การศึกษาแรงลมที่มีผลกระทบต่อหลังคาแบบผิวโค้ง

THE STUDIES OF METAL-SHEET DESIGN FOR THE CASE OF WIND FORCE EFFECT

โดย

นางสาววราภรณ์ เสถียรนพเก้า

นายศิวศิษฎ์ ชุ่มชื่น

นางสาวพัชราภัสร์ ภูมี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การศึกษาแรงลมที่มีผลกระทบต่อหลังคาเมทัลชีท

THE STUDIES OF METAL-SHEET DESIGN FOR THE CASE OF WIND FORCE EFFECT

โดย

นางสาววราภรณ์ เสถียรนพเก้า
นายศิวศิษฎ์ ชุ่มชื่น
นางสาวณัฐปภัสร์ ภูมี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDIES OF METAL-SHEET DESIGN FOR THE CASE OF WIND FORCE EFFECT

BY

MISS WARAPORN SATHIANNOPPHAKAO
MR.SIWASIT CHUMCHUEN
MISS NATPAPAT PHUMI

A SPACIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาแรงลมที่มีผลกระทบต่อหลังคาเมทัลชีท

นักศึกษา

นางสาววราภรณ์ เสถียรนพเก้า	รหัสประจำตัว	52011061
นายศิวศิษฎ์ ชุ่มชื่น	รหัสประจำตัว	52011200
นางสาวณัฐปภัสร์ ภูมี	รหัสประจำตัว	52011324

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.ทรงกลด แซ่อึ้ง ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร รศ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ ดร.อัฐวิทย์ สุจริตพงศ์	

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ ศรีนิล)

ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาแรงลมที่มีผลกระทบต่อหลังคาเมทัลชีท The Studies of Metal-Sheet Design for The Case Of Wind Force Effect		
นักศึกษา	นางสาววราภรณ์	เสถียรนพเก้า	รหัสประจำตัว 52011061
	นายศิวศิษฎ์	ชุ่มชื่น	รหัสประจำตัว 52011200
	นางสาวณัฐปภัสร์	ภูมี	รหัสประจำตัว 52011324
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์		
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2555		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการก่อสร้างได้มีการพัฒนาและก้าวหน้าไปมาก รวมไปถึงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาใช้ในการก่อสร้างก็มีการพัฒนาให้ก้าวทันตามยุคสมัยยิ่งขึ้นเหมือนกัน ในการนี้จะกล่าวถึงหลังคาเมทัลชีท ซึ่งหลังคาเมทัลชีทก็เป็นอีกหนึ่งวัสดุในการก่อสร้างที่นิยมเลือกใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะคุณสมบัติเฉพาะตัวหลายๆ ด้านที่มีผลวิเคราะห์วิจัยออกมาแล้ว อาทิเช่น ไม่มีการเก็บความร้อนเหมือนหลังคากระเบื้องทั่วไป เมื่อเวลาแตะที่ตัวผิวเมทัลชีทในยามกลางวันจึงจะพบว่าพื้นผิวมีความร้อนสูงมากผิดกับหลังคากระเบื้องธรรมดา แต่ในทางกลับกันหลังคากระเบื้องธรรมดาที่มีคุณสมบัติในการเก็บความร้อนจะทำการถ่ายเทความร้อนที่กักเก็บไว้ออกมาในยามกลางคืนทำให้บริเวณตัวบ้านมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ซึ่งตัวบ้านที่เลือกใช้หลังคาเมทัลชีทเป็นวัสดุมุงหลังคาจะไม่เจอกับปัญหาการคายความร้อนของตัวพื้นผิว และอีกปัจจัยที่สำคัญที่ช่วยเสริมข้อเด่นให้หลังคาเมทัลชีทก็คือระยะเวลาในการก่อสร้างและความสวยงาม ซึ่งวัสดุเมทัลชีทเองก็มีความโดดเด่นในสองด้านที่ได้กล่าวมา

โดยโปรแกรมคำนวณแรงลมที่มีผลกระทบต่อหลังคาเมทัลชีทจะช่วยในส่วนของการคำนวณขนาดหน้าตัดของแปตามระยะการวางแปที่เหมาะสมในการติดตั้งหลังคาเมทัลชีทตามสภาพภูมิประเทศที่มีแรงลมแตกต่างกันออกไป ที่ความสูงต่างๆ และรูปร่างหลังคาชนิดต่างๆ ก็ย่อมมีผลการกระทำของลมที่แตกต่างกันออกไปเช่นกัน

โดยโปรแกรมนี้ได้ออกแบบให้บุคลทั่วไปสามารถศึกษาใช้งานการคำนวณด้วยตัวเองได้ โดยการจัดวางขั้นตอนการคำนวณที่เข้าใจง่าย และใส่รายละเอียดไว้ในทุกขั้นตอนพร้อมสูตรต่างๆ ที่จำเป็นในการคำนวณรวมถึงคำอธิบายประกอบการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	THE STUDIES OF METAL-SHEET DESIGN FOR THE CASE OF WIND FORCE EFFECT
Name	:	MISS WARAPORN SATHIANNOPPHAKAO MR.SIWASIT CHUMCHUEN MISS NATPAPAT PHUMI
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Advisor	:	ASST.PROF. SOMKEART KHWNPRUK

ABSTRACT

In the present the construction has been developed including the materials used in construction has been evolved to cope better in the current day, for this project discussed about Metal-sheet. Metal-sheet is another popular materials in the construction used nowadays that because Metal-sheet has many unique features as show by the researchers analyzed the results came out. Such as metal-sheet does not retain heat like a common roof, because of a common roof has the ability to retain heat, so it will transfer heat stored out in the area of the house at night lead to temperatures at nigh high than normal. The house is used metal-sheet roofing material will not face the heat of the body surface. And other important factors that enhance and distinguished metal-sheet roof is about time, metal-sheet take a short time more than another materials.

The program calculates wind force affects to the roof. The size of the purlin by placing the flour in proper installation of metal-sheets roof varies by the terrain, by the high of structure, by shape of the roof.

The program designed for guests to study the calculations program by themselves. This program presents a simple numerical procedure, put the clear details on the process and formulas needed to compute the annotations used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้คำปรึกษาและคอยแนะนำแนวทางการดำเนินงาน โดยช่วยตอบปัญหาในส่วนของโปรแกรม Excel และการออกแบบหน้าตาโปรแกรมตลอดระยะเวลาที่ทำงานโครงงานพิเศษ โดยสรุปให้เนื้อหากระชับ เข้าใจง่าย อีกทั้งยังสอดแทรกประสบการณ์โดยตรงจากการจากทำงานด้านวิศวกรรมให้ได้เห็นภาพอย่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งถือเป็นสิ่งมีค่าที่ผู้ประพันธ์ได้จากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่ ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ และหวังว่าปริญญานิพนธ์ที่ได้จัดทำขึ้นมานี้จะมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้นำไปใช้และผู้ที่จะมาพัฒนาต่อไปในอนาคต

ขอขอบพระคุณ ดร.อาทิตย์ อ.ทรงกลด แซ่อึ้ง ผศ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ และ อ.อัฐวิทย์ สุจริตพงศ์ ในฐานะคณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ด้วยคำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่กระจ่างชัดเจนทำให้สามารถพัฒนาโครงงานพิเศษชิ้นนี้ให้ออกมาในรูปแบบที่สมบูรณ์มากขึ้น อีกทั้งยังได้ความรู้และแง่คิดใหม่ๆในการทำโครงงานและประยุกต์ให้ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ข้าพเจ้าได้เรียนรู้สิ่งต่างๆมากมายจากท่านและพึงระลึกถึงท่านเสมอในฐานะอาจารย์เพื่อทรงคุณวุฒิ

ท้ายสุดนี้ขอกล่าวขอบพระคุณบิดามารดาและสมาชิกในครอบครัวที่ได้ให้ความรัก ความห่วงใย กำลังใจต่างๆ รวมทั้งและการช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษา

นางสาววราภรณ์ เสถียรนพเก้า
นายศิวศิษฏ์ ชุ่มชื่น
นางสาวณัฐปภัสร์ ภูมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน(ภาษาไทย)	ก
	ปกใน(ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ง
	บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญภาพ	ฐ
บทที่1	**บทนำ**	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2. ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
	1.4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
	1.5. ขั้นตอนที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ	3
	1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
บทที่2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. กล่าวนำ	4
	2.2 ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
	2.2.1. **ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงลม**	4
	2.2.2. **งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็กรีดเย็น**	5
บทที่3	**ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ**	
	3.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนของแรงลม	6
	3.1.1. การคำนวณแรงลมออกแบบ	6
	3.1.2. ประเภทของอาคารตามความสำคัญต่อสาธารณชน	7
	3.1.3. หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q)	8
	3.1.4. ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)	8
	3.1.4.1 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ	9
	3.1.5. ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (C_g)	10
	3.1.5.1. ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร	10
	3.1.5.2. ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำภายในอาคาร	11
	3.1.6. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p)	11
	3.3.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน (C_{pi})	11
	3.1.7. แผนที่ความเร็วลมอ้างอิง	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.1.8. แผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม	18
	3.1.8.1 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ย	18
	3.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนการออกแบบเหล็กรีดเย็น	30
	3.2.1. พฤติกรรมของเหล็กรีดเย็น	30
	3.2.1.1. การโก่งเดาะเฉพาะจุด	30
	3.2.1.2. การโก่งเดาะแบบเสียรูป	30
	3.2.1.3. การโก่งเดาะเนื่องจากการดัดและบิด	31
	3.2.2 AISI – การพิจารณาความแบนเรียบความกว้างของปีกต่อความหนา	33
	3.2.3. AISI - ชิ้นส่วนปลายยึดรับแรงอัดที่เหมือนกัน	34
	3.2.4. AISI – ชิ้นส่วนปลายยึดรับแรงอัดที่เหมือนกัน	35
	3.2.5. AISI – เอวและชิ้นส่วนปลายยึดอื่นๆใต้สภาวะความลาดของความเครียด	36
	3.2.6. AISI – ความกว้างประสิทธิผลของชิ้นปลายยื่น	38
	3.2.7. AISI – ชิ้นส่วนปลายยื่นและขอบปลายยึดใต้ความลาดของความเครียด	40
	3.2.8. AISI – ชิ้นส่วนปลายยื่นกับขอบปลายยึดใต้ความลาดของความเครียด	42
	3.2.9. AISI – ชิ้นส่วนรับแรงอัดเหมือนกันกับปลายยึดช่วงกลาง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
บทที่4	Flow chart	45
	4.1. flow chart แสดงวิธีการหาค่าหน่วยแรงลม	46
	4.2. flow chart แสดงวิธีการหาขนาดแปและ sag rod	49
บทที่ 5	**วิธีการใช้โปรแกรมและตัวอย่างการใช้โปรแกรมคำนวณแรงลมและโปรแกรมออกแบบขนาดแป**	52
	5.1. วิธีการใช้โปรแกรมคำนวณแรงลม	51
	5.2. วิธีการใช้โปรแกรมคำนวณระยะแปและ sag rod	59
บทที่ 6	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	64
	6.1. สรุปผลการวิจัยส่วนแรงลมเมื่อเทียบกับโจทย์ในมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการ ตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50)	64
	6.2. สรุปในส่วนของโปรแกรม Steel Design	71
	บรรณานุกรม	73
	ภาคผนวก ก	ผก1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	การจำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชน	7
3.2	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	8
3.3	ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) สำหรับวิธีการอย่างละเอียด	10
3.4.	การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคเหนือ	15
3.5.	การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออก	15
3.6.	การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคกลาง	16
3.7.	การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	17
3.8.	การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคใต้	17
3.9.	การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม สำหรับอาคารเตี้ยและอาคารสูง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.1.	แสดงแผนที่การแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง $(\overline{v})$	14
3.2	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักโดยคำนึงถึงผลกระทบของแรงลมที่กระทำกับพื้นที่ ผิวทุกด้านของอาคารพร้อมกัน	20
3.2	(ต่อ)	21
3.3	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร $C_p C_g$ สำหรับการออกแบบผนังภายนอกและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)	21
3.3	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร $C_p C_g$ สำหรับการออกแบบผนังภายนอกและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)	23
3.4.	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g ที่กระทำบนพื้นผิวของหลังคาที่มีค่าความชันน้อยกว่า 70 สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)	24
3.5.	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g ที่กระทำบนหลังคาลดระดับ (stepped roof) โดยใช้ประกอบกับรูปที่ ข.3 สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)	27
3.6.	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g ที่กระทำกับหลังคาที่มีความชันมากกว่า $7°$ สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.7.	ภาพลักษณะการเกิด Local Buckling	30
3.8.	ภาพลักษณะการเกิด Distortional buckling	31
3.9.	ภาพลักษณะการเกิด Flexural Torsional Buckling	31
3.10.	เส้นกราฟแสดง Local Buckling Distortional buckling Flexural Torsional Buckling	32
3.11.	แสดงการโก่งเดาะเฉพาะจุดของชิ้นส่วนรับแรงอัด	34
3.12.	แสดง Effective Element	35
3.13.	แสดง Stress Gradient	38
3.14.	แสดง รการเกิดการโก่งเดาะเฉพาะจุดของชิ้นส่วนปลายยื่นรับแรงอัด (Local Buckling of Unstiffened Compression Flange)	39
3.15.	แสดงกราฟ ความเครียดสูงสุดของชิ้นส่วนปลายยื่นรับแรงอัด (Maximum Stress for Unstiffened Compression Elements)	39
3.16.	ชิ้นส่วนปลายยื่นกับแรงอัดเหมือนกัน (Unstiffened Element with Uniform Compression)	40
3.17.	ขอบปลายยึด (Edge stiffener)	40
3.18.	ชิ้นส่วนรับแรงอัดกับขอบปลายยึด (Compression element with an edge stiffener)	41
3.19.	แสดงลักษณะการกระทำของแรงตามเคสต่างๆ	42
3.20.	Effective One Intermediate Stiffener	43
3.21.	Designing Cold-Formed Steel Using the Direct Strength Method	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันพบว่าประเทศไทยประสบปัญหาภัยธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความปลอดภัยของอาคารสิ่งก่อสร้างรวมไปถึงผู้คนที่พักอาศัย โดยสังเกตเห็นว่าปัญหาภัยธรรมชาติที่พบว่าก่อให้เกิดความเสียหายบ่อยมีสาเหตุมาจากการกระทำของลม ไม่ว่าจะเป็นลมพายุฤดูร้อน ลมพายุฝนฟ้าคะนอง ลมตามภูมิภาคและลมตามฤดูกาล แรงกระทำจากลมส่งผลให้เกิดความเสียหายหลายอย่าง เช่น การวิบัติของโครงสร้างป้ายโฆษณา, เสาไฟฟ้า, ด้านอาคารที่พักอาศัยก็ส่งผลกระทบต่อตัวอาคาร ที่เห็นได้ชัดคือโครงหลังคาที่พบว่าเกิดความเสียหายจากแรงลมง่ายสุด แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่

หลังคาที่ทำจากวัสดุเหล็กแผ่นบาง (metal sheet) พบว่าเป็นวัสดุที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันเนื่องจากมีคุณภาพคงทน มีความสวยงาม ประหยัดค่าใช้จ่าย และมีน้ำหนักเบา ทำให้ง่ายต่อการติดตั้ง จึงเกิดความสนใจที่จะศึกษารายละเอียดของแรงกระทำเนื่องจากลมที่ส่งผลต่อหลังคาเหล็กแผ่นบาง (metal sheet)

1.2. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันมีการก่อสร้างอาคารขึ้นใหม่ในหลายพื้นที่ทั่วประเทศไทยซึ่งมีการออกแบบรูปทรงได้อย่างหลากหลายรวมไปถึงการใช้วัสดุเหล็กแผ่นบาง (metal sheet) ในการสร้าง เพราะวัสดุเหล็กแผ่นบาง (metal sheet) มีความสวยงามและง่ายต่อการติดตั้งอีกทั้งยังมีน้ำหนักที่เบา และในปัจจุบันพบว่าแรงลมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสมัยก่อน ในแต่ละภูมิภาคก็จะมีลักษณะการกระทำของแรงลมแตกต่างกันไป อาทิเช่น มีภาพภูมิประเทศแบบ A คือ โล่งมีอาคาร ต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างกระจัดกระจายห่างๆกัน รวมถึงบริเวณชายทะเล อาคารสิ่งก่อสร้างจะมีความเสี่ยงต่อแรงลมมากกว่าบริเวณพื้นที่แบบ B ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง และแบบ C ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศแบบศูนย์กลางเมือง จนเกิดปัญหาที่พบเห็นได้บ่อยตามมาคือการพังของหลังคาเนื่องจากแรงลมหรือหมุดยึดนอกจากนี้มีส่วนที่เกี่ยวเนื่องกันในส่วนของการออกแบบแปรับหลังคาที่นิยมใช้เหล็กรีดเย็นการการออกแบบเพราะเหล็กรีดเย็นมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเหล็กรีดร้อนธรรมดาคือมีน้ำหนักเบากว่าช่วยลดปริมาณโครงสร้างหลักและเหมาะกับการนำมาสร้างโครงหลังคาเป็นอย่างยิ่ง และปัญหาคือขั้นตอนในการ

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

ออกแบบเหล็กรีดเย็นมีความยุ่งยากและซับซ้อนในการคำนวณ ซึ่งการจัดทำโปรแกรมช่วยในการคำนวณมีส่วนช่วยในการย่นระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นจึงได้คิดจัดทำโปรแกรมสำหรับออกแบบระยะที่แป่ที่เหมาะสมและจำนวน sag rod ที่สามารถรับแรงลมที่มากระทำกับอาคารได้ตามแต่ละภูมิประเทศตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มผย.13113-50) ให้สะดวกและสามารถใช้ง่ายและสะดวกรวดเร็วในการนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ศึกษาและผู้ออกแบบ ให้การก่อสร้างอาคารทุกประเภทในทุกภูมิภาคของประเทศไทยมีความมั่นคงแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐานสากล ซึ่งก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนมากขึ้น

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อศึกษาแรงลมที่มีผลกระทบต่อเหล็กแผ่นบาง (metal sheet)
2. เพื่อออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์แรงลมและสามารถปรับนำมาใช้กับโครงสร้าง
3. เพื่อออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์ขนาดหน้าตัดของแปและขนาด sag rod ที่เหมาะสมกับภูมิประเทศแบบต่างๆ และร่นระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ
4. เพื่อสามารถเลือกใช้ขนาดของโครงสร้างที่รองรับเหล็กแผ่นบาง (metal sheet) ให้เหมาะสมกับลักษณะและสภาพของภูมิประเทศที่มีความเร็วลมที่แตกต่างกันไปลดความเสี่ยง
5. ร่นระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผู้ออกแบบ
6. นำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงหาทางแก้ไขปัญหาจากการกระทำของแรงลม

1.4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ทำการศึกษาแรงลมในแต่ละพื้นที่และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารอย่างละเอียดเพื่อนำไปเขียนโปรแกรมคำนวณแรงลม สาขาวิศวกรรมโยธา เพื่อเป็นประโยชน์กับอาจารย์และนิสิตนักศึกษาหรือผู้ที่สนใจซึ่งจะช่วยในการย่นระยะเวลาในการคำนวณได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ถึงแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างอาคารในแต่ละภูมิประเทศตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50) โดยใช้โปรแกรม Excel ในการสร้างโปรแกรมคำนวณ และต่อมาในส่วนของการออกแบบเหล็กเพื่อใช้เป็นแป่ในโครงสร้างหลังคาได้เลือกใช้เหล็กรีดเย็นในการออกแบบโครงสร้างเนื่องจากเหล็กรีดเย็นมีน้ำหลักเบาและมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเหล็กรูปพรรณธรรมดา จึงได้ดำเนินการศึกษาวิธีการคำนวณและสูตรต่างๆของเหล็กรีดเย็นตามมาตรฐานของ AISI (American Iron and Steel Institute) และนำมาทำการเขียนโปรแกรมหาขนาดหน้าตัดของแปที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5. ขั้นตอนที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ

1. ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณแรงลมรวมถึงมยผ.1311-50
2. ทำการศึกษาขั้นตอนการคำนวณแรงลมทั้งหมดจากเอกสารที่ได้รวบรวมข้อมูลมา
3. ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel
4. นำสมการการคำนวณหาแรงลมตามมยผ.1311-50และตัวแปรต่างๆมาจำแนกและนำมาเขียนลงในโปรแกรม Microsoft Excel พร้อมจัดลำดับขึ้นตอนเพื่อให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น สรุปขั้นตอนเป็น แผนภาพการทำงาน
5. รวบรวมข้อมูลในส่วนของ การออกแบบเหล็กในส่วนของการออกแบบโครงสร้างเหล็กรีดเย็น
6. ศึกษาวิธีการออกแบบเหล็กรีดเย็นและนำวิธีการคำนวณมาสรุปเรียบเรียงเป็น Flow chart และนำไปเขียนลงใน Microsoft Excel โดยเรียงลำดับการคำนวณให้ง่ายต่อการศึกษาและนำไปใช้
7. เช็คว่าสูตรต่างๆถูกต้องตามหลักมาตรฐานสากล และทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยการสองใส่ค่าพารามิเตอร์ที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ลงในโปรแกรม
8. จัดทำวิธีการใช้โปรแกรมประกอบตัวโปรแกรมโดยคำนึงถึงผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยสะดวกและเข้าใจได้โดยง่าย

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถคำนวณหาแรงลมที่กระทำต่ออาคารรูปทรงปกติ อาคารเตี้ย (low-rise building) และอาคารสูง โดยใช้สภาวะจำกัดด้านกำลังในการออกแบบ
2. สามารถค้านวณหาแรงลมที่กระทำต่อหลังคาทั้งบริเวณภายนอกและภายใน(หลังคาแบบเปิด) ได้
3. สามารถออกแบบขนาดที่เหมาะสมในการก่อสร้างหลังคาเพื่อที่จะสามารถรับแรงลมที่จะกระทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาของแนวคิดและเอกสารอ้างอิงต่างๆที่เป็นแหล่งความรู้ของงานวิจัยนี้ เนื่องจากการวิจัยนี้คือการออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ระยะแปลและวัสดุเหล็กแผ่นบาง (metal sheet) ที่เหมาะสมกับแรงลมในสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งมีเอกสารที่เกี่ยวข้องกันอยู่สองส่วนด้วยกันคืองานวิจัยด้านแรงลม การคำนวณ การออกแบบ และส่วนที่สองคือการออกแบบโครงสร้างจากเหล็กรีดเย็น (cold formed steel design)

2.2. ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงลม

ในส่วนของแรงลม ข้อมูลแรงลมได้มีการศึกษาข้อมูลที่จดบันทึกของกรมอุตุนิยมวิทยาและได้สรุปมาในมาตรฐานการคำนวณแรงลมสำหรับการออกแบบโครงสร้างรับแรงลม โดยในมาตรฐานนี้ค่าหน่วยแรงลมที่นำไปใช้ออกแบบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร สภาพภูมิประเทศโดยรอบ และรวมถึงผลของพายุใต้ฝุ่นในภาคใต้ของประเทศไทย

อุทัย ฤกษ์ศิริรัตน์ [1] ศึกษาวิจัยเรื่องค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างอาคารต้านแรงลม เพื่อเสนอค่าความเร็วลมที่นำมาใช้หาค่าแรงลมสำหรับการออกแบบ โดยเลือกใช้การหาความเร็วลมสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในรอบ 50 ปีและ 100 ปี

นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ [2] ศึกษาและรวมรวมข้อมูลความเร็วลมสูงสุดทั่วประเทศและวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วสูงสุดประจำปีโดยใช้หลักการทางสถิติของตัวแปรสุ่ม และนำเสนอออกมาเป็นแผนที่ระดับชั้นของค่าความเร็วลมที่ใช้ออกแบบในประเทศไทยที่มีโอกาสเกิดขึ้นรอบ 50 ปีและ 100 ปี ซึ่งได้ใช้เป็นส่วนหนึ่งในข้องมูลของการจัดทำมาตรฐานการออกแบบโครางสร้างรับแรงลม

ธนากร จงวิลาสลักษณ์ [3] ได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาเป็นแบบจำลองการออกแบบโครงสร้างเพื่อรับแรงลมและแผ่นดินไหวในประเทศไทยตามสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ โดยได้กำหนดการพัฒนาแบบจำลองในการหาแรงสถิตเทียบเท่าแทนวิธีพลศาสตร์ และจากการศึกษาพบว่าความสูงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากสุด และสติฟเนสของโครงสร้างมีอิทธิพลเป็นรอง ผลการศึกษาวิจัยนี้ถูกเสนอแนะเป็นข้อกำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมอาคารสำหรับอาคารสูงไม่เกิน40ชั้น

ปฐเมศ ผาณิตพจมาน และคณะ [4] ได้ศึกษาคู่มือการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหว ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องที่สำคัญคือลักษณะผลกระทบของแรงลมที่มีต่อตัวอาคาร ว่าเกิดขึ้นในลักษณะไหน อย่างไร

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเหล็กรีดเย็น

เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้เหล็กรีดเย็นในงานโครงสร้างมากยิ่งขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ออกแบบเป็นส่วนประกอบของโครงหลังคาเนื่องจากโดยทั่วไปเหล็กรีดเย็นจะมีขนาดบางกว่าเหล็กรูปพรรณซึ่งได้เพิ่มขีดจำกัดต่อการออกแบบโครงสร้างอย่างมาก และมีการควบคุมสัดส่วนรายละเอียดต่างๆ โดยละเอียดกว่าข้อกำหนดของเหล็กรูปพรรณทั่วไป จึงได้ทำการศึกษาข้อกำหนดในการออกแบบจากมาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรีดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณการออกแบบ

3.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนของแรงลม

3.1.1. การคำนวณแรงลมออกแบบ

การคำนวณแรงลมออกแบบแรงลมออกแบบหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลมสามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \tag{3.1}$$

โดยที่ p= หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคารโดยเรียกว่า "หน่วยแรงดัน" ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิวหรือ "หน่วยแรงดูด" ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

I = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม

C_q= หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure)

C_e= ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor)

C_g= ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (gust effect factor)

C_p=ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (externalpressure coefficient)

หน่วยแรงลมสุทธิเพื่อใช้ในการค้านวณแรงลมที่กระท้าต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของด้านใดด้านหนึ่งของอาคาร (เช่นผนังภายนอกหรือหลังคา) เป็นผลรวมแบบเวคเตอร์ของหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกกับหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวที่กระทำบนพื้นผิวภายในโดยที่หน่วยแรงลมภายในคำนวณจาก

$$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi} \tag{3.2}$$

โดยที่ p_i= หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายในอาคารโดยเรียกว่า "หน่วยแรงดัน" ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิวหรือ "หน่วยแรงดูด" ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

C_{gi}= ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลมที่กระทำภายในอาคาร

C_{pi}= ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคารตามที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2. ประเภทของอาคารตามความสำคัญต่อสาธารณชน

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆเช่น - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็กๆซึ่งไม่มีความสำคัญ	น้อย
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภทความสำคัญน้อยมากและสูงมาก	ปกติ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่หากเกิดการพังทลายจะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมากเช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆมากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัยที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คนแต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	มาก
อาคารและส่วนโครงสร้างที่มีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนเป็นอย่างมากหรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุเป็นอย่างมากเช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจสถานีดับเพลิงและโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปาถังเก็บน้ำและสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยานศูนย์บังคับการบินและโรงเก็บเครื่องบินที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติอาคารหรือส่วนโครงสร้างในส่วนของการผลิตการจัดการการจัดเก็บหรือการใช้สารพิษ เช่นเชื้อเพลิงหรือสารเคมีอันก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	สูงมาก

ตารางที่ 3.1 การจำแนกประเภทของอาคารตามความสำคัญต่อสาธารณชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทความสำคัญของอาคาร	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	
	สภาวะจำกัดด้านกำลัง	สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน
น้อย	0.8	0.75
ปกติ	1	0.75
มาก	1.15	0.75
สูงมาก	1.15	0.75

ตารางที่3.2 ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม

3.1.3. หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q)

$$q = \frac{1}{2}\rho V^2 \tag{3.3}$$

โดยที่
q ที่คำนวณได้มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร
ρ= ความหนาแน่นของมวลอากาศ (ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 1.25 กิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร) สำหรับความดันบรรยากาศปกติและอุณหภูมิของอากาศประมาณ 15 องศาเซลเซียสถึง 45 องศาเซลเซียส
V= ความเร็วลมอ้างอิงมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที
g= อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.806 ม/วินาที^{2}

ความเร็วลมอ้างอิงคือค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงที่ความสูง 10 เมตรจากพื้นดินในสภาพภูมิประเทศโล่ง (open exposure, ดูรายละเอียดหัวข้อ 3.3.4) สำหรับคาบเวลากลับ (return period) 50 ปี (V_{50}) (ยกเว้นกลุ่มที่ 4A และ 4B ในรูปที่) ความเร็วลมอ้างอิงของพื้นที่ต่างๆ

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน $V = V_{50}$
สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านกำลัง $V = T_F V_{50}$
โดยที่ T_F= ค่าประกอบไต้ฝุ่น

3.1.4. ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)

เอกสารนี้เป็น[illegible]นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น [illegible] ใช้

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศเป็นค่าประกอบที่นำมาปรับค่าหน่วยแรงลมให้แปรเปลี่ยนตามความสูงจากพื้นดินและสภาพภูมิประเทศ

3.1.4.1 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศการคำนวณค่าแรงลมโดยวิธีการอย่างง่ายคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศเป็น 2 ประเภทดังนี้

ก. สภาพภูมิประเทศแบบ A เป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่งซึ่งมีอาคารต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างกระจัดกระจายอยู่ห่างๆกันหรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเลให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (3.4) หรือใช้ค่าจากตาราง (3.4)

$$C_e = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.28} \tag{3.4}$$

โดยที่ z = ความสูงจากพื้นดิน (หน่วยเป็นเมตร) ณ ตำแหน่งที่คำนวณค่าหน่วยแรงลม
โดยที่ถ้า C_e ที่คำนวณจากสมการ (3.4) มีค่าน้อยกว่า 1.0 หรือมากกว่า 2.5 ให้ใช้ค่า C_e เท่ากับ 1.0 หรือ 2.5 ตามลำดับ

ข. สภาพภูมิประเทศแบบ B เป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมืองหรือพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่หนาแน่นหรือบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็กให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (3.5) หรือใช้ค่าจากตาราง (3.3)

$$C_e = 0.5\left(\frac{z}{12.7}\right)^{0.5} \tag{3.5}$$

โดยที่ถ้า C_e ที่คำนวณได้จากสมการ (3.5) มีค่าน้อยกว่า 0.5 หรือมากกว่า 2.5 ให้ใช้ค่า C_e เท่ากับ 0.5 หรือ 2.5 ตามลำดับ

ค. สภาพภูมิประเทศแบบ C เป็นสภาพภูมิประเทศของบริเวณศูนย์กลางเมืองใหญ่มีอาคารสูงอยู่หนาแน่นโดยที่อาคารไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต้องมีความสูงเกิน 4 ชั้นให้คำนวณค่า C_e จากสมการ(3.6) หรือใช้ค่าจากตาราง(3.3)

$$C_e = 0.4\left(\frac{z}{30}\right)^{0.72} \tag{3.6}$$

โดยที่ถ้า C_e ที่คำนวณได้จากสมการ(3.6) มีค่าน้อยกว่า0.4หรือมากกว่า2.5ให้ใช้ค่า C_e เท่ากับ 0.4 หรือ2.5ตามลำดับ

อาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศแบบ C ควรพิจารณาด้วยความรอบคอบเนื่องจากอาจเกิดแรงลมที่สูงจากช่องลมที่เกิดจากการสร้างอาคารและผลของระลอกลมที่เกิดจากอาคารสูงข้างเคียงสภาพภูมิประเทศใดๆจะจัดอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B หรือ C ได้ก็ต่อเมื่อมีลักษณะภูมิประเทศในลักษณะนั้นๆ สม่ำเสมอในทิศทางต้นลมเป็นระยะทางไม่ต่ำกว่า1กิโลเมตรหรือ10เท่าของความสูงของอาคารโดยใช้ค่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าซึ่งสภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการคำนวณนี้ควรสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่แท้จริงในทิศทางลมที่พิจารณา

สภาพภูมิประเทศใดๆจะจัดอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B ได้ก็ต่อเมื่อมีลักษณะภูมิประเทศในลักษณะนั้นๆสม่ำเสมอในทิศทางต้นลมเป็นระยะทางไม่ต่ำกว่า 1กิโลเมตรหรือ 10 เท่าของความสูงของอาคารโดยใช้ค่าที่มากกว่าซึ่งสภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการคำนวณนี้ควรสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่แท้จริงในทิศทางลมที่พิจารณา

ข้อยกเว้นอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 80 เมตรและตั้งอยู่ในกลุ่มที่มีความเร็วลมอ้างอิง ($V = T_F V_{50}$) ไม่เกิน 25 ม./วินาทีในรูปที่ก.1 ให้ใช้เฉพาะสภาพภูมิประเทศแบบ A เท่านั้น

ความสูงจากพื้นดิน	สภาพภูมิประเทศ แบบ A	สภาพภูมิประเทศ แบบ B	สภาพภูมิประเทศ แบบ C
สูงไม่เกิน 10 เมตร	1.00	0.50	0.40
สูงเกิน 10 เมตรแต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.21	0.63	0.40
สูงเกิน 20 เมตรแต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.47	0.89	0.49
สูงเกิน 40 เมตรแต่ไม่เกิน 80 เมตร	1.79	1.25	0.81
สูงเกิน 80 เมตรแต่ไม่เกิน 120 เมตร	2.01	1.54	1.09
สูงเกิน 120 เมตรแต่ไม่เกิน 160 เมตร	2.17	1.77	1.34
สูงเกิน 160 เมตรแต่ไม่เกิน 200 เมตร	2.31.	1.98	1.57
สูงเกิน 200 เมตรแต่ไม่เกิน 250 เมตร	2.46	2.22	1.84
สูงเกิน 250 เมตรแต่ไม่เกิน 300 เมตร	2.50	2.43	2.10

ตารางที่ 3.3 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) สำหรับวิธีการอย่างละเอียด

3.1.5. ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (C_g)

ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลมคืออัตราส่วนระหว่างผลของแรงลมสูงสุดต่อผลของแรงลมเฉลี่ยค่าประกอบ C_g สำหรับวิธีการอย่างง่ายคำนวณได้ดังนี้

3.1.5.1.ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร

ก. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคารให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลมยกเว้นป้ายและกำแพง ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.35

ข. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคารให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.5 ในการออกแบบโครงสร้างรองและผนังภายนอกอาคาร (cladding) ที่มีขนาดเล็ก (ประมาณขนาดของหน้าต่าง)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5.2. ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำภายในอาคาร

สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายในอาคารให้ใช้ค่า C_{gi} เท่ากับ2.0 หรือค่าที่คำนวณจากสมการ (2.7) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณของช่องเปิด (opening) ของอาคารในกรณีที่อาคารมีขนาดใหญ่และไม่มีผนังกั้นภายในซึ่งทำให้ปริมาตรภายในของอาคารมีค่ามากค่าความดันลมภายในอาคารจะมีการแปรเปลี่ยนช้าเมื่อเทียบกับการแปรเปลี่ยนของความดันลมภายนอกอาคารซึ่งในกรณีดังกล่าวอาจใช้ค่าที่คำนวณตามสมการที่ (3.7)

$$C_{gi} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1+\tau}} \tag{3.7}$$

โดยที่ τ = ตัวแปรที่บอกระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อการแปรเปลี่ยนของความดันภายนอกอาคารซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2.8)

$$\tau = \frac{V_0}{6950A_0} \tag{3.8}$$

โดยที่

V_0 = ปริมาตรภายในของอาคารมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (เมตร^3)

A_0 =พื้นที่รวมทั้งหมดของช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตร (เมตร^2)

3.1.6. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p)

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคารทิศทางลมและลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคารค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคารสำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคารแบ่งออกเป็น 3 หมวดดังนี้

ก. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ยที่มีความสูงต่อความกว้าง $(\frac{H}{D_s})H$ น้อยกว่า 1 (D_s คือความกว้างของด้านที่แคบที่สุด) และมีความสูงอ้างอิง (reference height) น้อยกว่า 23 เมตรค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมได้ถูกรวมกับค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลมดังแสดงในรูปที่ข.1 ถึงข.8

ข. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารสูงดังแสดงในรูปที่ข.9

ค. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับโครงสร้างพิเศษดังแสดงในรูปที่ข.10 ถึงข.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน (C_{pi})

ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคารซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักต้านแรงลมค่าสัมประสิทธิ์ C_{pi} นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคาซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณีตามหัวข้อดังต่อไปนี้โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่าละเอียดและทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า C_{gi} ตามหัวข้อ 3.3.4 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย

กรณีที่ 1 ใช้ค่า C_{pi} = – 0.15 ถึง 0.0

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่ปราศจากช่องเปิดขนาดใหญ่แต่อาจมีช่องเปิดเล็กๆกระจายสม่ำเสมอโดยมีพื้นที่ช่องเปิดรวมน้อยกว่า 0.1% ของพื้นที่ผิวทั้งหมดตัวอย่างได้แก่อาคารสูงทั่วๆไปที่มีผนังปิดล้อมทุกด้านและมีระบบระบายอากาศภายในรวมทั้งอาคารเตี้ยบางประเภทเช่นคลังสินค้าที่ไม่มีหน้าต่างหรือช่องเปิดโดยที่ประตูต้องออกแบบให้สามารถต้านพายุได้และได้รับการปิดสนิทเมื่อเกิดพายุ

กรณีที่ 2 ใช้ค่า C_{pi} = – 0.45ถึง 0.3

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีการรั่วซึมซึ่งกระจายไม่สม่ำเสมอโดยที่อาจมีช่องเปิดขนาดค่อนข้างใหญ่แต่ต้องได้รับการปิดสนิทเมื่อเกิดพายุและมีความแข็งแรงเพียงพอตัวอย่างได้แก่อาคารขนาดเล็กทั่วๆไปและอาคารสูงที่มีหน้าต่างซึ่งสามารถเปิด-ปิดได้ หรือมีระเบียงซึ่งมีประตูที่สามารถเปิด-ปิดได้

กรณีที่ 3 ใช้ค่า C_{pi} =– 0.7 ถึง 0.7

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่โดยที่ความแปรปรวนของลมภายนอกอาคารสามารถส่งผลเข้าไปภายในได้ตัวอย่างได้แก่อาคารโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้าที่ประตูอาจจะเปิดในระหว่างเกิดพายุหรือประตูไม่สามารถต้านพายุได้

3.1.7. แผนที่ความเร็วลมอ้างอิง

ความเร็วลมอ้างอิง (V) ที่ใช้ในการคำนวณหน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q) ในหัวข้อที่ 3.1.1 กำหนดให้เป็นไปตามสมการ (3.9) และสมการ (3.10)

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน

$$V = V_{50} \tag{3.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านกำลัง

$$V - T_F V_{50} \qquad (3.10)$$

โดยV_{50} คือค่าความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 50 ปีและT_Fคือค่าประกอบไต้ฝุ่น

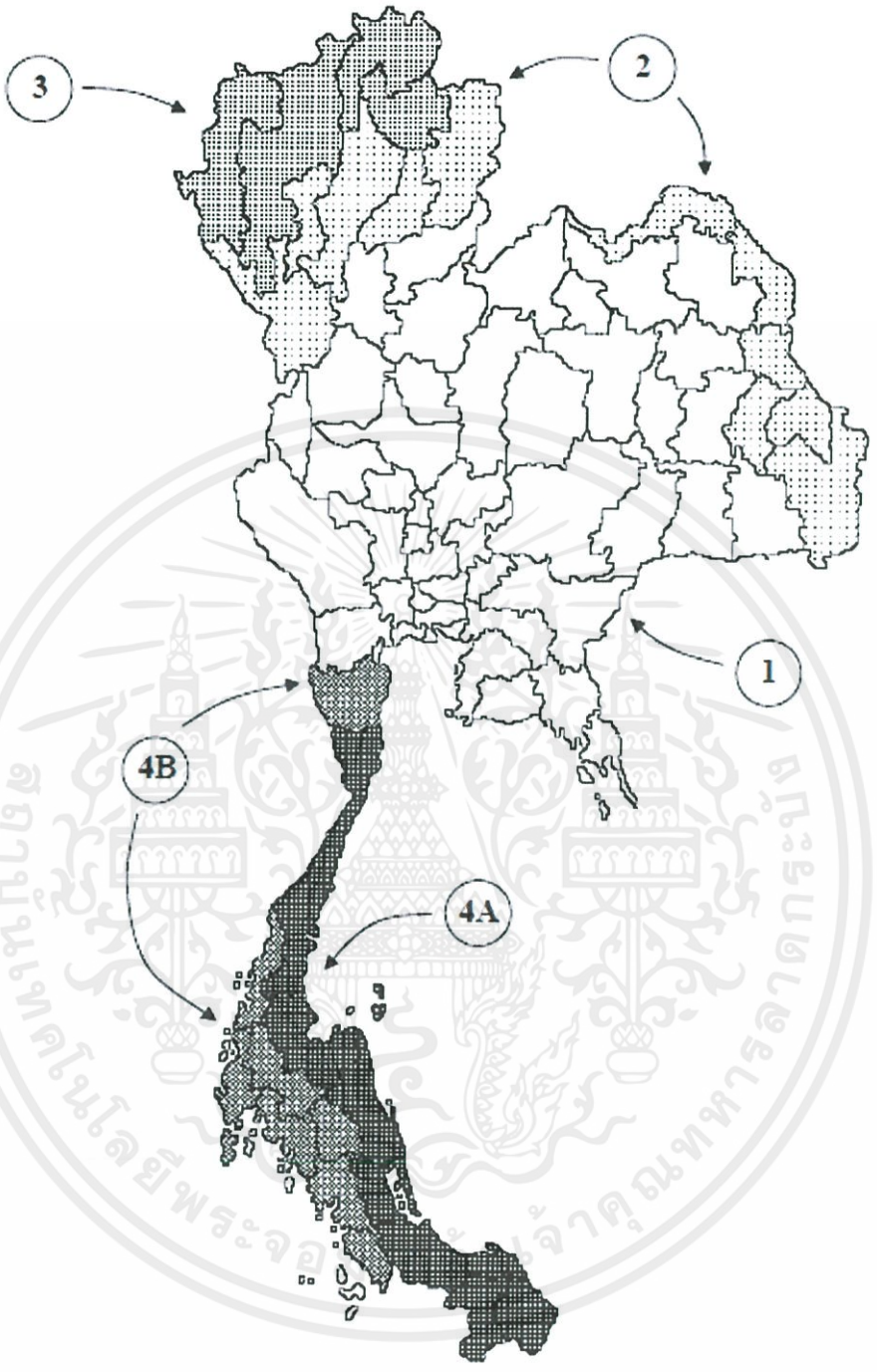
การจำแนกและการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงแสดงในรูปก.1 และตารางก-1 กลุ่มความเร็วลมอ้างอิงมีจำนวน 5 กลุ่มได้แก่

กลุ่มที่ 1 V_{50}= 25 เมตรต่อวินาที: T_F = 1.0
กลุ่มที่ 2 V_{50}= 27 เมตรต่อวินาที: T_F = 1.0
กลุ่มที่ 3 V_{50}= 29 เมตรต่อวินาที: T_F = 1.0
กลุ่มที่ 4A V_{50}= 25 เมตรต่อวินาที: T_F = 1.2
กลุ่มที่ 4B V_{50}= 25 เมตรต่อวินาที: T_F = 1.08

รูปที่ 3.1แสดงอาณาบริเวณโดยสังเขปของแต่ละกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงและตาราง 3.4 จำแนก 76 จังหวัดของประเทศไทยตามกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงโดยแบ่งเป็นตารางย่อยสำหรับแต่ละภาคของประเทศโดยทั่วไปพื้นที่ทั่วทั้งจังหวัดจะจัดอยู่ในกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงเดียวกันยกเว้นจังหวัดตากจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่มีการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงตามอำเภอ

หมายเหตุค่าประกอบไต้ฝุ่นในสมการ (3.10) ให้ใช้กับอาคารประเภทความสำคัญสูงมาก (ตารางที่ 3.1) ส่วนอาคารประเภทอื่นการใช้ค่าประกอบดังกล่าวให้เป็นไปตามดุลยพินิจของผู้คำนวณออกแบบโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.1. แสดงแผนที่การแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง($\overline{V}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กำแพงเพชร1	1
2. เชียงใหม่3	3
3. เชียงราย3	3
4. ตาก ก. อำเภออุ้งผาง	1
ข. บริเวณอื่นๆ	2
5. นครสวรรค์	1
7. พะเยา	3
8. พิจิตร	1
9. พิษณุโลก	1
10. เพชรบูรณ์	1
11. แพร่	2
12. แม่ฮ่องสอน	3
13. ลำปาง	2
14. ลำพูน	2
15. สุโขทัย	1
16. อุตรดิตถ์	1
17. อุทัยธานี	1

ตารางที่3.4.การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคเหนือ

จังหวัด	กลุ่มที่
1. จันทบุรี	1
2. ชลบุรี	1
3. ตราด	1
4. ระยอง	1

ตารางที่3.5.การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กรุงเทพมหานคร	1
2. กาญจนบุรี	3
3. ฉะเชิงเทรา	3
4. ชัยนาท	1
5. นครนายก	3
6. นครปฐม	1
7. นนทบุรี	1
8. ปราจีนบุรี	1
9. ปทุมธานี	2
10. ประจวบคีรีขันธ์	3
11. เพชรบุรี	2
12. ราชบุรี	2
13. ลพบุรี	1
14. สระบุรี	1
15. สิงห์บุรี	1
16. สุพรรณบุรี	1
17. สมุทรปราการ	1
18. สมุทรสงคราม	1
19. สมุทรสาคร	1
20. สระแก้ว	1
21. อยุธยา	1
22. อ่างทอง	1

ตารางที่3.6. การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กาฬสิน	1
2. ขอนแก่น	1
3. ชัยภูมิ	1
4. นครพนม	2
5. นครราชสีมา	1
6. บุรีรัมย์	1
7. มหาสารคาม	1
8. มุกดาหาร	2
9. ยโสธร	2
10. ร้อยเอ็ด	1
11. เลย	1
12. ศรีสะเกษ	1
13. สกลนคร	1
14. สุรินทร์	1
15. หนองคาย	2
16. หนองบัวลำภู	1
17. อุดรธานี	1
18. อำนาจเจริญ	2
19. อุบลราชธานี	2

ตารางที่3.7. การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กระบี่	4B
2. ชุมพร	4A
3. ตรัง	4B
4. นครศรีธรรมราช ก. อำเภอเมือง อำเภอขนอม อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา อำเภอพิปูน อำเภอพรหมคีรี อำเภอลานสกา อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร อำเภอชะอวด	4A
ข. บริเวณอื่นๆ	4B
5. นราธิวาส	4A
6. ปัตตานี	4A
7. พังงา	4B
8.พัทลุง	4A
9. ภูเก็ต	4B
10. ยะลา	4A
11. ระนอง	4B
12. สงขลา	4A
13. สตูล	4B
14. สุราษฎร์ธานี ก.อำเภอเมือง อำเภอท่าชนะ อำเภอไชยา อำเภอท่าฉาง อำเภอคีรีรัฐนิคม อำเภอพุนพิน อำเภอกาญจนดิษฐ์ อำเภอดอนสัก อำเภอบ้านนาเดิม อำเภอบ้านนาสาร อำเภอเกาะสมุย อำเภอเกาะพงัน	4A
ก.บริเวณอื่นๆ	4B

ตารางที่3.8. การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงกลุ่มจังหวัดในภาคใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8. แผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม

คำอธิบายสำหรับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมในภาคผนวกข. แบ่งออกเป็น3 หมวด คือคำอธิบายสำหรับการใช้หน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ยหน่วยแรงลมสำหรับอาคารสูงและหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างพิเศษ

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมคืออัตราส่วนระหว่างหน่วยแรงลม (pressure or suction) ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวต่างๆของอาคารกับค่าความดันพลศาสตร์ (dynamic pressure หรือvelocity pressure) ของลมที่เข้ามาปะทะอาคารค่าสัมประสิทธิ์นี้แปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งบนพื้นผิวอาคารรูปร่างของอาคาร ทิศทางของลมและลักษณะของลมที่เข้ามาปะทะค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในภาคผนวกนี้ได้จากการทดสอบแบบจำลองย่อส่วนของอาคารในอุโมงค์ลมซึ่งในหลายกรณีได้มีการตรวจสอบและเทียบผลกับค่าที่วัดได้จากอาคารจริง

ในการออกแบบองค์อาคารจะต้องทำการคำนวณหาค่าพื้นที่รับลมที่มีผลกระทบต่อองค์อาคารที่ออกแบบนั้นเสียก่อนเช่นพื้นที่รับลมสำหรับการออกแบบแปของหลังคามีค่าเท่ากับระยะห่างของแป (spacing) คูณด้วยความยาวของแปแต่ละตัวเป็นต้นพื้นที่ดังกล่าวเรียกว่าพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area)

3.1.8.1สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ย

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ข.1 ถึงข.8 ใช้สำหรับอาคารที่มีค่า $H/Ds \leq 0.5$ (Ds คือความกว้างของด้านที่แคบที่สุด) และมีความสูงของอาคาร (H) ไม่เกิน23 เมตรแต่สามารถใช้สำหรับอาคารที่มีค่า $H/Ds < 1$ และความสูงของอาคาร (H) ไม่เกิน23 เมตรได้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจากแหล่งอื่นที่ดีกว่าสำหรับอาคารที่มีลักษณะนอกเหนือไปจากที่กล่าวข้างต้นให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ ข.9

2. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมในรูปที่ข.1 ถึงข.8 แสดงในรูปของผลคูณ C_pC_g ซึ่งได้รวมเอาผลเนื่องจากการกระโชกของลมไว้แล้วหน่วยแรงลมที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์นี้เป็นหน่วยแรงลมกระโชกสูงสุดที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในช่วงเวลา1 วินาที

3. การคำนวณค่าหน่วยแรงลมในบางกรณีจำเป็นต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคารในกรณีเช่นนี้ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับ มยผ.1311-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร55 การออกแบบเป็นผลรวมแบบเวคเตอร์ของหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกอาคารและหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายในโดยคำนวณได้จากสมการ

$$P_{net} - P + P_i \qquad (3.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$P = I_w q C_g C_e C_p$ คือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคารตามที่กำหนด

$P = I_w q C_{gi} C_e C_{pi}$ คือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคารตามที่กำหนด

ทั้งนี้การคำนวณค่าหน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q) เป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ3.3.1 การคำนวณค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ C_e เป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ2.3.4 โดยให้ค่าความสูงของพื้นดิน (z) มีค่าเท่ากับความสูงอ้างอิง (h) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวกข. และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายในอาคาร C_pC_g เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวกข.

4. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ 3.11ใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักที่รับผนังหลายด้านเช่นโครงข้อแข็งของอาคารที่รับทั้งหลังคาและผนังภายนอกเป็นต้นค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวแสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงลม (wind load distribution) ที่ให้ค่าแรงลัพธ์ต่างๆ (horizontal trust, uplift, frame moments) ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงจากการทดลองดังนั้นในการออกแบบจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลของแรงลมที่กระทำแบบบางส่วน (partial loading)

5. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม C_pC_g ที่แสดงในรูปที่ 3.12 ถึง 3.18 ใช้สำหรับออกแบบผนังภายนอกอาคารหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members) เช่นแปของหลังคาเป็นต้นนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักที่แบกรับผนังด้านเดียวเช่นโครงสร้างหลังคาที่มีจุดต่อระหว่างโครงสร้างหลังคากับโครงสร้างส่วนอื่นในลักษณะที่ไม่สามารถถ่ายโมเมนต์ดัดเข้าสู่โครงสร้างส่วนอื่นได้เป็นต้น

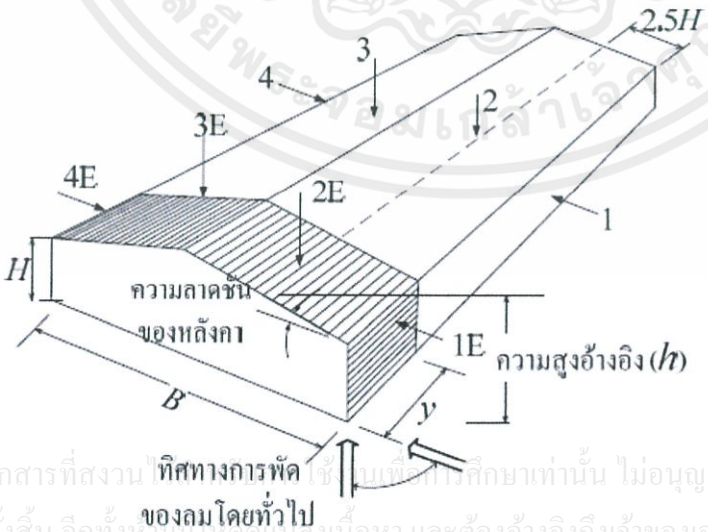
การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเตี้ยและอาคารสูงที่มีลักษณะและรูปร่างต่างๆได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทอาคาร	ประเภทโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา (α)	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเตี้ยที่มีค่า $H/D_s < 1$และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	C_pC_g
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา			
	(1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7°$	ข.3	
	(2) หลังคาละระดับ	$\alpha = 0°$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7°$	ข.3	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \geq 7°$	ข.5	
		$\alpha \leq 10°$	ข.3	
		$\alpha \geq 10°$	ข.6	
	(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3°$	ข.3	
		$3 < \alpha \leq 30°$	ข.7	
	(6) หลังคารูปฟันเลื่อย	$\alpha \leq 10°$	ข.3	
		$\alpha > 10°$	ข.8	
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	C_pและ C^*_p

ตารางที่3.9.การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเตี้ยและอาคารสูง

แรงกระทำกรณีที่1 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา

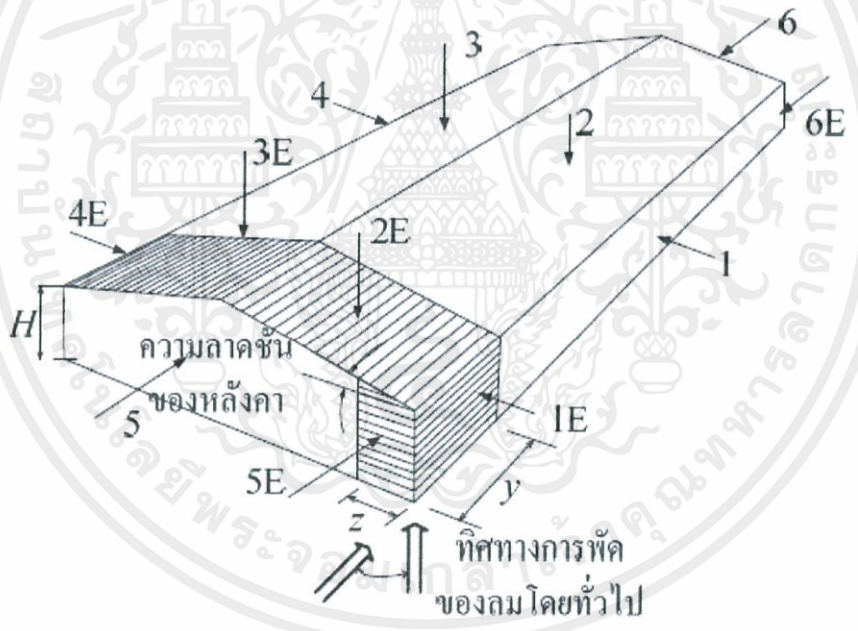


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0° ถึง 5°	0.75	1.15	-1.30	-2.00	-0.70	-1.00	-0.55	-0.80
20°	1.00	1.50	-1.30	-2.00	-0.90	-1.30	-0.80	-1.20
30° ถึง 45°	1.05	1.30	0.40	0.50	-0.80	-1.00	-0.70	-0.90
90°	1.05	1.30	1.05	1.30	-0.70	-0.90	-0.70	-0.90

รูปที่ 3.2ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักโดยคำนึงถึงผลกระทบของแรงลมที่กระทำกับพื้นที่ผิวทุกด้านของอาคารพร้อมกัน

แรงกระทำกรณีที่2 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวขนานกับสันหลังคา



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ถึง 90°	-0.85	0.90	-1.30	-2.00	-0.70	-1.00	-0.55	-0.80	-0.75	1.15	-0.55	-0.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2(ต่อ)

คำอธิบายประกอบรูปที่ 3.2

1. อาคารต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงลมได้ในทุกทิศทางโดยที่ทั้ง4 มุมของอาคารต้องได้รับการพิจารณาให้เป็นมุมที่รับแรงลม (windward corner) ตามรูปแรงลมที่กระทำต้องพิจารณาแยกเป็นแรงกระทำกรณีที่1 และกรณีที่2 เพื่อคำนวณหาค่าแรงกระทำต่างๆรวมทั้งแรงบิดที่เกิดขึ้นกับระบบโครงสร้าง

2. สำหรับหลังคาที่องศาความชันเป็นค่าอื่นที่ไม่ได้แสดงไว้ในตารางให้เทียบบัญญัติไตรยางศ์เพื่อคำนวณหาค่า $CpCg$ จากค่าที่แสดงไว้ในตาราง

3. สัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าบวกแสดงถึงแรงกระทำที่พุ่งเข้าและตั้งฉากกับพื้นผิวส่วนสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าลบแสดงถึงแรงกระทำที่พุ่งออกและตั้งฉากกับพื้นผิว

4. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาเพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ3.3.5.1 ของมาตรฐานนี้

5. สำหรับการออกแบบฐานราก (ยกเว้นส่วนที่ยึดโครงอาคารกับฐานราก (anchorages) ให้ใช้ค่า 70% ของแรงประสิทธิผล (effective load) ในการออกแบบ

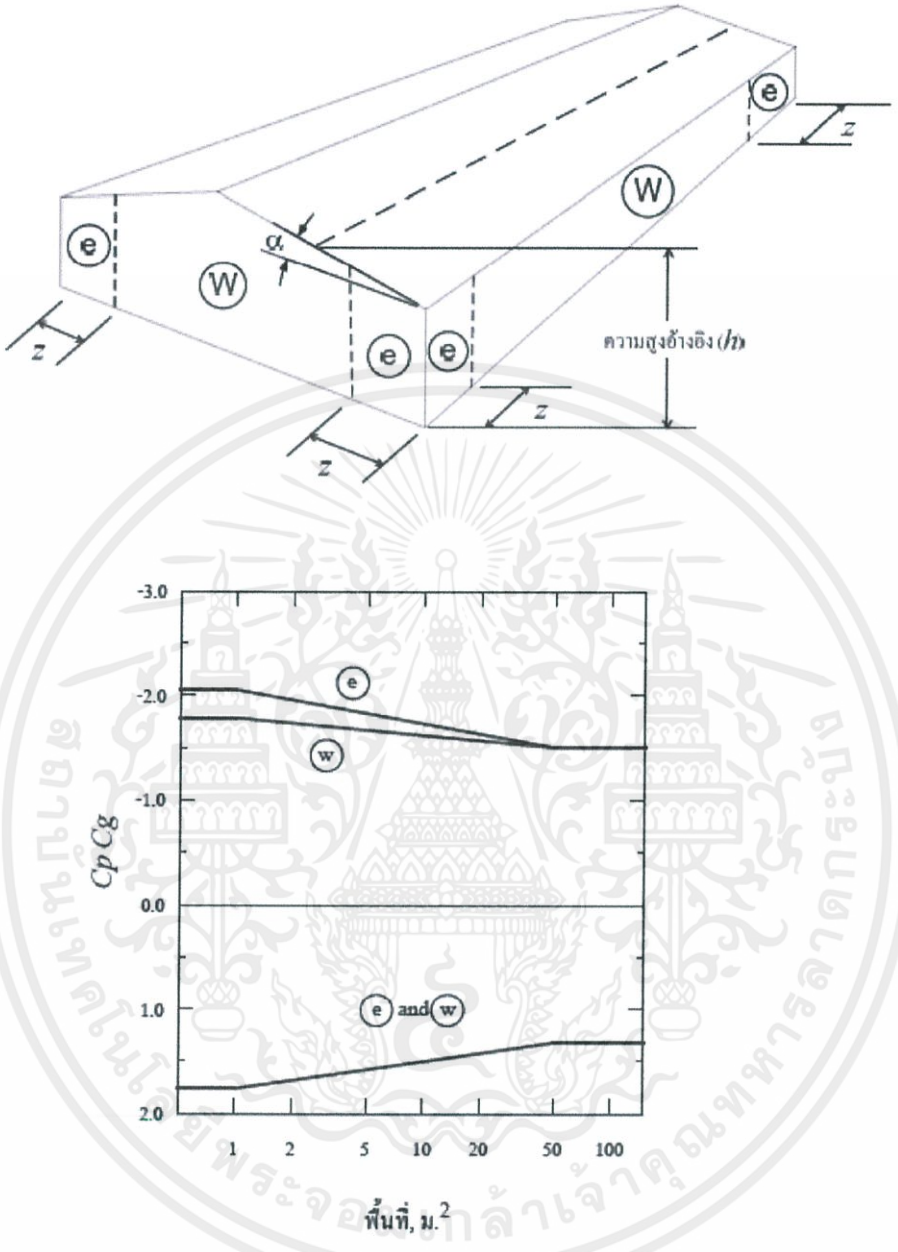
6. ความสูงอ้างอิง h, สำหรับหน่วยแรงลมให้ใช้ความสูงที่วัดถึงจุดกึ่งกลาง (Mid-height) ของหลังคาทั้งนี้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า6 เมตรในกรณีความชันของหลังคาน้อยกว่า7 องศาสามารถใช้ความสูงของชายคาแทนได้

7. ความกว้าง "z" ของพื้นที่บริเวณขอบของผนังหน้าจั่ว (gable wall) มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H ทั้งนี้ค่า "z" ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร

8. ความกว้าง"y"ของพื้นที่บริเวณขอบอาคาร (end zone) มีค่าเท่ากับค่าที่มากกว่าระหว่าง 6 เมตรและ2zสำหรับอาคารที่สร้างขึ้นจากโครงข้อแข็ง (Frame) หลายๆตัวมาประกอบกันค่า"y"อาจจะพิจารณาให้มีค่าเท่ากับระยะที่วัดจากขอบของอาคารถึงโครงข้อแข็งภายในตัวแรก (first interior frame)

9. สำหรับแรงกระทำกรณีที่1 ในกรณีที่อาคารที่มีค่า B/H> 5 ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าลบบนพื้นผิว 2 และ 2E ควรจะใช้กับพื้นที่ที่กว้าง 2.5H จากขอบของอาคารด้านต้นลมเท่านั้นสำหรับพื้นส่วนที่เหลือบนพื้นผิว 2 และ 2E สามารถกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้กับพื้นผิว 3 และ 3E ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ($C_p C_g$) สำหรับการออกแบบผนังภายนอกและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ 3.3

1.ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับผนังอาคารในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูปค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว

2. ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่แสดงไว้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับหลังคาทุกๆความชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

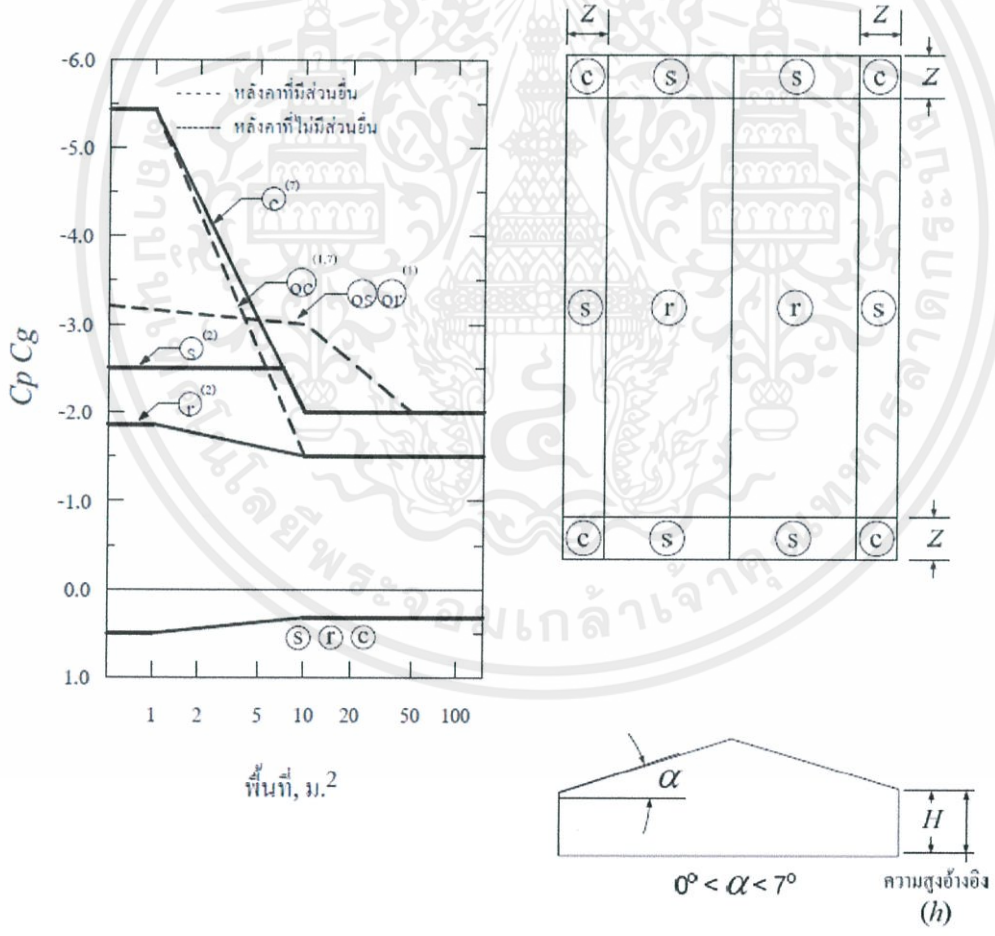
3. ค่าในแกนxของกราฟที่แสดงในรูปคือพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributaryarea) ในแต่ละโซน

4. ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H ทั้งนี้ค่า "z" ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร

5. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ2.3.5.1 ของมาตรฐานฯนี้

6. ค่าความสูง, h, สำหรับการคำนวณหน่วยแรงลมให้ใช้ความสูงที่วัดถึงจุดกึ่งกลาง (mid-height) ของหลังคาแต่ทั้งนี้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 6 เมตร

7.ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าแรงลมสำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารได้ทุกประเภทยกเว้นในกรณีที่มีครีบแนวดิ่ง (vertical ribs) ที่มีความลึกมากกว่า1 เมตรยึดติดอยู่กับระบบผนังภายนอกอาคารให้ใช้ค่า C_pC_g = -2.8 กระทำกับโซนeของอาคาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

รูปที่ 3.4. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำบนพื้นผิวของหลังคาที่มีค่าความชันน้อยกว่า 70 สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ 3.4.

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูปค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว

2. ในกรณีที่หลังคามีส่วนยื่น (roof with overhang) หน่วยแรงลมลัพธ์ที่กระทำต่อส่วนยื่นจะเป็นผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนและพื้นผิวด้านล่างค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมลัพธ์สำหรับส่วนที่ยื่นดังกล่าวแสดงโดยกราฟที่มีสัญลักษณ์ "O" นำหน้า

3. ในทุกกรณีไม่ว่าหลังคามีส่วนยื่นหรือไม่มีส่วนยื่นค่าสัมประสิทธิ์จากกราฟ s, r และ c เป็นค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนของหลังคาในโซน s, r และ c ตามลำดับ

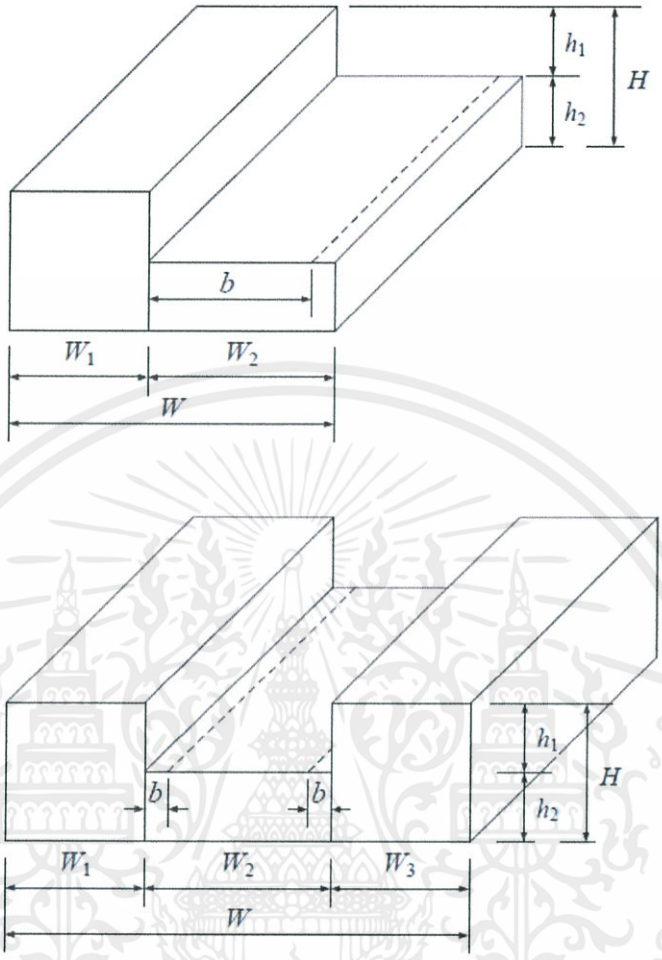
4. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในภาพคือพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (designtributary area) ในแต่ละโซน

5. ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H แต่ทั้งนี้ค่า "z" ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร

6. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคารเพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.3.5.1 ของมาตรฐานฯนี้

7. สำหรับการออกแบบแรงดูดของหลังคาที่มีพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบมากกว่า 100ม.2 และมีศูนย์กลางของพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบห่างจากขอบหลังคามากกว่า $2H$ ให้ลดค่า C_pC_g เหลือเท่ากับ -1.1 ที่ $x / H = 2$ และลดค่าลงเป็นเชิงเส้นเท่ากับ-0.6 ที่ $x / H = 5$ โดยที่ x = ระยะห่างจากขอบหลังคาและ H = ความสูงของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำบนหลังคาลดระดับ (stepped roof) โดยใช้ประกอบกับรูปที่ข.3 สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ 3.5.

1. ค่าสัมประสิทธิ์ C_pC_g สำหรับหลังคาในรูปที่ข.3 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหลังคาลดระดับของอาคารที่แสดงในภาพนี้ได้ยกเว้นในส่วนของหลังคาลดระดับที่วัดจากกำแพงเป็นระยะbซึ่งในส่วนนี้ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเป็นบวกของกำแพงในรูปที่ 3.13

2. ความกว้าง " b " มีค่าเท่ากับ $1.5h_1$ และไม่เกิน30 เมตร

3. สำหรับพื้นที่กำแพงด้านต่างๆรวมทั้งกำแพงที่อยู่ติดกับขอบของหลังคาลดระดับให้แบ่งโซนและใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมทั้งค่าบวกและค่าลบเท่ากับกำแพงในรูปที่ 3.13

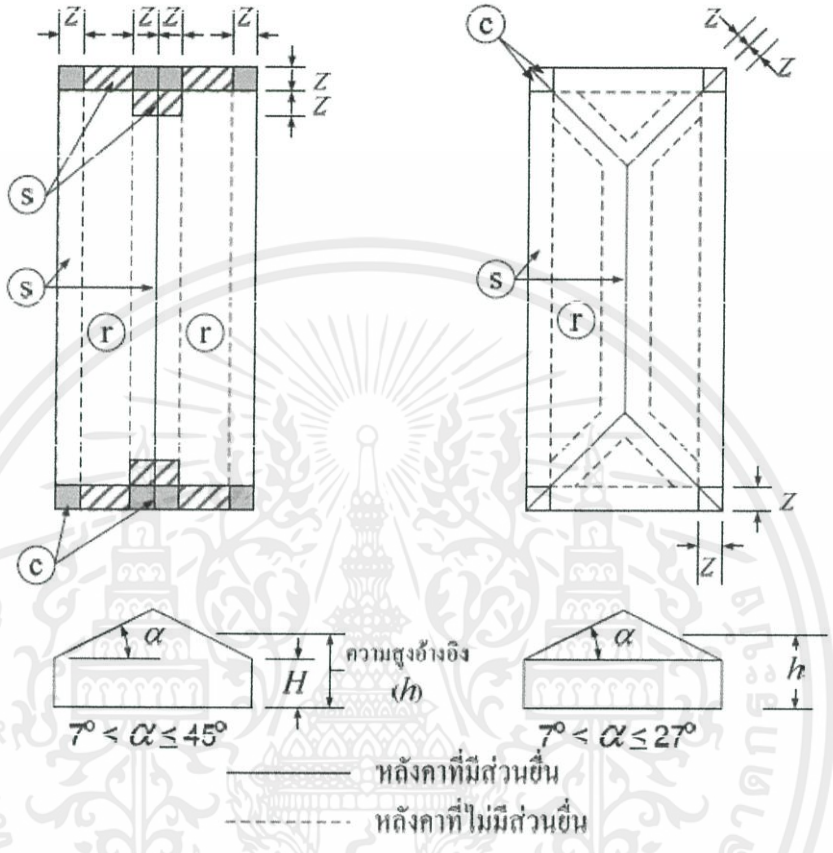
4. รูปที่ข.4 ใช้ได้กับหลังคาที่มีขนาดและสัดส่วนทางเรขาคณิตที่สอดคล้องกับข้อกำหนดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

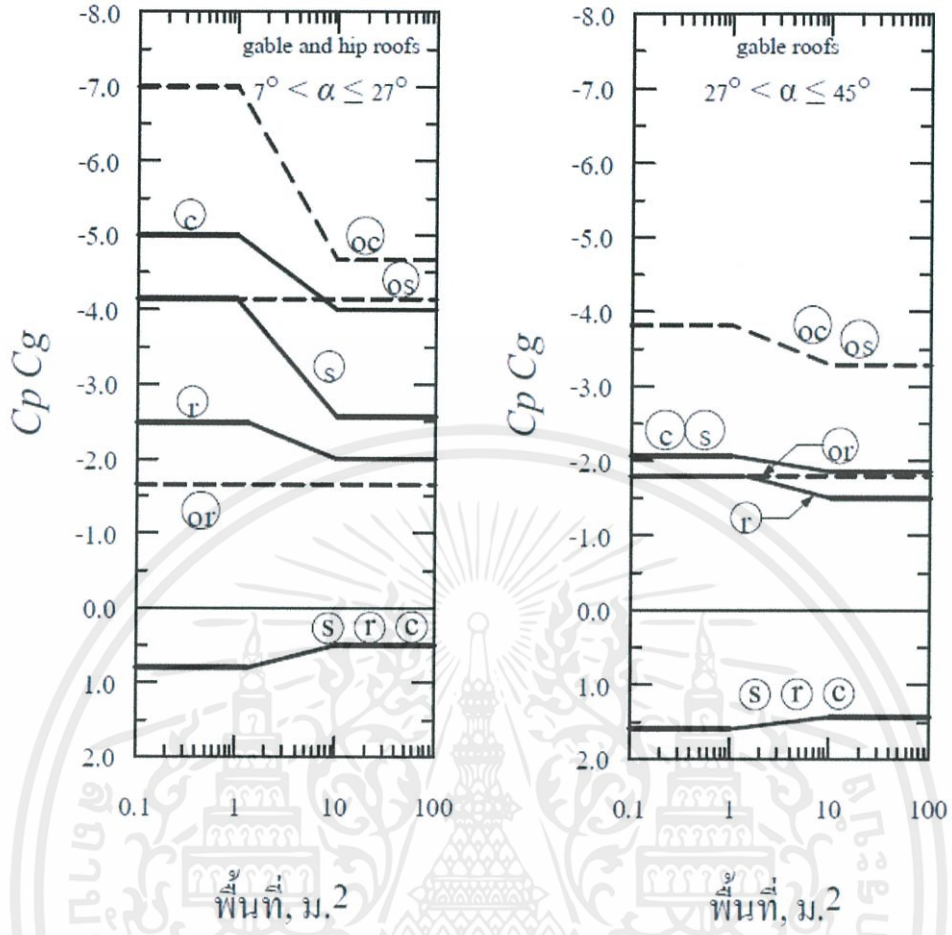
$h_1 \geq 3$ เมตร

$h_1 \geq 0.3$ เมตร

$0.25w \leq (w_1, w_2 \text{ และ} w_3) \leq 0.75w$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6.ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำกับหลังคาที่มีความชันมากกว่า 7° สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ 3.6.

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูปค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว

2. ในกรณีที่หลังคามีส่วนยื่น (roof with overhang) หน่วยแรงลมลัพธ์ที่กระทำต่อส่วนยื่นจะเป็นผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนและพื้นผิวด้านล่างค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมลัพธ์สำหรับส่วนที่ยื่นดังกล่าวแสดงโดยกราฟที่มีสัญลักษณ์ “O” นำหน้า

3. ในทุกกรณีไม่ว่าหลังคามีส่วนยื่นหรือไม่มีส่วนยื่นค่าสัมประสิทธิ์จากกราฟ s, r และ c เป็นค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนของหลังคาในโซน s, r และ c ตามลำดับ

4. ค่าในแกนxของกราฟที่แสดงในภาพคือพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

5. ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H แต่ทั้งนี้ค่า "z" ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า1 เมตร

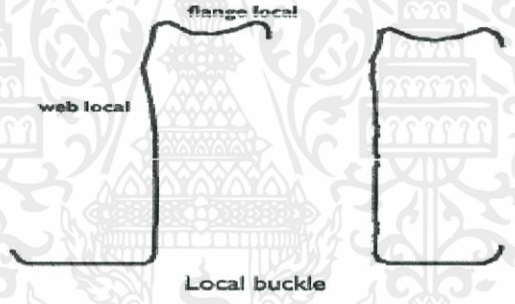
6. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาเพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ3.3.1.6

3.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนการออกแบบเหล็กรีดเย็น

3.2.1. พฤติกรรมของเหล็กรีดเย็น

3.2.1.1. การโก่งเดาะเฉพาะจุด (Local Buckling)

การโก่งเดาะเล็ก ๆในปีกและเหล็กตัวตั้ง หรือของชิ้นส่วน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณของเหล็กที่สามารถบรรทุกและทำให้การลดลงของความจุของหน้าตัด. ถ้าหากตัวยึดรั้งจะไม่เพิ่มความจุ

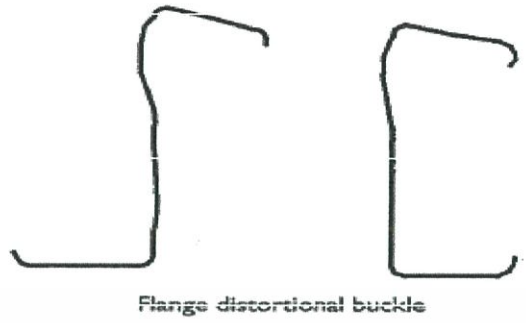


รูปที่3.7. ภาพลักษณะการเกิด Local Buckling

3.2.1.2. การโก่งเดาะแบบเสียรูป (Distortional buckling)

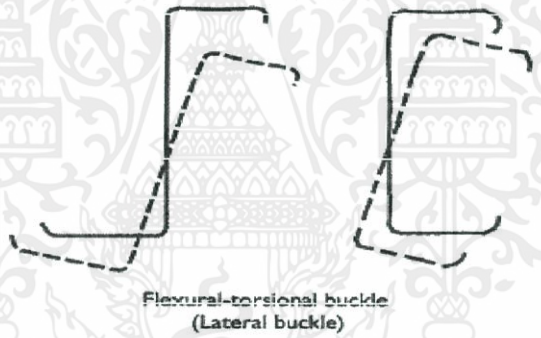
การโก่งเดาะแบบเสียรูป หรือในที่รู้จักกันว่าชิ้นส่วนลดการโก่งเฉพาะจุด (stiffener buckling) หรือการโก่งเดาะเฉพาะจุดจากการบิด (local-torsional buckling) จะเป็นลักษณะที่มีจุดหมุนของปีกที่จุดเชื่อมปีก/ เหล็กตัวตั้งในชิ้นส่วนที่มีความแข็งเป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.8. การโก่งเดาะแบบเสียรูป (Distortional buckling)

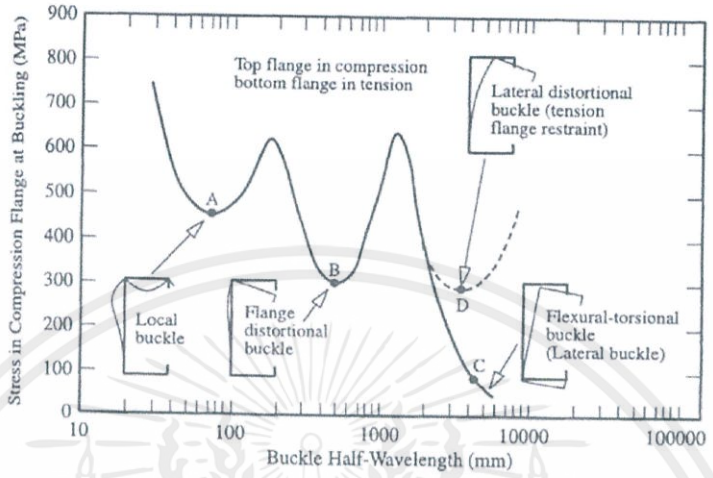
3.2.1.3. การโก่งเดาะเนื่องจากการดัดและบิด (Flexural Torsional Buckling)



รูปที่3.9. ภาพลักษณะการเกิดการโก่งเดาะเนื่องจากการดัดและบิด
(Flexural Torsional Buckling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการโก่งเดาะ



รูปที่3.10.

A. การโก่งเดาะเฉพาะจุด (Local Buckling)

B และ D. การโก่งเดาะแบบเสียรูป (Distortional buckling)

C. การโก่งเดาะเนื่องจากการดัดและบิด (Flexural Torsional Buckling)

ในปี 1946 ได้นำเสนอการดัดแปลงสูตรต่อไปนี้สำหรับความกว้างประสิทธิผล b *สำหรับแผ่นที่รองรับเพียงตามขอบยาวทั้งหมด*

$$b = 1.9t\sqrt{\frac{E}{f_{max}}}\,[1 - 0.475\left(\frac{t}{w}\right)\sqrt{\frac{E}{f_{max}}}]$$

ในช่วงระยะเวลา 1946-1968 AISI ได้บัญญัติการออกแบบสำหรับการหาความกว้างประสิทธิผลที่ใช้ในการออกแบบอยู่บนพื้นฐานของสมการข้างต้น จากประสบการณ์อันยาวนานได้แสดงให้เห็นว่าสมการที่นำมาใช้หาความกว้างประสิทธิผล b

$$b = 1.9t\sqrt{\frac{E}{f_{max}}}\,[1 - 0.415(\frac{t}{w})\sqrt{\frac{E}{f_{max}}}]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในมุมมองของความจริงที่ว่าสมการข้างต้นมีความสัมพันธ์ดีกับชิ้นส่วนแข็งที่รับแรงอัดมีน้อย หรือไม่มีการยึดรั้งข้อหมุนตามขอบแนวยาวทั้งสอง (คือ k = 4), สมการนี้สามารถแสดงการหาความกว้างประสิทธิผลของชิ้นส่วนแข็งที่รับแรงอัดที่มีการยึดรั้งข้อหมุนที่แตกต่างกัน

$$b = 0.95t\sqrt{\frac{kE}{f_{max}}}\left[1 - 0.208\left(\frac{t}{w}\right)\sqrt{\frac{kE}{f_{max}}}\right]$$

เมื่อ k คือค่าสัมประสิทธิการโก่งเดาะ

3.2.2. AISI – การพิจารณาความแบนเรียบความกว้างของปีกต่อความหนา (Flange Flat-Width-to-Thickness Considerations)

อัตราส่วนความกว้างถึงความหนาสูงสุด

อัตราส่วนสูงสุดที่ยอมรับความแบนกว้างถึงความหนาโดยรวม, w/t, ไม่คำนึงถึงความหนาที่เกิดขึ้นจริงของชิ้นส่วน ดังต่อไปนี้

ชิ้นส่วนปลายยึดรับแรงอัดมีด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับความยาวของชิ้นส่วนปีกโดย $w/t \leq 60$

ชิ้นส่วนปลายยึดรับแรงอัดกับด้านยาวที่เชื่อมต่อกับชิ้นส่วนอื่นๆ $w/t \leq 500$

ชิ้นส่วนปลายยึ่นรับแรงอัด $w/t \leq 60$

อัตราส่วนสุดระหว่างความสูงของเอวต่อความหนา

อัตราส่วน h/t ของเอวของชิ้นส่วนดัดจะต้องไม่เกินข้อจำกัดต่อไปนี้

(a) สำหรับเอวที่ไม่มีโครงสร้างที่แข็งแรง : $(h/t)max = 200$

(b) สำหรับเอวซึ่งมีให้กับด้านยึดตามขวาง ตามข้อกำหนดต่อไปนี้

(1) เมื่อปลายยึดรับแรงแบกทานเท่านั้น $(h/t)max = 260$

(2) เมื่อปลายยึดและปลายยึดส่วนกลางรับแรงแบกทาน $(h/t)max = 300$

เมื่อ

h = ความลึกของส่วนแบนของเอวตามระนาบของเอว

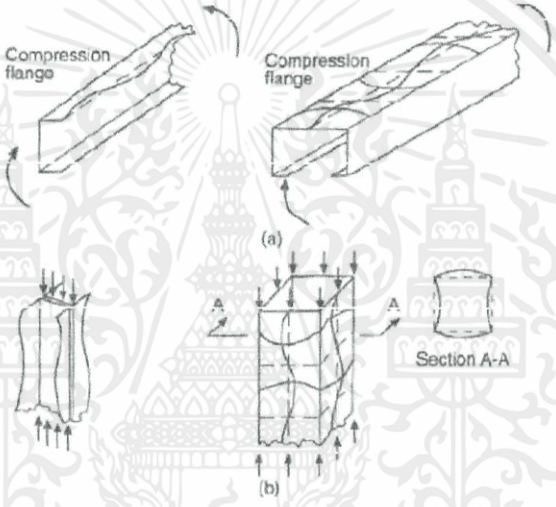
t = ความหนาของเอวที่ประกอบด้วยเอว 2 แผ่นหรือมากกว่า อัตราส่วน h/ t จะต้องคำนวณสำหรับแต่ละแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. AISI - ชิ้นส่วนปลายยึดรับแรงอัดที่เหมือนกัน (Uniformly Compressed Stiffened Elements)

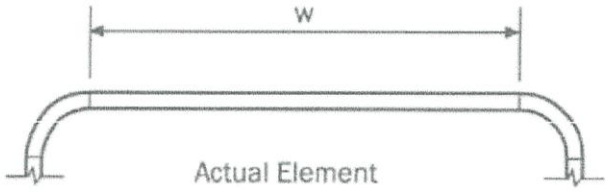
เพราะอัตราส่วนระหว่าง w/t นั้นน้อยมาก,จึงเกิดความเครียดในปีกที่รับแรงอัดสามารเข้าถึงจุดคราก็ของเหล็กและกำลังของชิ้นส่วนเป็นตัวบังคับโดยการคราก

สำหรับปีกที่รับแรงอัดกับอัตราส่วน w/t ขนาดใหญ่,การโก่งเดาะเฉพาะส่วนจะเกิดขึ้น(ดูตามตัวอย่างด้านล่างรูปที่1) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความแข็งแรงที่ลดลงที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนจากการเกิดการโก่งเดาะเฉพาะจุด,และความกว้างประสิทธิผลคือใช้ความกว้างของจริง ความกว้างประสิทธิผลคือตัวอย่างตามรูปที่ 2 ด้านล่าง



รูปที่3.11. แสดงการโก่งเดาะเฉพาะจุดของชิ้นส่วนรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.12. แสดง effective element

3.2.4. AISI – ชิ้นส่วนปลายยึดรับแรงอัดที่เหมือนกัน (Uniformly Compressed Stiffened Elements)

ความกว้างที่มีประสิทธิภาพ b, จะถูกกำหนดจากสมการดังต่อไปนี้

$$b = w \text{ เมื่อ } \boldsymbol{\lambda} \leq 0.673 \quad (3.16)$$

$$b = \rho w \text{ เมื่อ } \boldsymbol{\lambda} > 0.673 \quad (3.17)$$

w = ความกว้างแฟลต

$$\rho = (1 - 0.22/\boldsymbol{\lambda}) \quad (3.18)$$

$$\boldsymbol{\lambda} = Slenderness\ factor = \sqrt{\frac{f}{Fcr}} \quad (3.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Fcr = k\frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)}\left(\frac{t}{w}\right)^2 \quad (3.20)$$

โดยที่ k = Plate buckling coefficient = 4 สำหรับองค์ประกอบตัวแข็งรับการสนับสนุนโดยเหล็กตัวตั้งบนขอบยาวแต่ละ ค่าสำหรับชนิดที่แตกต่างกันขององค์ประกอบจะได้รับในส่วนที่ใช้บังคับ

t = ความหนา

f = หน่วยแรงอัดองค์ประกอบการคำนวณดังนี้

จากแรงตัดในชิ้นส่วน:

(1) เมื่อเริ่มเกิดจุดครากอยู่ในแรงอัดในชิ้นส่วน

พิจารณา, f = Fy เมื่อเริ่มต้นจุดครากอยู่ในหน่วยแรงดึง, หน่วยแรงอัด, f, ชิ้นส่วนในพิจารณาจะได้รับการพิจารณาบนพื้นฐานของความมีประสิทธิภาพส่วนที่ My (โมเมนต์ที่ก่อให้เกิดจากการเริ่มจุดคราก).

(2) เมื่อเกิดการโก่งเดาะทางด้านข้างจากการบิด f =Fc ตามที่อธิบายไว้ในมาตราที่ในการพิจารณา λ_c.

จากชิ้นส่วนรับแรงอัด :

F ถูกนำตัวไปเท่ากับ Fn ตามที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้:

จาก $\lambda c \leq 1.5$ $F_n = (0.658\lambda c^2)F_y$ (3.21)

จาก $\lambda c > 1.5$ $F_n = [\frac{0.877}{\lambda c^2}]F_y$ (3.22)

$$\lambda = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (3.23)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (3.24)$$

3.2.5. AISI – เอวและชิ้นส่วนปลายยึดอื่นๆใต้สภาวะความลาดของความเครียด (Webs and other Stiffened Elements under Stress Gradient)

เมื่อคานอยู่ภายใต้โมเมนต์ส่วนแรงอัดของเหล็กตัวตั้งอาจโก่งเดาะเนื่องจากหน่วยแรงอัดที่เกิดจากการดัด ที่กล่าวมาถูกนำมาในชิ้นส่วนดังนี้ :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b1 = ความกว้างที่มีประสิทธิภาพ

b2 = ความกว้างที่มีประสิทธิภาพ

be = ความกว้างที่มีประสิทธิภาพb กำหนดให้สอดคล้องกับส่วนก่อนหน้านี้ที่มี f1 แทนที่ F และ K ที่กำหนดให้เป็นในชิ้นส่วนนี้

bo = ความกว้างนอกถึงนอกจากแรงอัดที่ปีกตามที่กำหนดไว้ในรูปด้านล่าง

f1, f2 = หน่วยแรงแสดงในรูปด้านล่าง .โดยที่ f1 และ f2 แรงอัดทั้ง 2 ค่า, f1 >= f2

ho = ความลึกนอกถึงนอกของเหล็กตัวตั้ง ที่กำหนดไว้ที่รูปด้านล่าง

$$k = 4 + 2(1 + \psi)^3 + 2(1 + \psi) \tag{3.25}$$

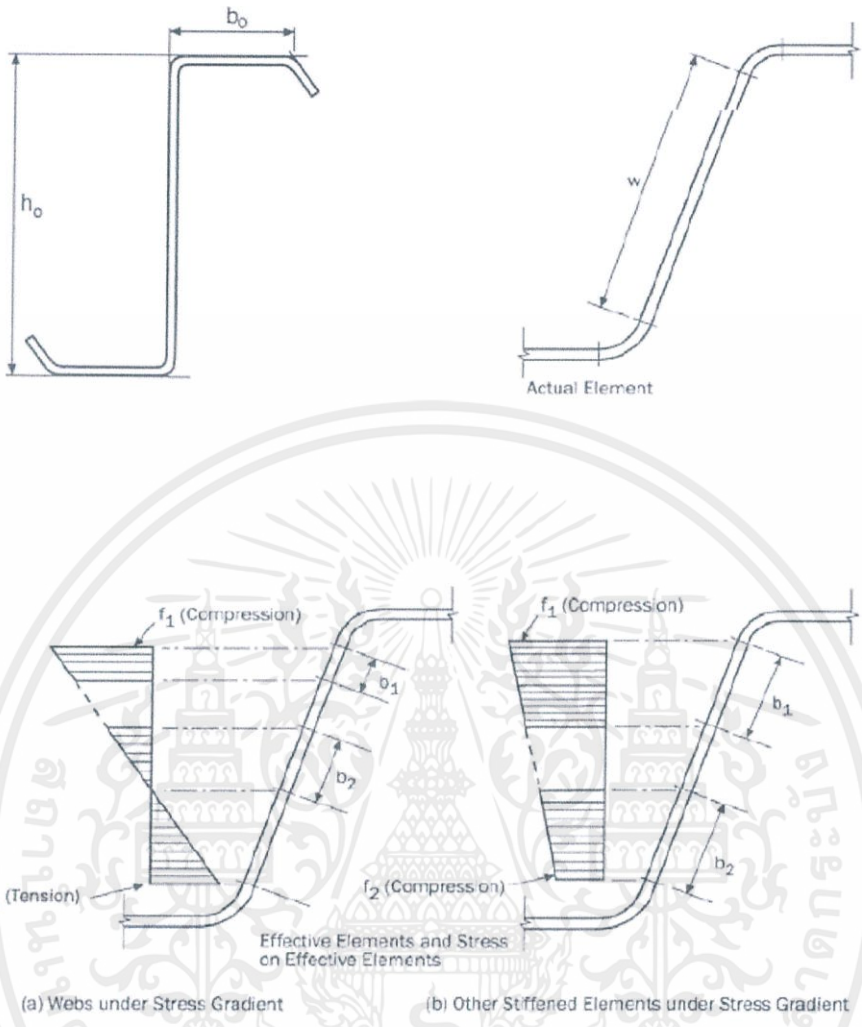
$$\psi = \left|\frac{f_2}{f_1}\right| \ (absolute\ )$$

$$For \frac{h_o}{b_o} > 4^{th} \tag{3.26}$$

$$b_1 = \frac{b_e}{3 + \psi}$$

$$b_2 = \frac{b_e}{(1 + \psi) - b1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

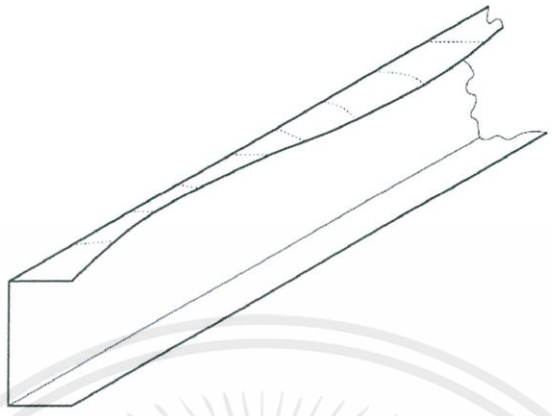


รูปที่ 3.13. แสดง Stress Gradient

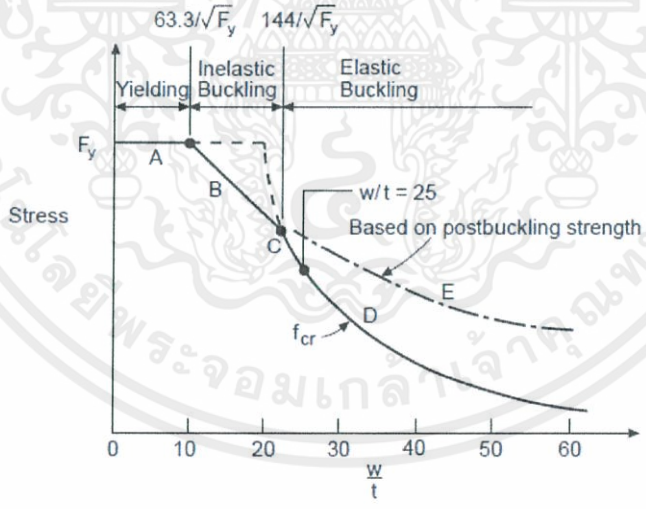
3.2.6. AISI – ความกว้างประสิทธิผลของชิ้นปลายยื่น (Effective Widths of Unstiffened Elements)

ที่คล้ายกับชิ้นส่วนปลายยึดบางส่วนที่รับแรงอัดใน ชิ้นส่วนปลายยื่นรับแรงอัดสามารถเข้าถึงจุดครากของเหล็กถ้าอัตราส่วน W / T มีขนาดเล็ก เพราะ ชิ้นส่วนปลายยื่น ได้หนึ่งขอบยาวสนับสนุนโดยเว็บและขอบอื่น ๆ เป็นฟรีอัตราส่วนความกว้างต่อความหนา ของ ชิ้นส่วนปลายยื่น มีมากน้อยกว่าชิ้นส่วนปลายยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.14. การเกิดการโก่งเดาะเฉพาะจุดของชิ้นส่วนปลายยื่นรับแรงอัด
(Local Buckling of Unstiffened Compression Flange)



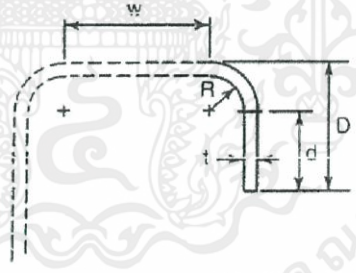
รูปที่ 3.15. แสดงกราฟ ความเครียดสูงสุดของชิ้นส่วนปลายยื่นรับแรงอัด
(Maximum Stress for Unstiffened Compression Elements)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16. ชิ้นส่วนปลายยื่นกับแรงอัดเหมือนกัน
(Unstiffened Element with Uniform Compression)

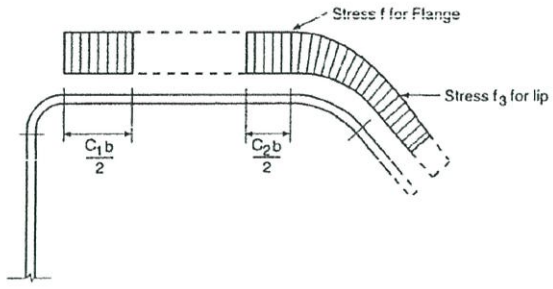
3.2.7. AISI – ชิ้นส่วนปลายยื่นและขอบปลายยึดใต้ความลาดของความเครียด
(Unstiffened Elements and Edge Stiffeners under Stress Gradient)

ขอบของปลายยึดจะใช้เพื่อให้สนับสนุนอย่างต่อเนื่องยาวไปตามขอบของแรงอัดที่ปีกเพื่อปรับปรุงหน่วยแรงที่การโก่งเดาะ แม้ว่าในกรณีส่วนใหญ่ที่ทำให้แข็งขอบใช้รูปแบบของขอบเรียบง่าย (รูปด้านล่าง) ประเภทอื่น ๆ ของ ปลายยึด นอกจากนี้ยังสามารถใช้สำหรับการเหล็กรีดเย็นชิ้นส่วน เพื่อที่จะให้การสนับสนุนที่จำเป็นชิ้นส่วนนับแรงอัด, ทำให้ขอบของปลายยึดต้องมีความแข็งเก็งเพียงพอ มิฉะนั้นอาจการโก่งเดาะตั้งฉากกับระนาบของชิ้นส่วนที่ปลายยึด.



รูปที่ 3.17. ขอบปลายยึด (Edge stiffener)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.18. ชิ้นส่วนรับแรงอัดกับขอบปลายยึด (Compression element with an edge stiffener)

ความกว้างที่มีประสิทธิผลของชิ้นส่วนที่เกิดแรงอัดแพร่ทำให้ขอบของปลายยึดสามารถคำนวณได้ดังนี้ :

$$Case\ I: \frac{w}{t} \leq \frac{s}{3} \tag{3.27}$$

$$I_a = 0$$

$$b = w$$

$$d_s = d's \text{จาก } simple\ lip\ stiffener$$

$$A_s = A's \text{จากอื่นๆของ } stiffener\ shapese$$

$$Case\ II: \frac{s}{3} < \frac{w}{t} \leq s \tag{3.28}$$

$$I_a = 339\left\{\left[\frac{\frac{w}{t}}{\frac{s}{}}\right] - \sqrt{k_u/4}\right\}^3 t^4$$

$$n = \frac{1}{2}$$

$$c_2 = \frac{I_s}{I_a} \leq 1$$

$$c_1 = 2 - c_2$$

$$Case\ III: \frac{w}{t} \geq s \tag{3.29}$$

$$I_a = \left\{\left[\frac{115(\frac{w}{t})}{s}\right] - 5\right\} t^4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

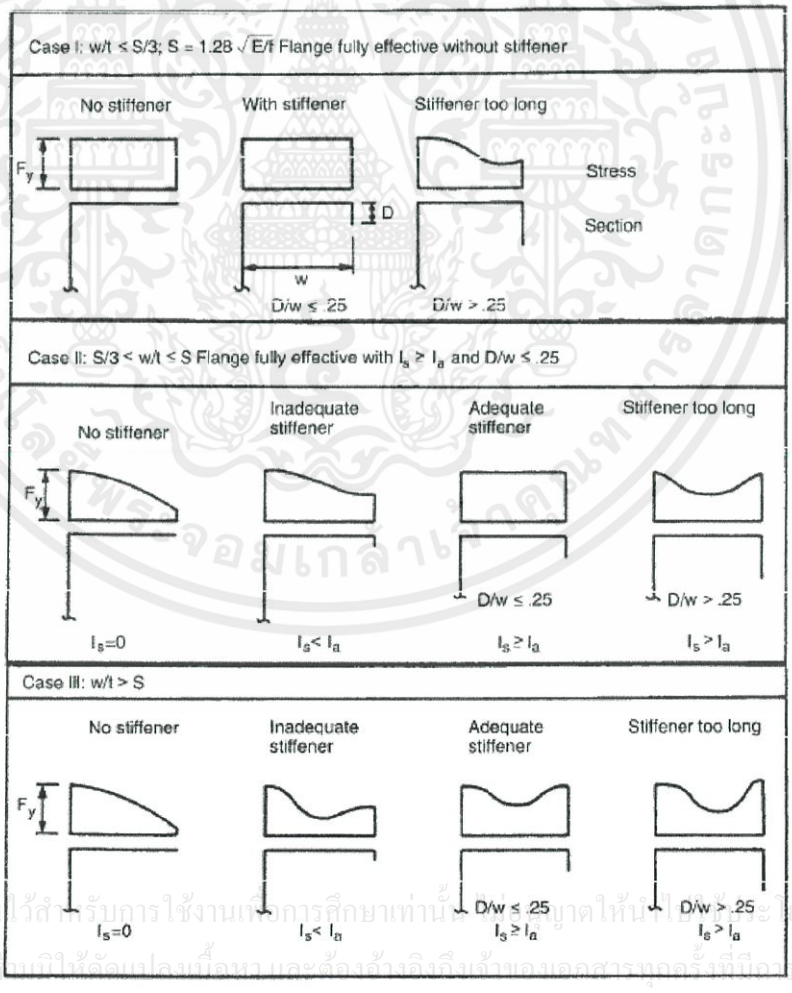
C_1, C_2, b, k,d_s, และ As คำนวณได้จาก case II โดย n=3

3.2.8. AISI – ชิ้นส่วนปลายยื่นกับขอบปลายยึดใต้ความลาดของความเครียด (Unstiffened Elements and Edge Stiffeners under Stress Gradient)

หน่วยแรงกระจายตามแนวยาวในชิ้นส่วนรับแรงอัดที่ขอบปลายยึดแสดงในตารางที่เหมาะสม สำหรับกรณีทั้งสาม ตารางอธิบาย AISI เกณฑ์การออกแบบมีวัตถุประสงค์เพื่อคิดเป็นไม่สามารถที่ของขอบปลายยึดเพื่อป้องกันไม่ให้ เกิดการโก่งเดาะแบบเสียรูป คาดโดยลดค่าสัมประสิทธิ์การโก่งเดาะเฉพาะที่, ค่า k สำหรับการคำนวณความกว้างการออกแบบที่มีประสิทธิผลของชิ้นส่วนรับแรงอัด

I_a = โมเมนต์ความเฉื่อยที่อนุญาตของ ขอบปลายยึด เพื่อให้ชิ้นส่วนรับแรงอัดจะประพฤติชิ้นส่วนปลายยึด

I_s = โมเมนต์ความเฉื่อยเต็ม ของขอบปลายยึด

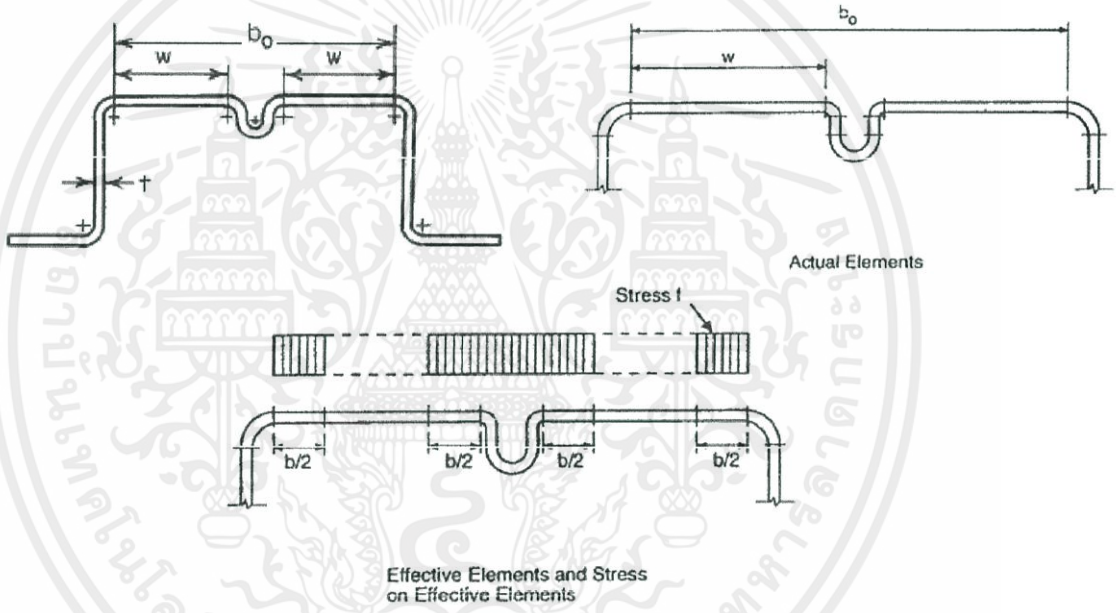


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19. แสดงลักษณะการกระทำของแรงตามเคสต่างๆ

3.2.9. AISI –ชิ้นส่วนรับแรงอัดเหมือนกันกับปลายยึดช่วงกลาง (Uniformly Compressed Elements with One Intermediate Stiffener)

ในการออกแบบเหล็กรีดเย็นเมื่ออัตราส่วนความกว้างต่อความหนาของปีกปลายยึดรับแรงอัด มีขนาดใหญ่ค่อนข้าง, ประสิทธิภาพของโครงสร้างของส่วนที่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยการเพิ่มการความแข็งกลางแม้ว่าจะพื้นที่ของกลางทำให้แข็ง อาจจะลดลง ความกว้างของการออกแบบที่มีประสิทธิภาพของ AISI ใช้เพียงหนึ่งทำให้แข็งกลางที่ตรงกลางจะถูกกำหนดดังต่อไปนี้:



รูปที่ 3.20. Effective One Intermediate Stiffener

A_s = พื้นที่ที่ลดของที่จะใช้ในการคำนวณโดยรวมส่วนคุณสมบัติที่มีประสิทธิภาพ; จุดศูนย์ถ่วง ของการโก่งเดาะคือการได้รับการพิจารณาตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่เต็มรูปแบบของและโมเมนต์ความเฉื่อยของการโก่งเดาะตัวเองกับ จุดศูนย์ถ่วง ของ แกนเป็นที่ของส่วนเต็มรูปแบบของ

$Á_s$ = พื้นที่ประสิทธิผล

b = ความกว้างประสิทธิผล

b_0 = ความกว้างแผ่นเรียบ

I_a = โมเมนต์ความเฉื่อยที่อนุญาต

I_s = โมเมนต์ความเฉื่อยของการโก่งเดาะเต็มขนานกับแกนของตัวเอง จุดศูนย์ถ่วง ชิ้นส่วนที่การโก่งเดาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k – bucking coefficient

$$S = 1.28\sqrt{\frac{E}{f}} \tag{3.30}$$

Case I : $\frac{b_0}{t} \leq S$ (3.31)

$I_a = 0$

b – w

$A_s = A_s$

Case II : $S < \frac{b_0}{t} < 3S$ (3.32)

$$I_a = \left\{\left[\frac{50\left(\frac{b}{t}\right)}{S}\right] - 50\right\} t^4$$

$$k = 3\left(\frac{I_s}{I_a}\right)^{1/2} + 1 \leq 4$$

$$A_s = A_s\left(\frac{I_s}{I_a}\right) \leq A_s$$

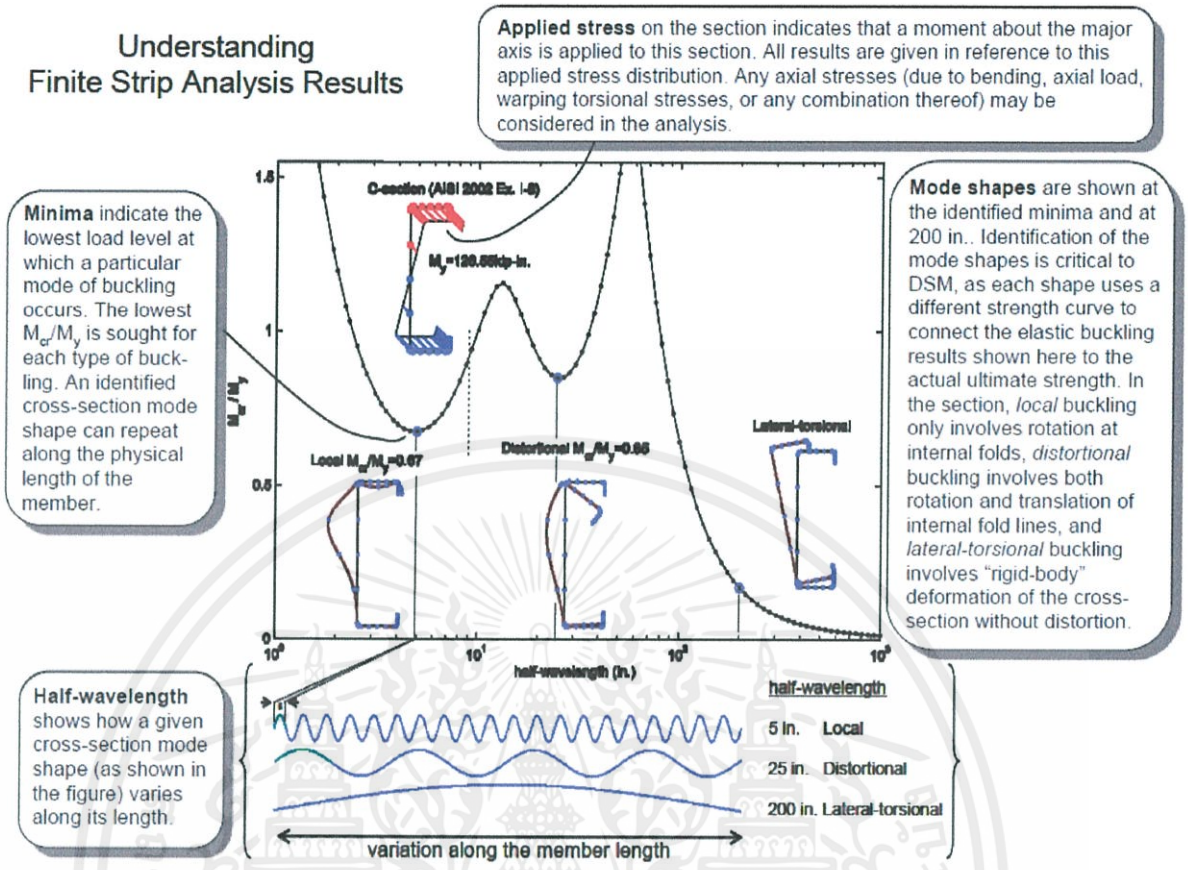
Case III : $\frac{b_0}{t} \geq 3s$ (3.33)

$$I_a = \left\{\left[\frac{128\left(\frac{b}{t}\right)}{S}\right] - 285\right\} t^4$$

$$k = 3\left(\frac{I_s}{I_a}\right)^{1/3} + 1 \leq 4$$

$$A_s = A_s\left(\frac{I_s}{I_a}\right) \leq A_s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21. Designing Cold-Formed Steel Using the Direct Strength Method

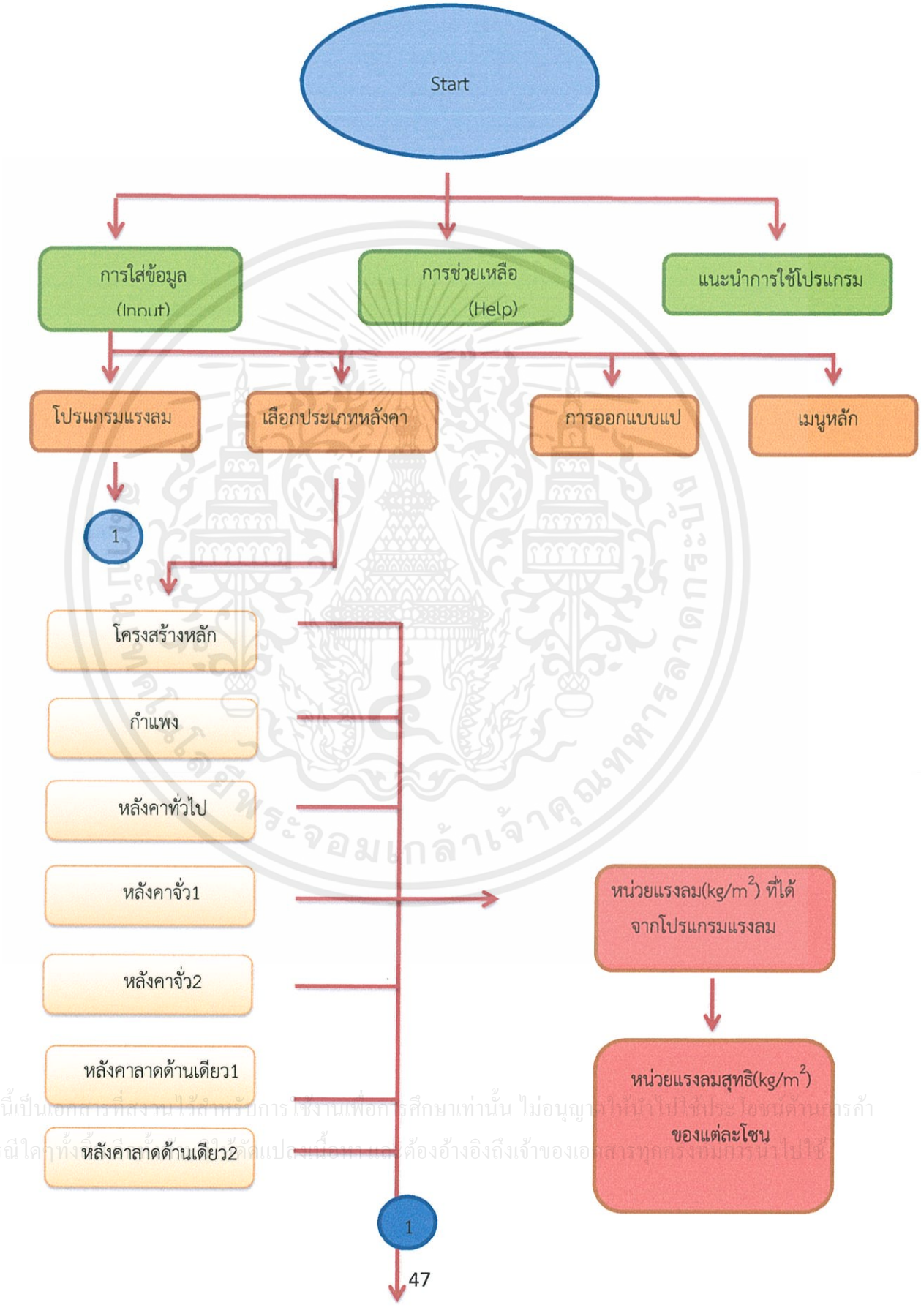
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
Flow chart

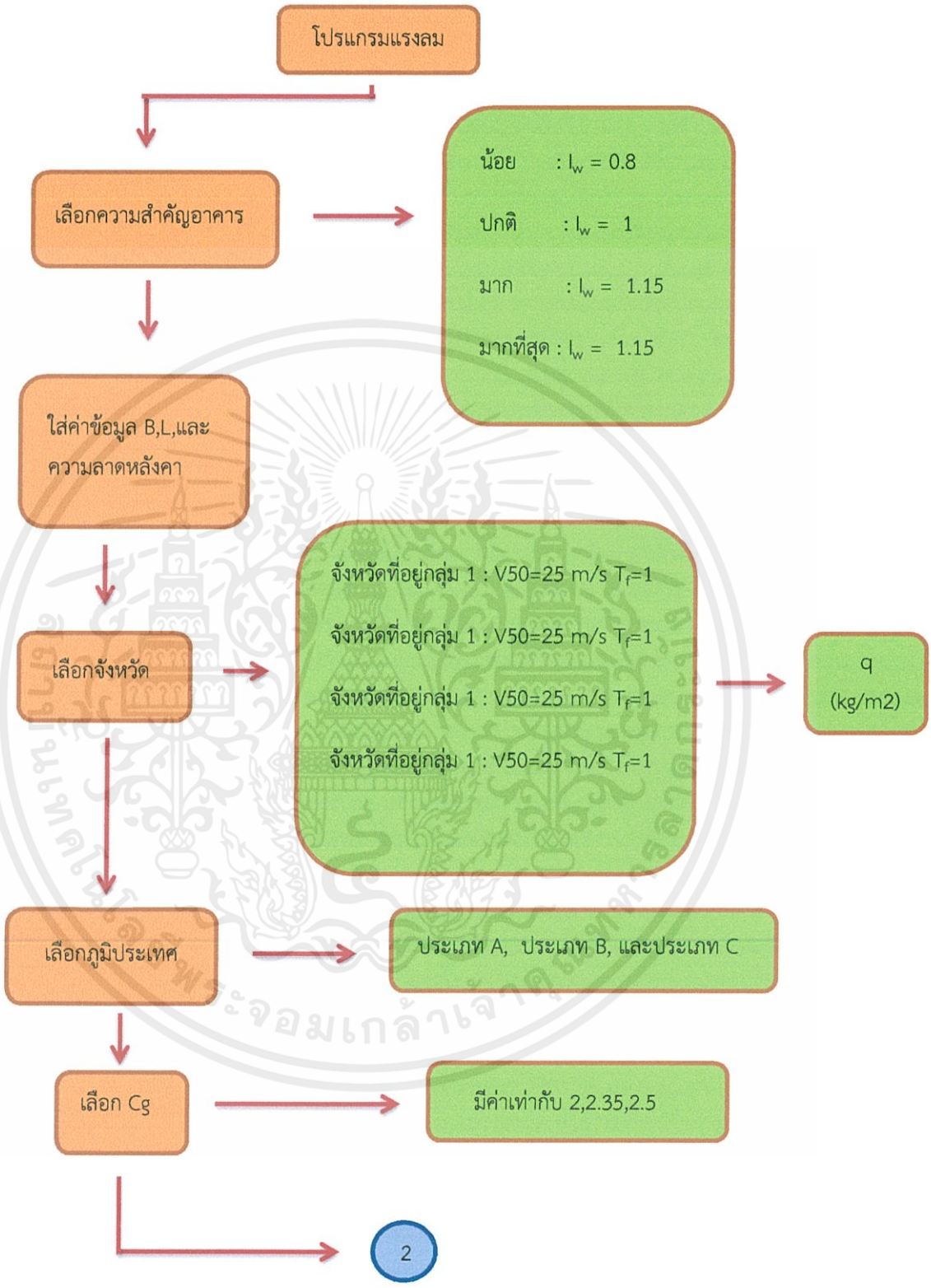
ในส่วนของแผนภาพการทำงานขอโปรแกรมคำนวณคอนกรีตอัดแรงในขั้นตอนนี้จะเป็นการแสดงแผนภาพและลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมว่าทำงานอย่างไรโดยมีแผนภาพอยู่สองส่วนด้วยกันได้แก่หนึ่งคือแผนภาพการความคิดในส่วนของโปรแกรมคำนวณแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50) และสองคือแผนภาพลำดับความคิดในส่วนของการออกแบบเหล็กรีดเย็นตามมาตรฐานAmerican Iron and Steel Institute (AISI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

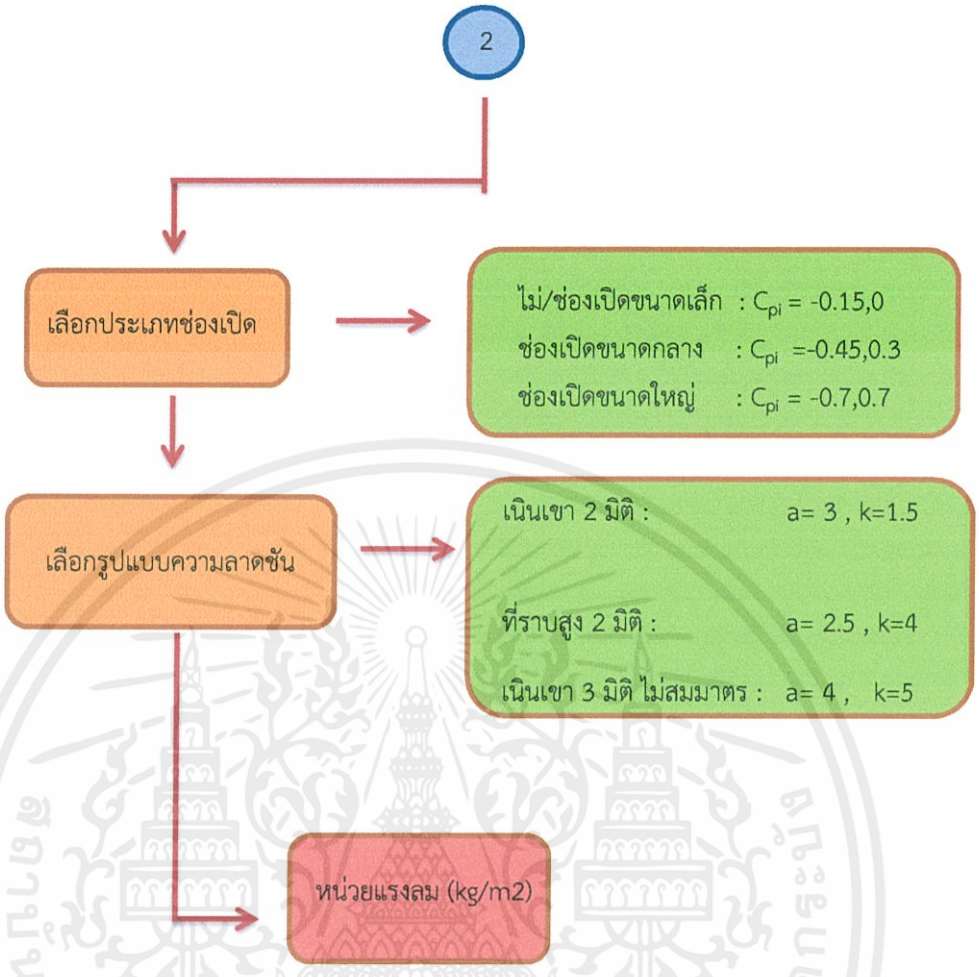
4.1.flow chartแสดงวิธีการหาค่าหน่วยแรงลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

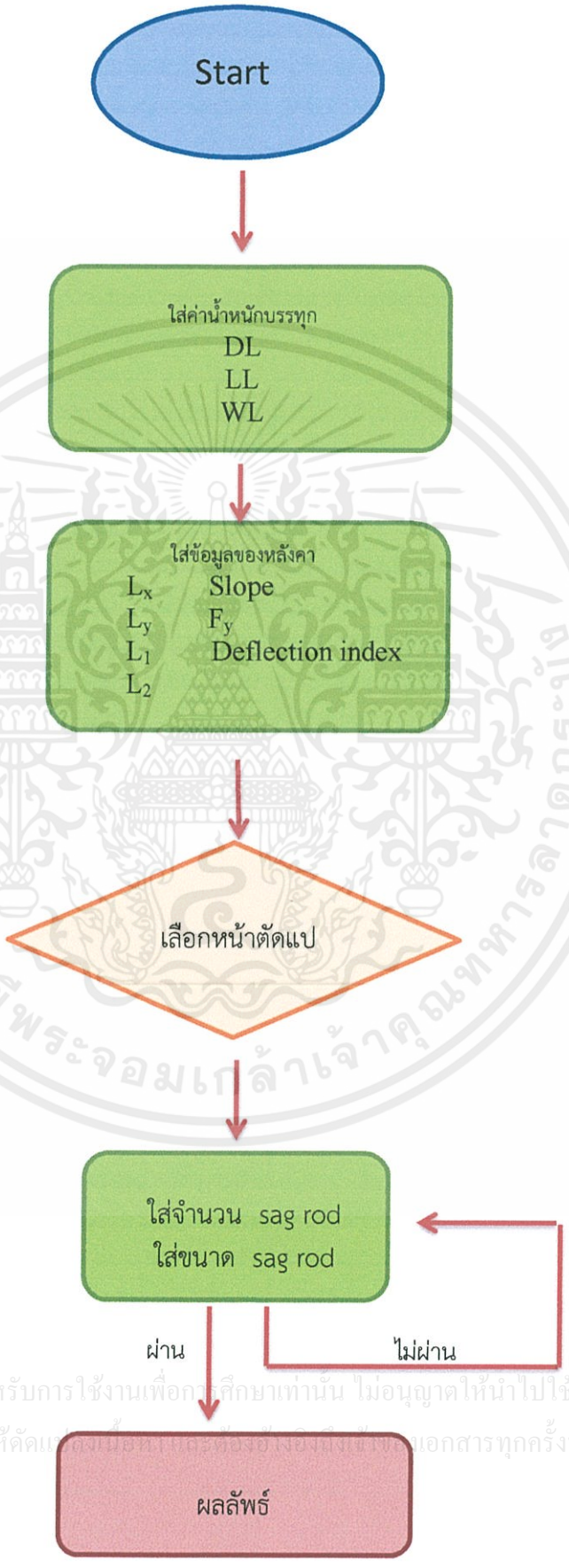


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

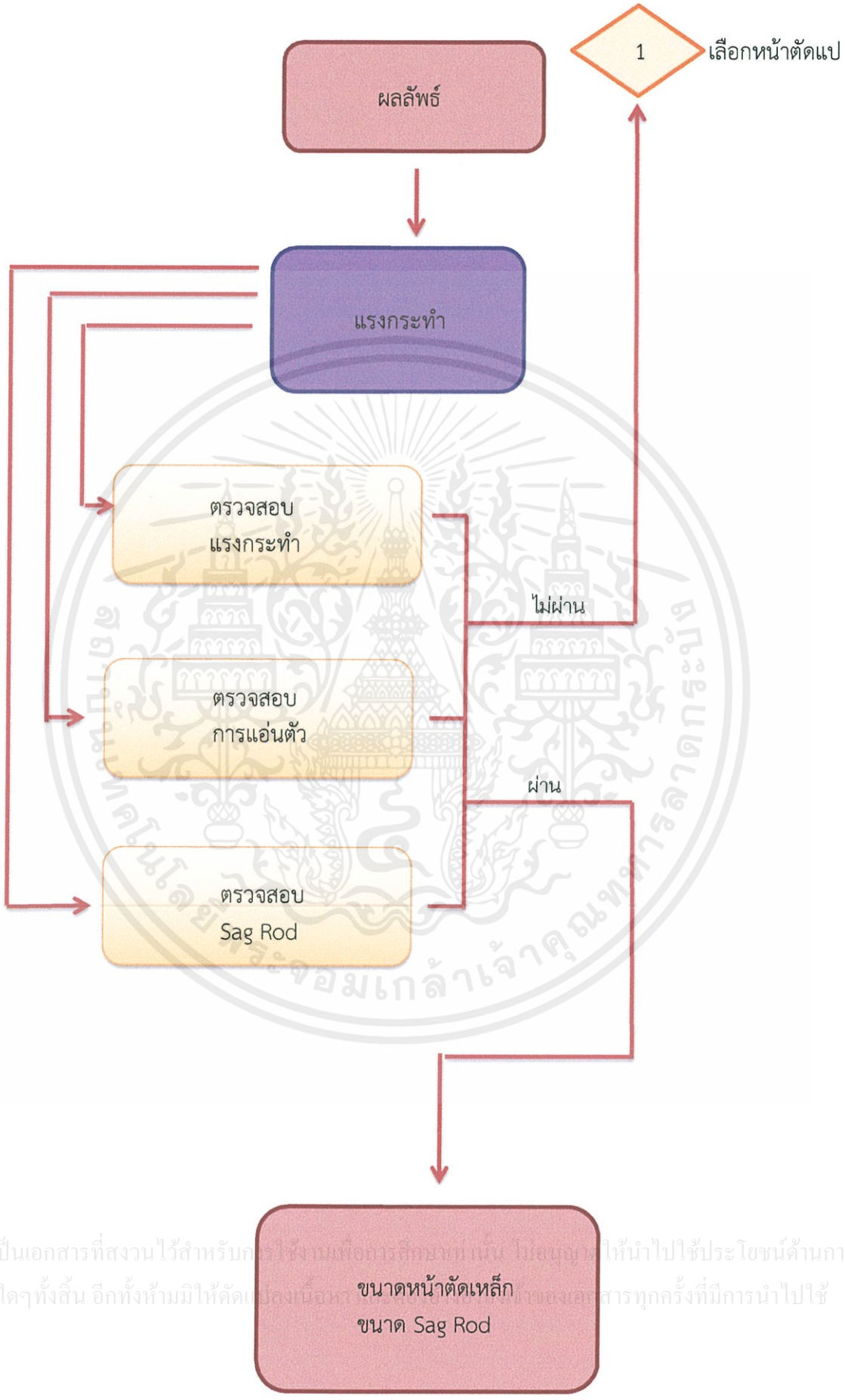


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.flow chart แสดงวิธีการหาขนาดแปและ sag rod



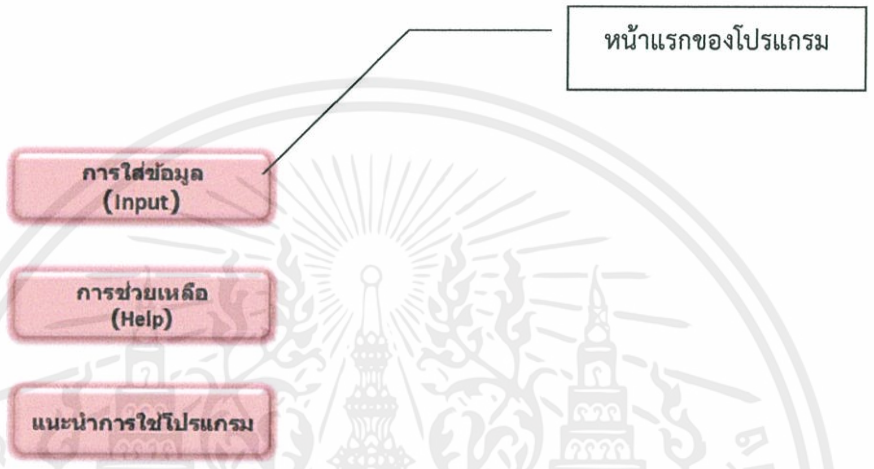
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิธีการใช้โปรแกรมและตัวอย่างการใช้โปรแกรมคำนวณแรงลมและโปรแกรมออกแบบขนาดแป

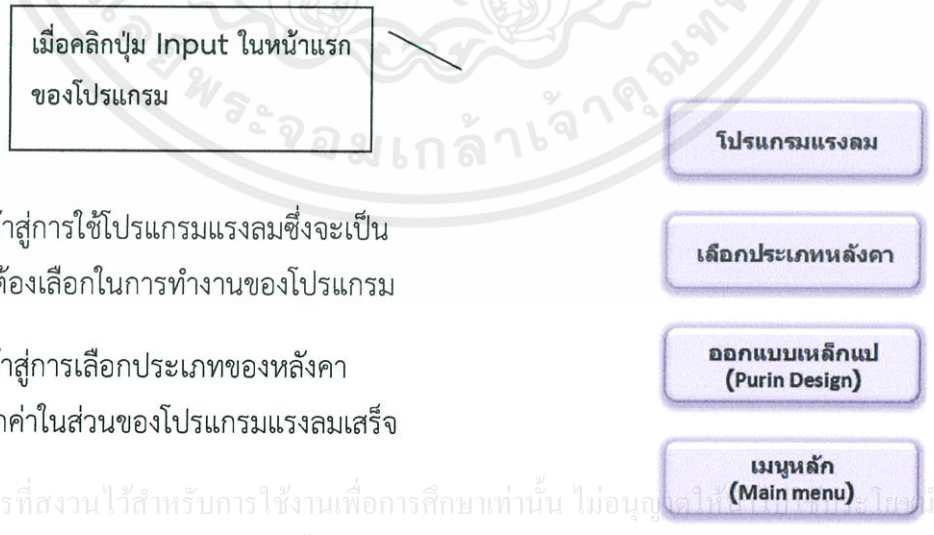
5.1. วิธีการใช้โปรแกรมคำนวณแรงลม



1.1 คลิกเพื่อเข้าสู่การใช้โปรแกรมคำนวณ

1.2 คลิก Help เพื่อศึกษาข้อมูลและข้อสงสัยเพิ่มเติมในตัวโปรแกรม

1.3. แนะนำการใช้โปรแกรมเบื้องต้น

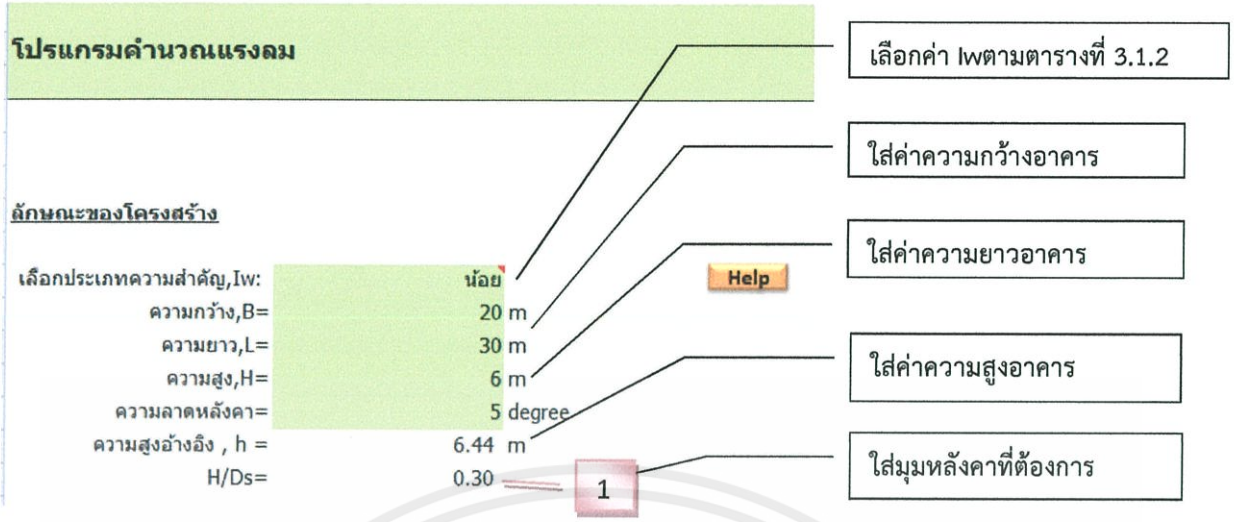


2.1 คลิกเพื่อเข้าสู่การใช้โปรแกรมแรงลมซึ่งจะเป็นส่วนแรกที่ผู้ใช้ต้องเลือกในการทำงานของโปรแกรม

2.2 คลิกเพื่อเข้าสู่การเลือกประเภทของหลังคา หลังจากที่กรอกค่าในส่วนของโปรแกรมแรงลมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

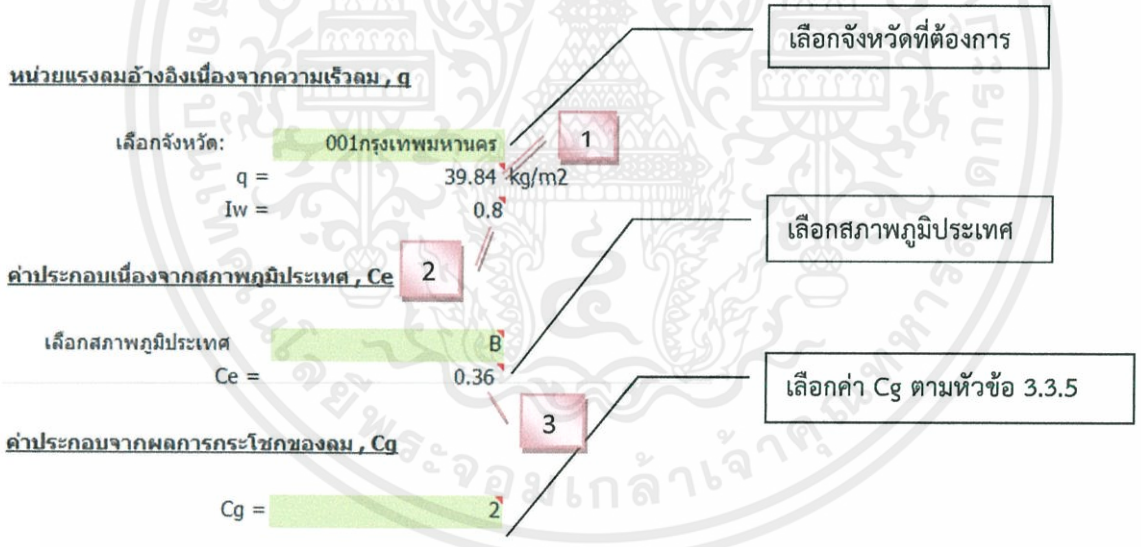
2.3 คลิกเพื่อเข้าสู่ในส่วนของการคำนวณ Steel Design เป็นส่วนสุดท้ายของโปรแกรม



ผลลัพธ์ที่ได้

1.ค่าความสูงอ้างอิง

2.อัตราส่วนระหว่าง H/D_s



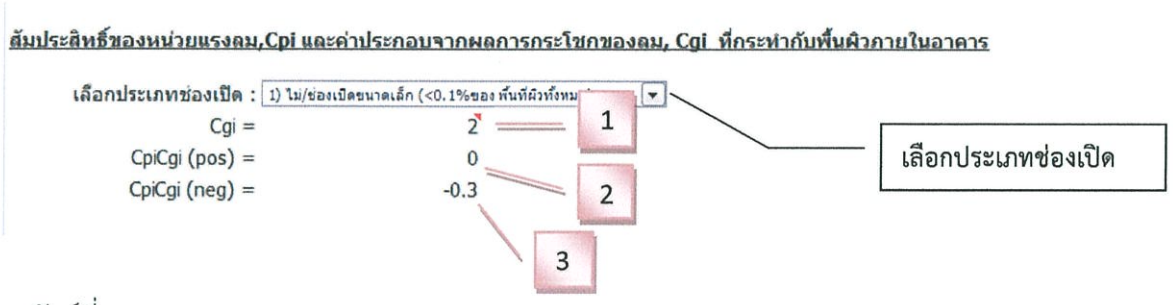
ผลลัพธ์ที่แสดง

1.ค่า q คำนวณตามสมการที่ 3.3

2.ค่า I_w ที่ได้จากการเลือกประเภทอาคารตามตารางที่ 3.1.2

3.ค่า C_e จากการเลือกสภาพภูมิประเทศตามหัวข้อ 3.3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

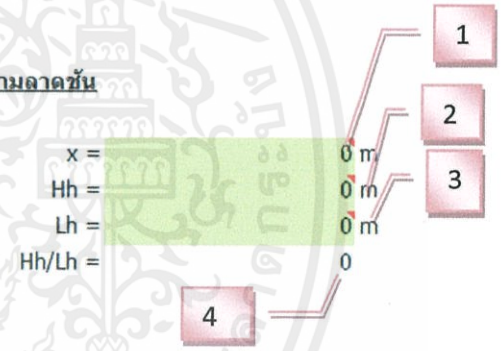


ผลลัพธ์ที่แสดง

1.ค่า C_{gi} จากการเลือกค่า C_g ตามหัวข้อ 3.3.5

2.$C_{pi}C_{gi}$ (pos) เป็นผลคูณระหว่าง C_{pi} และ C_{gi} ด้านปะทะโครงสร้าง

3.$C_{pi}C_{gi}$ (neg) เป็นผลคูณระหว่าง C_{pi} และ C_{gi} ด้านดึงจากโครงสร้าง



ตัวแปรที่ต้องใส่ค่า

1.ความยาวด้านที่ขนานกับลม

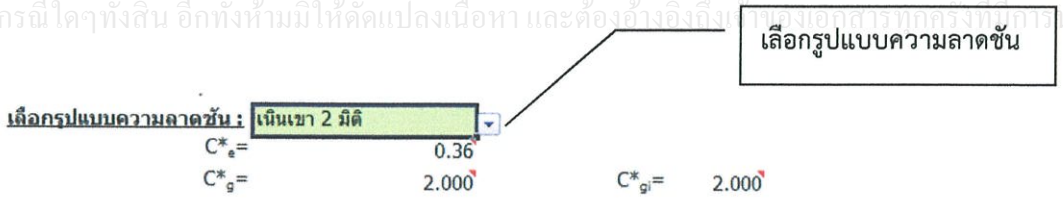
2.ความสูงของเนินเขาและลาดชัน

3.ระยะทางในแนวราบด้านต้นลมจากยอดเนินเขาถึงระยะ Hh/2

ผลลัพธ์ที่แสดง

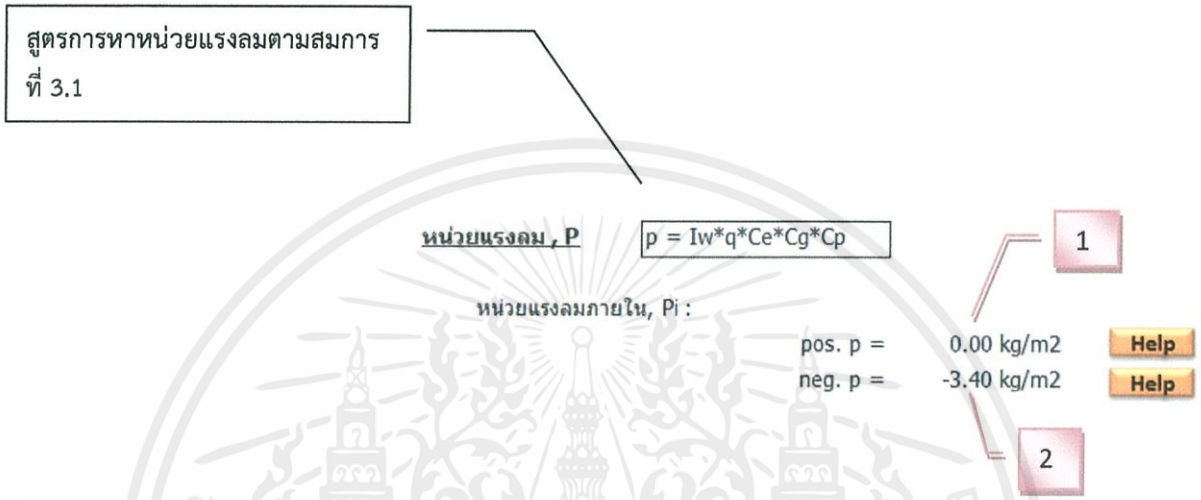
4.อันตราส่วนของ ความสูงของเนินเขาและลาดชันกับระยะทางในแนวราบด้านต้นลมจากยอดเนินเขาถึงระยะ Hh/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผลลัพธ์ที่แสดง

ค่า C^*_e, C^*_g, C^*_{gi}



ผลลัพธ์ที่แสดง

1.แรงในทิศอัดเข้าโครงสร้าง

2.แรงในทิศดึงออกจากโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกประเภทหลังคาเสร็จโปรแกรมจะแสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณที่ได้จากส่วนโปรแกรมแรงลม

ข้อมูลที่ใช้ประกอบในการคำนวณ		
q =	39.835	kg/m2
Iw =	0.8	
Cg =	2	
C^*_e =	0.36	
C^*_g =	2.000	
C^*_{gi} =	2.000	
pos. p =	0.00	kg/m2
neg. p =	-3.40	kg/m2
B =	20	m
L =	30	m
H =	6	m
ความลาดหลังคา=	5.00	degree
ความสูงอ้างอิง , h =	6.44	m

ข้อมูลที่แสดงในการคำนวณในส่วนของแรงลม

ค่าผลลัพธ์ที่แสดงในโปรแกรม

โซนพื้นที่ที่แรงลมกระทำ

หน่วยแรงภายนอก(kg/m2)		1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
		8.51	13.05	-14.75	-22.69	-7.94	-11.34	-6.24	-9.08
แรงลมสุทธิ (kg/m2)	pos. int.	8.51	13.05	-14.75	-22.69	-7.94	-11.34	-6.24	-9.08
	neg. int.	11.91	16.45	-11.34	-19.29	-4.54	-7.94	-2.84	-5.67

หน่วยแรงภายนอก(kg/m2)		1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
		-9.64	-10.21	-14.75	-22.69	-7.94	-11.34	-9.64	-10.21	8.51	13.05	-6.24	-9.08
แรงลมสุทธิ (kg/m2)	pos. int.	-9.64	-10.21	-14.75	-22.69	-7.94	-11.34	-9.64	-10.21	8.51	13.05	-6.24	-9.08
	neg. int.	-6.24	-6.81	-11.34	-19.29	-4.54	-7.94	-6.24	-6.81	11.91	16.45	-2.84	-5.67

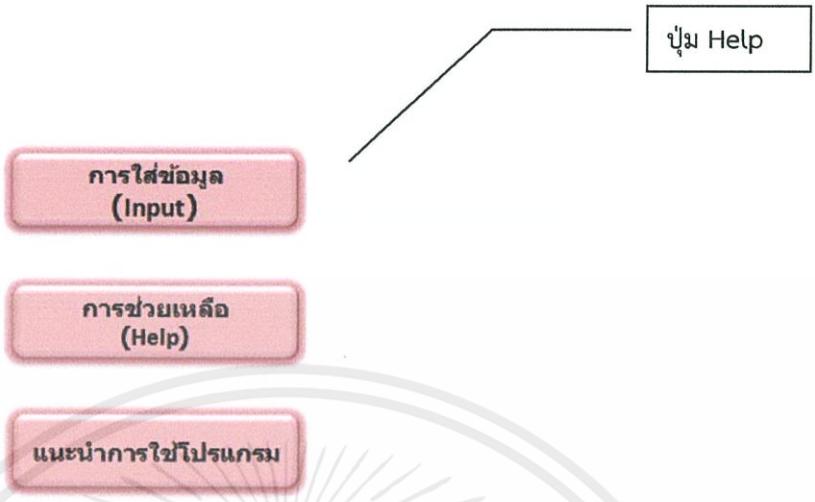
ตัวเลขสีแดงคือแรงลมสุทธิที่จะนำไปใช้งาน

ค่าที่ได้จากการคำนวณ

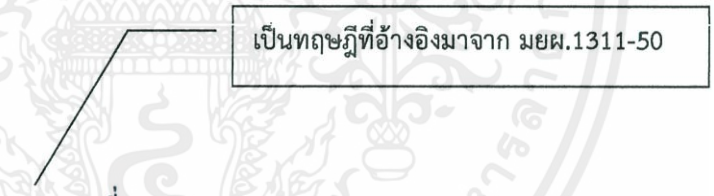
โดยที่ระยะ : z = 2 m
y = 6 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของหน้าแรกโปรแกรมนอกจากจะมีปุ่ม Input แล้วยังมีปุ่มให้คลิกเลือก คือ Help และแนะนำการใช้โปรแกรม



เมื่อคลิกเข้ามาในปุ่ม Help จะเจอกับข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้ที่มีข้อสงสัยได้ลองอ่านและศึกษาเพิ่มเติม



บทที่ 2

การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

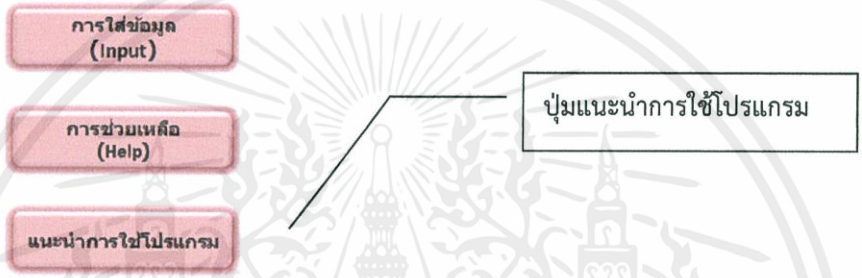
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลประเภทตัวแปรที่ใส่ในสูตร

ภาคผนวก ก

แผนที่ความเร็วลมอ้างอิง

ในส่วนของปุ่มแนะนำการใช้โปรแกรมจะทำให้ผู้ใช้ได้ทราบวิธีการใช้โปรแกรมในเบื้องต้น



บอกวิธีและลำดับการใช้โปรแกรมในเบื้องต้น

1.กดเลือกปุ่ม Input เพื่อจะกรอกค่าข้อมูลการคำนวณ

2.กดเลือกปุ่มโปรแกรมแรงลมแล้วกรอกค่าตามที่ใช้ต้องการ

3.หลังจากกรอกข้อมูลแรงลมเสร็จให้กดปุ่มกลับไปที่หน้าInputทางขวามือบน

4.เมื่อกลับไปหน้าInputแล้วให้กดเลือกประเภทหลังคาที่ต้องการนำไปใช้งาน

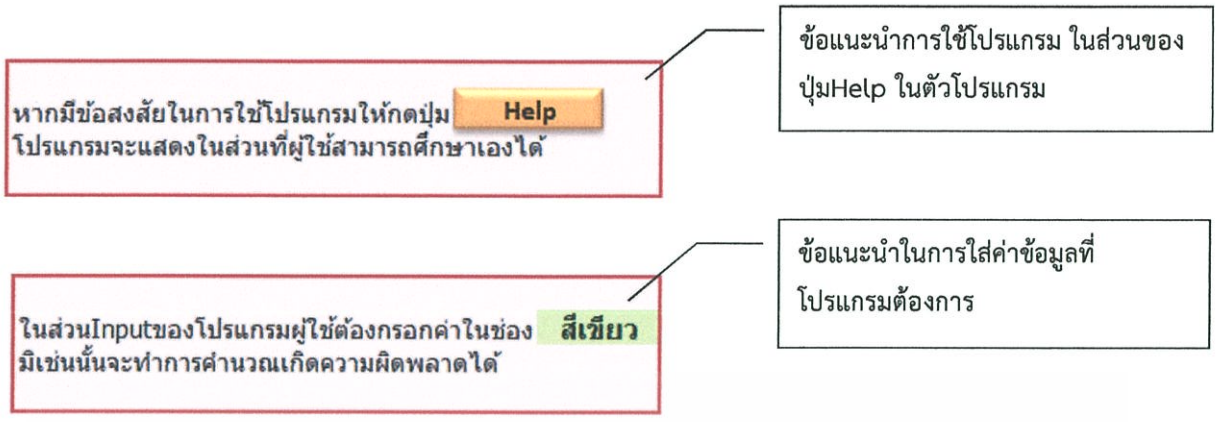
5.เมื่อกดเลือกประเภทหลังคาที่ต้องการใช้งานแล้วโปรแกรมจะแสดงค่าของหน่วยแรงที่จะนำไปคำนวณต่อไป

6.หลังจากนั้นให้กลับไปที่หน้า Input ตรงปุ่มด้านขวามือบนอีกครั้ง

7.กดเลือกปุ่ม Steel Design กรอกค่าข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการในโปรแกรมเสร็จจะได้ข้อมูลที่นำไปใช้งาน สิ้นสุดโปรแกรม

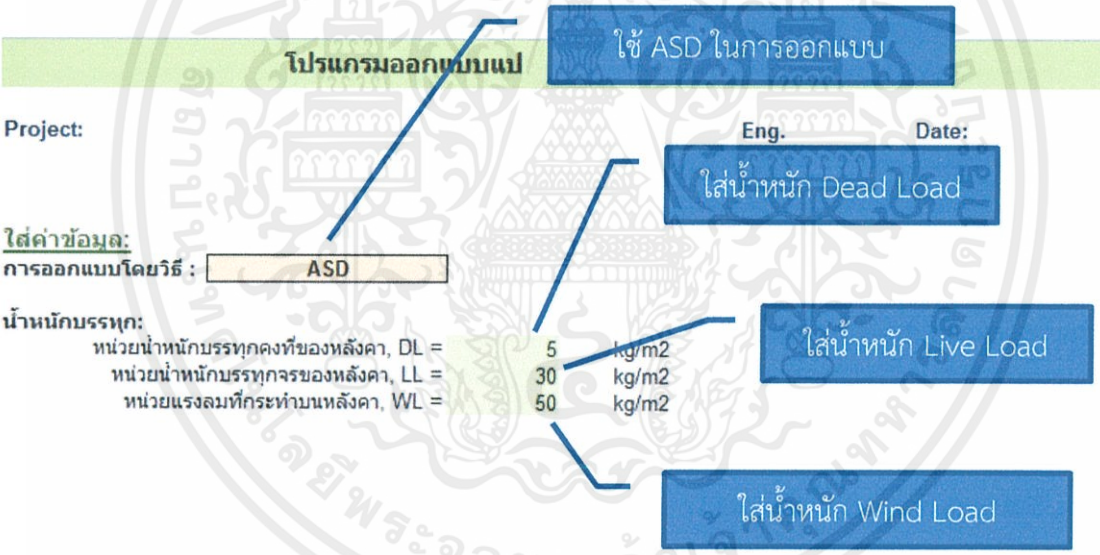
8.ปุ่ม Help ในหน้าแรกของโปรแกรมมีไว้เพื่อให้ผู้ใช้ต้องการศึกษาที่มาของโปรแกรมหากมีข้อสงสัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.2. วิธีการใช้โปรแกรมออกแบบแปและระยะแปและsag rod

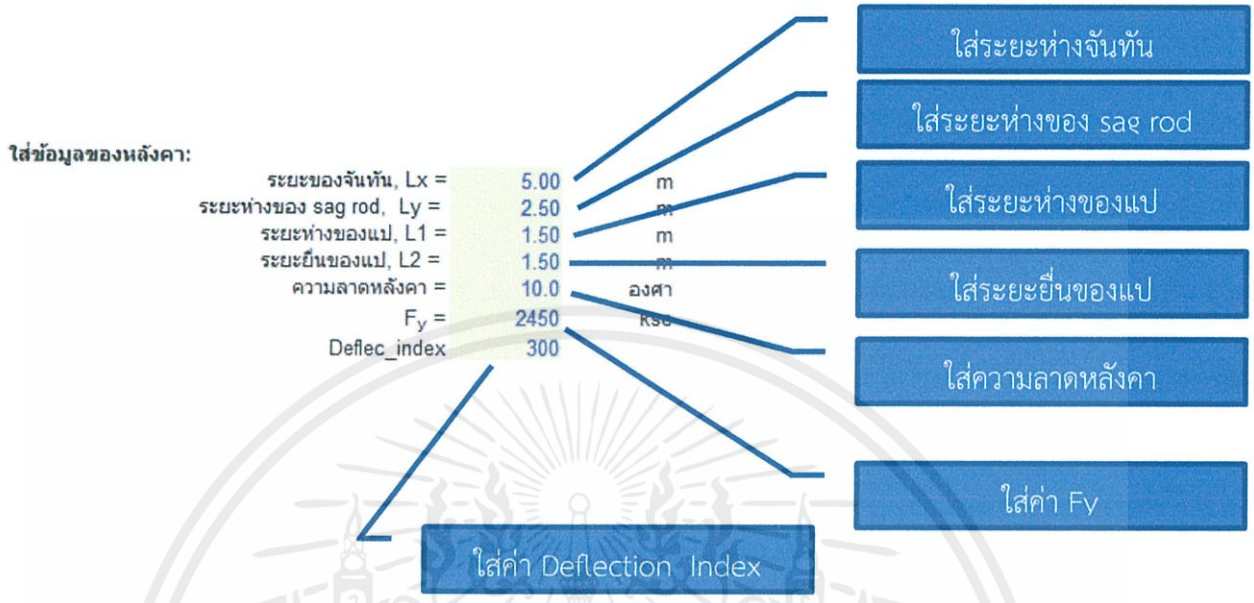
ขั้นตอนที่1 ใส่ค่าข้อมูลน้ำหนัก



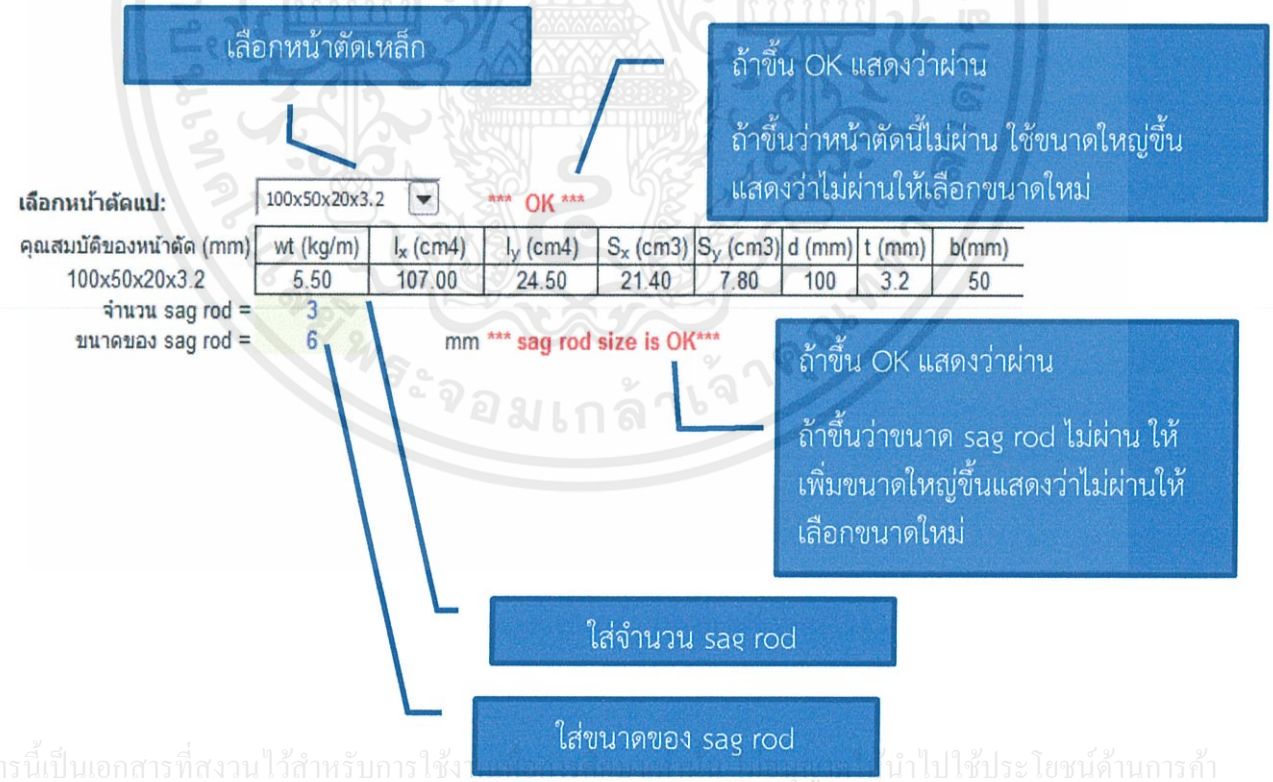
โดยค่าที่ดึงมาใช้จากโปรแกรมคำนวณแรงลมคือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำบนหลังคา (WL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่2 ในข้อมูลในส่วนของหลังคา



ขั้นตอนที่3 ทำการเลือกขนาดหน้าตัดเหล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน[illegible]นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตารางที่ได้เนื่องจากเลือกหน้าตัดเหล็ก

ผลลัพธ์ที่ได้ :

1

1. แรงกระทำ :

แบบ	D+L	.75*(D+L)	
w =	58	44.875	(kg/m)
w_y =	57.12	44.19	(kg/m)
w_x =	10.07	7.79	(kg/m)
wL_y =		-20.57	(kg/m)

2

3

รวมแรง

แบบ	D+L	75*(D+L+W)	
w_y =	57.12	28.77	(kg/m)
w_x =	10.07	7.79	(kg/m)

4

5

6

1. น้ำหนักทั้งหมดที่ลงหลังคา
2. น้ำหนักทั้งหมดที่ลงหลังคาแตกแกนเข้าแกน y
3. น้ำหนักทั้งหมดที่ลงหลังคาแตกแกนเข้าแกน x
4. หน่วยแรงลมที่กระทำหลังคา
5. แรงสุทธิตามแกน y
6. แรงสุทธิตามแกน x

โมเมนต์ที่รับได้

โมเมนต์และแรงเฉือนที่รับได้ :

$Mc_LTB\ (Cb=1)$ =		283.18	(kg/m)
M_{cx}	=	283.18	(kg/m)
M_{cy}	=	114.70	(kg/m)
V_{cy}	=	3136	(kg/m)
V_{cx}	=	3136	(kg/m)

โมเมนต์ที่รับได้ตามแกนx

โมเมนต์ที่รับได้ตามแกนy

หน่วยแรงเฉือนที่รับได้ตาม

หน่วยแรงเฉือนที่รับได้ตามแกน

เอกสารนี้เป็น[illegible]เพื่อการศึกษา[illegible]ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ[illegible] และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า a,bและ a^2+b^2 ≤1 : OK

แต่ถ้ามากกว่า 1 : No OK

2. ตรวจสอบแรงกระทำ : OK

แบบ	D+L	75*(D+L+W	D+L	75*(D+L+W	D+L	.75*(D+L+W)	
Mx =	142.80	71.92	64.26	32.36	85.66	49.29	kg.m
My =	6.29	4.87	11.33	8.77	3.45	2.84	kg.m
Vy =	164.22	82.70	85.68	43.15	89.89	51.79	kg
Vx =	14.48	11.20	15.11	11.69	7.93	6.52	kg
Mx / Mcx =	0.50	0.25	0.23	0.11	0.30	0.17	
a =	0.61	0.34	0.42	0.27	0.36	0.22	
b =	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	
a^2 + b^2 =	0.38	0.12	0.18	0.07	0.13	0.05	

อัตราส่วน Mx/Mcx≤1

b≤1

a≤1

$a^2+b^2 \leq 1$

ถ้า deflection indexที่ได้≥ deflection indexที่กำหนด OK

ระยะแอ่นตัวแกนy

3. ตรวจสอบการแอ่นตัว : OK

(@ท้ายspan)

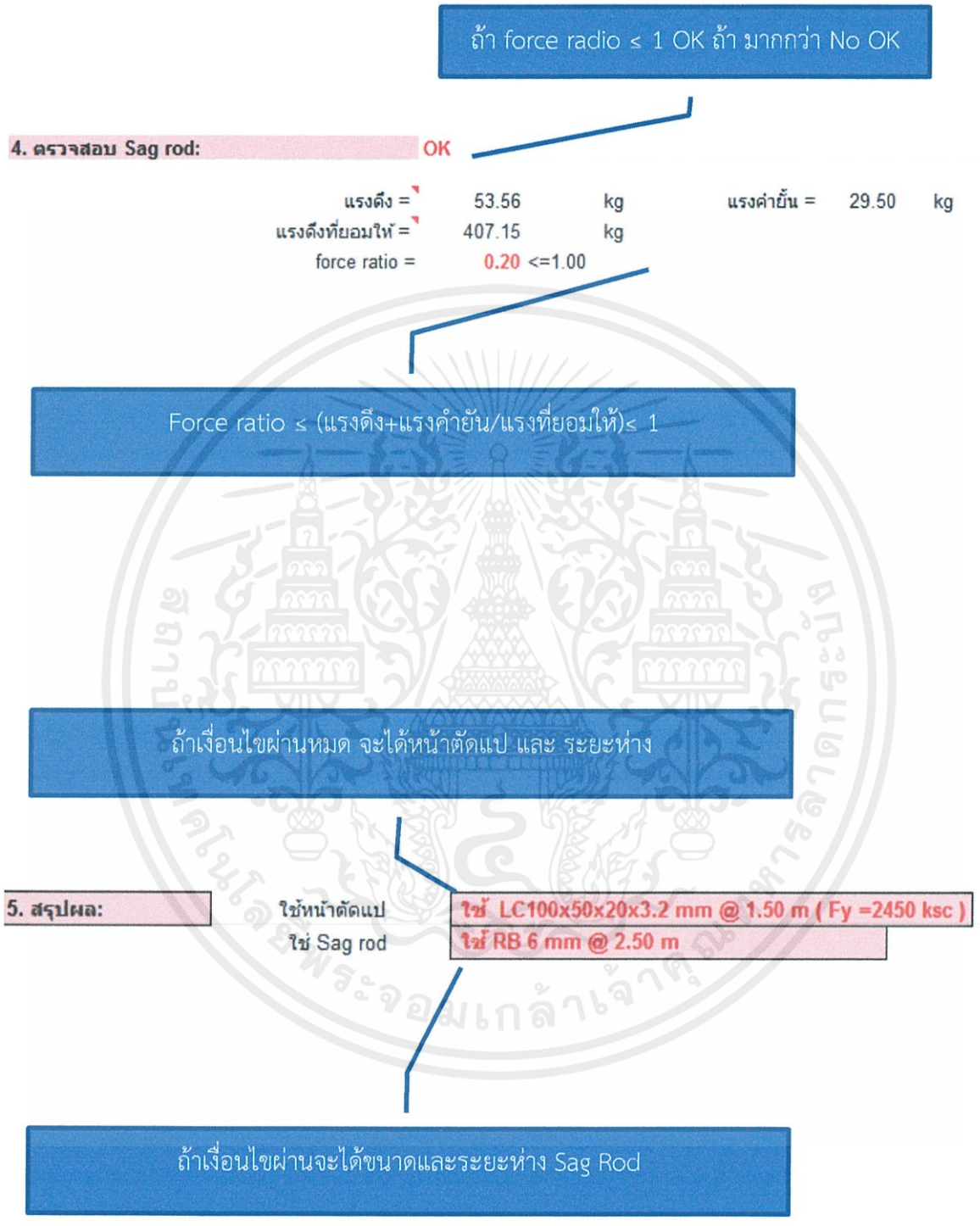
	D+L	75*(D+L+W	D+L	.75*(D+L+W)	
d_y =	1.13	0.57	0.17	0.09	cm
d_x =	0.00	0.00	0.13	0.10	cm
delection =	1.13	0.57	0.21	0.13	cm
deflection index =	443	879	704	1138	

ระยะแอ่นตัวแกนx

ระยะแอ่นตัว x+y

ต้องมากกว่า deflection indexที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาแรงลมที่มีผลกระทบต่อหลังคาเหล็กแผ่นบาง (metal sheet) โดยการออกแบบแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50) และการออกแบบแปเหล็ก ด้วย Microsoft Excel สามารถทำให้สำเร็จตามเป้าได้

6.1. สรุปผลการวิจัยส่วนแรงลมเมื่อเทียบกับโจทย์ในมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50)

ยกตัวอย่างจากมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50)

การคำนวณแรงลมสำหรับออกแบบโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองของอาคารเตี้ยลักษณะโดยทั่วไปและขนาดขององค์อาคารสำหรับโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองในการต้านทานแรงลมของอาคารตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

- อาคารตัวอย่างนี้ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบโล่งและต้องออกแบบให้รับแรงลมที่เกิดจากความเร็วลมอ้างอิง 25 เมตรต่อวินาที
- ด้านที่ขนานกับสันหลังคามีความยาว 60 เมตร
- ด้านที่ตั้งฉากกับสันหลังคามีความยาว 60 เมตร
- ความชันของหลังคามีค่า 1:11.5 (θ= 5.0°)
- ความสูงของชายคา (eave height) เท่ากับ 6 เมตรเหนือพื้นดิน
- ความสูงเฉลี่ยของหลังคาเท่ากับ 7.31 เมตร
- อาคารมีประตูหน้าต่างและช่องเปิดเพื่อระบายอากาศรวมทั้งหมดคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 5%

ของพื้นผิวทั้งหมดของอาคารประตูและหน้าต่างมีขนาดใหญ่และไม่สามารถต้านทานพายุได้และช่องเปิดมีลักษณะกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ (non-uniformly distributed) โดยรอบอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ

1. หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$q = \frac{1}{2}\rho V^2 = = \frac{1}{2} * 1.25 * 25^2$ = 390.6 นิวตัน/ม^2

2. ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)

ความสูงอ้างอิงของอาคารเตี้ย (low-rise building) สำหรับการคำนวณค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศคือความสูงเฉลี่ยของหลังคาเหนือพื้นดินแต่ต้องไม่น้อยกว่า 6 เมตรในกรณีนี้ความสูงเฉลี่ยของอาคารเท่ากับ 6 +15tan 5°= 7.31 เมตรดังนั้นค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) จะมีค่าเท่ากับ

$$C_e = \left(\frac{Z}{10}\right)^{0.2} = \left(\frac{7.31}{10}\right)^{0.2} = 0.94$$

3. ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกลมและค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร ($C_{gi}C_{pi}$) สำหรับอาคารตามตัวอย่างนี้เมื่อพิจารณาตามข้อกำหนดที่เกี่ยวกับหน่วยแรงลมภายในอาคารแล้วจะพบว่าอาคารดังกล่าวนี้จัดอยู่ในกรณีที่ 3 (ดูหัวข้อที่ 2.6 ในมาตรฐานฯ) เนื่องจากมีช่องเปิดคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 0.1% ของพื้นที่ทั้งหมดมีประตูและหน้าต่างขนาดใหญ่และไม่สามารถต้านทานพายุได้และลักษณะของช่องเปิดกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอรอบอาคารดังนั้นจึงใช้ต้องเลือกใช้ค่า $Cpi\pm$ = 0.7และ Cgi= 2.0 สำหรับการคำนวณหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารตามสมการโดยที่

$$p_I = I_w \, q C_e C_{gi} C_{pi}$$

ดังนั้นหน่วยแรงลมภายในอาคารจะมีค่าเท่ากับ

$p_i = I_w \, q C_e C_{gi} C_{pi}$ = 1× 390.6× 0.94× 2× (±0.7) = ±514.0 นิวตัน/ม.^{2}

ค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารซึ่งมีทั้งค่าบวกและลบที่คำนวณได้นี้จะถูกนำไปรวมกับค่าหน่วยแรงลมภายนอกอาคารเพื่อคำนวณหาค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับการออกแบบในหัวข้อต่อไป

4. การคำนวณค่าหน่วยแรงลมสุทธิ

4.1 การคำนวณค่าหน่วยแรงลมสำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักของอาคาร

ความกว้างy ของพื้นที่ขอบของอาคารมีขั้นตอนในการคำนวณดังต่อไปนี้

ระยะy = ค่าที่มากกว่าระหว่าง 6 เมตรและ 2z โดยที่

ระยะz = ค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของความกว้างด้านที่แคบที่สุดของอาคารและ 40% ของความสูง (แต่ต้องไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร)

=ค่าที่น้อยกว่าระหว่าง$\frac{10}{100}$× 60 = 6เมตรและ $\frac{40}{100}$× 6 = 2.4เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\therefore z$ = 2.4 เมตร (ซึ่งเท่ากับ 60 = เมตรและไม่น้อยกว่า 1 เมตร)

ระยะy= ค่าที่มากกว่าระหว่าง 6 เมตรและ 2z
= ค่าที่มากกว่าระหว่าง 6 เมตรและ 2× 2.4 = 4.8 เมตร
ดังนั้น y = 6 เมตร

กรณีที่ 1: ทิศทางลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา

ค่าสัมประสิทธิ์ C_gC_p สำหรับการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายนอกอาคารสำหรับแรงลมกระทำตามกรณีที่ 1 (ทิศทางลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา) สามารถเลือกใช้ได้จากตารางในรูปข.1 ในมาตรฐานฯซึ่งเพื่อความสะดวกจึงได้นำมาสรุปไว้ในรูปที่ต.1.2 และ

ตารางที่ต.1-1

ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
5°	0.75	1.15	-1.30	-2.00	-0.70	-1.00	-0.55	-0.80

ตารางที่ต.1-1 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแรงลมกระทำตามกรณีที่ 1

ในกรณีของอาคารตัวอย่างนี้เนื่องจากอัตราส่วน B / H=10 ซึ่งมากกว่า 5 ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบสำหรับพื้นผิว 2 และ 2E สามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่กว้าง 2.5H ซึ่งเท่ากับ15 เมตรจากขอบของอาคารด้านต้นลมสำหรับพื้นที่ส่วนที่เหลือบนพื้นผิว 2 และ 2E สามารถลดค่าลงโดยใช้ค่าเท่ากับสัมประสิทธิ์สำหรับพื้นผิว 3 และ 3E ตามลำดับหน่วยแรงลมสุทธิ (p_{net}) เป็นการรวมกันแบบเวคเตอร์ระหว่างหน่วยแรงลมภายนอกอาคารและหน่วยแรงลมภายในอาคารตามสมการโดยที่ $p_{net} = p + p_i$

$p = I_w q C_e C_g C_p$ คือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร

$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi}$ คือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคารซึ่งมีทั้งค่าบวกและลบตามที่คำนวณไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา

ในกรณีของอาคารตัวอย่างค่าpและมีค่าเท่ากับ p_i

$p = IwqCeCgCp$= 1×390.6× 0.94×C_gC_p= 367.2×C_gC_p มีหน่วยเป็นนิวตัน/ม.^{2}เมื่อแทนค่า C_gC_pตามตารางต.1-1 แล้วจะได้ค่าหน่วยแรงลมภายนอกอาคารที่กระทำในโซนต่างๆดังแสดงในตารางที่ต.1-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นผิวอาคาร (แบ่งตามโซน)	หน่วยแรงลมภายนอก นิวตัน/ม.^{2}	หน่วยแรงลมสุทธิ	
		หน่วยแรงดันภายในเป็นบวก	หน่วยแรงดันภายในเป็นลบ
1	275	-239	789
1E	422	-92	936
2	-477	-991	37
2E	-734	-1248	-220
3	-257	-771	257
3E	-367	-881	147
4	-202	-716	312
4E	-294	-808	220

ตารางที่ต.1-2 ค่าหน่วยแรงลมภายนอกและหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับกรณีที่ 1

หมายเหตุ : ค่าหน่วยแรงลมภายในที่ใช้ในการคำนวณเท่ากับ± 514.0 นิวตัน/ม.^{2}

หมายเหตุ : แรงลมสุทธิมีทั้งค่าบวกและลบซึ่งหมายถึงหน่วยแรงลมที่กระทำตั้งฉากพุ่งเข้าหา

พื้นผิวและพุ่งออกจากพื้นผิวอาคารตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์ C_gC_p สำหรับการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายนอกอาคารสำหรับแรงลมกระทำตามกรณีที่ 2 (ทิศทางลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวขนานกับสันหลังคา) สามารถพิจารณาได้จากตารางในรูปข.1 ในมาตรฐานฯซึ่งได้นำมาสรุปไว้ในรูปที่ต.1.5 และตารางที่ต.1-3 เพื่อความสะดวก

ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ถึง 90°	-0.85	0.90	-1.30	-2.00	-0.70	-1.00	-0.55	-0.80	-0.75	1.15	-0.55	-0.80

ตารางที่ต.1-3 ค่าสัมประสิทธิ์ C สำหรับแรงลมกระทำตามกรณีที่ 2 $g\,p\,C$

กรณีที่ 2: ทิศทางลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวขนานกับสันหลังคาเช่นเดียวกันกับแรงลมกระทำกรณีที่ 1 ที่ได้คำนวณไปแล้วนั้นหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับแรงลมกระทำกรณีที่ 2 สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ$net\ i\ p = p + p$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในกรณีของอาคารตัวอย่างนี้

$p = I_wqC_eC_gC_p$= 1×390.6× 0.94×C_gC_p= 367.2×C_gC_p มีหน่วยเป็นนิวตัน/ม.^{2}เมื่อ

แทนค่าC_gC_pตามตารางที่ต.1-3 แล้วจะได้ค่าหน่วยแรงลมภายนอกอาคารที่กระทำในโซนต่างๆดังแสดงในตารางที่ต.1-4

พื้นผิวอาคาร (แบ่งตามโซน)	หน่วยแรงลมภายนอก นิวตัน/ม.^{2}	หน่วยแรงลมสุทธิ	
		หน่วยแรงดันภายในเป็นบวก	หน่วยแรงดันภายในเป็นลบ
1	-312	-826	202
1E	-330	-844	184
2	-477	-991	37
2E	-734	-1248	-220
3	-257	-771	257
3E	-367	-881	147
4	-312	-826	202
4E	-330	-844	184
5	275	-239	789
5E	422	-92	936
6	-202	-716	312
6E	-294	-808	220

ตารางที่ต.1-4 ค่าหน่วยแรงลมภายนอกและหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับกรณีที่ 2

หมายเหตุ : ค่าหน่วยแรงลมภายในที่ใช้ในการคำนวณเท่ากับ± 514.0 นิวตัน/ม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรมแรงลม

ลักษณะของโครงสร้าง

เลือกประเภทความสำคัญ,Iw:	ปกติ	
ความกว้าง,B=	60	m
ความยาว,L=	60	m
ความสูง,H=	6	m
ความลาดหลังคา=	5	degree
ความสูงอ้างอิง , h =	7.31	m
H/Ds=	0.10	

ได้ค่าความสูงอ้างอิง (ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม , q

เลือกจังหวัด:	001กรุงเทพมหานคร	
q =	39.84	kg/m2
Iw =	1	

39.84 * 9.806 = 390.6 นิวตัน/ม.^{2}

(ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ , Ce

เลือกสภาพภูมิประเทศ	A	
Ce =	0.94	

ได้ ค่า C_e(ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

Help

ค่าประกอบจากผลการกระโชกของลม , Cg

Cg =	2	

Help

สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม,Cpi และค่าประกอบจากผลการกระโชกของลม, Cgi ที่กระทำกับพื้น

เลือกประเภทช่องเปิด :	3) ช่องเปิดขนาดใหญ่/มีประตูที่ไม่สามารถต้านพายุได้	
Cgi =	2	
CpiCgi (pos) =	1.4	
CpiCgi (neg) =	-1.4	

ช่องเปิดใหญ่/มีประตูที่ไม่สามารถต้านพายุได้ ได้ค่าC_{pi}(ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบจากความลาดชัน

x =	0	m
Hh =	0	m
Lh =	0	m
Hh/Lh =	0	

โจทย์ไม่ได้กำหนด

เลือกรูปแบบความลาดชัน : เนินเขา 2 มิติ

C^*_e =	0.94		
C^*_g =	2.000	C^*_{gi} =	2.000

หน่วยแรงลม , P p = Iw*q*Ce*Cg*Cp

หน่วยแรงลมภายใน, Pi :

pos. p =	52.39 kg/m2	Help
neg. p =	-52.39 kg/m2	Help

52.39*9.806 = 514 นิวตัน/ม.^{2}

(ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

ข้อมูลที่ใช้ประกอบในการคำนวณ		
q =	39.835	kg/m2
Iw =	1	
Cg =	2	
C^*_e =	0.94	
C^*_g =	2.000	
C^*_{gi} =	2.000	
pos. p =	52.39	kg/m2
neg. p =	-52.39	kg/m2
B =	60	m
L =	60	m
H =	6	m
ความลาดหลังคา=	5.00	degree
ความสูงอ้างอิง , h =	7.31	m

(ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

ค่าที่ได้จากการตรวจมีค่าเท่ากับหนังสือ

หน่วยแรงภายนอก(kg/m2)		1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
		28.06	43.03	-48.64	-74.84	-26.19	-37.42	-20.58	-29.93
แรงลมสุทธิ (kg/m2)	pos. int.	-24.32	-9.35	-101.03	-127.22	-78.58	-89.80	-72.96	-82.32
	neg. int.	80.45	95.42	3.74	-22.45	26.19	14.97	31.81	22.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงภายนอก(kg/m2)		1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
		-31.81	-33.68	-48.64	-74.84	-26.19	-37.42	-31.81	-33.68	28.06	43.03	-20.58	-29.93
แรงลมสุทธิ (kg/m2)	pos. int.	-84.19	-86.06	-101.03	-127.22	-78.58	-89.80	-84.19	-86.06	-24.32	-9.35	-72.96	-82.32
	neg. int.	20.58	18.71	3.74	-22.45	26.19	14.97	20.58	18.71	80.45	95.42	31.81	22.45

โดยที่ระยะ :	z =	2.4 m
	y =	6 m

(ได้ค่าเท่ากับ หนังสือ)

6.2. สรุปในส่วนของโปรแกรม Steel Design

เป็นการนำค่าจากในส่วนของโปรแกรมแรงลมมาใช้งานเข้าด้วยกัน โดยในตัวโปรแกรม Steel Design ในช่องกรอกข้อมูลตรงส่วนของหน่วยแรงลมที่กระทำบนหลังคา WL

น้ำหนักบรรทุก:

หน่วยน้ำหนักบรรทุกคงที่ของหลังคา, DL =	5	kg/m2
หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรของหลังคา, LL =	30	kg/m2
หน่วยแรงลมที่กระทำบนหลังคา, WL =	50	kg/m2

และกรอกค่าตามตารางลงในโปรแกรมซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลของหลังคา หรือการจำนวนและขนาด sag rod เมื่อผู้ใช้เลือกหน้าตัดแป โปรแกรมจะทำการเช็คค่าหน้าตัดที่เลือกว่าสามารถใช้ได้หรือไม่

เลือกหน้าตัดแป: 125x50x20x2.3 *** OK ***

-ในกรณีนี้ถือว่าหน้าตัดที่เลือกผ่านสามารถนำไปใช้งานได้

จำนวน sag rod =	3	
ขนาดของ sag rod =	6	mm *** OK ***

-จำนวนและขนาด sag rodก็ผ่านสามาถนำไปใช้งานได้

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม Steel Design ทั้งหมดคือ 1. แรงกระทำ 2. ตรวจสอบแรงกระทำ 3. ตรวจสอบการแอ่นตัว 4. ตรวจสอบ Sag rod 5. สรุปผล โดยส่วนสุดท้ายของโปรแกรม จะแสดงหน้าตัดและระยะความห่าง กับขนาดและระยะของ sag rod

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หน้าตัดแป	ใช้ LC100x50x20x3.2 mm @ 1.50 m (Fy =2450 ksc)
ใช้ Sag rod	ใช้ RB 6 mm @ 2.50 m

บรรณานุกรม

[1]อุทัย ฤกษ์ศิริรัตน์,**ค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าเพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบอาคารสูงในกรุงเทพ**, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2533

[2]นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ,**ความเร็วลมออกแบบและหน่วยแรงลมออกแบบเสนอแนะสำหรับประเทศไทย**, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2538

[3]ธนากร จงวิลาสลักษณ์,**การศึกษาแบบจำลองสำหรับแรงลมและแรงแผ่นดินไหว สำหรับพระราชบัญญัติควบคุมอาคารในประเทศไทย,** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

[4]ปฐเมศ ผาณิตพจมาน.**คู่มือการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหว.**ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีกระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2554

มยผ.1311-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Base Metal Thickness	ลักษณะช่วงแป Type of span	Limit state	ระยะแป												
			900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200	4500
(BMT) 0.42	ช่วงแปเดี่ยว Single	Serviceability	1.15	1.13	1.10	0.98	0.82	0.63	0.46	0.34	0.28	-	-	-	-
		Strength	2.50	2.30	2.10	1.80	1.45	1.10	0.08	0.65	0.60	-	-	-	-
	ช่วงแปปลาย End	Serviceability	2.25	1.18	1.40	1.12	0.97	0.92	0.88	0.80	0.68	0.53	0.37	-	-
		Strength	2.50	2.40	2.30	2.20	2.00	1.80	1.60	1.30	1.00	0.70	0.40	-	-
	ช่วงแปกลาง Internal	Serviceability	1.15	1.12	1.10	1.07	1.06	1.03	1.00	0.95	0.89	0.80	0.67	0.54	0.40
		Strength	3.80	3.30	2.85	2.40	2.10	1.85	1.65	1.53	1.40	1.20	1.05	0.85	0.70
(BMT) 0.55	ช่วงแปเดี่ยว Single	Serviceability	2.46	2.19	1.91	1.60	1.25	0.92	0.65	0.48	0.40	-.35	0.30	-	-
		Strength	5.00	4.65	4.35	4.00	3.60	3.15	2.70	2.20	1.70	1.20	0.65	-	-
	ช่วงแปปลาย End	Serviceability	2.33	2.24	2.13	2.00	1.82	1.62	1.41	1.19	0.97	0.76	0.55	-	-
		Strength	6.80	5.35	4.00	3.00	2.30	1.90	1.70	1.50	1.35	1.20	1.10	-	-
	ช่วงแปกลาง Internal	Serviceability	2.07	2.04	2.01	1.98	1.93	1.86	1.77	1.64	1.48	1.27	1.03	0.77	0.50
		Strength	6.80	5.60	4.50	3.50	2.90	2.55	2.45	2.40	2.40	2.25	2.00	1.65	1.30

ตารางแสดงค่าแรงดันลมสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้บนแผ่น (kPa)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า