

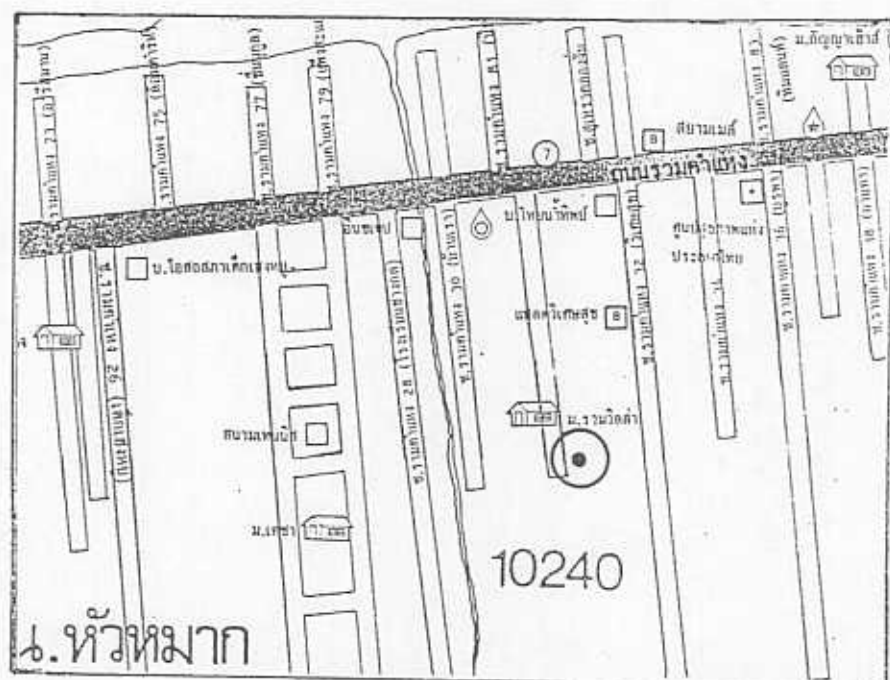
บทที่ 4

กรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2

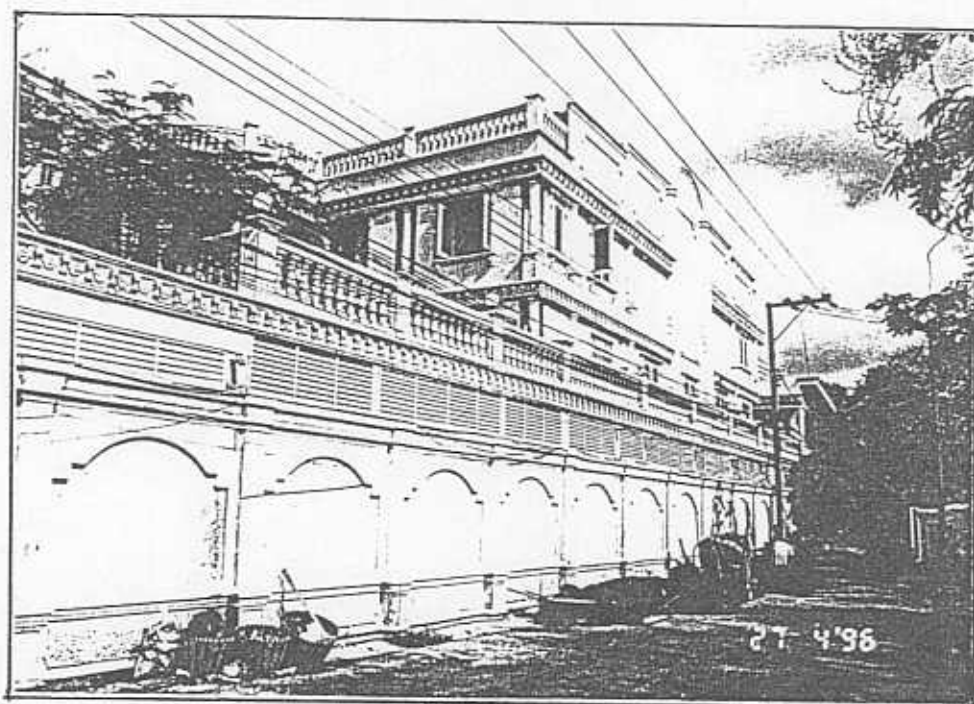
บ้านจระพันธุ์ และบ้านคุณนิรันดร์ ได้ถูกเลือกมาเป็นกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งช่วงเวลาที่บ้านทั้งสองหลังได้มีการทำ Underpinning คือประมาณ เดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2539 โดยเนื้อหาในบทนี้จะประกอบด้วย พิจารณาสาเหตุของการทรุดตัวของอาคารเพื่อจะได้หาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง, การคำนวณหาน้ำหนักที่กระทำต่อฐานรากแต่ละฐาน, การคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเหล็กที่ใช้ในการทำ Underpinning, การคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเดิม, การคำนวณค่าการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้นในอนาคต, รวบรวมขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการทำ Underpinning ของทั้ง 2 กรณีศึกษา พร้อมทั้งได้ประมาณราคาในการทำ Underpinning ของทั้ง 2 กรณีศึกษาคด้วย ซึ่งจะได้นำกล่าวในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 กรณีศึกษาที่ 1 บ้านจระพันธุ์

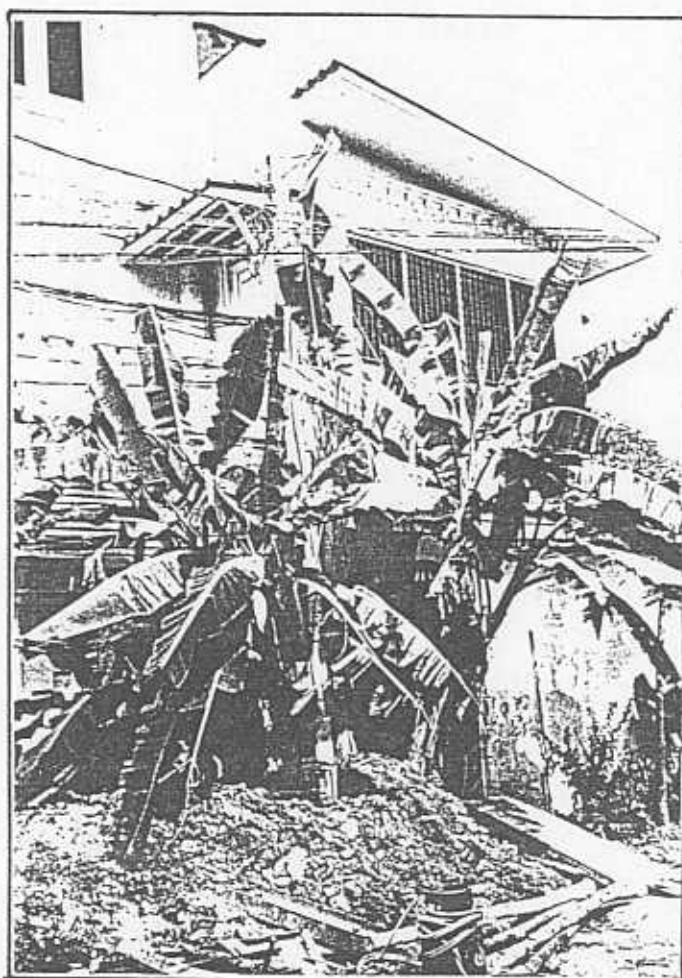
บ้านจระพันธุ์ ตั้งอยู่ที่บ้านเลขที่ 65 ซอยรามคำแหง 30 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ (ภาพที่ 4.1) ซึ่งบ้านจระพันธุ์แต่เดิมเป็นบ้านหลังใหญ่มี 3 ชั้น และได้เคยมีการทำ Underpinning มาแล้วเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2531 ต่อมาเจ้าของบ้านต้องการเพิ่มพื้นที่ใช้สอยเพื่อทำเป็นห้องครัว, ดึงเก็บน้ำใต้ดิน และเป็นที่พักของลูกจ้างภายในบ้าน ดังนั้นจึงได้ทำการก่อสร้างอาคารหลังใหม่ต่อเติมที่ด้านหลังของอาคารหลังใหญ่เดิม โดยโครงสร้างเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น ใช้เสาเข็มเจาะขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร ความยาวของเข็มประมาณ 21-23 เมตร และภายใต้อาคารมีถังเก็บน้ำใต้ดินขนาด 3x6 สูง 1.8 เมตร โดยมีเสาเข็มคอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร และความยาวของเข็ม 6 เมตรรองรับโครงสร้างของถังน้ำ โดยในการก่อสร้างอาคารใหม่ได้เชื่อมต่อกับอาคารเดิมโดยไม่ได้แยกจากกันโดยเด็ดขาดคือ มีการหล่อเสาตอม่อและก่ออิฐติดกับอาคารเดิมโดยไม่ได้ใช้โพนคั่นกลางหรือเว้นช่องว่างแต่อย่างใดหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ ประมาณ 2-3 ปี พบรอยร้าวตามกำแพงอย่างมากในอาคารที่ก่อสร้างขึ้นมาใหม่ (ภาพที่ 4.5 และภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งที่ตั้งของบ้านจิระพันธุ์



ภาพที่ 4.2 ภาพด้านข้างของอาคารเดิมหรืออาคารใหญ่ของบ้านจิระพันธุ์



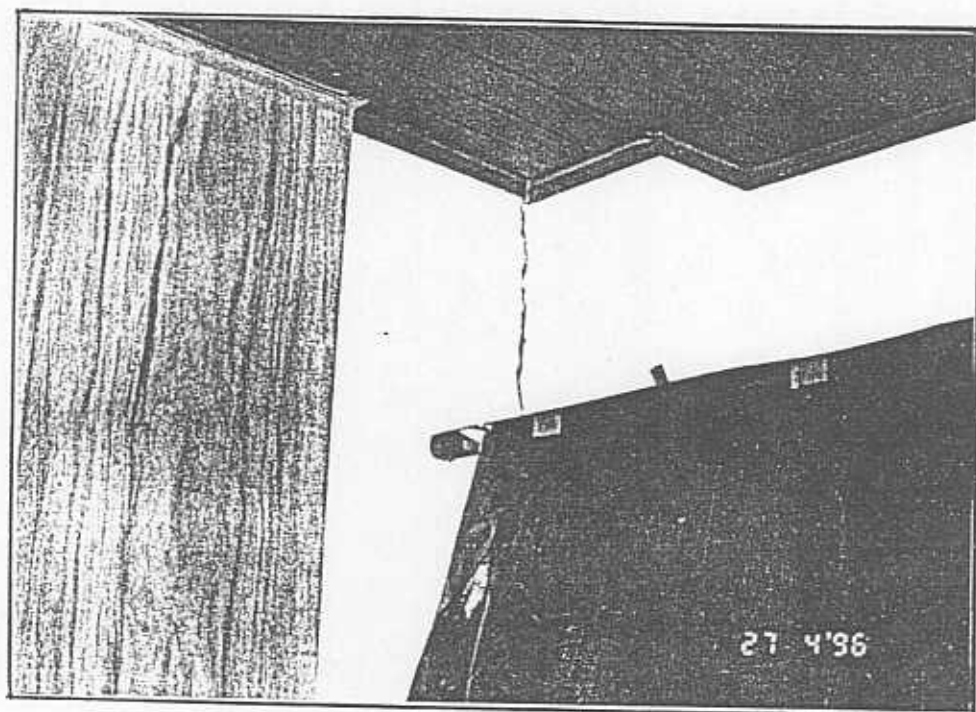
ภาพที่ 4.3 อาคารส่วนต่อเติมที่สร้างขึ้นใหม่ที่ต่อจากทางด้านหลังของอาคารเดิม

4.1.1 สาเหตุของการทรุดตัวของบ้านจระพันธ์

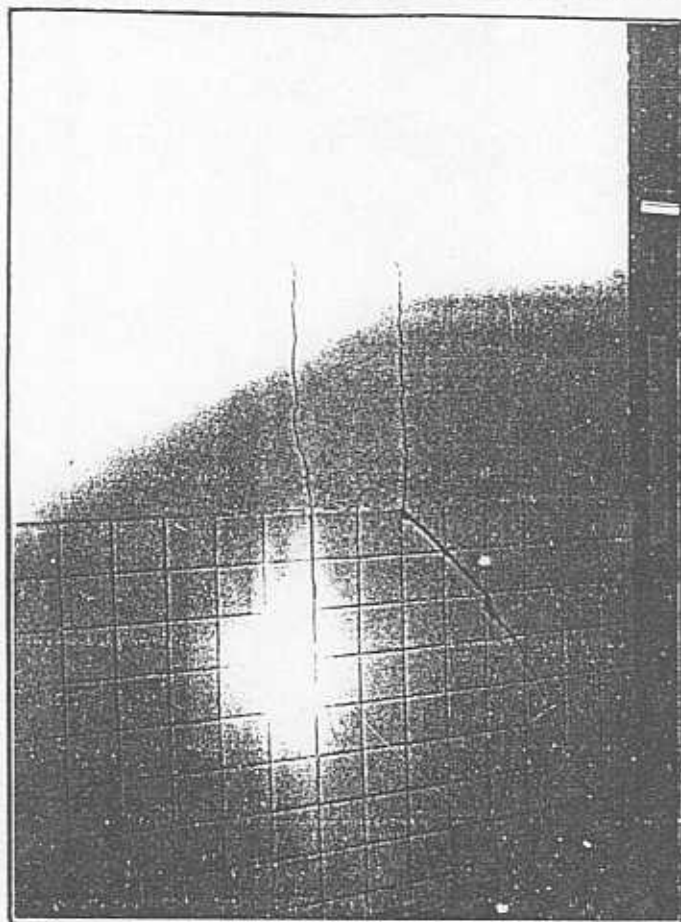
จากรอยร้าวที่เกิดขึ้นที่ผนังกำแพงของอาคารที่สร้างใหม่นั้น สามารถสรุปสาเหตุของการทรุดตัวที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

1. มีการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันของอาคารเดิมและอาคารใหม่ที่สร้างมาภายหลัง เนื่องจากอาคารเดิมได้มีการทรุดตัวอย่างมากมานานแล้วจนกระทั่งการทรุดตัวเหลือน้อยมาก โดยการทรุดตัวแบบคอนโซลิดेशन (Consolidation) ซึ่งเป็นการทรุดตัวตามระยะเวลา เมื่อก่อสร้างอาคารใหม่และเชื่อมติดกับอาคารเดิมโดยไม่มีการแยกกันอย่างเด็ดขาด ซึ่งอาคารใหม่จะมีการทรุดตัวมากกว่าอาคารเดิมเพราะอาคารเพิ่งจะเริ่มทรุดตัวแบบคอนโซลิดेशन (Consolidation) ดังนั้น จึงทำให้อาคารใหม่เกิดรอยร้าวขึ้นอย่างมากและพบรอยร้าวบ้างเล็กน้อยในอาคารเดิม

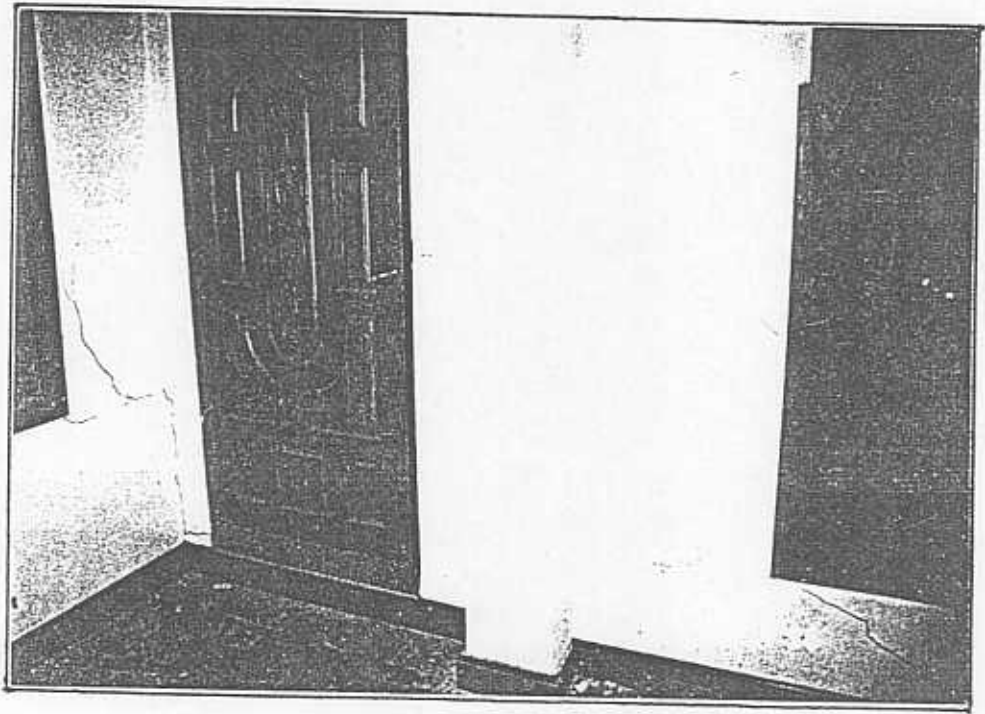
2. น้ำหนักของดั่งน้ำใต้ดิน ซึ่งอยู่ได้ชั้นที่ 1 ของอาคารใหม่ และเป็นโครงสร้างที่วางบนเสาเข็มขนาดเล็กมีความยาวเพียง 6 เมตร และวางบนชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay Layer) จึงทำให้มีการทรุดตัวมากและเป็นผลทำให้ตังอาคารใหม่ให้เกิดการทรุดตัวไปด้วย



ภาพที่ 4.4 รอยร้าวที่บริเวณเสาของอาคารใหม่ที่ติดกับอาคารเดิม



ภาพที่ 4.5 ผนังห้องน้ำของอาคารใหม่เกิดรอยร้าวอย่างมาก



ภาพที่ 4.6 รอยร้าวที่บริเวณกำแพงที่เชื่อมติดกันระหว่างอาคารเดิมและอาคารใหม่

4.1.2 การคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

จากรายละเอียดและโปรแกรมสำหรับการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในภาคผนวก ข. ซึ่งได้ใช้ข้อมูลดินจากการสำรวจ Boring Log ในภาคผนวก จ. สามารถนำมาสรุปได้ในตารางที่ 4.1 โดยเสาเข็มเดิมของอาคารเป็นเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร และเสาเข็มใหม่ที่ใช้ในการทำ Underpinning เป็นเสาเข็มเหล็กหน้าตัดรูปตัวไอ (I) ขนาด $250 \times 125 \times 55.5$ กก./ม. ซึ่งความยาวเสาเข็มโดยประมาณจะอยู่ระหว่าง 21-23 เมตร ซึ่งในแต่ละความยาวของเสาเข็มจะสามารถหาค่าผลรวมของค่า q_r และค่า q_u ได้จากภาพที่ ข.1 และภาพที่ ข.2 ตามลำดับ แล้วนำมาคูณกับพื้นที่ผิวและ พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม ตามลำดับซึ่งจะได้ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยและปลอดภัยของเสาเข็มแต่ละประเภทซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยได้ใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2.5

4.1.3 การคำนวณน้ำหนักที่กระทำบนฐานราก

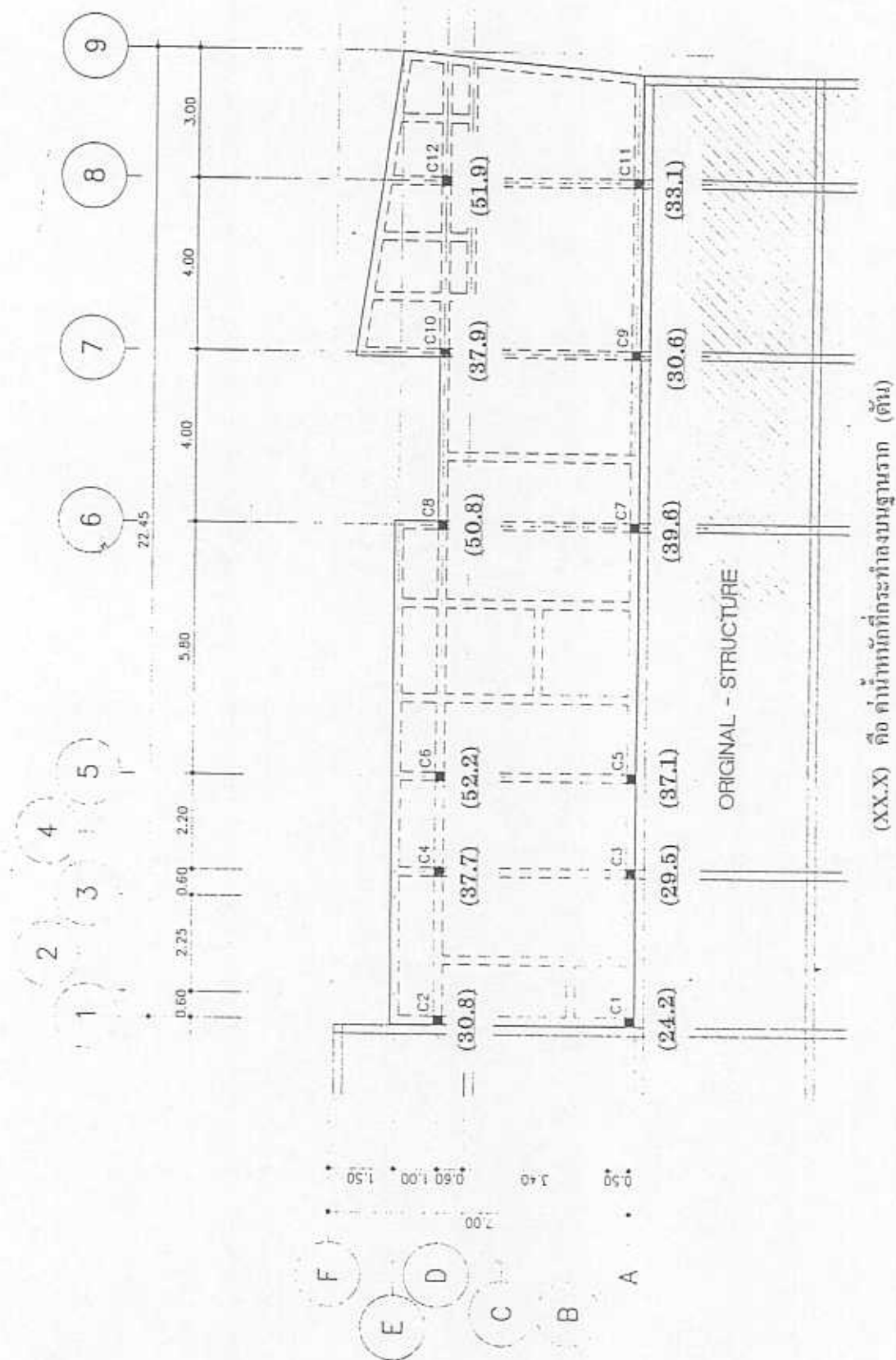
จากแบบแปลนแต่ละชั้นของบ้านจิระพันธุ์ และโปรแกรมคำนวณน้ำหนักที่กระทำบนฐานรากแต่ละฐานในภาคผนวก ก. สามารถนำมาสรุปได้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเอาน้ำหนักรวมที่กระทำลงบนฐานรากหารด้วยกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเดิม นั่นมีเสาเข็ม

ตารางที่ 4.1 กำลังรับน้ำหนักประลัยและปลอดภัยของเสาเข็มเดิมและเสาเข็มใหม่ที่ใช้ทำ Underpinning ในความลึกของปลายเข็มที่ 21, 22 และ 23 เมตร

ชนิดเสาเข็ม	ปลายของเสาเข็ม (ม.)	ผลรวมของ q_r (ตัน/ม.)	Q_r (ตัน.)	q_c (ตัน/ตร.ม.)	Q_c (ตัน.)	Q_u (ตัน.)	Q_s (ตัน.)
เสาเข็มเดิม	21	56.63	62.27	215.37	20.72	82.99	33.20
เสาเข็มใหม่	21	56.63	42.47	215.37	6.73	49.20	19.68
เสาเข็มเดิม	22	65.23	71.72	235.25	22.63	94.36	37.74
เสาเข็มใหม่	22	65.23	48.92	235.25	7.35	56.27	22.51
เสาเข็มเดิม	23	74.52	81.94	500.00	48.11	130.04	52.02
เสาเข็มใหม่	23	74.52	55.89	500.00	15.63	71.52	28.61

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักทั้งหมดที่กระทำบนแต่ละฐานรากและจำนวนเข็มที่ใช้ในการทำ Underpinning ของบ้านจระพันธุ์

หมายเลข ของเสา	น้ำหนักกองที่ ตัน.	น้ำหนักจร ตัน.	น้ำหนักรวม ตัน.	น้ำหนักรวมหาร ด้วยกำลังรับ น้ำหนักปลอดภัย ของเสาเข็มเดิม	จำนวนเสาเข็ม ที่ใช้ในการทำ Underpinning	น้ำหนักรวมหาร ด้วยกำลังรับ น้ำหนักปลอดภัย ของเสาเข็มใหม่
C-1	21.68	2.47	24.15	0.80	2	0.64
C-2	27.32	3.46	30.78	1.03	2	0.81
C-3	25.66	3.84	29.50	0.98	2	0.78
C-4	32.31	5.38	37.68	1.26	3	0.66
C-5	31.44	5.63	37.06	1.24	3	0.65
C-6	44.38	7.78	52.16	1.74	4	0.69
C-7	33.61	5.97	39.59	1.32	3	0.69
C-8	42.75	8.03	50.78	1.69	4	0.67
C-9	26.60	4.02	30.62	1.02	3	0.54
C-10	33.02	4.91	37.93	1.26	4	0.50
C-11	28.59	4.46	33.05	1.10	3	0.58
C-12	45.26	6.68	51.94	1.73	4	0.68



ภาพที่ 4.7 แปลนแสดงน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่กระทำลงบนฐานรากแต่ละฐาน ของบ้านจิระพันธ์

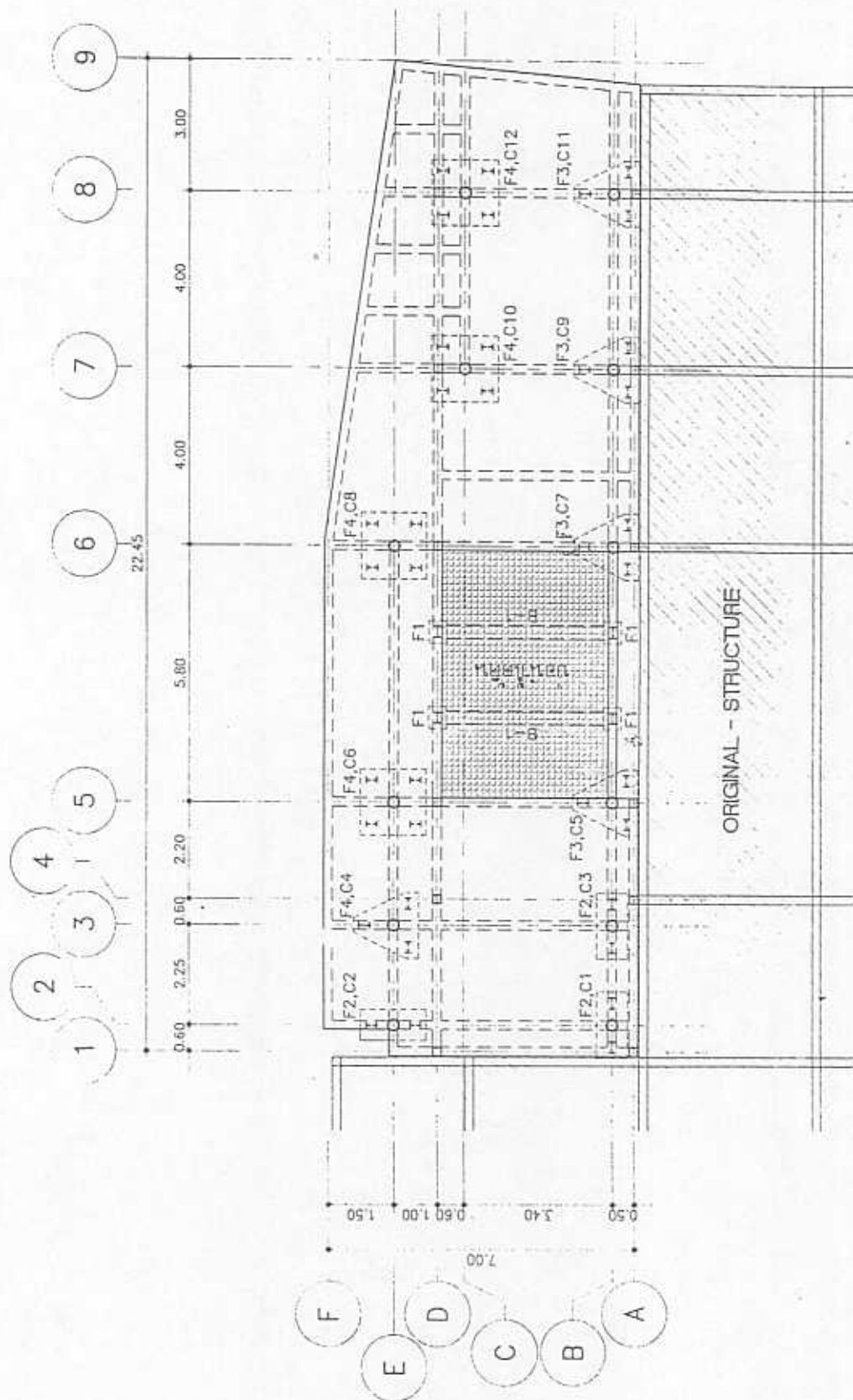
บางต้นโดยเฉพาะ C-6 และ C-12 มีการ Overload เสาเข็มถึง 1.74 และ 1.73 เท่า ตามลำดับ ส่วนเสาเข็มใหม่ หรือเสาเข็มเหล็กที่ใช้ทำ Underpinning จะเห็นว่าค่าน้ำหนักรวมที่กระทำลงบนฐานรากหารด้วยจำนวนและกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มใหม่ จะมีค่าไม่เกิน 0.81 ทุกฐานซึ่งแสดงว่าไม่มีการ Overload ของเสาเข็มใหม่เลย โดยได้การใช้ค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเดิมเท่ากับ 30 ตันและใช้ค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มใหม่เท่ากับ 20 ตัน ซึ่งเป็นข้อมูลจากตารางที่ 4.1 โดยที่จะประมาณความลึกของปลายเสาเข็มให้อยู่ที่ระดับ 21 เมตร

4.1.4 แบบแปลนและแบบรายละเอียดในการทำอันเดอร์พินนิ่ง

จากตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่าของจำนวนเสาเข็มเหล็กที่ใช้ในการทำ Underpinning และได้นำมาสรุปเป็นแบบแปลนสำหรับการทำเสาเข็มใหม่ในแต่ละตำแหน่ง ดังภาพที่ 4.8 ส่วนแบบรายละเอียดของฐานราก F1, F2, F3 และ F4 และคาน B1 ได้แสดงในภาพที่ 4.9ก. ถึงภาพที่ 4.9ง. ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณฐานรากแต่ละฐานรากจะมีอยู่ใน ภาคผนวก ง. สำหรับคาน B1 และฐานราก F1 นั้น ทำขึ้นเพื่อรองรับน้ำหนักของดงเก็บน้ำได้ดินให้ถ่ายน้ำหนักลงสู่เข็มใหม่เพื่อให้ปลายของเสาเข็มตั้งอยู่ในชั้นดินเดียวกันหรือที่ระดับปลายเสาเข็มเดียวกัน ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาของการทรุดตัวของอาคารจากสาเหตุของการทรุดตัวของบ้านจระพันธุ์ในข้อที่ 2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วได้

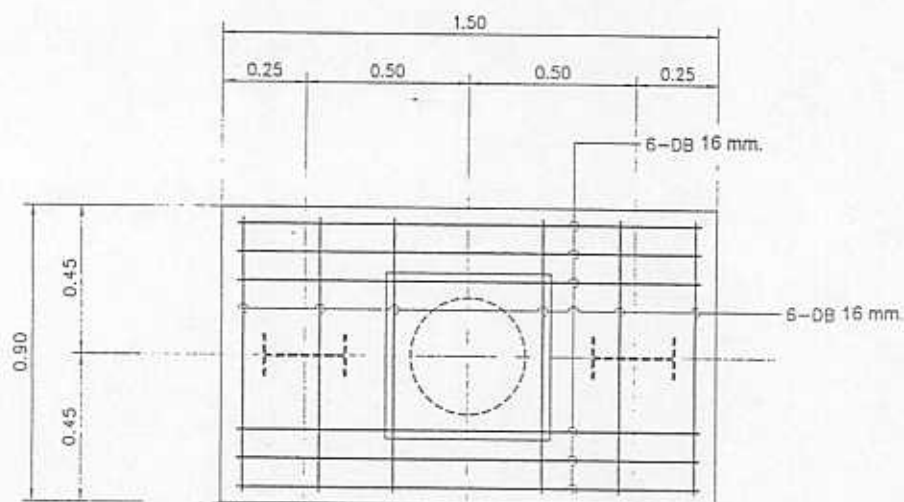
4.1.5 การคำนวณค่าการทรุดตัวของฐานราก

การคำนวณค่าของการทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานที่จะเกิดขึ้นนั้น จะอ้างอิงรายละเอียดของการคำนวณในภาคผนวก ค. ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดยใช้สมมุติฐานและทฤษฎีในบทที่ 2 และใช้ข้อมูลของดินจากการเจาะสำรวจดินจาก Boring Log ในภาคผนวก จ. และได้้นำค่าการทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานมาสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 โดยการทรุดตัวจะประกอบไปด้วย การทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็ม ซึ่งแสดงในช่องที่ 2 ของตารางที่ 4.3, การทรุดตัวของเสาเข็มเนื่องจากดินที่ปลายเสาเข็มทรุดตัวแบบ Immediate Settlement ซึ่งแสดงในช่องที่ 3 ของตารางที่ 4.3, การทรุดตัวของเสาเข็มเนื่องจากดินตลอดผิวของเสาเข็มทรุดตัวแบบ Immediate Settlement ซึ่งแสดงในช่องที่ 4 ของตารางที่ 4.3, การทรุดตัวของเสาเข็มเนื่องจากการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement ซึ่งแสดงในช่องที่ 6 ของตารางที่ 4.3 และผลรวมของการทรุดตัวทั้งหมดแสดงไว้ในช่องที่ 7 ของตารางที่ 4.3 จากตารางจะเห็นว่า การทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็ม และการทรุดตัวแบบ Immediate Settlement เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าอยู่ในระหว่าง 0.511-0.828 เซนติเมตร ส่วนการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement ซึ่งจะมีค่าอยู่ในระหว่าง 3.725-4.907 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแล้วจะเห็นว่า มีค่าการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement มีค่ามากกว่าค่าการทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็มและการทรุดตัวแบบ Immediate Settlement รวมกันถึง 6-7 เท่าทีเดียว และค่าของการทรุดตัวรวมทั้งหมดก็จะมีค่าอยู่ในระหว่าง 4.325-5.587 เซนติเมตร



FOUNDATION PLAN
SCALE 1:125

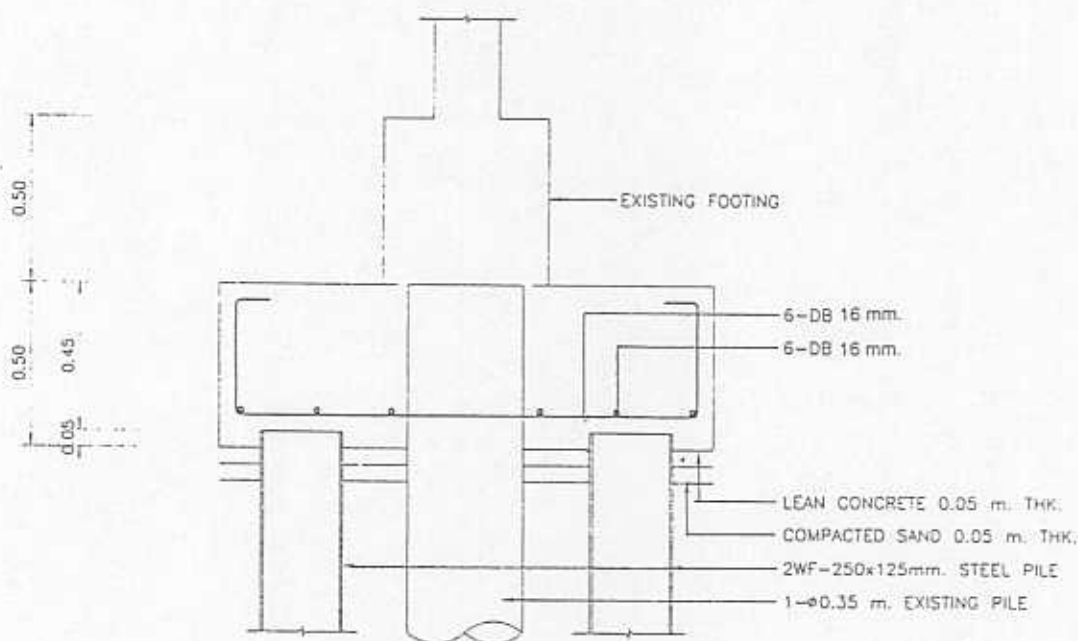
ภาพที่ 4.8 แบบแปลนแสดงตำแหน่งเสาเข็มและฐานรากใหม่ในการทำ Underpinning ของบ้านจิระพัณฑ์



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F2

SCALE

1:20

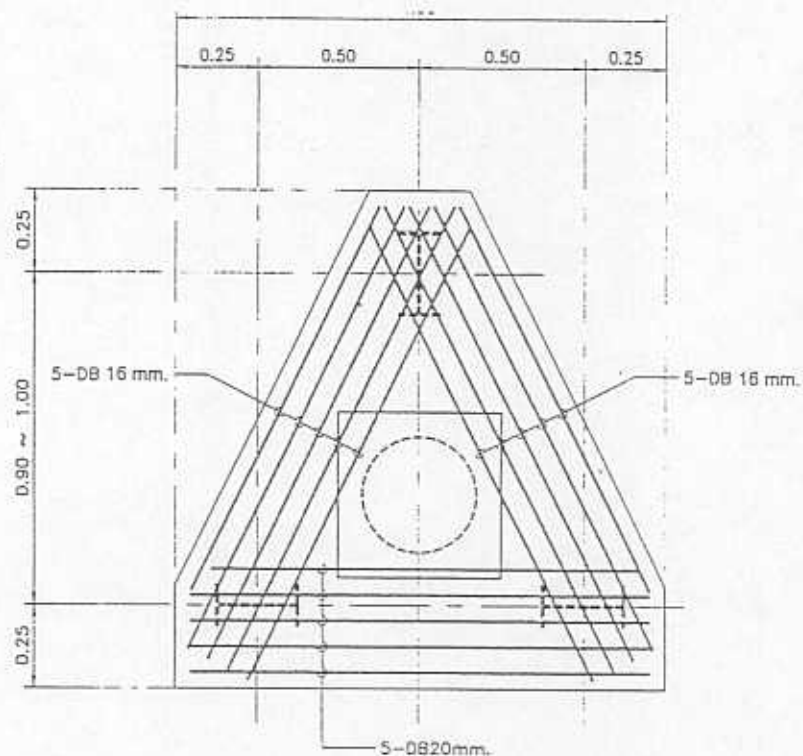


SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F2

SCALE

1:20

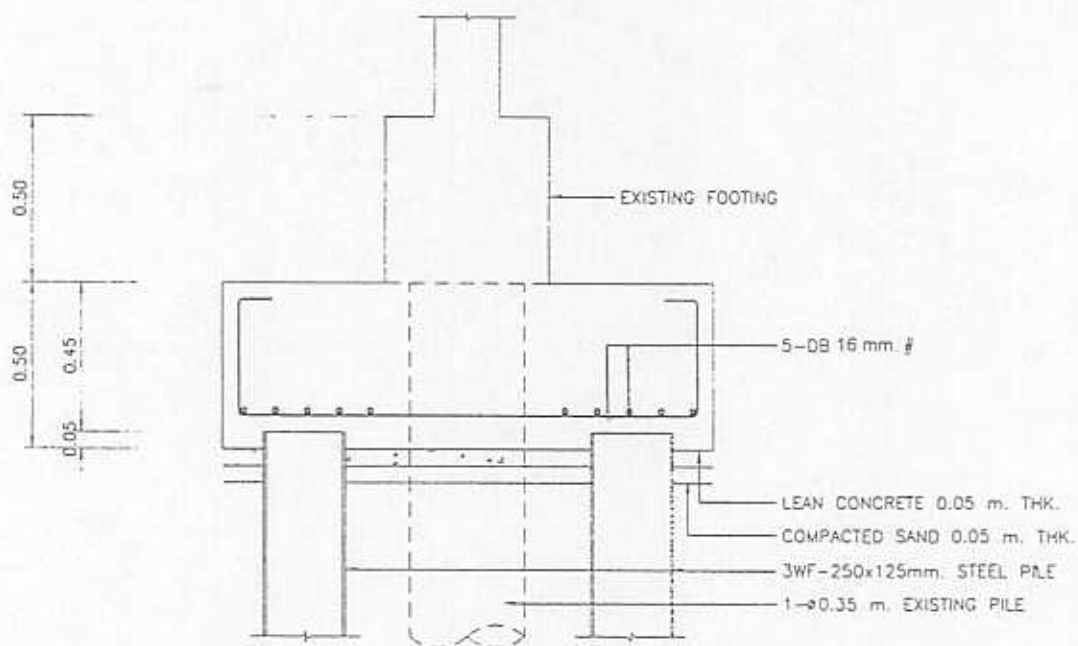
ภาพที่ 4.9ก. แบบแสดงรายละเอียดของฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม เบอร์ F2



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F3

SCALE

1:20

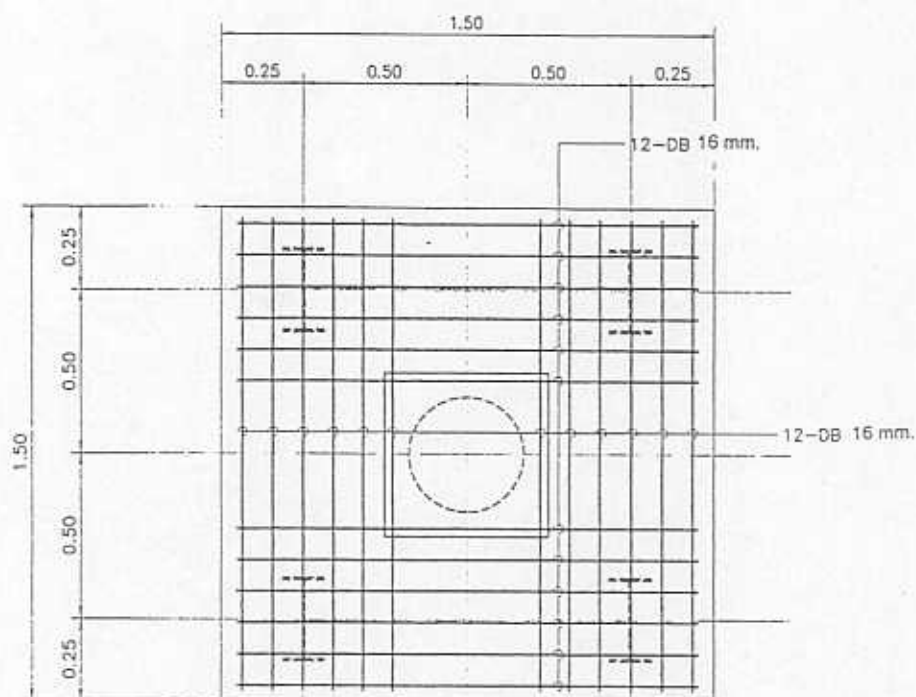


SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F3

SCALE

1:20

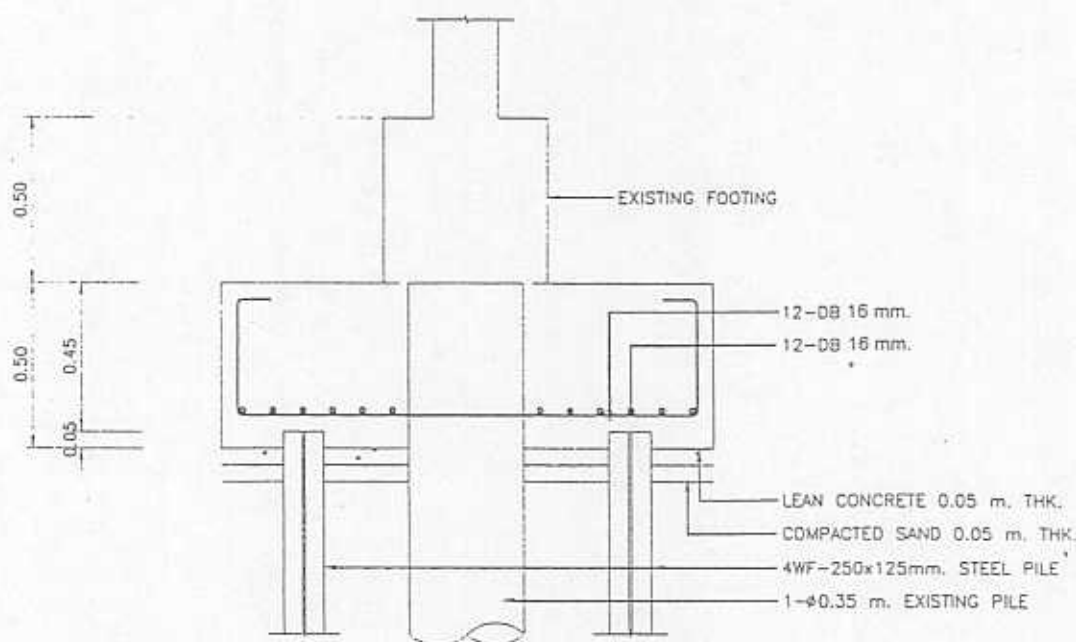
ภาพที่ 4.9ข. แบบแสดงรายละเอียดของฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม เบอร์ F3



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F4

SCALE

1:20

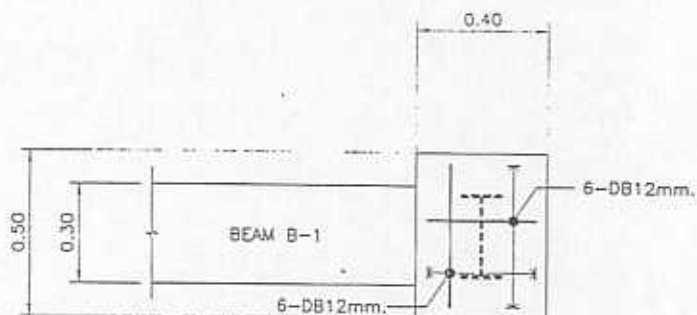


SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F4

SCALE

1:20

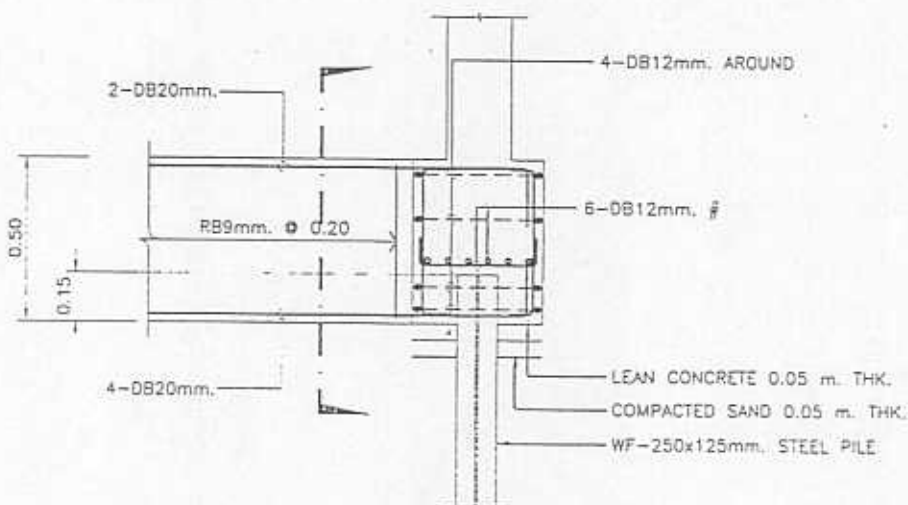
ภาพที่ 4.9ก. แบบแสดงรายละเอียดของฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม เบอร์ F4



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F1

SCALE

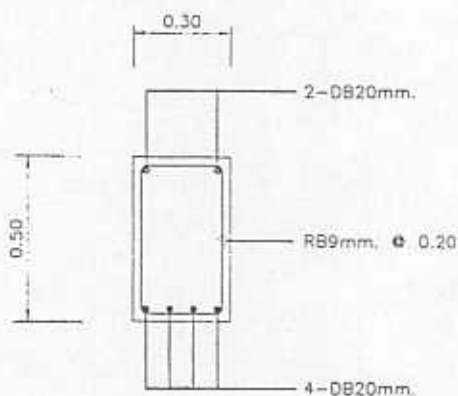
1:20



SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F1

SCALE

1:20



BEAM B-1

SCALE

1:20

ภาพที่ 4.9ง. แบบแสดงรายละเอียดของคาน B-1 และฐานราก F1 ที่ได้ทำการเสริม
ได้ดังเก็บน้ำใต้ดิน

ตารางที่ 4.8 การทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานของบ้านจิระพันธุ์

หมายเลข ของฐานราก	S_p ซม.	S_{i-} ที่ปลาย ซม.	S_{i-} ที่ผิว ซม.	$S_i + S_p$ ซม.	S_c ซม.	S_t ซม.
C-1	0.035	0.521	0.099	0.654	3.725	4.379
C-2	0.044	0.659	0.125	0.828	4.457	5.285
C-3	0.042	0.635	0.120	0.797	4.322	5.119
C-4	0.036	0.537	0.102	0.675	4.399	5.074
C-5	0.035	0.529	0.100	0.664	4.347	5.011
C-6	0.037	0.562	0.106	0.705	4.907	5.612
C-7	0.037	0.562	0.106	0.705	4.559	5.264
C-8	0.036	0.545	0.103	0.685	4.815	5.500
C-9	0.029	0.440	0.083	0.552	3.773	4.325
C-10	0.027	0.407	0.077	0.511	3.893	4.404
C-11	0.031	0.472	0.089	0.593	3.995	4.588
C-12	0.037	0.554	0.105	0.695	4.892	5.587

หมายเหตุ :

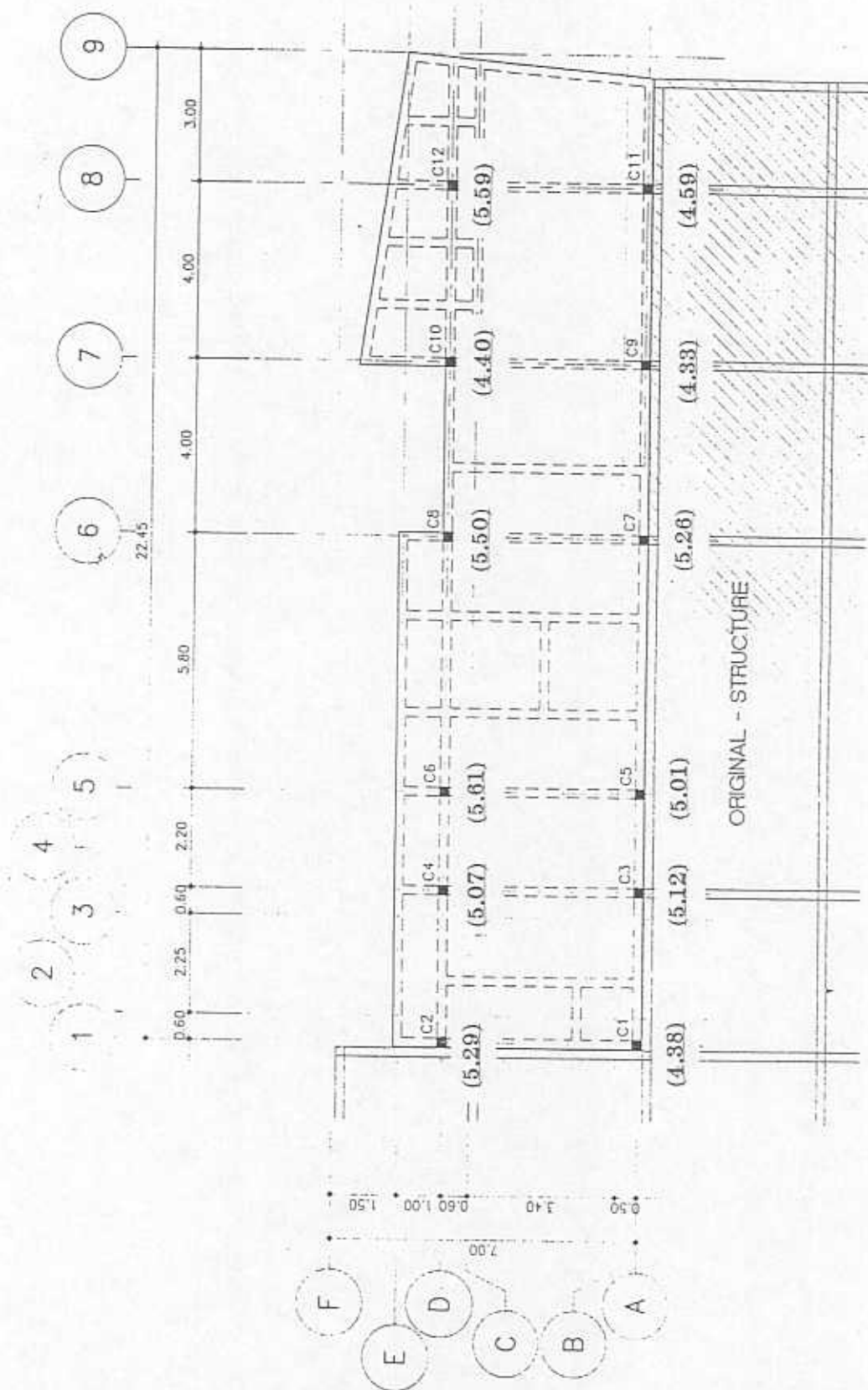
S_c = การทรุดตัวเนื่องจาก Primary Consolidation

S_{i-} ที่ปลาย = การทรุดตัวเนื่องจาก Immediate Settlement ของดินที่ปลายของเสาเข็ม

S_{i-} ที่ผิว = การทรุดตัวเนื่องจาก Immediate Settlement ของดินที่ผิวของของเสาเข็ม

S_p = การทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็ม

S_t = การทรุดตัวรวมทั้งหมดของเสาเข็ม



(X.XX) คือ ค่าการทรุดตัวที่แต่ละฐาน (ซม.)

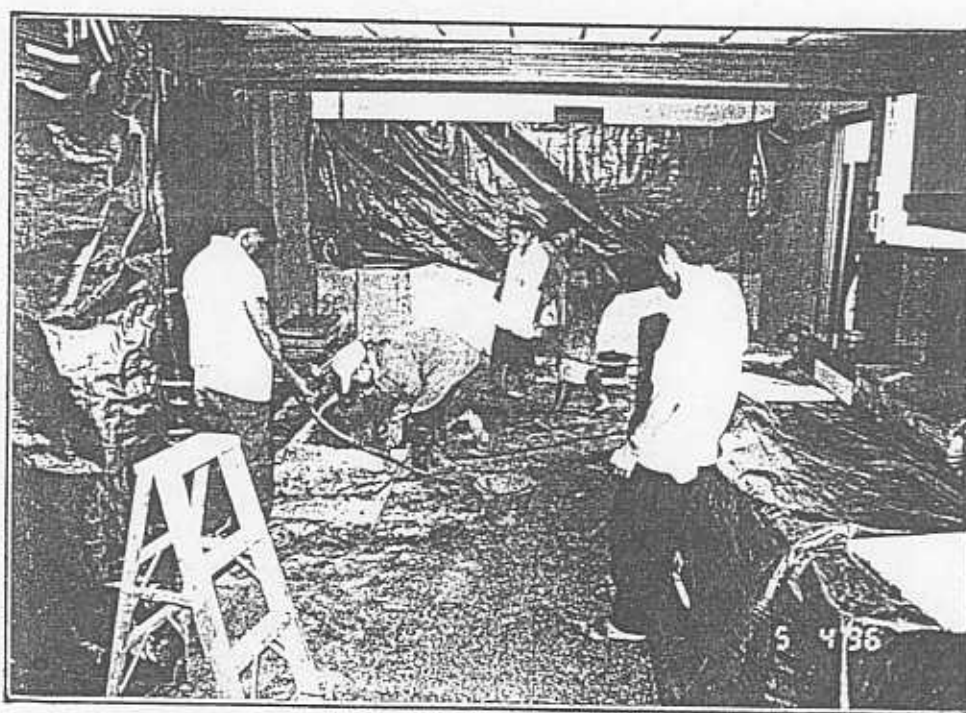
ภาพที่ 4.10 การทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานของบ้านจิระพันธุ์

4.1.6 ขั้นตอนของการทำอันเดอร์พินนิงของบ้านจิระพันธุ์

จากที่ได้ออกแบบกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มใหม่ และฐานรากใหม่ตามแบบรายละเอียดที่แสดงไปแล้วในหัวข้อ 4.1.3 และหัวข้อ 4.1.4 ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทำ Underpinning ของบ้านจิระพันธุ์เป็นลำดับทุกขั้นตอนโดยจะมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) ลดน้ำหนักจรรยาในอาคารลงให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เช่น เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เป็นต้นเพื่อลดน้ำหนักที่กระทำต่อฐานรากและเพื่อความสะดวกในการทำงาน

2) เจาะพื้นคอนกรีตตามตำแหน่งที่จะทำการกดเสาเข็มใหม่ โดยใช้เครื่องเจาะคอนกรีตเพื่อความสะดวก โดยก่อนที่จะทำการเจาะคอนกรีตต้องลอกวัสดุผิวพื้น คือหินแกรนิตก่อนและจะต้องใช้ความระมัดระวังในการลอกให้อยู่ในสภาพดีเพื่อจะได้นำมาใช้อีกครั้งหลังจากที่ได้ทำ Underpinning เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (ภาพที่ 4.11 และ ภาพที่ 4.12)

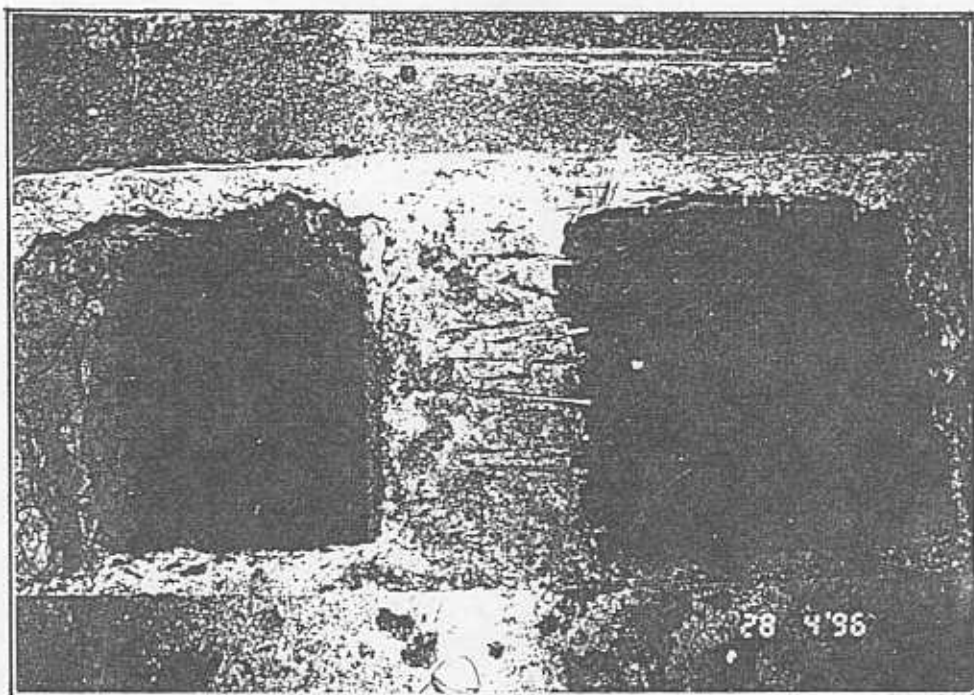


ภาพที่ 4.11 ขณะย้ายเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ และ ทำการลอกวัสดุผิวพื้นคือหินแกรนิตออก

3) ขุดดินในบริเวณที่จะทำการกดเสาเข็มเหล็ก โดยให้ได้ขนาดของหลุมพอดีหรือเหมาะสมกับการเชื่อมของแต่ละท่อนของเสาเข็ม และความลึกของหลุมจะต้องอยู่ลึกกว่าฐานรากเดิมเนื่องจากจะต้องทำฐานรากใหม่ได้ฐานรากเดิมของอาคาร (ภาพที่ 4.13)

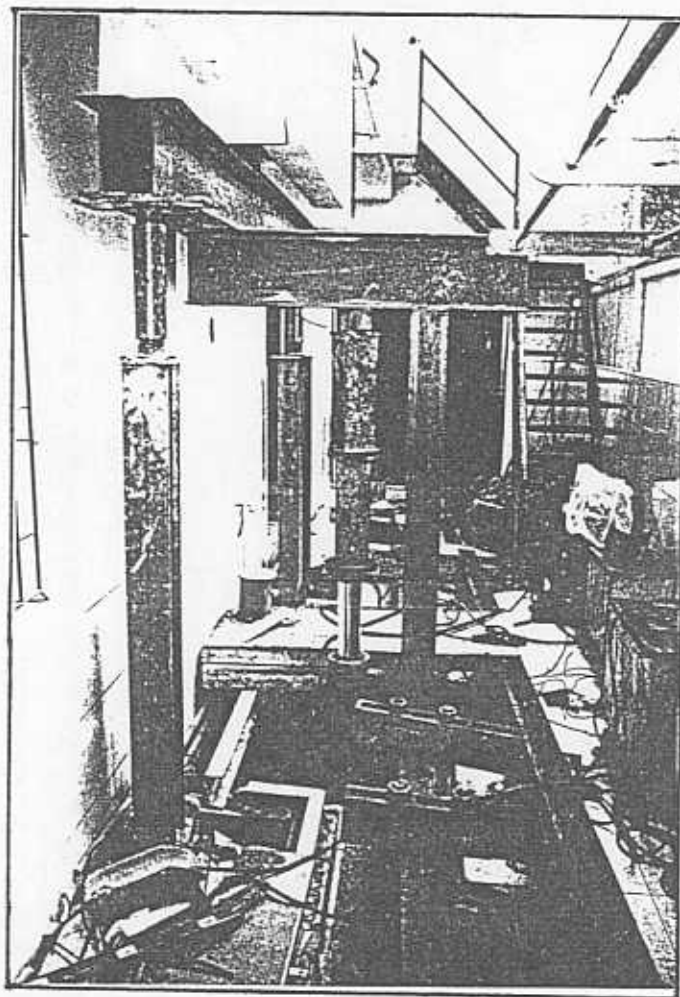


ภาพที่ 4.12 ทำการเจาะพื้นคอนกรีตโดยใช้เครื่องเจาะคอนกรีต



ภาพที่ 4.13 หลุมที่ขุดเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะนำเสาเข็มเหล็กลงไปกด

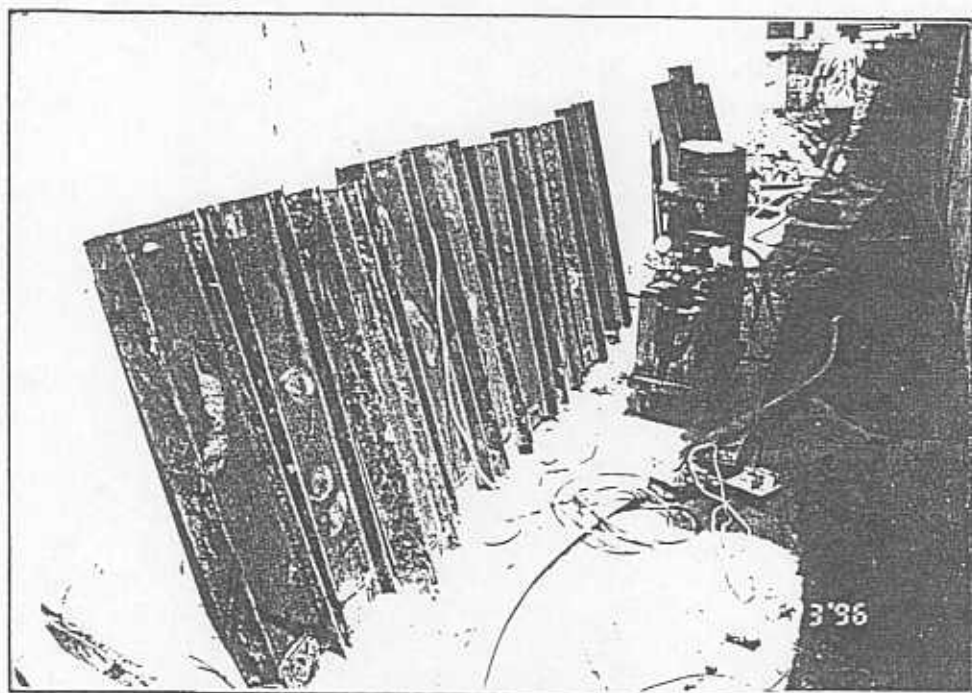
4) เตรียมโครงสร้างที่จะใช้ทำเป็นแรงปฏิกิริยา เพื่อใช้ในการทดสอบเข็มเหล็ก เช่น คานคอดิน หรือคานชั้นล่างสุดของอาคาร ในบางครั้งก็อาจจะทำเป็น Reaction Frame(ภาพที่ 4.14) ในกรณีที่ไม่มีคานคอดินในบริเวณตำแหน่งที่จะทำการทดสอบเข็ม



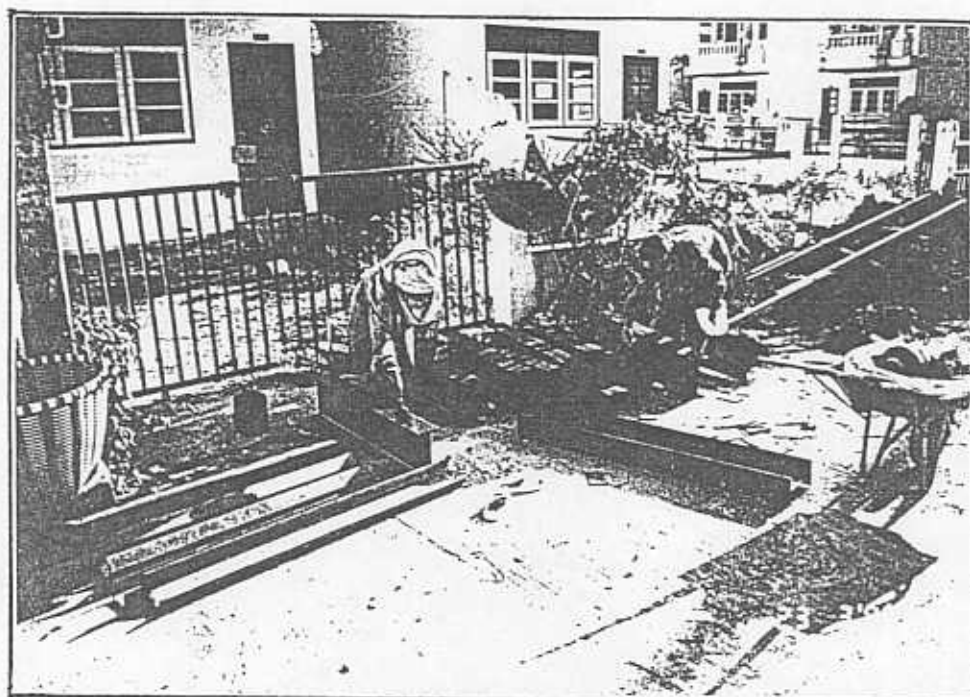
ภาพที่ 4.14 ลักษณะของ Reaction Frame ที่ทำขึ้นเพื่อให้เป็นแรงปฏิกิริยาสำหรับการทดสอบเข็ม

5) ตัดเหล็กหน้าตัดรูปตัวไอ (I) ขนาด 250x125x55.5 กก./ม. โดยใช้เครื่องตัดเหล็กด้วยแก๊ส ตัดเป็นท่อนๆ โดยปกติจะตัดเป็นท่อนละ 1.2 เมตร เนื่องจากโดยปกติความยาวเหล็กรูปพรรณที่ใช้จะยาว 6 เมตร ดังนั้นจึงแบ่งเป็น 5 ท่อนๆ ละ 1.2 เมตร และถ้าหากตัดสั้นเกินไปก็ทำให้มีงานเชื่อมต่อระหว่างท่อนซึ่งจะเสียเวลาในการเชื่อมมาก และถ้าหากตัดยาวเกินไปก็จะทำให้การกดเข็มค่อนข้างจะยุ่งยากในพื้นที่ที่จำกัด (ภาพที่ 4.15)

6) เสาเข็มแต่ละท่อนจะต้องทำการทาสีกันสนิมไว้ เพื่อป้องกันการผุกร่อนของเสาเข็มเหล็ก (ภาพที่ 4.16)



ภาพที่ 4.15 เหล็กรูปตัวไอ (I) ขนาด 250x125x55.5 กก./ม. ที่ตัดเป็นท่อนๆ ละ 1.2 เมตร เพื่อเตรียมกดเป็นเสาเข็มต่อไป



ภาพที่ 4.16 ขณะกำลังทาสีท่อนเหล็กเพื่อป้องกันสนิมและการผุกร่อนของเสาเข็มเหล็ก

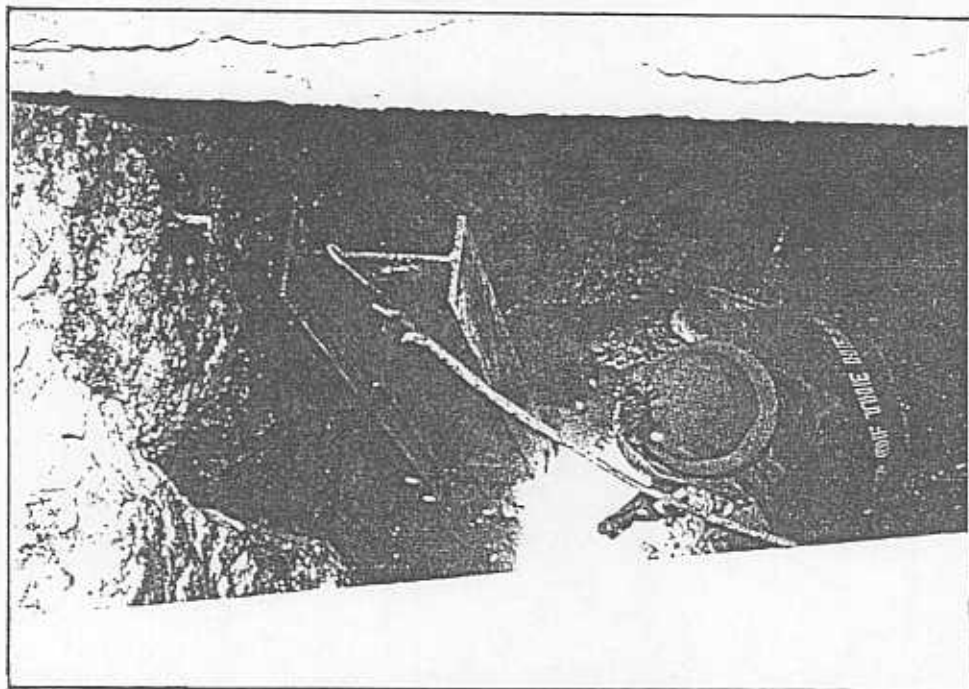
7) เริ่มต้นขั้นตอนการกดเสาเข็มโดยนำเหล็กท่อนแรกมากดในตำแหน่งของเสาเข็มตามแบบแปลนที่แสดงในหัวข้อที่แล้ว และใช้แม่แรงไฮดรอลิกขนาด 50 ตัน (ภาพที่ 4.17) วางบนหัวเสาเข็ม โดยอีกด้านของแม่แรงไฮดรอลิกจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่ใช้ทำเป็นแรงปฏิกิริยา(ภาพที่ 4.20ก. และภาพที่ 4.20ข.) หลังจากนั้นจึงเริ่มกดเสาเข็มและกดไปเรื่อยจนกระทั่งเหลือระยะมากพอที่จะต่อเสาเข็มท่อนต่อไปได้

8) หลังจากกดเสาเข็มท่อนแรกจนกระทั่งเหลือระยะพอที่จะใส่เสาเข็มท่อนต่อไปได้ หลังจากนั้นจึงนำเสาเข็มท่อนต่อไปมาต่อกับเสาเข็มท่อนแรก โดยการเชื่อมด้วยไฟฟ้าและในขณะที่ทำการเชื่อมนั้นจะต้องมีการควบคุมความเอียงของท่อนเหล็กด้วยโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำ(ภาพที่ 4.18) เพื่อป้องกันความเอียงของเสาเข็ม หลังจากการเชื่อมต่อระหว่างท่อนเหล็กเรียบร้อยแล้ว จึงทำการกดเสาเข็มต่อไปจนกระทั่งเหลือระยะพอที่จะใส่เสาเข็มท่อนต่อไปได้ จึงนำเหล็กท่อนต่อไปมาต่ออีกโดยการเชื่อมเช่นกัน

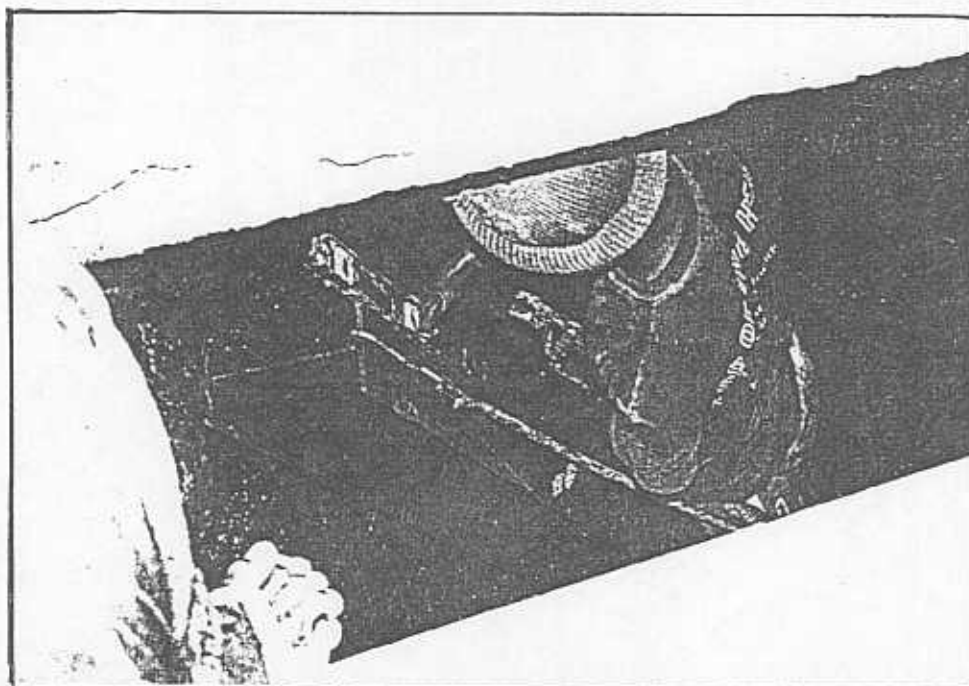


ภาพที่ 4.17 ขณะทำการกดท่อนเหล็กโดยใช้ แม่แรงไฮดรอลิกขนาด 50 ตัน

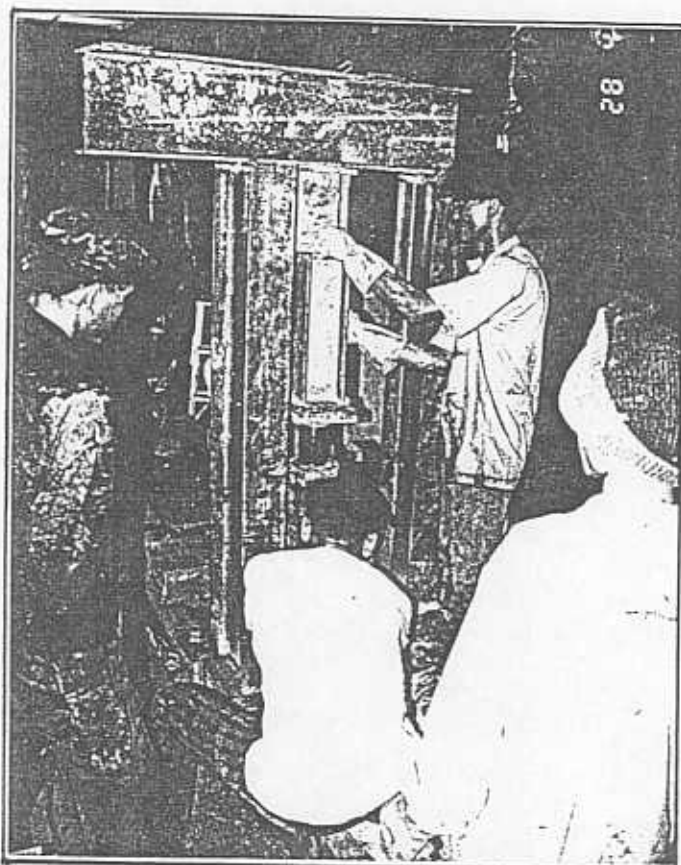
และเริ่มการกดเสาเข็มอีกครั้ง และจะทำซ้ำๆ ตามขั้นตอนเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเสาเข็มได้ความลึกที่ปลายของเสาเข็มที่ต้องการคือ ประมาณ 21-23 เมตร ซึ่งใช้ท่อนเหล็กความยาว 1.2 เมตร จำนวน ทั้งหมด 18 ท่อน



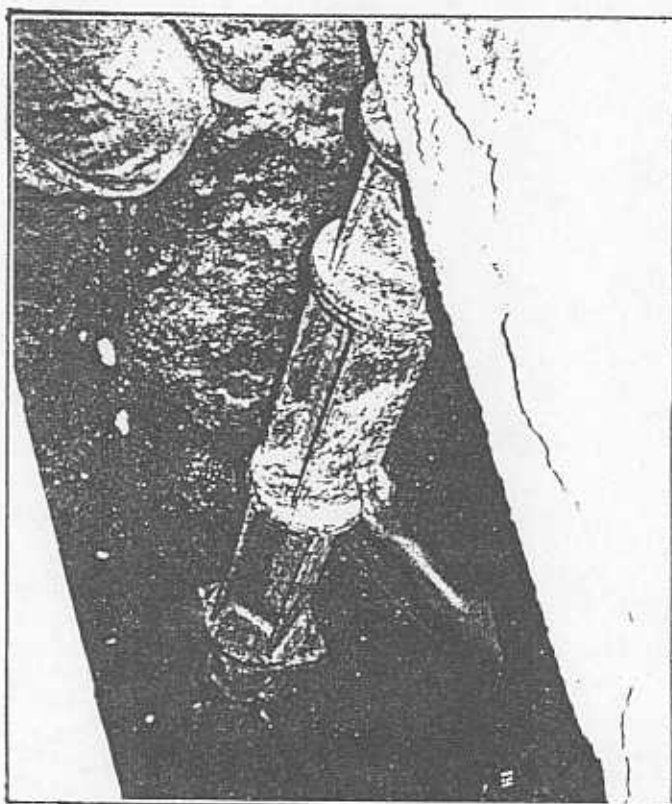
ภาพที่ 4.18 การตรวจสอบแบบเอียงของท่อนเหล็กเพื่อควบคุมตามความเอียงของเสาเข็ม



ภาพที่ 4.19 การต่อท่อนเหล็กแต่ละท่อนเข้าด้วยกันโดยใช้การเชื่อมไฟฟ้า



ภาพที่ 4.20ก. ขณะทำการกดเสาเข็มโดยใช้ Reaction Frame เป็นแรงปฏิกิริยา



ภาพที่ 4.20ข. ขณะทำการกดเสาเข็มโดยใช้คานคอดินหรือคานชั้นล่างเป็นแรงปฏิกิริยา

9) หลังจากกคเสาเข็มเหล็กท่อนสุดท้ายเสร็จแล้ว หลังจากนั้นจะต้องทำให้ระดับหัวเข็มอยู่ในตำแหน่งที่จะรองรับฐานรากใหม่ได้ ถ้าหากอยู่ต่ำกว่าก็ทำการเชื่อมต่อให้ได้ระดับที่ต้องการและถ้าหากอยู่สูงกว่าระดับที่ต้องการก็ทำการตัดโดยใช้เครื่องตัดเหล็กด้วยแก๊ส



ภาพที่ 4.21 ขณะเตรียมเหล็กเสริมเพื่อทำฐานรากใหม่

10) สำหรับในการกคเสาเข็มในตำแหน่งต่างๆ ตามแบบแปลนนั่นก็จะใช้วิธีการเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจนกระทั่งครบทุกตำแหน่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้ถือว่ากคเสาเข็มใหม่เพื่อการทำ Underpinning ได้เสร็จแล้ว ในขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการทำฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม

11) เตรียมแบบของฐานรากและเหล็กเสริมในฐานรากให้ตรงตามตำแหน่งและเบอร์ของฐานรากแต่ละฐานที่มีอยู่ในแบบแปลนสำหรับการทำ Underpinning ในหัวข้อที่แล้ว (ภาพที่ 4.21) หลังจากนั้นจึงทำการเทคอนกรีตฐานรากใหม่และรองจนกระทั่งคอนกรีตแข็งตัวและรับน้ำหนักจากฐานรากเดิมเพื่อถ่ายน้ำหนักลงสู่เสาค้ำเข็มใหม่ (ภาพที่ 4.22)

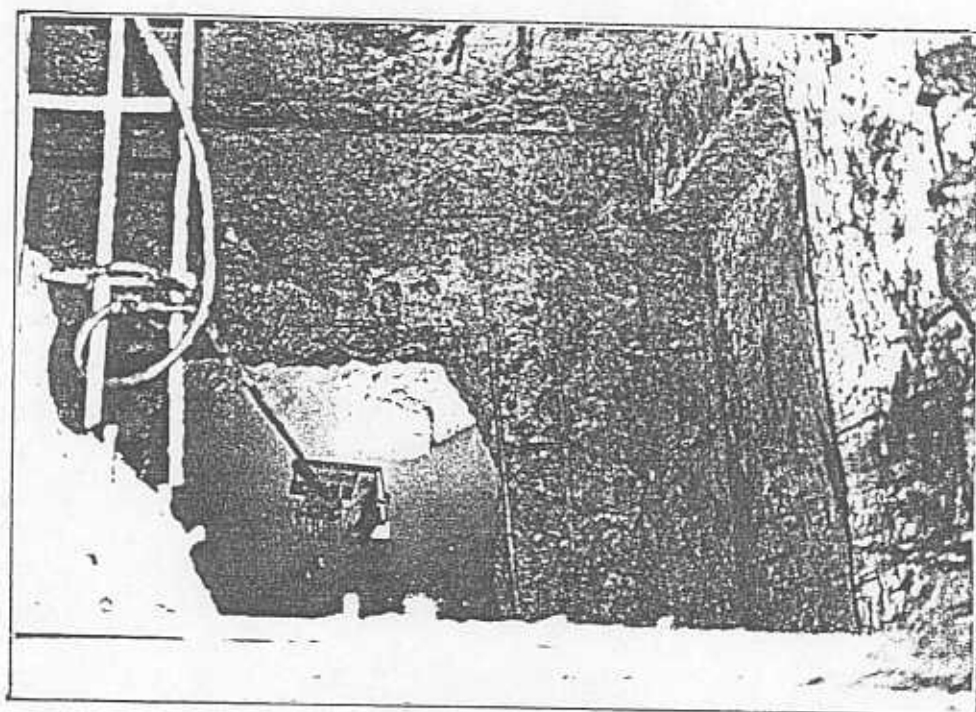
12) หลังจากทำการกคเสาเข็มและเทฐานรากทุกตำแหน่งเรียบร้อยแล้วก็จะเป็นการเสร็จเรียบร้อยแล้วสำหรับการทำ Underpinning ของบ้านหลังนี้ แต่เนื่องจากจะต้องทำ Underpinning ของตงเก็บน้ำใต้ดินอีกด้วย ดังนั้นจึงสูบน้ำออกจากตงเก็บน้ำใต้ดินให้หมดและเริ่มเจาะพื้นของตง แล้วทำการขุดดินในตำแหน่งที่จะทำการกคเสาเข็ม แล้วจึงทำการกคเสาเข็มโดยใช้ผนังของตงน้ำเป็นแรงปฏิกิริยา

และทำฐานรากรองรับ เบอร์ F1 และทำคาน B-1 ตามแบบรายละเอียดดังภาพที่ 4.20 ง. เพื่อให้คาน B-1 รับน้ำหนักของดิ่งเก็บน้ำได้ดินแล้วถ่ายน้ำหนักสู่ฐานราก F1 ต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการกดเสาเข็ม ก็จะเป็นขั้นตอนที่คล้ายคลึงกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น (ภาพที่ 4.23)

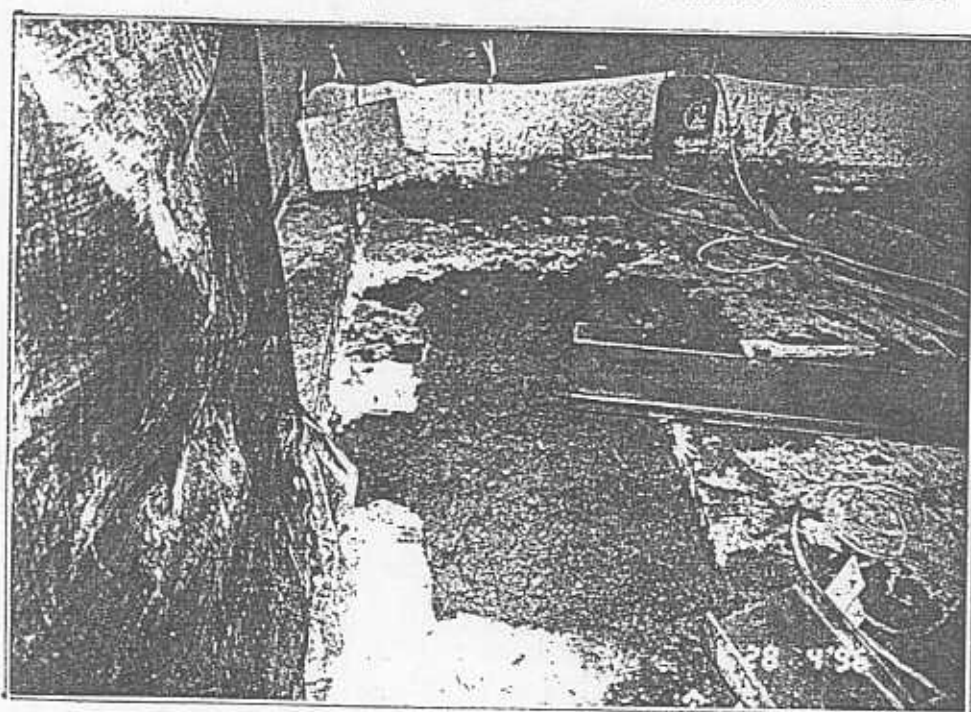


ภาพที่ 4.22 ขณะกำลังเทคอนกรีตฐานรากใหม่

- 13) ถมดินตามตำแหน่งต่างๆ ที่ได้มีการขุดดินเพื่อการกดเสาเข็ม (ภาพที่ 4.24)
- 14) เชื่อมเหล็กพื้นในบริเวณที่ได้ถูกเจาะและวางเหล็กเสริมแล้วจึงทำการเทคอนกรีตพื้นให้เรียบ ร้อยและตกแต่งวัสดุผิวพื้นให้อยู่ในสภาพเดิม



ภาพที่ 4.23 ขณะทำการขุดดินได้ดังเก็บน้ำเพื่อทำการกดเสาเข็มเหล็กได้ดังเก็บน้ำ



ภาพที่ 4.24 ถมดินตามหลุมต่างๆ ที่ได้ขุดทำฐานรากเอาไว้

4.1.7 การคำนวณราคาโดยประมาณในการทำแอนเดอร์พินนิงบ้านจระพินธุ์

ในการคำนวณราคาโดยประมาณในการทำ Underpinning ของบ้านจระพินธุ์นี้ จะประกอบด้วย 6 รายการใหญ่ ตามที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการทำ Underpinning

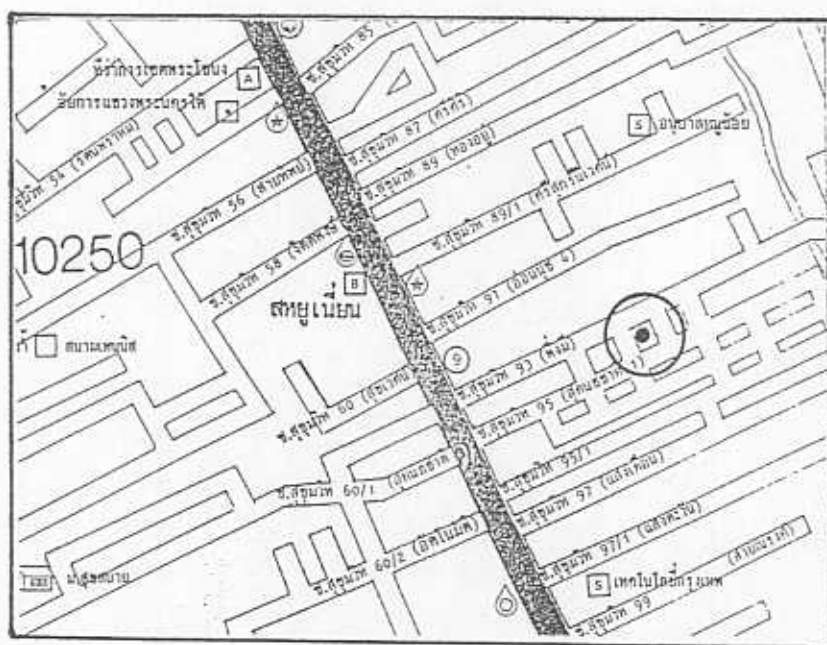
คือประมาณ 90% ของราคาทั้งหมดนั้นเป็นค่าใช้จ่ายเนื่องจากการกวดเสาะเข็มเหล็ก และเมื่อพิจารณาค่าดำเนินการและกำไรซึ่งคิดเป็น 13% และ 10% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากงานในการทำ Underpinning นั้นจะมีความเสี่ยงและเป็นงานที่ค่อนข้างจะพิเศษมีการทำไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักจึงเป็นผลให้เปอร์เซ็นต์ของค่าดำเนินการและกำไรค่อนข้างสูง สำหรับราคาต่อหน่วยของวัสดุและค่าแรงของแต่ละรายการและราคารวมของแต่ละงานจะมีรายละเอียดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การประมาณราคาในการทำ Underpinning ของบ้านจิระพันธุ์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ราคาวัสดุ ต่อหน่วย (บาท.)	ค่าแรง ต่อหน่วย (บาท.)	ราคาวัสดุ รวม (บาท.)	ค่าแรง รวม (บาท.)	รวม (บาท.)
1.) เจาะพื้นคอนกรีต	42.0	ตร.ม.	-	150.0	0.0	6,300.0	6,300.00
2.) ขุดดิน	65.0	ลบ.ม.	-	105.0	0.0	6,825.0	6,825.00
3.) ถมดิน	37.0	ลบ.ม.	-	65.0	0.0	2,405.0	2,405.00
4.) กวดเสาะเข็มเหล็กขนาด I - 250x125x55.5 กก/ม.	41.0	ต้น	19,813.5	4,000.0	812,353.5	164,000.0	976,353.50
5.) ทำฐานรากใหม่							
5.1) คอนกรีต	13.5	ลบ.ม.	1,350.0	250.0	18,225.0	3,375.0	21,600.00
5.2) เหล็กเสริม - DB 16 มม.	950.0	กก.	15.0	2.0	14,250.0	1,900.0	16,150.00
5.3) ไม้แบบ	44.0	ตร.ม.	250.0	60.0	11,000.0	2,640.0	13,640.00
6.) ซ่อมแซมและตกแต่ง	-	-	-	L.S.	-	-	20,000.00
รวมครั้งที่ 1					A	---	1,063,273.50
ค่าดำเนินการ	13 %				B	0.13*A	138,225.56
กำไร	10 %				C	0.10*A	106,327.35
รวมครั้งที่ 2					D	A+B+C	1,307,826.41
ภาษีมูลค่าเพิ่ม	7 %				E	0.07*D	91,547.85
รวมทั้งหมด					F	D+E	1,399,374.25

4.2 กรณีศึกษาที่ 2 บ้านคุณนิรันดร์

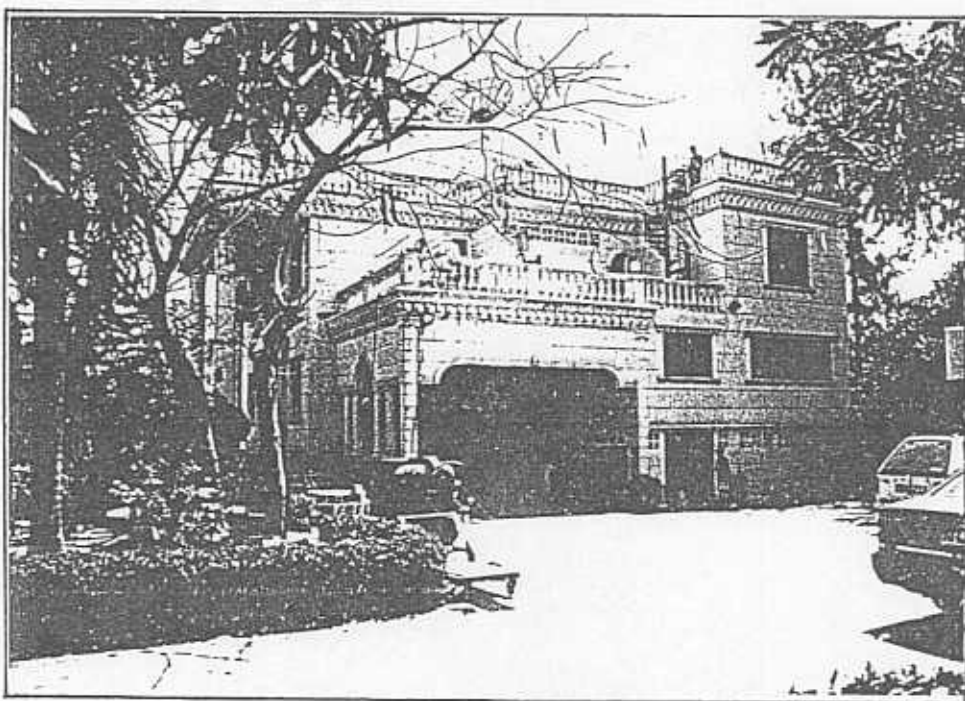
บ้านคุณนิรันดร์ ตั้งอยู่ที่ บ้านเลขที่ 106 อ่อนนุบาล 5 ซอยสุขุมวิท 93 แขวงสวนหลวง เขตประเวศ กรุงเทพฯ (ภาพที่ 4.25) เป็นอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น บ้านหลังนี้ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้วโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก เสาเข็มที่ใช้ในอาคารเดิมเป็นเสาเข็มคอนกรีตหน้าตัดรูปตัวไอ (I) ขนาด 0.22x0.22 เมตร ความยาวประมาณ 21-23 เมตร โดยฐานรากทุกฐานของบ้านหลังนี้เป็นฐานรากที่ใช้เสาเข็มตอกตันเดียวทุกฐาน หลังการก่อสร้างเสร็จไม่นานบ้านก็เริ่มมีรอยร้าวปรากฏให้เห็น แต่เจ้าของบ้านก็ได้แก้ไขโดยการกระแทกส่วนที่ร้าวออกแล้วฉาบปูนปิดแล้วทาสีทับแต่ต่อมาเกิดรอยร้าวขึ้นอีก และทางเจ้าของบ้านก็ยังคงแก้ไขโดยวิธีเดิมอยู่แต่รอยร้าวก็ยังคงปรากฏขึ้นอีกเรื่อยๆ จนกระทั่งอาคารเริ่มมีการเอียงขึ้นมากจนไม่สามารถปิดประตูบางประตูได้สนิท และน้ำในห้องน้ำไม่สามารถระบายไปลงระบายน้ำได้ เจ้าของบ้านจึงต้องการแก้ไขปัญหานี้โดยถาวรจึงต้องมีการทำ Underpinning. และ จะต้องทำการยกอาคารด้วยเพื่อปรับระดับของอาคารให้พื้นของอาคารให้ได้ระดับเดียวกัน



ภาพที่ 4.25 ตำแหน่งที่ตั้งของบ้านคุณนิรันดร์



ภาพที่ 4.26 ทางด้านหน้าของบ้านคุณนิรันดร์



ภาพที่ 4.27 ภาพด้านข้างของบ้านคุณนิรันดร์

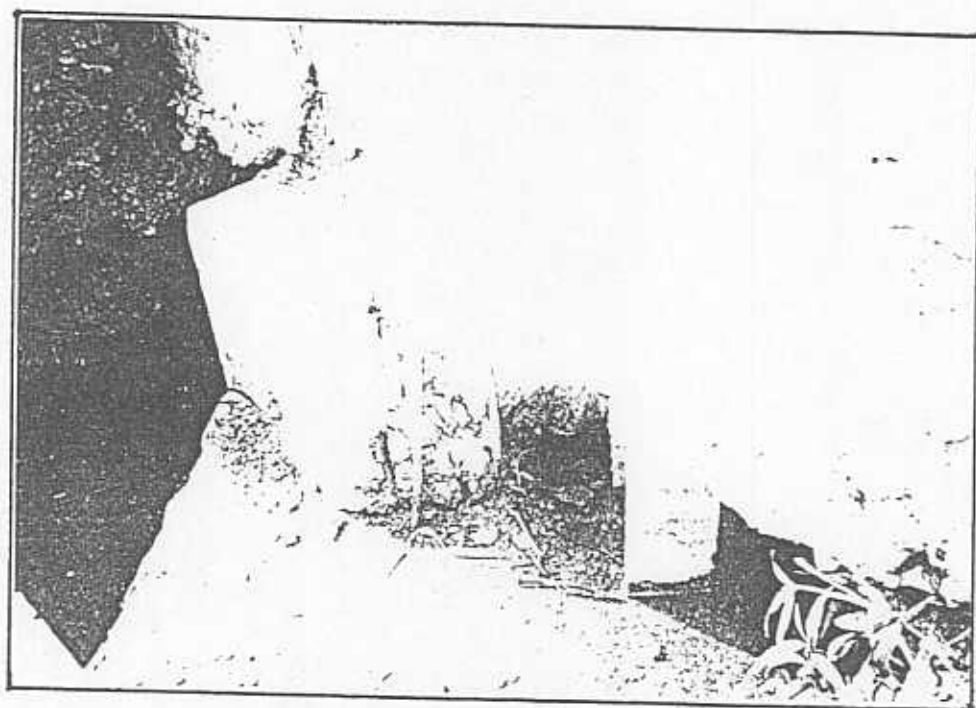
จากการใช้กล้องระดับทำการวัดระดับของอาคาร โดยกำหนดจุดอ้างอิงอยู่ภายนอกอาคารแล้ว เปรียบเทียบระดับของพื้นที่ชั้นที่ 1 ของอาคาร จะพบว่าอาคารมีการทรุดตัวเอียงมาทางด้านหน้าของบ้าน คือ บริเวณด้านหน้าของบ้าน หรือที่ Grid Line A. (ภาพที่ 4.32) จะมีค่าการทรุดตัวต่ำกว่าบริเวณ ด้านหลังของบ้านหรือ Grid Line E. (ภาพที่ 4.32) อยู่ประมาณ 20 เซนติเมตร

4.2.1 สาเหตุของการทรุดตัวของบ้านคุณนิรันดร์

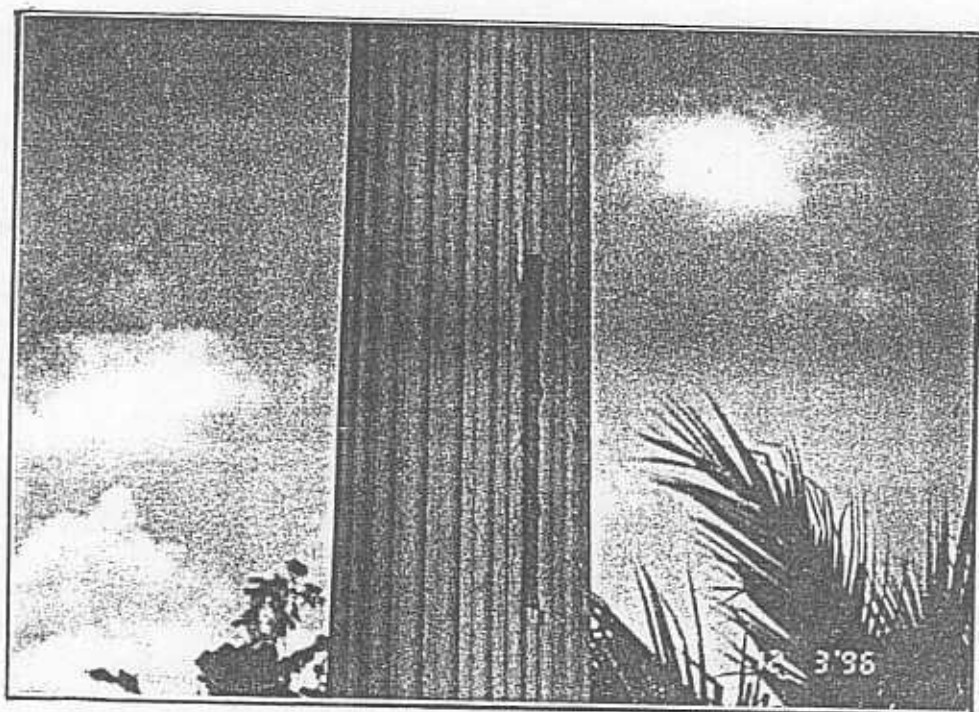
จากลักษณะของการทรุดตัวและเอียงตัวของบ้านคุณนิรันดร์ สามารถสรุปสาเหตุของการทรุดตัวได้ดังต่อไปนี้

1) เสาค้ำบางต้นเกิดการรับน้ำหนักเกินค่าออกแบบ(Overload) อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในฐานราก C-11, C-12, C-17, และ C-18, โดยเกิดการรับน้ำหนักเกินค่าออกแบบ ประมาณ 2.02-2.61 เท่าของค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาค้ำเดิมจึงทำให้บ้านนิรันดร์มีการทรุดตัว จากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

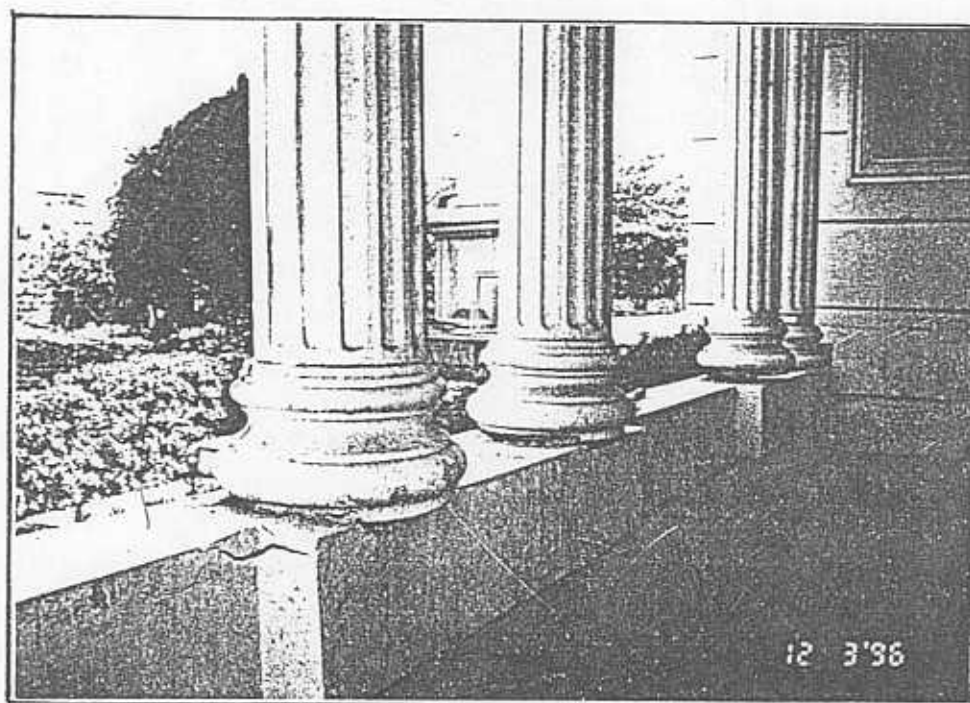
2) จากการสำรวจจะพบว่าเกิดการเอียงศูนย์ของเข็มที่ฐาน C-9 และ C-15 อย่างมาก ทำให้น้ำหนักที่กระทำลงจากเสาดำลงไม่ตรงศูนย์กลางของเสาค้ำจึงทำให้เกิดแรงดัดขึ้น และเป็นผลให้ค่อมที่จุดค้ำงอแอ่งกว้างอย่างมาก (ภาพที่ 4.28) ซึ่งก็ตรงกับการทำระดับของอาคารคือมีการทรุดตัวที่ด้านหน้าของอาคารมากกว่าที่ด้านหลังของอาคาร



ภาพที่ 4.28 ค่อม C-9 แอ่งกว้างเป็นผลเนื่องจากการเอียงศูนย์ของเข็ม



ภาพที่ 4.29 รอยร้าวที่เกิดขึ้นในเสาหลักบริเวณด้านหน้าของบ้านคุณนิรันดร์



ภาพที่ 4.30 รอยร้าวของเสาที่ด้านหน้าของบริเวณบ้านคุณนิรันดร์

4.2.2 การคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

จากรายละเอียดและโปรแกรมสำหรับการคำนวณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในภาคผนวก ข. ซึ่งได้ใช้ข้อมูลจากการสำรวจ Boring Log ในภาคผนวก จ. สามารถนำมาสรุปได้ในตารางที่ 4.5 โดยเสาเข็มเดิมของอาคารเป็นเสาเข็มคอกรูปตัวไอ (I) ขนาด 0.22x0.22 เมตรซึ่งเสาเข็มคอนกรีต และเสาเข็มใหม่ที่ใช้ในการทำ Underpinning เป็นเสาเข็มเหล็กหน้าตัดรูปตัวไอ (I) ขนาด 250x125x55.5 กก./ม. ซึ่งความยาวเสาเข็มโดยประมาณจะอยู่ระหว่าง 21-23 เมตร ซึ่งในแต่ละความยาวของเสาเข็มจะสามารถหาค่าผลรวมของค่า q_r และค่า q_u ได้จากภาพที่ ข.1 และภาพที่ ข.2 ตามลำดับ แล้วนำมาคูณกับพื้นที่ผิวและพื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม ตามลำดับซึ่งจะได้ค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยและปลอดภัยของเสาเข็มแต่ละประเภทซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 โดยได้ใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2.5

ตารางที่ 4.5 กำลังรับน้ำหนักประลัยและปลอดภัยของเสาเข็มเดิมและเสาเข็มใหม่ที่ใช้ทำ Underpinning ในความลึกของปลายเข็มที่ 21, 22 และ 23 เมตร

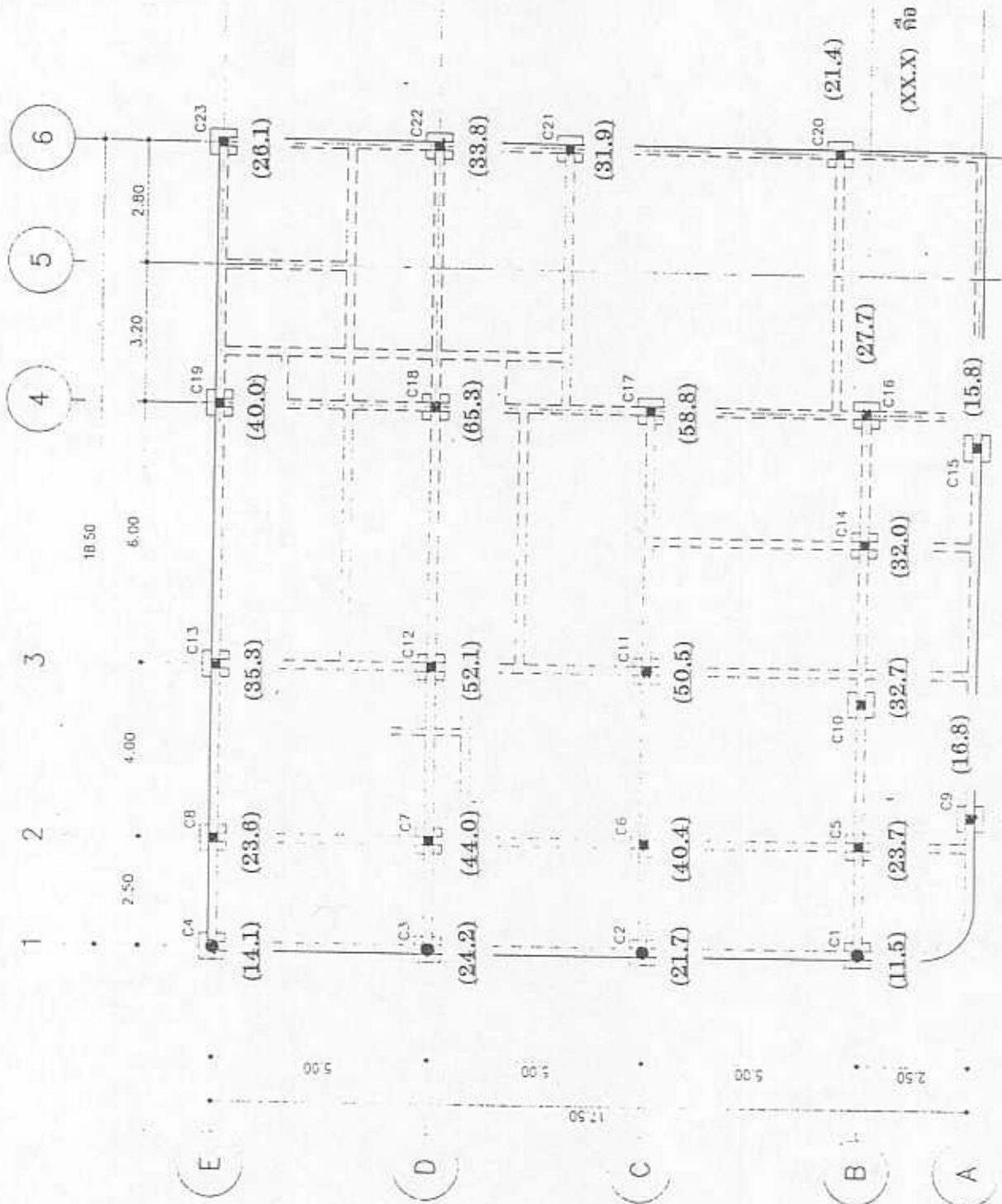
ชนิดเสาเข็ม	ปลายของเสาเข็ม (ม.)	ผลรวมของ q_r (ตัน/ม.)	Q_r (ตัน.)	q_u (ตัน/ตร.ม.)	Q_u (ตัน.)	Q_u (ตัน.)	Q_u (ตัน.)
เสาเข็มเดิม	21	56.63	49.83	215.37	10.42	60.26	24.10
เสาเข็มใหม่	21	56.63	42.47	215.37	6.73	49.20	19.68
เสาเข็มเดิม	22	65.23	57.40	235.25	11.39	68.79	27.52
เสาเข็มใหม่	22	65.23	48.92	235.25	7.35	56.27	22.51
เสาเข็มเดิม	23	74.52	65.58	500.00	24.20	89.78	35.91
เสาเข็มใหม่	23	74.52	55.89	500.00	15.63	71.52	28.61

4.2.3 การคำนวณน้ำหนักที่กระทำบนฐานราก

จากแบบแปลนแต่ละชั้นของบ้านคุณนิรันดร์ และโปรแกรมคำนวณน้ำหนักที่กระทำบนฐานรากแต่ละฐานในภาคผนวก ก. สามารถนำมาสรุปได้ในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.31 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเอาน้ำหนักรวมที่กระทำลงบนฐานรากหารด้วยกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเดิม นั้นมีเสาเข็มบางต้นโดยเฉพาะ C-11, C-12, C-17 และ C-18 มีการรับน้ำหนักเกินค่าออกแบบถึง 2.02-2.61 เท่าเลยทีเดียว ส่วนเสาเข็มใหม่หรือเสาเข็มเหล็กที่ใช้ทำ Underpinning จะเห็นว่าค่าน้ำหนักรวมที่กระทำลงบนฐานรากหารด้วยจำนวนและกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มใหม่ จะมีค่าไม่เกิน 0.90 ทุกฐาน ซึ่งแสดงว่าไม่มีการรับน้ำหนักเกินค่าออกแบบของเสาเข็มใหม่เลย โดยได้ใช้ค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเดิมเท่ากับ 25 ตัน และใช้ค่ากำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มใหม่เท่ากับ 20 ตัน ซึ่งเป็นข้อมูลจากตารางที่ 4.1 โดยที่จะประมาณความลึกของปลายเสาเข็มให้อยู่ที่ระดับ 21 เมตร

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักทั้งหมดที่กระทำบนแต่ละฐานรากและจำนวนเข็มที่ใช้ในการทำ Underpinning ของบ้านคุณนิรันดร์

หมายเลข ของเสา	น้ำหนักคงที่ ตัน.	น้ำหนักจร ตัน.	น้ำหนักรวม ตัน.	น้ำหนักรวมหาร ด้วยกำลังรับ น้ำหนักปลอดภัย ของเสาเข็มเดิม	จำนวนเสาเข็ม ที่ใช้ในการทำ Underpinning	น้ำหนักรวมหาร ด้วยกำลังรับ น้ำหนักปลอดภัย ของเสาเข็มใหม่
C-1	9.82	1.69	11.51	0.46	2	0.30
C-2	19.31	2.34	21.66	0.87	2	0.57
C-3	21.36	2.81	24.17	0.97	2	0.64
C-4	12.69	1.41	14.10	0.56	2	0.37
C-5	20.20	3.54	23.74	0.95	2	0.62
C-6	33.53	6.84	40.37	1.61	3	0.71
C-7	36.73	7.31	44.04	1.76	3	0.77
C-8	19.98	3.66	23.64	0.95	2	0.62
C-9	13.96	2.81	16.77	0.67	2	0.44
C-10	27.42	5.25	32.67	1.31	3	0.57
C-11	40.32	10.13	50.45	2.02	4	0.66
C-12	42.00	10.13	52.13	2.09	4	0.69
C-13	29.68	5.63	35.31	1.41	3	0.62
C-14	26.75	5.25	32.00	1.28	3	0.56
C-15	13.32	2.44	15.76	0.63	2	0.41
C-16	23.99	3.73	27.72	1.11	2	0.73
C-17	48.14	10.65	58.79	2.35	4	0.77
C-18	52.96	12.38	65.33	2.61	4	0.86
C-19	33.27	6.75	40.02	1.60	3	0.70
C-20	14.65	6.75	21.40	0.86	2	0.56
C-21	25.80	6.08	31.87	1.27	2	0.84
C-22	28.40	5.40	33.80	1.35	2	0.89
C-23	22.76	3.38	26.13	1.05	2	0.69



(XX.X) คือ ค่าน้ำหนักที่กระทำลงบนฐานราก
(ตัน)

ภาพที่ 4.31 น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่กระทำลงบนฐานรากแต่ละฐานของบ้านคุณนิรันดร์

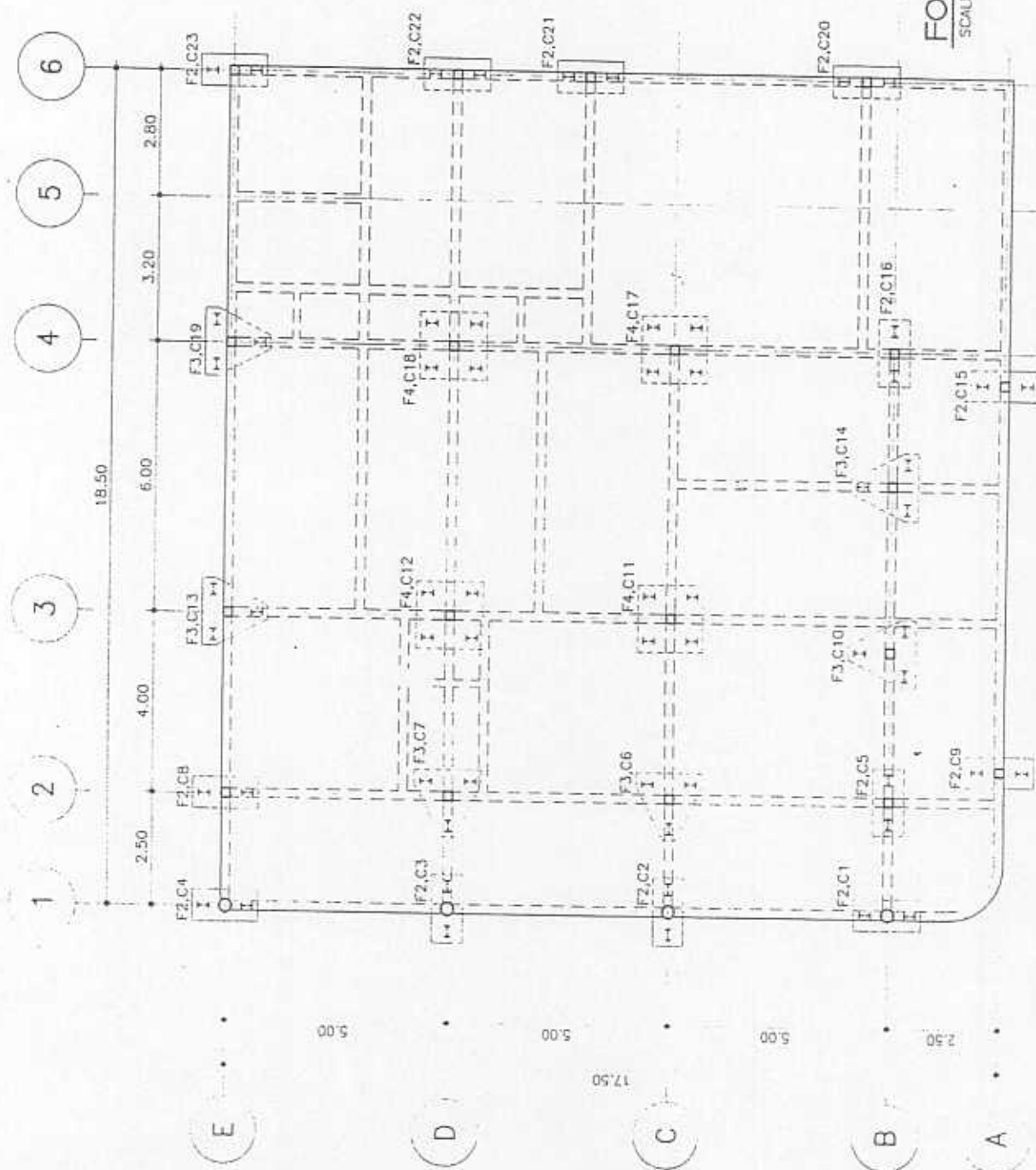
4.2.4 แบบแปลนและแบบรายละเอียดในการทำอันเดอร์พินนิ่ง

จากตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงค่าของจำนวนเสาเข็มเหล็กที่ใช้ในการทำ Underpinning และได้นำมาสรุปเป็นแบบแปลนสำหรับการทำเสาเข็มใหม่ในแต่ละตำแหน่ง ดังภาพที่ 4.32 ส่วนแบบรายละเอียดของฐานราก F2, F3 และ F4 ได้แสดงในภาพที่ 4.33ก. ถึงภาพที่ 4.33ค. ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณฐานรากแต่ละฐานรากจะมีอยู่ใน ภาคผนวก ง.

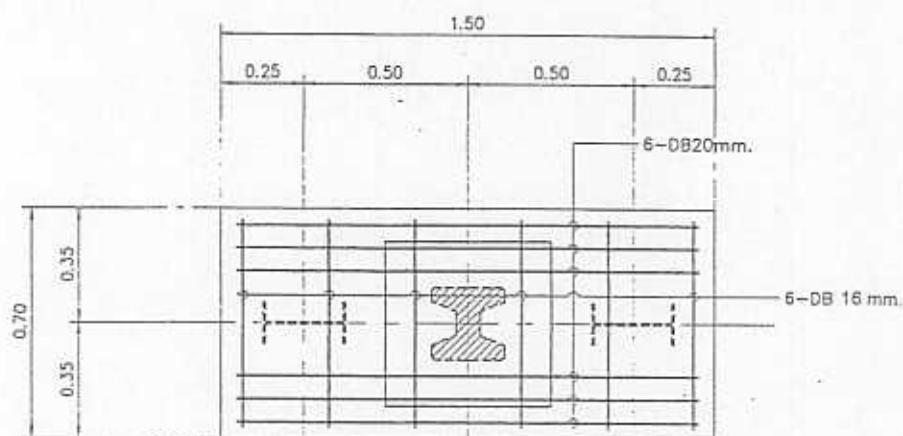
4.2.5 การคำนวณค่าการทรุดตัวของฐานราก

เช่นเดียวกับกรณีศึกษาที่ 1 นั่นก็คือการคำนวณหาค่าของการทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานที่จะเกิดขึ้นนั้น จะอ้างอิงรายละเอียดของการคำนวณในภาคผนวก ก. ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดยใช้สมมติฐานและทฤษฎีในบทที่ 2 และใช้ข้อมูลของดินจากการเจาะสำรวจดินจาก Boring Log ในภาคผนวก ง. และได้้นำค่าการทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานมาสรุปได้ดังตารางที่ 4.7 โดยการทรุดตัวจะประกอบไปด้วย การทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็ม ซึ่งแสดงในช่องที่ 2 ของตารางที่ 4.7, การทรุดตัวของเสาเข็มเนื่องจากดินที่ปลายเสาเข็มทรุดตัวแบบ Immediate Settlement ซึ่งแสดงในช่องที่ 3 ของตารางที่ 4.7, การทรุดตัวของเสาเข็มเนื่องจากดินตลอดผิวของเสาเข็มทรุดตัวแบบ Immediate Settlement ซึ่งแสดงในช่องที่ 4 ของตารางที่ 4.7, การทรุดตัวของเสาเข็มเนื่องจากการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement ซึ่งแสดงในช่องที่ 6 ของตารางที่ 4.7 และผลรวมของการทรุดตัวทั้งหมดแสดงไว้ในช่องที่ 7 ของตารางที่ 4.7

จากตารางจะเห็นว่า การทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็มและการทรุดตัวแบบ Immediate Settlement เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าอยู่ในระหว่าง 0.307-0.910 เซนติเมตร ส่วนการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement ซึ่งจะมีค่าอยู่ในระหว่าง 2.045-5.724 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นว่า มีค่าการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement มีค่ามากกว่าค่าการทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็มและการทรุดตัวแบบ Immediate Settlement รวมกันถึง 6-7 เท่าทีเดียว และค่าของการทรุดตัวรวมทั้งหมดก็จะมีค่าอยู่ในระหว่าง 2.352-6.603 เซนติเมตร



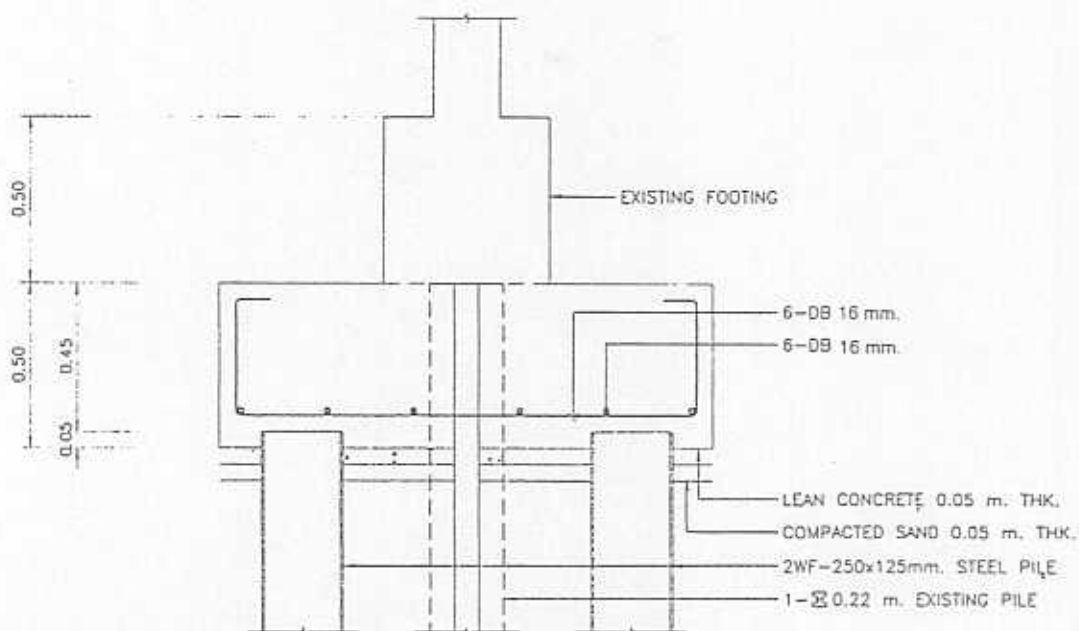
ภาพที่ 4.32 แผนแปลนเสาเข็มและฐานรากอาคาร "บ้านสวน" (Foundation and Pier Plan of "Ban Suan" House)



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F2

SCALE

1:20

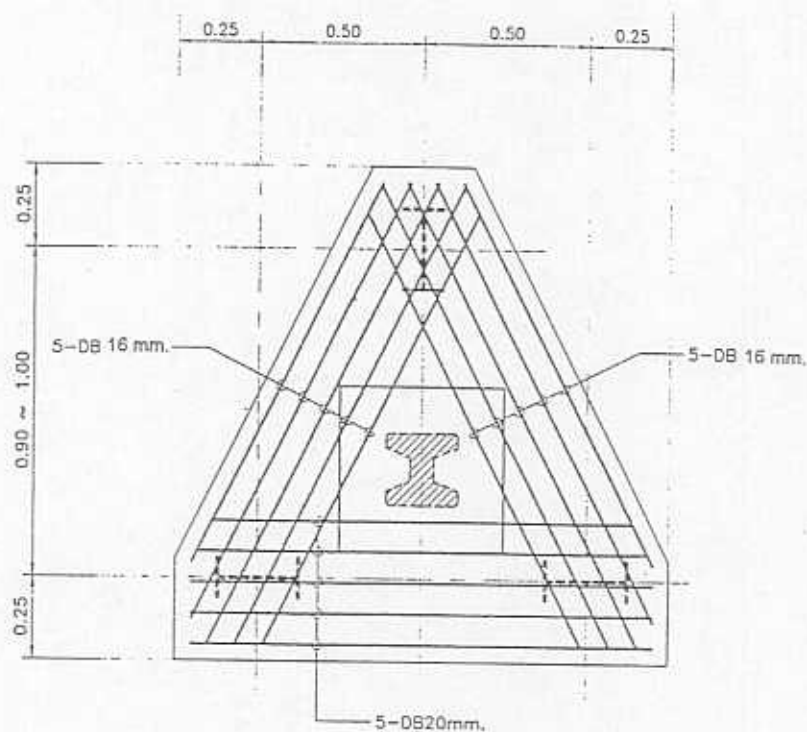


SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F2

SCALE

1:20

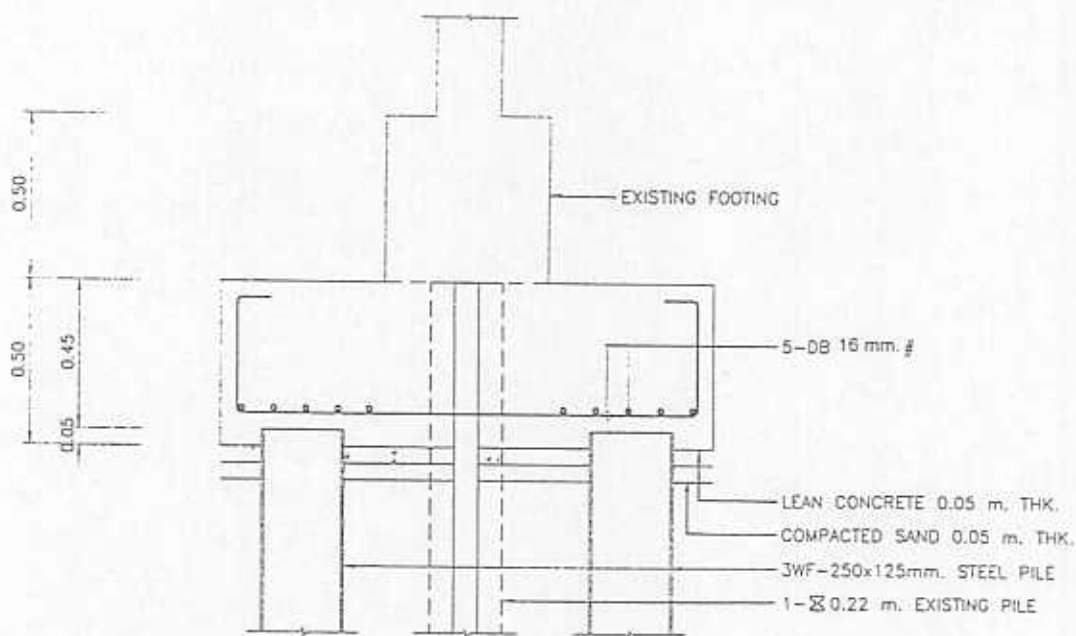
ภาพที่ 4.33ก. แบบแสดงรายละเอียดของฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม เบอร์ F2



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F3

SCALE

1:20

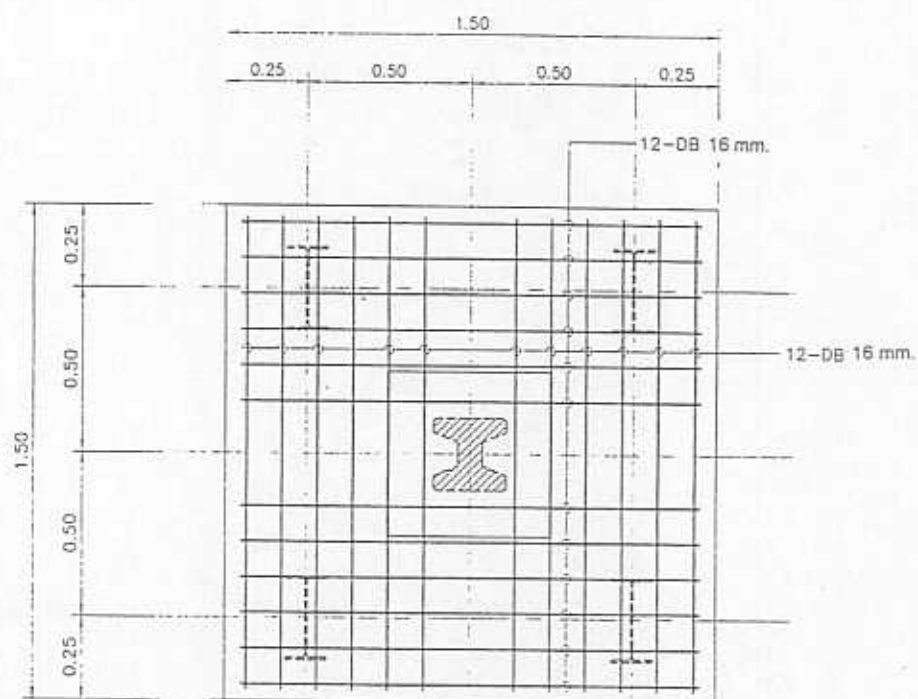


SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F3

SCALE

1:20

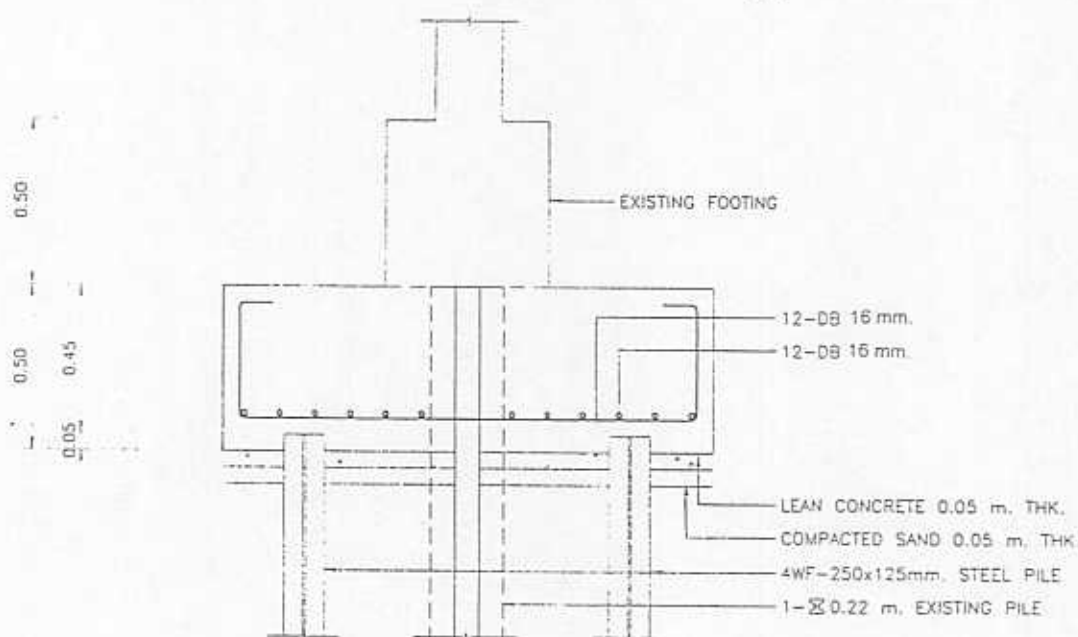
ภาพที่ 4.33ข. แบบแสดงรายละเอียดของฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม เบอร์ F3



PLAN OF UNDERPINNING FOOTING F4

SCALE

1:20



SECTION DETAIL OF UNDERPINNING FOOTING F4

SCALE

1:20

ภาพที่ 4.33ก. แบบแสดงรายละเอียดของฐานรากใหม่ใต้ฐานรากเดิม เบอร์ F4

ตารางที่ 4.7 การทรุดตัวของฐานรากแต่ละฐานของบ้านกฤษณินรินทร์

หมายเลข ของฐานราก	S_p ซม.	$S_{i-ที่ปลาย}$ ซม.	$S_{i-ที่ผิว}$ ซม.	$S_i + S_p$ ซม.	S_c ซม.	S_t ซม.
C-1	0.016	0.244	0.046	0.307	2.045	2.352
C-2	0.031	0.464	0.088	0.583	3.427	4.010
C-3	0.035	0.521	0.099	0.654	3.727	4.381
C-4	0.020	0.301	0.057	0.378	2.427	2.805
C-5	0.033	0.505	0.095	0.634	3.677	4.311
C-6	0.038	0.578	0.109	0.726	4.623	5.349
C-7	0.042	0.627	0.119	0.787	4.916	5.703
C-8	0.033	0.505	0.095	0.634	3.665	4.299
C-9	0.024	0.358	0.068	0.450	2.798	3.248
C-10	0.031	0.464	0.088	0.583	3.961	4.544
C-11	0.036	0.537	0.102	0.675	4.793	5.468
C-12	0.037	0.562	0.106	0.705	4.905	5.610
C-13	0.033	0.505	0.095	0.634	4.196	4.830
C-14	0.030	0.456	0.086	0.572	3.900	4.472
C-15	0.022	0.334	0.063	0.419	2.661	3.080
C-16	0.039	0.594	0.112	0.746	4.129	4.875
C-17	0.042	0.627	0.119	0.787	5.331	6.118
C-18	0.046	0.700	0.132	0.879	5.724	6.603
C-19	0.038	0.570	0.108	0.715	4.594	5.309
C-20	0.030	0.456	0.086	0.572	3.395	3.967
C-21	0.045	0.684	0.129	0.858	4.569	5.427
C-22	0.048	0.724	0.137	0.910	4.765	5.675
C-23	0.037	0.562	0.106	0.705	3.952	4.657

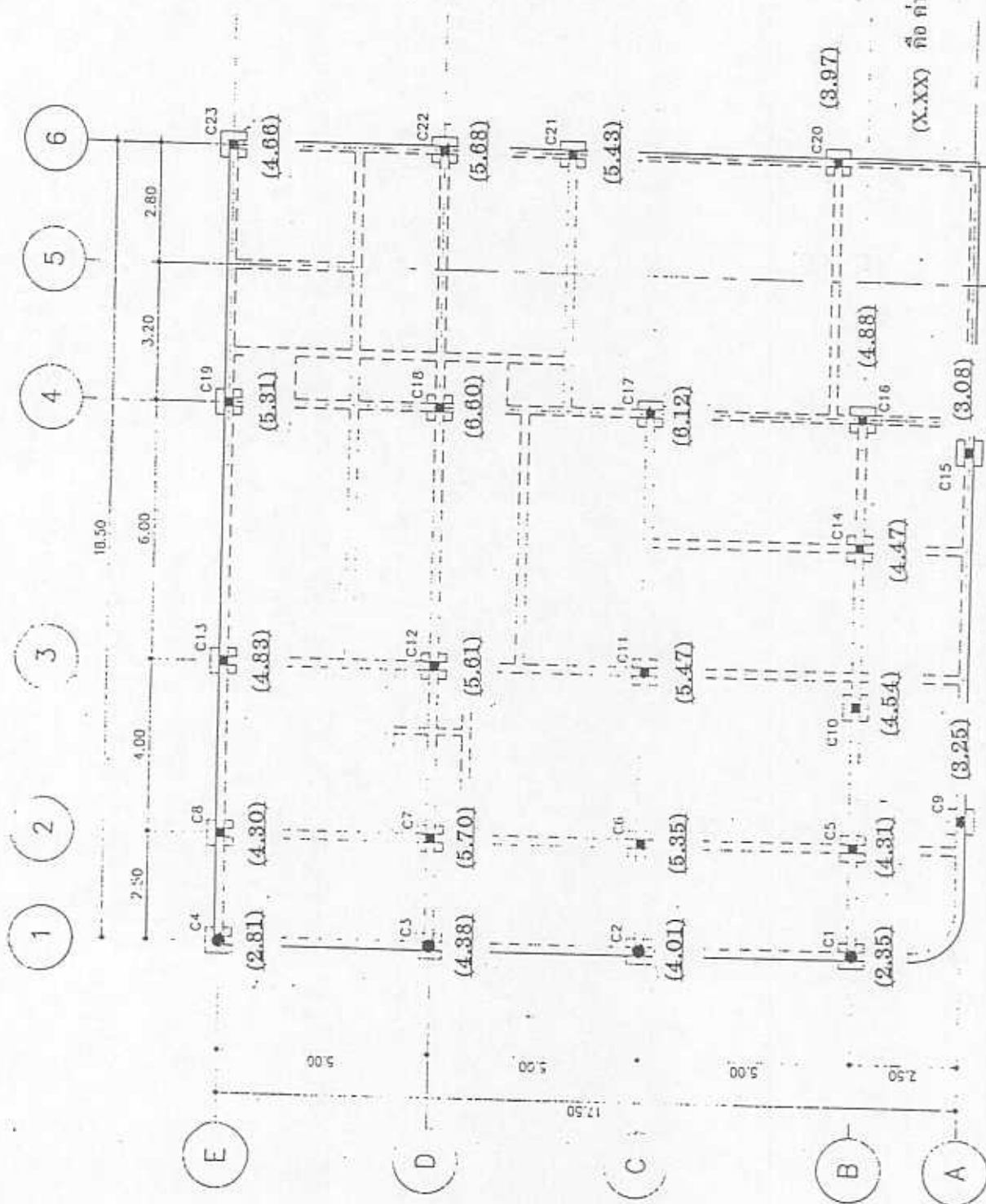
หมายเหตุ : S_c = การทรุดตัวเนื่องจาก Primary Consolidation

$S_{i-ที่ปลาย}$ = การทรุดตัวเนื่องจาก Immediate Settlement ของดินที่ปลายของเสาเข็ม

$S_{i-ที่ผิว}$ = การทรุดตัวเนื่องจาก Immediate Settlement ของดินที่ผิวของเสาเข็ม

S_p = การทรุดตัวเนื่องจาก Elastic Shortening ของเสาเข็ม

S_t = การทรุดตัวรวมทั้งหมดของเสาเข็ม



(X.XX) คือ ค่าการหลุดตัวในแต่ละฐาน
(ซม.)

ภาพที่ 4.34 ทำการหลุดตัวของฐานรากแต่ละฐานของบ้านคุณปิ่นศรี

4.2.6 ขั้นตอนของการทำแอนเดอร์พีนิงของบ้านคุณนิรันดร์

จากที่ได้ออกแบบกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มใหม่ และฐานรากใหม่ตามแบบรายละเอียดที่แสดงไปแล้วในหัวข้อ 4.1.3 และหัวข้อ 4.1.4 ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทำ Underpinning ของบ้านคุณนิรันดร์ เป็นลำดับทุกขั้นตอนโดยจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

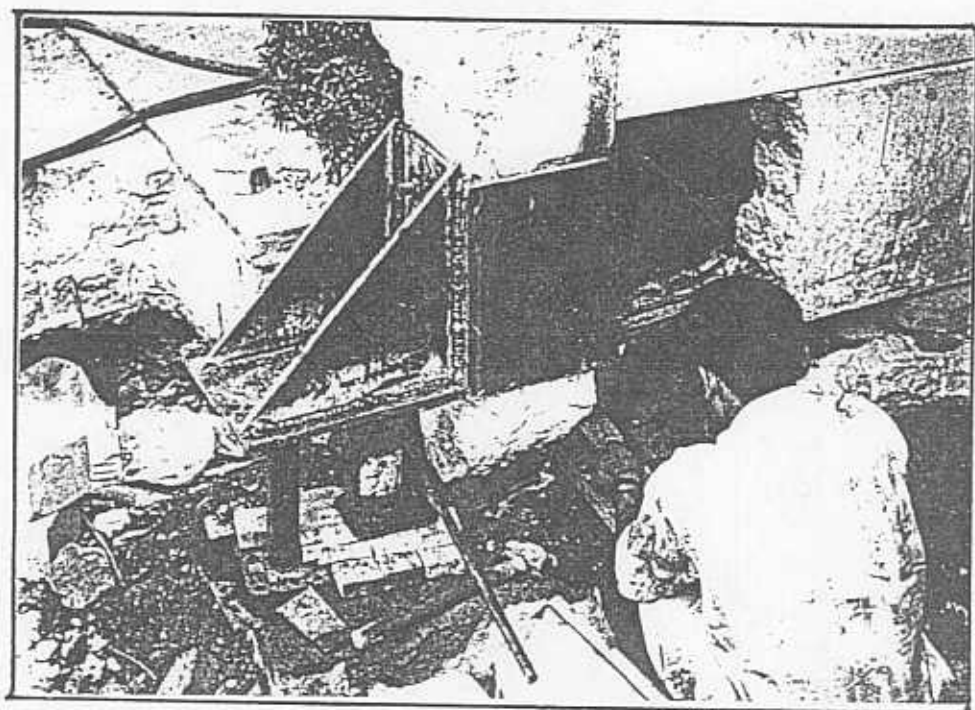
1) เนื่องจากระดับพื้นชั้นล่างของบ้านคุณนิรันดร์มีความสูงจากระดับดินในบริเวณรอบๆ บ้าน ประมาณ 1.0-1.5 เมตร ดังนั้นโดยการขุดดินเพียงเล็กน้อยภายใต้พื้นที่ชั้นที่ 1 ก็จะมีพื้นที่และความสูงเพียงพอต่อการปฏิบัติงานในครั้งนี้ซึ่งจะสามารถทำการกดเสาเข็มภายใต้พื้นชั้นล่างของบ้านหลังนี้ได้โดยไม่ต้องเจาะพื้นที่ชั้นที่ 1 ซึ่งจะแตกต่างจากในกรณีของบ้านจระพันธุ์ซึ่งต้องเจาะพื้นที่ชั้นที่ 1 เพื่อทำการขุดดินใต้พื้นของอาคารและทำการกดเสาเข็ม

2) ทำการขุดดินในบริเวณภายใต้ของคานนิรันดร์ประมาณ 1.00-1.50 เมตร เพื่อให้สามารถทำงานภายใต้ความสูงที่เพียงพอ ซึ่งจะมีความสูงจากผิวดินที่ขุดถึงท้องคานชั้นที่ 1 ประมาณ 2.5-3.0 เมตร ซึ่งก็เพียงพอต่อการปฏิบัติงานได้อย่างสบาย

3) เสาเข็มที่ใช้เป็นเสาเข็มเหล็กหน้าตัดรูปตัวไอ (I) ขนาด 250x125x55.5 กก/ม ซึ่งเป็นขนาดเดียวกันกับกรณีของบ้านจระพันธุ์ ซึ่งในขั้นตอนของการตัดเป็นท่อนๆ ละ 1.2 เมตร และการทาสีกันสนิมก็เป็นเช่นเดียวกันกับกรณีของบ้านจระพันธุ์

4) ขั้นตอนวิธีการกดเสาเข็มจะเป็นขั้นตอนที่คล้ายกันกับกรณีบ้านจระพันธุ์ เป็นต้นว่า ลักษณะการกดเสาเข็มโดยใช้แม่แรงไฮดรอลิก ขนาด 50 ตัน, การควบคุมความเอียงของเสาเข็มโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำ, หรือ การต่อแต่ละท่อนโดยใช้การเชื่อมไฟฟ้าแต่ก็มีขั้นตอนที่ไม่เหมือนกันอย่างขั้นตอนคือในฐานรากหรือเสาบริเวณรอบนอกของอาคารซึ่งไม่มีคานคอดินทำให้ไม่มีโครงสร้างใดที่จะใช้ทำเป็นแรงปฏิกิริยา ดังนั้นในการกดเสาเข็มของฐานรากหรือเสาบริเวณรอบนอกของอาคาร เช่น C-20, C-23, C-1 และ C-4 จึงได้แก้ไขโดยการทำเป็นหูช้าง (Bracket) เพื่อใช้ทำเป็นโครงสร้างเพื่อรับแรงปฏิกิริยา ซึ่งการทำหูช้าง (Bracket) ก็โดยการเจาะรูในเสาคอนกรีตเป็นจำนวน 8 รูและใช้ Bolt สอดเข้าไปในรูและจึงใช้แผ่นเหล็กที่ตัดไว้แล้วมาเชื่อมดังภาพที่ 4.35 ส่วนเสาที่อยู่ในบริเวณภายในของบ้าน เช่น C-11, C-12, C-13 และ C-14 ซึ่งมีคานคอดินอยู่ก็จะใช้คานคอดินเป็นโครงสร้างเพื่อรับแรงปฏิกิริยาที่ใช้ในการกดเสาเข็ม เช่น ที่ได้กล่าวมาแล้วในการกดเสาเข็มของบ้านจระพันธุ์

5) จากขั้นตอนในการกดเสาเข็มต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วโดยละเอียดในกรณีของบ้านจระพันธุ์ ดังนั้นในขั้นตอนของการกดเสาเข็มของบ้านคุณนิรันดร์จะไม่กล่าวถึงอีกเพราะจะมีขั้นตอนที่คล้ายกันมากจะแตกต่างเพียงแต่ในกรณีของบ้านจระพันธุ์นั้นใช้ Reaction Frame เพื่อเป็นแรงปฏิกิริยาในการกดเสาเข็ม ส่วนในกรณีของบ้านคุณนิรันดร์จะใช้ลักษณะของหูช้าง (Bracket) เพื่อเป็นแรงปฏิกิริยาในการกดเสาเข็ม หลังจากนั้นก็กดเสาเข็มให้ตรงตามตำแหน่งแบบแปลนที่ออกแบบมาแล้วให้ครบทุกต้น

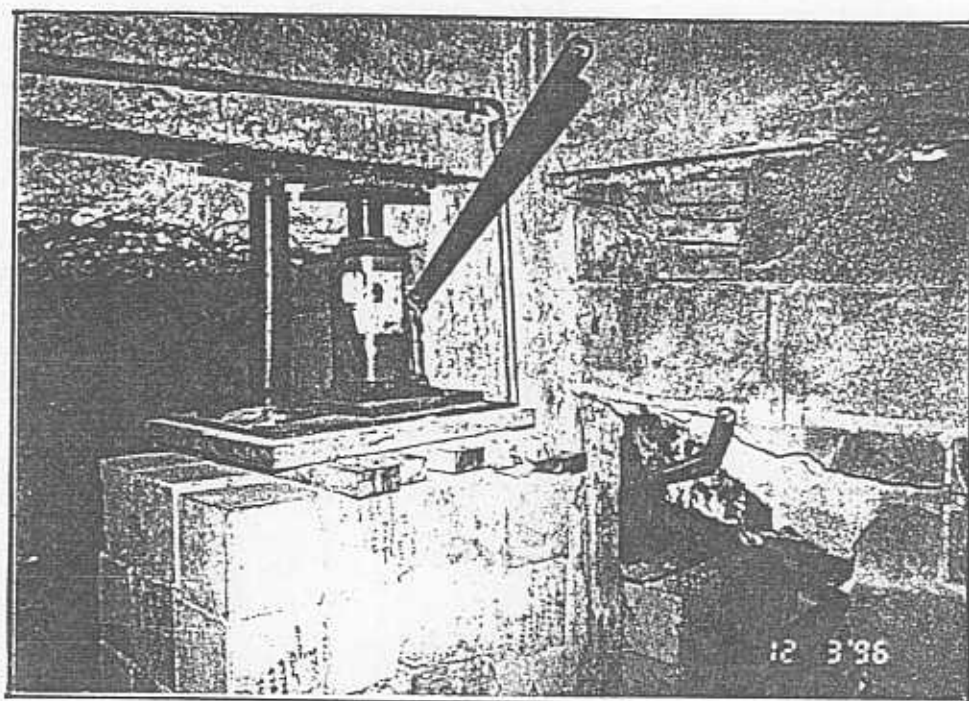


ภาพที่ 4.35 หูช้าง(Bracket) ซึ่งทำเป็นโครงสร้างเพื่อรับแรงปฏิกิริยาในการคดเสาเข็ม

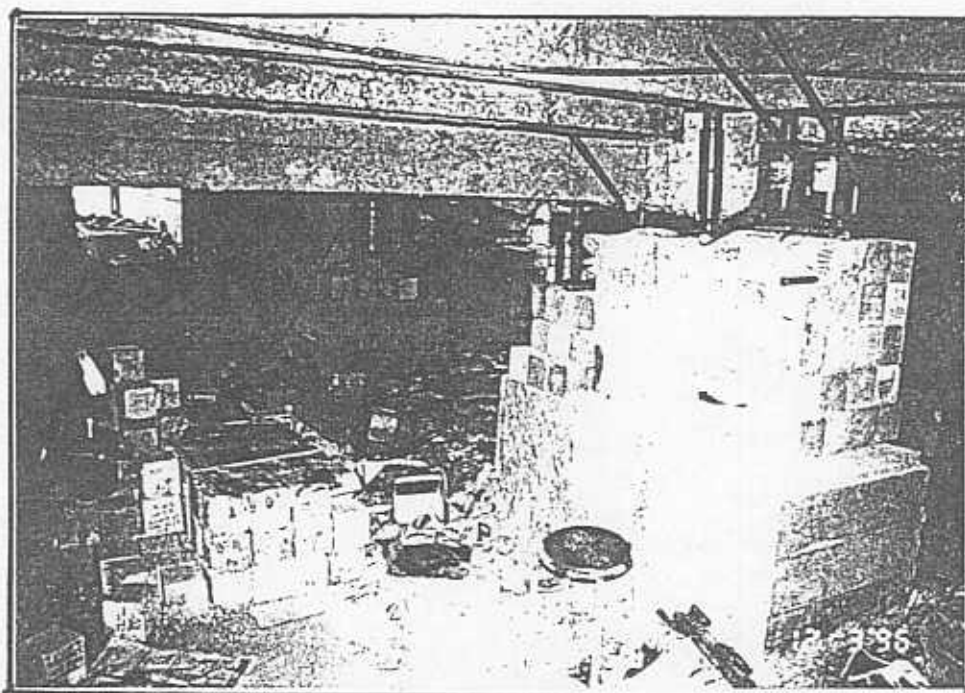
6) เมื่อทำการคดเสาเข็มทุกต้นเรียบร้อยแล้ว ก็เตรียมไม้แบบและวางเหล็กเสริมในฐานรากใหม่ได้ฐานรากเดิมแล้วจึงทำการเทฐานรากใหม่เพื่อจะได้ถ่ายน้ำหนักลงสู่เสาเข็มใหม่ที่ได้กดลงไปแล้วต่อไปจะเห็นว่าขั้นตอนจากข้อที่ 1 ถึง ข้อที่ 6 นั้นจากจะคล้ายกับการทำ Underpinning ของบ้านจระพินธุ์มาก ซึ่งด้วยขั้นตอนดังกล่าวก็น่าจะเพียงพอแล้วสำหรับการทำ Underpinning ของอาคารแต่เนื่องจากบ้านคุณนิรันดร์นี้ยังคงเอียงอยู่ ดังนั้นขั้นตอนในการยกอาคารเพื่อปรับระดับของอาคารให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ นั้นจึงมีความจำเป็นสำหรับกรณีของบ้านคุณนิรันดร์

7) เตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้ในการทำการยกอาคาร เช่น แม่แรงไฮดรอลิก, แม่แรงกล, Steel Strut, ลูกป้อนรูปลูกบาศก์, ไม้, แผ่นเหล็ก ฯลฯ และต้องรองจนกระทั่งคอนกรีตของฐานรากใหม่ที่ได้เทไปแข็งตัวแล้ว จึงจะเริ่มทำการยกอาคาร

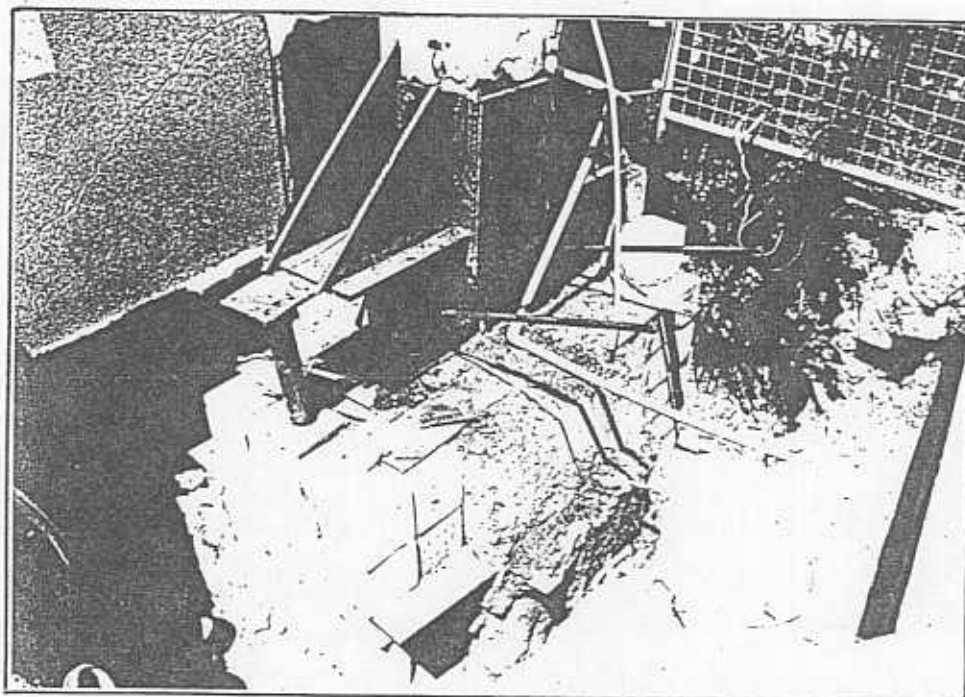
8) ลูกป้อนรูปลูกบาศก์จำนวนมากจะถูกนำมาวางบนฐานรากตัวใหม่ และมีแผ่นไม้มาวางไว้บนลูกป้อนรูปลูกบาศก์เพื่อการกระจายน้ำหนักที่ลงมาจากเสา และนำแม่แรงไฮดรอลิก และ Steel Strut ในการค้ำยันเสาไว้เพื่อให้ถ่ายน้ำหนักถ่ายลงสู่ฐานรากใหม่ (ภาพที่ 4.36 และภาพที่ 4.37)



ภาพที่ 4.36 ก่อนการตัดต่อม่อตอม่อค้ำยันอาคารไว้แล้วดำนํ้าหนักลงสู่ฐานรากใหม่



ภาพที่ 4.37 ลักษณะของการดำนํ้าหนักลงสู่ฐานรากใหม่ก่อนการยกอาคาร

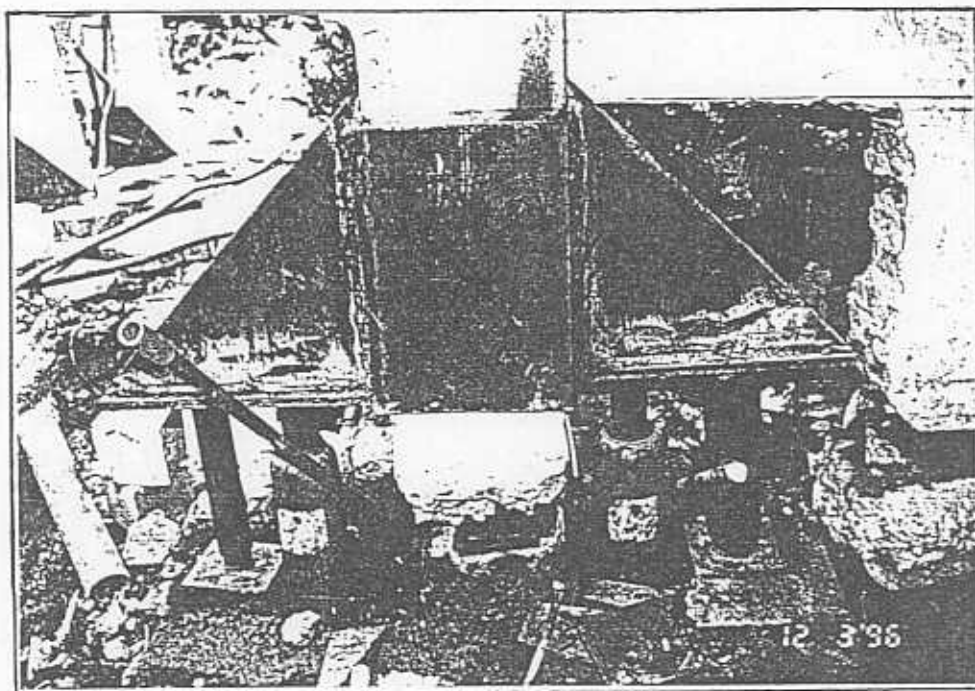


ภาพที่ 4.38 ตัดต่อม่อให้แยกออกเพื่อจะทำการยกอาคาร

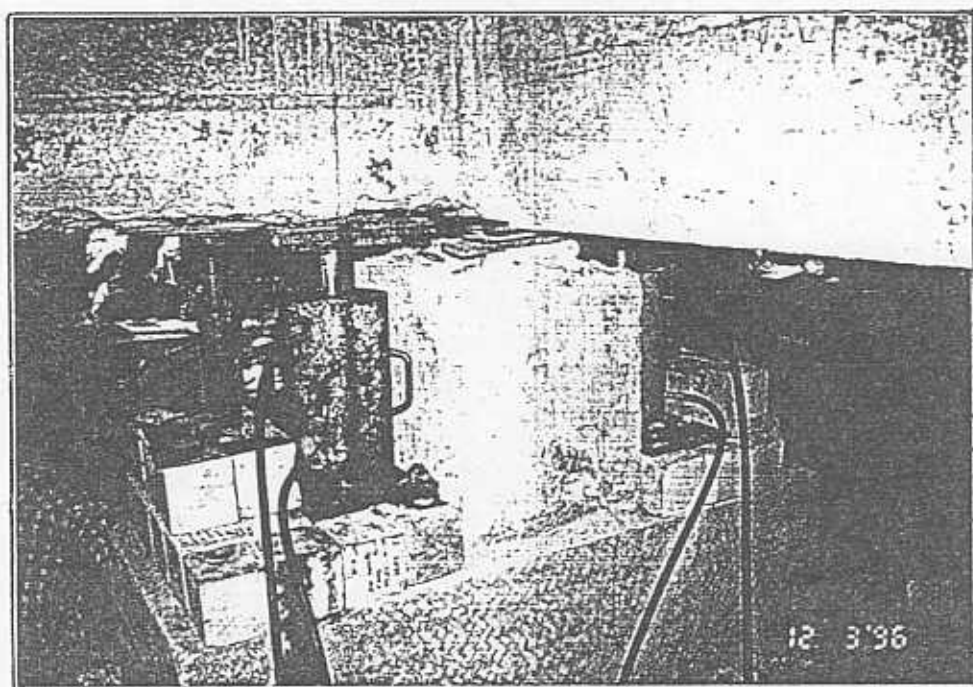
9) หลังจากทำค้ำยันเรียบร้อยแล้วจึงทำการตัดต่อม่อให้แยกออกจากกัน ดังนั้นน้ำหนักที่กระทำลงสู่เสาจะถูกถ่ายมายังค้ำยัน และถ่ายต่อมาซึ่งถูกป้อนรูปลูกบาศก์ และฐานรากใหม่ตามลำดับ(ภาพที่ 3.38)

10) ทำการยกอาคารโดยใช้แม่แรงไฮดรอลิก ขนาดตั้งแต่ 20 ตันจนถึง 80 ตัน ประจำไว้ที่ทุกฐานรากตามแต่น้ำหนักที่กระทำลงบนฐานรากมากน้อยเพียงใด โดยฐานรากที่เป็นฐานรากภายในของบ้านซึ่งมีน้ำหนักมากจะใช้แม่แรงไฮดรอลิก ขนาด 50 ตัน ถึง 80 ตัน เป็นอุปกรณ์ในการยก ส่วนฐานรากที่รองรับเสาในบริเวณรอบนอกของบ้านจะใช้แม่แรงไฮดรอลิก ขนาด 20 ตัน และ 30 ตัน เป็นอุปกรณ์ในการยก และจะต้องมีการค้ำยันโดย Steel Strut ตลอดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุจากการรั่วของน้ำมันแม่แรงไฮดรอลิก เป็นต้น (ภาพที่ 3.39 และภาพที่ 3.40)

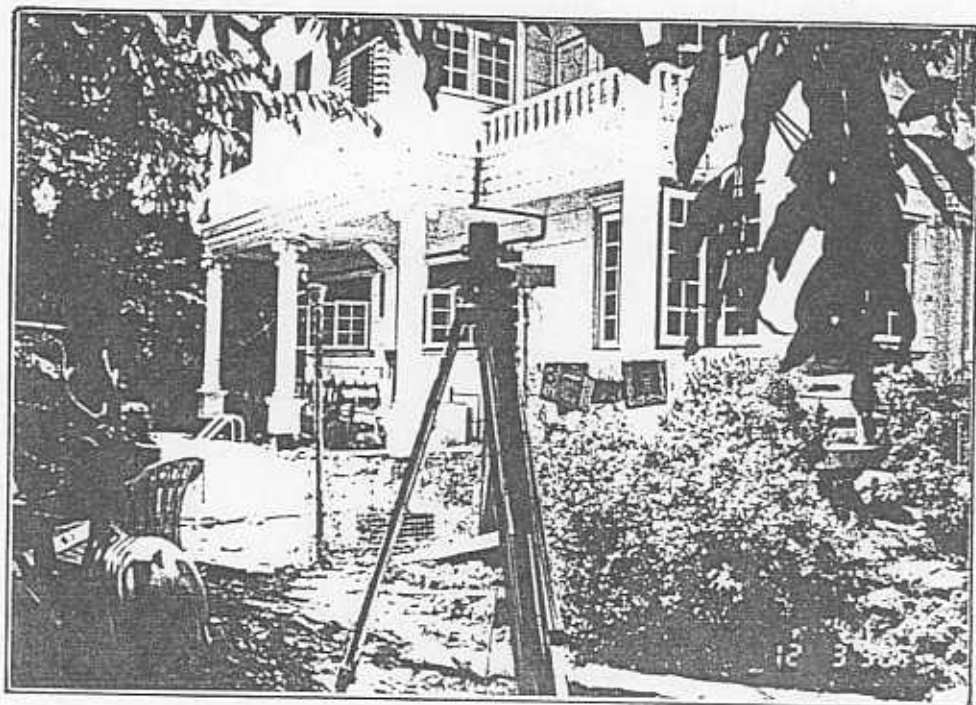
11) ในขณะที่ทำการยกบ้านคุณนิรันดร์เพื่อปรับระดับนั้นจะต้องมีการตรวจสอบระดับตลอดโดยใช้กล้องระดับเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมโดยใช้ระดับของพื้นชั้นที่ 1 เป็นเกณฑ์ในการปรับระดับคือพยายามปรับระดับให้พื้นชั้นที่ 1 เป็นระดับเดียวกัน (ภาพที่ 4.41)



ภาพที่ 4.39 เสาในบริเวณรอบนอกของบ้านซึ่งยกโดยแม่แรงไฮดรอลิก ขนาด 30 ตัน และค้ำยันโดย Steel Strut



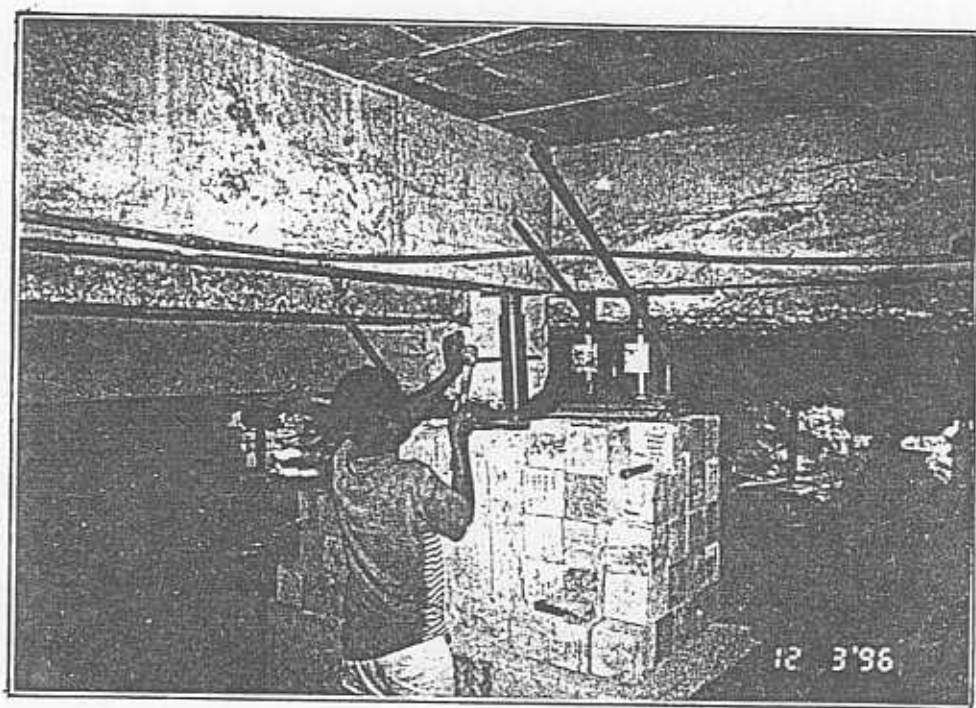
ภาพที่ 4.40 เสาในบริเวณภายในบ้านซึ่งยกโดยแม่แรงไฮดรอลิก ขนาด 80 ตัน และค้ำยันโดย Steel Strut



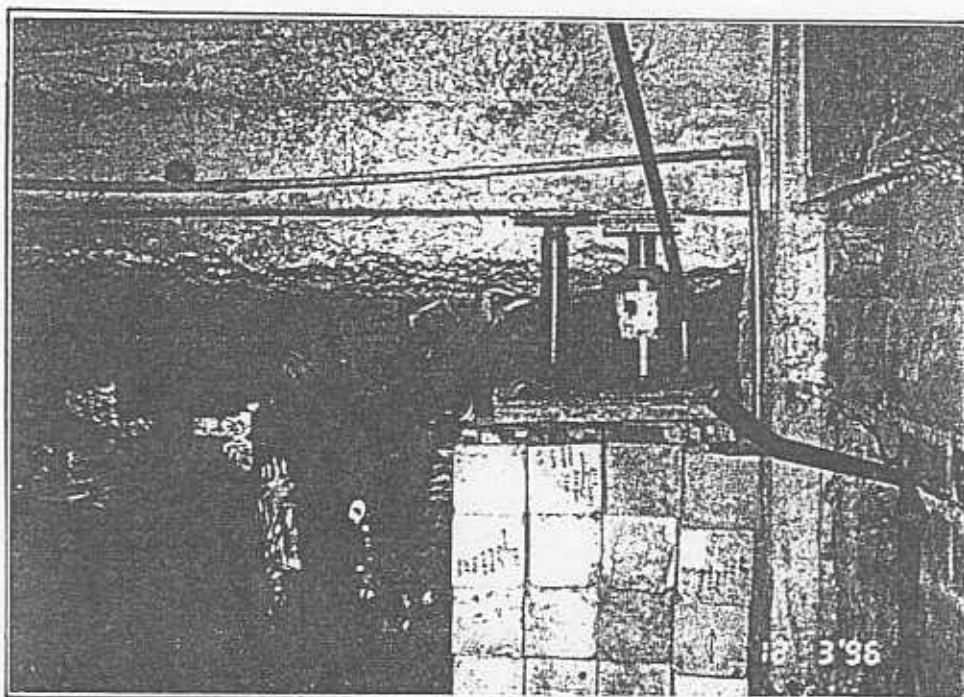
ภาพที่ 4.41 กล้องระดับซึ่งใช้ในการตรวจสอบระดับของอาคารในระหว่างการยก

12) เนื่องจากเสา C-9, C-15, C-1, C-5, C-10, C-14, C-16 และ C-20 มีระดับสูงกว่าเสา C-4, C-8, C-13, C-14 และ C-23 อยู่ประมาณ 20 เซนติเมตร ดังนั้นในการยกอาคารจะต้องยกเสา C-4, C-8, C-13, C-14 และ C-23 ให้มากกว่าเพื่อให้ระดับของพื้นที่ 1 มีระดับเดียวกัน

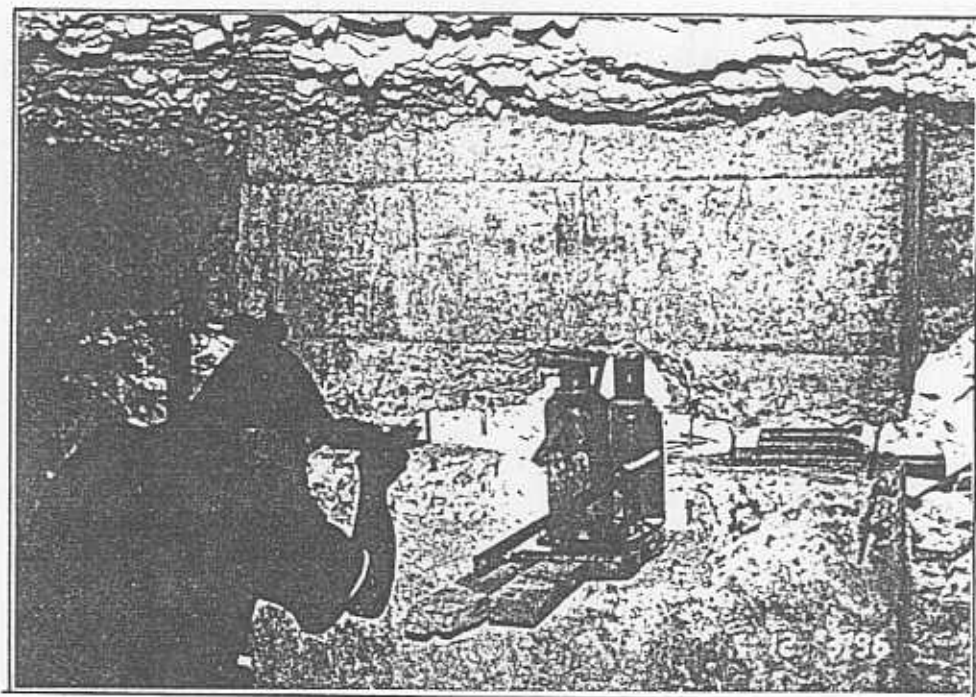
13) ในขบวนการในการยกอาคารนั้นจะมีการยกขึ้นทีละประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร โดยแม่แรงไฮดรอลิก โดยทุกๆ ฐานจะทำการยกพร้อมๆ กันตามสัญญาณเสียงที่ได้ยินจากการเป่านกหวีดโดยเสาที่ต้องการให้ถูกยกขึ้นมากก็ออกแรงมาก ส่วนเสาที่ต้องการให้ระดับขึ้นเล็กน้อยก็ออกแรงเพียงเล็กน้อย หลังจากที่ยกอาคารยกก็จะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นทำให้ Steel Strut ไม่ได้รับน้ำหนักหรือไม่ได้ค้ำโครงสร้างเอาไว้ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับระดับการค้ำยันของ Steel Strut ให้ค้ำยันโครงสร้างของอาคารอีกครั้ง (ภาพที่ 4.42 และภาพที่ 4.43) และนอกจากนั้นยังต้องใส่แผ่นเหล็กไว้ระหว่างช่องว่างของค่อมที่ที่จะต้องเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อเป็นส่วนปลอดภัยอีกทางด้วย (ภาพที่ 4.44 และภาพที่ 4.45) โดยการยกอาคารนั้นจะกระทำตามขั้นตอนในการยกโดยใช้แม่แรงไฮดรอลิก ที่สลับกับการปรับระดับค้ำยันของ Steel Strut ให้ค้ำยันโครงสร้างตลอดไปเรื่อยๆ จนกระทั่งระดับของอาคารเป็นไปตามที่ต้องการ



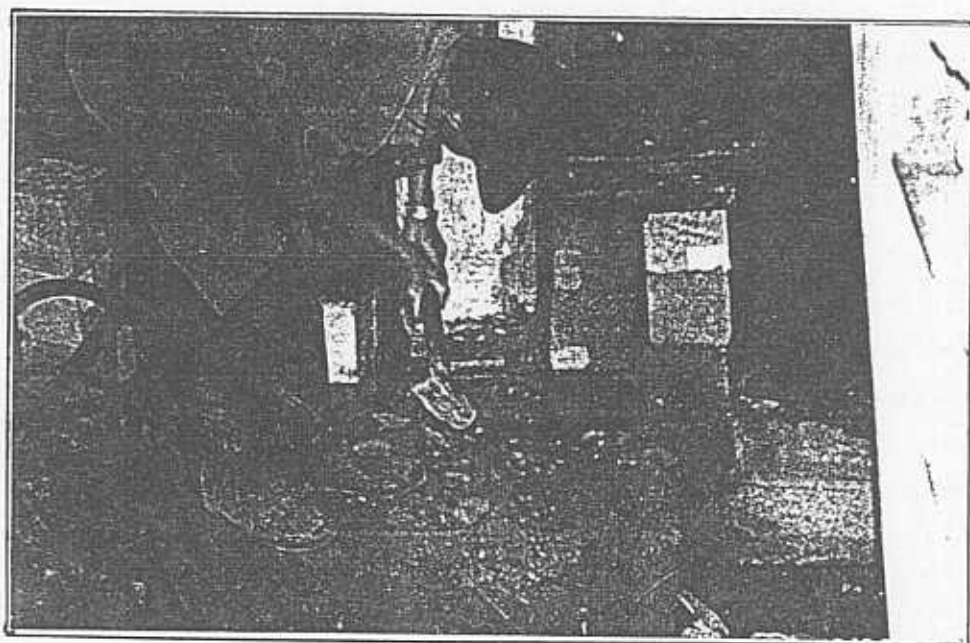
ภาพที่ 4.42 การปรับระดับของ Steel Strut ให้ค้ำยันอาคารไว้ก่อนจะทำการขุดครั้งต่อไป



ภาพที่ 4.43 การปรับระดับของ Steel Strut ให้ค้ำยันอาคารไว้ก่อนจะทำการขุดครั้งต่อไป



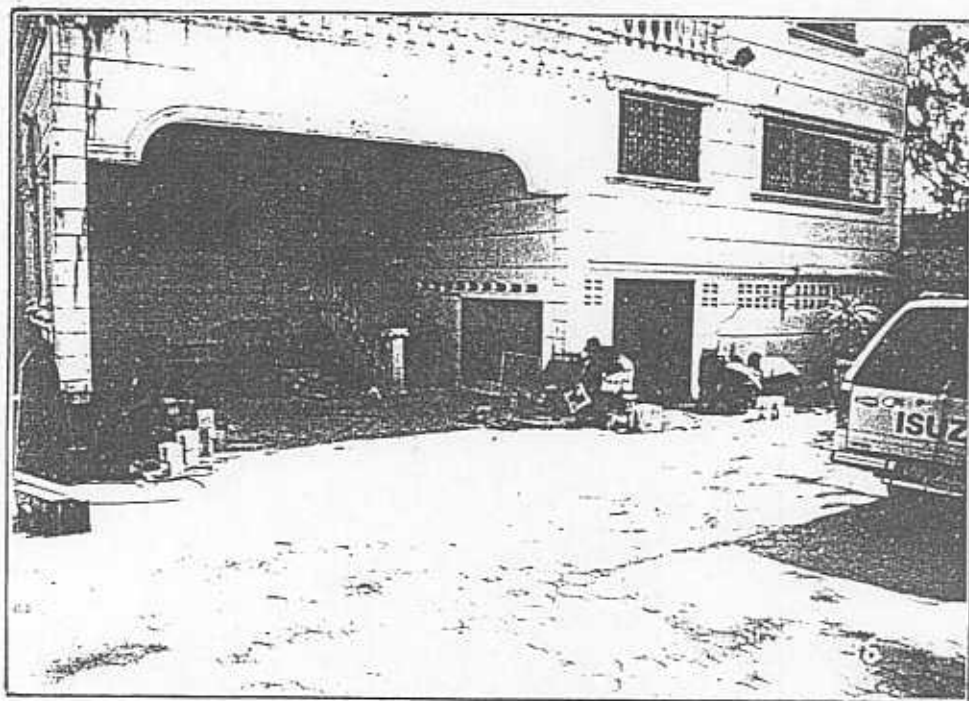
ภาพที่ 4.44 สอดแผ่นเหล็กในระหว่างช่องว่างของตอม่อเพื่อค้ำไว้อีกทางนอกจากการค้ำด้วย Steel Strut ก่อนจะทำการยกครั้งต่อไป



ภาพที่ 4.45 สอดแผ่นเหล็กในระหว่างช่องว่างของตอม่อโดยการใช้ฉันทอกอัดเข้าไปเพื่อให้แน่น

14) หลังจากได้ทำการยกอาคารเพื่อปรับระดับจนกระทั่งพื้นชั้นล่างของอาคารอยู่ในระดับเดียวกันเรียบร้อยแล้ว ก็นำเอาแผ่นเหล็กที่ค้ำไว้ในช่องว่างของตอม่อออกแต่ยังคงมีแม่แรงไฮดรอลิก และ

Steel Strut ค้ำยันไว้ตลอดในช่วงนี้ เมื่อนำเอาแผ่นเหล็กออกแล้วก็เชื่อมต่อเหล็กเสริมยื่นในเสาและใส่เหล็กปลอกยึดที่รอยเชื่อมเพื่อความแข็งแรง และขยายขนาดของค่อมเพื่อให้ใหญ่ขึ้นในขณะที่ทำการเทคอนกรีตปิดช่องว่างของค่อม และจะต้องมีการค้ำยันจนกระทั่งคอนกรีตมีความแข็งแรงพอจึงค่อยๆ ถายค้ำยันออก

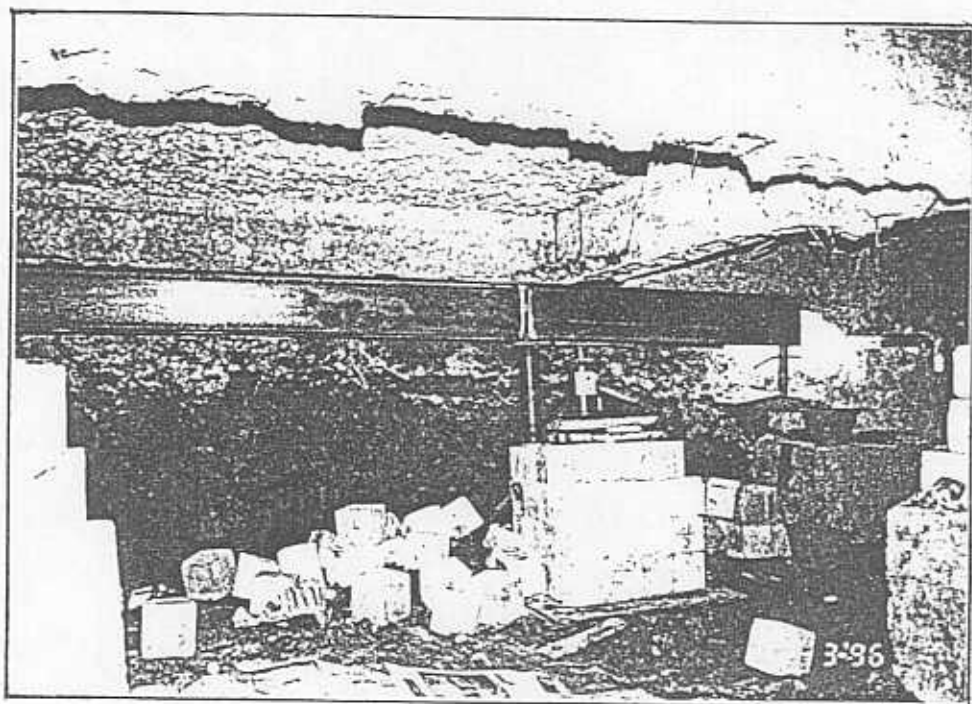


ภาพที่ 4.46 คนงานทุกคนจะอยู่ประจำที่แต่ละตำแหน่งของเสาที่จะต้องขุด

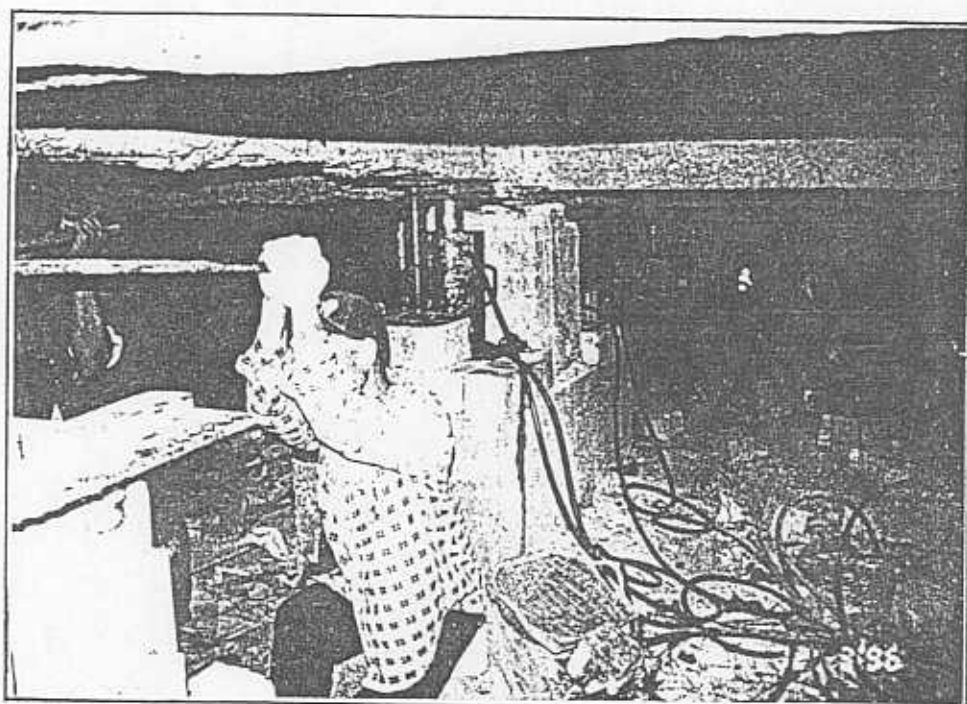


ภาพที่ 4.47 คนงานกำลังรอสัญญาณเสียงในระหว่างทำการขุดโดยใช้แม่แรงไฮดรอลิก

15) เริ่มคลายค้ำยันออกและขนย้ายวัสดุค้ำยันอื่นๆ ออก เช่น ลูกปูนรูปลูกบาศก์, ไม้, Steel Strut, เพื่อจะได้ทำการขนดินที่ขุดออกไปแล้วมาถมกลับคืน

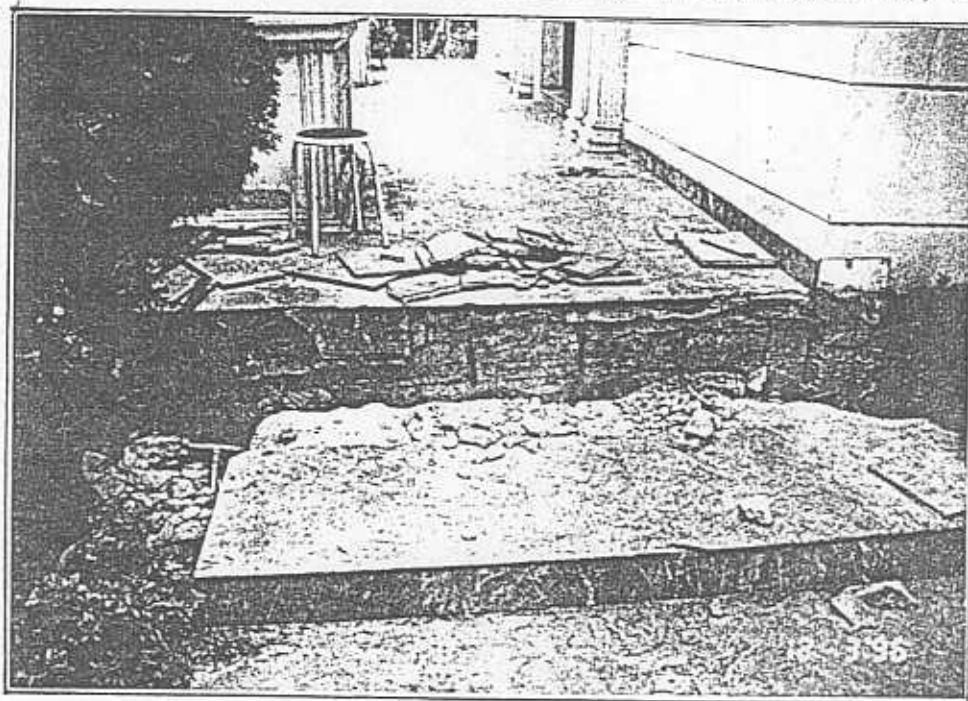


ภาพที่ 4.48 ค้ำยันของอาคารที่บริเวณเลี้ยวหน้าบ้านซึ่งเป็นบริเวณมีการทรุดตัวมากที่สุดของบ้าน

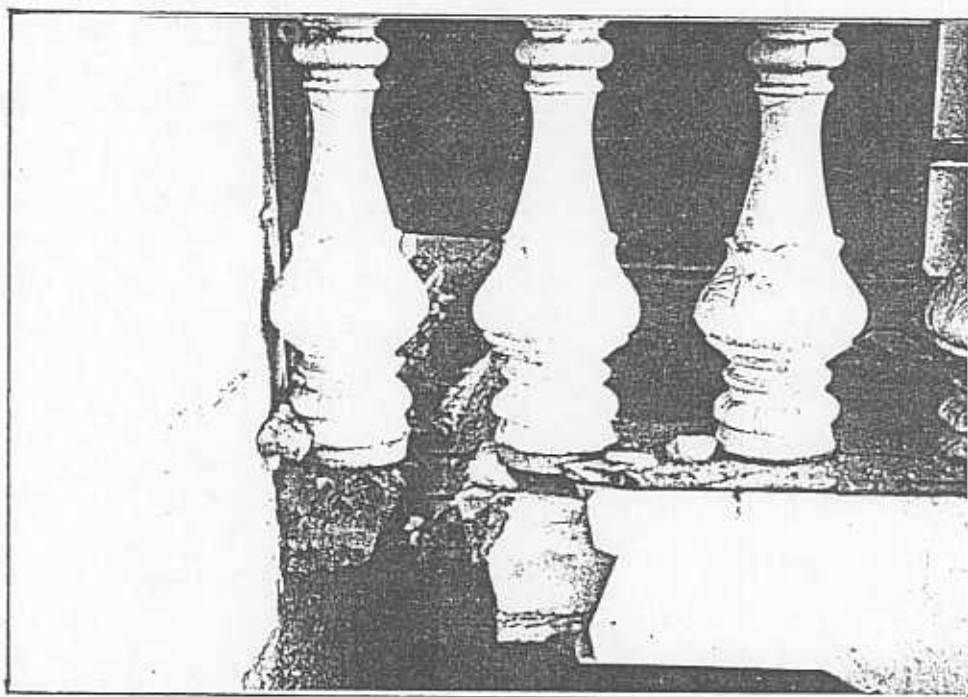


ภาพที่ 4.49 ขณะทำการขุดโดยใช้แม่แรงไฮดรอลิก

16) ถมดินกลับคืน, ซ่อมแซม และตกแต่งโครงสร้างส่วนที่เสียหายให้กลับคืนสู่สภาพเดิม เช่น บริเวณกำแพงที่มีรอยร้าว, ประตูที่ไม่สามารถปิดได้ และ บันได (ภาพที่ 3.39 และภาพที่ 3.40) เป็นต้น



ภาพที่ 4.50 ระดับที่แตกต่างกันของบันไดที่ต้องตัดให้แยกออกจากตัวอาคารในขณะที่ทำการยกอาคารและจะทำการต่อเชื่อมกันอีกทีหลังการยกอาคารเสร็จแล้ว



ภาพที่ 4.51 ระดับที่แตกต่างกันของบันไดที่ต้องตัดให้แยกออกจากตัวอาคารในขณะที่ทำการยกอาคารและจะทำการต่อเชื่อมกันอีกทีหลังการยกอาคารเสร็จแล้ว

4.2.7 การคำนวณราคาโดยประมาณในการทำอันเดอร์พินนิงบ้านคุณนิรันดร์

ในการคำนวณราคาโดยประมาณในการทำ Underpinning ของบ้านคุณนิรันดร์นี้ จะประกอบด้วย 7 รายการใหญ่ โดยมีรายการที่เพิ่มขึ้นจากกรณีของบ้านจิระพันธุ์ คือ ราคาของการยกอาคารเพื่อปรับระดับของอาคาร ตามที่ได้แสดงในตารางที่ 4.8 และจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการทำ

ตารางที่ 4.8 การประมาณราคาในการทำ Underpinning ของบ้านคุณนิรันดร์

รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ราคาวัสดุ ต่อหน่วย (บาท.)	ค่าแรง ต่อหน่วย (บาท.)	ราคาวัสดุ รวม (บาท.)	ค่าแรง รวม (บาท.)	รวม (บาท.)
1.) เจาะพื้นคอนกรีต	-	-	-	-	-	-	-
2.) ขุดดิน	455.0	ลบ.ม.	-	85.0	0.0	38,675.0	38,675.00
3.) ถมดิน	183.0	ลบ.ม.	-	55.0	0.0	10,065.0	10,065.00
4.) ก่อเสาเข็มเหล็ก I - 250x125x55.5 กก./ม.	60.0	ต้น	19,813.5	4,000.0	1,188,810.0	240,000.0	1,428,810.00
5.) ทำฐานรากใหม่							
5.1) คอนกรีต	21.5	ลบ.ม.	1,350.0	250.0	29,025.0	5,375.0	34,400.00
5.2) เหล็กเสริม - DB 16 มม.	1,050.0	กก.	15.0	2.0	15,750.0	2,100.0	17,850.00
5.3) ไม้แบบ	81.0	ตร.ม.	250.0	60.0	20,250.0	4,860.0	25,110.00
6.) ซ่อมแซมและตกแต่ง	-	-	-	L.S.	-	-	8,500.00
7.) การยกอาคารเพื่อปรับ ระดับ	-	-	-	L.S.	-	-	150,000.00
รวมครั้งที่ 1					A	—	1,713,410.00
ค่าดำเนินการ	13 %				B	0.13*A	222,743.30
กำไร	10 %				C	0.10*A	171,341.00
รวมครั้งที่ 2					D	A+B+C	2,107,494.30
ภาษีมูลค่าเพิ่ม	7 %				E	0.07*D	147,524.60
รวมทั้งหมด					F	D+E	2,255,018.90

Underpinning คือ ประมาณ 80 % ของราคาทั้งหมดนั้นเป็นค่าใช้จ่ายเนื่องจากการกดเสาเข็มเหล็ก และเมื่อพิจารณาค่าดำเนินการและกำไรซึ่งคิดเป็น 13% และ 10% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากงานในการทำ Underpinning นั้นจะมีความเสี่ยงและเป็นงานที่ค่อนข้างจะพิเศษมี การทำไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักจึงเป็นผลให้เปอร์เซ็นต์ของค่าดำเนินการและกำไรสูง สำหรับราคาค่อ หน่วยของวัสดุและค่าแรงของแต่ละรายการและราคารวมของแต่ละงานจะมีรายละเอียดในตารางที่ 4.8