บทที่ 4

โปรแกรม"แซฟ 4"

โปรแกรม"แซฟ 4" เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ระบบโครงสร้างแบบเชิงเส้น (LINEAR STRUCTURAL SYSTEM) ทั้งในการวิเคราะห์แบบสแททิค(STATIC) และ ไดนามิค (DYNAMIC)ด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนท์ และ โปรแกรม"แซฟ 4"ที่ทางศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวฯ จุฬาฯ มีใช้อยู่นั้น อยู่ในรูปของซอสโคด(SOURCE CODE) คือ เป็นตัวโปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถนำมาพัฒนาหรือขยายเพิ่มเติมได้ เช่น เพิ่มการทำงาน(OPTION) หรือ เพิ่มชนิดของเอเลเมนท์ใหม่ๆ เป็นต้น

โครงสร้างของข้อมูลในแฟ้มข้อมูลเข้า ซึ่งเป็นประเภทแฟ้มตัวอักษร แบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ดังนี้ คือ

4.1 การ์ดหัวเรื่อง

4.2 การ์ดควบคุมหลัก(MASTER CONTROL CARD)

4.3 กลุ่มการ์ดข้อมูลที่โนด(NODAL POINT DATA)

4.4 กลุ่มการ์ดข้อมูลที่เอเลเมนท์(ELEMENT DATA) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 9 ชนิด ตามชนิดของเอเลเมนท์ คือ

4.4.1 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบทรัส(TRUSS ELEMENT)

4.4.2 " " บีม(BEAM ELEMENT)

4.4.3 " " เพลน-สเทรส เมมเบรน(PLANE STRESS MEMBRANE ELEMENT)

4.4.4 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบเอเลเมนท์รูปร่างสี่เหลี่ยม 2 มิติ(2D. QUADRILATERAL ELEMENT)

4.4.5 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบริค 3 มิติ(3D. BRICK ELEMENT)

4.4.6 " " เพลทและเชลล์(PLATE/SHELL ELEMENT)

4.4.7 " " บาวน์ดารี(BOUNDARY ELEMENT)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบทิคเชลล์ที่สามารถแปรค่าจำนวนโนด (VARIABLE-NUMBER-NODE THICK SHELL ELEMENT)

4.4.9 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบท่อตรงหรือแบบท่อโค้ง ใน 3 มิติ(3D. STRAIGHT OR CURVED PIPE ELEMENT)

4.5 การ์ดภาระเข้มข้น(CONCENTRATED LOAD)

4.6 การ์ดตัวคูณภาระของเอเลเมนท์(ELEMENT LOAD MULTIPLIER)

4.7 กลุ่มการ์ดของการวิเคราะห์แบบไดนามิค(DYNAMIC ANALYSIS) ซึ่งแบ่งออกเป็น

4.7.1 การ์ดโมดเชฟและความถี่(MODE SHAPES AND FREQUENCIES)

4.7.2 กลุ่มการวิเคราะห์แบบเรสปอนส์ฮีสโทรี(RESPONSE HISTORY ANALYSIS)

4.7.3 กลุ่มการวิเคราะห์แบบเรสปอนส์สเปคทรัม(RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS)

เนื่องจากค่าบางค่าใน"แซฟ 4"นี้ "พาแทรน"ไม่มีความสามารถที่จะสร้างข้อมูลเหล่านั้นได้ ทั้งในส่วนของสแททิคและไดนามิค แต่ในส่วนของไดนามิคนั้น โปรแกรมอินเตอร์เฟสของ"แซฟ 4"ที่สร้างขึ้นจากการวิจัยนี้ได้เพิ่มส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูล ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีค่าบางค่าที่ทั้ง"พาแทรน"และโปรแกรมอินเตอร์เฟสของ"แซฟ 4" ไม่สามารถให้ข้อมูลได้ ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้มีสัญลักษณ์ "@" อยู่หลังตำแหน่ง(ของบรรทัด)ของค่าเหล่านั้น และสำหรับบางค่าที่มีค่ากำหนดตั้งต้นไว้แล้ว(DEFAULT) ภายใน"แซฟ 4" หรือถูกกำหนดค่า DEFAULT จากภายในโปรแกรมอินเตอร์เฟสของ"แซฟ 4" ในที่นี้จะกำหนดให้มีการบอกค่า DEFAULT ไว้หลังค่าเหล่านั้น ดังนี้ (DEFAULT คือ n) โดยที่ n = ค่าตัวเลข

4.1 <u>การ์ดหัวเรื่อง</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด คือ

ตำแหน่งที่ 1 - 72 ของบรรทัด คือ หัวเรื่อง

4.2 <u>การ์ดควบคุมหลัก</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด คือ

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ จำนวนของโนดทั้งหมดที่ใช้

" 6 - 10 " " จำนวนของกลุ่มของเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 11 - 15 ของบรรทัด คือ จำนวนของกรณีภาระของโครงสร้าง (STRUCTURE LOAD CASE)
ถ้า มากกว่า, เท่ากับ 0 คือ วิเคราะห์แบบสแททิค
ถ้า เท่ากับ 0 คือ วิเคราะห์แบบไดนามิค

" 16 - 20 " " จำนวนความถี่ที่ต้องการหาในการหาค่าไอเกนวาลูว์(EIGENVALUE)
ถ้า เท่ากับ 0 คือ การวิเคราะห์แบบสแทรทิค
ถ้า มากกว่า, เท่ากับ 1 คือ การวิเคราะห์แบบไดนามิค

" 21 - 25 " " รหัสของการวิเคราะห์
ถ้า เท่ากับ 0 คือ การวิเคราะห์แบบสแทรทิค
" 1 " การหาค่าไอเกนวาลูว์/เวคเตอร์
" 2 " การวิเคราะห์แบบไดนามิคด้วยวิธีโมดซูเปอร์โพสิชัน (MODE SUPERPOSITION)
" 3 " การวิเคราะห์แบบไดนามิคด้วยวิธีเรสปอนส์สเปคทรัม (RESPONSE SPECTRUM)
" 4 " การวิเคราะห์แบบไดนามิคด้วยวิธีไดเรคสเทปบายสเทปอินทิเกรชัน (DIRECT STEP-BY-STEP INTEGRATION)

" 26 - 30 @ " " รหัสการทำงานของโปรแกรม
ถ้า เท่ากับ 0 คือ การคำนวนปัญหา
" 1 " การตรวจสอบข้อมูลเท่านั้น
(DEFAULT คือ 0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 31 - 35 @ ของบรรทัด คือ จำนวนของเวคเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในวิธีสับสเปซไอเทอร์เรชัน(SUBSPACE ITERATION) สำหรับ ไอเกนวาลูว์/เวคเตอร์ (DEFAULT คือ 0 หมายถึง เท่ากับ Min{2*จำนวนความถี่ที่ต้องการ,จำนวนความถี่ที่ต้องการ+8})

" 36 - 40 @ " " จำนวนของสมการ(ดีกรีออฟฟรีดอม)ต่อบลอค(BLOCK)ของหน่วยความจำ (DEFAULT คือ 0 หมายถึง ให้โปรแกรมจัดการเองโดยอัตโนมัติ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 <u>กลุ่มการ์ดข้อมูลที่โนด</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของโนดที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบเหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่	1	ของบรรทัด คือ	รหัสแสดงระบบของแกนโคออร์ดิเนท ถ้า เท่ากับ (ว่างเปล่า) หมายถึง คาร์ทิเซียน(X,Y,Z) ถ้า เท่ากับ C หมายถึง ทรงกระบอก (CYLINDRICAL, (R,Y,θ)) . (DEFAULT คือ (ว่างเปล่า))
"	2 - 5	" "	หมายเลขของโนด
"	6 - 10	" "	รหัสเงื่อนไขที่ขอบเขตของการเคลื่อนที่ในแนว X
"	11 - 15	" "	" " Y
"	16 - 20	" "	" " Z
"	21 - 25	" "	รหัสเงื่อนไขที่ขอบเขตของการหมุนในแนว X
"	26 - 30	" "	" " Y
"	31 - 35	" "	" " Z ถ้า เท่ากับ 0 คือ ปล่อยเป็นอิสระที่ดีกรีออฟฟรีดอมนั้น ถ้า เท่ากับ 1 คือ ยึดที่ดีกรีออฟฟรีดอมนั้นไว้
"	36 - 45	" "	ค่าตำแหน่งในแนว X
"	46 - 55	" "	" Y
"	56 - 65	" "	" Z
"	66 - 70 @	" "	การเพิ่มของโนด
"	71 - 80	" "	ค่าอุณหภูมิของโนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 <u>กลุ่มการ์ดข้อมูลที่เอเลเมนท์</u> ใน"แซฟ 4"แบ่งชนิดของเอเลเมนท์ออกเป็น 9 ชนิด และมีดีกรีออฟฟรีดอม ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ดีกรีออฟฟรีดอมสำหรับเอเลเมนท์แต่ละชนิด

ชนิดของเอเลเมนท์	dX	dY	dZ	$d\theta_x$	$d\theta_y$	$d\theta_z$
ทรัส	✓	✓	✓			
บีม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
เพลน-สเทรส เมมเบรน	✓	✓	✓			
รูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติ		✓	✓			
บริค 3 มิติ	✓	✓	✓			
เพลท/เชลล์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
บาวน์ดารี	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ทิคเชลล์	✓	✓	✓			
ท่อตรงและท่อโค้ง 3 มิติ	✓	✓	✓	✓	✓	✓

โดยที่ dX คือ การเคลื่อนที่ในแนวแกน X
dY " " " Y
dZ " " " Z
$d\theta_x$ คือ การหมุนในแนวแกน X
$d\theta_y$ " " " Y
$d\theta_z$ " " " Z

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบทรัส(TRUSS ELEMENT)

a.TRUSS ELEMENT

ลักษณะ: เป็นทรัสตรงใน 3 มิติ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด(CROSS-SECTIONAL AREA) คงที่ตลอดความยาว

จำนวนโนด: 2

ความอิสระ(FREEDOM): u v w ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด(NODE COORDINATE): X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางรูปร่าง(GEOMETRIC PROPERTRY): พื้นที่หน้าตัด

คุณสมบัติทางวัสดุ(MATERIAL PROPERTIES): เป็นไอโซโทรปิค(ISOTROPIC)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุ(MODULUS OF ELASTICITY, E)

ความหนาแน่นเชิงมวล(MASS DENSITY)

ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก(WEIGHT DENSITY)

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อน(COEFFICIENT OF THERMAL EXPANSION)

อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์(ZERO-STRESS TEMPERATURE)

ภาระ(LOAD): ภาระเข้มข้น(CONCENTRATED LOAD), ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (GRAVITY LOAD), ภาระเนื่องจากความร้อน(THERMAL LOAD), ภาระไดนามิค(DYNAMIC LOAD)

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด(DISPLACEMENT) และ การหมุน(ROTATION) ในระบบแกนกลอโบล(GLOBAL) ของแต่ละโนด

ความเค้น(STRESS) และ แรง(FORCE) ในแนวแกนของแต่ละเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบทรัส แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.1.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 1 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นทรัส)
" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของทรัสที่ใช้
" 11 - 15 " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ

4.4.1.2 <u>การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้ แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบเหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ
" 6 - 15 " " ค่าโมดูลัสของการคืนตัวทางวัสดุ
" 16 - 25 " " สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อน
" 26 - 35 " " ความหนาแน่นเชิงมวล
" 36 - 45 " " พื้นที่หน้าตัด
" 46 - 55 " " ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก

4.4.1.3 <u>กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 4 บรรทัด คือ

4.4.1.3.1 <u>ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน X</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
" 11 - 20 @ " " " " " B
" 21 - 30 @ " " " " C
" 31 - 40 @ " " " " D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1.3.2 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.1.3.3 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Z

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.1.3.4 ตัวคูณของภาระเนื่องจากความร้อน

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

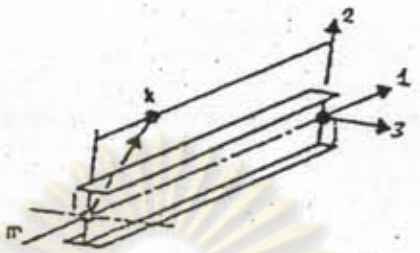
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.1.4 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบทรัสที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขของเอเลเมนท์
"	6 - 10	"	"	หมายเลขของโนด สำหรับโนด I
"	11 - 15	"	"	" " J
"	16 - 20	"	"	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้
"	21 - 30	"	"	อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์
"	31 - 35 @	"	"	การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบีม(BEAM ELEMENT)



b. THREE-DIMENSIONAL
BEAM ELEMENT

ลักษณะ: เป็นบีมตรงใน 3 มิติ ซึ่งมีคุณสมบัติทางรูปร่างคงที่ตลอดความยาว

จำนวนโนด: 2

ความอิสระ: u v w θ_x θ_y θ_z ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางรูปร่าง: พื้นที่ในแนวแกน(AXIAL AREA)

พื้นที่ที่รับแรงเฉือนในแกนโลคัลทิศ 2 (LOCAL 2-DIRECTION)

" " 3 (" 3 ")

แรงเฉื่อยของการบิด(TORSIONAL INERTIA)

แรงเฉื่อยรอบแกนโลคัลทิศ 2

" " 3

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นไอโซโทรปิค(ISOTROPIC)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุ(MODULUS OF ELASTICITY)

อัตราส่วนของปัวซอง(POISSON'S RATIO)

ความหนาแน่นเชิงมวล(MASS DENSITY)

ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก(WEIGHT DENSITY)

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, แรงที่ปลายที่ถูกยึด (FIXED-END FORCE), ภาระไดนามิค(DYNAMIC LOAD)

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุนในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด แรงในแนวแกนและแรงเฉือน และ โมเมนท์ดัดและโมเมนท์บิด ในระบบแกนโลคัลของแต่ละเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบีม แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.2.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด คือ	หมายเลข 2 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นบีม)
"	6 - 10	" "	จำนวนทั้งหมดของบีมที่ใช้
"	11 - 15	" "	จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางรูปร่าง
"	16 - 20 @	" "	จำนวนของกลุ่มของแรงที่ปลายยึด
"	21 - 25	" "	จำนวนของคุณสมบัติทางวัสดุ

4.4.2.2 <u>การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้ แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบเหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด คือ	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ
"	6 - 15	" "	ค่าโมดูลัสของการคืนตัวทางวัสดุ
"	16 - 25	" "	อัตราส่วนของปัวซอง
"	26 - 35	" "	ความหนาแน่นเชิงมวล
"	36 - 45	" "	ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก

4.4.2.3 <u>การ์ดคุณสมบัติทางรูปร่าง</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนคุณสมบัติทางรูปร่างที่ใช้ แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบเหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด คือ	หมายเลขของคุณสมบัติทางรูปร่าง
"	6 - 15	" "	พื้นที่หน้าตัดในแนวแกนโลคัลที่ 1
"	16 - 25	" "	พื้นที่ที่รับแรงเฉือนในแนวแกนโลคัลที่ 2
"	26 - 35	" "	" " 3
"	36 - 45	" "	แรงเฉื่อยของการบิด
"	46 - 55	" "	แรงเฉื่อยรอบแกนโลคัลที่ 2
"	56 - 65	" "	" " 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.4 กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ ประกอบด้วย 3 บรรทัด คือ

4.4.2.4.1 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน X

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.2.4.2 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.2.4.3 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Z

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.5 <u>กลุ่มแรงที่ปลายยึด</u> ประกอบด้วย 2 บรรทัด ดังนี้

<u>การ์ดที่ 1</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 5 @ ของบรรทัด คือ หมายเลขของแรงที่ปลายยึด
" 6 - 15 @ " " แรงที่ปลายยึดในแนวแกนโลคัลที่ 1 ที่โนด I
" 16 - 25 @ " " " " 2 " I
" 26 - 35 @ " " " " 3 " I
" 36 - 45 @ " " โมเมนท์ที่ปลายยึดในแนวแกนโลคัลที่ 1 ที่โนด I
" 46 - 55 @ " " " " 2 " I
" 56 - 65 @ " " " " 3 " I

<u>การ์ดที่ 2</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 5 @ ของบรรทัด คือ (ว่างเปล่า)
" 6 - 15 @ " " แรงที่ปลายยึดในแนวแกนโลคัลที่ 1 ที่โนด J
" 16 - 25 @ " " " " 2 " J
" 26 - 35 @ " " " " 3 " J
" 36 - 45 @ " " โมเมนท์ที่ปลายยึดในแนวแกนโลคัลที่ 1 ที่โนด J
" 46 - 55 @ " " " " 2 " J
" 56 - 65 @ " " " " 3 " J

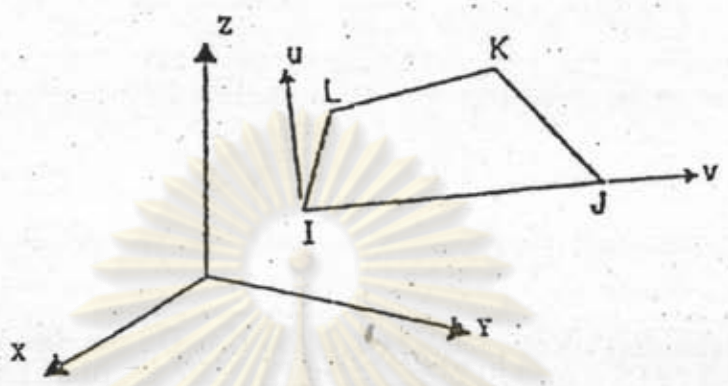
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2.6 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบบีมที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขของเอเลเมนท์
"	6 - 10	"	"	หมายเลขของโนด สำหรับโนด I
"	11 - 15	"	"	" " J
"	16 - 20	"	"	" " K (ซึ่งใช้เพื่อกำหนดระนาบ 1-2)
"	21 - 25	"	"	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้
"	26 - 30	"	"	หมายเลขของคุณสมบัติทางรูปร่างที่ใช้
"	31 - 35 @	"	"	หมายเลขของแรงที่ปลายยึดที่กระทำในกรณี A
"	36 - 40 @	"	"	" " B
"	41 - 45 @	"	"	" " C
"	46 - 50 @	"	"	" " D
"	51 - 56 @	"	"	รหัสของการปลดปล่อย(RELEASE)ที่ปลายที่โนด I
"	57 - 62 @	"	"	" " J
"	63 - 70 @	"	"	การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบเพลน-สเทรสเมมเบรน(PLANE STRESS MEMBRANE ELEMENT)



ลักษณะ: เป็นเอเลเมนท์ที่มีความหนาคงที่ มีรูปร่างเป็นได้ทั้งสี่เหลี่ยม หรือสามเหลี่ยม

จำนวนโนด: 4 (สำหรับเอเลเมนท์รูปสี่เหลี่ยม)
3 (สำหรับเอเลเมนท์รูปสามเหลี่ยม)

ความอิสระ: u v w ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางรูปร่าง: ความหนา

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นออโธโทรปิค ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (TEMPERATURE-DEPENDENT ORTHOTROPIC)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกน n ของวัสดุ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

" " s " "

" " t " "

อัตราส่วนของปัวซองในแนว ns

" " nt

" " st

โมดูลัสเฉือน(SHEAR MODULUS, G_{nn})

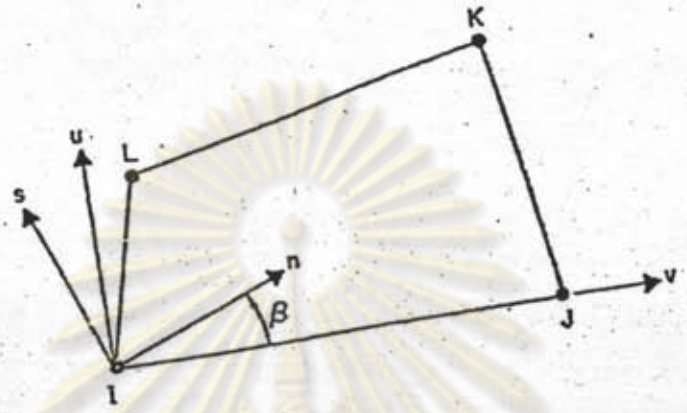
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน n ของวัสดุ

" " " s "

" " " t "

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มุม β ซึ่งเป็นมุมวัดทวนเข็มนาฬิกาที่แกน n ของวัสดุทำกับแกน v ของเอเลเมนท์ (ดังรูป)



ความหนาแน่นเชิงมวล

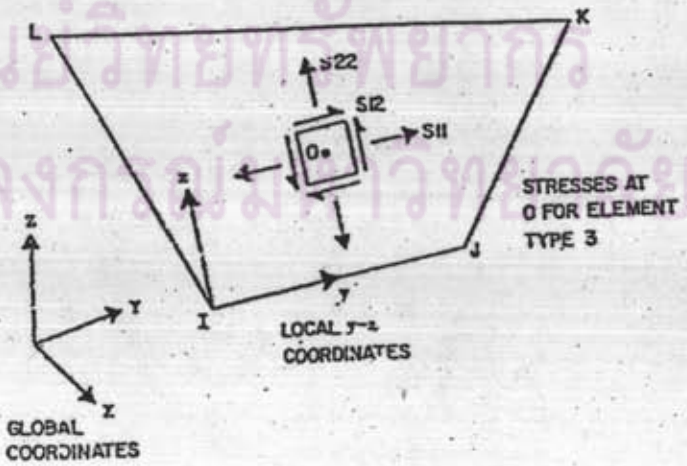
ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก

อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์ภายในเอเลเมนท์

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, แรงดันตั้งฉากกับด้าน I-J ของเอเลเมนท์, ภาระเนื่องจากความร้อน, ภาระไดนามิค

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด

ความเค้น(S_{11}, S_{22}, S_{33}, S_{12}, S_{max}, S_{min}) ที่จุดศูนย์กลางในระบบ แกนโลคัลของแต่ละเอเลเมนท์



ความเค้น(S_{11}, S_{22}, S_{33}, S_{12}, S_{max}, S_{min}) ที่จุดกึ่งกลางแต่ละด้าน ของแต่ละเอเลเมนท์

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบเพลน-สเทรสเมมเบรน แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.3.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 @ ของบรรทัด คือ หมายเลข 3 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นเพลน-สเทรสเมมเบลน)

" 6 - 10 @ " " จำนวนทั้งหมดของเพลน-สเทรสเมมเบรนที่ใช้

" 11 - 15 @ " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ

" 16 - 20 @ " " จำนวนที่มากที่สุดของจำนวนจุดอุณหภูมิใน 1 คุณสมบัติทางวัสดุ

" 30 @ " " ถ้าเป็น 0 จะมีการปรับปรุงคุณสมบัติของการดัด (BENDING PROPERTIES) ของเอเลเมนท์ (INCOMPATIBLE DISPLACEMENT MODES)
ถ้ามากกว่า 0 จะไม่มีการปรับปรุงคุณสมบัติของการดัด(COMPATIBLE DISPLACEMENT MODES)

4.4.3.2 <u>กลุ่มข้อมูลของคุณสมบัติทางวัสดุ</u> แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.4.3.2.1 <u>การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุ ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ

" 6 - 10 @ " " จำนวนของอุณหภูมิที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละคุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 0 หมายถึงเท่ากับ 1)

" 11 - 20 " " ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก

" 21 - 30 " " ความหนาแน่นเชิงมวล

" 31 - 40 " " มุม β เป็นองศา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3.2.2 <u>กลุ่มค่าคุณสมบัติทางวัสดุที่ละอุณหภูมิ</u> ประกอบด้วย 2 บรรทัดต่อ 1 ค่าอุณหภูมิ ดังนี้

<u>การ์ดที่ 1</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าอุณหภูมิ
" 11 - 20 " " ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกน n
" 21 - 30 " " " " s
" 31 - 40 " " " " t
" 41 - 50 " " อัตราส่วนของปัวซอง ในแนว ns
" 51 - 60 " " " " nt
" 61 - 70 " " " " st
" 71 - 80 " " ค่าโมดูลัสเฉือน (Gns)

<u>การ์ดที่ 2</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน n ของวัสดุ
" 11 - 20 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน s ของวัสดุ
" 21 - 30 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน t ของวัสดุ

4.4.3.3 <u>กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 4 บรรทัด คือ

4.4.3.3.1 <u>ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3.3.2 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี B

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.3.3.3 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี C

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.3.3.4 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี D

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

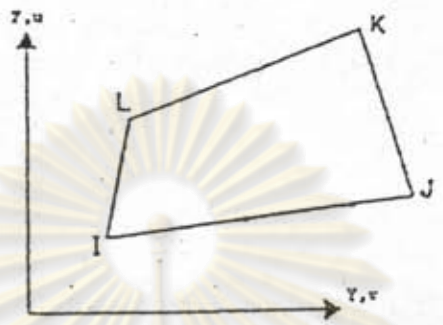
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3.4 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบเพลน-สเทรสแมมเบรนที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5 @	ของบรรทัด คือ	หมายเลขของเอเลเมนท์
"	6 - 10 @	" "	หมายเลขของโนด สำหรับโนด I
"	11 - 15 @	" "	" " J
"	16 - 20 @	" "	" " K
"	21 - 25 @	" "	" " L (ถ้าเป็นรูปสามเหลี่ยม หมายเลขของโนด L จะเท่ากับโนด K)
"	26 - 30 @	" "	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้
"	31 - 40 @	" "	อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์
"	41 - 50 @	" "	แรงดันตั้งฉากกับด้าน I-J ของเอเลเมนท์
"	51 - 55 @	" "	รหัสบอกตำแหน่งของผลลัพธ์ที่เป็นความเค้น (DEFAULT คือ 0 หมายถึง ต้องการค่าความเค้นเฉพาะที่จุดกึ่งกลางของเอเลเมนท์เท่านั้น)
"	56 - 60 @	" "	การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)
"	61 - 70 @	" "	ความหนาของเอเลเมนท์

จะพบว่า ข้อมูลที่สำคัญส่วนใหญ่ของเอเลเมนท์แบบเพลน-สเทรสเมมเบรนนั้นจะไม่สามารถรับข้อมูลจาก"พาแทรน"ได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของเอเลเมนท์แบบเพลน-สเทรสเมมเบรนนั้น จะมีรูปแบบเหมือนกับข้อมูลของเอเลเมนท์รูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติ(ที่จะกล่าวถึงต่อไป) แต่ต่างกันที่รหัสหมายเลขเพื่อบอกชนิดของเอเลเมนท์(ค่าข้อมูลแรกในการ์ดควบคุม) เท่านั้น ดังนั้นในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการใช้เอเลเมนท์ชนิดเพลน-สเทรสเมมเบรนนี้(รหัสหมายเลข 3) จึงสามารถใช้ได้โดยสร้างเอเลเมนท์แบบรูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติ(รหัสหมายเลข 4) ในลักษณะของเพลน-สเทรส และเมื่อได้แฟ้มของข้อมูลเข้าสำหรับโปรแกรมวิเคราะห์ฯ ให้ทำการแก้ไขเฉพาะที่รหัสหมายเลข เท่านั้น โดยเปลี่ยนจากรหัสหมายเลข 4 เป็นรหัสหมายเลข 3 แล้วทำการเก็บ(SAVE)แฟ้ม หลังจากนี้จะได้แฟ้มซึ่งใช้เอเลเมนท์แบบเพลน-สเทรสเมมเบรน เพื่อที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

4.4.4 ข้อมูลของเอเลเมนท์รูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติ(2D. QUADRILATERAL ELEMENT)



ลักษณะ: เป็นเอเลเมนท์ที่มีความหนาคงที่ มีรูปร่างเป็นได้ทั้งสี่เหลี่ยม หรือสามเหลี่ยม สามารถใช้เป็น

a) แอซซีสิมเมทริค เอเลเมนท์ (AXISYMMETRIC ELEMENT) ซึ่งสมมาตรรอบแกนกลอโบล Z และทิศทางของรัศมีคือแกน Y

b) เพลน-สเทรน เอเลเมนท์ (PLANE STRAIN ELEMENT) ซึ่งมีความหนา 1 หน่วยในระนาบ Y-Z

c) เพลน-สเทรส เอเลเมนท์ (PLANE STRESS ELEMENT) ซึ่งสามารถกำหนดความหนาในระนาบ Y-Z

จำนวนโนด: 4 (สำหรับเอเลเมนท์รูปสี่เหลี่ยม)
3 (สำหรับเอเลเมนท์รูปสามเหลี่ยม)

ความอิสระ: u v w ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางรูปร่าง: ความหนา

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นออโธโทรปิค ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (TEMPERATURE-DEPENDENT ORTHOTROPIC)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกน n ของวัสดุ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

" " s " "

" " t " "

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราส่วนของป๋วซองในแนว ns

" " nt

" " st

โมดูลัสเฉือน(SHEAR MODULUS, G_{ns})

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน n ของวัสดุ

" " " s "

" " " t "

มุม β ซึ่งเป็นมุมวัดทวนเข็มนาฬิกาที่แกน n ของวัสดุทำกับแกน v ของเอเลเมนท์

ความหนาแน่นเชิงมวล

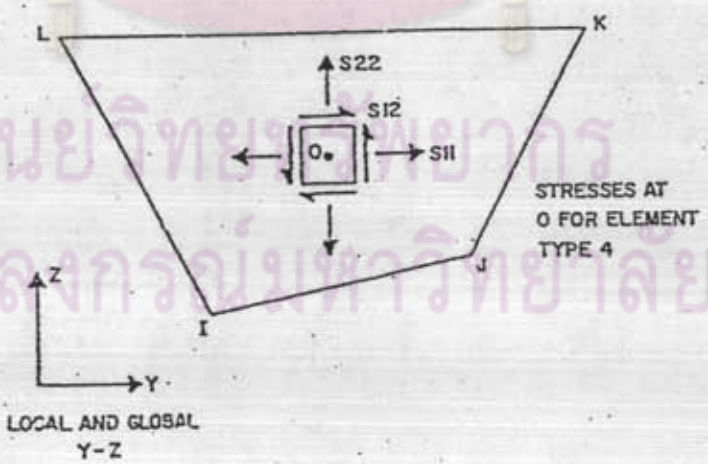
ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก

อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์ภายในเอเลเมนท์

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, แรงดันตั้งฉากกับด้าน I-J ของเอเลเมนท์, ภาระเนื่องจากความร้อน, ภาระไดนามิค

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด

ความเค้น(S_{11}, S_{22}, S_{33}, S_{12}, S_{max}, S_{min}) ที่จุดศูนย์กลาง ในระบบแกนโลคัลของแต่ละเอเลเมนท์



ความเค้น(S_{11}, S_{22}, S_{33}, S_{12}, S_{max}, S_{min}) ที่จุดกึ่งกลาง แต่ละด้าน ของแต่ละเอเลเมนท์

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบรูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติ แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.4.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 4 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติ)

" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของเอเลเมนท์รูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติที่ใช้

" 11 - 15 " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ

" 16 - 20 @ " " จำนวนที่มากที่สุดของจำนวนจุดอุณหภูมิใน 1 คุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 1)

" 25 " " ถ้าเป็น 0 คือ แอซซี่ลิมเมทริค เอเลเมนท์
ถ้าเป็น 1 คือ เพลน-สเทรน เอเลเมนท์
ถ้าเป็น 2 คือ เพลน-สเทรส เอเลเมนท์

" 30 @ " " ถ้าเป็น 0 จะมีการปรับปรุงคุณสมบัติของการดัด (BENDING PROPERTIES) ของเอเลเมนท์ (INCOMPATIBLE DISPLACEMENT MODES)
ถ้ามากกว่า 0 จะไม่มีการปรับปรุงคุณสมบัติของการดัด(COMPATIBLE DISPLACEMENT MODES)

4.4.4.2 <u>กลุ่มข้อมูลของคุณสมบัติทางวัสดุ</u> แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.4.4.2.1 <u>การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุ ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ

" 6 - 10 @ " " จำนวนของอุณหภูมิที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละคุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 0 หมายถึงเท่ากับ 1)

" 11 - 20 " " ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก

" 21 - 30 " " ความหนาแน่นเชิงมวล

" 31 - 40 " " มุม β เป็นองศา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.4.2.2 กลุ่มค่าคุณสมบัติทางวัสดุที่ละอุณหภูมิ ประกอบด้วย 2 บรรทัดต่อ 1 ค่าอุณหภูมิ ดังนี้

การ์ดที่ 1

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าอุณหภูมิ
" 11 - 20 " " ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกน n
" 21 - 30 " " " " s
" 31 - 40 " " " " t
" 41 - 50 " " อัตราส่วนของปัวซอง ในแนว ns
" 51 - 60 " " " " nt
" 61 - 70 " " " " st
" 71 - 80 " " ค่าโมดูลัสเฉือน (Gns)

การ์ดที่ 2

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน n ของวัสดุ
" 11 - 20 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน s ของวัสดุ
" 21 - 30 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน t ของวัสดุ

4.4.4.3 กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ ประกอบด้วย 4 บรรทัด คือ

4.4.4.3.1 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.4.3.2 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี B

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.4.3.3 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี C

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.4.3.4 ตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ในกรณี D

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของภาระเชิงความร้อน
" 11 - 20 @ " " " ภาระแรงดัน
" 21 - 30 @ " " " แรงโน้มถ่วงในแนวแกน X
" 31 - 40 @ " " " " Y
" 41 - 50 @ " " " " Z

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

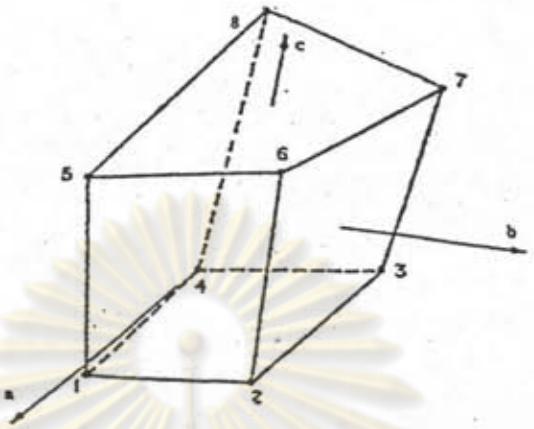
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.4.4 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบรูปร่างสี่เหลี่ยมใน 2 มิติที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขของเอเลเมนท์
" 6 - 10	"	"	หมายเลขของโนด สำหรับโนด I
" 11 - 15	"	"	" " J
" 16 - 20	"	"	" " K
" 21 - 25	"	"	" " L (ถ้าเป็นรูปสามเหลี่ยม หมายเลขของโนด L จะเท่ากับโนด K)
" 26 - 30	"	"	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้
" 31 - 40	"	"	อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์
" 41 - 50	"	"	แรงดันตั้งฉากกับด้าน I-J ของเอเลเมนท์
" 51 - 55 @	"	"	รหัสบอกตำแหน่งของผลลัพธ์ที่เป็นความเค้น (DEFAULT คือ 0 หมายถึง ต้องการค่าความเค้นเฉพาะที่จุดกึ่งกลางของเอเลเมนท์เท่านั้น)
" 56 - 60 @	"	"	การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)
" 61 - 70	"	"	ความหนาของเอเลเมนท์ (สำหรับ เพลน-เสทรน โปรแกรมจะกำหนดให้เป็น 1.0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบริคใน 3 มิติ (3D. BRICK ELEMENT)



ลักษณะ: เป็นเอเลเมนท์ 3 มิติ รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

จำนวนโนด: 8

ความอิสระ: u v w ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นไอโซโทรปิค
ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุ
อัตราส่วนของป้วซอง
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อน
ความหนาแน่นเชิงมวล, เชิงน้ำหนัก
อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์ภายในเอเลเมนท์

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, ภาระเนื่องจากความร้อน, ภาระกระจายอย่างสม่ำเสมอบนพื้นผิว(UNIFORMLY DISTRIBUTED SURFACE LOAD), ภาระแรงดันไฮโดรสแททิค(HYDROSTATIC VARYING PRESSURE LOAD), ภาระไดนามิค

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด
ความเค้น(S_{xx}, S_{yy}, S_{zz}, S_{xy}, S_{yz}, S_{zx}, S_{max}, S_{min}) ที่จุดศูนย์ถ่วงในระบบแกนกลอโบลของแต่ละเอเลเมนท์
ความเค้น(S_{xx}, S_{yy}, S_{zz}, S_{xy}, S_{yz}, S_{zx}, S_{max}, S_{min}) ที่จุดศูนย์กลางของผิวหน้า(CENTER OF AN ELEMENT FACE)ในระบบแกนโลคัลของแต่ละเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบริคใน 3 มิติ แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.5.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 5 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นบริคใน 3 มิติ)
" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของบริคใน 3 มิติที่ใช้
" 11 - 15 " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ
" 16 - 20 " " จำนวนของกลุ่มภาระกระจายบนเอเลเมนท์

4.4.5.2 <u>การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้ แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบเหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ
" 6 - 15 " " ค่าโมดูลัสของการคืนตัวทางวัสดุ
" 16 - 25 " " อัตราส่วนของปัวซอง
" 26 - 35 " " ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก เมื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบสแทรทิค
ความหนาแน่นเชิงมวล เมื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบไดนามิค
" 36 - 45 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน

4.4.5.3 <u>การ์ดภาระกระจายบนพื้นผิว</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของกลุ่มภาระกระจายบนเอเลเมนท์ที่ใช้ แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบเหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของกลุ่มของภาระกระจาย
" 6 - 10 " " ถ้าเท่ากับ 1 หมายถึง ภาระกระจายอย่างสม่ำเสมอ
ถ้าเท่ากับ 2 หมายถึง ภาระแรงดันไฮโดรสแทรทิค

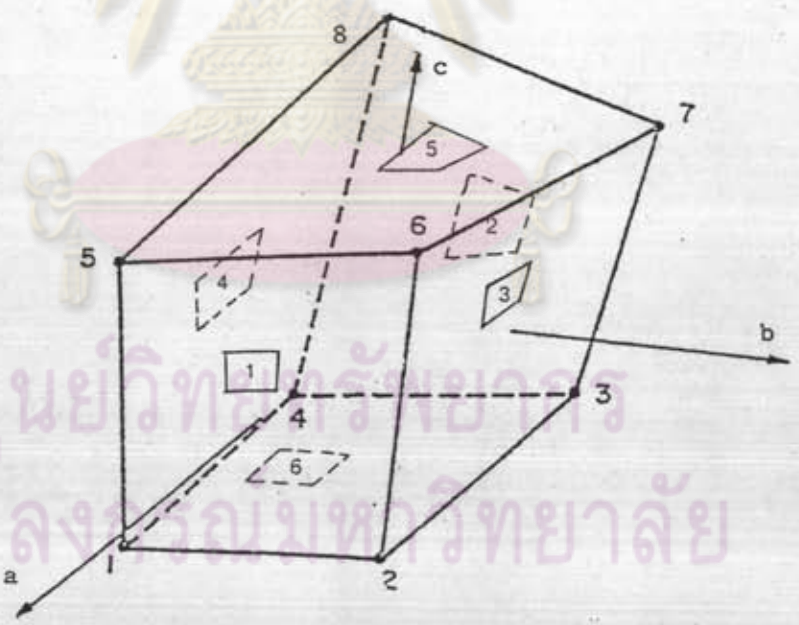
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 11 - 20 ของบรรทัด คือ ค่าของภาระกระจาย ถ้าเป็นภาระกระจายอย่างสม่ำเสมอ
ค่าของความหนาแน่นเชิงน้ำหนักของของไหล ถ้าเป็นภาระแรงดันไฮโดรสแทรทิค

" 21 - 30 " " ปล่อยว่าง ถ้าเป็นภาระกระจายอย่างสม่ำเสมอ
ค่าโคออร์ดิเนทของแกนกลอโบล Y ที่ตำแหน่งพื้นผิวของของไหล ถ้าเป็นภาระแรงดันไฮโดรสแทรทิค

" 31 - 35 " " รหัสพื้นผิวของเอเลเมนท์ที่มีภาระกระจายกระทำ

<u>รหัสพื้นผิวของเอเลเมนท์แบบบริคใน 3 มิติ</u>



รูปที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พื้นผิวของเอเลเมนท์ถูกกำหนดดังนี้

รหัสพื้นผิวที่	สมนัย(CORRESPONDS)กับ ทิศทาง	(โนด) I J K L
1	+ a	1 2 6 5
2	- a	4 3 7 8
3	+ b	3 7 6 2
4	- b	4 8 5 1
5	+ c	8 5 6 7
6	- c	4 1 2 3

4.4.5.4 <u>การ์ดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูด
(DEFAULT คือ 9.81)

4.4.5.5 <u>กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 5 บรรทัด คือ

4.4.5.5.1 <u>ตัวคูณของภาระเนื่องจากภาระกระจาย</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
" 11 - 20 @ " " " " B
" 21 - 30 @ " " " " C
" 31 - 40 @ " " " " D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5.5.2 ตัวคูณของภาระเชิงความร้อน

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.5.5.3 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน X

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.5.5.4 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.5.5.5 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Z

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5.6 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบบริคใน 3 มิติที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของเอเลเมนท์

" 6 - 10 " " ┐
" 11 - 15 " " │
" 16 - 20 " " │ หมายเลขของโนดที่สัมพันธ์กับโนดที่เอเลเมนท์ ดังรูปที่ 4.1 ┐ 1
" 21 - 25 " " │ 2
" 26 - 30 " " │ 3
" 31 - 35 " " │ 4
" 36 - 40 " " │ 5
" 41 - 45 " " ┘ 6
7
8

" 46 - 50 @ " " อันดับของการอินทิเกรท(INTEGRATION ORDER)
(DEFAULT คือ 2)

" 51 - 55 " " หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ

" 56 - 60 @ " " การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)

" 61 - 62 " " หมายเลขของภาระกระจายที่กระทำกับเอเลเมนท์ ในกรณี A

" 63 - 64 " " หมายเลขของภาระกระจายที่กระทำกับเอเลเมนท์ ในกรณี B

" 65 - 66 " " หมายเลขของภาระกระจายที่กระทำกับเอเลเมนท์ ในกรณี C

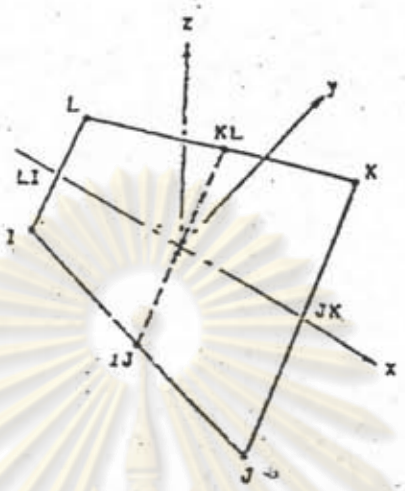
" 67 - 68 " " หมายเลขของภาระกระจายที่กระทำกับเอเลเมนท์ ในกรณี D

" 69 - 70 @ " " รหัสบอกตำแหน่งของผลลัพธ์ของความเค้น (DEFAULT คือ 0 หมายถึง ต้องการค่าความเค้นเฉพาะที่จุดศูนย์ถ่วงของเอเลเมนท์เท่านั้น)

" 71 - 80 " " อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.6 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบเพลทและเชลล์(PLATE/SHELL ELEMENT)



ลักษณะ: เป็นแผ่นบางใน 3 มิติ ซึ่งมีความหนาคงที่ ตลอดทั้งแผ่น

จำนวนโนด: 4

ความอิสระ: u v w θ_x θ_y θ_z ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางรูปร่าง: ความหนา

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นแอนิโซโทรปิค(ANISOTROPIC)

ค่าความยืดหยุ่นในแนวแกน xx (ELASTICITY, C_{xx})

" " xy (" , C_{xy})

" " xs (" , C_{xs})

" " yy (" , C_{yy})

" " ys (" , C_{ys})

ค่าความยืดหยุ่นเฉือนในแนว xy (ELASTICITY, G_{xy})

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน x ของวัสดุ

" " " y "

" " " xy "

ความหนาแน่นเชิงมวล, เชิงน้ำหนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิเฉลี่ยจากระดับอ้างอิงในตำแหน่งที่ยังไม่มีการเปลี่ยนรูป (DEFORMATION)

เกรเดียนท์ของอุณหภูมิเฉลี่ย(MEAN TEMPERATURE GRADIENT) ตามความหนา

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, ภาระเนื่องจากความร้อน, แรงดัน(PRESSURE), ภาระไดนามิค

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด

โมเมนท์ต่อหน่วยความยาว(M_x, M_y, M_{xy}) และ

ค่าความเค้น(S_x, S_y, S_{xy})ในระบบแกนโลคัลของแต่ละเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบเพลทและเชลล์ แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.6.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 6 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นเพลทและเชลล์)

" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของเอเลเมนท์แบบเพลทและเชลล์

" 11 - 15 " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ

4.4.6.2 <u>กลุ่มข้อมูลของคุณสมบัติทางวัสดุ</u> ประกอบด้วย 2 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุ ดังนี้

<u>การ์ดที่ 1</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ

" 31 - 40 " " ความหนาแน่นเชิงมวล

" 41 - 50 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน X ของวัสดุ

" 51 - 60 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน Y ของวัสดุ

" 61 - 70 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน XY ของวัสดุ

<u>การ์ดที่ 2</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าความยืดหยุ่นในแนวแกน XX

" 11 - 20 " " " " " XY

" 21 - 30 " " " " " XS

" 31 - 40 " " " " " YY

" 41 - 50 " " " " " YS

" 51 - 60 " " " " " XY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.6.3 กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์ ประกอบด้วย 5 บรรทัด คือ

4.4.6.3.1 ตัวคูณของแรงดันของเอเลเมนท์

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
" 11 - 20 @ " " " " B
" 21 - 30 @ " " " " C
" 31 - 40 @ " " " " D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.6.3.2 ตัวคูณของภาระเชิงความร้อน

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
" 11 - 20 @ " " " " B
" 21 - 30 @ " " " " C
" 31 - 40 @ " " " " D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.6.3.3 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน X

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
" 11 - 20 @ " " " " B
" 21 - 30 @ " " " " C
" 31 - 40 @ " " " " D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.6.3.4 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.6.3.5 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Z

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.6.4 การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์ ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบเพลทและเชลล์ที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขของเอเลเมนท์
" 6 - 10	"	"	หมายเลขของโนด สำหรับโนด I
" 11 - 15	"	"	" " J
" 16 - 20	"	"	" " K
" 21 - 25	"	"	" " L
" 26 - 30 @	"	"	" " O

(DEFAULT คือ ปล่อยว่าง หมายถึง โปรแกรมจะคำนวนคุณสมบัติของโนดที่อยู่กึ่งกลางระหว่างโนดทั้ง 4 ของเอเลเมนท์เอง)

" 31 - 35	"	"	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้
" 36 - 40 @	"	"	การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)
" 41 - 50	"	"	ความหนาของเอเลเมนท์
" 51 - 60	"	"	แรงดันกระทำที่เอเลเมนท์

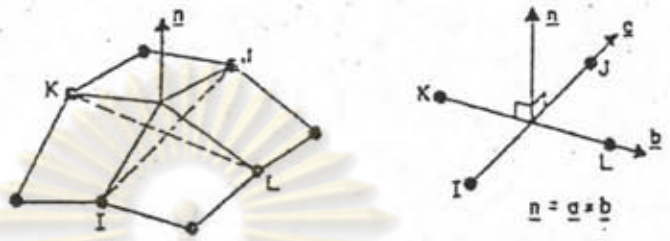
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 61 - 70 @ ของบรรทัด คือ อุณหภูมิเฉลี่ยจากระดับอ้างอิงในตำแหน่งที่ยังไม่มีการเปลี่ยนรูป

" 71 - 80 @ " " เกรเดียนของอุณหภูมิเฉลี่ย ตามความหนา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.7 <u>ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบาวน์ดารี่(BOUNDARY ELEMENT)</u>



f.THIN SHELL AND BOUNDARY ELEMENT

ลักษณะ: เป็นเอเลเมนท์ใน 3 มิติ โดยที่ทิศทางของเอเลเมนท์ที่โนด N สามารถกำหนดได้ 2 วิธี คือ

1. กำหนดโนด I ขึ้นมาอีกโนด เพื่อให้เอเลเมนท์นี้มีทิศเป็นเส้นตรงจากโนด N ไปยังโนด I
2. กำหนด 4 โนด คือ I, J, K และ L ซึ่งเอเลเมนท์นี้จะมีทิศตั้งฉากกับระนาบที่นิยามด้วยเส้นตรง 2 เส้นตัดกัน (เวคเตอร์ a และ b , ดังรูป) และมีทิศไปยังโนด N

มักจะใช้เอเลเมนท์นี้ร่วมกับเอเลเมนท์ชนิดอื่น และ ถูกใช้เพื่อบังคับการขจัดของโนดไปยังค่าที่กำหนด, เพื่อคำนวนหาแรง(REACTION) ที่จุดยึด หรือเพื่อเป็นตัวรองรับแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น(LINEAR ELASTIC) ที่โนด

จำนวนโนด: 2 , 5

ความอิสระ: u v w θ_x θ_y θ_z ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางวัสดุ: ค่านิจของสปริง(SPRING STIFFNESS)

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด แรง และ โมเมนท์ ที่แต่ละเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบบาวน์ดารี แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.7.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 7 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นบาวน์ดารี)

" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของเอเลเมนท์แบบบาวน์ดารีที่ใช้

4.4.7.2 <u>กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด คือ

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
" 11 - 20 @ " " " " B
" 21 - 30 @ " " " " C
" 31 - 40 @ " " " " D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.7.3 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนของเอเลเมนท์แบบบาวน์ดารีที่มี แต่ละบรรทัดจะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของโนดสำหรับโนด N
" 6 - 10 " " " " I
" 11 - 15 @ " " " " J
" 16 - 20 @ " " " " K
" 21 - 25 @ " " " " L
" 26 - 30 " " รหัสสำหรับการขจัด
ถ้าเป็น 0 หมายถึง ไม่มีการกำหนดค่าการขจัด
" 1 " มีการกำหนดค่าการขจัด
" 31 - 35 " " รหัสสำหรับการหมุน
ถ้าเป็น 0 หมายถึง ไม่มีการกำหนดค่าการหมุน
" 1 " มีการกำหนดค่าการหมุน
" 36 - 40 @ " " การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 41 - 50	ของบรรทัด	คือ	ค่าการขจัดที่กำหนด ตามแกนของเอเลเมนท์
" 51 - 60	"	"	ค่าการหมุนที่กำหนด ตามแกนของเอเลเมนท์
" 61 - 70	"	"	ค่าสตีฟเนสของสปริง สำหรับทั้งการยืดตัวและการหมุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบทิคเชลล์ที่สามารถแปรค่าจำนวนโนด (VARIABLE-NUMBER-NODES THICK SHELL ELEMENT)

ลักษณะ: เป็นเอเลเมนท์ 3 มิติ ซึ่งจะต้องมีจำนวนโนดอย่างน้อย 8 โนด และอย่างมาก 21 โนด

จำนวนโนด: 8 ถึง 21

ความอิสระ: u v w ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นออโธโทรปิค, ยืดหยุ่นขนาดกลาง (ORTHOTROPIC, ELASTIC MEDIUM)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกนโลคัลที่ 1 ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ (E_{11} ที่ T_n)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกนโลคัลที่ 2 ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ (E_{22} ที่ T_n)

ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกนโลคัลที่ 3 ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ (E_{33} ที่ T_n)

อัตราส่วนของปัวซองในแนวแกนโลคัลที่ 12 ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ (ν_{12} ที่ T_n)

" " " 13 " (ν_{13} ที่ T_n)

" " " 23 " (ν_{23} ที่ T_n)

โมดูลัสเฉือนในแนวแกนโลคัลที่ 12 ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ (G_{12} ที่ T_n)

" " 13 " (G_{13} ที่ T_n)

" " 23 " (G_{23} ที่ T_n)

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกนโลคัลที่ 1 (α_1 ที่ T_n)

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกนโลคัลที่ 2 (α_2 ที่ T_n)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกนโลคัลที่ 3
(α_3 ที่ T_n)
กลุ่มค่าที่กำหนดแกนของวัสดุ(MATERIAL AXES ORIENTATION SETS)
อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์ภายในเอเลเมนท์

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, ภาระกระจายบนพื้นผิว
ภาระแรงดันไฮโดรสแททิค, ภาระเนื่องจากความร้อน, ภาระไดนามิค

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด
ความเค้น(S_{xx}, S_{yy}, S_{zz}, S_{xy}, S_{yz}, S_{zx}) ที่จุดศูนย์ถ่วง
ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละเอเลเมนท์
ความเค้น(S_{xx}, S_{yy}, S_{zz}, S_{xy}, S_{yz}, S_{zx}) ที่แต่ละโนด
ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละเอเลเมนท์
ความเค้น(S_{xx}, S_{yy}, S_{zz}, S_{xy}, S_{yz}, S_{zx}) ที่จุดศูนย์กลาง
ของผิวหน้าในระบบแกนกลอโบลของแต่ละเอเลเมนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบทิคเซลล์ แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.8.1 การ์ดควบคุม ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 8 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นทิคเซลล์)
" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของทิคเซลล์ที่ใช้
" 11 - 15 " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ
" 16 - 20 @ " " จำนวนที่มากที่สุดของจำนวนอุณหภูมิใน 1 คุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 1)
" 21 - 25 " " จำนวนของกลุ่มค่าที่กำหนดแกนของวัสดุ
" 26 - 30 " " จำนวนของกลุ่มของภาระกระจาย
" 31 - 35 " " จำนวนโนดที่มากที่สุดใน 1 เอเลเมนท์ ในกลุ่มทิคเซลล์นี้
" 36 - 40 @ " " รหัสบอกตำแหน่งของผลลัพธ์ที่เป็นความเค้น (DEFAULT คือ 0 หมายถึง ต้องการค่าความเค้นที่จุดศูนย์ถ่วงของเอเลเมนท์เท่านั้น)
" 41 - 45 @ " " อันดับของการอินทิเกรทสำหรับทิศ r, s (DEFAULT คือ 0 หมายถึง อันดับที่ 2)
" 46 - 50 @ " " อันดับของการอินทิเกรทสำหรับทิศ t (DEFAULT คือ 0 หมายถึง อันดับที่ 2)

4.4.8.2 กลุ่มข้อมูลของคุณสมบัติทางวัสดุ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

4.4.8.2.1 การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ
" 6 - 10 " " จำนวนของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน สำหรับแต่ละคุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 1)
" 11 - 20 " " ความหนาแน่นเชิงน้ำหนัก
" 21 - 30 " " ความหนาแน่นเชิงมวล
" 31 - 66 " " คำอธิบายคุณสมบัติทางวัสดุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8.2.2 <u>กลุ่มค่าคุณสมบัติทางวัสดุที่แต่ละอุณหภูมิ</u> ประกอบด้วย 2 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้ ดังนี้

<u>การ์ดที่ 1</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าอุณหภูมิ
" 11 - 20 " " ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุในแนวแกน 1
" 21 - 30 " " " " 2
" 31 - 40 " " " " 3
" 41 - 50 " " อัตราส่วนของปัวซองในแนวแกน 12
" 51 - 60 " " " " 13
" 61 - 70 " " " " 23

<u>การ์ดที่ 2</u>

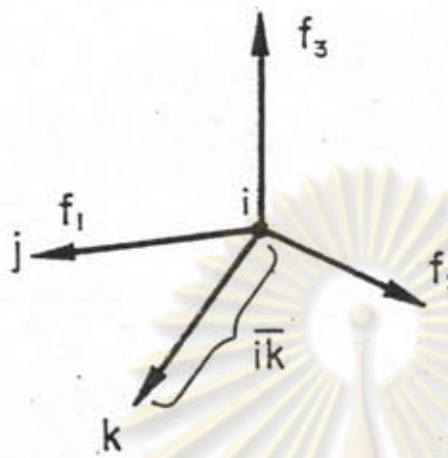
ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าโมดูลัสเฉือนในแนวแกน 12
" 11 - 20 " " " " 13
" 21 - 30 " " " " 23
" 31 - 40 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อนในแนวแกน 1
" 41 - 50 " " " " 2
" 51 - 60 " " " " 3

4.4.8.3 <u>การ์ดของกลุ่มค่าที่กำหนดแกนของวัสดุ</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 กลุ่มค่า ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของกลุ่มค่าที่กำหนดแกนของวัสดุ
" 6 - 10 " " หมายเลขโนดสำหรับจุด i
" 11 - 15 " " " " j
" 16 - 20 " " " " k

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ ทิศทางของแกนของวัสดุที่เกิดจาก จุด i, j และ k เป็นดังนี้



$$\underline{f}_1 = \overrightarrow{ij}$$

$$\underline{f}_3 = \overrightarrow{ij} \times \overrightarrow{ik}$$

$$\underline{f}_2 = \underline{f}_3 \times \underline{f}_1$$

4.4.8.4 <u>กลุ่มการ์ดภาระกระจายบนพื้นผิว</u> ประกอบด้วย 2 บรรทัดจาก 3 บรรทัดที่จะกล่าวถึงนี้ โดยขึ้นอยู่กับภาระที่ใช้

4.4.8.4.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

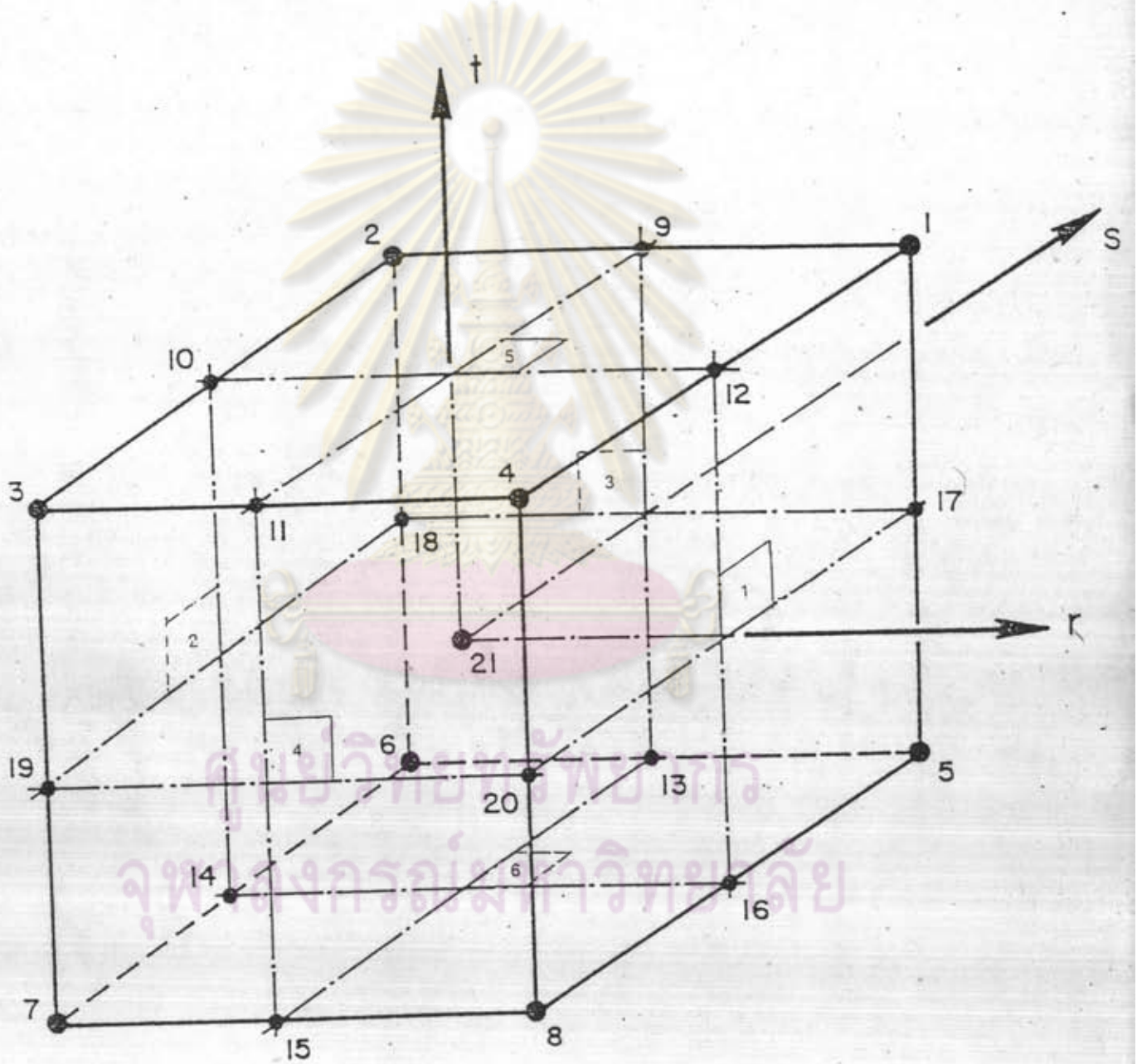
ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของกลุ่มของภาระกระจาย
" 6 - 10 " " รหัสพื้นผิวของเอเลเมนท์ที่มีภาระกระจายกระทำ
" 11 - 20 " " รหัสของชนิดของภาระ
ถ้าเท่ากับ 0,1 หมายถึง ภาระกระจายตั้งฉาก
" 2 " ภาระกระจาย
ไฮโดรสแทรทิค

4.4.8.4.2 <u>การ์ดข้อมูลของภาระกระจายตั้งฉาก</u> (เมื่อรหัสของชนิดของภาระเท่ากับ 0,1) ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ แรงดันที่กระทำที่พื้นผิวที่โนด N1
" 11 - 20 " " " " N2
" 21 - 30 " " " " N3
" 31 - 40 " " " " N4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รหัสพื้นผิวของเอเลเมนท์แบบทิคเชลล์



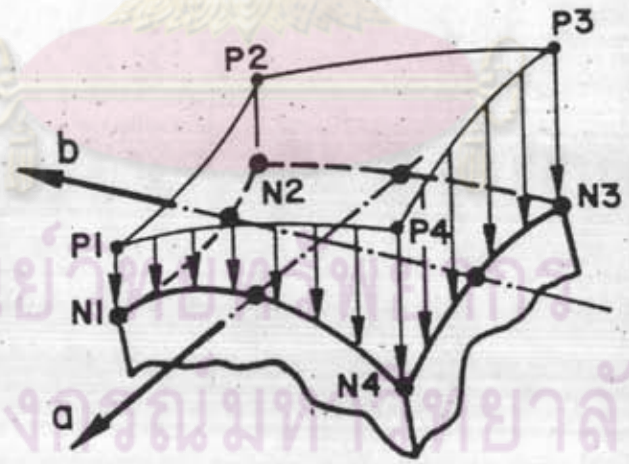
รูปที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พื้นผิวของเอเลเมนท์ถูกกำหนดดังนี้

รหัสพื้นผิวที่	สมนัย(CORRESPONDS)กับ ทิศทาง	(โนด) N1 N2 N3 N4
1	+ r	1 4 8 5
2	- r	2 3 7 6
3	+ s	1 5 6 2
4	- s	4 8 7 3
5	+ t	1 2 3 4
6	- t	5 6 7 8

แรงดันกระทำที่พื้นผิวที่โนด เป็นดังนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8.4.3 <u>การ์ดข้อมูลของภาระไฮโดรสแทรทิค</u> (เมื่อรหัสของชนิดของภาระเท่ากับ 2) ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ความหนาแน่นเชิงน้ำหนักของของไหล
" 11 - 20 " " โคออร์ดิเนทในแนวแกน X ของจุด s ที่ผิวอิสระของของไหล
" 21 - 30 " " โคออร์ดิเนทในแนวแกน Y ของจุด s ที่ผิวอิสระของของไหล
" 31 - 40 " " โคออร์ดิเนทในแนวแกน Z ของจุด s ที่ผิวอิสระของของไหล
" 41 - 50 " " โคออร์ดิเนทในแนวแกน X ของจุด n ซึ่งตั้งฉากกับผิวของของไหล
" 51 - 60 " " โคออร์ดิเนทในแนวแกน Y ของจุด n ซึ่งตั้งฉากกับผิวของของไหล
" 61 - 70 " " โคออร์ดิเนทในแนวแกน Z ของจุด n ซึ่งตั้งฉากกับผิวของของไหล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8.5 <u>การ์ดของกลุ่มตำแหน่งผลลัพธ์ของความเค้น</u> จำนวนบรรทัดจะขึ้นอยู่กับจำนวนตำแหน่งผลลัพธ์ เนื่องจาก 1 บรรทัดจะสามารถให้กำหนดตำแหน่งผลลัพธ์ได้ไม่เกิน 7 ค่า ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5 @	ของบรรทัด	คือ	รหัสตำแหน่งผลลัพธ์ที่จุดที่	1
"	6 - 10 @	"	"	"	2
"	11 - 15 @	"	"	"	3
"	16 - 20 @	"	"	"	4
"	21 - 25 @	"	"	"	5
"	26 - 30 @	"	"	"	6
"	31 - 35 @	"	"	"	7

ในที่นี้การ์ดของกลุ่มตำแหน่งผลลัพธ์ของความเค้นนี้ จะไม่ถูกสร้างขึ้น เนื่องจากโปรแกรมอินเตอร์เฟสของ"แซฟ 4" จะกำหนดให้แสดงผลลัพธ์ที่จุดศูนย์ถ่วงของเอเลเมนท์เท่านั้น ซึ่งทำให้ไม่ต้องมีการ์ดในหัวข้อ 4.4.8.5 นี้

4.4.8.6 <u>กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 5 บรรทัด คือ

4.4.8.6.1 <u>ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน X</u>

ตำแหน่งที่	1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี	A
"	11 - 20 @	"	"	"	B
"	21 - 30 @	"	"	"	C
"	31 - 40 @	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8.6.2 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.8.6.3 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Z

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.8.6.4 ตัวคูณของภาระเนื่องจากความร้อน

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.8.6.5 ตัวคูณของภาระเนื่องจากภาระกระจาย

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.8.7 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 2, 3 บรรทัด ขึ้นอยู่กับจำนวนโนดต่อเอเลเมนท์ ดังนี้

<u>การ์ดที่ 1</u>

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของเอเลเมนท์

" 6 - 10 " " จำนวนโนดที่ใช้เพื่อบอกขอบเขต(FIELD)ของการขจัดของเอเลเมนท์

" 11 - 15 @ " " จำนวนโนดที่ใช้เพื่อบอกรูปร่างของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0 หมายถึง เท่ากับจำนวนโนดที่ใช้เพื่อบอกขอบเขตของการขจัดของเอเลเมนท์)

" 16 - 20 " " หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ

" 21 - 25 " " หมายเลขของกลุ่มค่าที่กำหนดแกนของวัสดุ

" 26 - 30 @ " " รหัสบอกตำแหน่งของผลลัพธ์ของความเค้น (DEFAULT คือ 0 หมายถึง ต้องการค่าความเค้นเฉพาะที่จุดศูนย์ถ่วงของเอเลเมนท์เท่านั้น)

" 31 - 40 " " อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์

" 41 - 45 @ " " การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 0)

" 46 - 50 @ " " อันดับของการอินทิเกรทในแนว r, s (DEFAULT คือ 0 หมายถึง อันดับที่ 2)

" 51 - 55 @ " " อันดับของการอินทิเกรทในแนว t (DEFAULT คือ 0 หมายถึง อันดับที่ 2)

" 56 - 60 @ " " รหัสที่ชี้ว่าเมทริกซ์ของสตีฟเนสและเมทริกซ์ของมวลสำหรับเอเลเมนท์นี้เหมือนกับเอเลเมนท์ก่อนหน้านี้
ถ้า เท่ากับ 0 หมายถึง ไม่เหมือน ต้องมีการคำนวนขึ้นใหม่
ถ้า เท่ากับ 1 หมายถึง ให้เอาค่าก่อนหน้านี้มาใช้

" 61 - 62 " " หมายเลขของแรงดันที่กระทำในกรณี A

" 63 - 64 " " " " B

" 65 - 66 " " " " C

" 67 - 68 " " " " D

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การ์ดที่ 2

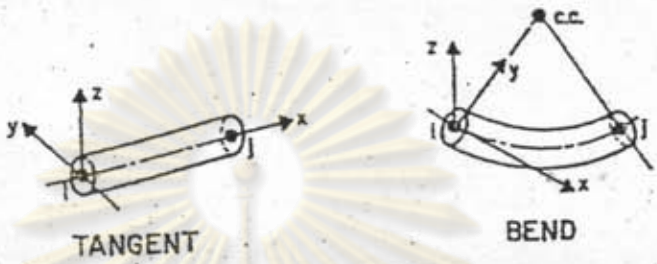
ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขโนดที่ตำแหน่ง	1
"	6 - 10	"	"	"	2
"	11 - 15	"	"	"	3
"	16 - 20	"	"	"	4
"	21 - 25	"	"	"	5
"	26 - 30	"	"	"	6
"	31 - 35	"	"	"	7
"	36 - 40	"	"	"	8
"	41 - 45	"	"	"	9
"	46 - 50	"	"	"	10
"	51 - 55	"	"	"	11
"	56 - 60	"	"	"	12
"	61 - 65	"	"	"	13
"	66 - 70	"	"	"	14
"	71 - 75	"	"	"	15
"	76 - 80	"	"	"	16

การ์ดที่ 3 (ถ้ามีโนดมากกว่า 16 โนดใน 1 เอเลเมนท์)

ตำแหน่งที่	1 - 5	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขโนดที่ตำแหน่ง	17
"	6 - 10	"	"	"	18
"	11 - 15	"	"	"	19
"	16 - 20	"	"	"	20
"	21 - 25	"	"	"	21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.9 ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบท่อตรงหรือแบบท่อโค้งใน 3 มิติ(3D. STRAIGHT OR CURVED PIPE ELEMENT)



ลักษณะ: เป็นท่อตรงหรือท่อโค้งใน 3 มิติ ซึ่งมีคุณสมบัติที่หน้าตัด(SECTION PROPERTY)คงที่ ตลอดความยาว

จำนวนโนด: 2 สำหรับ ท่อตรง
3 สำหรับ ท่อโค้ง

ความอิสระ: u v w θ_x θ_y θ_z ที่แต่ละโนด

พิกัดของโนด: X Y Z ที่แต่ละโนด

คุณสมบัติทางรูปร่าง: เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกของท่อ(OUTSIDE DIAMETER OF THE PIPE)
ความหนาของท่อ
รัศมีความโค้ง (สำหรับท่อโค้ง)

คุณสมบัติทางวัสดุ: เป็นไอโซโทรปิค
ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุที่อุณหภูมิหนึ่งๆ
อัตราส่วนของปัวซองที่อุณหภูมิหนึ่งๆ
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่งๆ
อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์ภายในเอเลเมนท์
เชฟแฟกเตอร์สำหรับการบิดเนื่องจากแรงเฉือน(SHAPE FACTOR FOR SHEAR DISTORSION)
น้ำหนักต่อหน่วยความยาวของหน้าตัด(WEIGHT PER UNIT LENGTH OF SECTION)
มวลต่อหน่วยความยาวของหน้าตัด

ภาระ: ภาระเข้มข้น, ภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, ภาระเนื่องจากความร้อน,

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความดันภายใน(INTERNAL PRESSURE), ภาระไดนามิค

ผลลัพธ์ที่ได้: การขจัด และ การหมุน ในระบบแกนกลอโบลของแต่ละโนด

แรงและโมเมนท์ ที่แต่ละปลายในแต่ละเอเลเมนท์ของท่อตรง

" " และที่ตรงกลาง(CENTER)ของแต่ละ

เอเลเมนท์ของท่อโค้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลของเอเลเมนท์แบบท่อตรงหรือแบบท่อโค้ง แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.4.9.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 4 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลข 12 (รหัสเพื่อบอกว่า เป็นท่อตรงหรือ ท่อโค้ง)

" 6 - 10 " " จำนวนทั้งหมดของท่อตรงหรือท่อโค้งที่ใช้

" 11 - 15 " " จำนวนของการ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ

" 16 - 20 @ " " จำนวนที่มากที่สุดของจำนวนอุณหภูมิใน 1 คุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 1)

" 21 - 25 " " จำนวนของกลุ่มคุณสมบัติของภาคตัดขวาง(SECTION PROPERTY)

" 26 - 30 @ " " จำนวนของโนดที่เป็นจุดแยก(BRANCH POINT NODES)ซึ่งต้องการผลลัพธ์(DEFAULT คือ 0)

" 31 - 35 @ " " จำนวนมากที่สุดของท่อตรงที่ 1 จุดแยก (DEFAULT คือ 0 หมายถึง เท่ากับ 4)

" 36 - 40 " " ปล่อยว่าง(BLANK)

" 41 - 45 @ " " รหัสที่กำหนดให้แสดงค่าเมทริกซ์ของสติฟเนสของท่อตรง
ถ้า เท่ากับ 1 คือ ให้พิมพ์แสดงผล
ถ้า เท่ากับ 0 คือ ไม่ต้องพิมพ์
(DEFAULT คือ 0)

" 46 - 50 @ " " รหัสที่กำหนดให้แสดงค่าเมทริกซ์ของสติฟเนสของท่อโค้ง
ถ้า เท่ากับ 1 คือ ให้พิมพ์แสดงผล
ถ้า เท่ากับ 0 คือ ไม่ต้องพิมพ์
(DEFAULT คือ 0)

" 51 - 55 @ " " รหัสที่กำหนดให้แสดงค่าพารามิเตอร์ของเอเลเมนท์
ถ้า เท่ากับ 1 คือ ให้พิมพ์แสดงผล
ถ้า เท่ากับ 0 คือ ไม่ต้องพิมพ์
(DEFAULT คือ 0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.9.2 กลุ่มข้อมูลของคุณสมบัติทางวัสดุ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1 กลุ่มต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุ คือ

4.4.9.2.1 การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ ประกอบด้วย 1 บรรทัด

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ
" 6 - 10 @ " " จำนวนของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน สำหรับแต่ละคุณสมบัติทางวัสดุ (DEFAULT คือ 1)
" 11 - 46 @ " " คำอธิบายคุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้

4.4.9.2.2 การ์ดคุณสมบัติทางวัสดุ ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติทางวัสดุที่ใช้ ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ค่าอุณหภูมิ
" 11 - 20 " " ค่าโมดูลัสของการคืนตัวของวัสดุ
" 21 - 30 " " อัตราส่วนของปัวซอง
" 31 - 40 " " สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน

4.4.9.3 การ์ดคุณสมบัติของภาคตัดขวาง ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 คุณสมบัติของภาคตัดขวาง ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของคุณสมบัติของภาคตัดขวาง
" 6 - 15 " " เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ
" 16 - 25 " " ความหนาของท่อ
" 26 - 35 @ " " เชฟแฟกเตอร์สำหรับการบิดเนื่องจากแรงเฉือน
" 36 - 45 " " น้ำหนักต่อหน่วยความยาวของภาคตัดขวาง
" 46 - 55 " " มวลต่อหน่วยความยาวของภาคตัดขวาง
" 56 - 73 @ " " คำอธิบายภาคตัดขวาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.9.4 <u>การ์ดหมายเลขโนดที่เป็นจุดแยก</u> จะมีจำนวนบรรทัดจะขึ้นอยู่กับจำนวนโนดที่เป็นจุดแยก โดยที่จะมีจำนวนของหมายเลขโนดที่เป็นจุดแยก 10 โนดต่อ 1 การ์ด ดังนี้

ตำแหน่งที่	1 - 5 @	ของบรรทัด	คือ	หมายเลขโนดที่จุดแยกที่	1
"	6 - 10 @	"	"	"	2
"	11 - 15 @	"	"	"	3
"	16 - 20 @	"	"	"	4
"	21 - 25 @	"	"	"	5
"	26 - 30 @	"	"	"	6
"	31 - 35 @	"	"	"	7
"	36 - 40 @	"	"	"	8
"	41 - 45 @	"	"	"	9
"	46 - 50 @	"	"	"	10

4.4.9.5 <u>กลุ่มการ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 5 บรรทัด คือ

4.4.9.5.1 <u>ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน X</u>

ตำแหน่งที่	1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี	A
"	11 - 20 @	"	"	"	B
"	21 - 30 @	"	"	"	C
"	31 - 40 @	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.9.5.2 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Y

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.9.5.3 ตัวคูณของภาระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงในแนวแกน Z

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.9.5.4 ตัวคูณของภาระเนื่องจากความร้อน

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

4.4.9.5.5 ตัวคูณของภาระเนื่องจากภาระกระจาย

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @	ของบรรทัด	คือ	ตัวคูณสำหรับภาระกระจายของเอเลเมนท์ในกรณี		A
" 11 - 20 @	"	"	"	"	B
" 21 - 30 @	"	"	"	"	C
" 31 - 40 @	"	"	"	"	D

(DEFAULT คือ 1 ทั้งหมด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.9.6 <u>การ์ดข้อมูลของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด สำหรับท่อตรง และ 2 บรรทัด สำหรับท่อโค้ง

<u>การ์ดที่ 1</u>

ตำแหน่งที่	1 - 4	ของบรรทัด คือ	หมายเลขของเอเลเมนท์
"	5	" "	รหัสชนิดของรูปร่าง " T " หรือ ปล่อยว่าง หมายถึง ท่อตรง " B " หมายถึง ท่อโค้ง
"	6 - 10	" "	หมายเลขของโนดสำหรับโนด I
"	11 - 15	" "	" " J
"	16 - 20	" "	หมายเลขของคุณสมบัติทางวัสดุ
"	21 - 25	" "	หมายเลขของคุณสมบัติของภาคตัดขวาง
"	26 - 35	" "	อุณหภูมิที่ค่าความเค้นเป็นศูนย์
"	36 - 45 @	" "	ค่าแรงดันภายใน
"	46 - 55 @	" "	โปรเจคชันในทิศทางบวกของแกนโลคัล Y บนแกนกลอโบล X
"	56 - 65 @	" "	โปรเจคชันในทิศทางบวกของแกนโลคัล Y บนแกนกลอโบล Y
"	66 - 75 @	" "	โปรเจคชันในทิศทางบวกของแกนโลคัล Y บนแกนกลอโบล Z
"	76 - 80 @	" "	การเพิ่มของเอเลเมนท์ (DEFAULT คือ 1)

<u>การ์ดที่ 2</u> (สำหรับ ท่อโค้ง)

ตำแหน่งที่	1 - 10	ของบรรทัด คือ	รัศมีของท่อโค้ง
"	14 - 15	" "	ชนิดของจุดที่ 3 ถ้าเป็น "TI" จุดที่ 3 คือ จุดตัดของเส้นสัมผัสจากจุดที่โนด I และ J ถ้าเป็น "CC" จุดที่ 3 คือ จุดศูนย์กลางของความโค้ง
"	16 - 25	" "	ค่าออร์ดิเนทในแนวแกน X ของจุดที่ 3
"	26 - 35	" "	" " Y " 3
"	36 - 45	" "	" " Z " 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 46 - 55 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของความหนา ที่ใช้เพื่อทดสอบ
ระยะห่างของมิติ (DEFAULT คือ 0
หมายถึง ให้เท่ากับ 1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 <u>การ์ดภาระเข้มข้น</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 ภาระเข้มข้น คือ

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของโนด
" 6 - 10 " " หมายเลขของกลุ่มของภาระเข้มข้น
" 11 - 20 " " แรงในทิศทางกลอโบล X
" 21 - 30 " " " " Y
" 31 - 40 " " " " Z
" 41 - 50 " " โมเมนท์ในทิศทางกลอโบล X
" 51 - 60 " " " " Y
" 61 - 70 " " " " Z

4.6 <u>การ์ดตัวคูณของภาระของเอเลเมนท์</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 1 กลุ่มของภาระเข้มข้น ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ ตัวคูณสำหรับภาระของเอเลเมนท์ในกรณี A
(DEFAULT คือ 1)
" 11 - 20 @ " " " " B
(DEFAULT คือ 0)
" 21 - 30 @ " " " " C
(DEFAULT คือ 0)
" 31 - 40 @ " " " " D
(DEFAULT คือ 0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 <u>กลุ่มการ์ดของการวิเคราะห์แบบไดนามิค</u>

การวิเคราะห์แบบไดนามิค(DYNAMIC ANALYSIS), ภาระไดนามิค สามารถวิเคราะห์ได้ 4 รูปแบบภายในโปรแกรม คือ

1. หาโมดเชฟ(MODE SHAPES) และ ความถี่(FREQUENCIES) ของระบบเท่านั้น ค่าที่ต้องการ คือ จำนวนของความถี่ที่ต้องการ และ ค่าความถี่มากที่สุดที่ต้องการ(CUT OFF FREQUENCY)
2. การวิเคราะห์ฮีสโทรี่เรสปอนส์(HISTORY RESPONSE ANALYSIS)ซึ่งวิเคราะห์การตอบสนองทางไดนามิค(DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS)สำหรับภาระที่ขึ้นอยู่กับเวลาใดๆ (ARBITRARY TIME DEPENDENT LOADS)โดยใช้ วิธีโมดซูเปอร์โพสิชั่น(MODE SUPERPOSITION) ค่าที่ต้องการ คือ เวลาที่มาถึง(ARRIVAL TIME), คู่ของฟังก์ชันเวลา ($[t_i, f(t_i)], f(t_i)$ คือ ฟังก์ชันของแรงที่เวลา t_i) และ ค่าแดมพิงแฟคเตอร์(DAMPING FACTOR)
3. การวิเคราะห์เรสปอนส์สเปคตรัม(RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS) ค่าที่ต้องการ คือ ช่วงเวลากับการขจัด(PERIOD VS. DISPLACEMENT) หรือ ช่วงเวลากับความเร่ง(PERIOD VS. ACCELERATION)
4. การวิเคราะห์ฮีสโทรี่เรสปอนส์ซึ่งวิเคราะห์การตอบสนองทางไดนามิค(DYANMIC RESPONSE ANALYSIS)สำหรับภาระที่ขึ้นอยู่กับเวลาใดๆ(ARBITRARY TIME DEPENDENT LOADS) โดยใช้วิธีสเทปบายสเทปไดเรคอินทิเกรชั่น(STEP-BY-STEP DIRECT INTEGRATION) ค่าที่ต้องการจะเหมือนกับในวิธีซูเปอร์โพสิชั่น แต่ต่างกันเฉพาะค่าแดมพิงแฟคเตอร์โดยที่ในวิธีนี้จะใส่ค่า α และ β ซึ่งค่าแดมพิงแฟคเตอร์ได้จาก

$$C = \alpha M + \beta K$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7.1 <u>การ์ดโมดเซฟและความถี่</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 @ ของบรรทัด คือ รหัสสำหรับการพิมพ์ค่าต่างๆในระหว่างการหาค่าไอเกนวาลูว์
ถ้าเป็น 0 หมายถึง ไม่ต้องพิมพ์
ถ้าเป็น 1 หมายถึง พิมพ์
(DEFAULT คือ 0)

" 6 - 10 @ " " รหัสของการตรวจสอบสทรัมซีเควนซ์
ถ้าเป็น 0 หมายถึง ตรวจสอบ
ถ้าเป็น 1 หมายถึง ให้ผ่านไป
(DEFAULT คือ 1)

" 11 - 15 " " จำนวนมากที่สุดสำหรับการไอเทอเรชันเพื่อหาค่าไอเกนวาลูว์(DEFAULT คือ 0 หมายถึง 16)

" 16 - 25 " " ช่วงว่างของการลู่เข้า(CONVERGENCE TOLERANCE) (DEFAULT คือ 1.0E-5)

" 26 - 35 " " ค่าสูงสุดของความถี่ที่ต้องการ(CUT-OFF FREQUENCY)
ถ้า เท่ากับ 0 หมายถึง ไม่จำกัด
ถ้า มากกว่า 0 หมายถึง ตัดที่ค่าที่กำหนด

4.7.2 <u>กลุ่มการวิเคราะห์แบบปเรสปอนส์ฮีสโทรี</u> ข้อมูลของการวิเคราะห์แบบฮีสโทรี แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.7.2.1 <u>การ์ดควบคุม</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ จำนวนของฟังก์ชันของเวลาที่แตกต่างกัน

" 6 - 10 " " จำนวนของค่ากราวด์โมชัน(GROUND MOTION)
ถ้าเท่ากับ 0 หมายถึง ไม่มีค่ากราวด์โมชัน
ถ้าเท่ากับ 1 หมายถึง อ่านค่ากราวด์โมชันจากการ์ด 7.2.3)

" 11 - 15 " " จำนวนของเวลาที่มาถึงสำหรับฟังก์ชันของแรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 16 - 20 ของบรรทัด คือ จำนวนทั้งหมดของขั้นของเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

" 21 - 25 ⊛ " " ช่วงของการพิมพ์ค่าบนกราฟ (DEFAULT คือ 10)

" 26 - 35 " " ขั้นของเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีโมดซูเปอร์โพสิชัน

ตำแหน่งที่ 36 - 45 ของบรรทัด คือ ค่าแดมปิงแฟคเตอร์

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีสเทปบายสเทปไดเรคอินทิเกรชัน

ตำแหน่งที่ 36 - 45 ของบรรทัด คือ ค่าแดมปิงแฟคเตอร์ α

" 46 - 55 " " " " β

4.7.2.2 <u>การ์ดของภาระที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัดดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขโนดที่ภาระกระทำ

" 10 " " หมายเลขดีกรีออฟฟรีดอมที่ภาระกระทำ (dX = 1, dY = 2, dZ = 3, θX= 4, θY = 5, θZ = 6)

" 11 - 15 " " หมายเลขของฟังก์ชันเวลา

" 16 - 20 " " หมายเลขของเวลาที่มาถึง

" 21 - 30 ⊛ " " ตัวคูณเพื่อขยายขนาดของฟังก์ชันเวลา (DEFAULT = 1)

4.7.2.3 <u>การ์ดควบคุมกราวน์โมชัน</u> ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของฟังก์ชันเวลาที่กำหนดความเร่งในแนวแกน X

" 6 - 10 " " หมายเลขของฟังก์ชันเวลาที่กำหนดความเร่งในแนวแกน Y

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 11 - 15 ของบรรทัด คือ หมายเลขของฟังก์ชันเวลาที่กำหนดความเร่งในแนวแกน Z

" 16 - 20 " " หมายเลขของเวลาที่มาถึงในแนวแกน X

" 21 - 25 " " " " Y

" 26 - 30 " " " " Z ,

4.7.2.4 การ์ดเวลาที่มาถึง ประกอบด้วย 1 บรรทัดต่อ 8 ค่า ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ เวลาที่มาถึง, หมายเลข 1

" 11 - 20 " " " " 2

" 21 - 30 " " " " 3

" 31 - 40 " " " " 4

" 41 - 50 " " " " 5

" 51 - 60 " " " " 6

" 61 - 70 " " " " 7

" 71 - 80 " " " " 8

4.7.2.5 กลุ่มการ์ดกำหนดฟังก์ชันเวลา จะมีจำนวนกลุ่มของการ์ดเท่ากับจำนวนฟังก์ชันเวลา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

การ์ดที่ 1

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของฟังก์ชันเวลา

" 6 - 15 @ " " ตัวคูณขนาดของฟังก์ชันเวลา
(DEFAULT คือ 0 หมายถึง เท่ากับ 1)

" 16 - 75 @ " " คำอธิบายสำหรับฟังก์ชันเวลา

การ์ดที่ 2

ตำแหน่งที่ 1 - 6 ของบรรทัด คือ เวลาที่จุด 1

" 7 - 12 " " ค่าของแรงที่จุด 1

" 13 - 18 " " เวลาที่จุด 2

" 19 - 24 " " ค่าของแรงที่จุด 2

" 25 - 30 " " เวลาที่จุด 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 31 - 36 ของบรรทัด คือ ค่าของแรงที่จุด 3
" 37 - 42 " " เวลาที่จุด 4
" 43 - 48 " " ค่าของแรงที่จุด 4
" 49 - 54 " " เวลาที่จุด 5
" 55 - 60 " " ค่าของแรงที่จุด 5
" 61 - 66 " " เวลาที่จุด 6
" 67 - 72 " " ค่าของแรงที่จุด 6

4.7.2.6 กลุ่มการ์ดของการกำหนดผลลัพธ์ แบ่งออกเป็น 2 ส่ว
คือ

4.7.2.6.1 ผลลัพธ์ที่เป็นการขจัด แบ่งออกเป็น 2 ส่ว
คือ

4.7.2.6.1.1 การ์ดควบคุม ประกอบ
ด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 @ ของบรรทัด คือ รหัสของการแสดงผลลัพธ์
ถ้า เท่ากับ 1 พิมพ์ค่าฮีสโทรีและค่ามากที่สุด
" 2 สร้างกราฟสำหรับค่าฮีสโทรี
และพิมพ์ค่ามากที่สุด
" 3 พิมพ์ค่าที่มากที่สุดเท่านั้น
(DEFAULT คือ 2)
" 6 - 10 @ " " ตัวชี้ช่วงว่างของการสร้างกราฟ
(DEFAULT คือ 0)

4.7.2.6.1.2 การ์ดกำหนดการแสดง
ผลลัพธ์ ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนโนด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของโนด
" 6 - 10 " " ดีกรีออฟฟรีดอมที่ต้องการให้แสดง, ที่ 1
" 11 - 15 " " " " , ที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 16 - 20 ของบรรทัด คือ ดีกรีออฟฟรีดอมที่ต้องการให้แสดง, ที่ 3
" 21 - 25 " " " " , ที่ 4
" 26 - 30 " " " " , ที่ 5
" 31 - 36 " " " " , ที่ 6

4.7.2.6.2 ผลลัพธ์ที่เป็นความเค้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.7.2.6.2.1 การ์ดควบคุม ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 @ ของบรรทัด คือ รหัสของการแสดงผลลัพธ์
ถ้า เท่ากับ 1 พิมพ์ค่าฮีสโทรีและค่ามากที่สุด
" 2 สร้างกราฟสำหรับค่าฮีสโทรี และพิมพ์ค่ามากที่สุด
" 3 พิมพ์ค่าที่มากที่สุดเท่านั้น
(DEFAULT คือ 2)
" 6 - 10 @ " " ตัวชี้ช่วงว่างของการสร้างกราฟ
(DEFAULT คือ 0)

4.7.2.6.2.2 การ์ดกำหนดการแสดงผลลัพธ์

ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนเอเลเมนท์ ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ หมายเลขของเอเลเมนท์
" 6 - 10 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 1
" 11 - 15 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 2
" 16 - 20 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 21 - 25 ของบรรทัด คือ หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 4

" 26 - 30 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 5

" 31 - 35 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 6

" 36 - 40 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 7

" 41 - 45 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 8

" 46 - 50 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 9

" 51 - 55 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 10

" 56 - 60 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 11

" 61 - 65 " " หมายเลขส่วนประกอบของความเค้นที่ต้องการให้แสดง, ที่ 12

หมายเลขส่วนประกอบของความเค้น เป็นดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2

ELEMENT TYPE	MAXIMUM NUMBER OF COMPONENTS	STRESS COMPONENT NUMBER	OUTPUT SYMBOL	DESCRIPTION
1. TRUSS	(2)	(1)	(P/A)	AXIAL STRESS
		(2)	(P)	AXIAL FORCE
2. BEAM	(12)	(1)	(P1(I))	1-FORCE AT END I
		(2)	(V2(I))	2-SHEAR AT END I
		(3)	(V3(I))	3-SHEAR AT END I
		(4)	(T1(I))	1-TORQUE AT END I
		(5)	(M2(I))	2-MOMENT AT END I
		(6)	(M3(I))	3-MOMENT AT END I
		(7)	(P1(J))	1-FORCE AT END J
		(8)	(V2(J))	2-SHEAR AT END J
		(9)	(V3(J))	3-SHEAR AT END J
		(10)	(T1(J))	1-TORQUE AT END J
		(11)	(M2(J))	2-MOMENT AT END J
		(12)	(M3(J))	3-MOMENT AT END J
3. PLANE-STRESS/ PLANE-STRAIN				
4. AXISYM-METRIC	(20)	(1)	(11-S0)	V- STRESS AT POINT 0
		(2)	(22-S0)	U- STRESS AT POINT 0
		(3)	(33-S0)	T- STRESS AT POINT 0
		(4)	(12-S0)	UV-STRESS AT POINT 0
		(5)	(11-S1)	V- STRESS AT POINT 1
		(6)	(22-S1)	U- STRESS AT POINT 1
		(7)	(33-S1)	T- STRESS AT POINT 1
		(8)	(12-S1)	UV-STRESS AT POINT 1
		(9)	(11-S2)	V- STRESS AT POINT 2
		(10)	(22-S2)	U- STRESS AT POINT 2
		(11)	(33-S2)	T- STRESS AT POINT 2
		(12)	(12-S2)	UV-STRESS AT POINT 2
		(13)	(11-S3)	V- STRESS AT POINT 3
		(14)	(22-S3)	U- STRESS AT POINT 3
		(15)	(33-S3)	T- STRESS AT POINT 3
		(16)	(12-S3)	UV-STRESS AT POINT 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ELEMENT TYPE	MAXIMUM NUMBER OF COMPONENTS	STRESS COMPONENT NUMBER	OUTPUT SYMBOL	DESCRIPTION
		(17)	(V -S4)	V- STRESS AT POINT 4
		(18)	(U -S4)	U- STRESS AT POINT 4
		(19)	(T -S4)	T- STRESS AT POINT 4
		(20)	(UV-S4)	UV-STRESS AT POINT 4
5. EIGHT NODE BRICK	(12)	(1)	(XX-SL1)	XX-STRESS AT LOCATION 1
		(2)	(YY-SL1)	YY-STRESS AT LOCATION 1
		(3)	(ZZ-SL1)	ZZ-STRESS AT LOCATION 1
		(4)	(XY-SL1)	XY-STRESS AT LOCATION 1
		(5)	(YZ-SL1)	YZ-STRESS AT LOCATION 1
		(6)	(ZX-SL1)	ZX-STRESS AT LOCATION 1
		(7)	(XX-SL2)	XX-STRESS AT LOCATION 2
		(8)	(YY-SL2)	YY-STRESS AT LOCATION 2
		(9)	(ZZ-SL2)	ZZ-STRESS AT LOCATION 2
		(10)	(XY-SL2)	XY-STRESS AT LOCATION 2
		(11)	(YZ-SL2)	YZ-STRESS AT LOCATION 2
		(12)	(ZX-SL2)	ZX-STRESS AT LOCATION 2
6. PLATE/ SHELL	(6)	(1)	(XX-S/R)	XX-STRESS RESULTANT
		(2)	(YY-S/R)	YY-STRESS RESULTANT
		(3)	(XY-S/R)	XY-STRESS RESULTANT
		(4)	(XX-M/R)	XX-MOMENT RESULTANT
		(5)	(YY-M/R)	YY-MOMENT RESULTANT
		(6)	(YY-M/R)	XY-MOMENT RESULTANT
7. BOUN-DARY	(2)	(1)	(BORY-F)	BOUNDARY FORCE
		(2)	(BORY-M)	BOUNDARY MOMENT
9. THICK SHELL AND 3-DIM.	(42)	(1)	(SXX(0))	XX-STRESS AT CENTROID (0)
		(2)	(SYY(0))	YY-STRESS AT CENTROID (0)
		(3)	(SZZ(0))	ZZ-STRESS AT CENTROID (0)
		(4)	(SXY(0))	XY-STRESS AT CENTROID (0)
		(5)	(SYZ(0))	YZ-STRESS AT CENTROID (0)
		(6)	(SZX(0))	ZX-STRESS AT CENTROID (0)
		(7)	(SXX(1))	XX-STRESS AT CENTER OF FACE 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ELEMENT TYPE	MAXIMUM NUMBER OF COMPONENTS	STRESS COMPONENT NUMBER	OUTPUT SYMBOL	D E S C R I P T I O N
		(8)	(SYY(1))	YY-STRESS AT CENTER OF FACE 1
		(9)	(SZZ(1))	ZZ-STRESS AT CENTER OF FACE 1
		(10)	(SXY(1))	XY-STRESS AT CENTER OF FACE 1
		(11)	(SYZ(1))	YZ-STRESS AT CENTER OF FACE 1
		(12)	(SZX(1))	ZX-STRESS AT CENTER OF FACE 1
		(13)	(SXX(2))	XX-STRESS AT CENTER OF FACE 2
		(14)	(SYY(2))	YY-STRESS AT CENTER OF FACE 2
		(15)	(SZZ(2))	ZZ-STRESS AT CENTER OF FACE 2
		(16)	(SXY(2))	XY-STRESS AT CENTER OF FACE 2
		(17)	(SYZ(2))	YZ-STRESS AT CENTER OF FACE 2
		(18)	(SZX(2))	ZX-STRESS AT CENTER OF FACE 2
		(19)	(SXX(3))	XX-STRESS AT CENTER OF FACE 3
		(20)	(SYY(3))	YY-STRESS AT CENTER OF FACE 3
		(21)	(SZZ(3))	ZZ-STRESS AT CENTER OF FACE 3
		(22)	(SXY(3))	XY-STRESS AT CENTER OF FACE 3
		(23)	(SYZ(3))	YZ-STRESS AT CENTER OF FACE 3
		(24)	(SZX(3))	ZX-STRESS AT CENTER OF FACE 3
		(25)	(SXX(4))	XX-STRESS AT CENTER OF FACE 4
		(26)	(SYY(4))	YY-STRESS AT CENTER OF FACE 4
		(27)	(SZZ(4))	ZZ-STRESS AT CENTER OF FACE 4
		(28)	(SXY(4))	XY-STRESS AT CENTER OF FACE 4
		(29)	(SYZ(4))	YZ-STRESS AT CENTER OF FACE 4
		(30)	(SZX(4))	ZX-STRESS AT CENTER OF FACE 4
		(31)	(SXX(5))	XX-STRESS AT CENTER OF FACE 5
		(32)	(SYY(5))	YY-STRESS AT CENTER OF FACE 5
		(33)	(SZZ(5))	ZZ-STRESS AT CENTER OF FACE 5
		(34)	(SXY(5))	XY-STRESS AT CENTER OF FACE 5
		(35)	(SYZ(5))	YZ-STRESS AT CENTER OF FACE 5
		(36)	(SZX(5))	ZX-STRESS AT CENTER OF FACE 5
		(37)	(SXX(6))	XX-STRESS AT CENTER OF FACE 6
		(38)	(SYY(6))	YY-STRESS AT CENTER OF FACE 6
		(39)	(SZZ(6))	ZZ-STRESS AT CENTER OF FACE 6
		(40)	(SXY(6))	XY-STRESS AT CENTER OF FACE 6
		(41)	(SYZ(6))	YZ-STRESS AT CENTER OF FACE 6
		(42)	(SZX(6))	ZX-STRESS AT CENTER OF FACE 6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

9. PIPE

A. TANGENT (12)	(1)	(PX(I))	X-FORCE AT END I
	(2)	(VY(I))	Y-SHEAR AT END I
	(3)	(VZ(I))	Z-SHEAR AT END I
	(4)	(TX(I))	X-TORQUE AT END I
	(5)	(MY(I))	Y-MOMENT AT END I
	(6)	(MZ(I))	Z-MOMENT AT END I
	(7)	(PX(J))	X-FORCE AT END J
	(8)	(VY(J))	Y-SHEAR AT END J
	(9)	(VZ(J))	Z-SHEAR AT END J
	(10)	(TX(J))	X-TORQUE AT END J
	(11)	(MY(J))	Y-MOMENT AT END J
	(12)	(MZ(J))	Z-MOMENT AT END J
B. BEND (18)	(1)	(PX(I))	X-FORCE AT END I
	(2)	(VY(I))	Y-SHEAR AT END I
	(3)	(VZ(I))	Z-SHEAR AT END I
	(4)	(TX(I))	X-TORQUE AT END I
	(5)	(MY(I))	Y-MOMENT AT END I
	(6)	(MZ(I))	Z-MOMENT AT END I
	(7)	(PX(C))	X-FORCE AT CENTER OF ARC
	(8)	(VY(C))	Y-SHEAR AT CENTER OF ARC
	(9)	(VZ(C))	Z-SHEAR AT CENTER OF ARC
	(10)	(TX(C))	X-TORQUE AT CENTER OF ARC
	(11)	(MY(C))	Y-MOMENT AT CENTER OF ARC
	(12)	(MZ(C))	Z-MOMENT AT CENTER OF ARC
	(13)	(PX(J))	X-FORCE AT END J
	(14)	(VY(J))	Y-SHEAR AT END J
	(15)	(VZ(J))	Z-SHEAR AT END J
	(16)	(TX(J))	X-TORQUE AT END J
	(17)	(MY(J))	Y-MOMENT AT END J
	(18)	(MZ(J))	Z-MOMENT AT END J

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7.3 กลุ่มการวิเคราะห์แบบเรสปอนส์สเปคทรัม ข้อมูลของการวิเคราะห์แบบเรสปอนส์สเปคทรัม แบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

4.7.3.1 การ์ดควบคุม ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 @ ของบรรทัด คือ สัดส่วนของข้อมูลในทิศทาง X (DEFAULT คือ 1)

" 11 - 20 @ " " สัดส่วนของข้อมูลในทิศทาง Y (DEFAULT คือ 1)

" 21 - 30 @ " " สัดส่วนของข้อมูลในทิศทาง Z (DEFAULT คือ 1)

" 31 - 35 " " ชนิดของสเปคทรัม

ถ้าเท่ากับ 0 หมายถึง การขจัดกับช่วงเวลา

" 1 " ความเร่งกับช่วงเวลา

4.7.3.2 การ์ดสเปคทรัม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

4.7.3.2.1 การ์ดนำ ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 72 @ ของบรรทัด คือ คำอธิบายสำหรับตารางสเปคทรัม

4.7.3.2.2 การ์ดควบคุม ประกอบด้วย 1 บรรทัด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 5 ของบรรทัด คือ จำนวนจุดที่ต้องการกำหนดในตารางสเปคทรัม

" 6 - 15 @ " " ตัวคูณขนาดที่ใช้เพื่อปรับค่าการขจัด, ความเร่งในตารางสเปคทรัม (DEFAULT คือ 1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7.3.2.3 <u>การ์ดข้อมูลของสเปคทรัม</u> ประกอบด้วยจำนวนบรรทัดเท่ากับจำนวนจุดที่ต้องการกำหนด ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 - 10 ของบรรทัด คือ ช่วงเวลา
" 11 - 20 " " ค่าของการขจัด(หรือ ค่าความเร่ง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย