 2.98$$

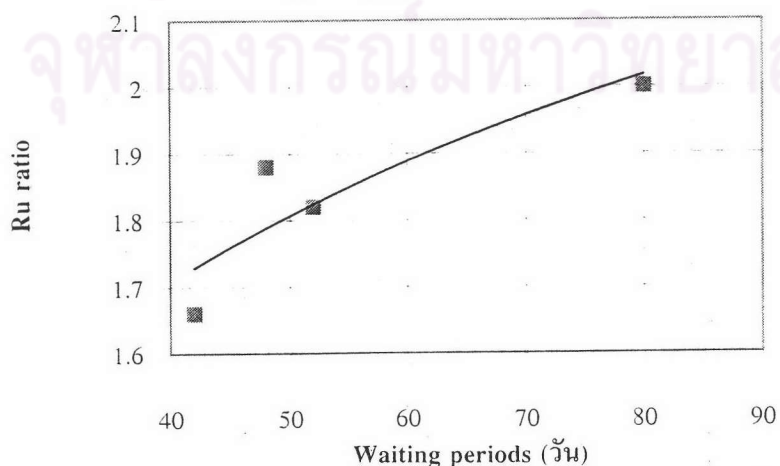
$$R^2 = 0.95$$



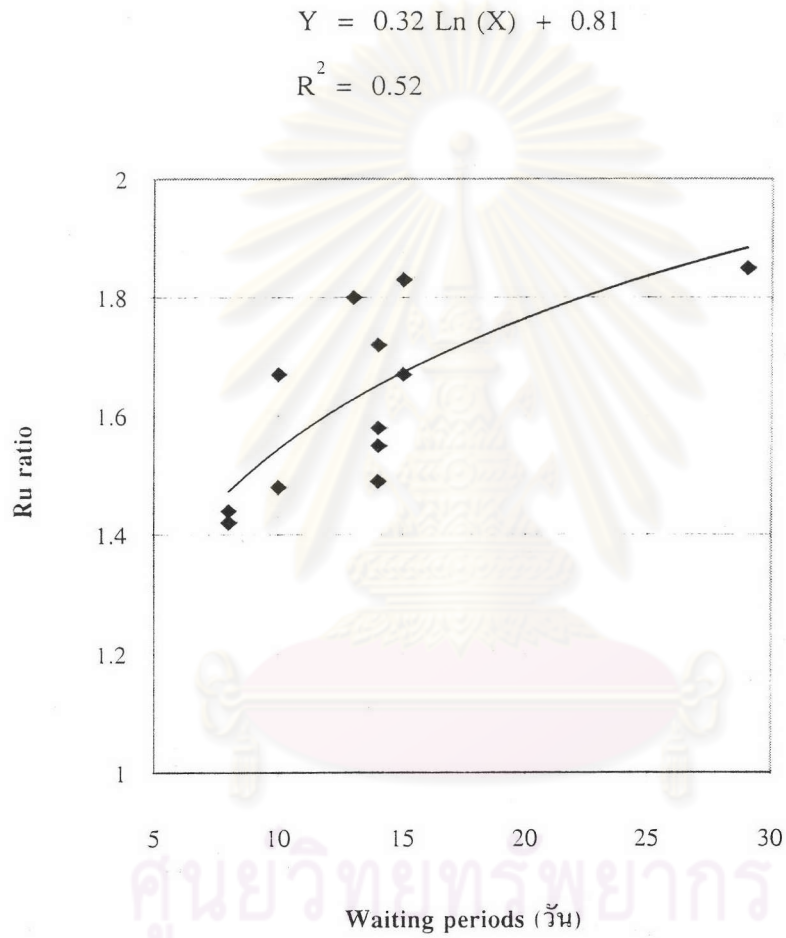
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนัก ของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง SQ. 0.45 ม. เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลาปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งกรุงเทพ โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา

$$Y = 0.45 \ln(X) + 0.06$$

$$R^2 = 0.78$$



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนักของเสาเข็มแรงเหวี่ยงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 ม. เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลา ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายกรุงเทพชั้นแรก โครงการก่อสร้างทางด่วน สายรามอินทรา - อารณรังค์ กรุงเทพมหานคร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

pressure) เริ่มลดลง จึงทำให้อัตราส่วนของกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กับเวลาดังรูปที่ 4.12

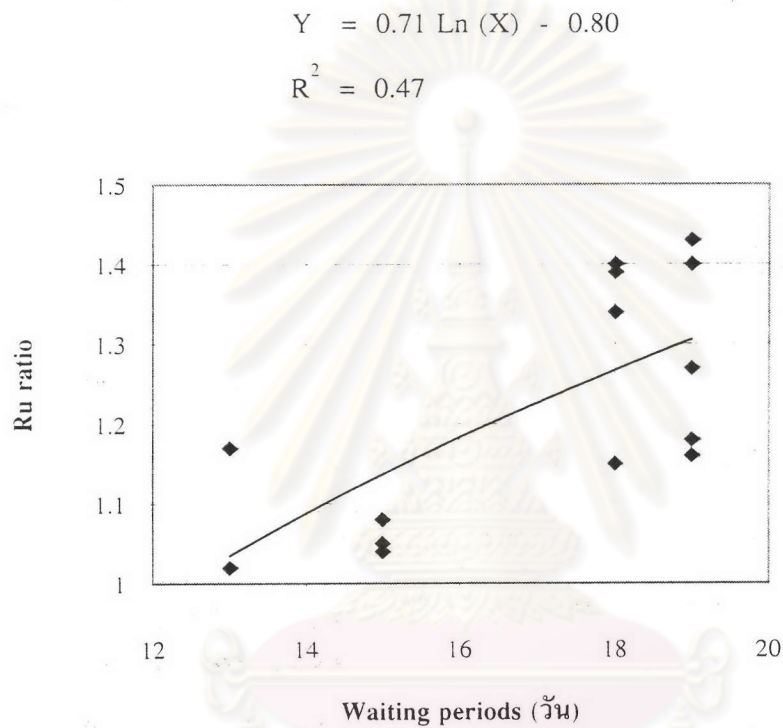
ส่วนโครงการโรงปุ๋ยแห่งชาติ ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น Completely decomposed granite พบว่า R^2 ของเสาเข็มขนาด SQ.0.45 ม. ดีกว่าเสาเข็มขนาด SQ.0.35 ม. กล่าวคือ เส้นถดถอยของเสาเข็ม SQ.0.45 ม. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนักของเสาเข็มกับเวลาได้ดีกว่าเส้นถดถอยของเสาเข็ม SQ.0.35 ม. ซึ่งลักษณะของเส้นถดถอยไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราส่วนการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ restrike test ต่อ initial test มีค่าลดลงกับเวลา ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 ทั้งนี้ อาจเนื่องจาก Completely decomposed granite นั้น เป็น residual soil ที่ยังรักษาโครงสร้างของหินให้เห็น ผลจากการตอกเสาเข็มส่วนหนึ่งจึงอาจทำให้แรงดันน้ำในโพรงดินลดลง (negative excess pore pressure) ในช่วงระยะเวลาแรก ดังนั้น ค่าอัตราส่วนของการรับน้ำหนักของเสาเข็มช่วงเวลาแรกจึงสูงกว่า เมื่อเวลาผ่านไป เพราะดินได้มีการปรับตัว และ pore pressure เพิ่มขึ้น เพื่อกลับสู่สภาพก่อนตอก โดยเสาเข็ม ขนาด SQ.0.35 ม. จะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนดังกล่าว เกิดขึ้นเร็วกว่าเสาเข็มขนาด SQ.0.45 ม. ในช่วงเวลาที่พิจารณา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ขนาดของเสาเข็ม มีผลต่อความเร็วในการเปลี่ยนแปลงกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนักของเสาเข็ม เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลา ในดิน จ.ระยอง

โครงการ	ชนิดดิน ปลายเสาเข็ม	ขนาด เสาเข็ม (เมตร)	a	b	R^2	ช่วง เวลา (วัน)	จำนวน ข้อมูล (จุด)
Siam Styrene Monomer ต.มาบตาพุด อ.เมือง	Clayey sand	SQ.0.40	+0.71	-0.80	0.47	13-19	14
โรงปุ๋ยแห่งชาติ (NFC) ต.มาบตาพุด อ.เมือง	Clayey sand (Completely- decomposed granite)	SQ.0.35	-0.71	+2.91	0.71	7-13	6
		SQ.0.45	-0.50	+2.38	0.79	7-11	7

จากเส้นถดถอยของความสัมพันธ์ดังกล่าว ของโครงการทั้งสอง จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางที่ตรงกันข้าม ในโครงการ Siam Styrene Monomer อัตราส่วนของ

รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนัก ของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง SQ. 0.40 ม. เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลาปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand โครงการก่อสร้าง Siam Styrene Monomer ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ. ระยอง

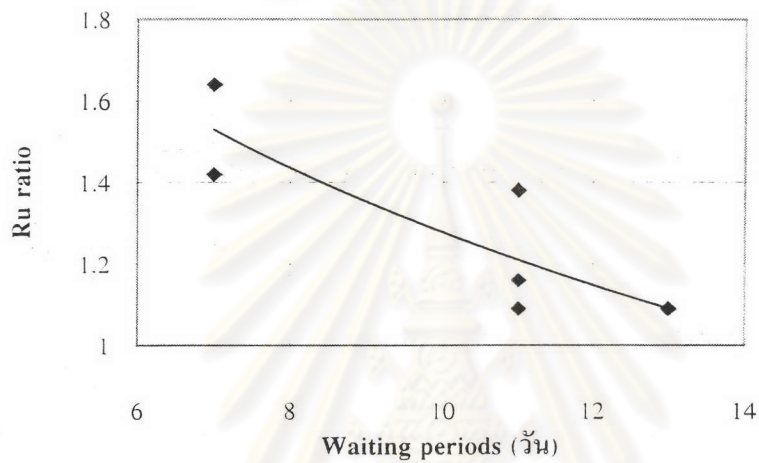


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนัก ของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง SQ. 0.35 ม. เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลาปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand (Completely decomposed granite) โครงการก่อสร้างโรงพยาบาลแห่งชาติ ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง

$$Y = -0.71 \ln(X) + 2.91$$

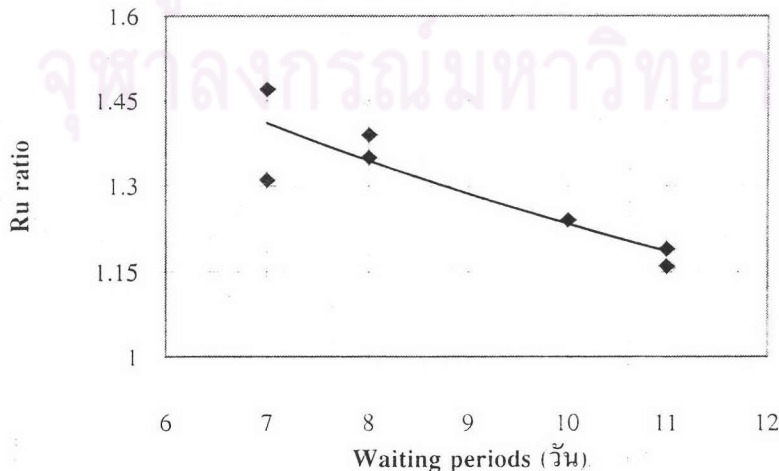
$$R^2 = 0.71$$



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงการรับน้ำหนัก ของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง SQ. 0.45 ม. เมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับเวลาปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand (Completely decomposed granite) โครงการก่อสร้างโรงพยาบาลแห่งชาติ ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง

$$Y = -0.50 \ln(X) + 2.38$$

$$R^2 = 0.79$$



การรับน้ำหนักของเสาเข็มจะเพิ่มขึ้นกับเวลา แต่โครงการโรงปุ๋ยแห่งชาติ อัตราส่วนดังกล่าวลดลงกับเวลาซึ่งอาจเป็นเพราะพฤติกรรมของดินที่ปลายเสาเข็มมีความแตกต่างกัน รวมทั้งช่วงเวลาที่ทำ restrike test ก็ต่างกัน

4.4 เปรียบเทียบการรับน้ำหนักของเสาเข็มเมื่อทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน

เพื่อเป็นการตรวจสอบว่า การที่ได้ค่าน้ำหนักสูงสุด (failure load) เทียบเท่ากันนั้น จะได้แรงเสียดทานที่ผิว (skin friction load) หรือแรงรูดที่ปลายเสาเข็ม (end bearing load) ไกล่เคียงกันหรือไม่ หรือเป็นการ compensation ของ error จึงได้ทำการวิเคราะห์การรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน โดยใช้ข้อมูลจากการเจาะสำรวจชั้นดินบริเวณหลุมเจาะที่ใกล้เคียงกับเสาเข็มต้นที่ทำการพิจารณามากที่สุด เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม (Skin friction) ค่าแรงดันที่ปลายเสาเข็ม (End bearing) และค่าความสามารถในการรับน้ำหนักสูงสุดของเสาเข็ม (Ultimate bearing capacity) กับค่าดังกล่าวจากข้อมูลการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ โดยพิจารณาในรูปอัตราส่วนของข้อมูลจากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ต่อการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน จำแนกตามขนาดเสาเข็มและชนิดของดินที่ปลายเสาเข็ม ในแต่ละโครงการ แต่เนื่องจากข้อมูลจากการเจาะสำรวจชั้นดินที่สามารถรวบรวมได้นั้น ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยค่า SPT (N-value) และชนิดของดิน จึงต้องทำการหาค่ากำลังของดิน (soil strength) ของดินจากความสัมพันธ์ empirical ระหว่างค่า N กับกำลังรับแรงเฉือน ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดินได้ทำดังนี้

4.4.1 สำหรับดินกรุงเทพ

4.4.1.1 ในดินเหนียว พิจารณาในรูปของหน่วยแรงรวม (total stress)

ใช้ค่า SPT (N-value) จากการเจาะสำรวจชั้นดิน หาค่า Undrained shear strength (S_u) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง N กับ S_u ของวีร์นันท์ (2526) สำหรับดินเหนียวแข็ง ส่วนดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวแข็งปานกลาง ได้ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง N กับ S_u ของ Terzaghi และ Peck (1948)

4.4.1.1.1 แรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม ใช้ค่า Adhesion factor (α) ของ Pimpasugdi (1989)

4.4.1.1.2 แรงต้านที่ปลายเสาเข็ม ใช้ค่า N_c เท่ากับ 9

4.4.1.2 ในชั้นทราย พิจารณาในรูปหน่วยแรงประสิทธิผล (effective stress)

จากค่า SPT (N-value) จากการเจาะสำรวจชั้นดิน หาค่าปรับแก้ (C_n) โดยใช้ค่า Effective overburden pressure (σ_v') ของ Kerdsuwan (1984) ซึ่งคำนึงถึงผลกระทบของ deep well pumping จะหาค่า C_n ได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง C_n กับ σ_v' และหาค่า angle of internal friction (ϕ') จากความสัมพันธ์ระหว่าง N' กับ ϕ' ของ Peck, Hansen และ Thornburn (1974)

4.4.1.2.1 แรงเสียดทานที่ผิว ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ' กับ $K_s \tan \delta$ ของ Meyerhof (1976)

4.4.1.2.2 แรงต้านที่ปลายเสาเข็ม ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ' กับ N_q ของ Pimpasugdi (1989)

4.4.2 สำหรับดิน ละเอียด

4.4.2.1 ดินเหนียว พิจารณาในรูปของหน่วยแรงรวม (total stress)

ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง N กับ S_u ของ Terzaghi และ Peck (1948) และใช้ค่า Adhesion factor (α) เช่นเดียวกับดินกรุงเทพฯ ในการคิดแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม ส่วนแรงต้านที่ปลายเข็มไม่มีอยู่ในชั้นดินเหนียว

4.4.2.2 ชั้นทราย พิจารณาในรูปหน่วยแรงประสิทธิผล (effective stress)

จากค่า N หา ϕ' จากความสัมพันธ์ระหว่าง N กับ ϕ' ของนริศ (1993) ซึ่งได้จำกัดค่า ϕ' ไว้ไม่เกิน 38 องศา ซึ่งเป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับผลจากการทำ Direct shear test ของนริศ (1993) แล้วทำการหาความลึกวิกฤติ (critical depth) ของดินแต่ละชั้น โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง Z_c/d กับ ϕ' ของ Meyerhof (1976)

4.4.2.2.1 แรงเสียดทานที่ผิว ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ' กับ $K_s \tan \delta$ ของ Meyerhof (1976)

4.4.2.2.2 แรงต้านที่ปลายเสาเข็ม ใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ' กับ N_q^* และใช้ limiting point resistance ของ Meyerhof (1976)

4.4.3 ผลการวิเคราะห์

4.4.3.1 สำหรับดินกรุงเทพฯ

ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง โครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม วังน้อย ในเสาเข็ม SQ.0.40 ม. และ SQ.0.45 ม. ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ล้วนสูงกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยเฉพาะค่าแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม นั้น จะสูงกว่ามาก ดังตารางที่ 4.7

ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายกรุงเทพฯชั้นแรก พบว่า ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก ทั้งค่าแรงเสียดทานที่ผิว (Skin friction) และค่าแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม (End bearing) ทั้งในเสาเข็ม แรงเหวี่ยง SP.0.60 ม. ของโครงการทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์ และเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง SQ.0.45 ม. ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย ดังตารางที่ 4.8

4.4.3.2 สำหรับดิน จ.ระยอง

โครงการ Siam Styrene Monomer ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand พบว่า ค่าแรงเสียดทานที่ผิว ที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ มีค่าสูงกว่า ค่าจากการวิเคราะห์มาก ส่วนแรงต้านที่ปลายเสาเข็มกลับเป็นไปในทางตรงกันข้าม อย่างไรก็ตาม ค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุดโดยเฉลี่ยจากการทดสอบกลับมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ เป็นอย่างมาก ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 แสดงการอัตราส่วนการรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ ต่อการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน
 ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งกรุงเทพ

โครงการ	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	เลขที่ เสาเข็ม	ความยาว เสาเข็ม (ม.)	ข้อมูลดิน หลุมเจาะที่	วิธีพลศาสตร์ (1) วิเคราะห์ผลโดย CAPWAPC			วิธีกลศาสตร์ของดิน (2) Failure criteria ของ Butler และ Hoy (1977)			อัตราส่วนของ วิธีที่ (1) ต่อ วิธีที่ (2)		
					Qskin	Qtoe	Qult	Qskin	Qtoe	Qult	Qskin	Qtoe	Qult
					(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)			
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน รวมวังน้อย อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา	SQ.0.35	C11	22.3	N22	147	49.2	196.2	117.48	24.23	141.71	1.25	2.03	1.38
	SQ.0.40	C2	19.5	ST11	206.8	44.7	251.5	120.1	19.9	140.0	1.72	2.25	1.80
	SQ.0.40	C3	24.7	N15-RD18	164.7	55.3	220	131.2	23.3	154.4	1.26	2.38	1.42
	SQ.0.40	C9	19.5	ST5	146.7	52.3	199	96.7	22.8	119.5	1.52	2.29	1.66
	SQ.0.40	T1	19.5	ST7-ST8	190.6	58.4	249	118.5	21.7	140.2	1.61	2.69	1.78
	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของ (1) ต่อ (2) สำหรับเสาเข็ม SQ.0.40 ม.										1.53	2.40	1.67
	SQ.0.45	C5	24.7	RD18-ST15	307.6	55.7	363.6	173.7	30.1	203.7	1.77	1.85	1.78
	SQ.0.45	C7	36.6	N15	472.5	117.9	590.3	324.5	40.1	364.5	1.46	2.94	1.62
	SQ.0.45	C10	26.6	N7	218.0	76.5	295.0	247.9	36.3	284.2	0.88	2.11	1.04
	SQ.0.45	T2	29.5	N12	277.0	98.0	375.0	190.7	41.3	232.0	1.45	2.37	1.62
	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของ (1) ต่อ (2) สำหรับเสาเข็ม SQ.0.45 ม.										1.39	2.32	1.51

ตารางที่ 4.8 แสดงการอัตราส่วนการรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ ต่อการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน
ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นทรายกรุงเทพฯชั้นแรก

โครงการ	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	เลขที่ เสาเข็ม	ความยาว เสาเข็ม (ม.)	ข้อมูลดิน หลุมเจาะที่	วิธีพลศาสตร์ (1) วิเคราะห์ผลโดย CAPWAPC			วิธีกลศาสตร์ของดิน (2) Failure criteria ของ Butler และ Hoy (1977)			อัตราส่วนของ วิธีที่ (1) ต่อ วิธีที่ (2)		
					Qskin (ตัน)	Qtoe (ตัน)	Qult (ตัน)	Qskin (ตัน)	Qtoe (ตัน)	Qult (ตัน)	Qskin	Qtoe	Qult
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน รวมวังน้อย อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา	SQ.0.45	C8	33.5	N10	436.9	111.7	548.6	357.2	133.3	490.5	1.22	0.84	1.12
ทางด่วนสายรามอินทรา- อาจณรงค์ กรุงเทพฯ	SP.0.60	PP7/1	24.1	BH7	208.2	190.4	398.6	220.6	161.2	381.8	0.94	1.18	1.04
	SP.0.60	PP7/2	25	BH14	205.3	124.3	329.6	243.6	143.4	387.0	0.84	0.87	0.85
	SP.0.60	PP8/1	20	BH4	133.9	120.4	254.3	171.6	135.7	307.4	0.78	0.89	0.83
	SP.0.60	PP8/2	20.7	BH19	215.8	163	378.8	150.6	168.2	318.8	1.43	0.97	1.19
	SP.0.60	PP9/3	20.8	BH17	248.7	157.2	405.9	215.6	182.7	398.3	1.15	0.86	1.02
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของ (1) ต่อ (2) สำหรับเสาเข็ม SP.0.60 ม.											1.03	0.95	0.99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงการอัตราส่วนการรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ ต่อการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน
 ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand จังหวัดระยอง

โครงการ	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	เลขที่ เสาเข็ม	ความยาว เสาเข็ม (ม.)	ข้อมูลดิน หลุมเจาะที่	วิธีพลศาสตร์ (1) วิเคราะห์ผลโดย CAPWAPC			วิธีกลศาสตร์ของดิน (2) Failure criteria ของ Butler และ Hoy (1977)			อัตราส่วนของ วิธีที่ (1) ต่อ วิธีที่ (2)		
					Qskin	Qtoe	Qult	Qskin	Qtoe	Qult	Qskin	Qtoe	Qult
					(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)			
ก่อสร้าง Siam Styrene	SQ.0.40	PP1	11.4	BH2	134.2	94.2	228.5	64.1	156.3	220.3	2.09	0.60	1.04
Monomer ต.มาบตาพุด	SQ.0.40	PP2	11.4	BH2	127.7	91.8	219.5	64.1	156.3	220.3	1.99	0.59	1.00
อ.เมือง จ.ระยอง	SQ.0.40	PP3	11.4	BH1	137.9	91.6	229.5	78.3	104.6	183.0	1.76	0.88	1.25
	SQ.0.40	PP5	10.9	BH2	108.4	79.0	187.5	52.6	156.3	208.9	2.06	0.51	0.90
	SQ.0.40	PP6	11.4	BH3	84.1	69.9	154.0	70.8	117.0	187.8	1.19	0.60	0.82
	SQ.0.40	PP9	11.4	BH3	116.6	66.8	183.5	70.8	117.0	187.8	1.65	0.57	0.98
	SQ.0.40	PP10	11.4	BH3	170.7	65.7	236.5	70.8	117.0	187.8	2.41	0.56	1.26
	SQ.0.40	PP12	13.3	BH4	110.7	68.8	179.5	178.0	105.9	283.9	0.62	0.65	0.63
	SQ.0.40	PP13	11.2	BH4	182.0	94.5	276.5	117.0	156.3	273.3	1.56	0.60	1.01
	SQ.0.40	PP17	10.6	BH5	126.4	76.3	202.6	103.7	156.3	260.1	1.22	0.49	0.78

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

โครงการ	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	เลขที่ เสาเข็ม	ความยาว เสาเข็ม (ม.)	ข้อมูลดิน หลุมเจาะที่	วิธีพลศาสตร์ (1) วิเคราะห์ผลโดย CAPWAPC			วิธีกลศาสตร์ของดิน (2) Failure criteria ของ Butler และ Hoy (1977)			อัตราส่วนของ วิธีที่ (1) ต่อ วิธีที่ (2)		
					Qskin (ตัน)	Qtoe (ตัน)	Qult (ตัน)	Qskin (ตัน)	Qtoe (ตัน)	Qult (ตัน)	Qskin	Qtoe	Qult
ก่อสร้าง Siam Styrene Monomer ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง	SQ.0.40	PP18	11.4	BH5	89.1	85.7	174.8	124.1	117.0	241.1	0.72	0.73	0.73
	SQ0.40	PP19	10.5	BH7	132.5	95.9	228.5	63.1	156.3	219.4	2.10	0.61	1.04
	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของ (1) ต่อ (2) สำหรับเสาเข็ม SQ.0.40 ม.										1.61	0.62	0.95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการโรงปฏึกแห่งชาติ ซึ่งปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Clayey sand (Completely decomposed granite) พบว่า โดยทั่วไป ค่าแรงเสียดทานที่ผิวจากการทดสอบด้วยวิธีแบบพลศาสตร์ มีค่าสูงกว่าค่าจากการวิเคราะห์ห้มาก ส่วนแรงดันที่ปลายเสาเข็มกลับเป็นไปในทางตรงกันข้าม และค่าการรับน้ำหนักสูงสุดเฉลี่ยจากการทดสอบ มีค่าไม่แตกต่างจากการวิเคราะห์ห้มากนัก ดังตารางที่ 4.10

ความแตกต่างของแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม (Skin friction) และแรงดันที่ปลายเสาเข็ม (End bearing) ที่ได้จากการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ โดยใช้ CAPWAPC กับกรวิเคราะห์ด้วยวิธีปฏิภนศาสตร์นั้น อาจเนื่องมาจาก ในความเป็นจริง กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength) ของดินเหนียว จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก แต่ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน ได้ใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength) โดยการแปรจากค่า SPT ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับดินชั้นหนึ่งๆ อีกทั้งชั้นดินเหนียวของโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย มีความหนาที่แตกต่างกันมาก อาจเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลทั้งสองวิธีนี้โดยใช้ failure criteria ที่แตกต่างกัน

และการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์โดยใช้ CAPWAPC นั้น ไม่ได้พิจารณาถึงผลของ residual stress ที่เกิดขึ้นขณะที่ตอกเสาเข็มแล้วหยุด ซึ่งทำให้แรงต้านทานของดินที่ส่วนบนๆของเสาเข็มบางส่วน เกิดการเคลื่อนที่ลง ขณะที่แรงต้านทานของดินส่วนล่างๆและที่ปลายเสาเข็ม เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อรักษาสมดุล เมื่อทำการตอกเสาเข็มครั้งต่อไป คลื่นความเค้น (stress wave) ทำให้ดินเกิดการเคลื่อนตัว โดยในเบื้องต้นเกิดแรงต้านทานที่ส่วนบนๆของเสาเข็ม เพื่อทำให้แรงเสียดทานลบ (negative friction force) เป็นศูนย์ แล้วต่อมาเป็นแรงเสียดทานบวก (positive resistance) ส่วนดินช่วงล่างๆและที่ปลายเสาเข็ม ซึ่งถูก preload ไปบางส่วนจากการตอกครั้งก่อน จะมีการเคลื่อนตัวเกิดขึ้นน้อยที่จะทำให้เกิด Fully ultimate resistance และเนื่องจาก CAPWAPC จะสมมติให้ resistance และ displacement เมื่อเริ่มต้นเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงพบว่า สำหรับ CAPWAPC ดินที่เสาเข็มส่วนล่างๆ และปลายเสาเข็ม ซึ่งเกิด residual tension force จะให้ค่า static resistance force ต่ำกว่า ส่วนเสาเข็มที่เกิด residual compression force (ที่ส่วนบนๆของเสาเข็ม) จะให้ค่า static resistance force สูงกว่า จึงทำให้ resistance distribution ที่ได้จาก CAPWAPC แตกต่างไปจากที่คิดไว้ แต่ผลของ residual stress ที่มีต่อ total static resistance นั้น มีค่อนข้างน้อย (Authier และ Fellenius , 1983)

ตารางที่ 4.10 แสดงการอัตราส่วนการรับน้ำหนักของเสาเข็มจากการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ ต่อการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ของดิน
 ปลายเสาเข็มอยู่ในชั้น Cyayey sand (Completely decomposed granite) จังหวัดระยอง

โครงการ	ขนาด เสาเข็ม (ม.)	เลขที่ เสาเข็ม	ความยาว เสาเข็ม (ม.)	ข้อมูลดิน หลุมเจาะที่	วิธีพลศาสตร์ (1) วิเคราะห์ผลโดย CAPWAPC			วิธีกลศาสตร์ของดิน (2) Failure criteria ของ Butler และ Hoy (1977)			อัตราส่วนของ วิธีที่ (1) ต่อ วิธีที่ (2)		
					Qskin (ตัน)	Qtoe (ตัน)	Qult (ตัน)	Qskin (ตัน)	Qtoe (ตัน)	Qult (ตัน)	Qskin	Qtoe	Qult
ก่อสร้างโรงพยาบาล ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง	SQ.0.35	PLT3	14.3	NB1-NB6	142.1	59.5	201.6	81.0	60.0	141.0	1.75	0.99	1.43
	SQ.0.35	PLT4	13.2	NB21	174.2	63.9	238.1	114.0	119.8	233.7	1.53	0.53	1.02
	SQ.0.35	PLT5	12.8	NB30	124.3	69.2	193.4	73.0	119.6	192.6	1.70	0.58	1.00
	SQ.0.35	PLT6	14.0	NB16	141.9	41.9	183.8	93.7	41.3	135.0	1.51	1.01	1.36
	SQ.0.35	PLT8	10.8	NB18-NB14	158.8	74.5	233.5	56.9	119.6	176.5	2.79	0.62	1.32
	SQ.0.35	LLPT2	12.0	NB21	158.5	61.9	220.4	89.7	119.6	209.4	1.77	0.52	1.05
	SQ.0.35	LLPT4	13.0	NB1	159.8	40.3	200.1	69.0	60.0	129.0	2.32	0.67	1.55
ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของ (1) ต่อ (2) สำหรับเสาเข็ม SQ.0.35 ม.											1.91	0.70	1.25

นอกจากนี้ ความแตกต่างระหว่างการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์ กับการวิเคราะห์ด้วยวิธีกลศาสตร์ อาจเกิดจากความแปรปรวนของชั้นดิน ซึ่งการวิเคราะห์ได้ใช้ข้อมูลดินจากหลุมเจาะที่ใกล้เคียงตำแหน่งเสาเข็ม ส่วนชั้นดินจริงบริเวณที่ตอกเสาเข็มนั้น อาจแตกต่างไปจากข้อมูลดินของหลุมข้างเคียง อีกทั้งความแตกต่างของ failure criteria ที่ใช้ในการพิจารณาด้วยวิธีทั้งสอง ตลอดจนจากการใช้ parameters ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะในดินจังหวัดระยอง จึงอาจเป็นเหตุให้ผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน ซึ่งค่าที่แน่นอนของแรงเสียดทานที่ผิวและแรงดันที่ปลายเสาเข็มนั้น สามารถหาได้จากการติดตั้งเครื่องมือเพื่อวัดค่าดังกล่าวในสนาม

4.5 parameters ที่มีผลต่อการวิเคราะห์การประเมินผลการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์

การวิจัยนี้ เน้นพิจารณาค่า Resistance distribution , Damping factor และ Quake ที่ใช้ในการประเมินผลการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ โดยโปรแกรม CAPWAPC ส่วนค่า CAPWAPC Capacity นั้น ได้ใช้ตามผลการประเมินจาก report และ parameters ที่จำเป็นได้ใช้ตามที่โปรแกรมได้แนะนำไว้ การปรับแก้ parameters นั้น จะทำตามความจำเป็นในการ match สัญญาณ โดยได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณที่วัดจาก Pile Driving Analyzer เมื่อ restrike test ของโครงการโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อยสำหรับเสาเข็มตอกในดินกรุงเทพฯ และโครงการ Siam Styrene Monomer สำหรับเสาเข็มตอกในดินจ.ระยอง

4.4.1 Resistance distribution ได้พิจารณาโดยใช้วิธีกลศาสตร์ของดิน หาค่าแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม ตามลักษณะของชั้นดิน ซึ่งเป็นไปตามวิธีการในข้อ 4.4 ส่วนค่า Total Static Ultimate Load (CAPWAPC Capacity) ใช้จากผลการประเมินเดิม เมื่อหักออกจาก Skin Friction แล้วจะได้ค่าของ Toe Resistance

4.4.2 Damping factor ได้ใช้ Smith damping factor โดยแยกเป็นที่ผิว และที่ปลายเสาเข็ม และจำแนกตามชนิดดินว่าเป็น cohesive หรือ noncohesive สำหรับที่ผิวเสาเข็ม ใช้ค่าเฉลี่ยของ damping ตามชนิดดิน ซึ่งได้ใช้ค่าที่แนะนำโดย Smith (1960) , Goble และ Rauche (1986)

4.4.3 Quake ค่าที่ใช้จำแนกเป็น Skin Quake และ Toe Quake ซึ่งให้ค่า Skin Quake เท่ากับ 2.5 มม. ส่วน Toe Quake จะพิจารณาตามค่าการจมของเสาเข็ม ต่อจำนวนครั้งการตอกขณะทดสอบ (Pile set/blow) ใช้เป็นแนวทางว่า หาก Pile set/blow มีค่ามาก toe quake ควรมีค่ามาก

อย่างไรก็ดี การใส่ parameters ดังกล่าว เป็นเพียงค่าเริ่มต้นในการวิเคราะห์เท่านั้น ซึ่งสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงคือ ผลการ match สัญญาณที่ได้จากการวัดในสนาม กับการคำนวณจาก parameters ต่างๆที่ใส่ไปนั้น จะต้องสามารถจับคู่กันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อันเป็นการยืนยันคำตอบในการประเมินการรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีพลศาสตร์ ซึ่งในที่นี้ใช้ Match Quality Number ไม่เกิน 4 ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับ parameters อื่นๆ ที่มีผลต่อการจับคู่สัญญาณ

ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า parameters ที่ได้ทำการพิจารณานั้น มีความหลากหลายเป็นอย่างมาก กล่าวคือ ภายใต้ง่อนไหวของดินชนิดเดียวกัน เสาเข็มต้นเดียวกัน และด้วยค่าการประเมินการรับน้ำหนักของเสาเข็ม (CAPWAPC Capacity) ค่าเดียวกัน แต่ค่า parameters แตกต่างกัน ทำให้ยากที่จะสรุป parameters ต่างๆ จำแนกตามลักษณะของชั้นดินได้ ซึ่งเพียงแค่ใส่ค่า parameters ในช่วงที่โปรแกรมได้แนะนำไว้ ดังกล่าวข้างต้น ก็จะสามารถประเมินค่าการรับน้ำหนักของเสาเข็มได้ ด้วยคุณภาพการ match เป็นที่พอใจแล้ว และเมื่อรวบรวมค่าของ parameters ที่สนใจ คือค่า damping factor ของ Smith และ ค่า Quake โดยใช้ Match quality number ไม่เกิน 5 แยกตามชั้นดินที่ปลายเสาเข็ม ของโครงการที่ได้พิจารณาการประเมินผลการทดสอบมาแต่ต้นแล้ว พบว่า ค่าดังกล่าวมีช่วงที่กว้างมาก ยากที่จะระบุว่าเป็นเท่าไร ดังตารางที่ 4.11 ซึ่ง Smith damping factor ที่รวบรวมไว้นั้น แตกต่างจากค่าที่ได้มีการแนะนำ โดยจำแนกตามชนิดของดินว่าเป็น cohesion หรือ non cohesion อีกทั้งยังมี parameters อื่นๆ เป็นจำนวนมากที่ถูกป้อนค่าแตกต่างกันในการวิเคราะห์ผลด้วย CAPWAPC ภายใต้ง่อนไหวของเสาเข็ม-ดินที่ใกล้เคียงกัน ผลลัพธ์จากการประเมินผลการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีนี้ จึงพิจารณาจากค่าคุณภาพการ match (Match quality number)

ดังนั้น สิ่งที่มีผลต่อคุณภาพการ match สัญญาณมากที่สุดส่วนหนึ่งนั้น น่าจะเป็นค่า Total static resistance มากกว่าที่จะแยกเป็นแรงเสียดทานที่ผิว (Skin friction) และแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม (End bearing) หรือ dynamic parameters ตัวอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจาก มีการซ้อนทับของช่วงเวลา 2 และ 3 หลังเวลา $2L/c$ ทำให้ค่าของ Total static resistance มีผลต่อการ match มากกว่าที่ช่วงเวลาอื่น ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวดังได้แสดงรายละเอียดไว้ในเรื่อง Match Quality Evaluation ในบทที่ 2 ส่วน parameters ตัวอื่นๆนั้นเป็นเพียงตัวช่วยในการปรับคุณภาพการ match ให้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.11 แสดงช่วงของ parameters

ชนิดของดิน ที่ปลายเสาเข็ม	โครงการ	Smith damping factor		Quake		จำนวน ขอมูล (ตน)
		SSkn (s/m)	SToe (s/m)	QSkn (cm.)	QToe (cm.)	
ดินกรุงเทพ ดินเหนียวแข็ง ทรายกรุงเทพชั้นแรก	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมวังน้อย	0.450 - 0.950	0.300 - 1.431	0.150 - 0.300	0.200 - 0.500	9
	ทางด่วนสายรามอินทรา - อ่างทอง	0.266 - 0.998	0.301 - 0.835	0.240 - 0.254	0.100 - 1.000	12
ดิน จ.ระยอง Clayey sand Clayey sand (Completely - decomposed granite	Siam Styrene Monomer	0.078 - 0.279	0.323 - 0.935	0.200 - 0.350	0.400 - 0.880	12
	โรงปุ๋ยแห่งชาติ (NFC)	0.130 - 1.003	0.100 - 0.955	0.100 - 0.270	0.305 - 0.640	14

หมายเหตุ

SSkn = Smith skin damping factor

QSkn = Skin quake

SToe = Smith toe dampng factor

QToe = Toe quake