บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ในเสาเข็มต้นเดียวกัน โดยเสาเข็มเจาะนั้นใช้สารละลายโพลีเมอร์เป็นตัวป้องกันหลุมพังและมีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG จำนวน 1 ต้น (TP-1*) ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 3.1 โดยมีระยะระหว่างเสาเข็มทดสอบกับเสาเข็มสมอที่ระยะห่างสามเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม เพื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบมาปรับแก้หาค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบและการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธีพลศาสตร์ให้มีความเหมาะสม รูปที่ 3.1 แสดงที่ตั้งโครงการที่มีการทดสอบเสาเข็มโดยวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ ที่ใช้ในงานวิจัยและตำแหน่งการทดสอบเสาเข็มเจาะในโครงการแสดงในรูปที่ 3.2

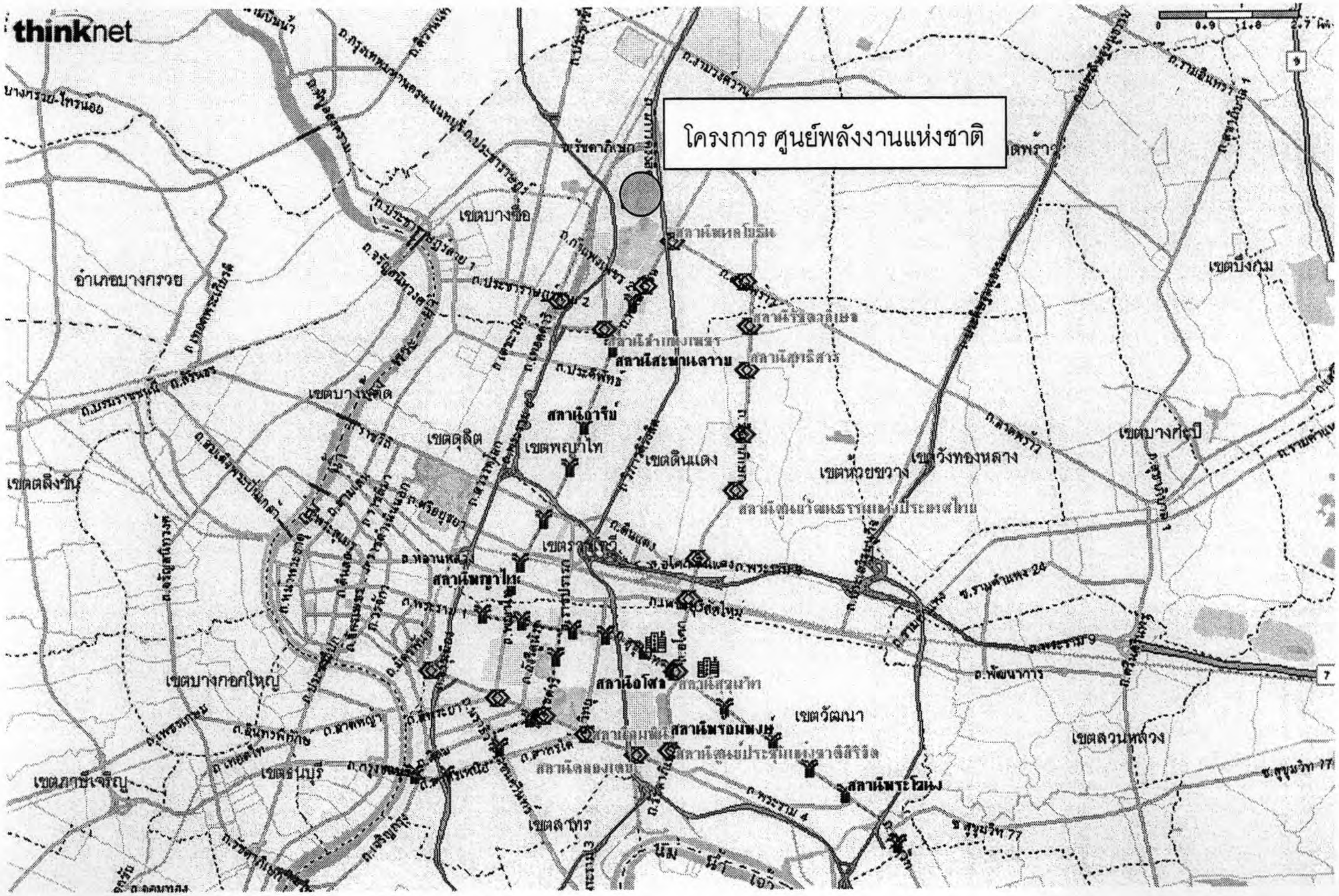
ตารางที่ 3.1 แสดงการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ในเสาเข็มเจาะต้นเดียวกันเขตพื้นที่กรุงเทพฯ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

หมายเลข	โครงการ	ขนาด	การทดสอบ		น้ำหนักปลอดภัย (ตัน)
			สถิตศาสตร์	พลศาสตร์	
TP-1*	ศูนย์พลังงานแห่งชาติ	Dia. 1.20x46	*	*	750

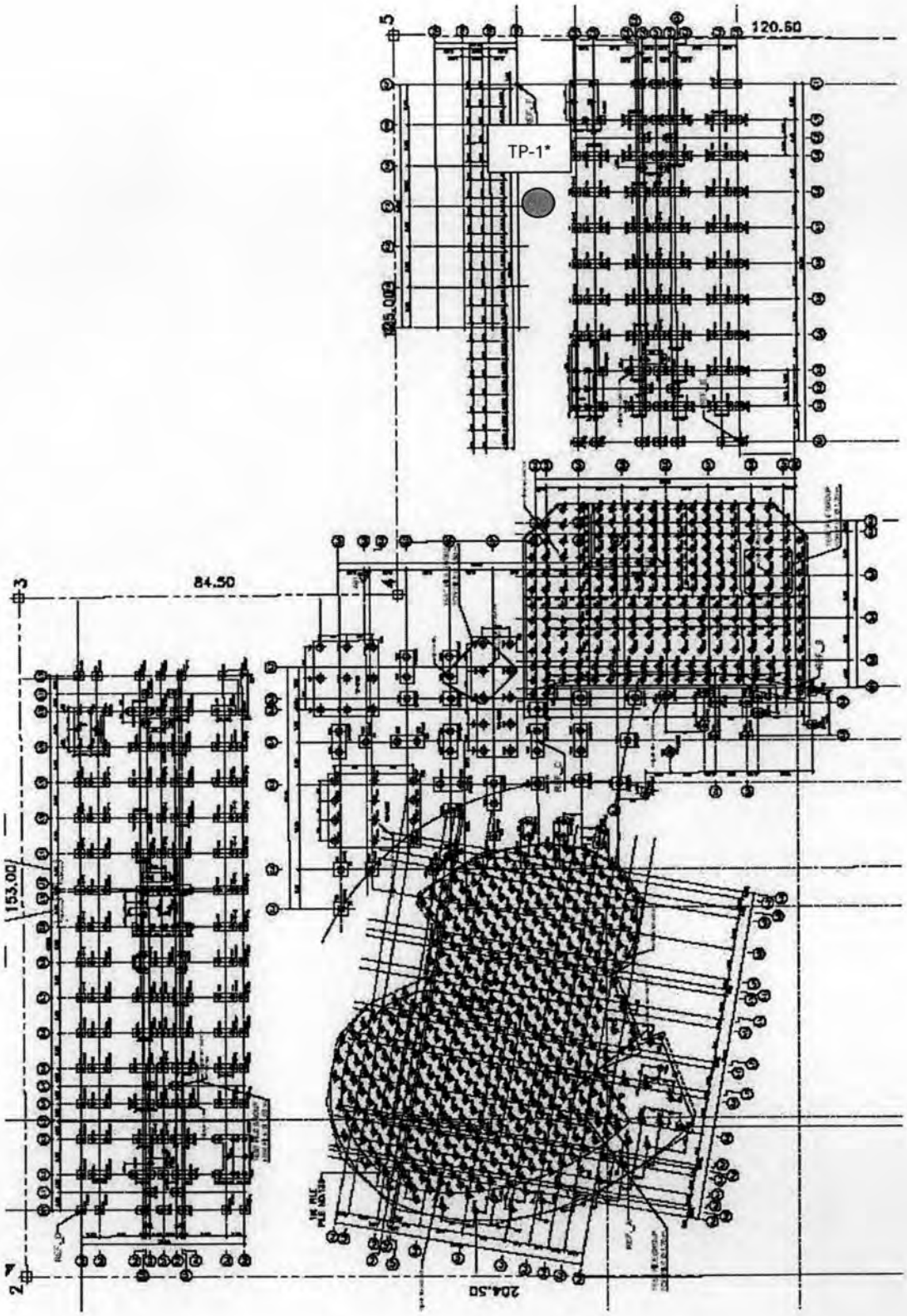
หมายเหตุ TP-1* เป็นเสาเข็มนอกผังที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG

3.1.1 เสาเข็มเจาะที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG

ในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลผลการทดสอบโครงการศูนย์พลังงานแห่งชาติ (Energy Complex Group) สถานที่ตั้งของโครงการอยู่บริเวณพื้นที่ย่านพหลโยธินของการรถไฟแห่งประเทศไทย ณ บริเวณนิคมรถไฟ กม.11 ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพมหานคร เป็นเสาเข็มเจาะหมายเลข TP-1* ดังแสดงในตารางที่ 3.1 เป็นเสาเข็มนำร่องนอกผังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร ลึก 46.00 เมตร พร้อมกับการติดตั้งเครื่องมือวัด VWSG จำนวน 1 ต้น จากผลการเจาะสำรวจดินบริเวณพื้นที่ก่อสร้างสามารถกำหนดตำแหน่งของ VWSG ได้ทั้งหมด 6 ระดับโดยแต่ละ

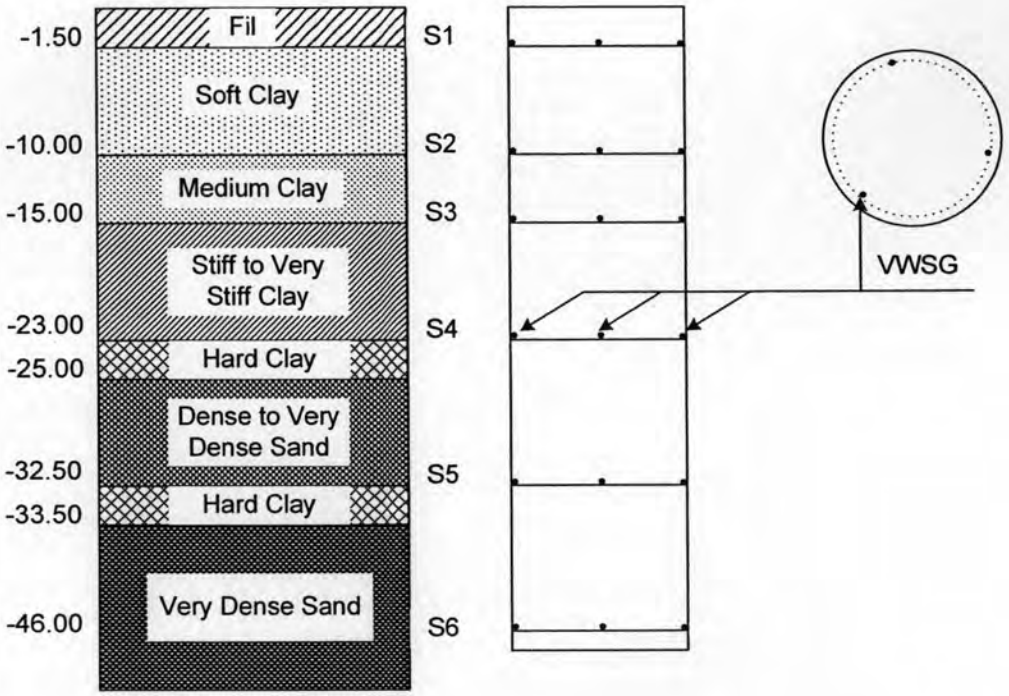


รูปที่ 3.1 ที่ตั้งโครงการที่มีการทดสอบเสาเข็มเจาะวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการทดสอบเสาเข็มเจาะในโครงการศูนย์พลังงานแห่งชาติ

ระดับจะติดตั้ง VWSG จำนวน 3 ตัว โดยตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดแสดงในรูปที่ 3.3 และตำแหน่งการทดสอบเสาเข็มเจาะ TP-1* แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง VWSG ในโครงการศูนย์พลังงานแห่งชาติ

3.2 ข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน

รายละเอียดของข้อมูลประกอบไปด้วย ชื่อโครงการ สถานที่ตั้ง ลักษณะชั้นดิน ปริมาณความชื้น (Natural water content) ค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid limit) ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic limit) ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำและค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน (SPT-N value) ซึ่งลักษณะขั้นดินที่ทำการศึกษามีลักษณะคร่าวๆ ดังนี้

1. ดินชั้นบน (Top soil) มีความหนาของชั้นดินประมาณ 1-2 เมตร ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวสีเทาและน้ำตาล มีความแข็งระดับปานกลาง

2. ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง (Very soft to medium clay) ความหนาของชั้นดินนี้ประมาณ 10-15 เมตรมีลักษณะเป็นดินเหนียวสีเทาเข้มหรือสีเทาปนเขียว ดินประเภทนี้มี

ความไวตัวสูง มีค่าปริมาณความชื้นในมวลดินสูง อยู่ใกล้กับขีดจำกัดความเหลวและค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ s_u ประมาณ 1-3 ตันต่อตารางเมตร

3. ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) ชั้นดินนี้หนาประมาณ 8-12 เมตร มีลักษณะชั้นดินเป็นดินสีเทาหรือสีน้ำตาลและค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ s_u ประมาณ 10-15 ตันต่อตารางเมตร

4. ชั้นทรายชั้นแรก (First sand layer) จะพบที่ความลึกประมาณ 20 เมตรขึ้นไป ความหนาของชั้นทรายอยู่ระหว่าง 5-15 เมตร ชั้นทรายชั้นนี้จะมีค่ามุมต้านทานภายใน ϕ' ประมาณ $32^\circ - 35^\circ$

5. ชั้นดินเหนียวแข็งมากถึงดินเหนียวแข็งดินดาน (Very stiff to hard clay) ชั้นดินจะอยู่ถัดจากชั้นทรายชั้นแรกและค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ s_u มากกว่า 20 ตันต่อตารางเมตร

6. ชั้นทรายชั้นที่สอง (Second sand layer) ตามปกติจะพบชั้นทรายนี้ที่ความลึกมากกว่า 40 เมตรลงไป สภาพของทรายในชั้นนี้มีสภาพแน่นมาก ค่ามุมต้านทานภายใน ϕ' ประมาณ $33^\circ - 36^\circ$

รายละเอียดการเจาะสำรวจดินอย่างละเอียดที่ใช้ในงานวิจัยแสดงในภาคผนวก ค.

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ อาศัยข้อมูลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มทดสอบที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดประเภท VWSG ในการหาค่าการส่งถ่ายแรงตลอดความยาวเสาเข็ม ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จะนำค่า แรงกระจายในแนวแกน (Axial load distribution) มาแปลผลเป็นค่า Quake และ แรงต้านทานดิน (Soil resistance) ในแต่ละการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน

3.3.1 การแปลผลจากเครื่องมือวัดชนิด VWSG

การนำผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบทั้งวิธีสถิตศาสตร์ที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัด ซึ่งให้ค่าแรงที่ได้จากการแปลผลของ VWSG ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จะนำค่า Axial load distribution มาแปลผลเป็นค่า Quake และ แรงต้านทานดิน ในแต่ละการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน โดยในการแปลผลสามารถทำได้ 3 วิธี คือ Theory E_pA_p, Calibrate E_pA_p และ วิธีของ Fellenius (1989) ซึ่งในงานวิจัย ใช้การแปลผลด้วยวิธีของ Fellenius (1989) ซึ่งการใช้ค่า Pile Stiffness ให้ผลลัพธ์ที่สมเหตุผลกว่าอีกสองวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

โดย Fellenius ได้เสนอสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเสาเข็มทดสอบเป็นสมการกำลังสองคือ $y = ax^2 + bx + c$ ซึ่งในการพิสูจน์ความสัมพันธ์ของสมการพิจารณาเป็น free standing column (หรือกรณีที่เสาเข็มไม่มี shaft resistance) นำผลการทดสอบซึ่งให้ค่าแรงที่ได้จากการแปลผลของ VWSG ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จะนำค่าการกระจายแรงในแนวแกน มาแปลผลเป็นค่า Quake และแรงต้านทานดินในแต่ละการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน

3.3.2 การใส่ค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม CAPWAPC

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบจากวิธีสถิตศาสตร์ในเสาเข็มเจาะที่ติดตั้งเครื่องมือวัด VWSG คือ Quake, แรงต้านทานดิน และค่า Smith damping factor ในแต่ละการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน มาป้อนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CAPWAPC เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีลองสุ่ม พารามิเตอร์ตัวอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะโดยวิธีพลวัต นอกจากนั้นทำการพล็อตกราฟน้ำหนักกับการทรุดตัวเปรียบเทียบกัน

3.3.3 ลำดับการศึกษาอิงพารามิเตอร์ (parametric study)

โดยทำการปรับแก้ค่าต่างๆที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CAPWAPC เพื่อตรวจสอบว่าการใช้ค่า quake, แรงต้านทานดิน และ Smith damping factor แต่ละชั้นดิน ผลที่ได้สามารถทำให้เกิดความสอดคล้องกันมากที่สุด (Best fit) ได้หรือไม่ โดยลำดับการทำการศึกษาอิงพารามิเตอร์นี้ สำหรับการทดสอบเสาเข็มเจาะที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG (TP-1*) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลำดับการทำ parametric study

ลำดับการทดสอบ	แรงต้านทานดิน (R_u) (t/m2)	Quake (Q) (mm)	Smith damping factor (s/m)
1	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG ที่มีการปรับแก้ให้เหมาะสมกับโปรแกรม CAPWAPC	ตามโปรแกรม CAPWAPC ที่คำนวณให้อัตโนมัติ
2	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG ที่มีการปรับแก้ให้เหมาะสมกับโปรแกรม CAPWAPC	Parametric study โดยใช้ค่า SS ตั้งแต่ 0.10 เพิ่มทีละ 0.10 จนถึง 1.00
3	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG ที่มีการปรับแก้ให้เหมาะสมกับโปรแกรม CAPWAPC	ใช้ตามคำแนะนำของโปรแกรม CAPWAPC คือ 0.66 และ 0.16 สำหรับดินเหนียวและดินทรายตามลำดับ
4	Parametric study โดยใช้ค่า (R_u) ตั้งแต่ 10% เพิ่มทีละ 10% จนถึง 150% ของ(R_u) ในแต่ละชั้นดิน	ผลที่ได้จากการทดสอบสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG	ใช้ตามคำแนะนำของโปรแกรม CAPWAPC คือ 0.66 และ 0.16 สำหรับดินเหนียวและดินทรายตามลำดับ

5	ผลที่ได้จากการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์ที่ติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG	Parametric study โดยใช้ค่า Q ตั้งแต่ 0% เพิ่มทีละ 10% จนถึง 150% ของ Q ในแต่ละชั้นดิน	ใช้ตามคำแนะนำของโปรแกรม CAPWAPC คือ 0.66 และ 0.16 สำหรับดินเหนียวและดินทรายตามลำดับ
6	ใช้ค่าแรงต้านทานของแต่ละชั้นดินด้วยวิธีสมดุลสถิต	ตามโปรแกรม CAPWAPC ที่คำนวณให้อัตโนมัติ	ตามโปรแกรม CAPWAPC ที่คำนวณให้อัตโนมัติ

นำค่าพารามิเตอร์ คือ แรงต้านทานดิน, quake และ Smith damping factor ที่ถือว่าให้ผลที่สอดคล้องกันมากที่สุดจากการทำศึกษาอิงพารามิเตอร์ของเสาเข็มเจาะ TP-1* มาประยุกต์ใช้กับเสาเข็มเจาะในเขตกรุงเทพฯต่อไป