ภาคผนวก ก

รายงานผลการเจาะสำรวจดิน

โครงการสะพานนเศวร อ.เมือง จังหวัดพิษณุโลก

1. บทนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเสนอผลการเจาะสำรวจ และผลการทดสอบคุณสมบัติของดินสำหรับการออกแบบทางปฐพีวิศวกรรม โครงการสะพานนเรศวรซึ่งตั้งอยู่ที่เมือง จังหวัดพิษณุโลก การเจาะสำรวจดินได้เริ่มเข้าดำเนินการเจาะเมื่อวันพฤหัสบดี 28 กันยายน 2543 และเสร็จสิ้นเมื่อวันศุกร์ 29 กันยายน 2543 จำนวน 1 หลุม งานที่ทำในสนามมีการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งมีการทดสอบ Standard Penetration Test (SPT) และนำไปทดสอบทางคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อเป็นข้อมูลในการจำแนกประเภทดินและใช้ในการออกแบบฐานราก

2.การสำรวจภาคสนาม

2.1 การเจาะสำรวจ

เนื่องจากดินเบื้องล่างมีความสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ มาก ซึ่งส่งผลให้กำลังและคุณสมบัติของดินแตกต่างกันออกไป การเจาะสำรวจเพื่อเก็บตัวอย่างมาวิจัยและการทดสอบต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง โดยที่จะต้องให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อดินที่จะนำมาทดสอบให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะดินมีความไวตัวมาก เมื่อเกิดแรงกระเทือนก็จะทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงได้ ค่าที่วิจัยหรือทดลองได้จะผิดไปจากความจริง ดังนั้นการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินจึงต้องมีวิธีการที่เหมาะสมกับงานในการเจาะสำรวจดินในโครงการสะพานนเศวร ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก นี้ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 1 หลุม การสำรวจดินกระทำโดยการใช้เครื่องเจาะแบบ Rotary System โดยใช้หัวเจาะขนาด 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) เพื่อป้องกันการพังของหลุมเจาะจึงใส่ปลอกเหล็กกันดิน (Steel Casing) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ลงในชั้นดินอ่อนจนถึงความลึก 45.00 เมตรด้วยและกระบวนการเจาะที่ใช้เป็นการเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring)

2.2 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บด้วยกระบอกผ่า (Split Spoon Sample) ลักษณะกระบอกผ่าเป็นกระบอกเหล็กซึ่งผ่าออกเป็น 2 ซีก นำมาประกอบไว้โดยมีหัวเกลียวและท้ายกระบอก เมื่อเก็บตัวอย่างดินแล้วสามารถเปิดแยกเพื่อดูตัวอย่างดิน กระบอกผ่ามีขนาดเว้นผ่าศูนย์กลางภายนอกและภายในเท่ากับ 5.0 ซม. และ 3.5 ซม. ตามลำดับ โดยมีความยาว 69 ซม. การเก็บตัวอย่างดินแข็งหรือ

ทรายจะทำหลังจากทำความสะอาดก้นหลุมเจาะเรียบร้อยแล้ว โดยตอกลงในดินด้วยลูกตุ้มเหล็กหนัก 63.5 กิโลกรัม ระยะยกลูกตุ้มหนัก 76.2 ซม. ลูกตุ้มกระแทกบนแป้นก้านนำส่ง ทำการจดบันทึกการตอกทุกระยะจมลง 15 ซม. เป็นจำนวน 3 ระยะ ค่าการตอกของ 2 ระยะหลังรวมกันเรียกว่าค่า Standard Penetration Number การทดสอบวิธีนี้เรียกว่า Standard Penetration Test (SPT) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาความต้านทานแรงเฉือนของดิน เพื่อตรวจสอบกับค่าที่ได้จากห้อง ปฏิบัติการ

2.3 การจำแนกประเภทของดิน

การจำแนกประเภทของดินเพื่อใช้กับงานวิศวกรรมฐานราก ใช้การจำแนกประเภทของดินแบบ Unified Soil Classification System (USCS)

การจำแนกประเภทของดินที่เป็น Cohesionless Soils จะอาศัยขนาดของเม็ดดินเป็นหลักการ เรียกชื่อหลัก (Principle Name) และส่วนที่เข้ามาแทรกอยู่ด้วย (Supplementary Name) โดยใช้เปอร์เซนต์ในการจำแนกดังต่อไปนี้

Principle Name (Gravel , Sand , Silt ,Etc) : สำหรับทุกขนาดของดินที่มีมากกว่าหรือเท่ากับ 1 – 10 % ของตัวอย่างทั้งหมด

Supplementary Name (Gravel , Sand , Silt ,Etc) : Trace – ขนาดของดินอยู่ระหว่าง 1-10 % ของตัวอย่างทั้งหมด
Little – ขนาดของดินอยู่ระหว่าง 10-20 % ของตัวอย่างทั้งหมด
Some – ขนาดของดินอยู่ระหว่าง 20-30 % ของตัวอย่างทั้งหมด
And – ขนาดของดินอยู่ระหว่าง 35-59 % ของตัวอย่างทั้งหมด

สำหรับการอธิบายความหนาแน่นสัมพันธ์ (Relative Density) ของดินที่เป็น Cohesionless Soils โดยใช้ค่า SPT เป็นตัวกำหนดแสดงดังต่อไปนี้

SPT N Blows	ความหนาแน่นสัมพันธ์ (%)	สภาพดิน	มุม Internal Friction องศา (ϕ)
0-4	0-20	หลวมมาก	<28
4-10	20-40	หลวม	28-30
10-30	40-60	ปานกลาง	30-36
30-50	60-80	แน่น	36-41
>50	80-100	แน่นมาก	>41

การจำแนกประเภทดินที่เป็น Cohesive Soil อาศัยขนาดของเม็ดดินและค่าของ Plasticity ในการจำแนกประเภทของดิน สำหรับค่าของ Consistency ของดินที่เป็น Cohesive Soil สามารถใช้ค่า SPT และค่า Undrained Shear Strength หาความสัมพันธ์ได้ดังต่อไปนี้

SPT N Blows	S_u t / m^2	สภาพดิน
< 2	< 1.5	อ่อนมาก
2-4	1.5-3.5	อ่อน
4-8	2.5-5	ปานกลาง
8--15	5-10	แข็ง
15-30	10-20	แข็งมาก
>30	> 20	แข็งที่สุด

2.4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างของดินที่ได้จากการทำ SPT และตัวอย่างดินคงสภาพได้ถูกคัดเลือกนำไปทดสอบโดยวิธีการดังต่อไปนี้

Description	Standard of Reference
1. Natural Moisture Content	ASTM D 2216
2. Atterberg Limits	
- Liquid Limits	ASTM 423
- Plastic Limits	ASTM 424
3. Grain Size Analysis	ASTM D 422

3. ผลการเจาะสำรวจ

จากการเจาะสำรวจดิน และนำตัวอย่างดินไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ตัวอย่างการเจาะสำรวจบริเวณงานก่อสร้างสะพานนเรศวร จ.พิษณุโลก สามารถที่จะแบ่งชั้นดินได้ 11 ชั้นดังต่อไปนี้

1. ชั้น Top soil

เป็นชั้นแรกที่พบในการเจาะสำรวจ พบตั้งแต่ที่ระดับผิวดินจนถึงที่ระดับความลึก ประมาณ 4.00 เมตร ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 4.00 เมตร

2. ชั้นดินทรายปนดินเหนียวแน่นปานกลาง (Medium dense clayey sand)

เป็นชั้นที่รองรับชั้น Top soil พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 4.00 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 5.50 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 1.50 เมตร มีค่าการตอก (SPT – N) ประมาณ 19

3. ชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมาก (Very stiff sandy clay)

เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินทรายปนดินเหนียวแน่นปานกลาง พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 5.50 เมตรถึงที่ระดับความลึกประมาณ 10.00 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 4.50 เมตร ซึ่งมีค่าการตอก (SPT – N) อยู่ระหว่าง 15 ถึง 20

4. ชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งปานกลางและแข็ง (Medium stiff and stiff sandy clay)

เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมาก พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 10.00 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 14.50 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 4.50 เมตร ซึ่งมีค่าการตอก (SPT – N) อยู่ระหว่าง 4 ถึง 8

5.ชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมาก (Very stiff sandy clay)

เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินเหนียวปนดินทรายที่แข็งปานกลางและแข็ง พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 14.50 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 16.00 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 1.50 เมตร ซึ่งมีค่าการตอก (SPT – N) ประมาณ 19

6. ชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งปานกลางและแข็ง Medium stiff and stiff sandy clay)
เป็นชั้นดินที่รองรับชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมาก พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 16.00 เมตร ถึงระดับความลึกประมาณ 19.00 เมตรจากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 3.00 เมตร ซึ่งมีค่าการตอก (SPT – N) อยู่ระหว่าง 6 ถึง 8

7. ชั้นดินทรายปนทรายแป้งแน่น (Dense silty sand)
เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งปานกลางและแข็ง พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 19.00 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 20.50 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 1.50 เมตร มีค่าการตอก (SPT – N) ประมาณ 45

8. ชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมากและแข็งที่สุด (Very stiff and hard sandy clay)
เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินทรายปนทรายแป้งแน่น พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 20.50 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 26.30 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 1.50 เมตร ซึ่งมีค่าการตอก (SPT – N) ประมาณ 26 และมากกว่า 30

9. ชั้นดินทรายปนทรายแป้งแน่นมาก (Very dense silty sand)
เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมากและแข็งที่สุด พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 26.50 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 31.00 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 4.50 เมตร มีค่าการตอก (SPT – N) มากกว่า 50

10. ชั้นดินเหนียวปนดินทรายแข็งมากและแข็งที่สุด (Very stiff and hard sandy clay)
เป็นชั้นที่รองรับชั้นดินทรายปนทรายแป้งแน่นมาก พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 31.00 เมตร ถึงที่ระดับความลึกประมาณ 40.00 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นนี้มีความหนาประมาณ 9.00 เมตร ซึ่งมีค่าการตอก (SPT – N) อยู่ระหว่าง 19 ถึง 30 และมากกว่า 30

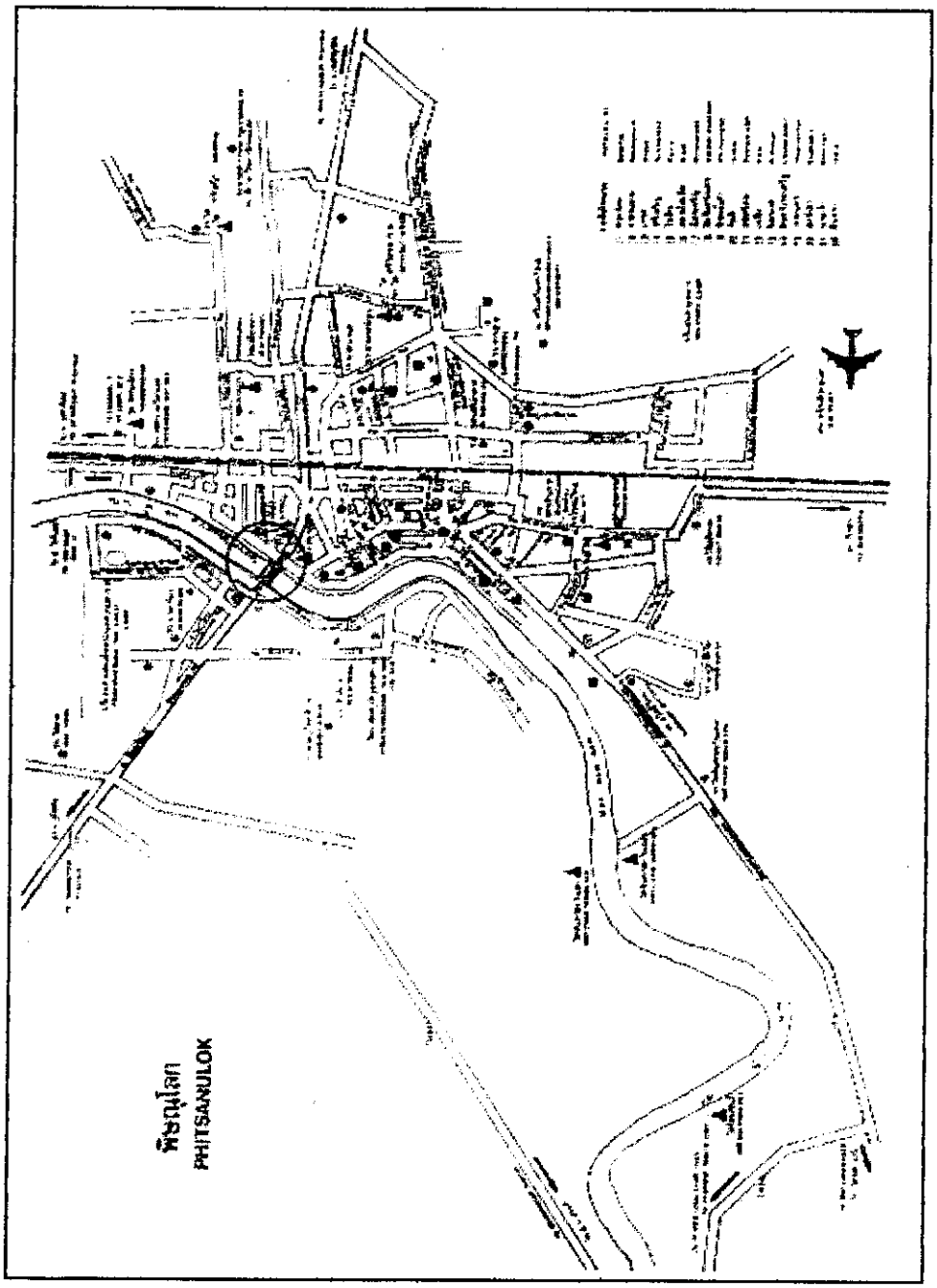
11. ชั้นดินทรายปนทรายแป้งแน่นและแน่นมาก (Dense and Very dense silty sand)
เป็นชั้นสุดท้ายที่พบในการเจาะสำรวจ พบตั้งแต่ที่ระดับความลึกประมาณ 40.00 เมตร จนถึงก้นหลุม (45.45 เมตร) จากระดับผิวดิน มีค่าการตอก (SPT – N) ประมาณ 40 และมากกว่า 50

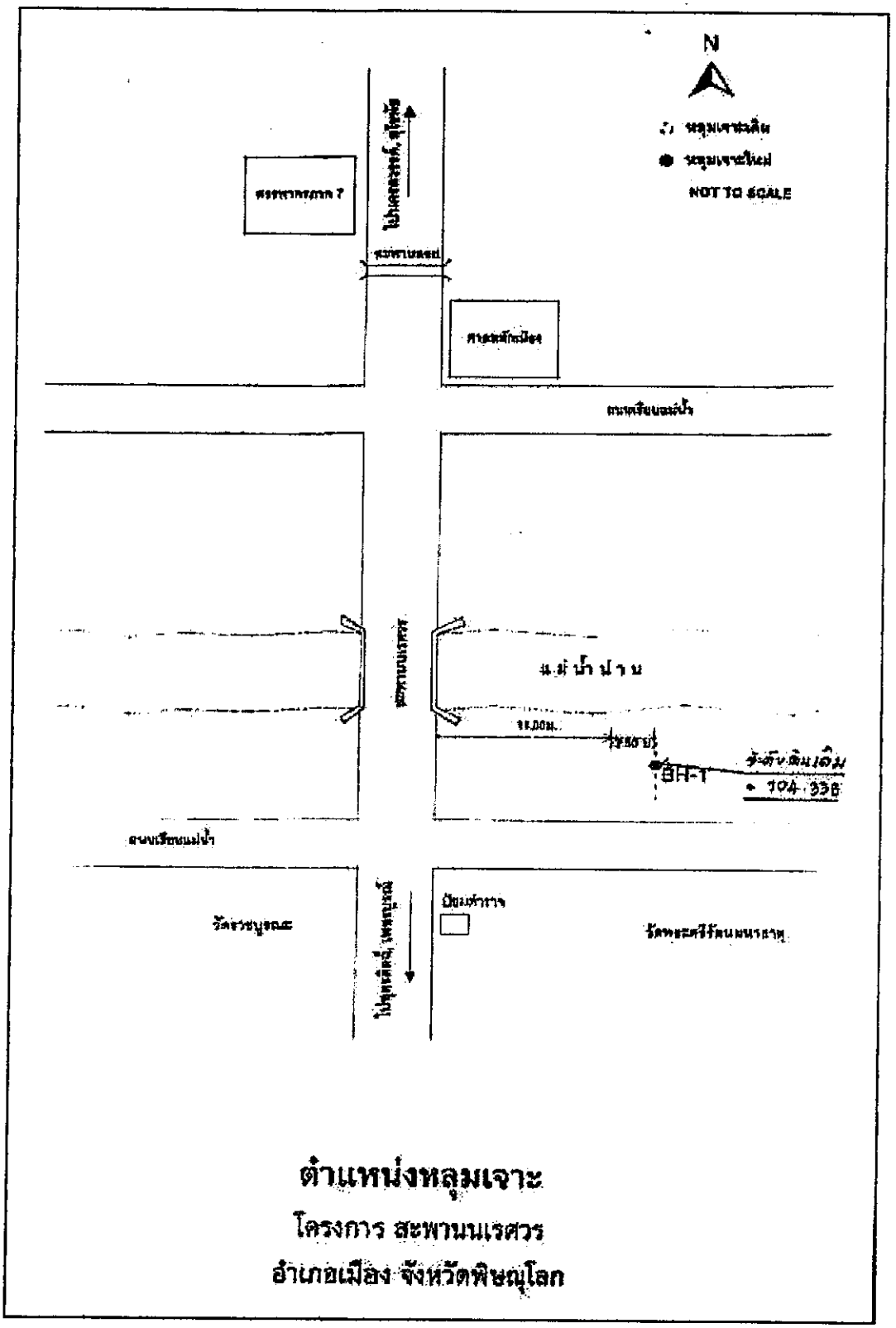
4. สรุปและข้อแนะนำ

จากผลการเจาะสำรวจดินสามารถนำข้อมูลที่ได้จากสนามและในห้องปฏิบัติการ มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดความยาวของเสาเข็มและน้ำหนักบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับโครงการในที่นี้ได้วิเคราะห์ เสาเข็มเจาะขนาด 1000 มม. โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.5 ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางสรุปและผลการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม

หลุมเจาะที่	ชนิดของเสาเข็ม	ระดับความลึกของปลายเสาเข็ม (มม.)	กำลังการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)	ค่าความปลอดภัย
1	เสาเข็มเจาะขนาด 1000 มม	44.00	468.50	2.5
		45.00	481.00	

แผนที่ตั้งโครงการและตำแหน่งหลุมเจาะ


พิษณุโลก
PHITSANULOK



ตำแหน่งหลุมเจาะ

โครงการ สะพานนเรศวร

อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

Boring Log บริเวณหลุมเจาะที่ 1

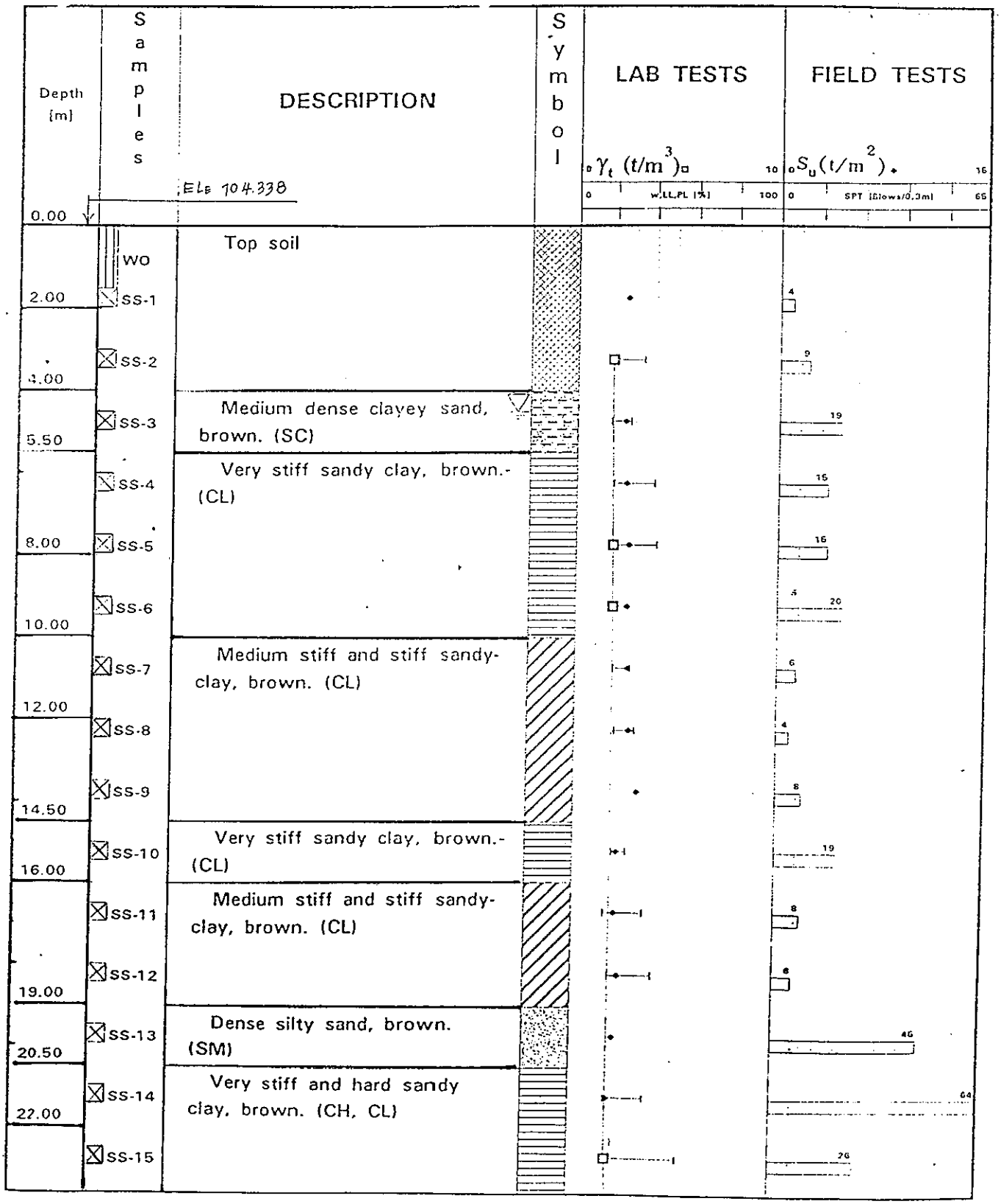
โครงการ : สะพานนเรศวร

ที่ตั้งโครงการ : อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

Borehole log

Pyramid Development International Corp.,Ltd.

Borehole:	BH-1	Project name:	Naresuan Bridge
Project number:	00987	Site location:	A.Muang, Pitsanulok
Vertical scale:	1:130	Cc ords (x,y):	
Elevation [m]:		G.W. Table [m]:	4.50
Date:	Thursday September 28, 2000.	Total depth [m]:	45.45



Borehole BH-1 Page 2 /Cont.

Depth [m]	Samples	DESCRIPTION	Symbol	LAB TESTS	FIELD TESTS
23.65				γ_t (t/m^3) 0 – 10	S_u (t/m^2) 0 – 15
24.00	SS-16			W, LL, PL (%) 0 – 100	SPT (Blows/0.3m) 0 – 60
	SS-17				44
26.50					46
	SS-18	Very dense silty sand, brown. (SM)			63
28.00					
	SS-19				68
	SS-20				52
31.00					
	SS-21	Very stiff and hard silty clay, brown. (CH, CL)			39
	SS-22				36
34.00					
	SS-23				26
36.00					
	SS-24				19
38.00	SS-25				30
	SS-26				46
40.00					
	SS-27	Dense and very dense silty sand, brown. (SM)			48
42.00					
	SS-28				64
	SS-29				71
45.45	SS-30				66
		End of Boring			

Thin-wall tube
Cased length
Split spoon
Rock core
Auger
Wash
OTHER

SPT [Blows/0.3m]
N
Penetration

Atterberg limits
wp — w — wl

Pyramid Development
International Corp., Ltd.

5th Floor, Mahatharadol Bldg., 28 Naradhiwasrajanagarindra Rd.,
Soi 17, Sathorn, Bangkok 10120, Thailand

End of Boring

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและค่าการตอก (SPT – N)

SUMMARY OF TEST RESULT

Project โครงการสะพานนเรศวร Location อ.เมือง พิษณุโลก Boring No. BH-1 Depth 45.45 m.

Ground Level m. Water Level 4.5 m. Started Date 28-Sep-00 Finised Date

Sample No.	Depth (m.)		Natural Water Content (%)	Atterberg's Limit (%)			Wet Unit Weigth (tons/m^3)	Percen of finer Passing Sieve No. (%)					Unified Soil Classified	S_U		SPT (N-Value)
	Frome	To		L.L.	P.L.	P.I		# 4	# 10	# 40	# 100	# 200		PP (tons/m^2)	UP (tons/m^2)	(Blows/ft)
	0.00	1.50														
SS-01	1.50	1.95	25.7	-	NP	-	-	97	86	56	27	22	SM			4
SS-02	3.00	3.45	20	34.2	18.8	15.4	1.81	84	83	80	79	70	CL			9
SS-03	4.50	4.95	25	27.9	17.3	10.6	-	69	48	31	24	22	SC			19
SS-04	6.00	6.45	26.5	39.6	19	20.6	-	97	96	94	88	82	CL			15
SS-05	7.50	7.95	27.2	41.2	20	21.2	1.9	100	100	100	100	97	CL			15
SS-06	9.00	9.45	26.4	-	-	-	1.93	-	-	-	-	-	CL			20
SS-07	10.50	10.95	27.2	28.6	19.3	9.3	-	100	100	97	96	86	CL			6
SS-08	12.00	12.45	28.1	31.2	20.4	10.8	-	99	98	97	95	94	CL			4
SS-09	13.50	13.95	32.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CL			8
SS-10	15.00	15.45	22.7	27.5	20.1	7.4	-	100	100	99	94	74	CL			19
SS-11	16.50	16.95	21.8	36.4	16.3	20.1	-	100	100	99	88	72	CL			8
SS-12	18.00	18.45	24	41.2	18.9	22.3	-	86	85	84	75	74	CL			6
SS-13	19.50	19.95	22.2	-	NP	-	-	100	100	97	40	16	SM			45
SS-14	21.00	21.45	19.7	38.3	18.1	20.2	-	94	89	74	58	54	CL			64
SS-15	22.50	22.95	19.8	54.8	21.1	33.7	1.96	100	100	100	100	99	CH			26
SS-16	24.00	24.45	19	-	-	-	2.09	100	100	100	96	87	CH			44
SS-17	25.50	25.95	19.7	56.8	23.3	33.5	-	100	100	100	99	96	CH			46
SS-18	27.00	27.45	21.8	-	NP	-	-	100	100	99	97	38	SM			53
SS-19	28.50	28.95	18.8	-	NP	-	-	100	100	94	19	10	SM			58
SS-20	30.00	30.45	19.4	-	NP	-	-	100	100	93	22	14	SM			52

SUMMARY OF TEST RESULT

Project โครงการสะพานนเรศวร Location อ.เมือง พิษณุโลก Boring No. BH-1 Depth 45.45 m.

Ground Level m. Water Level 4.5 m. Started Date 28-Sep-00 Finised Date

Sample No.	Depth (m.)		Natural Water Content (%)	Atterberg's Limit (%)			Wet Unit Weigth (tons/m^3)	Percen of finer Passing Sieve No. (%)					Unified Soil Classified	S_U		SPT (N-Value)
	Frome	To		L.L.	P.L.	P.I		#4	#10	#40	#100	#200		PP (tons/m^2)	UP (tons/m^2)	(Blows/ft)
SS-21	31.50	31.95	26.8	41.2	20.6	20.6	1.99	100	100	100	100	99	CL			39
SS-22	33.00	33.45	27.6	-	-	-	1.98	-	-	-	-	-	CL			36
SS-23	34.50	34.95	29.6	37.2	20.6	16.6	-	100	100	100	100	99	CL			26
SS-24	36.00	36.45	35.3	40.3	19.6	20.7	1.87	100	100	99	92	90	CL			19
SS-25	37.50	37.95	35.6	54.2	21	33.2	2.00	100	100	100	100	99	CH			30
SS-26	39.00	39.45	32.3	49.2	22	26.2	2.06	100	100	100	100	99	CL			40
SS-27	40.50	40.95	21.3	-	NP	-	-	100	100	97	30	25	SM			40
SS-28	42.00	42.45	23.7	-	NP	-	-	100	100	98	75	16	SM			54
SS-29	43.50	43.95	21.8	-	NP	-	-	100	100	98	38	29	SM			70
SS-30	45.00	45.45	16.5	-	NP	-	-	100	100	99	38	27	SM			56

การคำนวณหากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

1. ความสามารถรับแรงแบกทานของเสาเข็ม (Bearing Capacity of Piles)

2. เสาเข็มในชั้นทราย

2.1 ค่าแรงเสียดทานของเสาเข็ม (Skin friction)

2.2 ค่าแรงแบกทานของเสาเข็ม (End bearing)

3. เสาเข็มในชั้นดินเหนียว

3.1 ค่าแรงเสียดทานของเสาเข็ม (Skin friction)

3.2ค่าแรงแบกทานของเสาเข็ม (End bearing)

4. เสาเข็มตอก

5. เสาเข็มเจาะ

ภาคผนวก ข

วิธีทดสอบเสาเข็มตามมาตรฐาน ASTM DESIGNTION : 1143-81

วิธีทดสอบเสาเข็มตามมาตรฐาน ASTM DESIGNTION : 1143-81

1. Standard Loading Procedure หรือ Slow maintain Load Test

- สำหรับเสาเข็มเดี่ยว ให้น้ำหนักทดสอบจนพิบัติหรือ 200 % ของ Design Load
- สำหรับเสาเข็มกลุ่ม ให้น้ำหนักทดสอบจนถึง 150 % ของ Design Load
- การเพิ่มน้ำหนัก ให้เพิ่มครั้งละ 25 % ของน้ำหนักที่ปลอดภัยที่ยอมให้หรือที่ออกแบบไว้ (25 , 50 , 75 , 100 , 125 , 150 , 175 , 200 % Design Load) และให้คงสภาพน้ำหนัก (Main Load) ไว้จนกระทั่งการทรุดตัวไม่มากกว่า 0.25 มม. / ชม. หรือต้องไม่นานกว่า 2 ชั่วโมง (โดยประมาณว่าเวลาที่ 2 ชั่วโมงนั้นมีการเกิด Consolidation Settlement ที่เพียงพอ)
- ทำการบันทึกข้อมูลปริมาณการทรุดตัวหลังจากทำการเพิ่มน้ำหนักโดยทำการบันทึกเมื่อเพิ่มน้ำหนักทันทีที่เวลา 2 , 5 , 10 , 15 , 30 , 60 และทุก ๆ 2 ชั่วโมง
- จากนั้นจึงทำการเพิ่มน้ำหนักใหม่ได้ เมื่อทดสอบจนถึง 200 % หรือ 150 % ของ Design Load แล้ว ถ้าเสาเข็มมีการทรุดตัวไม่มากกว่า 0.25 มิลลิเมตร ต่อ ชั่วโมง ให้ถอนน้ำหนักออกทั้งหมดหลังจาก 12 ชั่วโมงไปแล้ว หรืออีกวิธีหนึ่งให้คงสภาพน้ำหนักไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นให้ถอนน้ำหนักลงครั้งละ 25 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักทั้งหมด ทุก ๆ 1 ชั่วโมง
- ในกรณีที่เสาเข็มเกิดการพิบัติก่อนให้เพิ่มน้ำหนักแก่เสาเข็มต่อไปอีกจนกระทั่งการทรุดตัวของเสาเข็มเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ ของเส้นผ่าศูนย์กลางหรือเส้นทะแยงมุมของเสาเข็ม

2. Quick Load Test Procedure

การเพิ่มน้ำหนักให้เพิ่มครั้งละ 10 – 15 % ของ Design Load โดยช่วงเวลาของการเพิ่มน้ำหนักแต่ละครั้งคงที่เท่ากับ 2.5 นาที และการทำเพิ่มน้ำหนักต่อไปอย่างต่อเนื่องจนถึงค่าน้ำหนักที่ต้องการ แล้วทำการถอนน้ำหนักบรรทุก ควรบันทึกข้อมูลทันทีทั้งก่อนและหลังการเพิ่มน้ำหนัก

อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของการทดสอบทั้งหมดมีดังต่อไปนี้

- เพื่อหาน้ำหนักบรรทุกประลัยที่เสาเข็มรับได้ หรือ ultimate pile (load) capacity
- เพื่อหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัว(Load Settlement Relationship)
- ทดสอบพิสูจน์ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้จากการออกแบบ

สำหรับหัวข้อ load settlement relationship นั้นนิยมใช้กันมากในปัจจุบันและสามารถนำไปตรวจสอบหาค่าการทรุดตัวของเสาเข็มเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกตามที่ออกแบบไว้ (design load) ซึ่งจะยอมให้ทรุดตัวได้ประมาณ 8 ถึง 10 หรือ 12 มิลลิเมตร หรือตามที่ได้ระบุไว้ในการทดสอบ หรือ ตามแต่ที่ได้ระบุไว้ในพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในแต่ละแห่ง หลังจากเสร็จสิ้นการตอกเสาเข็มแล้วควรทิ้งไว้ก่อนทำการทดสอบเป็นเวลา 30 ถึง 90 วัน เพื่อให้ดินเหนียวจับรอบผิวเสาเข็ม แล้วทดสอบหา Compression

ภาคผนวก ค

การวิจัยหาค่าน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนาม

สรุป 9 วิธีการหาน้ำหนักบรรทุกประลัย

1. วิธีของ Davision (1973)

Davision's limit value คือค่าน้ำหนักบรรทุก (P) ที่สอดคล้องกับค่าการทรุดตัว (Δs) ที่มากกว่าค่า elastic compression ของเสาเข็ม (PL / AE) เท่ากับ 0.15 in.(4 mm) บวกด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม หารด้วย 120

2. วิธีของ Chin (1970 และ 1971)

Chin (1970 และ 1971) เป็นวิธีการที่สมมุติว่าช่วงของ load – settlemet curve เมื่อค่าน้ำหนักบรรทุกเข้าใกล้ failure load มีรูปเป็น hyperbola โดยวิธีของ Chin การ plot ระหว่างค่าการทรุดตัวหารด้วยน้ำหนักบรรทุก (Δ / P) กับค่าการทรุดตัว (Δ) จะได้กราฟเส้นตรง ค่าส่วนกลับของ slope ของกราฟเส้นตรงจะเป็นค่า Chin's failure load

3. วิธีของ De Bc r & Wallays (1972)

De Beer (1967) และ De Beer & Wallays (1972) โดย plot ค่า load และ settlement ลงบนกราฟ double logarithmic diagram จะได้กราฟเส้นตรง 2 เส้นตัดกัน ณ. จุดตัดกัน จะเป็นค่า load และ settlement ที่ failure ตามนิยามของ De Beer

4. วิธีของ Brinch Hansen (90 % Criterion)

Brinch Hansen (1963) ตามนิยามของ Brinch Hansen 90 % Criterion ได้กำหนดให้ failure เกิดที่น้ำหนักบรรทุกที่ให้ค่าการทรุดตัวเท่ากับ 2 เท่าของการทรุดตัวที่น้ำหนักบรรทุก 90 % ของ failure load

5. วิธีของ Brinch Hansen (80 % Criterion)

Brinch Hansen (1963) ตามนิยามของ Brinch Hansen 80 % Criterion ได้กำหนดให้ failure เกิดที่น้ำหนักบรรทุกที่ให้ค่าการทรุดตัวเท่ากับ 4 เท่า ของการทรุดตัวที่น้ำหนักบรรทุก 80 % ของ failure load โดยได้กำหนดให้ load – settlement curve ช่วงสุดท้ายที่ valid เป็นรูป parabola

6. วิธีของ Mazurkiewicz (1972)

วิธีของ Mazurkiewicz (1972) เป็นวิธีทาง graphic บนสมมุติฐานที่ load – settlement curve ช่วงเกิน Davisson limit เป็นรูป parabola โดยการแบ่งแกนค่าการทรุดตัวเป็นช่วงเท่า ๆ กัน แล้วลากไปตัด load – settlement curve จากจุดตัดกันลากเส้น load line ขนานกับแกนค่าการทรุดตัวไปตัดแกนน้ำหนักบรรทุก จากจุดตัดบนแกนน้ำหนักบรรทุกให้ลากเส้นทำมุม 45° ไปตัดกับ load line ถัดไป จุดตัดกันที่เกิดขึ้นจะ form เส้นตรง ซึ่งเมื่อลากไปตัดกับแกนน้ำหนักบรรทุกก็จะเป็นค่า failure load ตามนิยามของ Mazurkiewicz

7. วิธีของ Fuller and Hoy (1970)

Fuller and Hoy (1970) ได้นิยามให้ failure load คือน้ำหนักบรรทุกที่มากที่สุดที่ load – settlement curve ให้ค่า slope เท่ากับ 0.5 in / ton (1.25 mm / ton)

8. วิธีของ Butler and Hoy (1973)

Butler and Hoy (1973) ได้นิยามให้ failure load คือน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่จุดตัดกันของเส้นสัมผัส curve ที่มีค่า slope เท่ากับ 0.05 in / ton กับเส้นสัมผัสส่วนที่เป็น elastic ของ load – settlement curve หรือเส้นตรงที่ขนานกับส่วนที่คืนตัวกลับของค่าน้ำหนักบรรทุก

9. วิธีของ Vander Veen (1953)

Vander Veen (1953) ได้นิยามค่า failure load, P_{ult} คือค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ถูกเลือกจากค่า P_{ult} ที่ทำให้ค่า $\ln [1 - P / P_{ult}]$ plot กับค่า settlement ได้เส้นกราฟเป็นเส้นตรง

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเชิงวิเคราะห์ โดยอาศัยผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มในสนามจากโครงการก่อสร้างหลายโครงการในประเทศไทย และบางการทดสอบจากต่างประเทศ ผลการทดสอบที่ใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยได้จากการทดสอบเสาเข็มทั้งแบบเสาเข็มตอกและเสาเข็มเจาะหล่อในที่ขนาดและความยาวแตกต่างกัน จำนวน 57 การทดสอบ แบ่งตามประเภทการติดตั้งได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบเสาเข็มตอก จำนวน 31 การทดสอบ (ML - tests)
2. ผลการทดสอบเสาเข็มเจาะหล่อในที่ 54 ผลดารทดสอบ (ML - tests)

สำหรับเสาเข็มตอก

P1	:	□ 0.45x0.45x22.0 ม.	โครงการอาคารเรียนรวม
P2	:	□ 0.35x0.35x11.0 ม.	สนง. โทรศัพท์ จ.เพรชบูรณ์
P3	:	I 0.26x0.26x34.0 ม.	นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง , กรุงเทพ ฯ
P4A	:	□ 0.40x0.40x10.0 ม.	หัวหินแกรนด์โมเดิร์นคอนโด จ.ประจวบคีรีขันธ์
P4B	:	□ 0.40x0.40x10.0 ม.	หัวหินแกรนด์โมเดิร์นคอนโด จ.ประจวบคีรีขันธ์
P4C	:	□ 0.40x0.40x10.0 ม.	หัวหินแกรนด์โมเดิร์นคอนโด จ.ประจวบคีรีขันธ์
P5	:	I 0.40x0.40x26.0 ม.	โรงงานแปรรูปอาหารทะเล จ. สมุทรสาคร
P6	:	□ 0.35x0.35x16.0 ม.	อาคารคลังสินค้าและที่พักอาศัย จ. เชียงใหม่
P7	:	□ 0.30x0.30x16.0 ม.	อาคารคลังสินค้าและที่พักอาศัย จ. เชียงใหม่
P8	:	□ 0.525x0.525x23.5 ม.	ทางต่างระดับรัชดาภิเษก-วิภาวดี-รังสิต ,กรุงเทพ ฯ
P9	:	□ 0.35x0.35x23.5 ม.	โรงแรมภูเก็ตอาเคเดีย จ. ภูเก็ต
P10A	:	□ 0.30x0.30x20.0 ม.	โครงการราชพฤกษ์ คอมเพล็กซ์ จ. นครศรีธรรมราช
P10B	:	□ 0.30x0.30x11.0 ม.	โครงการราชพฤกษ์ คอมเพล็กซ์ จ. นครศรีธรรมราช
P11	:	□ 0.40x0.40x26.0 ม.	โครงการมาเมซอล , บางกระปิ , กรุงเทพ ฯ
P12	:	I 0.35x0.35x24.0 ม.	นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง , กรุงเทพ ฯ
P13	:	□ 0.40x0.40x17.0 ม.	โรงแรมเชอารตัน , ห้วยแก้ว , เชียงใหม่
P14A	:	□ 0.40x0.40x30.0 ม.	โครงการบางนา คอมเพล็กซ์ , บางนา –ตราด กรุงเทพ ฯ
P14B	:	□ 0.40x0.40x30.0 ม.	โครงการบางนา คอมเพล็กซ์ , บางนา –ตราด กรุงเทพ ฯ
P15	:	I 0.40x0.40x28.0 ม.	โครงการสายลมคอนโดเทล 2 , จ. สมุทรสาคร

P16	:	□ 0.35x0.35x18.5 ม.	คอนโดมิเนียมวังเกตุ พัทยา จ. ชลบุรี
P17	:	□ 0.35x0.35x 8.0 ม.	โครงการปลาทอง สแปนิชเพลส์ จ. ชลบุรี
P18	:	I 0.35x0.35x23.5 ม.	โครงการเตาปูน แมนชั่น บางซื่อ กรุงเทพฯ
P19	:	□ 0.45x0.45x14.0 ม	บ่อวินนิคมอุตสาหกรรม จ. ชลบุรี
P20	:	□ 0.45x0.45x17.0 ม	บ่อวินนิคมอุตสาหกรรม จ. ชลบุรี
P21	:	□ 0.40x0.45x27.5 ม	โรงพยาบาลพระราม 9 กรุงเทพ ฯ
P22	:	□ 0.40x0.40x14.0 ม	โครงการมิลฟอร์ดพาราไดซ์ จ. ประจวบคีรีขันธ์
P23	:	□ 0.40x0.40x9.0 ม	โครงการอ่างทองเทาเวอร์ , จ. ชลบุรี
P24	:	□ 0.40x0.40x26.0 ม	โครงการเดอะวิลเลจ , บางนา-ตราด ,กรุงเทพ ฯ
P25	:	□ 0.40x0.40x26.0 ม	โครงการอุตสาหกรรมท่าอากาศยานกรุงเทพ ,นนทบุรี
P26	:	□ 0.525x0.525x21.0 ม	โครงการก่อสร้างอาคารโตโยต้า , ท่าพระ , กรุงเทพฯ
P27	:	□ 0.40x0.40x30.0 ม	โครงการพรพิงค์ พาวิเลียน , จ. เชียงใหม่

สำหรับเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 ม. ถึง 1.0 ม.

B1	:	∅ 0.50x24.0 ม.	วงเวียนใหญ่พลาซ่า
B2	:	∅ 0.35x21.0 ม.	อาคารกรุงไทยอาหารสัตย์
B3	:	∅ 0.50x21.5 ม.	อาคารไทยประกันชีวิต
B4	:	∅ 0.50x21.0 ม.	เซ็นทรัลวังบูรพา
B5	:	∅ 0.50x21.0 ม.	โรงซักฟอกโรงพยาบาลราชวิถี
B6	:	∅ 0.50x22.6 ม.	โรงแรมเอเชีย
B7	:	∅ 0.60x26.0 ม.	อาคารมณียา
B8	:	∅ 0.50x22.0 ม.	อาคารตั้งง่วนเซ็ง
B9	:	∅ 0.50x23.0 ม.	โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียน
B10	:	∅ 0.50x22.0 ม.	อาคารองค์การโทรศัพท์ เพลินจิตร
B11	:	∅ 0.50x21.0 ม.	โรงแรมเซอราตัน ถนนสุริวงค์
B12	:	∅ 0.50x24.0 ม.	โรงงาน จ. ไพศาล ถ. ธนบุรี- ปากท่อ
B13	:	∅ 0.50x21.0 ม.	โรงซักฟอกโรงพยาบาลราชวิถี
B14	:	∅ 0.50x21.3 ม.	โรงกลองน้ำสี่พระยา
B15	:	∅ 0.60x25.0 ม.	อาคารไวท์เฮาซ์ทาวเวอร์
B16	:	∅ 0.50x26.5 ม.	อาคารชุมสายโทรศัพท์ บางแค

B17	:	∅ 0.50x22.5 ม.	ธนาคารกรุงไทย จำกัด สาขาราชวงศ์
B18	:	∅ 0.60x24.5 ม.	อาคารพีเพิล พลาซ่า อนุสาวรีย์
B19	:	∅ 0.50x24.5 ม.	อาคารชุมสายโทรศัพท์ จ. ฉะเชิงเทรา
B20	:	∅ 0.50x23.0 ม.	อาคารชุมสายโทรศัพท์ พระโขนง
B21	:	∅ 0.50x22.0 ม.	วิทยาลัยพยาบาลเกื้อการุณ
B22	:	∅ 0.60x25.0 ม.	อาคารโรงพยาบาลวชิระ
B23	:	∅ 0.50x28.5 ม.	สุขุมวิท 39
B24	:	∅ 0.50x21.0 ม.	อาคารที่จอดรถหัวลำโพง
B25	:	∅ 0.47x19.5 ม.	อาคารโรงพยาบาลถลาง
B26	:	∅ 0.50x23.0 ม.	โรงเรียนเซนต์โยเซฟ ฯ
B27	:	∅ 0.40x24.0 ม.	อาคารชุมสายโทรศัพท์ พระประแดง
B28	:	∅ 0.50x23.0 ม.	อาคารเดสิต
B29	:	∅ 0.60x21.0 ม.	อาคารดีไซน์ไทย ถนนสีลม
B30	:	∅ 0.50x21.0 ม.	อาคารญาดา
B31	:	∅ 0.50x24.0 ม.	อาคารลิ้มเจริญ2
B32	:	∅ 0.60x23.0 ม.	อาคารกรมประชาสัมพันธ์ ถนนวิภาวดีรังสิต
B33	:	∅ 0.60x24.0 ม.	อาคารไทยพลาสติก
B34	:	∅ 0.50x21.5 ม.	สุขุมวิทซอย 11
B35	:	∅ 0.50x22.5 ม.	อาคารลิ้มเจริญ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต
B36	:	∅ 0.50x21.0 ม.	อาคารที่จอดรถสายการบิน สิงค์โปร์แอร์ไลน์ ถนนสีลม
B37	:	∅ 0.60x23.0 ม.	อาคาร ม. หอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต
B38	:	∅ 0.50x21.0 ม.	อาคารสหกรณ์สามเสน
B39	:	∅ 0.50x21.0 ม.	อาคารคอนโดมิเนียม สุขุมวิทย์ 15
B40	:	∅ 0.50x19.0 ม.	ธนาคารกรุงเทพ สุขุมวิทซอย 43
B41	:	∅ 0.60x24.0 ม.	โรงงานกระดาษไทยสก๊อต อ. พระประแดง
B42	:	∅ 0.50x22.0 ม.	อาคาร บี เอ็ม ดับบลิว ถนนรองเมือง
B43	:	∅ 0.60x25.0 ม.	อาคารที่พักอาศัยร่วมใจโฮทส์ ถนนสุขุมวิท
B44	:	∅ 0.60x28.0 ม.	อาคารคอนโดมิเนียม สุขุมวิท 39
B45	:	∅ 0.50x24.0 ม.	อาคารโรงสุรา บางยี่ขัน
B46	:	∅ 0.50x20.0 ม.	อาคารการประปาแม้นศรี

B47	:	∅ 0.50x23.0 ม.	โรงพยาบาลพระปิ่นเกล้า
B48	:	∅ 0.50x23.0 ม.	โรงงานกระดาษสหไทย
B49	:	∅ 0.50x24.0 ม.	อาคารพิมานมาศ
B50	:	∅ 0.50x22.0 ม.	โรงแรมเกรซ
B51	:	∅ 0.60x22.0 ม.	กล้วยน้ำไทย อพาร์ทเมนต์
B52	:	∅ 0.50x21.0 ม.	อู่ต่อท่าเรือกรุงเทพ
B53	:	∅ 0.50x23.0 ม.	การพลังงานแห่งชาติ
B1	:	∅ 0.60x26.5 ม.	สุภาวดีทาวเวอร์ ถ. นครไชยศรี