บทที่ 4

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

จากที่เคยกล่าวอย่างคร่าว ๆ แล้ว ถึงวิธีการทำวิจัยในบทที่ 1 แล้วว่า เมื่อได้เก็บข้อมูลด้านต่าง ๆ แล้ว จะนำข้อมูลนั้นมาคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มต่อไป

ข้อมูลเกี่ยวกับเสาเข็มและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับเสาเข็ม ต้นที่นำมาวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.5

4.1 น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยสูตรสแตติค

เสาเข็มที่นำมาวิเคราะห์มีระยะฝังในดินอยู่ในช่วง 18.50 ม. ถึง 29.00 ม. ปลายของเสาเข็มจะฝังอยู่ในชั้น STIFF CLAY หรือทรายชั้นแรก ส่วนใหญ่จะฝังอยู่ในชั้น STIFF CLAY การคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม เมื่อเสาเข็มส่วนใดฝังอยู่ในดินชนิด COHESIVE จะใช้การวิเคราะห์แบบ TOTAL STRESS โดยใช้หลักการ $\phi = 0$ ซึ่งค่า ADHESION FACTOR ที่ใช้ได้จากการเสนอของวีระนันท์ (2526) ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกับที่เสนอโดย TOMLINSON (1977) ค่า UNDRAINED SHEAR STRENGTH ของดินได้จากการทดสอบ UNCONFINED COMPRESSION ในกรณีที่ส่วนของเสาเข็มฝังในดินชนิด COHESIONLESS จะใช้การวิเคราะห์แบบ EFFECTIVE STRESS ค่า BEARING CAPACITY FACTOR, NC ที่ใช้เท่ากับ 9 ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ สรุปดังตารางที่ 4.6 ถึง 4.9

4.2 น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากการทดสอบการรับน้ำหนักในสนาม

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบกำลังรับน้ำหนักในสนามนั้น ได้พิจารณาเฉพาะเสาเข็มที่มีการทดสอบจนถึงการวิบัติของดิน โดยน้ำหนักบรรทุกวิบัติ คือน้ำหนักที่ทำให้เสาเข็มเกิดการทรุดตัวอย่างต่อเนื่องเท่านั้น จะไม่พิจารณากรณีอื่น ๆ ที่มิได้ทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มจนกระทั่งเกิดการวิบัติในมวลดินจริง ๆ ซึ่งจะต้องใช้วิธีการต่าง ๆ คาดคะเนหาน้ำหนักบรรทุกวิบัติอีกทอดหนึ่งอีก ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการคาดคะเนซ้ำซ้อนกัน ทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บมาเป็นจำนวนมากในระยะแรก ๆ ถูกคัดเลือกออกไปมาก สำหรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบการรับน้ำหนักในสนาม ได้สรุปอยู่ในตารางที่ 4.6 ถึง 4.9 เช่นกัน

4.3 น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากสมการคลื่น

ตารางที่ 4.10 ถึง 4.13 เป็นตารางสรุปข้อมูลที่ป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากสมการคลื่น ในกรณี DROP HAMMER ค่าคงที่สปริงของหมอนหมวกครอบหัวเข็ม คำนวณได้โดยพิจารณาว่าหมอนนี้ประกอบด้วย ไม้เนื้อแข็งมีความหนา 10 ซม. ขณะทำงานจะรองด้วยกระสอบป่านหนา 2.0 ซม. อีกชั้นหนึ่ง พื้นที่ผิวสัมผัสของลูกตุ้มตอกเสาเข็มและหมอนหมวกครอบหัวเข็ม เท่ากับ 0.72 เท่าของพื้นที่หมวกครอบหัวเข็ม สำหรับค่าคงที่สปริงของหมอนรองหัวเสาเข็ม คำนวณได้โดยพิจารณาว่าประกอบด้วยไม้เนื้อปานกลางหนา 7.5 ซม. รองด้วยกระสอบป่านหนา 2.5 ซม. พื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากับพื้นที่หน้าตัดจริงของเสาเข็ม ส่วนในกรณี DIESEL HAMMER หมอนหมวกครอบหัวเข็มจะทำด้วยไม้เนื้อแข็ง หนา 10 ซม. พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่าง ANVIL และหมอนหมวกครอบหัวเข็มจะมีรัศมีน้อยกว่ารัศมีของ ANVIL เท่ากับ 10 ซม. สำหรับหมอนรองหัวเสาเข็มจะทำด้วยไม้เนื้อแข็งเช่นกัน แต่จะหนาเพียง 7.5 ซม.พื้นที่สัมผัสจะเท่ากับพื้นที่หน้าตัดจริงของเสาเข็ม

ข้อมูลในตารางที่ 4.10 ถึง 4.13 เป็นข้อมูลของเสาเข็มกรณี "MAIN" ซึ่งจะใช้เป็นกรณีพื้นฐานในการเปรียบเทียบต่าง ๆ เสาเข็มจะถูกแบ่งเป็นน้ำหนักย่อยจำนวน 10 น้ำหนักย่อย ความยาวของน้ำหนักย่อยที่ยาวมากที่สุดเท่ากับ 3.00 ม. ซึ่งยังอยู่ในช่วง 10 ฟุต ที่แนะนำโดย SMITH ค่าระยะเคลื่อนที่สูงสุดในช่วงอีลาสติคของดิน (QUAKE) ให้เท่ากับ 0.1 นิ้ว (0.254 ซม.) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันโดยทั่วไป ค่าคงที่หน่วง (DAMPING CONSTANT) ของดินทั้งที่ด้านข้างและที่ปลายของเสาเข็มใช้ค่าที่แนะนำโดย TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE (TTI) ค่าคงที่สปริงใช้ตามสภาพจริงในสนาม สำหรับลักษณะของแรงต้านทานและเปอร์เซ็นต์แรงต้านทานของดินที่กระทำต่อแต่ละน้ำหนักย่อย เป็นไปตามสภาพจริงโดยนำค่ามาจากที่คำนวณได้โดยใช้สูตรสแตติคจากข้อมูลสภาพและคุณสมบัติทางด้านการรับน้ำหนักของดิน

สำหรับการทดลองแปรเปลี่ยนข้อมูลด้านต่าง ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลนั้น ลักษณะส่วนใหญ่จะยังคงเช่นตารางที่ 4.10 ถึง 4.13 เพียงแต่เปลี่ยนเฉพาะข้อมูลตรงจุดที่ต้องการศึกษานั้น ๆ เท่านั้น

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากสมการคลื่นในกรณีต่าง ๆ ที่คำนวณได้โดยยังไม่พิจารณาถึงคุณสมบัติการคืนกำลังของดิน สรุปได้ดังตารางที่ 4.15 ถึง 4.22

ตารางที่ 4.1

สรุปรายละเอียดเสาเข็มรูปตัวไอที่ใช้ในการวิเคราะห์

ที่	หมายเลขวิเคราะห์	ชนิด,รูปร่างและขนาดของเสาเข็ม (ม.)	ความยาว (ม)	พื้นที่หน้าตัดจริง ($ม^2$)	เส้นรอบรูป		น้ำหนักเสาเข็ม		ชนิดเครื่องตอก	น้ำหนักลูกตุ้ม (ตัน)	ยกสูง (ม)	ผู้ตอก	สถานที่ตอก
					ของจริง (ม)	ออกแบบ (ม)	ต่อเมตร (ตัน)	ทั้งต้น (ตัน)					
1	I1	PC. I 0.26 x 0.26	21.00	0.0414	1.29	1.04	0.099	2.079	DROP	3.0	0.30	PFC	- การเคหะแห่งชาติ กาญจนบุรี
2	I2	PC, I 0.26 x 0.26	21.00	0.0414	1.29	1.04	0.099	2.079	DROP	4.7	0.30	PFC	- การเคหะแห่งชาติ เดาปูน
3	I3	PC, I 0.30 x 0.30	28.00	0.066	1.52	1.20	0.158	4.424	DROP	4.5	0.30	-	- บริษัท SIAM FEEDMILL ถนนบางนา-ตราด
4	I4	PC, I 0.40 x 0.40	25.50	0.1235	1.80	1.60	0.296	7.548	DROP	5.2	0.50	PACO	- โรงงานดีเวอร์ มราเอกร์ นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง มีนบุรี
5	I5	PC, DH 0.25 x 0.25	21.00	0.0404	1.19	1.00	0.097	2.037	DROP	4.5	0.30	CNIC	- การเคหะแห่งชาติ บางนา
6	I6	PC, DH 0.26 x 0.26	21.00	0.0480	1.36	1.04	0.115	2.415	DROP	3.5	0.30	NCON	- การเคหะแห่งชาติ บางขัน
7	I7	PC, DH 0.26 c 0.26	21.00	0.0480	1.36	1.04	0.115	2.415	DROP	3.0	0.30	TPC	- โครงการลาดพร้าวเซ็นเตอร์ ลาดพร้าว
8	I8	PC, DH 0.36 x 0.36	20.00	0.0929	1.68	1.44	0.223	4.460	DROP	4.7	0.30	-	- สยามพัน เอไอดี ปทุมธานี

ตารางที่ 4.2

สรุปรายละเอียดเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมตันที่ใช้ในการวิเคราะห์

ที่	หมายเลขวิเคราะห์	ชนิด,รูปร่างและขนาดของเสาเข็ม (ม.)	ความยาว (ม)	พื้นที่หน้าตัดจริง ($ม^2$)	เส้นรอบรูป		น้ำหนักเสาเข็ม		ชนิดเครื่องตอก	น้ำหนักลูกตุ้ม (ตัน)	ยกสูง (ม)	ผู้ตอก	สถานที่ตอก
					ของจริง (ม)	ออกแบบ (ม)	ต่อเมตร (ตัน)	ทั้งต้น (ตัน)					
1	SS1	PC.□ 0.35 x 0.35	22.00	0.1225	1.40	1.40	0.294	6.468	DIESEL K-35	3.5	1.62	NPC	ท่าอากาศยาน กรุงเทพฯ ดอนเมือง
2	SS2	PC.□ 0.35 x 0.35	22.00	0.1225	1.40	1.40	0.294	6.468	DROP	3.5	0.80	-	สวนลุมพินี
3	SS3	PC.□ 0.35 x 0.35	22.00	0.1225	1.40	1.40	0.294	6.468	DROP	5.12	0.50	C&N	กรมทางหลวง สะพานบางปะกง
4	SS4	PC.□ 0.35 x 0.35	23.00	0.1225	1.40	1.40	0.294	6.762	DROP	5.0	0.60	-	สะพานลอย ช่องนนทรี
5	SS5	PC.□ 0.35 x 0.35	24.00	0.1225	1.40	1.40	0.294	7.056	DROP	3.5	0.80	-	สวนลุมพินี
6	SS6	PC.□ 0.35 x 0.35	24.00	0.1225	1.40	1.40	0.294	7.056	DROP	5.0	0.50	ITD	BANG CHALONG BRIDGE ถนนบางนา-บางปะกง
7	SS7	PC.□ 0.40 x 0.40	25.50	0.1600	1.60	1.60	0.384	9.792	DROP	6.0	1.20	SIGMA	ROYAL ORCHID HOTEL
8	SS8	PC.□ 0.45 x 0.45	24.50	0.2025	1.80	1.80	0.486	11.907	DROP	7.0	0.80	CMC	BANK OF THAILAND
9	SS9	PC.□ 0.45 x 0.45	26.00	0.2025	1.80	1.80	0.486	12.636	DROP	6.0	1.20	SIGMA	ROYAL ORCHID HOTEL
10	SS10	PC.□ 0.45 x 0.45	26.70	0.2025	1.80	1.80	0.486	12.976	DROP	6.0	0.50	SIGMA	ป้อมพระจุลฯ สมุทรปราการ

ตารางที่ 4.3

สรุปรายละเอียดเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมกลวงที่ใช้ในการวิเคราะห์

ที่	หมายเลขวิเคราะห์	ชนิด,รูปร่างและขนาดของเสาเข็ม (ม.)	ความยาว (ม)	พื้นที่หน้าตัดจริง ($ม^2$)	เส้นรอบรูป		น้ำหนักเสาเข็ม		ชนิดเครื่องตอก	น้ำหนักลูกตุ้ม (ตัน)	ยกสูง (ม)	ผู้ตอก	สถานที่ตอก
					ของจริง (ม)	ออกแบบ (ม)	ต่อเมตร (ตัน)	ทั้งต้น (ตัน)					
1	HS1	PC. □ 0.525 x 0.525	28.30	0.2049	2.10	2.10	0.492	13.924	DROP	8.5	0.80	-	- ถนนวิภาวดีรังสิต ถนนโคราช ฯลฯ
2	HS2	PC. □ 0.525 x 0.525	30.0	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DROP	8.7	1.00	CHIC	- ทางแยกต่างระดับ มักกะสัน-ห้วยขวาง
3	HS3	PC. □ 0.525 x 0.525	30.0	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DROP	8.7	1.20	CHIC	- ทางแยกต่างระดับ มักกะสัน-ห้วยขวาง
4	HS4	PC. □ 0.525 x 0.525	30.0	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DROP	8.7	1.20	CHIC	" "
5	HS5	PC. □ 0.525 c 0.525	30.0	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DROP	8.7	1.20	CHIC	" "
6	HS6	PC. □ 0.525 x 0.525	30.0	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DROP	8.7	1.20	CHIC	" "
7	HS7	PC. □ 0.525 x 0.525	30.0	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DROP	7.0	1.00	-	- ทางแยกต่างระดับรามอินทรา-ท่าเรือคลองเตย
8	HS8	PC. □ 0.40 x 0.40	22.00	0.1286	1.60	1.60	0.309	6.798	DIESEL K-35	3.5	1.90	HPC	- ถนนเพลง
9	HS9	PC. □ 0.40 x 0.40	24.00	0.1286	1.60	1.60	0.309	7.416	DIESEL K-35	3.5	1.90	HPC	- ถนนเพลง
10	HS10	PC. □ 0.40 x 0.40	24.00	0.1286	1.60	1.60	0.309	7.416	DIESEL K-35	3.5	1.90	HPC	- ถนนเพลง
11	HS11	PC. □ 0.525 x 0.525	22.00	0.2049	2.10	2.10	0.492	10.824	DIESEL K-45	4.5	1.60	HPC	- ถนนเพลง
12	HS12	PC. □ 0.525 x 0.525	24.00	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DIESEL K-45	4.5	1.50	HPC	- ถนนเพลง
13	HS13	PC. □ 0.525 x 0.525	27.00	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DIESEL K-35	3.5	1.60	PACO	- ทางแยกต่างระดับ ตะพานแขวนสิ่งอยู่
14	HS14	PC. □ 0.525 x 0.525	27.00	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DIESEL K-35	3.5	1.55	PACO	" "
15	HS15	PC. □ 0.525 x 0.525	27.00	0.2049	2.10	2.10	0.492	14.760	DIESEL K-35	3.5	1.60	PACO	" "

ตารางที่ 4.4

สรุปรายละเอียดเสาเข็มรูปกลมกลวงที่ใช้ในการวิเคราะห์

ที่	หมายเลขวิเคราะห์	ชนิด,รูปร่างและขนาดของเสาเข็ม (ม.)	ความยาว (ม)	พื้นที่หน้าตัดจริง ($ม^2$)	เส้นรอบรูป		น้ำหนักเสาเข็ม		ชนิดเครื่องตอก	น้ำหนักลูกสูบ (ตัน)	ยกสูง (ม)	ผู้ตอก	สถานที่ตอก
					ของจริง (ม)	ออกแบบ (ม)	ต่อเมตร (ตัน)	ทั้งต้น (ตัน)					
1	R1	PC., OCT 0.40	23.00	0.1335	1.35	1.35	0.322	7.40	DROP	4.25	1.00	-	โรงงานมหาวิทยาลัย ม.ศิลปากร
2	R2	PC., Ø 0.60	29.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.83	DROP	6.50	0.60	UNICO	ถนนทางหลวงแผ่นดินแห่งประเทศไทย
3	R3												ช่วงถนนอินทแดง-มักกะสัน
3	R3	PC., Ø 0.60	28.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.42	DIESEL K-35	3.50	2.04	MPAC	ปตท.ริมเขตรถดอนไก่เมียม ขอบเขตเส้นที่ 1 พญาไท
4	R4	PC., Ø 0.60	26.30	0.1571	1.885	1.885	0.408	10.73	DIESEL K-35	3.50	1.97	UNICO	ถนนทางหลวงแผ่นดินแห่งประเทศไทย ถนนดอนเมือง-ท่าเรือ ช่วงกรุงเทพฯ T3-CON.2
5	R5	PC., Ø 0.60	27.50	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.22	DIESEL K-35	3.50	1.92	UNICO	เหมือน R4, T1B-CON.1
6	R6	PC., Ø 0.60	27.50	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.22	DIESEL K35	3.50	1.77	UNICO	เหมือน R4, T2-CON.1
7	R7	PC., Ø 0.60	29.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.83	DIESEL K35	3.50	2.10	SCC.	ถนนทางหลวงแผ่นดินแห่งประเทศไทย ท่าเรือคลองเตย
8	R8	PC., Ø 0.60	28.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.42	DIESEL K35	3.50	2.10	SCC.	เหมือน R7
9	R9	PC., Ø 0.60	27.75	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.32	DIESEL K35	3.50	2.10	SCC	เหมือน R7
10	R10	PC., Ø 0.60	28.75	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.73	DIESEL K35	3.50	2.10	SCC	เหมือน R7
11	R11	PC., Ø 0.60	28.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.42	DIESEL M 43	4.30	1.86	BKT	ถนนทางหลวงแผ่นดินแห่งประเทศไทย ช่วงเอกมัย มักกะสัน
12	R12	PC., Ø 0.60	29.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.83	DIESEL M43	4.30	1.99	BKT	เหมือน R11
13	R13	PC., Ø 0.60	29.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.83	DIESEL M43	4.30	1.96	BKT	เหมือน R11
14	R14	PC., Ø 0.60	29.00	0,1571	1.885	1.885	0.406	11.83	DIESEL M43	4.30	1.90	UNICO	ถนนทางหลวงแผ่นดินแห่งประเทศไทย ท่าเรือคลองเตย
15	R15	PC., Ø 0.60	28.00	0.1571	1.885	1.885	0.408	11.42	DIESEL M43	4.30	1.80	UNICO	เหมือน R14

ตารางที่ 4.5

สรุปน้ำหนักและพื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม

ขนาดเสาเข็ม	ขนาดหน้าตัด, cm^2			น้ำหนักต่อเมตร, Kg.			เส้นรอบรูป cm.
	GEL PACO	PP, MPAC	UNICO	PACO	PP, MPAC	UNICO	
□ 30 x 30	900	900	—	216	216	—	120
□ 35 x 35	1225	1225	—	294	294	—	140
□ 40 x 40	1600	1600	—	384	384	—	160
45 x 45	-	2025	—	-	486	—	180
▣ 40 x 40	1286	—	—	309	—	—	160
▣ 45 x 45	1534	—	—	368	—	—	180
▣ 52.5 x 52.5	2050	—	—	492	—	—	210
Ø 40	—	—	—	—	—	—	—
Ø 60	—	1571	1571	—	408.4	408.4	188
I 30	660	—	—	—	—	—	—
35	880	—	—	—	—	—	—
DH 36	929	—	—	—	—	—	—

สรุปขนาดของอุปกรณ์ร่วมต่าง ๆ

HAMMER TYPE	ขนาดเสาเข็ม	น้ำหนักหมวก		Cushion		Capblock		น้ำหนัก Anvil Kg.
		—	—	AREA cm^2	THK,cm.	AREA	THK,cm.	
K - 35	30 x 30	—	—	3959.2	10	—	—	—
	35 x 35	1105.4	—	3959.2	10	1444	7.5	—
	40 x 40	1137.7	—	3959.2	10	1681	7.5	—
	45 x 45	1252.1	—	3959.2	10	2209	7.5	—
	52.5 x 52.5	1532.2	—	3959.2	10	2916	7.5	—
	Ø 60	1014.5	—	3959.2	10	3019.1	7.5	—
K - 45	Ø 60	1459.5	—	5153.0	10	3019.1	7.5	1549.05
	52.5 x 52.5	1541.0	—	—	—	2916.0	7.5	1549.05
DROP	30 x 30	304.2	169.1	—	—	1225.0	—	—
	35 x 35	—	180	—	—	1600.0	—	—
	40 x 40	—	370	—	—	2025.0	—	—
	45 x 45	—	411.1	—	—	2401	7.5	—
	50 x 50	—	443.4	—	—	3025	—	—
	Ø 60	—	—	—	—	—	—	-

ตารางที่ 4.6

สรุปการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปตัวไอ โดยใช้สูตรสแตติค

FILE NO.	EMBEDDED LENGTH (m)	PERIMETER (m)	SHAFT																		AP m²	BASE								TOTAL CAL.Q Tons	MEASURED Q Tons
			VERY SOFT, SOFT CLAY				MEDIUM CLAY				STIFF OR HARD CLAY				SAND							STIFF OR HARD CLAY				SAND					
			Su t/m²	-	L m.	QS1 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS2 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS3 Tons	ø °	Ktanø	$\bar{6v_o}$ t/m²	L m.	QS4 Tons		Su t/m²	Nc	$\bar{6v_o}$ t/m²	Qp Tons	ø °	Nq	$\bar{6v_o}$ t/m²	Qp Tons		
I1	20.50	1.04	1.43	1.00	13.00	19.33	5.20	0.75	3.50	14.20	27.48	0.40	4.0	45.73	-	-	-	-	-	0.0414	27.48	9	29.50	11.46	-	-	-	-	90.72	82.50
I2	18.50	1.04	2.85	0.90	7.00	18.67	3 90	0.84	3.00	10.22	14.40	0.55	0.55	28.82	-	-	-	-	-	0.0414	14.40	9	29.78	6.60	-	-	-	-	80.91	78.0
							3.80	0.84	5.00	16.60																				
I3	28.00	1.20	2.55	0.93	13.00	37.00	6.55	0.74	8.50	19.44	14.00	0.56	6.50	61.15	-	-	-	-	-	0.066	-	-	-	-	33	50	15.58	51.41	193.0	87.0
I4	25.35	1.60	1.20	1.0	10.50	20.16	9.62	0.70	5.50	59.26	11.90	0.63	3.05	36.58	31.00	0.31	18.26	2.30	20.83	0.124	11.90	9	43.91	18.72	-	-	-	-	169.84	-
			2.35	0.95	4.00	14.29																								
I5	21.00	1.00	1.90	0.97	13.60	25.06	7.20	0.74	4.00	21.31	-	-	-	-	33.0	0.43	14.08	3.40	20.58	0.0404	-	-	-	-	33	40	15.95	25.78	92.73	90.0
I6	20.02	1.04	1.83	0.97	13.00	24.00	5.03	0.75	3.50	13.73	17.86	0.40	3.52	26.15	-	-	-	-	-	0.048	17.86	9	35.44	9.42	-	-	-	-	73.30	80.0
I7	20.70	1.04	2.40	0.93	13.00	30.18	5.00	0.76	4.50	17.78	15.00	0.50	3.20	24.96	-	-	-	-	-	0.048	15.00	9	31.05	7.97	-	-	-	-	80.89	67.0
I8	20.00	1.44	1.74	1.00	13.00	32.57	-	-	-	-	13.15	0.56	7.00	74.23	-	-	-	-	-	0.0929	-	-	-	-	34 °	60	20.0	111.4	218.28	150.0

ตารางที่ 4.7

สรุปการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมตัน โดยใช้สูตรสแตติค

FILE NO.	EMBEDDED LENGTH (m)	PERIMETER (m)	SHAFT																		AP	BASE							TOTAL CAL.Q	MEASURED Q
			VERY SOFT, SOFT CLAY				MEDIUM CLAY				STIFF OR HARD CLAY				SAND							STIFF OR HARD CLAY				SAND					
			Su t/m²	-	L m.	QS1 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS2 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS3 Tons	ø °	Ktanø	σ'v. t/m²	L m.	QS4 Tons	m²	Su t/m²	Nc	σ'v. t/m²	Qp Tons	ø °	Nq	σ'v. t/m²	Qp Tons	Tons	Tons
SS1	20.07	1.40	1.82	0.95	2.00	4.84	-	-	-	-	7.04	0.74	5.0	36.47	30.5	0.31	14.55	1.57	9.91	0.1225	-	-	-	-	30.5	30	15.36	56.45	127.61	225.0
			1.20	1.00	4.50	7.56																								
			1.04	1.00	4.50	6.55																								
			1.70	0.98	2.50	5.83																								
SS2	21.50	1.40	2.30	0.94	6.00	24.21	4.00	0.83	4.00	29.28	8.24	0.72	5.70	47.30	-	-	-	-	-	0.1225	9.32	9	38.1	14.94	-	-	-	-	125.25	120.0
											9.32	0.71	1.50	9.52																
SS3	21.40	1.40	1.92	0.97	10.70	27.90	2.85	0.92	2.20	8.08	9.00	0.72	8.50	77.11	-	-	-	-	-	0.1225	12.00	9	36.39	17.69	-	-	-	-	130.78	100.0
SS4	23.00	1.40	2.10	0.97	13.00	37.07	-	-	-	-	11.00	0.67	5.50	56.75	-	-	-	-	-	0.1225	18.70	9	42.00	25.76	-	-	-	-	166.70	150.0
											18.70	0.40	4.50	47.12																
SS5	23.50	1.40	2.88	0.90	12.00	43.54	-	-	-	-	9.60	0.71	4.00	38.17	31.0	0.29	18.75	0.70	5.33	0.1225	-	-	-	-	31.0	35	19.10	81.89	223.60	230.0
											7.76	0.74	6.80	54.67																
SS6	20.98	1.40	1.60	1.00	11.50	25.76	3.90	0.83	3.40	15.41	9.00	0.72	4.60	41.73	30.0	0.25	14.0	1.48	7.25	0.1225	-	-	-	-	30.0	30	14.20	52.18	142.33	90.0
SS7	23.70	1.60	2.70	0.90	5.70	22.16	3.80	0.84	8.00	40.86	16.20	0.46	10.00	119.23	-	-	-	-	-	0.1600	25.50	9	40.29	43.17	-	-	-	-	225.42	170.0
SS8	23.77	1.80	2.26	0.96	7.50	29.29	2.69	0.93	5.00	22.52	14.40	0.54	6.00	83.98	27.0	0.26	15.3	3.0	21.48	0.2025	23.0	9	39.88	50.0	-	-	-	-	238.19	220.0
SS9	24.40	1.80	2.70	0.93	5.00	22.60	3.80	0.84	6.00	34.47	17.60	0.43	2.27	30.92	-	-	-	-	-	0.2025	26.6	9	41.48	56.87	-	-	-	-	291.22	240.0
SS10	25.26	1.80	2.05	0.96	7.00	24.80	4.60	0.77	9.00	57.38	12.50	0.60	5.50	74.25	-	-	-	-	-	0.2025	17.0	9	42.41	76.02	-	-	-	-	321.80	210.0
SS11	21.71	2.60	1.60	1.00	11.50	47.84	3.90	0.83	3.40	28.62	9.00	0.71	4.60	76.42	23.0	0.255	13.50	2.21	19.78	0.4225	-	-	-	-	31.5	39	15.0	247.16	419.82	230.0

ตารางที่ 4.8

สรุปการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมกลวง โดยใช้สูตรสแตติค

PILE NO.	EMBEDDED LENGTH (m)	PERIMETER (m)	SHAFT																		AP	BASE								TOTAL CAL..Q	MEASURED Q
			VERY SOFT, SOFT CLAY				MEDIUM CLAY				STIFF OR HARD CLAY				SAND							STIFF OR HARD CLAY				SAND					
			Su t/m²	-	L m.	QS1 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS2 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS3 Tons	ø °	Ktanø	$\bar{\sigma}_v$ t/m²	L m.	QS4 Tons	m²	Su t/m²	Nc	$\bar{\sigma}_v$ t/m²	Qp Tons	ø °	Nq	$\bar{\sigma}_v$ t/m²	Qp Tons	Tons	Tons
HS1	28.30	2.10	2.10	0.96	11.0	46.57	-	-	-	-	7.4	0.74	7.0	80.50	33.0	0.43	17.40	6.0	94.27	0.2049	-	-	-	-	36.0	75	25.2	387.45	793.9	450.0
															36.0	0.90	22.80	4.3	185.30											
HS2	28.40	2.10	2.30	0.95	8.50	39.00	3.50	0.86	4.60	29.08	15.56	0.49	15.30	244.97	-	-	-	-	-	0.2049	24.50	9	48.26	55.07	-	-	-	-	368.12	320.0
HS3	28.26	2.10	2.30	0.95	8.50	39.00	3.50	0.86	4.60	29.08	15.56	0.49	15.16	244.73	-	-	-	-	-	0.2049	24.50	9	48.04	55.02	-	-	-	-	365.83	320.0
HS4	26.65	2.10	2.00	0.96	9.50	38.30	4.00	0.83	3.00	20.92	10.30	0.68	5.80	85.31	24.8	0.26	15.50	1.30	11.00	0.2049	24.50	9	45.85	54.58	-	-	-	-	323.68	300.0
											14.80	0.52	2.70	43.64	26.5	0.27	18.0	1.20	12.25											
HS5	25.51	2.10	2.50	0.93	8.10	39.55	4.50	0.78	5.80	42.75	15.00	0.51	11.61	186.51	-	-	-	-	-	0.2049	18.4	9	43.31	42.82	-	-	-	-	311.63	275.0
HS6	27.81	2.10	1.80	0.96	10.50	38.10	3.50	0.85	2.00	12.50	11.00	0.67	15.30	236.80	-	-	-	-	-	0.2049	8.5	9	47.26	25.36	-	-	-	-	312.76	275.0
HS7	29.15	2.10	1.55	1.00	11.50	37.40	-	-	-	-	15.0	0.51	15.50	249.00	-	-	-	-	-	0.2049	15.00	9	45.36	36.96	-	-	-	-	323.36	330.0
HS8	19.98	1.60	1.82	0.96	2.00	5.59	-	-	-	-	7.04	0.74	5.00	41.68	30.5	0.31	14.5	1.48	10.64	0.1280	-	-	-	-	30.5	30	15.26	58.87	139.57	203.0
			1.20	1.00	4.50	8.64																								
			1.04	1.00	4.50	7.49																								
			1.70	1.00	2.50	6.66																								
HS9	21.70	1.60	1.82	0.96	2.00	5.59	-	-	-	-	7.04	0.74	5.00	41.68	30.5	0.31	15.03	2.50	18.64	0.1280	-	-	-	-	37.5	100	16.94	217.84	306.54	400.0
			1.20	1.00	4.50	8.64																								
			1.04	1.00	4.50	7.49																								
			1.70	1.00	2.50	6.66																								
HS10	21.85	2.60	0.40	1.00	6.50	4.16	-	-	-	-	5.25	0.75	4.20	26.46	37.0	1.15	15.44	2.40	68.18	0.1280	-	-	-	-	37.0	100	16.66	214.25	372.99	242.0
			2.59	0.94	3.00	11.69					10.58	0.69	4.00	46.72																
			0.525	1.00	1.75	1.47																								
HS11	20.10	2.10	1.82	0.95	2.00	7.26	-	-	-	-	7.04	0.74	5.00	54.70	30.50	0.31	14.56	1.60	15.16	0.2049	-	-	-	-	30.5	30	14.56	94.54	201.57	220.0
			1.20	1.00	4.50	11.34																								
			1.40	1.00	4.50	9.83																								
			1.70	0.98	2.50	8.74																								
HS12	21.82	2.10	0.40	1.00	6.50	5.46	-	-	-	-	5.25	0.75	4.20	34.73	37.0	1.15	15.43	2.37	88.31	0.2049	-	-	-	-	37.0	100	16.64	310.95	548.04	340.0
			2.59	0.94	3.00	15.34					10.58	0.69	4.00	61.32																
			0.525	1.00	1.75	1.93																								
HS13	26.62	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	9.40	0.71	11.62	162.86	-	-	-	-	-	0.2050	9.4	9	39.75	25.49	-	-	-	-	188.35	135.0
HS14	24.40	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	12.08	0.62	8.00	125.82	33.0	0.45	15.24	1.40	20.16	0.2050	-	-	-	-	33.0	50	15.99	163.90	309.88	320.0
HS15	25.56	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	19.9	0.40	9.56	159.80	-	-	-	-	-	0.2050	19.9	9	38.93	44.69	-	-	-	-	204.49	293.0

ตารางที่ 4.9

สรุปการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปกลมกลวง โดยใช้สูตรสแตติค

PILE NO.	EMBEDDED LENGTH (m)	PERIMETER (m)	SHAFT																		AP m²	BASE								TOTAL CAL.Q Tons	MEASURED Q Tons
			VERY SOFT, SOFT CLAY				MEDIUM CLAY				STIFF OR HARD CLAY				SAND							STIFF OR HARD CLAY				SAND					
			Su t/m²	-	L m.	QS1 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS2 Tons	Su t/m²	-	L m.	QS3 Tons	ø °	Ktanø	σ'v t/m²	L m.	QS4 Tons		Su t/m²	Nc	σ'v t/m²	Qp Tons	ø °	Nq	σ'v t/m²	Qp Tons				
P1	20.00	1.32	-	-	-	-	3.42	0.86	12.00	46.59	8.80	0.71	8.00	65.98	-	-	-	-	-	0.1320	10.50	9	34.0	17.04	-	-	-	-	129.61	120.00
P2	26.83	1.88	2.30	0.95	11.40	46.83	5.00	0.75	4.00	28.20	21.33	0.40	11.43	183.34	-	-	-	-	-	0.1571	10.00	9	45.61	21.30	-	-	-	-	279.67	362.00
P3	28.50	1.88	0.70	1.00	13.00	17.11	-	-	-	-	18.00	0.40	6.50	87.98	-	-	-	-	-	0.1571	30.00	9	50.95	50.42	-	-	-	-	326.81	450.00
											26.80	0.40	8.50	171.30																
P4	26.23	1.88	-	-	-	-	3.85	0.84	11.00	66.88	18.50	0.40	13.00	180.86	-	-	-	-	-	0.1571	11.38	9	48.60	23.70	-	-	-	-	302.45	275.00
											11.38	0.65	2.23	31.01																
P5	27.30	1.88	2.21	0.95	14.50	57.23	-	-	-	-	8.00	0.72	10.50	113.70	-	-	-	-	-	0.1571	21.30	9	49.66	37.89	-	-	-	-	245.66	300.00
											21.30	0.40	2.30	36.84																
P6	27.00	1.88	2.21	0.95	15.50	61.18	-	-	-	-	8.00	0.72	5.75	62.26	-	-	-	-	-	0.1571	21.29	9	49.93	37.92	-	-	-	-	253.41	330.00
											21.29	0.40	5.75	92.05																
P7	25.80	1.88	1.80	0.98	10.50	34.82	3.75	0.84	1.50	8.88	6.00	0.74	6.80	56.76	26.0	0.27	17.0	2.0	17.26	0.1571	24.50	9	46.30	41.89	-	-	-	-	231.52	250.00
											17.00	0.45	5.00	71.91																
P8	24.70	1.88	1.80	0.98	10.50	34.82	3.75	0.84	1.50	8.88	6.00	0.74	6.80	56.76	26.0	0.27	17.0	2.0	17.26	0.1571	23.00	9	44.21	39.44	-	-	-	-	214.17	250.00
											17.00	0.45	3.90	56.09																
P9	27.00	1.88	2.50	0.93	12.00	52.45	4.50	0.78	2.00	13.20	8.00	0.73	13.00	142.73	-	-	-	-	-	0.1571	37.6	9	45.9	60.34	-	-	-	-	268.72	300.00
P10	26.00	1.88	2.50	0.93	10.30	45.02	4.00	0.83	3.20	9.97	8.50	0.73	4.80	55.99	28.0	0.28	16.50	1.50	13.03	0.1571	22.4	9	47.08	39.04	-	-	-	-	255.05	275.00
											10.50	0.67	6.20	92.00																
P11	26.59	1.88	2.50	0.93	11.50	50.27	5.00	0.75	1.50	10.58	10.20	0.69	8.20	108.50	27.0	0.275	17.20	5.39	47.93	0.1571	-	-	-	-	36.0	80	19.8	248.85	466.13	360.00
P12	26.95	1.88	2.50	0.93	11.50	50.27	5.00	0.75	1.50	10.58	10.20	0.69	8.20	108.07	27.0	0.275	17.30	5.75	51.43	0.1571	-	-	-	-	36.0	80	20.0	251.20	471.55	360.00
P13	26.55	1.88	2.24	0.95	10.00	40.01	4.43	0.78	4.00	25.98	13.10	0.57	10.20	143.19	24.0	0.26	22.30	2.55	27.42	0.1571	-	-	-	-	34.0	60	23.0	216.66	453.26	360.00
P14	27.10	1.88	2.00	0.97	9.10	33.19	4.20	0.82	3.00	19.42	17.70	0.44	14.00	204.98	26.0	0.27	24.30	1.00	12.44	0.1571	-	-	-	-	36.5	83	24.5	319.20	589.23	420.00
P15	26.10	1.88	2.00	0.97	9.10	33.19	4.20	0.82	3.00	19.42	17.70	0.44	14.00	204.98	-	-	-	-	-	0.1571	18.4	9	44.37	32.96	-	-	-	-	290.55	275.00

ตารางที่ 4.10

สรุปข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปตัวไอ โดยใช้สมการของคลื่น

PILE NO.	HAMMER TYPE	TOTAL NO. OF DISCRETE MASSES, NP	1ST PILE SEGMENT NO.	HAMMER EFFICIENCY	RAM VELOCITY (CM/SEC.)	PILE CROSSECTION AREA (cm²)	COEFF OF RESTITUTION				TENS.FORCE TRANSMITION				RU. TOTAL (TONS) FOR START	Ru POINT (Tons)	1ST PILE SEG. IN SOIL	Q SIDE (cm)	Q POINT (cm)	J SIDE (SEC/CM)	J POINT (SEC/CM)	Δ_R	WEIGHT OF SEGMENT (TONS)				MASSLESS SPRING (TONS/CM)				Q PREDICTED (TONS)	SOIL DISTRIBUTION AT EACH SEGMENT		% OF END BEARING
							EEM 1	EEM 2	EEM 3	EEM (m)	GAMMA 1	GAMMA 2	GAMMA 3	GAMMA (m)									WAM 1	WAM 2	WAM 3	WAM (m)	XKAM 1	XKAM 2	XKAM 3	XKAM (m)		SEGMENT NO. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	
11	DROP	12	3	0.75	210.07	414.0	0.25	0.25	1.00	- - - - -	0.00	0.00	-1.00	- - - - -	10.0	1.40	3	0.254	0.254	0.00656	0.00033	2 → 10	3.00	0.169	0.208	0.208	189.31	63.09	560.98	560.98	56.0	0.0 0.35 0.75 2.5	14.0
12	DROP	12	3		210.07	414.0									10.0	0.90	4				0.00033		4.70	0.169	0.208	0.208	189.31	63.09	560.98	560.98	55.0	0.0 0.80 1.75	9.0
13	DROP	12	3		210.07	660.0									25.0	6.0	3				0.00492		4.50	0.169	0.442	0.442	189.31	88.54	670.73	670.73	88.0	0.0 1.00 2.00 4.00	24.0
14	DROP	12	3		271.20	123.50									25.0	3.0	3				0.00033		5.20	0.370	0.755	0.755	312.9	167.64	1,378.13	1,378.13	85.0	0.0 0.75 1.00 4.25	17.0
15	DROP	12	3		210.07	404.0									15.0	4.35	3				0.00492		4.50	0.169	0.204	0.204	189.31	56.04	547.42	547.42	43.0	0.0 0.675 1.65	29.0
16	DROP	12	3		210.07	480.0									15.0	1.95	3				0.00033		3.50	0.169	0.242	0.242	189.31	66.58	650.41	650.41	73.0	0.0 0.825 1.425 2.625	13.0
17	DROP	12	3		210.07	480.0									15.0	1.65	3				0.00033		3.00	0.169	0.241	0.241	189.31	66.58	650.41	650.41	26.0	0.0 0.90 1.65 2.325	11.0
18	DROP	12	3		210.07	929.0									50.0	25.50	3				0.00492		4.70	0.370	0.446	0.446	312.94	129.50	1,321.75	1,321.75	113.0	0.0 1.25 4.25	51.0

ตารางที่ 4.11

สรุปข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมตัน โดยใช้สมการของคลื่น

PILE NO.	HAMMER TYPE	TOTAL NO. OF DISCRETE MASSES, NP.	1ST PILE SEGMENT NO.	HAMMER EFFICIENCY	RAM VELOCITY (CM/SEC.)	PILE CROSSECTION AREA (CM^2)	COEFF OF RESTITUTION EEM 1	EEM 2	EEM 3	EEM (n)	TENS.FORCE TRANSMITION GAMMA 1	GAMMA 2	GAMMA 3	GAMMA (n)	RU. TOTAL (TONS) FOR START	Ru POINT (Tons)	1ST PILE SEG. IN SOIL	Q SIDE (cm)	Q POINT (cm)	J SIDE (SEC/CM)	J POINT (SEC/CM)	Δ	WEIGHT OF SEGMENT (TONS) WAM 1	WAM 2	WAM 3	WAM (n)	MASSLESS SPRING (TONS/CM) XKAM 1	XKAM 2	XKAM 3	XKAM (n)	Q PREDICTED (TONS)	SOIL DISTRIBUTION AT EACH SEGMENT	% OF END BEARING
																																SEGMENT NO. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	
SS1	DIESEL	13	4	1.0	470.8	1225.0	0.50	0.25	0.25	-	150.0	0	0	-	25.0	11	5				0.00492		3.50	1.106	1.105	0.647	1198.1	27,843.64	1494.22	1584.44	240.0	0.0 0.8325 0.625 1.25 3.0 11	44.0
SS2		12	3		343.05	1225.0				-				-	25.0	2.75	3				0.00033		3.50	1.180	0.647	0.647	247.26	169.11	1584.44	1584.44	70.0	0.0 1.25 2.0 3.75 2.75	11.0
SS3		12	3		271.20	1225.0				-				-	25.0	3.50	3				0.00033		5.12	0.180	0.647	0.647	247.26	169.11	1584.44	1584.44	53.0	0.0 1.05 1.25 3.6875 3.5	14.0
SS4		12	3		297.09	1225.0				-				-	25.0	4.0	3				0.00033		5.00	0.180	0.676	0.676	247.26	168.29	1515.55	1515.55	90.0	0.0 0.875 4.375 3.50 4.0	16.0
SS5		12	3		343.05	1225.0				-				-	50.0	18.0	3				0.00492		3.50	0.180	0.706	0.706	247.26	167.48	1452.40	1452.40	121.0	0.0 2.0 4.25 4.50 1.80	36.0
SS6		12	3	0.75	271.20	1225.0	0.25		1.00	-	0.00		-1.00	-	25.0	9.25	4	0.254	0.254	0.00656	0.00492		5.00	0.180	0.706	0.706	247.26	167.48	1452.40	1452.40	50.0	0.0 0.90 1.375 4.25 9.25	37.0
SS7	DROP	12	3		420.15	160.0		0.25		-		0.00		-	50.0	10.0	4				0.00492		6.00	0.370	0.979	0.979	312.94	217.18	1785.43	1785.43	104.0	0.0 2.50 3.0 6.50 10.0	20.0
SS8		12	3		343.05	2025.0				-				-	50.0	10.5	3				0.00033		7.00	0.411	1.191	1.191	371.05	274.19	2351.92	2351.92	152.0	0.0 2.0 2.25 6.0 5.9 10.5	21.0
SS9		12	3		420.15	2025.0				-				-	50.0	10.0	4				0.00033		6.00	0.411	0.126	0.126	371.05	274.19	2216.23	2216.23	156.0	0.0 2.0 3.0 6.0 10	20.0
SS10		12	3		271.20	2025.0				-				-	50.0	11.5					0.00033		6.00	0.411	1.298	1.298	371.05	273.31	2158.13	2158.13	102.0	0.0 2.0 3.0 5.75 7.0 11.5	23.0

ตารางที่ 4.12

สรุปข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมกลวง โดยใช้สมการของคลื่น

PILE NO.	HAMMER TYPE	TOTAL NO. OF DISCRETE MASSES, NP	1ST PILE SEGMENT NO.	HAMMER EFFICIENCY	RAM VELOCITY (CM/SEC.)	PILE CROSSECTION AREA (cm²)	COEFF OF RESTITUTION EEM 1	EEM 2	EEM 3	EEM (m)	TENS.FORCE TRANSMITION GAMMA 1	GAMMA 2	GAMMA 3	GAMMA (m)	RU, TOTAL (TONS) FOR START	Ru POINT (Tons)	1ST PILE SEG. IN SOIL	Q SIDE (cm)	Q POINT (cm)	J SIDE (SEC/CM)	J POINT (SEC/CM)	△R	WEIGHT OF SEGMENT (TONS) WAM 1	WAM 2	WAM 3	WAM (m)	MASSLESS SPRING (TONS/CM) XKAM 1	XKAM 2	XKAM 3	XKAM (m)	Q PREDICTED (TONS)	SOIL DISTRIBUTION AT EACH SEGMENT SEGMENT NO. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	% OF END BEARING
HS1	DIESEL — DROP	13	4		343.05	2049	0.50	0.25	0.25	1.00	0.0	0.0	1.0		100	49.0	3	0.254	0.254	0.00492	0.00492	2 – 10	8.50	0.443	1.39	1.39	467.48	274.46	2060.24	2060.24	316.0	0.0 1.50 5.0 6.0 11.5 49	49.0
HS2					383.54	2049									50	7.5	3			0.00656	0.00033		8.70	0.443	1.48	1.48	467.48	272.29	1943.50	1943.50	146.0	0.0 2.0 6.50 7.5	15.0
HS3					420.15	2049									50	7.5	3				0.00033		8.70	0.443	1.48	1.48	467.48	272.29	1943.50	1943.50	183.0	0.0 2.0 6.50 7.5	15.0
HS4					420.15	2049									50	8.5	4				0.00033		8.70	0.443	1.48	1.48	467.48	272.29	1943.50	1943.50	184.0	0.0 2.0 3.0 6.50 8.5	17.0
HS5					420.15	2049									50	7.0	4				0.00033		8.70	0.443	1.48	1.48	467.48	272.29	1943.50	1943.50	132.0	0.0 2.0 2.5 7.5 7.0	14.0
HS6					420.15	2049									50	4.0	4				0.00033		8.70	0.443	1.48	1.48	467.48	272.29	1943.50	1943.50	198.0	0.0 2.0 7.6 4.0	8.0
HS7					383.54	2049									50	5.5	3				0.00033		7.0	0.443	1.48	1.48	467.48	272.29	1943.50	1943.50	107.0	0.0 1.2 7.7 5.5	11.0
HS8					525.89	1286					150				25	10.75	5				0.00492		3.50	1.106	1.138	0.680	1198.1	27843.64	1552.82	1663.34	288.0	0.0 1.0 0.75 1.25 3.0 10.75	43.0
HS9					525.89	1286					150				50	35	5				0.00492		3.50	1.106	1.138	0.742	1198.1	27843.64	1431.35	1524.73	330.0	0.0 1.25 0.5 1.0 3.50 30.75	70.0
HS10					525.89	1286					150				50	28.5	5				0.00492		3.50	1.106	1.138	0.742	1198.1	27843.64	1431.35	1524.73	322.0	0.0 0.2 1.5 2.0 3.125 9.15	28.5 57.0
HS11					-	-					-				-	-	-				-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HS12					-	-					-				-	-	-				-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HS13					466.60	2049					150				25	3.5	10				0.00033		3.50	1.106	1.532	1.328	1198.1	27843.64	2041.07	2159.44	297.0	0.0 5.375 3.5	14.0
HS14					455.97	2049					150				50	26.5	10				0.00492		3.50	1.106	1.532	1.328	1198.1	27843.64	2041.07	2159.44	222.0	0.0 5.875 26.5	53.0
HS15					466.60	2049					150				50	11.0	11				0.00033		3.50	1.106	1.532	1.328	1198.1	27843.64	2041.07	2159.44	290.0	0.0 13 11	22.0

ตารางที่ 4.13

สรุปข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มรูปกลมกลวง โดยใช้สมการของคลื่น

PILE NO.	HAMMER TYPE	TOTAL NO. OF DISCRETE MASSES, NP.	1ST PILE SEGMENT NO.	HAMMER EFFICIENCY	RAM VELOCITY (CM/SEC.)	PILE CROSSECTION AREA (cm²)	COEFF OF RESTITUTION EEM 1	EEM 2	EEM 3	EEM (n)	TENS.FORCE TRANSMITION GAMMA 1	GAMMA 2	GAMMA 3	GAMMA (n)	RU. TOTAL (TONS) FOR START	Ru POINT (Tons)	1ST PILE SEG. IN SOIL	Q SIDE (cm)	Q POINT (cm)	J SIDE (SEC/CM)	J POINT (SEC/CM)	△R	WEIGHT OF SEGMENT (TONS) WAM 1	WAM 2	WAM 3	WAM (n)	MASSLESS SPRING (TONS/CM) XKAM 1	XKAM 2	XKAM 3	XKAM (n)	Q PREDICTED (TONS)	SOIL DISTRIBUTION AT EACH SEGMENT SEGMENT NO. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	% OF END BEARING
P1	PROF	12	3	0.75	383.54	1326	0.25		1.00		0.0		-1.0	-		6.5	4				0.00033		4.25	0.37	0.732	0.732			1640.7	1640.7	197.0	0.0 6.7 12.50	6.5
P2	PROF	12	3	0.75	297.09	1571	0.25		1.00		0.0		-1.0	-		3.75	4				0.00033		6.50	0.356	1.183	1.183			1842.2	1842.2	252.0	0.0 4.0 15.30	7.5
P3		13	4	1.0	551.38	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		7.5	4				0.00033		3.50	1.016	1.014	1.142	1198.1	27843.64	1788.69	1908.24	467.0	0.0 1.2 12.50 18.00	15.0
P4		13	4	1.0	538.78	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		4.0	4				0.00656		3.50	1.016	1.014	1.073	1198.1	27843.40	1896.40	2031.33	282.0	0.0 5.5 12.0 1.0	8.0
P5		13	4	1.0	529.60	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		7.5	4				0.00033		3.50	1.016	1.014	1.122	1198.1	27843.64	1942.69	1942.69	350.0	0.0 4.8 11.5 15	15.0
P6		13	4	1.0	501.06	1571	0.50	0.25	0.25	1.00	150.0	0.0	0.0	-	50.0	7.5	4	0.254	0.254		0.00033		3.50	1.016	1.014	1.122	1198.1	27843.64	1818.92	1942.69	320.0	0.0 4.0 12.5 18.0	15.0
P7		13	4	1.0	561.95	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		9.0	5				0.00033		3.50	1.016	1.014	1.183	1198.1	27843.64	1730.55	1842.21	290.0	0.0 5.0 12.40	18.0
P8		13	4	1.0	561.95	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		9.0	5				0.00033		3.50	1.016	1.014	1.142	1198.1	27843.64	1788.47	1908.00	290.0	0.0 5.0 12.40	18.0
P9	DIESEL	13	4	1.0	561.95	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		11.0	4				0.00033	2 → 10	3.50	1.016	1.014	1.132	1198.1	27843.64	1803.57	1925.19	215.0	0.0 4.0 11.6	22.0
P10		13	4	1.0	561.95	1571	0.50		0.25		150.0		0.0	-		7.5	5				0.00033		3.50	1.016	1.014	1.173	1198.1	27843.64	1744.68	1858.23	227.0	0.0 7.0 11.7 16.0	15.0
P11		13	4	1.0	542.40	1571	0.50		0.25		200.0		0.0	-		26.5	5				0.00033		4.30	1.098	1.009	1.142	1893.48	17558.83	1788.48	1908.0	224.0	0.0 4.0 7.0 5.0	53.0
P12		13	4	1.0	565.43	1571	0.50		0.25		200.0		0.0	-		26.5	5				0.00492		4.30	1.098	1.009	1.183	1893.48	17558.83	1730.55	1842.21	217.0	0.0 3.0 8.0 5.5	53.0
P13		13	4	1.0	560.20	1571	0.50		0.25		200.0		0.0	-		24.0	5				0.00492		4.30	1.098	1.009	1.142	1893.48	17558.83	1788.48	1908.00	224.0	0.0 5.0 6.0	48.0
P14		13	4	1.0	549.60	1571	0.50		0.25		200.0		0.0	-		28.5	5				0.00656		4.30	1.098	1.009	1.183	1893.48	17558.83	1730.55	1842.21	233.0	0.0 2.0 7.0	57.0
P15		13	4	1.0	531.45	1571	0.50		0.25		200.0		0.0	-		5.0	5				0.00033		4.30	1.098	1.009	1.142	1893.48	17558.83	1788.48	1908.00	290.0	0.0 5.0 14.0	10.0

ตารางที่ 4.14

ค่าคงที่หน่วง (DAMPING CONSTANT) ที่ใช้ในการวิเคราะห์

NO.	AFTER	SIDE DAMPING (sec/ft)		POINT DAMPING (sec/ft)		REMARK
		CLAY	SAND	CLAY	SAND	
1	TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE (TTI.)	0.200	0.050	0.010	0.150	
2	LOWERY ET. AL.	0.100	0.033	0.300	0.100	
3	SMITH	0.050	0.050	0.150	0.150	

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แปลงหน่วยค่าที่แนะนำดังกล่าวเป็นหน่วยเมตริก

ตารางที่ 4.15

สรุปน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่น ณณะตอกเสาเข็มหน้าตัดรูป I

PILE NO.	PILE CAPACITY (TON)							
	BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING , QWE.					BY STATIC FORMULA , QST.	BY LOAD TEST, QLT.	REMARKS
	MAIN CASE	SPRING CONSTANT		DAMPING CONSTANT AFTER				
		0.5 K ACTUAL	1.5 K ACTUAL	LOWERY	SMITH			
I1	56.0	52.0	62.0	62.0	67.0	90.7	82.5	
I2	55.0	50.0	60.0	60.0	68.0	80.9	78.0	
I3	88.0	81.0	97.0	97.0	103.0	199.0	87.0	
I4	85.0	85.0	86.0	94.0	109.0	169.8	-	
I5	43.0	42.0	47.0	47.0	50.0	92.7	90.0	
I6	73.0	60.0	70.0	70.0	75.0	73.3	80.0	
I7	26.0	26.0	53.0	53.0	56.0	80.9	67.0	
I8	113.0	100.0	114.0	114.0	114.0	218.3	150.0	

ตารางที่ 4.16

สรุปน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่น ขณะตอกเสาเข็มหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมตัน ,SS

PILE NO.	PILE CAPACITY (TON)							
	BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING , QWE.					BY STATIC FORMULA QST.	BY LOAD TEST QLT.	REMARKS
	MAIN CASE	SPRING CONSTANT		DAMPING CONSTANT AFTER				
		0.5 K ACTUAL	1.5 K ACTUAL	LOWERY	SMITH			
SS1	240.0	225.0	263.0	292.0	296.0	127.6	225.0	
SS2	72.0	67.0	75.0	80.0	96.0	125.2	120.0	
SS3	53.0	53.0	56.0	62.0	71.0	130.8	100.0	
SS4	80.0	80.0	82.0	88.0	100.0	166.7	150.0	
SS5	121.0	109.0	123.0	142.0	147.0	223.6	230.0	
SS6	50.0	47.0	49.0	58.0	58.0	142.3	90.0	
SS7	104.0	92.0	110.0	110.0	134.0	225.4	170.0	
SS8	152.0	90.0	154.0	154.0	191.0	238.2	220.0	
SS9	156.0	143.0	156.0	173.0	204.0	291.2	240.0	
SS10	102.0	90.0	97.0	97.0	116.0	321.8	210.0	

ตารางที่ 4.17

สรุปน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่น ขณะตอกเสาเข็มหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมกลวง, HS.

PILE NO.	PILE CAPACITY (TON)							
	BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING , QWE.					BY STATIC FORMULA QST.	BY LOAD TEST QLT.	REMARKS
	MAIN CASE	SPRING CONSTANT		DAMPING CONSTANT AFTER				
		0.5 K ACTUAL	1.5 K ACTUAL	LOWERY	SMITH			
HS1	316.0	290.0	324.0	367.0	375.0	793.9	450.0	
HS2	146.0	150.0	153.0	166.0	200.0	368.1	320.0	
HS3	183.0	180.0	191.0	206.0	253.0	365.8	320.0	
HS4	184.0	184.0	190.0	200.0	250.0	323.7	300.0	
HS5	132.0	123.0	130.0	147.0	189.0	311.6	275.0	
HS6	189.0	194.0	195.0	225.0	271.0	312.8	275.0	
HS7	107.0	107.0	118.0	123.0	147.0	323.4	330.0	
HS8	288.0	277.0	436.0	357.0	366.0	139.6	203.0	
HS9	330.0	323.0	413.0	389.0	364.0	306.5	400.0	
HS10	322.0	322.0	390.0	384.0	390.0	373.0	242.0	
HS11	-	-	-	-	-	201.6	220.0	
HS12	-	-	-	-	-	548.0	340.0	
HS13	297.0	281.0	392.0	336.0	366.0	188.4	335.0	
HS14	220.0	204.0	261.0	283.0	292.0	309.9	320.0	
HS15	290.0	273.0	385.0	307.0	349.0	204.5	293.0	

ตารางที่ 4.18

สรุปน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่น ขณะตอกเสาเข็มหน้าตัดรูปกลวง.R

PILE NO.	PILE CAPACITY (TON)							
	BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING , QWE.					BY STATIC FORMULA QST.	BY LOAD TEST QLT.	REMARKS
	MAIN CASE	SPRING CONSTANT		DAMPING CONSTANT AFTER				
		0.5 K ACTUAL	1.5 K ACTUAL	LOWERY	SMITH			
R1	197.0	171.0	203.0	215.0	250.0	129.6	120.0	
R2	252.0	218.0	263.0	281.0	315.0	279.7	362.0	
R3	467.0	446.0	-	-	-	326.8	450.0	
R4	282.0	274.0	452.0	323.0	425.0	302.4	275.0	
R5	350.0	326.0	437.0	408.0	516.0	245.7	300.0	
R6	320.0	297.0	458.0	360.0	456.0	253.4	330.0	
R7	290.0	224.0	278.0	259.0	350.0	231.5	250.0	
R8	290.0	245.0	316.0	257.0	346.0	214.2	250.0	
R9	215.0	213.0	315.0	237.0	315.0	268.7	300.0	
R10	227.0	203.0	220.0	225.0	313.0	255.0	275.0	
R11	224.0	297.0	338.0	245.0	286.0	466.1	360.0	
R12	217.0	348.0	414.0	289.0	327.0	471.3	360.0	
R13	224.0	310.0	394.0	271.0	314.0	453.3	360.0	
R14	233.0	308.0	356.0	267.0	306.0	589.2	420.0	
R15	290.0	336.0	316.0	307.0	357.0	290.6	275.0	

ตารางที่ 4.19

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่นเมื่อทดลองแปรเปลี่ยนลักษณะและสัดส่วนแรงด้านทานเสาเข็มหน้าตัดรูป I

PILE NO.	PILE CAPACITY BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING, TON									REMARKS
		UNIFORM SIDE FRICTION				TRIANGULAR SIDE FRICTION				
	MAIN CASE	ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			
			0	25	50		0	25	50	
I1	56.0	56.0	56.0	56.0	67.0	56.0	56.0	56.0	65.0	
I2	55.0	55.0	55.0	55.0	68.0	55.0	55.0	55.0	63.0	
I3	88.0	88.0	88.0	88.0	94.0	88.0	88.0	88.0	94.0	
I4	85.0	93.0	85.0	93.0	100.0	85.0	85.0	93.0	100.0	
I5	43.0	43.0	43.0	43.0	47.0	43.0	43.0	43.0	46.0	
I6	73.0	73.0	73.0	73.0	74.0	73.0	73.0	73.0	74.0	
I7	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	30.0	
I8	113.0	113.0	104.0	113.0	113.0	113.0	104.0	113.0	113.0	

ตารางที่ 4.20

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่นเมื่อทดลองแปรเปลี่ยนลักษณะและสัดส่วนแรงต้านทานเสาเข็มหน้าตัดรูป SS

PILE NO.	PILE CAPACITY BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING, TON									REMARKS
		UNIFORM SIDE FRICTION				TRIANGULAR SIDE FRICTION				
	MAIN CASE	ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			
			0	25	50		0	25	50	
SS1	240.0	235.0	240.0	230.0	235.0	260.0	230.0	220.0	260.0	
SS2	72.0	72.0	72.0	79.0	85.0	72.0	72.0	79.0	85.0	
SS3	53.0	56.0	53.0	57.0	66.0	56.0	53.0	57.0	66.0	
SS4	80.0	80.0	80.0	80.0	94.0	80.0	80.0	83.0	93.0	
SS5	121.0	121.0	121.0	121.0	121.0	121.0	121.0	121.0	121.0	
SS6	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
SS7	104.0	110.0	104.0	110.0	123.0	104.0	95.0	104.0	123.0	
SS8	152.0	152.0	145.0	152.0	154.0	152.0	141.0	152.0	179.0	
SS9	156.0	156.0	150.0	156.0	183.0	156.0	150.0	156.0	183.0	
SS10	102.0	105.0	102.0	105.0	124.0	102.0	90.0	102.0	124.0	

ตารางที่ 4.21

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่นเมื่อทดลองแปรเปลี่ยนลักษณะและสัดส่วนแรงต้านทานเสาเข็มหน้าตัดรูป HS

PILE NO.	PILE CAPACITY BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING, TON									REMARKS
		UNIFORM SIDE FRICTION				TRIANGULAR SIDE FRICTION				
	MAIN CASE	ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			
			0	25	50		0	25	50	
HS1	316.0	316.0	316.0	316.0	316.0	316.0	316.0	316.0	316.0	
HS2	146.0	155.0	146.0	167.0	185.0	150.0	146.0	167.0	185.0	
HS3	183.0	197.0	183.0	208.0	225.0	197.0	183.0	208.0	225.0	
HS4	184.0	200.0	184.0	200.0	217.0	200.0	170.0	200.0	217.0	
HS5	132.0	137.0	132.0	147.0	160.0	137.0	123.0	137.0	160.0	
HS6	189.0	203.0	194.0	216.0	235.0	194.0	189.0	203.0	235.0	
HS7	107.0	117.0	107.0	123.0	135.0	111.0	107.0	123.0	135.0	
HS8	288.0	283.0	288.0	296.0	283.0	304.0	251.0	296.0	304.0	
HS9	330.0	330.0	296.0	293.0	305.0	322.0	304.0	304.0	300.0	
HS10	322.0	310.0	294.0	293.0	310.0	322.0	304.0	102.0	322.0	
HS11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HS12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
HS13	297.0	297.0	287.0	287.0	315.0	315.0	307.0	332.0	315.0	
HS14	220.0	220.0	210.0	213.0	220.0	220.0	210.0	220.0	220.0	
HS15	290.0	280.0	265.0	280.0	320.0	312.0	287.0	312.0	300.0	

ตารางที่ 4.22

น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มที่ได้จากสมการคลื่นเมื่อทดลองแปรเปลี่ยนลักษณะและสัดส่วนแรงต้านทานเสาเข็มหน้าตัดรูป R

PILE NO.	PILE CAPACITY BY THE WAVE EQUATION DURING DRIVING, TON									REMARKS
		UNIFORM SIDE FRICTION				TRIANGULAR SIDE FRICTION				
	MAIN CASE	ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			ACTUAL END BEARING	VERY END BEARING %			
			0	25	50		0	25	50	
R1	197.0	197.0	196.0	208.0	223.0	197.0	189.0	197.0	223.0	
R2	252.0	252.0	252.0	259.0	222.0	252.0	252.0	259.0	271.0	
R3	467.0	470.0	450.0	450.0	497.0	435.0	427.0	450.0	488.0	
R4	282.0	312.0	307.0	325.0	397.0	317.0	300.0	355.0	340.0	
R5	350.0	376.0	364.0	380.0	453.0	380.0	355.0	380.0	400.0	
R6	320.0	353.0	350.0	360.0	409.0	300.0	280.0	326.0	379.0	
R7	290.0	300.0	274.0	314.0	350.0	285.0	259.0	300.0	345.0	
R8	290.0	290.0	245.0	290.0	340.0	290.0	257.0	300.0	350.0	
R9	215.0	228.0	210.0	227.0	315.0	268.0	246.0	285.0	254.0	
R10	227.0	270.0	235.0	283.0	307.0	254.0	245.0	266.0	321.0	
R11	224.0	206.0	183.0	183.0	206.0	230.0	202.0	197.0	230.0	
R12	217.0	280.0	240.0	240.0	280.0	272.0	261.0	258.0	272.0	
R13	224.0	213.0	220.0	213.0	213.0	277.0	225.0	234.0	227.0	
R14	233.0	240.0	205.0	205.0	240.0	223.0	215.0	240.0	233.0	
R15	290.0	272.0	272.0	290.0	332.0	290.0	280.0	307.0	321.0	