การออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่
กรณีศึกษา อาคารพักอาศัยสูง 18 ชั้น
อำเภอนาเกลือ จังหวัดชลบุรี

นายโกสินทร์ แข่งขัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2559

การออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่
กรณีศึกษา อาคารพักอาศัย สูง 18 ชั้น
อำเภอนาเกลือ จังหวัดชลบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(รศ. ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์)
ประธานกรรมการ

_____

(ศ. ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน)

_____

(ผศ. ดร.มงคล จิรวัชรเดช)
กรรมการ

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โกสินทร์ แข่งขัน : การออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่ กรณีศึกษาอาคารพักอาศัย สูง 18 ชั้น อำเภอนาเกลือ จังหวัดชลบุรี (THE STUDY OF BORE PILE FOUNDATION DESIGN FOR LARGE BUILDING CASE STUDY OF HIGHRISE BUILDING 18 STORIES IN NAKLUA DISTRICT, CHONBURI PROVINCE)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบฐานรากเสาเข็มของอาคารพักอาศัยขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นอาคารอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เสาเข็มที่ศึกษามี 2 ขนาด คือ ขนาด Ø 1.00 ม. และ Ø 1.20 ม. เสาเข็มขนาด Ø 1.00 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 450 ตัน และเสาเข็มขนาด Ø 1.20 ม. รับน้ำหนักปลอดภัยเท่ากับ 560 ตัน การออกแบบฐานรากของอาคารในการศึกษานี้มี 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 ใช้เฉพาะเสาเข็มขนาด Ø 1.00 ม. กรณีที่ 2 ใช้เฉพาะเสาเข็มขนาด Ø 1.20 ม. และกรณีที่ 3 ใช้ทั้งเสาเข็มขนาด Ø 1.00 ม. และ Ø 1.20 ม. ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ 1 ใช้เสาเข็มขนาด Ø 1.00 ม. จำนวน 123 ต้น กรณีที่ 2 ใช้เสาเข็มขนาด Ø 1.20 ม. จำนวน 111 ต้น และกรณีที่ 3 ใช้เสาเข็มขนาด Ø 1.00 ม. และ Ø 1.20 ม. จำนวน 20 และ 80 ต้น ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ราคาก่อสร้างฐานรากทั้งสามกรณี พบว่า กรณีที่ 3 มีค่าการก่อสร้างต่ำสุดเท่ากับ 42,357,600 บาท กรณีที่ 2 มีค่าการก่อสร้าง 43,605,960 บาท และกรณีที่ 3 มีค่าการก่อสร้าง 46,710,620 บาท การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เสาเข็มขนาด Ø 1.00 ม. และ Ø 1.20 ม. ร่วมกันในการออกแบบฐานรากของอาคารนี้สามารถประหยัดค่าการก่อสร้างฐานรากได้มากกว่าการใช้เสาเข็มเพียงขนาดใดขนาดหนึ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

KOSIN KHANGKHAN : THE STUDY OF BORE PILE FOUNDATION DESIGN FOR LARGE BUILDING CASE STUDY OF HIGHRISE BUILDING 18 STORIES IN NAKLUA DISTRICT, CHONBURI PROVINCE. ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., P.E.

The purpose of this study was to design pile foundation of a large 18-stories residential reinforced concrete building. The building is 38.00 m width, 69.00 m length, and 69.10 m height. Two pile diameters of 1.00 m and 1.20 m were selected for foundation design in this study. Safe Load of 1.00 m. diameter and 1.20 m. diameters piles are 450 and 560 tons, respectively. The pile design in this study includes (i) Case I which uses only 1.00 m diameter pile; (ii) Case II which uses only 1.20 m diameter pile; and (iii) Case III which uses both 1.00 m and 1.20 m diameters pile. The results show that Case I required 123 piles of 1.00 m pile diameter, Case II required 111 piles of 1.20 m pile diameter and Case III required 20 and 80 piles of 1.00 and 1.20 m pile diameters, respectively. Case III was found to have the lowest construction cost of 42,357,600 Baht followed by Case I (43,605,960 Baht) and Case II (46,710,620 Baht). These results indicate that use of both 1.00 m and 1.20 m pile diameters for pile foundation design of this building can save the construction cost of pile foundation when compared with using only the 1.00 m or 1.20 m diameter piles.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Civil Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2016 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานการศึกษาฉบับนี้ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานมหาบัณฑิต ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหา แนะนำแนวทางการทำงานเพิ่มเติม คอยให้ความรู้ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ จนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงงานฉบับนี้ได้ ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข (หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ผู้บริหารหลักสูตร) ที่กรุณาข้าพเจ้าในการนำเสนอหัวข้องานวิจัย ซึ่งเป็นที่มา ของเนื้อหาโครงงานฉบับนี้เป็นหลัก

ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค ให้แก่ข้าพเจ้าอันได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.วชรภูมิ เบญจโอฬาร รองศาสตราจารย์ ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จิรวัชรเดช ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล จิรวัชรเดช กรรมการสอบ โครงงานฉบับนี้ รวมถึงท่านอาจารย์ที่ไม่ได้กล่าวนาม ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการศึกษาและการทำโครงงานมหาบัณฑิตของข้าพเจ้า ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และเป็นกำลังใจให้กันและกันตลอดมา

ขอขอบพระคุณนายวัลลภ ไววิทย์ หัวหน้าสาขาวิชาโยธา วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอนุโลมเวลาราชการบางส่วนของข้าพเจ้าเพื่อเดินทางมาศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่เข้าใจและเป็นกำลังใจให้ตลอดทั้งการศึกษานี้

ท้ายนี้ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณนายประธาน แข่งขัน ผู้เป็นบิดาและนางฟองจันทร์ แข่งขันผู้เป็นมารดา ที่ให้การเลี้ยงดู อบรม สั่งสอน สนับสนุนด้านการศึกษาอันเป็นทุกสิ่งทุกอย่าง ขอขอบพระคุณพี่น้องครอบครัวเป็น กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

โกสินทร์ แข่งขัน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ช
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ลักษณะของเสาเข็ม 3
2.1.1 การแบ่งประเภทของเสาเข็มตามลักษณะการรับกำลัง 3
2.1.2 การแบ่งประเภทของเสาเข็มตามชนิดของวัสดุ 3
2.1.3 การแบ่งประเภทของเสาเข็มตามรูปแบบการก่อสร้าง 4
2.1.4 การต่อเสาเข็ม 6
2.1.5 การจัดรูปแบบของเสาเข็ม 6
2.2 การออกแบบฐานรากเสาเข็ม (Design of Pile Foundation) 6
2.2.1 การถ่ายทอดน้ำหนักบรรทุก (Load Transfer) 6
2.3 การประมาณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม 7
2.3.1 การวิบัติของวัสดุเสาเข็ม 8
2.3.2 การวิบัติของดิน 9
2.4 การประมาณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์ 9
2.4.1 การออกแบบเสาเข็มในชั้นทราย 10

2.4.2 การออกแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว 12
2.4.3 แฟคเตอร์ยึดเกาะ 13
2.5 อัตราส่วนความปลอดภัยและค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ 14
3 วิธีดำเนินการวิจัย 17
3.1 บทนำ 17
3.2 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา 17
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 18
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 18
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 24
4.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร 24
4.2 คุณสมบัติของวัสดุ 24
4.3 ข้อกำหนดในการวิเคราะห์และออกแบบ 24
4.4 มาตรฐานการวิเคราะห์แรงด้านข้าง 25
4.5 การสร้างแบบจำลองตามแบบรูปรายการจริง 25
4.6 การวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร 36
4.7 ตัวอย่างการออกแบบฐานรากอาคาร 81
4.8 เปรียบเทียบงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ 95
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 97
5.1 สรุปผลการศึกษา 97
5.2 อภิปรายผล 98
5.3 ข้อเสนอแนะตามผลการศึกษา 98
เอกสารอ้างอิง 100
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก การประมาณราคาเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างเสาเข็มเจาะ
แต่ละรูปแบบ 101
ประวัติผู้เขียน 105

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 มุมเสียดทานระหว่างเสาเข็มและทราย (Stas and Kulhawy, 1984) 11

2.2 สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง (Stas and Kulhawy, 1984) 12

2.3 ขอบเขตค่าความเค้นที่ผิวและที่ปลายเสาเข็มในชั้นทราย (API 1981) 12

2.4 ค่าอัตราส่วนปลอดภัย (U.S. Army , 1992) 14

2.5 ค่าการทรุดตัวแตกต่างกันสูงสุดที่ยอมให้ (Skempton and McDonald , 1956) 15

2.6 ค่าสูงสุดที่ยอมให้ของการทรุดตัวสำหรับการออกแบบฐานราก (Cuduto , 2001) 16

4.1 ค่าแรงปฏิกิริยาที่ฐานจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และแรงแผ่นดินไหวจากโปรแกรม 37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	รูปแบบการต่อเสาเข็ม	6
2.2	การถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารลงดินโดยเสาเข็ม	7
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและการทรุดตัวของเสาเข็ม	10
2.4	การเปลี่ยนแปลงค่า Nq กับมุมเสียดทานภายใน	11
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง Su กับ α	13
2.6	ค่า α ที่ได้จากการทดสอบกำลังเข็ม (ดัดแปลงจาก Vesic 1977)	14
3.1	ขั้นตอนดำเนินการศึกษา	18
3.2	ปด้าน A อาคารที่ทำการศึกษา	19
3.3	รูปด้าน B อาคารที่ทำการศึกษา	20
3.4	แปลนพื้นชั้น 1 - 3 อาคารที่ทำการศึกษา	21
3.5	แปลนพื้นชั้น 4 - 18 อาคารที่ทำการศึกษา	22
3.6	ข้อมูลผลเจาะสำรวจดิน (Soil Boring Log)	23
4.1	กำหนดกริดและชั้นของอาคาร	26
4.2	แก้ไขตำแหน่งกริดและระยะในแต่ละชั้นของอาคาร	27
4.3	เปลี่ยนหน่วยให้ตรงกับกำลังของวัสดุ kgf, cm	27
4.4	การใส่ค่าคุณสมบัติวัสดุของคอนกรีต	28
4.5	ตัวอย่างการใส่คุณสมบัติของเสา	29
4.6	ตัวอย่างการใส่คุณสมบัติของเสา (ต่อ)	30
4.7	ตัวอย่างการใส่คุณสมบัติของคาน	30
4.8	การใส่ค่าพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม SR24และSD40	31
4.9	การจำลองโครงสร้างอาคาร	32
4.10	การวาดโครงสร้างอาคารชั้น 1	32
4.11	การวาดโครงสร้างอาคารชั้นต่อมาโดยการ Insert Story	33
4.12	ตัวอย่างการใส่ค่าน้ำหนักบรรทุกจรของพื้น (Live Load)	34
4.13	กำหนดค่าแรงลมและสร้าง Diaphragm รับแรงด้านข้าง	35
4.14	กำหนดค่าแรงแผ่นดินไหวตามตำแหน่งที่ตั้งอาคารและมาตรฐาน มยผ.1302	36
4.15	ตรวจสอบโมเดลอาคาร	36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.16 กำหนดเส้นกริด 82
4.17 กำหนดคุณสมบัติคอนกรีตและเหล็ก 83
4.18 กำหนดคุณสมบัติของฐานราก PILECAP และ STIFF 84
4.19 กำหนดขนาดฐานรากและขนาดเสา 85
4.20 ตรวจสอบคุณสมบัติของฐานราก 86
4.21 ตรวจสอบคุณสมบัติของฐานราก (ต่อ) 86
4.22 กำหนดขนาดและคุณสมบัติของเสาเข็ม 87
4.23 กำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม 88
4.24 ป้อนค่าน้ำหนักตายตัว DEAD LOAD ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย ETABS 88
4.25 ป้อนค่าน้ำหนักจร LIVE LOAD ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย ETABS 89
4.26 ค่าน้ำหนักตายตัวและน้ำหนักจร 89
4.27 สร้าง LOAD COMBINATION เพื่อออกแบบเหล็กเสริมและตรวจสอบการรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม 90
4.28 กำหนดมาตรฐานในการออกแบบ 91
4.29 ตรวจสอบเสาเข็มรับน้ำหนักไม่เกินค่าน้ำหนักปลอดภัยที่รับได้ 91
4.30 แบบแสดงการเสริมเหล็กในฐานราก 92
4.31 แบบแสดงแปลนฐานรากเสาเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 ม 93
4.32 แบบแสดงแปลนฐานรากเสาเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 ม 94
4.33 แบบแสดงแปลนฐานรากเสาเข็มที่ออกแบบร่วมกันทั้งสองขนาด 96

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการก่อสร้างอาคารและที่พักอาศัยที่เป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษมีมากขึ้น ซึ่งการออกแบบระบบฐานรากและเสาเข็มของอาคารต้องใช้ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ของผู้ออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อให้โครงสร้างฐานรากรับน้ำหนักอาคารได้โดยปลอดภัย

งานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาการออกแบบระบบฐานรากเสาเข็มของอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (POST – TENSION) เป็นอาคารประเภทขนาดใหญ่พิเศษ ภายใต้กฎกระทรวง พ.ศ. 2550 (ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522) ผู้วิจัยได้มีความสนใจในการออกแบบฐานรากอาคารขนาดใหญ่พิเศษจึงมีแนวคิดจะศึกษาและทำการวิจัยในหัวข้อการออกแบบระบบฐานรากและเสาเข็มสำหรับอาคารขนาดใหญ่พิเศษ โดยทำการศึกษารูปแบบอาคารและเงื่อนไขที่ใช้ใน การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาผลกระทบที่มีต่ออาคารตามกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 หากผู้วิจัยใส่ค่าตัวแปร แรงต่างๆ ในโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างสำเร็จรูปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องนั้น อาคารจะมีรูปทรงเสียหายแบบใด แรงต่างๆ ที่กระทำกับตัวอาคารผลเป็นอย่างไร และการกำหนดรูปแบบระบบฐานรากเสาเข็มขนาดใหญ่เป็นอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางเสนอให้กับนักศึกษา วิศวกรทั่วไปที่สนใจ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบฐานรากเสาเข็มอาคารขนาดใหญ่พิเศษต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะที่เหมาะสมกับอาคารขนาดใหญ่ได้โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1.2.1.1 การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารตามกฎหมายและมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น มยผ. หรือ ACI-318 การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (STRENGTH DESIGN)

1.2.1.2 ออกแบบระบบฐานรากจากผลของการวิเคราะห์โครงสร้างจากระบบแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง (Reaction , Moment , Displacement)

1.2.1.3 เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างฐานราก เพื่อเป็นทางเลือกในการก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาโครงสร้างของอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (POST – TENSION) ฐานรากระบบเสาเข็ม

1.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารด้วยโปรแกรม ETABS, STAAD Pro หรือโปรแกรมอื่นที่เป็นที่ยอมรับในทางวิศวกรรมและโปรแกรม MICROSOFT EXCEL

1.3.3 พิจารณาผลกระทบแรงแผ่นดินไหวโดยอ้างอิงกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทานความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 (ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522) และ มยผ. มาตรฐานด้านโยธาธิการ (มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร)

1.3.4 เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างฐานราก เพื่อเป็นทางเลือกในการก่อสร้าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบถึงรูปแบบของระบบฐานรากอาคารที่เหมาะสมจากผลกระทบแรงแผ่นดินไหวโดยอ้างอิงกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทานความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 (ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522) และ มยผ. มาตรฐานด้านโยธาธิการ (มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร)

1.4.2 ได้ข้อมูลเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างฐานราก เพื่อเป็นทางเลือกในการก่อสร้าง

1.5 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

อาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตรสูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (POST – TENSION) ฐานรากระบบเสาเข็ม

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะของเสาเข็ม

ประเภทของเสาเข็มอาจแบ่งได้ตามลักษณะการรับกำลัง ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเสาเข็ม และตามรูปแบบการก่อสร้าง นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาการต่อเสาเข็มและการจัดรูปแบบของเสาเข็มในการรองรับอาคารด้วย

2.1.1 การแบ่งประเภทของเสาเข็มตามลักษณะการรับกำลัง

2.1.1.1 เสาเข็มแรงต้านทานส่วนปลาย (End bearing pile) เป็นเสาเข็มที่ตอกลงถึงชั้นดินทรายหรือ ชั้นดินแข็ง เสาเข็มที่ลงถึงชั้นดินแข็งเพียงพอจะช่วยลดการทรุดตัว โดยเสาเข็มควรจมอยู่ในชั้นดินแข็ง 1-3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสา เหมาะกับงานขนาดใหญ่ เสาเข็มชนิดนี้มีแรง ฝืดช่วยรับแรงด้วยแต่เป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับแรงต้านที่ปลาย

2.1.1.2 เสาเข็มแรงฝืด (Friction pile) เป็นเสาเข็มที่ไม่มีชั้นดินแข็งรองรับส่วนปลายเสาเข็ม อาศัยการ เกิดแรงฝืดระหว่างผิวของเสาเข็มกับดินโดยรอบเสาเข็ม เสาเข็มที่ตอกผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น (ดินเหนียว) จะเกิดแรงฝืดได้ดีกว่าดินที่ไม่มีความ เชื่อมแน่น (ดินทราย) เหมาะกับงานขนาดเล็ก เสาเข็มชนิดนี้มีแรงต้านที่ปลายช่วยรับแรงด้วยแต่เป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับแรงฝืด

2.1.2 การแบ่งประเภทของเสาเข็มตามชนิดของวัสดุ

2.1.2.1 เสาเข็มไม้ (Timber pile) เป็นเสาเข็มที่หาได้ง่าย มีน้ำหนักเบา ราคาถูกขนส่งสะดวก มี ความสามารถรับน้ำหนักค่อนข้างต่ำจึงจำเป็นต้องตอกเป็นกลุ่ม ส่งผลให้มีฐานรากขนาดใหญ่ ควรตอกให้ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน เพื่อป้องกันการผุกร่อนจากปลวกและเห็ดรา ปัจจุบันนิยมใช้เสาเข็มไม้สนและยูคาลิปตัส ตามท้องตลาดระบุขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นนิ้วและ ความยาวเป็นเมตร

2.1.2.2 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce concrete pile) โดยมากเป็นเสาเข็มที่หล่อในหน่วยงาน ต้องออกแบบเหล็กเสริมตามยาวให้เพียงเพื่อรับโมเมนต์ดัด จากการเคลื่อนย้ายและการตอก ปัจจุบันไม่นิยมมากนัก เนื่องจากไม่ประหยัด จึงใช้เข็มคอนกรีตอัดแรงแทน

2.1.2.3 เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete pile) เป็นเสาเข็มที่อาศัยเทคนิคการดึงลวดรับแรงดึงแล้วเทคอนกรีตลงในแบบเมื่อคอนกรีตแข็งจนได้กำลังจึงทำการตัดลวดรับแรงดึง ทำให้เกิดแรงอัดในเสาเข็ม ช่วยลดปัญหาการแตกร้าวของเสาเข็ม เสาเข็มกลมแรงเหวี่ยงอัดแรงหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าเสาเข็มสปัน เป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดพิเศษที่ผลิตที่ใช้กรรมวิธีการปั่นคอนกรีตในแบบหล่อซึ่งหมุนด้วยความเร็วสูง ทำให้เนื้อคอนกรีตมีความหนาแน่นสูงกว่าคอนกรีตที่หล่อโดยวิธีธรรมดา จึงมีความแข็งแกร่งสูงรับน้ำหนักได้มาก เสาเข็มสปันมีลักษณะเป็นเสากลมตรงกลางกลวง มักใช้เป็นเสาเข็มเจาะเสียบ (Auger press pile)

2.1.2.4 เสาเข็มคอนกรีตหล่อในที่ (Cast-in-place concrete pile) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าเสาเข็มเจาะ เป็นเสาเข็มที่มุ่งเน้นให้เกิดผลกระทบต่ออาคารข้างเคียงจากการสั่นสะเทือนน้อย สามารถทำความลึกได้มากกว่าเสาเข็มตอก และสามารถควบคุมตำแหน่งได้ดีกว่า แต่มีราคาสูงกว่าในกรณีรับน้ำหนักเท่ากัน

2.1.2.5 เสาเข็มเหล็ก (Steel pile) เป็นเสาเข็มที่ทำจากเหล็กทั้งท่อน ความสามารถรับน้ำหนักได้สูงกว่าเสาเข็มคอนกรีตและไม้ แต่มีราคาแพงและเกิดการผุกร่อนได้ง่ายจากสนิม นิยมใช้กับงานโครงสร้างชั่วคราวที่ต้องรับน้ำหนักมาก แต่ต้องทำการรื้อถอนในภายหลัง

2.1.2.6 เสาเข็มประกอบ (Composite pile) เป็นเสาเข็มที่ประกอบด้วยวัสดุสองชนิดในต้นเดียวกันจุดสำคัญของเสาเข็มชนิดนี้คือรอยต่อต้องแข็งแรงและสามารถถ่ายน้ำหนักจากท่อนบนสู่ท่อนล่างได้อย่างดี

2.1.3 การแบ่งประเภทของเสาเข็มตามรูปแบบการก่อสร้าง

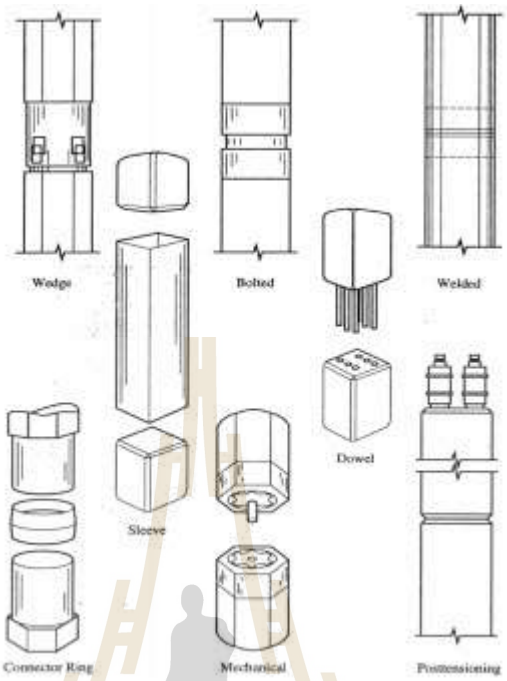
2.1.3.1 เสาเข็มตอก (Driven pile) คือการใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มลงไปในดินจนได้ความลึกที่ต้องการเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากวิธีการก่อสร้างไม่ซับซ้อนและค่าใช้จ่ายไม่สูง แต่ในปัจจุบันมีปัญหาในการก่อสร้างในพื้นที่ที่มีอาคารรอบข้าง เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนในการตอกและการเคลื่อนตัวของดินที่ถูกแทนที่ด้วยเสาเข็ม เนื่องจากการตอกเสาเข็มมักกระทำ โดยผู้รับจ้างซึ่งไม่ใช่วิศวกร การควบคุมการตอกจึงกระทำโดยวิศวกรผู้รับผิดชอบโครงการนั้นซึ่งมีประเด็นสำคัญที่ควรทราบหลายประการ จึงจะนำไปเสนอในหัวข้อที่ 4

2.1.3.2 เสาเข็มเจาะหล่อในที่ (Bored pile) คือเสาเข็มที่ก่อสร้างโดยหล่อคอนกรีตลงไปในดินที่ถูกเจาะเป็นหลุมไว้ล่วงหน้าให้เต็ม เป็นวิธีก่อสร้างที่ช่วยแก้ปัญหาที่พบในการใช้เสาเข็มตอกทั้งการขนย้ายเสาเข็มเข้าพื้นที่ก่อสร้าง การรบกวนอาคารรอบข้างเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจากการตอก รวมทั้งการควบคุมตำแหน่งและแนวของเสาเข็ม การเจาะอาจกระทำโดยกระบวนการแห้ง (Dry process) คือการเจาะโดยไม่ต้องใช้น้ำช่วยสำหรับกรณีที่ดินข้างหลุมเจาะมีเสถียรภาพ หากดินข้างหลุมเจาะพังทลาย ต้องใส่น้ำผสมสารเบนโทไนท์หรือโพลิเมอร์ลงไปในหลุมเพื่อช่วยพยุงดินข้างหลุม เรียกว่ากระบวนการเปียก (Wet process) สำหรับการเจาะดินสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่ การเจาะแบบหมุน (Rotary type) แบบ ขุด (Excavation type) และการเจาะแบบทุ้งกระแทก (Percussion type) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด

เหมาะกับการก่อสร้างขนาดเล็กในพื้นที่แคบ การควบคุมคุณภาพของการก่อสร้างมีส่วนที่สำคัญคือ การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม การควบคุมแนวการเจาะให้ได้แนวดิ่ง ความสะอาดและเรียบร้อยของหลุมเจาะ การติดตั้งเหล็กเสริม และการเทคอนกรีต หากการก่อสร้างเสาเข็มเจาะกระทำโดยบริษัทที่ดีและมีประสบการณ์แล้ว วิศวกรของบริษัทจะเป็นผู้ควบคุมดูแลคุณภาพของเสาเข็มเจาะ

2.1.3.3 เสาเข็มเจาะเสียบ (Auger press pile) เป็นการใช้เสาเข็มสำเร็จรูป ติดตั้งโดยการเจาะดินให้เป็นรูขนาดเล็กกว่าขนาดเสาเข็มเล็กน้อยแล้วกดเสาเข็มลงไปในรู เป็นการแก้ปัญหาการสั่นสะเทือนและการเคลื่อนตัวของดิน วิธีนี้สามารถใช้การตอกแทนกดได้ซึ่งนอกจากลดปัญหาการสั่นสะเทือนและการเคลื่อนตัวของดินแล้ว ยังช่วยในกรณีที่ต้องตอกเสาเข็มผ่านชั้นดินที่แข็งแรงมาก นิยมใช้เสาเข็มกลมแรงเหวี่ยงซึ่งมีรูกลวงตรงกลาง โดยในระหว่างที่กดเสาเข็มลงไปนั้น สว่านซึ่งใส่อยู่ในรูเสาเข็มก็จะหมุน เพื่อนำดินขึ้นมา เมื่อกดเสาเข็มพร้อมกับเจาะดินจนเสาเข็มจมลงใกล้ระดับที่ต้องการก็หยุดกด ดึงดอกสว่านออกแล้วตอกด้วยลูกตุ้มจนได้ระดับที่ต้องการ

2.1.4 การต่อเสาเข็ม



รูปที่ 2.1 รูปแบบการต่อเสาเข็ม

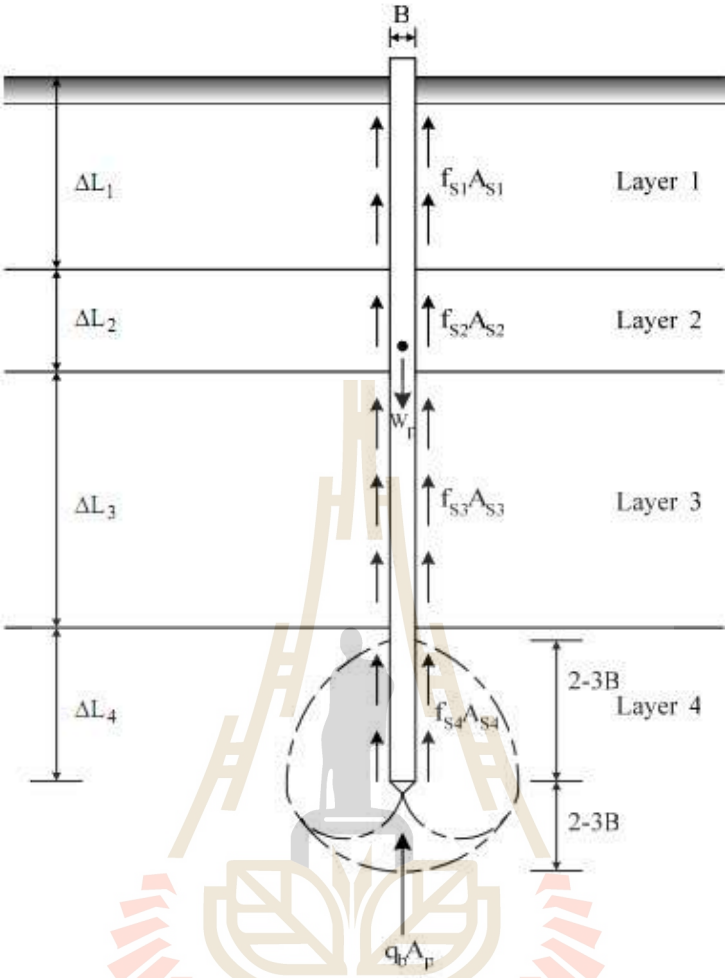
2.1.5 การจัดรูปแบบของเสาเข็ม

เนื่องจากในกระบวนการก่อสร้างเสาเข็ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เป็นเสาเข็มตอก เป็นไปไม่ได้เลยที่จะทำให้ศูนย์กลางของเสาเข็มอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง หากใช้เสาเข็มเดี่ยวเมื่อ ก่อสร้างตอม่อต่อจากเสาเข็มศูนย์กลางของตอม่อจะไม่ตรงกับศูนย์กลางของเสาเข็ม หากต้องการใช้เสาเข็มเดี่ยวหรือเข็มคู่ต้องทำคานยึดที่หัวเสาเข็ม

2.2 การออกแบบฐานรากเสาเข็ม (Design of Pile Foundation)

2.2.1 การถ่ายทอดน้ำหนักบรรทุก (Load Transfer)

ในกรณีที่ชั้นดินในระดับตื้นมีความแข็งแรงไม่เพียงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกจากอาคาร ต้องใช้ฐานรากเสาเข็มแทนฐานรากแผ่ เสาเข็มมีหลักการทำงานคือถ่ายทอดน้ำหนักบรรทุกลงสู่ชั้นดินลึกโดยอาศัยแรงเสียดทานที่ผิว (Skin Friction) และแรงต้านที่ปลาย (End Bearing) เสาเข็มดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารลงดินโดยเสาเข็ม

เสาเข็มเดี่ยวถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างสู่ดินโดยผ่านความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน (Skin friction) และแรงแบกทานที่ปลายเข็ม (End Bearing) ความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดินคือผลรวมของแรงเสียดทานอันเกิด จากแรงยึดเกาะ (Adhesion) ระหว่างเสาเข็มและดินตลอดความยาวเสาเข็มส่วนแรงแบกทานที่ปลายเข็มคือ กำลังรับแรงแบกทานของดินที่ปลายเข็ม

2.3 การประมาณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

มี 2 ลักษณะคือการวิบัติของวัสดุเสาเข็ม (Pile Material Failure) และการวิบัติของดิน (Soil Failure) การออกแบบที่ดีคือการออกแบบให้น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้เนื่องจากการวิบัติของวัสดุและเนื่องจากการวิบัติของดินมีค่าใกล้เคียงกัน

2.3.1 การวิบัติของวัสดุเสาเข็ม

การคำนวณน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้อันเกิดจากการวิบัติของวัสดุพิจารณาน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่เสาเข็มต้องไม่เกินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ของเหล็กและของคอนกรีต (หลังจากติดตั้งเสาเข็มเหล็กถูกกรอกด้วยคอนกรีตเพื่อเป็นการเสริมกำลังและป้องกันการกัดกร่อน) สำหรับกำลังของเสาเข็มเหล็กและกำลังของเสาเข็มเหล็กแกนคอนกรีต (concrete-filled steel pile) คำนวณจาก (Bowles, 1988 and Das, 2004)

$$P_{a(steel)} = f_s A_p \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.1)$$

$$P_{a(com)} = f_s A_p + f_c A_c \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.2)$$

เมื่อ $P_{a(steel)}$ และ $P_{a(com)}$ คือ กำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ของเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มเหล็กแกนคอนกรีต A_p และ A_c คือพื้นที่หน้าตัดเสาเข็มเหล็กและหน้าตัดของเสาเข็มเหล็กแกนคอนกรีต การคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเหล็กและเสาเข็มเหล็กแกนคอนกรีตใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน (working stress) ภายใต้สมมติฐานดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นเส้นตรงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเหล็กและคอนกรีตไม่เกินความเค้นใช้งาน
2) เสาเข็มเหล็กแกนคอนกรีตเป็นวัสดุประกอบ (composite material) ที่มีการเหนี่ยวกันระหว่างเสาเข็มและคอนกรีตเป็นอย่างดี
3) น้ำหนักกระทำเป็นแรงอัดตามแนวแกนปราศจากการเยื้องศูนย์
4) ไม่เกิดการโก่งเดาะด้านข้าง (lateral buckling) ของเสาเข็ม
5) การหดตัวของเสาเข็มในขณะใช้งานมีน้อยมาก

การคำนวณพื้นที่หน้าตัดเสาเข็มเหล็กเพื่อเป็นการประมาณอายุการใช้งานของเสาเข็ม เหล็กผู้วิจัยจะพิจารณาอัตราการสึกกร่อนของเสาเหล็กตามคำแนะนำของว.ส.ท. 1007-34 (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2545) เท่ากับ 0.05 มิลลิเมตรต่อปี (Camitz, 1994) f_s คือความเค้นที่ยอมให้ของเหล็กมีค่าเท่ากับ $0.6 f_y$ ตามข้อกำหนดของ ว.ส.ท. 1015-40 (ทักษิณ, 2541) เมื่อ f_y คือความเค้นที่จุดครากของเหล็กและ f_c คือความเค้นที่ยอมให้ของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ $0.25 f_c'$ ตามมาตรฐานของว.ส.ท. 1007-34 (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2545) เมื่อ f_c' คือ กำลังประลัยของคอนกรีต

2.3.2 การวิบัติของดิน

การประมาณความสามารถในการรับกำลังของเสาเข็มเนื่องจากการวิบัติของดินเพื่อใช้ในการเลือกหน้าตัดความยาวเสาเข็มและจำนวนเสาเข็มสามารถแบ่งได้ 3 วิธี คือ

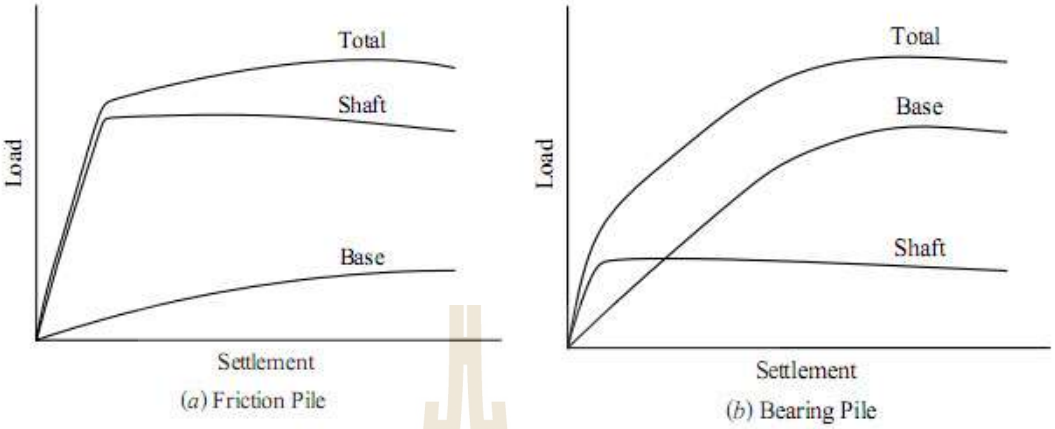
1) การทดสอบเสาเข็มจริงในสนาม
2) การวิเคราะห์แบบสถิตศาสตร์ (static formula) โดยอาศัยผลการทดสอบคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการและในสนาม
3) การวิเคราะห์แบบพลศาสตร์ (dynamic formula) ซึ่งคำนวณกำลังรับน้ำหนักจากการตอกเสาเข็ม

2.4 การประมาณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์

วิธีการประมาณกำลังรับน้ำหนักของเข็มโดยวิธีสถิตศาสตร์ (static method) (U.S. Army, 1992) กล่าวคือกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มประกอบด้วยแรงเสียดทานระหว่างดินและเสาเข็ม (skin friction) และแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็ม (end bearing) ซึ่งจะมีการกระจายของแรงทั้งสองที่แตกต่างกันจากหลักการพื้นฐานของการสมดุลจะได้ว่า

$$P_u = P_{skin} + P_{bearing} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (2.3)$$

P_u คือกำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยสุทธิของเสาเข็ม P_{skin} คือแรงเสียดทานประลัยระหว่างดินและเสาเข็มและ $P_{bearing}$ คือกำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ปลายเสาเข็มเนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีสติฟเนส (stiffness) ต่ำดังนั้นจำเป็นต้องมีอัตราส่วนปลอดภัยที่สูงมากในการออกแบบเพื่อป้องกันการทรุดตัวที่มากเกินไปอัตราส่วนปลอดภัยจะมีค่าแตกต่างกันระหว่าง P_{skin} และ $P_{bearing}$ เนื่องจากแรงเสียดทานของเสาเข็มและดินสามารถเกิดได้อย่างเต็มที่ เมื่อเกิดการเคลื่อนตัวเพียงแค่ประมาณร้อยละ 0.5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มขณะที่กำลังรับน้ำหนักที่ปลายเสาเข็มจะเกิดขึ้นได้อย่างเต็มที่เมื่อเกิดการเคลื่อนตัวประมาณร้อยละ 15 ถึง 20 ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและการทรุดตัวของเสาเข็ม (Burland and Cooke, 1974)

ดังนั้นในการออกแบบน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ของเสาเข็มเดี่ยวจึงมักใช้อัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.5 และ 3.0 สำหรับ P_{skin} และ $P_{bearing}$ ตามลำดับ (Burland, 1973)

2.4.1 การออกแบบเสาเข็มในชั้นทราย

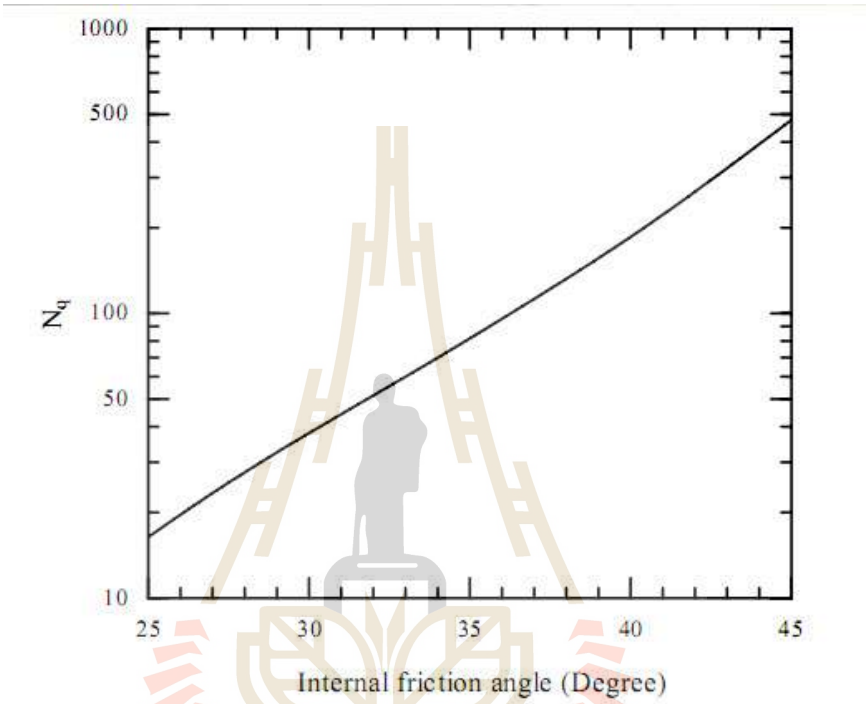
เสาเข็มในชั้นทรายส่วนมากจะมีพฤติกรรมเป็นเสาเข็มดาลซึ่งมีแรงเสียดทานที่ผิวของเสาเข็มน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแรงแบกทานที่ปลายเสาเข็มการคำนวณน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็มสามารถกระทำได้โดยอาศัยทฤษฎีกำลังรับแรงแบกทานการทดสอบการทะลุทะลวงแบบใช้กรวยการทดสอบการทะลุทะลวงมาตรฐานและสมการการตอกเสาเข็ม งานวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีกำลังรับแรงแบกทานในการคำนวณน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาเข็มในชั้นดินที่เป็นชั้นดังสมการ

$$P_u = P_{skin} + P_{bearing} \qquad \text{.....} \quad (2.4)$$

$$P_u = K\sigma'_{v,ave} pL\tan\delta + A_b\sigma'_v N_q \qquad \text{.....} \quad (2.5)$$

เมื่อ P_u คือกำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยสุทธิของเสาเข็ม P_{skin} คือแรงเสียดทานประลัยระหว่างดิน และเสาเข็มในชั้นทราย $P_{bearing}$ คือกำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ปลายเสาเข็มในชั้นทราย p คือ เส้นรอบรูป L คือความยาวของเสาเข็ม K คือสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง $\sigma'_{v,ave}$ คือ

ความเค้นประสิทธิผลเฉลี่ย δ' คือมุมเสียดทานระหว่างดินและเสาเข็ม A_b คือพื้นที่หน้าตัดปลายเสาเข็ม σ'_{vb} คือความเค้นประสิทธิผลในแนวดิ่งที่ปลายเสาเข็มและ N_q คือตัวแปรกำลังรับแรงแบกทาน



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงค่า Nq กับมุมเสียดทานภายใน (Berezantezev, 1961)

ตารางที่ 2.1 มุมเสียดทานระหว่างเสาเข็มและทราย (Stas and Kulhawy, 1984)

ผิวสัมผัส	δ/ϕ'
ทราย/คอนกรีตผิวหยาบ	1.0
ทราย/คอนกรีตผิวเรียบ	0.8-1.0
ทราย/เหล็กผิวหยาบ	0.7-0.9
ทราย/เหล็กผิวเรียบ	0.5-0.7
ทราย/ไม้	0.8-0.9

ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้าง (Stas and Kulhawy, 1984)

ชนิดเสาเข็มและวิธีการติดตั้ง	K/K_0
เสาเข็มฉีดน้ำ	0.5-0.67
เสาเข็มหล่อในที่	0.67-1.00
เสาเข็มตอกชนิดเคลื่อนตัวน้อย	0.75-1.25
เข็มตอกชนิดเคลื่อนตัวน้อย	1.0-2.0

ตารางที่ 2.3 ขอบเขตค่าความเค้นที่ผิวและที่ปลายเสาเข็มในชั้นทราย (API 1981)

ชนิดของดิน	f_{si} (Ton/m^2.)	q_{bl} (Ton/m^2.)
ทรายและดินตะกอนหลวมถึงหลวมมาก	4.8	190
ดินตะกอนแน่น ทรายหลวม ทราย/ตะกอนแน่นปานกลาง	6.7	290
ดินตะกอนแน่น ทรายแน่นปานกลาง ทราย/ตะกอนแน่น	8.0	480
ทรายแน่น ทราย/ตะกอนแน่นมาก	9.6	960
กรวดแน่น ทรายแน่นปานกลาง	11.5	1200

2.4.2 การออกแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว

การออกแบบน้ำหนักบรรทุกประลัยสิทธิของเสาเข็มในชั้นดินเหนียวแรงเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดินและแรงแบกทานประลัยที่ปลายเสาเข็มในชั้นดินเหนียวแข็งคำนวณได้จากสมการ

$$P_u = P_{skin} + P_{bearing} \quad \text{..... (2.6)}$$

$$P_{skin} = \alpha S_u pL \quad \text{..... (2.7)}$$

$$P_{bearing} = N_c S_u A_p \quad \text{..... (2.8)}$$

เมื่อ S_u คือกำลังต้านทานแรงเฉือนในสภาพไม่ระบายน้ำ p คือเส้นรอบรูปของเสาเข็ม L คือความยาวของเสาเข็มส่วนที่สัมผัสกับดิน α คือแฟคเตอร์ความยึดเหนี่ยว (adhesion factor) A_b คือ

พื้นที่หน้าตัดปลายเสาเข็ม N_c คือพารามิเตอร์กำลังรับแรงแบกทาน (bearing capacity factor) มีผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ประเมินค่าของ N_c อาทิเช่น

Skempton (1951) $6.14 \leq N_c \leq 9$ อัตราความยาวต่อความกว่างของเสาเข็ม ≥ 4

Skempton (1951) $N_c = 9$ ยืนยันด้วยผลการทดสอบของ London Clay

Sowers et al (1961) $5 \leq N_c \leq 8$ จากการทดสอบแบบจำลอง

Mohan & Jain (1961) $5.7 \leq N_c \leq 8.2$ ดินเหนียวขยายตัว (Expansive Clays)

Ladanyi (1963) $7.4 \leq N_c \leq 9.3$ ดินเหนียวที่มีความไวตัวต่ำ (Insensitive Clays)

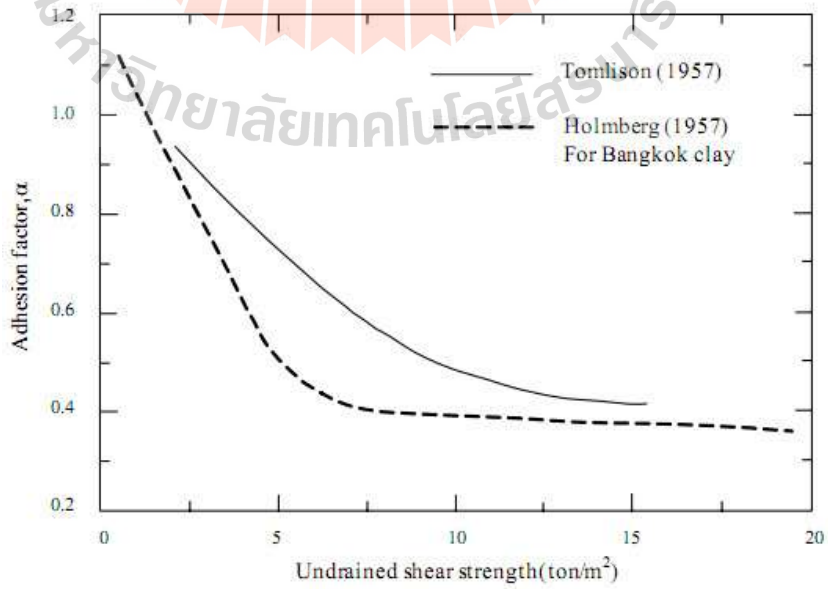
Bowles (1986) $N_c = 5.74$ เหมาะสมกับฐานรากตื้น

Tomlinson (1986) $N_c = 9$ อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างที่ปลายเข็ม ≥ 5

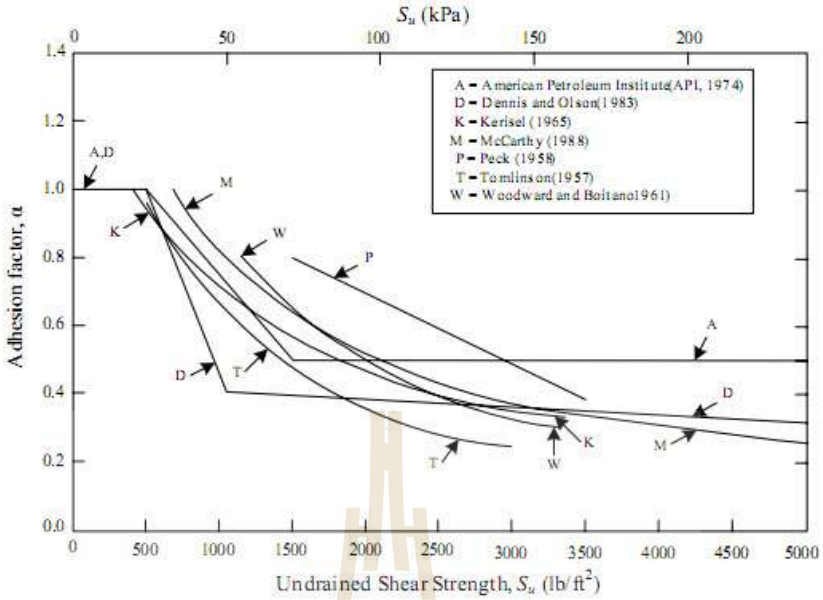
จากสมการประมาณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มจะเห็นได้ว่าคำนวณได้ไม่ยากนักเนื่องจากค่า N_c สามารถแทนค่าด้วย 9 ในกรณีเป็นดินเหนียวไร้พันธะเชื่อมประสานและอัดตัวมากกว่าปกติ และอัตราส่วนระหว่างความยาวของเสาเข็มกับขนาดของเสาเข็มมีค่าสูงประมาณ 30

2.4.3 แฟคเตอร์ยึดเกาะ

เสาเข็มเจาะ Skempton (1966) แนะนำให้ใช้ค่าแฟคเตอร์แรงยึด เกาะเท่ากับ 0.45 โดยไม่แปรผันตามค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง S_u กับ α (Tomlinson 1957, Holmberg 1970)



รูปที่ 2.6 ค่า α ที่ได้จากการทดสอบกำลังเข็ม (ดัดแปลงจาก Vesic 1977)

2.5 อัตราส่วนความปลอดภัยและค่าการทรุดตัวที่ยอมให้

การออกแบบต้องพิจารณาการใช้อัตราความปลอดภัยและค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ดังนี้

1) เลือกใช้อัตราความปลอดภัยที่เหมาะสมตารางที่ 2.4 แสดงค่าอัตราส่วนปลอดภัยแนะนำไว้ในมาตรฐาน Engineer Manual 1110-1-1905 (U.S. Army., 1992) จะเห็นได้ว่าอัตราส่วน ปลอดภัยสามารถลดลงได้เมื่อใช้วิธีการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

ตารางที่ 2.4 ค่าอัตราส่วนปลอดภัย (U.S. Army, 1992)

ลักษณะของโครงสร้าง	ค่าอัตราส่วนปลอดภัย
กำแพงกันดิน	3.0
งานดินขุด	3.0
งานสะพานไฟ	4.0
ถนน ทางหลวง	3.5
อาคาร ไซโล	2.5
โกดัง คลังสินค้า	2.5
อาคารสำนักงาน	3.0

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ลักษณะของโครงสร้าง	ค่าอัตราส่วนปลอดภัย
อาคารสาธารณะ	3.5
งานฐานรากตื้น	3.0
งานฐานรากแพ	3.0
งานฐานรากลึก การทดสอบน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม	2.0
การทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มโดยวิธีวัดการสะท้อนกลับของคลื่น	2.5
การประเมินน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธีพลศาสตร์	3.0
สำหรับชั้นดินหลายชั้น	4.0
สำหรับกลุ่มเสาเข็ม	3.0

2) การทรุดตัวต้องไม่เกินค่าที่ยอมให้การทรุดตัวที่ไม่เท่ากัน (differential settlement) ของฐานรากอาคารเป็นค่าผลต่างของการทรุดตัวระหว่างฐานรากที่อยู่ติดกันการทรุดสูงสุดของฐานราก (maximum total settlement) อาจไม่ก่อให้เกิดการทรุดตัวที่ต่างกันมากที่สุดการทรุดตัวที่ไม่เท่ากันของฐานรากจะก่อให้เกิดการบิดตัวของอาคาร (distortion) ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าการทรุดตัวที่แตกต่างกันหารด้วยความยาวของช่วงเสาที่พิจารณาค่าการทรุดตัวที่แตกต่างกันสูงสุดที่ ยอมให้แสดงในตารางที่ 2.5 และเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการทรุดตัวที่แตกต่างกันวิศวกรควรออก แบบให้ฐานรากแต่ละฐานมีการทรุดตัวไม่เกินกว่าค่าที่ยอมให้ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 ค่าการทรุดตัวแตกต่างกันสูงสุดที่ยอมให้ (Skempton and McDonald , 1956)

ลักษณะของอาคาร	ค่าการทรุดตัวที่แตกต่างกันสูงสุดที่ยอมให้ (หน่วยตามความยาว)
งานสถาปัตยกรรม เช่น ผนัง	L/300
โครงสร้างหลัก เช่น เสา คาน	L/150

ตารางที่ 2.6 ค่าสูงสุดที่ยอมให้ของการทรุดตัวสำหรับการออกแบบฐานราก (Cuduto , 2001)

ลักษณะของโครงสร้าง	**ค่าการทรุดตัวสูงสุดที่ยอมให้**	
	(นิ้ว)	**(มิลลิเมตร)**
อาคารสำนักงาน	0.5-2.0 (1.0 เป็นค่าที่นิยมใช้)	12-50 (1.0 เป็นค่าที่นิยมใช้)
อาคารโรงงานขนาดใหญ่	1.0-3.0	25-75
สะพาน	2.0	50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาการออกแบบระบบฐานรากเสาเข็มของอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (POST – TENSION) เป็นอาคารประเภทขนาดใหญ่พิเศษ ภายใต้กฎกระทรวง พ.ศ. 2550 (ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522) ผู้วิจัยได้มีความสนใจในการออกแบบฐานรากอาคารขนาดใหญ่พิเศษจึงมีแนวคิดจะศึกษาและทำการวิจัยในหัวข้อการออกแบบระบบฐานรากและเสาเข็มสำหรับอาคารขนาดใหญ่พิเศษ โดยทำการศึกษารูปแบบอาคารและเงื่อนไขที่ใช้ใน การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาผลกระทบที่มีต่ออาคารตามกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 หากผู้วิจัยใส่ค่าตัวแปร แรงต่างๆ ในโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างสำเร็จรูปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องนั้น อาคารจะมีรูปทรงเสียหายแบบใด แรงต่างๆ ที่กระทำกับตัวอาคารผลเป็นอย่างไร และการกำหนดรูปแบบระบบฐานรากเสาเข็มขนาดใหญ่เป็นอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางเสนอให้กับนักศึกษา วิศวกรทั่วไปที่สนใจ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบฐานรากเสาเข็มอาคารขนาดใหญ่พิเศษต่อไป

3.2 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

ศึกษาโครงสร้างของอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง(POST – TENSION) ฐานรากระบบเสาเข็มเจาะ

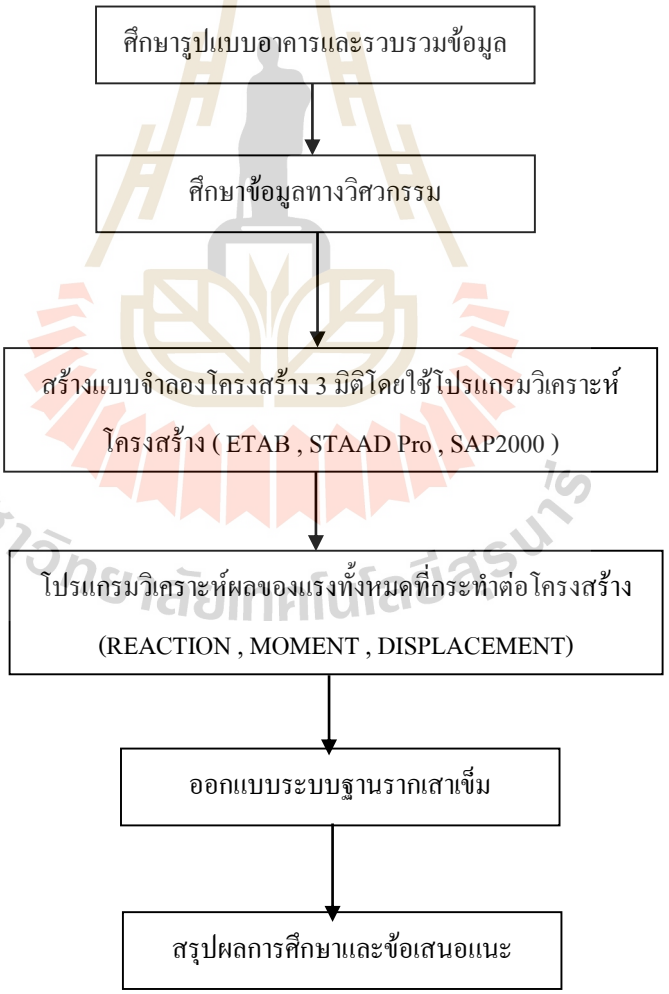
- จำนวนตัวอย่างในการวิจัย แบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่
    1. การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารตามกฎหมายและมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง มยผ. หรือ ACI-318 ออกแบบโดยวิธีกำลัง (STRENGTH DESIGN)
    2. ออกแบบระบบฐานรากจากผลของการวิเคราะห์โครงสร้างจากระบบแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง (Reaction , Moment , Displacement) พิจารณาผลกระทบจากแรงแผ่นดินไหวและแรงลม อ้างอิงจากกฎกระทรวง พศ. 2550 และ มยผ.

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

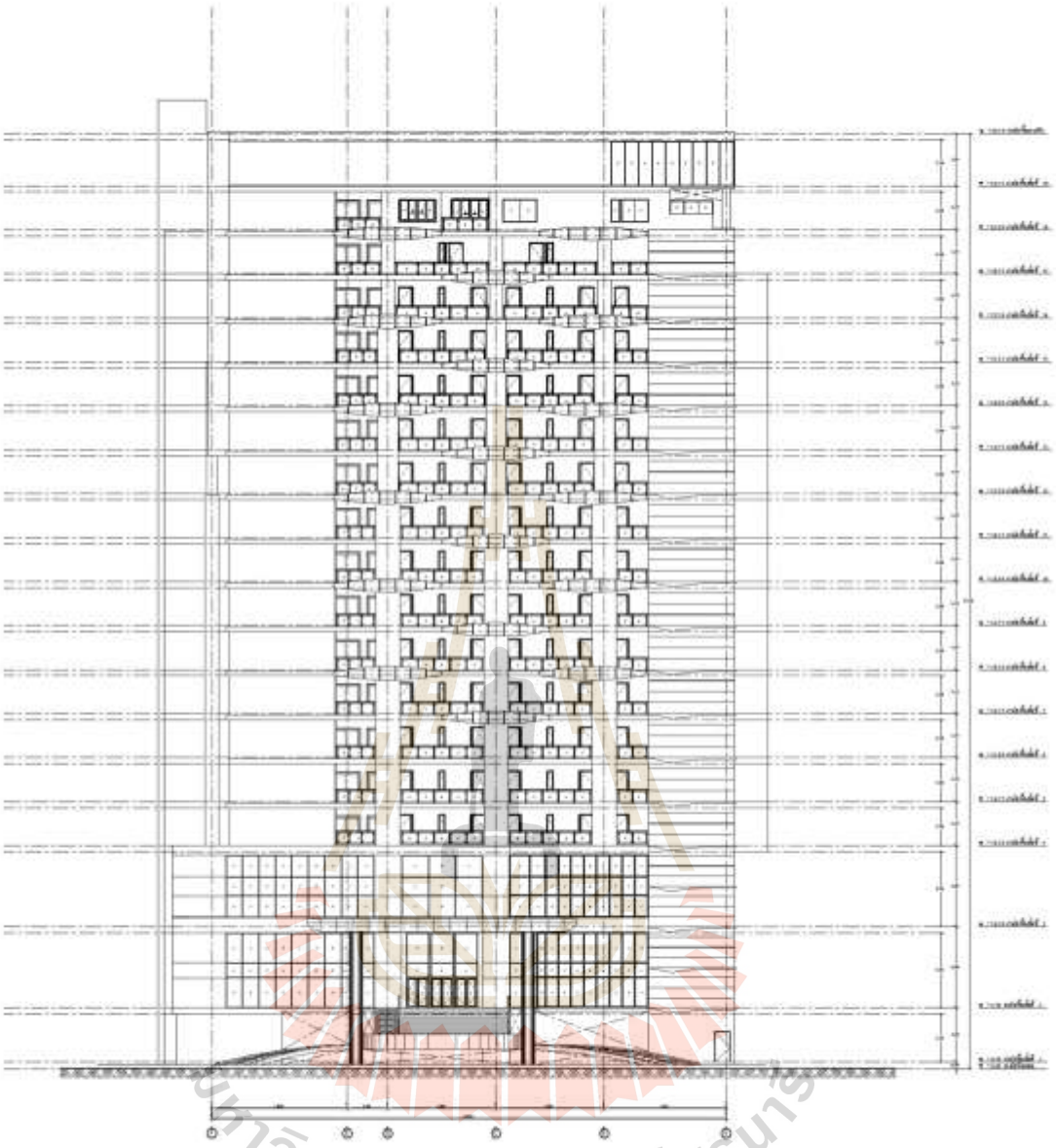
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารด้วยโปรแกรม ETABS หรือโปรแกรมอื่นที่เป็นที่ยอมรับในทางวิศวกรรมและโปรแกรม MICROSOFT EXCEL โดยแบ่งออกเป็น

- ใช้แบบรูปรายการอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (POST – TENSION) ฐานรากระบบเสาเข็ม (แสดงในรูปที่ 3.2-3.4)
- วิเคราะห์โครงสร้างแบบ 3 มิติโดยใช้โปรแกรม ETABS, STAAD Pro
- ใช้โปรแกรม Auto cad ในการปรับแก้แบบรูปรายการ

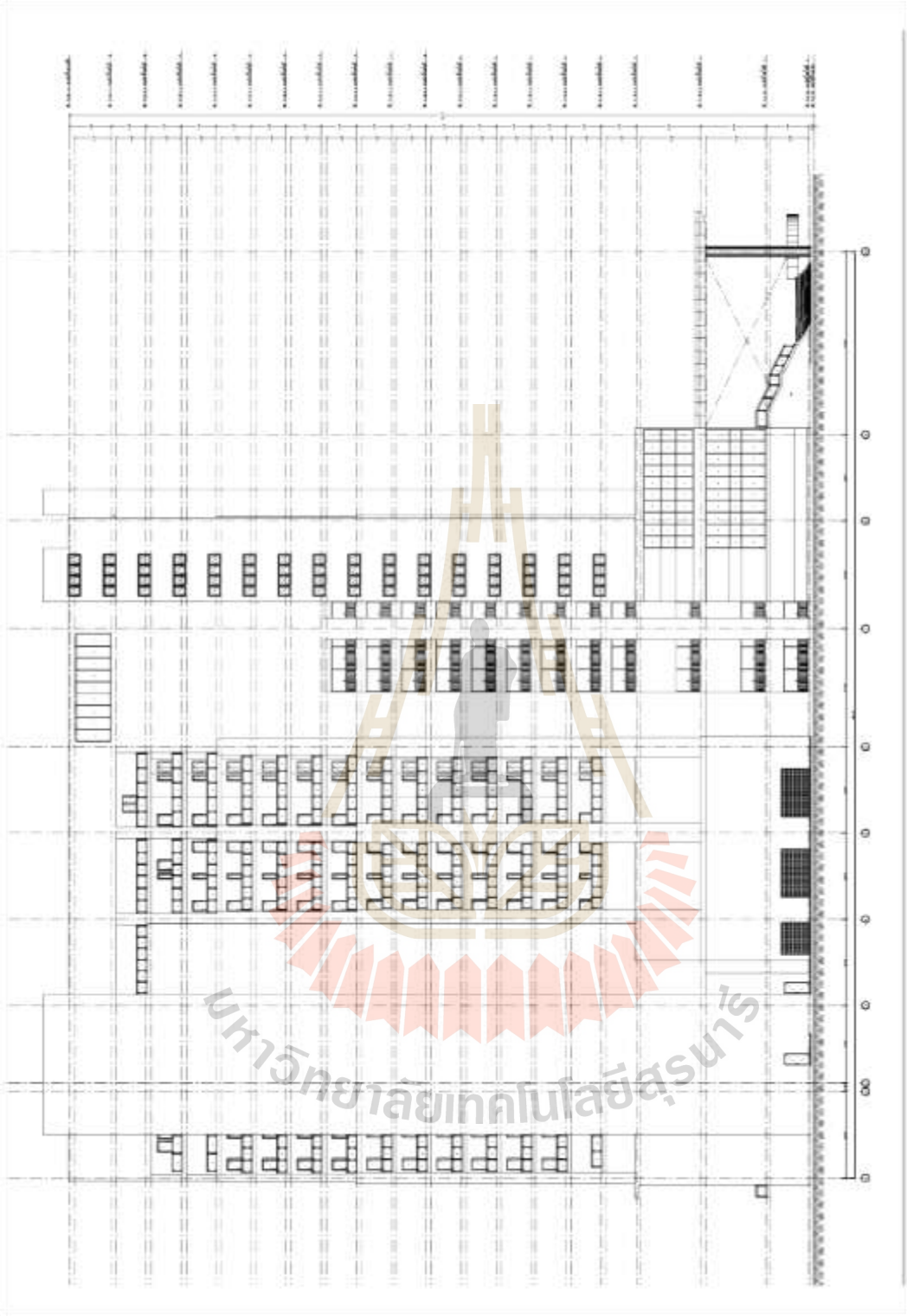
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล



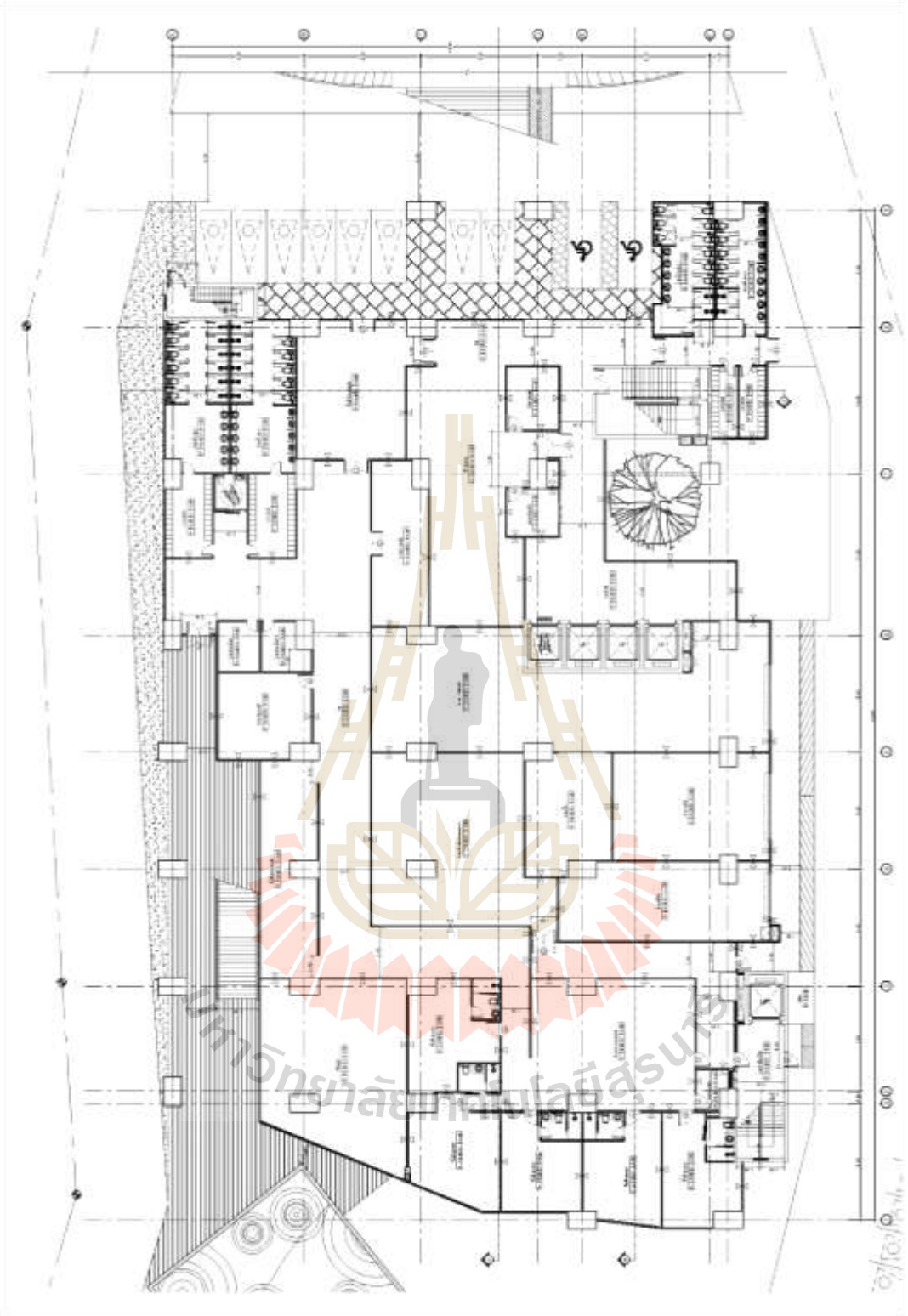
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา



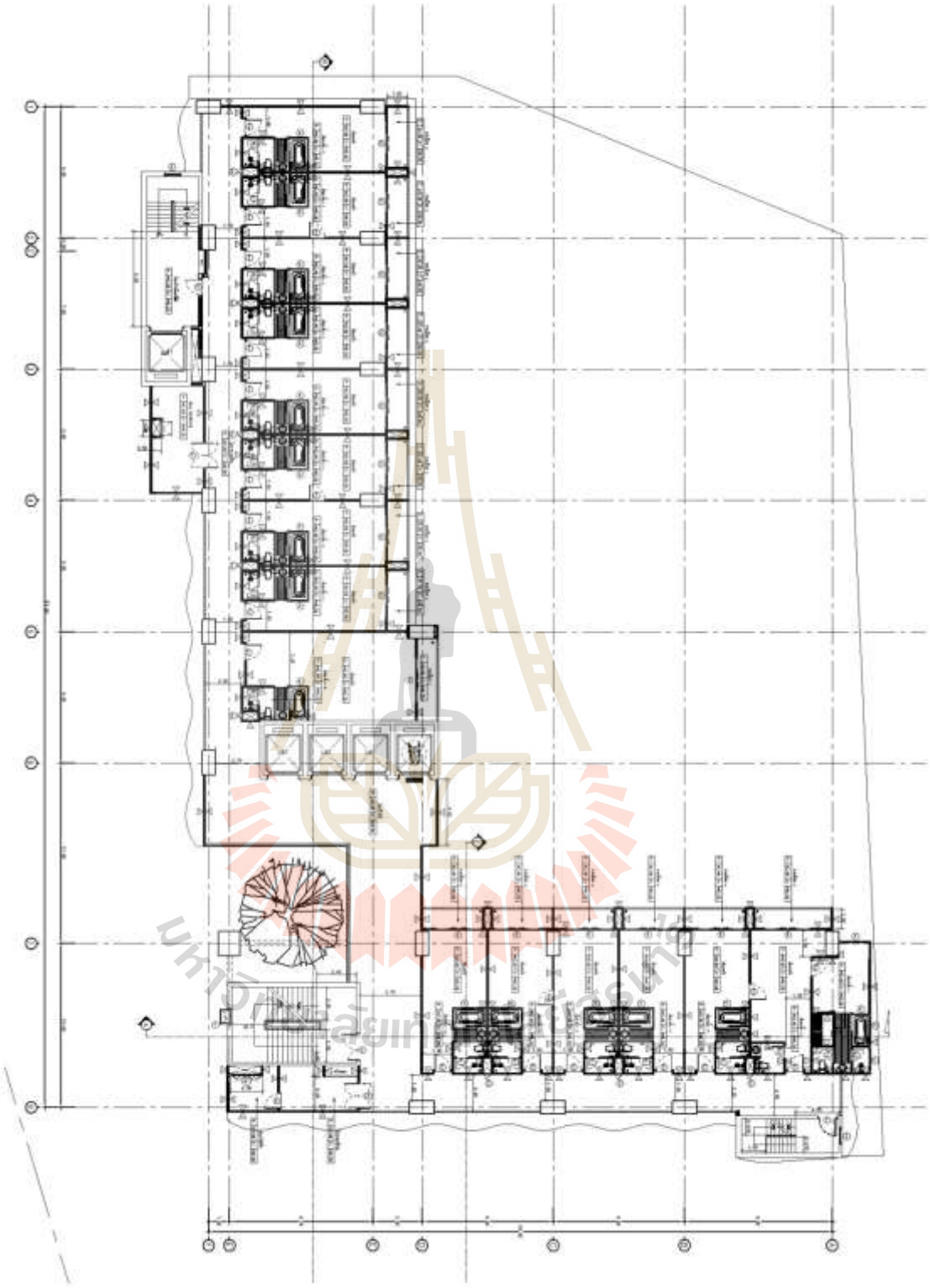
รูปที่ 3.2 รูปด้าน A อาคารที่ทำการศึกษา



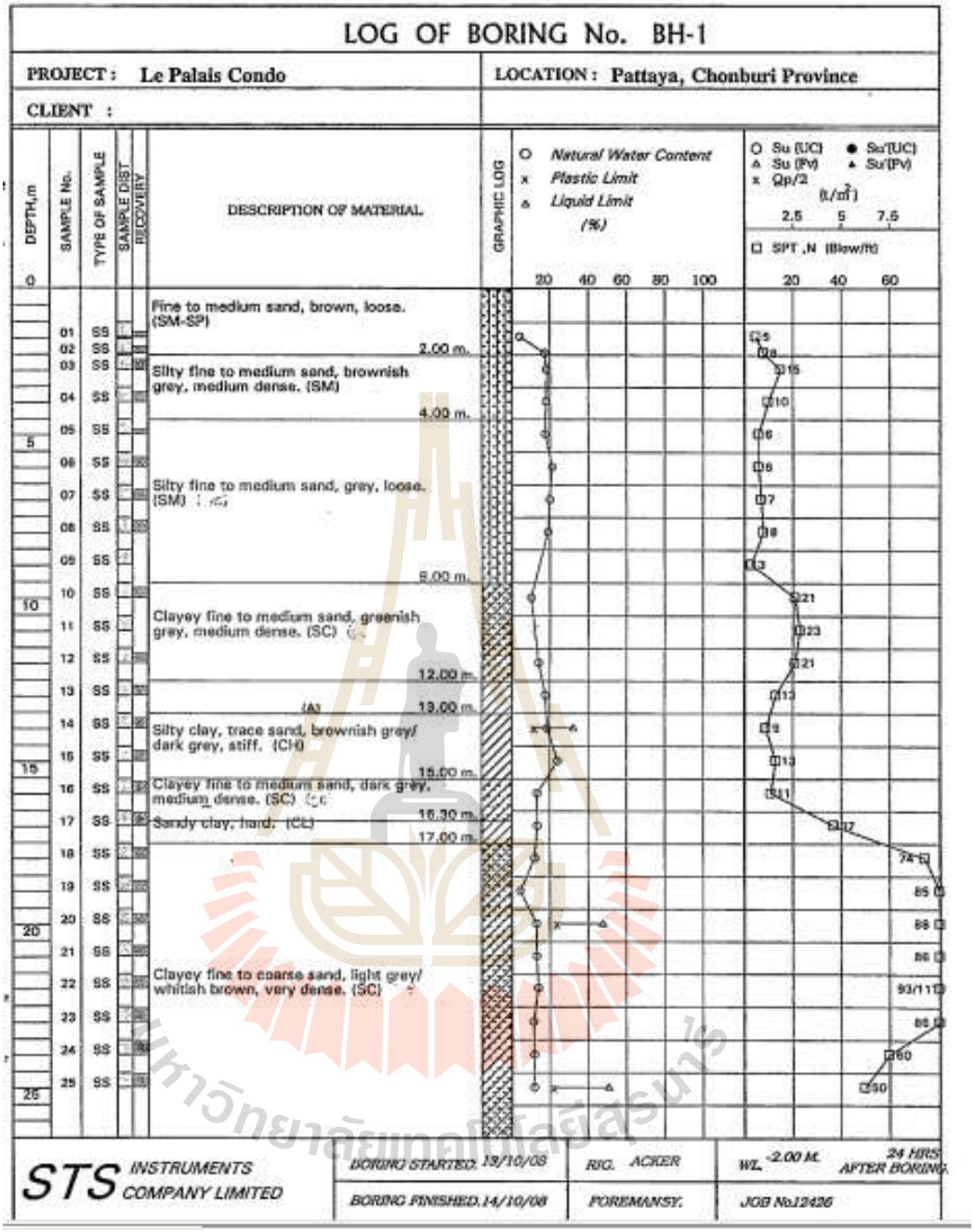
รูปที่ 3.3 รูปด้าน B อาคารที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.4 แปลนพื้นชั้น 1 - 3 อาคารที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.5 แปลนพื้นชั้น 4 - 18 อาคารที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.6 ข้อมูลผลเจาะสำรวจดิน (Soil Boring Log)

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

4.1 ข้อมูลทั่วไปของอาคาร

ศึกษาโครงสร้างของอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง(POST – TENSION) ฐานรากระบบเสาเข็ม

4.2 คุณสมบัติของวัสดุ

กำหนดตามคุณสมบัติของอาคารเรียนเดิม

- คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยของคอนกรีต เท่ากับ 280 kg/cm² (ทรงกระบอก) สำหรับโครงสร้างทั่วไป
- คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยของคอนกรีต เท่ากับ 320 kg/cm² (ทรงกระบอก) โครงสร้างพื้น POST-TENSION
- เหล็กเสริมแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เหล็กเส้นกลม SR24 มอก.20-2543 ความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก 2,400 kg/cm² และเหล็กข้ออ้อย SD40 มอก.24-2548 ความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก 4,000 kg/cm²

4.3 ข้อกำหนดในการวิเคราะห์และออกแบบ

1. มาตรฐานการวิเคราะห์แรงลมและแผ่นดินไหว ตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (แรงแผ่นดินไหว มยผ.1302 และแรงลม มยผ.1311-50)
2. กำหนดของน้ำหนักบรรทุก (DL) น้ำหนักบรรทุกจร (LL) ของแต่ละชั้นตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 เป็นไปตามข้อกำหนด พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 LL = 200 kg/cm² (ห้องพักอาศัย), LL = 400 kg/m² (ระเบียงทางเดินและบันได) LL = 500 kg/m² (โถง) และ DL = 240 kg/m² SDL = 250 kg/m²
3. วิเคราะห์หาแรงปฏิกิริยาที่ฐานของโครงสร้างอาคาร จากการรวมน้ำหนักบรรทุกกรณีที่พิจารณาแรงกระทำทางด้านข้าง (Combined Load cases) โดยพิจารณาใช้ค่าสูงสุดของการรวมแรงจากกรณีต่อไปนี้

   กรณี 1 U = 1.0DL + 1.0LL

   กรณี 2 U = 0.75(DL + LL+EQ)

   กรณี 3 U = 0.75(DL + LL+WL)

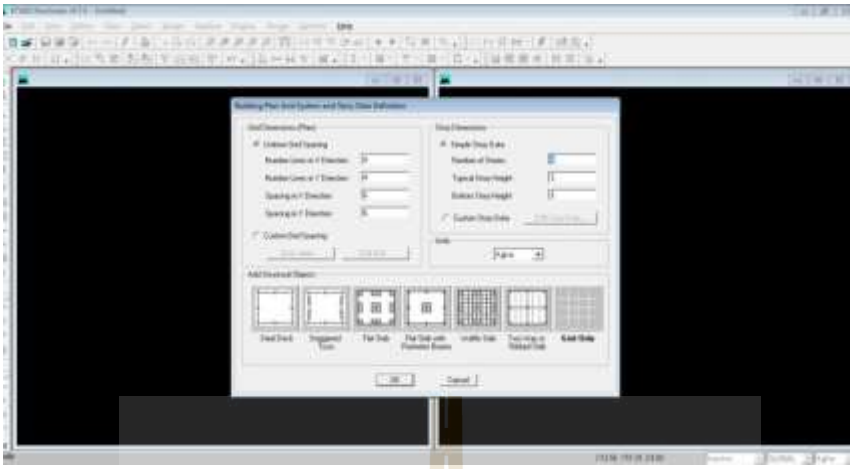
4.4 มาตรฐานการวิเคราะห์แรงด้านข้าง

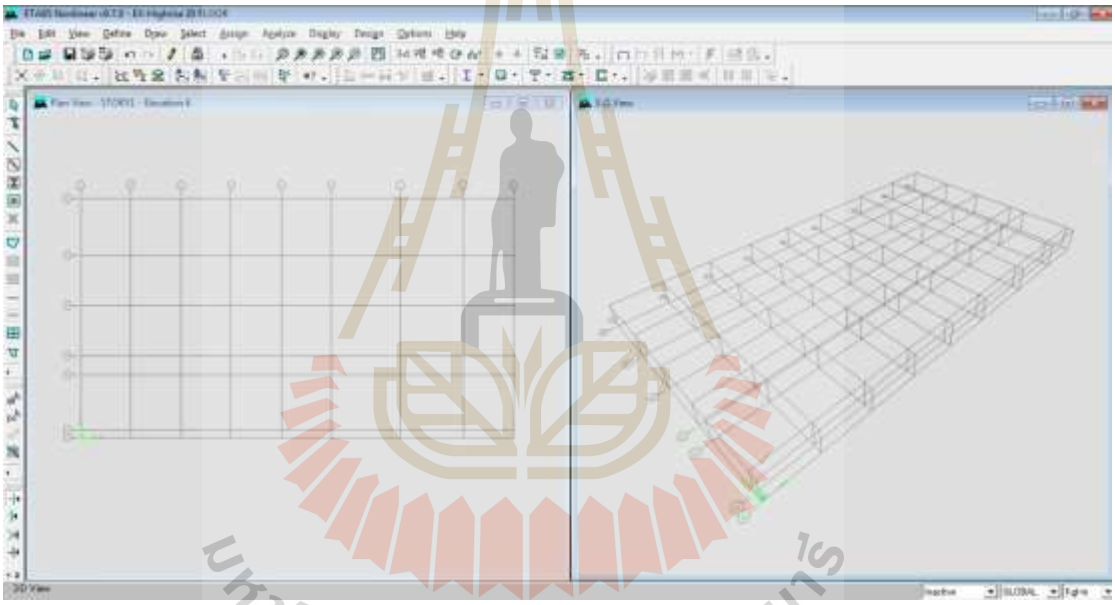
1. แรงลม (Wind Load) ตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ.1311-50
   - หน่วยแรงลมอ้างอิง (q) ตามตำแหน่งที่ตั้งอาคาร = 0.391 kN/m²
   - ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (Cg) = 2
   - ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (Ce) = 1
   - ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารสูง
     - ด้านประทะลม = 0.8
     - ด้านหลบลม = 0.5
2. แรงแผ่นดินไหว (Seismic) มาตรฐานว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ.1302
   - คาบการสั้นพื้นฐาน (T) = 0.174
   - ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (R) = 3
   - ค่าตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (Ω) = 3
   - ค่าตัวประกอบขยายการโก่งตัว (Cd) = 2.5
   - ค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร (I) = 1.25
   - ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบสั้น (S) = 0.656
   - ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบ 1 วินาที (S1) = 0.173
   - ค่าประเภทของชั้นดิน = D

4.5 การสร้างแบบจำลองตามแบบรูปรายการจริง

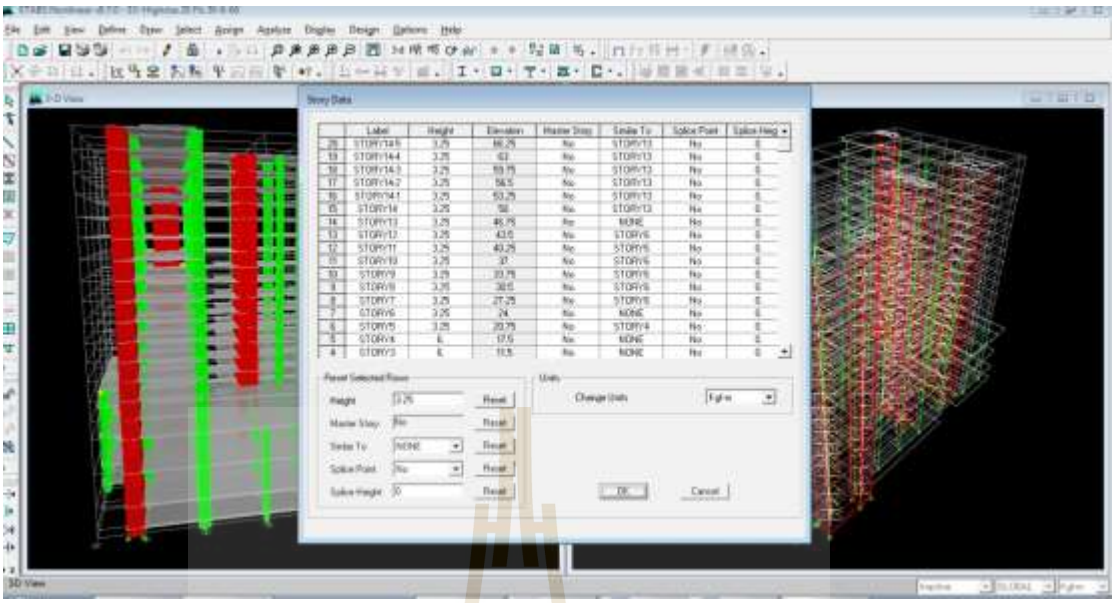
4.5.1 เริ่มการสร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี





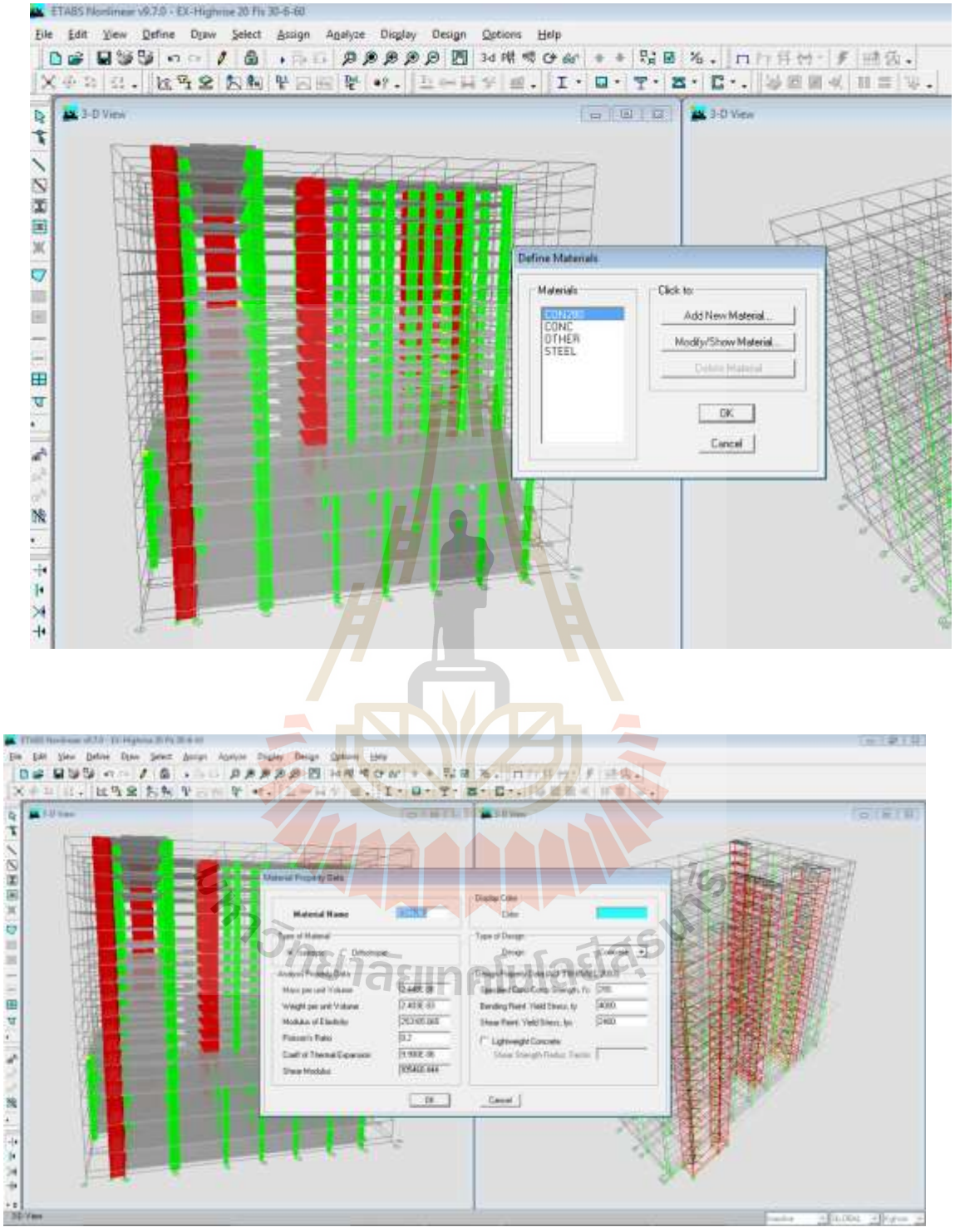
รูปที่ 4.1 กำหนดกริดและชั้นของอาคาร



รูปที่ 4.2 แก้ไขตำแหน่งกริดและระยะในแต่ละชั้นของอาคาร

4.5.2 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

รูปที่ 4.3 เปลี่ยนหน่วยให้ตรงกับกำลังของวัสดุ kgf, cm

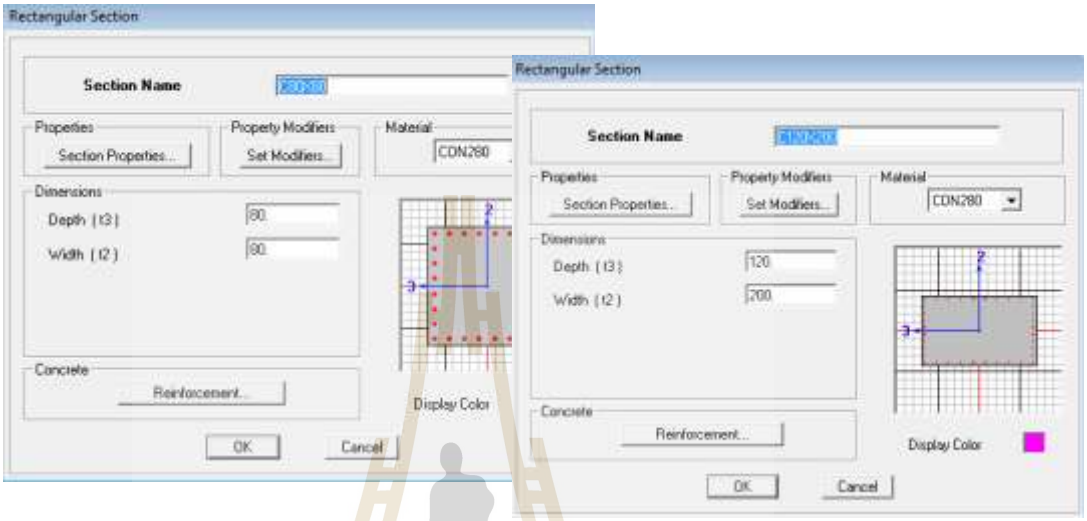


รูปที่ 4.4 การใส่ค่าคุณสมบัติวัสดุของคอนกรีต

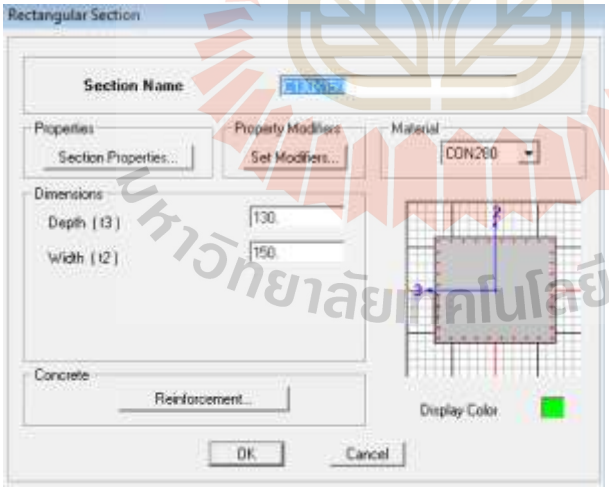
4.5.3 กำหนดคุณสมบัติหน้าตัด (Section Properties)

กำหนดคุณสมบัติโครงข้อแข็ง (Frame Properties)

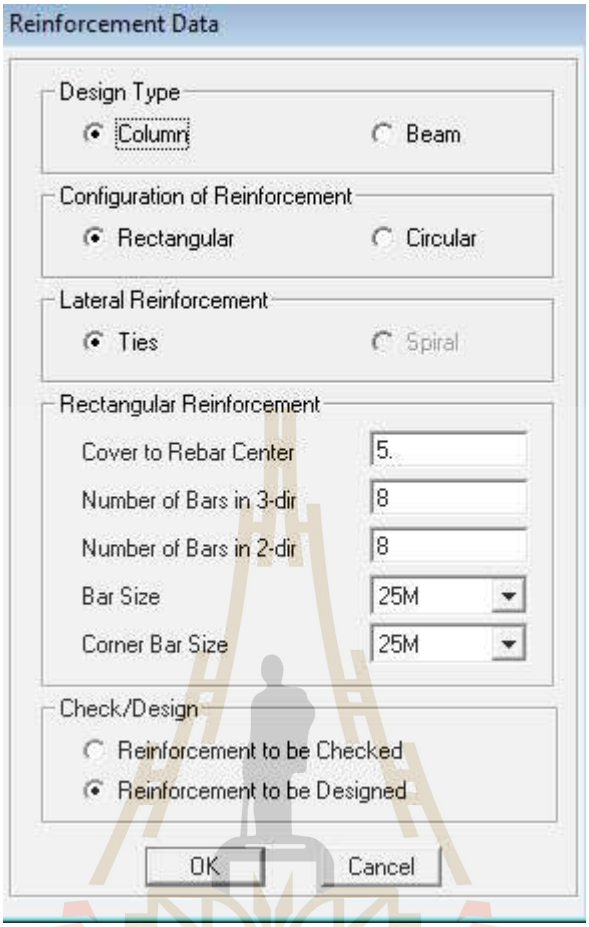
- **การใส่ค่าคุณสมบัติของเสา**



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการใส่คุณสมบัติของเสา

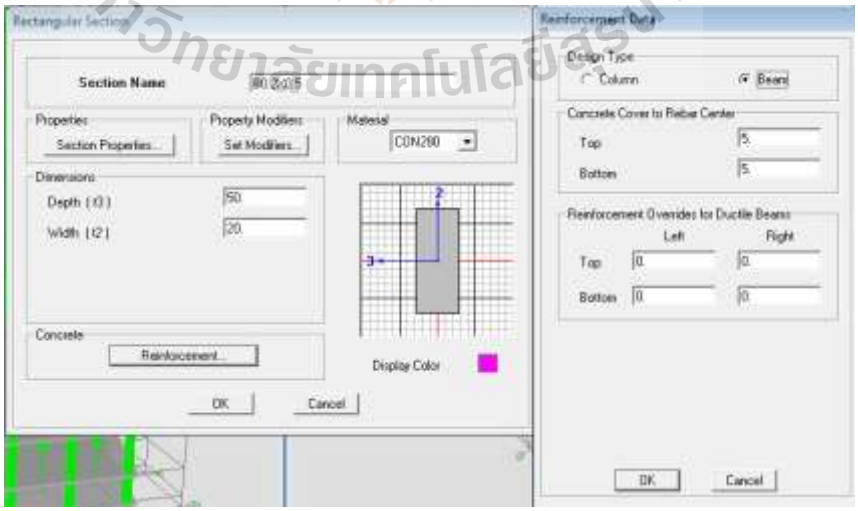


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



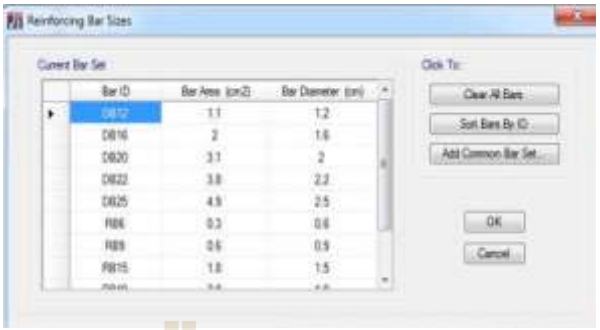
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างการใส่คุณสมบัติของเสา (ต่อ)

- **การใส่ค่าคุณสมบัติของคาน**



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการใส่คุณสมบัติของคาน

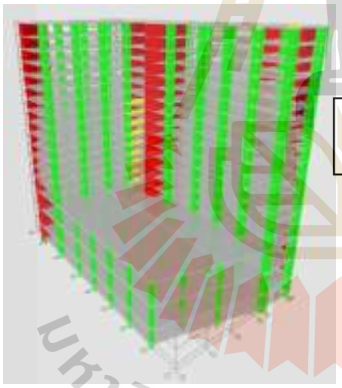
- **การใส่ค่าขนาดพื้นที่หน้าตัดเหล็กกลมผิวเรียบและเหล็กข้ออ้อย**



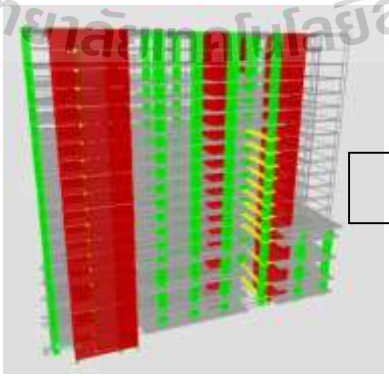
รูปที่ 4.8 การใส่ค่าพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม SR24และSD40

4.5.4 โมเดลโครงสร้างอาคาร

การสร้างโมเดลจากโปรแกรม ETABS และการใส่ค่าแรงที่กระทำต่าง ๆ ให้กับโครงสร้างอาคาร และกำหนดค่าแรงด้านข้าง อาทิเช่น แรงลม แรงแผ่นดินไหว

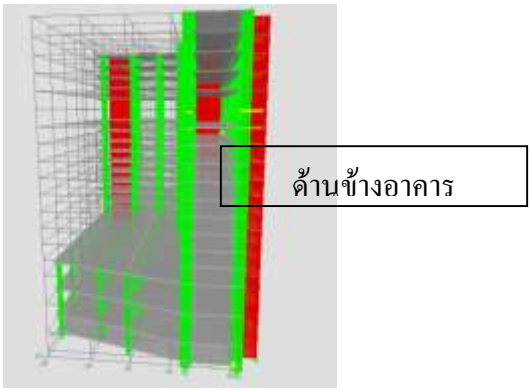


ด้านหน้าอาคาร



ด้านหลังอาคาร

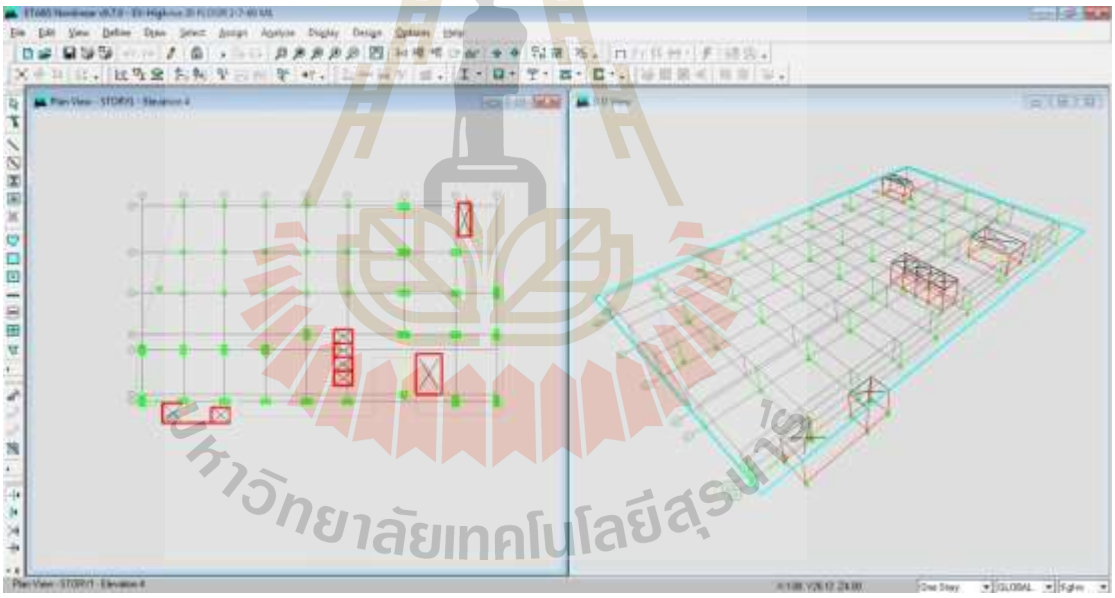
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.9 การจำลองโครงสร้างอาคาร

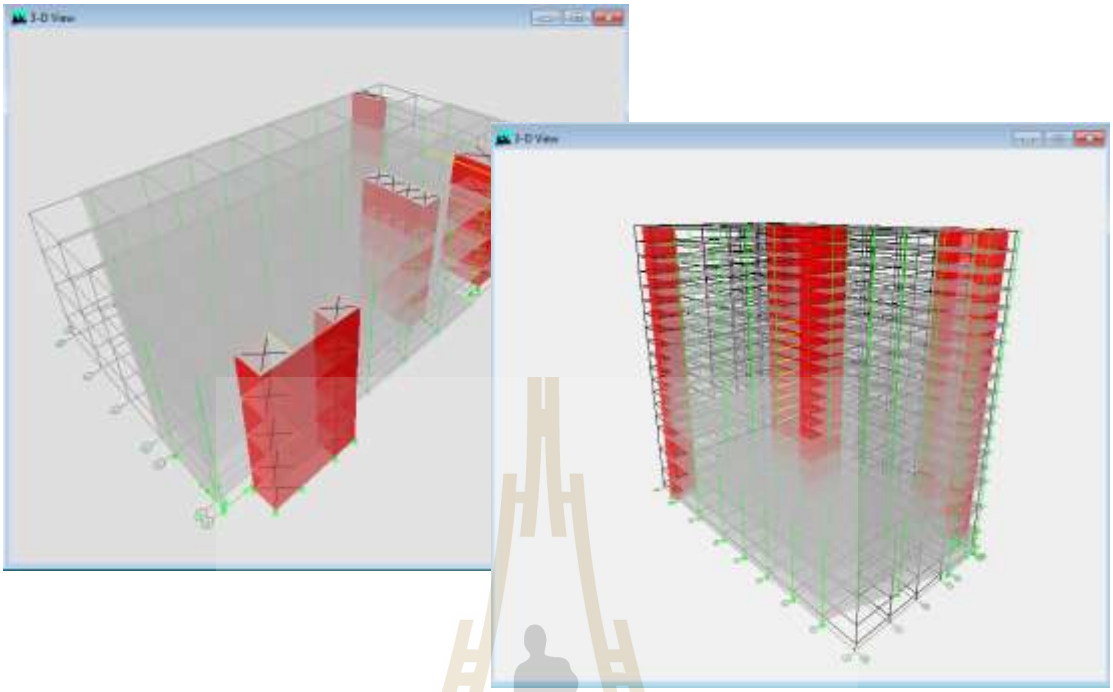
4.5.5 การวาด เสา คาน พื้น ตามแบบรูปรายการและคุณสมบัติที่กำหนด

- วาดเสาคานและพื้นชั้นล่าง ตามแบบรูปรายการ



รูปที่ 4.10 การวาดโครงสร้างอาคารชั้น 1

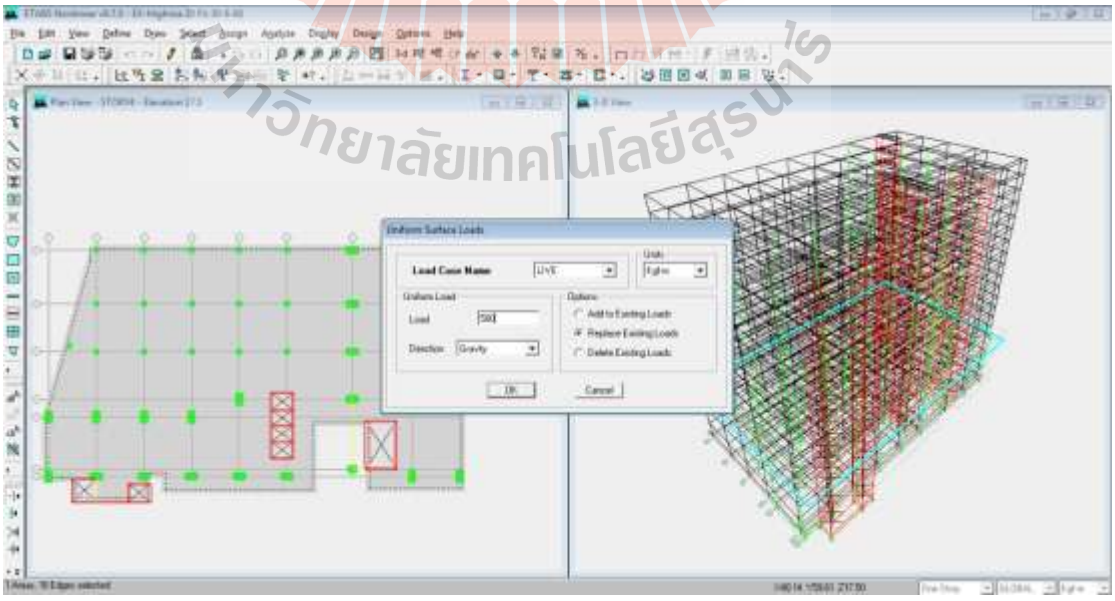
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

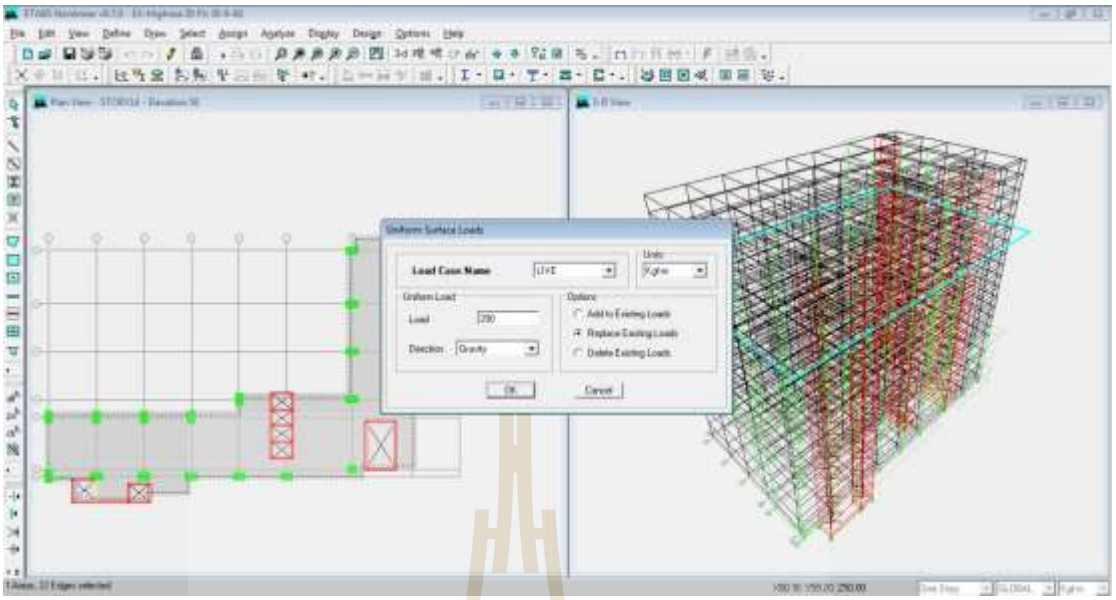


รูปที่ 4.11 การวาดโครงสร้างอาคารชั้นต่อมาโดยการ Insert Story

4.5.6 การใส่น้ำหนักบรรทุก

กำหนดให้น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) เท่ากับ 500 kg/m² (ในส่วนของโถงชั้น 1-4) และ 400 kg/m² (ระเบียงทางเดินและบันได), 200 kg/m² (ห้องพัก) และน้ำหนักบรรทุก SDL = 250 kg/m²

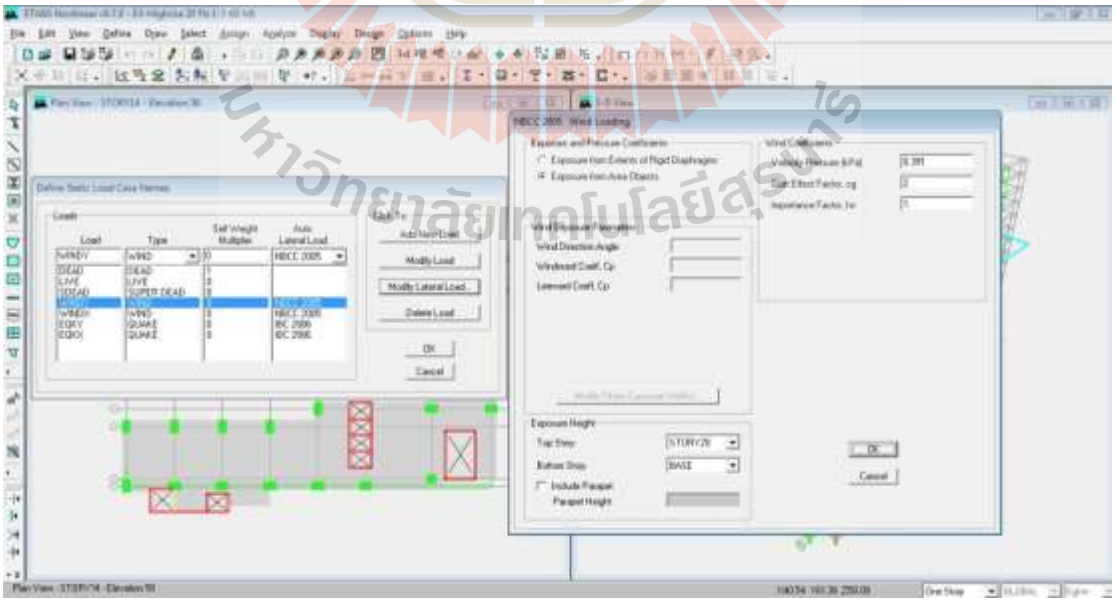


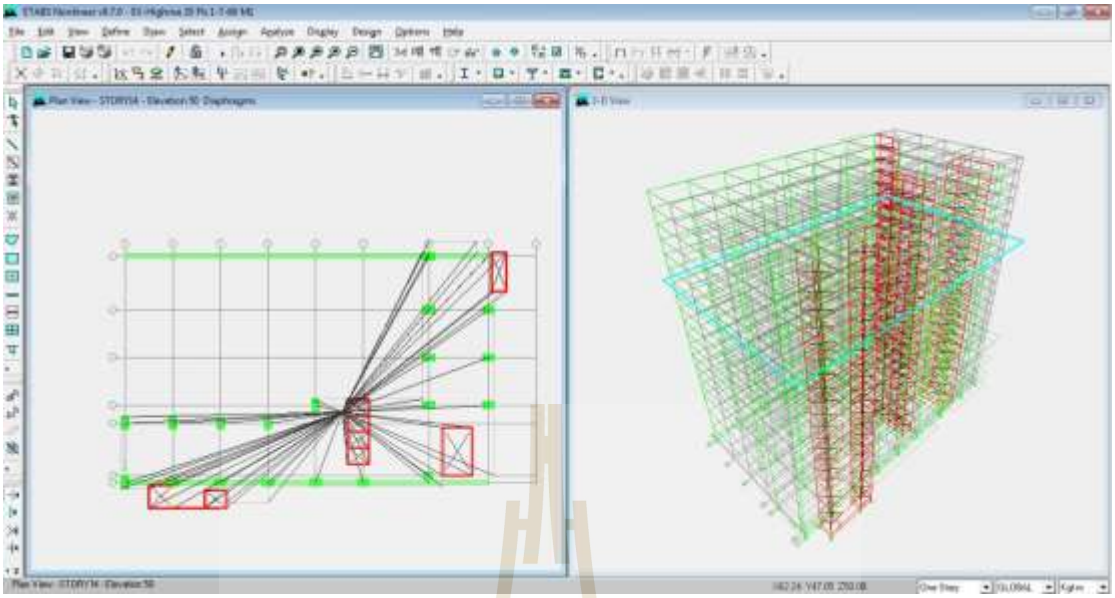


รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการใส่ค่าน้ำหนักบรรทุกจรของพื้น (Live Load)

4.5.7 แรงด้านข้างที่กระทำกับโครงสร้างอาคาร

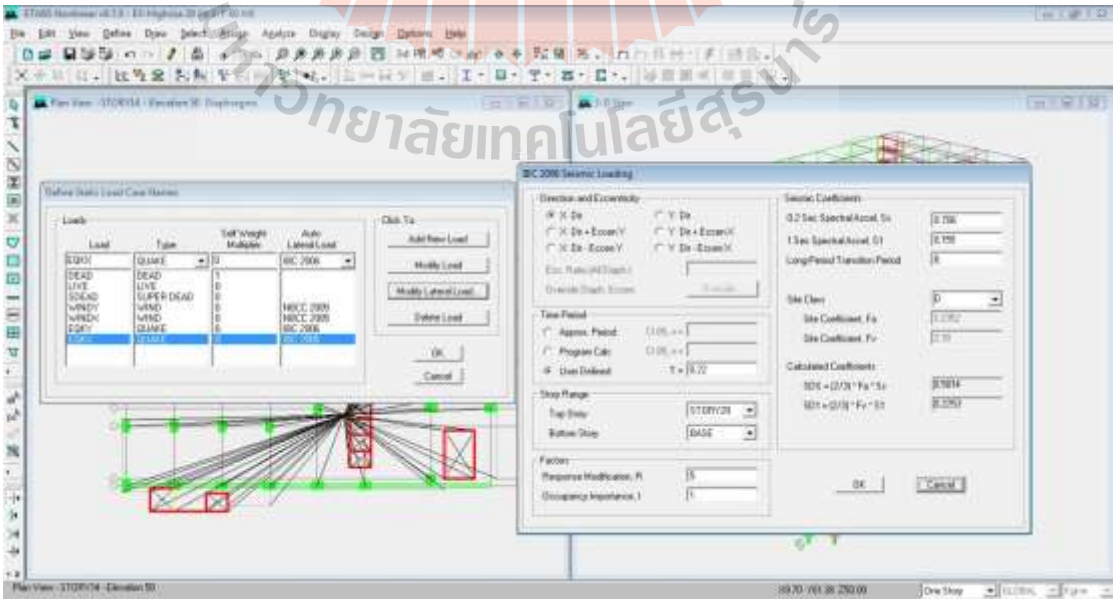
- แรงลม (Wind Load) เลือกมาตรฐาน NBCC 2005 ซึ่งใกล้เคียงกับมาตรฐานแรงลม มยผ.1311-50 คำนวณค่าตามตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ผู้วิจัยเลือกชนิดแบบ Diaphragms (แรงลมที่คำนวณที่ระดับชั้นใดๆจะขึ้นกับระดับความสูง)

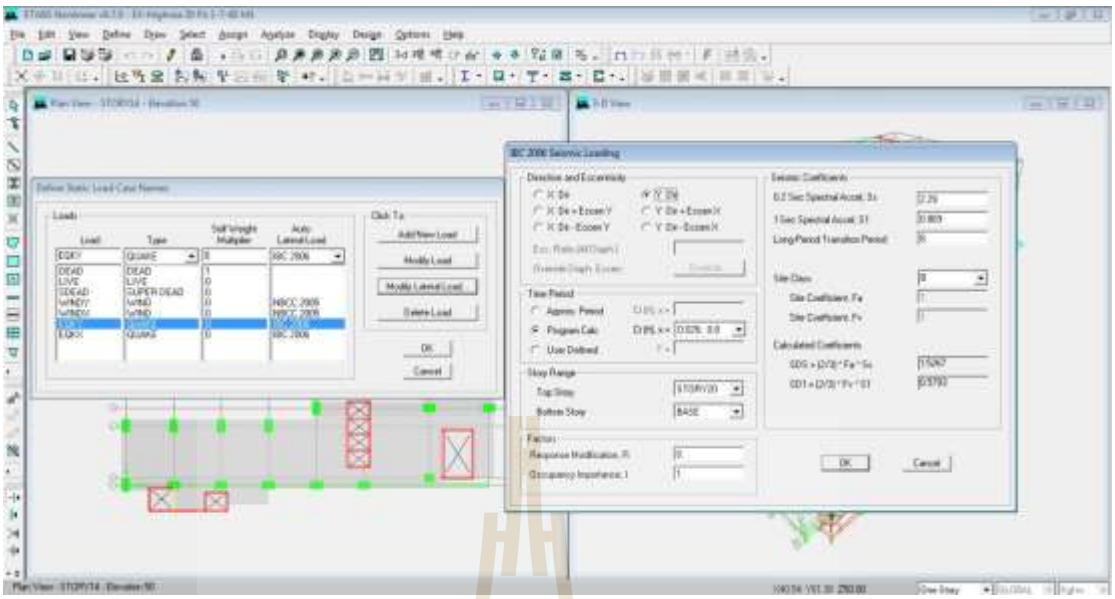




รูปที่ 4.13 กำหนดค่าแรงลมและสร้าง Diaphragm รับแรงด้านข้าง

- แรงแผ่นดินไหว (Seismic) เลือกมาตรฐาน ASCE 7-05 ซึ่งตรงกับมาตรฐาน มยผ.1302 ป้อนค่าต่างๆตามข้อมูลที่กำหนดในข้างต้น โดยกำหนดแรงแผ่นดินไหวในทิศทาง X และY ค่าความเร่งตอบสนองสำหรับการออกแบบตรงกับที่คำนวณได้ในหัวข้อ 4.5 การคำนวณแรงเฉือนที่ฐาน (นอกเขต กทม. และ $S_{D1} < S_{DS}$)



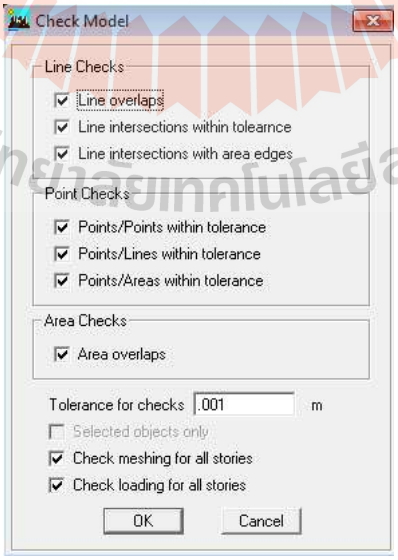


รูปที่ 4.14 กำหนดค่าแรงแผ่นดินไหวตามตำแหน่งที่ตั้งอาคารและมาตรฐาน มยผ.1302

4.6 การวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร

4.6.1 โปรแกรมทำการตรวจสอบโมเดล

- กดปุ่ม OK โปรแกรมจะตรวจสอบโมเดล ถ้าไม่มีคำเตือนโปรแกรมจะแสดงข้อความดังในรูป (แต่ถ้ามีคำเตือนก็ทำการแก้ไขตามที่โปรแกรมแนะนำ)



รูปที่ 4.15 ตรวจสอบโมเดลอาคาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6.2 การนำผลมาทำการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ และตรวจสอบ

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงปฏิกิริยาที่ฐานจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และแรงแผ่นดินไหวจากโปรแกรม

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Dead	1639.44	793.63	103743.8	67306.13	-2914.1	-2287.75
Base	Live	869.69	-166.5	23917.95	35275.74	-6609.34	-1405.7
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-26.02	-1110.41	-7540.04	246156.5	1314.19	364.07
Base	WINDY	26.89	760.34	4927.44	-168158	-229.4	-187.86
Base	Comb1	3747.67	-282.38	178361.8	400353.8	-14001.4	-5228.47
Base	Comb2	3799.72	1938.44	193441.9	-91959.1	-16629.8	-5956.61
Base	Comb3	2269.2	0.67	137701.3	340385.1	-2765.55	-2838.78
Base	Comb4	2321.24	2221.49	152781.3	-151928	-5393.93	-3566.92
Base	Comb5	3761.12	97.79	180825.5	316275	-14116.1	-5322.4
Base	CombEnv Max	3813.17	2318.61	195905.6	484432.6	-2765.55	-2838.78
Base	CombEnv Min	2269.2	-662.55	137701.3	-176038	-16744.5	-6050.54
Base	Comb6	3813.17	2318.61	195905.6	-176038	-16744.5	-6050.54
Base	Comb7	3786.27	1558.27	190978.1	-7880.33	-16515.1	-5862.68
Base	Comb8	3734.22	-662.55	175898.1	484432.6	-13886.7	-5134.54
Base	Comb9	3813.17	2318.61	195905.6	-176038	-16744.5	-6050.54
Base	Comb10	3787.14	1208.2	188365.5	70118.54	-15430.3	-5686.47
Base	Comb11	3760.25	447.86	183438.1	238276.2	-15200.9	-5498.61
Base	DCon1	2295.22	1111.08	145241.3	94228.58	-4079.74	-3202.85
Base	DCon2	3358.84	685.96	162761.3	137208.5	-14071.9	-4994.42
Base	DCon3	2880.05	2002.39	156294.4	-153009	-10473.3	-4451.57
Base	DCon4	2793.99	-430.68	140526.6	385095.3	-9739.22	-3850.43

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon5	1988.85	1560.63	128434.5	-53758.7	-3680.44	-2895.59
Base	DCon6	1945.82	344.09	120550.6	215293.4	-3313.4	-2595.01
Base	DCon7	1518.53	1930.81	101253.3	-208477	-2989.74	-2359.55
Base	DCon8	1432.47	-502.27	85485.49	329627.7	-2255.65	-1758.4
Base	Dead	-1127.26	393.48	108042	92911.22	-31743.3	554.08
Base	Live	-803.26	-569.68	25925.1	52794.67	-25038	304.65
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	50.4	-1144.46	-7706.5	232501.4	2459.1	243.04
Base	WINDY	-17.44	791.09	5066.51	-161360	-867.35	-114.49
Base	Comb1	-2893.3	-1562.05	187624.9	452328	-84546	1536.66
Base	Comb2	-2994.1	726.87	203037.9	-12674.7	-89464.2	1050.57
Base	Comb3	-1527.77	-593.59	143552.3	362577.1	-41981.5	1018.76
Base	Comb4	-1628.56	1695.33	158965.3	-102426	-46899.7	532.67
Base	Comb5	-2902.02	-1166.5	190158.2	371647.9	-84979.7	1479.42
Base	CombEnvMax	-1527.77	1695.33	205571.2	533008.1	-41981.5	1593.91
Base	CombEnvMin	-3002.82	-1957.59	143552.3	-102426	-89897.9	532.67
Base	Comb6	-3002.82	1122.42	205571.2	-93354.8	-89897.9	993.33
Base	Comb7	-2985.37	331.33	200504.7	68005.38	-89030.5	1107.82
Base	Comb8	-2884.58	-1957.59	185091.7	533008.1	-84112.3	1593.91
Base	Comb9	-3002.82	1122.42	205571.2	-93354.8	-89897.9	993.33
Base	Comb10	-2952.42	-22.04	197864.7	139146.6	-87438.8	1236.37
Base	Comb11	-2934.98	-813.13	192798.2	300506.7	-86571.4	1350.86
Base	DCon1	-1578.16	550.87	151258.8	130075.7	-44440.6	775.71
Base	DCon2	-2637.92	-439.31	171130.5	195965	-78152.7	1152.34

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon3	-2183.88	1168.23	163681.9	-93888.1	-64517.6	786.36
Base	DCon4	-2128.06	-1363.25	147469.1	422464.4	-61742.1	1152.73
Base	DCon5	-1366.67	1105.04	133703.6	-17594.6	-38785.8	573.31
Base	DCon6	-1338.76	-160.7	125597.2	240581.6	-37398	756.49
Base	DCon7	-1042.44	1619.87	105344.2	-174556	-29956.7	315.49
Base	DCon8	-986.62	-911.61	89131.37	341796.3	-27181.2	681.85
Base	Dead	-237.73	479.69	118495.8	92378.13	-7232.93	233.87
Base	Live	-227.91	-626.96	28757.32	54206.31	-8747.13	105.75
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	46.57	-1105.3	-7260.32	220227.6	2523.74	211.85
Base	WINDY	-14.91	777.74	4882.29	-155925	-886.04	-86.38
Base	Comb1	-673.71	-1499.56	207521.3	441707.7	-22472.5	719.05
Base	Comb2	-766.85	711.04	222041.9	1252.48	-27520	295.35
Base	Comb3	-286.25	-433.74	158633.8	349557	-7602.36	539.27
Base	Comb4	-379.4	1776.87	173154.5	-90898.2	-12649.8	115.57
Base	Comb5	-681.16	-1110.7	209962.4	363745.1	-22915.5	675.86
Base	CombEnv Max	-286.25	1776.87	224483	519670.4	-7602.36	762.24
Base	CombEnv Min	-774.31	-1888.43	158633.8	-90898.2	-27963	115.57
Base	Comb6	-774.31	1099.91	224483	-76710.2	-27963	252.16
Base	Comb7	-759.4	322.17	219600.8	79215.12	-27077	338.54
Base	Comb8	-666.25	-1888.43	205080.1	519670.4	-22029.5	762.24
Base	Comb9	-774.31	1099.91	224483	-76710.2	-27963	252.16
Base	Comb10	-727.74	-5.39	217222.7	143517.5	-25439.2	464.01
Base	Comb11	-712.82	-783.13	212340.4	299442.7	-24553.2	550.39

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon1	-332.83	671.57	165894.1	129329.4	-10126.1	327.42
Base	DCon2	-649.94	-427.5	188206.7	197583.9	-22674.9	449.85
Base	DCon3	-537.05	1193.05	178764	-84420.4	-18844.3	248.2
Base	DCon4	-489.33	-1295.71	163140.6	414540.5	-16009	524.6
Base	DCon5	-297.21	1197.82	146100.8	-13886.5	-9388.34	211.55
Base	DCon6	-273.35	-46.56	138289.1	235594	-7970.69	349.75
Base	DCon7	-237.82	1676.1	114457.9	-166340	-7927.29	72.28
Base	DCon8	-190.1	-812.66	98834.56	332620.8	-5091.98	348.69
Base	Dead	-28.62	252.29	114918.8	75994.44	2722.51	143.73
Base	Live	-37.34	-337.41	28773.96	61283.59	-616.04	141.14
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	68.52	-552.14	-6032.24	232148.2	3300.75	290.96
Base	WINDY	-29.72	393.01	4128.14	-168354	-1412.52	-139.46
Base	Comb1	-35.03	-772.53	203769.8	442722.5	6065	732.12
Base	Comb2	-172.07	331.75	215834.3	-21573.8	-536.5	150.2
Base	Comb3	28.45	-198.93	154854.1	338540.4	7112.27	492.18
Base	Comb4	-108.59	905.35	166918.6	-125756	510.77	-89.74
Base	Comb5	-49.89	-576.03	205833.9	358545.6	5358.74	662.39
Base	CombEnv Max	28.45	905.35	217898.4	526899.4	7112.27	801.85
Base	CombEnv Min	-186.93	-969.04	154854.1	-125756	-1242.76	-89.74
Base	Comb6	-186.93	528.26	217898.4	-105751	-1242.76	80.47
Base	Comb7	-157.21	135.24	213770.2	62603.11	169.76	219.93
Base	Comb8	-20.17	-969.04	201705.8	526899.4	6771.26	801.85
Base	Comb9	-186.93	528.26	217898.4	-105751	-1242.76	80.47

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb10	-118.41	-23.88	211866.1	126397.4	2057.99	371.43
Base	Comb11	-88.69	-416.9	207738	294751.3	3470.51	510.89
Base	DCon1	-40.07	353.21	160886.3	106392.2	3811.52	201.22
Base	DCon2	-94.09	-237.11	183940.9	189247.1	2281.35	398.3
Base	DCon3	-119.24	594.16	173281.6	-116889	390.94	90.48
Base	DCon4	-24.14	-663.48	160071.5	421843.1	4911.01	536.75
Base	DCon5	-58.12	617.16	141205.1	-43489.7	2137	60.91
Base	DCon6	-10.57	-11.66	134600.1	225876.4	4397.03	284.04
Base	DCon7	-73.31	855.89	110032	-200971	190.23	-93.78
Base	DCon8	21.79	-401.76	96821.91	337761.2	4710.3	352.49
Base	Dead	195.19	555.59	115929.3	95733.46	12291.58	-144.87
Base	Live	140.25	-508.18	28199.12	50983.13	7047.15	2.02
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	81.27	-924.73	-6223.61	190132.9	3735.94	322.97
Base	WINDY	-38.72	682.91	4405.01	-141420	-1709.06	-166.44
Base	Comb1	592.95	-1010.81	204015.9	410831	32924.3	123.59
Base	Comb2	430.42	838.64	216463.1	30565.31	25452.43	-522.35
Base	Comb3	354.53	-146.91	156077.4	324159.7	20944.14	120.16
Base	Comb4	191.99	1702.55	168524.6	-56106	13472.27	-525.79
Base	Comb5	573.59	-669.36	206218.4	340121	32069.77	40.37
Base	CombEnv Max	612.31	1702.55	218665.6	481541.1	33778.83	206.82
Base	CombEnvMin	191.99	-1352.27	156077.4	-56106	13472.27	-605.57
Base	Comb6	411.05	1180.1	218665.6	-40144.7	24597.9	-605.57
Base	Comb7	449.78	497.19	214260.6	101275.4	26306.95	-439.13

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb8	612.31	-1352.27	201813.4	481541.1	33778.83	206.82
Base	Comb9	411.05	1180.1	218665.6	-40144.7	24597.9	-605.57
Base	Comb10	492.32	255.37	212442	149988.1	28333.84	-282.6
Base	Comb11	531.04	-427.54	208037	291408.2	30042.89	-116.16
Base	DCon1	273.26	777.82	162301	134026.9	17208.21	-202.82
Base	DCon2	458.62	-146.39	184233.7	196453.2	26025.33	-170.61
Base	DCon3	312.52	1251.18	174362.3	-60408.8	19062.55	-438.13
Base	DCon4	436.42	-934.13	160266.2	392135.4	24531.53	94.49
Base	DCon5	203.25	1213.03	142639.1	1744.1	13382.65	-307
Base	DCon6	265.2	120.38	135591.1	228016.2	16117.14	-40.69
Base	DCon7	113.71	1592.68	111384.4	-140112	8327.93	-396.69
Base	DCon8	237.62	-592.63	97288.33	312432.2	13796.91	135.93
Base	Dead	844.94	363.15	110273.5	102539.2	31160.1	-389.23
Base	Live	638.27	-486.26	26661.09	50385.95	21339.83	-222.77
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	59.19	-832.82	-5690.55	175435.7	3004.72	225.27
Base	WINDY	-19.56	634.16	4152.03	-134489	-1103.01	-94.7
Base	Comb1	2327.17	-1151.04	194016.2	404646.6	82906.57	-698.37
Base	Comb2	2208.8	514.6	205397.3	53775.29	76897.14	-1148.91
Base	Comb3	1242.11	-324.4	148692.4	318990.5	46628.86	-319.66
Base	Comb4	1123.73	1341.23	160073.5	-31880.8	40619.43	-770.2
Base	Comb5	2317.39	-833.96	196092.3	337402.3	82355.07	-745.72
Base	CombEnv Max	2336.95	1341.23	207473.4	471890.9	83458.07	-319.66
Base	CombEnv Min	1123.73	-1468.12	148692.4	-31880.8	40619.43	-1196.26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb6	2199.01	831.68	207473.4	-13469	76345.63	-1196.26
Base	Comb7	2218.58	197.52	203321.3	121019.6	77448.64	-1101.56
Base	Comb8	2336.95	-1468.12	191940.2	471890.9	83458.07	-651.02
Base	Comb9	2199.01	831.68	207473.4	-13469	76345.63	-1196.26
Base	Comb10	2258.2	-1.14	201782.8	161966.7	79350.35	-970.99
Base	Comb11	2277.77	-635.3	197630.8	296455.2	80453.36	-876.29
Base	DCon1	1182.92	508.42	154382.9	143554.9	43624.14	-544.93
Base	DCon2	2035.17	-342.23	174986	203664.5	71535.85	-823.51
Base	DCon3	1620.9	964.19	165632.6	-41748.7	56967.14	-841.37
Base	DCon4	1683.51	-1065.13	152346.1	388614.7	60496.76	-538.33
Base	DCon5	998.28	943.11	135649.9	15456.17	36509.72	-542.84
Base	DCon6	1029.58	-71.54	129006.6	230637.9	38274.53	-391.32
Base	DCon7	729.15	1341.5	105889.4	-122896	26279.28	-501.83
Base	DCon8	791.75	-687.82	92602.93	307467	29808.9	-198.79
Base	Dead	-1811.64	161.09	94355.73	71439.35	2542.21	2447.47
Base	Live	-990.01	-284.36	21552.62	31374.52	3472.01	1557.85
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	59.56	-776.34	-6428.21	169071.7	2642.94	216.46
Base	WINDY	-32.88	611.49	4772.54	-133788	-994.61	-49.63
Base	Comb1	-4159.76	-1034.23	162309.3	322423.4	12104.45	6291.26
Base	Comb2	-4278.88	518.45	175165.7	-15719.9	6818.57	5858.34
Base	Comb3	-2476.74	-550.81	125669.8	269086.7	6202.03	3642.92
Base	Comb4	-2595.86	1001.87	138526.2	-69056.6	916.16	3210
Base	Comb5	-4176.2	-728.49	164695.5	255529.5	11607.14	6266.44

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	CombEnv Max	-2476.74	1001.87	177552	389317.4	12601.75	6316.07
Base	CombEnv Min	-4295.32	-1339.98	125669.8	-82613.9	916.16	3210
Base	Comb6	-4295.32	824.2	177552	-82613.9	6321.27	5833.53
Base	Comb7	-4262.44	212.71	172779.4	51174.08	7315.88	5883.16
Base	Comb8	-4143.33	-1339.98	159923	389317.4	12601.75	6316.07
Base	Comb9	-4295.32	824.2	177552	-82613.9	6321.27	5833.53
Base	Comb10	-4235.76	47.86	171123.7	86457.81	8964.2	6049.99
Base	Comb11	-4202.89	-563.64	166351.2	220245.7	9958.81	6099.62
Base	DCon1	-2536.3	225.53	132098	100015.1	3559.1	3426.46
Base	DCon2	-3757.99	-261.67	147711.1	135926.5	8605.87	5429.52
Base	DCon3	-3216.59	887.33	142415.6	-96958.9	4931.28	4415.4
Base	DCon4	-3111.39	-1069.44	127143.4	331162.4	8114.04	4574.22
Base	DCon5	-2200.27	682.5	117044.9	-21303.1	2254.97	2897.26
Base	DCon6	-2147.67	-295.88	109408.8	192757.6	3846.34	2976.67
Base	DCon7	-1683.08	1123.37	92556.22	-149765	696.61	2123.31
Base	DCon8	-1577.88	-833.4	77284.09	278356.1	3879.37	2282.13
Base	Dead	5321.12	5077.07	254188.9	163554.3	52619.02	-3.33
Base	Live	4315.93	3565.36	68912.21	131573.2	44445.12	300.16
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	27.63	-1489.7	5548.16	237427.2	991.82	228.76
Base	WINDY	-14.3	1021.22	-3583.79	-161967	-248.43	-103.44
Base	Comb1	14814.29	11679.31	478563.4	690077.7	150215.2	734.38
Base	Comb2	14759.02	14658.72	467467	215223.3	148231.5	276.86
Base	Comb3	7477.2	5618.2	361412.6	466403.2	74658.45	224.1

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb4	7421.94	8597.61	350316.3	-8451.16	72674.8	-233.42
Base	Comb5	14807.13	12189.92	476771.5	609094.1	150090.9	682.66
Base	CombEnv Max	14821.44	15169.33	480355.3	771061.3	150339.4	786.1
Base	CombEnve Min	7421.94	5618.2	350316.3	-8451.16	72674.8	-233.42
Base	Comb6	14751.87	15169.33	465675.1	134239.7	148107.3	225.14
Base	Comb7	14766.17	14148.11	469258.9	296207	148355.7	328.58
Base	Comb8	14821.44	11168.7	480355.3	771061.3	150339.4	786.1
Base	Comb9	14751.87	15169.33	465675.1	134239.7	148107.3	225.14
Base	Comb10	14779.5	13679.63	471223.3	371666.9	149099.1	453.9
Base	Comb11	14793.8	12658.41	474807.1	533634.1	149347.6	557.34
Base	DCon1	7449.57	7107.9	355864.4	228976	73666.63	-4.66
Base	DCon2	13290.83	11797.07	415286.2	406782.3	134255	476.27
Base	DCon3	10678.39	11291.8	368204.8	68690.77	107190.5	130.66
Base	DCon4	10724.16	8023.9	379672.9	586986	107985.4	461.67
Base	DCon5	6373.9	6909.47	302159.6	66691.37	62944.08	-86.75
Base	DCon6	6396.79	5275.51	307893.7	325839	63341.57	78.76
Base	DCon7	4766.13	6203.32	223035.9	-111949	46959.63	-168.5
Base	DCon8	4811.89	2935.41	234504.1	406346.5	47754.61	162.51
Base	Dead	-1252.61	9419.48	265548.7	315631.6	-33839.5	-269.33
Base	Live	-891.85	7737.43	82083.4	270964	-26457.7	-240.52
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	5.67	-1536.72	5239.5	225511.4	831.13	203.2
Base	WINDY	5.87	1066.09	-3479.17	-156218	-54	-94.12
Base	Comb1	-3264.13	24804.18	516549.4	1128034	-91522.3	-582.75

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb2	-3275.46	27877.62	506070.4	677011.5	-93184.5	-989.15
Base	Comb3	-1747.98	11650.56	377007.7	667395.7	-46544.1	-173.86
Base	Comb4	-1759.31	14723.99	366528.7	216372.8	-48206.4	-580.26
Base	Comb5	-3261.2	25337.23	514809.9	1049925	-91549.3	-629.81
Base	CombEnv Max	-1747.98	28410.66	518289	1206144	-46544.1	-173.86
Base	CombEnve Min	-3278.4	11650.56	366528.7	216372.8	-93211.5	-1036.21
Base	Comb6	-3272.53	28410.66	504330.9	598902.4	-93211.5	-1036.21
Base	Comb7	-3278.4	27344.57	507810	755120.7	-93157.5	-942.09
Base	Comb8	-3267.07	24271.14	518289	1206144	-91495.3	-535.69
Base	Comb9	-3272.53	28410.66	504330.9	598902.4	-93211.5	-1036.21
Base	Comb10	-3266.86	26873.94	509570.4	824413.8	-92380.4	-833.01
Base	Comb11	-3272.73	25807.85	513049.5	980632.1	-92326.4	-738.89
Base	DCon1	-1753.65	13187.28	371768.2	441884.2	-47375.2	-377.06
Base	DCon2	-2930.09	23683.26	449991.9	812300.3	-82939.7	-708.03
Base	DCon3	-2385.59	20746.55	395175.2	399772.5	-67151.5	-714.31
Base	DCon4	-2404.37	17335.06	406308.5	899671.2	-66978.7	-413.13
Base	DCon5	-1498.43	12156.25	315875.1	253783.2	-40650.5	-398.49
Base	DCon6	-1507.82	10450.51	321441.8	503732.6	-40564.2	-247.9
Base	DCon7	-1117.96	10183.28	233427.2	34119.07	-30541.9	-392.99
Base	DCon8	-1136.73	6771.79	244560.5	534017.8	-30369.1	-91.8
Base	Dead	-329.51	9621.42	282741.6	311643.5	-9556.21	-8.14
Base	Live	-222.24	7810.32	87006.45	272871.2	-8992.89	-78.23
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	24.37	-1470.08	5015.86	213841.3	1445.04	183.57

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	WINDY	-7.81	1038.75	-3404.66	-151082	-482.09	-75.73
Base	Comb1	-814.75	25277.46	548765	1114023	-27221.6	39.18
Base	Comb2	-863.49	28217.61	538733.3	686340.5	-30111.6	-327.95
Base	Comb3	-436.95	11999.91	400854	650142.2	-11933.7	172.18
Base	Comb4	-485.69	14940.07	390822.3	222459.5	-14823.7	-194.96
Base	Comb5	-818.66	25796.83	547062.7	1038482	-27462.6	1.32
Base	CombEnvMax	-436.95	28736.98	550467.3	1189564	-11933.7	172.18
Base	CombEnv Min	-867.4	11999.91	390822.3	222459.5	-30352.7	-365.82
Base	Comb6	-867.4	28736.98	537030.9	610799.6	-30352.7	-365.82
Base	Comb7	-859.59	27698.24	540435.6	761881.4	-29870.6	-290.09
Base	Comb8	-810.84	24758.08	550467.3	1189564	-26980.5	77.04
Base	Comb9	-867.4	28736.98	537030.9	610799.6	-30352.7	-365.82
Base	Comb10	-843.03	27266.91	542046.8	824641	-28907.7	-182.25
Base	Comb11	-835.21	26228.16	545451.5	975722.8	-28425.6	-106.52
Base	DCon1	-461.32	13469.99	395838.2	436300.9	-13378.7	-11.39
Base	DCon2	-751	24042.22	478500.2	810566.1	-25856.1	-134.94
Base	DCon3	-630.16	21018.02	420848.9	405112.5	-21231.7	-209.16
Base	DCon4	-605.15	17694.03	431743.8	888574.2	-19689	33.17
Base	DCon5	-401.67	12376.71	336566.1	253106.7	-11853.1	-70.35
Base	DCon6	-389.16	10714.71	342013.6	494837.6	-11081.8	50.82
Base	DCon7	-309.06	10321.28	249019.9	38748.23	-9371.94	-128.49
Base	DCon8	-284.06	6997.28	259914.9	522210	-7829.24	113.84
Base	Dead	-38.73	10291.45	276462.9	328862.9	2019	391.33
Base	Live	-80.56	8844.76	85090.19	307111.9	-1872.13	353.64

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	29.9	-931.34	4004.78	218856.8	1695.93	245.92
Base	WINDY	-10.36	670.67	-2753.3	-158303	-626.14	-118.95
Base	Comb1	-161.27	28512.79	535706.2	1201355	1339.92	1394.98
Base	Comb2	-221.08	30375.47	527696.6	763641.5	-2051.95	903.13
Base	Comb3	-24.31	13476.69	391052.8	679264.8	4522.53	793.79
Base	Comb4	-84.12	15339.37	383043.3	241551.2	1130.67	301.94
Base	Comb5	-166.45	28848.12	534329.5	1122203	1026.85	1335.5
Base	CombEnv Max	-24.31	30710.8	537082.8	1280507	4522.53	1454.45
Base	CombEnv Min	-226.26	13476.69	383043.3	241551.2	-2365.01	301.94
Base	Comb6	-226.26	30710.8	526320	684489.8	-2365.01	843.66
Base	Comb7	-215.9	30040.14	529073.3	842793.1	-1738.88	962.61
Base	Comb8	-156.09	28177.45	537082.8	1280507	1652.99	1454.45
Base	Comb9	-226.26	30710.8	526320	684489.8	-2365.01	843.66
Base	Comb10	-196.35	29779.46	530324.7	903346.6	-669.08	1089.58
Base	Comb11	-185.99	29108.8	533078	1061650	-42.95	1208.53
Base	DCon1	-54.22	14408.03	387048.1	460408	2826.6	547.86
Base	DCon2	-175.37	26501.36	467899.8	886014.5	-572.6	1035.43
Base	DCon3	-143.61	22267.57	412440.4	448462.1	-451.14	632.92
Base	DCon4	-110.46	20121.44	421251	955032.6	1552.49	1013.56
Base	DCon5	-54.76	12886.28	329552.9	267992.8	1921.89	374.44
Base	DCon6	-38.18	11813.21	333958.1	521278.1	2923.71	564.76
Base	DCon7	-51.43	10335.37	244411.3	42691.34	815.28	161.88
Base	DCon8	-18.28	8189.24	253221.9	549261.8	2818.92	542.52

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Dead	182.94	9439.52	277643.4	305925.6	12110.18	9.98
Base	Live	117.51	7780.14	86040.01	263615	6151.49	129.06
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	30.43	-1235.56	4387.13	183864	1746.63	278.06
Base	WINDY	-10.82	917.23	-3117	-136438	-653.09	-143.08
Base	Comb1	486.32	25205.99	539355.9	1060305	29158.41	511.42
Base	Comb2	425.47	27677.11	530581.6	692577.3	25665.16	-44.7
Base	Comb3	286.55	11979.76	393087.9	612159.9	18700.88	292.03
Base	Comb4	225.69	14450.88	384313.6	244431.9	15207.62	-264.09
Base	Comb5	480.91	25664.61	537797.4	992086.4	28831.87	439.88
Base	CombEnvMax	491.73	28135.73	540914.4	1128524	29484.96	582.96
Base	CombEnvMin	225.69	11979.76	384313.6	244431.9	15207.62	-264.09
Base	Comb6	420.05	28135.73	529023.1	624358.4	25338.61	-116.24
Base	Comb7	430.88	27218.5	532140.1	760796.2	25991.7	26.84
Base	Comb8	491.73	24747.38	540914.4	1128524	29484.96	582.96
Base	Comb9	420.05	28135.73	529023.1	624358.4	25338.61	-116.24
Base	Comb10	450.48	26900.17	533410.3	808222.4	27085.24	161.82
Base	Comb11	461.31	25982.94	536527.3	944660.2	27738.33	304.9
Base	DCon1	256.12	13215.32	388700.7	428295.9	16954.25	13.97
Base	DCon2	407.55	23775.64	470836.1	788894.7	24374.6	218.46
Base	DCon3	319.73	20575.12	414224.9	412425.2	19638.76	-87.9
Base	DCon4	354.36	17639.99	424199.3	849026.2	21728.65	369.95
Base	DCon5	210.87	12061.2	330678.5	257960.5	14009.74	-102.49
Base	DCon6	228.19	10593.64	335665.7	476261	15054.68	126.43

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon7	147.33	9963.13	244891.8	57032.58	9854.22	-219.94
Base	DCon8	181.96	7028	254866.3	493633.6	11944.1	237.9
Base	Dead	632.36	9171.5	259964.3	315749.6	27036.27	146.89
Base	Live	582.22	7689.49	81010.32	262967.1	19879.95	200.33
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	33.07	-1117.07	4093.49	169353	1821.92	185.85
Base	WINDY	-11.1	854.77	-2977.48	-129512	-669.29	-75.7
Base	Comb1	1908.15	24795.17	505761.1	1058447	73468.61	732.05
Base	Comb2	1842	27029.31	497574.1	719740.6	69824.77	360.36
Base	Comb3	918.38	11723.04	368043.5	611402.5	39672.7	391.5
Base	Comb4	852.23	13957.18	359856.5	272696.5	36028.86	19.8
Base	Comb5	1902.6	25222.56	504272.3	993690.5	73133.97	694.21
Base	CombEnvMax	1913.7	27456.7	507249.8	1123203	73803.26	769.9
Base	CombEnvMin	852.23	11723.04	359856.5	272696.5	36028.86	19.8
Base	Comb6	1836.45	27456.7	496085.3	654984.5	69490.12	322.51
Base	Comb7	1847.55	26601.93	499062.8	784496.6	70159.41	398.2
Base	Comb8	1913.7	24367.79	507249.8	1123203	73803.26	769.9
Base	Comb9	1836.45	27456.7	496085.3	654984.5	69490.12	322.51
Base	Comb10	1869.52	26339.63	500178.8	824337.5	71312.04	508.36
Base	Comb11	1880.63	25484.86	503156.3	953849.6	71981.34	584.05
Base	DCon1	885.31	12840.11	363950	442049.5	37850.78	205.65
Base	DCon2	1690.38	23308.99	441573.7	799646.9	64251.44	496.79
Base	DCon3	1323.29	20062.93	388203.5	434647.3	51252.6	255.48
Base	DCon4	1358.82	17327.66	397731.4	849086	53394.34	497.71

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon5	749.95	11689.62	309575.2	275289.9	31908.09	115.71
Base	DCon6	767.72	10321.99	314339.1	482509.2	32978.96	236.83
Base	DCon7	551.36	9621.99	229203.9	76955.3	23261.78	11.09
Base	DCon8	586.89	6886.72	238731.8	491394	25403.51	253.31
Base	Dead	-5103.03	4743.95	174954	192805.6	-54004.2	-327.89
Base	Live	-4324.48	3453.53	48231.4	133377.2	-48302.1	-303.92
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	6.25	-998	2250.62	163704.6	1293.28	203.95
Base	WINDY	1.67	786.57	-1740.01	-129184	-377.63	-70.78
Base	Comb1	-14489.6	11514.53	329179.5	660373.7	-156426	-771.75
Base	Comb2	-14502.1	13510.52	324678.3	332964.5	-159013	-1179.64
Base	Comb3	-7138	5643.53	247186.2	433632.5	-74312.7	-255.09
Base	Comb4	-7150.5	7639.52	242684.9	106223.3	-76899.2	-662.98
Base	Comb5	-14488.8	11907.81	328309.5	595781.7	-156615	-807.14
Base	CombEnvMax	-7138	13903.81	330049.5	724965.8	-74312.7	-255.09
Base	CombEnvMin	-14503	5643.53	242684.9	106223.3	-159202	-1215.03
Base	Comb6	-14501.3	13903.81	323808.3	268372.5	-159202	-1215.03
Base	Comb7	-14503	13117.24	325548.3	397556.6	-158824	-1144.25
Base	Comb8	-14490.5	11121.24	330049.5	724965.8	-156237	-736.36
Base	Comb9	-14501.3	13903.81	323808.3	268372.5	-159202	-1215.03
Base	Comb10	-14495	12905.81	326058.9	432077.1	-157908	-1011.09
Base	Comb11	-14496.7	12119.24	327798.9	561261.2	-157531	-940.31
Base	DCon1	-7144.25	6641.53	244935.5	269927.9	-75605.9	-459.04
Base	DCon2	-13042.8	11218.38	287115	444770.3	-142088	-879.73

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon3	-10445.5	10404.77	255392.1	158049.3	-113711	-810.63
Base	DCon4	-10450.8	7887.76	260960.1	571438.6	-112503	-584.12
Base	DCon5	-6122.31	6321.99	208552.7	128019.4	-65107.2	-450.09
Base	DCon6	-6124.98	5063.48	211336.7	334714.1	-64503	-336.84
Base	DCon7	-4590.06	5528.06	154674.6	-33169.6	-49208	-408.35
Base	DCon8	-4595.4	3011.04	160242.6	380219.7	-47999.6	-181.84
Base	Dead	5671.68	-4889.95	273756.4	-119513	58266.48	65.16
Base	Live	5231.89	-3331.31	74515.61	-123682	61637.23	-11.97
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-133.54	-1428.79	-5234.01	238148.3	-4318.36	20.55
Base	WINDY	88	977.96	3390.34	-162062	2743.62	39.89
Base	Comb1	16701.04	-13938	504701.5	-139428	182038	91.43
Base	Comb2	16968.12	-11080.4	515169.5	-615725	190674.7	50.33
Base	Comb3	7806.82	-8274.72	378024.9	70830.68	77254.71	111.78
Base	Comb4	8073.9	-5417.14	388492.9	-405466	85891.43	70.68
Base	Comb5	16745.04	-13449	506396.6	-220459	183409.8	111.38
Base	CombEnv Max	17012.12	-5417.14	516864.6	70830.68	192046.5	111.78
Base	CombEnv Min	7806.82	-14426.9	378024.9	-696756	77254.71	30.39
Base	Comb6	17012.12	-10591.4	516864.6	-696756	192046.5	70.28
Base	Comb7	16924.12	-11569.4	513474.3	-534694	189302.9	30.39
Base	Comb8	16657.04	-14426.9	503006.3	-58397.2	180666.2	71.48
Base	Comb9	17012.12	-10591.4	516864.6	-696756	192046.5	70.28
Base	Comb10	16878.58	-12020.2	511630.6	-458608	187728.2	90.83
Base	Comb11	16790.58	-12998.1	508240.3	-296545	184984.6	50.93

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon1	7940.36	-6845.93	383258.9	-167318	81573.07	91.23
Base	DCon2	15177.05	-11198	447732.6	-341306	168539.3	59.05
Base	DCon3	12178.71	-7634.53	408447.8	-526397	135946.8	130.05
Base	DCon4	11897.12	-10764	397598.7	-7797.15	127167.2	2.4
Base	DCon5	6876.42	-5085.58	331219.9	-273065	72114.67	110.11
Base	DCon6	6735.62	-6650.31	325795.4	-13765.2	67724.88	46.28
Base	DCon7	5245.31	-2836.23	251805.3	-366861	56829.63	122.48
Base	DCon8	4963.72	-5965.69	240956.2	151738.4	48050.03	-5.18
Base	Dead	-4206.14	-10118	245325.6	-235448	-83219	-638.78
Base	Live	-4202.44	-8194.51	72995.66	-249862	-74936.6	-1025.08
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-45.36	-1682.49	-8145.18	237980.1	-3373.11	240.9
Base	WINDY	27.18	1165.61	5374.32	-164443	2091.93	-134.17
Base	Comb1	-13078.1	-29778.4	459403.3	-516412	-247272	-2396.02
Base	Comb2	-12987.4	-26413.4	475693.7	-992372	-240526	-2877.82
Base	Comb3	-5933.95	-15847.7	335310.7	-91647.1	-119880	-653.39
Base	Comb4	-5843.24	-12482.7	351601.1	-567607	-113133	-1135.2
Base	Comb5	-13064.5	-29195.6	462090.5	-598634	-246226	-2463.11
Base	CombEnveMax	-5843.24	-12482.7	478380.9	-91647.1	-113133	-653.39
Base	CombEnveMin	-13091.7	-30361.2	335310.7	-1074594	-248318	-2944.91
Base	Comb6	-12973.8	-25830.6	478380.9	-1074594	-239480	-2944.91
Base	Comb7	-13001	-26996.2	473006.5	-910151	-241572	-2810.74
Base	Comb8	-13091.7	-30361.2	456716.2	-434190	-248318	-2328.94
Base	Comb9	-12973.8	-25830.6	478380.9	-1074594	-239480	-2944.91

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb10	-13019.2	-27513.1	470235.7	-836614	-242853	-2704.01
Base	Comb11	-13046.3	-28678.7	464861.3	-672171	-244945	-2569.84
Base	DCon1	-5888.59	-14165.2	343455.9	-329627	-116507	-894.3
Base	DCon2	-11771.3	-25252.8	411183.8	-682316	-219761	-2406.66
Base	DCon3	-9206.32	-18471.1	375985.3	-795508	-171452	-2006.29
Base	DCon4	-9293.3	-22201.1	358787.5	-269290	-178147	-1576.94
Base	DCon5	-5025.62	-11209.1	298690.2	-414092	-98189.2	-873.88
Base	DCon6	-5069.11	-13074.1	290091.3	-150983	-101536	-659.2
Base	DCon7	-3742.03	-7241.23	229392	-475012	-71550	-789.58
Base	DCon8	-3829.02	-10971.2	212194.2	51205.64	-78244.2	-360.23
Base	Dead	2857.84	-9984.85	244640	-264826	38404.34	584.66
Base	Live	3263.74	-8181.92	72204.12	-262425	40763.04	1105.75
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-58.28	-1579.61	-6080.35	220107.8	-2627.98	296.89
Base	WINDY	35.93	1110.45	4082.14	-154956	1540.62	-144.76
Base	Comb1	9491.06	-29467.7	459162.6	-596771	120435.3	2995.18
Base	Comb2	9607.61	-26308.4	471323.3	-1036986	125691.2	2401.4
Base	Comb3	3942.7	-15558.4	336415.6	-150648	51138.1	1115.41
Base	Comb4	4059.25	-12399.2	348576.3	-590864	56394.05	521.63
Base	Comb5	9509.02	-28912.4	461203.7	-674249	121205.6	2922.8
Base	CombEnvMax	9625.57	-12399.2	473364.4	-150648	126461.5	3067.56
Base	CombEnv Min	3942.7	-30022.9	336415.6	-1114464	51138.1	521.63
Base	Comb6	9625.57	-25753.2	473364.4	-1114464	126461.5	2329.02
Base	Comb7	9589.64	-26863.7	469282.2	-959508	124920.9	2473.78

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb8	9473.09	-30022.9	457121.5	-519293	119665	3067.56
Base	Comb9	9625.57	-25753.2	473364.4	-1114464	126461.5	2329.02
Base	Comb10	9567.3	-27332.8	467284	-894356	123833.6	2625.91
Base	Comb11	9531.37	-28443.3	463201.9	-739401	122292.9	2770.67
Base	DCon1	4000.98	-13978.8	342495.9	-370756	53766.07	818.52
Base	DCon2	8651.39	-25072.9	409094.5	-737671	111306.1	2470.78
Base	DCon3	6750.64	-18387	372303.5	-828145	89313.24	1575.72
Base	DCon4	6635.66	-21940.5	359240.6	-332287	84383.26	2038.96
Base	DCon5	3458.16	-11093.5	296833.7	-441756	47317.7	585.78
Base	DCon6	3400.67	-12870.2	290302.2	-193826	44852.71	817.4
Base	DCon7	2629.55	-7209.64	226707.4	-486272	37028.9	294.57
Base	DCon8	2514.57	-10763.1	213644.5	9585.94	32098.91	757.81
Base	Dead	-336.88	-9217.51	293386.2	-255099	-5518.11	-890.94
Base	Live	-604.45	-7777.52	91607.35	-251405	-13214.2	-758.65
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-47.69	-1410.92	-4933.4	201406	-2301.02	261.42
Base	WINDY	26.27	1018.75	3449.29	-145240	1281.21	-131.32
Base	Comb1	-1546.89	-27537.2	561539.7	-583121	-32490.5	-2275.61
Base	Comb2	-1451.5	-24715.4	571406.5	-985933	-27888.5	-2798.45
Base	Comb3	-519.32	-14315.4	405807.2	-155732	-10026.4	-985.9
Base	Comb4	-423.93	-11493.6	415674	-558544	-5424.34	-1508.75
Base	Comb5	-1533.75	-27027.8	563264.4	-655741	-31849.9	-2341.27
Base	CombEnve Max	-423.93	-11493.6	573131.2	-155732	-5424.34	-985.9
Base	CombEnveMin	-1560.02	-28046.6	405807.2	-1058553	-33131.1	-2864.11

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb6	-1438.37	-24206	573131.2	-1058553	-27247.9	-2864.11
Base	Comb7	-1464.64	-25224.8	569681.9	-913313	-28529.1	-2732.79
Base	Comb8	-1560.02	-28046.6	559815.1	-510501	-33131.1	-2209.95
Base	Comb9	-1438.37	-24206	573131.2	-1058553	-27247.9	-2864.11
Base	Comb10	-1486.06	-25616.9	568197.8	-857147	-29548.9	-2602.69
Base	Comb11	-1512.33	-26635.7	564748.5	-711907	-30830.1	-2471.37
Base	DCon1	-471.63	-12904.5	410740.6	-357138	-7725.36	-1247.32
Base	DCon2	-1371.37	-23505	498635.2	-708367	-27764.4	-2282.98
Base	DCon3	-966.68	-17208.5	449189.6	-789907	-17786	-2037.9
Base	DCon4	-1050.73	-20468.5	438151.9	-325140	-21885.9	-1617.67
Base	DCon5	-383.24	-10246	354822.8	-422310	-5596.77	-1174.19
Base	DCon6	-425.26	-11876	349304	-189927	-7646.7	-964.08
Base	DCon7	-261.16	-6665.76	269566.4	-461972	-2916.37	-1011.96
Base	DCon8	-345.21	-9925.75	258528.7	2794.91	-7016.23	-591.74
Base	Dead	164.49	-9077.22	293278.5	-246497	10149.36	81.55
Base	Live	102.16	-7564	91119.75	-246151	3916.47	135.2
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-45.63	-1235.86	-4470.66	185891	-2057.63	237.55
Base	WINDY	25.37	916.38	3210.48	-137637	1127.33	-110.42
Base	Comb1	358.32	-26802.8	561022.8	-577662	18809.47	581.55
Base	Comb2	449.58	-24331.1	569964.1	-949444	22924.73	106.45
Base	Comb3	184.65	-13944	406119.2	-159205	12151.47	351.72
Base	Comb4	275.91	-11472.3	415060.5	-530987	16266.73	-123.38
Base	Comb5	371	-26344.6	562628	-646480	19373.13	526.34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	CombEnvMax	462.26	-11472.3	571569.3	-159205	23488.4	636.76
Base	CombEnvMin	184.65	-27261	406119.2	-1018262	12151.47	-123.38
Base	Comb6	462.26	-23872.9	571569.3	-1018262	23488.4	51.24
Base	Comb7	436.89	-24789.2	568358.9	-880626	22361.07	161.66
Base	Comb8	345.64	-27261	559417.5	-508844	18245.8	636.76
Base	Comb9	462.26	-23872.9	571569.3	-1018262	23488.4	51.24
Base	Comb10	416.63	-25108.7	567098.7	-832371	21430.76	288.79
Base	Comb11	391.27	-26025.1	563888.2	-694735	20303.43	399.21
Base	DCon1	230.28	-12708.1	410589.9	-345096	14209.1	114.17
Base	DCon2	360.84	-22995.1	497725.8	-689639	18445.58	314.17
Base	DCon3	340.13	-16990.5	448190.7	-762166	17899.42	56.38
Base	DCon4	258.96	-19922.9	437917.1	-321729	14291.97	409.73
Base	DCon5	217.68	-10159.6	354502.5	-405906	13081.09	9.52
Base	DCon6	177.09	-11625.8	349365.8	-185688	11277.36	186.2
Base	DCon7	188.63	-6703.3	269087.4	-442066	10938.15	-103.28
Base	DCon8	107.45	-9635.71	258813.8	-1629.24	7330.69	250.07
Base	Dead	203.32	-9027.51	275536.3	-239965	16774.74	-401.86
Base	Live	298.74	-7479.8	85627.04	-244187	12197.85	-290.06
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-17.44	-1126.49	-4184.77	171700	-1207.36	226.36
Base	WINDY	4.21	861.06	3065.61	-130990	504.7	-109.63
Base	Comb1	775.07	-26480.7	527132	-579369	43013.61	-829.35
Base	Comb2	809.95	-24227.7	535501.5	-922769	45428.34	-1282.06
Base	Comb3	267.21	-13765	381566	-164251	22277.27	-336.25

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb4	302.09	-11512	389935.5	-507651	24691.99	-788.96
Base	Comb5	777.17	-26050.1	528664.8	-644864	43265.96	-884.17
Base	CombEnv Max	812.05	-11512	537034.3	-164251	45680.69	-336.25
Base	CombEnvMin	267.21	-26911.2	381566	-988264	22277.27	-1336.88
Base	Comb6	812.05	-23797.1	537034.3	-988264	45680.69	-1336.88
Base	Comb7	807.85	-24658.2	533968.7	-857273	45175.99	-1227.25
Base	Comb8	772.97	-26911.2	525599.2	-513873	42761.26	-774.53
Base	Comb9	812.05	-23797.1	537034.3	-988264	45680.69	-1336.88
Base	Comb10	794.61	-24923.6	532849.5	-816564	44473.32	-1110.52
Base	Comb11	790.41	-25784.7	529783.9	-685573	43968.62	-1000.89
Base	DCon1	284.65	-12638.5	385750.8	-335951	23484.63	-562.61
Base	DCon2	721.97	-22800.7	467646.8	-678657	39646.24	-946.33
Base	DCon3	549.46	-16935.1	421175.5	-741730	33135.05	-947.71
Base	DCon4	536	-19690.5	411365.6	-322560	31520.01	-596.88
Base	DCon5	247.35	-10144.2	333096	-392751	20533.44	-569.94
Base	DCon6	240.62	-11521.9	328191	-183166	19725.92	-394.53
Base	DCon7	189.72	-6747.05	252887.6	-425553	15904.78	-537.09
Base	DCon8	176.26	-9502.46	243077.6	-6384.02	14289.74	-186.26
Base	Dead	-4676.83	-4138.68	174360.2	-78251.5	-59602.7	1076.06
Base	Live	-4170.19	-3070.24	48532.94	-103119	-55143.7	1277.16
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	9.26	-923.05	-1980.6	159812.6	-168.99	252.69
Base	WINDY	-13.59	726.07	1483.09	-125718	-241.96	-120.38
Base	Comb1	-13627.6	-11936.6	324629.6	-125042	-177357	3930.35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb2	-13646.1	-10090.5	328590.8	-444667	-177019	3424.97
Base	Comb3	-6538.3	-6717.2	242123.6	50260.56	-83612.8	1759.17
Base	Comb4	-6556.82	-4871.11	246084.8	-269365	-83274.8	1253.8
Base	Comb5	-13634.4	-11573.6	325371.2	-187901	-177478	3870.16
Base	CombEnvMax	-6538.3	-4871.11	329332.4	50260.56	-83274.8	3990.54
Base	CombEnvMin	-13652.9	-12299.7	242123.6	-507526	-177478	1253.8
Base	Comb6	-13652.9	-9727.48	329332.4	-507526	-177140	3364.78
Base	Comb7	-13639.4	-10453.6	327849.3	-381808	-176898	3485.16
Base	Comb8	-13620.8	-12299.7	323888.1	-62183.1	-177236	3990.54
Base	Comb9	-13652.9	-9727.48	329332.4	-507526	-177140	3364.78
Base	Comb10	-13643.7	-10650.5	327351.8	-347714	-177309	3617.47
Base	Comb11	-13630.1	-11376.6	325868.7	-221996	-177067	3737.85
Base	DCon1	-6547.56	-5794.16	244104.2	-109552	-83443.8	1506.48
Base	DCon2	-12284.5	-9878.8	286884.9	-258892	-159753	3334.73
Base	DCon3	-9804.13	-6874.94	260138.1	-398170	-127054	2375.83
Base	DCon4	-9760.64	-9198.38	255392.2	4127.71	-126280	2761.04
Base	DCon5	-5623.07	-4385.56	210418.7	-194476	-71716.8	1194.97
Base	DCon6	-5601.32	-5547.28	208045.7	6672.58	-71329.7	1387.57
Base	DCon7	-4230.89	-2563.09	159297.1	-271575	-54029.6	775.85
Base	DCon8	-4187.4	-4886.53	154551.2	130722.3	-53255.3	1161.06
Base	Dead	1960.01	-815.98	138251.8	-31276.5	4850.08	2302.97
Base	Live	1631.85	54.94	33578.99	-29158.1	9350.64	2513.11
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-54.9	-1022.57	7227.83	247117.5	-3102.9	-18.78

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	WINDY	27.99	703.06	-4702.29	-167941	1583.48	74.6
Base	Comb1	5463.26	-2071.56	257864.6	153761.6	19583.31	7477.65
Base	Comb2	5573.07	-26.41	243408.9	-340473	25789.11	7515.22
Base	Comb3	2689.12	-2164.95	200780.3	203330.4	3687.22	3205.37
Base	Comb4	2798.92	-119.8	186324.6	-290905	9893.02	3242.94
Base	Comb5	5477.26	-1720.03	255513.4	69791.17	20375.05	7514.95
Base	CombEnv Max	5587.06	325.12	260215.7	237732.1	26580.85	7552.52
Base	CombEnvMin	2689.12	-2423.09	186324.6	-424444	3687.22	3205.37
Base	Comb6	5587.06	325.12	241057.8	-424444	26580.85	7552.52
Base	Comb7	5559.07	-377.94	245760.1	-256503	24997.37	7477.92
Base	Comb8	5449.27	-2423.09	260215.7	237732.1	18791.57	7440.35
Base	Comb9	5587.06	325.12	241057.8	-424444	26580.85	7552.52
Base	Comb10	5532.16	-697.45	248285.6	-177326	23477.95	7533.73
Base	Comb11	5504.17	-1400.51	252987.9	-9385.41	21894.47	7459.14
Base	DCon1	2744.02	-1142.38	193552.5	-43787.1	6790.12	3224.15
Base	DCon2	4962.98	-891.28	219628.5	-84184.8	20781.13	6784.53
Base	DCon3	4028.65	200.65	191957.4	-335395	17704.31	5396.02
Base	DCon4	3939.09	-2049.14	207004.8	202015.6	12637.18	5157.31
Base	DCon5	2374.4	-416.73	162140.3	-171885	7086.89	2823.24
Base	DCon6	2329.62	-1541.63	169663.9	96820.97	4553.32	2703.88
Base	DCon7	1808.79	390.51	116902.9	-296854	6898.65	2192.02
Base	DCon8	1719.23	-1859.28	131950.2	240556.7	1831.51	1953.32
Base	Dead	-1827.97	-1491.32	119119.6	-7979.61	-41850.1	-758.92
Base	Live	-1933.31	141.88	27508.37	-23044.5	-36007.1	-580.92

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-112.54	-1405.63	-1983.33	258492.2	-5079.39	1296.29
Base	WINDY	65.65	977.08	1310.17	-178223	2879.86	-818.22
Base	Comb1	-5958.32	-3252.29	211548.4	208145.2	-124882	-753.75
Base	Comb2	-5733.25	-441.03	215515	-308839	-114723	-3346.33
Base	Comb3	-2671.69	-3493.48	164784.1	247320.8	-63669.5	233.81
Base	Comb4	-2446.62	-682.22	168750.8	-269664	-53510.7	-2358.77
Base	Comb5	-5925.5	-2763.75	212203.5	119033.7	-123442	-1162.86
Base	CombEnvMax	-2446.62	47.51	216170.1	297256.6	-53510.7	233.81
Base	CombEnvMin	-5991.14	-3740.83	164784.1	-397951	-126322	-3755.43
Base	Comb6	-5700.43	47.51	216170.1	-397951	-113283	-3755.43
Base	Comb7	-5766.07	-929.57	214860	-219728	-116163	-2937.22
Base	Comb8	-5991.14	-3740.83	210893.3	297256.6	-126322	-344.64
Base	Comb9	-5700.43	47.51	216170.1	-397951	-113283	-3755.43
Base	Comb10	-5812.96	-1358.12	214186.8	-139459	-118362	-2459.15
Base	Comb11	-5878.61	-2335.2	212876.6	38764.4	-121242	-1640.93
Base	DCon1	-2559.15	-2087.85	166767.5	-11171.5	-58590.1	-1062.48
Base	DCon2	-5286.86	-1562.58	186956.9	-46446.7	-107831	-1840.16
Base	DCon3	-4021.84	-84.38	172548.2	-317777	-81619.4	-2800.76
Base	DCon4	-4231.91	-3211.04	168355.6	252536.7	-90835	-182.47
Base	DCon5	-2141.04	-1007.92	143991.7	-152154	-47916.2	-1565.27
Base	DCon6	-2246.08	-2571.25	141895.4	133002.8	-52523.9	-256.13
Base	DCon7	-1540.14	221.13	109303.9	-292338	-33057.3	-1992.17
Base	DCon8	-1750.2	-2905.52	105111.4	277975.1	-42272.8	626.12

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Dead	2229.88	-662.66	94725.57	-31522.5	23374.05	2352.75
Base	Live	1500.53	368.04	20483.79	-26017	12605.16	1705.25
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-5.81	-1352.91	-3272.97	247530.6	-4422.49	1532.72
Base	WINDY	-5.57	957.88	2283.87	-173318	2350.6	-969.85
Base	Comb1	5666.92	-1654.97	164165.3	159170.1	49729.95	7725.5
Base	Comb2	5678.55	1050.86	170711.2	-335891	58574.92	4660.06
Base	Comb3	3116.02	-2280.63	129342.8	203399.1	28301.18	4826.56
Base	Comb4	3127.65	425.19	135888.8	-291662	37146.15	1761.12
Base	Comb5	5664.14	-1176.02	165307.2	72511.13	50905.25	7240.57
Base	CombEnv Max	5681.33	1529.8	171853.2	245829.1	59750.22	8210.42
Base	CombEnvMin	3116.02	-2280.63	129342.8	-422550	28301.18	1761.12
Base	Comb6	5675.77	1529.8	171853.2	-422550	59750.22	4175.13
Base	Comb7	5681.33	571.91	169569.3	-249232	57399.63	5144.98
Base	Comb8	5669.71	-2133.91	163023.3	245829.1	48554.65	8210.42
Base	Comb9	5675.77	1529.8	171853.2	-422550	59750.22	4175.13
Base	Comb10	5669.95	176.89	168580.2	-175019	55327.74	5707.85
Base	Comb11	5675.52	-781	166296.3	-1701.49	52977.14	6677.7
Base	DCon1	3121.83	-927.72	132615.8	-44131.5	32723.66	3293.84
Base	DCon2	5076.71	-206.33	146444.8	-79454.3	48217.11	5551.7
Base	DCon3	4167.48	1105.46	137808.7	-341153	44414.97	2976.79
Base	DCon4	4185.3	-1959.76	130500.3	213464.7	36893.06	6080.31
Base	DCon5	2671.4	-28.88	115497.8	-176481	29929.33	2047.41
Base	DCon6	2680.31	-1561.49	111843.6	100827.4	26168.38	3599.18

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon7	1997.98	936.22	88907.2	-305679	24797.6	565.71
Base	DCon8	2015.8	-2129	81598.82	248938.5	17275.69	3669.23
Base	Dead	-393.41	-585.08	153293.4	-32879.7	-6200.49	-740.09
Base	Live	-456.16	115.12	39318.66	-42987.4	-10611.2	-587.85
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-104.84	-926.75	6439.13	219236.9	-4811.03	284.45
Base	WINDY	55.37	672.17	-4478	-157947	2566.62	-144.19
Base	Comb1	-1431.08	-1550.17	287891.6	100126.7	-31530.7	-1751.02
Base	Comb2	-1221.4	303.34	275013.3	-338347	-21908.6	-2319.93
Base	Comb3	-655.61	-1745.86	221049.9	173205.3	-13491.7	-751.68
Base	Comb4	-445.93	107.64	208171.6	-265268	-3869.65	-1320.58
Base	Comb5	-1403.4	-1214.08	285652.6	21153.32	-30247.4	-1823.12
Base	CombEnv Max	-445.93	639.42	290130.6	179100	-3869.65	-751.68
Base	CombEnvMin	-1458.77	-1886.25	208171.6	-417320	-32814	-2392.02
Base	Comb6	-1193.72	639.42	272774.3	-417320	-20625.3	-2392.02
Base	Comb7	-1249.08	-32.75	277252.3	-259374	-23191.9	-2247.83
Base	Comb8	-1458.77	-1886.25	290130.6	179100	-32814	-1678.93
Base	Comb9	-1193.72	639.42	272774.3	-417320	-20625.3	-2392.02
Base	Comb10	-1298.56	-287.33	279213.5	-198084	-25436.3	-2107.57
Base	Comb11	-1353.92	-959.5	283691.5	-40136.9	-28003	-1963.38
Base	DCon1	-550.77	-819.11	214610.7	-46031.6	-8680.68	-1036.13
Base	DCon2	-1201.94	-517.91	246861.9	-108236	-24418.4	-1828.67
Base	DCon3	-839.66	488.49	216105.9	-335158	-13945.2	-1706.67
Base	DCon4	-1016.84	-1662.45	230435.5	170271.7	-22158.3	-1245.26

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon5	-427.79	-164.36	180369.7	-165813	-5387.28	-1003.46
Base	DCon6	-516.38	-1239.83	187534.5	86901.74	-9493.88	-772.76
Base	DCon7	-265.48	548.9	130799.3	-282306	-1473.84	-896.79
Base	DCon8	-442.65	-1602.04	145128.8	223123	-9687.03	-435.38
Base	Dead	164.93	-624.15	153324.7	-31605.6	10582.94	29.56
Base	Live	77.34	130.54	39169.31	-43935.8	3448.85	127.65
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-84.61	-838.92	6434.38	200260.6	-4014.56	261.34
Base	WINDY	43.23	625.49	-4584.07	-148128	2062.48	-113.91
Base	Comb1	277.76	-1490.82	287676.8	81321.91	16664.61	519.72
Base	Comb2	446.98	187.02	274808.1	-319199	24693.72	-2.95
Base	Comb3	146.29	-1712.73	221089	156012.8	10801.56	302.72
Base	Comb4	315.51	-34.89	208220.2	-244508	18830.67	-219.96
Base	Comb5	299.37	-1178.07	285384.8	7257.76	17695.85	462.77
Base	CombEnvMax	468.6	499.77	289968.9	156012.8	25724.96	576.68
Base	CombEnvMin	146.29	-1803.56	208220.2	-393263	10801.56	-219.96
Base	Comb6	468.6	499.77	272516	-393263	25724.96	-59.91
Base	Comb7	425.37	-125.72	277100.1	-245135	23662.48	54
Base	Comb8	256.14	-1803.56	289968.9	155386.1	15633.37	576.68
Base	Comb9	468.6	499.77	272516	-393263	25724.96	-59.91
Base	Comb10	383.98	-339.15	278950.4	-193003	21710.4	201.43
Base	Comb11	340.76	-964.64	283534.5	-44874.5	19647.93	315.34
Base	DCon1	230.9	-873.81	214654.6	-44247.8	14816.12	41.38
Base	DCon2	321.65	-540.12	246660.6	-108224	18217.69	239.71

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon3	344.41	382.34	215824.5	-318868	19448.34	-19.14
Base	DCon4	206.09	-1619.23	230493.5	155142.8	12848.42	345.38
Base	DCon5	232.49	-248.59	180322.4	-156429	14349.51	-55.66
Base	DCon6	163.33	-1249.37	187656.9	80575.98	11049.55	126.6
Base	DCon7	217.6	439.05	130657.7	-265450	12824.61	-155.65
Base	DCon8	79.27	-1562.52	145326.8	208560.3	6224.69	208.86
Base	Dead	445.64	-597	145976.3	-23504.2	22934.21	-272.02
Base	Live	352.87	115.96	37135.22	-42732.1	13728.79	-124.41
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-68.35	-757.62	5886.76	186355.8	-3303.94	263.78
Base	WINDY	31.09	582.68	-4295.7	-142041	1563.88	-136.68
Base	Comb1	1155.44	-1396.29	273383.4	80805.34	52142.88	-328.55
Base	Comb2	1292.14	118.95	261609.9	-291906	58750.77	-856.11
Base	Comb3	555.55	-1593.42	210253.5	153450	28803.95	-117.05
Base	Comb4	692.25	-78.18	198480	-219262	35411.84	-644.62
Base	Comb5	1170.98	-1104.95	271235.5	9784.81	52924.83	-396.89
Base	CombEnv Max	1307.68	410.29	275531.2	153450	59532.71	-117.05
Base	CombEnvMin	555.55	-1687.63	198480	-362927	28803.95	-924.45
Base	Comb6	1307.68	410.29	259462	-362927	59532.71	-924.45
Base	Comb7	1276.59	-172.39	263757.7	-220886	57968.83	-787.77
Base	Comb8	1139.89	-1687.63	275531.2	151825.9	51360.94	-260.21
Base	Comb9	1307.68	410.29	259462	-362927	59532.71	-924.45
Base	Comb10	1239.33	-347.33	265348.8	-176571	56228.77	-660.67
Base	Comb11	1208.24	-930.01	269644.5	-34530	54664.89	-523.99

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon1	623.9	-835.8	204366.8	-32905.9	32107.89	-380.83
Base	DCon2	1099.37	-530.86	234587.9	-96576.4	49487.11	-525.49
Base	DCon3	937.39	331.85	205433.6	-298203	43752.05	-669.52
Base	DCon4	837.9	-1532.73	219179.9	156328.6	38747.62	-232.15
Base	DCon5	559.65	-250.25	171734.9	-141838	28772.16	-435.77
Base	DCon6	509.9	-1182.55	178608.1	85427.83	26269.94	-217.09
Base	DCon7	450.83	394.99	124505.5	-248419	23143	-463.51
Base	DCon8	351.33	-1469.59	138251.8	206111.9	18138.57	-26.14
Base	Dead	-1317.22	-886.28	118252.9	11408.89	4004.71	-1625.98
Base	Live	-957.56	-68.78	28464.34	-22154.6	-1396.48	-777.38
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-87.93	-698.16	6587.9	167808.8	-3609.51	190.04
Base	WINDY	53.51	555.88	-4928.4	-131909	1964.88	-53.09
Base	Comb1	-3559.9	-2055.87	220531.4	146118.5	-376.93	-3407.89
Base	Comb2	-3384.03	-659.54	207355.6	-189499	6842.1	-3787.97
Base	Comb3	-1932.04	-1938.95	172142	183781.3	1997.08	-2086.34
Base	Comb4	-1756.17	-542.62	158966.2	-151836	9216.11	-2466.41
Base	Comb5	-3533.14	-1777.93	218067.2	80163.75	605.51	-3434.44
Base	CombEnv Max	-1756.17	-381.6	222995.6	212073.2	9216.11	-2086.34
Base	CombEnv Min	-3586.65	-2333.81	158966.2	-255454	-1359.37	-3814.51
Base	Comb6	-3357.27	-381.6	204891.4	-255454	7824.54	-3814.51
Base	Comb7	-3410.78	-937.48	209819.8	-123544	5859.66	-3761.42
Base	Comb8	-3586.65	-2333.81	222995.6	212073.2	-1359.37	-3381.35
Base	Comb9	-3357.27	-381.6	204891.4	-255454	7824.54	-3814.51

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb10	-3445.21	-1079.77	211479.3	-87645.1	4215.02	-3624.47
Base	Comb11	-3498.72	-1635.64	216407.7	44264.38	2250.15	-3571.38
Base	DCon1	-1844.11	-1240.79	165554.1	15972.44	5606.59	-2276.38
Base	DCon2	-3112.76	-1173.57	187446.5	-21756.7	2571.29	-3194.99
Base	DCon3	-2452.61	-242.91	162482.4	-219519	6552.98	-2813.5
Base	DCon4	-2623.84	-2021.71	178253.3	202591.2	265.37	-2643.62
Base	DCon5	-1537.85	-618.83	137960.8	-91836.9	6377.55	-1993.65
Base	DCon6	-1623.47	-1508.23	145846.3	119218.2	3233.75	-1908.71
Base	DCon7	-1099.88	91.75	98542.21	-200787	6748.04	-1548.33
Base	DCon8	-1271.11	-1687.05	114313.1	221323.1	460.44	-1378.44
Base	Dead	5302.57	22.74	80095.51	38034.05	98676.2	10704.27
Base	Live	1157.08	175.21	15838.3	-1584.45	18154.77	2849.53
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	441.82	-536.37	11389.09	289302.5	7396.37	7364.47
Base	WINDY	-325.69	372.3	-7622.31	-198625	-6540.39	-4877.1
Base	Comb1	9832.45	-206.67	150447.9	339856.6	176406.2	27194.65
Base	Comb2	8948.82	866.07	127669.7	-238748	161613.4	12465.71
Base	Comb3	7865.41	-504.54	123522.8	342550.1	145543	22350.45
Base	Comb4	6981.77	568.2	100744.6	-236055	130750.3	7621.5
Base	Comb5	9669.61	-20.53	146636.8	240544.3	173136	24756.1
Base	CombEnvMax	9995.3	1052.21	154259.1	439168.8	179676.4	29633.2
Base	CombEnvMin	6981.77	-504.54	100744.6	-338061	130750.3	7621.5
Base	Comb6	8785.97	1052.21	123858.6	-338061	158343.2	10027.16
Base	Comb7	9111.66	679.92	131480.9	-139436	164883.6	14904.26

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb8	9995.3	-392.82	154259.1	439168.8	179676.4	29633.2
Base	Comb9	8785.97	1052.21	123858.6	-338061	158343.2	10027.16
Base	Comb10	9227.79	515.84	135247.7	-48758.2	165739.6	17391.63
Base	Comb11	9553.48	143.55	142870	149866.4	172280	22268.73
Base	DCon1	7423.59	31.83	112133.7	53247.67	138146.7	14985.97
Base	DCon2	8214.41	307.63	121455.9	43105.73	147459.1	17404.37
Base	DCon3	6999.05	798.17	99757.23	-273743	126101.6	7891.29
Base	DCon4	8041.27	-393.18	124148.6	361855.7	147030.8	23498.02
Base	DCon5	6102.52	325.12	90016.77	-113259	113179.1	8943.44
Base	DCon6	6623.63	-270.55	102212.5	204540.5	123643.8	16746.8
Base	DCon7	4251.2	616.14	59890.27	-283569	78343.95	1830.48
Base	DCon8	5293.42	-575.21	84281.65	352029.9	99273.2	17437.21
Base	Dead	-1280.74	-86.82	62762.64	38051.14	15306.78	1709.99
Base	Live	-304.6	90.13	11091.31	4855.53	393.51	283.78
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-28.69	-937.76	13312.59	297660.2	-13862.8	4329.88
Base	WINDY	11.01	665.53	-8828.61	-208371	8444.26	-2921.81
Base	Comb1	-2339.55	-906.08	120035.5	359186.2	8235.65	7206.3
Base	Comb2	-2282.17	969.44	93410.33	-236134	35961.28	-1453.47
Base	Comb3	-1821.73	-1059.3	101180.3	350931.8	7566.68	6723.87
Base	Comb4	-1764.35	816.22	74555.1	-244389	35292.31	-1935.9
Base	Comb5	-2334.04	-573.32	115621.2	255000.8	12457.78	5745.4
Base	CombEnv Max	-1764.35	1302.2	124449.8	463371.7	40183.41	8667.2
Base	CombEnvMin	-2345.05	-1238.85	74555.1	-340320	4013.52	-2914.37

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb6	-2276.66	1302.2	88996.02	-340320	40183.41	-2914.37
Base	Comb7	-2287.67	636.67	97824.63	-131949	31739.15	7.44
Base	Comb8	-2345.05	-1238.85	124449.8	463371.7	4013.52	8667.2
Base	Comb9	-2276.66	1302.2	88996.02	-340320	40183.41	-2914.37
Base	Comb10	-2305.35	364.44	102308.6	-42659.5	26320.59	1415.51
Base	Comb11	-2316.36	-301.09	111137.2	165711.4	17876.33	4337.32
Base	DCon1	-1793.04	-121.54	87867.69	53271.6	21429.5	2393.99
Base	DCon2	-2024.25	40.03	93061.26	53430.22	18997.76	2506.04
Base	DCon3	-1823.88	1050.8	72280.69	-282877	32272.46	-2339.12
Base	DCon4	-1859.1	-1078.9	100532.3	383910.3	5250.84	7010.66
Base	DCon5	-1528.09	428.25	68252.27	-121035	25123.55	-285.46
Base	DCon6	-1545.7	-636.6	82378.06	212358.1	11612.73	4389.43
Base	DCon7	-1135.06	986.72	42360.59	-299147	27286.92	-3135.9
Base	DCon8	-1170.28	-1142.99	70612.15	367639.5	265.29	6213.88
Base	Dead	-204.52	-1334.79	2438.87	12307.13	23460.74	1958.25
Base	Live	285.15	-87.64	369.81	-10243.6	18053.09	873.97
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-140.62	-1294.86	142.21	78404.71	-5831.36	2508.94
Base	WINDY	94.05	1032.58	-109.33	-62542	3830.31	-1970.08
Base	Comb1	57.81	-3312.54	4185.31	78220.58	57703.93	6736.25
Base	Comb2	339.04	-722.82	3900.88	-78588.9	69366.66	1718.37
Base	Comb3	-426.95	-3163.56	3556.63	95634.69	27013.68	5250.5
Base	Comb4	-145.72	-573.84	3272.21	-61174.7	38676.41	232.61
Base	Comb5	104.83	-2796.25	4130.64	46949.6	59619.08	5751.22

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	CombEnv Max	386.06	-206.53	4239.98	109491.6	71281.81	7721.29
Base	CombEnvMin	-426.95	-3828.83	3272.21	-109860	27013.68	232.61
Base	Comb6	386.06	-206.53	3846.21	-109860	71281.81	733.33
Base	Comb7	292.01	-1239.11	3955.55	-47317.9	67451.5	2703.41
Base	Comb8	10.78	-3828.83	4239.98	109491.6	55788.78	7721.29
Base	Comb9	386.06	-206.53	3846.21	-109860	71281.81	733.33
Base	Comb10	245.44	-1501.39	3988.43	-31455.1	65450.45	3242.27
Base	Comb11	151.4	-2533.97	4097.76	31086.85	61620.14	5212.35
Base	DCon1	-286.33	-1868.7	3414.42	17229.98	32845.04	2741.56
Base	DCon2	210.81	-1741.96	3518.34	-1621.2	57037.84	3748.26
Base	DCon3	190.19	-37.25	3121.52	-95542.2	52334.47	71.76
Base	DCon4	-110.75	-3341.51	3471.39	104592.1	40077.49	6376
Base	DCon5	-170.19	-775.68	2839.18	-35265	31217.14	773.84
Base	DCon6	-320.66	-2427.81	3014.11	64802.12	25088.65	3925.97
Base	DCon7	-33.6	450.82	2020.05	-88990.7	27243.16	-1389.69
Base	DCon8	-334.54	-2853.44	2369.92	111143.6	14986.18	4914.55
Base	Dead	-94.89	-104.48	89317.52	175397.5	6761.15	-5161.51
Base	Live	371.32	66.78	18196.04	28159.11	13309.07	-1738.92
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	45.65	-513.81	4888.25	195257.2	-206.05	-773.49
Base	WINDY	-39.55	413.3	-3779.27	-156521	-225.72	738.53
Base	Comb1	544.05	-546.55	160866	488684.2	31884.98	-10955.8
Base	Comb2	452.76	481.06	151089.6	98169.78	32297.09	-9408.79
Base	Comb3	-87.2	-660.08	129932.8	440813.7	9259.56	-7999.61

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb4	-178.49	367.54	120156.3	50299.3	9671.66	-6452.63
Base	Comb5	524.28	-339.9	158976.4	410423.7	31772.12	-10586.5
Base	CombEnvMax	563.83	687.71	162755.7	566944.8	32409.95	-6452.63
Base	CombEnv Min	-178.49	-753.2	120156.3	19909.24	9259.56	-11325
Base	Comb6	432.98	687.71	149199.9	19909.24	32184.23	-9039.53
Base	Comb7	472.53	274.41	152979.2	176430.3	32409.95	-9778.05
Base	Comb8	563.83	-753.2	162755.7	566944.8	31997.84	-11325
Base	Comb9	432.98	687.71	149199.9	19909.24	32184.23	-9039.53
Base	Comb10	478.63	173.91	154088.2	215166.5	31978.18	-9813.01
Base	Comb11	518.18	-239.4	157867.4	371687.5	32203.89	-10551.5
Base	DCon1	-132.85	-146.27	125044.5	245556.5	9465.61	-7226.12
Base	DCon2	480.25	-18.53	136294.7	255531.6	29407.9	-8976.08
Base	DCon3	194.17	602.69	119330.2	-11797.6	21061.3	-6751.09
Base	DCon4	320.74	-719.88	131423.9	489069.9	21783.6	-9114.38
Base	DCon5	-145.51	205.27	104157.6	85260.15	7932.81	-5602.99
Base	DCon6	-82.23	-456.02	110204.4	335693.9	8293.96	-6784.64
Base	DCon7	-148.69	567.25	74338.94	-92576	5723.89	-3463.72
Base	DCon8	-22.12	-755.32	86432.6	408291.5	6446.19	-5827.01
Base	Dead	133.5	474.55	120726.5	95763.04	-32408.6	-2801.54
Base	Live	17.96	206.3	26344.68	22683.85	-8170.67	-1311.9
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-63.3	-743.25	-5347.46	221092.7	-1693.68	-1246.99
Base	WINDY	51.52	597.41	4117.91	-177566	1682.94	1139.45
Base	Comb1	154.14	271.83	208455.6	393723.5	-60955.8	-7399.38

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb2	280.74	1758.32	219150.5	-48461.9	-57568.4	-4905.4
Base	Comb3	123.61	-78.87	163669.6	355161	-47065.7	-5169.14
Base	Comb4	250.2	1407.62	174364.6	-87024.5	-43678.3	-2675.16
Base	Comb5	179.9	570.54	210514.6	304940.3	-60114.3	-6829.65
Base	CombEnveMax	306.5	2057.03	221209.5	482506.7	-43678.3	-2675.16
Base	CombEnve Min	123.61	-78.87	163669.6	-137245	-61797.3	-7969.1
Base	Comb6	306.5	2057.03	221209.5	-137245	-56727	-4335.67
Base	Comb7	254.98	1459.62	217091.6	40321.27	-58409.9	-5475.13
Base	Comb8	128.38	-26.87	206396.6	482506.7	-61797.3	-7969.1
Base	Comb9	306.5	2057.03	221209.5	-137245	-56727	-4335.67
Base	Comb10	243.2	1313.78	215862	83847.61	-58420.7	-5582.66
Base	Comb11	191.68	716.37	211744.1	261414	-60103.6	-6722.11
Base	DCon1	186.91	664.37	169017.1	134068.3	-45372	-3922.15
Base	DCon2	188.94	899.54	187023.3	151209.8	-51963.3	-5460.89
Base	DCon3	260.6	1731.61	177805.1	-146507	-44368.2	-2850.63
Base	DCon4	95.73	-180.1	164627.8	421705.7	-49753.7	-6496.87
Base	DCon5	201.42	1047.39	148166.1	-27137.5	-37543.9	-2450.29
Base	DCon6	118.99	91.53	141577.5	256968.8	-40236.6	-4273.41
Base	DCon7	202.59	1382.95	115242.5	-197919	-26475	-698.26
Base	DCon8	37.72	-528.76	102065.2	370293	-31860.4	-4344.51
Base	Dead	-434.91	-2003.39	52554.68	319572.4	-858.89	-6579.61
Base	Live	2.27	-566.74	8768.89	68544.78	4610.12	-1454.46
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	20.74	-771.87	6180.56	192235.2	-2435.43	1827.9

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	WINDY	-19.42	633.83	-4705.86	-156267	1536.52	-1355.87
Base	Comb1	-584.27	-4540.06	94664.24	756162.7	4199.33	-9856.13
Base	Comb2	-625.75	-2996.33	82303.11	371692.4	9070.2	-13511.9
Base	Comb3	-588.13	-3576.61	79757.12	639636.6	-3637.87	-7383.55
Base	Comb4	-629.62	-2032.87	67395.99	255166.3	1232.99	-11039.4
Base	Comb5	-593.98	-4223.15	92311.31	678029.3	4967.59	-10534.1
Base	CombEnvMax	-574.55	-2032.87	97017.17	834296.2	9838.46	-7383.55
Base	CombEnvMin	-635.46	-4856.97	67395.99	255166.3	-3637.87	-14189.9
Base	Comb6	-635.46	-2679.41	79950.18	293558.9	9838.46	-14189.9
Base	Comb7	-616.04	-3313.24	84656.04	449825.9	8301.94	-12834
Base	Comb8	-574.55	-4856.97	97017.17	834296.2	3431.07	-9178.2
Base	Comb9	-635.46	-2679.41	79950.18	293558.9	9838.46	-14189.9
Base	Comb10	-614.72	-3451.28	86130.75	485794.1	7403.03	-12362
Base	Comb11	-595.3	-4085.1	90836.6	642061	5866.5	-11006.1
Base	DCon1	-608.87	-2804.74	73576.56	447401.4	-1202.44	-9211.45
Base	DCon2	-518.25	-3310.84	77095.85	493158.6	6345.53	-10222.7
Base	DCon3	-550.7	-1956.68	64305.14	202004.6	6037.89	-11519.4
Base	DCon4	-488.54	-3984.92	79363.88	702058.8	1121.02	-7180.61
Base	DCon5	-537.43	-1897	59300.94	258473.4	198.55	-8980.22
Base	DCon6	-506.35	-2911.12	66830.31	508500.5	-2259.88	-6810.84
Base	DCon7	-422.5	-788.93	39769.85	37588.12	1685.44	-8091.03
Base	DCon8	-360.34	-2817.17	54828.58	537642.3	-3231.43	-3752.26
Base	Dead	-3247.23	4385.06	57829.93	-70710.6	-89156.6	-1743.08
Base	Live	-750.41	955.89	9704.87	-7636.71	-20926	-500.89

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	85.26	-1212.24	-6514.01	243748.2	2045.59	395.32
Base	WINDY	-63.31	984.15	4988.05	-198491	-1246.01	-67.49
Base	Comb1	-5736.56	6551.85	90946.16	131771	-158348	-2896.5
Base	Comb2	-5907.08	8976.34	103974.2	-355725	-162439	-3687.15
Base	Comb3	-4460.87	4926.83	74447.89	144753.4	-122774	-2044.98
Base	Comb4	-4631.38	7351.32	87475.91	-342743	-126865	-2835.63
Base	Comb5	-5768.22	7043.93	93440.19	32525.31	-158971	-2930.24
Base	CombEnvMax	-4460.87	9468.42	106468.2	231016.7	-122774	-2044.98
Base	CombEnvMin	-5938.74	4926.83	74447.89	-454971	-163062	-3720.89
Base	Comb6	-5938.74	9468.42	106468.2	-454971	-163062	-3720.89
Base	Comb7	-5875.43	8484.27	101480.2	-256480	-161816	-3653.4
Base	Comb8	-5704.91	6059.78	88452.14	231016.7	-157725	-2862.75
Base	Comb9	-5938.74	9468.42	106468.2	-454971	-163062	-3720.89
Base	Comb10	-5853.48	8256.17	99954.2	-211223	-161016	-3325.57
Base	Comb11	-5790.17	7272.02	94966.15	-12731.5	-159770	-3258.08
Base	DCon1	-4546.13	6139.08	80961.9	-98994.8	-124819	-2440.31
Base	DCon2	-5097.34	6791.5	84923.7	-97071.4	-140470	-2893.12
Base	DCon3	-4748.39	7792.6	87081.66	-410076	-129908	-2700.57
Base	DCon4	-4545.79	4643.33	71119.9	225096.8	-125920	-2484.6
Base	DCon5	-3947.33	6049.39	73386.35	-243646	-107985	-2145.69
Base	DCon6	-3846.03	4474.75	65405.47	73940.39	-105991	-2037.7
Base	DCon7	-3023.81	5521.19	60027.82	-381226	-82234.6	-1676.76
Base	DCon8	-2821.21	2371.91	44066.06	253946.6	-78247.3	-1460.78

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Dead	-795.23	22.07	5171.43	-4055.24	-885.15	-468.87
Base	Live	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	167.58	-7.48	-1052.29	1265.59	180.77	173.72
Base	WINDY	0	0	0	0	0	0
Base	Comb1	-945.73	23.41	6187.71	-4411.74	-1058.44	-482.7
Base	Comb2	-1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	-1419.99	-830.13
Base	Comb3	-945.73	23.41	6187.71	-4411.74	-1058.44	-482.7
Base	Comb4	-1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	-1419.99	-830.13
Base	Comb5	-945.73	23.41	6187.71	-4411.74	-1058.44	-482.7
Base	CombEnv Max	-945.73	38.37	8292.29	-4411.74	-1058.44	-482.7
Base	CombEnvMin	-1280.9	23.41	6187.71	-6942.92	-1419.99	-830.13
Base	Comb6	-1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	-1419.99	-830.13
Base	Comb7	-1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	-1419.99	-830.13
Base	Comb8	-945.73	23.41	6187.71	-4411.74	-1058.44	-482.7
Base	Comb9	-1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	-1419.99	-830.13
Base	Comb10	-1113.32	30.89	7240	-5677.33	-1239.22	-656.42
Base	Comb11	-1113.32	30.89	7240	-5677.33	-1239.22	-656.42
Base	DCon1	-1113.32	30.89	7240	-5677.33	-1239.22	-656.42
Base	DCon2	-954.27	26.48	6205.71	-4866.28	-1062.18	-562.64
Base	DCon3	-954.27	26.48	6205.71	-4866.28	-1062.18	-562.64
Base	DCon4	-954.27	26.48	6205.71	-4866.28	-1062.18	-562.64
Base	DCon5	-954.27	26.48	6205.71	-4866.28	-1062.18	-562.64
Base	DCon6	-954.27	26.48	6205.71	-4866.28	-1062.18	-562.64

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon7	-715.7	19.86	4654.29	-3649.71	-796.64	-421.98
Base	DCon8	-715.7	19.86	4654.29	-3649.71	-796.64	-421.98
Base	Dead	798.34	1350.55	24592.78	-17319	9912.14	513.61
Base	Live	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-125.32	-354.72	-2842.24	4157.3	408.74	-116.04
Base	WINDY	0	0	0	0	0	0
Base	Comb1	992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	14285.74	603.01
Base	Comb2	1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	13468.26	835.09
Base	Comb3	992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	14285.74	603.01
Base	Comb4	1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	13468.26	835.09
Base	Comb5	992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	14285.74	603.01
Base	CombEnv Max	1242.99	2245.49	37272.14	-20089.3	14285.74	835.09
Base	CombEnvMin	992.35	1536.06	31587.66	-28403.9	13468.26	603.01
Base	Comb6	1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	13468.26	835.09
Base	Comb7	1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	13468.26	835.09
Base	Comb8	992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	14285.74	603.01
Base	Comb9	1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	13468.26	835.09
Base	Comb10	1117.67	1890.77	34429.9	-24246.6	13877	719.05
Base	Comb11	1117.67	1890.77	34429.9	-24246.6	13877	719.05
Base	DCon1	1117.67	1890.77	34429.9	-24246.6	13877	719.05
Base	DCon2	958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	11894.57	616.33
Base	DCon3	958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	11894.57	616.33
Base	DCon4	958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	11894.57	616.33

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon5	958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	11894.57	616.33
Base	DCon6	958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	11894.57	616.33
Base	DCon7	718.5	1215.5	22133.51	-15587.1	8920.93	462.25
Base	DCon8	718.5	1215.5	22133.51	-15587.1	8920.93	462.25
Base	Dead	1416.36	-1372.62	39060.72	32463.04	27623.01	133.47
Base	Live	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	221.49	-312.6	3894.53	6188.22	3866.85	-159.31
Base	WINDY	0	0	0	0	0	0
Base	Comb1	2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	42539.06	27.54
Base	Comb2	1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	34805.37	346.17
Base	Comb3	2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	42539.06	27.54
Base	Comb4	1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	34805.37	346.17
Base	Comb5	2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	42539.06	27.54
Base	CombEnv Max	2204.39	-1609.06	58579.54	51636.47	42539.06	346.17
Base	CombEnv Min	1761.41	-2234.26	50790.48	39260.03	34805.37	27.54
Base	Comb6	1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	34805.37	346.17
Base	Comb7	1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	34805.37	346.17
Base	Comb8	2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	42539.06	27.54
Base	Comb9	1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	34805.37	346.17
Base	Comb10	1982.9	-1921.66	54685.01	45448.25	38672.21	186.85
Base	Comb11	1982.9	-1921.66	54685.01	45448.25	38672.21	186.85
Base	DCon1	1982.9	-1921.66	54685.01	45448.25	38672.21	186.85
Base	DCon2	1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	33147.61	160.16

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon3	1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	33147.61	160.16
Base	DCon4	1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	33147.61	160.16
Base	DCon5	1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	33147.61	160.16
Base	DCon6	1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	33147.61	160.16
Base	DCon7	1274.72	-1235.36	35154.65	29216.73	24860.71	120.12
Base	DCon8	1274.72	-1235.36	35154.65	29216.73	24860.71	120.12
Base	Dead	-1416.36	-1372.62	39060.72	32463.04	-27623	-133.47
Base	Live	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-221.49	-312.6	3894.53	6188.22	-3866.85	159.31
Base	WINDY	0	0	0	0	0	0
Base	Comb1	-2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	-42539.1	-27.54
Base	Comb2	-1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	-34805.4	-346.17
Base	Comb3	-2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	-42539.1	-27.54
Base	Comb4	-1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	-34805.4	-346.17
Base	Comb5	-2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	-42539.1	-27.54
Base	CombEnvMax	-1761.41	-1609.06	58579.54	51636.47	-34805.4	-27.54
Base	CombEnvMin	-2204.39	-2234.26	50790.48	39260.03	-42539.1	-346.17
Base	Comb6	-1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	-34805.4	-346.17
Base	Comb7	-1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	-34805.4	-346.17
Base	Comb8	-2204.39	-2234.26	58579.54	51636.47	-42539.1	-27.54
Base	Comb9	-1761.41	-1609.06	50790.48	39260.03	-34805.4	-346.17
Base	Comb10	-1982.9	-1921.66	54685.01	45448.25	-38672.2	-186.85
Base	Comb11	-1982.9	-1921.66	54685.01	45448.25	-38672.2	-186.85

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	DCon1	-1982.9	-1921.66	54685.01	45448.25	-38672.2	-186.85
Base	DCon2	-1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	-33147.6	-160.16
Base	DCon3	-1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	-33147.6	-160.16
Base	DCon4	-1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	-33147.6	-160.16
Base	DCon5	-1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	-33147.6	-160.16
Base	DCon6	-1699.63	-1647.14	46872.87	38955.64	-33147.6	-160.16
Base	DCon7	-1274.72	-1235.36	35154.65	29216.73	-24860.7	-120.12
Base	DCon8	-1274.72	-1235.36	35154.65	29216.73	-24860.7	-120.12
Base	Dead	-798.34	1350.55	24592.78	-17319	-9912.14	-513.61
Base	Live	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	125.32	-354.72	-2842.24	4157.3	-408.74	116.04
Base	WINDY	0	0	0	0	0	0
Base	Comb1	-992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	-14285.7	-603.01
Base	Comb2	-1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	-13468.3	-835.09
Base	Comb3	-992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	-14285.7	-603.01
Base	Comb4	-1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	-13468.3	-835.09
Base	Comb5	-992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	-14285.7	-603.01
Base	CombEnv Max	-992.35	2245.49	37272.14	-20089.3	-13468.3	-603.01
Base	CombEnvMin	-1242.99	1536.06	31587.66	-28403.9	-14285.7	-835.09
Base	Comb6	-1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	-13468.3	-835.09
Base	Comb7	-1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	-13468.3	-835.09
Base	Comb8	-992.35	1536.06	31587.66	-20089.3	-14285.7	-603.01
Base	Comb9	-1242.99	2245.49	37272.14	-28403.9	-13468.3	-835.09

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb10	-1117.67	1890.77	34429.9	-24246.6	-13877	-719.05
Base	Comb11	-1117.67	1890.77	34429.9	-24246.6	-13877	-719.05
Base	DCon1	-1117.67	1890.77	34429.9	-24246.6	-13877	-719.05
Base	DCon2	-958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	-11894.6	-616.33
Base	DCon3	-958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	-11894.6	-616.33
Base	DCon4	-958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	-11894.6	-616.33
Base	DCon5	-958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	-11894.6	-616.33
Base	DCon6	-958.01	1620.66	29511.34	-20782.8	-11894.6	-616.33
Base	DCon7	-718.5	1215.5	22133.51	-15587.1	-8920.93	-462.25
Base	DCon8	-718.5	1215.5	22133.51	-15587.1	-8920.93	-462.25
Base	Dead	795.23	22.07	5171.43	-4055.24	885.15	468.87
Base	Live	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY1	0	0	0	0	0	0
Base	EQKY11	-167.58	-7.48	-1052.29	1265.59	-180.77	-173.72
Base	WINDY	0	0	0	0	0	0
Base	Comb1	945.73	23.41	6187.71	-4411.74	1058.44	482.7
Base	Comb2	1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	1419.99	830.13
Base	Comb3	945.73	23.41	6187.71	-4411.74	1058.44	482.7
Base	Comb4	1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	1419.99	830.13
Base	Comb5	945.73	23.41	6187.71	-4411.74	1058.44	482.7
Base	CombEnv Max	1280.9	38.37	8292.29	-4411.74	1419.99	830.13
Base	CombEnv Min	945.73	23.41	6187.71	-6942.92	1058.44	482.7
Base	Comb6	1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	1419.99	830.13
Base	Comb7	1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	1419.99	830.13

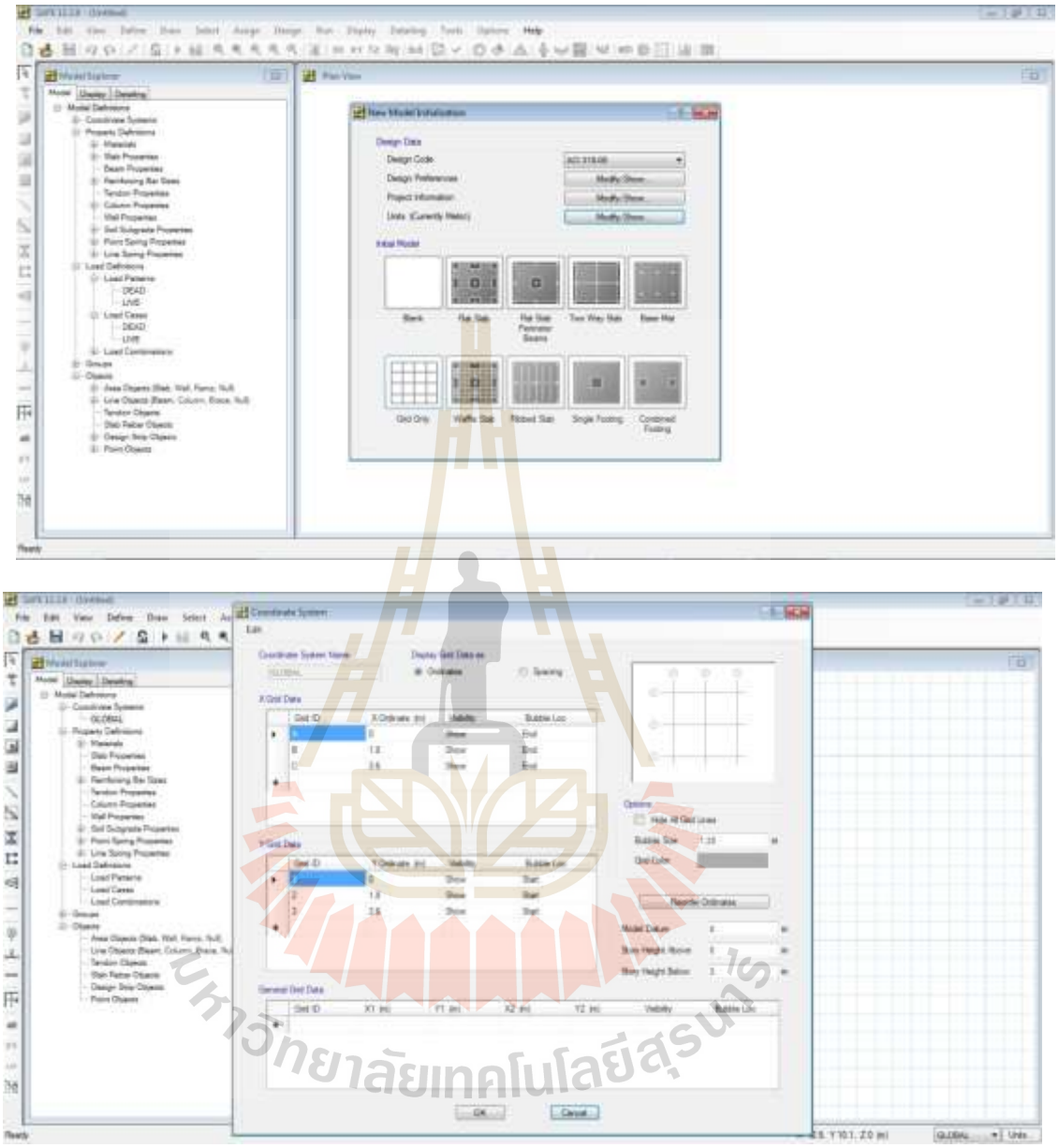
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Story	Load Case/Comb	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Base	Comb8	945.73	23.41	6187.71	-4411.74	1058.44	482.7
Base	Comb9	1280.9	38.37	8292.29	-6942.92	1419.99	830.13
Base	Comb10	1113.32	30.89	7240	-5677.33	1239.22	656.42
Base	Comb11	1113.32	30.89	7240	-5677.33	1239.22	656.42
Base	DCon1	1113.32	30.89	7240	-5677.33	1239.22	656.42
Base	DCon2	954.27	26.48	6205.71	-4866.28	1062.18	562.64
Base	DCon3	954.27	26.48	6205.71	-4866.28	1062.18	562.64
Base	DCon4	954.27	26.48	6205.71	-4866.28	1062.18	562.64
Base	DCon5	954.27	26.48	6205.71	-4866.28	1062.18	562.64
Base	DCon6	954.27	26.48	6205.71	-4866.28	1062.18	562.64
Base	DCon7	715.7	19.86	4654.29	-3649.71	796.64	421.98
Base	DCon8	715.7	19.86	4654.29	-3649.71	796.64	421.98

4.7 ตัวอย่างการออกแบบฐานรากอาคาร

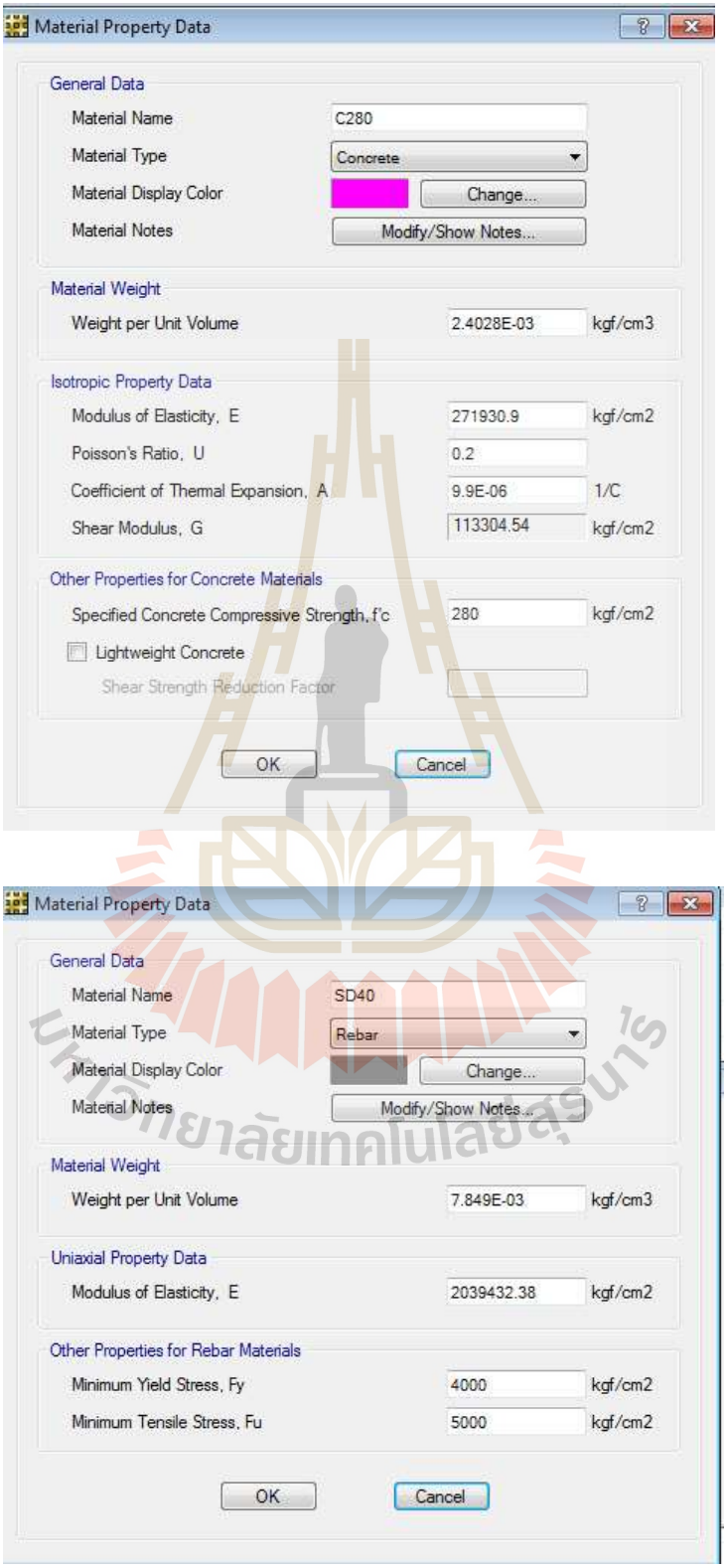
4.7.1 ออกแบบฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก

ใช้มาตรฐาน ACI 318-08 ที่ตรงกับมาตรฐานที่ใช้ ภายในประเทศ โดยพิจารณาความสำคัญของโครงสร้างกำหนดให้ $\emptyset = 0.85$ สำหรับโครงสร้างรับแรง เฉือน และ $\emptyset = 0.70$ สำหรับเสา โดยการวิบัติของเสาจะมีความรุนแรงมากกว่าคานจึงใช้ค่าต่ำกว่า การออกแบบฐานรากในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้โปรแกรม SAFE ช่วยในการออกแบบ

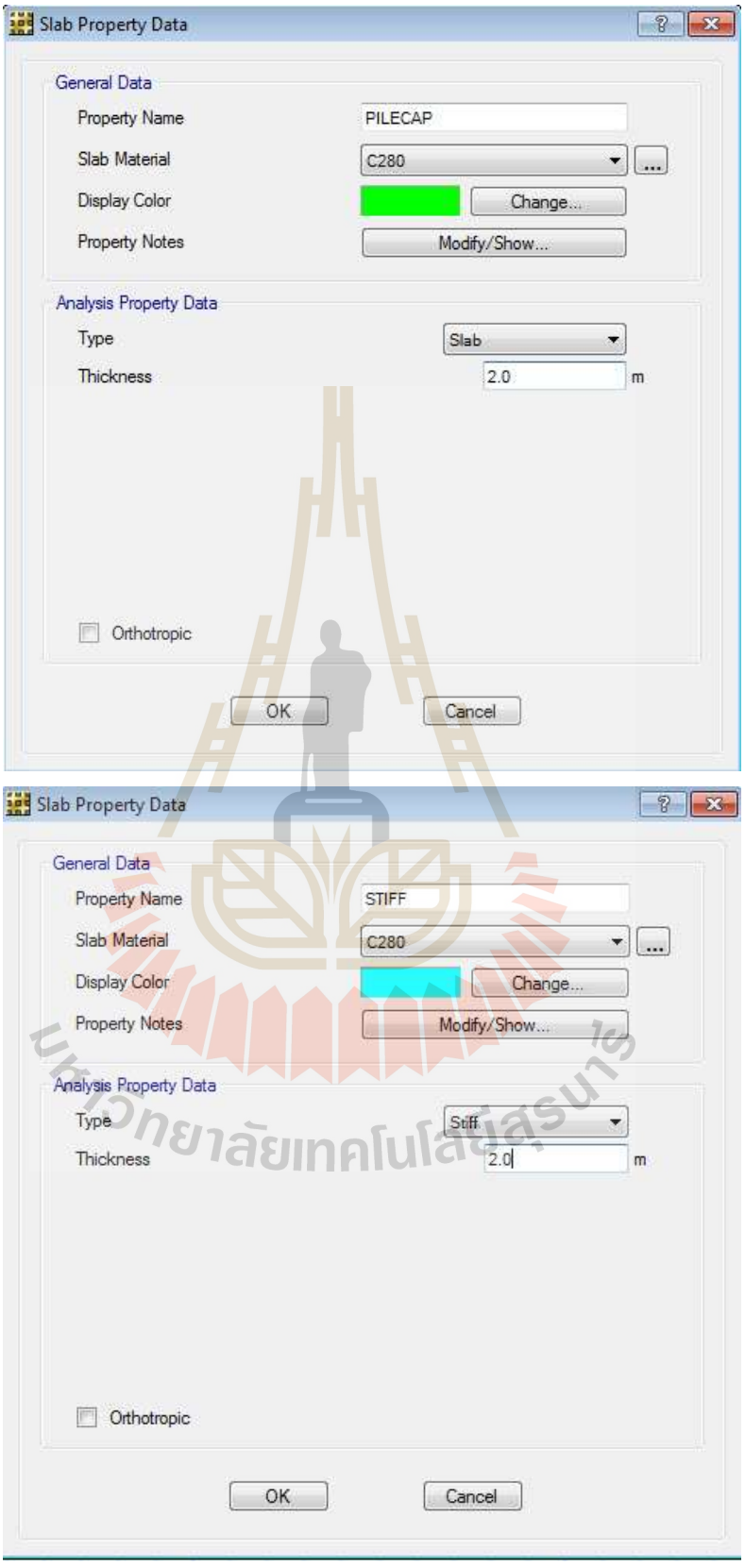


รูปที่ 4.16 กำหนดเส้นกริด

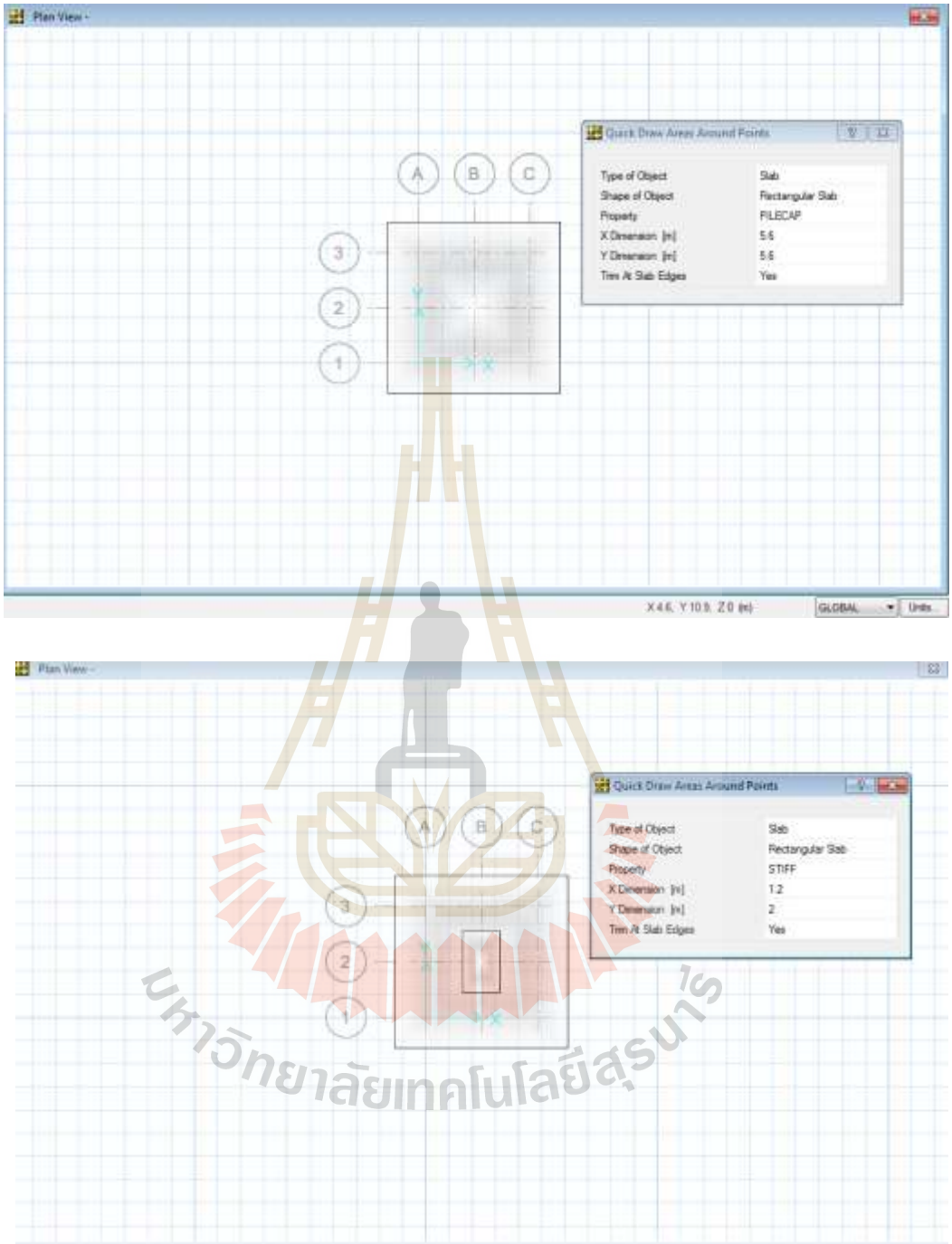
4.7.2 กำหนดคุณสมบัติวัสดุและหน้าตัด



รูปที่ 4.17 กำหนดคุณสมบัติคอนกรีตและเหล็ก

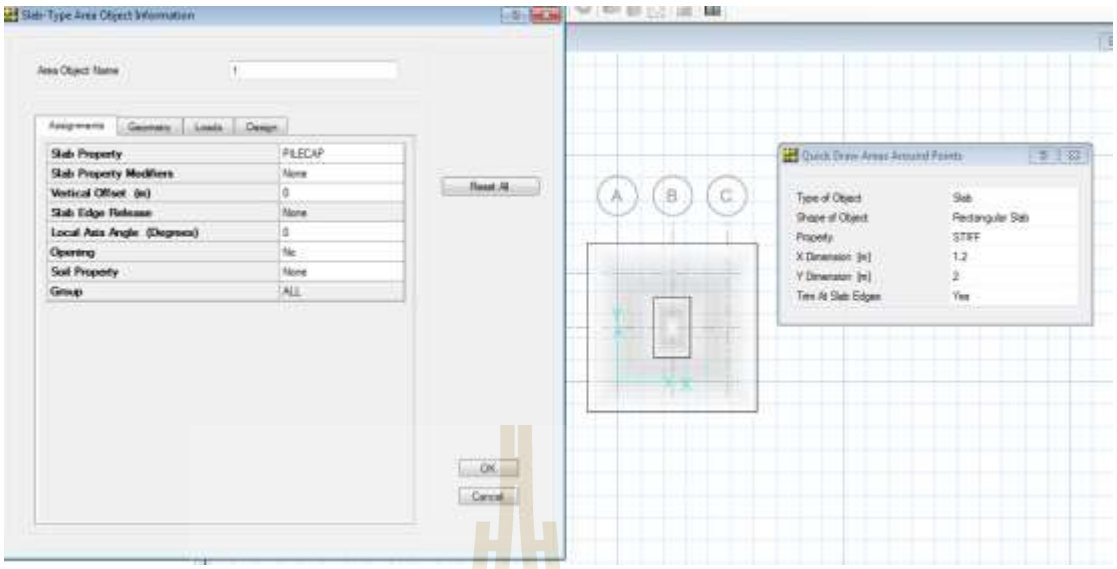


รูปที่ 4.18 กำหนดคุณสมบัติของฐานราก PILECAP และ STIFF

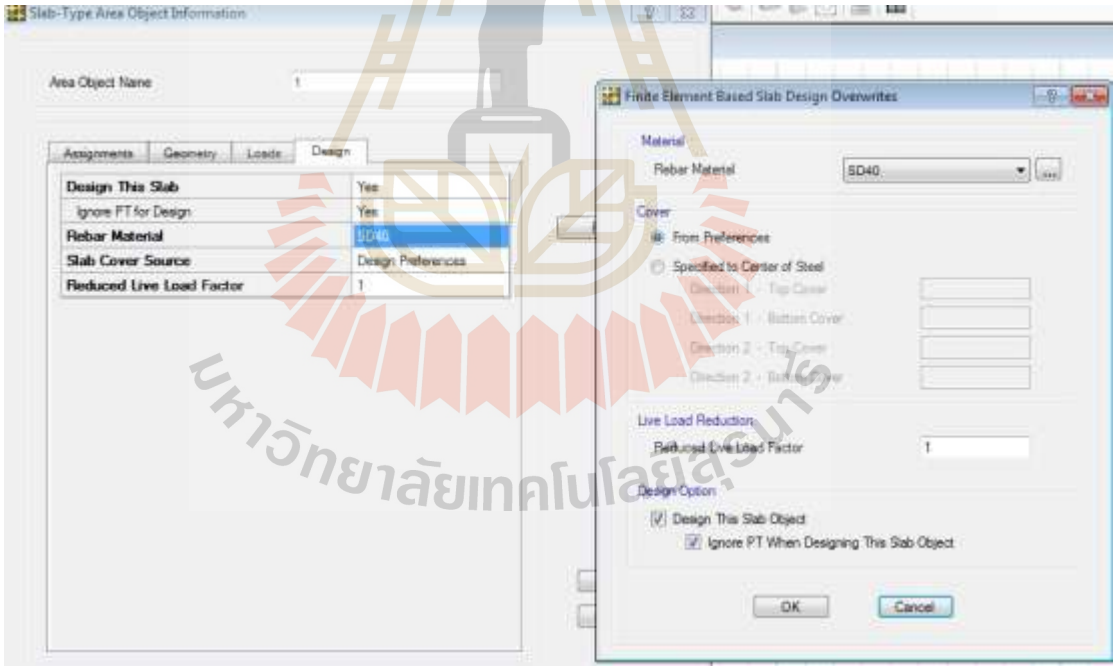


รูปที่ 4.19 กำหนดขนาดฐานรากและขนาดเสา

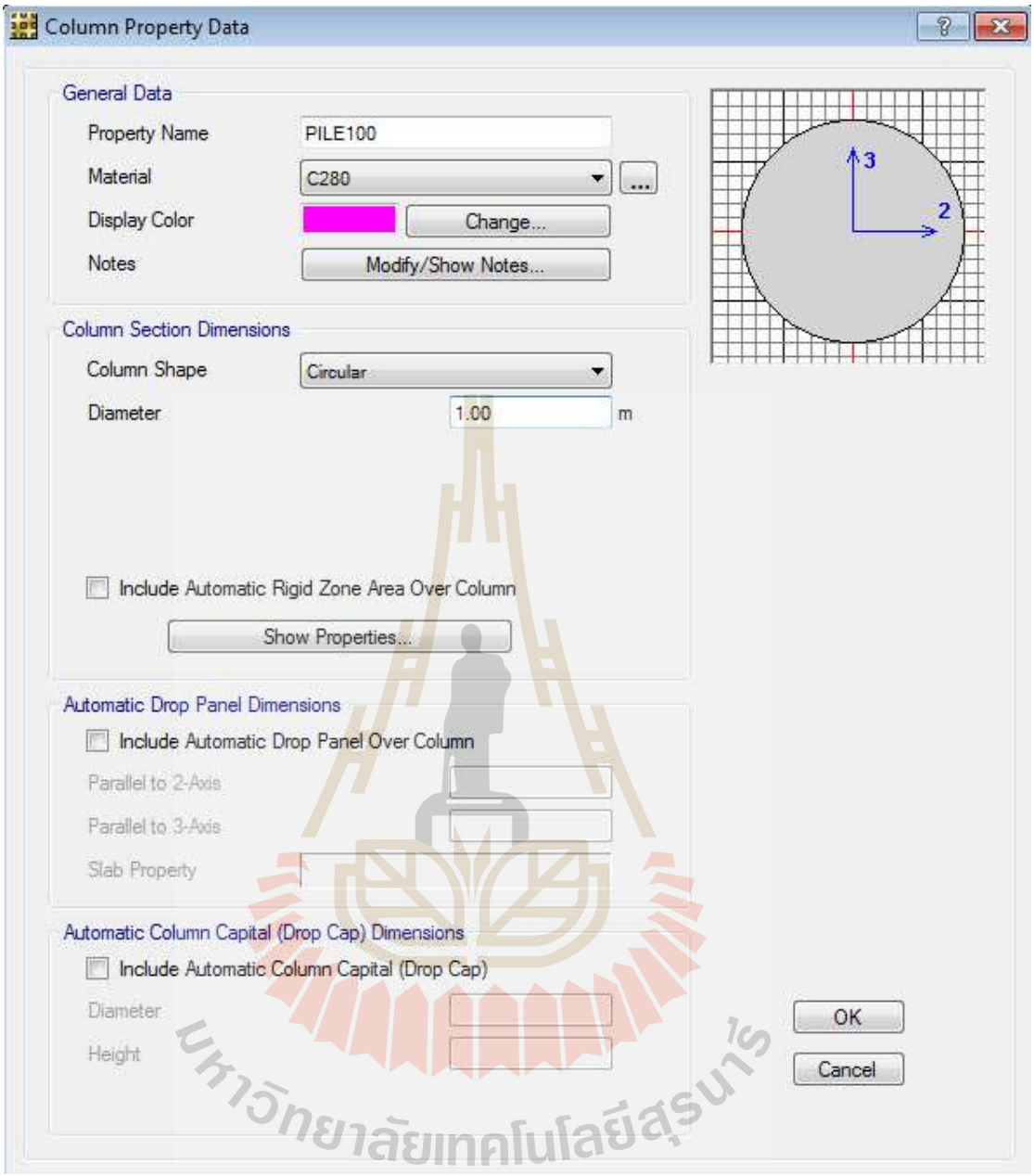
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



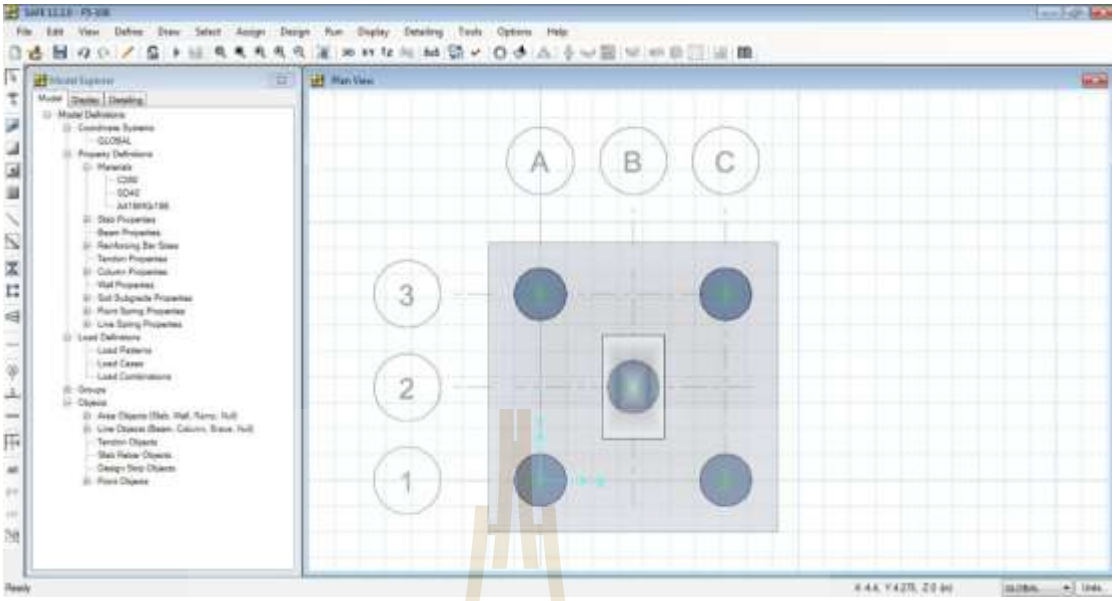
รูปที่ 4.20 ตรวจสอบคุณสมบัติของฐานราก



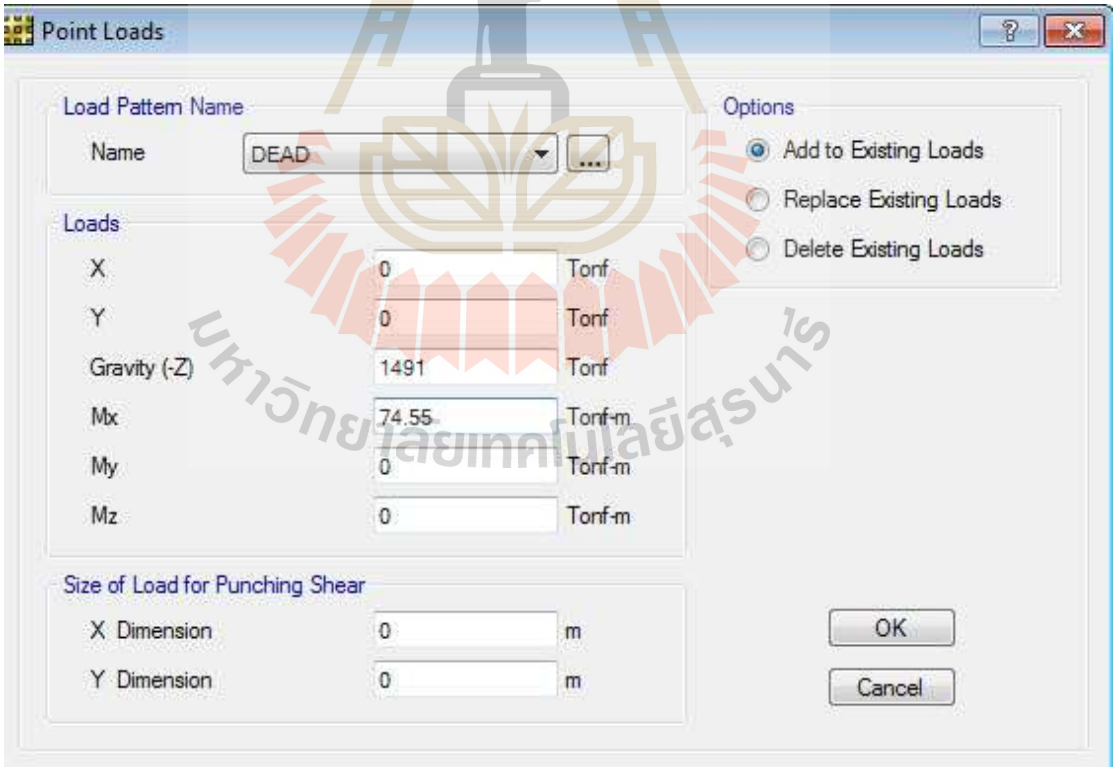
รูปที่ 4.21 ตรวจสอบคุณสมบัติของฐานราก (ต่อ)



รูปที่ 4.22 กำหนดขนาดและคุณสมบัติของเสาเข็ม

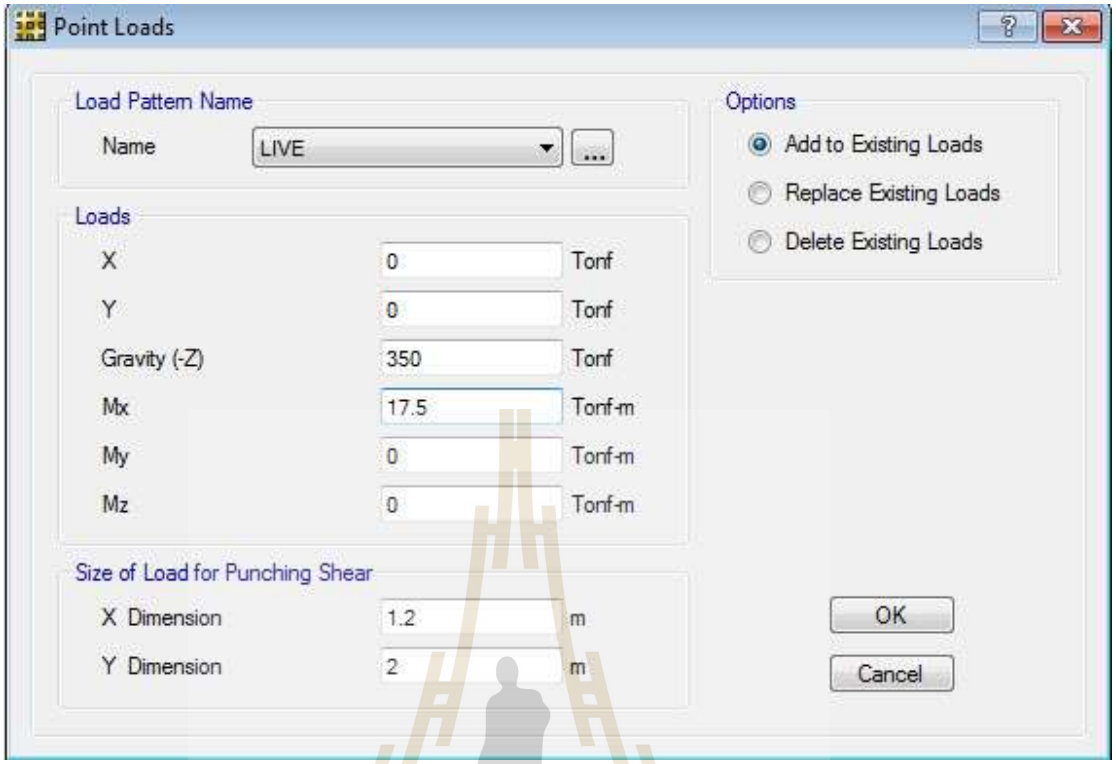


รูปที่ 4.23 กำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม

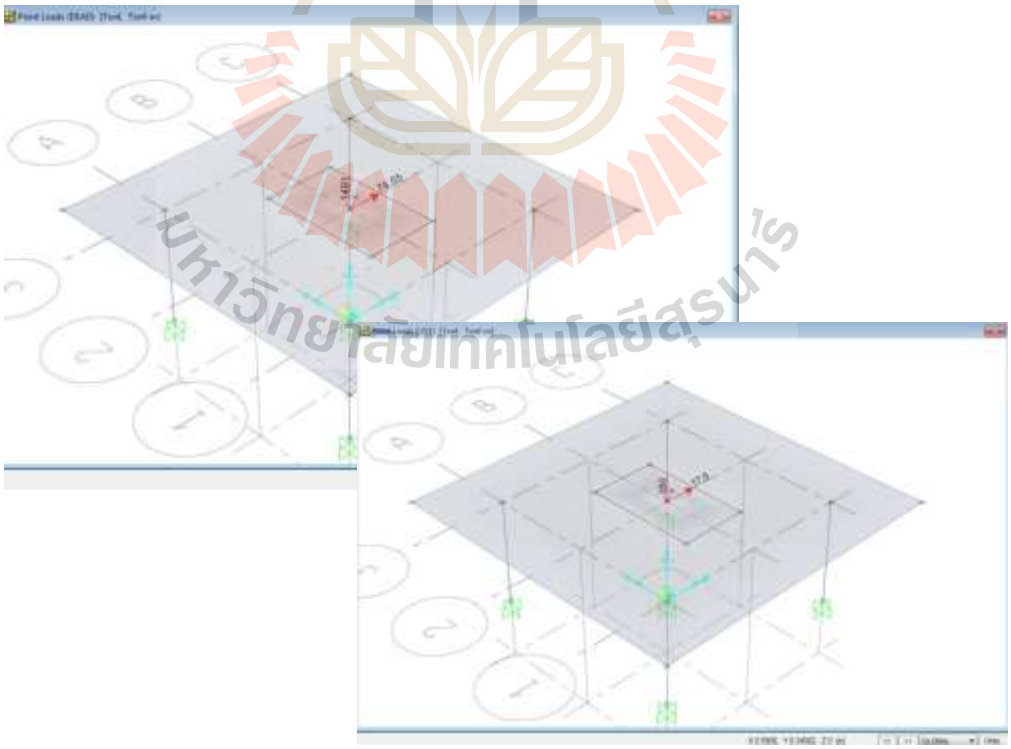


รูปที่ 4.24 ป้อนค่าน้ำหนักตายตัว DEAD LOAD ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย ETABS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

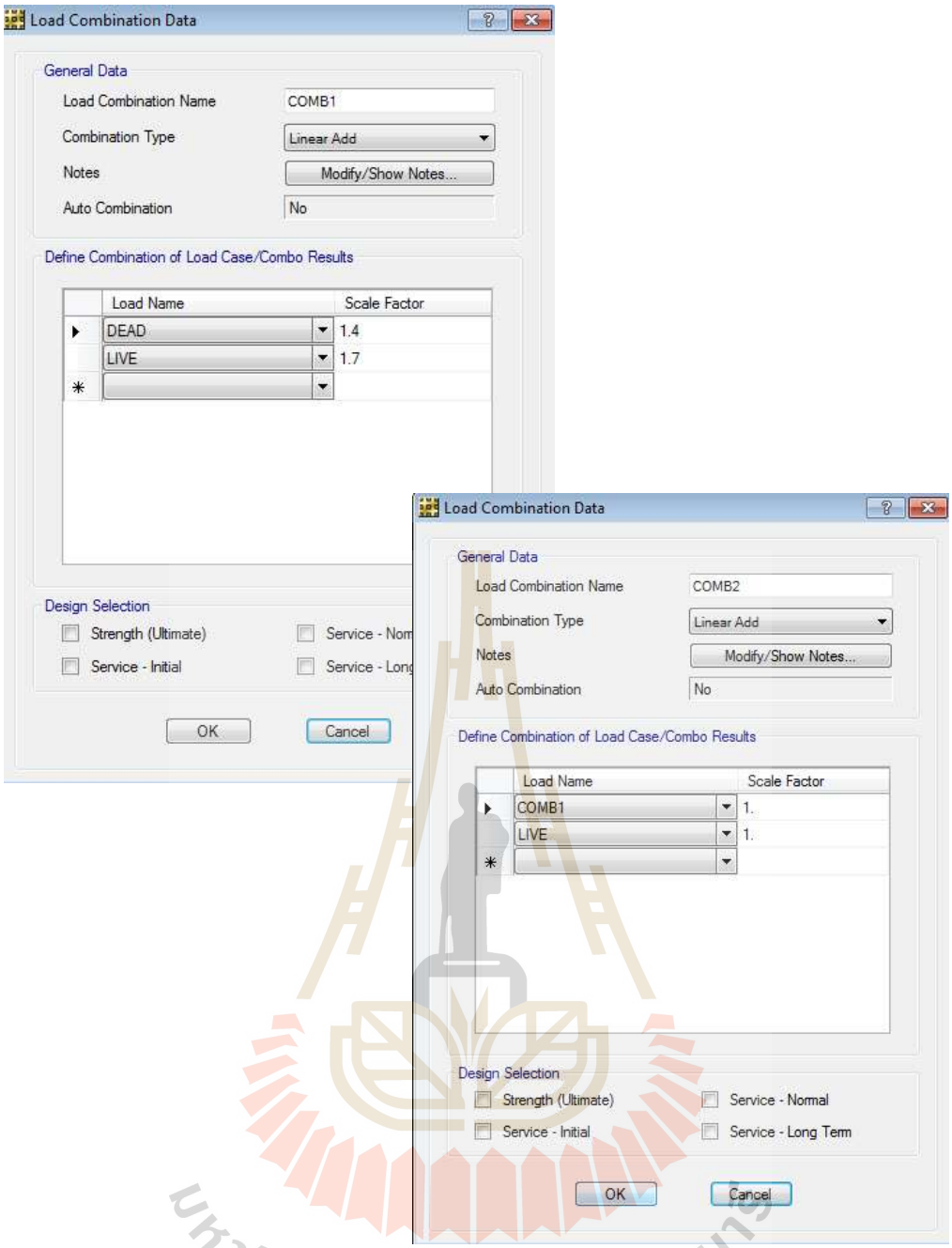


รูปที่ 4.25 ป้อนค่าน้ำหนักจร LIVE LOAD ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย ETABS

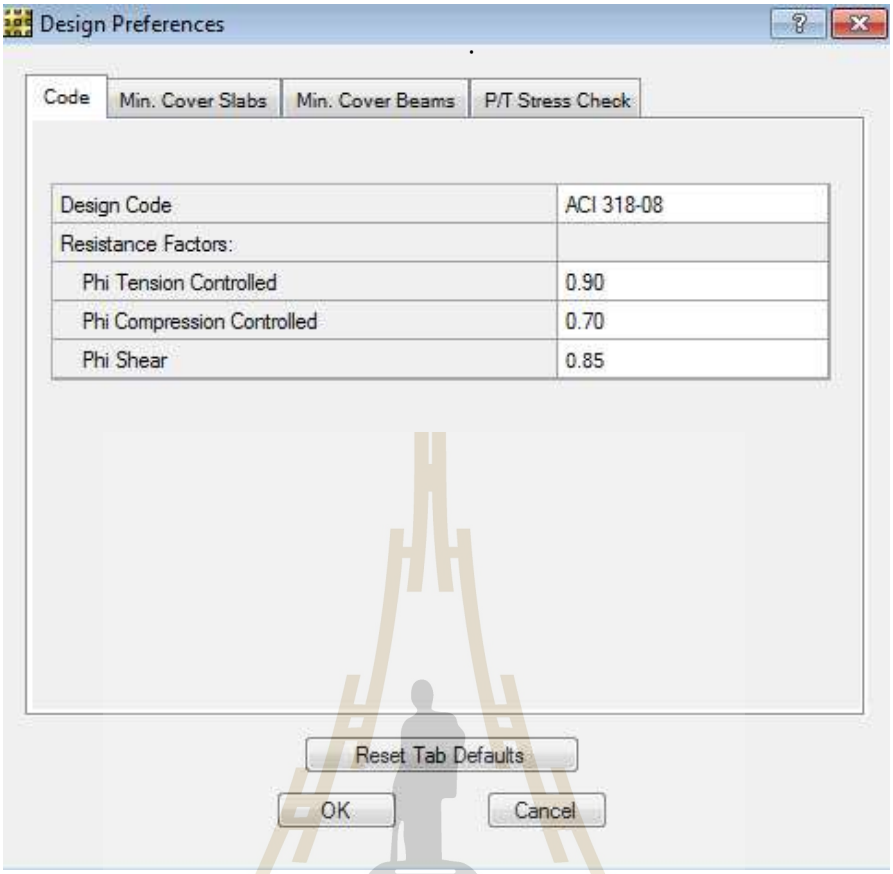


รูปที่ 4.26 ค่าน้ำหนักตายตัวและน้ำหนักจร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



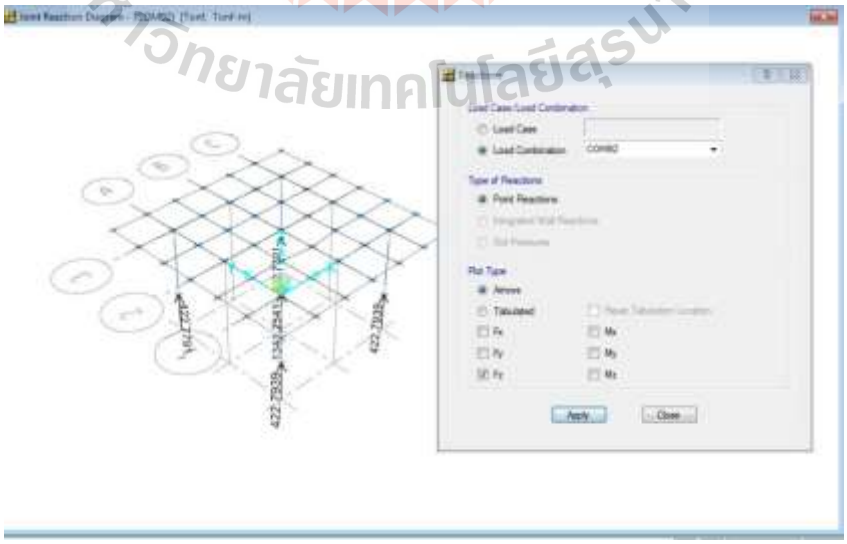
รูปที่ 4.27 สร้าง LOAD COMBINATION เพื่อออกแบบเหล็กเสริมและตรวจสอบการรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม



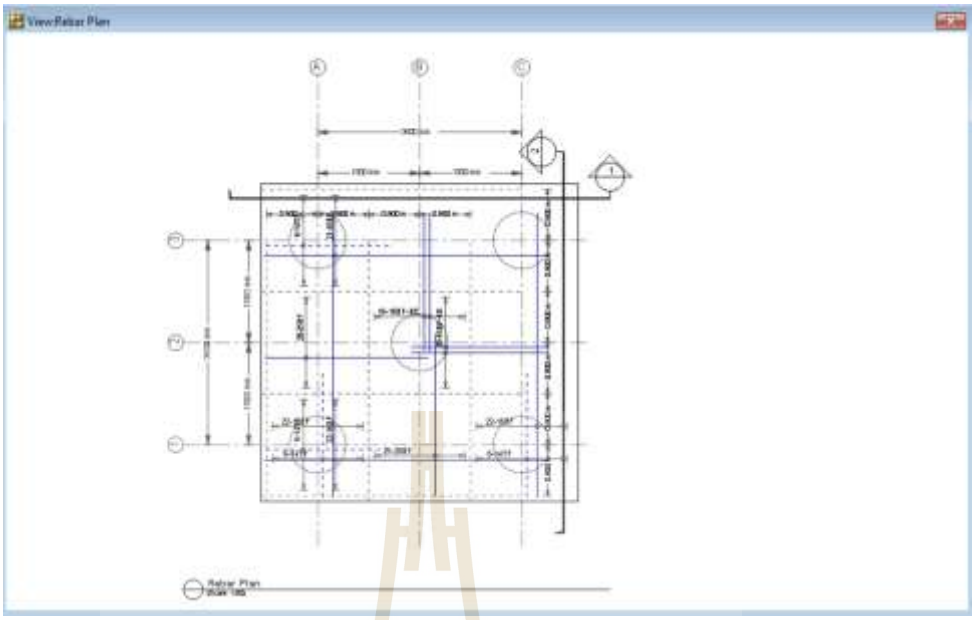
รูปที่ 4.28 กำหนดมาตรฐานในการออกแบบ

4.7.2 โปรแกรมทำการออกแบบฐานราก

- กดปุ่ม RUN ANALYSIS AND DESIGN โปรแกรมจะวิเคราะห์และออกแบบฐานรากตามมาตรฐานที่กำหนด

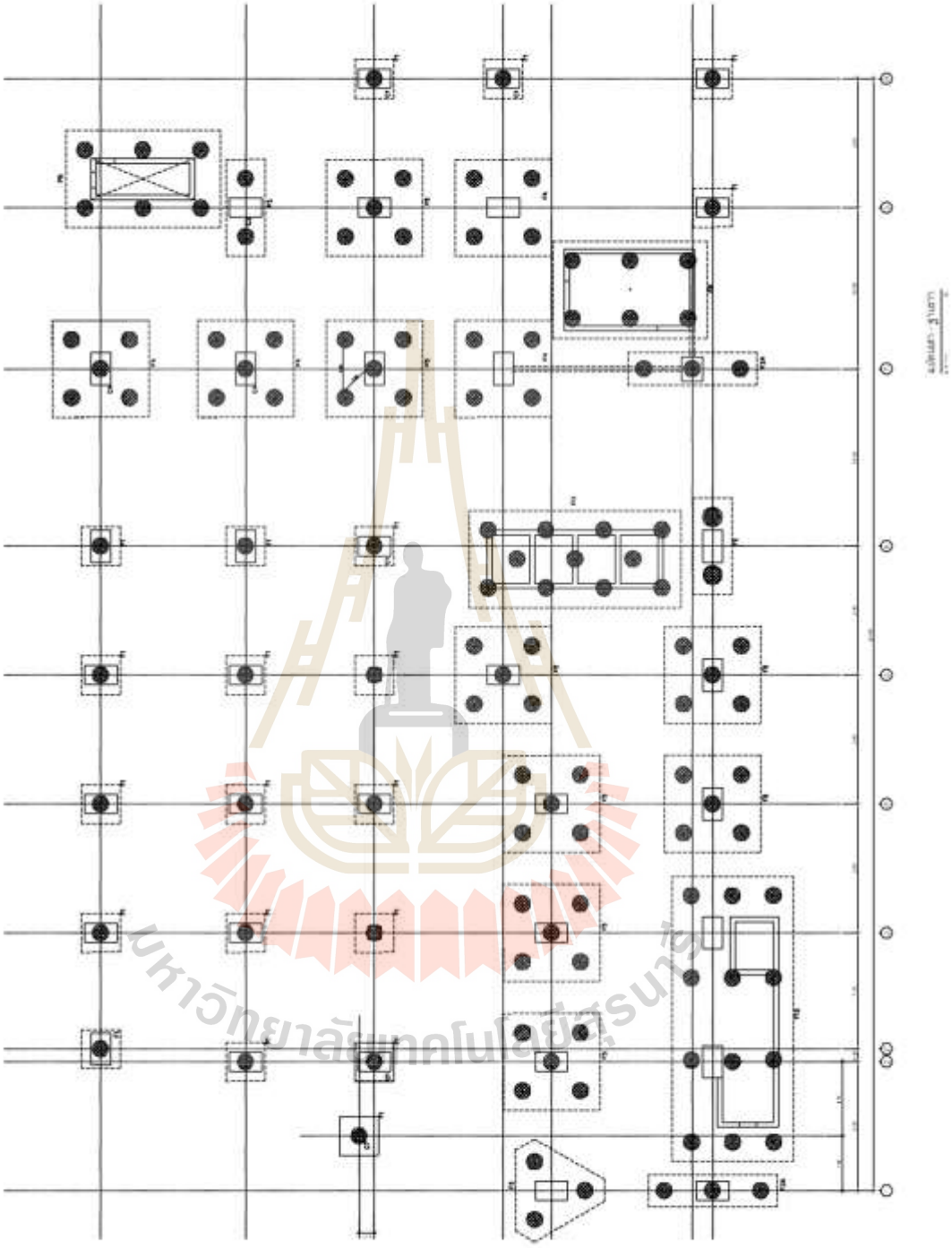


รูปที่ 4.29 ตรวจสอบเสาเข็มรับน้ำหนักไม่เกินค่าน้ำหนักปลอดภัยที่รับได้

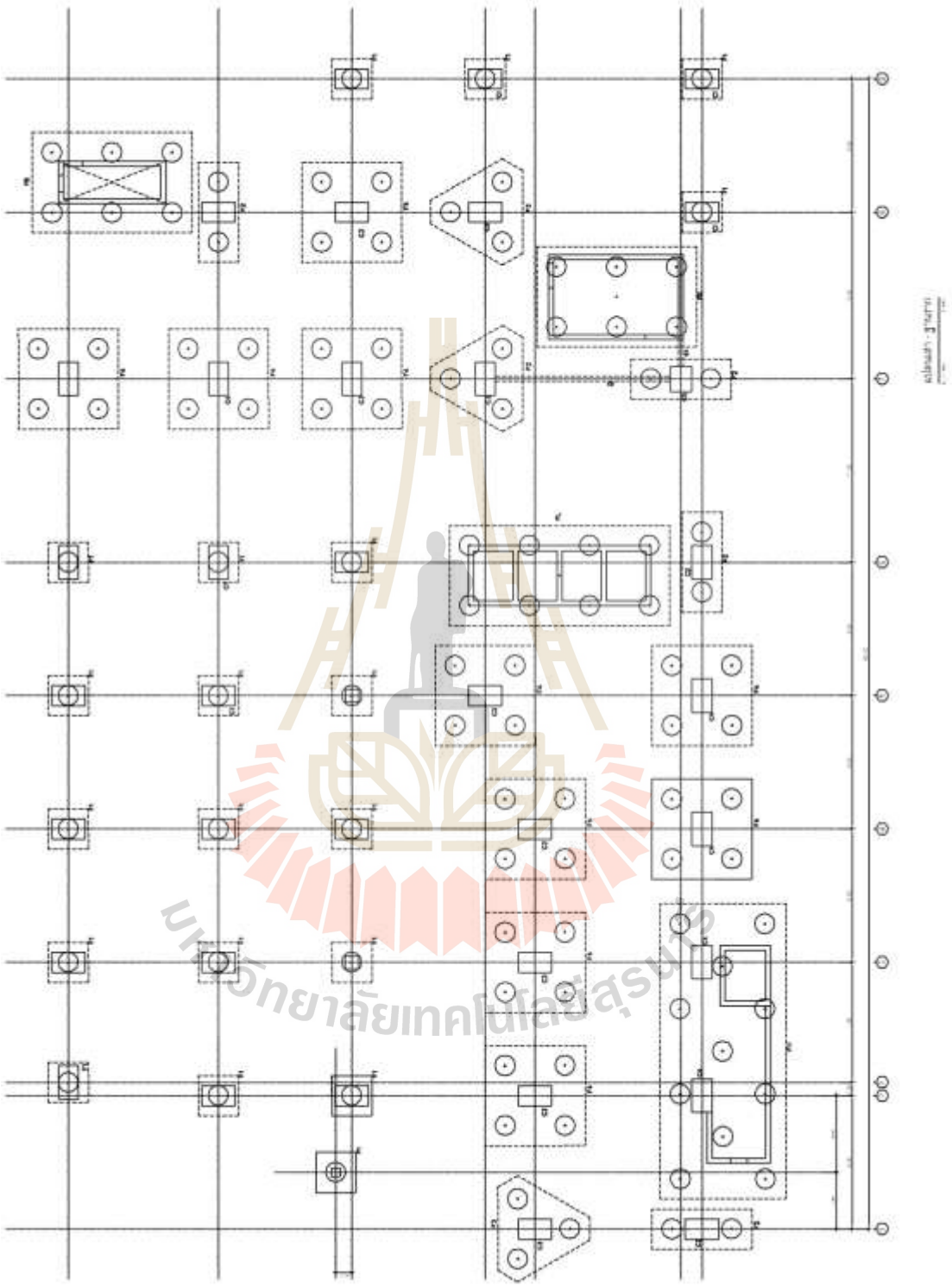


รูปที่ 4.30 แบบแสดงการเสริมเหล็กในฐานราก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.31 แบบแสดงแปลนฐานรากเสาเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 ม.



รูปที่ 4.32 แบบแสดงแปลนฐานรากเสาเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 ม.

4.8 เปรียบเทียบงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ

ผู้ทำการศึกษาวิจัยได้เลือกเปรียบเทียบรูปแบบการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่สำหรับอาคารหลังนี้ คือ ฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.00 ม. และฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.20 ม. โดยมีงบประมาณเบื้องต้นที่ใช้ในการก่อสร้างดังนี้

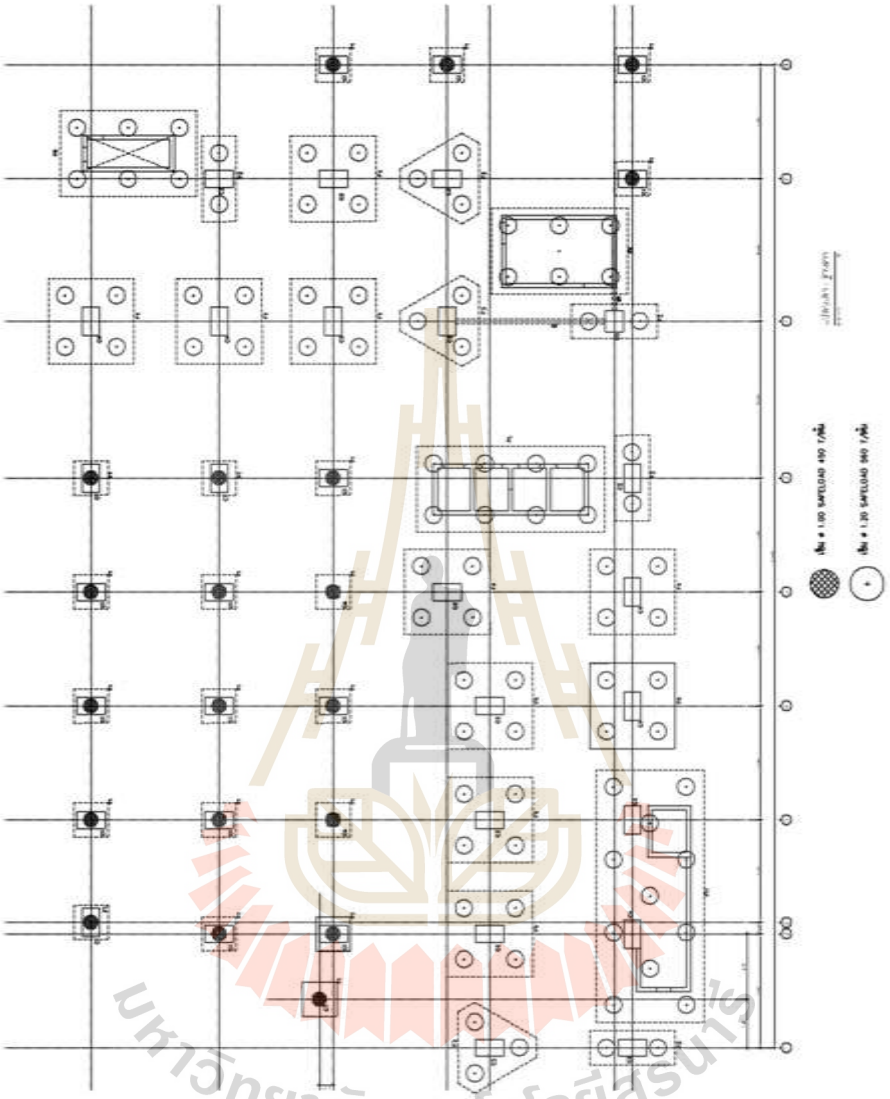
4.9.1 ฐานรากเสาเข็ม Ø 1.00 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 450 ตัน/ต้น เจาะเสาเข็มลึกตามผลเจาะสำรวจดินที่ -40.00 ม. ใช้จำนวนเสาเข็มทั้งหมด 123 ต้น จำนวนเงินทั้งสิ้น 43,605,960 บาท(สี่สิบสามล้านหกแสนห้าพันเก้าร้อยหกสิบบาทถ้วน)

4.9.2 ฐานรากเสาเข็ม Ø 1.20 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 560 ตัน/ต้น เจาะเสาเข็มลึกตามผลเจาะสำรวจดินที่ -40.00 ม. ใช้จำนวนเสาเข็มทั้งหมด 108 ต้น จำนวนเงินทั้งสิ้น 46,710,620 บาท(สี่สิบหกล้านเจ็ดแสนหนึ่งหมื่นหกร้อยยี่สิบบาทถ้วน)

4.9.3 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะมูลค่าของการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะทั้งสองแบบแล้ว พบว่าหากเลือกรูปแบบการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.20 ม. จะมีมูลค่าสูงกว่ารูปแบบการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.00 ม. เป็นจำนวน 4,04,760 บาท (สี่ล้านสี่พันเจ็ดร้อยหกสิบบาทถ้วน)

จากผลการศึกษา ผู้ศึกษาได้เลือกออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะที่มีผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ รูปแบบฐานรากเสาเข็มถ้าเปรียบเทียบเฉพาะมูลค่าก่อสร้างจะเห็นได้ว่าเสาเข็มเจาะ Ø 1.00 ม. จะมีมูลค่าการก่อสร้างที่ถูกกว่าฐานรากเสาเข็ม Ø 1.20 ม. แนวทางอีกแนวทางที่ผู้ศึกษาแนะนำคือเลือกใช้รูปแบบฐานรากเสาเข็มเจาะทั้งสองขนาด รายละเอียดรูปแบบฐานรากตามรูปที่ 4.33 มีดังนี้

1. เสาเข็ม Ø 1.00 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 450 ตัน/ต้น จำนวน 20 ต้น
2. เสาเข็ม Ø 1.20 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 560 ตัน/ต้น จำนวน 80 ต้น
3. มูลค่างานก่อสร้างเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 42,357,600 บาท (สี่สิบสองล้านสามแสนห้าหมื่นเจ็ดพันหกร้อยบาทถ้วน)



รูปที่ 4.33 แบบแสดงแปลนฐานรากเสาเข็มที่ออกแบบร่วมกันทั้งสองขนาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาการออกแบบระบบฐานรากเสาเข็มของอาคารพักอาศัยรวม สูง 18 ชั้น ขนาดกว้าง 38 เมตร ยาว 69 เมตร สูง 69.10 เมตร เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดหล่อในที่ ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (POST – TENSION) เป็นอาคารประเภทขนาดใหญ่ ภายใต้กฎกระทรวง พ.ศ. 2550 (ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522) ผู้วิจัยได้มีความสนใจในการออกแบบฐานรากอาคารขนาดใหญ่พิเศษจึงมีแนวคิดจะศึกษาและทำการวิจัยในหัวข้อการออกแบบระบบฐานรากและเสาเข็มสำหรับอาคารขนาดใหญ่พิเศษ โดยทำการศึกษารูปแบบอาคารและเงื่อนไขที่ใช้ใน การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาผลกระทบที่มีต่ออาคารตามกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 หากผู้วิจัยใส่ค่าตัวแปร แรงต่างๆ ในโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างสำเร็จรูปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องนั้น อาคารจะมีรูปทรงเสียหายแบบใด แรงต่างๆ ที่กระทำกับตัวอาคารผลเป็นอย่างไร และการกำหนดรูปแบบระบบฐานรากเสาเข็มขนาดใหญ่เป็นอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางเสนอให้กับนักศึกษา วิศวกรทั่วไปที่สนใจ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบฐานรากเสาเข็มอาคารขนาดใหญ่พิเศษต่อไป

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการออกแบบเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ กรณีศึกษา อาคารพักอาศัย สูง 18 ชั้น สถานที่ก่อสร้าง อำเภอนาเกลือ จังหวัดชลบุรี มีผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากโปรแกรม ETABS ได้ Export แรงต่าง ๆ ของชั้น Base มาออกแบบ เป็นตัวอย่างโดยโปรแกรม SAFE โดยกำหนดเงื่อนไขการออกแบบฐานรากโดยใช้เสาเข็มเจาะขนาด Ø 1.00 ม. , Ø 1.20 ม. พบว่าผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบรูปแบบฐานรากเสาเข็ม 2 รูปแบบ มีข้อแตกต่างกันดังนี้
   - รูปแบบที่ 1 ฐานรากเสาเข็ม Ø 1.00 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 450 ตัน/ต้น ใช้จำนวนเสาเข็มทั้งหมด 123 ต้น
   - รูปแบบที่ 2 ฐานรากเสาเข็ม Ø 1.20 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 560 ตัน/ต้น ใช้จำนวนเสาเข็มทั้งหมด 111 ต้น

   เห็นได้ว่ารูปแบบฐานรากที่ใช้เสาเข็ม Ø 1.00 ม. ใช้จำนวนเสาเข็มทั้งหมดมากกว่าฐานรากที่ใช้เสาเข็ม Ø 1.20 ม.

2. งบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ

ผู้ทำการศึกษาวิจัยได้เลือกเปรียบเทียบรูปแบบการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่สำหรับอาคารหลังนี้ คือ ฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.00 ม. และฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.20 ม. เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะงบประมาณเบื้องต้นของการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะทั้งสองแบบแล้ว พบว่าหากเลือกรูปแบบการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.20 ม. จะมีมูลค่าสูงกว่ารูปแบบการก่อสร้างฐานรากเสาเข็มเจาะ Ø 1.00 ม. เป็นจำนวนเงิน 4,004,760 บาท (สี่ล้านสี่พันเจ็ดร้อยหกสิบบาทถ้วน)

5.2 อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะโดยศึกษาแรงกระทำทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรมและจากข้อมูลที่นั้น อาจจะมีเป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางหลักวิศวกรรมเท่านั้น การออกแบบฐานรากเสาเข็มในการศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทางและรูปแบบแนะนำสำหรับ วิศวกรทั่วไปหรือผู้สนใจสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่ได้ การเปรียบเทียบเรื่องความคุ้มค่าก็วิเคราะห์อย่างง่ายด้วยการเปรียบเทียบมูลค่าในการ่อสร้างงานฐานรากเสาเข็มเท่านั้น หากจะพิจารณาเรื่องของความคุ้มค่าในองค์รวมทั้งอาคารทั้งหมด จะต้องใช้ความรู้เชิงเศรษฐศาสตร์ควบคู่กับความรู้เชิงวิศวกรรมศาสตร์ด้วย

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่มีมากขึ้น วิศวกรหรือ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องนี้ควรติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดอื่นๆของกฎกระทรวงและหมั่น ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม อาทิเช่น การอบรมด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารสูง ไม่ว่าจะเป็นด้าน การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหวหรือด้านการซ่อมแซมหรือปรับปรุงเสริมกำลังให้กับโครงสร้างอาคาร

5.3 ข้อเสนอแนะตามผลการศึกษา

จากผลการศึกษา ผู้ศึกษาได้เลือกออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะที่มีผลการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ รูปแบบฐานรากเสาเข็มถ้าเปรียบเทียบเฉพาะมูลค่าก่อสร้างจะเห็นได้ว่าเสาเข็มเจาะ Ø 1.20 ม. จะมีมูลค่าการก่อสร้างที่ถูกกว่าฐานรากเสาเข็ม Ø 1.00 ม. แนวทางอีกแนวทางที่ผู้ศึกษาแนะนำคือเลือกใช้รูปแบบฐานรากเสาเข็มเจาะทั้งสองขนาด ดังรูปที่ 4.33

5.3.1 เสาเข็ม Ø 1.00 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 450 ตัน/ต้น จำนวน 20 ต้น

5.3.2 เสาเข็ม Ø 1.20 ม. รับน้ำหนักปลอดภัย 560 ตัน/ต้น จำนวน 80 ต้น

5.3.3 มูลค่างานก่อสร้างเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 42,357,600 บาท (สี่สิบสองล้านสามแสนห้าหมื่นเจ็ดพันหกร้อยบาทถ้วน) มูลค่าก่อสร้างถูกกว่ารูปแบบที่ 1 และ 2

จะเห็นได้ว่า รูปแบบฐานรากเสาเข็มแบบที่ 3 จะมีมูลค่างานก่อสร้างต่ำที่สุด ซึ่งผู้ศึกษาเพียงแนะนำรูปแบบวิธีการออกแบบฐานรากเสาเข็มเจาะทั้งสามรูปแบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้รูปแบบฐานรากเสาเข็มเจาะเท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2550). **มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ.1301-54)**. ปรับปรุงครั้งที่ 1.สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง.กรุงเทพ: เอส.พี.เอ็ม.การพิมพ์.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2552). **การออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ.1302)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: ดิจิตอล ออฟเซท เอเชีย แปซิฟิค.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2550). **มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50)**. พิมพ์ครั้งที่ 1.สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง.กรุงเทพ: เอส.พี.เอ็ม.การพิมพ์.

มงคล จิรวัชรเดช. (2557). **คู่มือการใช้งานฉบับนักศึกษา ETABS 2013**. ฝ่ายบริการสื่อการศึกษา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มงคล จิรวัชรเดช. (2555). **คู่มือการออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหวภาคทฤษฎีและปฏิบัติ**.พิมพ์ครั้งที่ 1. เอ็มแอนด์เอ็ม เลเซอร์พริ้นต์ : TumCivil.com.

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์ (2543). **ประสบการณ์และพัฒนาการก่อสร้างเสาเข็มเจาะลึกมากในชั้นดินกรุงเทพ**. การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง ฐานราก. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก
การประมาณราคาเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างเสาเข็มเจาะแต่ละรูปแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการปริมาณงานและราคา

ประมาณราคา.....

สถานที่ก่อสร้างอำเภอ.....จังหวัด.....

ประมาณการโดย.....ประมาณราคาเมื่อวันที่.....

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ (1)		ค่าแรงงาน(2)		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคา	จำนวนเงิน	ราคา	จำนวนเงิน		
	งานเสาเข็มเจาะหล่อในที่								
1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร	4,920	เมตร.	8,863	43,605,960	-	-	**43,605,960.00**	
	รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน (1)							43,605,960	
	ค่าใช้จ่ายในรูป Factor F (2)								
	รวมค่าดำเนินการทั้งสิ้น (1)X (2)								
						ยอดสุทธิ		43,605,960	

(สี่สิบสามล้านหกแสนห้าพันเก้าร้อยหกสิบบาทถ้วน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการปริมาณงานและราคา

ประมาณราคา.....

สถานที่ก่อสร้างอำเภอ.....**จังหวัด**.....

ประมาณการโดย.....**ประมาณราคาเมื่อวันที่**.....

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ (1)		ค่าแรงงาน(2)		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคา	จำนวนเงิน	ราคา	จำนวนเงิน		
	งานเสาเข็มเจาะหล่อในที่								
1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร	4,320	เมตร.	11,021	47,610,720	-	-	**47,610,720.00**	
	รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน (1)							47,610,720	
	ค่าใช้จ่ายในรูป Factor F (2)								
	รวมค่าดำเนินการทั้งสิ้น (1)X (2)								
						ยอดสุทธิ		47,610,720	

(สี่สิบเจ็ดล้านหกแสนหนึ่งหมื่นเจ็ดร้อยยี่สิบบาทถ้วน)

รายการปริมาณงานและราคา

ประมาณราคา.....

สถานที่ก่อสร้างอำเภอ.....**จังหวัด**.....

ประมาณการโดย.....**ประมาณราคาเมื่อวันที่**.....

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ (1)		ค่าแรงงาน(2)		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคา	จำนวนเงิน	ราคา	จำนวนเงิน		
	งานเสาเข็มเจาะหล่อในที่								
1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร	999	เมตร.	8,863	8,853,160	-	-	**8,853,160**	
2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร	3,040	เมตร.	11,021	33,500,800	1.00	3,039.72	**33,503,840**	
	รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน (1)							42,357,000	
	ค่าใช้จ่ายในรูป Factor F (2)								
	รวมค่าดำเนินการทั้งสิ้น (1)X (2)								
						ยอดสุทธิ		42,357,000	

(สี่สิบสองล้านสามแสนห้าหมื่นเจ็ดพันบาทสี่สิบสาวสตางค์)

ประวัติผู้เขียน

นายโกสินทร์ แข่งขัน เกิดวันที่ 1 มกราคม 2525 ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 42 หมู่ 15 ต. เมืองแก อ.สตึก จ.บุรีรัมย์ ที่ทำงานปัจจุบัน สาขาวิชาโยธา วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน : ครูพิเศษสอน ประสบการณ์ทำงาน : พ .ศ .2554 – ปัจจุบัน สาขาวิชาโยธา วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พ.ศ.2552 – 2554 บริษัท ทองมาคอนแทรคเตอร์ จำกัด ลพบุรี. พ.ศ.2550-2551 บริษัท นิธิณัฐกร เอนจิเนียริ่ง จำกัด นครปฐม. ประวัติการศึกษา : พ.ศ.2547-2550 วศบ.วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต พ .ศ. 2544 – 2546 ปวส.ช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี