

การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดโดยวิธีพลาสติก สำหรับโครงเหล็กข้อแฉ่ง

นาย วิโรจน์ เตรียมเจริญพร



ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

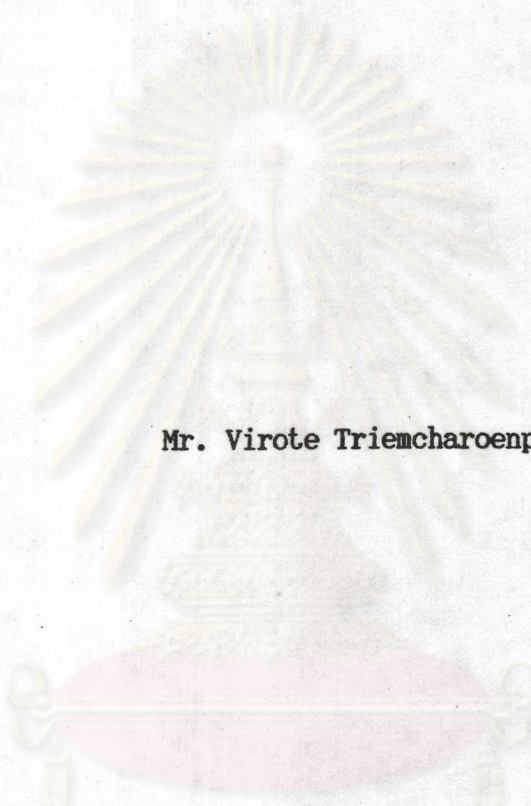
ISBN 974-576-577-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015286

117460803

OPTIMUM PLASTIC DESIGN OF STEEL RIGID FRAMES



Mr. Virote Triemcharoenporn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

1989

ISBN 974-576-577-5



วิโรจน์ เตรียมเจริญพร : การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด โดยวิธีพลาสติกสำหรับโครงเหล็ก
ข้อแข็ง (OPTIMUM PLASTIC DESIGN OF STEEL RIGID FRAMES) อ.ที่ปรึกษา :
ศ.ดร.ทักษิณ เทพชาตรี, 102 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาฟอร์แทรน สำหรับการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด โดยวิธีพลาสติก สำหรับโครงเหล็กข้อแข็งทุกรูปารังชนิดไรต์วโยงทะแยง โดยสามารถออกแบบฐานรองรับได้ทั้งชนิดหมุนและยึดแน่น โดยการใช้วิธีจลน์ (Kinematic Method) กับการสร้างกลไกวิบัติแบบอิสระ โดยอัตโนมัติ และทฤษฎีการเปลี่ยนตำแหน่งสมมุติ หาสมการสมมูลย์ของโครงสร้าง แล้วสมมุติแรงดัดพลาสติกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนัก และใช้กำหนดการเชิงเส้นเป็นเกณฑ์ในการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด โดยให้ฟังก์ชันเป้าหมาย ($\Sigma M_u L$) น้อยที่สุด และสอดคล้องกับสมการเงื่อนไขบังคับ คือสภาวะสมมูลย์และสภาวะแรงดัดพลาสติก ต่อจากนั้นออกแบบขนาดหน้าตัด โดยใช้มาตรฐาน AISC โดยคำนึงถึง กำลังของชิ้นส่วนแรงเฉือน การโก่งเดาะเฉพาะที่ของชิ้นส่วน และการสูญเสียเสถียรภาพในระนาบของการดัดและการโก่งเดาะและบิดด้านข้าง

งานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงผลของแรงในแนวแกน และการสูญเสียเสถียรภาพในระนาบของการดัดและการโก่งเดาะและบิดด้านข้าง ต่อแรงดัดพลาสติกไว้ในสมการเงื่อนไขบังคับด้วย พบว่าได้ฟังก์ชันเป้าหมายประหยัดกว่าประมาณ 0 - 8 เปอร์เซ็นต์ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกทุกหลายประเภทพร้อมกัน จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายประหยัดกว่าประมาณ 10 - 18 เปอร์เซ็นต์ และประหยัดกว่าเมื่อเทียบกับ การคำนวณออกแบบโดยวิธีพลาสติกธรรมดาประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2531


ลายมือชื่อนิติ วิโรจน์ เตรียมเจริญพร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]

VIROTE TRIEMCHEROENPORN : OPTIMUM PLASTIC DESIGN OF STEEL RIGID
FRAMES. THESIS ADVISOR : PROF. THAKSIN THEPCHATRI, Ph.D. 102 PP.

A fortran program for optimum plastic design of unbraced steel rigid frames of arbitrary configuration has been developed in this research work. Both fixed and simple supports can be taken into consideration. The kinematic approach with automatic generation of independent mechanisms together with the principle of virtual displacement was used to determine equilibrium equations for the structural system. Assuming a linear relationship between the plastic moment capacity and the weight per unit length, the method can be formulated as a linear programming problem. The solution yields a minimum objective function, $\Sigma M_p L$, subjected to equilibrium condition constraints and plastic moment condition constraints. Following the AISC specifications, member sizes are obtained taking into account the effects of axial forces, shear forces, local buckling, in-plane and out-of-plane buckling.

It was found that about 0-8% savings in the objective function can be obtained when all secondary effects are included in the constraints. Moreover, when several loading conditions are simultaneously considered, the method will yield about 10-18% savings in the objective function. Finally, when compared with the conventional plastic design, savings of about 10-20% in the objective function can be obtained.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต วิโรจน์ เจริญมเจริญพร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอพระคุณท่าน ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาติรี ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งความกรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไป อย่างสมบูรณ์ และขอกราบขอพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงเดชา รัชตโพธิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์นี้ เป็นอันมาก และขอขอพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้เงินทุนอุดหนุนการวิจัยนี้บางส่วน

ท้ายสุดนี้สิ่งที่ผู้เขียนจะลืมเสียมิได้ คือพระคุณของ บิดา มารดา ผู้ซึ่งได้ให้การอบรมสั่ง สอนและให้โอกาสในการศึกษาเล่าเรียน รวมทั้งครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้มาจนถึงบัดนี้ สิ่งเหล่านี้จะจดจำจารึกในจิตใจของผู้เขียนตลอดไป

วิโรจน์ เตரியมเจริญพร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
สัญลักษณ์ที่ใช้	ฏ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความนำ	1
1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา	1
1.3 วัตถุประสงค์	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	4
2. พัฒนาการของสมการสมดุลงบกับการสร้างกลไกวิบัติแบบอิสระ โดยอัตโนมิติ	5
2.1 ข้อสมมติ	5
2.2 สมการสมดุลงบทั่วไป	5
2.3 หลักการปลดในชิ้นส่วน	10
2.3.1 รวมกลไกวิบัติโดยแรงในแนวแกน	10
2.3.2 ไม่รวมกลไกวิบัติโดยแรงในแนวแกน	13
2.4 การหาผลเฉลยของสมการ	13
2.5 การคำนวณงานภายนอกและงานภายใน	15
2.5.1 งานภายนอก	15
2.5.2 งานภายใน	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	18
3.1 การใช้กำหนดการเชิงเส้นเป็นเกณฑ์ในการคำนวณออกแบบอย่าง เหมาะสมที่สุด	18
3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของชิ้นส่วนและ แรงดัดพลาสติก	18
3.1.2 ขั้นตอนการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด โดยวิธีพลาสติก	19
3.2 น้ำหนักบรรทุก	22
3.2.1 แบบจำลองของน้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอ	22
3.2.2 น้ำหนักบรรทุกกระทำหลายประเภท	23
3.3 การหาค่าแรงเฉือนและแรงโมเมนต์	25
3.3.1 แรงเฉือน	25
3.3.2 แรงโมเมนต์	25
3.4 บรรทัดฐานในการออกแบบโดยวิธีพลาสติก	27
3.4.1 กำลังของชิ้นส่วน	27
3.4.2 การสูญเสียเสถียรภาพ	28
3.4.3 ผลกระทบของแรงเฉือนต่อแรงดัดพลาสติก	31
3.4.4 การโค้งเดาะเฉพาะที่	31
3.5 การคำนึงถึงผลของแรงโมเมนต์และการสูญเสียเสถียรภาพ ต่อแรงดัดพลาสติกในสมการเงื่อนไขบังคับ	33
3.5.1 การลดค่าแรงดัดพลาสติกจากผลของแรงโมเมนต์	33
3.5.2 การลดค่าแรงดัดพลาสติกจากการสูญเสียเสถียรภาพ	34
4. ตัวอย่างการคำนวณออกแบบ	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	76
ก. วิธีการหาผลเฉลี่ยของสมการ	77
ข. แผนภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	78
ค. คุณสมบัติของเหล็กหน้าตัดปีกกว้างที่ใช้ในการวิจัย	80
ง. ผลลัพธ์จากโปรแกรมในตัวอย่างที่ 1 กรณีที่ 3	82
จ. ผลลัพธ์จากโปรแกรมในตัวอย่างที่ 2 กรณีที่ 2	89
ฉ. ผลลัพธ์จากโปรแกรมในตัวอย่างที่ 3 กรณีที่ 1	94
ประวัติผู้เขียน	102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ขนาดหน้าตัดทางทฤษฎี และฟังก์ชันเป้าหมาย โดยคำนึงถึงเฉพาะแรงดัดพลาสติกอย่างเดียวในสมการเงื่อนไขบังคับ ในตัวอย่างที่ 1 ...	51
ตารางที่ 4.2 ขนาดหน้าตัดจริงจากการออกแบบ และฟังก์ชันเป้าหมาย โดยคำนึงถึงเฉพาะแรงดัดพลาสติกอย่างเดียวในสมการเงื่อนไขบังคับ ในตัวอย่างที่ 1	52
ตารางที่ 4.3 ขนาดหน้าตัดจริงจากงานวิจัยนี้ และฟังก์ชันเป้าหมาย โดยคำนึงถึงผลของแรงในแนวแกน และการสูญเสียเสถียรภาพต่อแรงดัดพลาสติกในสมการเงื่อนไขบังคับด้วย ในตัวอย่างที่ 1	53
ตารางที่ 4.4 ขนาดหน้าตัดจริงและฟังก์ชันเป้าหมาย จากการคำนวณออกแบบโดยวิธีพลาสติกธรรมดา และการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด ในตัวอย่างที่ 2 กรณีที่ 1	54
ตารางที่ 4.5 ขนาดหน้าตัดจริง และฟังก์ชันเป้าหมาย จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด ในตัวอย่างที่ 2 กรณีที่ 2	55
ตารางที่ 4.6 ขนาดหน้าตัดจริง และฟังก์ชันเป้าหมาย จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด ในตัวอย่างที่ 2 กรณีที่ 3	56
ตารางที่ 4.7 ขนาดหน้าตัดจริง และฟังก์ชันเป้าหมาย จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด ในตัวอย่างที่ 3 กรณีฐานรองรับชนิดหมุน	57
ตารางที่ 4.8 ขนาดหน้าตัดจริง และฟังก์ชันเป้าหมาย จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด ในตัวอย่างที่ 3 กรณีฐานรองรับชนิดยึดแน่น	58

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นส่วนในระบบพิกัดเฉพาะที่	59
รูปที่ 2.2 ก. การเปลี่ยนรูปร่าง (อิสระ) ในระบบพิกัดเฉพาะที่	
ข. การเปลี่ยนตำแหน่งในระบบพิกัดเฉพาะที่	59
รูปที่ 2.3 ระบบพิกัดเฉพาะที่และระบบพิกัดในวงกว้าง	60
รูปที่ 2.4 การปลดในชิ้นส่วน	61
รูปที่ 3.1 แบบจำลองน้ำหนักรรทุกสม่ำเสมอ	
ก. น้ำหนักรรทุกสม่ำเสมอ	
ข. แบบจำลองน้ำหนักรรทุกกระทำเป็นจุด	
ค. แผนภาพแรงตัดของน้ำหนักรรทุกสม่ำเสมอ	
ง. แผนภาพแรงดัดของน้ำหนักรรทุกกระทำเป็นจุด	62
รูปที่ 3.2 ทิศทางที่เป็นบวกของแรงภายใน	62
รูปที่ 4.1 ลักษณะของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1	
ก. รูปร่างโครงเหล็กข้อแฉ่ง	
ข. น้ำหนักรรทุกตามกรณีที่ 1 1.3(DL+LL+WL)	
ค. น้ำหนักรรทุกตามกรณีที่ 2 1.7(DL+LL)	63
รูปที่ 4.2 กลไกวิบัติรวม เมื่อออกแบบโดยใช้เฉพาะน้ำหนักรรทุกตามกรณีที่ 1	
1.3(DL+LL+WL)	64
รูปที่ 4.3 กลไกวิบัติรวม เมื่อออกแบบโดยใช้เฉพาะน้ำหนักรรทุกตามกรณีที่ 2	
1.7(DL+LL)	64
รูปที่ 4.4 แผนภาพแรงดัดภายใน เมื่อออกแบบโดยใช้น้ำหนักรรทุก 2 ประเภท	
พร้อมกันตามกรณีที่ 3	
ก. กรณีที่ 1 เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักรรทุก 1.3(DL+LL+WL)	
ข. กรณีที่ 2 เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักรรทุก 1.7(DL+LL)	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5	กลไกวิบัติรวม เมื่อออกแบบโดยใช้น้ำหนักบรรทุก 2 ประเภท พร้อมกันตามกรณีที่ 3	
	ก. กรณีที่ 1 เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุก 1.3(DL+LL+WL)	
	ข. กรณีที่ 2 เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุก 1.7(DL+LL)	65
รูปที่ 4.6	สัมประสิทธิ์ตัวลดค่าแรงดัดพลาสติกในสมการเงื่อนงับบังคับ ตามกรณีที่ 1	
	ก. เมื่อคำนึงถึงเฉพาะแรงดัดพลาสติกอย่างเดี่ยวยในสมการเงื่อนงับบังคับ	
	ข. เมื่อคำนึงถึงผลของแรงในแนวแกนและการสูญเสียเสถียรภาพต่อแรงดัด พลาสติกในสมการเงื่อนงับบังคับด้วย	66
รูปที่ 4.7	แผนภาพแรงดัดภายใน ตามกรณีที่ 1	
	ก. เมื่อคำนึงถึงเฉพาะแรงดัดพลาสติกอย่างเดี่ยวยในสมการเงื่อนงับบังคับ	
	ข. เมื่อคำนึงถึงผลของแรงในแนวแกนและการสูญเสียเสถียรภาพต่อแรงดัด พลาสติกในสมการเงื่อนงับบังคับด้วย	67
รูปที่ 4.8	กลไกวิบัติรวม ตามกรณีที่ 1	
	ก. กลไกวิบัติรวมทางทฤษฎี เมื่อคำนึงถึงเฉพาะแรงดัดพลาสติกอย่าง เดี่ยวยในสมการเงื่อนงับบังคับ	
	ข. กลไกวิบัติรวมจริง เมื่อคำนึงถึงผลของแรงในแนวแกนและการสูญเสีย เสถียรภาพต่อแรงดัดพลาสติกในสมการเงื่อนงับบังคับด้วย	67
รูปที่ 4.9	ลักษณะของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2	68
รูปที่ 4.10	แผนภาพแรงดัดภายใน ตามกรณีที่ 1	
	ก. การคำนวณออกแบบโดยวิธีพลาสติกธรรมดา	
	ข. การคำนวณออกแบบในงานวิจัยนี้	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.11 สัมประสิทธิ์ตัวลดค่าแรงดัดพลาสติกในสมการเงื่อนไขบังคับ ตามกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3	
ก. ตามกรณีที่ 2 คำนวณการค้ำยันด้านข้างตลอดความยาว	
ข. ตามกรณีที่ 3 คำนวณปราศจากการค้ำยันด้านข้าง	70
รูปที่ 4.12 แผนภาพแรงดัดภายใน ตามกรณีที่ 2	71
รูปที่ 4.13 กลไกวิบัติรวม ตามกรณีที่ 2.....	71
รูปที่ 4.14 ลักษณะของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 3	
ก. รูปร่างโครงเหล็กข้อแฉ่ง ตามกรณีที่ 1 ฐานรองรับชนิดหมุน	
ข. น้ำหนักบรรทุก 1.3(DL+LL+WL)	
ค. น้ำหนักบรรทุก 1.7(DL+LL)	72
รูปที่ 4.15 แผนภาพแรงดัดภายใน ตามกรณีที่ 1 ฐานรองรับชนิดหมุน	
ก. เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุก 1.3(DL+LL+WL)	
ข. เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุก 1.7(DL+LL)	74
รูปที่ 4.16 กลไกวิบัติรวม ตามกรณีที่ 1 ฐานรองรับชนิดหมุน	
ก. เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุก 1.3(DL+LL+WL)	
ข. เมื่อรับเฉพาะน้ำหนักบรรทุก 1.7(DL+LL)	75

สัญลักษณ์ที่ใช้

- A = พื้นที่หน้าตัด
- a = เมตริกซ์แปลงการเปลี่ยนตำแหน่ง
- \bar{a} = เมตริกซ์แปลงจากการเวกเตอร์ระดับชั้นความเร็วในการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง เป็นเวกเตอร์การเปลี่ยนตำแหน่งของทุกชั้นส่วนในระบบพิกัดในวงกว้าง
- \bar{a}_p = เมตริกซ์แปลงจากเวกเตอร์การเปลี่ยนตำแหน่ง เป็นเวกเตอร์การเปลี่ยนรูปร่างของชั้นส่วน p ในระบบพิกัดเฉพาะที่
- a_1 = ผลคูณของ a และ G ซึ่งตัดแปลงและขยายเพิ่ม
- b_f = ความกว้างของปีก
- C = อัตราความขรุขระ
- C_m = สัมประสิทธิ์ตัวลดค่าแรงตัด
- C^t = เมตริกซ์กลไกวิบัติแบบอิสระ หรือ เมตริกซ์สัมประสิทธิ์สมการสมดุลย์
- d = ความลึกของหน้าตัด
- d_w = ความลึกของลำตัว
- DL = น้ำหนักบรรทุกคงที่
- E = เมตริกซ์การเกิดกลไกวิบัติ อธิบายในรูปของระดับชั้นความเร็วภายนอก และเป็นสับเซตของ E_1
- E_1 = โมดูลัสยืดหยุ่น
- E_1 = เมตริกซ์ฐานอิสระ หรือเมตริกซ์การเกิดกลไกวิบัติ
- G = ผลคูณของ Q และ a
- g = เมตริกซ์สภาวะสมดุลย์ หรือเมตริกซ์ทางเรขาคณิต
- K = สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล
- K_x = สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผลทางแกน x
- K_y = สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผลทางแกน y
- L = ความยาวของชั้นส่วน
- L_1 = ความยาวของชั้นส่วนทั้งหมดของกลุ่ม i

- l_1 = โคซายน์แสดงทิศทางของแกน XX
 l_2 = โคซายน์แสดงทิศทางของแกน XY
 LL = นำหนักบรรทุกจร
 M = เมตริกซ์แรงตัดภายใน
 m = จำนวนชิ้นส่วน
 M_{cp} = แรงดัดวิกฤติ
 M_i = แรงดัดของชิ้นส่วนที่ปลาย i
 M_p = เมตริกซ์สัจพจน์ของแรงดัดพลาสติกของกลุ่ม
 M_{pc} = แรงดัดประสิทธิภาพ
 M_{p1} = แรงดัดพลาสติกของชิ้นส่วนของกลุ่ม i
 M_p^1 = แรงดัดพลาสติกของกลุ่มที่ต่ำสุด
 m_1 = โคซายน์แสดงทิศทางของแกน YX
 m_2 = โคซายน์แสดงทิศทางของแกน YY
 n = ระดับขั้นความสำเร็จในการเคลื่อนที่
 P = เมตริกซ์สัจพจน์ของแรงภายนอก
 = แรงกระทำในแนวแกน
 P_{cr} = แรงที่ทำให้เกิดการโก่งเดาะ
 P_o = แรงออกเลอร์
 P_o^t = เมตริกซ์งานภายนอก
 P_y = แรงคลาก
 Q_p = เมตริกซ์แปลงจากเวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของชิ้นส่วน P ในระบบกักในวงกว้างเป็นระบบกักเฉพาะที่
 r = เวกเตอร์ระดับขั้นความสำเร็จในการเคลื่อนที่
 = รัศมีจเรชั้น
 r_o = เวกเตอร์ระดับขั้นความสำเร็จภายนอกบวกด้วยจำนวนการปลดในชิ้นส่วน
 r_x = เมตริกซ์สัจพจน์ของขนาดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างกลไกวิบัติ
 S = เมตริกซ์แรงภายใน
 T = เมตริกซ์แปลงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนกับกลุ่ม M_p โดยสมาชิกมีค่าเฉพาะ 0 หรือ 1

- t_f = ความหนาของปีก
 t_w = ความหนาของลำตัว
 \bar{v} = เวกเตอร์การเปลี่ยนตำแหน่งของทุกชิ้นส่วน ในระบบพิกัดในวงกว้าง
 V_i = แรงเฉือนของชิ้นส่วนที่ปลาย i
 v_p = เวกเตอร์การเปลี่ยนรูปร่างของชิ้นส่วน p ในระบบพิกัดเฉพาะที่
 \bar{v}_p = เวกเตอร์การเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นส่วน p ในระบบพิกัดเฉพาะที่
 V_u = แรงเฉือนประลัย
 W^* = น้ำหนักรวมของชิ้นส่วนทั้ง โครงสร้าง
 W = ฟังก์ชันน้ำหนักประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นฟังก์ชันเป้าหมาย
 w = น้ำหนักของชิ้นส่วนต่อความยาว
 w_u = น้ำหนักบรรทุกทุกส่วาเสมอสูงสุด
 WL = แรงลม
 Z = ตัวแปรซึ่งมีค่าเป็นบวกเสมอแทนตัวแปร M และมีค่าเท่ากับผลรวมของ M และ TM_p
 = พลาสติก โมดูลัส
 θ = มุมระหว่างแกนระบบพิกัดในวงกว้างและระบบพิกัดเฉพาะที่
 λ = เมตริกซ์แปลงระบบพิกัด
 ρ_1 = สัมประสิทธิ์ตัวลดค่าแรงดัดพลาสติก จากผลของแรงในแนวแกน
 ρ_2 = สัมประสิทธิ์ตัวลดค่าแรงดัดพลาสติก จากผลของแรงในแนวแกน และการสูญเสียเสถียรภาพในระนาบของการดัด
 ρ_3 = สัมประสิทธิ์ตัวลดค่าแรงดัดพลาสติก จากผลของแรงในแนวแกน และการสูญเสียเสถียรภาพโดยการโก่งเดาะและบิดด้านข้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย