หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ตัวอย่างการวิเคราะห์

4.1 ความนำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ไฟไนต์เอเลเมนต์ และได้เลือกชิ้นส่วนตัวอย่าง 4 ชนิด ดังนี้คือ

ก. ชิ้นส่วนชนิดความเค้นในระนาบ (Plane Stress Element)

ข. ชิ้นส่วนชนิดความเครียดในระนาบ (Plane Strain Element)

ค. ชิ้นส่วนชนิดแผ่นบางรับแรงดัด (Plate Bending Element)

ง. ชิ้นส่วนชนิดลูกบาศก์ (Brick Element)

โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างการใช้วิธีสกายลายน์ฟรอนทัลจากการทำงานของโปรแกรมด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม SAP4 (16) ด้วยเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นที่เชื่อถือกัน และงานวิจัยนี้จะได้นำผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SAP4 เป็นหลักในการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งเขียนในงานวิจัยนอกจากนี้ ยังได้เปรียบเทียบถึงผลของการเปลี่ยนขนาดการใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดต่าง ๆ กัน และเปรียบเทียบผลของการจัดเรียงลำดับของชิ้นส่วนเสียใหม่ (โดยโปรแกรมย่อย ORDER) โดยพารามิเตอร์ที่หยิบยกมาศึกษาเปรียบเทียบได้แก่ เวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน เวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง จำนวนเซกเมนต์ โดยตัวอย่างที่ใช้เป็นผนังรับแรงเฉือนซึ่งเป็นชิ้นส่วนชนิดความเค้นในระนาบ (Plane stress problem)

4.2 ตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างนี้เป็นผนังต้านแรงเฉือนซึ่งพิจารณาเป็นชิ้นส่วนชนิดความเค้นในระนาบ โดยที่ผนังต้านแรงเฉือนนี้มี 4 ชั้น ความสูง 24.00 ม. ความกว้าง 6.00 ม. มีฐานยึดแน่น มี

ช่องเปิดอยู่ที่กึ่งกลางผนัง ให้มีแรงกระทำด้านข้างเป็นจุดกระทำที่ด้านข้างของผนังต้านแรงเฉือน แบ่งผนังต้านแรงเฉือนออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 ดังแสดงในรูปที่ 4.1ก และ 4.1ข โดยที่แบ่งออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 56 ชิ้นส่วน มี 100 ขั้ว สำหรับการเรียงลำดับชิ้นส่วนชนิด Q4 นั้นการเรียงลำดับชิ้นส่วนมี 2 ลักษณะคือ การเรียงทางด้านที่แคบที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4.1ก และการเรียงลำดับในลักษณะที่สะดวกที่สุดเพื่อลดเวลาในการเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1ข สมบัติต่าง ๆ ของผนังต้านแรงเฉือนสำหรับตัวอย่างนี้สมมุติให้มีสมบัติเหมือนกันตลอดทุกชิ้น กล่าวคือ มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.812×10^6 ตัน/ม^2. อัตราส่วนพอยซองเท่ากับ 0.4 ความหนาเท่ากับ 0.5 ม. ค่าพิกัด สมบัติต่าง ๆ แรงกระทำ การเคลื่อนที่ที่ขั้ว ความเค้นของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้น และค่าต่าง ๆ ที่ต้องการใช้สำหรับวิธีสกายลายน์ฟรอนทัลรวมทั้งลักษณะของสติฟเนสเมตริกซ์ในแต่ละเซกเมนต์ได้แสดงไว้ในภาค ผนวก ข.

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลักทางด้านเวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน เวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง และจำนวนเซกเมนต์ (จากตัวอย่างในรูปที่ 4.1ก) ในตัวอย่างนี้พบว่าต้องการหน่วยความจำหลักน้อยที่สุดเท่ากับ 200 คำ หน่วยความจำหลักที่สามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างเท่ากับ 1988 ในขณะที่หน่วยความจำหลักสามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างจะใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดน้อยกว่าขณะที่หน่วยความจำหลักมีขนาดเล็กที่สุดประมาณ 33 % ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้ส่วนมากอยู่ในช่วงโปรแกรมย่อย SOLVER หากเปรียบเทียบเฉพาะเวลาที่ใช้ในการแก้สมการซึ่งทำงานโดยโปรแกรมย่อย SOLVER จะพบว่าเวลาที่ใช้ลดลงประมาณ 60 % ในกรณีที่จำนวนเซกเมนต์มากกว่า 1 เซกเมนต์ขึ้นไปจะต้องการอ่านและบันทึกสติฟเนสเมตริกซ์เท่ากันทั้งหมดเท่ากับ 1988 คำ ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าการใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักมากขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ลดลง

ตารางที่ 4.2ก แสดงการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลักทางด้านเวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน เวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง และจำนวนเซกเมนต์ (จากตัวอย่างในรูปที่ 4.1ข) การเรียงลำดับของชิ้นส่วนจะเป็นดังในรูปที่ 4.1ข ในตัวอย่างนี้พบว่าต้องการหน่วยความจำหลักน้อยที่สุดเท่ากับ 550 คำ หน่วยความจำหลักที่สามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครง

สร้างเท่ากับ 3584 ในขณะที่หน่วยความจำหลักสามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างจะใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดน้อยกว่าขณะที่หน่วยความจำหลักมีขนาดเล็กที่สุด ประมาณ 33 % ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้ส่วนมากอยู่ในช่วงโปรแกรมย่อย SOLVER หากเปรียบเทียบเฉพาะเวลาที่ใช้ในการแก้สมการซึ่งทำงานโดยโปรแกรมย่อย SOLVER จะพบว่าเวลาที่ใช้ลดลงประมาณ 45 % ในกรณีที่จำนวนเซกเมนต์มากกว่า 1 เซกเมนต์ขึ้นไปจะต้องการอ่านและบันทึกสติฟเนสเมตริกซ์เท่ากันทั้งหมดเท่ากับ 3584 คำ ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.2ก จะเห็นว่าการใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักมากขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ลดลง

ตารางที่ 4.2ข แสดงการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลักทางด้านเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง และจำนวนเซกเมนต์ (จากตัวอย่างในรูปที่ 4.1 ข) การเรียงลำดับชิ้นส่วนได้รับการจัดเรียงลำดับเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER ซึ่งเวลาที่เพิ่มขึ้นจะรวมกับเวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย WAVE ในตัวอย่างนี้พบว่าต้องการหน่วยความจำหลักน้อยที่สุดเท่ากับ 200 คำ หน่วยความจำหลักที่สามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างเท่ากับ 2160 ในขณะที่หน่วยความจำหลักสามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างจะใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดน้อยกว่าขณะที่หน่วยความจำหลักมีขนาดเล็กที่สุด ประมาณ 42 % ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้ส่วนมากอยู่ในช่วงโปรแกรมย่อย SOLVER หากเปรียบเทียบเฉพาะเวลาที่ใช้ในการแก้สมการซึ่งทำงานโดยโปรแกรมย่อย SOLVER จะพบว่าเวลาที่ใช้ลดลงประมาณ 66 % ในกรณีที่จำนวนเซกเมนต์มากกว่า 1 เซกเมนต์ขึ้นไปจะต้องการอ่านและบันทึกสติฟเนสเมตริกซ์เท่ากันทั้งหมดเท่ากับ 2160 คำ ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.2ข จะเห็นว่าการใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักมากขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ลดลง

การจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER จากตัวอย่างในรูปที่ 4.1ข เมื่อพิจารณาให้หน่วยความจำหลักมีขนาดเท่ากับ 300 คำ การเข้ารวมของสติฟเนสเมตริกซ์จะแบ่งออกเป็น 10 เซกเมนต์ หมายเลขเซกเมนต์ของแต่ละชิ้นส่วนได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1ค หมายเลขชิ้นส่วนและหมายเลขขั้วที่ได้รับการจัดเรียงลำดับใหม่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1ง ลำดับการเข้ารวมของชิ้นส่วนที่ได้รับการจัดเรียงใหม่ IORDER(NUMEL) และลำดับหมายเลขขั้ว LISTC(NUMNP) ซึ่งได้รับการปรับปรุงโดยโปรแกรมย่อย WAVE มีดังนี้

IORDER(NUMEL) ลำดับชิ้นส่วน

1	2	3	4	5	25	6	37	26	7	...	10
36	38	8	35	39	9	34	40	10	33	...	20
41	11	42	27	12	43	28	13	44	14	...	30
45	15	46	16	47	17	48	29	18	49	...	40
25	19	50	20	51	21	52	22	53	23	...	50
54	31	24	55	32	56						

LISTC(NUMNP) ลำดับชั้ว

1	26	2	27	3	28	4	29	5	25	...	10
6	31	7	32	80	55	56	81	8	33	...	20
79	54	57	82	9	34	78	53	58	83	...	30
10	35	51	76	77	52	59	84	11	60	...	40
85	36	12	61	86	37	13	38	62	87	...	50
14	39	63	88	15	40	64	89	16	41	...	60
65	90	17	66	91	42	18	67	92	43	...	70
19	44	68	93	20	45	69	94	21	46	...	80
70	95	22	47	71	96	23	72	97	48	...	90
24	25	73	98	49	50	74	99	100	75	...	100

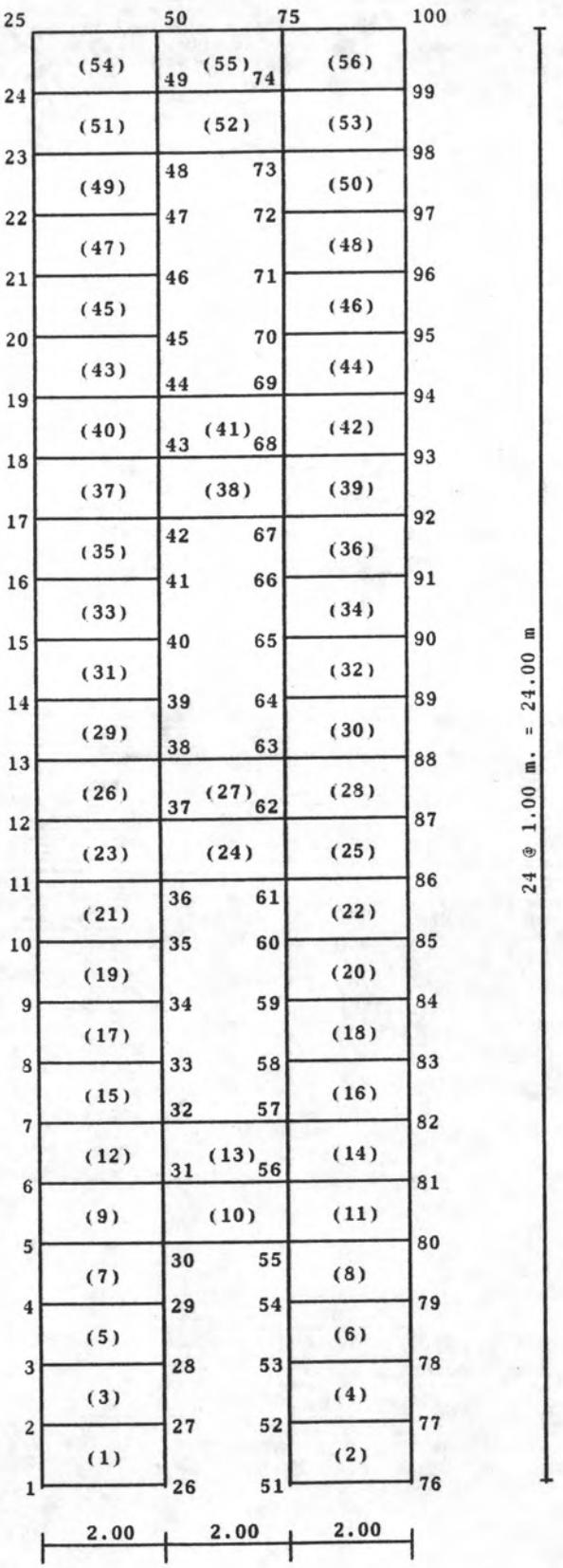
ตารางที่ 4.3 แสดงเปรียบเทียบผลของการจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่ด้วยโปรแกรมย่อย ORDER จากตัวอย่างในรูปที่ 4.1ข โดยกำหนดให้หน่วยความจำหลักมีขนาดเท่ากับ 550 คำ จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดลดลงประมาณ 35 % และเวลาที่ใช้ในการแก้สมการ SOLVER ลดลงประมาณ 57 % จำนวนสติฟเนสเมตริกซ์ที่ต้องอ่านและเขียนในโปรแกรมย่อย SOLVER ลดลงประมาณ 40 %

สรุปได้ว่า วิธีสกายลายน์ฟรอนทัลนั้น การเพิ่มขนาดหน่วยความจำหลักทำให้ใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดลดลง

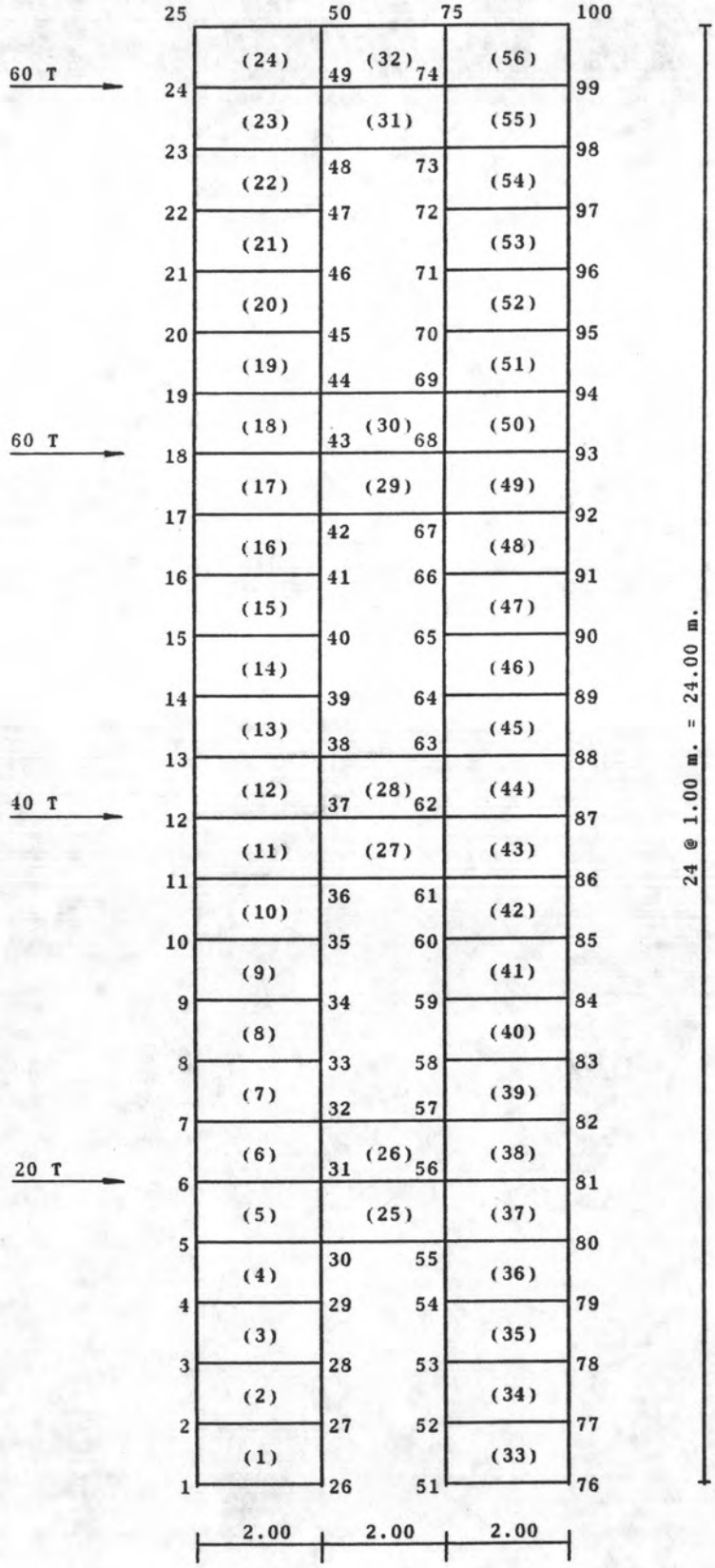
สำหรับเวลาที่สูญเสียไปส่วนใหญ่นั้น ส่วนหนึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการแก้สมการใน

โปรแกรมย่อย SOLVER และอีกส่วนหนึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการสร้างสติฟเนสเมตริกซ์ของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนจากโปรแกรมย่อย STIFF การลดเวลาที่สูญเสียไปอาจทำได้ในกรณีที่โครงสร้างสามารถแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดเท่า ๆ กันเพื่อใช้เวลาในการสร้างสติฟเนสเมตริกซ์ของชิ้นส่วนเพียงชิ้นส่วนเดียว

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบเวลาการทำงานของโปรแกรมใน 2 สภาวะ คือ โดยภาษา Microsoft QuickBASIC 4.0 และ โดยแปลเป็นภาษาเครื่อง



รูปที่ 4.1ก ผนังต้านแรงเฉือน (ตัวอย่างที่ 1)

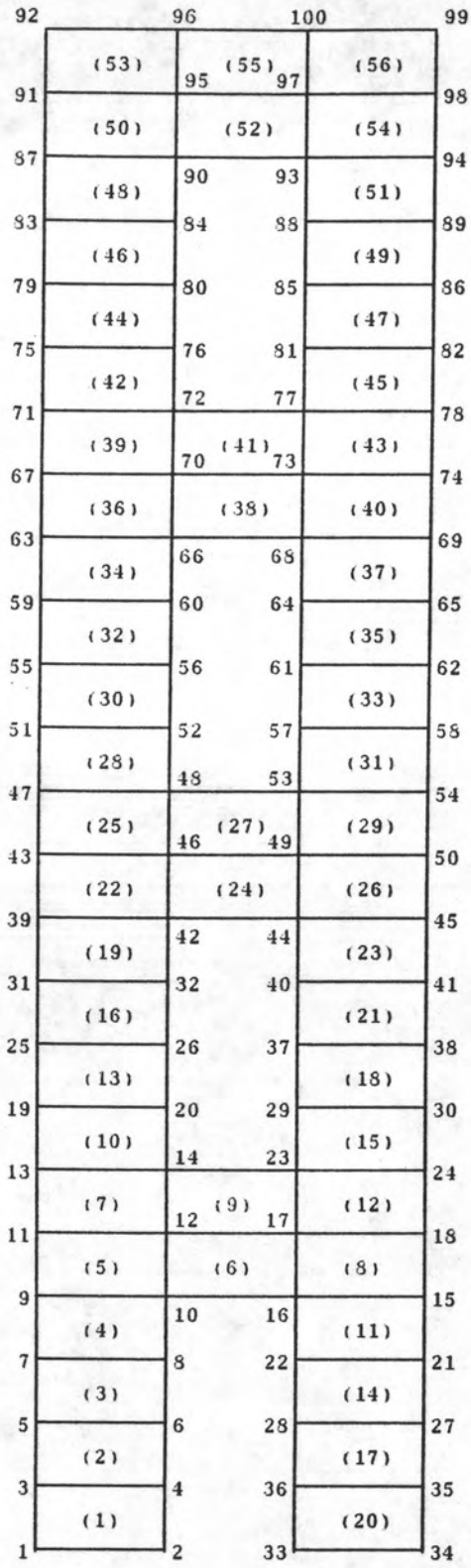


รูปที่ 4.1ข ผนังต้านแรงเฉือน (ตัวอย่างที่ 1)

10	10	10
10	10	10
9		10
9		10
9		9
8		9
8	8	9
7	8	8
7		8
7		7
6		7
6		7
6	6	6
5	5	6
5		5
4		5
3		4
2		3
1	1	2
1	1	1
1		2
1		3
1		4
1		5

* เรียงลำดับชิ้นส่วนย่อยเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER
* ขนาดหน่วยความจำหลัก = 300
* จำนวนเซกเมนต์ = 10

รูปที่ 4.1ค แสดงหมายเลขเซกเมนต์ของแต่ละชิ้นส่วน
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)



รูปที่ 4.1ง แสดงลำดับหมายเลขชิ้นส่วนย่อยและหมายเลขชิ้ว
ที่ได้รับการจัดเรียงใหม่ (ตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ก)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	TIME	NUMSEG	MAX.ST
200	1:58	7:32	1:40	8:24	19:34	15	200
300	1:46	7:03	1:40	6:35	17:04	8	296
400	1:35	6:57	1:40	5:56	16:08	6	380
500	1:32	6:53	1:40	5:41	15:46	5	464
600	1:28	6:48	1:41	5:21	15:18	4	590
700	1:28	6:48	1:40	5:24	15:20	4	697
800	1:25	6:44	1:41	5:06	14:56	3	800
900	1:26	6:43	1:40	5:10	14:59	3	888
1000	1:28	6:45	1:40	5:10	15:03	3	976
1100	1:22	6:40	1:40	4:43	14:25	2	1060
1200	1:23	6:40	1:40	4:47	14:30	2	1186
1300	1:22	6:40	1:40	4:47	14:29	2	1270
1400	1:23	6:39	1:40	4:52	14:34	2	1400
1500	1:26	6:39	1:40	4:51	14:36	2	1488
1600	1:27	6:39	1:40	4:53	14:39	2	1572
1700	1:29	6:41	1:40	4:56	14:46	2	1698
1800	1:31	6:40	1:40	4:59	14:50	2	1782
1900	1:31	6:39	1:40	4:60	14:50	2	1889
1988	1:27	6:37	1:39	3:27	13:10	1	1988
2000	1:28	6:37	1:40	3:28	13:13	1	1988

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

TIME หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (นาที:วินาที)

NUMSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MAX.ST หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับชิ้นส่วนดังรูป

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก (ต่อ)
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ก)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	NSEG	MaxN	MaxEq	KMAX
200	3062	1964	440	1988	15	14	24	200
300	2072	1964	440	1988	8	20	32	296
400	1780	1964	440	1988	6	24	40	380
500	1642	1964	440	1988	5	28	48	464
600	1496	1964	440	1988	4	34	60	590
700	1544	1964	440	1988	4	38	70	697
800	1326	1964	440	1988	3	44	80	800
900	1366	1964	440	1988	3	48	88	888
1000	1398	1964	440	1988	3	52	96	976
1100	1100	1964	440	1988	2	56	104	1060
1200	1124	1964	440	1988	2	62	116	1186
1300	1140	1964	440	1988	2	66	124	1270
1400	1164	1964	440	1988	2	72	136	1400
1500	1180	1964	440	1988	2	76	144	1488
1600	1196	1964	440	1988	2	80	152	1572
1700	1220	1964	440	1988	2	86	164	1698
1800	1236	1964	440	1988	2	90	172	1782
1900	1260	1964	440	1988	2	95	182	1889
1988	770	1964	440	0	1	100	192	1988

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง จำนวนคำที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (คำ)

NSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MaxN หมายถึง จำนวนชั้วมากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

MaxEq หมายถึง จำนวนสมการที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

KMAX หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับชิ้นส่วนดังรูป

ตารางที่ 4.2ก เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	TIME	NUMSEG	MAX.ST
550	2:33	7:47	1:42	14:39	26:41	16	547
700	2:03	7:13	1:42	11:58	22:56	9	673
900	1:41	6:58	1:42	10:48	21:09	6	892
1100	1:42	6:56	1:41	10:36	20:55	5	1091
1300	1:36	6:52	1:42	10:13	20:23	4	1276
1500	1:31	6:46	1:42	9:55	19:54	3	1480
1700	1:30	6:47	1:41	9:60	19:58	3	1682
1900	1:33	6:47	1:41	10:09	20:10	3	1875
2100	1:26	6:43	1:41	9:44	19:34	2	2069
2300	1:28	6:43	1:42	9:47	19:40	2	2230
2500	1:29	6:43	1:41	9:50	19:43	2	2474
2700	1:29	6:43	1:41	9:51	19:44	2	2639
2900	1:29	6:43	1:41	9:55	19:48	2	2835
3100	1:30	6:44	1:42	9:60	19:56	2	3062
3300	1:33	6:44	1:41	10:10	20:08	2	3284
3500	1:36	6:42	1:41	10:24	20:23	2	3477
3584	1:28	6:40	1:41	8:03	17:52	1	3584
3700	1:29	6:39	1:42	8:03	17:53	1	3584
3900	1:28	6:40	1:42	8:03	17:53	1	3584
4100	1:30	6:40	1:41	8:02	17:53	1	3584
4300	1:29	6:39	1:42	8:03	17:53	1	3584

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

TIME หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (นาที:วินาที)

NUMSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MAX.ST หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับชิ้นส่วนดังรูปที่ 4.1ข

ตารางที่ 4.2ก เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก (ต่อ)
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	NSEG	MaxN	MaxEq	KMAX
550	4064	1964	440	3584	16	28	52	547
700	2642	1964	440	3584	9	32	60	673
850	2246	1964	440	3584	7	36	68	845
1000	2068	1964	440	3584	6	40	76	993
1150	1600	1964	440	3584	4	42	80	1136
1300	1632	1964	440	3584	4	46	88	1276
1450	1680	1964	440	3584	4	48	92	1409
1600	1422	1964	440	3584	3	52	100	1600
1750	1438	1964	440	3584	3	55	106	1747
1900	1446	1964	440	3584	3	56	108	1875
2050	1152	1964	440	3584	2	59	114	1963
2200	1164	1964	440	3584	2	62	120	2124
2350	1180	1964	440	3584	2	66	124	2230
2500	1196	1964	440	3584	2	70	132	2474
2650	1196	1964	440	3584	2	73	138	2639
2800	1204	1964	440	3584	2	75	142	2737
2950	1220	1964	440	3584	2	79	150	2933
3100	1220	1964	440	3584	2	82	156	3062
3250	1236	1964	440	3584	2	86	164	3210
3400	1244	1964	440	3584	2	91	174	3377
3550	1268	1964	440	3584	2	98	188	3550
3584	770	1964	440	0	1	100	192	3584

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง จำนวนคำที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (คำ)

NSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MaxN หมายถึง จำนวนชั้วที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

MaxEq หมายถึง จำนวนสมการที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

KMAX หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับชิ้นส่วนดังรูปที่ 4.1ข

ตารางที่ 4.2ข เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	TIME	NUMSEG	MAX.ST
200	3:15	8:05	1:42	11:09	24:11	18	194
300	2:31	7:19	1:41	8:00	19:31	10	300
400	2:17	7:02	1:42	6:58	17:59	7	386
500	2:07	6:56	1:41	6:15	16:59	5	492
600	2:09	6:54	1:41	6:17	17:01	5	595
700	2:02	6:49	1:41	5:52	16:24	4	700
800	1:56	6:45	1:41	5:30	15:52	3	775
900	1:57	6:45	1:41	5:32	15:55	3	900
1000	1:59	6:44	1:40	5:36	15:59	3	978
1100	2:02	6:46	1:42	5:45	16:15	3	1085
1200	1:57	6:43	1:41	5:14	15:35	2	1188
1300	1:58	6:40	1:41	5:16	15:35	2	1272
1400	1:57	6:42	1:42	5:18	15:39	2	1398
1500	1:59	6:42	1:41	5:19	15:41	2	1490
1600	1:59	6:42	1:42	5:21	15:44	2	1590
1700	2:01	6:42	1:41	5:23	15:47	2	1686
1800	2:03	6:41	1:41	5:24	15:49	2	1770
1900	2:04	6:42	1:41	5:28	15:55	2	1896
2000	2:07	6:41	1:40	5:29	15:57	2	1980
2100	2:08	6:41	1:41	5:32	16:02	2	2053
2160	2:01	6:38	1:41	3:48	14:08	1	2160
2200	2:01	6:38	1:41	3:48	14:08	1	2160

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

TIME หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (นาที:วินาที)

NUMSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MAX.ST หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER

ตารางที่ 4.2ข เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก (ต่อ)
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	NSEG	MaxN	MaxEq	KMAX
200	3620	1964	440	2160	18	16	28	194
300	2428	1964	440	2160	10	19	34	300
400	1982	1964	440	2160	7	23	42	386
500	1634	1964	440	2160	-	26	48	492
600	1714	1964	440	2160	5	30	58	595
700	1528	1964	440	2160	4	34	64	700
800	1306	1964	440	2160	3	38	74	775
900	1342	1964	440	2160	3	44	82	900
1000	1374	1964	440	2160	3	47	92	978
1100	1414	1964	440	2160	3	51	102	1085
1200	1100	1964	440	2160	2	56	104	1188
1300	1116	1964	440	2160	2	60	112	1272
1400	1140	1964	440	2160	2	66	124	1398
1500	1160	1964	440	2160	2	70	132	1490
1600	1176	1964	440	2160	2	74	140	1590
1700	1188	1964	440	2160	2	78	148	1686
1800	1204	1964	440	2160	2	82	156	1770
1900	1228	1964	440	2160	2	88	168	1896
2000	1248	1964	440	2160	2	92	176	1980
2100	1260	1964	440	2160	2	95	182	2053
2160	770	1964	440	0	1	100	192	2160

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)
WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง จำนวนคำที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (คำ)
NSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์
MaxN หมายถึง จำนวนขั้วที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์
MaxEq หมายถึง จำนวนสมการที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์
KMAX หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)
* เรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงเปรียบเทียบผลของการจัดเรียงลำดับชิ้นส่วน (จากตัวอย่างรูปที่ 4.1ข)

	จัดเรียงลำดับชิ้นส่วน		เปลี่ยนแปลงลดลง (เปอร์เซ็นต์)
	ดังรูปที่ 4.1ข	จัดเรียงใหม่	
WAVE	2:18	2:08	7.4 %
STIFF	7:45	6:55	10.7 %
FORCE	1:42	1:42	0 %
SOLVER	14:33	6:16	56.9 %
TIME	26:18	17:01	35.4 %
NUMSEG	16	5	68.8 %
MAX.ST	547	526	3.8 %
STIFF I/O	3584	2160	39.7 %

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)
TIME หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (นาที:วินาที)
NUMSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์
MAX.ST หมายถึง หน่วยความจำหลักที่มากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)
STIFF I/O หมายถึง จำนวนสติฟเนสเมตริกซ์ที่ต้องอ่านและเขียนในโปรแกรมย่อย SOLVER (คำ)
* ขนาดหน่วยความจำหลักเท่ากับ 550 คำ

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบเวลาการทำงานเมื่อโปรแกรมเป็นภาษาเครื่อง
(จากตัวอย่างที่ 1 รูปที่ 4.1ข)

Vol.	WAVE		STIFF		FORCE		SOLVER		TIME	
	QB	EXE	QB	EXE	QB	EXE	QB	EXE	QB	EXE
200	3:15	3:09	8:05	5:40	1:42	1:06	11:09	10:19	24:11	20:14
300	2:31	2:28	7:19	4:58	1:41	1:07	8:00	7:17	19:31	15:50
400	2:17	2:13	7:02	4:41	1:42	1:06	6:58	6:20	17:59	14:20
500	2:07	2:02	6:56	4:33	1:41	1:06	6:15	5:35	16:59	13:16
600	2:09	2:06	6:54	4:32	1:41	1:07	6:17	5:38	17:01	13:23
700	2:02	1:60	6:49	4:29	1:41	1:06	5:52	5:19	16:24	12:54
800	1:56	1:55	6:45	4:25	1:41	1:06	5:30	4:55	15:52	12:21
900	1:57	1:56	6:45	4:23	1:41	1:07	5:32	4:58	15:55	12:24
1000	1:59	1:57	6:44	4:25	1:40	1:06	5:36	5:03	15:59	12:31
1100	2:02	2:01	6:46	4:25	1:42	1:07	5:45	5:05	16:15	12:38
1200	1:57	1:54	6:43	4:20	1:41	1:07	5:14	4:38	15:35	11:59
1300	1:58	1:55	6:40	4:19	1:41	1:06	5:16	4:38	15:35	11:58
1400	1:57	1:55	6:42	4:21	1:42	1:07	5:18	4:42	15:39	12:05
1500	1:59	1:56	6:42	4:20	1:41	1:06	5:19	4:44	15:41	12:06
1600	1:59	1:58	6:42	4:20	1:42	1:06	5:21	4:46	15:44	12:10
1700	2:01	1:59	6:42	4:19	1:41	1:06	5:23	4:46	15:47	12:10
1800	2:03	2:01	6:41	4:20	1:41	1:06	5:24	4:50	15:49	12:17
1900	2:04	2:04	6:42	4:20	1:41	1:06	5:28	4:50	15:55	12:20
2000	2:07	2:06	6:41	4:20	1:40	1:06	5:29	4:53	15:57	12:25
2100	2:08	2:08	6:41	4:20	1:41	1:06	5:32	4:56	16:02	12:30
2160	2:01	2:03	6:38	4:17	1:41	1:06	3:48	3:20	14:08	10:46
2200	2:01	2:02	6:38	4:16	1:41	1:07	3:48	3:20	14:08	10:45

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

TIME หมายถึง เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (นาที:วินาที)

QB หมายถึง การทำงานของโปรแกรมโดยภาษา Microsoft QuickBASIC 4.0

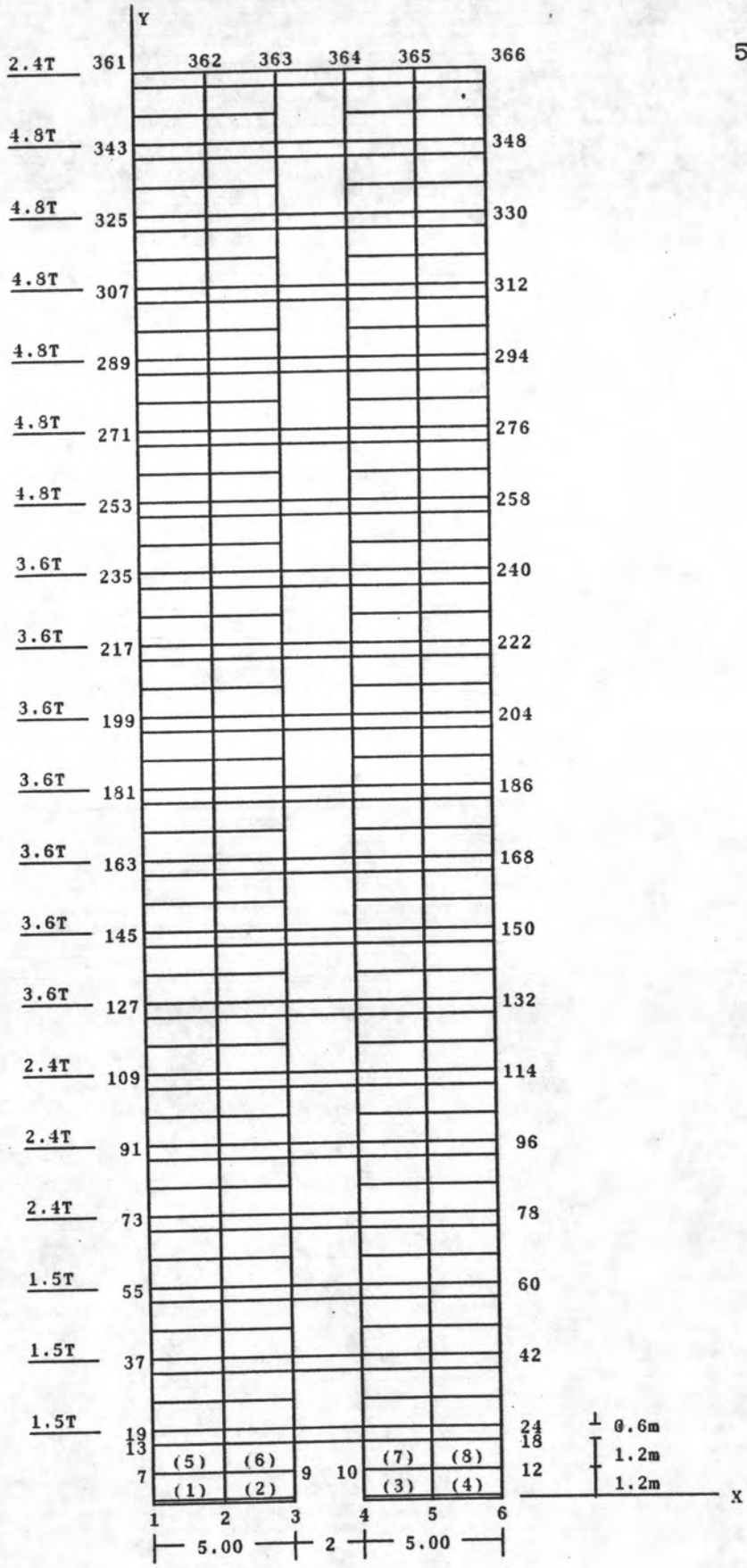
EXE หมายถึง การทำงานของโปรแกรมเมื่อแปลเป็นภาษาเครื่อง

* เรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER

4.3 ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างนี้เป็นผนังต้านแรงเฉือนขนาดใหญ่ซึ่งพิจารณาเป็นชิ้นส่วนชนิดความเค้นในระนาบ โดยที่ผนังต้านแรงเฉือนนี้เป็นส่วนประกอบของอาคารซึ่งมีจำนวน 20 ชั้น ความสูง 60.00 ม. ความกว้าง 12.00 ม. มีฐานยึดแน่น มีช่องเปิดอยู่ที่กึ่งกลางผนัง ให้มีแรงกระทำด้านข้างเป็นจุดกระทำที่ด้านข้างของผนังต้านแรงเฉือน แบ่งผนังต้านแรงเฉือนออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยที่แบ่งออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 จำนวน 260 ชิ้นส่วน มี 366 ชิ้ว สมบัติต่าง ๆ ของผนังต้านแรงเฉือนสำหรับตัวอย่างนี้สมมุติให้มีสมบัติเหมือนกันตลอดทุกชิ้นส่วน กล่าวคือ มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.812×10^{6} ตัน/ม^2. อัตราส่วนพอยซองเท่ากับ 0.4 ความหนาเท่ากับ 0.4 ม. ค่าพิกัด และแรงกระทำที่ชิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลักด้านเวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน เวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด เนื้อที่หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง จำนวนเซกเมนต์ และข้อมูลอื่น ๆ (จากตัวอย่างในรูปที่ 4.2) โดยเรียงลำดับการเข้ารวมของชิ้นส่วนดังรูป ในตัวอย่างนี้พบว่าต้องการหน่วยความจำหลักน้อยที่สุดเท่ากับ 500 คำ หน่วยความจำหลักที่สามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างเท่ากับ 10620 คำ ในขณะที่หน่วยความจำหลักสามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างจะใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดน้อยกว่าขณะที่หน่วยความจำหลักมีขนาดเล็กที่สุดประมาณ 17 % ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้ส่วนมากอยู่ในช่วงโปรแกรมย่อย SOLVER หากเปรียบเทียบเฉพาะเวลาที่ใช้ในการแก้สมการซึ่งทำงานโดยโปรแกรมย่อย SOLVER จะพบว่าเวลาที่ใช้ลดลงประมาณ 43 % ในกรณีที่จำนวนเซกเมนต์มากกว่า 1 เซกเมนต์ขึ้นไปจะต้องการอ่านและบันทึกสติฟเนสเมตริกซ์เท่ากันทั้งหมดเท่ากับ 10620 คำ ดังนั้นจากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าการใช้เนื้อที่หน่วยความจำหลักมากขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ลดลง



รูปที่ 4.2 ผนังต้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 2)

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก
(จากตัวอย่างที่ 2 รูปที่ 4.2)

Vol.	WAVE	STIFF	FORCE	SOLVER	NSEG	MaxN	MaxEq	KMAX
500	16:30	33:15	0:35	36:12	27	26	40	496
700	14:44	32:08	0:35	31:08	19	32	52	674
900	14:39	32:17	0:35	29:59	14	39	66	887
1000	13:38	31:31	0:33	27:20	12	42	72	976
1200	14:00	31:54	0:33	27:36	10	48	84	1154
1500	13:32	31:25	0:32	26:51	8	59	106	1483
2000	13:35	31:19	0:33	25:18	6	76	140	1990
2500	13:47	31:22	0:33	25:07	5	93	174	2497
3000	13:54	31:12	0:33	24:43	4	108	204	2950
3500	14:23	31:15	0:33	25:20	4	126	240	3488
4000	14:23	31:10	0:32	24:38	3	143	274	3991
4500	14:39	31:08	0:32	24:58	3	159	306	4471
5000	15:11	31:08	0:33	25:24	3	176	340	4978
5500	15:24	31:06	0:33	24:32	2	192	372	5458
6000	15:28	31:09	0:33	24:39	2	210	408	5996
6500	15:36	31:33	0:34	24:46	2	225	438	6445
7000	15:49	30:60	0:34	24:59	2	243	474	6983
7500	16:07	30:58	0:33	25:15	2	260	508	7490
8000	16:27	30:58	0:33	25:31	2	276	540	7970
8500	16:53	30:59	0:34	25:50	2	293	574	8477
9000	17:20	30:58	0:34	26:10	2	310	608	8984
9500	17:44	31:04	0:34	26:28	2	323	634	9371
10000	18:30	31:05	0:34	27:01	2	344	676	9998
10200	18:52	31:13	0:33	27:16	2	350	688	10180
10400	19:10	31:14	0:34	27:26	2	357	702	10389
10620	19:05	31:12	0:34	20:38	1	366	720	10620

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,FORCE,SOLVER หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

NSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MaxN หมายถึง จำนวนขั้วมากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

MaxEq หมายถึง จำนวนสมการที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

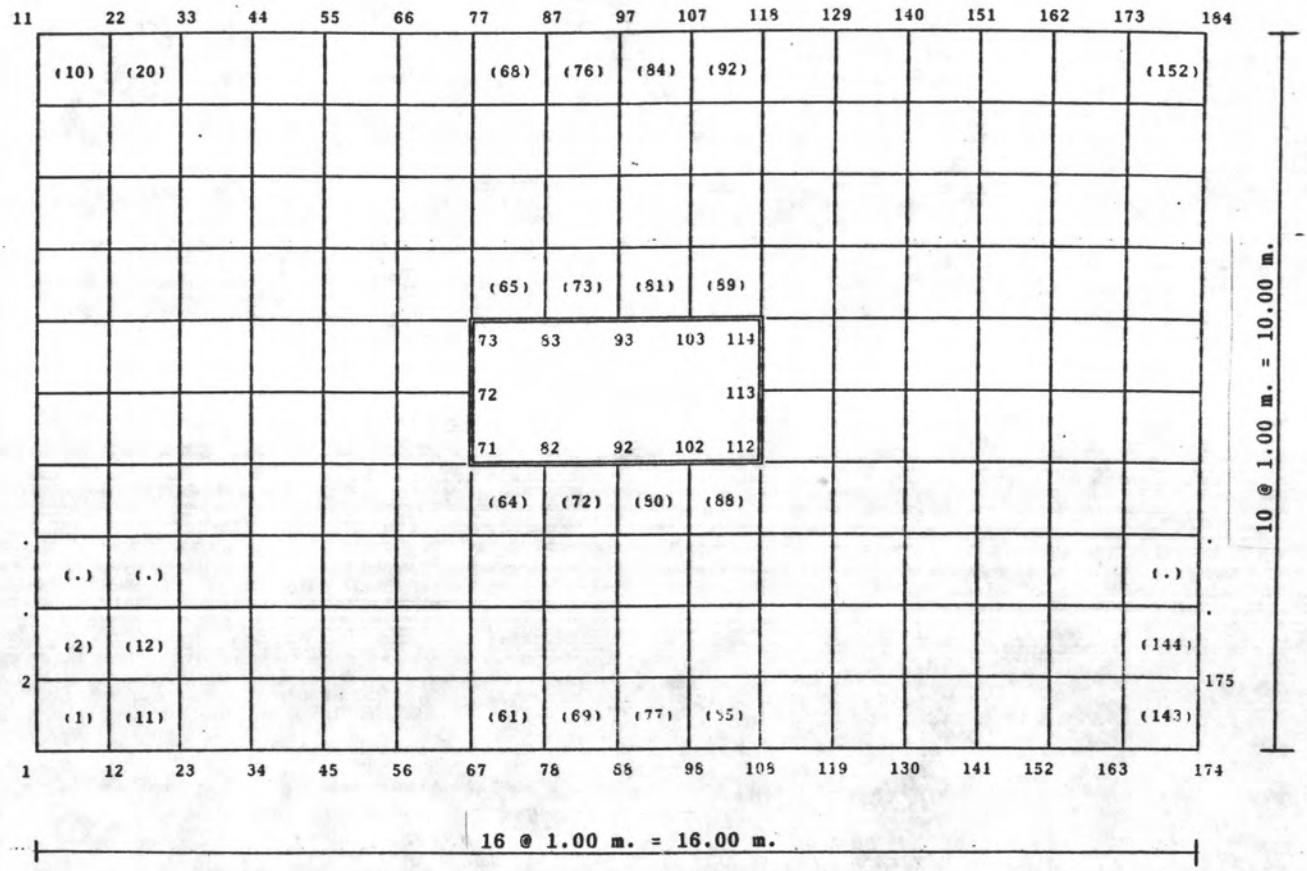
KMAX หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง

4.4 ตัวอย่างที่ 3

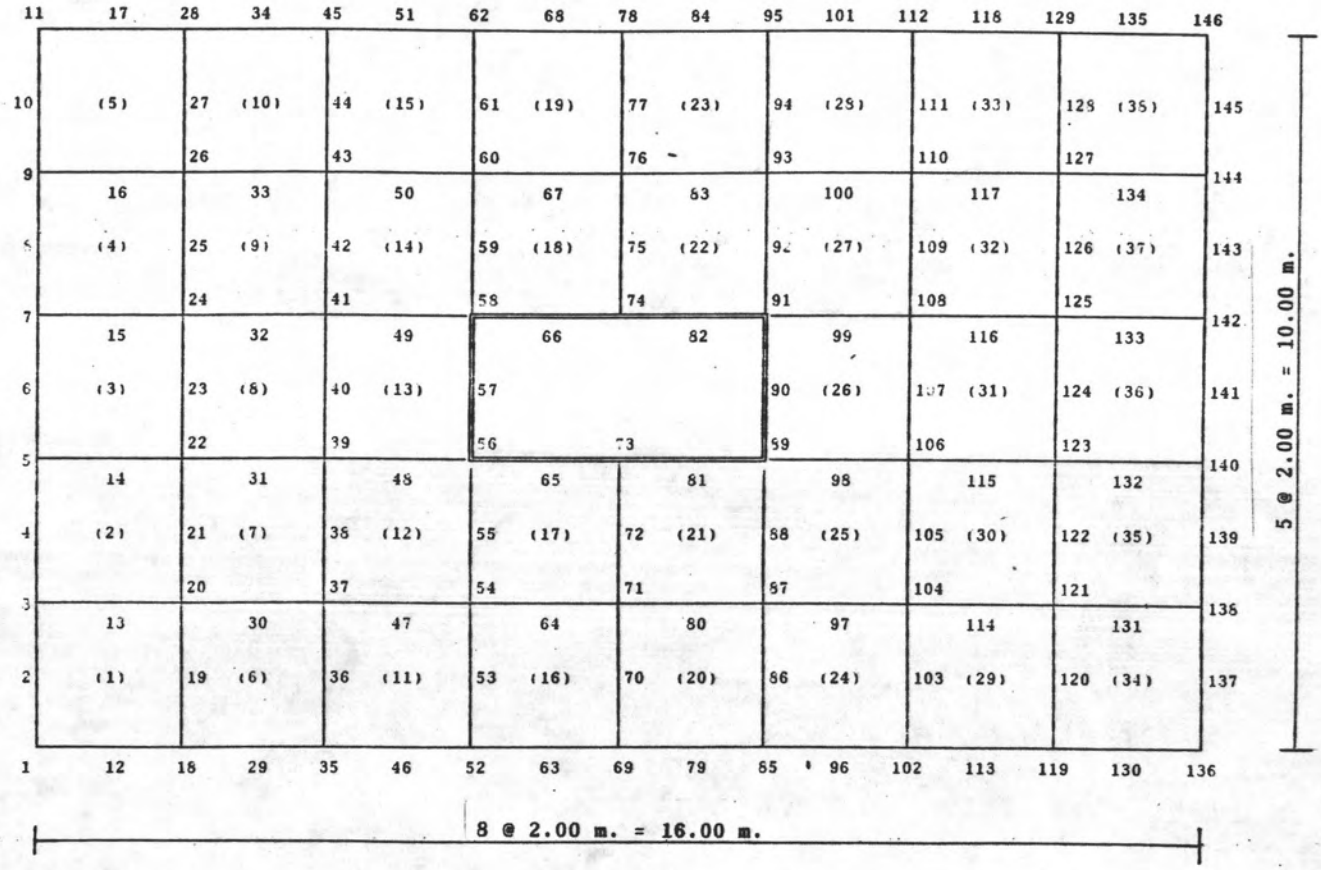
ตัวอย่างนี้เป็นแผ่นพื้น (FLAT SLAB) ซึ่งพิจารณาเป็นชิ้นส่วนชนิดแผ่นบางรับแรงดัด โดยที่แผ่นพื้นนี้มี ความยาว 16.00 ม. ความกว้าง 10.00 ม. มีฐานรองรับเป็นเสาและผนังช่องลิฟต์ มีช่องเปิดสำหรับลิฟต์อยู่ที่กึ่งกลางพื้น ให้รับน้ำหนักบรรทุก 500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แบ่งแผ่นพื้นออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 จำนวน 152 ชิ้นส่วน มี 146 ชิ้ว และชิ้นส่วนชนิด Q8 จำนวน 38 ชิ้นส่วน มี 138 ชิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.3ก และ 4.3ข ตามลำดับ สมบัติต่าง ๆ ของแผ่นพื้นสำหรับตัวอย่างนี้สมมุติให้มีสมบัติเหมือนกันตลอดทุกชิ้นส่วน กล่าวคือ มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.812×10^{6} ตัน/ม^{2}. อัตราส่วนพอยซองเท่ากับ 0.4 ความหนาเท่ากับ 0.25 ม. ค่าพิกัด ดังแสดงในรูป

ตารางที่ 4.6 แสดงผลที่ได้ระหว่างชิ้นส่วนชนิด Q4 และ Q8 จากตัวอย่างที่ 3 โดยเปรียบทางด้านเวลาในการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอน และข้อมูลที่ต้องบันทึกในหน่วยความจำสำรองในแต่ละขั้นตอน โดยกำหนดให้การเรียงลำดับชิ้นส่วนดังในรูป กำหนดให้หน่วยความจำหลักมีขนาดเท่ากับ 20000 คำ ซึ่งเพียงพอที่จะเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างได้ทั้งชิ้นส่วนชนิด Q4 และชิ้นส่วนชนิด Q8 พบว่าการกำหนดโครงสร้างให้เป็นชิ้นส่วนชนิด Q8 จะสามารถลดเวลาในการทำงานในโปรแกรมย่อย WAVE ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญสำหรับวิธีสกายลายน์ฟรอนทัลได้ประมาณ 74 % และจำนวนข้อมูลที่ต้องบันทึกในหน่วยความจำสำรองโดยโปรแกรมย่อย WAVE ลดลงประมาณ 34 % ทั้งนี้เป็นเพราะชิ้นส่วนชนิด Q8 มีจำนวนชิ้นส่วนน้อยกว่าจำนวนชิ้นส่วนของชิ้นส่วนชนิด Q4 หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริงซึ่งสามารถเก็บค่าสติฟเนสเมตริกซ์ของทั้งโครงสร้างโดยชิ้นส่วนชนิด Q8 น้อยกว่าชิ้นส่วนชนิด Q4 ประมาณ 16 % เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดโดยชิ้นส่วนชนิด Q8 น้อยกว่าเวลาในการวิเคราะห์โดยชิ้นส่วนชนิด Q4 ประมาณ 21 %

จะเห็นว่าการพิจารณาโครงสร้างให้เป็นชิ้นส่วนชนิด Q8 จะทำให้การวิเคราะห์โครงสร้างมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการพิจารณาโครงสร้างให้เป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 ทั้งทางด้านเวลาในการวิเคราะห์และทางด้านหน่วยความจำเมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสกายลายน์ฟรอนทัล



รูปที่ 4.3ก แผ่นพื้น ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 3)



รูปที่ 4.3ข แผ่นพื้น ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 3)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชิ้นส่วนชนิด Q4 และ Q8
(จากตัวอย่างที่ 3)

	วิธีสกายลายน์ฟรอนทัล	
	Q4	Q8
ขนาดหน่วยความจำหลัก	20000	20000
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย WAVE	0:07:40	0:02:01
จำนวนคำ I/O ใน WAVE	2006	1322
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย STIFF	0:30:11	0:22:04
จำนวนคำ I/O ใน STIFF	11292	10412
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย FORCE	0:02:34	0:01:27
จำนวนคำ I/O ใน FORCE	1776	870
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย SOLVER	0:40:50	0:38:36
จำนวนคำ I/O ใน SOLVER	0	0
จำนวนเซกเมนต์	1	1
จำนวนขั้วมากที่สุดในเซกเมนต์	184	146
จำนวนสมการมากที่สุดในเซกเมนต์	528	414
หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง	17614	14876

- หน่วยของเวลา (นาที:วินาที)
- หน่วยของความจำหลัก (คำ)
- ข้อมูลที่อ่าน/บันทึก (คำ)

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ตัวอย่างที่ 4

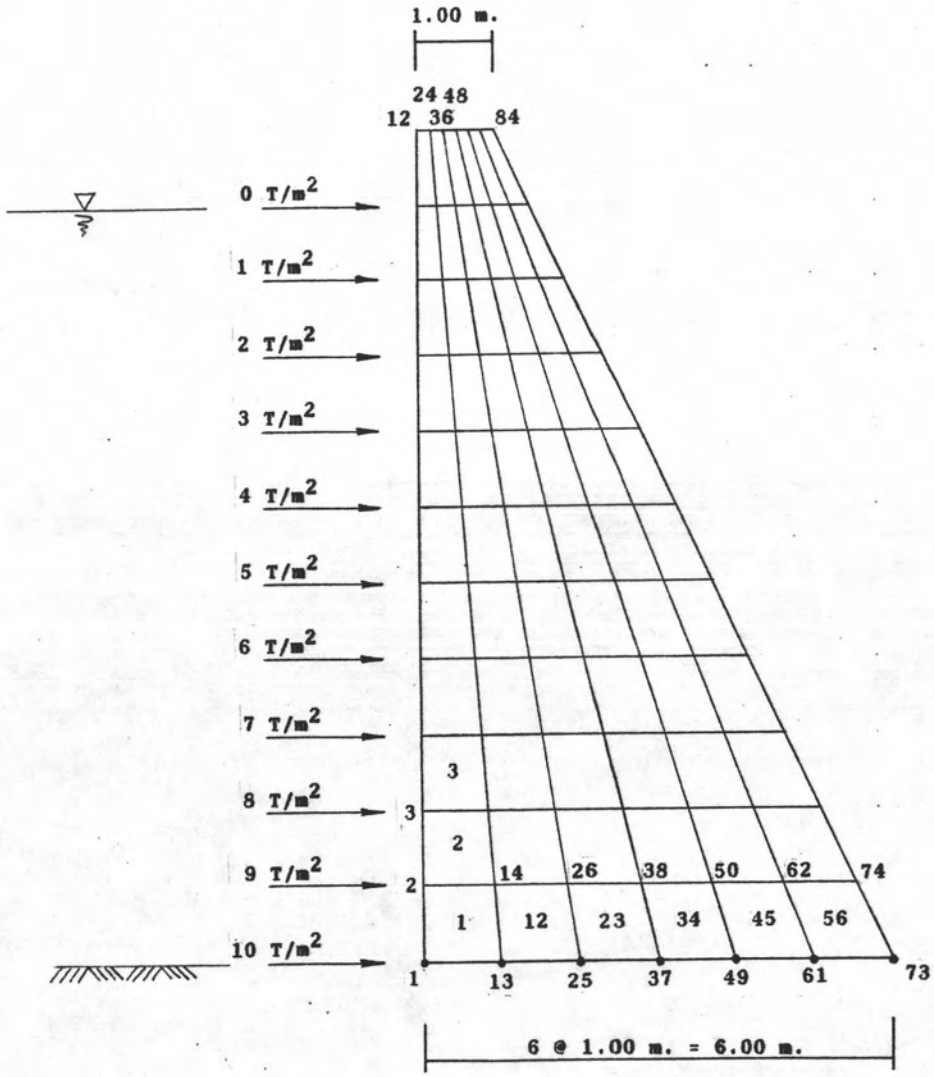
ตัวอย่างนี้เป็นชิ้นส่วนซึ่งตัดตามขวางของเขื่อน (DAM) ซึ่งพิจารณาเป็นชิ้นส่วนชนิดความเครียดในระนาบ โดยที่เขื่อนนี้มีความสูง 11.00 ม. ความกว้างที่ฐาน 6.00 ม. ความกว้างที่สันเขื่อน 1.00 ม. มีฐานยึดแน่น ให้มีแรงกระทำด้านข้างเนื่องจากระดับกักเก็บน้ำซึ่งมีความสูง 10.00 ม. มีแรงกระทำเป็นแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอที่ความสูงเดียวกัน และแปรผันโดยตรงกับความสูงของระดับน้ำ แบ่งรูปตัดของเขื่อนออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยที่แบ่งออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 จำนวน 66 ชิ้นส่วน มี 84 ขั้ว สมบัติต่าง ๆ ของเขื่อนสำหรับตัวอย่างนี้ สมมุติให้มีสมบัติเหมือนกันตลอดทุกชิ้นส่วน กล่าวคือ มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 2.812×10^6 ตัน/ม^2. อัตราส่วนพอยซองเท่ากับ 0.4 ความหนา 1.00 ม. ค่าพิกัด และแรงแผ่กระจาย ดังแสดงในรูปที่ 4.4

จากตัวอย่างนี้จะเห็นว่า การต่อเนื่องของชิ้นส่วนจะต่อเนื่องกันทั้งหมด ไม่มีส่วนที่เป็นช่องเปิดเช่นตัวอย่างข้างต้น การกำหนดหมายเลขชิ้นส่วน หมายเลขขั้ว และสภาพการเชื่อมโยงของชิ้นส่วนจะใช้เวลาเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.7ก และ 4.7ข เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลักทางด้านเวลาที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน เนื้อที่หน่วยความจำสำรอง จำนวนเซกเมนต์และข้อมูลอื่น ๆ โดยที่ ตารางที่ 4.7ก ได้จากการวิเคราะห์โดยเรียงลำดับชิ้นส่วนดังในรูปที่ 4.4 ส่วนในตารางที่ 4.7ข ได้จากการวิเคราะห์โดยจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER เมื่อพิจารณาผลในแต่ละตารางนั้น จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มขนาดหน่วยความจำหลักจะมีผลทำให้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมดและเวลาในการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนลดลงเช่นเดียวกับตัวอย่างข้างต้น เมื่อพิจารณาจากตารางทั้งสอง จะเห็นว่าเมื่อเรียงลำดับชิ้นส่วนดังรูปซึ่งง่ายต่อการเตรียมข้อมูล การวิเคราะห์โดยเรียงลำดับชิ้นส่วนดังรูปทำให้เสียเวลาในการวิเคราะห์และเนื้อที่หน่วยความจำสำรองมากกว่าการวิเคราะห์โดยจัดเรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหน่วยความจำหลักมีขนาดน้อยมาก เช่นเมื่อหน่วยความจำหลักมีขนาดเท่ากับ 400 คำ ในโปรแกรมย่อย WAVE จะใช้เวลาและจำนวนคำมากกว่าประมาณ 80% และ 98 % ตามลำดับ และในโปรแกรมย่อย SOLVER จะใช้เวลามากกว่า ประมาณ 75 %

รูปที่ 4.5 เป็นชิ้นส่วนซึ่งตัดตามขวางของเขื่อน (DAM) เช่นเดียวกับในรูปที่ 4.4 แต่พิจารณาให้เป็นชิ้นส่วนชนิดลูกบาศก์ มีขนาด รูปร่าง และคุณสมบัติต่าง ๆ เหมือนกันทุกประการ ให้มีแรงกระทำด้านข้างเนื่องจากระดับกักเก็บน้ำซึ่งมีความสูง 10.00 ม. มีแรงกระทำเป็นแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอที่ความสูงเดียวกัน และแปรผันโดยตรงกับความสูงของระดับน้ำ เช่นเดียวกันกับในรูปที่ 4.4 แบ่งรูปตัดของเขื่อนออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยที่แบ่งออกเป็นชิ้นส่วนชนิด Q4 จำนวน 66 ชิ้นส่วน มี 168 ชั้ว

ตารางที่ 4.8 แสดงเวลา จำนวนคำ และผลอื่น ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์



รูปที่ 4.4 เขื่อน ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 4)

ตารางที่ 4.7ก เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก
(จากตัวอย่างที่ 4 รูปที่ 4.4)

Vol.	WAVE		STIFF		LFORM		SOLVER		NSEG	MaxN	MaxEq	KMAX
	Time	Word	Time	Word	Time	Word	Time	Word				
400	00:06:41	9270	00:09:47	2220	00:01:27	504	00:21:10	3235	46	18	32	398
600	00:02:36	2978	00:06:11	2220	00:01:27	504	00:10:00	3235	12	22	40	596
800	00:02:05	2064	00:05:40	2220	00:01:26	504	00:08:48	3235	7	28	50	782
1000	00:01:51	1684	00:05:31	2220	00:01:26	504	00:08:15	3235	5	32	58	998
1200	00:01:41	1498	00:05:20	2220	00:01:24	504	00:08:02	3235	4	36	66	1187
1400	00:01:36	1284	00:05:15	2220	00:01:24	504	00:07:42	3235	3	41	74	1387
1600	00:01:38	1312	00:05:16	2220	00:01:25	504	00:07:45	3235	3	45	82	1591
1800	00:01:33	1046	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:07:25	3235	2	50	90	1791
2000	00:01:34	1062	00:05:11	2220	00:01:24	504	00:07:25	3235	2	54	98	1995
2200	00:01:34	1078	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:07:26	3235	2	58	106	2199
2400	00:01:36	1094	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:07:29	3235	2	63	114	2399
2600	00:01:37	1106	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:07:30	3235	2	66	120	2552
2800	00:01:39	1122	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:07:28	3235	2	70	128	2756
3000	00:01:41	1134	00:05:11	2220	00:01:24	504	00:07:31	3235	2	75	136	2956
3200	00:01:46	1134	00:05:10	2220	00:01:25	504	00:07:36	3235	2	81	148	3178
3235	00:01:39	728	00:05:06	2220	00:01:24	504	00:05:37	0	1	84	154	3235

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,LFORM,SOLVER หมายถึง โปรแกรมย่อย

Time หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

Word หมายถึง จำนวนคำที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (คำ)

NSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MaxN หมายถึง จำนวนข้อมากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

MaxEq หมายถึง จำนวนสมการที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

KMAX หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับขึ้นส่วนดังรูป

ตารางที่ 4.7ข เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนขนาดหน่วยความจำหลัก
(จากตัวอย่างที่ 4 รูปที่ 4.4)

Vol.	WAVE		STIFF		LFORM		SOLVER		NSEG	MaxN	MaxEq	KMAX
	Time	Word	Time	Word	Time	Word	Time	Word				
400	00:03:45	4694	00:06:58	2220	00:01:25	504	00:12:03	3055	22	22	32	400
600	00:02:26	2372	00:05:43	2220	00:01:25	504	00:08:38	3055	9	28	42	590
800	00:02:09	1838	00:05:30	2220	00:01:24	504	00:07:52	3055	6	32	50	786
1000	00:01:56	1454	00:05:19	2220	00:01:24	504	00:07:21	3055	4	36	58	974
1200	00:01:59	1486	00:05:21	2220	00:01:24	504	00:07:26	3055	4	39	64	1176
1400	00:01:53	1280	00:05:14	2220	00:01:24	504	00:07:04	3055	3	45	76	1394
1600	00:01:56	1308	00:05:16	2220	00:01:25	504	00:07:12	3055	3	49	84	1590
1800	00:01:50	1046	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:06:44	3055	2	53	92	1778
2000	00:01:51	1062	00:05:11	2220	00:01:25	504	00:06:46	3055	2	57	100	1974
2200	00:01:52	1074	00:05:10	2220	00:01:24	504	00:06:49	3055	2	60	106	2115
2400	00:01:54	1094	00:05:10	2220	00:01:25	504	00:06:52	3055	2	65	116	2358
2600	00:01:56	1110	00:05:11	2220	00:01:24	504	00:06:54	3055	2	70	126	2597
2800	00:01:58	1122	00:05:11	2220	00:01:24	504	00:06:56	3055	2	74	134	2769
3000	00:02:04	1134	00:05:11	2220	00:01:24	504	00:06:59	3055	2	81	148	2998
3055	00:01:57	728	00:05:06	2220	00:01:24	504	00:05:02	0	1	84	154	3055

Vol. หมายถึง ขนาดหน่วยความจำหลัก (คำ)

WAVE,STIFF,LFORM,SOLVER หมายถึง โปรแกรมย่อย

Time หมายถึง เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (นาที:วินาที)

Word หมายถึง จำนวนคำที่ใช้ในโปรแกรมย่อย (คำ)

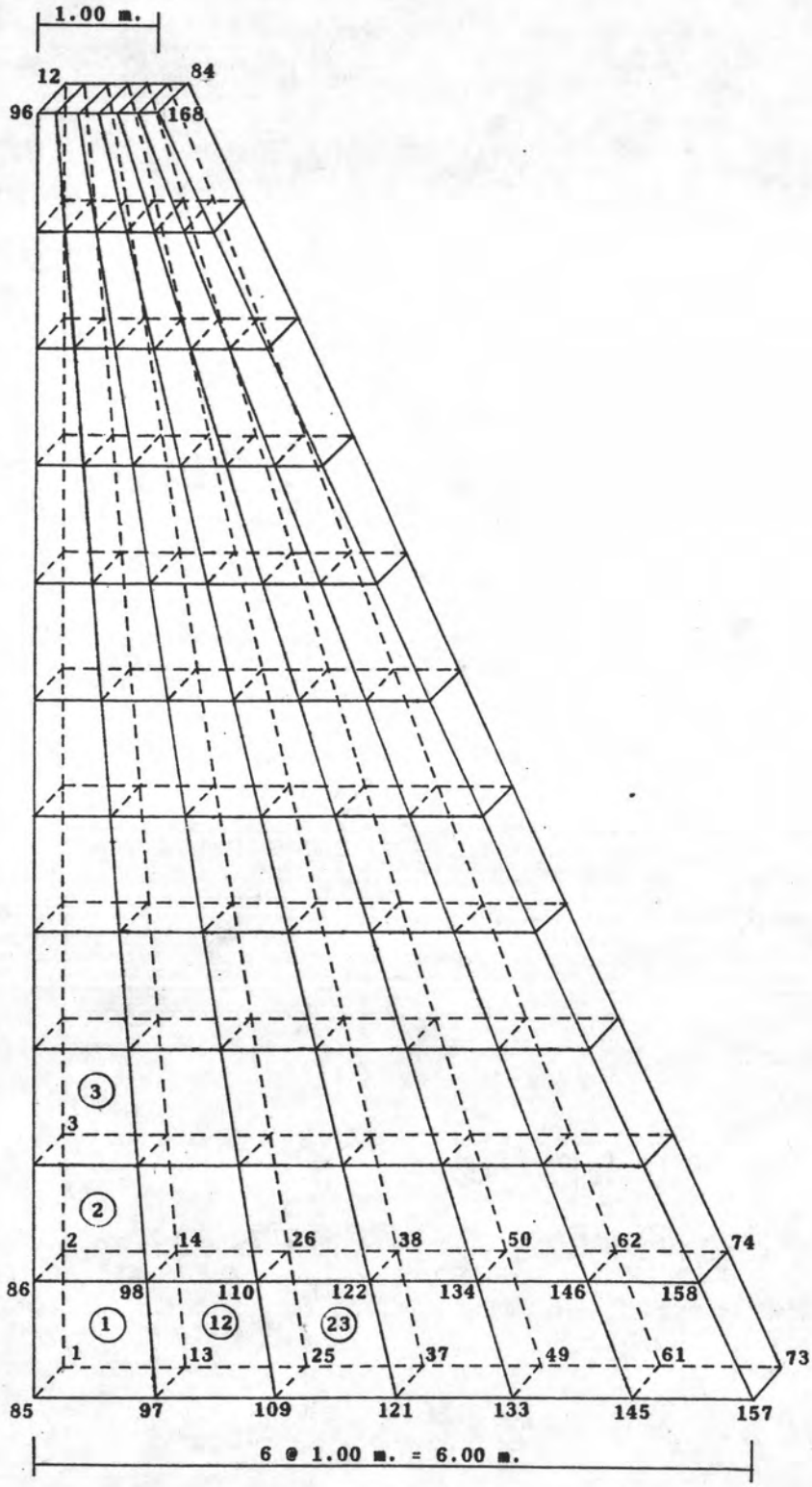
NSEG หมายถึง จำนวนเซกเมนต์

MaxN หมายถึง จำนวนข้อมากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

MaxEq หมายถึง จำนวนสมการที่มากที่สุดในแต่ละเซกเมนต์

KMAX หมายถึง หน่วยความจำหลักมากที่สุดที่ใช้งานจริง (คำ)

* เรียงลำดับชิ้นส่วนเสียใหม่โดยโปรแกรมย่อย ORDER



รูปที่ 4.5 เขื่อน ชิ้นส่วนย่อยชนิดลกบาศก์ (ตัวอย่างที่ 4)

ตารางที่ 4.8 แสดงผลจากตัวอย่างที่ 4 รูปที่ 4.5

ขนาดหน่วยความจำหลัก	15000
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย WAVE	00:04:37
จำนวนคำ I/O ใน WAVE	1384
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย STIFF	01:33:04
จำนวนคำ I/O ใน STIFF	8376
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย LFORM	00:06:55
จำนวนคำ I/O ใน LFORM	1008
เวลาที่ใช้ในโปรแกรมย่อย SOLVER	00:35:51
จำนวนคำ I/O ใน SOLVER	0
จำนวนเซกเมนต์	1
จำนวนข้ามากที่สุดในเซกเมนต์	168
จำนวนสมการมากที่สุดในเซกเมนต์	308
หน่วยความจำหลักที่ใช้งานจริง	12786