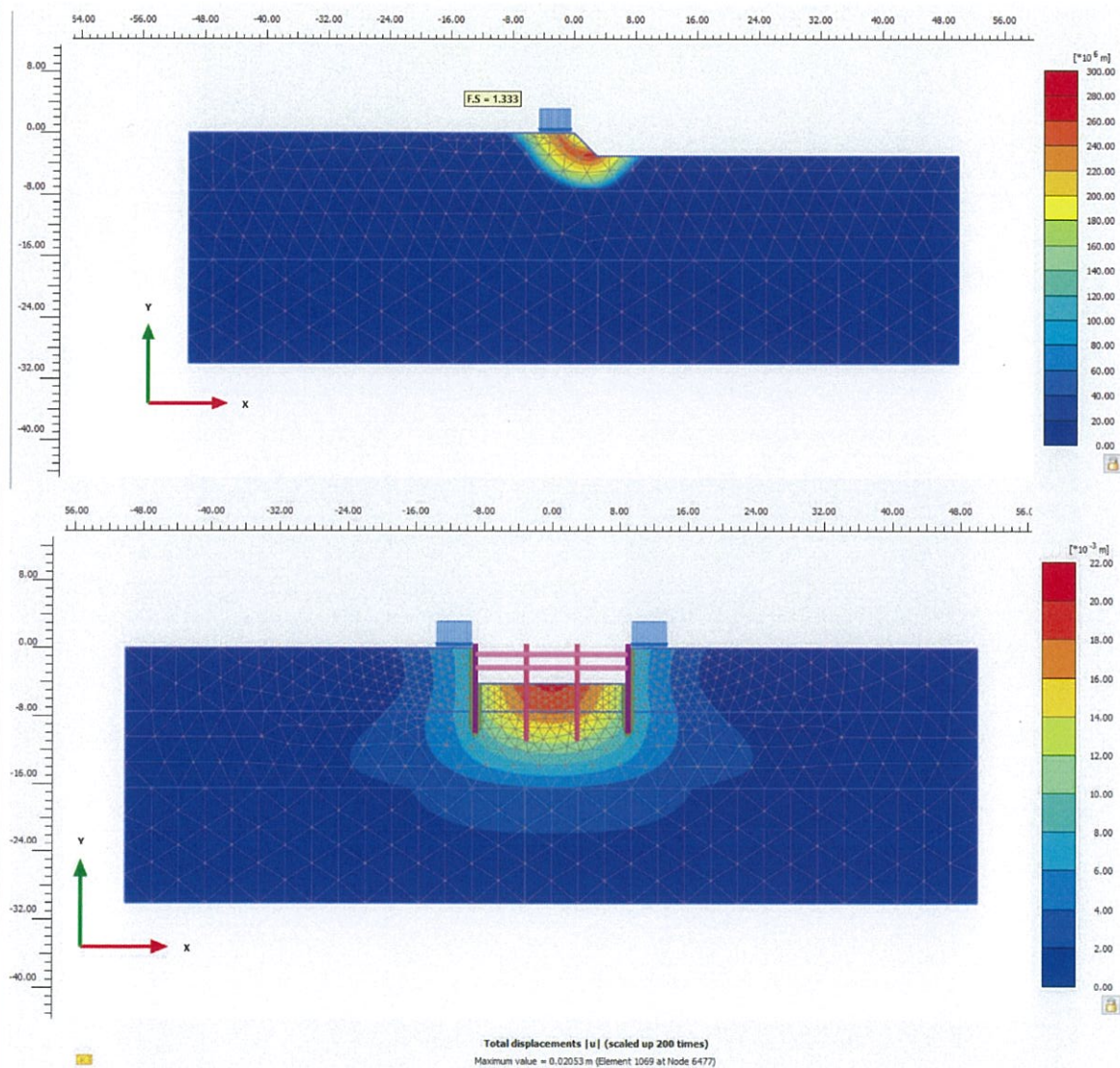


ภาคผนวกที่ 14

รายการคำนวณการป้องกันการพังทลายของดิน
จากการก่อสร้างภายในโครงการ พร้อมใบประกอบ
วิชาชีพวิศวกร

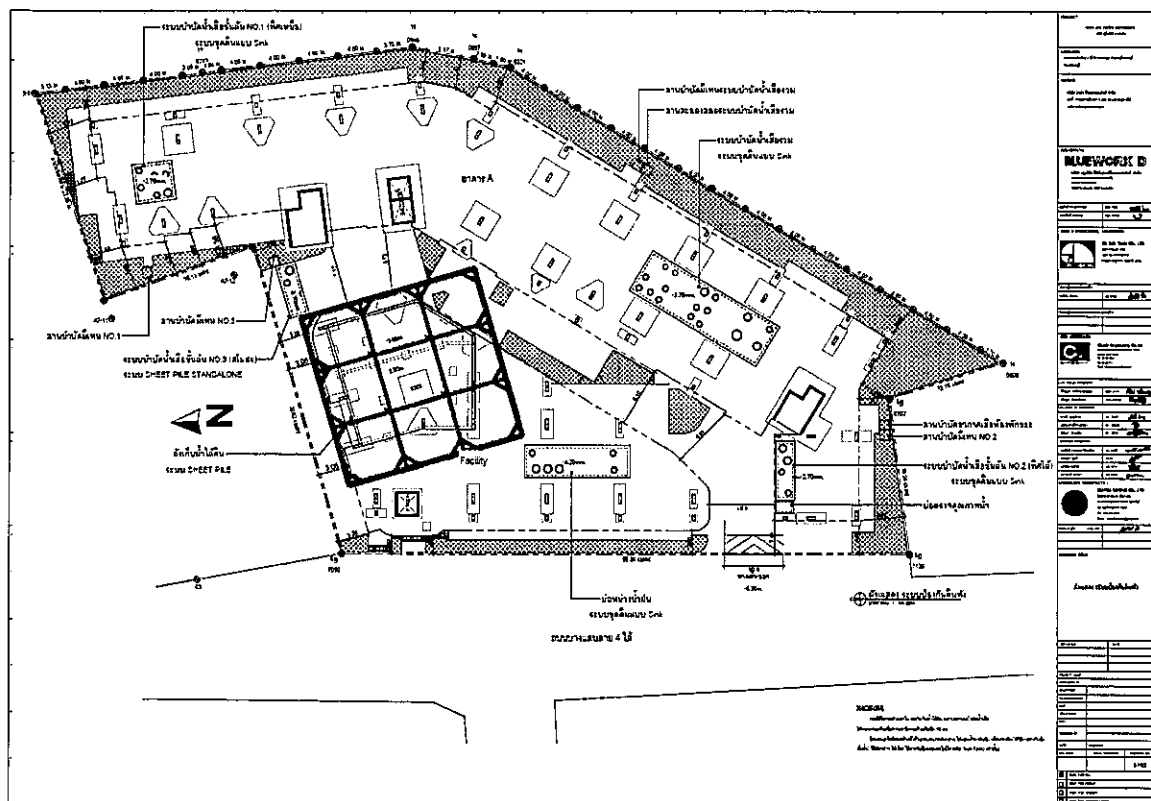
รายงานวิเคราะห์เสถียรภาพของการขุดดิน

โครงการ KAVE Universe



ถนนบางแสนสาย 4 ใต้ ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

รายงานฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์เสถียรภาพของงานขุดดิน เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพความปลอดภัย
ของโครงการ KAVE Universe ที่ตั้งอยู่ถนนบางแสนสาย 4 ใต้ ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี
ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งโครงการ

1. วิเคราะห์เสถียรภาพอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของการขุดเปิดดินโดยไม่มีระบบป้องกันดินพัง
2. วิเคราะห์เสถียรภาพอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของการขุดเปิดดินโดยมีระบบป้องกันดินพังด้วยเข็มพืด (Sheet Pile) ร่วมกับโครงสร้างค้ำยัน
3. วิเคราะห์การเคลื่อนตัวของระบบป้องกันดินพังด้วยเข็มพืด (Sheet Pile)

3.1 อัตราส่วนความปลอดภัยที่ยอมรับได้ (Allowable Factor of Safety) ไม่น้อยกว่า 1.50

3.2 การเคลื่อนตัวของเข็มพืด (Sheet Pile) ต้องไม่มากกว่า $L/50$

3.3 น้ำหนักบรรทุกระหว่างการก่อสร้างเท่ากับ 2 t/m^2

4. ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติดิน

ข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินในพื้นที่โครงการ แสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3 โดยสามารถจำแนกชั้นดินจากรูปที่ 4 ได้ดังนี้

ระดับ 0.00 ถึง -7.50 ดินทรายหลวม (Very Loose Sand, SM) และดินเหนียวอ่อน (Soft to Medium Clay)

ระดับ -7.50 ถึง -16.50 ดินทรายแน่นปานกลาง (Medium to Dense Sand, SM)

ระดับ -16.50 ถึง -30.00 ดินเหนียวแข็งมาก (Stiff to Hard Clay, CL)

คุณสมบัติดินที่ใช้วิเคราะห์ ประกอบด้วย หน่วยน้ำหนักดิน (Unit Weight) กำลังรับเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) และ Undrained Elastic Modulus

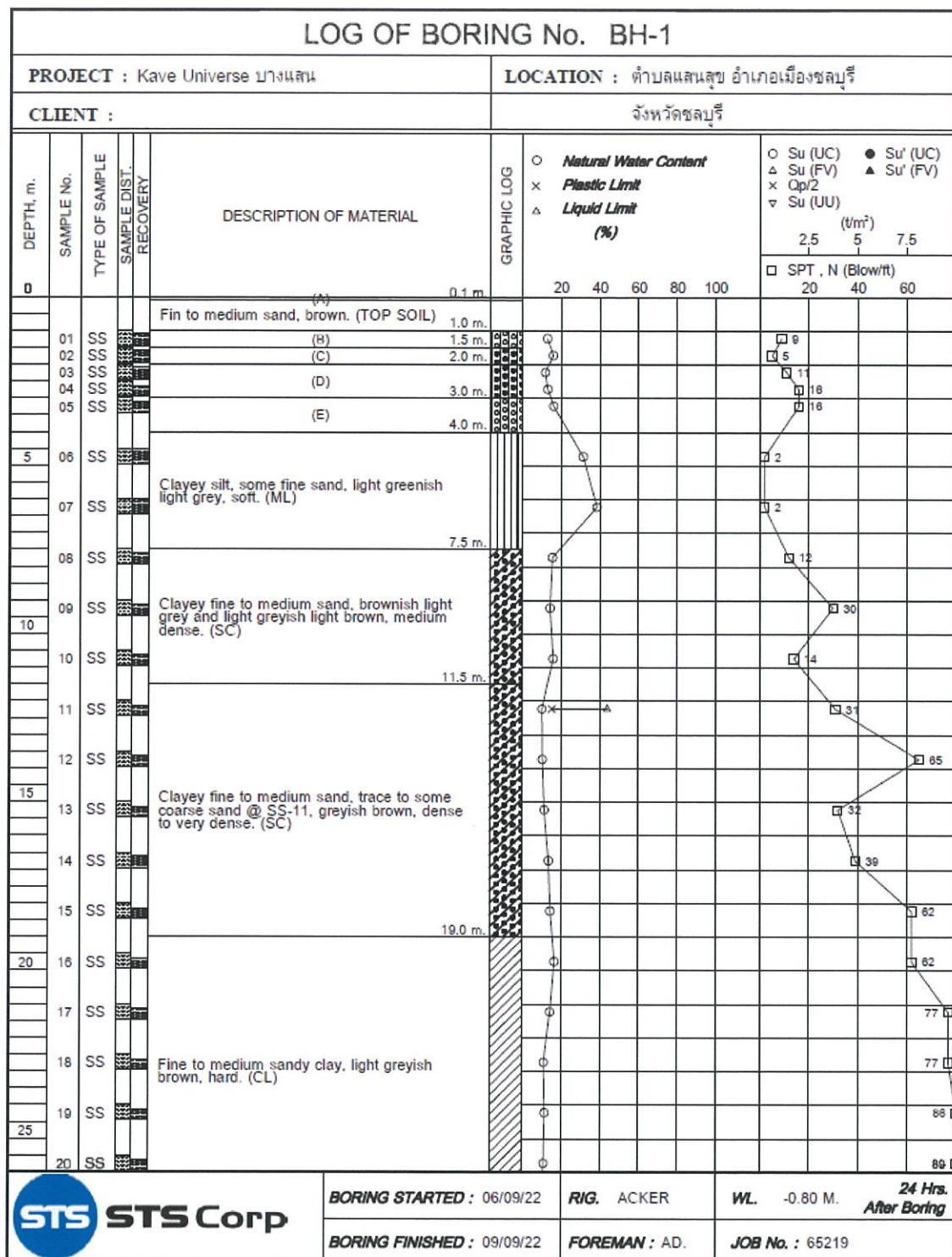
- หน่วยน้ำหนักดิน (Unit Weight) และกำลังรับเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) ได้จากผลการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

- Undrained Elastic Modulus of Clay อ้างอิงจาก EAU (2004) ซึ่งได้ผลจากค่า PI และสัดส่วน E_u/C_u แสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติดินที่ใช้วิเคราะห์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติดินที่ใช้วิเคราะห์

Soil Description	Unit Weight	Su	c	Phi	E (kPa)	Poisson Ratio
	(kN/m^3)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	Degree	(kN/m^2)	
1. Soft to Medium Clay	16.5	12.5	-	-	7,500	0.40
2. Medium to Dense Sand	21.0	50.0	-	-	30,000	0.30
3. Dense Sand	22.0	250.0	-	-	100,000	0.25
4. Steel Sheet Pile					100,000,000	0.15



รูปที่ 2 ข้อมูลคุณสมบัติดินหลุมเจาะ BH-1

LOG OF BORING No. BH-1									
PROJECT : Kave Universe บางแสน					LOCATION : ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี				
CLIENT :					จังหวัดชลบุรี				
DEPTH, m.	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>○ Natural Water Content</p> <p>× Plastic Limit</p> <p>△ Liquid Limit (%)</p> </div> <div> <p>○ Su (UC) ● Su' (UC)</p> <p>△ Su (FV) ▲ Su' (FV)</p> <p>× Qp/2</p> <p>▽ Su (UU)</p> </div> </div>			
						<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> (t/m²) SPT, N (Blow/ft) </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 2.5 5 7.5 20 40 60 </div>			
25									
20	SS			Fine to medium sandy clay, light greyish brown, hard. (CL)	27.0 m.	○			89
21	SS			(F)	28.5 m.	○			92/10"
22	SS					○			50/8"
30	23	SS				○			50/4"
24	SS			Fine to medium sandy clay, light greyish light brown but light brownish light grey @ SS-22, hard. (CL)		○			50/4"
25	SS					○			50/4"
35	26	SS			34.5 m.	○			50/4"
27	SS					○			50/4"
28	SS			Clayey fine to coarse sand, some gravel @ SS-29, light brownish light grey, very dense. (SC)		○			50/2"
29	SS					○			50/4"
40	30	SS			40.60 m.	○			50/4"
<p>↑ END OF BORING</p> <p>(A) Concrete slab.</p> <p>(B) Silty fine to coarse sand, greyish brown, loose. (SM)</p> <p>(C) Medium sand, trace to some fine & coarse sand, greyish brown, loose. (SM-SP)</p> <p>(D) Medium sand, trace to some fine & coarse sand, light brownish light grey, medium dense. (SM-SP)</p> <p>(E) Silty fine to medium sand, trace to some coarse sand, light brownish light grey, medium dense. (SM)</p>									
45									

BORING STARTED : 06/09/22

BORING FINISHED : 09/09/22

RIG. ACKER

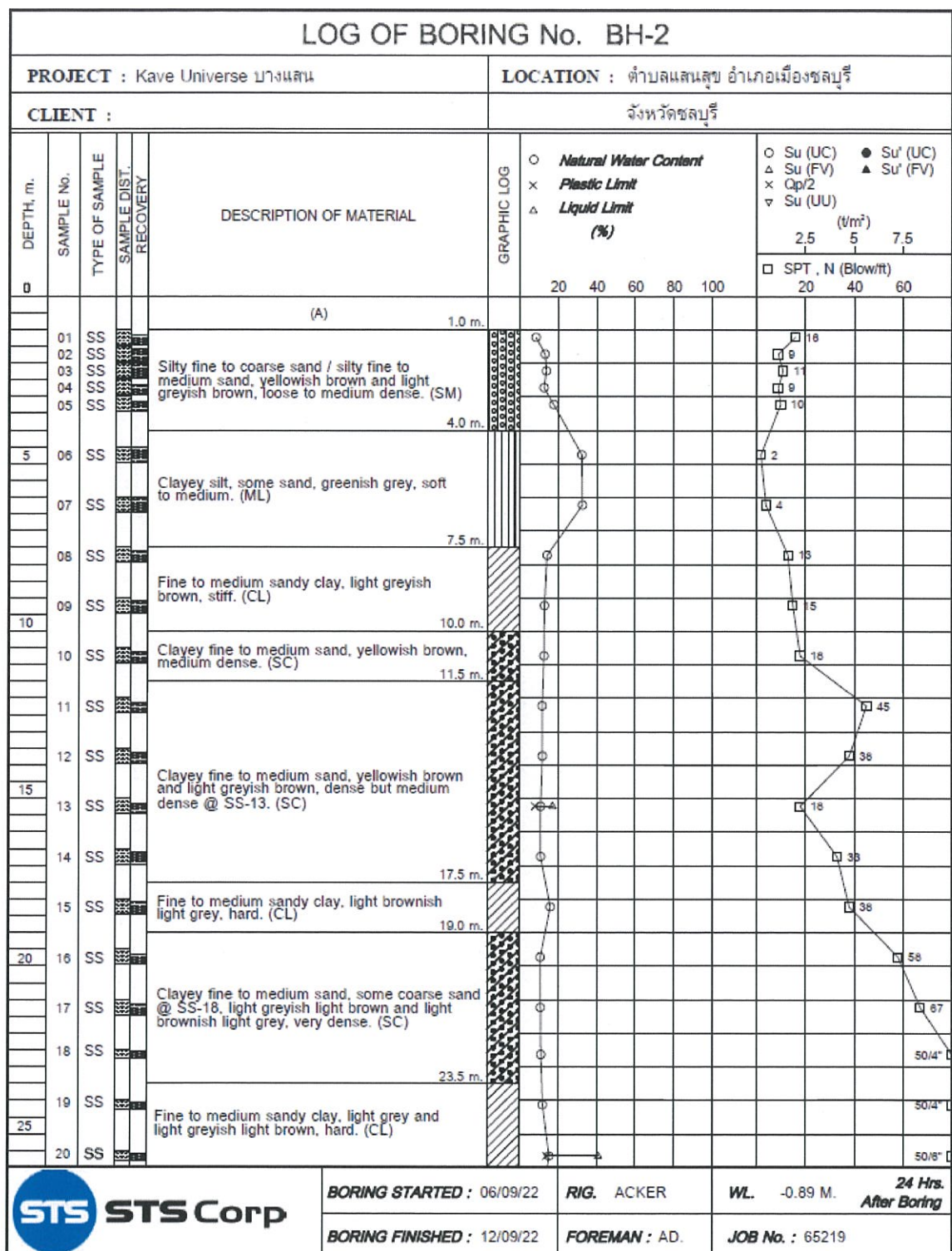
FOREMAN : AD.

WL. -0.80 M.

JOB No. : 65219

24 Hrs. After Boring

รูปที่ 2 ข้อมูลคุณสมบัติดินหลุมเจาะ BH-1 (ต่อ)

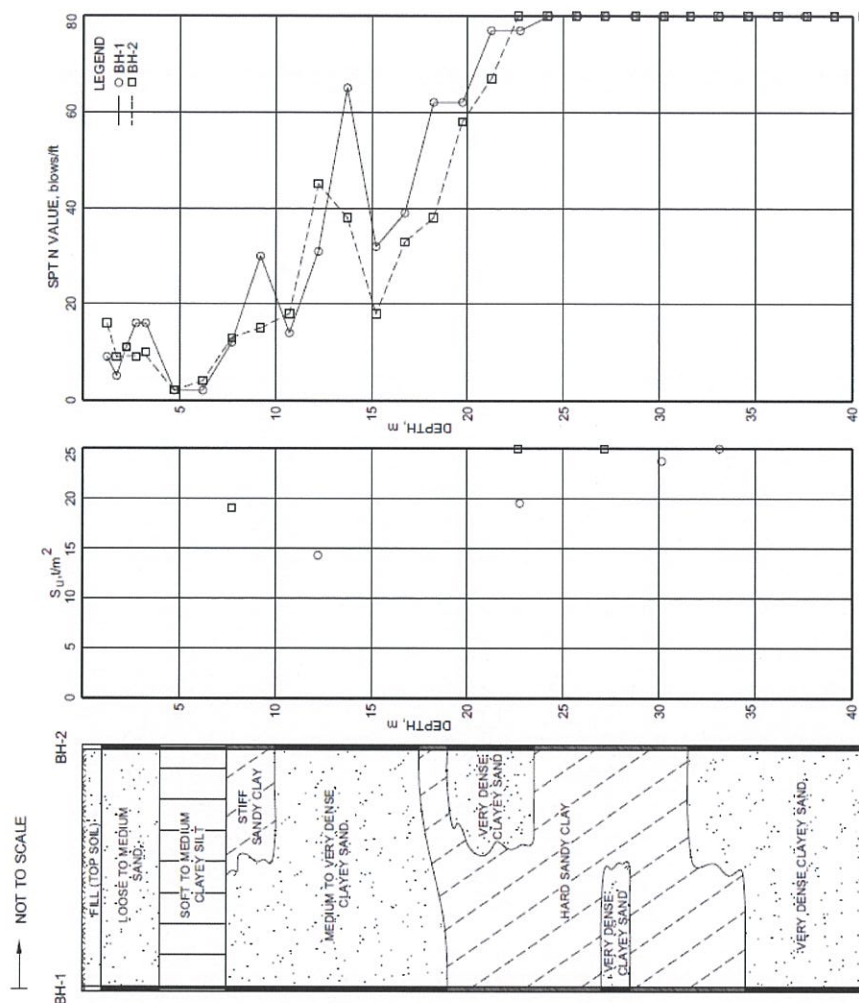


รูปที่ 3 ข้อมูลคุณสมบัติดินหลุมเจาะ BH-2

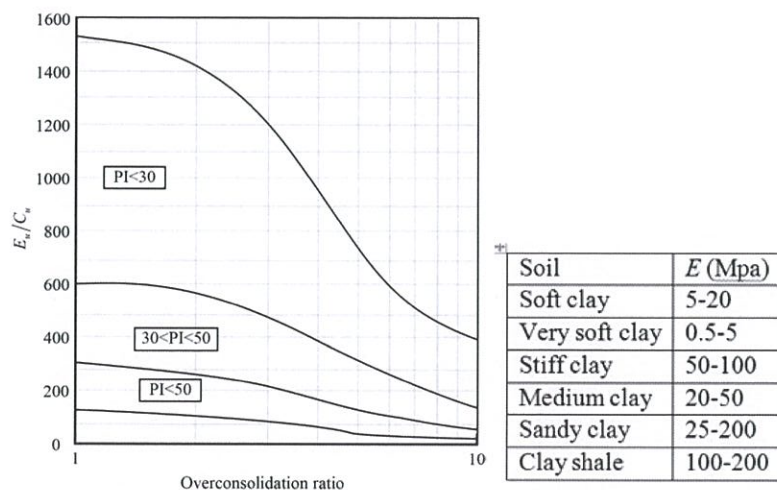
LOG OF BORING No. BH-2									
PROJECT : Kave Universe บางแสน					LOCATION : ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี				
CLIENT :					จังหวัดชลบุรี				
DEPTH, m.	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	○ Natural Water Content × Plastic Limit ▲ Liquid Limit (%)	○ Su (UC) ● Su' (UC) ▲ Su (FV) ▲ Su' (FV) × Qp/2 ▼ Su (UU)	(t/m ²) 2.5 5 7.5 □ SPT, N (Blow/ft) 20 40 60	
25									
20	SS			Fine to medium sandy clay, light grey and light greyish light brown, hard. (CL)					50/8"
21	SS								50/8"
22	SS								80
30	SS								86
23	SS								
24	SS								50/8"
25	SS								50/8"
26	SS			Clayey sand, trace to some gravel, clayey sandy gravel @ SS-25, yellowish brown and light greyish brown, very dense. (SC)					50/8"
27	SS								50/4"
28	SS								50/8"
29	SS								30/8"
30	SS								50/8"
40									
45									
31.5 m. 40.65 m. END OF BORING (A) Silty fine to medium sand, greyish brown. (TOP SOIL)									

STS Corp	BORING STARTED : 06/09/22	RIG. ACKER	WL. -0.89 M. 24 Hrs. After Boring
	BORING FINISHED : 12/09/22	FOREMAN : AD.	JOB No. : 65219

รูปที่ 3 ข้อมูลคุณสมบัติดินหลุมเจาะ BH-2 (ต่อ)



รูปที่ 4 สรุปลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดิน
(Undrained Shear Strength)

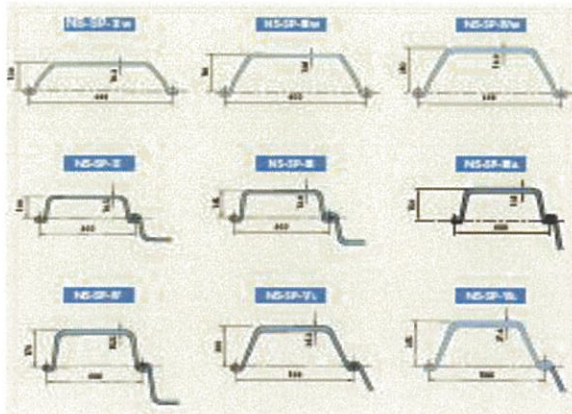


รูปที่ 5 Undrained Elastic Modulus of Clay อ้างอิงจาก EAU (2004)

5. ระบบการป้องกันดินพังด้วยเข็มพืด

ระบบการป้องกันดินพังมีองค์ประกอบ ได้แก่ Sheet Pile Wall Type 3 แสดงคุณสมบัติในรูปที่ 6
King Post H-shape และ Bracing Strut: Wale H-shape 350x350x137 kg/m แสดงคุณสมบัติในรูปที่ 7

Shapes



Compatibility



Deviation Angle

Each interlock allows a certain rotation. The minimum angle of deviation (the interlock swing) for the combination of the identical versions of U-type sheet piles is shown in the figure below.



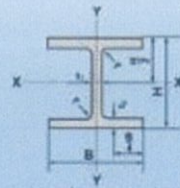
Sectional properties

Type	Dimension			Per pile				Per 1 m of pile wall width			
	Effective width W mm	Effective height h mm	Thickness t mm	Sectional area cm ²	Moment of inertia cm ⁴	Section modulus cm ³	Unit mass kg/m	Sectional area cm ² /m	Moment of inertia cm ⁴ /m	Section modulus cm ³ /m	Unit mass kg/m ²
NS-SP-1	400	100	10.5	61.18	1,240	152	48.0	153.0	8,740	874	120
NS-SP-2	400	125	13.0	76.42	2,220	223	60.0	191.0	16,800	1,340	150
NS-SP-2A	400	150	13.1	74.40	2,790	250	58.4	186.0	22,800	1,520	146
NS-SP-3	400	170	15.5	96.99	4,670	362	76.1	242.5	38,600	2,270	190
NS-SP-1L	500	200	24.3	133.8	7,960	520	105	267.6	63,000	3,150	210
NS-SP-1B	500	225	27.8	153.0	11,400	680	120	306.0	96,000	3,820	240
NS-SP-1w	600	130	10.3	78.70	2,110	203	61.8	131.2	13,000	1,000	103
NS-SP-2w	600	190	13.4	103.9	5,220	376	81.6	173.2	32,400	1,800	136
NS-SP-3w	600	210	18.0	135.3	8,830	539	106	225.5	56,700	2,700	177

รูปที่ 6 คุณสมบัติของเข็มพืด (Sheet Pile)

H-BEAMS

TIS 1227-2558 (2015) | TIS STANDARD

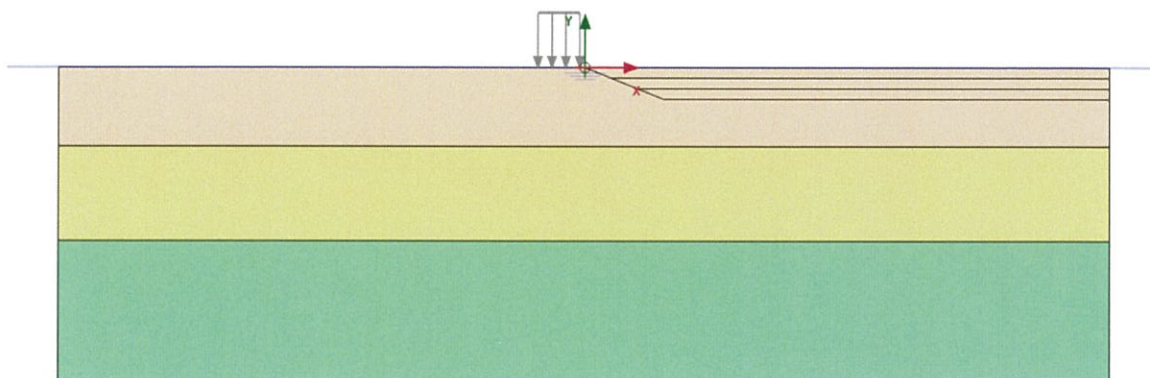


Nominal size	Weight	Sectional Dimension					Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
mm	kg/m	H	B	t ₁	t ₂	r	cm ²	I _x	I _y	I _x	I _y	Z _x	Z _y
100x50	9.30	100	50	5.0	7	8	11.85	187	14.8	3.98	1.12	37.5	5.91
100x100	17.2	100	100	6.0	8	10	21.90	383	134	4.2	2.47	77	27
125x125	23.8	125	125	6.5	9	10	30.31	847	293	5.3	3.11	136	47
150x75	14.0	150	75	5.0	7	8	17.85	666	50	6.1	1.66	89	13
150x100	21.1	148	100	6.0	9	11	26.84	1,020	151	6.2	2.37	138	30
150x150	31.5	150	150	7.0	10	11	40.14	1,640	563	6.4	3.75	219	75
175x90	18.1	175	90	5.0	8	9	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
175x175	40.2	175	175	7.5	11	12	51.21	2,880	984	7.5	4.38	330	112
200x100	18.2	198	99	4.5	7	11	23.18	1,580	114	8.3	2.21	160	23
	21.3	200	100	5.5	8	11	27.16	1,840	134	8.2	2.22	184	27
200x150	30.6	194	150	6.0	9	13	39.01	2,690	507	8.3	3.61	277	68
200x200	49.9	200	200	8.0	12	13	63.53	4,720	1,600	8.6	5.02	472	160
	56.2	200	204	12.0	12	13	71.53	4,980	1,700	8.4	4.88	498	167
250x125	65.7	208	202	10.0	16	13	83.69	6,530	2,200	8.8	5.13	628	218
	25.7	248	124	5.0	8	12	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41
250x175	29.6	250	125	6.0	9	12	37.66	4,050	294	10.4	2.79	324	47
	44.1	244	175	7.0	11	16	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250x250	64.4	244	252	11.0	11	16	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
	66.5	248	249	8.0	13	16	84.70	9,930	3,350	10.8	6.29	801	269
300x150	72.4	250	250	9.0	14	16	92.18	10,800	3,650	10.8	6.29	867	292
	82.2	250	255	14.0	14	16	104.70	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
300x200	32.0	298	149	5.5	8	13	40.80	6,320	442	12.4	3.29	424	59
	36.7	300	150	6.5	9	13	46.78	7,210	508	12.4	3.29	481	68
300x300	56.8	294	200	8.0	12	18	72.38	11,300	1,600	12.5	4.71	771	160
	65.4	298	201	9.0	14	18	83.36	13,300	1,900	12.6	4.77	893	189
350x175	84.5	294	302	12.0	12	18	107.70	16,900	5,520	12.5	7.16	1,150	365
	87.0	298	299	9.0	14	18	110.80	18,800	6,240	13.0	7.51	1,270	417
350x250	94.0	300	300	10.0	15	18	119.80	20,400	6,750	13.1	7.51	1,360	450
	106.0	300	305	15.0	15	18	134.80	21,500	7,100	12.6	7.26	1,440	466
350x350	106.0	304	301	11.0	17	18	134.80	23,400	7,730	13.2	7.57	1,540	514
	41.4	346	174	6.0	9	14	52.68	11,100	792	14.5	3.88	611	91
350x350	49.6	350	175	7.0	11	14	63.14	13,600	984	14.7	3.95	775	112
	57.8	354	176	8.0	13	14	73.68	16,100	1,180	14.8	4.01	909	134
350x350	69.2	336	249	8.0	12	20	88.15	18,500	3,090	14.5	5.92	1,100	248
	79.7	340	250	9.0	14	20	101.50	21,700	3,650	14.6	6.00	1,280	292
350x350	106.0	338	351	13.0	13	20	135.30	28,200	9,380	14.4	8.33	1,670	534
	115.0	344	348	10.0	16	20	146.00	33,300	11,200	15.1	8.78	1,940	646
350x350	131.0	344	354	16.0	16	20	166.60	35,300	11,800	14.6	8.43	2,050	669
	137.0	350	350	12.0	19	20	173.90	40,300	13,600	15.2	8.84	2,300	776

รูปที่ 7 คุณสมบัติของ King Post และ Bracing Strut (H-Beam)

6. แบบจำลองและผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยไม่มีระบบป้องกันดินพัง

การวิเคราะห์เสถียรภาพการขุดเปิดหน้าดินในพื้นที่ก่อสร้างใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยพิจารณาจากอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ด้วยวิธี Strength Reduction Stability สำหรับรูปแบบการวิเคราะห์เสถียรภาพของการขุดเปิดดิน กำหนดความลาดชันของการขุดดินแบบไม่มีระบบป้องกันดินที่ 1 : 1.0, 1 : 1.5, 1 : 2.0 และ 1 : 2.5 และขุดเปิดดินลึก 1.0 m., 2.0 m., 3.0 m. น้ำหนักบรรทุกทุกกระชั้นระหว่างการก่อสร้างเท่ากับ 2 t/m^2 แสดงในรูปที่ 7

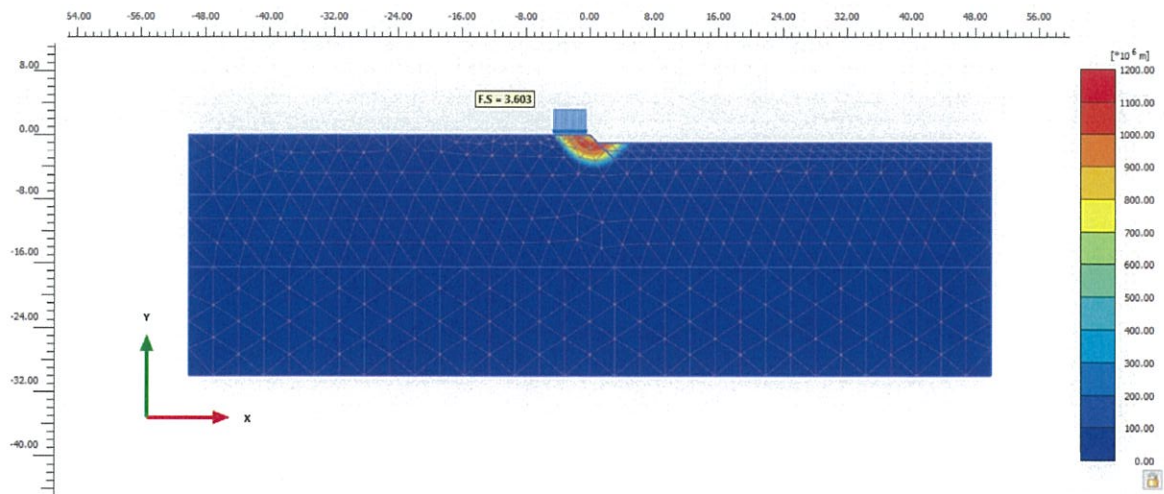


รูปที่ 7 แบบจำลองวิเคราะห์การขุดดิน กรณีไม่มีระบบป้องกันดินพัง

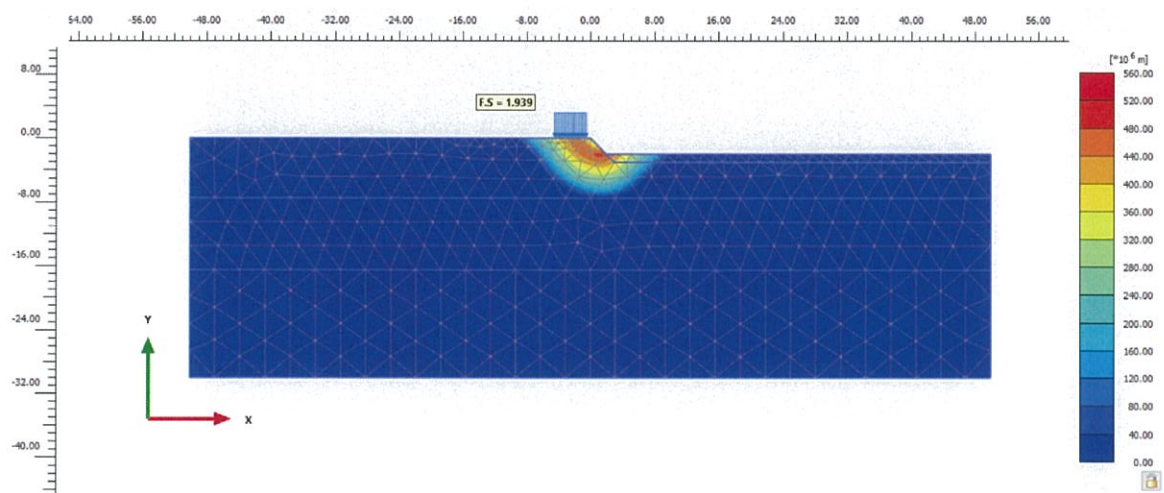
ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) แสดงในรูปที่ 8 ถึงรูปที่ 19 และสรุปผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 โดยผลวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีขุดดินไม่มีการป้องกันดินพบว่า การขุดดินลึก 1.0 เมตร และ 2.0 เมตร ของทุกความลาดชัน มีอัตราส่วนความปลอดภัยระหว่าง 1.939 – 3.776 ส่วนการขุดดินลึก 3.0 เมตร ของทุกความลาดชัน มีอัตราส่วนความปลอดภัยระหว่าง 1.333 – 1.434 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น การขุดดินไม่มีแบบไม่มีระบบการป้องกันดินพัง สามารถขุดดินลึกมากที่สุดไม่เกิน 2.0 เมตร

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) กรณีไม่มีการป้องกันดิน

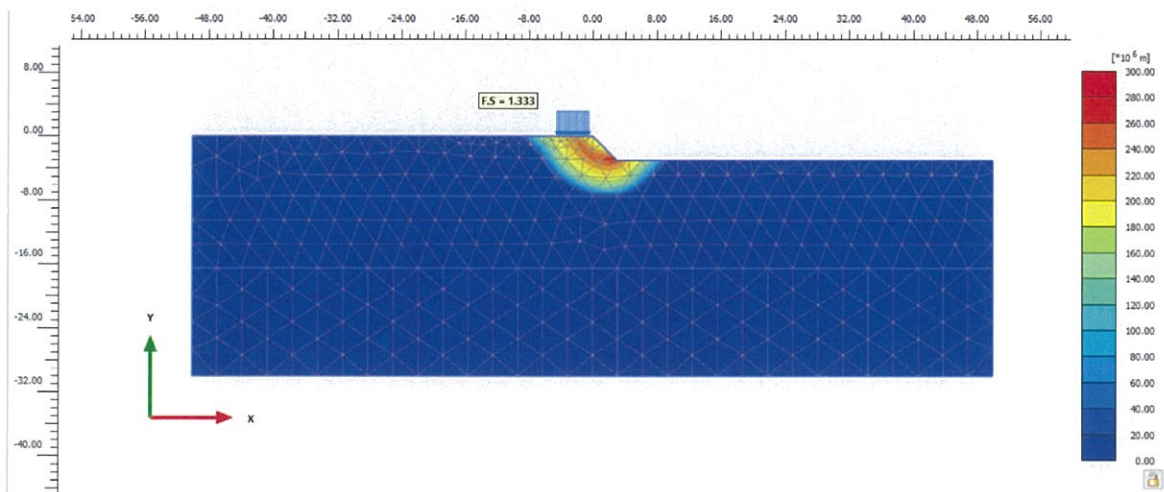
Depth of Pit (m.)	อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety)			
	Slope 1 : 1.0	Slope 1 : 1.5	Slope 1 : 2.0	Slope 1 : 2.5
1.0	3.603	3.660	3.732	3.776
2.0	1.939	1.983	2.017	2.042
3.0	1.333	1.373	1.405	1.434



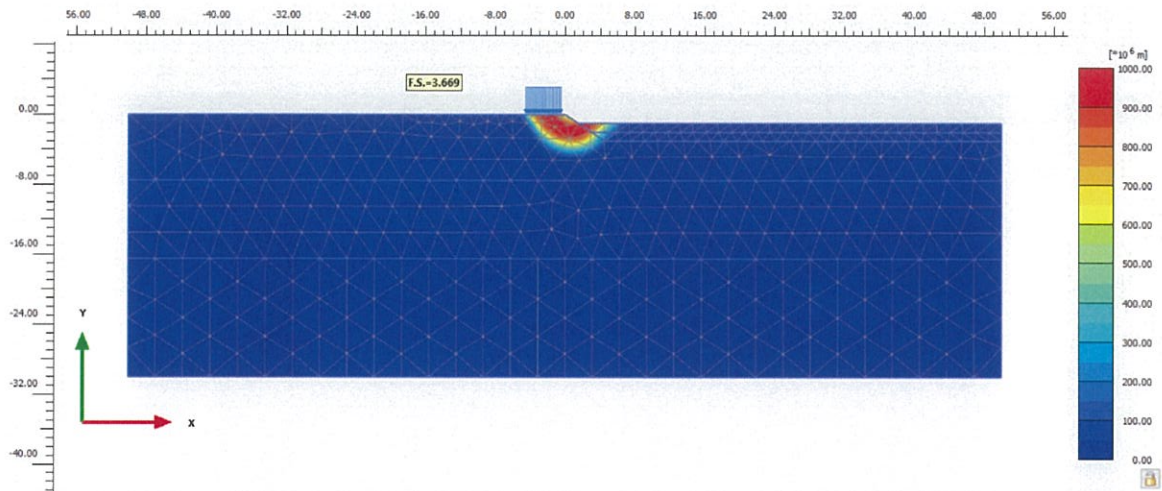
รูปที่ 8 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 1.0 และขุดดินลึก 1.0 เมตร



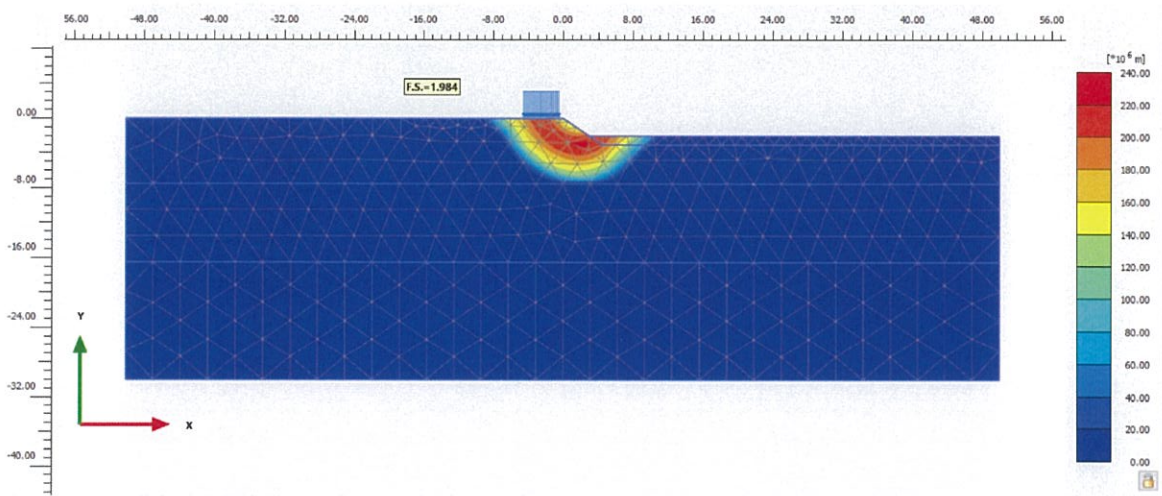
รูปที่ 9 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 1.0 และขุดดินลึก 2.0 เมตร



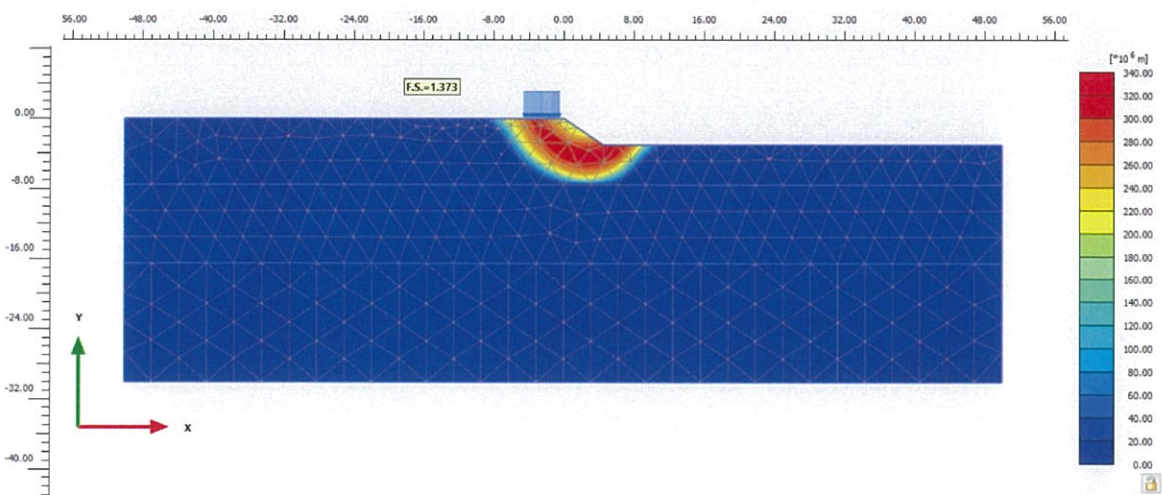
รูปที่ 10 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 1.0 และขุดดินลึก 3.0 เมตร



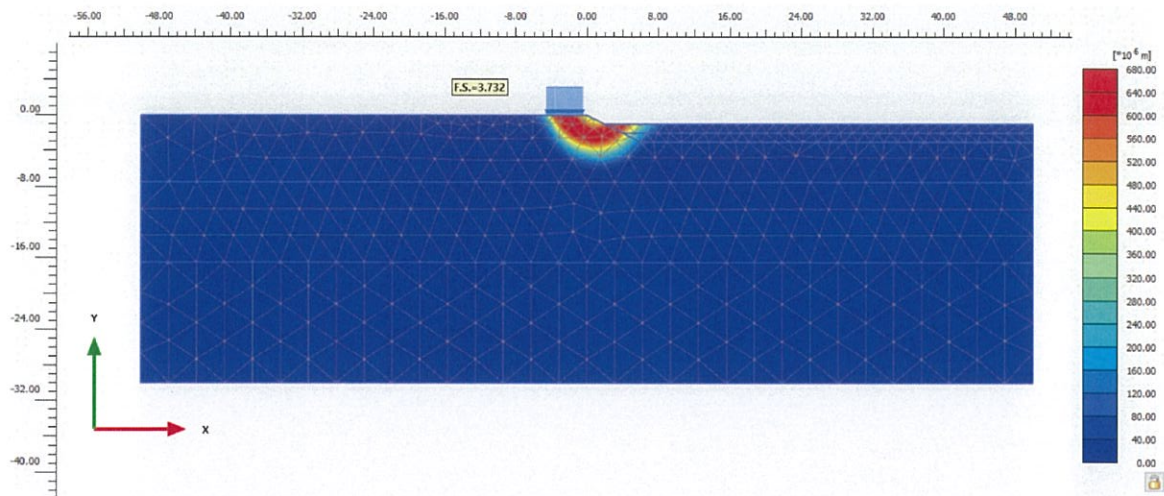
รูปที่ 11 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 1.5 และขุดดินลึก 1.0 เมตร



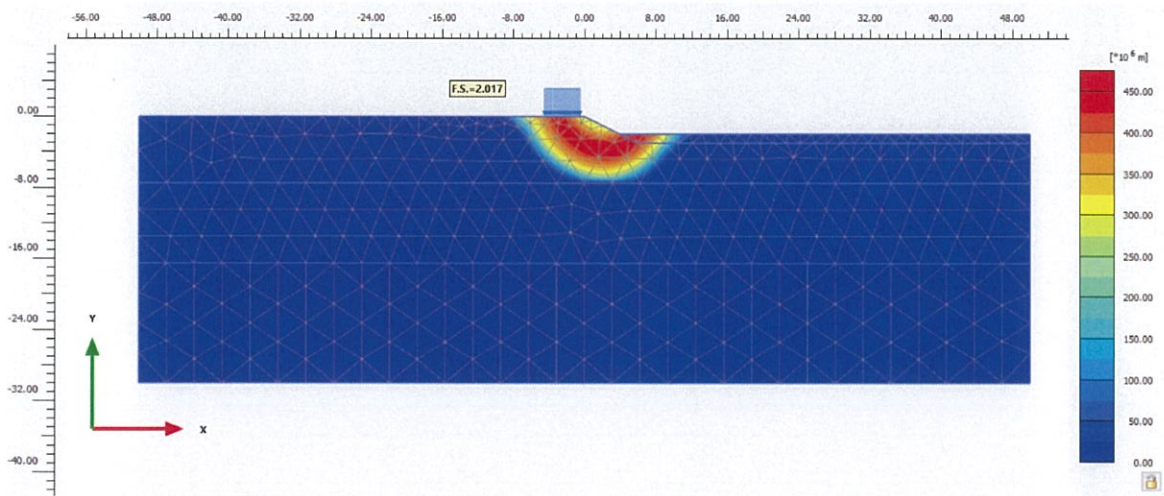
รูปที่ 12 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 1.5 และขุดดินลึก 2.0 เมตร



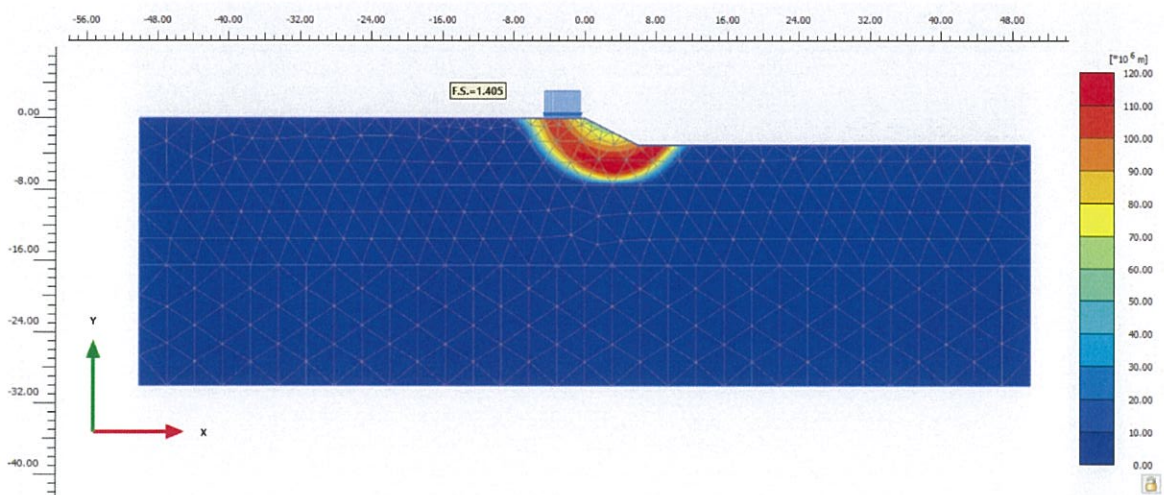
รูปที่ 13 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 1.5 และขุดดินลึก 3.0 เมตร



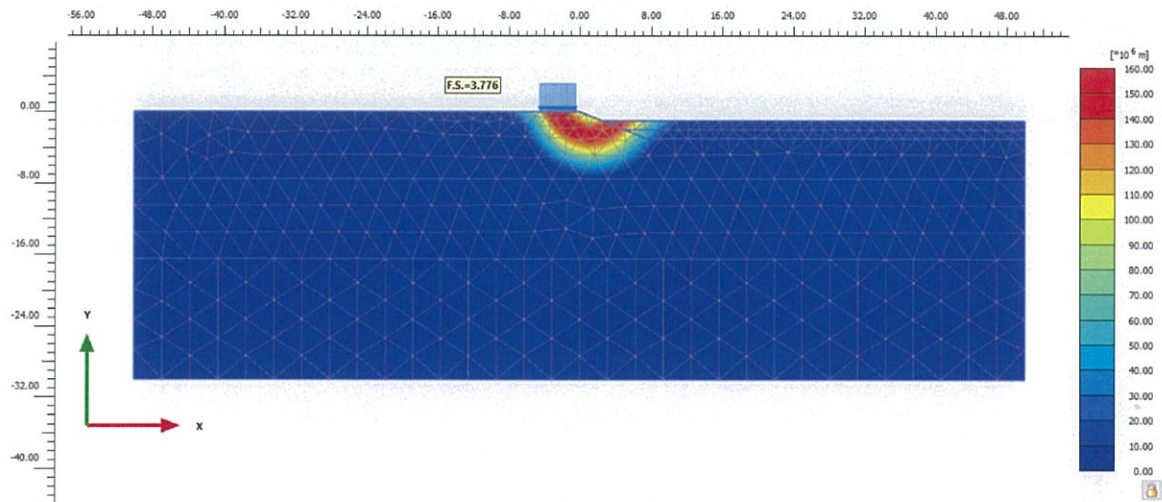
รูปที่ 14 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 2.0 และจุดดินลึก 1.0 เมตร



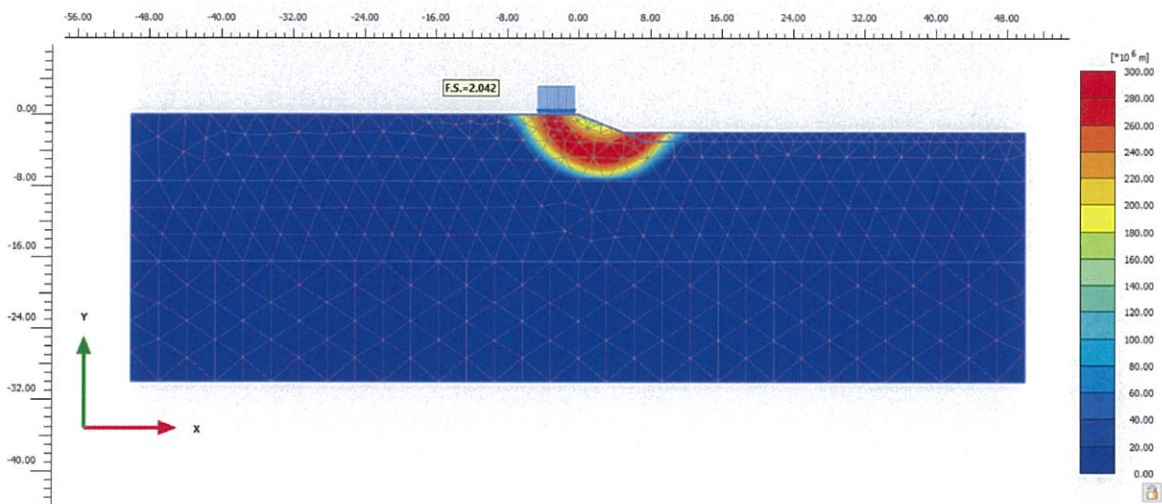
รูปที่ 15 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 2.0 และจุดดินลึก 2.0 เมตร



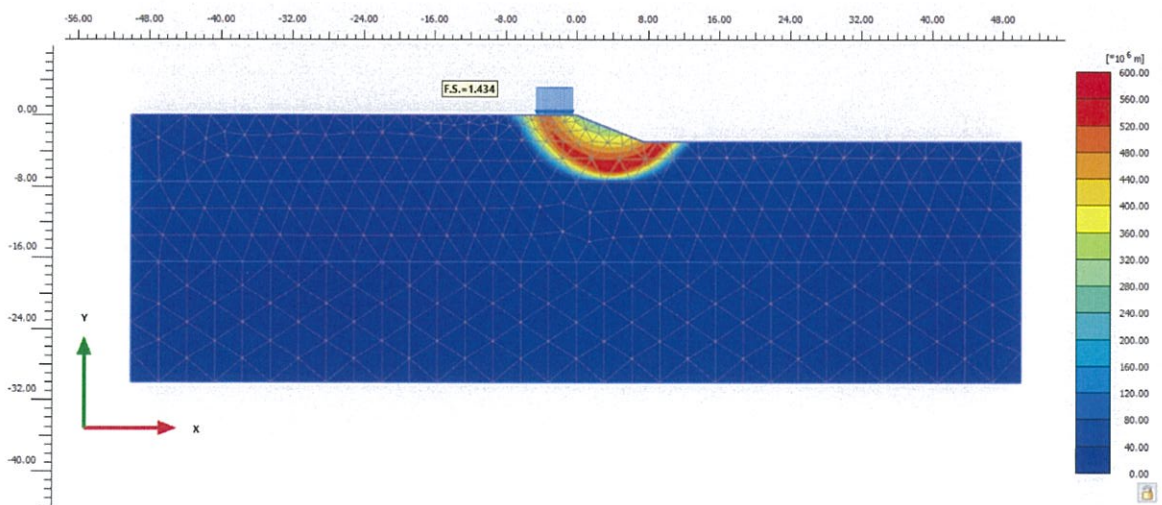
รูปที่ 16 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 2.0 และจุดดินลึก 3.0 เมตร



รูปที่ 17 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 2.5 และจุดดินลึก 1.0 เมตร



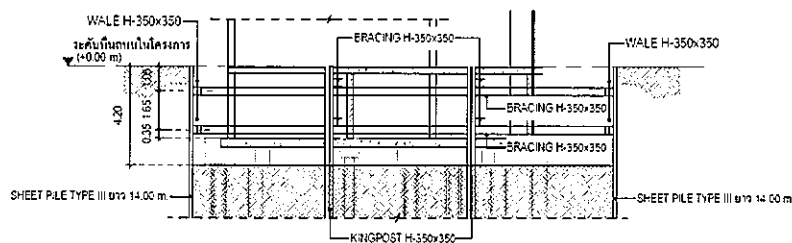
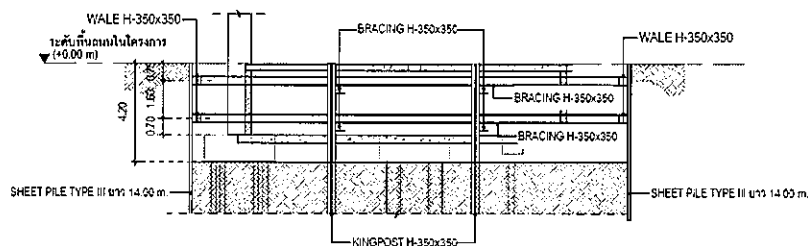
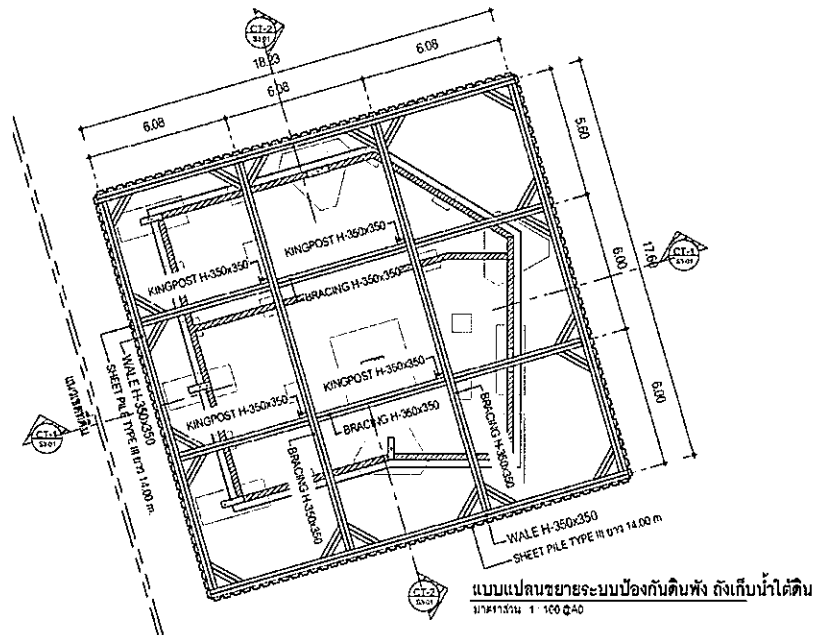
รูปที่ 18 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 2.5 และจุดดินลึก 2.0 เมตร



รูปที่ 19 อัตราส่วนความปลอดภัย กรณีความลาดชัน 1 : 2.5 และจุดดินลึก 3.0 เมตร

7. แบบจำลองและผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยมีระบบป้องกันดินพัง

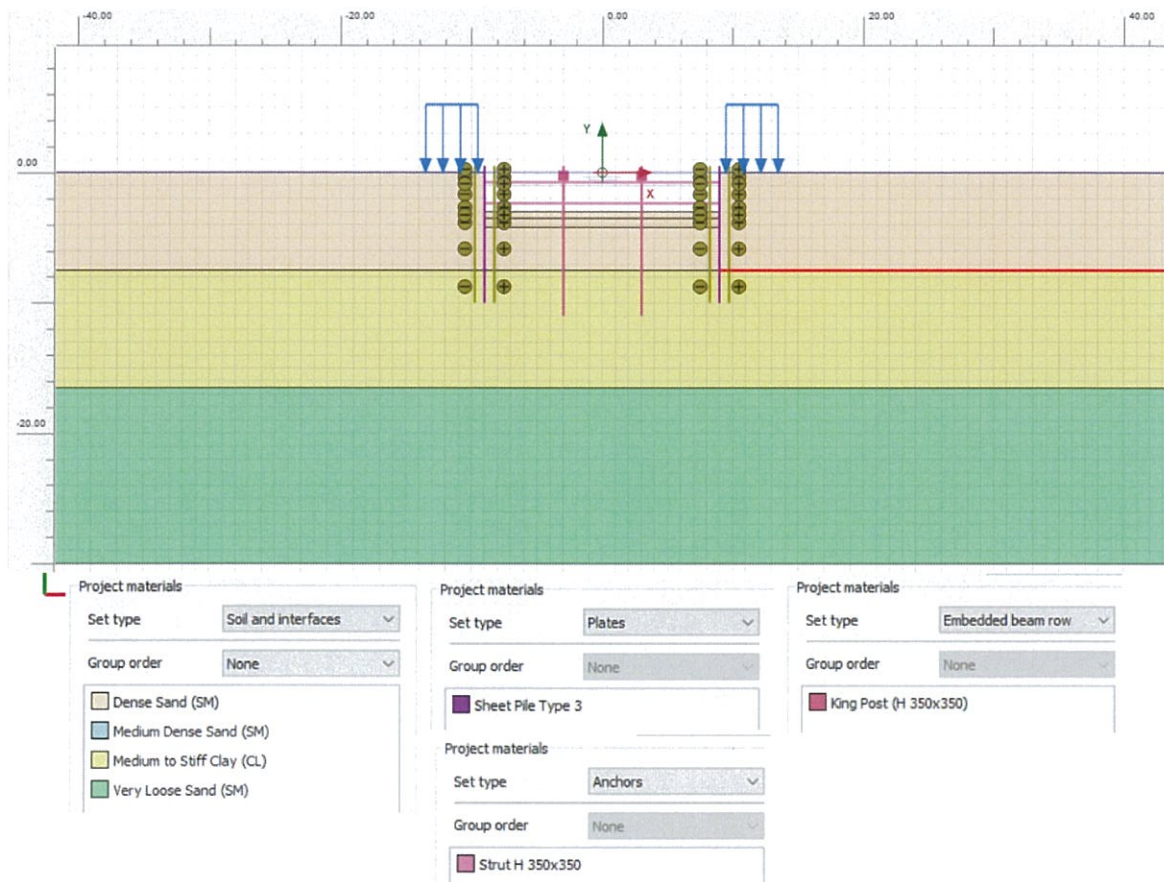
การวิเคราะห์เสถียรภาพการขุดดินแบบมีค้ำยันในพื้นที่ก่อสร้าง ใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) ด้วยโปรแกรม Plaxis 2D โดยพิจารณาจากอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ด้วยวิธี Strength Reduction Stability สำหรับรูปแบบการวิเคราะห์เสถียรภาพ (รูปที่ 20) จะใช้แนว CT-1 เป็นตัวแทนเนื่องจากมีความยาวช่วงมากกว่าแนว CT-2



รูปที่ 20 แบบการก่อสร้างระบบป้องกันดินพังด้วยเข็มพืด (Sheet Pile) และค้ำยัน (Bracing)

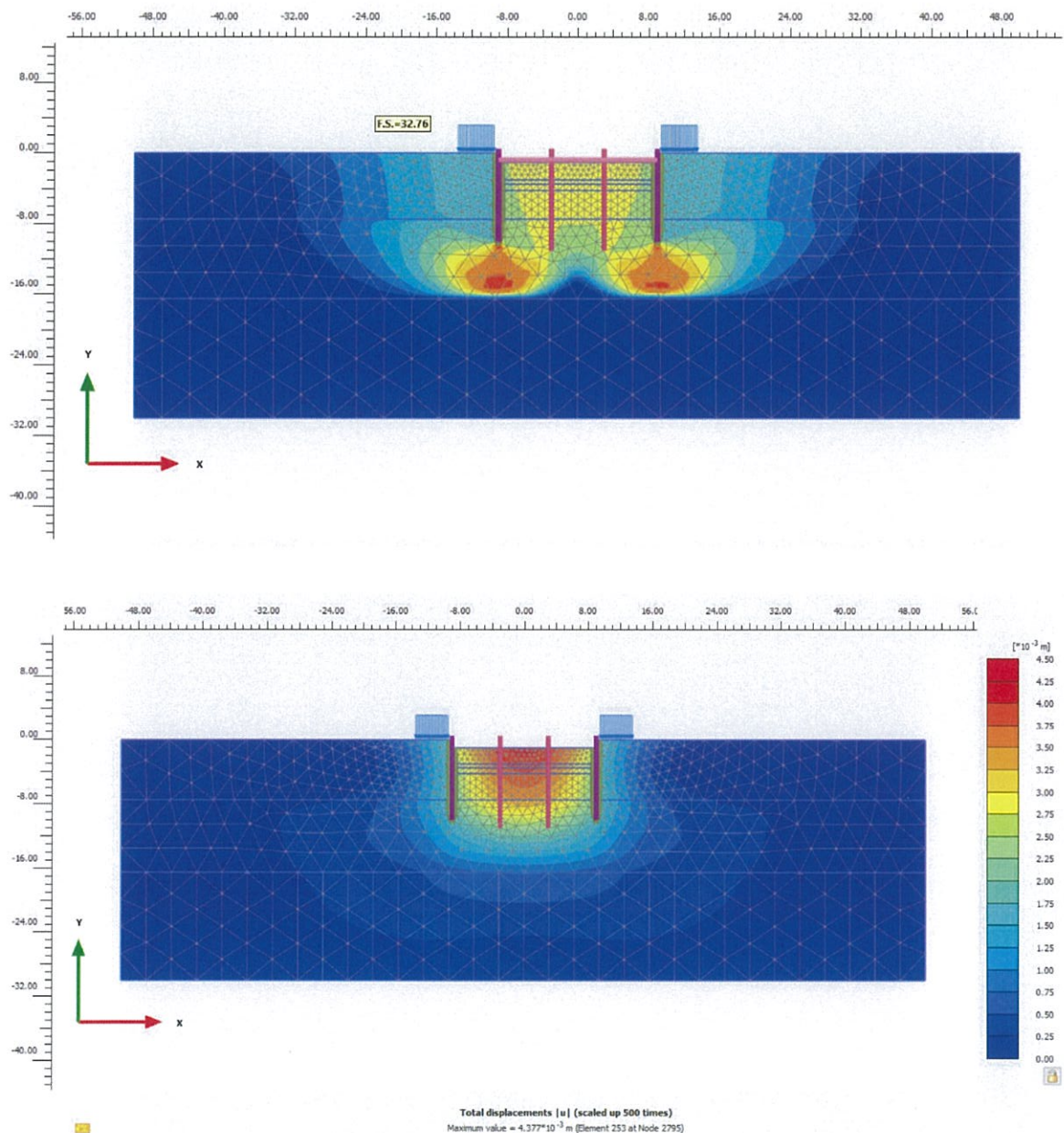
แบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพการขุดดินแบบมีระบบป้องกันดินพังแสดงในรูปที่ 21 โดยมีขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้

1. ติดตั้ง Sheet Pile Wall Type 3 ความยาว 10.0 เมตร (2 ฝั่ง)
2. จำลองน้ำหนักบรรทุกทุกจากเครื่องจักรขนาด 2 T/m^2 บริเวณ 2 ฝั่งของการขุด
3. ติดตั้ง King Post H-Shape $350 \times 350 \times 94 \text{ kg/m}$. ยาว 11 เมตร ทุก ๆ 6 เมตร
4. ขุดดินครั้งที่ 1 (1st Excavation) ที่ระดับ -1.00 เมตร
5. ติดตั้ง 1st Bracing: Wale H-shape $350 \times 350 \times 137 \text{ kg/m}$ ที่ระดับ -0.75 เมตร
6. ขุดดินครั้งที่ 2 (2nd Excavation) ที่ระดับ -2.50 เมตร
7. ติดตั้ง 2nd Bracing: Wale H-shape $350 \times 350 \times 137 \text{ kg/m}$ ที่ระดับ -2.35 เมตร
8. ขุดดินครั้งที่ 3 (3rd Excavation) ที่ระดับ -4.20 เมตร

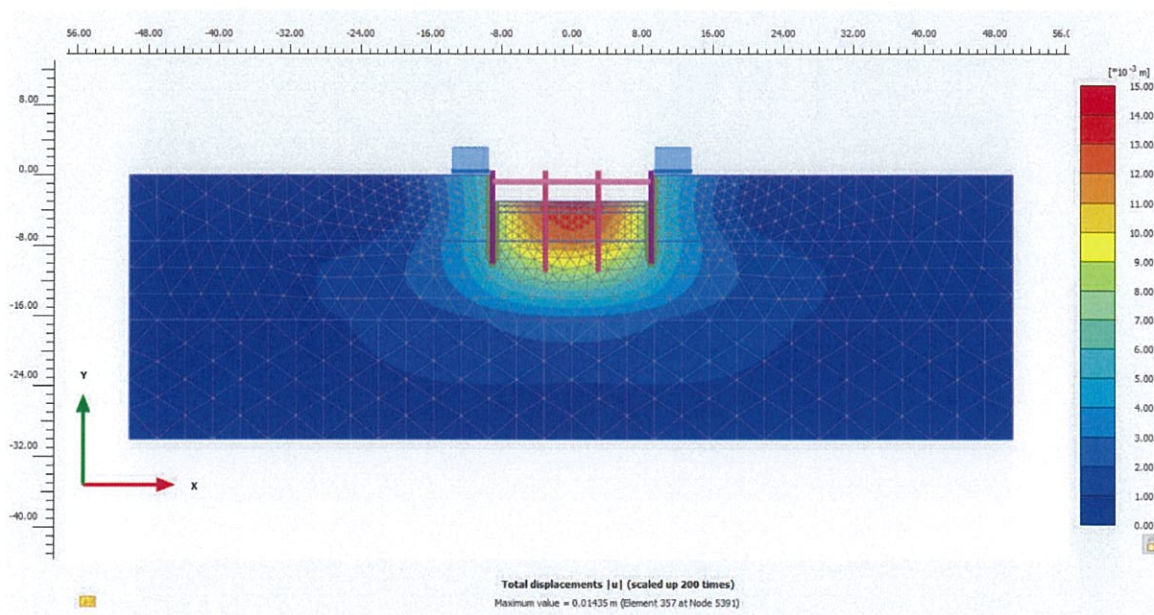
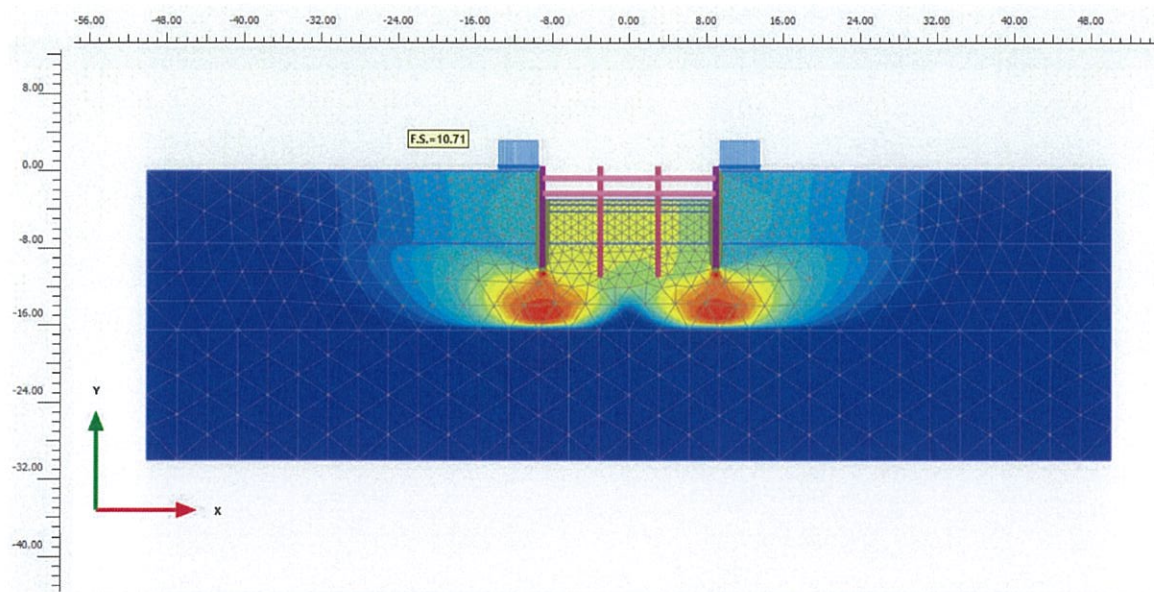


รูปที่ 21 แบบจำลองการก่อสร้างระบบป้องกันดินพังด้วยเข็มพืด (Sheet Pile) และลำดับการขุดดิน

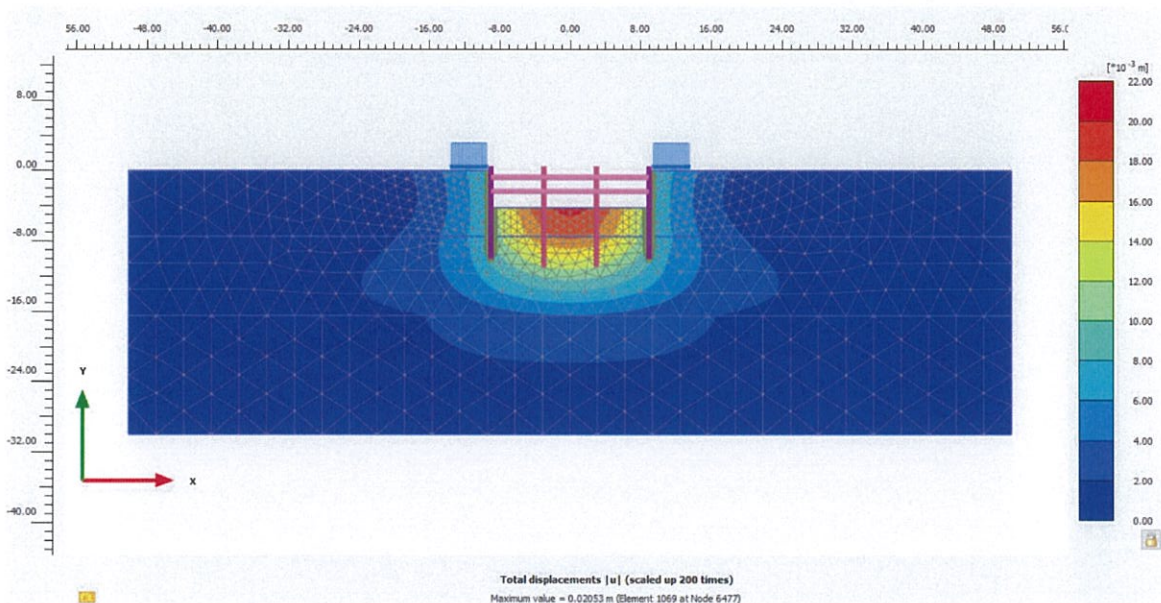
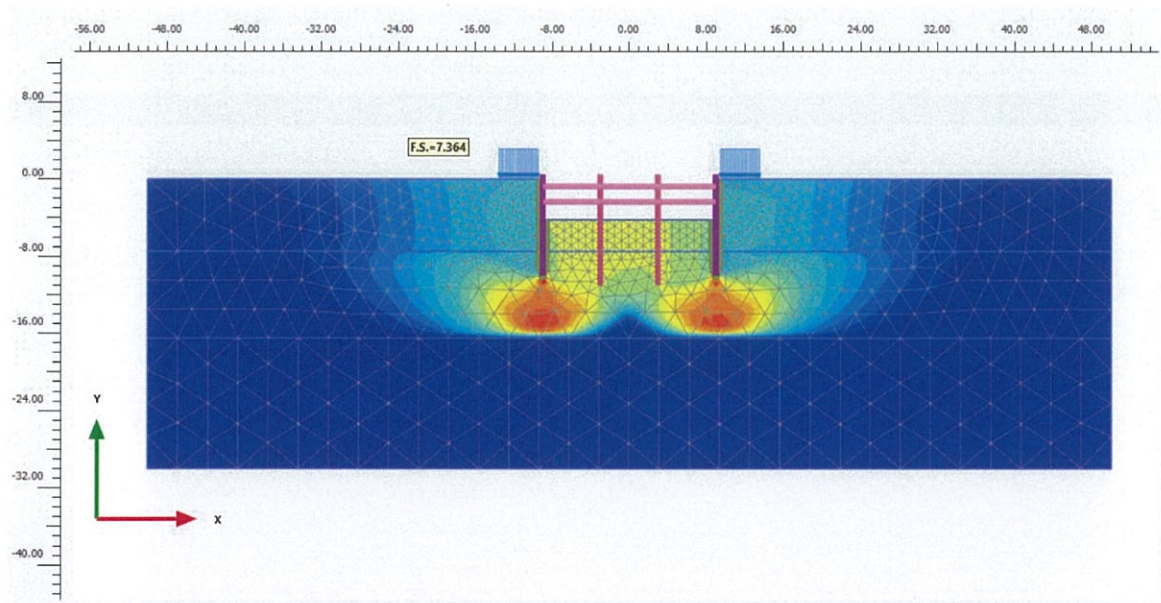
ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวของ Sheet Pile แสดงดังรูปที่ 22 ถึงรูปที่ 24 ซึ่งจากผลวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) พบว่าทุกกรณีของการขุดดินมีอัตราส่วนความปลอดภัยระหว่าง 7.364 – 32.76 อัตราส่วนความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ส่วนผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของเข็มพิต มีค่าระหว่าง 0.437 – 2.053 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ($L/50 = 14/50 = 28$ เซนติเมตร)



รูปที่ 22 อัตราส่วนความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน กรณีขุดดินที่ระดับ -1.0 เมตร และมีค้ำยันชั้นที่ 1



รูปที่ 23 อัตราส่วนความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน กรณีขุดดินที่ระดับ -2.5 เมตร และมีค้ำยันชั้นที่ 2

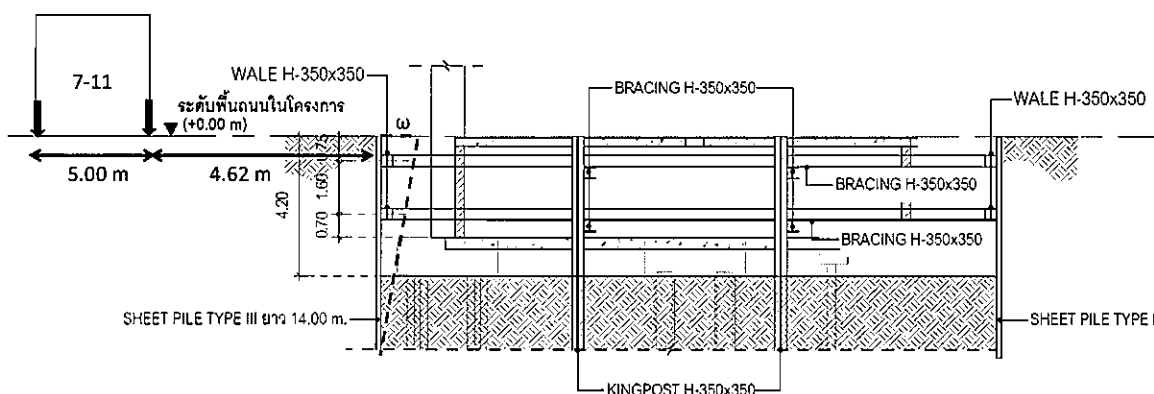


รูปที่ 24 อัตราส่วนความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน กรณีชุดดินที่ระดับ -4.2 เมตร และมีค้ำยันชั้นที่ 2

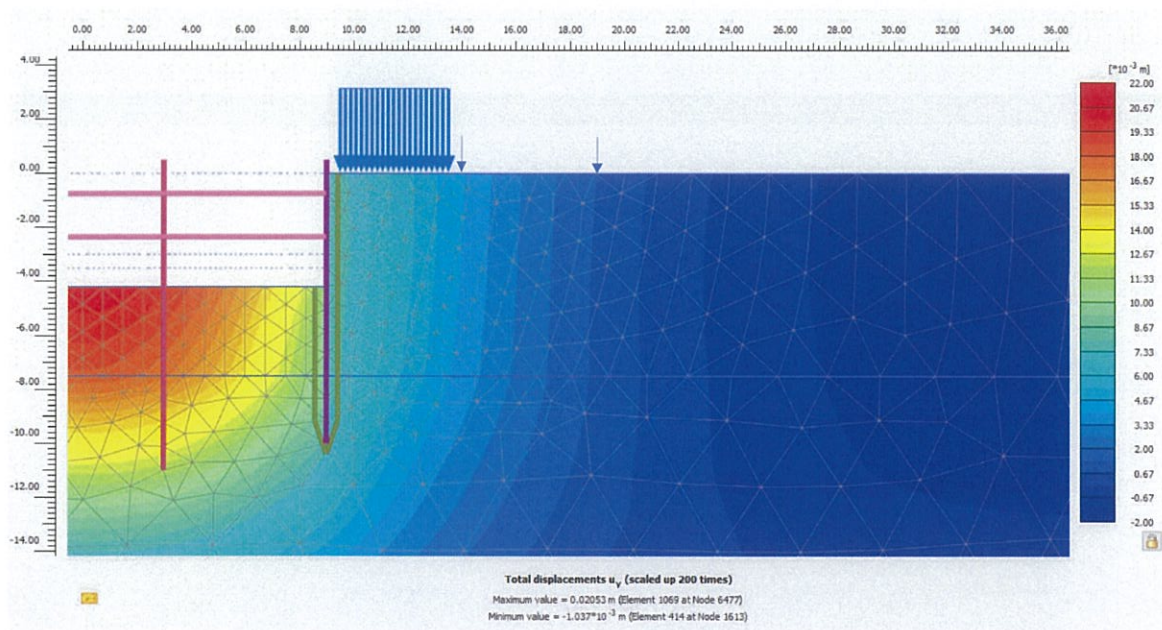
การเสียรูปเชิงมุม β (Angular Distortion)” คำนวณตาม มยผ. 1552-51 มีสมการเท่ากับ $(\delta/L)/\omega$ โดยที่ δ คือ ผลแตกต่างระหว่างการทรุดตัวของเสาเข็มสองจุดบนโครงสร้าง (Y Displacement) แสดงในรูปที่ 25 ส่วน L คือ ระยะทางระหว่างฐานรากสองจุด และ ω คือ การเอียงตัวของโครงสร้างกันดิน (Sheet Pile Displacement)

- P1 ที่ระยะ 4.62 ม. จากกำแพงกันดิน ผิวดินมีการทรุดตัว -0.004 ม. (รูปที่ 26)
- P2 ที่ระยะ 9.62 ม. จากกำแพงกันดิน ผิวดินมีการทรุดตัว -0.0016 ม. (รูปที่ 26)
- ค่าการเคลื่อนตัวของ Sheet Pile สูงสุดอยู่ที่ 0.0016 ม. Sheet Pile ยาว 10 เมตร (รูปที่ 27)

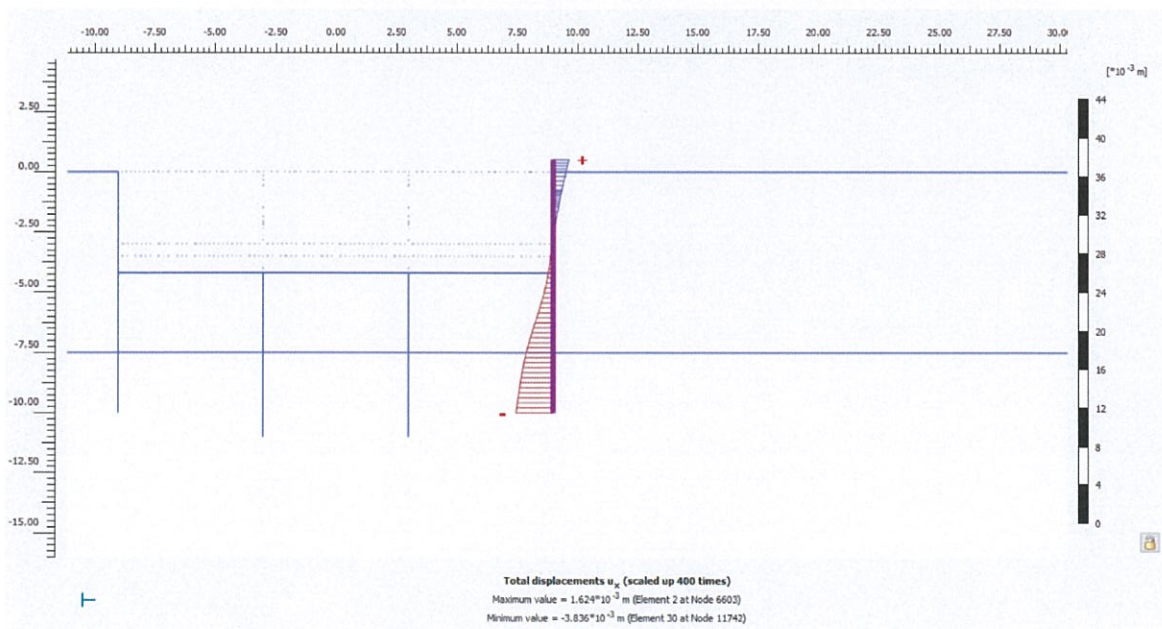
$$\begin{aligned}(\delta/L) - \omega &= [(U_{y_{p2}} - U_{y_{p1}})/B] - U_x/L \\ \delta/L - \omega &= [(0.0073 - 0.0033) / 5 - (0.0016 / 10)] \\ &= [(0.0040 / 5) - (0.0016 / 10)] \\ &= (1 / 1250) - (1 / 8750) \\ &= (8,750 - 1,250) / (8,750 \times 1,250) \\ &= 1 / 1458 < 1 / 500 \text{ ไม่เกิดการแตกร้าวในอาคาร}\end{aligned}$$



รูปที่ 25 ข้อมูลของอาคารร้านสะดวกซื้อ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเสียรูปเชิงมุม β
(Angular Distortion)



รูปที่ 26 ค่าการทรุดตัวของดินบริเวณฐานรากของร้านสะดวกซื้อ



รูปที่ 27 ค่าการเคลื่อนตัวของ Sheet Pile

9. สรุปผลวิเคราะห์และข้อแนะนำ

9.1 การขุดเปิดดินกรณีไม่มีระบบป้องกันดิน

- การขุดดินลึก 1.0 เมตร ทุกความลาดชันมีอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.5 สามารถขุดได้อย่างปลอดภัย
- การขุดดินลึก 2.0 เมตร ทุกความลาดชันมีอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.5 สามารถขุดได้อย่างปลอดภัย
- การขุดดินที่ลึกเกิน 2.0 เมตร ถึง 3.0 เมตร ทุกความลาดชันมีอัตราส่วนความปลอดภัยระหว่าง 1.20 - 1.50 สามารถขุดได้ชั่วคราว ไม่ควรขุดดินและจำเป็นต้องมีระบบป้องกันดินพัง

9.2 การขุดเปิดดินกรณีมีระบบป้องกันดินเข็มพืด (Sheet Pile) และค้ำยัน (Bracing)

- การขุดดินลึก 1.0 เมตร (ขุดในแนวตั้ง) มีอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.5 และการเคลื่อนตัวอยู่ในเกณฑ์กำหนด สามารถขุดได้อย่างปลอดภัย
- การขุดดินลึก 2.5 เมตร (ขุดในแนวตั้ง) มีอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.5 และการเคลื่อนตัวอยู่ในเกณฑ์กำหนด สามารถขุดได้อย่างปลอดภัย
- การขุดดินที่ลึก 4.2 เมตร (ขุดในแนวตั้ง) มีอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.5 และการเคลื่อนตัวอยู่ในเกณฑ์กำหนด สามารถขุดได้อย่างปลอดภัย

9.3 ผลการวิเคราะห์การเสถียรเชิงมุมของร้านสะดวกซื้อ (7-11) ซึ่งห่างจากระบบป้องกันดินเข็มพืด (Sheet Pile) 4.62 เมตร มีสัดส่วนการเคลื่อนตัว $1/1458$ น้อยกว่าเกณฑ์ $1/500$ ไม่ทำให้เกิดการแตกร้าวในอาคาร

