บทที่ 3

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก ราคา ขนาด และรูปร่างของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง ประกอบด้วยข้อมูลผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มตอกในบริเวณกรุงเทพฯ ข้อมูลการเจาะสำรวจคุณสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรม ข้อมูลราคาวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตเสาเข็ม และราคาขายเสาเข็ม

3.1 ข้อมูลผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มตอกในบริเวณกรุงเทพฯ รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย สถานที่ทดสอบเสาเข็ม ขนาดรูปร่างหน้าตัดของเสาเข็ม ระดับความลึกของปลายเสาเข็ม กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวที่วัดได้กับน้ำหนักบรรทุก และค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ทดสอบได้ เป็นต้น ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มที่ใช้ในการวิจัยได้รวบรวมขึ้นทั้งหมดจำนวน 78 ต้น แยกออกตามรูปร่างหน้าตัดของเสาเข็มได้ดังนี้

เสาเข็มหน้าตัดไอ (I) มีจำนวน 44 ต้น แบ่งเป็น

ขนาด 0.22 x 0.22 เมตร จำนวน 3 ต้น

ขนาด 0.26 x 0.26 เมตร จำนวน 11 ต้น

ขนาด 0.30 x 0.30 เมตร จำนวน 11 ต้น

ขนาด 0.35 x 0.35 เมตร จำนวน 8 ต้น

ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร จำนวน 11 ต้น

เสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน (■) มีจำนวน 15 ต้น แบ่งเป็น

ขนาด 0.26 x 0.26 เมตร จำนวน 1 ต้น

ขนาด 0.30 x 0.30 เมตร จำนวน 2 ต้น

ขนาด 0.35 x 0.35 เมตร จำนวน 11 ต้น

ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร จำนวน 1 ต้น

เสาเข็มหน้าตัดกลมกลวง (●) มีจำนวน 19 ต้น แบ่งเป็น

ขนาด Ø 0.25 เมตร จำนวน 1 ต้น

ขนาด Ø 0.30 เมตร จำนวน 4 ต้น

ขนาด Ø 0.35 เมตร จำนวน 3 ต้น

ขนาด Ø 0.40 เมตร จำนวน 1 ต้น

ขนาด Ø 0.45 เมตร จำนวน 3 ต้น

ขนาด Ø 0.60 เมตร จำนวน 7 ต้น

รายละเอียดของข้อมูลผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ส่วนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักบรรทุกกับค่าการทรุดตัวของเสาเข็มรวบรวมไว้ในภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดสอบเสาเข็มทั้งหมด 78 ต้น ดังกล่าว เป็นเสาเข็มที่ทดสอบจนถึงจุดวิบัติเพียงจำนวน 33 ต้น ซึ่งการพิจารณาหาค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติจากผลการทดสอบได้ใช้ค่าน้ำหนักบรรทุกที่น้อยที่สุดที่ทำให้เสาเข็มทรุดตัวเท่ากับ $\frac{1}{10}$ เท่า ของขนาดความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม (Terzaghi 1942) สำหรับข้อมูลเสาเข็มที่การทดสอบไม่ถึงจุดวิบัตินั้น ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติได้ประมาณจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าระยะการทรุดตัวในช่วงของน้ำหนักที่ทำการทดสอบตามวิธีการของ Mazurkiewicz (1972) ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.2 รายละเอียดของการวิเคราะห์หาน้ำหนักบรรทุกวิบัติดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

อย่างไรก็ตามค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่หาได้ตามวิธีการของ Mazurkiewicz (1972) นั้นเป็นเพียงการประมาณเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการทดสอบจริงในสนามสำหรับข้อมูลการทดสอบเสาเข็มจำนวน 33 ต้นที่มีอยู่ ดังแสดงตามตารางที่ 3.2 โดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบเส้นถดถอย (Linear Regression Analysis) ตามรูปที่ 3.1 ซึ่งจะได้ว่า

$$Qt = 0.864\ Qmaz \quad \text{----------} \quad (3.1)$$

$$R^2 = 0.992$$

เมื่อ Qt คือ ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติวัดได้จากการทดสอบ

Qmaz คือ ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติประมาณการจากเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะทรุดตัวของเสาเข็มด้วยวิธีของ Mazurkiewicz (1972)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณากลุ่มของข้อมูลจะพบว่าข้อมูลน้ำหนักบรรทุกวิบัติของ เสา เข็ม ลำดับที่ 76 ที่ประมาณได้โดยวิธี Mazurkiewicz (1972) จะต่างจากที่ทดสอบได้จริงถึงประมาณ 40% ซึ่งผิดออกไปจากกลุ่มของข้อมูลที่วิเคราะห์ เมื่อพิจารณา เฉพาะข้อมูลของ เสา เข็ม 32 ต้น โดยไม่คำนึงถึงข้อมูลของ เสา เข็มลำดับที่ 76 ดังกล่าว จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$Qt = 0.889\ Qmaz \qquad \text{----------} \qquad (3.2)$$

$$R^2 = 0.997$$

ค่า R^2 เป็นค่าที่แสดงถึงคุณภาพของ เส้นถดถอย ซึ่งมีค่าประมาณ 0.99 แสดงว่าค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการประมาณการ โดยวิธีของ Mazurkiewicz (1972) และจากการทดสอบจริงมีความสัมพันธ์ ในแบบ เส้นตรงอย่างดียิ่ง โดยที่ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการประมาณการจะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบ เล็กน้อย

ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่จะใช้ในการวิจัยนี้ จะใช้ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการปรับแก้ค่าที่ได้จากการประมาณ โดยวิธี Mazurkiewicz (1972) ตามสมการที่ (3.2)

ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการประมาณโดยวิธี Mazurkiewicz (1972) และค่าที่ได้จากการปรับแก้ตามสมการที่ (3.2) ของ เสา เข็มทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของข้อมูลผลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม

ลำดับที่	สถานที่ทดสอบเสาเข็ม	ขนาด (เมตรxเมตร)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น.น. 1 (ตัน)	น.น. 2 (ตัน)	น.น. 3 (ตัน)
1.	ร.ง.อุตสาหกรรมลาดกระบัง (โรงอาหาร)	I.22X.22	21.0	40*	83	74
2.	" " (บ้านพัก)	I.22X.22	21.0	40*	83	74
3.	" " (ตึกอำนวยการ)	I.22X.22	21.3	40*	73	65
4.	แฟลตตำรวจหนองแขม	I.26X.26	21.0	60*	92	82
5.	หอพักหญิงธรรมศาสตร์ ทุ่งมหาเมฆ	I.26X.26	21.0	100F	103	91
6.	บ. โกดัก จ.ก. ถ.วิภาวดีรังสิต	I.26X.26	24.0	75*	108	96
7.	สถานีตำรวจ ซ.สวนพลู	I.26X.26	21.9	60*	92	82
8.	สถานีตำรวจ บางยี่ขัน	I.26X.26	21.0	85F	87	77
9.	บ้านพักนายทหาร กรมมหาดเล็กรักษาพระองค์ ถ.สุโขทัย	I.26X.26	21.0	70*	84	75
10.	ที่พักนิคมอุตสาหกรรมบางชัน	I.26X.26	21.0	80F	90	80
11.	" "	I.26X.26	21.0	85F	95	84
12.	สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า บางมด	I.26X.26	21.0	80F	85	75
13.	การเคหะชุมชนทุ่งสองห้อง ดอนเมือง	I.26X.26	18.0	40*	55	49
14.	แฟลตนายทหารชั้นประทวน ม.ท.บ. 1 สามเสน	I.26X.26	23.0	75*	100	89
15.	ร.ง. อุตสาหกรรมลาดกระบัง	I.30X.30	22.0	70*	104	92
16.	อาคารสโมสรไทปิง คอนโดมิเนียม ถ.เอกมัย	I.30X.30	24.85	75*	105	93
17.	สำนักผังเมือง ถ.อโศกดินแดง	I.30X.30	28.20	90*	105	93
18.	บ.โกดัง จ.ก. ถ.วิภาวดีรังสิต	I.30X.30	24.50	100*	113	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ต่อ

ลำดับที่	สถานที่ทดสอบเสาเข็ม	ขนาด (เมตรXเมตร)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น.น. 1 (ตัน)	น.น. 2 (ตัน)	น.น. 3 (ตัน)
19.	อาคารพาณิชย์ ห้วยขวาง เคหะ	I.30X.30	21.0	110*	112	100
20.	ชุมสายโทรศัพท์ คลองเตย	I.30X.30	23.0	120*	135	120
21.	โรงพยาบาล ชานพระนคร T_1 มีนบุรี	I.30X.30	20.0	100*	118	105
22.	" " T_2	I.30X.30	20.2	100*	107	95
23.	" " T_3	I.30X.30	20.0	100*	106	94
24.	ร.ง Non Diary Creamer บางโพ	I.30X.30	24.45	105F	104	92
25.	NAVY Flat ช. งามดูพลี ทุ่งมหาเมฆ	I.30X.30	24.00	100*	136	121
26.	บ. ไกดัก จ.ก. ถ.วิภาวดีรังสิต	I.35X.35	24.50	150*	185	164
27.	Emeral Condominium ถ.วิทยุ	I.35X.35	22.62	150*	155	138
28.	เรือนจำทหารอากาศ ดอนเมือง	I.35X.35	19.00	90*	118	105
29.	ชุมสายโทรศัพท์ คลองเตย	I.35X.35	24.0	137.5F	114	128
30.	ชุมสายโทรศัพท์ อ่อนนุช	I.35X.35	21.0	130.0F	145	129
31.	บ. เมืองไทยประกันชีวิต ถ. รัชดาภิเษก	I.35X.35	25.14	150*	174	155
32.	กองบัญชาการกองทัพภาคที่ 1 ถ.ราชดำเนิน	I.35X.35	20.00	100*	116	103
33.	อาคารสำนักงานฟิลิปส์ ถ.สรรพาวุธ บางนา	I.35X.35	25.00	125*	186	165
34.	อาคารศาลแรงงาน ถ.พระราม 4	I.40X.40	22.80	100*	145	129
35.	อาคารอัษฎางค์ ร.พ.ศิริราช พรานนก	I.40X.40	23.00	100*	162	144
36.	สำนักผังเมือง	I.40X.40	25.80	150*	173	154
37.	New Chemical Plant สำโรงใต้	I.40X.40	24.00	130*	160	142

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ต่อ

ลำดับที่	สถานที่ทดสอบเสาเข็ม	ขนาด (เมตรxเมตร)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น.น.1 (ตัน)	น.น. 2 (ตัน)	น.น.3 (ตัน)
38.	S.K. Condomi ium ถ.อโศก	I.40X.40	26.00	175*	190	169
39.	มหาทุนพลาซ่า ถ.เพลินจิต	I.40X.40	23.00	140F	142	126
40.	บ.เชลล์แห่งประเทศไทย ถ.ณ.ระนอง	I.40X.40	23.00	130*	140	124
41.	บ.ศรีวิกรม์อินเวสเมนต์ ถ.อโศก	I.40X.40	24.00	160*	175	155
42.	แฟลตสหกรณ์ ใกล้สถานีรถไฟ สามเสน	I.40X.40	22.20	180*	230	204
43.	สัจญานคอร์ด สุขุมวิท 20	I.40X.40	24.35	120*	180	160
44.	คฤหาสน์ ทองทิพย์ สุขุมวิท 47	I.40X.40	24.00	150*	195	173
45.	Tall Survillance ถ.เกษมราช	□.26X.26	22.0	70F	86	76
46.	หอพักนิสิตจุฬา ปทุมวัน	□.30X.30	23.10	99.75*	140	124
47.	แฟลตเคหะดินแดง โครงการ 4 ระยะ 1	□.30X.30	23.50	100F	140	124
48.	การประปา บางเขน	□.35X.35	26.10	120*	186	165
49.	ร.ร. เชาวลิต สุขุมวิท	□.35X.35	21.0	130F	134	119
50.	อาคารโกมล สุโกศล	□.35X.35	21.0	150F	150	133
51.	สะพานลอยข้ามถนน เชื้อเพลิง	□.35X.35	23.7	150F	180	160
52.	ประปานครหลวง ท่าพระ	□.35X.35	25.0	150F	164	146
53.	T.T.P. (Ohbayashi Gumi Ltd.)	□.35X.35	24.0	160F	174	155
54.	ศูนย์การค้าราชดำริ	□.35X.35	21.0	170F	183	162
55.	สะพานลอยราชเทวี	□.35X.35	24.5	190F	220	195
56.	" "	□.35X.35	23.0	200F	227	201
57.	บ.อาซาฮี พระประแดง	□.35X.35	23.7	100*	120	106

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ต่อ

ลำดับที่	สถานที่ทดสอบเสาเข็ม	ขนาด (เมตรXเมตร)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น.น.1 (ตัน)	น.น.2 (ตัน)	น.น.3 (ตัน)
58.	บ.อาซาฮี พระประแดง	□.35X.35	24.55	100*	125	111
59.	ธ.นครหลวงไทย ประตูน้ำ	□.40X.40	25.00	180F	210	186
60.	อาคารแฟลตกรมสารวัตรทหารบก ดอนเมือง	● Ø.25	21.00	70*	90	80
61.	กองพันทหารปืนใหญ่ ต่อสู้อากาศยานที่ 5	● Ø.30	21.00	90*	100	89
62.	โรงซ่อมบำรุงสนามบิน ดอนเมือง	● Ø.30	21.00	110F	118	105
63.	" " "	● Ø.30	21.00	96.25F	102	90
64.	อาคารที่พักนายทหาร กรมพลาธิการทหารบก	● Ø.30	23.00	90*	125	111
65.	สำนักงานประปา นนทบุรี	● Ø.35	22.00	140*	163	145
66.	โรงซ่อมบำรุงสนามบิน ดอนเมือง	● Ø.35	21.00	131F	140	124
67.	" " "	● Ø.35	21.00	150*	158	140
68.	อ.บริษัท เอเชียทรัพย์สิน ถ.สาธร	● Ø.40	26.00	160*	178	158
69.	โรงซ่อมบำรุงสนามบิน ดอนเมือง	● Ø.45	22.0	195F	218	194
70.	" " "	● Ø.45	22.0	195F	213	189
71.	" " "	● Ø.45	21.0	195F	216	192
72.	ทางด่วน (ดินแดง-ท่าเรือ) เสาเข็ม No.5	● Ø.60	25.9	280F	325	289
73.	" " " เสาเข็ม No.17	● Ø.60	26.0	250F	280	249
74.	ทางด่วน (ดินแดง-ท่าเรือ) Sta RTN CH 2 + 255	● Ø.60	27.05	360F	425	378
75.	ทางด่วน (ดินแดง-ท่าเรือ) Sta RTN CH 2 + 050	● Ø.60	26.95	360F	425	378
76.	ทางด่วน (ดินแดง-ท่าเรือ) Sta RTN CH 1 + 870	● Ø.60	27.55	360F	500	444

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ต่อ

ลำดับที่	สถานที่ทดสอบเสาเข็ม	ขนาด (เมตรXเมตร)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น.น. 1 (ตัน)	น.น. 2 (ตัน)	น.น. 3 (ตัน)
77.	ทางด่วน (ดินแดง-ท่าเรือ) เสาเข็ม	●Ø 0.60	25.0	250^{F}	275	244
78.	ปทุมวันเพลส คอนโดมิเนียม ปทุมวัน	●Ø 0.60	28.0	375^{F}	400	355

หมายเหตุ

น.น. 1 น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ทดสอบได้ในสนาม

โดยที่ F น้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ทดสอบได้จริงในสนาม

* น้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่กำหนดไว้ในการทดสอบแบบพิสูจน์

น.น. 2 น้ำหนักบรรทุกวิบัติประมาณการโดยวิธีของ Mazurkiewicz

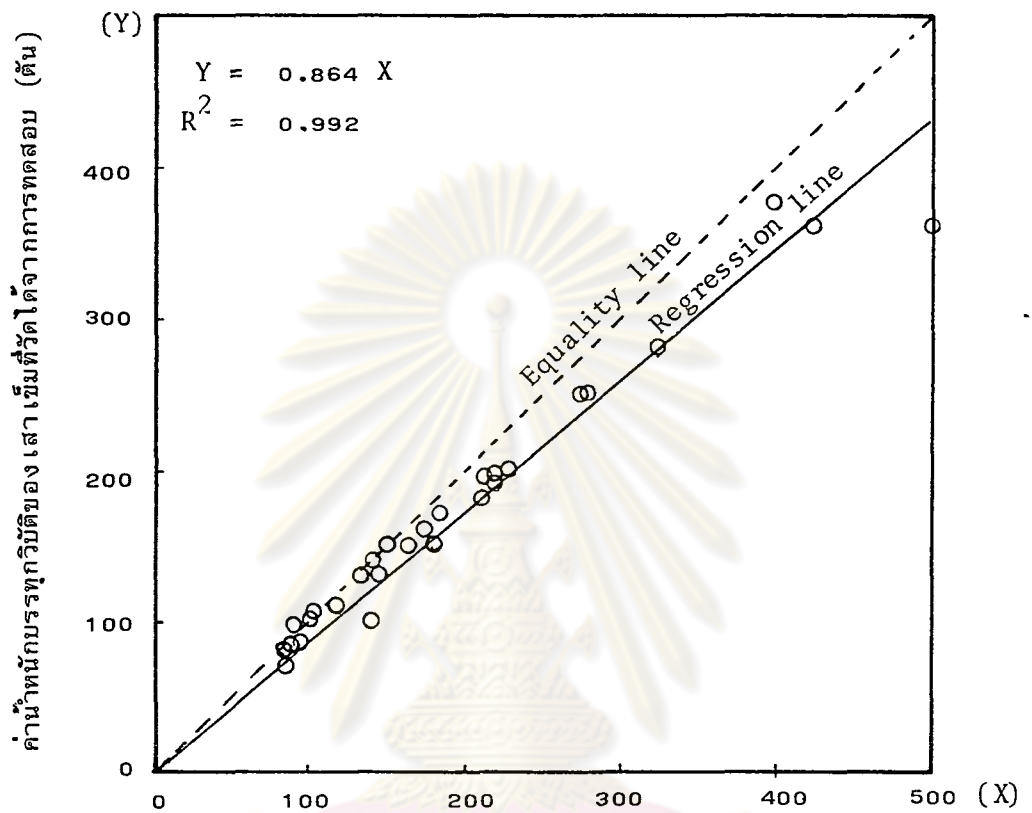
น.น. 3 น้ำหนักบรรทุกวิบัติปรับปรุงจากวิธีของ Mazurkiewicz ตามสมการที่ 3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 การเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกวิบัติของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบและการประมาณ โดยวิธีของ Mazurkiewicz (1972)

เสาเข็มลำดับที่	ขนาด ($ม^3$)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกวิบัติ	
			ทดสอบ (ตัน)	ประมาณการ (ตัน)
5	I0.26X0.26X21.0	21.0	100	103
6	I0.26X0.26X21.0	21.0	85	87
10	I0.26X0.26X21.0	21.0	80	90
11	I0.26X0.26X21.0	21.0	85	95
12	I0.26X0.26X21.0	21.0	80	85
24	I0.30X0.30X24.0	24.45	105	104
29	I0.35X0.35X24.0	24.0	137.5	144
30	I0.35X0.35X0.35	21.0	130.0	145
39	I0.40X0.40X23.0	23.0	140.0	142
45	□0.26X0.26X22.0	22.0	70	86
47	□0.30X0.30X22.5	23.5	100	140
49	□0.35X0.35X21.0	21.0	130	134
50	□0.35X0.35X21.0	21.0	150	150
51	□0.35X0.35X23.0	23.7	150	180
52	□0.35X0.35X25.0	25.0	150	160
53	□0.35X0.35X24.0	24.0	160	174
54	□0.35X0.35X21.0	21.0	170	183
55	□0.35X0.35X23.0	24.5	190	220
56	□0.35X0.35X23.0	23.0	200	227
59	□0.40X0.40X25.0	25.0	180	210
62	●Ø0.30X21.0	21.0	110	118
63	●Ø0.30X21.0	21.0	96	92
66	●Ø0.35X21.0	21.0	131	140
69	●Ø0.45X22.0	22.0	195	218
70	●Ø0.45X22.0	22.0	195	213
71	●Ø0.45X21.0	21.0	195	216
72	●Ø0.60X28.0	25.9	280	325
73	●Ø0.60X29.0	26.0	250	280
74	●Ø0.60X29.0	27.05	360	425
75	●Ø0.60X29.0	26.95	360	425
76	●Ø0.60X28.0	27.55	360	500
77	●Ø0.60X28.0	25.0	250	275
78	●Ø0.60X28.0	28.0	375	400

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติของเสาเข็ม ประมาณการจาก Load-Setllement curve ด้วยวิธีของ Mazurkiewicz (1972) (ตัน)

รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มระหว่าง ค่าที่วัดได้จากการทดสอบกับค่าที่ประมาณการตามวิธีของ Mazurkiewicz (1972)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ข้อมูลการเจาะสำรวจคุณสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรม รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วยสถานที่ตั้งโครงการ รูปตัดของชั้นดิน กำลังรับแรงอัดแบบ Unconfined (q_u) และค่า Standard Penetration Test (SPT) ข้อมูลที่รวบรวมขึ้นเลือกเฉพาะบริเวณที่มีการทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจนถึงจุดวิบัติ รวม 11 หลุมเจาะ ประกอบด้วยเสาเข็มที่ทดสอบจำนวน 19 ต้น

ข้อมูลการเจาะสำรวจดินที่รวบรวมขึ้นนี้ใช้สำหรับคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกวิบัติจากคุณสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรม โดยใช้ Static Pile Formula ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3 การคำนวณได้ใช้ขนาดหน้าตัดและความยาวปลายเสาเข็มขนาดเดียวกันกับข้อมูลการทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มทั้ง 19 ต้น รายละเอียดและตัวอย่างการคำนวณได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ข. ส่วนผลการคำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ในการวิเคราะห์ได้เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่คำนวณได้กับค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ทดสอบได้ วิธีการเปรียบเทียบใช้หลักการของเส้นถดถอย (Linear Regression Analysis) ดังแสดงตามรูปที่ 3.2 ซึ่งจะได้ว่า

$$Qt = 1.193\ Q_c \qquad (3.3)$$

$$R^2 = 0.99$$

เมื่อ Qt คือ ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่วัดได้จากการทดสอบ

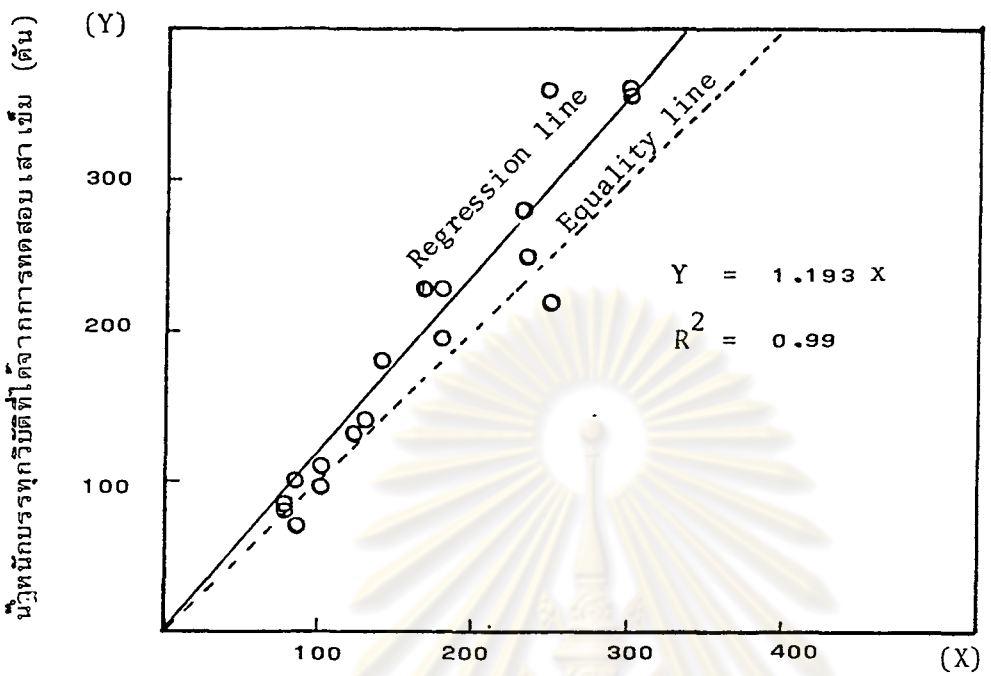
Q_c คือ ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติคำนวณจากข้อมูลการเจาะสำรวจ

ความสัมพันธ์ตามสมการที่ (3.3) ได้ ค่า R^2 = 0.99 แสดงว่าค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการคำนวณ และจากการทดสอบมีความสัมพันธ์ในแบบเส้นตรงอย่างดียิ่ง โดยที่ค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่ได้จากการทดสอบจะมีค่ามากกว่าที่ได้จากการคำนวณเล็กน้อย

ตารางที่ 3.3 น้ำหนักบรรทุกวิบัติของเสาเข็มคำนวณจาก Static Pile Formula เลือกเฉพาะเสาเข็มที่มีการทดสอบจนถึงจุดวิบัติ และ มีข้อมูลการเจาะสำรวจดิน

เสาเข็มลำดับที่	ขนาดเสาเข็ม (เมตร)	พื้นที่หน้าตัด ($ม^2$)	ความยาวเส้นรอบรูป (เมตร)	ความยาวปลายเสาเข็ม (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกวิบัติ (ตัน)	
					คำนวณ	ทดสอบ
5	I 0.26X0.26X21.0	0.0464	1.04	21.0	86	100
10	I 0.26X0.26X21.0	0.0464	1.04	21.0	79	80
11	I 0.26X0.26X21.0	0.0464	1.04	21.0	79	85
39	I 0.40X0.40X23.0	0.1087	1.60	23.0	131	140
45	□ 0.26X0.26X22.0	0.0676	1.04	22.0	86	70
59	□ 0.40X0.40X25.0	0.1600	1.60	25.0	142	180
62	Ø 0.30X21.0 ม.	0.0480	0.9425	21.0	102	110
63	Ø 0.30X21.0 ม.	0.0480	0.9425	21.0	102	96
66	Ø 0.35X21.0 ม.	0.0616	1.0996	21.0	123	131
69	Ø 0.45X22.0 ม.	0.0930	1.4137	22.0	180	195
70	Ø 0.45X22.0 ม.	0.0930	1.4137	22.0	180	227
71	Ø 0.45X21.0 ม.	0.0930	1.4137	21.0	167	227
72	Ø 0.60X28.0 ม.	0.1571	1.8850	25.9	233	280
73	Ø 0.60X29.0 ม.	0.1571	1.8850	26.0	235	250
74	Ø 0.60X29.0 ม.	0.1571	1.8850	27.05	299	360
75	Ø 0.60X29.0 ม.	0.1571	1.8850	26.95	301	360
76	Ø 0.60X28.0 ม.	0.1571	1.8850	27.55	246	360
77	Ø 0.60X28.0 ม.	0.1571	1.8850	25.0	219	250
78	Ø 0.60X28.0 ม.	0.1571	1.8850	28.0	300	357

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกวิบัติที่หาได้โดยการคำนวณ จากข้อมูลการเจาะสำรวจ กับ การทดสอบเสาเข็ม

3.3 ข้อมูลราคาเสาเข็ม

ราคาขายเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดรูปไอ สี่เหลี่ยมตัน และกลมกลวง ได้รวบรวมไว้ใน ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของข้อมูลประกอบด้วย ราคาขายเสาเข็ม รวมค่าขนส่ง ราคาค่าตอกเสาเข็ม ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ราคาขายเสาเข็มเป็นราคาที่รวมค่าขนส่งในบริเวณกรุงเทพฯ หรือใกล้เคียง ซึ่งเป็นราคาเฉลี่ยที่สำรวจได้จากบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ

- ราคาค่าตอกเสาเข็ม เป็นราคาเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลของงานก่อสร้างที่ใช้เสาเข็มจำนวนมากซึ่งได้รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนย้ายและติดตั้งอุปกรณ์ในการตอกเสาเข็มไว้แล้ว

- ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เสา เข็ม ได้คิดจากปริมาณวัตถุดิบ ซึ่งได้แก่ คอนกรีตและลวด เหล็กอัดแรง (PC-Wire) โดยได้คิดจากการผลิต เสา เข็มหน้าตัดต่าง ๆ ที่ ความยาว 23.0 เมตร ซึ่ง เป็นความยาว เฉลี่ยของข้อมูลน้ำหนักบรรทุก เสา เข็มที่ได้รวบรวมไว้ สำหรับงานวิจัยนี้ การออกแบบได้ยึดถือ เอาทฤษฎี Elastic เป็นหลัก ในส่วนของคอนกรีตที่ใช้ผลิต เสา เข็ม ACI ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณปูนซี เมนต์ ควรจะไม่ต่ำกว่า 335 กก./ลบ. เมตร ซึ่ง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ราคาคอนกรีต ลบ. เมตรละ 1125 บาท ซึ่ง เป็นราคา เฉลี่ยสำหรับคอนกรีตที่มี ปริมาณปูนซี เมนต์ปอร์ต แลนด์ประ เภทที่หนึ่ง 425 กก./ลบ. เมตร สำหรับราคาลวด เหล็กอัดแรง ที่ใช้ผลิต เสา เข็มใช้ราคา 20 บาท ต่อน้ำหนัก 1 กก. ซึ่ง เป็นราคา เฉลี่ยที่สำรวจได้จากบริษัท ผู้ผลิต ส่วนข้อกำหนดของวัสดุต่าง ๆ ได้ใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังนี้

มอก. 396-2524 "เสา เข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำ เร็จ"

มอก. 398-2524 "เสา เข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำ เร็จแบบแรง เหวี่ยง"

มอก. 95-2525 "ลวด เหล็กสำหรับงานคอนกรีตและแรง"

เพื่อ เป็นการทดสอบข้อมูลราคาขาย เสา เข็มที่รวบรวมขึ้นว่ามีความน่า เชื่อถือ เพียงไร ในการวิ เคราะห์จึงได้ทำการ เปรียบ เทียบราคาขาย เสา เข็มกับราคาวัตถุดิบ วิธีการ เปรียบ เทียบใช้หลักการของ เส้นถดถอย (Linear Regression Analysis) ผลลัพธ์ที่ได้ แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 ปรากฏว่า

$$\text{ราคา เสา เข็ม} = 1.28 \quad \text{ราคาวัตถุดิบ} + 1286.33 \text{ -------- (3.4)}$$

$$R^2 = 0.78$$

ความสัมพันธ์ตามสมการที่ (3.4) ได้ค่า $R^2 = 0.78$ แสดงว่า ราคาขาย เสา เข็ม และราคาวัตถุดิบ มีความสัมพันธ์ ในแบบ เส้นตรงโดยมีประมาณ 78% ของความผันแปร ในราคาขาย เสา เข็ม เกิดจากความสัมพันธ์แบบ เส้นตรงของราคาวัตถุดิบ

ตารางที่ 3.4 ราคาเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (พ.ศ. 2527 - 2528)

ขนาด	(1) ราคาขายเสาเข็ม		(2) ราคาค่าตอกเสาเข็มต่อต้น (บาท)	ราคาวัตถุดิบที่ใช้การผลิต		
	บาท/เมตร	บาท/23 เมตร		(3) คอนกรีต (บาท)	(4) ลวดเหล็กอัดแรง (บาท)	รวม (บาท)
I 0.22 X 0.22	125	2875	350	853.90	779.80	1634
I 0.26 X 0.26	135	3105	400	1200.60	935.60	2136
I 0.30 X 0.30	285	4255	500	1604.20	1247.60	2852
I 0.35 X 0.35	250	5750	600	2217.50	2140.00	4358
I 0.40 X 0.40	340	7820	700	2812.60	2445.80	5258
□ 0.22 X 0.22	165	3795	400	1252.30	1091.60	2344
□ 0.26 X 0.26	210	4830	500	1749.10	1403.60	3153
□ 0.30 X 0.30	290	6670	600	2328.70	1871.40	4200
□ 0.35 X 0.35	365	8395	700	3169.70	2751.60	5921
□ 0.40 X 0.40	480	11040	1000	4140.00	3668.80	7809
Ø 0.25	150	3450	450	869.40	638.00	1507
Ø 0.30	185	4255	500	1242.00	921.60	2164
Ø 0.35	255	4865	600	1593.90	1250.60	2844
Ø 0.40	335	7705	700	1982.00	1528.60	3511
Ø 0.45	420	9660	1000	2406.40	1945.60	4352

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

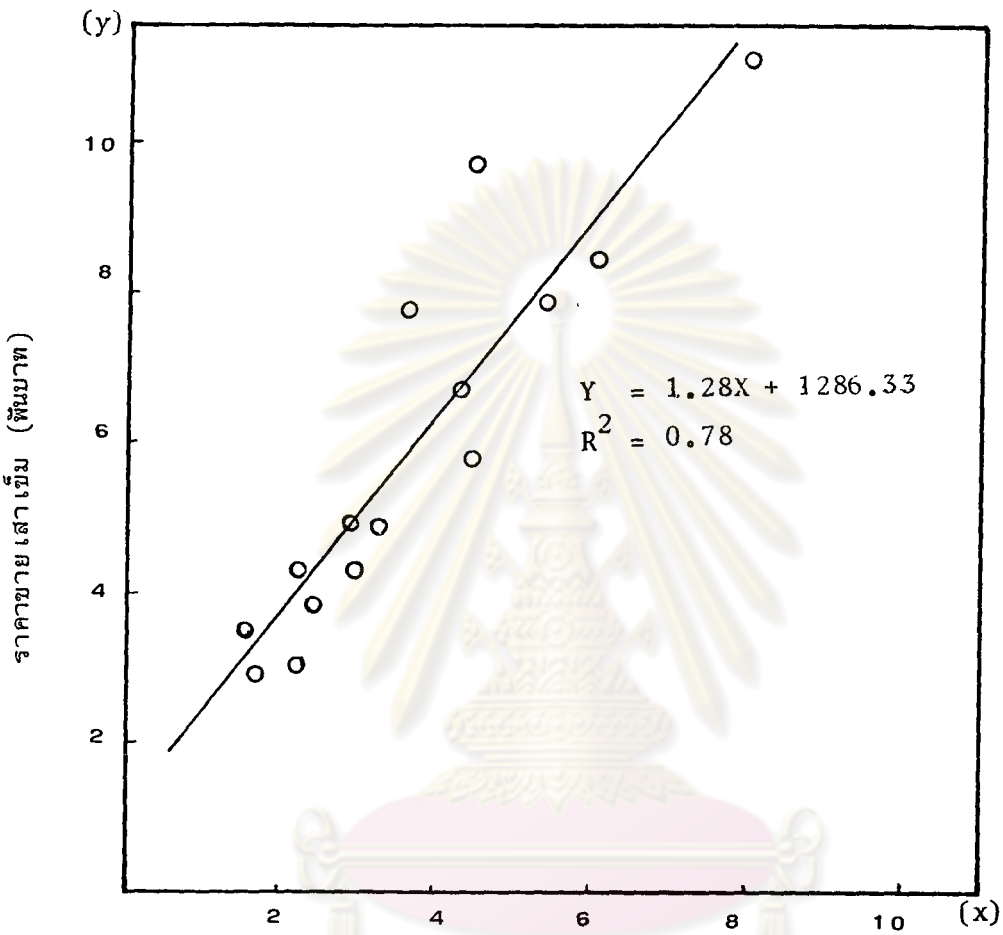
หมายเหตุ

(1) ราคาขายเสาเข็มรวมค่าขนส่งในบริเวณกรุงเทพฯ หรือใกล้เคียง ราคาดังกล่าวเป็นราคาขายเฉลี่ยต่อความยาวเสาเข็ม 1.0 เมตร ที่ความยาวประมาณ 21.0 ถึง 24.0 เมตร ยกเว้นเสาเข็มกลมกลวงเป็นเสาเข็มสองท่อนต่อเชื่อม

(2) ราคาค่าตอกเสาเข็มเป็นราคาเฉลี่ยที่ความยาว 21.0 ถึง 24.0 เมตร ซึ่งใช้กับงานขนาดใหญ่ที่มีการตอกเสาเข็มจำนวนมาก

(3) ราคาคอนกรีตคิดราคาคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่ง 425 กก/ม^3 ในราคาเฉลี่ยลูกบาศก์เมตรละ 1125 บาท

(4) ราคาลวดเหล็กอัดแรง ราคา 20 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างราคาขาย เสาเข็ม กับ ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย