

สภาพการรับแรงของคานไม้และคานไม้เสริมผิว



นาย เจริญ ไหมแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

000480

LOAD CARRYING CAPACITIES OF WOOD BEAMS  
AND WOOD CORE COMPOSITE BEAMS

Mr. Chareon Maidoung

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Mechanical Engineering  
Graduate School  
Chulalongkorn University

1979

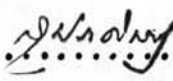
หัวข้อวิทยานิพนธ์      สภาพการรับแรงของคานไม้และคานไม้เสริมผิว

โดย                      นาย เจริญ ไหมค่าง

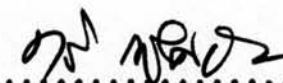
ภาควิชา                วิศวกรรมเครื่องกล


อาจารย์ที่ปรึกษา      คร. สุร เกษ จันทรานุกรักษ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาคำหลักสูตร ปริณิฎนามหาบัณฑิต


.....  ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ คร. สุประสิทธิ์ บุนนาค)

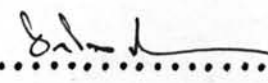
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คร. ทวี เลิศปัญญาวิทย์)

.....  ..... กรรมการ  
(อาจารย์ คร. สุร เกษ จันทรานุกรักษ์)

.....  ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ คร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์)

.....  ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คร. สุธรรม สุริยะมงคล)

.....  ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ คร. อธิพล ปานงาม)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์      สภาพการรับแรงของคานไม้และคานไม้เสริมผิว  
ชื่อนิสิต                    นาย เจริญ ไหมค่าง  
อาจารย์ที่ปรึกษา        คร. สุรเดช จันทรานุกรักษ์  
ภาควิชา                    วิศวกรรมเครื่องกล  
ปีการศึกษา                2522



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลของแรงเฉือนในการโค้งงอของคานไม้และการทดสอบหาค่าโมเมนต์ของความยืดหยุ่นและโมเมนต์ของแรงเฉือนของไม้ตัวอย่าง 3 ชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบคานไม้ทั่วไป สำหรับคานไม้เสริมผิวด้วยโลหะแผ่น ได้ทำการทดลองหาค่าระยะโค้งและความเค้นค้ำของคาน เพื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากทฤษฎีซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์โดยมีข้อสมมุติฐานต่าง ๆ กัน เช่น การหาค่าความเค้นค้ำและระยะโค้งโดยไม่คิดผลของการแปรรูป เนื่องจากแรงเฉือนในคานและการนำผลของแรงเฉือนมาพิจารณาค้นคว้าเมื่อนำผลของการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ตามทฤษฎี ก็จะเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการคำนวณหาค่าระยะโค้งและความเค้นค้ำที่เกิดขึ้นในคานได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น



## กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คร. สุรเดช จันทรานุกรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ  
คร. วริทธิ์ อิงภากรณ์ ที่ได้กรุณาสละเวลา และความรอบรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำและ  
เป็นกำลังใจอย่างยิ่งแก่ผู้เขียน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ช่วยแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์  
แก่ผู้เขียน และขอขอบพระคุณบรรพคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนแก่ผู้เขียนมาแต่ต้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาค  
ใต้สงขลา ที่ช่วยผลักดัน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้เขียนเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณ เข้ม สิทธิชัย และคุณ ฉันท สิงหเสนา ที่กรุณาจัดพิมพ์วิทยานิ  
พนธ์นี้จนเป็นรูปเล่มขึ้นมาได้

ท้ายนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณต่อคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิต  
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยให้ผลงานนี้สำเร็จลงได้





สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๙
รายการรูปประกอบ.....	๑๐
รายการสัญลักษณ์.....	๑๑
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. ทฤษฎีการโค้งงอของคานไม้และคานไม้เสริมผิว .....	11
3. การทดลองหากลสมบัติของไม้และสภาพการรับแรงของคาน .....	35
4. ผลการทดลอง .....	41
5. สรุปและขอเสนอแนะ .....	92
เอกสารอ้างอิง .....	95
ภาคผนวก .....	98



## รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	การกำหนดขนาดรูปร่างและแกนอ้างอิงของคานไม้ .....	11
2-2	รูปร่างหน้าตัดของคานไม้เสริมผิว .....	17
2-3	รูปร่างของคานสอดใส่ ก่อนและหลังได้รับน้ำหนักบรรทุก .....	19
2-4	การกำหนดตำแหน่งของแกนสะเทินของคานสอดใส่ .....	26
2-5	รูปหน้าตัดของคานสอดใส่ .....	28
2-6	คานยื่นซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกเป็นจุดที่กึ่งกลางคาน .....	28
2-7	clamped beam ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกเป็นจุดที่กึ่งกลางคาน ....	28
2-8	ลักษณะการเกิดรอยย่นของผิวประกบ .....	30
4-1	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง จากการทดสอบแบบ simple supports, center load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. ขนาดของคาน $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม. ....	47
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง จากการทดสอบแบบ simple supports, center load. ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม. ....	48
4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโง่งของคานไม้ ตะเคียนทอง จากการทดสอบแบบ simple supports, center load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. ขนาดของคาน $b = 1.8$ ซม. $h = 1.4$ ซม. ....	49



รูปที่

หน้า

4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทอง จากการทดสอบแบบ simple supports, center load.  
ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน  
b = 1.8 ซม. h = 1.4 ซม. .... 50

4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
หิน จากการทดสอบแบบ simple supports, center load.  
ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. ขนาดของคาน  
b = 1.8 ซม. h = 1.4 ซม. .... 51

4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
หิน จากการทดสอบแบบ simple supports, center load.  
ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน  
b = 1.8 ซม. h = 1.4 ซม. .... 52

4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง  
จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. ขนาดของคาน b = 1.8 ซม.  
h = 1.4 ซม. .... 53

4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง  
จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน b = 1.8 ซม.  
h = 1.4 ซม. .... 54

4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทอง จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน b = 1.8 ซม.  
h = 1.4 ซม. .... 55

- 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทอง จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน  $b = 1.8$  ซม.  
 $h = 1.4$  ซม. .... 56
- 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
หิน จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. ขนาดของคาน  $b = 1.8$  ซม.  
 $h = 1.4$  ซม. .... 57
- 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
หิน จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 40.5 ซม. ขนาดของคาน  $b = 1.8$  ซม.  
 $h = 1.4$  ซม. .... 58
- 4-13 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง  
เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม.  $h_f/h_c = 0.4$  .... 59
- 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง  
เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม.  $h_f/h_c = 0.4$  .... 60
- 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง  
เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม.  $h_f/h_c = 0.2$  .... 61
- 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ยาง  
เสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load.  
ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม.  $h_f/h_c = 0.2$  .... 62

รูปที่

หน้า

- 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทองเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม.  $h_f/h_c = 0.4$  63
- 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทองเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม.  $= 0.4$  64
- 4-19 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทองเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม.  $h_f/h_c = 0.2$  65
- 4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
ทองเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 24.5  $h_f/h_c = 0.2$  66
- 4-21 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของไม้ตะเคียน  
หินเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม.  $h_f/h_c = 0.4$  67
- 4-22 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
หินเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม.  $h_f/h_c = 0.4$  68
- 4-23 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของไม้ตะเคียน  
หินเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม.  $h_f/h_c = 0.2$  69
- 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกทุกกับระยะโง่งของคานไม้ตะเคียน  
หินเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center  
load. ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม.  $h_f/h_c = 0.2$  70

4-25	ความสัมพัทธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ยางเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. $h_f/h_c = 0.4$ .....	71
4-26	ความสัมพัทธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ยางเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load. ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม. $h_f/h_c = 0.4$ .....	72
4-27	ความสัมพัทธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ยางเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load. ความยาวช่วงคาน 14.8 ซม. $h_f/h_c = 0.2$ .....	73
4-28	ความสัมพัทธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ยางเสริมผิว จากการทดสอบแบบ both ends fixed, center load. ความยาวช่วงคาน 24.5 ซม. $h_f/h_c = 0.2$ .....	74
4-29	ความสัมพัทธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ตะเคียนทองเสริมผิว จากการ ทดสอบแบบ both ends fixed, center load ความยาว ช่วงคาน 14.8 ซม. $h_f/h_c = 0.4$ .....	75
4-30	ความสัมพัทธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ตะเคียนทองเสริมผิว จากการ ทดสอบแบบ both ends fixed, center load. ความยาว ช่วงคาน 24.5 ซม. $h_f/h_c = 0.4$ .....	76



4-31	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ตะเคียนทองเสริมผิว จากการ ทดสอบแบบ both ends fixed, center load. ความยาว ช่วงคาน 14.8 ซม. $h_f/h_c = 0.2$ .....	77
4-32	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดบนแผ่นประกบ ที่จุดกึ่งกลางคาน ของคานไม้ตะเคียนทองเสริมผิว จากการ ทดสอบแบบ both ends fixed, center load ความยาว ช่วงคาน 24.5 ซม. $h_f/h_c = 0.2$ .....	78
4-33	ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของคานกับความยืดหยุ่นประสิทธิผลกับอัตรา ส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกของคานไม้ยาง.....	79
4-34	ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของคานกับความยืดหยุ่นประสิทธิผลกับอัตรา ส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกของคานไม้ตะเคียนทอง ...	80
4-35	ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ของคานกับความยืดหยุ่นประสิทธิผลกับอัตรา ส่วนความยาวช่วงคานต่อความลึกของคานไม้ตะเคียนหิน.....	81
ก-1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของไม้ในทางตั้ง และทางอื่น .....	99
ก-2	ลักษณะการกระจายความเค้นในคานไม้ .....	99
ก-3	การปรับแต่งลักษณะการกระจายความเค้นในคานไม้ .....	100
ก-4	วิธีกำหนดแกนสะเทินของคานไม้ .....	101
ข-1	อัตราส่วนระยะโง่งของคานไม้ที่ยึดปลายคานแบบ simple supports, center load.....	103
ข-2	อัตราส่วนระยะโง่งของคานไม้ที่ยึดปลายคานแบบ both ends fixed, center load .....	104
ข-3	อัตราส่วนระยะโง่งของคานไม้ที่ยึดปลายคานแบบ simple supports, uniform load .....	105
ข-4	อัตราส่วนระยะโง่งของคานไม้ที่ยึดปลายคานแบบ both ends fixed, uniform load .....	106



ท-5	อัตราส่วนระยะโคงงของคานไม้เสริมฉนวนที่ยึดปลายคานแบบ simple supports, center load .....	107
ท-6	อัตราส่วนระยะโคงงของคานไม้เสริมฉนวนที่ยึดปลายคานแบบ both ends fixed, center load .....	108
ท-7	อัตราส่วนระยะโคงงของคานไม้เสริมฉนวนที่ยึดปลายคานแบบ simple supports, uniform load .....	109
ท-8	อัตราส่วนระยะโคงงของคานไม้เสริมฉนวนที่ยึดปลายคานแบบ both ends fixed, uniform load .....	110
ท-9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{\pi}{e}$ กับค่า R .....	115
ท-10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\lambda$ กับค่า R .....	115

## สัญลักษณ์

$A$	=	พื้นที่หน้าตัดของคาน
$A_i$	=	พื้นที่หน้าตัดแต่ละชั้นของคาน เสริมผิว
$A_e$	=	พื้นที่หน้าตัดประสิทธิภาพของคาน เสริมผิว
$a$	=	ตัวคองที่
$B_i$	=	ความแข็ง เกร็ง รอบแกนสะเทินของแต่ละชั้นของคาน เสริมผิว
$b$	=	หน้ากว้างของคาน
$C_i$	=	ตัวคองที่
$E$	=	โมดูลัสของความยืดหยุ่น
$E_{eff}$	=	โมดูลัสของความยืดหยุ่นประสิทธิภาพ
$E_i$	=	โมดูลัสของความยืดหยุ่นของแต่ละชั้นของคาน เสริมผิว
$F$	=	แรงอัดที่ทำให้ผิวประกบ เกิดรอยย่น
$G$	=	โมดูลัสของแรงเฉือน
$G_i$	=	โมดูลัสของแรงเฉือนของแต่ละชั้นของคาน เสริมผิว
$g$	=	shear coefficient
$H$	=	ระยะระหว่างแกนสะเทินของคาน เสริมผิว
$h$	=	ความลึกของคานไม้
$h_t$	=	ความลึกประสิทธิภาพของคานไม้ เสริมผิว
$2h_i$	=	ความลึกแต่ละชั้นของคาน เสริมผิว
$I$	=	moment of inertia
$I_e$	=	moment of inertia
$I_o$	=	sectorial moment of inertia
$K_i$	=	$E_i I_i$
$k$	=	ค่าคงที่ของสปริง
$l$	=	ครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นรอยย่น



$L$	=	ความยาวช่วงคาน
$M$	=	โมเมนต์ของน้ำหนักบรรทุก
$m_1$	=	อัตราส่วนโมดูลัสของความยืดหยุ่นของไม้กับแผ่นประกบ
$m_2$	=	อัตราส่วนโมดูลัสของแรงเฉือนของไม้กับแผ่นประกบ
$N$	=	ตำแหน่งแกนสะเทินของคาน
$P$	=	น้ำหนักบรรทุกทุกเป็นจุด
$Q$	=	แรงเฉือนในคาน
$q$	=	น้ำหนักบรรทุกทุกแบบกระจายสม่ำเสมอ
$q_m$	=	แอมพลิจูดของแรงกคบนผิวไม้ เนื่องจากการย่นตัวของแผ่นประกบ
$S$	=	พลังงานความเครียด เนื่องจากความเค้นเฉือน
$s_1$	=	ความเค้นเฉือนในแค้มของคาน เสริมผิว
$U$	=	พลังงานความเครียด เนื่องจากการยืดและหดตัวตามแนวคาน
$u$	=	ระยะเลื่อน ในแนวแกน $x$
$V$	=	พลังงานความเครียด เนื่องจากการบิดตัวของพื้นที่หน้าตัด
$W$	=	งาน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกของคาน
$w$	=	ระยะโก่งของคาน
$w$	=	ระยะเลื่อน ในแนวแกน $z$
$w_0$	=	ระยะโก่งของคาน เมื่อไม่คิดผลของแรงเฉือน
$y$	=	ระยะจากแกนสะเทินของคานถึงจุดศูนย์กลางของแผ่นประกบ
$z$	=	ระยะในแนวตั้ง
$\alpha$	=	สัมประสิทธิ์ของระยะเลื่อนในแนวคาน (สมการที่ 2.5)
$\beta$	=	$aH$
$\delta$	=	ความเค้น
$\gamma$	=	ความเครียดเฉือน
$\epsilon$	=	ความเครียด
$v$	=	อัตราส่วนบัวของ

- ๑ - ความหนาแน่น
- ๒ - ความเค้นเฉือน
- ๓ -  $\frac{\partial w}{\partial x}$