

ตัวอย่างการวิเคราะห์



4.1 ความนำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือน 3 ตัวอย่างประกอบด้วย ผนังด้านแรงเฉือนที่มีช่องเปิด โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างการใช่วิธีโครงสร้างย่อยแบบพรอนทัลกับวิธีพรอนทัลธรรมดา การใช้ชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้น (Q4) กับชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง (Q8) อีกทั้งยังเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมเมื่อใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II กับเครื่อง IBM เมมเฟรมอีกด้วย สำหรับพารามิเตอร์ที่หยิบยกมาศึกษาเปรียบเทียบได้แก่ เวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ เนื้อที่หน่วยความจำหลักและหน่วยความจำสำรองที่ต้องใช้ก่อนทำพรอนต์ (โปรแกรมย่อย FRNTIQ) และขณะทำพรอนต์ (โปรแกรมย่อย FRNTST)

4.2 ตัวอย่างที่ 1

ผนังด้านแรงเฉือนในตัวอย่างนี้มี 4 ชั้น สูง 24 ม. กว้าง 6 ม. มีฐานยึดแน่น ช่องเปิดอยู่ที่กึ่งกลางของผนัง ให้แรงกระทำเป็นจุดกระทำที่ด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือน แบ่งผนังด้านแรงเฉือนออกเป็นชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ดังแสดงในรูปที่ 4.1ก และ 4.1ข โดยที่แบ่งออกเป็นชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 56 ชิ้นส่วนย่อยซึ่งมี 100 ขั้ว และแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 28 ชิ้นส่วนย่อยซึ่งมี 135 ขั้ว การเรียงลำดับชิ้นส่วนย่อยโดยเรียงทางด้านที่แคบที่สุดดังแสดงในรูป เพื่อให้ความกว้างของพรอนต์ที่โตที่สุดให้มีขนาดเล็กที่สุดคือเท่ากับ 20 และ 34 สำหรับวิธีโครงสร้างย่อยแบบพรอนทัล ส่วนวิธีพรอนทัลนั้นความกว้างของพรอนต์ที่โตที่สุดเท่ากับ 12 และ 24 สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ซึ่งมีการแบ่งและการเรียงลำดับชิ้นส่วนย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.3ก และ 4.3ข ตามลำดับ โดยที่ช่องเปิดอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละชั้นของผนังด้านแรงเฉือน การแบ่งและการเรียงลำดับชิ้นส่วนย่อยในแต่ละชั้นเหมือนกัน ดังนั้นแต่ละชั้นของผนังด้านแรงเฉือนจึงแบ่งเป็นโครงสร้างย่อยแต่ละชั้นที่เหมือนกันได้ โดยขึ้นอยู่กับสมบัติต่าง ๆ ของผนังด้านแรงเฉือน สำหรับตัวอย่างนี้สมมุติให้ผนังด้านแรงเฉือนมีสมบัติต่าง ๆ เหมือนกันตลอดทุกชั้น กล่าวคือมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.812×10^6 ดัน/ม². อัตราส่วยหอยของเท่ากับ 0.4 ความหนา

เท่ากับ 0.5 ม. จำนวนโครงสร้างย่อยที่ได้จากชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 เท่ากับ 4 โครงสร้างย่อยเท่ากัน ขั้วของแต่ละโครงสร้างย่อยที่ได้จากชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 เท่ากับ 8 ขั้วและ 12 ขั้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.2ก และ 4.2ข ตามลำดับ ค่าพิกัด สมบัติ ค่าต่าง ๆ รวมทั้งค่าการเคลื่อนที่ของขั้วและความเค้นของชิ้นส่วนย่อยที่เกิดขึ้นแสดงในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4.1ก แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัลทางด้านเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ เนื้อที่หน่วยความจำหลักและหน่วยความจำสำรอง สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ในตัวอย่างนี้วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดน้อยกว่าวิธีฟรอนทัลประมาณ 48 % และ 42 % สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้ส่วนมากอยู่ในช่วงโปรแกรมย่อย STIFFNESS เวลาที่ใช้ในการอ่านและบันทึกข้อมูลในโปรแกรมย่อย FRNTIQ และ FRNTST โดยที่เวลาที่ใช้ในการอ่านและบันทึกข้อมูลนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนคำที่อ่านและบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำสำรอง ดังนั้นวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลจึงใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองน้อยกว่าวิธีฟรอนทัล กล่าวคือในโปรแกรมย่อย FRNTIQ ใช้น้อยกว่าประมาณ 55 % และ 40 % สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ส่วนในโปรแกรมย่อย FRNTST ใช้น้อยกว่าประมาณ 53 % และ 45 % สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ แต่เนื่องจากความกว้างของฟรอนต์ที่โตที่สุดที่ได้จากวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลมีขนาดใหญ่กว่าที่ได้จากวิธีฟรอนทัล ดังนั้นเนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้โดยวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลจึงมากกว่าวิธีฟรอนทัล กล่าวคือในโปรแกรมย่อย FRNTIQ ใช้น้อยกว่าประมาณ 9 % และ 6 % สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ส่วนในโปรแกรมย่อย FRNTST ใช้น้อยกว่าประมาณ 70 % เท่ากันสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8

สรุปได้ว่า วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลใช้เวลาในการวิเคราะห์และเนื้อที่หน่วยความจำสำรองน้อยกว่าวิธีฟรอนทัล แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักมากกว่าวิธีฟรอนทัล

สำหรับในกรณีที่แต่ละโครงสร้างย่อยสามารถแบ่งเป็นชิ้นส่วนย่อยที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ได้ดังในตัวอย่างนี้ โดยที่ภายในแต่ละโครงสร้างย่อยมีสมบัติต่าง ๆ เหมือนกันสามารถแทนสติฟเนส เมตริกซ์ของชิ้นส่วนย่อยทั้งหมดภายในแต่ละโครงสร้างย่อยด้วยสติฟเนส เมตริกซ์ของชิ้นส่วนย่อยเพียงชิ้นเดียว ทำให้ลดเวลาในการหาสติฟเนส เมตริกซ์ของชิ้นส่วนย่อยในโปรแกรม

ย้อย STIFFNESS และเวลาในการอ่านข้อมูลในโปรแกรมย้อย FRNTST ลง ดังนั้นจึงช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดลงดังตารางที่ 4.1x จะเห็นว่าในวิธีโครงสร้างย้อยแบบพรอนท์ช่วยลดเวลาลงประมาณ 10 % เท่ากัน สำหรับชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 ส่วนวิธีพรอนท์ช่วยลดเวลาลงประมาณ 18 % และ 23 % สำหรับชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังช่วยลดเนื้อที่หน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บสถิติ เนส เมตริกซ์ของชิ้นส่วนย้อยทั้งหมดลงกล่าวคือ วิธีโครงสร้างย้อยแบบพรอนท์จะใช้เนื้อที่ลดลงประมาณ 90 % และ 85 % สำหรับชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 ส่วนวิธีพรอนท์จะใช้เนื้อที่ลดลง 98 % และ 96 % สำหรับชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ แต่จะใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักในโปรแกรมย้อย FRNTST เพิ่มขึ้นกล่าวคือ ในวิธีโครงสร้างย้อยแบบพรอนท์จะใช้เนื้อที่เพิ่มขึ้นประมาณ 63 % และ 13 % สำหรับชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 ส่วนวิธีพรอนท์จะใช้เนื้อที่เพิ่มขึ้นประมาณ 160 % และ 60 % สำหรับชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ อนึ่งเปอร์เซ็นต์ที่เปรียบเทียบมาตั้งแต่ต้นนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นส่วนย้อยและจำนวนโครงสร้างย้อยของผนังด้านแรงเฉือนนั้น ๆ

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของข้อในผนังด้านซ้ายมือของผนังด้านแรงเฉือนระหว่างชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 รูปที่ 4.5 แสดงความสมดุลย์ของแรงที่ได้ในคานเชื่อมตัวบนสุดโดยใช้ชิ้นส่วนย้อยชนิด Q8 สำหรับตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบโมเมนต์ แรงเฉือน และแรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นในคานเชื่อมทั้งหมดระหว่างชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 และ Q8 จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าการเคลื่อนที่ของข้อที่ได้จากชิ้นส่วนย้อยทั้ง 2 ชนิดมีค่าแตกต่างกันเพียง 6 % ซึ่งเกิดจากการแบ่งชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 ให้ละเอียดพอในทางแนวตั้งของผนังด้านแรงเฉือน (เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการเคลื่อนที่ของข้อที่ได้ในตัวอย่างที่ 2 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันมากกว่า) ดังนั้นทำให้ค่าโมเมนต์ แรงเฉือนและแรงในแนวแกนที่ได้จากชิ้นส่วนย้อยทั้งสองมีค่าแตกต่างกันไม่มาก กล่าวคือ ค่าโมเมนต์แตกต่างไม่เกิน 4 % แรงเฉือนแตกต่างไม่เกิน 2 % และแรงในแนวแกนแตกต่างไม่เกิน 10 %

ตารางที่ 4.3ก และ 4.3ข เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนที่ของข้อในแนวแกน x และค่าความเค้นในแนวแกน y ของชิ้นส่วนย้อยชนิด Q4 ในผนังด้านซ้ายมือของผนังด้านแรงเฉือน

ที่ได้จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่อง IBM 3031-008 จากตารางทั้งสองจะเห็นว่า ผลลัพธ์ที่ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดไม่เกิน $4.86 \times 10^{-5} \%$ และ $5.56 \times 10^{-4} \%$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยมาก ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จึงอยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้

ในตัวอย่างนี้ได้เปรียบเทียบโปรแกรม MICRO-FEAP (19) ซึ่งแก้ปัญหามาแบบโพลี (Profile Solver) ที่ได้แปลงเป็นภาษาเครื่องแล้วกับโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อยแบบ ฟรอนทัลและวิธีฟรอนทัลที่ได้แปลงเป็นภาษาเครื่องแล้วเช่นกัน ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ปรากฏว่าโปรแกรม MICRO-FEAP ใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่น้อยที่สุดแต่ใช้เนื้อที่หน่วย ความจำหลักสำหรับสติฟเนสแมตริกซ์มากที่สุด เมื่อเทียบกับโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อยแบบ ฟรอนทัลและวิธีฟรอนทัล โดยที่โปรแกรม MICRO-FEAP และโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อย แบบฟรอนทัลใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่น้อยกว่าประมาณ 62 % และ 52 % แต่ใช้เนื้อที่หน่วย ความจำหลักสำหรับสติฟเนสแมตริกซ์มากกว่าประมาณ 25 เท่าและ 3 เท่าเมื่อเทียบกับวิธี ฟรอนทัลสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 ส่วนชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัล ใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่น้อยกว่าประมาณ 44 % แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักสำหรับสติฟ เนสแมตริกซ์มากกว่าประมาณ 2 เท่าเมื่อเทียบกับวิธีฟรอนทัล นอกจากนี้จะเห็นว่าโปรแกรม MICRO-FEAP ใช้เวลาในการอ่านและบันทึกข้อมูลในหน่วยความจำสำรองน้อยกว่ามาก เมื่อ เทียบกับโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลและวิธีฟรอนทัล

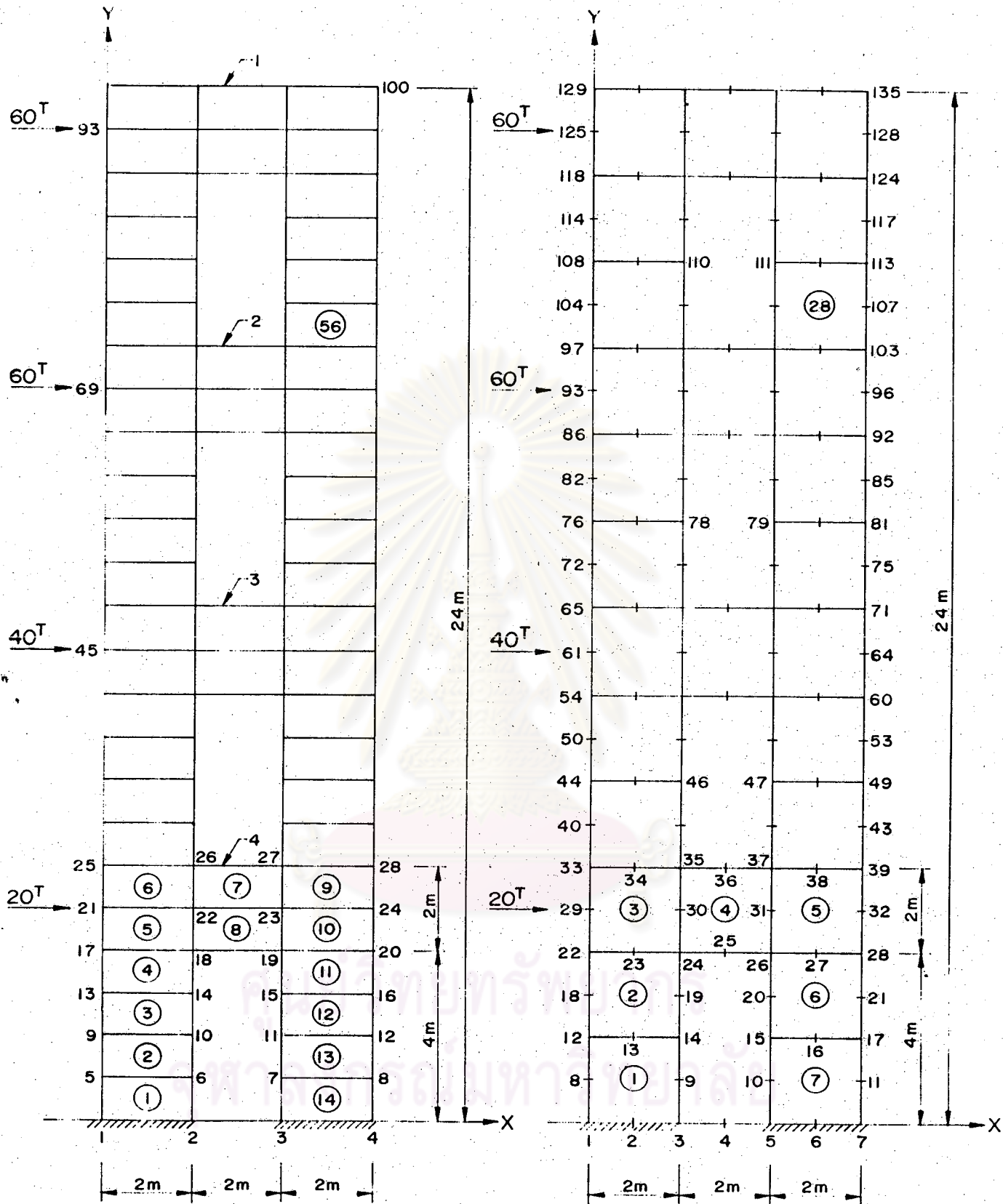
จากตัวอย่างที่ 1 นี้ ถ้าสมมุติให้โครงสร้างย่อยชั้นที่ 1 และ 2 มีรูปร่างและสมบัติ ต่าง ๆ เหมือนกัน โครงสร้างย่อยชั้นที่ 3 และ 4 มีรูปร่างและสมบัติต่าง ๆ เหมือนกันเช่นกัน ตามหัวข้อที่ 2.4 ในที่นี้จะทดสอบให้เห็นว่าการใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 2 จะใช้เวลาในการ วิเคราะห์ที่น้อยกว่าการใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 3 จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า การใช้โครง สร้างย่อยระดับที่ 2 ใช้เวลาน้อยกว่าการใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 3 ประมาณ 8 % และ 10 % สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 โดยเวลาที่ลดลงอยู่ในช่วงโปรแกรมย่อย FRNTIQ และ FRNTST นอกจากนี้การใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 2 ยังช่วยลดเนื้อที่หน่วยความจำหลักและหน่วย ความจำสำรองลงด้วย กล่าวคือในโปรแกรมย่อย FRNTIQ ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักลดลง 4 % และ 2 % สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 และใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองลดลง 30 %

และ 37 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ส่วนในโปรแกรมย่อย FRNTST ใช้เนื้อที่ หน่วยความจำหลักลดลง 13 % และ 7 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 และใช้เนื้อที่ หน่วยความจำสำรองลดลง 19 % และ 20 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ

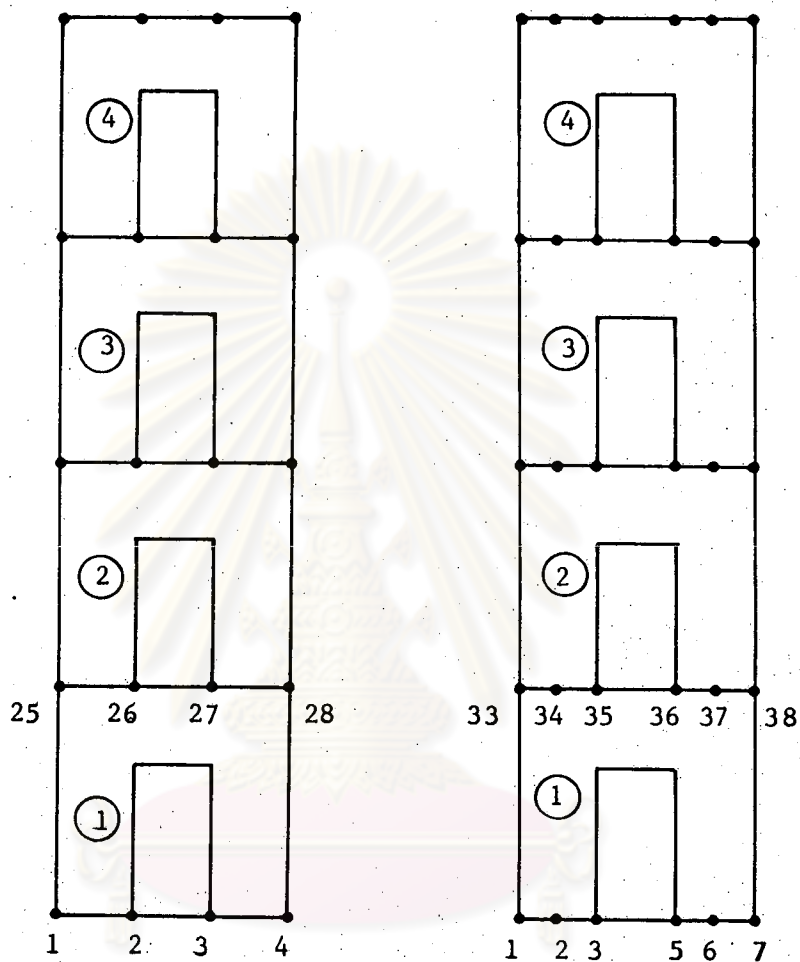
จากตารางที่ 4.1x และตารางที่ 4.5 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันในการใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 2 จะเห็นว่า เมื่อจำนวนโครงสร้างย่อยที่เหมือนกันมีจำนวนลดลง เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์และเนื้อที่หน่วยความจำสำรองที่ใช้จะเพิ่มขึ้น แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักในโปรแกรมย่อย FRNTST ลดลง กล่าวคือ ในตารางที่ 4.1x และ 4.5 จำนวนโครงสร้างย่อยที่เหมือนกันมี 4 และ 2 โครงสร้างย่อย เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นประมาณ 40 % และ 35 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 เนื้อที่หน่วยความจำสำรองในโปรแกรมย่อย FRNTIQ เพิ่มขึ้น 61 % และ 47 % และในโปรแกรมย่อย FRNTST เพิ่มขึ้น 60 % และ 55 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักในโปรแกรมย่อย FRNTST ลดลง 38 % และ 21 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8

ดังนั้นในกรณีที่แต่ละโครงสร้างย่อยไม่เหมือนกัน ควรใช้วิธีฟรอนทัลธรรมดาจะประหยัดทั้งเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ เนื้อที่หน่วยความจำหลักและสำรอง เพราะว่าวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลจะต้องทำการรวมและกำจัดซ้ำที่ไม่ต้องการออกไปทุกชั้นส่วนย่อย เช่นเดียวกับวิธีฟรอนทัลและต้องคงชื่อของโครงสร้างย่อยไว้ในแต่ละฟรอนต์สำหรับโครงสร้างย่อยระดับที่ 1 อีกทั้งยังต้องทำการรวมและกำจัดซ้ำของชั้นส่วนย่อยในโครงสร้างย่อยระดับที่ 2 อีกด้วย



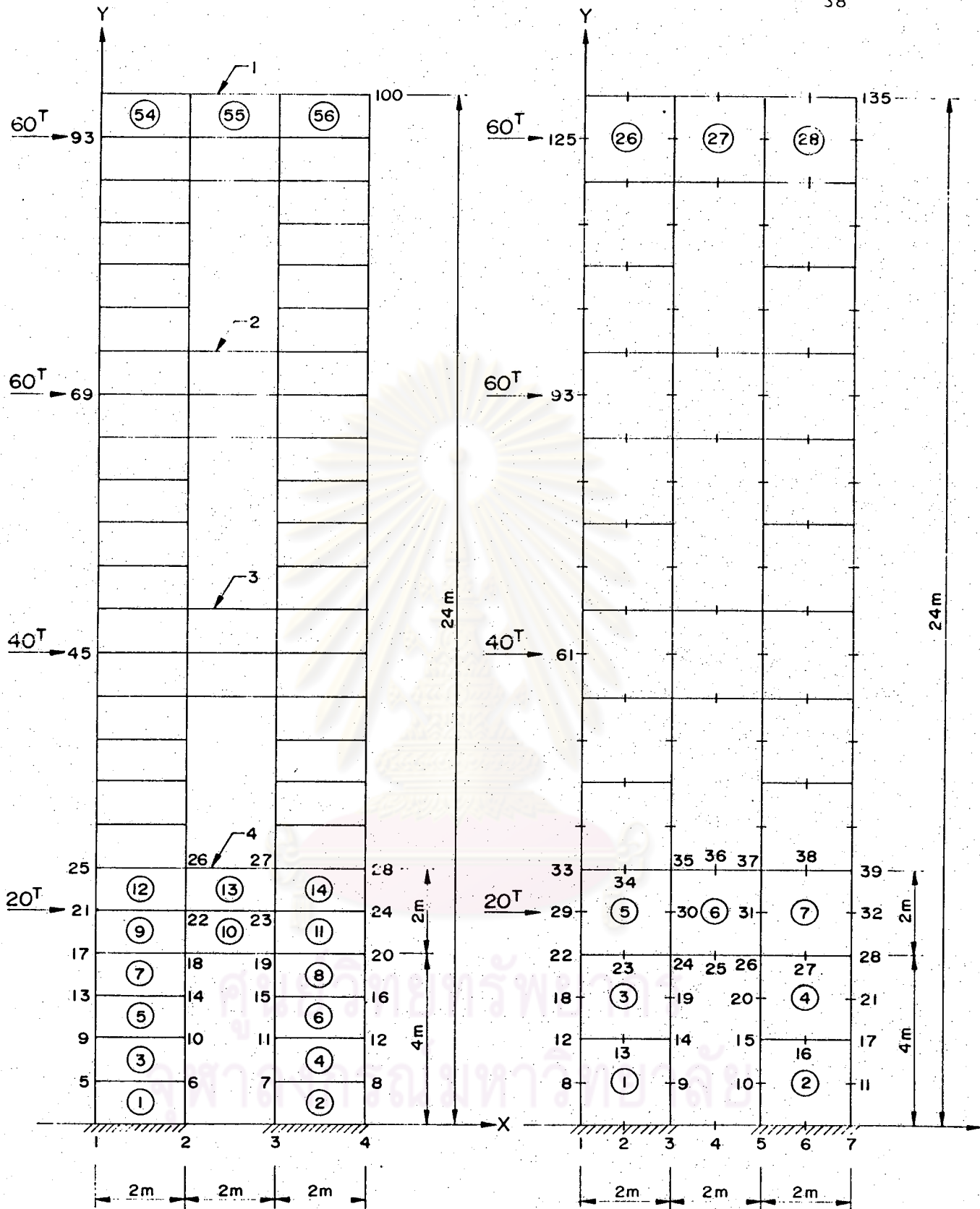


รูปที่ 4.1 มัถังค้ำแรงเงือน (ตัวอย่างที่ 1)



ศูนย์วิทยุวิทยากร (ก) (ข)

รูปที่ 4.2 โครงสร้างย่อย (ตัวอย่างที่ 1)



รูปที่ 4.3 มนังคานแรงเฉือน (วิธีพรอนทิล, ตัวอย่างที่ 1)

	วิธีโครงสร้างย่อย แบบพร้อมทัม		วิธีพร้อมทัม	
	Q4	Q8	Q4	Q8
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS	19:25	22:57	46:43	60:51
เวลา CPU ใน FRNTIQ	1:44	1:58	3:07	3:34
เวลา I/O ใน FRNTIQ	6:38	5:00	16:42	8:59
เวลา CPU ใน FRNTST	13:32	34:17	20:20	53:38
เวลา I/O ใน FRNTST	8:28	9:21	18:59	18:00
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	67:32	102:43	130:52	178:46
เนื้อที่หน่วยความจำสำรองของ สติฟ เนส เบคริกซ์และเวกเตอร์ ของแรงของชิ้นส่วนย่อยทั้งหมด	504	952	2016	3808
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTIQ	1117	933	3201	2099
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTIQ	1363	1368	3151	2299
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTST	2302	2932	5228	6248
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTST	2235	3526	4724	6526
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTIQ	444	624	409	586
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTST	759	1467	447	857

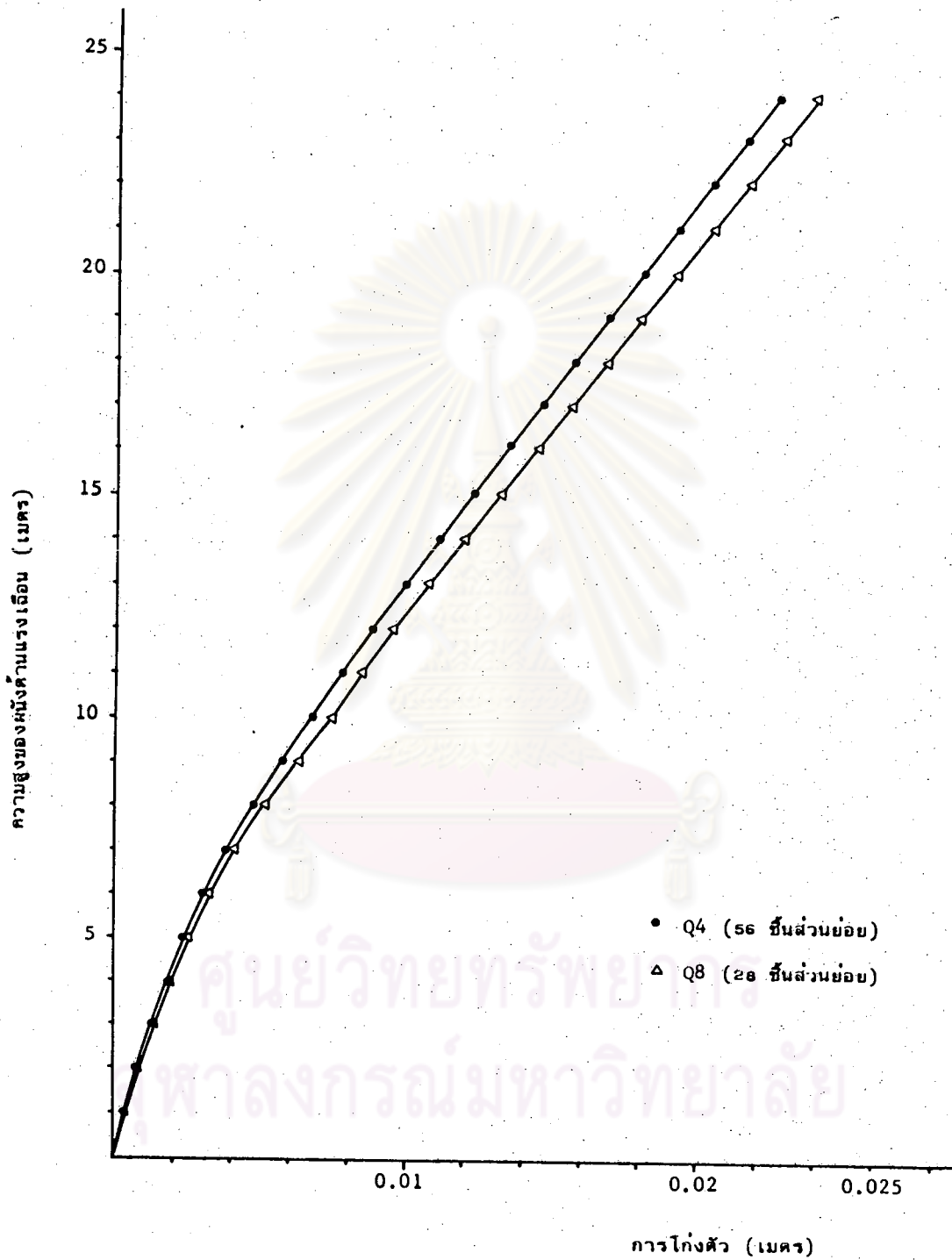
- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)
- หน่วยของความจำหลักและสำรอง (คำ)
- ข้อมูลที่อ่านและบันทึก (คำ)

ตารางที่ 4.1 ก เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบพร้อมทัมกับวิธีพร้อมทัม

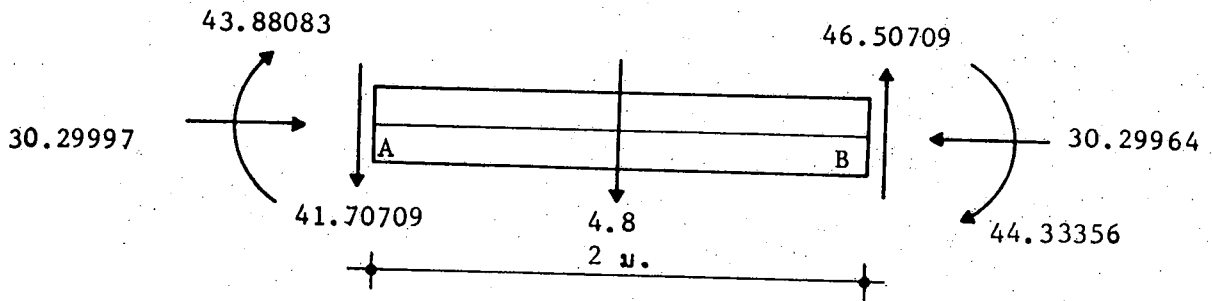
	วิธีโครงสร้างย่อย แบบฟรอนทัล		วิธีฟรอนทัล	
	Q4	Q8	Q4	Q8
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS	14:17	15:09	25:33	25:29
เวลา CPU ใน FRNTIQ	1:44	1:58	3:07	3:33
เวลา I/O ใน FRNTIQ	6:40	5:05	16:38	9:02
เวลา CPU ใน FRNTST	14:05	34:14	20:38	54:06
เวลา I/O ใน FRNTST	7:24	8:14	15:27	12:12
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	60:46	93:09	106:45	138:01
เนื้อที่หน่วยความจำสำรองของ สตีเฟนสเมตริกซ์และเวกเตอร์ ของแรงของชิ้นส่วนย่อยทั้งหมด	36	136	36	136
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTIQ	1117	933	3201	2099
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTIQ	1363	1368	3151	2299
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTST	1743	2074	2863	2387
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTST	2235	3526	4724	6526
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTIQ	444	624	409	586
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTST	1237	1655	1173	1377

- หน่วยของเวลา (นาที่:วินาที)
- หน่วยของความจำหลักและสำรอง (คำ)
- ข้อมูลที่อ่านและบันทึก (คำ)

ตารางที่ 4.1 ข เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัล (ต่อ)



รูปที่ 4.4 การโก่งตัวของผนังด้านแรงเหวี่ยง (ผนังด้านซ้ายมือ, ตัวอย่างที่ 1)



รูปที่ 4.5 ความสมดุลของแรงในคานเชื่อมตัวบนสุดสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 1)

คาน เชื่อม หมายเลข	ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4					ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8				
	M_{ab} ตัน-ม.	M_{ba} ตัน-ม.	P ตัน	V_{ab} ตัน	V_{ba} ตัน	M_{ab} ตัน-ม.	M_{ba} ตัน-ม.	P ตัน	V_{ab} ตัน	V_{ba} ตัน
1	42.22	45.01	30.19	41.22	46.02	43.88	44.33	30.30	41.71	46.51
2	122.29	124.05	29.87	120.77	125.57	125.38	125.29	30.08	122.94	127.74
3	189.68	190.76	19.71	187.82	192.62	194.15	193.45	19.80	191.40	196.20
4	208.97	212.69	12.39	208.43	213.23	211.92	214.05	11.26	210.59	215.39

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลที่ได้ในคานเชื่อมทั้งหมดระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ตัวอย่างที่ 1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเลขข้อ	ไมโคร	เมนเฟรม	% ผิดพลาด $\times 10^{-5}$
1	0	0	0
5	2.81518017 E-04	2.81518154 E-04	-4.86
9	6.90404240 E-04	6.90404550 E-04	-4.49
13	1.23376292 E-03	1.23376338 E-03	-3.73
17	1.78811101 E-03	1.78811149 E-03	-2.69
21	2.36390971 E-03	2.36391010 E-03	-1.65
25	3.00895989 E-03	3.00896017 E-03	-0.92
29	3.83440676 E-03	3.83440693 E-03	-0.44
33	4.83549318 E-03	4.83549321 E-03	-0.06
37	5.89504737 E-03	5.89504724 E-03	0.22
41	6.90188639 E-03	6.90188592 E-03	0.68
45	7.88584160 E-03	7.88584066 E-03	1.19
49	8.84250124 E-03	8.84249987 E-03	1.55
53	9.92975098 E-03	9.92974912 E-03	1.88
57	1.11346566 E-02	1.11346541 E-02	2.25
61	1.23634768 E-02	1.23634739 E-02	2.35
65	1.35372922 E-02	1.35372886 E-02	2.65
69	1.46914578 E-02	1.46914534 E-02	3.00
73	1.57455764 E-02	1.57455713 E-02	3.23
77	1.68797438 E-02	1.68797379 E-02	3.49
81	1.80699946 E-02	1.80699877 E-02	3.81
85	1.92636153 E-02	1.92636076 E-02	3.99
89	2.04250756 E-02	2.04250669 E-02	4.26
93	2.15864011 E-02	2.15863914 E-02	4.50
97	2.26418524 E-02	2.26418419 E-02	4.64

ตารางที่ 4.3 ก เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนที่ของข้อในแนวแกน x

หมายเลข ชิ้นส่วนย่อย	ไมโครรา	เมนเฟรม	% ผิดพลาด $\times 10^{-4}$
1	5.01836180 E+02	5.01836226 E+02	-0.09
2	5.04236177 E+02	5.04236226 E+02	-0.10
3	5.06636165 E+02	5.06636226 E+02	-0.12
4	5.09036150 E+02	5.09036226 E+02	-0.15
5	4.21560278 E+02	4.21560232 E+02	0.10
6	3.62961323 E+02	3.62961254 E+02	0.19
15	3.07804528 E+02	3.07804460 E+02	0.22
16	3.10204493 E+02	3.10204460 E+02	0.11
17	3.12604482 E+02	3.12604460 E+02	0.07
18	3.15004433 E+02	3.15004460 E+02	-0.09
19	2.29946938 E+02	2.29946870 E+02	0.30
20	1.79667130 E+02	1.79667017 E+02	0.63
29	1.34385910 E+02	1.34385832 E+02	0.58
30	1.36785838 E+02	1.36785832 E+02	0.04
31	1.39185820 E+02	1.39185832 E+02	-0.09
32	1.41585799 E+02	1.41585832 E+02	-0.23
33	8.23286334 E+01	8.23286014 E+01	0.39
34	5.07341503 E+01	5.07340716 E+01	1.55
43	2.80164856 E+01	2.80164308 E+01	1.96
44	3.04164723 E+01	3.04164308 E+01	1.36
45	3.28164630 E+01	3.28164308 E+01	0.98
46	3.52164104 E+01	3.52164308 E+01	-0.58
47	7.47616145 E+00	7.47620298 E+00	-5.56
48	-2.67683902 E+00	-2.67683954 E+00	-0.19

ตารางที่ 4.3 ข เปรียบเทียบค่าความเค้นในแนวแกน y ของผนังด้านแรงเฉือนระหว่างเครื่อง
ไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องเมนเฟรม (ตัวอย่างที่ 1, Q4)

	ชั้นส่วนย่อยชนิด Q4		ชั้นส่วนย่อยชนิด Q8			ชั้นส่วนย่อยชนิด Q4
	วิธีโครงสร้าง ย่อยแบบฟรอนทัล	วิธีฟรอนทัล	วิธีโครงสร้าง ย่อยแบบฟรอนทัล	วิธีฟรอนทัล		MICRO-FEAP [COMPLIE] PROFILE [SOLVER]
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS เวลา CPU ใน FRNTIQ เวลา I/O ใน FRNTIQ	6:06 0:11 5:26	15:36 0:13 12:58	6:46 0:11 4:14	19:01 0:13 7:30	เวลา CPU & (I/O) ในการหาโทบอลสติฟเนส เมตริกซ์และเวกเตอร์ของ แรง	14:56 (1:03)
เวลา CPU ใน FRNTST เวลา I/O ใน FRNTST เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน BACKSUB	1:43 6:17 5:25	1:56 15:37 11:03	4:46 6:56 6:11	6:40 14:33 10:25	เวลา CPU & (I/O) ในการแก้สมการ KU=R	3:48 (0:42)
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STRESS เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด เนื้อที่หน่วยความจำหลักสำหรับสติฟเนสเมตริกซ์	5:52 31:00 210	7:22 64:45 78	9:14 38:20 595	10:09 68:31 300		4:12 24:41 1984

- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)

- หน่วยของความจำหลัก (คำ)

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรม MICRO-FEAP กับโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลและวิธีฟรอนทัล

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ชั้นส่วนย่อย Q4		ชั้นส่วนย่อย Q8	
	โครงสร้าง ย่อยระดับ	โครงสร้าง ย่อยระดับ	โครงสร้าง ย่อยระดับ	โครงสร้าง ย่อยระดับ
	ที่ 2	ที่ 3	ที่ 2	ที่ 3
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS	18:28	18:30	19:52	19:50
เวลา CPU ใน FRNTIQ	2:35	2:44	2:51	3:13
เวลา I/O ใน FRNTIQ	10:35	12:33	7:20	9:03
เวลา CPU ใน FRNTST	21:27	24:49	53:02	62:06
เวลา I/O ใน FRNTST	10:15	11:46	10:25	13:14
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	84:56	92:34	125:46	140:35
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTIQ	1942	2700	1492	2256
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTIQ	2197	3173	2007	3173
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTST	2552	3612	3018	4598
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTST	3590	4416	5478	6824
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTIQ	444	462	624	639
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTST	763	873	1302	1404

- หน่วยของเวลา (นาที่:วินาที)
- หน่วยของความจำหลัก (คำ)
- ข้อมูลที่อ่านและบันทึก (คำ)

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลระหว่างการใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 2 กับระดับที่ 3

4.3 ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างนี้มาจากเอกสารอ้างอิงที่ 5 ซึ่งเป็นผนังด้านแรงเฉือนมีจำนวน 6 ชั้นมีช่องเปิดอยู่ที่กึ่งกลางของผนัง ให้แรงกระทำเป็นจุดกระทำที่ด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือน แบ่งผนังด้านแรงเฉือนออกเป็นชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จำนวน 128 ชั้นส่วนย่อยซึ่งมี 180 ขั้ว และแบ่งออกเป็นชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จำนวน 32 และ 58 ชั้นส่วนย่อยซึ่งมี 148 และ 230 ขั้ว ตามลำดับ โดยเรียงลำดับชั้นส่วนย่อยและขั้วดังแสดงในรูปที่ 4.6, 4.8 และ 4.10 ซึ่งมีความกว้างของพรวงค์ที่โคที่สุดเท่ากับ 28, 34 และ 50 ตามลำดับ ชั้นที่ 2 ถึง 6 ของผนังด้านแรงเฉือนมีช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งเดียวกันของแต่ละชั้น การแบ่งและการเรียงลำดับชั้นส่วนย่อยในแต่ละชั้นเหมือนกัน ดังนั้นแต่ละชั้นของผนังด้านแรงเฉือนจึงแบ่งเป็นโครงสร้างย่อยที่เหมือนกันได้ ส่วนชั้นที่ 1 นั้น การแบ่งและการเรียงลำดับชั้นส่วนย่อยไม่เหมือนชั้นอื่น ๆ จึงแบ่งชั้นที่ 1 ออกเป็นโครงสร้างย่อยอีกแบบหนึ่ง สำหรับตัวอย่างนี้ สมมุติให้ผนังด้านแรงเฉือนมีสมบัติต่าง ๆ เหมือนกันตลอดทุกชั้น กล่าวคือ มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ $5.76 \times 10^5 \text{ kip/ft}^2$ อัตราส่วนพอยซงของเท่ากับ 0.4 ความหนาเท่ากับ 1 ฟุต จำนวนโครงสร้างย่อยที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 เท่ากับ 6 โครงสร้างย่อยเท่ากัน โดยมีขั้วของแต่ละโครงสร้างย่อยเท่ากับ 12, 12 และ 20 ขั้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.7, 4.9 และ 4.11

จากเอกสารอ้างอิงที่ 5 ได้แบ่งผนังด้านแรงเฉือนออกเป็นชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จำนวน 264 ชั้นส่วนย่อยซึ่งมี 334 ขั้ว ได้ทำการทดสอบดูปรากฏว่า ต้องใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองมากกว่าเนื้อที่หน่วยความจำสำรองที่มีอยู่ (ใช้แผ่นดิสค์จำนวน 2 แผ่น) จึงได้แบ่งชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 ตามจำนวนที่กล่าวมาข้างต้น และได้ใช้วิธีพรวงค์ลแก้มปัญหาในตัวอย่างนี้ก็ปรากฏว่า มีเฉพาะชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จำนวน 32 ชั้นส่วนย่อยเท่านั้นที่สามารถวิเคราะห์ได้ ส่วนชั้นส่วนย่อยที่เหลือไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากต้องใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองมากกว่าที่มีอยู่เช่นกัน การแบ่งและการเรียงลำดับชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 และขั้วสำหรับวิธีพรวงค์ลได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.12 ซึ่งมีความกว้างของพรวงค์ที่โคที่สุดเท่ากับ 24

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัล สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จะเห็นว่าวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า 29 % ใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองในโปรแกรมย่อย FRNTIQ และ FRNTST น้อยกว่า 21 % และ 23 % แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักในโปรแกรมย่อย FRNTIQ และ FRNTST มากกว่า 6 % และ 82 % เมื่อเทียบกับวิธีฟรอนทัล

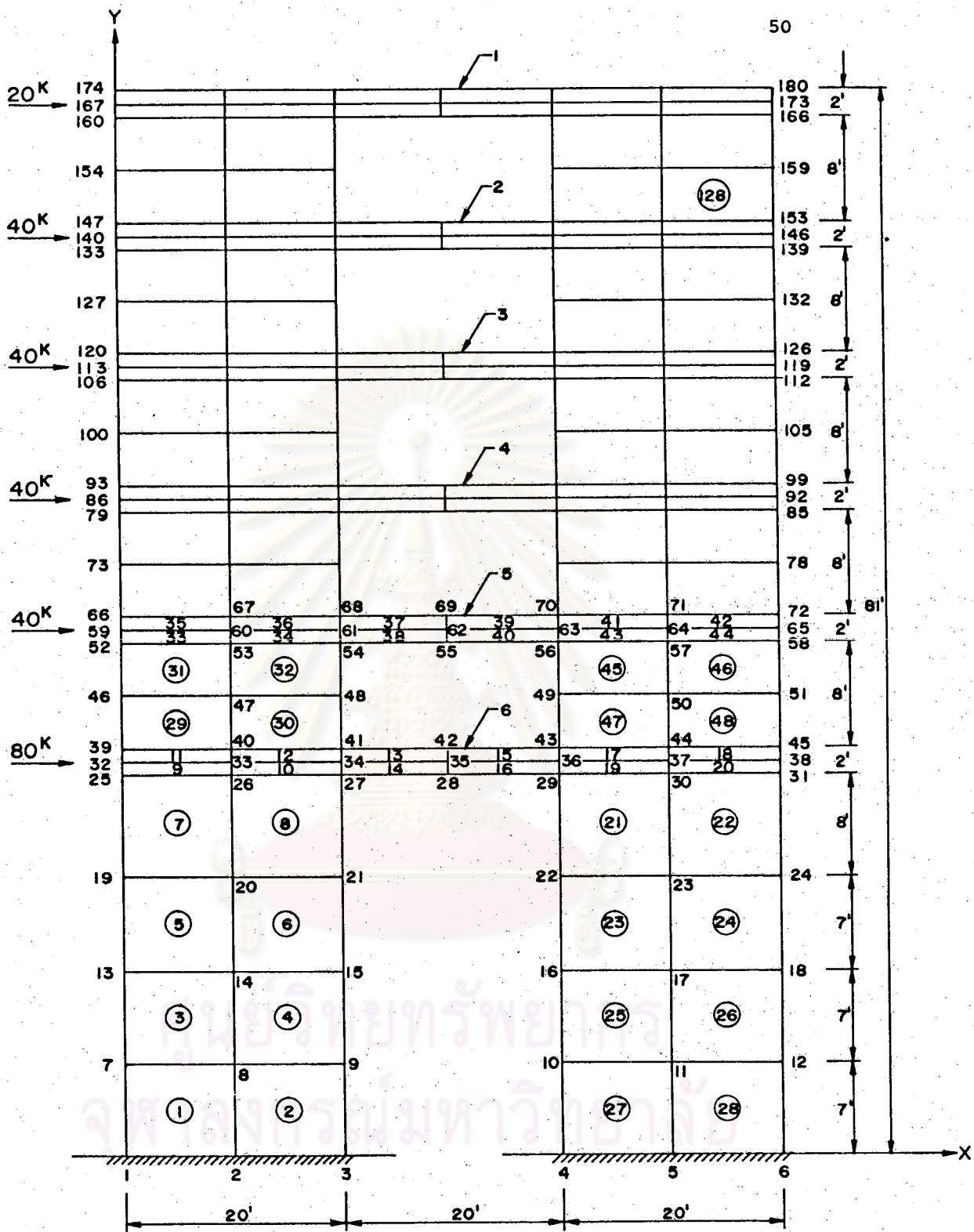
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัลของชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ที่ได้แปลงโปรแกรมเป็นภาษาเครื่องจะเห็นว่า วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า 32 % เมื่อเทียบกับวิธีฟรอนทัล และเมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 4.6 และ 4.7 จะเห็นว่าโปรแกรมที่เป็นภาษาเบสิกใช้เวลาวิเคราะห์มากกว่าประมาณ 2.5 เท่า เมื่อเทียบกับโปรแกรมที่เป็นภาษาเครื่อง สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จำนวน 58 ชั้นส่วนย่อยไม่สามารถจะวิเคราะห์ได้ เนื่องจากโปรแกรมภาษาเบสิกเมื่อแปลงเป็นภาษาเครื่องนั้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรองจะกินเนื้อที่มากขึ้นจนเหลือเนื้อที่ในหน่วยความจำสำรองไม่พอที่จะวิเคราะห์ในกรณีนี้ได้

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของขั้วในผนังด้านซ้ายมือของผนังด้านแรงเฉือนระหว่างชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 โดยที่ค่าการเคลื่อนที่ของขั้วที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จำนวน 264 ชั้นส่วนย่อยนำมาจากเอกสารอ้างอิงที่ 5 จากรูปจะเห็นว่า ค่าแตกต่างระหว่างค่าการเคลื่อนที่ของขั้วที่ได้จากการแบ่งชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ให้เล็กลงมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากการแบ่งชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 ให้เล็กลงเช่นกัน คือค่าแตกต่างระหว่างค่าการเคลื่อนที่ของขั้วที่ได้จากการแบ่งชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 มีค่าประมาณ 30 % และ 1.5 % แสดงว่าชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 เมื่อมีจำนวนขั้วทั้งหมดใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังให้ค่าใกล้เคียงกับค่าการเคลื่อนที่จริงของผนังด้านแรงเฉือน ทั้งนี้เพราะว่าค่าการเคลื่อนที่ของขั้วของชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 เป็นเส้นตรงตามฟังก์ชันสัมฐาน แต่การเคลื่อนที่จริงของผนังด้านแรงเฉือนเป็นเส้นโค้งเนื่องมาจากการคดเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จึงให้ค่า

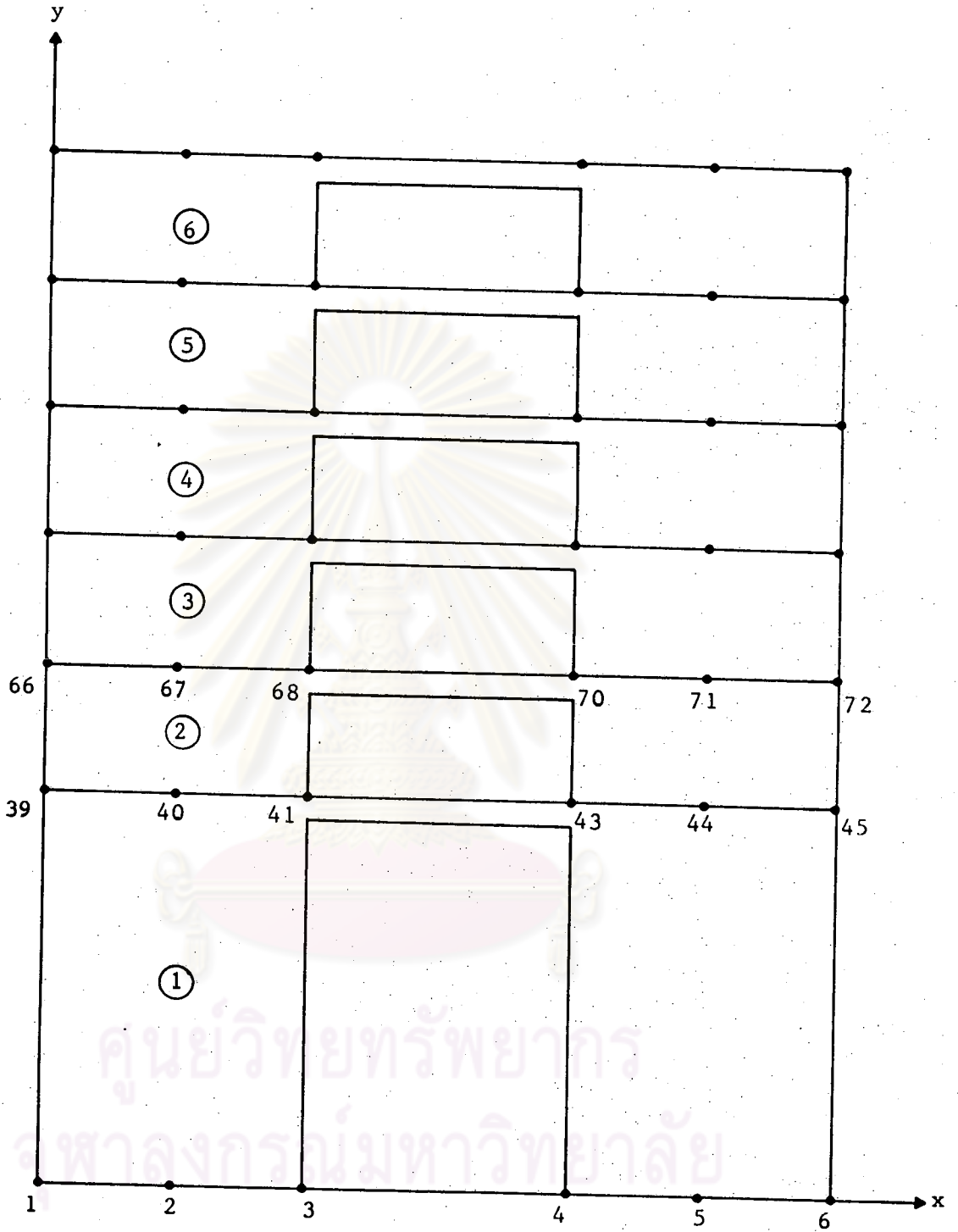
การเคลื่อนที่ของขั้วน้อยกว่าที่เป็นจริง สำหรับค่าการเคลื่อนที่ของขั้วของชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 เป็นเส้นโค้งตามฟังก์ชันไซน์ฐาน จึงให้ค่าการเคลื่อนที่ของขั้วใกล้เคียงกับค่าการเคลื่อนที่จริงของผนังด้านแรงเฉือน จากตารางที่ 4.6 โดยการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จำนวน 180 ขั้วกับชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จำนวน 148 ขั้วจะเห็นว่าชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ใช้เวลาในการวิเคราะห์และเนื้อที่หน่วยความจำสำรองน้อยกว่า แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักในโปรแกรมย่อย FRNTST มากกว่า กล่าวคือ ชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่า 28 % ใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองน้อยกว่า 56 % และ 30 % สำหรับโปรแกรมย่อย FRNTIQ และ FRNTST แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักมากกว่า 9 % สำหรับโปรแกรมย่อย FRNTST เมื่อเทียบกับการใช้ชั้นส่วนย่อยชนิด Q4

รูปที่ 4.14 แสดงความสมดุลย์ของแรงที่ได้ในคานเชื่อมตัวบนสุดโดยวิธีโครงสร้างย่อยแบบพرونทาลใช้ชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 สำหรับตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบโมเมนต์ แรงเฉือน และแรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นในคานเชื่อมทั้งหมดระหว่างชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จำนวน 334 ขั้วและชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จำนวน 230 ขั้ว จะเห็นว่าค่าการเคลื่อนที่ของขั้วที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 น้อยกว่าค่าที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ประมาณ 25 % ทำให้ค่าโมเมนต์ที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 ต่างจากที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ประมาณ 45 % ส่วนแรงในแนวแกนที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 มีค่าแตกต่างมากจากค่าที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q8

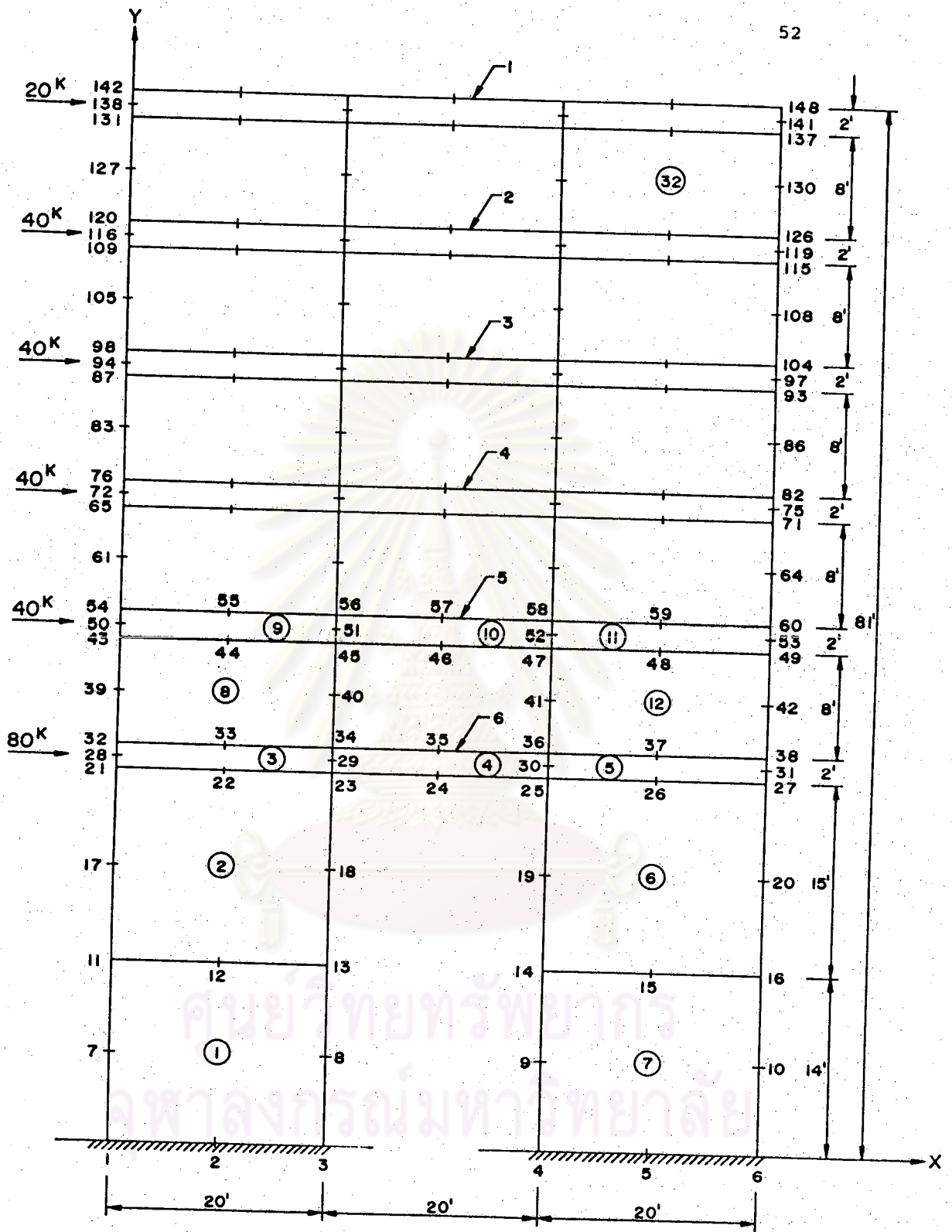
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



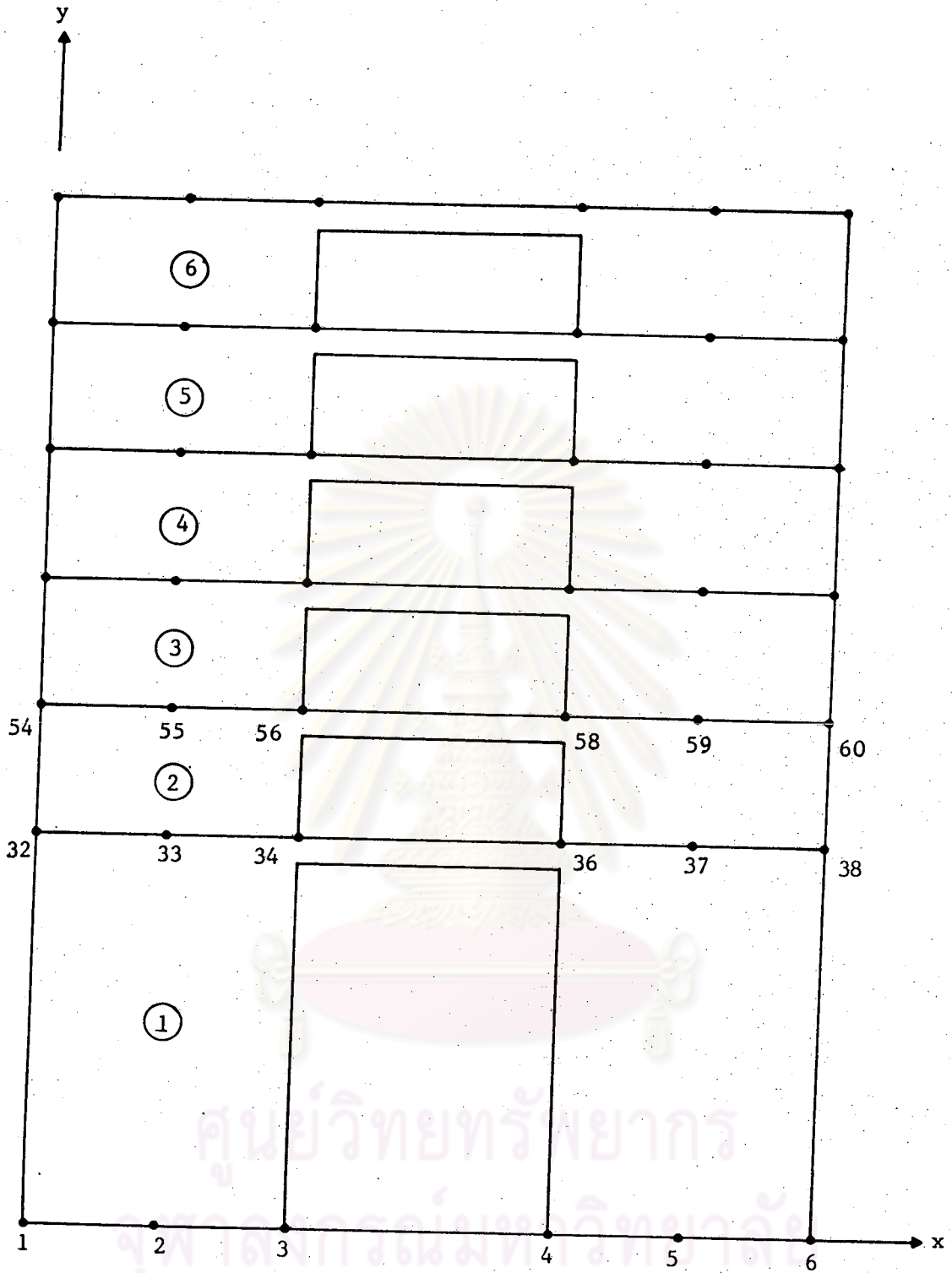
รูปที่ 4.6 มหังค้ำแรงเฉือนใช้รับส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 2)



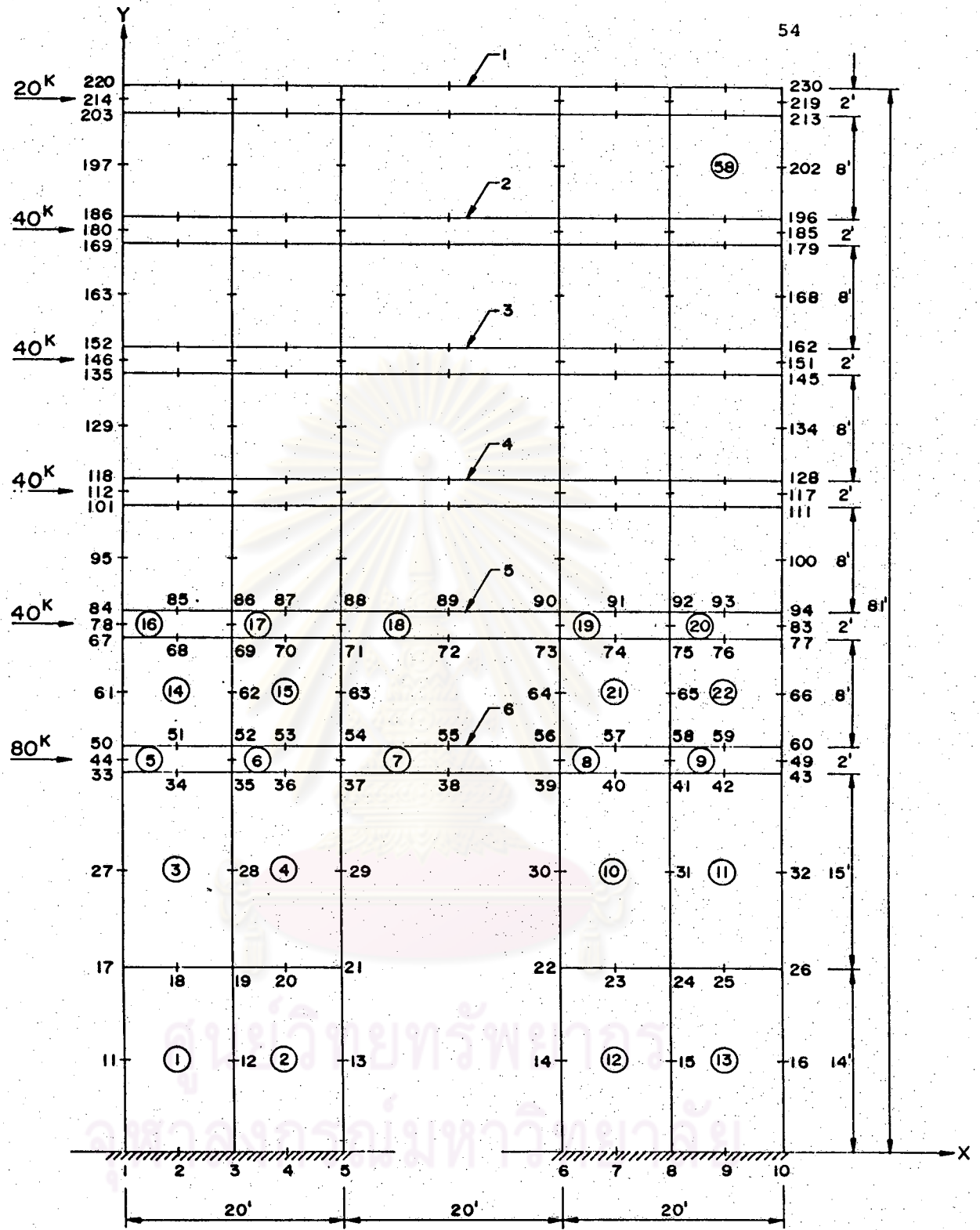
รูปที่ 4.7 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 2)



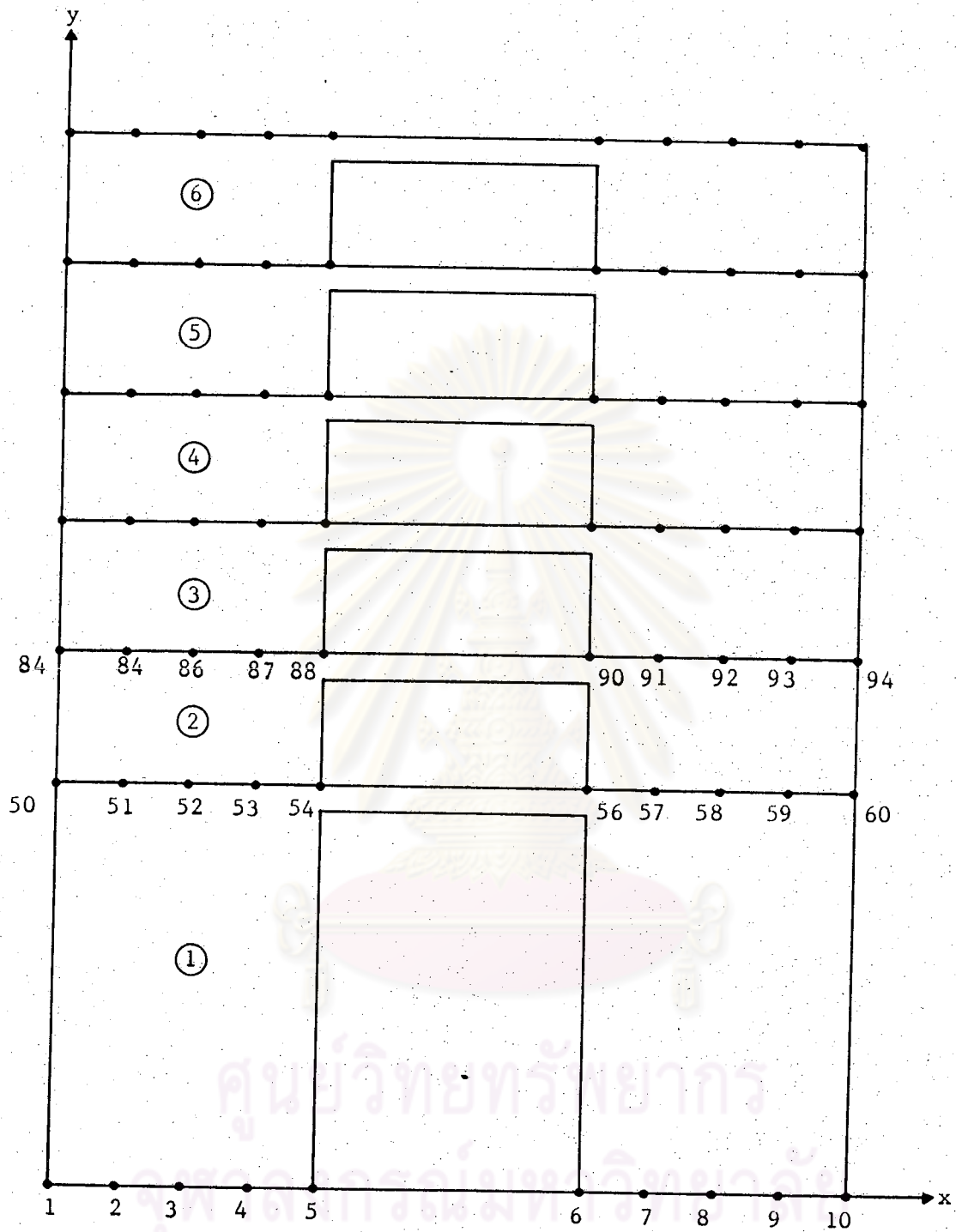
รูปที่ 4.8 มังคานแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 32 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2)



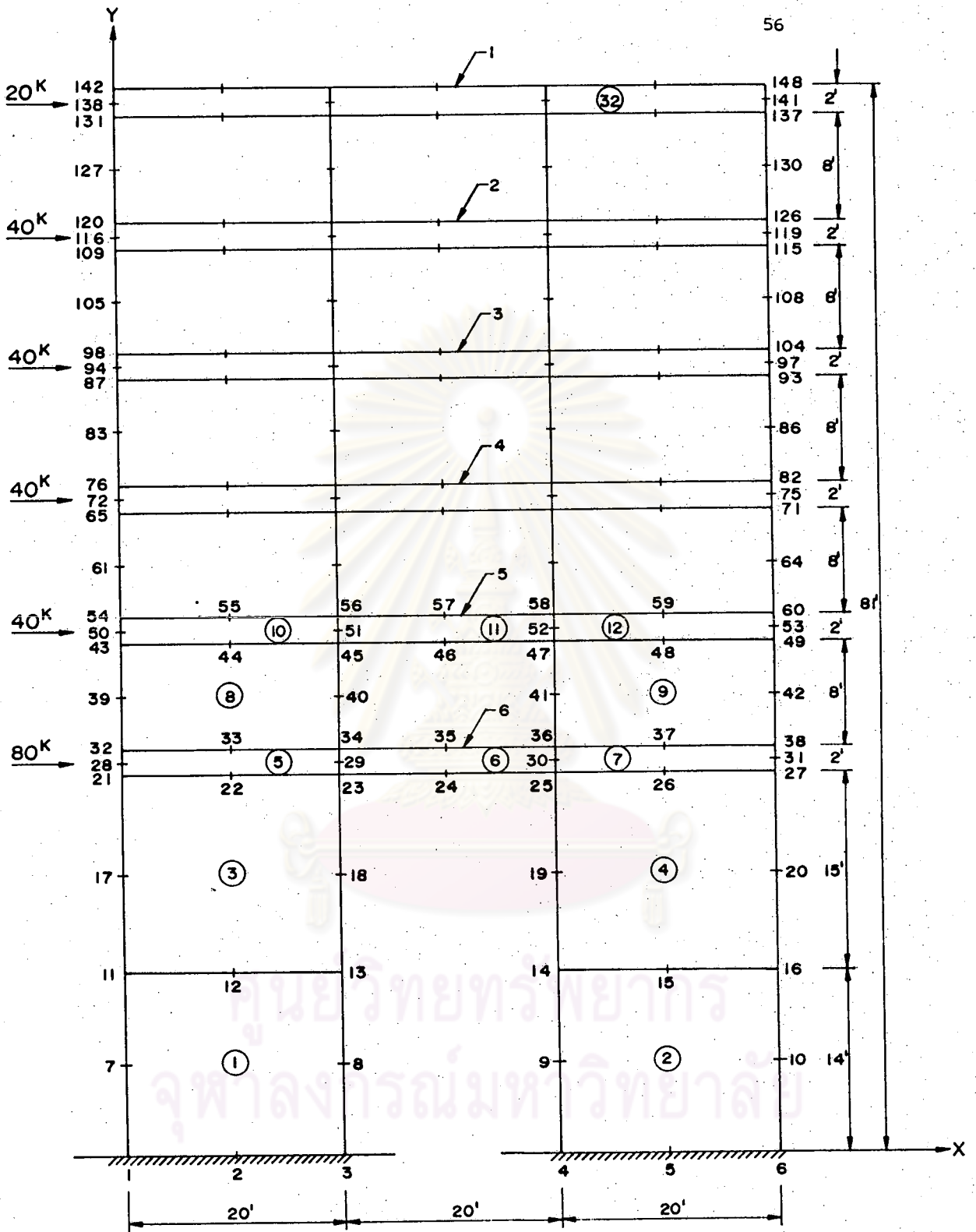
รูปที่ 4.9 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 32 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2)



รูปที่ 4.10 พังค์ด้านแรงเฉือนใช้ชั้นส่วนย่อยชนิด QB, 58 ชั้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2)



รูปที่ 4.11 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 58 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2)



รูปที่ 4.12 มั้งค้ำนแรงเฉือน (วิธีพอรอนทล, ตัวอย่างที่ 2)

	วิธีโครงสร้างย่อย			วิธี
	แบบพรอนทัล			พรอนทัล
	Q4	Q8	Q8	Q8
	(128)	(32)	(58)	(32)
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ ใน STIFFNESS	54:48	33:32	60:55	69:23
เวลา CPU ใน FRNTIQ	7:01	2:56	6:57	4:13
เวลา I/O ใน FRNTIQ	16:47	7:15	10:50	9:58
เวลา CPU ใน FRNTST	57:49	53:00	171:30	62:40
เวลา I/O ใน FRNTST	21:08	12:55	25:28	18:52
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	203:45	145:41	347:02	204:05
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTIQ	4090	1498	3206	2387
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTIQ	4671	2043	4293	2591
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTST	8392	5104	10308	7104
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTST	8138	5624	13474	7356
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTIQ	744	665	1025	625
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTST	1443	1574	3127	865

- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)
- หน่วยของความจำหลัก (คำ)
- ข้อมูลที่อ่านและบันทึก (คำ)

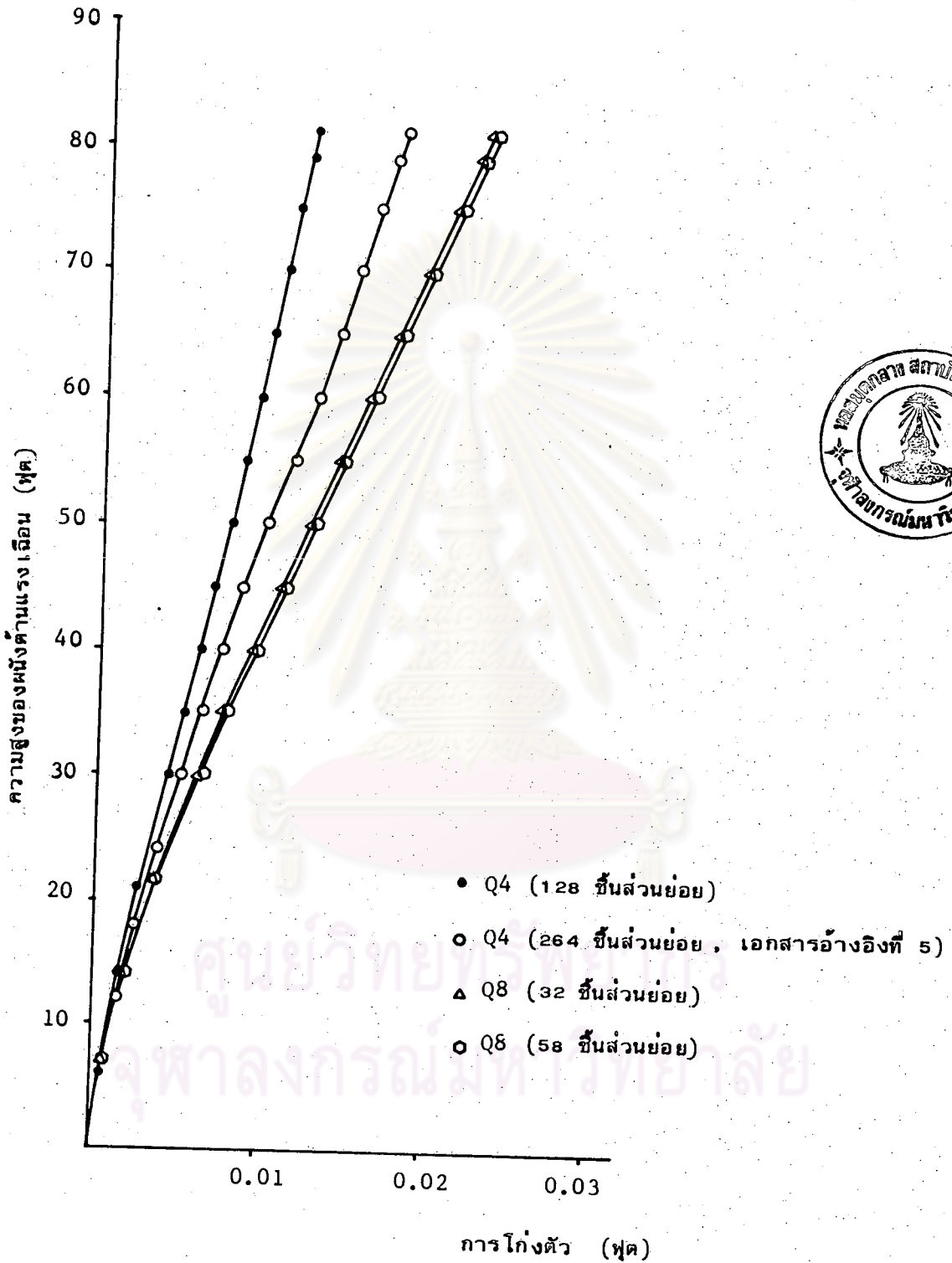
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบพรอนทัลกับวิธีพรอนทัล

	วิธีโครงสร้างย่อย แบบฟรอนทัล		วิธี ฟรอนทัล
	Q4 (128)	Q8 (32)	Q8 (32)
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS	16:35	9:49	21:28
เวลา CPU ใน FRNTIQ	0:15	0:11	0:13
เวลา I/O ใน FRNTIQ	15:28	6:02	8:49
เวลา CPU ใน FRNTST	5:13	6:38	7:35
เวลา I/O ใน FRNTST	18:13	10:38	16:18
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	86:04	52:52	77:58

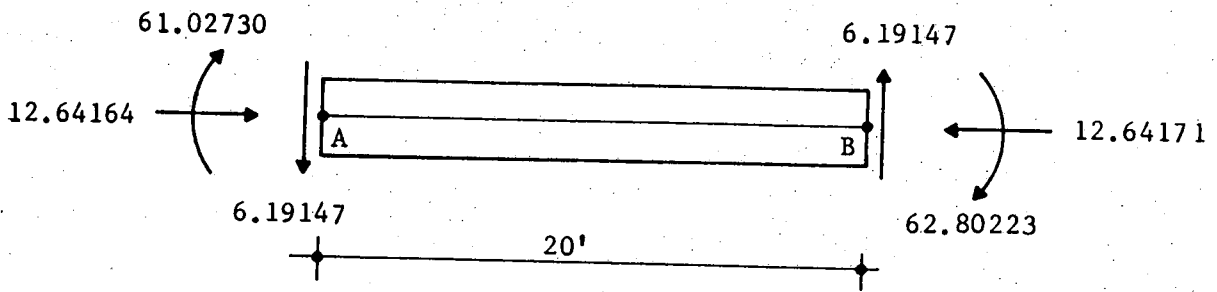
- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัล
เมื่อโปรแกรมแปลงเป็นภาษาเครื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 การโก่งตัวของผนังด้านแรงเฉือน (ผนังด้านซ้ายมือ, ตัวอย่างที่ 2)



รูปที่ 4.14 ความสมดุลของแรงในคาน เชื่อมด้วบนสุด
สำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 2)

คาน เชื่อม หมายเลข	ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4			ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8				CANTILEVER MOMENT DISTRIBUTION METHOD จากเอกสาร อ้างอิง (5) $M_{ab} = M_{ba}$
	จากเอกสารอ้างอิง (5)			วิธีโครงสร้างย่อยแบบพرونทอลล์				
	M_{ab} kip-ft	M_{ba} kip-ft	P kips	M_{ab} kip-ft	M_{ba} kip-ft	P kips	V kips	
1	31.37	31.60	11.30	61.03	62.80	12.64	6.19	151.94
2	38.75	38.27	6.54	71.23	71.52	18.32	7.14	153.15
3	40.29	39.79	31.66	72.09	72.24	20.61	7.22	153.84
4	41.33	41.06	26.40	71.50	71.59	22.10	7.15	151.54
5	41.10	40.89	23.42	68.49	68.47	22.57	6.85	144.05
6	38.78	38.48	19.56	63.74	63.30	20.23	6.35	128.20

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบผลที่ได้ในคานเชื่อมทั้งหมดระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8
(ตัวอย่างที่ 2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ตัวอย่างที่ 3

ผนังด้านแรงเฉือนในตัวอย่างนี้มีขนาดใหญ่มีความสูง 20 ชั้น ให้แรงกระทำเป็นจุดกระทำที่ด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือน มีช่องเปิดอยู่ที่กึ่งกลางของผนัง แบ่งผนังด้านแรงเฉือนออกเป็นชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 จำนวน 260 ชั้นส่วนย่อยซึ่งมี 366 ชั้น และแบ่งออกเป็นชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 จำนวน 100 ชั้นส่วนย่อยซึ่งมี 447 ชั้นตามลำดับ โดยเรียงลำดับชั้นส่วนย่อยและชั้นดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.17 ซึ่งมีความกว้างของพารอนต์ที่โตที่สุดเท่ากับ 28 และ 34 ตามลำดับ ผนังด้านแรงเฉือนมีช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในแต่ละชั้น การแบ่งและการเรียงลำดับชั้นส่วนย่อยในแต่ละชั้นเหมือนกัน ดังนั้นแต่ละชั้นของผนังด้านแรงเฉือนจึงแบ่งเป็นโครงสร้างย่อยที่เหมือนกันได้ สำหรับตัวอย่างนี้สมมุติให้ผนังด้านแรงเฉือนมีสมบัติต่าง ๆ เหมือนตลอดทุกชั้น กล่าวคือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 4×10^6 ดัน/ม². อัตราส่วนพอยของเท่ากับ 0.4 มีความหนาเท่ากับ 0.4 ม. จำนวนโครงสร้างย่อยที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 เท่ากับ 20 โครงสร้างย่อยเท่ากัน ชั้นของแต่ละโครงสร้างย่อยที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 เท่ากับ 12 ชั้นเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ

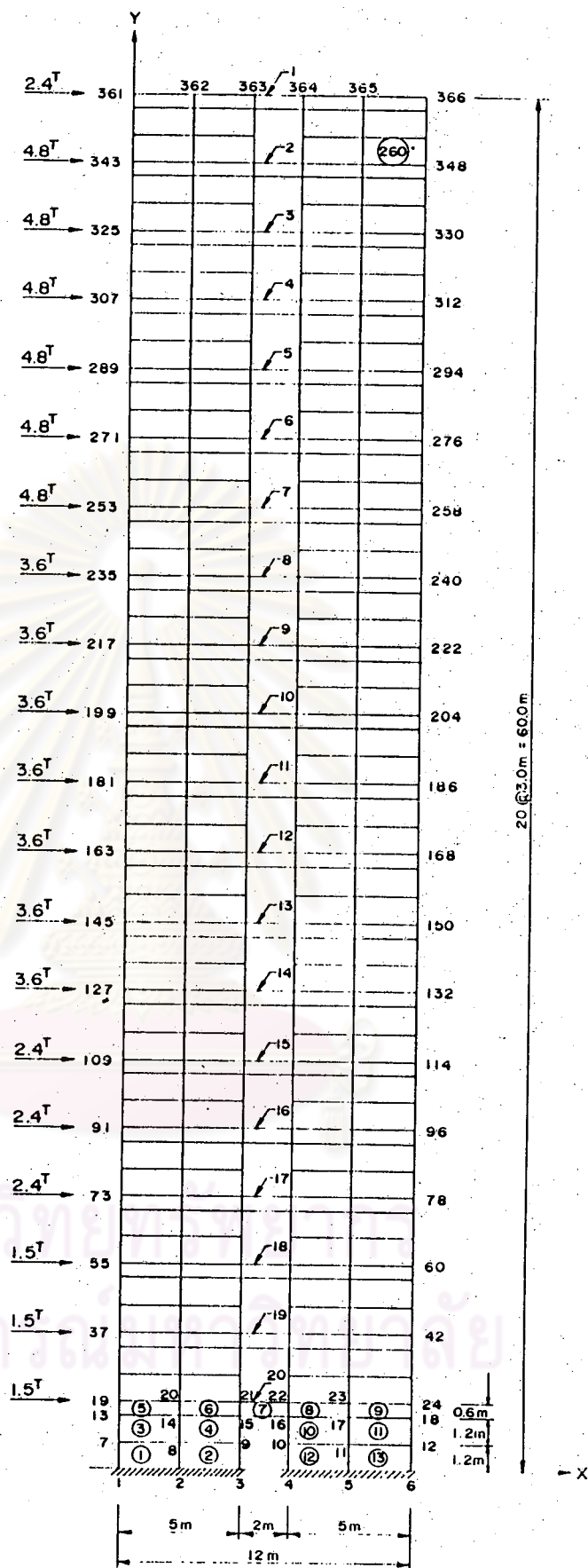
ตารางที่ 4.9ก แสดงผลที่ได้จากวิธีโครงสร้างย่อยแบบพารอนต์ระหว่างชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 โดยที่วิธีพารอนต์ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้เนื่องจากต้องใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองมากกว่าที่มีอยู่ จากตารางจะเห็นว่า ชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 มีจำนวนชั้นมากกว่าใช้เวลาในการวิเคราะห์และเนื้อที่หน่วยความจำหลักมากกว่า แต่มีจำนวนข้อมูลที่อ่านและบันทึกน้อยกว่าชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในหน่วยความจำสำรอง

ตารางที่ 4.9ข แสดงผลที่ได้จากวิธีโครงสร้างย่อยแบบพารอนต์เหมือนกับตารางที่ 4.9ก เพียงแต่สมมุติให้ชั้นที่ 11 ถึง 20 มีสมบัติต่าง ๆ แตกต่างจากชั้นที่ 1 ถึง 10 ทำให้โครงสร้างย่อยแบ่งเป็น 2 แบบ จากตารางจะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นประมาณ 10 % และ 8 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ใช้เนื้อที่หน่วยความจำสำรองในโปรแกรมย่อย FRNTIQ เพิ่มขึ้นประมาณ 33 % และ 18 % ส่วนในโปรแกรมย่อย FRNTST ใช้เนื้อที่เพิ่มขึ้นประมาณ 18 % และ 16 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 แต่ใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักในโปรแกรมย่อย FRNTST ลดลงประมาณ 28 % และ 30 % สำหรับชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 ตามลำดับ

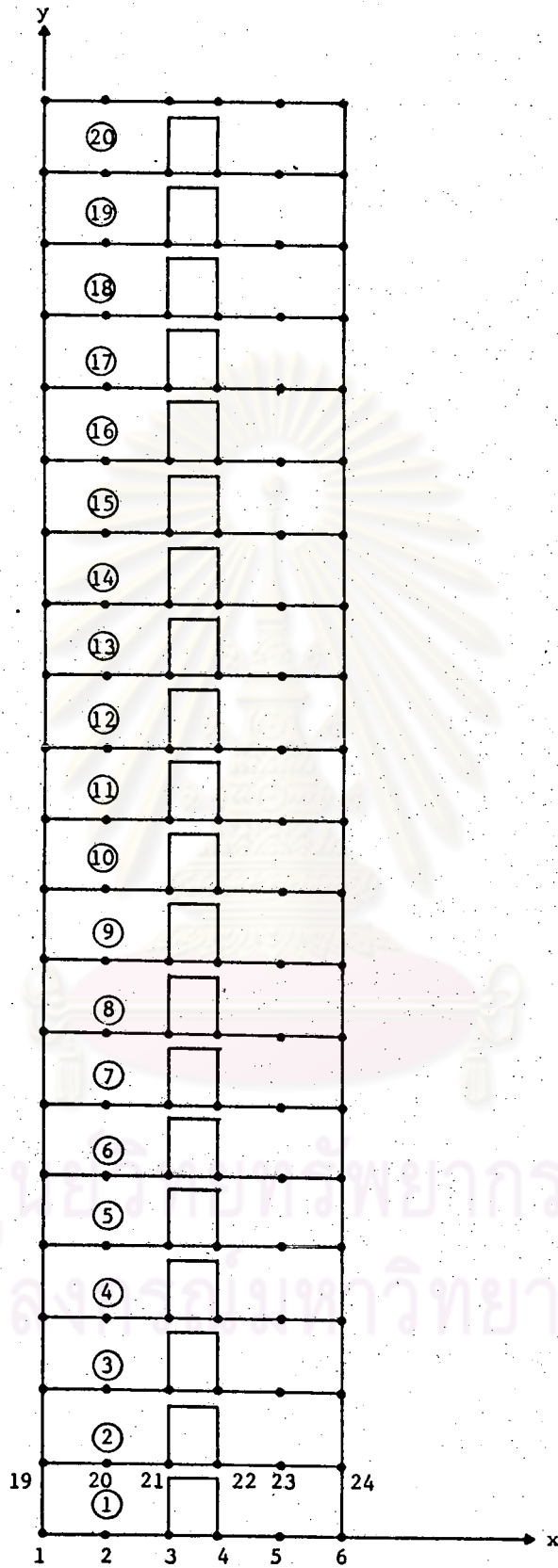
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของข้อในผนังด้านซ้ายมือของผนังด้านแรงเฉือนระหว่างชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 จะเห็นว่าค่าการเคลื่อนที่ของข้อที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 น้อยกว่าที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 ประมาณ 15 % รูปที่ 4.20 แสดงความสมดุลย์ของแรงที่ได้ในคานเชื่อมตัวบนสุดโดยวิธีโครงสร้างย่อยแบบพรอนทัลใช้ชั้นส่วนย่อยชนิด Q8 สำหรับตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบโมเมนต์ แรงเฉือนและแรงในแนวแกนที่เกิดขึ้นในคานเชื่อมระหว่างชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 จะเห็นว่าค่าแรงในแนวแกนที่ได้จากชั้นส่วนย่อยทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าโมเมนต์และแรงเฉือนที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 มีค่าแตกต่างไม่เกิน 42 % ของค่าที่ได้จากชั้นส่วนย่อยชนิด Q8

สำหรับโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อยแบบพรอนทัลที่แปลงเป็นภาษาเครื่องนั้นไม่สามารถวิเคราะห์ในตัวอย่างนี้ได้ เนื่องจากเหลือเนื้อที่หน่วยความจำสำรองไม่พอที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้

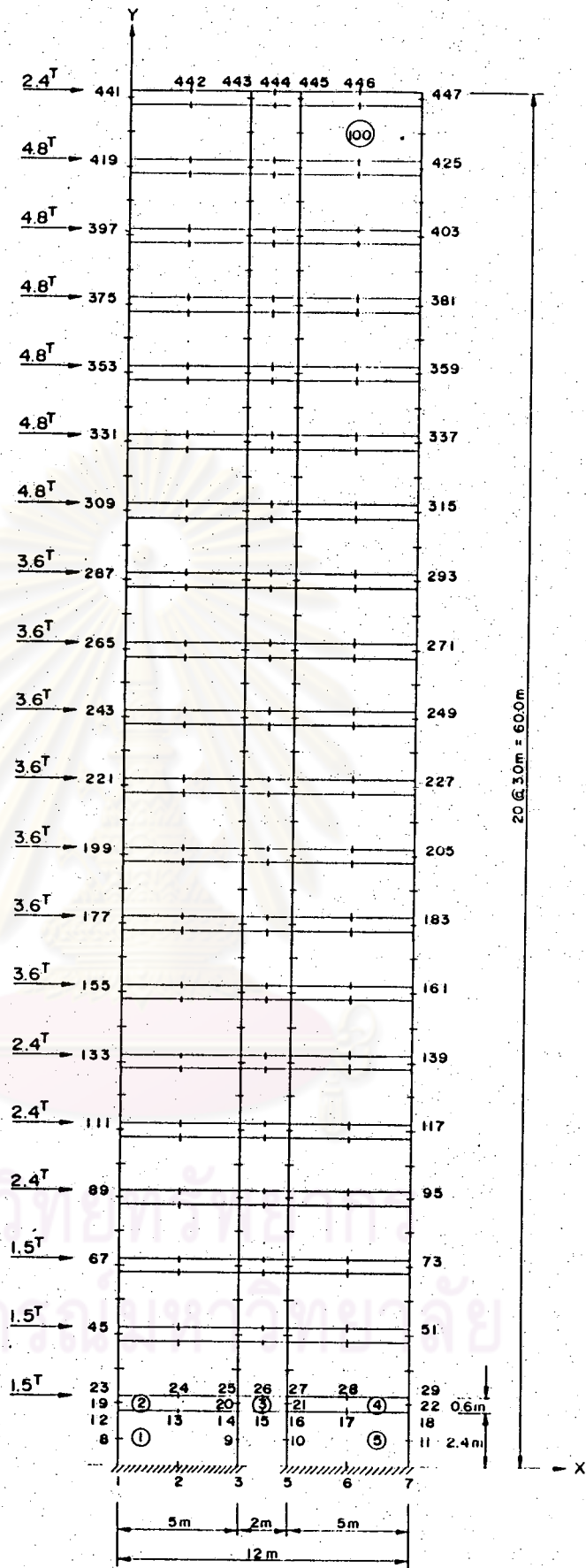
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



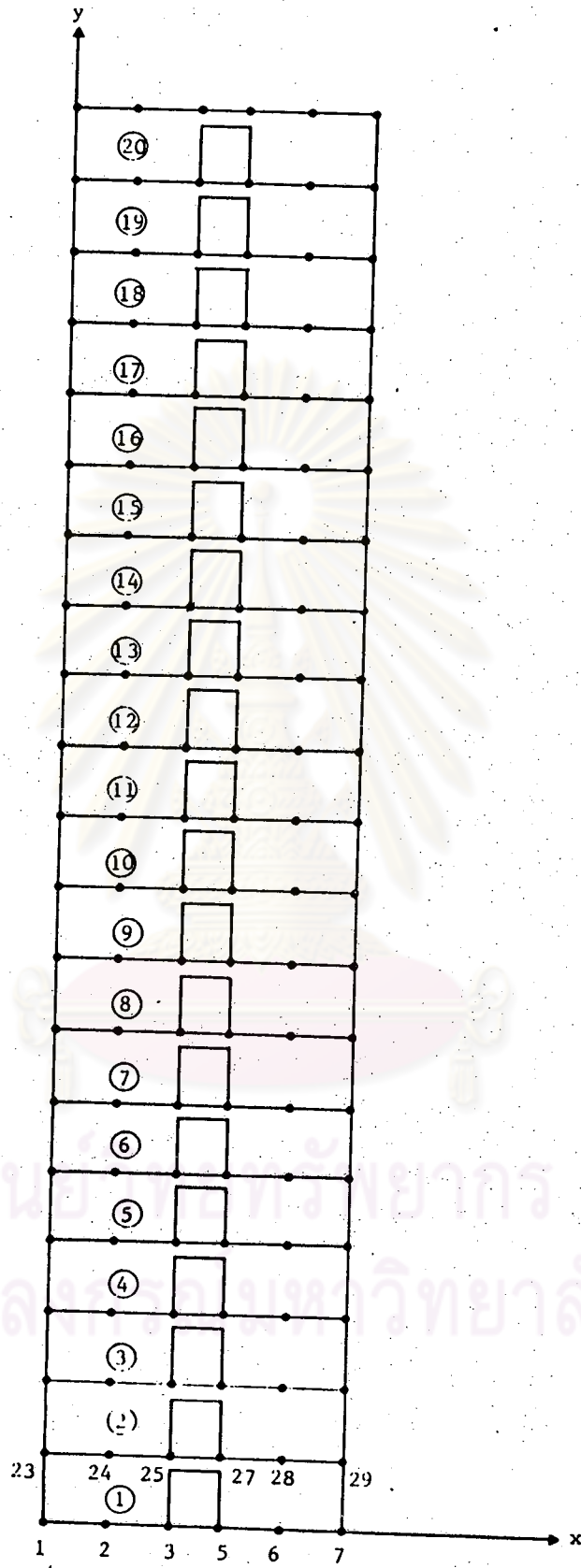
รูปที่ 4.15 ผังด้านแรงเฉือนใช้ชั้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 3)



รูปที่ 4.16 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ ๑)



รูปที่ 4.17 มั่นังด้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 3)



รูปที่ 4.18 โครงสร้างเครือข่ายชั้นผ่านข้อมูล (8 (ตัวอย่างที่ 3))

	วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัล	
	Q4	Q8
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS	71:36	58:55
เวลา CPU ใน FRNTIQ	6:00	5:38
เวลา I/O ใน FRNTIQ	11:38	9:34
เวลา CPU ใน FRNTST	79:10	87:03
เวลา I/O ใน FRNTST	15:12	14:14
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	254:28	269:54
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTIQ	2549	1973
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTIQ	3262	2678
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTST	5716	4952
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTST	8505	8456
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTIQ	1316	1576
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTST	2782	3057

- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)
- หน่วยของความจำหลัก (คำ)
- ข้อมูลที่อ่านและบันทึก (คำ)

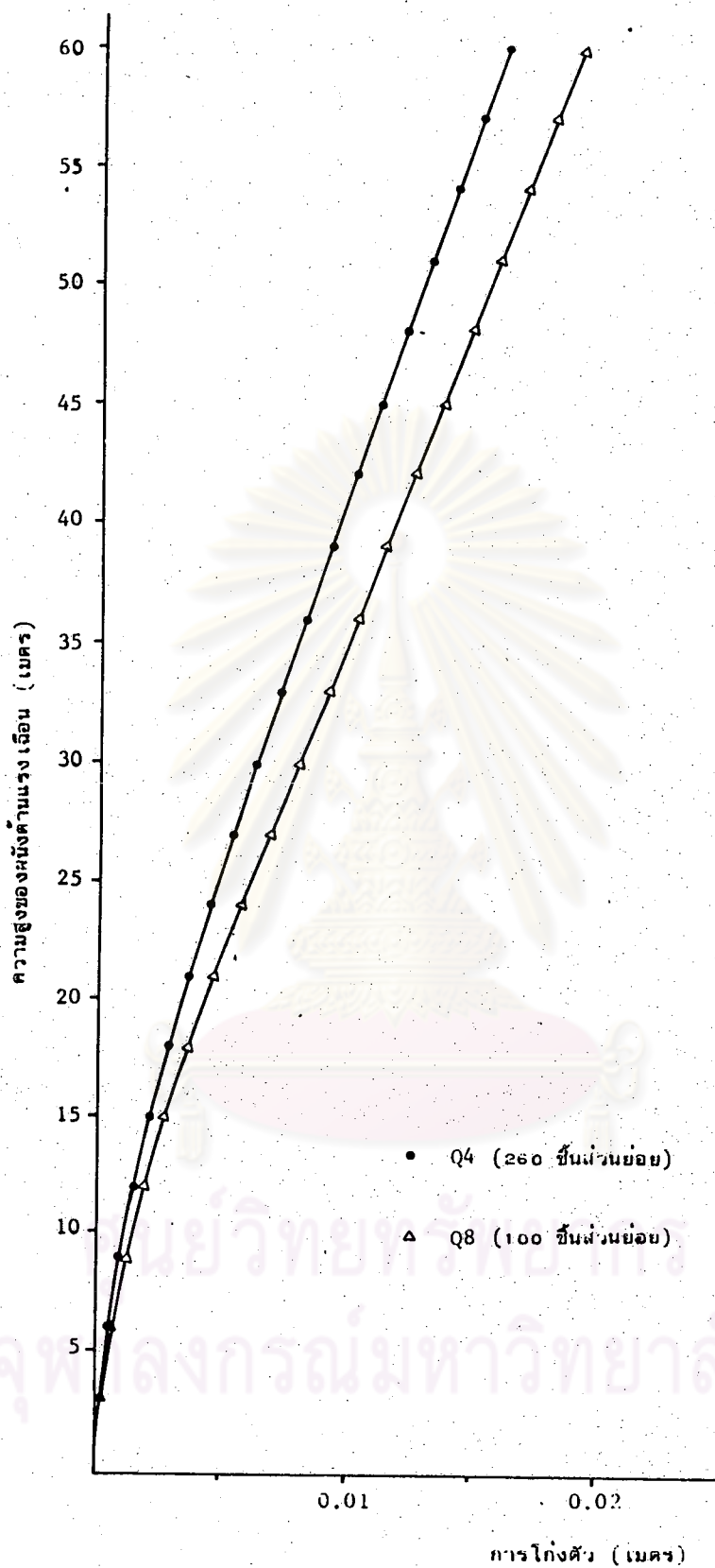
ตารางที่ 4.9 ก เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

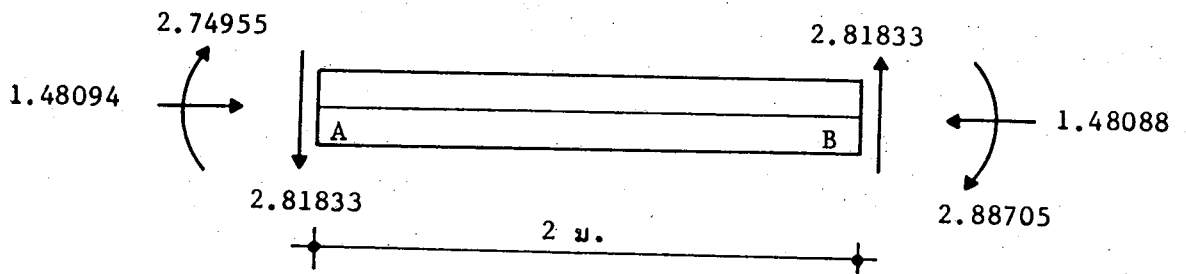
	วิธีโครงสร้างย่อยแบบพรอนทัส	
	Q4	Q8
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ใน STIFFNESS	74:09	62:12
เวลา CPU ใน FRNTIQ	7:35	6:47
เวลา I/O ใน FRNTIQ	15:23	11:18
เวลา CPU ใน FRNTST	86:49	98:12
เวลา I/O ใน FRNTST	19:46	17:15
เวลาที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมด	279:31	292:09
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTIQ	3556	2404
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTIQ	4339	3171
ข้อมูลที่อ่าน ใน FRNTST	7406	6358
ข้อมูลที่บันทึก ใน FRNTST	10082	9818
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTIQ	1316	1576
เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้ใน FRNTST	1995	2142

- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)
- หน่วยของความจำหลัก (คำ)
- ข้อมูลที่อ่านและบันทึก (คำ)

ตารางที่ 4.9 ข เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ต่อ)



รูปที่ 4.10 การโก่งตัวของผนังด้านแรงเฉือน (ผนังด้านซ้ายมือ, ตัวอย่างที่ 3)



รูปที่ 4.20 ความสมดุลของแรงในคานเชื่อมด้วยนสึดสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 3)

คาน เชื่อม หมายเลข	ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4			ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8			
	$M_{ab}=M_{ba}$ คั้น-ม.	P คั้น	V คั้น	M_{ab} คั้น-ม.	M_{ba} คั้น-ม.	P คั้น	V คั้น
1	1.71	1.50	1.71	2.75	2.89	1.48	2.82
3	4.28	2.41	4.28	5.52	5.43	2.41	5.47
5	7.26	2.43	7.26	7.87	7.78	2.42	7.82
7	10.45	2.19	10.45	10.57	10.48	2.18	10.51
9	13.33	1.83	13.33	13.14	13.07	1.84	13.09
11	15.96	1.80	15.96	15.44	15.38	1.80	15.39
13	18.22	1.76	18.22	17.25	17.18	1.75	17.21
15	20.29	1.39	20.29	18.05	17.99	1.41	18.02
17	20.75	1.04	20.75	16.92	16.87	1.04	16.89
19	17.27	0.62	17.27	12.17	12.12	0.59	12.14

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบผลที่ได้ในคานเชื่อมระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ตัวอย่างที่ 3)