มยผ. 1311-50

มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2550

มยผ. 1311-50

กรมโยธาธิการและผังเมือง ถ.พระราม 6
แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0-2299-4351 โทรสาร 0-2299-4366

มยผ. 1311 - 50

มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

กระทรวงมหาดไทย

พ.ศ. 2550

กรมโยธาธิการและผังเมือง

มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร / กรมโยธาธิการและผังเมือง

1. มาตรฐานการคำนวณแรงลม

ISBN 978 –974-458-165-5

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537

โดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระราม 6 แขวงสามเสนใน

เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4351 โทรสาร 0-2299-4366

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2550 จำนวน 2,100 เล่ม

พิมพ์ที่ บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด

โทร. 0-2321-9757 โทรสาร 0-2722-9433

คำนำ

ในช่วงระยะเวลาสองถึงสามปีที่ผ่านมาจะเห็นว่าภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นในประเทศไทยได้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นตามสภาพบรรยากาศของโลกที่แปรปรวนจากวิกฤตสภาวะโลกร้อน ภัยธรรมชาติดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ มาโดยตลอด แรงกระทำเนื่องจากลมถือได้ว่าเป็นแรงที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและสภาพแวดล้อมประเภทหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมืองได้รับรายงานความเสียหายของอาคาร รวมทั้งการวิบัติของโครงสร้างป้ายโฆษณาต่างๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของแรงลมถี่มากขึ้น โดยเฉพาะจากเหตุการณ์พายุฤดูร้อนที่มีฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงติดตามมา ที่สร้างความเสียหายแก่บ้านเรือนและสิ่งก่อสร้างในหลายพื้นที่ของประเทศอย่างต่อเนื่อง

กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ข้อ 17 ได้กำหนดค่าหน่วยแรงลมในลักษณะของแรงดันต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงตามความสูงของอาคารไว้ โดยข้อบังคับดังกล่าวมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 แต่ยังไม่เคยได้รับการแก้ไขปรับปรุง ประกอบกับปัจจุบันได้มีการพัฒนาด้านข้อมูลลมและมาตรฐานการคำนวณแรงลมกันอย่างกว้างขวางและชัดเจนยิ่งขึ้น ส่งผลให้การออกแบบโครงสร้างอาคารภายใต้แรงลมตามข้อกำหนดที่มีอยู่ในปัจจุบันอาจไม่เหมาะสมทางปฏิบัติหรือความปลอดภัยยังไม่เป็นไปตามหลักมาตรฐานสากล กรมโยธาธิการและผังเมืองได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวจึงได้ดำเนินการโดยให้สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์เป็นที่ปรึกษา เพื่อปรับปรุงข้อกำหนดตลอดจนจัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการคำนวณหน่วยแรงลมที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของอาคารให้มีความเหมาะสมกับการออกแบบอาคารทุกประเภทและทุกภูมิภาคของประเทศ และมีระดับเทียบเท่าสากล ซึ่งในการดำเนินการจัดทำข้อกำหนดดังกล่าวจะทำให้สอดรับกับประมวลข้อบังคับอาคาร (Building Code) แห่งชาติที่กรมโยธาธิการและผังเมืองกำลังดำเนินการจัดทำอยู่ ซึ่งประมวลข้อบังคับอาคารดังกล่าวจะมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมอาคารในอนาคตอันใกล้นี้อีกด้วย

ท้ายนี้ กรมโยธาธิการและผังเมืองขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญด้านแรงลมจากสถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่เป็นกำลังสำคัญในการจัดทำมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร หรือ มยผ. 1311-50 ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยอย่างดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ามาตรฐานดังกล่าวจะมีส่วนช่วยให้การออกแบบโครงสร้างอาคารต้านทานแรงลมมีประสิทธิภาพมากขึ้น อันจะทำให้การก่อสร้างอาคารทุกประเภทในทุกภูมิภาคของประเทศไทยมีความมั่นคงแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะก่อให้เกิดต่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนยิ่งขึ้นสืบไป

(นายฐิระวัตร กุลละวณิชย์)
อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

บทนำ

กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ข้อ 17 ในหมวดแรงลม ได้กำหนดค่าหน่วยแรงลมที่กระทำกับอาคารเปลี่ยนแปลงตามความสูงของอาคารแต่เพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยอื่น เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารว่าอยู่ในเขตที่มีความเร็วลมอ้างอิงและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เป็นต้น ดังนั้นกรมโยธาธิการและผังเมือง จึงได้ดำเนินการให้สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์เป็นที่ปรึกษาจัดทำมาตรฐานว่าด้วยการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคารสำหรับประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแรงลมภายในประเทศไทยให้ทันสมัยและมีความถูกต้องสมบูรณ์ทัดเทียมกับมาตรฐานสากล ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการทำให้มาตรฐานวิชาชีพเป็นที่ยอมรับในประชาคมวิชาชีพระหว่างประเทศในยุคโลกาภิวัฒน์ มาตรฐานฉบับใหม่นี้ได้คำนึงถึง ความเร็วลมอ้างอิงในเขตต่างๆ ลักษณะภูมิประเทศ รูปร่างของอาคาร และคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคาร ซึ่งเป็นรูปแบบของมาตรฐานการคำนวณแรงลมที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

เพื่อให้การจัดทำมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคารให้ทันสมัยและมีความถูกต้องสมบูรณ์ทัดเทียมกับมาตรฐานสากล ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษางานวิจัยอย่างละเอียด โดยได้แบ่งเป็นงานวิจัยย่อย 8 เรื่อง ดังนี้ งานวิจัยย่อยที่ 1 เรื่อง แผนที่ความเร็วลมพื้นฐานสำหรับการออกแบบอาคารของประเทศไทย งานวิจัยย่อยที่ 2 เรื่อง การเปรียบเทียบแรงลมและการตอบสนองตามมาตรฐานของต่างประเทศที่เป็นสากล งานวิจัยย่อยที่ 3 เรื่อง การทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม โดยวิธีวัดความดันลม งานวิจัยย่อยที่ 4 เรื่อง การทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมเพื่อวัดแรงและคำนวณผลการตอบสนอง โดยวิธี High Frequency Force Balance งานวิจัยย่อยที่ 5 เรื่อง การวิเคราะห์และจำลองผลกระทบของลมที่มีต่ออาคาร โดยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics) งานวิจัยย่อยที่ 6 เรื่อง มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร งานวิจัยย่อยที่ 7 เรื่อง คู่มือปฏิบัติประกอบมาตรฐานการคำนวณหน่วยแรงลมและการตอบสนองของอาคาร งานวิจัยย่อยที่ 8 เรื่อง การเปรียบเทียบผลกระทบในด้านราคาค่าก่อสร้างระหว่างการออกแบบโดยใช้ข้อกำหนดในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) และร่างมาตรฐานฉบับใหม่

คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ข้อบังคับการออกแบบอาคารของประเทศแคนาดา ปี ค.ศ. 2005 (National Building Code of Canada (NBCC)) และมาตรฐานการคำนวณแรงลมสำหรับการออกแบบอาคาร ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ฯ ปี พ.ศ.2546 (E.I.T. Standard 1018-46) ประกอบในการร่าง ได้ประยุกต์บางส่วนของข้อแนะนำน้ำหนักบรรทุกสำหรับอาคารของประเทศญี่ปุ่น ปี ค.ศ. 2004 (Recommendation for Loads on Building, AIJ) สำหรับการคำนวณแรงลมและการตอบสนองในทิศตั้ง

ฉากกับทิศทางลม ได้ประยุกต์บางส่วนของมาตรฐานน้ำหนักบรรทุกออกแบบต่ำสุดสำหรับอาคารและโครงสร้างอื่น ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2005 (Minimum Design Loads for Building and Other Structures, ASCE7-05) สำหรับเป็นแนวทางในการจัดทำตารางค่าหน่วยแรงลมออกแบบสำหรับอาคารเตี้ยเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ได้ใช้สภาพลมในประเทศไทยในการทำแผนที่ความเร็วลมอ้างอิง ได้ใช้ผลการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมของประเทศไทยเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และการนำไปประยุกต์ใช้งาน และได้ใช้ผลการตรวจวัดอาคารในประเทศไทยจำนวนมากเพื่อหาความถี่ธรรมชาติและอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร

มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคารแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนที่ 1. มาตรฐานการคำนวณแรงลมจำนวน 5 บท และ 3 ภาคผนวก ส่วนที่ 2. คำอธิบายมาตรฐาน และส่วนที่ 3. ตัวอย่างการคำนวณแรงลมและการตอบสนองจำนวน 6 ตัวอย่าง

ในฐานะหัวหน้าโครงการวิจัยจัดทำมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคารผมใคร่ขอขอบคุณคณะผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ช่วยกันดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณคณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษาทุกท่าน โดยเฉพาะ นายสุรพล พงษ์ไทยพัฒน์ (วิศวกรใหญ่) นายสุรชัย พรภัทรกุล (ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร) และ ดร.เสถียร เจริญเหรียญ (วิศวกรวิชาชีพ 8) ของสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานให้ดียิ่งขึ้น ท้ายสุดผมขอขอบคุณ นักศึกษาของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่มีส่วนสำคัญในการช่วยทำงานวิจัยย่อย 8 เรื่อง และมาตรฐานฉบับนี้ ได้แก่ นายวรพจน์ ธรรมสังคีติ นายกำธร เจนศุภเสรี นายพิเชษฐ์ กล้าหาญ นายธีรวัฒน์ ธีรสุขสกุล นายจีระสิทธิ์ ทิมสถิตย์ นายณัฐพล มากเทพพงษ์ นายอลงกรณ์ กฤตรัชตนันต์ และนายศราวุฒิ เหล่าพิพัฒน์ตระกูล รวมทั้งนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้แก่ นายบัญชา คำวอน และ นายเอกชัย วิเชียรสุวรรณ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิโรจน์ บุญญภิญโญ)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัย เรื่อง มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

- **หัวหน้าโครงการวิจัย**

  รองศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ บุญญภิญโญ
  มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

- **ที่ปรึกษาโครงการวิจัย**

  ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์
  จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **คณะผู้วิจัย**

  ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ชูชีพสกุล
  มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

  รองศาสตราจารย์ ดร. เป็นหนึ่ง วานิชชัย
  สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

  รองศาสตราจารย์ ดร. นคร ภู่วโรดม
  มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

  ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ ลิมสัมพันธ์เจริญ
  มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

  ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกิตย์ เทพมังกร
  Hong Kong University of Science and Technology

  ดร.สุทัศน์ ลีลาทวีวัฒน์
  มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษา
เรื่อง มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

- **ประธานกรรมการ**

  วิศวกรใหญ่ สุรพล พงษ์ไทยพัฒน์

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

- **คณะกรรมการ**

  นายสุรชัย พรภัทรกุล

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

  นายสินิทธิ์ บุญสิทธิ์

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

  ดร.เสถียร เจริญเหรียญ

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

  นายไพฑูรย์ นนทศุข

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

  นายวิบูลย์ ลีพัฒนากิจ

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

- **กรรมการและเลขานุการ**

  นายพรชัย สังข์ศรี

  กรมโยธาธิการและผังเมือง

สารบัญ

หน้า

คำนำ (1)

บทนำ (3)

ส่วนที่ 1 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร 1

บทที่ 1. ทั่วไป 2

1.1 ขอบข่าย 2

1.2 วิธีการกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า 2

1.3 ข้อพิจารณาหลักของการออกแบบ 3

1.4 วิธีการคำนวณแรงลมร่วมกับน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ 3

1.5 นิยามศัพท์ 3

1.6 สัญลักษณ์ 4

บทที่ 2. การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าโดยวิธีการอย่างง่าย 8

2.1 การกำหนดค่าแรงลมโดยวิธีการอย่างง่าย 8

2.2 แรงลมออกแบบ 8

2.3 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม 11

2.4 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ 12

2.5 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม 15

2.6 ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลม 17

2.7 แรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างหลัก และโครงสร้างรองของอาคารเตี้ย ในรูปแบบใช้ตาราง 18

2.8 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมและโมเมนต์บิด 18

บทที่ 3. การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าและการตอบสนองในทิศทางลมโดยวิธีการอย่างละเอียด 21

3.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าโดยวิธีการอย่างละเอียด 21

3.2 แรงลมออกแบบ 21

3.3 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม 21
3.4 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ 22
3.5 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม 23
3.6 ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลม 31
3.7 การโก่งตัวด้านข้าง 31
3.8 การสั่นไหวของอาคาร 32

บทที่ 4. การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าและการตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า 34
4.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม การตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า 34
4.2 แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม 34
4.3 การสั่นไหวของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม 37
4.4 โมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า 41
4.5 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมและโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า 43

บทที่ 5. การทดสอบในอุโมงค์ลม 48
5.1 ขอบข่ายการใช้งาน 48
5.2 การทดสอบ 48
5.3 การตอบสนองพลศาสตร์ 49

ภาคผนวก ก แผนที่ความเร็วลมอ้างอิง 50

ภาคผนวก ข แผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม 54
ข.1 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ย 54
ข.2 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารสูง 73
ข.3 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างพิเศษ 75

ภาคผนวก ค แรงลมออกแบบสำหรับอาคารเตี้ย 90
ค.1 แรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างหลักของอาคารเตี้ย 90
ค.2 แรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างรองของอาคารเตี้ย 101

ส่วนที่ 2 คำอธิบายมาตรฐาน 109

คำอธิบาย บทที่ 1.ทั่วไป 110
1.3 ข้อพิจารณาหลักของการออกแบบ 110
1.4 วิธีการคำนวณแรงลมร่วมกับน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ 110

คำอธิบาย บทที่ 2. การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าโดยวิธีการอย่างง่าย 112
2.2 แรงลมออกแบบ 112
2.3 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม 112
2.4 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ 118
2.6 ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลม 124

คำอธิบาย บทที่ 3.การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าและการตอบสนองในทิศทางลม
โดยวิธีการอย่างละเอียด 128
3.5 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม 128

คำอธิบาย บทที่ 4. การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าและการตอบสนองในทิศตั้งฉากกับ
ทิศทางลมและโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า 134
4.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าและผลตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม
และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่าการคำนวณแรงลมในทิศทางลม 134
4.2 แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม 135
4.4 การคำนวณโมเมนต์บิด 136
4.5 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับ
ทิศทางลมและโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า 136
คำอธิบาย บทที่ 5. การทดสอบในอุโมงค์ลม 138
5.1 ขอบข่ายการใช้งาน 138
5.2 การทดสอบ 138

บรรณานุกรม 145

ส่วนที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณแรงลมและการตอบสนอง 149

ตัวอย่างการคำนวณของอาคารเตี้ยโดยวิธีการอย่างง่าย

ตัวอย่างที่ 1. การคำนวณหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างหลักและโครงสร้างรอง ของอาคารเตี้ย 150

ตัวอย่างการคำนวณของอาคารสูงปานกลางโดยวิธีการอย่างง่าย

ตัวอย่างที่ 2. การคำนวณหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างหลักของอาคาร สูงปานกลาง 164

ตัวอย่างการคำนวณของอาคารสูง

ตัวอย่างที่ 3. การคำนวณหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างหลักในทิศทางลม ตั้งฉากกับทิศทางลม และการบิด และการตอบสนองของอาคารสูง 170

ตัวอย่างที่ 4. การคำนวณหน่วยแรงลมสำหรับผนังภายนอกอาคารและหลังคา ของอาคารสูงปานกลาง 192

ตัวอย่างการคำนวณของโครงสร้างพิเศษ

ตัวอย่างที่ 5. การคำนวณหน่วยแรงลมสำหรับป้ายขนาดใหญ่ 201

ตัวอย่างที่ 6. การคำนวณหน่วยแรงลมสำหรับปล่องควัน 204

ส่วนที่ 1

มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

บทที่ 1
ทั่วไป

1.1 ขอบข่าย

(ก) มาตรฐานนี้ได้กำหนดวิธีการคำนวณค่าของแรงลมและผลกระทบในรูปแบบต่างๆ ของลมที่มีต่ออาคาร เพื่อใช้ในการออกแบบระบบโครงสร้างหลักของอาคาร องค์อาคาร และส่วนประกอบอื่นๆ ของอาคาร เช่น ผนังภายนอกอาคาร หลังคา เป็นต้น

(ข) ข้อกำหนดต่างๆ ในมาตรฐานนี้ เป็นข้อกำหนดในขั้นต่ำสุดที่จำเป็นต่อการออกแบบอาคาร เพื่อให้อาคารมีความปลอดภัย และเพื่อจำกัดผลกระทบในรูปแบบต่างๆ ของลมที่มีต่ออาคารให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์มาตรฐานสากล

(ค) มาตรฐานการคำนวณ สามารถนำไปใช้ในการออกแบบอาคารทั่วไป ตั้งแต่ อาคารเตี้ยจนถึงอาคารสูงที่มีรูปทรงปกติ แต่มาตรฐานไม่ครอบคลุมถึงการออกแบบอาคารที่มีลักษณะพิเศษ หรือโครงสร้างอื่นๆ ที่อาจมีการตอบสนองต่อแรงลมรุนแรงกว่าปกติ เช่น ปล่องควันที่มีความสูงชะลูด สะพานช่วงยาว ฯลฯ ซึ่งต้องใช้การทดสอบในอุโมงค์ลม

(ง) มาตรฐานการคำนวณ ไม่ได้ครอบคลุมสภาพภูมิประเทศที่มีลักษณะพิเศษ ที่อาจทำให้เกิดแรงลมที่สูงกว่าปกติ เช่น ช่องลมเฉพาะที่ (local channel) ผลของอาคารข้างเคียง ฯลฯ ซึ่งต้องใช้การทดสอบในอุโมงค์ลม

(จ) มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (international system units)

1.2 วิธีการกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า

วิธีกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า มี 3 วิธี คือ

(ก) การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย ตามที่กำหนดในบทที่ 2

(ข) การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศทางลม โดยวิธีการอย่างละเอียด ตามที่กำหนดในบทที่ 3 และการคำนวณหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า ตามที่กำหนดในบทที่ 4

(ค) การทดสอบในอุโมงค์ลม ตามที่กำหนดในบทที่ 5

1.3 ข้อพิจารณาหลักของการออกแบบ

ในการออกแบบอาคาร จำเป็นต้องพิจารณาถึงผลกระทบจากแรงลมในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

(ก) ระบบโครงสร้างหลักของอาคาร องค์อาคาร และส่วนประกอบอื่นของอาคาร ต้องได้รับการออกแบบให้มีกำลัง (strength) และเสถียรภาพ (stability) ที่สูงเพียงพอที่จะสามารถต้านทานแรงลมหรือผลกระทบเนื่องจากลมได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ ตามที่กำหนดในบทที่ 2, 3 และ 4

(ข) การโก่งตัวด้านข้าง (lateral deflection) ของอาคารเนื่องจากแรงลมจะต้องมีค่าน้อยเพียงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่องค์อาคารหลักและองค์อาคารรอง ตามที่กำหนดในบทที่ 3

(ค) การสั่นไหวของอาคาร (building motion) ที่เกิดจากลม ทั้งในทิศทางลม และทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม ต้องมีระดับที่ต่ำเพียงพอที่จะไม่ทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่สบายหรือเกิดอาการวิงเวียน ตามที่กำหนดในบทที่ 3 และ 4

1.4 วิธีคำนวณแรงลมร่วมกับน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ

การคำนวณแรงลมร่วมกับน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ ให้เป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

1.5 นิยามศัพท์

"ความสูงเฉลี่ยของหลังคา" หมายถึง ความสูงที่วัดจากจุดกึ่งกลาง (mid-height) ของหลังคา กล่าวคือ ความสูงเฉลี่ยระหว่างความสูงเฉลี่ยของยอดหลังคา และความสูงของชายคา ในกรณีความชันของหลังคาน้อยกว่า 7-10 องศา สามารถใช้ความสูงของชายคาแทนได้

"ชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)" หมายถึง ชิ้นส่วนของโครงสร้างรองที่ใช้รับกำลัง และส่งถ่ายแรงไปยังระบบโครงสร้างหลัก ตัวอย่างเช่น โครงเคร่า (girt) แป (purlin) เป็นต้น

"ผนังภายนอก (cladding)" หมายถึง ผนังภายนอกอาคารที่ห่อหุ้มอาคาร

"ระบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลม (main wind-force resistant system)" หมายถึง ระบบโครงสร้างหลัก ที่ใช้รับกำลังและเสถียรภาพของโครงสร้างภายใต้แรงลม ซึ่งประกอบด้วย

เสา คาน หรือผนังรับแรงเฉือน เป็นต้น ระบบโครงสร้างหลักโดยทั่วไป จะรับแรงลมมากกว่าหนึ่งพื้นผิว

"สภาวะจำกัดด้านกำลัง (ultimate limit state)" หมายถึง ความสามารถของโครงสร้าง หรือองค์อาคารในการต้านทานกำลังสูงสุดภายใต้ผลกระทบของน้ำหนักบรรทุก

"สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน (serviceability limit state)" หมายถึง ความสามารถของโครงสร้างหรือองค์อาคารในการใช้งานได้ดี และก่อให้เกิดความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน เช่น การโก่งตัว และการสั่นไหว เป็นต้น

"อาคารเตี้ย (low-rise building)" หมายถึง อาคารที่มีความสูงเฉลี่ยของหลังคาไม่เกิน 23 เมตร หรืออาคารที่แข็งเกร็ง (rigid) มาก

"อาคารรูปทรงปกติ" หมายถึง อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมหรือคล้ายสี่เหลี่ยม และมีรูปทรงสม่ำเสมอเป็นส่วนใหญ่

"อาคารสูง (high-rise building)" หมายถึง อาคารที่มีความสูงเฉลี่ยของหลังคามากกว่า 23 เมตรขึ้นไป

1.6 สัญลักษณ์

a = สัมประสิทธิ์ตัวลดความเร็วลมตามความสูง

a_D = อัตราเร่งสูงสุดในแนวราบที่ยอดอาคารในทิศทางลม มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2}

a_w = อัตราเร่งสูงสุดในแนวราบที่ยอดอาคาร ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที^{2}

A = พื้นที่รับลม มีค่าเท่ากับผลคูณของความกว้างของอาคาร (W) กับมิติในแนวดิ่งของพื้นที่ที่พิจารณาแรง (h) มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

A_0 = พื้นที่รวมทั้งหมดของช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

B = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกึ่งสถิตต่อการแปรปรวนของลม (background turbulence factor)

C_e = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor)

C_{eH} = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ระดับความสูงของยอดอาคาร

C_e^* = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศลาดชัน

C_g = ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (gust effect factor)

C_{gi} = ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม ที่กระทำกับพื้นผิวภายในอาคาร

C_g^* = ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่ปรับแก้ผลการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมบริเวณเนินเขาและลาดชัน

$C_L^{'}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความผันผวนของโมเมนต์พลิกคว่ำ โดยเป็นค่ารากกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์พลิกคว่ำในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม (root-mean-square of overturning moment coefficient in across-wind direction)

C_p = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient)

C_p^* = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมเฉพาะที่

C_{pi} = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร (internal pressure coefficient)

$C_T^{'}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความผันผวนของโมเมนต์บิด โดยเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิด (root-mean-square of torsional moment coefficient)

D = มิติในแนวราบของอาคารในแนวขนานกับทิศทางลม มีหน่วยเป็นเมตร

D_s = ความกว้างของด้านที่แคบที่สุด มีหน่วยเป็นเมตร

e_X = ระยะเยื้องศูนย์ ในทิศทางแกนหลัก X ของอาคาร

e_Y = ระยะเยื้องศูนย์ ในทิศทางแกนหลัก Y ของอาคาร

F = อัตราส่วนพลังงานของการแปรปรวนของลม ณ ความถี่ธรรมชาติของอาคาร (gust energy ratio at the natural frequency of the structure)

F_L = ค่าสเปกตรัมของแรงลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม

F_T = ค่าสเปกตรัมของแรงลมในแนวบิดของอาคาร

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

g_L = ค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยให้เป็นค่าสูงสุด สำหรับการสั่นไหวของอาคารในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม

g_p = ค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยให้เป็นค่าสูงสุด สำหรับการสั่นไหวของอาคารในทิศทางลม

g_T = ค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยให้เป็นค่าสูงสุด สำหรับการสั่นไหวของอาคารในแนวบิด

H = ความสูงของอาคาร มีหน่วยเป็นเมตร

H_h = ความสูงของเนินเขาและลาดชัน

I_w = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม

K = ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามความขรุขระของสภาพภูมิประเทศ

L_h = ระยะทางในแนวราบด้านต้นลม จากยอดเนินเขาถึงระยะ $H_h / 2$

M_T = โมเมนต์บิดต่อความสูง 1 เมตร มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

n_D = ค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารสำหรับรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานในทิศทางลม มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz)

n_W = ความถี่ธรรมชาติของอาคารสำหรับรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz)

n_T = ความถี่ธรรมชาติของอาคารสำหรับรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานในแนวบิด มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz)

p = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร

p_i = หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายในอาคาร

P_L = แรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำบนพื้นผิวของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลมที่ความสูง z จากพื้นดิน มีหน่วยเป็น นิวตัน

p_{LX} = หน่วยแรงลมด้านท้ายลม ในทิศทางแกนหลัก X ของอาคาร

p_{LY} = หน่วยแรงลมด้านท้ายลม ในทิศทางแกนหลัก Y ของอาคาร

p_{WX} = หน่วยแรงลมด้านต้นลม ในทิศทางแกนหลัก X ของอาคาร

p_{WY} = หน่วยแรงลมด้านต้นลม ในทิศทางแกนหลัก Y ของอาคาร

q = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร

q_H = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม ที่ระดับความสูงยอดอาคาร มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร

R_L = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกำทอนต่อการแปรปรวนของลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม

R_T = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกำทอนต่อการแปรปรวนของลมในแนวบิดของอาคาร

s = ตัวคูณลดเนื่องจากขนาดของอาคาร (size reduction factor)

T_F = ค่าประกอบไต้ฝุ่น

V_0 = ปริมาตรภายในของอาคาร มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

V_{50} = ค่าความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 50 ปี

$\overline{V}$ = ความเร็วลมอ้างอิง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

V_H = ค่าความเร็วลมเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง ที่ระดับความสูงของยอดอาคาร มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

W = ความกว้างประสิทธิผลของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม มีหน่วยเป็นเมตร

z = ความสูงจากพื้นดิน ณ ตำแหน่งที่คำนวณค่าหน่วยแรงลม มีหน่วยเป็นเมตร

α = ตัวยกกำลังของค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ

β_D = อัตราส่วนความหน่วง (damping ratio) ของการสั่นไหวของอาคารในทิศทางลม

β_W = อัตราส่วนความหน่วงของการสั่นไหวของอาคารในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม

β_T = ค่าอัตราส่วนความหน่วงของการสั่นไหวของอาคารในแนวบิด

Δ = การโก่งตัวทางด้านข้างสูงสุดในทิศทางลม ณ ตำแหน่งยอดอาคาร

$\Delta S_{\max}$ = ค่าประกอบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมเฉลี่ยที่ยอดเนินเขาและลาดชัน

μ = ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองของอาคารเนื่องจากแรงลม (mean loading effect)

ν = ค่าความถี่เฉลี่ยของการตอบสนองของโครงสร้าง (average fluctuation rate) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที

ρ = ความหนาแน่นของมวลอากาศ (ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 1.25 กิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร) สำหรับความดันบรรยากาศปกติและอุณหภูมิของอากาศประมาณ 15 องศาเซลเซียส ถึง 45 องศาเซลเซียส

ρ_B = ความหนาแน่นเฉลี่ยของมวลอาคาร (average density of the building) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร

σ = ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของผลตอบสนองด้านพลศาสตร์เนื่องจากความผันผวนของแรงลม (root-mean-square loading effect)

τ = ตัวแปรที่บอกระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อการแปรเปลี่ยนของความดันภายนอกอาคาร

บทที่ 2
การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย ใช้กับโครงสร้างต่อไปนี้

ก. ระบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลม (main wind-force resistant system) ของอาคารเตี้ยและอาคารสูงปานกลางที่มีความสูงไม่เกิน 80 เมตร และมีความสูงไม่เกิน 3 เท่าของความกว้างประสิทธิผลที่น้อยที่สุด ตามที่กำหนดในสมการ (2-1) ยกเว้นอาคารที่ระบุไว้ในหัวข้อ 3.1ข

ข. ผนังภายนอกอาคาร (cladding) ของอาคารทุกประเภท

ค่าความกว้างประสิทธิผลของอาคาร ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.1ก สามารถคำนวณได้จาก

$$W = \frac{\sum h_i W_i}{\sum h_i} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ Σ = ผลรวมของทุกชั้นของอาคาร

h_i = ความสูงจากพื้นดิน ถึงพื้นชั้นที่ i

W_i = ความกว้างของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม ที่ความสูง h_i

ความกว้างประสิทธิผลที่น้อยที่สุดของอาคาร ให้พิจารณาจากทิศทางลมในทุกทิศทาง

2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ p = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

I_w = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

q = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

C_e = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

C_g = ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

C_p = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

2.2.2 แรงลมสุทธิที่กระทำต่ออาคารโดยรวม เป็นผลรวมแบบเวคเตอร์ของแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารทางด้านต้นลมและท้ายลม รวมถึงด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยที่แรงลมนี้คือ ผลคูณของหน่วยแรงลมในหัวข้อ 2.2.1 กับพื้นที่ผิวของอาคาร

2.2.3 หน่วยแรงลมสุทธิเพื่อใช้ในการคำนวณแรงลมที่กระทำต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของด้านใดด้านหนึ่งของอาคาร (เช่น ผนังภายนอก หรือ หลังคา) เป็นผลรวมแบบเวคเตอร์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำบนพื้นผิวภายนอก (ดังแสดงในหัวข้อ 2.2.1) กับหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวที่กระทำบนพื้นผิวภายใน โดยที่หน่วยแรงลมภายในคำนวณจาก

$$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi} \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่ p_i = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายในอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

C_{gi} = ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลมที่กระทำภายในอาคาร ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

C_{pi} = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

2.2.4 ประเภทของอาคารตามความสำคัญต่อสาธารณชน แสดงในตารางที่ 2-1

2.2.5 ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม แสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 การจำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชน

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ	น้อย
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และสูงมาก	ปกติ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	มาก
อาคารและส่วนโครงสร้างที่มีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนเป็นอย่างมาก หรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุเป็นอย่างมาก เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารหรือส่วนโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เช่น เชื้อเพลิง หรือสารเคมี อันก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	สูงมาก

ตารางที่ 2-2 ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม

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

2.3 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q)

2.3.1 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม สามารถคำนวณได้จาก

$$q = \frac{1}{2}\rho\overline{V}^2 \qquad (2\text{-}4)$$

โดยที่ q ที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร

(หรือ $$q = \frac{1}{2}\left(\frac{\rho}{g}\right)\overline{V}^2$$

โดยที่ q ที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (แรง) ต่อตารางเมตร)

ρ = ความหนาแน่นของมวลอากาศ (ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 1.25 กิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร) สำหรับความดันบรรยากาศปกติและอุณหภูมิของอากาศประมาณ 15 องศาเซลเซียส ถึง 45 องศาเซลเซียส

$\overline{V}$ = ความเร็วลมอ้างอิง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3.2

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.806 ม./วินาที^{2}

2.3.2 ความเร็วลมอ้างอิง คือ ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน ในสภาพภูมิประเทศโล่ง (open exposure, ดูรายละเอียดหัวข้อ 2.4 และ 3.4) สำหรับคาบเวลากลับ (return period) 50 ปี (V_{50}) (ยกเว้น กลุ่มที่ 4A และ 4B ในรูปที่ ก.1) ความเร็วลมอ้างอิงของพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย แสดงในรูปที่ ก.1 และตารางที่ ก-1

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน $\overline{V} = V_{50}$

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านกำลัง $\overline{V} = T_F V_{50}$

โดยที่ T_F = ค่าประกอบไต้ฝุ่น แสดงในภาคผนวก ก.

2.4 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ เป็นค่าประกอบที่นำมาปรับค่าหน่วยแรงลมให้แปรเปลี่ยนตามความสูงจากพื้นดินและสภาพภูมิประเทศ

2.4.1 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ

การคำนวณค่าแรงลมโดยวิธีการอย่างง่าย คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. สภาพภูมิประเทศแบบ A เป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่งซึ่งมีอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้าง กระจัดกระจายอยู่ห่างๆ กัน หรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล ให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (2-5) หรือใช้ค่าจากตาราง 2-3

$$C_e = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.2} \qquad (2\text{-}5)$$

โดยที่ z = ความสูงจากพื้นดิน (หน่วยเป็นเมตร) ณ ตำแหน่งที่คำนวณค่าหน่วยแรงลม โดยที่ถ้า C_e ที่คำนวณจากสมการ (2-5) มีค่าน้อยกว่า 0.9 กำหนดให้ใช้ค่า $C_e = 0.9$

ข. สภาพภูมิประเทศแบบ B เป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง หรือพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่หนาแน่น หรือบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็ก ให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (2-6) หรือใช้ค่าจากตาราง 2-3

$$C_e = 0.7\left(\frac{z}{12}\right)^{0.3} \qquad (2\text{-}6)$$

โดยที่ ถ้า C_e ที่คำนวณได้จากสมการ (2-6) มีค่าน้อยกว่า 0.7 กำหนดให้ใช้ค่า $C_e = 0.7$

สภาพภูมิประเทศใดๆ จะจัดอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B ได้ ก็ต่อเมื่อมีลักษณะภูมิประเทศในลักษณะนั้นๆ สม่ำเสมอในทิศทางต้นลม เป็นระยะทางไม่ต่ำกว่า 1

กิโลเมตร หรือ 10 เท่าของความสูงของอาคาร โดยใช้ค่าที่มากกว่า ซึ่งสภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการคำนวณนี้ ควรสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่แท้จริงในทิศทางลมที่พิจารณา

ข้อยกเว้น อาคารที่มีความสูงไม่เกิน 80 เมตร และตั้งอยู่ในกลุ่มที่มีความเร็วลมอ้างอิง ($\overline{V} = T_F V_{50}$) ไม่เกิน 25 ม./วินาที ในรูปที่ ก.1 ให้ใช้เฉพาะสภาพภูมิประเทศแบบ A เท่านั้น

ตารางที่ 2-3 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) สำหรับวิธีการอย่างง่าย

ความสูงจากพื้นดิน	สภาพภูมิประเทศแบบ A	สภาพภูมิประเทศแบบ B
สูงไม่เกิน 6 เมตร	0.90	0.70
สูงเกิน 6 เมตร แต่ไม่เกิน 10 เมตร	1.00	0.70
สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.15	0.82
สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 30 เมตร	1.25	0.92
สูงเกิน 30 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.32	1.00
สูงเกิน 40 เมตร แต่ไม่เกิน 60 เมตร	1.43	1.13
สูงเกิน 60 เมตร แต่ไม่เกิน 80 เมตร	1.52	1.24

2.4.2 การเพิ่มขึ้นของความเร็วลมบริเวณเนินเขาและลาดชัน

อาคารหรือโครงสร้างที่ตั้งอยู่บริเวณเนินเขาและลาดชัน ที่มีอัตราส่วนระยะทางแนวดิ่งต่อแนวราบมากกว่า 1 ต่อ 10 (5.7 องศา) มีผลทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่าลมที่พัดผ่านบริเวณแบบราบ ดังนั้น ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศลาดชัน (C_e^*) เท่ากับ ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศแบบราบ คูณกับค่าประกอบ $(1+\Delta S(z))^2$ โดยที่ $\Delta S(z)=$ ค่าประกอบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณเนินเขาและลาดชัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ค่าประกอบที่ปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศลาดชัน (C_e^*) ใช้แทนค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศแบบราบ และคำนวณภายในระยะทาง $|x| < kL_h$ ได้ดังนี้

$$C_e^* = C_e\left\{1+\Delta S_{\max}\left(1-\frac{|x|}{kL_h}\right)e^{(-az/L_h)}\right\}^2 \qquad (2\text{-}7)$$

โดยที่ C_e = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศบริเวณแบบราบ ในหัวข้อ 2.4.1 สำหรับวิธีการอย่างง่าย และในหัวข้อ 3.4 สำหรับวิธีการอย่างละเอียด

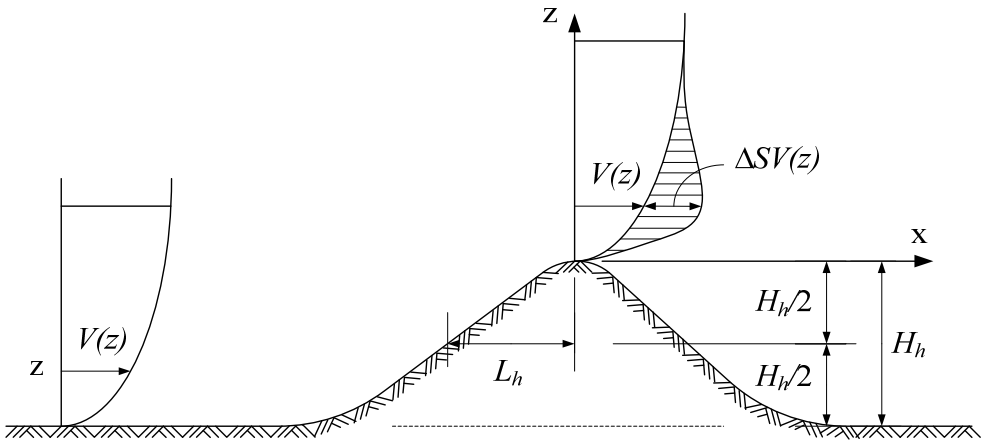
$\Delta S_{\max}$ = ค่าประกอบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมเฉลี่ยที่ยอดเนินเขาและลาดชัน

a = สัมประสิทธิ์ตัวลดความเร็วลมตามความสูง

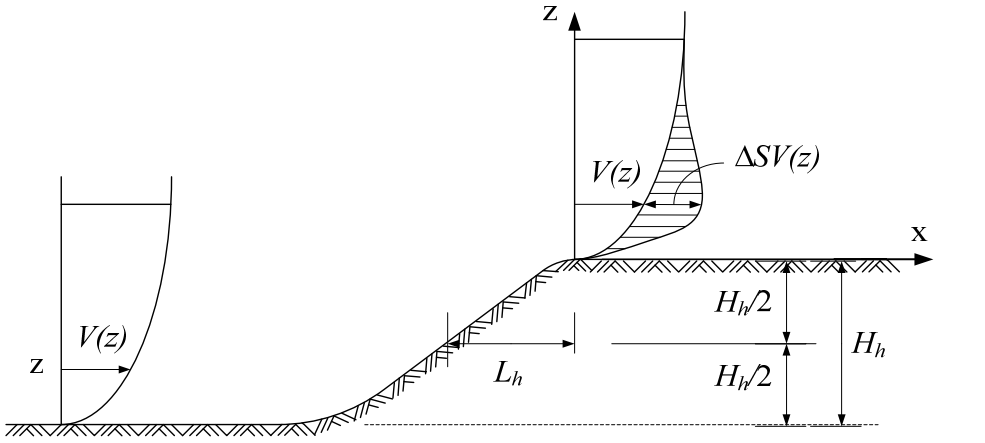
H_h = ความสูงของเนินเขา และลาดชัน

L_h = ระยะทางในแนวราบด้านต้นลมจากยอดเนินเขาถึงระยะ $H_h / 2$

ค่า $\Delta S_{\max}$ และ a ขึ้นกับรูปร่างและความชันของเนินเขา ดังแสดงในตารางที่ 2-4



(ก) บริเวณเนินเขา



(ข) บริเวณลาดชัน

รูปที่ 2.1 การเพิ่มขึ้นของความเร็วลมบริเวณเนินเขาและลาดชัน

ตารางที่ 2-4 ค่าประกอบสำหรับคำนวณการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมบริเวณเนินเขาและลาดชัน

รูปร่างเนินเขา	$\Delta S_{\max}$	a	k	
			$x<0$	$x>0$
เนินเขา 2 มิติ (หรือหุบเขาที่ค่า H_h เป็นลบ)	$2.2H_h/L_h$	3	1.5	1.5
ที่ราบสูง 2 มิติ	$1.3H_h/L_h$	2.5	1.5	4
เนินเขา 3 มิติ ไม่สมมาตร	$1.6H_h/L_h$	4	1.5	1.5

หมายเหตุ : สำหรับอัตราส่วน $H_h/L_h > 0.5$ กำหนดให้ใช้ $H_h/L_h = 0.5$ และแทนค่า $L_h = 2H_h$ เมื่อคำนวณ C_e^* ในสมการ (2-7)

2.5 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (C_g)

ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม คือ อัตราส่วนระหว่างผลของแรงลมสูงสุดต่อผลของแรงลมเฉลี่ย ค่าประกอบ C_g สำหรับวิธีการอย่างง่าย คำนวณได้ดังนี้

2.5.1 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม ที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร

ก. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลม ยกเว้น ป้ายและกำแพง ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.35

ข. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.5 ในการออกแบบโครงสร้างรองและผนังภายนอกอาคาร (cladding) ที่มีขนาดเล็ก (ประมาณขนาดของหน้าต่าง)

2.5.2 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำภายในอาคาร

สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายในอาคาร ให้ใช้ค่า C_{gi} เท่ากับ 2.0 หรือค่าที่คำนวณจากสมการ (2-8) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณของช่องเปิด (opening) ของอาคาร ในกรณีที่อาคารมีขนาดใหญ่และไม่มีผนังกั้นภายในซึ่งทำให้ปริมาตรภายในของอาคารมีค่ามาก ค่าความดันลมภายในอาคารจะมีการแปรเปลี่ยนช้าเมื่อเทียบกับการแปรเปลี่ยนของความดันลมภายนอกอาคาร ซึ่งในกรณีดังกล่าว อาจใช้ค่าที่คำนวณตามสมการที่ (2-8)

$$C_{gi} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1+\tau}} \qquad (2\text{-}8)$$

โดยที่ τ = ตัวแปรที่บอกระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อการแปรเปลี่ยนของความดันภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2-9)

$$\tau = \frac{V_0}{6{,}950 A_0} \qquad (2\text{-}9)$$

โดยที่ V_0 = ปริมาตรภายในของอาคาร มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร (เมตร^3)

A_0 = พื้นที่รวมทั้งหมดของช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (เมตร^2)

2.5.3 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่ปรับแก้จากผลการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมบริเวณเนินเขาและลาดชัน

ก. เนื่องจากลมที่พัดผ่านบริเวณเนินเขาและลาดชันทำให้ความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ไม่ทำให้ขนาดของการแปรปรวนของความเร็วลมเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงต้องปรับแก้ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม ทั้งในวิธีการอย่างง่าย และวิธีการอย่างละเอียด ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่ปรับแก้จากผลการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมบริเวณเนินเขาและลาดชัน (C_g^*) ใช้แทนค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมในบริเวณแบบราบ และคำนวณได้ดังนี้

$$C_g^* = 1 + (C_g - 1)\sqrt{\frac{C_e}{C_e^*}} \qquad (2\text{-}10)$$

โดยที่ C_g = ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมในบริเวณแบบราบ ในหัวข้อ 2.5.1 และ 2.5.2 สำหรับวิธีการอย่างง่าย และในหัวข้อ 3.5 สำหรับวิธีการอย่างละเอียด

ข. การปรับแก้ผลคูณของ C_pC_g สำหรับอาคารเตี้ยที่ตั้งอยู่บริเวณเนินเขาและลาดชันทำได้โดย คูณค่า C_pC_g ด้วยอัตราส่วน C_g^*/C_g โดยที่ C_g คำนวณได้จากหัวข้อ 2.5.1 และ C_g^* จากสมการที่ (2-10)

2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p)

2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้

ก. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับอาคารเตี้ยที่มีความสูงต่อความกว้าง $\left(\frac{H}{D_s}\right)$ น้อยกว่า 1 (D_s คือความกว้างของด้านที่แคบที่สุด) และมีความสูงอ้างอิง (reference height) น้อยกว่า 23 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมได้ถูกนำมารวมกับค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม ดังแสดงในรูปที่ ข.1 ถึง ข. 8 ในภาคผนวก ข.1

ข. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับอาคารสูง ดังแสดงในรูปที่ ข.9 ในภาคผนวก ข.2

ค. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับโครงสร้างพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ ข.10 ถึง ข.18 ในภาคผนวก ข.3

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน (C_{pi}) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักต้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์ C_{pi} นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า C_{gi} ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย

กรณีที่ 1 ใช้ค่า $C_{pi} = -0.15$ ถึง 0.0

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่ปราศจากช่องเปิดขนาดใหญ่ แต่อาจมีช่องเปิดเล็กๆกระจายสม่ำเสมอ โดยมีพื้นที่ช่องเปิดรวมน้อยกว่า 0.1% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด ตัวอย่างได้แก่ อาคารสูงทั่วๆไปที่มีผนังปิดล้อมทุกด้านและมีระบบระบายอากาศภายใน รวมทั้งอาคารเตี้ยบางประเภท เช่น คลังสินค้าที่ไม่มีหน้าต่างหรือช่องเปิด โดยที่ประตูต้องออกแบบให้สามารถต้านพายุได้ และได้รับการปิดสนิทเมื่อเกิดพายุ

กรณีที่ 2 ใช้ค่า $C_{pi} = -0.45$ ถึง 0.3

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีการรั่วซึมซึ่งกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยที่อาจมีช่องเปิดขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่ต้องได้รับการปิดสนิท เมื่อเกิดพายุและมีความแข็งแรงเพียงพอ ตัวอย่างได้แก่ อาคารขนาดเล็กทั่วๆไป และอาคารสูงที่มีหน้าต่างซึ่งสามารถเปิด-ปิดได้ หรือมีระเบียงซึ่งมีประตูที่สามารถเปิด-ปิดได้

กรณีที่ 3 ใช้ค่า $C_{pi} = -0.7$ ถึง 0.7

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ โดยที่ความแปรปรวนของลมภายนอกอาคาร สามารถส่งผลเข้าไปภายในได้ ตัวอย่างได้แก่ อาคารโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้าที่ประตูอาจจะเปิดในระหว่างเกิดพายุ หรือประตูไม่สามารถต้านพายุได้

2.7 แรงลมออกแบบ สำหรับโครงสร้างหลัก และโครงสร้างรองของอาคารเตี้ย ในรูปแบบใช้ตาราง

แรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างหลัก และโครงสร้างรองของอาคารเตี้ย นอกจากการใช้สูตรการคำนวณโดยตรง ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมในภาคผนวก ข.1 แล้ว ยังสามารถใช้ค่าแรงลมออกแบบดังแสดงในภาคผนวก ค.1 สำหรับแรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างหลักของอาคารเตี้ย และ ค.2 สำหรับแรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างรองของอาคารเตี้ยได้

2.8 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิด

การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิด เพื่อคำนึงถึงการกระจายที่ไม่สมมาตรของหน่วยแรงลม และผลของลมกระทำที่มุมปะทะต่างๆ กับอาคาร ซึ่งบางกรณีมีผลมากกว่าลมกระทำตั้งฉากกับอาคาร

การรวมผลของแรงลมในหัวข้อนี้ ใช้กับโครงสร้างต่อไปนี้

ก. อาคารสูงปานกลาง ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.1ก และ

ข. อาคารรูปทรงปกติที่มีความสมมาตรทางโครงสร้าง กล่าวคือ จุดศูนย์กลางแรงเฉือน และจุดศูนย์กลางมวลของแต่ละชั้นจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน หรือห่างกันเล็กน้อย

อาคารและองค์อาคาร จะต้องออกแบบให้สามารถรับแรงต่างๆที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของแรงลมซึ่งคำนวณได้จากสมการ (2-2) และในรูปที่ ข.9 ในลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

ก. หน่วยแรงลมกระทำร้อยละ 100 เต็มพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลม โดยพิจารณาแรงลมที่กระทำทีละทิศทางตามแกนหลักของอาคาร (แกน X และแกน Y) ตามรูปที่ 2.2(ก)

ข. หน่วยแรงลมกระทำร้อยละ 75 เต็มพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลม พร้อมกับโมเมนต์บิดตามรูปที่ 2.2(ข) โดยพิจารณาหน่วยแรงลมและโมเมนต์บิดกระทำทีละทิศทาง ตามแกนหลักของอาคาร

ค. หน่วยแรงลมกระทำเหมือนข้อ ก. แต่กระทำร้อยละ 75 ของแรงในข้อ ก. เต็มพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลม และพิจารณาหน่วยแรงลมกระทำพร้อมกันทั้ง 2 ทิศทางตามแกนหลักของอาคาร ตามรูปที่ 2.2(ค) ทั้งนี้เพื่อคำนึงถึงผลของลมที่กระทำในทิศทางที่ไม่อยู่ในแนวตั้งฉากกับผนังของอาคาร

ง. หน่วยแรงลมกระทำเหมือนข้อ ข. แต่กระทำร้อยละ 75 ของแรงในข้อ ข. เต็มพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลม และพิจารณาหน่วยแรงลมและโมเมนต์บิดกระทำพร้อมกันทั้ง 2 ทิศทาง ตามแกนหลักของอาคาร ตามรูปที่ 2.2(ง)

โดยที่

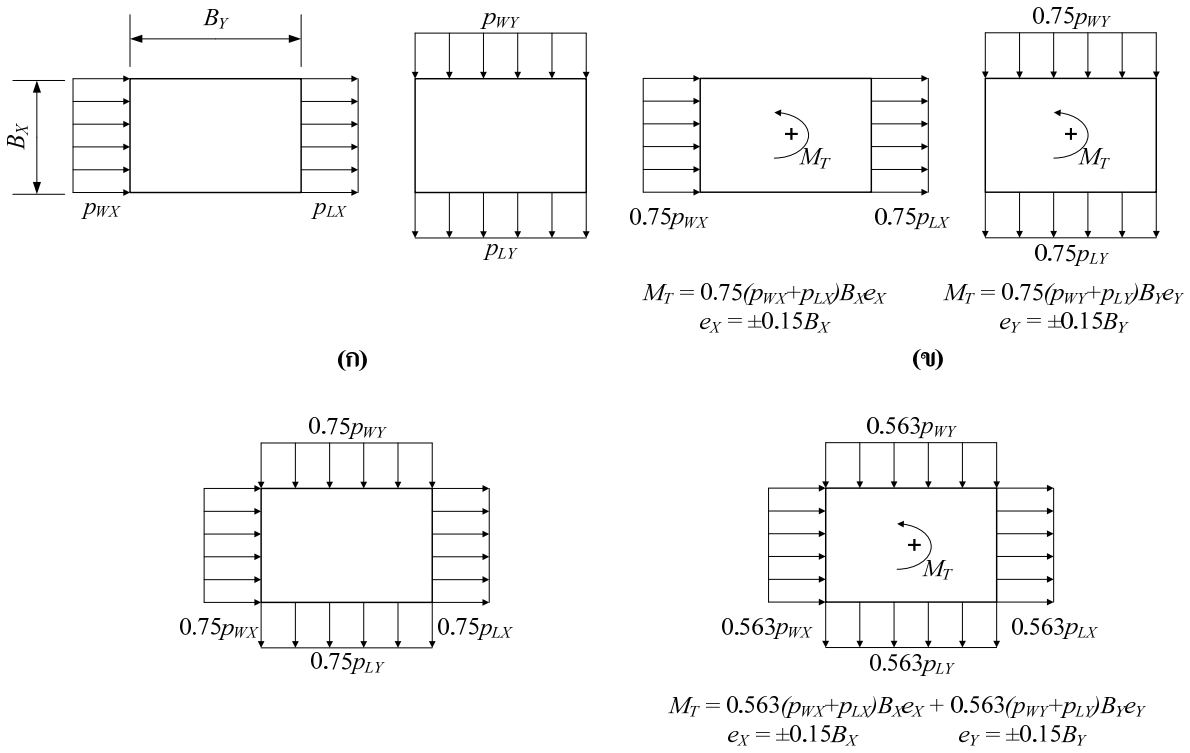
B_x, B_y = ขนาดของอาคารในแต่ละทิศทาง

e_X, e_Y = ระยะเยื้องศูนย์ ในทิศทางแกนหลัก X และ Y ของอาคาร ตามลำดับ

p_{WX}, p_{WY} = หน่วยแรงลมด้านต้นลม ในทิศทางแกนหลัก X และ Y ของอาคาร ตามลำดับ

p_{LX}, p_{LY} = หน่วยแรงลมด้านท้ายลม ในทิศทางแกนหลัก X และ Y ของอาคาร ตามลำดับ

M_T = โมเมนต์บิดต่อความสูง 1 เมตร



รูปที่ 2.2 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม ตั้งฉากกับทิศทางลม และการบิด

บทที่ 3
การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า และการตอบสนองในทิศทางลม โดยวิธีการอย่างละเอียด

3.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างละเอียด

การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างละเอียด ใช้กับโครงสร้างต่อไปนี้

ก. อาคารที่มีความสูงเกิน 80 เมตร หรือมีความสูงเกิน 3 เท่าของความกว้างประสิทธิผลที่น้อยที่สุด ตามที่กำหนดในสมการ (2-1)

ข. อาคารที่สั่นไหวง่าย ได้แก่ อาคารที่มีน้ำหนักเบา และมีความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) ต่ำ และมีคุณสมบัติความหน่วง (damping properties) ของอาคารต่ำ

3.2 แรงลมออกแบบ

แรงลมออกแบบสำหรับวิธีการอย่างละเอียด สามารถคำนวณได้โดยใช้หลักการแบบเดียวกับสมการ ในหัวข้อ 2.2 รวมทั้งค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (I_w) หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q) และค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (C_p) สามารถคำนวณโดยใช้หลักการแบบเดียวกับวิธีการอย่างง่าย ยกเว้นค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) และค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (C_g) ซึ่งต่างกับวิธีการอย่างง่าย และให้คำนวณตามบทนี้

3.3 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q)

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม สำหรับวิธีการอย่างละเอียด สามารถคำนวณได้ โดยใช้หลักการแบบเดียวกับสมการในหัวข้อ 2.3

3.4 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ เป็นค่าประกอบที่นำมาปรับค่าหน่วยแรงลมให้แปรเปลี่ยนตามความสูงจากพื้นดินและสภาพภูมิประเทศ

การคำนวณค่าแรงลมโดยวิธีการอย่างละเอียด คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศเป็น 3 แบบ ดังนี้

ก. สภาพภูมิประเทศแบบ A เป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่งซึ่งมีอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้าง กระจัดกระจายอยู่ห่างๆ กัน หรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล ให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (3-1) หรือใช้ค่าจากตาราง 3-1

$$C_e = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.28} \qquad (3\text{-}1)$$

โดยที่ถ้า C_e ที่คำนวณจากสมการ (3-1) มีค่าน้อยกว่า 1.0 หรือมากกว่า 2.5 ให้ใช้ค่า C_e เท่ากับ 1.0 หรือ 2.5 ตามลำดับ

ข. สภาพภูมิประเทศแบบ B เป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง หรือพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่หนาแน่น หรือบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็ก ให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (3-2) หรือใช้ค่าจากตาราง 3-1

$$C_e = 0.5\left(\frac{z}{12.7}\right)^{0.5} \qquad (3\text{-}2)$$

โดยที่ ถ้า C_e ที่คำนวณได้จากสมการ (3-2) มีค่าน้อยกว่า 0.5 หรือมากกว่า 2.5 ให้ใช้ค่า C_e เท่ากับ 0.5 หรือ 2.5 ตามลำดับ

ค. สภาพภูมิประเทศแบบ C เป็นสภาพภูมิประเทศของบริเวณศูนย์กลางเมืองใหญ่ มีอาคารสูงอยู่หนาแน่น โดยที่อาคารไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต้องมีความสูงเกิน 4 ชั้น ให้คำนวณค่า C_e จากสมการ (3-3) หรือใช้ค่าจากตาราง 3-1

$$C_e = 0.4\left(\frac{z}{30}\right)^{0.72} \qquad (3\text{-}3)$$

โดยที่ ถ้า C_e ที่คำนวณได้จากสมการ (3-3) มีค่าน้อยกว่า 0.4 หรือมากกว่า 2.5 ให้ใช้ค่า C_e เท่ากับ 0.4 หรือ 2.5 ตามลำดับ

อาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศแบบ C ควรพิจารณาด้วยความรอบคอบ เนื่องจากอาจเกิดแรงลมที่สูงจากช่องลมที่เกิดจากการสร้างอาคาร และผลของระลอกลมที่เกิดจากอาคารสูงข้างเคียง

สภาพภูมิประเทศใดๆ จะจัดอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B หรือ C ได้ก็ต่อเมื่อมีลักษณะภูมิประเทศในลักษณะนั้นๆ สม่ำเสมอในทิศทางต้นลม เป็นระยะทางไม่ต่ำกว่า 1 กิโลเมตร หรือ 10 เท่าของความสูงของอาคาร โดยใช้ค่าที่มากกว่า ซึ่งสภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการคำนวณนี้ ควรสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่แท้จริงในทิศทางลมที่พิจารณา

ตารางที่ 3-1 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) สำหรับวิธีการอย่างละเอียด

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

3.5 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (C_g)

ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม คือ อัตราส่วนระหว่างผลของแรงลมสูงสุดต่อผลของแรงลมเฉลี่ยเป็นค่าประกอบที่นำมาปรับค่าหน่วยแรงลม โดยรวมผลที่เกิดจาก

1) การแปรปรวนของความเร็วลม (random wind gusts) ที่พัดเข้าหาอาคาร
2) หน่วยแรงลมที่ผันผวนจากผลของของระลอกลม (wake-induced fluctuating pressure) โดยรอบอาคาร

3) การตอบสนองด้านพลศาสตร์ของอาคาร

ค่าประกอบ C_g สำหรับวิธีการอย่างละเอียด คำนวณได้ดังนี้

$$C_g = 1 + g_p\left(\frac{\sigma}{\mu}\right) \qquad (3\text{-}4)$$

โดยที่ g_p = ค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยให้เป็นค่าสูงสุด (statistical peak factor) สำหรับการสั่นไหวของอาคารในทิศทางลม หาค่าได้จากรูปที่ 3.4 หรือจากสมการ (3-9)

σ = ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของผลตอบสนองด้านพลศาสตร์ของอาคารเนื่องจากความผันผวนของแรงลม (root-mean-square loading effect)

μ = ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองของอาคารเนื่องจากแรงลม (mean loading effect)

อัตราส่วน σ/μ สามารถคำนวณได้จากสมการ (3-5) ดังนี้

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{K}{C_{eH}}\left(B + \frac{sF}{\beta_D}\right)} \qquad (3\text{-}5)$$

โดยที่ K = ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามความขรุขระของสภาพภูมิประเทศโดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ
0.08 สำหรับภูมิประเทศแบบ A
0.10 สำหรับภูมิประเทศแบบ B
0.14 สำหรับภูมิประเทศแบบ C

C_{eH} = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ระดับความสูงของยอดอาคาร โดยให้คำนวณจากสมการในหัวข้อ 3.4

B = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกึ่งสถิตต่อการแปรปรวนของลม (background turbulence factor) ซึ่งเป็น ฟังก์ชันของอัตราส่วนของความกว้างต่อความสูงของอาคาร (W/H) และหาได้จากรูปที่ 3.1 หรือจากสมการ (3-6)

W = ความกว้างประสิทธิผลของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม หาได้จากสมการ (2-1) มีหน่วยเป็นเมตร

H = ความสูงของอาคาร มีหน่วยเป็นเมตร

$\frac{sF}{\beta_D}$ = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกำทอนต่อการแปรปรวนของลม (resonance factor) ในทิศทางลม

s = ตัวคูณลดเนื่องจากขนาดของอาคาร (size reduction factor) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ W/H และความถี่ธรรมชาติลดรูป (reduction frequency of structure, $\frac{n_D H}{V_H}$) และหาค่าได้จากรูปที่ 3.2 หรือจากสมการ (3-7)

n_D = ค่าความถี่ธรรมชาติของอาคาร สำหรับรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานในทิศทางลม (fundamental natural frequency in along-wind direction) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz) ซึ่งค่านี้อาจหาได้จากการวิเคราะห์โดยตรงจากแบบจำลองทางพลศาสตร์ของอาคาร ในกรณีที่เป็นอาคารสูงสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กอาจประมาณค่าความถี่ธรรมชาติจากสูตร $n_D = \frac{44}{H}$

V_H = ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ที่ระดับความสูงของยอดอาคาร มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที คำนวณได้จากสมการ $V_H = \overline{V}\sqrt{C_{eH}}$

F = อัตราส่วนพลังงานของการแปรปรวนของลม ณ ความถี่ธรรมชาติของอาคาร (gust energy ratio at the natural frequency of the structure) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ จำนวนคลื่นต่อเมตร (wave number, $\frac{n_D}{V_H}$) หาค่าได้จากรูปที่ 3.3 หรือ จากสมการ (3-8)

β_D = อัตราส่วนความหน่วง (damping ratio) ของการสั่นไหวในทิศทางลม ซึ่งค่านี้ควรกำหนดให้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดอาคารจริงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคารที่ออกแบบ โดยทั่วไป สำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอาจใช้ค่า β อยู่ระหว่าง 0.005 ถึง 0.015 ขึ้นกับระดับของการสั่นไหว

ν = ค่าความถี่เฉลี่ยของการตอบสนองของโครงสร้าง (average fluctuation rate) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz) คำนวณได้จากสมการ (3-11)

สมการที่ใช้คำนวณค่า B, s, F และ g_p ตามลำดับเป็นดังต่อไปนี้

$$B = \frac{4}{3}\int_{0}^{914/H}\left[\frac{1}{1+\frac{zH}{457}}\right]\left[\frac{1}{1+\frac{zW}{122}}\right]\left[\frac{z}{\left(1+z^2\right)^{4/3}}\right]dz \qquad (3\text{-}6)$$

$$s = \frac{\pi}{3}\left[\frac{1}{1+\frac{8n_D H}{3V_H}}\right]\left[\frac{1}{1+\frac{10n_D W}{V_H}}\right] \qquad (3\text{-}7)$$

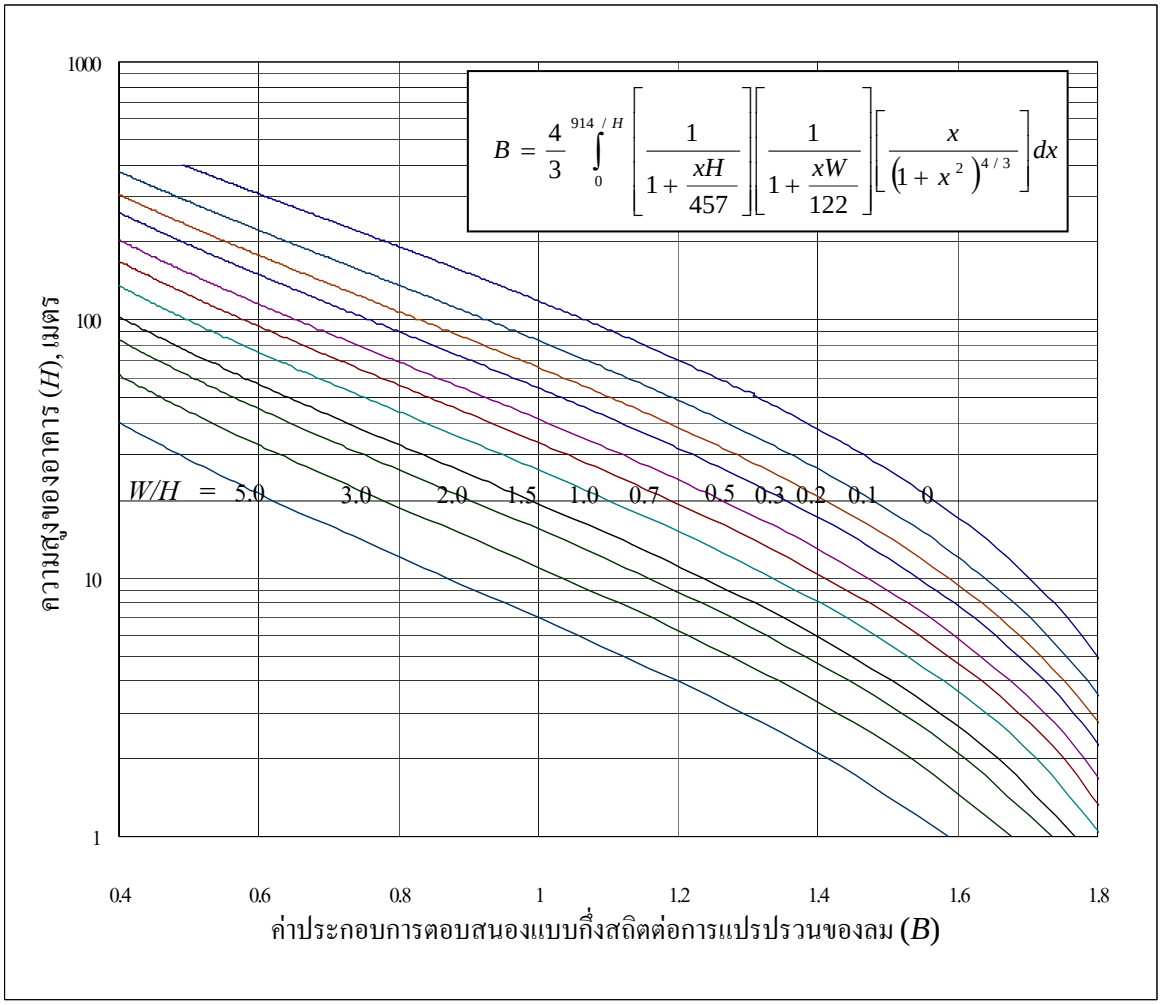
$$F = \frac{{x_0}^2}{\left(1+{x_0}^2\right)^{4/3}} \qquad (3\text{-}8)$$

$$g_p = \sqrt{2\log_e vT} + \frac{0.577}{\sqrt{2\log_e vT}} \qquad (3\text{-}9)$$

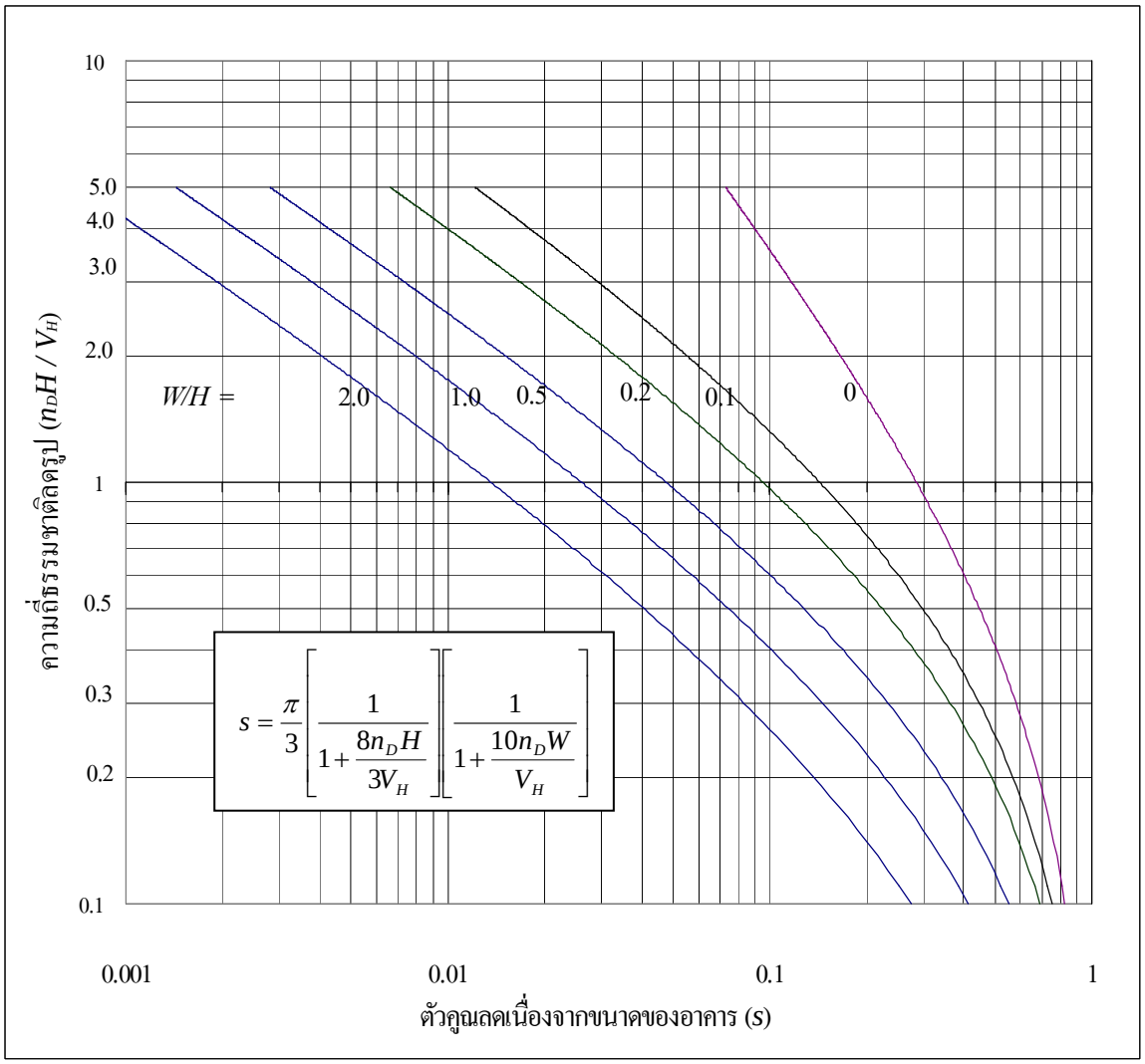
โดยที่ $$x_0 = \frac{1220n_D}{V_H} \qquad (3\text{-}10)$$

$$v = n_D\sqrt{\frac{sF}{sF+\beta_D B}} \qquad (3\text{-}11)$$

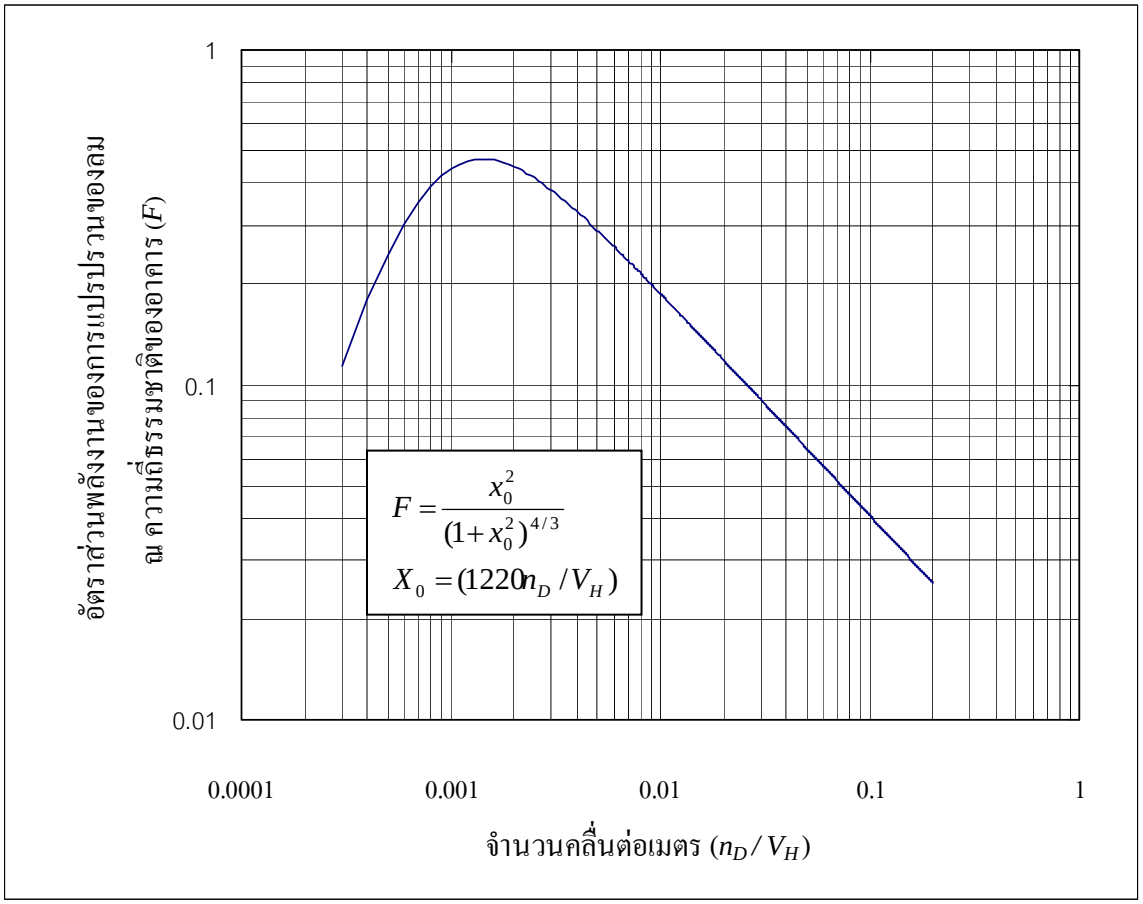
$T = 3600$ วินาที



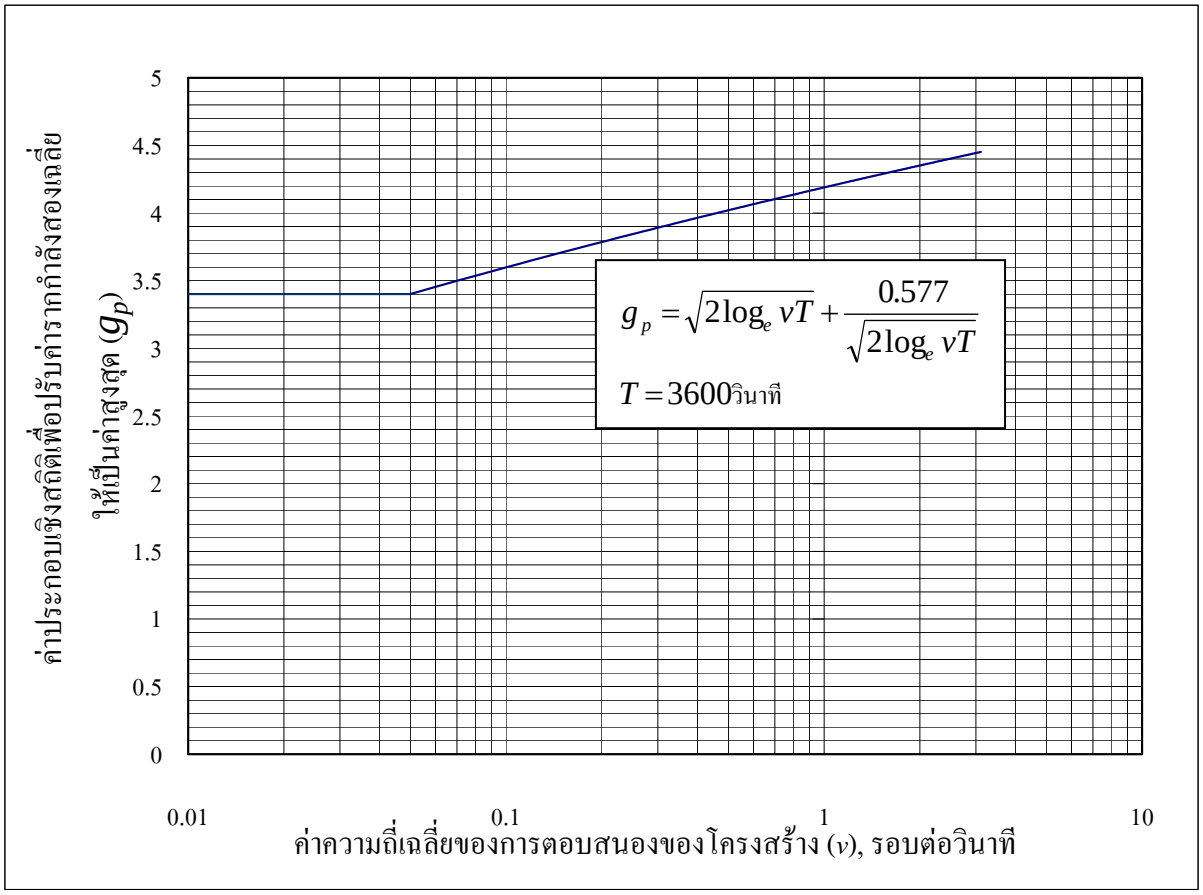
รูปที่ 3.1 แผนภูมิเพื่อหาค่าประกอบการตอบสนองแบบกึ่งสถิตต่อการแปรปรวนของลม (B) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนของ W/H และความสูงของอาคาร



รูปที่ 3.2 แผนภูมิเพื่อหาค่าตัวคูณลดเนื่องจากลักษณะของอาคาร (s) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ W/H และความถี่ธรรมชาติลดรูป



รูปที่ 3.3 แผนภูมิเพื่อหาค่าอัตราส่วนพลังงานของการแปรปรวนของลม ณ ความถี่ธรรมชาติของอาคาร (F) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจำนวนคลื่นต่อเมตร



รูปที่ 3.4 แผนภูมิเพื่อหาค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองให้เป็นค่าสูงสุด (g_p) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของค่าความถี่เฉลี่ยของการตอบสนองของโครงสร้าง

3.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p)

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารสูง แสดงในรูปที่ ข.9 ในภาคผนวก ข-2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน สามารถคำนวณได้โดยใช้หลักการแบบเดียวกับหัวข้อ 2.6.2

3.7 การโก่งตัวทางด้านข้าง (Lateral Deflection)

อาคารจะต้องได้รับการออกแบบให้มีการโก่งตัวทางด้านข้าง เนื่องจากแรงลมไม่เกินค่าพิกัดที่กำหนด โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อการใช้งานของอาคารและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับองค์อาคารหลัก และองค์อาคารรอง และคำนึงถึงการคืบตัว การหดตัว และผลอันเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การคำนวณระยะโก่งตัวของอาคารที่มีความชะลูด ให้คำนึงถึงผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกกระทำกับอาคาร ในตำแหน่งที่มีการโก่งตัวไปด้วย ซึ่งเรียกว่า ผลของ พี-เดลต้า (P-Δ effect)

ระยะโก่งตัวทั้งหมดที่เกิดขึ้น ณ ยอดอาคาร สำหรับน้ำหนักบรรทุกจากแรงดึงดูดของโลก (gravity loads) ร่วมกับแรงลมสถิตเทียบเท่าที่ความเร็วลมอ้างอิง ที่คูณด้วยค่าประกอบความสำคัญของแรงลมในสภาวะจำกัดด้านการใช้งานเท่ากับ 0.75 (ตาราง 2-2) จะต้องไม่เกิน 1/500 ของความสูงของอาคาร

การคำนวณระยะโก่งตัวด้านข้างสูงสุดในทิศทางแนวราบ ณ ยอดอาคาร (Δ) ภายใต้แรงลมสถิตเทียบเท่า สามารถคำนวณได้โดยใช้การวิเคราะห์โครงสร้างที่เหมาะสม ในการออกแบบเบื้องต้นของอาคารที่มีมวลกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดความสูง และสมมติรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานเป็นเชิงเส้น การโก่งตัวด้านข้างสูงสุดภายใต้แรงลมสถิตเทียบเท่า มีหน่วยเป็นเมตร สามารถคำนวณได้โดยประมาณ จาก

$$\Delta = \frac{3\left(\frac{H^2}{2+\alpha}\right) I_w q C_{eH} C_g C_p}{4\pi^2 n_D^2 D \rho_B H^2} \qquad (3\text{-}12)$$

โดยที่ I_w = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลมในสภาวะจำกัดด้านการใช้งาน (ตารางที่ 2-2) = 0.75

C_{eH} = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ระดับยอดอาคาร

C_p = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมด้านต้นลมและท้ายลม
= 0.8-(-0.5) = 1.3

α = ตัวยกกำลังของค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ในสมการ (3-1) ถึง (3-3)

D = ความลึกของอาคารในทิศทางขนานกับทิศทางลม

ρ_B = ความหนาแน่นเฉลี่ยของมวลอาคาร (average density of the building) กล่าวคือ ค่ามวลทั้งหมดของอาคาร หารด้วยปริมาตรของอาคารที่ถูกห่อหุ้มด้วยพื้นผิวภายนอกอาคาร (enclosure volume) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมอาจคำนวณได้จาก $\frac{\text{มวลทั้งหมดของอาคาร}}{WDH}$ โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 150-300 กิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร

3.8 การสั่นไหวของอาคาร (Building Motion)

ในการออกแบบโครงสร้างอาคาร จะต้องจำกัดการสั่นไหวของอาคาร เพื่อไม่ให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่สบาย หรือเกิดอาการวิงเวียน ความรุนแรงของการสั่นไหวของอาคารที่มีผลต่อผู้ใช้อาคารสามารถวัดได้ในรูปของอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบ (maximum horizontal acceleration) ทั้งในทิศทางลม (along-wind direction) และทิศตั้งฉากกับทิศทางลม (across-wind direction) ตามที่กำหนดในบทที่ 4

อัตราเร่งสูงสุดในแนวราบที่ยอดอาคารในทิศทางลม (a_D) มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที^{2} สามารถคำนวณโดยประมาณได้จาก

$$a_D = 4\pi^2 n_D^2 g_p \sqrt{\frac{KsF}{C_{eH}\beta_D}} \cdot \frac{\Delta}{C_g} \qquad (3\text{-}13)$$

โดยที่ β_D = อัตราส่วนความหน่วง (damping ratio) ของการสั่นไหวในทิศทางลม

ค่าอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบทั้งในทิศทางลม ซึ่งคำนวณจากสมการ (3-13) และทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม ซึ่งคำนวณจากหัวข้อ 4.3 กับสภาพลมที่ความเร็วลมอ้างอิง ที่พิจารณาค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (I_w) ในสภาวะจำกัดด้านการใช้งานเท่ากับ 0.75 (ตารางที่ 2-2) จะต้อง

มีค่าไม่เกินกว่า 0.15 เมตรต่อวินาที^{2} ในกรณีของอาคารที่พักอาศัย (residential buildings) หรือ 0.25 เมตรต่อวินาที^{2} ในกรณีของอาคารพาณิชย์ (commercial buildings)

นอกจากนี้ การคำนวณการโก่งตัวด้านข้างตามสมการที่ (3-12) และอัตราเร่งสูงสุดตามสมการที่ (3-13) สามารถใช้ความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 10 ปี สำหรับคำนวณตัวแปรในสมการดังกล่าวได้โดยตรง และไม่ต้องใช้ค่า I_w ในสภาวะจำกัดด้านการใช้งาน

บทที่ 4
การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่าและการตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า

4.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม การตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า

การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม การตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า มีขอบเขตการใช้กับโครงสร้างต่อไปนี้

ก. โครงสร้างที่ต้องพิจารณาแรงลมและผลตอบสนองในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า คือโครงสร้างที่มีอัตราส่วน $\frac{H}{\sqrt{WD}}$ ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป

ข. ข้อกำหนดในบทนี้ ใช้กับอาคารที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมสม่ำเสมอ ที่มีอัตราส่วน $\frac{H}{\sqrt{WD}}$ ไม่เกิน 6 และอัตราส่วน $\frac{D}{W}$ มีค่าระหว่าง 0.2 ถึง 5

ค. ข้อกำหนดในหัวข้อ 4.2 4.3 และ 4.5 ใช้กับอาคารที่มีอัตราส่วน $\frac{V_H}{n_W\sqrt{WD}}$ มีค่าไม่เกิน 10

ง. ข้อกำหนดในหัวข้อ 4.4 และ 4.5 ใช้กับอาคารที่มีอัตราส่วน $\frac{V_H}{n_T\sqrt{WD}}$ มีค่าไม่เกิน 10

4.2 แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม

แรงลมที่กระทำกับอาคารในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$P_L = 3I_w q_H C_L^{'} A \frac{z}{H} g_L \sqrt{1+R_L} \qquad (4\text{-}1)$$

โดยที่ P_L = แรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับอาคารในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม ที่ความสูง z จากพื้นดิน มีหน่วยเป็น นิวตัน

I_w = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ดังแสดงในตารางที่ 2-2

q_H = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลมที่ระดับความสูงยอดอาคาร คำนวณได้จาก

$$q_H = \frac{1}{2}\rho V_H^2 \qquad (4\text{-}2)$$

$C_L^{'}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความผันผวนของโมเมนต์พลิกคว่ำในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม โดยเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์พลิกคว่ำในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม (root-mean-square of overturning moment coefficient in across-wind direction) มีค่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดอาคาร (D/W) และหาค่าได้จากรูปที่ 4.1 หรือสมการที่ (4-3)

$$C_L^{'} = 0.0082\left(\frac{D}{W}\right)^3 - 0.071\left(\frac{D}{W}\right)^2 + 0.22\left(\frac{D}{W}\right) \qquad (4\text{-}3)$$

A = พื้นที่รับลม มีค่าเท่ากับผลคูณของความกว้างของอาคาร (W) กับมิติในแนวดิ่งของพื้นที่ที่พิจารณาแรง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

z = ความสูงจากพื้นดิน มีหน่วยเป็นเมตร

g_L = ค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยให้เป็นค่าสูงสุด สำหรับการสั่นไหวของอาคารในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม คำนวณได้ดังนี้

$$g_L = \sqrt{2\log_e(3600 n_W)} + \frac{0.577}{\sqrt{2\log_e(3600 n_W)}} \qquad (4\text{-}4)$$

n_W = ความถี่ธรรมชาติของอาคารสำหรับรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz) ซึ่งค่านี้อาจหาได้จากการวิเคราะห์โดยตรงจากแบบจำลองทางพลศาสตร์ของอาคาร ในกรณีที่เป็นอาคารสูงสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กอาจประมาณค่าจาก $n_W = \frac{44}{H}$

R_L = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกำทอนต่อการแปรปรวนของลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม คำนวณได้ดังนี้

$$R_L = \frac{\pi F_L}{4\beta_W} \qquad (4\text{-}5)$$

β_W = ค่าอัตราส่วนความหน่วงของการสั่นไหวของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลมโดยทั่วไป สำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอาจใช้ค่า β_W อยู่ระหว่าง 0.005 ถึง 0.015 ขึ้นกับระดับของการสั่นไหว

F_L = ค่าสเปกตรัมของแรงลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม มีค่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดอาคาร (D/W) หาค่าได้จากรูปที่ 4.2 ถึง 4.4 หรือคำนวณดังนี้ สำหรับอาคารที่มีอัตราส่วน (D/W) น้อยกว่า 3.0 ให้คำนวณ F_L จากสมการที่ (4-6) เพียงหนึ่งพจน์ $(N=1)$ และสำหรับอาคารที่มีอัตราส่วน (D/W) ตั้งแต่ 3.0 ขึ้นไป ให้คำนวณ F_L จากสมการที่ (4-6) เป็นผลรวมของสองพจน์ $(N=2)$ ดังนี้

$$F_L = \sum_{j=1}^{N} \frac{4\kappa_j (1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\lambda_j^2}{(1-\lambda_j^2)^2 + 4\beta_j^2\lambda_j^2} \qquad (4\text{-}6)$$

$N=1$ สำหรับ $(D/W) < 3.0$

$N=2$ สำหรับ $(D/W) \geq 3.0$

$\kappa_1 = 0.85$

$\kappa_2 = 0.02$

ค่าคงที่ β_j และ λ_j เป็นค่าที่กำหนดรูปร่างของสเปกตรัมของแรงลม โดยคำนวณดังนี้

$$\beta_1 = \frac{\left(\frac{D}{W}\right)^4 + 2.3\left(\frac{D}{W}\right)^2}{2.4\left(\frac{D}{W}\right)^4 - 9.2\left(\frac{D}{W}\right)^3 + 18\left(\frac{D}{W}\right)^2 + 9.5\left(\frac{D}{W}\right) - 0.15} + \frac{0.12}{(D/W)} \qquad (4\text{-}7)$$

$$\beta_2 = \frac{0.28}{(D/W)^{0.34}} \qquad (4\text{-}8)$$

$$\lambda_1 = \frac{\left(1+0.38(D/W)^2\right)^{0.89}}{0.12} \frac{n_W W}{V_H} \qquad (4\text{-}9)$$

$$\lambda_2 = \frac{(D/W)^{0.85}}{0.56} \frac{n_W W}{V_H} \qquad (4\text{-}10)$$

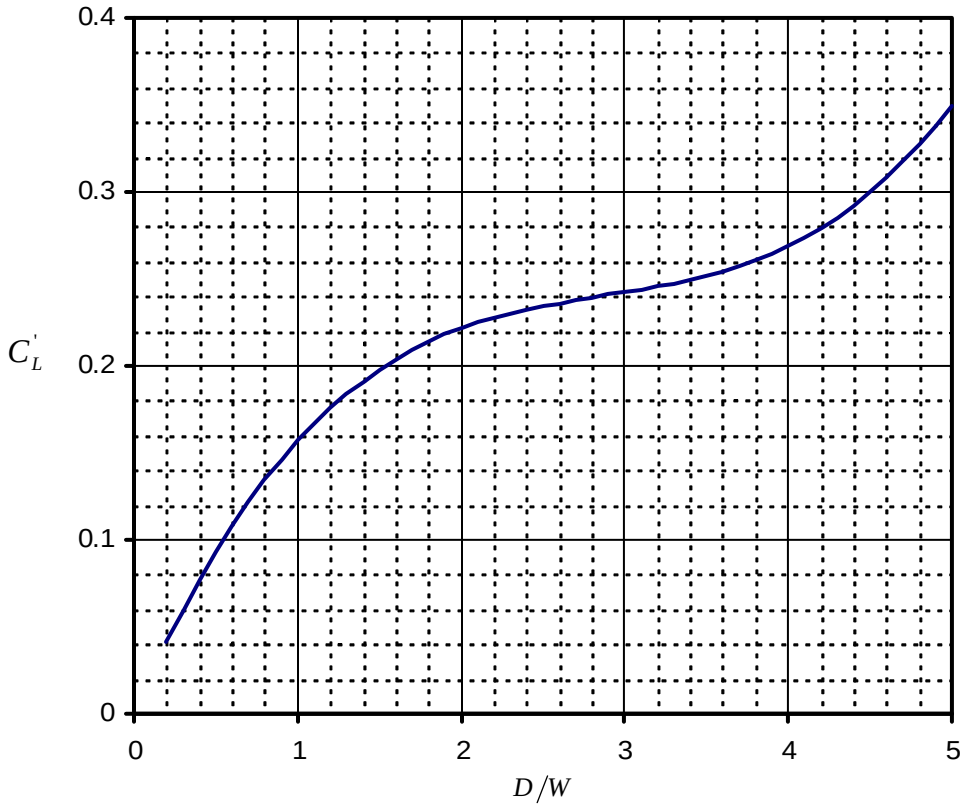
4.3 การสั่นไหวของอาคารในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม

อัตราเร่งสูงสุดในแนวราบในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม (a_w) ที่ความสูง z จากพื้นดิน มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2} สามารถคำนวณค่าโดยประมาณได้จาก

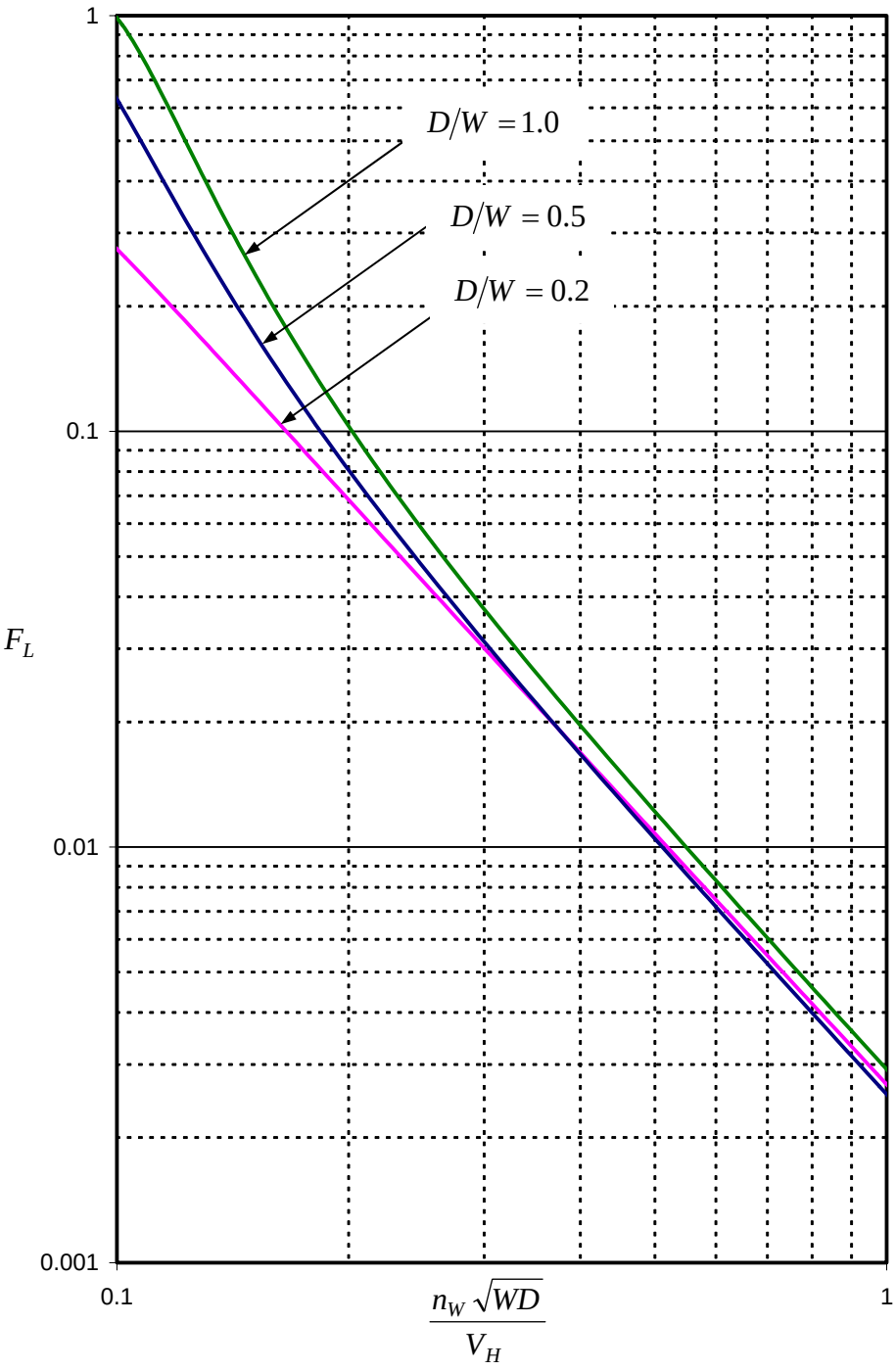
$$a_w = 3 I_w q_H C_L^{'} g_L \frac{W}{(\rho_B W D)} \frac{z}{H} \sqrt{R_L} \qquad (4\text{-}11)$$

โดยที่ ρ_B = ความหนาแน่นเฉลี่ยของมวลอาคาร (average density of the building) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 3.7

นอกจากนี้ การคำนวณอัตราเร่งสูงสุดตามสมการที่ (4-11) สามารถใช้ความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 10 ปี สำหรับคำนวณตัวแปรในสมการดังกล่าวได้โดยตรง และไม่ต้องใช้ค่า I_w ในสภาวะจำกัดด้านการใช้งาน

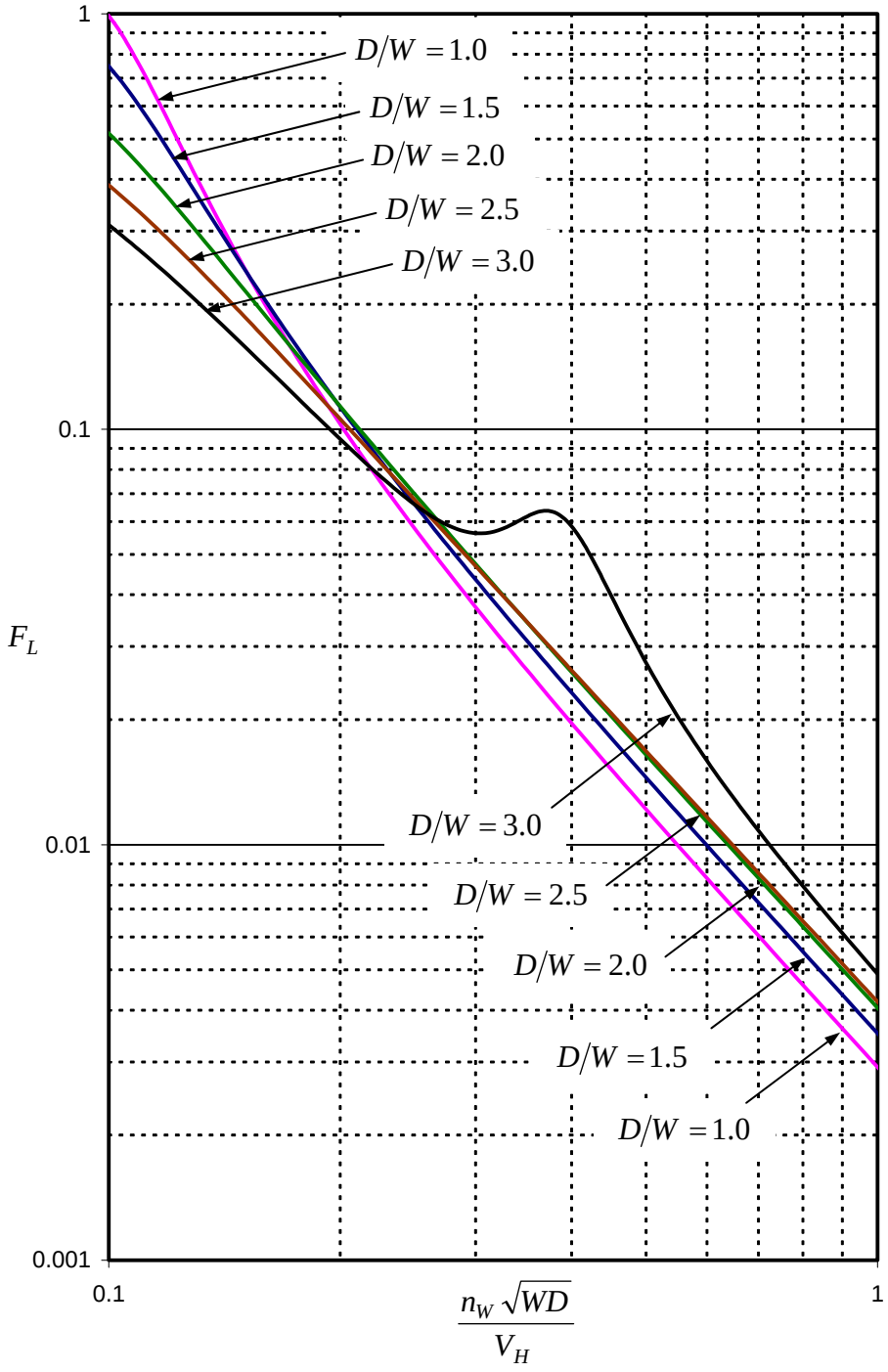


รูปที่ 4.1 สัมประสิทธิ์ความผันผวนของโมเมนต์พลิกคว่ำในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม



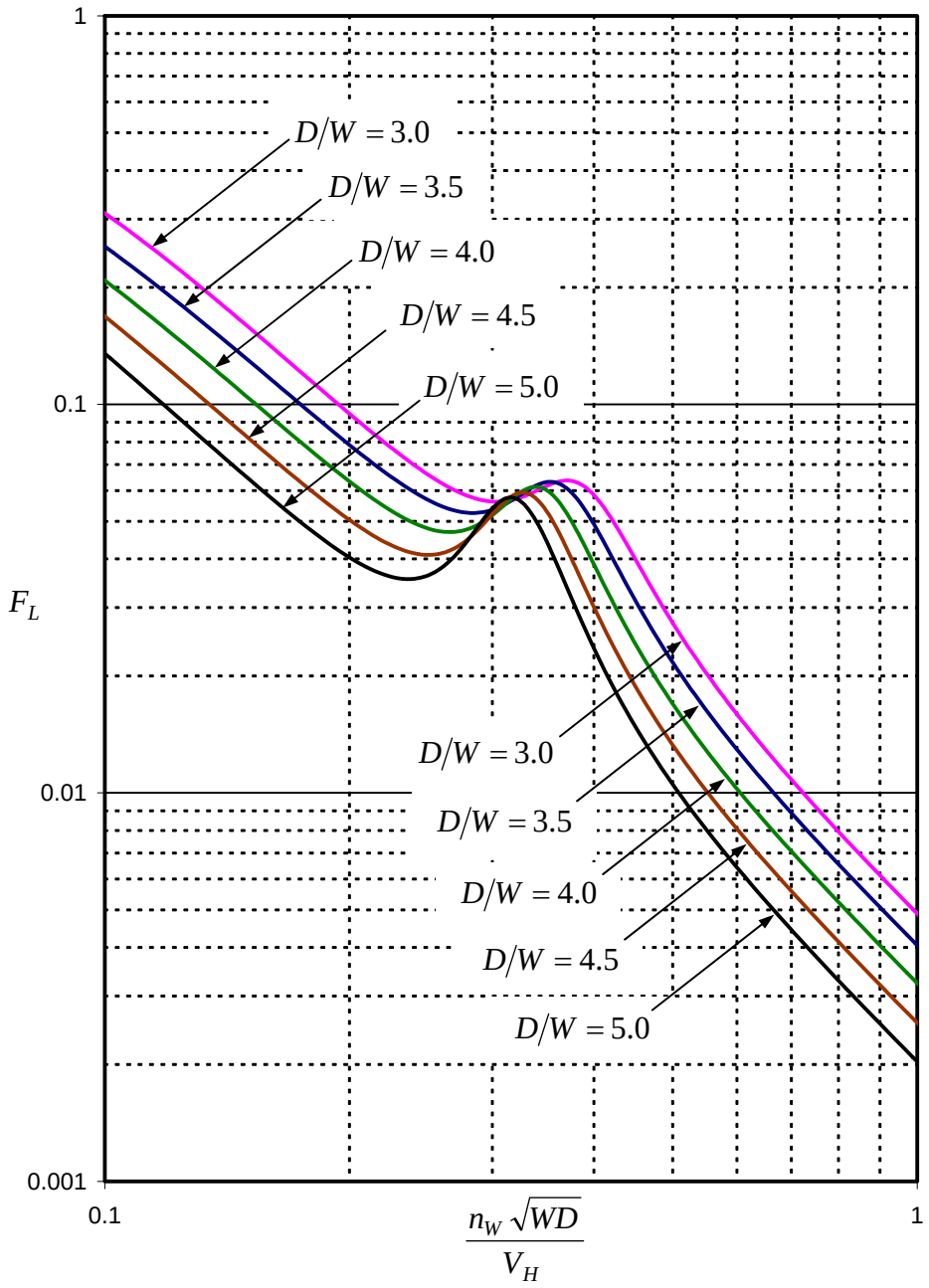
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของแรงลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม

สำหรับ $D/W = 0.2, 0.5$ และ 1.0



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของแรงลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม

สำหรับ $D/W = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ และ 3.0



รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของแรงลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม
สำหรับ $D/W = 3.0, 3.5, 4.0, 4.5$ และ 5.0

4.4 โมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า

โมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่าเนื่องจากลม สามารถคำนวณได้จาก

$$M_T = 1.8 I_w q_H C_T^{'} AW \frac{z}{H} g_T \sqrt{1+R_T} \qquad (4\text{-}12)$$

โดยที่ M_T = โมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่าเนื่องจากลมที่กระทำกับอาคาร ที่ความสูง z จากพื้นดิน มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

$C_T^{'}$ = ค่าสัมประสิทธิ์ความผันผวนของโมเมนต์บิด โดยเป็นค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์บิด (root-mean-square of torsional moment coefficient) มีค่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดอาคาร (D/W) และหาค่าได้จากรูปที่ 4.5 หรือสมการที่ (4-13)

$$C_T^{'} = \left\{0.0066 + 0.015(D/W)^2\right\}^{0.78} \qquad (4\text{-}13)$$

g_T = ค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองเฉลี่ยให้เป็นค่าสูงสุด สำหรับการสั่นไหวของอาคารในแนวบิด คำนวณได้ดังนี้

$$g_T = \sqrt{2\log_e(3600 n_T)} + \frac{0.577}{\sqrt{2\log_e(3600 n_T)}} \qquad (4\text{-}14)$$

n_T = ความถี่ธรรมชาติของอาคารสำหรับรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานในแนวบิด มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Hz) ซึ่งค่านี้อาจหาได้จากการวิเคราะห์โดยตรงจากแบบจำลองทางพลศาสตร์ของอาคาร ในกรณีที่เป็นอาคารสูงสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กอาจประมาณค่าจาก $n_T = \frac{55}{H}$

R_T = ค่าประกอบการตอบสนองแบบกำทอนต่อการแปรปรวนของลมในแนวบิดของอาคาร คำนวณได้ดังนี้

$$R_T = \frac{\pi F_T}{4\beta_T} \qquad (4\text{-}15)$$

β_T = ค่าอัตราส่วนความหน่วงของการสั่นไหวของอาคารในแนวบิด โดยทั่วไปสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอาจใช้ค่า β_T อยู่ระหว่าง 0.005 ถึง 0.015 ขึ้นกับระดับของการสั่นไหว

F_T = ค่าสเปกตรัมของแรงลมในแนวบิดของอาคาร มีค่าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขนาดอาคาร (D/W) และค่า $V_T^* = \dfrac{V_H}{n_T\sqrt{WD}}$ โดยหาค่าได้จากรูปที่ 4.6 ถึง 4.8 หรือคำนวณดังนี้

สำหรับ $V_T^* \le 4.5$ หรือ $6 \le V_T^* \le 10$

$$F_T = \frac{0.14K_T^2\left(V_T^*\right)^{2\lambda_T}}{\pi}\frac{D\left(W^2+D^2\right)^2}{L^2W^3} \qquad (4\text{-}16)$$

สำหรับ $4.5 < V_T^* < 6$

$$F_T = F_{4.5}\exp\left[3.5\log_e\left(\frac{F_6}{F_{4.5}}\right)\times\log_e\left(\frac{V_T^*}{4.5}\right)\right] \qquad (4\text{-}17)$$

โดยที่ $F_{4.5}$ และ F_6 คือ ค่าของ F_T เมื่อ $V_T^* = 4.5$ และ $V_T^* = 6$ ตามลำดับ

ค่าคงที่ K_T และ λ_T เป็นค่าที่กำหนดรูปร่างของสเปกตรัมของโมเมนต์บิดเนื่องจากลม โดยคำนวณดังนี้

สำหรับ $V_T^* \le 4.5$

$$K_T = \frac{-1.1(D/W)+0.97}{(D/W)^2+0.85(D/W)+3.3}+0.17 \qquad (4\text{-}18)$$

$$\lambda_T = \frac{(D/W)+3.6}{(D/W)^2-5.1(D/W)+9.1}+\frac{0.14}{(D/W)}+0.14 \qquad (4\text{-}19)$$

สำหรับ $6 \le V_T^* \le 10$

$$K_T = \frac{0.077(D/W)-0.16}{(D/W)^2-0.96(D/W)+0.42}+\frac{0.35}{(D/W)}+0.095 \qquad (4\text{-}20)$$

$$\lambda_T = \frac{0.44(D/W)^2-0.0064}{(D/W)^4-0.26(D/W)^2+0.1}+0.2 \qquad (4\text{-}21)$$

L = มิติของอาคาร โดยใช้ค่าที่มากกว่าระหว่าง W และ D หน่วยเป็น เมตร

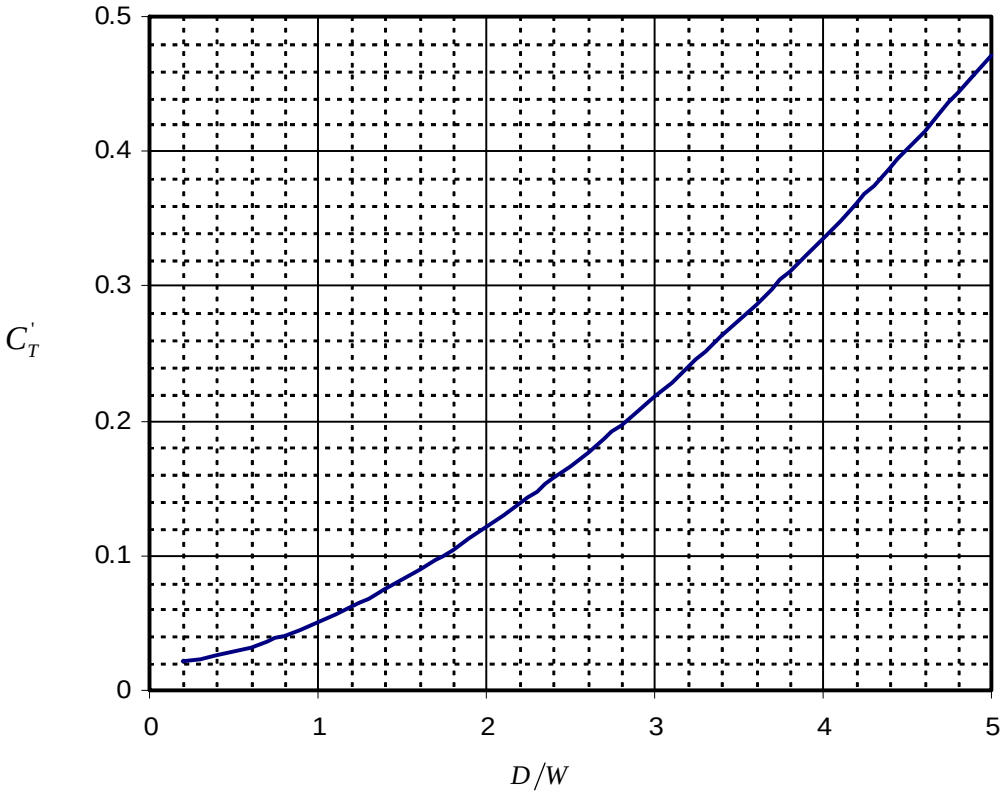
4.5 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า

ในการออกแบบองค์อาคารเพื่อต้านทานแรงลม ให้พิจารณาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นสูงสุดในองค์อาคารจากการพิจารณาผลการรวม แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศทางลม แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า ในกรณีดังต่อไปนี้

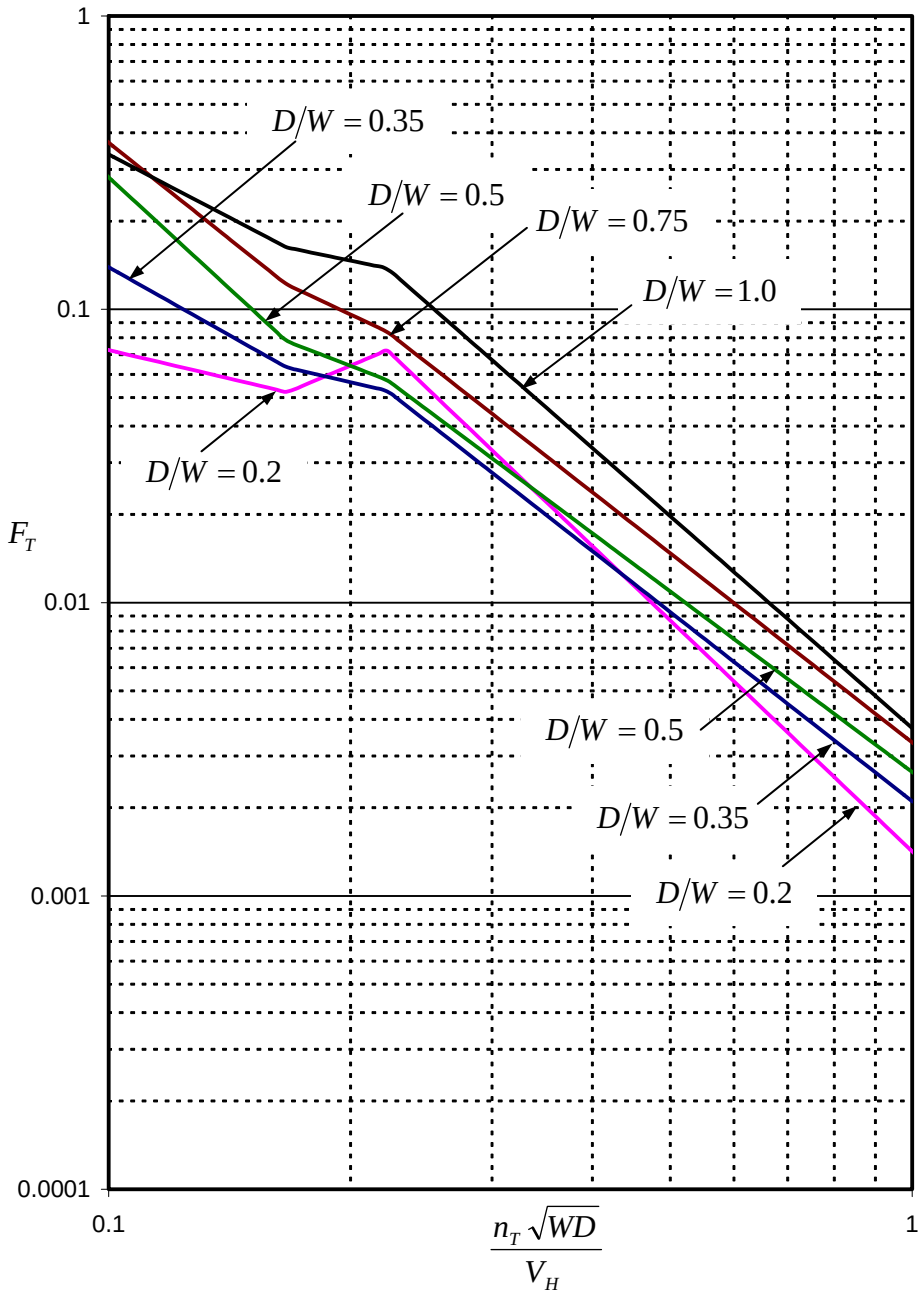
ก. (1.0×แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศทางลม) + (0.4×แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม) + (0.4× โมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า)

ข. $\left(\left(0.4+\frac{0.6}{C_g}\right)\times\right.$แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศทางลม) + (1.0×แรงลมสถิตเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม) + (1.0× โมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่า)

ในกรณีที่อัตราส่วน $\frac{H}{\sqrt{WD}}$ ไม่เกิน 3 และความสูงของอาคารมากกว่า 80 เมตร ซึ่งไม่ต้องคำนวณแรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสถิตเทียบเท่าโดยตรง ให้ใช้การรวมผลของแรงลมในหัวข้อ 2.8

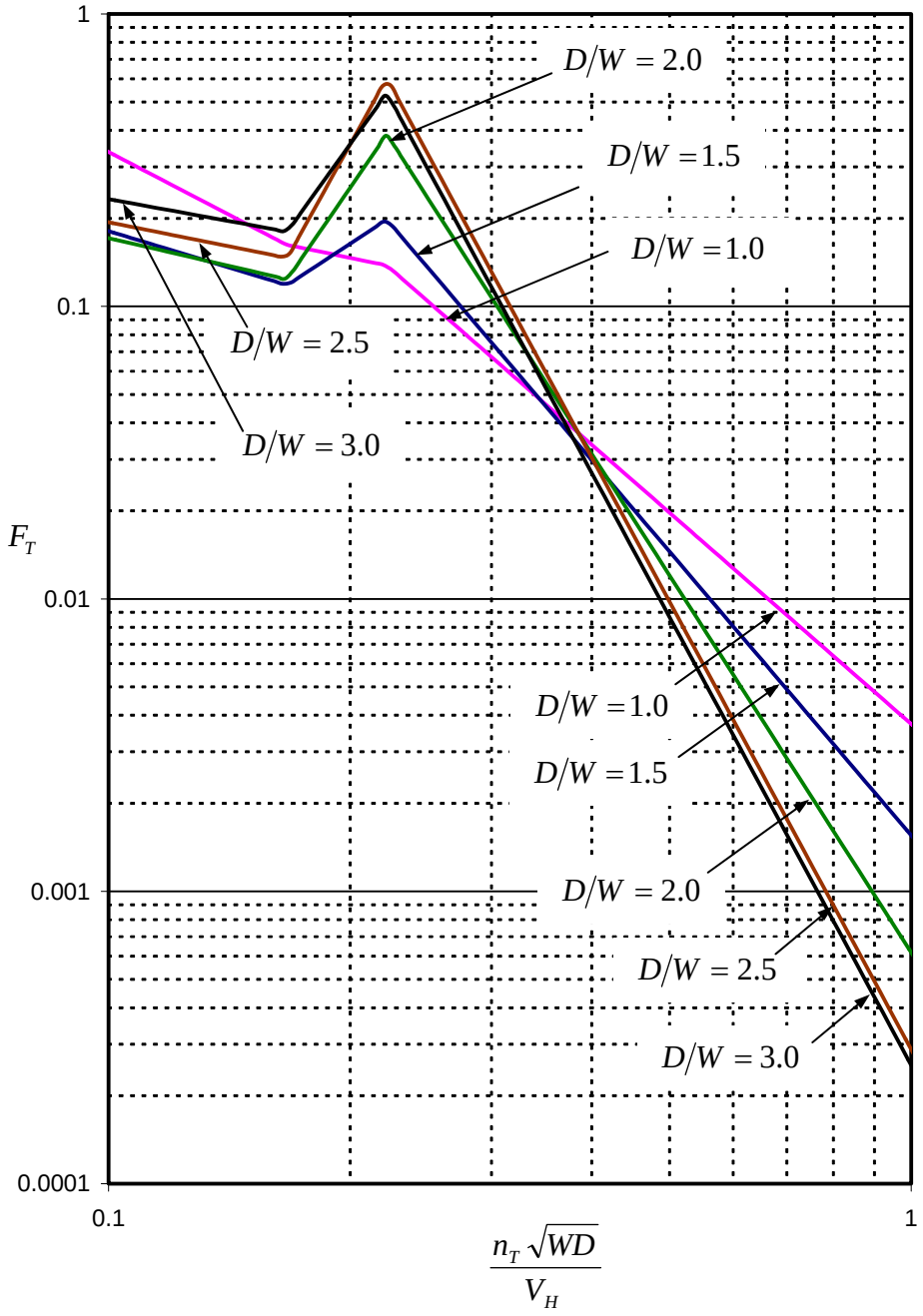


รูปที่ 4.5 สัมประสิทธิ์ความผันผวนของโมเมนต์บิด



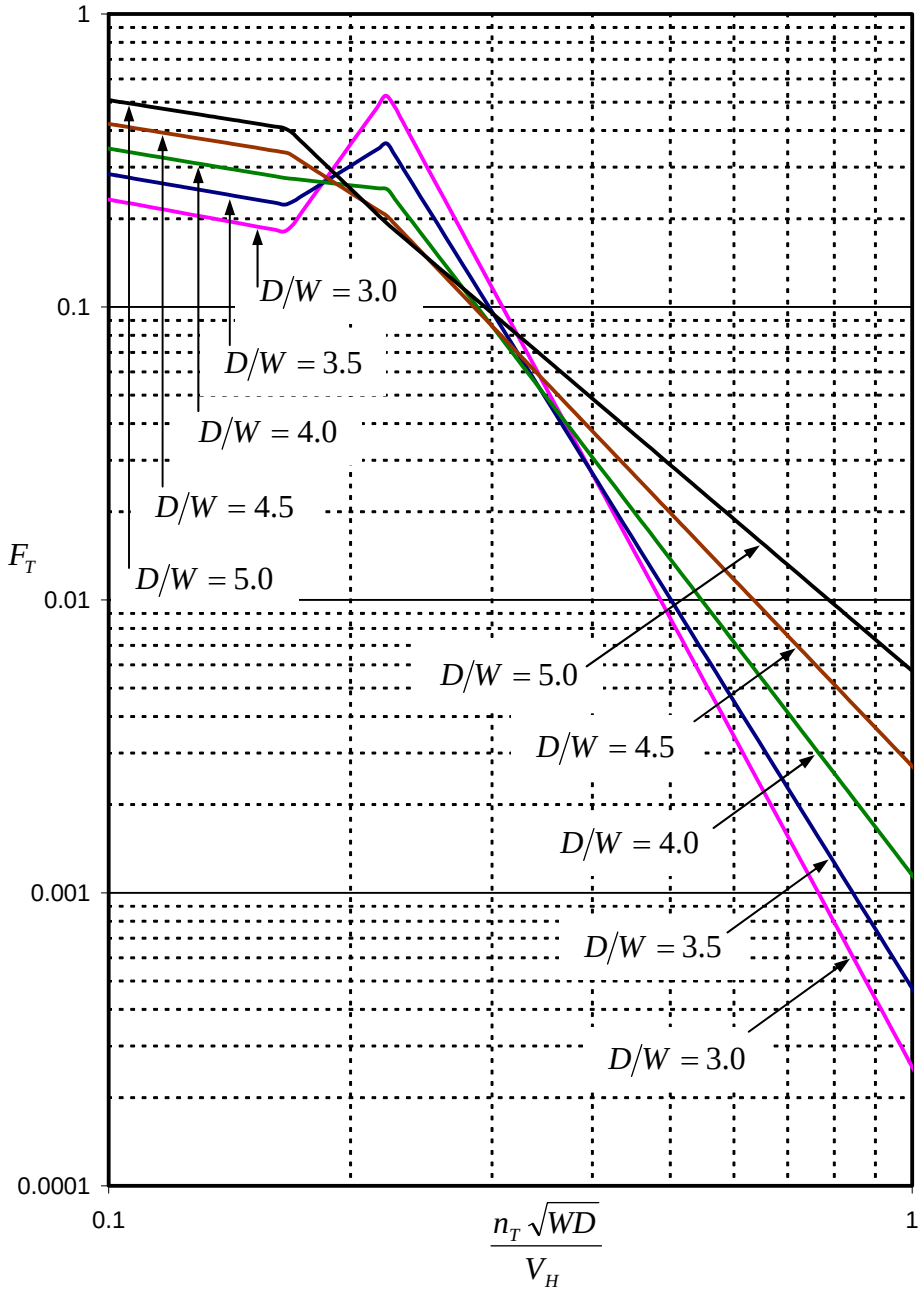
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของแรงลมในแนวบิดของอาคาร

สำหรับ $D/W = 0.2, 0.35, 0.5, 0.75$ และ 1.0



รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของแรงลมในแนวบิดของอาคาร

สำหรับ $D/W = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ และ 3.0



รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของแรงลมในแนวบิดของอาคาร

สำหรับ $D/W = 3.0, 3.5, 4.0, 4.5$ และ 5.0

บทที่ 5
การทดสอบในอุโมงค์ลม

5.1 ขอบข่ายการใช้งาน

การคำนวณแรงลมโดยวิธีการทดสอบในอุโมงค์ลม ใช้กับอาคารหรือโครงสร้างที่มีความอ่อนไหวต่อแรงลมเป็นพิเศษ และใช้กับอาคารซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตที่ระบุไว้ในมาตรฐานการคำนวณแรงลมตามหัวข้อ 1.1 การทดสอบในอุโมงค์ลมสามารถใช้แทนการคำนวณแรงลมโดยวิธีการอย่างง่าย และวิธีการอย่างละเอียด

5.2 การทดสอบ

การทดสอบในอุโมงค์ลม (หรือการทดสอบโดยใช้ของไหลประเภทอื่น เช่น น้ำ) ที่ใช้เพื่อการคำนวณแรงลมสำหรับออกแบบอาคารและโครงสร้างทุกประเภท ต้องกระทำให้สอดคล้องกับข้อกำหนดที่ระบุไว้ในที่นี้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของแรงลมและความดันลม ต้องกระทำให้สอดคล้องตามข้อกำหนดทุกข้อดังต่อไปนี้

1. การจำลองลมธรรมชาติสำหรับการทดสอบในอุโมงค์ลม ต้องทำการจำลองทั้งคุณสมบัติทางด้านการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมเฉลี่ยตามความสูง และการแปรเปลี่ยนของลมปั่นป่วนตามความสูง โดยปกติแล้วค่าความเร็วลมเฉลี่ยและความหนาแน่นของลมปั่นป่วนสำหรับลมที่จำลองในอุโมงค์ลม ต้องใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงตามธรรมชาติ
2. ขนาดของลมปั่นป่วนจะต้องได้รับการจำลองอย่างถูกต้อง โดยใช้มาตราส่วนเดียวกันกับที่ใช้ในการจำลองมิติความยาวของอาคาร โดยทั่วไปแล้วขนาดโดยรวมของลมปั่นป่วน (integral length scale of the longitudinal turbulence) ต้องใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงตามธรรมชาติ
3. แบบจำลองอาคารหรือโครงสร้างที่ต้องการทดสอบ ตลอดจนสิ่งปลูกสร้างและสภาพภูมิประเทศโดยรอบ ต้องจำลองให้มีรูปร่างเหมือนจริง และมีความถูกต้องมากที่สุด โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม นอกจากนี้รายละเอียดทางด้านสถาปัตยกรรมที่สำคัญ เช่น ระเบียง และแผงกันแดด เป็นต้น ที่มีขนาดตั้งแต่ 1 เมตรขึ้นไป ควรได้รับการจำลองในแบบจำลองอาคารด้วย สำหรับแบบจำลองของสิ่งปลูกสร้างและสภาพภูมิประเทศโดยรอบ ควรจำลองให้มีความถูกต้องสมจริง

4. พื้นที่หน้าตัดบนระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางลม (projected area) ของอาคารและสิ่งปลูกสร้างโดยรอบทั้งหมดรวมกัน ต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 8 ของพื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ลม ณ ตำแหน่งที่ทำการทดสอบ มิเช่นนั้นต้องทำการปรับแก้ผลการทดสอบโดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นจากการปิดกั้นของลม นอกจากนี้แบบจำลองอาคารที่ทำการทดสอบควรมีความสูงไม่เกินครึ่งหนึ่งของความสูงอุโมงค์ลม และติดตั้งอยู่ตรงกลางหรือในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดศูนย์กลางของระบบพื้นหมุนภายในอุโมงค์ลม

5. ต้องคำนึงถึงผลที่เกิดจากความแตกต่างของความดันตลอดความยาวของอุโมงค์ลม อันเป็นผลมาจากผนังและเพดานของอุโมงค์ลม

6. ผลกระทบของ Reynolds number ที่มีต่อแรงลมและความดันลมที่วัดได้จากการทดสอบต้องมีน้อยที่สุด โดยทั่วไปแล้วการทดสอบควรกระทำที่ค่า Reynolds number ไม่ต่ำกว่า 5×10^4 โดยคำนวณจากด้านที่แคบที่สุดของแบบจำลองและความเร็วลมเฉลี่ยที่ยอดของแบบจำลอง

7. คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ร่วมที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการทดสอบ ต้องมีประสิทธิภาพที่ดี สามารถวัดค่าแรงหรือความดันพลศาสตร์ที่อยู่ในช่วงความถี่ต่างๆ ตั้งแต่ความถี่ต่ำไปจนถึงความถี่ที่สูงที่สุดที่จำเป็นต่อการออกแบบในแต่ละกรณี โดยไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งในเรื่องของขนาดและการเหลื่อมกันของเวลา (phase distortions) ซึ่งอิทธิพลของการเหลื่อมกันของเวลานี้ จะมีผลกระทบอย่างมากต่อค่าแรงลมลัพธ์ที่เกิดจาก การเฉลี่ยค่าความดันลมที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆ บนอาคารหรือองค์อาคารที่ออกแบบ นอกจากนี้ระบบการวัดจะต้องให้ผลการทดสอบที่ปราศจากการรบกวนจากคลื่นเสียง คลื่นไฟฟ้า การสั่นไหวของอุโมงค์ลมและอุปกรณ์ ตลอดจนการแปรปรวณของความดันลมที่เกิดจากการหมุนของใบพัดลม การเปิด-ปิดของประตู และการแปรเปลี่ยนของความดันบรรยากาศ ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องมีการปรับแก้ผลที่เกิดเนื่องจากอุณหภูมิด้วย

5.3 การตอบสนองพลศาสตร์

การทดสอบเพื่อหาค่าการตอบสนองพลศาสตร์ของอาคารหรือโครงสร้าง จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 5.1 นอกจากนี้ แบบจำลองโครงสร้างและการวิเคราะห์ผลการทดสอบจะต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของมวล สติฟเนส และความหน่วงของอาคารหรือโครงสร้าง

ภาคผนวก ก
แผนที่ความเร็วลมอ้างอิง

คำอธิบายประกอบรูปที่ ก.1 และ ตารางที่ ก-1

ความเร็วลมอ้างอิง ($\overline{V}$) ที่ใช้ในการคำนวณหน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q) ในหัวข้อที่ 2.3.1 กำหนดให้เป็นไปตามสมการ (ก-1) และสมการ (ก-2)

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน

$$\overline{V} = V_{50} \qquad \text{(ก-1)}$$

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านกำลัง

$$\overline{V} = T_F \cdot V_{50} \qquad \text{(ก-2)}$$

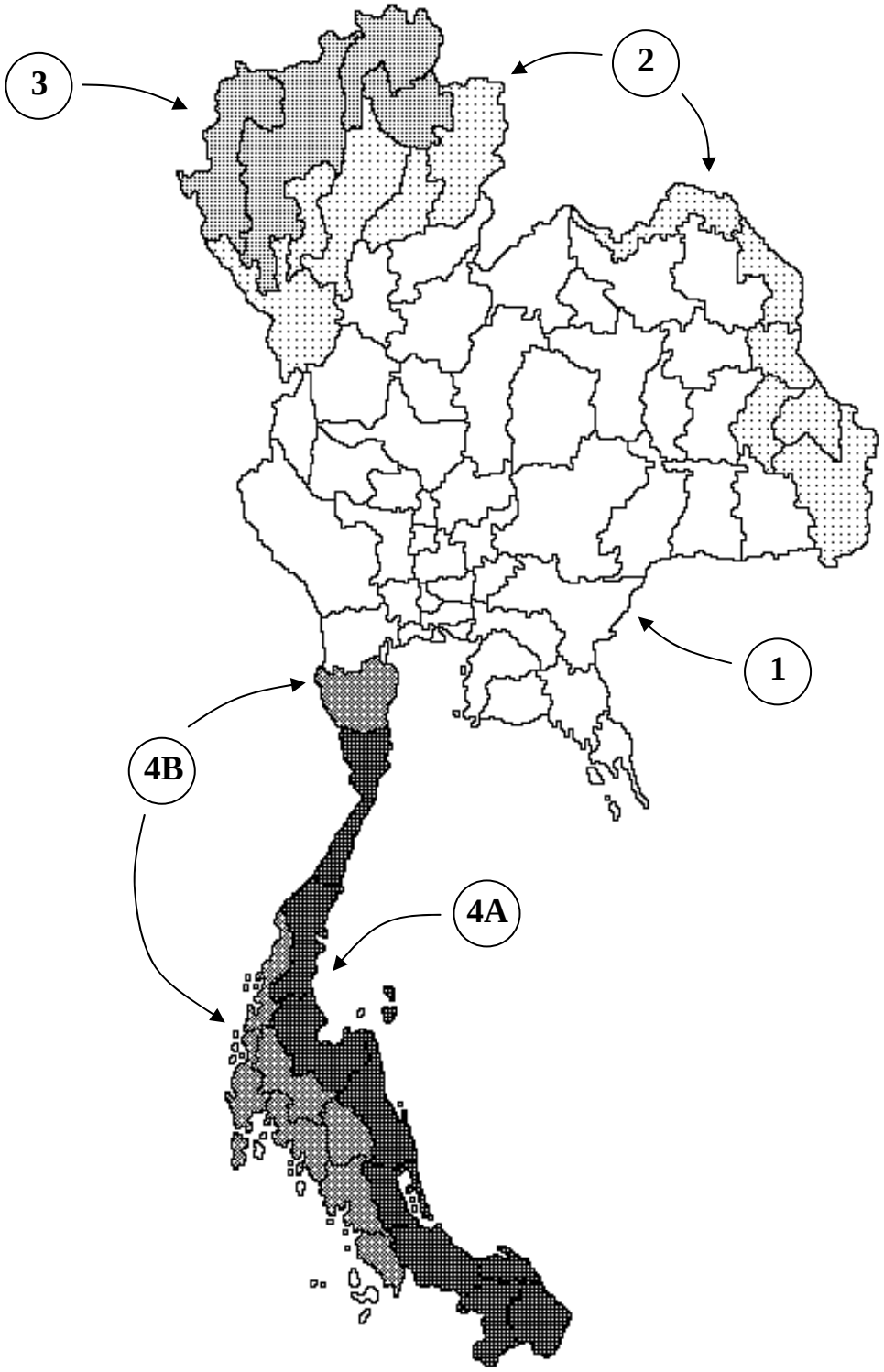
โดย V_{50} คือค่าความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 50 ปี และ T_F คือค่าประกอบไต้ฝุ่น

การจำแนกและการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงแสดงในรูป ก.1 และตาราง ก-1 กลุ่มความเร็วลมอ้างอิงมีจำนวน 5 กลุ่ม ได้แก่

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

รูปที่ ก.1 แสดงอาณาบริเวณโดยสังเขปของแต่ละกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง และตาราง ก-1 จำแนก 76 จังหวัดของประเทศไทยตามกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง โดยแบ่งเป็นตารางย่อยสำหรับแต่ละภาคของประเทศ โดยทั่วไปพื้นที่ทั่วทั้งจังหวัดจะจัดอยู่ในกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงเดียวกัน ยกเว้นจังหวัดตาก จังหวัดนครศรีธรรมราช และ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่มีการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงตามอำเภอ

หมายเหตุ ค่าประกอบไต้ฝุ่นในสมการ (ก-2) ให้ใช้กับอาคารประเภทความสำคัญสูงมาก (ตารางที่ 2-1) ส่วนอาคารประเภทอื่น การใช้ค่าประกอบดังกล่าวให้เป็นไปตามดุลยพินิจของผู้คำนวณออกแบบโครงสร้าง



รูปที่ ก.1 แผนที่การแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง ($\overline{V}$)

ตารางที่ ก-1 การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง

กลุ่มจังหวัดในภาคเหนือ

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กำแพงเพชร	**1**
2. เชียงใหม่	**3**
3. เชียงราย	**3**
4. ตาก	
ก. อำเภออุ้งผาง	**1**
ข. บริเวณอื่นๆ	**2**
5. นครสวรรค์	**1**
6. น่าน	**2**
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**

กลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออก

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

กลุ่มจังหวัดในภาคกลาง

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กรุงเทพมหานคร	**1**
2. กาญจนบุรี	**1**
3. ฉะเชิงเทรา	**1**
4. ชัยนาท	**1**
5. นครนายก	**1**
6. นครปฐม	**1**
7. นนทบุรี	**1**
8. ปราจีนบุรี	**1**
9. ปทุมธานี	**1**
10. ประจวบคีรีขันธ์	**4A**
11. เพชรบุรี	**4B**
12. ราชบุรี	**1**
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**

ตาราง ก-1 การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง (ต่อ)

กลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กาฬสินธุ์	**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**

กลุ่มจังหวัดในภาคใต้

จังหวัด	กลุ่มที่
1. กระบี่	**4B**
2. ชุมพร	**4A**
3. ตรัง	**4B**
4. นครศรีธรรมราช ก. อำเภอเมือง อำเภอขนอม อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา อำเภอพิปูน อำเภอพรหมคีรี อำเภอลานสะกา อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอหัวไทร อำเภอชะอวด	**4A**
ข. บริเวณอื่น	**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**
ข. บริเวณอื่นๆ	**4B**

ภาคผนวก ข
แผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม

คำอธิบายสำหรับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมในภาคผนวก ข. แบ่งออกเป็น 3 หมวด คือ คำอธิบายสำหรับการใช้หน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ย หน่วยแรงลมสำหรับอาคารสูง และหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างพิเศษ

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม คือ อัตราส่วนระหว่างหน่วยแรงลม (pressure or suction) ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวต่างๆของอาคารกับค่าความดันพลศาสตร์ (dynamic pressure หรือ velocity pressure) ของลมที่เข้ามาปะทะอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์นี้แปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งบนพื้นผิวอาคาร รูปร่างของอาคาร ทิศทางของลม และลักษณะของลมที่เข้ามาปะทะ ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในภาคผนวก ข นี้ได้จากการทดสอบแบบจำลองย่อส่วนของอาคารในอุโมงค์ลม ซึ่งในหลายกรณีได้มีการตรวจสอบและเทียบผลกับค่าที่วัดได้จากอาคารจริง

ในการออกแบบองค์อาคารจะต้องทำการคำนวณหาค่าพื้นที่รับลมที่มีผลกระทบต่อองค์อาคารที่ออกแบบนั้นเสียก่อน เช่น พื้นที่รับลมสำหรับการออกแบบแปของหลังคามีค่าเท่ากับระยะห่างของแป (spacing) คูณด้วยความยาวของแปแต่ละตัว เป็นต้น พื้นที่ดังกล่าวเรียกว่า พื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area)

ข.1 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารเตี้ย

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ ข.1 ถึง ข.8 ใช้สำหรับอาคารที่มีค่า $H/D_s \leq 0.5$ (D_s คือความกว้างของด้านที่แคบที่สุด) และมีความสูงของอาคาร (H) ไม่เกิน 23 เมตร แต่สามารถใช้สำหรับอาคารที่มีค่า $H/D_s < 1$ และความสูงของอาคาร (H) ไม่เกิน 23 เมตร ได้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลจากแหล่งอื่นที่ดีกว่า สำหรับอาคารที่มีลักษณะนอกเหนือไปจากที่กล่าวข้างต้น ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ ข.9

2. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมในรูปที่ ข.1 ถึง ข.8 แสดงในรูปของผลคูณ C_pC_g ซึ่งได้รวมเอาผลเนื่องจากการกระโชกของลมไว้แล้ว หน่วยแรงลมที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์นี้เป็นหน่วยแรงลมกระโชกสูงสุดที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในช่วงเวลา 1 วินาที

3. การคำนวณค่าหน่วยแรงลมในบางกรณีจำเป็นต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร ในกรณีเช่นนี้ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับ

การออกแบบเป็นผลรวมแบบเวคเตอร์ของหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกอาคาร และหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายใน โดยคำนวณได้จากสมการ

$$p_{net} = p + p_i \qquad \text{(ข-1)}$$

โดยที่

$p = I_W q C_e C_g C_p$ คือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคารตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2

$p_i = I_W q C_e C_{gi} C_{pi}$ คือค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคารตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2

ทั้งนี้ การคำนวณค่าหน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q) เป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 2.3 การคำนวณค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ C_e เป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 2.4 โดยให้ค่าความสูงของพื้นดิน (z) มีค่าเท่ากับความสูงอ้างอิง (h) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร $C_p C_g$ เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก ข. และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายในอาคาร $C_p C_g$ เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก ข.

4. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ ข.1 ใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักที่รับผนังหลายด้าน เช่น โครงข้อแข็งของอาคารที่รับทั้งหลังคาและผนังภายนอก เป็นต้น ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวแสดงลักษณะการกระจายตัวของแรงลม (wind load distribution) ที่ให้ค่าแรงลัพธ์ต่างๆ (horizontal trust, uplift, frame moments) ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริงจากการทดลอง ดังนั้นในการออกแบบจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาผลของแรงลมที่กระทำแบบบางส่วน (partial loading) ตามข้อกำหนดในหัวข้อ 2.8 ของมาตรฐาน

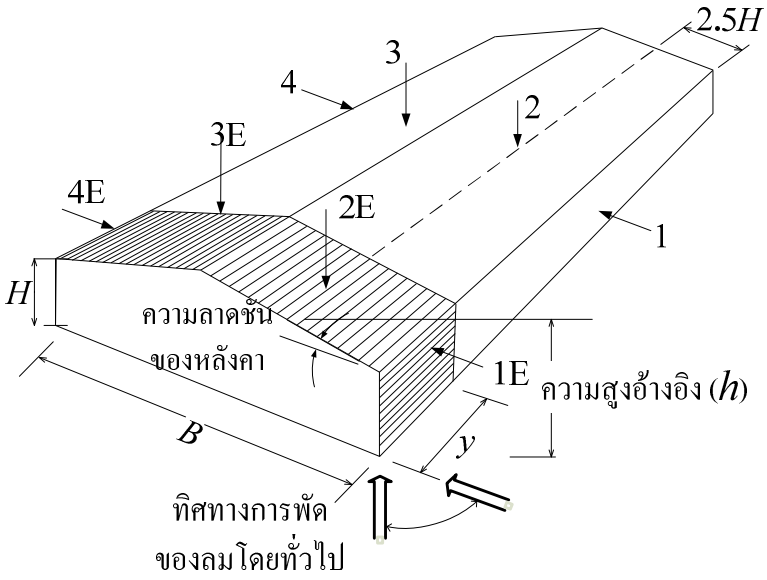
5. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม $C_p C_g$ ที่แสดงในรูปที่ ข.2 ถึง ข.8 ใช้สำหรับออกแบบผนังภายนอกอาคาร หลังคา และชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members) เช่น แปของหลังคา เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักที่แบกรับผนังด้านเดียว เช่น โครงสร้างหลังคาที่มีจุดต่อระหว่างโครงสร้างหลังคากับโครงสร้างส่วนอื่นในลักษณะที่ไม่สามารถถ่ายโมเมนต์ดัดเข้าสู่โครงสร้างส่วนอื่นได้ เป็นต้น

การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเตี้ยและอาคารสูงที่มีลักษณะและรูปร่างต่างๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเตี้ยและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา (α)	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเตี้ย ที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา			
	(1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^o$	ข.3	
	(2) หลังคาลดระดับ	$\alpha = 0^o$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^o$	ข.3	
		$\alpha > 7^o$	ข.5	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^o$	ข.3	
		$\alpha > 10^o$	ข.6	
	(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^o$	ข.3	
		$3^o < \alpha \leq 30^o$	ข.7	
	(6) หลังคารูปร่างฟันเลื่อย	$\alpha \leq 10^o$	ข.3	
		$\alpha > 10^o$	ข.8	
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	C_p และ C_p^*

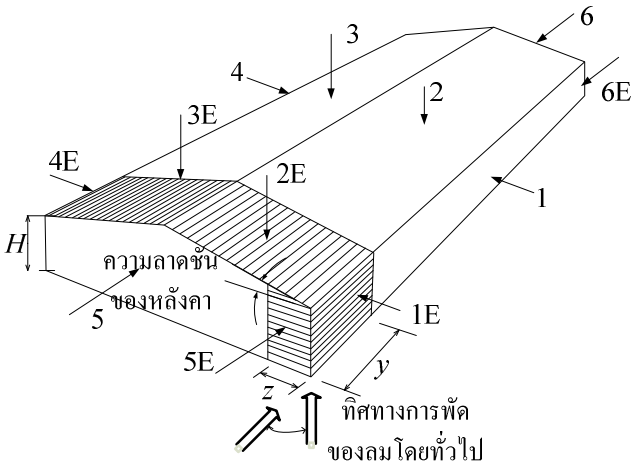
แรงกระทำกรณีที่ 1 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไป อยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0^{o} ถึง 5^{o}	0.75	1.15	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.55	-0.8
20^{o}	1.0	1.5	-1.3	-2.0	-0.9	-1.3	-0.8	-1.2
30^{o} ถึง 45^{o}	1.05	1.3	0.4	0.5	-0.8	-1.0	-0.7	-0.9
90^{o}	1.05	1.3	1.05	1.3	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9

รูปที่ ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร C_pC_g สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักโดยคำนึงถึงผลกระทบของแรงลมที่กระทำกับพื้นที่ ผิวทุกด้านของอาคารพร้อมกัน

แรงกระทำกรณีที่ 2 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวขนานกับสันหลังคา



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0^o ถึง 90^o	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

รูปที่ ข.1 (ต่อ)

คำอธิบายประกอบรูปที่ ข.1

1. อาคารต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงลมได้ในทุกทิศทาง โดยที่ทั้ง 4 มุมของอาคารต้องได้รับการพิจารณาให้เป็นมุมที่รับแรงลม (windward corner) ตามรูป แรงลมที่กระทำต้องพิจารณาแยกเป็นแรงกระทำกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 เพื่อคำนวณหาค่าแรงกระทำต่างๆรวมทั้งแรงบิดที่เกิดขึ้นกับระบบโครงสร้าง
2. สำหรับหลังคาที่มีองศาความชันเป็นค่าอื่นที่ไม่ได้แสดงไว้ในตาราง ให้เทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อคำนวณหาค่า C_pC_g จากค่าที่แสดงไว้ในตาราง
3. สัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าบวก แสดงถึงแรงกระทำที่พุ่งเข้าและตั้งฉากกับพื้นผิว ส่วนสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าลบแสดงถึงแรงกระทำที่พุ่งออกและตั้งฉากกับพื้นผิว
4. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานนี้

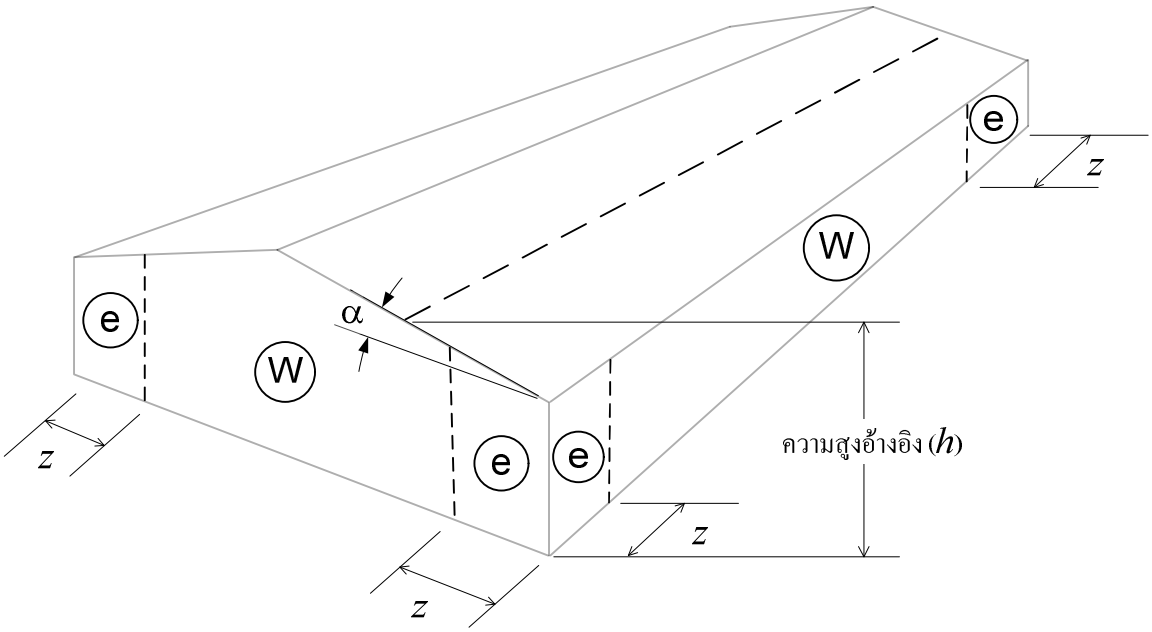
5. สำหรับการออกแบบฐานราก (ยกเว้นส่วนที่ยึดโครงอาคารกับฐานราก (anchorages)) ให้ใช้ค่า 70% ของแรงประสิทธิผล (effective load) ในการออกแบบ

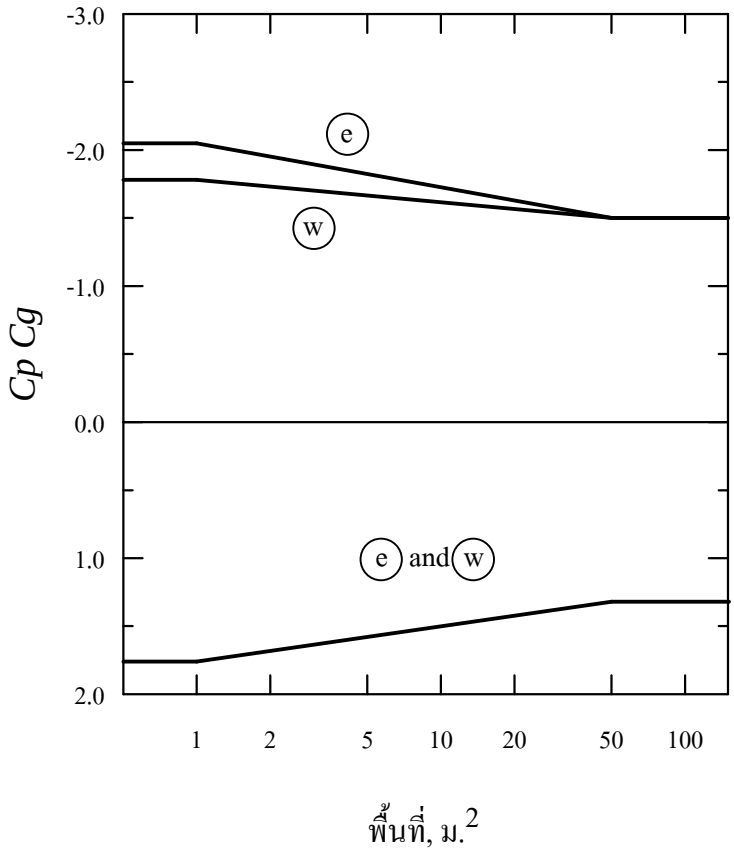
6. ความสูงอ้างอิง, *h*, สำหรับหน่วยแรงลม ให้ใช้ความสูงที่วัดถึงจุดกึ่งกลาง (Mid-height) ของหลังคาทั้งนี้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 6 เมตร ในกรณีความชันของหลังคาน้อยกว่า 7 องศา สามารถใช้ความสูงของชายคาแทนได้

7. ความกว้าง "z" ของพื้นที่บริเวณขอบของผนังหน้าจั่ว (gable wall) มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง *H* ทั้งนี้ค่า "z" ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร

8. ความกว้าง "*y*" ของพื้นที่บริเวณขอบอาคาร (end zone) มีค่าเท่ากับค่าที่มากกว่าระหว่าง 6 เมตร และ 2*z* สำหรับอาคารที่สร้างขึ้นจากโครงข้อแข็ง (Frame) หลายๆตัวมาประกอบกัน ค่า "*y*" อาจจะพิจารณาให้มีค่าเท่ากับระยะที่วัดจากขอบของอาคารถึงโครงข้อแข็งภายในตัวแรก (first interior frame)

9. สำหรับแรงกระทำกรณีที่ 1 ในกรณีที่อาคารที่มีค่า $B/H > 5$ ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าลบบนพื้นผิว 2 และ 2E ควรจะใช้กับพื้นที่ที่กว้าง 2.5*H* จากขอบของอาคารด้านต้นลมเท่านั้นสำหรับพื้นส่วนที่เหลือบนพื้นผิว 2 และ 2E สามารถกำหนดให้มีค่าเท่ากับ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้กับพื้นผิว 3 และ 3E ตามลำดับ

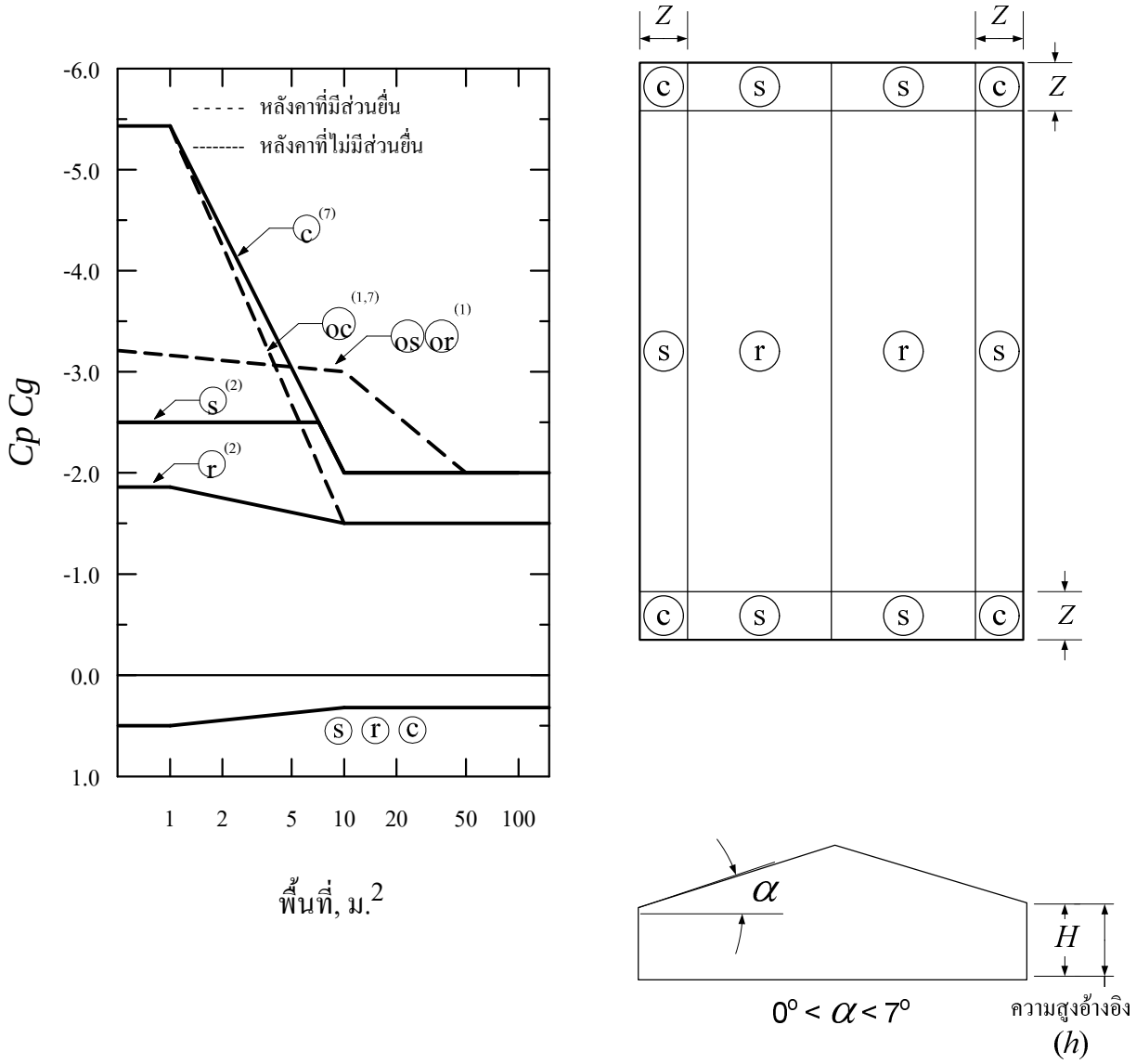




รูปที่ ข.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) สำหรับการออกแบบผนังภายนอกและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ ข.2

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับผนังอาคารในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูป ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว
2. ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่แสดงไว้ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับหลังคาทุกๆ ความชัน
3. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในรูปคือพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน
4. ความกว้าง “z” มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H ทั้งนี้ค่า “z” ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร
5. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้
6. ค่าความสูง, h, สำหรับการคำนวณหน่วยแรงลม ให้ใช้ความสูงที่วัดถึงจุดกึ่งกลาง (mid-height) ของหลังคา แต่ทั้งนี้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 6 เมตร
7. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าแรงลมสำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารได้ทุกประเภท ยกเว้นในกรณีที่มีครีบแนวดิ่ง (vertical ribs) ที่มีความลึกมากกว่า 1 เมตร ยึดติดอยู่กับระบบผนังภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า C_pC_g = -2.8 กระทำกับโซน e ของอาคาร



รูปที่ ข.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำบนพื้นผิวของหลังคาที่มีค่าความชันน้อยกว่า 7° สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบ รูปที่ ข.3

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูป ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว

2. ในกรณีที่หลังคามีส่วนยื่น (roof with overhang) หน่วยแรงลมลัพธ์ที่กระทำต่อส่วนยื่นจะเป็นผลรวมของ หน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนและพื้นผิวด้านล่าง ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมลัพธ์สำหรับส่วนที่ยื่นดังกล่าวแสดงโดยกราฟที่มี สัญลักษณ์ “O” นำหน้า

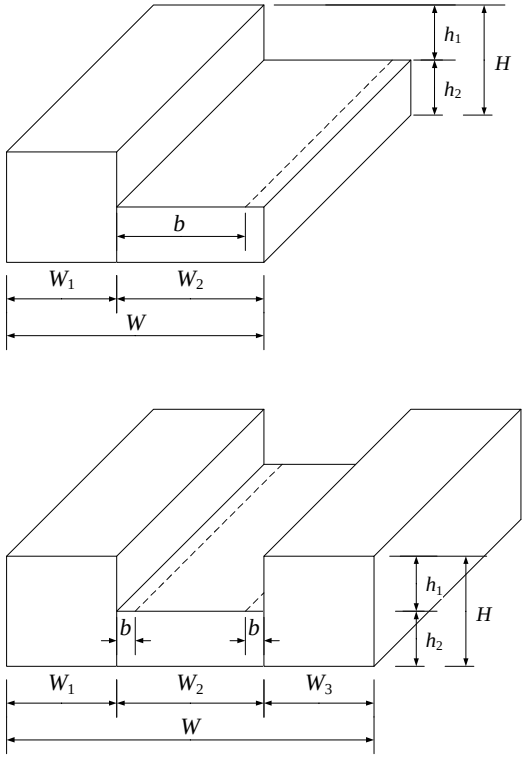
3. ในทุกกรณีไม่ว่าหลังคามีส่วนยื่นหรือไม่มีส่วนยื่น ค่าสัมประสิทธิ์จากกราฟ *s, r* และ *c* เป็นค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนของหลังคาในโซน *s, r* และ *c* ตามลำดับ

4. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในภาพคือ พื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน

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

6. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้

7. สำหรับการออกแบบแรงดูดของหลังคาที่มีพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบมากกว่า 100 ม.^{2} และมีศูนย์กลางของพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบห่างจากขอบหลังคามากกว่า $2H$ ให้ลดค่า C_pC_g เหลือเท่ากับ -1.1 ที่ $x/H = 2$ และลดค่าลงเป็นเชิงเส้นเท่ากับ -0.6 ที่ $x/H = 5$ โดยที่ x = ระยะห่างจากขอบหลังคา และ H = ความสูงของหลังคา



รูปที่ ข.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำบนหลังคาลดระดับ (stepped roof) โดยใช้ประกอบกับรูปที่ ข.3 สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

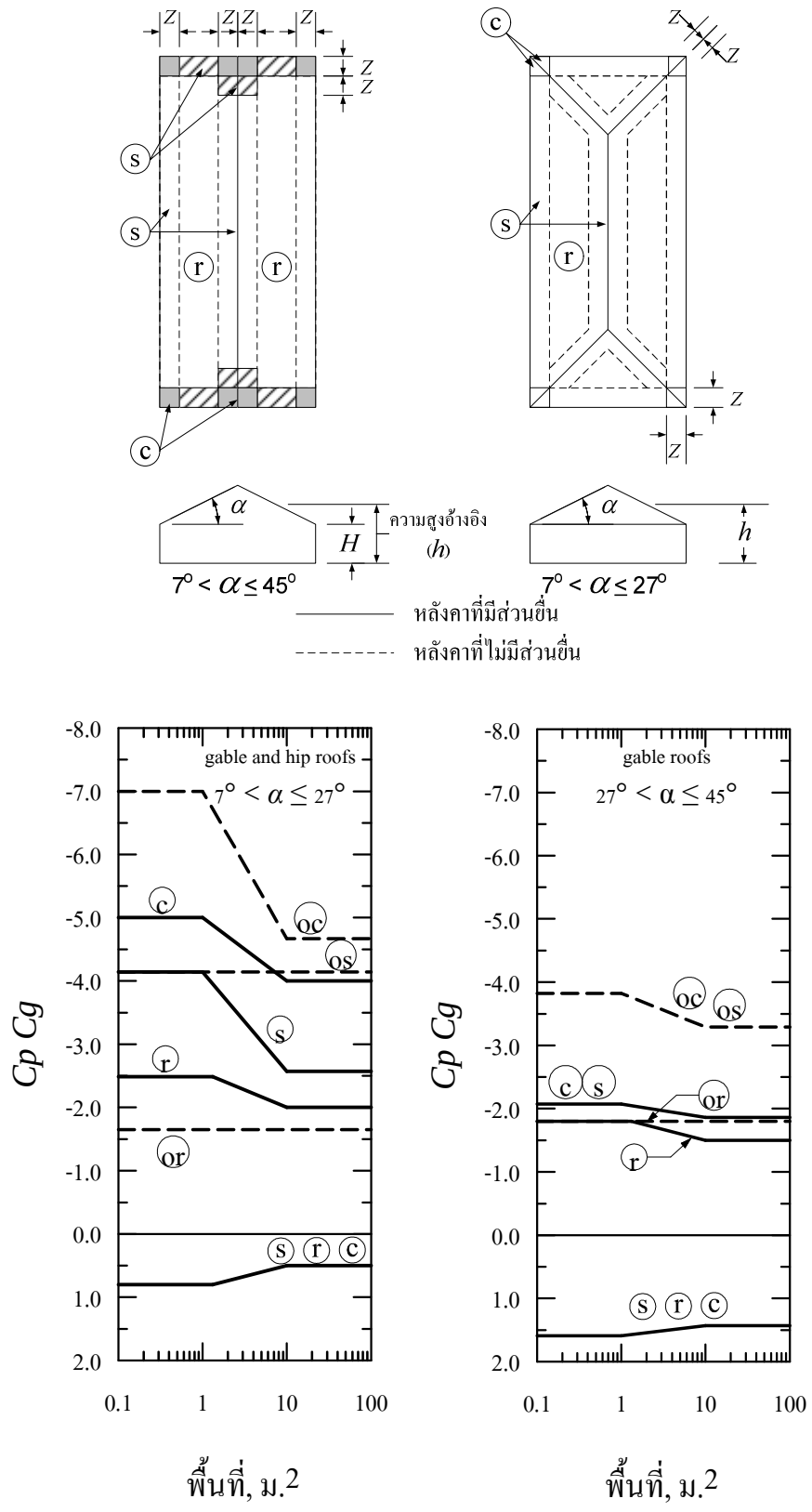
คำอธิบายประกอบ รูปที่ ข.4

1. ค่าสัมประสิทธิ์ C_pC_g สำหรับหลังคาในรูปที่ ข.3 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหลังคาลดระดับของอาคารที่แสดงในภาพนี้ได้ ยกเว้นในส่วนของหลังคาลดระดับที่วัดจากกำแพงเป็นระยะ b ซึ่งในส่วนนี้ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าเป็นบวกของกำแพงในรูปที่ ข.2
2. ความกว้าง " b " มีค่าเท่ากับ $1.5h_1$ และไม่เกิน 30 เมตร
3. สำหรับพื้นที่กำแพงด้านต่างๆ รวมทั้งกำแพงที่อยู่ติดกับขอบของหลังคาลดระดับ ให้แบ่งโซนและใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมทั้งค่าบวกและค่าลบเท่ากับกำแพงในรูปที่ ข.2
4. รูปที่ ข.4 ใช้ได้กับหลังคาที่มีขนาดและสัดส่วนทางเรขาคณิตที่สอดคล้องกับข้อกำหนดดังต่อไปนี้

$h_1 \geq 3$ เมตร

$h_1 \geq 0.3H$

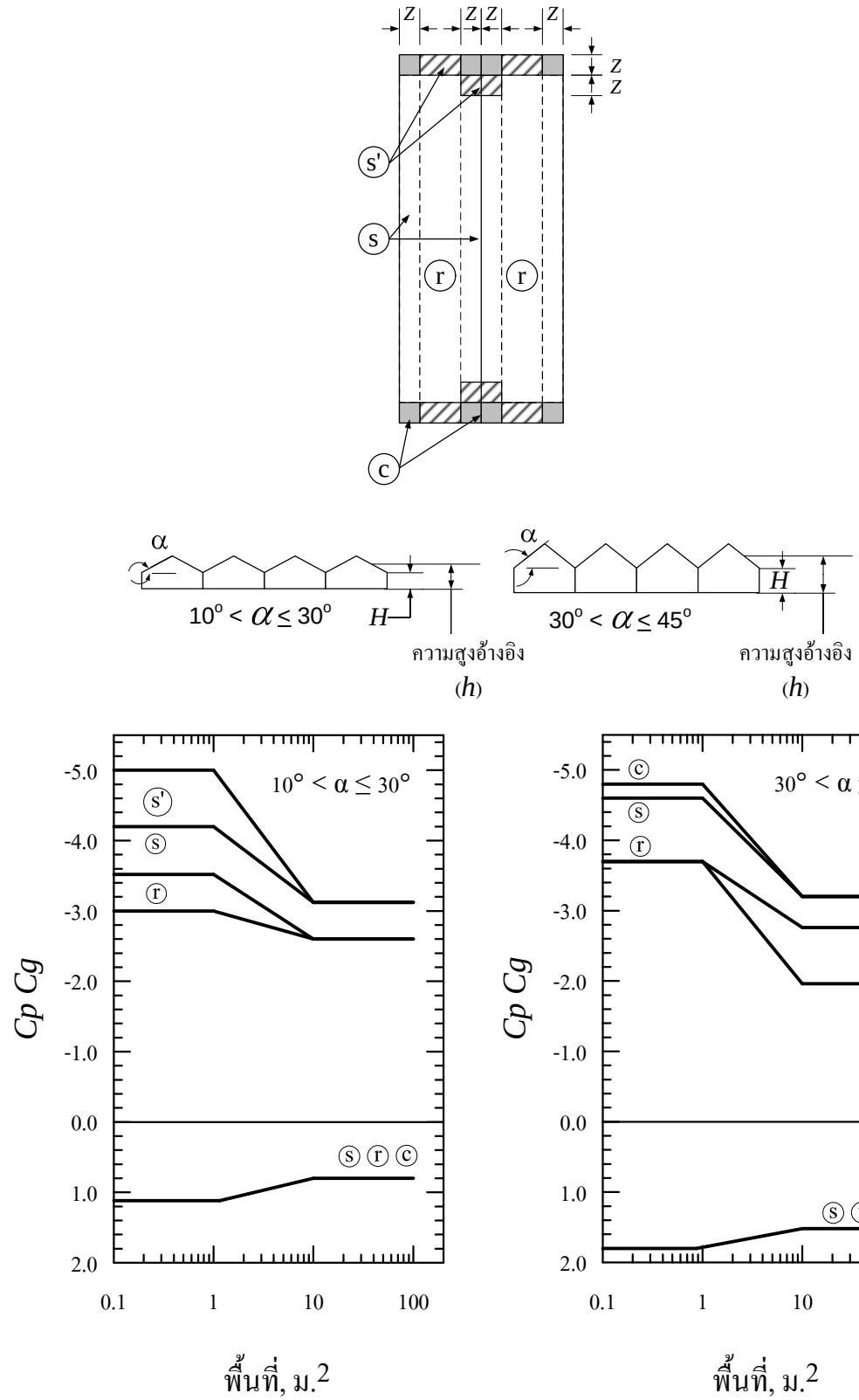
$0.25W \leq (W_1,\ W_2$ และ $W_3) \leq 0.75W$



รูปที่ ข.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำกับหลังคาที่มีความชันมากกว่า 7° สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ ข.5

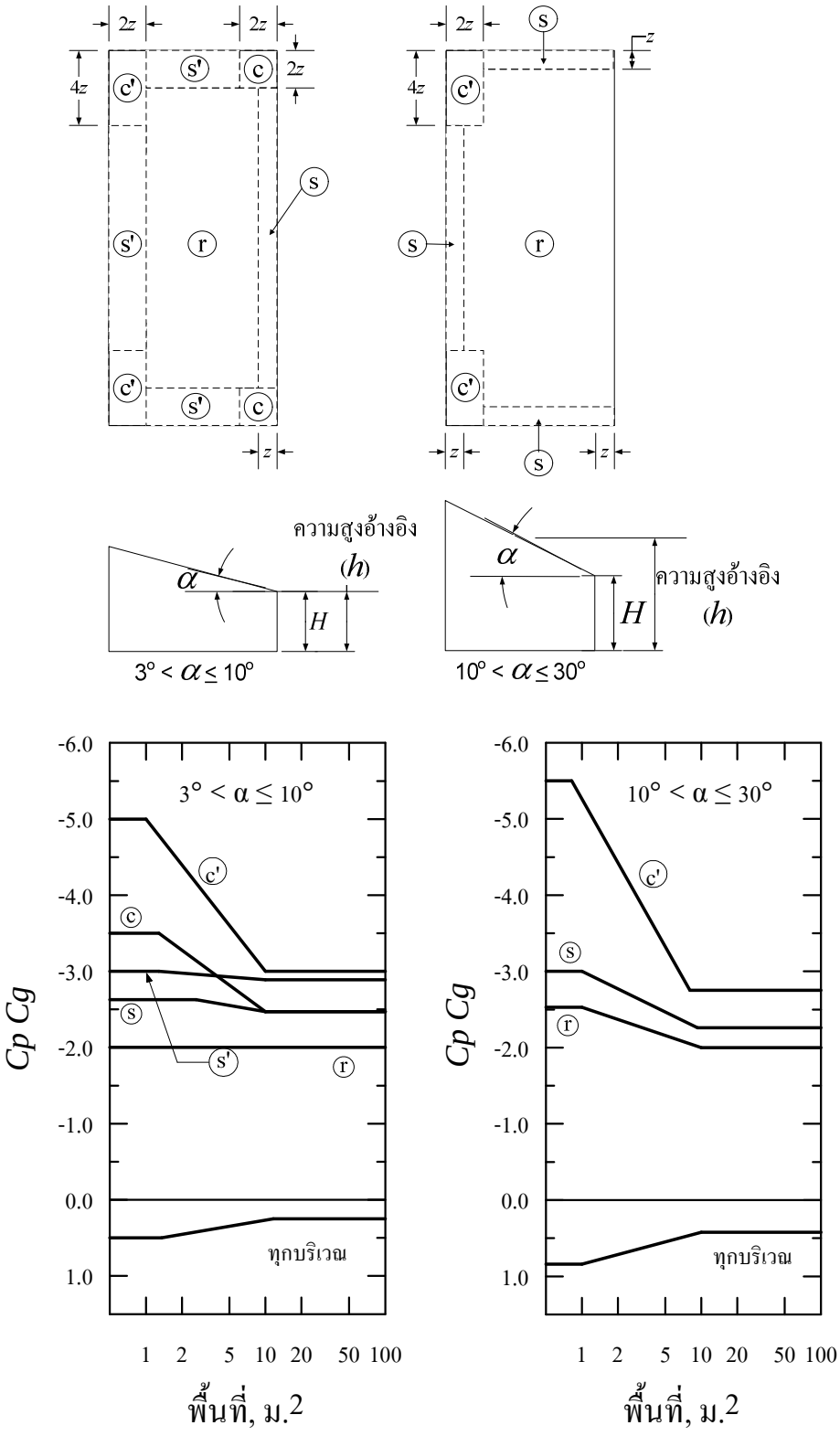
1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูป ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว
2. ในกรณีที่หลังคามีส่วนยื่น (roof with overhang) หน่วยแรงลมลัพธ์ที่กระทำต่อส่วนยื่นจะเป็นผลรวมของ หน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนและพื้นผิวด้านล่าง ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมลัพธ์สำหรับส่วนที่ยื่นดังกล่าวแสดงโดยกราฟที่มี สัญลักษณ์ “O” นำหน้า
3. ในทุกกรณีไม่ว่าหลังคามีส่วนยื่นหรือไม่มีส่วนยื่น ค่าสัมประสิทธิ์จากกราฟ s, r และ c เป็นค่าสัมประสิทธิ์เพื่อใช้คำนวณหน่วยแรงลมที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนของหลังคาในโซน s, r และ c ตามลำดับ
4. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในภาพคือ พื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน
5. ความกว้าง “z” มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H แต่ทั้งนี้ค่า “z” ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร
6. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้



รูปที่ ข.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำกับหลังคาที่มีความชันมากกว่า 10^o และมีความต่อเนื่องมากกว่า 1 ช่วงสำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบรูปที่ ข.6

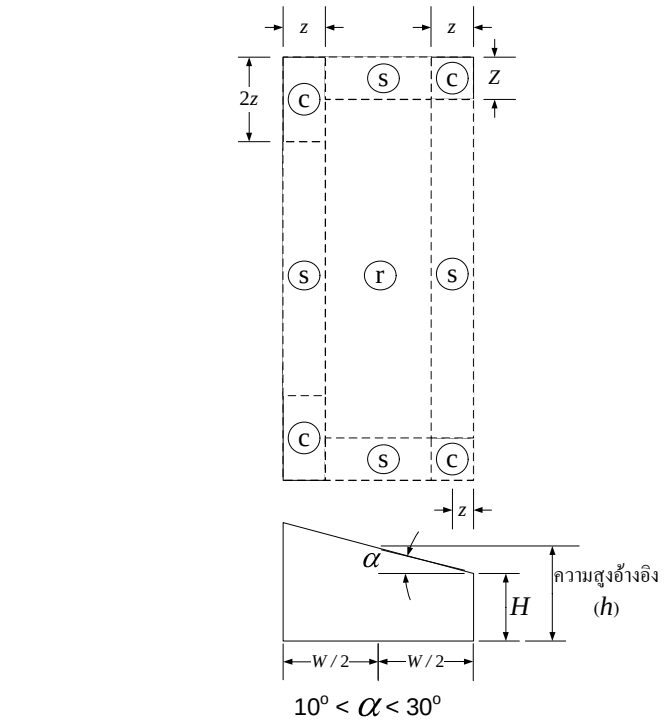
1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูป ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว
2. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในรูปคือ พื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน
3. ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10%ของด้านที่แคบที่สุด และ 40%ของความสูง H แต่ทั้งนี้ค่า "z" มีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุด และไม่น้อยกว่า 1 เมตร
4. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้
5. สำหรับหลังคาที่มีความชันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10^{o} ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในรูปที่ ข.3

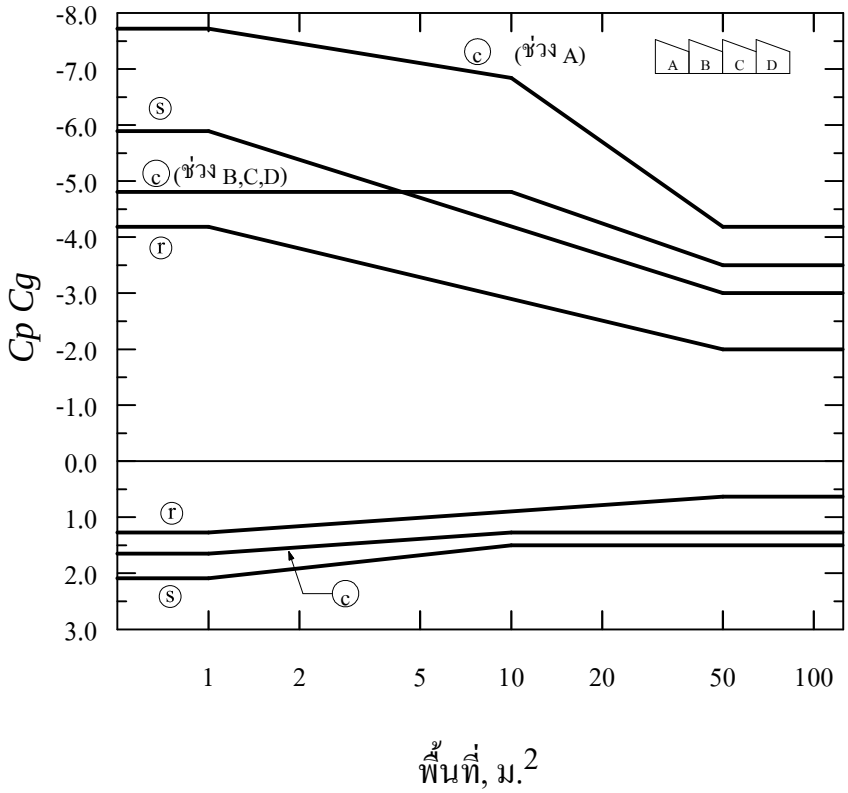


รูปที่ ข.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำกับหลังคาที่มีความลาดชันด้านเดียว สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบ รูปที่ ข.7

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูป ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว
2. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในรูปคือ พื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน
3. ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10%ของด้านที่แคบที่สุด และ 40%ของความสูง H แต่ทั้งนี้ค่า "z" มีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุด และไม่น้อยกว่า 1 เมตร
4. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ หัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้
5. ค่าสัมประสิทธิ์ C_pC_g ที่แสดงในรูปใช้ได้กับหลังคาที่มีค่าความชันไม่น้อย 3^o ส่วนหลังคาที่มีค่าความชันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3^o ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงในรูปที่ ข.3





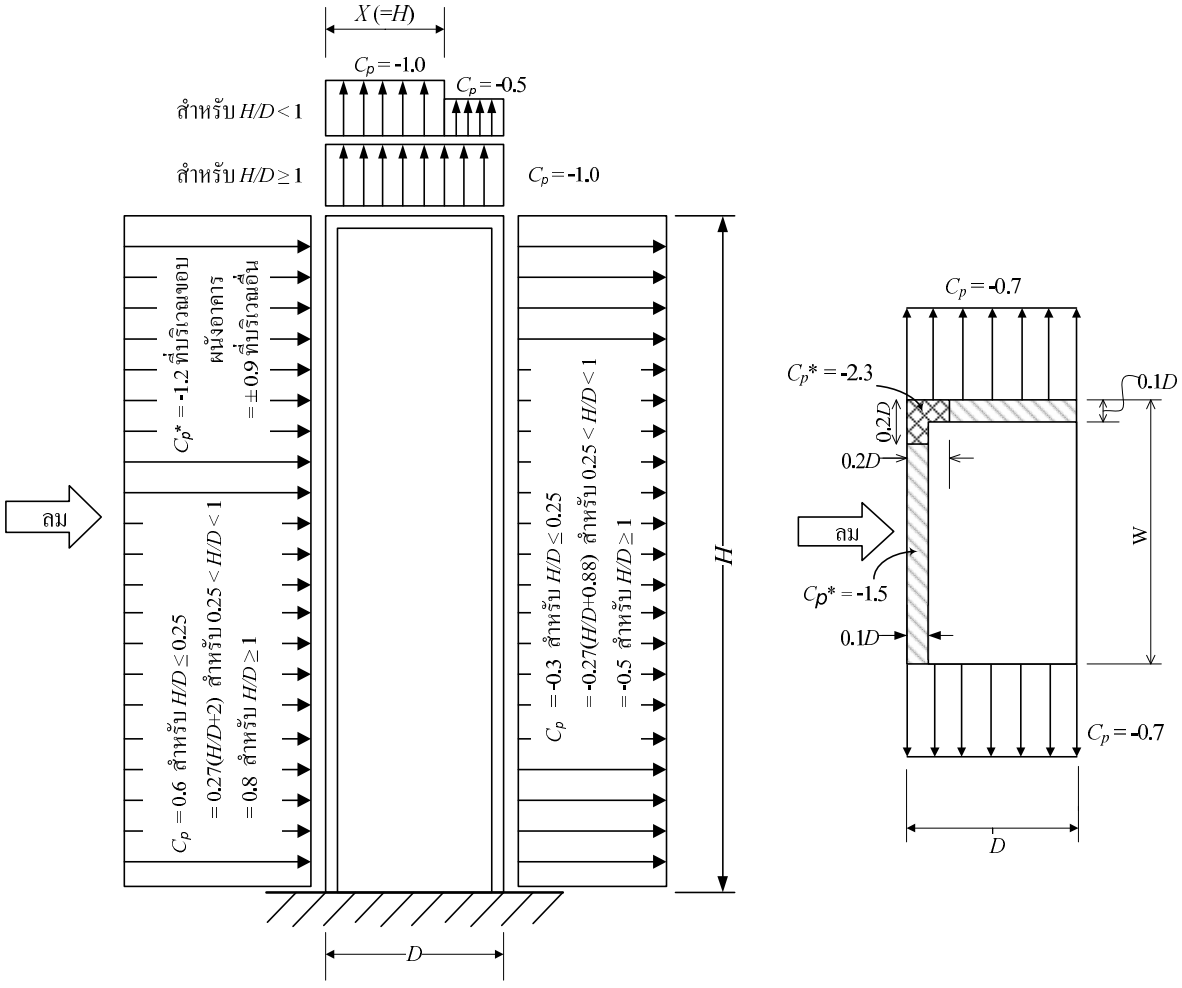
รูปที่ ข.8 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร (C_pC_g) ที่กระทำกับหลังคาลักษณะฟันเลื่อย (มีความลาดชันเพียงด้านเดียว และมีความต่อเนื่องมากกว่า 1 ช่วง) ที่มีความชันมากกว่า 10^o สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

คำอธิบายประกอบ รูปที่ ข.8

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในแต่ละโซนมีทั้งค่าบวกและค่าลบดังแสดงในรูป ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวใช้เพื่อการคำนวณหาค่าหน่วยแรงดันสูงสุดและหน่วยแรงดูดสูงสุดสำหรับการออกแบบโดยพิจารณาถึงผลของแรงลมในทุกทิศทางแล้ว
2. ค่าในแกน x ของกราฟที่แสดงในรูปคือ พื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area) ในแต่ละโซน
3. ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10%ของด้านที่แคบที่สุด และ 40%ของความสูง H แต่ทั้งนี้ค่า"z" มีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุด และไม่น้อยกว่า 1 เมตร
4. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ หัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้
5. สำหรับพื้นที่บริเวณมุมของหลังคาค่าสัมประสิทธิ์ C_pC_g ที่เป็นค่าลบสำหรับที่อยู่ในช่วง A จะแตกต่างจากค่า สัมประสิทธิ์ C_pC_g ของช่วง B, C และ D
6. สำหรับหลังคาที่มีความชันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10^{o} ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับหลังคาในรูปที่ ข.3

ข.2 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกสำหรับอาคารสูง

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ ข.9 ใช้สำหรับอาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ และความสูงของอาคาร (H) มากกว่า 23 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูปของค่า C_p (หน่วยแรงลมเฉลี่ยของพื้นผิว) และ C_p^* (หน่วยแรงลมเฉพาะที่) ซึ่งไม่ได้รวมผลเนื่องจากการกระโชกของลม ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องคำนวณหาค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (C_g) ตามข้อกำหนดในหัวข้อ 2.5



รูปหน้าตัดด้านข้างของอาคาร รูปด้านบนของอาคาร

รูปที่ ข.9 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p และ C_p^*) สำหรับอาคารที่มีความสูงมากกว่าความกว้าง และมีหลังคาอยู่ในแนวราบ

คำอธิบายประกอบ รูปที่ ข.9

1. กรณีที่ทิศทางลมอยู่ในแนวตั้งฉากกับผนังด้านใดด้านหนึ่งของอาคาร ให้ถือว่ามิติในแนวราบของอาคารในแนวขนานกับทิศทางลม คือความลึก (D) ของอาคาร และมิติในแนวราบด้านที่ตั้งฉากกับทิศทางลมเป็นความกว้าง (W) ของอาคาร
2. การคำนวณค่าแรงลมที่กระทำกับอาคารโดยรวม ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ C_p สำหรับหลังคาและผนังแต่ละด้านให้เหมาะสมตามที่แสดงในรูปที่ ข.9
3. ในกรณีที่ลมกระทำในทิศทางที่ไม่อยู่ในแนวตั้งฉากกับผนังอาคาร จะทำให้เกิดแรงดูดเฉพาะที่อย่างสูงบนพื้นผิวด้านต่างๆของอาคาร ซึ่งในการออกแบบผนังภายนอกที่มีขนาดเล็ก (ประมาณขนาดของหน้าต่าง) บนผนังและพื้นผิวหลังคาของอาคาร ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมเฉพาะที่ (C_P^*) ในการคำนวณค่าแรงดูดดังกล่าว แต่ไม่ต้องนำค่า C_p^* มาใช้ร่วมกับค่า C_p สำหรับการคำนวณแรงลมที่กระทำกับอาคารโดยรวม
4. ต้องคำนึงถึงผลรวมของหน่วยแรงลมที่กระทำทั้งจากภายนอกและจากภายในอาคาร เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงลมที่ถูกต้องสำหรับออกแบบ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร C_{pi} ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.6.2 ของมาตรฐานฯ นี้
5. ความสูงอ้างอิงเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) กำหนดให้ใช้ดังต่อไปนี้
   - สำหรับการคำนวณค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคารบนผนังด้านต้นลม (windward walls) ให้ใช้ความสูงอ้างอิง = z (ความสูงเหนือพื้นดิน)
   - สำหรับการคำนวณค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคารบนหลังคาและพื้นผิวด้านข้างของอาคาร (roof and side walls) ให้ใช้ความสูงอ้างอิง = H (ความสูงทั้งหมดของอาคาร)
   - สำหรับการคำนวณค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคารบนผนังด้านท้ายลม (leeward walls) ให้ใช้ความสูงอ้างอิง = $0.5H$
   - กรณีใช้ร่วมกับ C_p* เพื่อหาค่าหน่วยแรงดูดเฉพาะที่ ให้ใช้ความสูงอ้างอิง = H
   - สำหรับการคำนวณค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคาร (internal pressures) ให้ใช้ความสูงอ้างอิง = $0.5H$
   - สำหรับการคำนวณค่าหน่วยแรงลมที่กระทำภายในอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ ให้ใช้ความสูงอ้างอิง เท่ากับความสูงของช่องเปิดนั้นวัดเหนือพื้นดิน

6. สำหรับพื้นที่ขอบของผนังอาคาร ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมเฉพาะที่ (C_p^*) เท่ากับ -1.2 กระทำกับพื้นที่ที่กว้าง $0.1D$ จากขอบของอาคาร ยกเว้นผนังภายนอกที่ประกอบด้วยครีบขนาดใหญ่ในแนวดิ่งที่มีความลึกมากกว่า 1 เมตร ให้ใช้ค่า C_p^* = -1.4 เพื่อคำนวณค่าแรงลมเฉพาะที่ที่กระทำกับพื้นที่บริเวณขอบของอาคารที่กว้างเท่ากับ $0.2D$ จากขอบของอาคาร

ข.3 สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับโครงสร้างพิเศษ

1. รูปที่ ข.10 ถึง ข.18 ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม และสัมประสิทธิ์ของแรงลมลัพธ์ สำหรับการออกแบบโครงสร้างที่แตกต่างกันหลายลักษณะ ข้อมูลดังกล่าวเป็นเพียงข้อแนะนำโดยทั่วไปสำหรับการคำนวณแรงลม เนื่องจากเป็นผลการศึกษาที่ได้จากการทดสอบในอุโมงค์ลม ภายใต้สภาพลมที่มีความแปรปรวนแตกต่างไปจากลมตามธรรมชาติ นอกจากนี้ข้อมูลสำหรับโครงสร้างบางประเภท มิได้อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม แต่อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ของแรงลมลัพธ์ ดังนั้นผู้ใช้งานจึงควรศึกษาสัญลักษณ์ ตลอดจนสมการที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง
2. การคำนวณค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) และค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (C_g) สามารถคำนวณได้ตามข้อกำหนดของวิธีการอย่างง่าย หรือวิธีการอย่างละเอียด ตามความเหมาะสมของแต่ละกรณี
3. แรงลมที่กระทำต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง (structural members) ที่มีหน้าตัดลักษณะต่างๆ ตลอดจนโครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนเหล่านั้น สามารถคำนวณได้โดยใช้รูปที่ ข. 15 ถึง ข.18 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีสัญลักษณ์ ∞ กำกับในรูป กำหนดให้ใช้กับชิ้นส่วนที่มีความยาวไม่จำกัด (infinite length) ในกรณีของชิ้นส่วนที่มีความยาวที่จำกัด (finite length) จะต้องนำค่า k (reduction factor) ที่กำหนดในรูปมาคูณกับค่าสัมประสิทธ์ดังกล่าว เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่แท้จริงสำหรับชิ้นส่วนนั้น ทั้งนี้ให้คำนวณหาค่าความชะลูดของชิ้นส่วนโดยใช้ค่าความยาว (l) ดังต่อไปนี้
    - l = ความยาวของชิ้นส่วน ในกรณีของคานช่วงเดียวและคานต่อเนื่อง
    - l = สองเท่าของความยาวของชิ้นส่วน ในกรณีของคานยื่น
    - $l = \infty$ ในกรณีของคานที่มีการยึดแน่นทั้งสองปลาย (fixed ends)

4. ชิ้นส่วนที่มีแนวการวางตัวที่ขนานกัน อาจจะมีการบดบังของลม (shielding effects) เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่อยู่ท้ายลม ในกรณีดังกล่าวสามารถใช้ค่าหน่วยแรงลมอ้างอิงที่ลดลง (q_x) ตามรูปที่ ข.17 กระทำกับชิ้นส่วนที่ได้รับผลเนื่องการบดบังของลมดังกล่าว

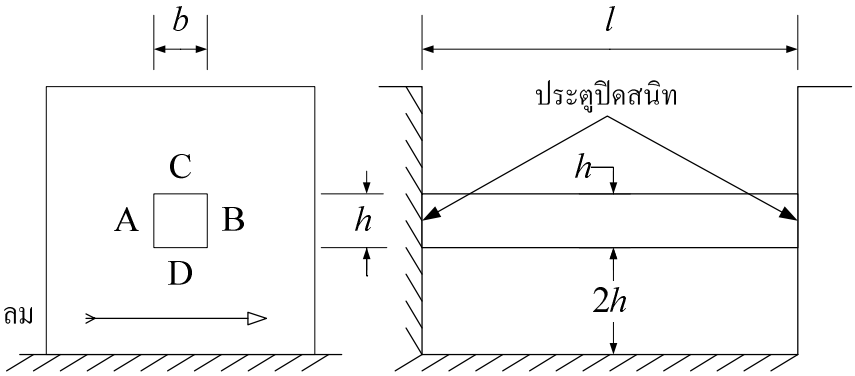
5. รูปร่างของโครงสร้างอาจมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงของการประกอบและติดตั้งชิ้นส่วน ซึ่งอาจส่งผลให้แรงลมที่กระทำกับโครงสร้างชั่วคราวในระหว่างการประกอบและติดตั้งนี้ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากแรงลมที่กระทำกับโครงสร้างเมื่อแล้วเสร็จ ดังนั้นจึงควรทำการตรวจสอบค่าแรงลมที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างชั่วคราวนี้ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมในรูปที่ ข.1 ถึง ข.18

6. ชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม จะให้ผลของการบดบังลมแตกต่างไปจากชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดเป็นรูปเหลี่ยมประเภทอื่น ทั้งนี้ในกรณีของหน้าตัดวงกลมที่มีค่า $d\sqrt{qC_e} < 0.167$ และ $A_s / A > 0.3$ สามารถใช้สมการและค่าสัมประสิทธิ์ในรูปที่ ข.14 เพื่อประมาณค่าแรงลมที่กระทำกับชิ้นส่วนโดยไม่ต้องพิจารณาผลของการบดบังลม ในกรณีของหน้าตัดวงกลมที่มีค่า $d\sqrt{qC_e} \geq 0.167$ ผลของการบดบังลมยังมีค่าไม่มากนักซึ่งอาจจะไม่ต้องคิดผลของการบดบังลมที่มีต่อชิ้นส่วนที่อยู่ท้ายลม แต่ในกรณีของหน้าตัดวงกลมที่มีค่า $A_s / A \leq 0.3$ อาจพิจารณาใช้ค่าคงที่ k_x = 0.9 สำหรับคำนวณค่าการบดบังของแรงลม

7. โครงสร้างที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม ค่าความดันลมที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวที่อยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางลมจะแปรเปลี่ยนไปตามความเร็วลม และค่า Reynolds number ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่แสดงในรูปที่ ข.12, ข.13, ข.14 และ ข.18 ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับค่า $d\sqrt{qC_e}$ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงค่า Reynolds number ซึ่งการแปลงค่า $d\sqrt{qC_e}$ ให้เป็นค่า Reynolds number สามารถทำได้โดยนำค่าคงที่ 2.7×10^6 มาคูณกับ $d\sqrt{qC_e}$ โดยใช้หน่วยของ d เป็นเมตร และ q เป็นกิโลนิวตันต่อตารางเมตร

8. โครงสร้างที่มีพื้นผิวโค้งหรือมีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม ความขรุขระของพื้นผิวถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการคำนวณค่าแรงลม เนื่องจากมีผลต่อค่า Reynolds number ในรูปที่ ข.12 ได้กำหนดให้พื้นผิวที่ทำจากโลหะ คอนกรีต ไม้ และกำแพงก่ออิฐผิวเรียบ มีค่าความขรุขระปานกลาง (moderately smooth) ส่วนพื้นผิวที่มีครีบขนาดใหญ่กว่า 2% ของเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าตัดโครงสร้าง ถือว่ามีความขรุขระมาก (very rough) ในกรณีที่ไม่สามารถประมาณขนาดของความขรุขระได้ ควรเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากเพื่อความปลอดภัยต่อโครงสร้าง

อัตราส่วน $h : b : l = 1 : 1 : 10$



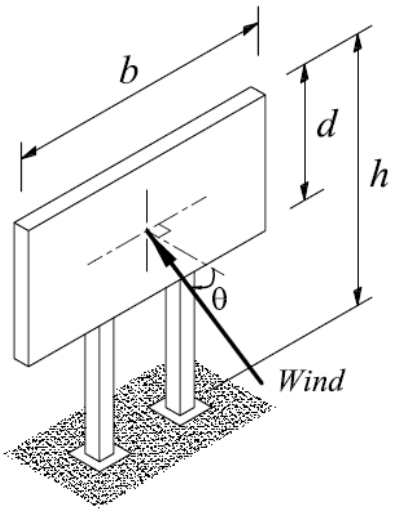
ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกอาคาร (C_P)

ทิศทางลม (ϕ)	ผนังด้านที่กำลังพิจารณา			
	A	B	C	D
0^o	+0.8	-1.2	-1.4	-1.5

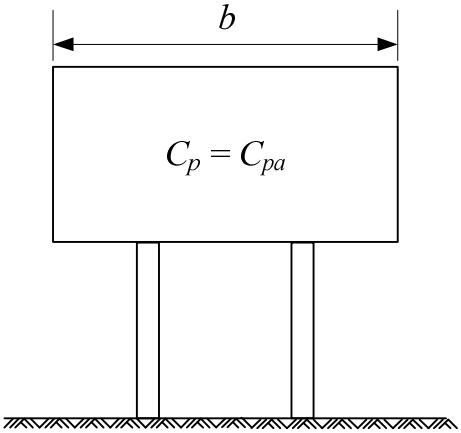
ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร (C_{pi})

ลักษณะและตำแหน่งของช่องเปิด	ทิศทางลม $\phi = 0°$
กระจายสม่ำเสมออยู่บนทั้งสี่ด้าน	-0.5
ช่องเปิดส่วนใหญ่อยู่บนด้าน A	+0.7
ช่องเปิดส่วนใหญ่อยู่บนด้าน B	-1.1
ช่องเปิดส่วนใหญ่อยู่บนด้าน C	-1.3

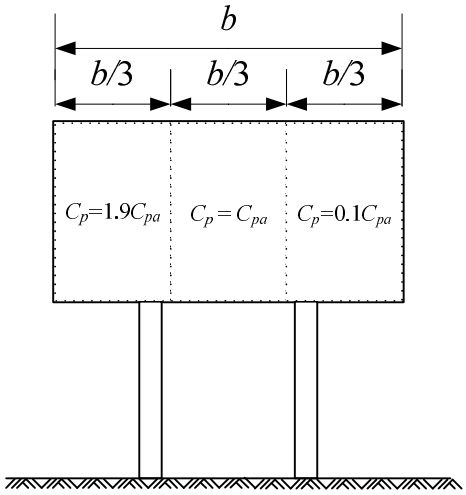
รูปที่ ข.10 ทางเดินเชื่อมระหว่างอาคาร



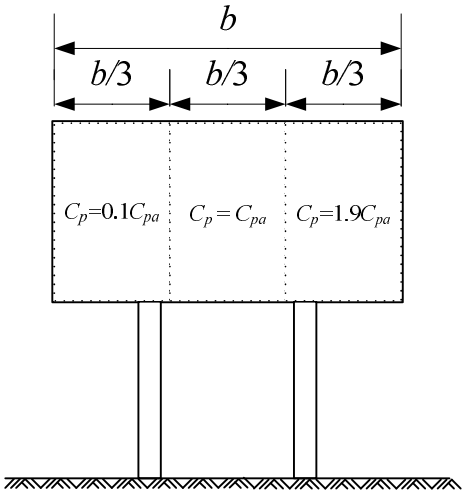
ก. สัดส่วนรูปร่างของป้าย และทิศทางลม (θ)



ข. ค่าสัมประสิทธิ์ C_p ในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย ($\theta = 0$)



ค. ค่าสัมประสิทธิ์ C_p ในกรณีขอบด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ($\theta = +45°$)



ง. ค่าสัมประสิทธิ์ C_p ในกรณีขอบด้านขวาของป้ายชี้เข้าหาลม ($\theta = -45°$)

รูปที่ ข.11 ป้ายและกำแพง

ตารางที่ ข-1 ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมเฉลี่ย C_{pa}

อัตราส่วน	อัตราส่วน b/d							
d/h	≤ 0.1	0.2	0.5	1	2	3	4	≥ 5
≤ 0.2	1.65	1.60	1.60	1.55	1.55	1.55	1.60	1.60
0.3	1.65	1.60	1.55	1.55	1.50	1.50	1.55	1.55
0.5	1.65	1.55	1.50	1.50	1.45	1.45	1.45	1.45
0.7	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.35	1.30
0.9	1.60	1.45	1.35	1.30	1.25	1.25	1.25	1.25
1.0 *	1.55	1.40	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15

* กรณีของกำแพง หรือป้ายที่ตั้งขึ้นมาจากพื้น

คำอธิบายประกอบรูปที่ ข.11

1. ป้ายและกำแพงต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงลมทั้งในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย ($\theta = 0°$ ในรูปที่ ข.11 ข.) และในกรณีที่ทิศทางลมทำมุมเฉียง 45° กับแผ่นป้าย ($\theta = \pm 45°$ ในรูปที่ ข.11 ค. และ ง.)

2. หน่วยแรงลมสุทธิ ซึ่งรวมหน่วยแรงลมทั้งด้านต้นลม และด้านท้ายลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ ค่าประกอบ I_w, q และ C_e ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในบทที่ 2 สำหรับวิธีการอย่างง่าย

ค่าประกอบ C_g มีค่าเท่ากับ 2.35 และ

ค่าสัมประสิทธิ์ C_p จะขึ้นกับสัดส่วนรูปร่างของป้าย ทิศทางลม และตำแหน่งบนพื้นที่แผ่นป้าย ดังแสดงในรูปที่ ข.11ข. ข.11ค. และ ข.11ง. และในตารางที่ ข-1

3. ในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย ($\theta = 0°$) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p มีค่าสม่ำเสมอเท่ากันทั่วทั้งพื้นที่ป้าย (รูปที่ ข.11ข) และมีค่าเท่ากับ ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย C_{pa} ซึ่งแสดงค่าในตารางที่ ข-1

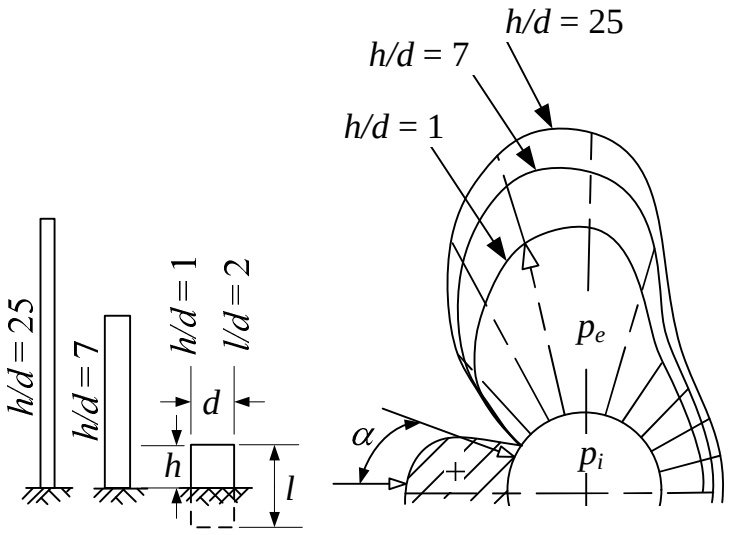
4. ในกรณีที่ทิศทางลมทำมุมเฉียง 45° กับแผ่นป้าย ($\theta = \pm 45°$) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p มีค่าไม่สม่ำเสมอ โดยค่า C_p จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 90% ในบริเวณขอบที่หันเข้าหาลม และค่า C_p จะลดลงจากค่าเฉลี่ยถึง 90% ในบริเวณขอบอีกด้านหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ ข.11ค และ ข.11ง

5. หน่วยแรงลมสุทธิ ณ ทุกๆตำแหน่งบนแผ่นป้ายมีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นป้ายในทุกๆกรณี ($\theta = 0°$ หรือ $\theta = \pm 45°$)

6. ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย C_{pa} ในทุกกรณี ($\theta = 0°$ หรือ $\theta = \pm 45°$) มีค่าขึ้นกับ อัตราส่วน (b/c) และ อัตราส่วน (d/h) ดังแสดงในตารางที่ ข-1

แรงลมลัพธ์ที่กระทำกับโครงสร้างหลักต้านแรงลม $F = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot C_f \cdot A$

โดยที่ $A = d \cdot h$



ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลมลัพธ์ (C_f) สำหรับโครงสร้างที่มีค่า $d\sqrt{qC_e} > 0.167$ (ค่า q มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อตารางเมตร)

รูปร่างหน้าตัดและความขรุขระของพื้นผิว	อัตราส่วนความชะลูด h/d		
	25	7	1
หน้าตัดรูปวงกลม ผิวเรียบปานกลาง (เหล็ก, ไม้, คอนกรีต)	0.7	0.6	0.5
หน้าตัดรูปวงกลม ผิวขรุขระ (ขนาดของครีบ = 2%d)	0.9	0.8	0.7
หน้าตัดรูปวงกลม ผิวขรุขระมาก (ขนาดของครีบ = 8%d)	1.2	1.0	0.8
หน้าตัดรูปเหลี่ยม ผิวเรียบ หรือผิวขรุขระ	1.4	1.2	1.0

รูปที่ ข.12 โครงสร้างรูปทรงกระบอก ปล่องควัน และแทงค์น้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกอาคาร (C_p) สำหรับโครงสร้างที่มีพื้นผิวเรียบปานกลาง ซึ่งมีค่า $d\sqrt{qC_e} > 0.167$ (ค่า q มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อตารางเมตร)

h/d	l/d	α												
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
25	50	+1.0	+0.8	+0.1	-0.9	-1.9	-2.5	-2.6	-1.9	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6
7	14	+1.0	+0.8	+0.1	-0.8	-1.7	-2.2	-2.2	-1.7	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
1	2	+1.0	+0.8	+0.1	-0.7	-1.2	-1.6	-1.7	-1.2	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4

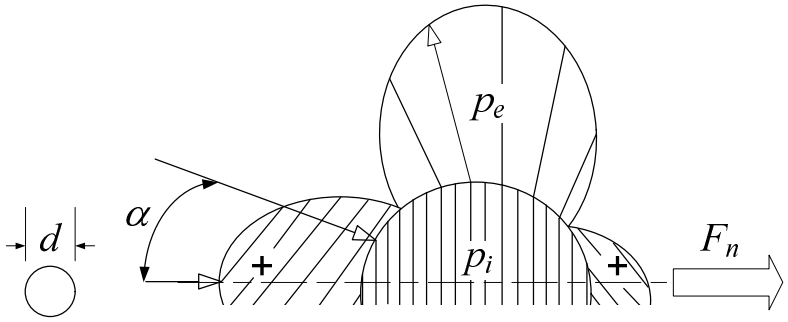
$\Delta p = p_i - p_e$ โดยที่ $p_i = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_{gi} \cdot C_{pi}$

$p_e = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot C_p$

โดยที่ $C_{pi} = +0.1$ สำหรับกรณีที่ปล่องควันกำลังทำงานเต็มที่

และ $C_{pi} = -0.8$ สำหรับกรณีที่ปล่องควันหยุดทำงาน

รูปที่ ข.12 โครงสร้างรูปทรงกระบอก ปล่องควัน และแทงค์น้ำ (ต่อ)



แรงลมลัพธ์ที่กระทำกับโครงสร้างหลักด้านแรงลม $F = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot C_f \cdot A$

โดยที่ $A = \frac{\pi d^2}{4}$

ใช้ในกรณีของโครงสร้างที่มีผิวเรียบปานกลาง และมีค่า $d\sqrt{qC_e} > 0.8$ โดยที่ค่า q มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อตารางเมตร

ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลมลัพธ์ (C_f) มีค่าเท่ากับ 0.2

$\Delta p = p_i - p_e$ โดยที่ p_i มีค่าเท่ากับความดันภายในของแทงค์ทรงกลม

$p_e = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot C_p$

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอกอาคาร (C_p) สำหรับโครงสร้างที่มีพื้นผิวเรียบปานกลาง ซึ่งมีค่า $d\sqrt{qC_e} > 0.8$ (ค่า q มีหน่วยเป็น กิโลนิวตันต่อตารางเมตร)

α =	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
C_p	+1.0	+0.9	+0.5	-0.1	-0.7	-1.1	-1.2	-1.0	-0.6	-0.2	+0.1	+0.3	+0.4

รูปที่ ข.13 โครงสร้างทรงกลม 3 มิติ

แรงลมลัพธ์ที่กระทำกับโครงสร้างหลักต้านแรงลม $F = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot C_f \cdot A$

โดยที่ $A = d \cdot l$

ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลมลัพธ์ (C_f) สำหรับโครงสร้างที่มีค่า $l/d > 100$

ประเภทของท่อและสายส่งสัญญาณ	$d\sqrt{qC_e}$	
	< 1.67	> 1.67
สายไฟหรือสายส่งสัญญาณที่มีผิวเรียบ สายโลหะ ท่อ	1.2	0.5
สายไฟ สายส่งสัญญาณ และสายโลหะที่มีผิวเรียบปานกลาง	1.2	0.7
กลุ่มของสายเคเบิลขนาดเล็ก	1.2	0.9
กลุ่มของสายเคเบิลขนาดใหญ่	1.3	1.1

รูปที่ ข.14 ท่อ และสายส่งสัญญาณประเภทต่างๆ

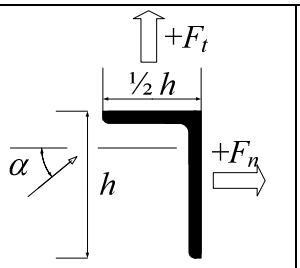
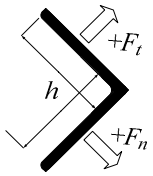
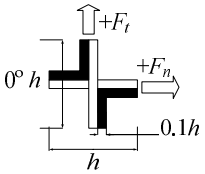
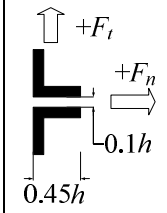
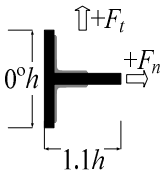
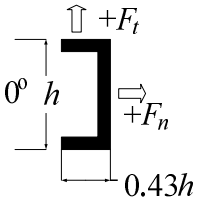
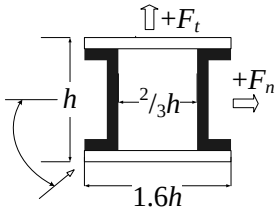
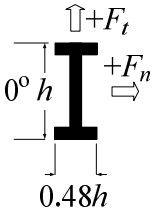
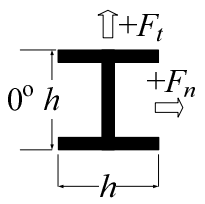
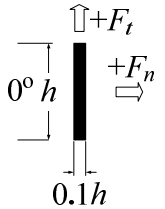
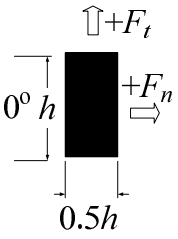
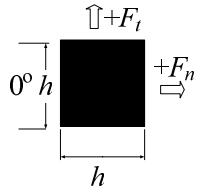
ในกรณีที่ลมพัดปะทะตั้งฉากกับแกนของชิ้นส่วน แรงที่ตั้งฉากกับแกน (normal force, F_n) และแรงในแนวสัมผัสกับแกนของชิ้นส่วน (tangential force, F_t) สามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้

แรงที่ตั้งฉากกับแกนของชิ้นส่วน $F_n = q \cdot C_e \cdot C_g \cdot k \cdot C_{n\infty} \cdot A$

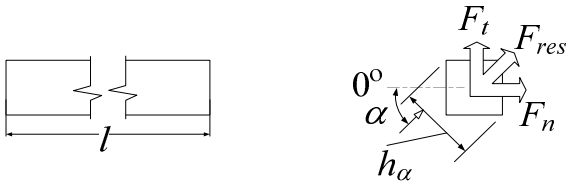
แรงในแนวสัมผัสกับแกนของชิ้นส่วน $F_t = q \cdot C_e \cdot C_g \cdot k \cdot C_{t\infty} \cdot A$

โดยที่ l คือความยาวของชิ้นส่วน และ A คือพื้นที่รับลมของชิ้นส่วน $A = h \cdot l$

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ $C_{n\infty}$ และ $C_{t\infty}$ สำหรับชิ้นส่วนที่มีความยาวไม่จำกัด (infinite length)

												
α	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$
0°	+1.9	+0.95	+1.8	+1.8	+1.75	+0.1	+1.6	0	+2.0	0	+2.05	0
45°	+1.8	+0.8	+2.1	+1.8	+0.85	+0.85	+1.5	-0.1	+1.2	+0.9	+1.85	+0.6
90°	+2.0	+1.7	-1.9	-1.0	-0.1	+1.75	-0.95	+0.7	-1.6	+2.15	0	+0.6
135°	-1.8	-0.1	-2.0	+0.3	-0.75	+0.75	-0.5	+1.05	-1.1	+2.4	-1.6	+0.4
180°	-2.0	+0.1	-1.4	-1.4	-1.75	-0.1	-1.5	0	-1.7	± 2.1	-1.8	0
												
α	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$	$C_{n\infty}$	$C_{t\infty}$
0°	+1.4	0	+2.05	0	+1.6	0	+2.0	0	+2.1	0	+2.0	0
45°	+1.2	+1.6	+1.95	+0.6	+1.5	+1.5	+1.8	+0.1	+1.4	+0.7	+1.55	+1.55
90°	0	+2.2	± 0.5	+0.9	0	+1.9	0	+0.1	0	+0.75	0	+2.0

รูปที่ ข.15 ชิ้นส่วนของโครงสร้าง ทั้งหน้าตัดเดี่ยวและหน้าตัดประกอบ



ความยาวประสิทธิผล l ความสูงประสิทธิผลของชิ้นส่วน h_α

รูปแสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณค่าความชะลูด l / h_α

ตารางแสดงค่าประกอบลดแรง (reduction factor, *k*) สำหรับใช้กับชิ้นส่วนที่มีค่าความชะลูดต่างๆ

l / h_α	5	10	20	35	50	100	∞
k	0.60	0.65	0.75	0.85	0.90	0.95	1.0

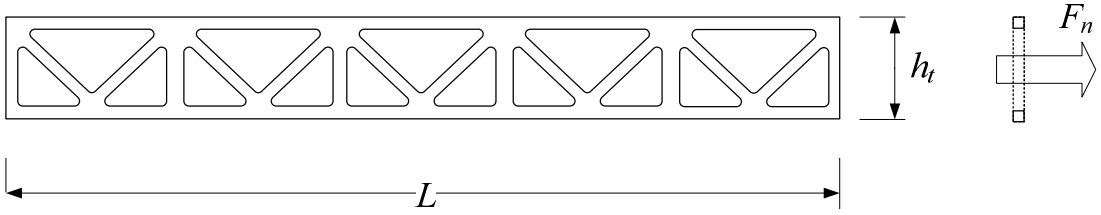
รูปที่ ข.15 ชิ้นส่วนของโครงสร้าง ทั้งหน้าตัดเดี่ยวและหน้าตัดประกอบ (ต่อ)

ในกรณีที่ลมพัดปะทะตั้งฉากกับระนาบของโครงถัก แรงลัพธ์ที่กระทำตั้งฉากกับระนาบของโครงถัก (normal force, F_n) สามารถคำนวณได้จากสมการ $F_n = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot k \cdot C_{n\infty} \cdot A_s$

โดยที่ A_s คือ พื้นที่รับลมของโครงสร้างที่อยู่ในระนาบเดียวกับโครงถัก

A คือพื้นที่ของระนาบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ $A = h_t \cdot L$

A_s / A คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่รับลมทั้งหมดของโครงสร้างต่อพื้นที่ของระนาบเรียกว่า Solidity ratio (solidity ratio มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง1 ซึ่ง solidity ratio เท่ากับ 1 หมายถึงโครงถักที่มีลักษณะทึบและลมไม่สามารถลอดผ่านระนาบของโครงถักได้เลย)



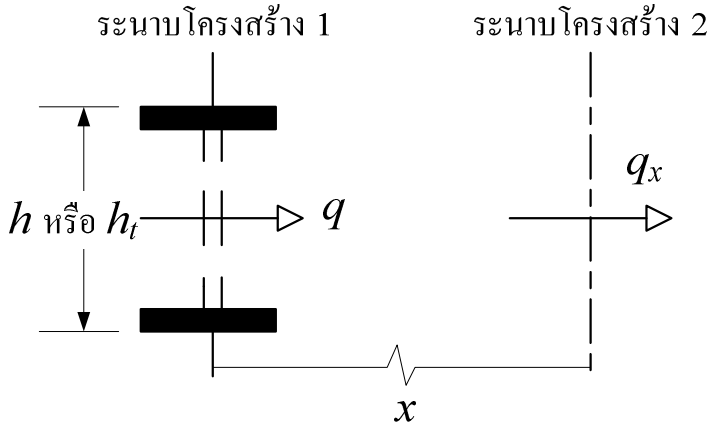
ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ $C_{n\infty}$ สำหรับโครงถักที่มีค่า $0 \le A_s / A \le 1$

A_s / A	0	0.1	0.15	0.2	0.3 ถึง 0.8	0.95	1.0
$C_{n\infty}$	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.8	2.0

ตารางแสดงค่าประกอบลดแรง (reduction factor, k) สำหรับโครงถักที่มีค่าความชะลูดต่างๆ

A_s / A L / h_t	0.25	0.5	0.9	0.95	1
5	0.96	0.91	0.87	0.77	0.6
20	0.98	0.97	0.94	0.89	0.75
50	0.99	0.98	0.97	0.95	0.9
∞	1	1	1	1	1

รูปที่ ข.16 โครงถักระนาบที่ประกอบจากชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดเป็นรูปเหลี่ยม



$$q_x = k_x \cdot q$$

ตารางแสดงค่าประกอบเนื่องจากการบดบังของลม k_x

A_s / A x / h	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
0.5	0.93	0.75	0.56	0.38	0.19	0	0	0
1	0.99	0.81	0.65	0.48	0.32	0.15	0.15	0.15
2	1.00	0.87	0.73	0.59	0.44	0.30	0.30	0.30
4	1.00	0.90	0.78	0.65	0.52	0.40	0.40	0.40
6	1.00	0.93	0.83	0.72	0.61	0.50	0.50	0.50

รูปที่ ข.17 ค่าประกอบของการบดบังของลม

แรงลัพธ์ในแนวทิศทางลมที่กระทำกับโครงสร้าง $F = \sum F_m$

โดยที่ F_m คือ แรงที่กระทำบนชิ้นส่วนแต่ละชิ้นของโครงสร้าง สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$F_m = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_g \cdot k \cdot C_{\infty\beta} \cdot A\cos\beta$ ในกรณีของชิ้นส่วนที่รับแรงลมโดยตรง

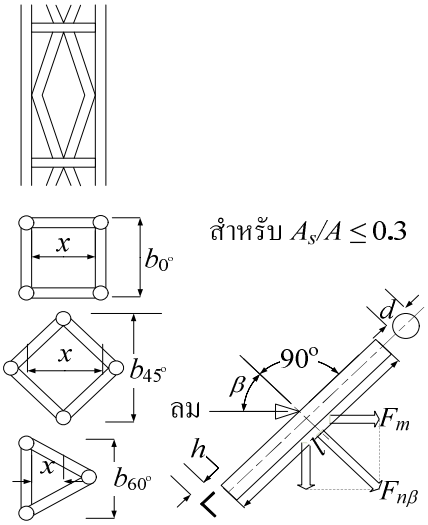
หรือ $F_m = I_w \cdot k_x q \cdot C_e \cdot C_g \cdot k \cdot C_{\infty\beta} \cdot A\cos\beta$ ในกรณีของชิ้นส่วนที่ได้รับผลกระทบจากการบดบังของลม

$A = d \cdot L$ หรือ $A = h \cdot L$ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของหน้าตัด

L = ความยาวจริงของชิ้นส่วน

β = มุมระหว่างทิศทางลมกับเส้นที่ตั้งฉากกับแกนของชิ้นส่วน

k_x = ค่าประกอบเนื่องจากการบดบังของลม ขึ้นอยู่กับ ค่า A_s / A และ x/b



ค่าสัมประสิทธ์ $C_{\infty\beta}$ สำหรับชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดรูปวงกลมได้แสดงไว้ในตารางด้านล่าง แต่ค่า $C_{\infty\beta}$ สำหรับชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดรูปเหลี่ยมให้คำนวณโดยใช้สมการ $C_{\infty\beta} = k_\beta \cdot C_{n\infty}$ และ $C_{\infty\beta} = k_\beta \cdot C_{t\infty}$ โดยให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ $C_{n\infty}$ และ $C_{n\infty}$ ตามที่แสดงในรูปที่ ข.15

ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ $C_{\infty\beta}$, k_β, k และ k_x

β	ชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดรูปเหลี่ยม			ชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดรูปวงกลม ผิวเรียบและผิวขรุขระ และมีค่า $d\sqrt{qC_e} < 0.167$			ชิ้นส่วนที่มีหน้าตัดรูปวงกลม ผิวเรียบปานกลาง และมีค่า $d\sqrt{qC_e} < 0.167$		
	k_β	k	k_x	$C_{\infty\beta}$	k	k_x	$C_{\infty\beta}$	k	k_x
0°	1.00	ดูรูปที่ ข.15	ดูรูปที่ ข.17	1.20	ดูรูปที่ ข.15	ดูรูปที่ ข.17	0.60	0.9 สำหรับ $l/d = 25$	0.95
15°	0.98			1.16			0.58		
30°	0.93			1.04			0.53		
45°	0.88			0.85			0.42		
60°	0.80			0.60			0.28		

รูปที่ ข.18 โครงถัก 3 มิติ

ภาคผนวก ค
แรงลมออกแบบสำหรับอาคารเตี้ย

ค.1 แรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างหลักของอาคารเตี้ย

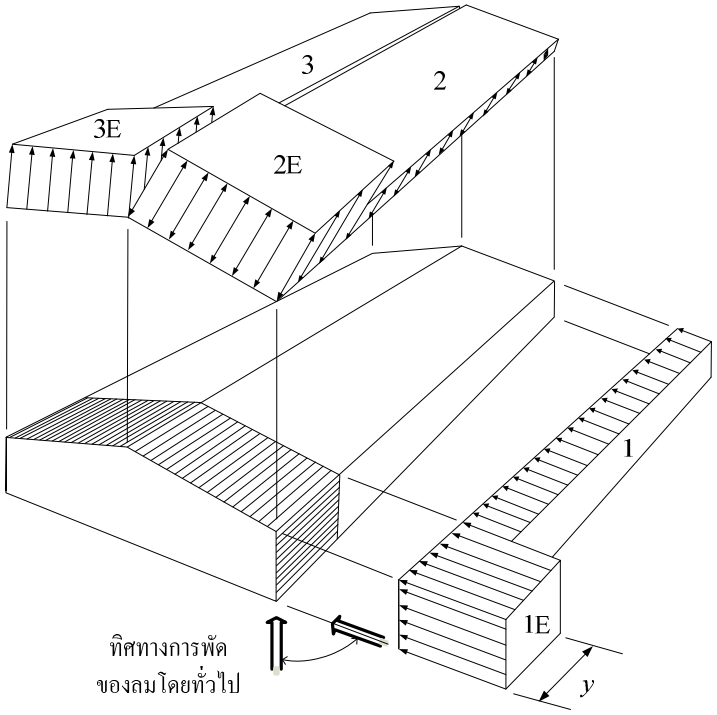
คำอธิบายประกอบการใช้ตารางที่ ค-1 ถึง ตารางที่ ค-4

1. ค่าหน่วยแรงลมที่แสดงในตารางที่ ค-1 ถึงตารางที่ ค-3 เป็นค่าหน่วยแรงลมลัพธ์ที่กระทบกับพื้นผิวของผนังและหลังคาของอาคาร สำหรับใช้ออกแบบโครงสร้างหลักของอาคารเตี้ยที่มีความลาดชันของหลังคาค่าต่างๆ โดยได้คำนึงถึงผลของความดันลมภายนอกอาคารและความดันลมภายในอาคารแล้ว
2. ค่าหน่วยแรงลมลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ ค-1 ถึงตารางที่ ค-3 เป็นหน่วยแรงลมที่กระทำกับพื้นผิวที่อยู่ในโซนต่างๆ ของอาคาร ตามที่กำหนดในรูปที่ ค.1 ข.1 และคำอธิบายประกอบรูป ข.1
3. ความแตกต่างของค่าหน่วยแรงลมที่แสดงในตารางที่ ค-1 ถึงตารางที่ ค-3 เป็นผลมาจากความแตกต่างของค่าหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมได้ดังนี้
   - ตารางที่ ค-1 ใช้สำหรับอาคารที่มีลักษณะของช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีที่ 1 ($C_{pi} = -0.15$ ถึง 0.0 และ $C_{gi} = 2$)
   - ตารางที่ ค-2 ใช้สำหรับอาคารที่มีลักษณะของช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีที่ 2 ($C_{pi} = -0.45$ ถึง 0.3 และ $C_{gi} = 2$)
   - ตารางที่ ค-3ก และ ค-3ข ใช้สำหรับอาคารที่มีลักษณะของช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีที่ 3 ($C_{pi} = -0.7$ ถึง 0.7 และ $C_{gi} = 2$)
4. การออกแบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลม หน่วยแรงลมภายในสำหรับแรงในแนวราบจะมีการหักล้างกัน เนื่องจากหน่วยแรงลมภายในอาคารด้านต้นลมและท้ายลมมีค่าเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นตารางในภาคผนวก ค ได้รวมแรงด้านต้นลมและท้ายลมมากระทำที่ผนังด้านต้นลม อย่างไรก็ตาม หน่วยแรงลมภายในมีผลสำหรับการออกแบบโครงสร้างหลังคา ตารางในภาคผนวก ค-1 และ ค-2 ใช้หน่วยแรงลมภายในเป็นบวกเป็นตัวควบคุม สำหรับหลังคาที่มีความชันน้อยกว่า 25 องศา แต่สำหรับหลังคาที่มีความชันมากกว่า 25 องศา ต้องตรวจสอบทั้งหน่วยแรงลมภายในเป็นลบ (หน่วยแรงลมที่กระทำในแบบที่ 1) และหน่วยแรงลมภายในเป็นบวก (หน่วยแรงลมที่กระทำในแบบที่ 2) เนื่องจากหน่วยแรงลมภายนอกที่กระทำที่หลังคาด้านต้นลมและท้ายลม มีค่าเป็นบวกและลบตามลำดับ ส่วนช่องเปิดในกรณีที่ 3 หน่วยแรงลมภายในมีค่ามาก ดังนั้น ตารางที่ ค-3ก เป็นผลมาจากการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายในอาคารที่เป็นค่าลบ ส่วนตารางที่ ค-3ข เป็นผลมาจากการคำนวณ

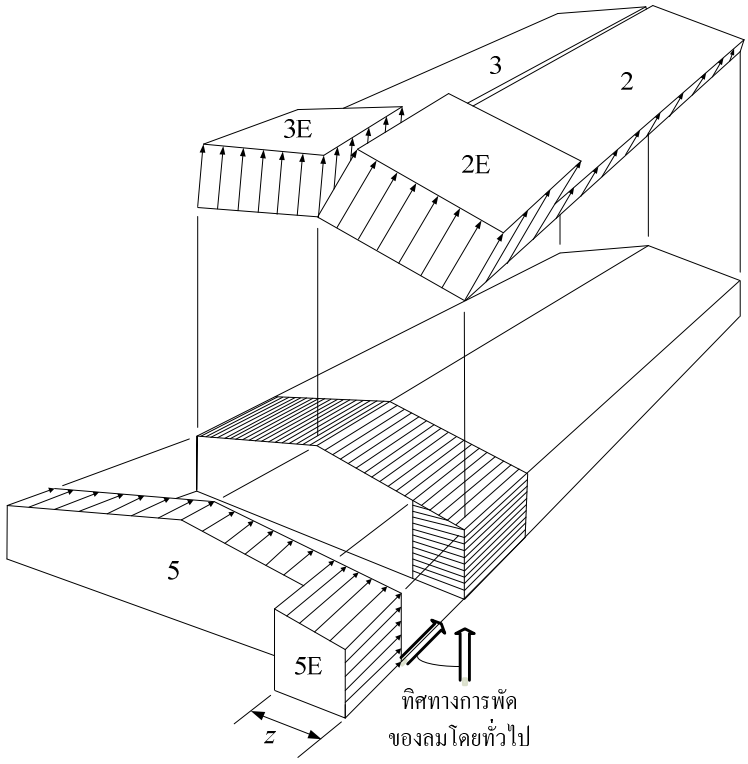
โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายในอาคารที่เป็นค่าบวก ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าหน่วยแรงลมที่แสดงในตารางที่ ค-3ก และ ตารางที่ ค-3ข รวมเป็น 4 แบบ ในขั้นตอนของการวิเคราะห์โครงสร้าง

5. ต้องใช้ค่าหน่วยแรงลมที่กระทำในทิศทางลมตั้งฉากกับสันหลังคา และทิศทางลมขนานกับสันหลังคา เพื่อให้ครอบคลุมผลกระทบที่เกิดจากทิศทางการปะทะของลม ในตารางที่ ค-1 และ ค-2 แรงแบบที่ 1 และ 2 เป็นแบบหน่วยแรงลมที่กระทำในทิศทางลมตั้งฉากกับสันหลังคา ส่วนแรงแบบที่ 3 เป็นแบบหน่วยแรงลมที่กระทำขนานกับสันหลังคา ในตารางที่ ค-3ก แรงแบบที่ 1 และ 3 เป็นแบบหน่วยแรงลมที่กระทำในทิศทางลมขนานกับสันหลังคา ส่วนแรงแบบที่ 2 และ 4 เป็นแบบหน่วยแรงลมที่กระทำในทิศทางลมตั้งฉากกับสันหลังคา

6. ค่าหน่วยแรงลมลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ ค-1 ถึงตารางที่ ค-3 ใช้สำหรับอาคารที่มีความสูง 10 เมตร ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A (เปิดโล่ง) และมีค่า $I_w = 1$ สำหรับอาคารที่มีความสูงเป็นค่าอื่นหรือตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B (ชานเมือง) ให้นำค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงในตารางที่ ค-4 มาคูณเพื่อปรับค่าหน่วยแรงลมให้สอดคล้องกับลักษณะของอาคารนั้นๆ



ก. ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา



ข. ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไปอยู่ในแนวขนานกับสันหลังคา

รูปที่ ค.1 แรงลมสถิตเทียบเท่า สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักของอาคารเตี้ย สำหรับประกอบการใช้ตารางที่ ค-1 ถึง ค-3 (ความกว้าง y และ z ดูจากรูปที่ ข.1)

ตารางที่ ค-1 ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบโครงสร้างหลัก สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 1 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร

(หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	1	507.8	-507.8	-273.4	-	761.7	-781.3	-390.6	-
	10		572.9	-507.8	-299.5	-	859.4	-781.3	-429.7	-
	15		638.0	-507.8	-325.5	-	957.0	-781.3	-468.8	-
	20		703.1	-507.8	-351.6	-	1054.7	-781.3	-507.8	-
	25		693.4	-175.8	-332.0	-	957.0	-175.8	-332.0	-
	30 ถึง 45	1	683.6	273.4	-195.3	-	859.4	312.5	-273.4	-
		2	683.6	156.3	-312.5	-	859.4	195.3	-390.6	-
	90	1	683.6	527.3	-156.3	-	859.4	625.0	-234.4	-
		2	683.6	410.2	-273.4	-	859.4	507.8	-351.6	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-507.8	-273.4	507.8	-	-781.3	-390.6	761.7
27.0	0 ถึง 5	1	592.3	-592.3	-318.9	-	888.5	-911.3	-455.6	-
	10		668.3	-592.3	-349.3	-	1002.4	-911.3	-501.2	-
	15		744.2	-592.3	-379.7	-	1116.3	-911.3	-546.8	-
	20		820.1	-592.3	-410.1	-	1230.2	-911.3	-592.3	-
	25		808.7	-205.0	-387.3	-	1116.3	-341.7	-524.0	-
	30 ถึง 45	1	797.3	318.9	-227.8	-	1002.4	364.5	-318.9	-
		2	797.3	182.3	-364.5	-	1002.4	227.8	-455.6	-
	90	1	797.3	615.1	-182.3	-	1002.4	729.0	-273.4	-
		2	797.3	478.4	-318.9	-	1002.4	592.3	-410.1	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-592.3	-318.9	592.3	0.0	-911.3	-455.6	888.5
29.0	0 ถึง 5	1	683.3	-683.3	-367.9	-	1025.0	-1051.3	-525.6	-
	10		770.9	-683.3	-403.0	-	1156.4	-1051.3	-578.2	-
	15		858.5	-683.3	-438.0	-	1287.8	-1051.3	-630.8	-
	20		946.1	-683.3	-473.1	-	1419.2	-1051.3	-683.3	-
	25		933.0	-236.5	-446.8	-	1287.8	-394.2	-604.5	-
	30 ถึง 45	1	919.8	367.9	-262.8	-	1156.4	420.5	-367.9	-
		2	919.8	210.3	-420.5	-	1156.4	262.8	-525.6	-
	90	1	919.8	709.6	-210.3	-	1156.4	841.0	-315.4	-
		2	919.8	551.9	-367.9	-	1156.4	683.3	-473.1	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-683.3	-367.9	683.3	-	-1051.3	-525.6	1025.0
30.0	0 ถึง 5	1	731.3	-731.3	-393.8	-	1096.9	-1125.0	-562.5	-
	10		825.0	-731.3	-431.3	-	1237.5	-1125.0	-618.8	-
	15		918.8	-731.3	-468.8	-	1378.1	-1125.0	-675.0	-
	20		1012.5	-731.3	-506.3	-	1518.8	-1125.0	-731.3	-
	25		998.4	-253.1	-478.1	-	1378.1	-421.9	-646.9	-
	30 ถึง 45	1	984.4	393.8	-281.3	-	1237.5	450.0	-393.8	-
		2	984.4	225.0	-450.0	-	1237.5	281.3	-562.5	-
	90	1	984.4	759.4	-225.0	-	1237.5	900.0	-337.5	-
		2	984.4	590.6	-393.8	-	1237.5	731.3	-506.3	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-731.3	-393.8	731.3	-	-1125.0	-562.5	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	1	51.8	-51.8	-27.9	-	77.7	-79.7	-39.8	-
	10	1	58.4	-51.8	-30.5	-	87.6	-79.7	-43.8	-
	15	1	65.1	-51.8	-33.2	-	97.6	-79.7	-47.8	-
	20	1	71.7	-51.8	-35.8	-	107.5	-79.7	-51.8	-
	25	1	70.7	-17.9	-33.9	-	97.6	-17.9	-33.9	-
	30 ถึง 45	1	69.7	27.9	-19.9	-	87.6	31.9	-27.9	-
		2	69.7	15.9	-31.9	-	87.6	19.9	-39.8	-
	90	1	69.7	53.8	-15.9	-	87.6	63.7	-23.9	-
		2	69.7	41.8	-27.9	-	87.6	51.8	-35.8	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-51.8	-27.9	51.8	-	-79.7	-39.8	77.7
27.0	0 ถึง 5	1	60.4	-60.4	-32.5	-	90.6	-92.9	-46.5	-
	10	1	68.1	-60.4	-35.6	-	102.2	-92.9	-51.1	-
	15	1	75.9	-60.4	-38.7	-	113.8	-92.9	-55.8	-
	20	1	83.6	-60.4	-41.8	-	125.4	-92.9	-60.4	-
	25	1	82.5	-20.9	-39.5	-	113.8	-34.8	-53.4	-
	30 ถึง 45	1	81.3	32.5	-23.2	-	102.2	37.2	-32.5	-
		2	81.3	18.6	-37.2	-	102.2	23.2	-46.5	-
	90	1	81.3	62.7	-18.6	-	102.2	74.3	-27.9	-
		2	81.3	48.8	-32.5	-	102.2	60.4	-41.8	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-60.4	-32.5	60.4	0.0	-92.9	-46.5	90.6
29.0	0 ถึง 5	1	69.7	-69.7	-37.5	-	104.5	-107.2	-53.6	-
	10	1	78.6	-69.7	-41.1	-	117.9	-107.2	-59.0	-
	15	1	87.5	-69.7	-44.7	-	131.3	-107.2	-64.3	-
	20	1	96.5	-69.7	-48.2	-	144.7	-107.2	-69.7	-
	25	1	95.1	-24.1	-45.6	-	131.3	-40.2	-61.6	-
	30 ถึง 45	1	93.8	37.5	-26.8	-	117.9	42.9	-37.5	-
		2	93.8	21.4	-42.9	-	117.9	26.8	-53.6	-
	90	1	93.8	72.4	-21.4	-	117.9	85.8	-32.2	-
		2	93.8	56.3	-37.5	-	117.9	69.7	-48.2	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-69.7	-37.5	69.7	-	-107.2	-53.6	104.5
30.0	0 ถึง 5	1	74.6	-74.6	-40.2	-	111.9	-114.7	-57.4	-
	10	1	84.1	-74.6	-44.0	-	126.2	-114.7	-63.1	-
	15	1	93.7	-74.6	-47.8	-	140.5	-114.7	-68.8	-
	20	1	103.2	-74.6	-51.6	-	154.9	-114.7	-74.6	-
	25	1	101.8	-25.8	-48.8	-	140.5	-43.0	-66.0	-
	30 ถึง 45	1	100.4	40.2	-28.7	-	126.2	45.9	-40.2	-
		2	100.4	22.9	-45.9	-	126.2	28.7	-57.4	-
	90	1	100.4	77.4	-22.9	-	126.2	91.8	-34.4	-
		2	100.4	60.2	-40.2	-	126.2	74.6	-51.6	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-74.6	-40.2	74.6	-	-114.7	-57.4	111.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-2 ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบโครงสร้างหลัก สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 2 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร

(หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	1	507.8	-742.2	-507.8	-	761.7	-1015.6	-625.0	-
	10		572.9	-742.2	-533.9	-	859.4	-1015.6	-664.1	-
	15		638.0	-742.2	-559.9	-	957.0	-1015.6	-703.1	-
	20		703.1	-742.2	-585.9	-	1054.7	-1015.6	-742.2	-
	25		693.4	-410.2	-566.4	-	957.0	58.6	-97.7	-
	30 ถึง 45	1	683.6	507.8	39.1	-	859.4	546.9	-39.1	-
		2	683.6	-78.1	-546.9	-	859.4	-39.1	-625.0	-
	90	1	683.6	761.7	78.1	-	859.4	859.4	0.0	-
		2	683.6	175.8	-507.8	-	859.4	273.4	-585.9	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-742.2	-507.8	507.8	-	-1015.6	-625.0	761.7
27.0	0 ถึง 5	1	592.3	-865.7	-592.3	-	888.5	-1184.6	-729.0	-
	10		668.3	-865.7	-622.7	-	1002.4	-1184.6	-774.6	-
	15		744.2	-865.7	-653.1	-	1116.3	-1184.6	-820.1	-
	20		820.1	-865.7	-683.4	-	1230.2	-1184.6	-865.7	-
	25		808.7	-478.4	-660.7	-	1116.3	-615.1	-797.3	-
	30 ถึง 45	1	797.3	592.3	45.6	-	1002.4	637.9	-45.6	-
		2	797.3	-91.1	-637.9	-	1002.4	-45.6	-729.0	-
	90	1	797.3	888.5	91.1	-	1002.4	1002.4	0.0	-
		2	797.3	205.0	-592.3	-	1002.4	318.9	-683.4	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-865.7	-592.3	592.3	0.0	-1184.6	-729.0	888.5
29.0	0 ถึง 5	1	683.3	-998.7	-683.3	-	1025.0	-1366.6	-841.0	-
	10		770.9	-998.7	-718.4	-	1156.4	-1366.6	-893.6	-
	15		858.5	-998.7	-753.4	-	1287.8	-1366.6	-946.1	-
	20		946.1	-998.7	-788.4	-	1419.2	-1366.6	-998.7	-
	25		933.0	-551.9	-762.2	-	1287.8	-709.6	-919.8	-
	30 ถึง 45	1	919.8	683.3	52.6	-	1156.4	735.9	-52.6	-
		2	919.8	-105.1	-735.9	-	1156.4	-52.6	-841.0	-
	90	1	919.8	1025.0	105.1	-	1156.4	1156.4	0.0	-
		2	919.8	236.5	-683.3	-	1156.4	367.9	-788.4	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-998.7	-683.3	683.3	-	-1366.6	-841.0	1025.0
30.0	0 ถึง 5	1	731.3	-1068.8	-731.3	-	1096.9	-1462.5	-900.0	-
	10		825.0	-1068.8	-768.8	-	1237.5	-1462.5	-956.3	-
	15		918.8	-1068.8	-806.3	-	1378.1	-1462.5	-1012.5	-
	20		1012.5	-1068.8	-843.8	-	1518.8	-1462.5	-1068.8	-
	25		998.4	-590.6	-815.6	-	1378.1	-759.4	-984.4	-
	30 ถึง 45	1	984.4	731.3	56.3	-	1237.5	787.5	-56.3	-
		2	984.4	-112.5	-787.5	-	1237.5	-56.3	-900.0	-
	90	1	984.4	1096.9	112.5	-	1237.5	1237.5	0.0	-
		2	984.4	253.1	-731.3	-	1237.5	393.8	-843.8	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-1068.8	-731.3	731.3	-	-1462.5	-900.0	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	1	51.8	-75.7	-51.8	-	77.7	-103.6	-63.7	-
	10		58.4	-75.7	-54.4	-	87.6	-103.6	-67.7	-
	15		65.1	-75.7	-57.1	-	97.6	-103.6	-71.7	-
	20		71.7	-75.7	-59.7	-	107.5	-103.6	-75.7	-
	25		70.7	-41.8	-57.8	-	97.6	6.0	-10.0	-
	30 ถึง 45	1	69.7	51.8	4.0	-	87.6	55.8	-4.0	-
		2	69.7	-8.0	-55.8	-	87.6	-4.0	-63.7	-
	90	1	69.7	77.7	8.0	-	87.6	87.6	0.0	-
		2	69.7	17.9	-51.8	-	87.6	27.9	-59.7	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-75.7	-51.8	51.8	-	-103.6	-63.7	77.7
27.0	0 ถึง 5	1	60.4	-88.3	-60.4	-	90.6	-120.8	-74.3	-
	10		68.1	-88.3	-63.5	-	102.2	-120.8	-79.0	-
	15		75.9	-88.3	-66.6	-	113.8	-120.8	-83.6	-
	20		83.6	-88.3	-69.7	-	125.4	-120.8	-88.3	-
	25		82.5	-48.8	-67.4	-	113.8	-62.7	-81.3	-
	30 ถึง 45	1	81.3	60.4	4.6	-	102.2	65.0	-4.6	-
		2	81.3	-9.3	-65.0	-	102.2	-4.6	-74.3	-
	90	1	81.3	90.6	9.3	-	102.2	102.2	0.0	-
		2	81.3	20.9	-60.4	-	102.2	32.5	-69.7	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-88.3	-60.4	60.4	0.0	-120.8	-74.3	90.6
29.0	0 ถึง 5	1	69.7	-101.8	-69.7	-	104.5	-139.4	-85.8	-
	10		78.6	-101.8	-73.3	-	117.9	-139.4	-91.1	-
	15		87.5	-101.8	-76.8	-	131.3	-139.4	-96.5	-
	20		96.5	-101.8	-80.4	-	144.7	-139.4	-101.8	-
	25		95.1	-56.3	-77.7	-	131.3	-72.4	-93.8	-
	30 ถึง 45	1	93.8	69.7	5.4	-	117.9	75.0	-5.4	-
		2	93.8	-10.7	-75.0	-	117.9	-5.4	-85.8	-
	90	1	93.8	104.5	10.7	-	117.9	117.9	0.0	-
		2	93.8	24.1	-69.7	-	117.9	37.5	-80.4	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-101.8	-69.7	69.7	-	-139.4	-85.8	104.5
30.0	0 ถึง 5	1	74.6	-109.0	-74.6	-	111.9	-149.1	-91.8	-
	10		84.1	-109.0	-78.4	-	126.2	-149.1	-97.5	-
	15		93.7	-109.0	-82.2	-	140.5	-149.1	-103.2	-
	20		103.2	-109.0	-86.0	-	154.9	-149.1	-109.0	-
	25		101.8	-60.2	-83.2	-	140.5	-77.4	-100.4	-
	30 ถึง 45	1	100.4	74.6	5.7	-	126.2	80.3	-5.7	-
		2	100.4	-11.5	-80.3	-	126.2	-5.7	-91.8	-
	90	1	100.4	111.9	11.5	-	126.2	126.2	0.0	-
		2	100.4	25.8	-74.6	-	126.2	40.2	-86.0	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-109.0	-74.6	74.6	-	-149.1	-91.8	111.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-3ก ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบโครงสร้างหลัก สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 3 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร – กรณีแรงลมภายในเป็นค่าลบ

(หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าลบ)							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	1	507.8	39.1	273.4	-	761.7	-234.4	156.3	-
	10		572.9	39.1	247.4	-	859.4	-234.4	117.2	-
	15		638.0	39.1	221.4	-	957.0	-234.4	78.1	-
	20		703.1	39.1	195.3	-	1054.7	-234.4	39.1	-
	25		693.4	371.1	214.8	-	957.0	253.9	97.7	-
	30 ถึง 45		683.6	703.1	234.4	-	859.4	742.2	156.3	-
	90		683.6	957.0	273.4	-	859.4	1054.7	195.3	-
	ความชันทุกค่า	2	-	39.1	273.4	507.8	-	-234.4	156.3	761.7
27.0	0 ถึง 5	1	592.3	45.6	318.9	-	888.5	-273.4	182.3	-
	10		668.3	45.6	288.6	-	1002.4	-273.4	136.7	-
	15		744.2	45.6	258.2	-	1116.3	-273.4	91.1	-
	20		820.1	45.6	227.8	-	1230.2	-273.4	45.6	-
	25		808.7	432.8	250.6	-	1116.3	296.2	113.9	-
	30 ถึง 45		797.3	820.1	273.4	-	1002.4	865.7	182.3	-
	90		797.3	1116.3	318.9	-	1002.4	1230.2	227.8	-
	ความชันทุกค่า	2	-	45.6	318.9	592.3	0.0	-273.4	182.3	888.5
29.0	0 ถึง 5	1	683.3	52.6	367.9	-	1025.0	-315.4	210.3	-
	10		770.9	52.6	332.9	-	1156.4	-315.4	157.7	-
	15		858.5	52.6	297.9	-	1287.8	-315.4	105.1	-
	20		946.1	52.6	262.8	-	1419.2	-315.4	52.6	-
	25		933.0	499.3	289.1	-	1287.8	341.7	131.4	-
	30 ถึง 45		919.8	946.1	315.4	-	1156.4	998.7	210.3	-
	90		919.8	1287.8	367.9	-	1156.4	1419.2	262.8	-
	ความชันทุกค่า	2	-	52.6	367.9	683.3	-	-315.4	210.3	1025.0
30.0	0 ถึง 5	1	731.3	56.2	393.8	-	1096.9	-337.5	225.0	-
	10		825.0	56.2	356.3	-	1237.5	-337.5	168.8	-
	15		918.8	56.2	318.8	-	1378.1	-337.5	112.5	-
	20		1012.5	56.2	281.3	-	1518.8	-337.5	56.2	-
	25		998.4	534.4	309.4	-	1378.1	365.6	140.6	-
	30 ถึง 45		984.4	1012.5	337.5	-	1237.5	1068.8	225.0	-
	90		984.4	1378.1	393.8	-	1237.5	1518.8	281.3	-
	ความชันทุกค่า	2	-	56.2	393.8	731.3	-	-337.5	225.0	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-3ก (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าลบ)							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	1	51.8	4.0	27.9	-	77.7	-23.9	15.9	-
	10		58.4	4.0	25.2	-	87.6	-23.9	11.9	-
	15		65.1	4.0	22.6	-	97.6	-23.9	8.0	-
	20		71.7	4.0	19.9	-	107.5	-23.9	4.0	-
	25		70.7	37.8	21.9	-	97.6	25.9	10.0	-
	30 ถึง 45		69.7	71.7	23.9	-	87.6	75.7	15.9	-
	90		69.7	97.6	27.9	-	87.6	107.5	19.9	-
	ความชันทุกค่า	2	-	4.0	27.9	51.8	-	-23.9	15.9	77.7
27.0	0 to 5	1	60.4	4.6	32.5	-	90.6	-27.9	18.6	-
	10		68.1	4.6	29.4	-	102.2	-27.9	13.9	-
	15		75.9	4.6	26.3	-	113.8	-27.9	9.3	-
	20		83.6	4.6	23.2	-	125.4	-27.9	4.6	-
	25		82.5	44.1	25.6	-	113.8	30.2	11.6	-
	30 ถึง 45		81.3	83.6	27.9	-	102.2	88.3	18.6	-
	90		81.3	113.8	32.5	-	102.2	125.4	23.2	-
	ความชันทุกค่า	2	-	4.6	32.5	60.4	0.0	-27.9	18.6	90.6
29.0	0 to 5	1	69.7	5.4	37.5	-	104.5	-32.2	21.4	-
	10		78.6	5.4	33.9	-	117.9	-32.2	16.1	-
	15		87.5	5.4	30.4	-	131.3	-32.2	10.7	-
	20		96.5	5.4	26.8	-	144.7	-32.2	5.4	-
	25		95.1	50.9	29.5	-	131.3	34.8	13.4	-
	30 ถึง 45		93.8	96.5	32.2	-	117.9	101.8	21.4	-
	90		93.8	131.3	37.5	-	117.9	144.7	26.8	-
	ความชันทุกค่า	2	-	5.4	37.5	69.7	-	-32.2	21.4	104.5
30.0	0 to 5	1	74.6	5.7	40.2	-	111.9	-34.4	22.9	-
	10		84.1	5.7	36.3	-	126.2	-34.4	17.2	-
	15		93.7	5.7	32.5	-	140.5	-34.4	11.5	-
	20		103.2	5.7	28.7	-	154.9	-34.4	5.7	-
	25		101.8	54.5	31.5	-	140.5	37.3	14.3	-
	30 ถึง 45		100.4	103.2	34.4	-	126.2	109.0	22.9	-
	90		100.4	140.5	40.2	-	126.2	154.9	28.7	-
	ความชันทุกค่า	2	-	5.7	40.2	74.6	-	-34.4	22.9	111.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-3ข ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบโครงสร้างหลัก สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 3 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร – กรณีแรงลมภายในเป็นค่าบวก

(หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าบวก)							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	3	507.8	-1054.7	-820.3	-	761.7	-1328.1	-937.5	-
	10		572.9	-1054.7	-846.4	-	859.4	-1328.1	-976.6	-
	15		638.0	-1054.7	-872.4	-	957.0	-1328.1	-1015.6	-
	20		703.1	-1054.7	-898.4	-	1054.7	-1328.1	-1054.7	-
	25		693.4	-722.7	-878.9	-	957.0	-839.8	-996.1	-
	30 ถึง 45		683.6	-390.6	-859.4	-	859.4	-351.6	-937.5	-
	90		683.6	-136.7	-820.3	-	859.4	-39.1	-898.4	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1054.7	-820.3	507.8	-	-1328.1	-937.5	761.7
27.0	0 to 5	3	592.3	-1230.2	-956.8	-	888.5	-1549.1	-1093.5	-
	10		668.3	-1230.2	-987.2	-	1002.4	-1549.1	-1139.1	-
	15		744.2	-1230.2	-1017.6	-	1116.3	-1549.1	-1184.6	-
	20		820.1	-1230.2	-1047.9	-	1230.2	-1549.1	-1230.2	-
	25		808.7	-842.9	-1025.2	-	1116.3	-979.6	-1161.8	-
	30 ถึง 45		797.3	-455.6	-1002.4	-	1002.4	-410.1	-1093.5	-
	90		797.3	-159.5	-956.8	-	1002.4	-45.6	-1047.9	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1230.2	-956.8	592.3	0.0	-1549.1	-1093.5	888.5
29.0	0 to 5	3	683.3	-1419.2	-1103.8	-	1025.0	-1787.1	-1261.5	-
	10		770.9	-1419.2	-1138.9	-	1156.4	-1787.1	-1314.1	-
	15		858.5	-1419.2	-1173.9	-	1287.8	-1787.1	-1366.6	-
	20		946.1	-1419.2	-1208.9	-	1419.2	-1787.1	-1419.2	-
	25		933.0	-972.4	-1182.7	-	1287.8	-1130.1	-1340.3	-
	30 ถึง 45		919.8	-525.6	-1156.4	-	1156.4	-473.1	-1261.5	-
	90		919.8	-184.0	-1103.8	-	1156.4	-52.6	-1208.9	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1419.2	-1103.8	683.3	-	-1787.1	-1261.5	1025.0
30.0	0 to 5	3	731.3	-1518.8	-1181.3	-	1096.9	-1912.5	-1350.0	-
	10		825.0	-1518.8	-1218.8	-	1237.5	-1912.5	-1406.3	-
	15		918.8	-1518.8	-1256.3	-	1378.1	-1912.5	-1462.5	-
	20		1012.5	-1518.8	-1293.8	-	1518.8	-1912.5	-1518.8	-
	25		998.4	-1040.6	-1265.6	-	1378.1	-1209.4	-1434.4	-
	30 ถึง 45		984.4	-562.5	-1237.5	-	1237.5	-506.3	-1350.0	-
	90		984.4	-196.9	-1181.3	-	1237.5	-56.2	-1293.8	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1518.8	-1181.3	731.3	-	-1912.5	-1350.0	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-3ข (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ความเร็วลมอ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชันหลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าบวก)							
			บริเวณกลางผนังและหลังคา				บริเวณขอบผนังและหลังคา			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 ถึง 5	3	51.8	-107.5	-83.6	-	77.7	-135.4	-95.6	-
	10		58.4	-107.5	-86.3	-	87.6	-135.4	-99.6	-
	15		65.1	-107.5	-89.0	-	97.6	-135.4	-103.6	-
	20		71.7	-107.5	-91.6	-	107.5	-135.4	-107.5	-
	25		70.7	-73.7	-89.6	-	97.6	-85.6	-101.6	-
	30 ถึง 45		69.7	-39.8	-87.6	-	87.6	-35.8	-95.6	-
	90		69.7	-13.9	-83.6	-	87.6	-4.0	-91.6	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-107.5	-83.6	51.8	-	-135.4	-95.6	77.7
27.0	0 to 5	3	60.4	-125.4	-97.6	-	90.6	-158.0	-111.5	-
	10		68.1	-125.4	-100.7	-	102.2	-158.0	-116.2	-
	15		75.9	-125.4	-103.8	-	113.8	-158.0	-120.8	-
	20		83.6	-125.4	-106.9	-	125.4	-158.0	-125.4	-
	25		82.5	-86.0	-104.5	-	113.8	-99.9	-118.5	-
	30 ถึง 45		81.3	-46.5	-102.2	-	102.2	-41.8	-111.5	-
	90		81.3	-16.3	-97.6	-	102.2	-4.6	-106.9	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-125.4	-97.6	60.4	0.0	-158.0	-111.5	90.6
29.0	0 to 5	3	69.7	-144.7	-112.6	-	104.5	-182.2	-128.6	-
	10		78.6	-144.7	-116.1	-	117.9	-182.2	-134.0	-
	15		87.5	-144.7	-119.7	-	131.3	-182.2	-139.4	-
	20		96.5	-144.7	-123.3	-	144.7	-182.2	-144.7	-
	25		95.1	-99.2	-120.6	-	131.3	-115.2	-136.7	-
	30 ถึง 45		93.8	-53.6	-117.9	-	117.9	-48.2	-128.6	-
	90		93.8	-18.8	-112.6	-	117.9	-5.4	-123.3	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-144.7	-112.6	69.7	-	-182.2	-128.6	104.5
30.0	0 to 5	3	74.6	-154.9	-120.5	-	111.9	-195.0	-137.7	-
	10		84.1	-154.9	-124.3	-	126.2	-195.0	-143.4	-
	15		93.7	-154.9	-128.1	-	140.5	-195.0	-149.1	-
	20		103.2	-154.9	-131.9	-	154.9	-195.0	-154.9	-
	25		101.8	-106.1	-129.1	-	140.5	-123.3	-146.3	-
	30 ถึง 45		100.4	-57.4	-126.2	-	126.2	-51.6	-137.7	-
	90		100.4	-20.1	-120.5	-	126.2	-5.7	-131.9	-
	ความชันทุกค่า	4	0.0	-154.9	-120.5	74.6	-	-195.0	-137.7	111.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่บริเวณขอบผนัง จากรูป ข.1)

ตารางที่ ค-4 ค่าปรับแก้สำหรับอาคารที่มีความสูงต่างๆ และอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน

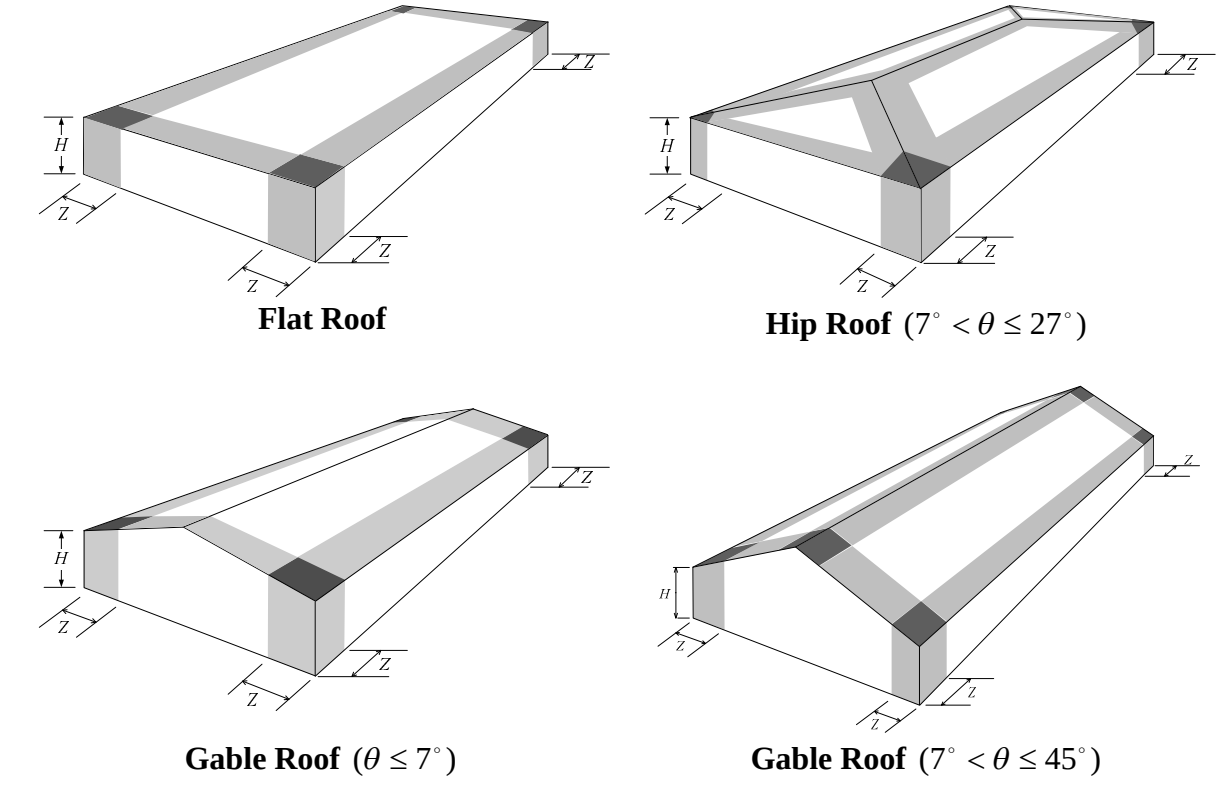
ความสูงของอาคาร, h (เมตร)	สภาพภูมิประเทศ	
	แบบ A	แบบ B
4	0.90	0.70
6	0.90	0.70
8	0.96	0.70
10	1.00	0.70
12	1.04	0.70
14	1.07	0.73
16	1.10	0.76
18	1.12	0.79
20	1.15	0.82
23	1.18	0.85

ค.2 แรงลมออกแบบสำหรับโครงสร้างรองของอาคารเตี้ย

คำอธิบายประกอบการใช้ตารางที่ ค-5 ถึง ตารางที่ ค-7

7. ค่าหน่วยแรงลมที่แสดงในตารางที่ ค-5 ถึงตารางที่ ค-7 เป็นค่าหน่วยแรงลมลัพธ์ที่กระทำกับพื้นผิวของกำแพงและหลังคาของอาคาร สำหรับใช้ออกแบบผนังและหลังคา ตลอดจนระบบโครงสร้างรองของอาคารเตี้ยที่มีความลาดชันของหลังคาค่าต่างๆ โดยได้คำนึงถึงผลของความดันลมภายนอกอาคารและความดันลมภายในอาคารแล้ว
8. ความแตกต่างของค่าหน่วยแรงลมที่แสดงในตารางที่ ค-5 ถึงตารางที่ ค-7 เป็นผลมาจากความแตกต่างของค่าหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมได้ดังนี้
   - ตารางที่ ค-5 ใช้สำหรับอาคารที่มีลักษณะของช่องเปิด เป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีที่ 1 ($C_{pi} = -0.15$ ถึง 0.0 และ $C_{gi} = 2$)
   - ตารางที่ ค-6 ใช้สำหรับอาคารที่มีลักษณะของช่องเปิด เป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีที่ 2 ($C_{pi} = -0.45$ ถึง 0.3 และ $C_{gi} = 2$)
   - ตารางที่ ค-7 ใช้สำหรับอาคารที่มีลักษณะของช่องเปิด เป็นไปตามข้อกำหนดของกรณีที่ 3 ($C_{pi} = -0.7$ ถึง 0.7 และ $C_{gi} = 2$)

9. ให้เลือกใช้ค่าหน่วยแรงลมที่เหมาะสมกับ ขนาดของพื้นที่รับลมสำหรับองค์อาคารที่ต้องการออกแบบ (effective area) ในกรณีที่ค่าขนาดของพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ต้องการออกแบบไม่ตรงกับค่าที่กำหนดไว้ในตาราง ให้เลือกใช้ค่าหน่วยแรงลมสำหรับขนาดของพื้นที่รับลมที่เล็กกว่า
10. ค่าหน่วยแรงลมที่เป็นค่าบวก แสดงถึงแรงกระทำที่พุ่งเข้าและตั้งฉากกับพื้นผิว ส่วนค่าหน่วยแรงลมที่เป็นค่าลบแสดงถึงแรงกระทำที่พุ่งออกและตั้งฉากกับพื้นผิว
11. ค่าหน่วยแรงลมลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ ค-5 ถึงตารางที่ ค-7 เป็นหน่วยแรงลมที่กระทำกับพื้นผิวที่อยู่ในโซนต่างๆ ของอาคาร ตามที่กำหนดในรูปที่ ค.1 (สอดคล้องกับรูป ข.2, ข.3 และ ข.5) โดยที่ความกว้าง "z" มีค่าเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 10% ของด้านที่แคบที่สุดและ 40% ของความสูง H ทั้งนี้ค่า "z" ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 4% ของด้านที่แคบที่สุดและไม่น้อยกว่า 1 เมตร
12. ค่าหน่วยแรงลมลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ ค-5 ถึงตารางที่ ค-7 ใช้สำหรับอาคารที่มีความสูง 10 เมตร ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A (เปิดโล่ง) และมีค่า $I_W = 1$ สำหรับอาคารที่มีความสูงเป็นค่าอื่นหรือตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B ให้นำค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงในตารางที่ ค-4 มาคูณเพื่อปรับค่าหน่วยแรงลมให้สอดคล้องกับลักษณะของอาคารนั้นๆ



รูปที่ ค.2 ลักษณะของอาคารและหลังคาสำหรับประกอบการใช้ตารางที่ ค-5 ถึงตารางที่ ค-7

ตารางที่ ค-5 ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบผนังภายนอกอาคารและหลังคา สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 1 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร

(หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	พื้นที่รับลม ($ม^2$)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	312.5	-722.7	364.5	-842.9	420.5	-972.4	450.0	-1040.6
		2	296.9	-671.9	346.3	-783.7	399.5	-904.1	427.5	-967.5
		5	253.9	-617.2	296.2	-719.9	341.7	-830.5	365.6	-888.8
		10	234.4	-585.9	273.4	-683.4	315.4	-788.4	337.5	-843.8
	2 (บริเวณขอบ)	1	312.5	-976.6	364.5	-1139.1	420.5	-1314.1	450.0	-1406.3
		2	296.9	-976.6	346.3	-1139.1	399.5	-1314.1	427.5	-1406.3
		5	253.9	-976.6	296.2	-1139.1	341.7	-1314.1	365.6	-1406.3
		10	234.4	-781.3	273.4	-911.3	315.4	-1051.3	337.5	-1125.0
	3 (บริเวณมุม)	1	312.5	-2109.4	364.5	-2460.4	420.5	-2838.4	450.0	-3037.5
		2	296.9	-1679.7	346.3	-1959.2	399.5	-2260.2	427.5	-2418.8
		5	253.9	-1191.4	296.2	-1389.7	341.7	-1603.2	365.6	-1715.6
		10	234.4	-781.3	273.4	-911.3	315.4	-1051.3	337.5	-1125.0
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	429.7	-976.6	501.2	-1139.1	578.2	-1314.1	618.8	-1406.3
		2	410.2	-918.0	478.4	-1070.7	551.9	-1235.2	590.6	-1321.9
		5	351.6	-859.4	410.1	-1002.4	473.1	-1156.4	506.3	-1237.5
		10	312.5	-820.3	364.5	-956.8	420.5	-1103.8	450.0	-1181.3
	2 (บริเวณขอบ)	1	429.7	-1621.1	501.2	-1890.8	578.2	-2181.3	618.8	-2334.4
		2	410.2	-1464.8	478.4	-1708.6	551.9	-1971.1	590.6	-2109.4
		5	351.6	-1210.9	410.1	-1412.4	473.1	-1629.4	506.3	-1743.8
		10	312.5	-1035.2	364.5	-1207.4	420.5	-1392.9	450.0	-1490.6
	3 (บริเวณมุม)	1	429.7	-1953.1	501.2	-2278.1	578.2	-2628.1	618.8	-2812.5
		2	410.2	-1855.5	478.4	-2164.2	551.9	-2496.7	590.6	-2671.9
		5	351.6	-1699.2	410.1	-1982.0	473.1	-2286.5	506.3	-2446.9
		10	312.5	-1562.5	364.5	-1822.5	420.5	-2102.5	450.0	-2250.0
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศาแต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	742.2	-703.1	865.7	-820.1	998.7	-946.1	1068.8	-1012.5
		2	722.7	-683.6	842.9	-797.3	972.4	-919.8	1040.6	-984.4
		5	703.1	-644.5	820.1	-751.8	946.1	-867.3	1012.5	-928.1
		10	683.6	-605.5	797.3	-706.2	919.8	-814.7	984.4	-871.9
	2 (บริเวณขอบ)	1	742.2	-820.3	865.7	-956.8	998.7	-1103.8	1068.8	-1181.3
		2	722.7	-781.3	842.9	-911.3	972.4	-1051.3	1040.6	-1125.0
		5	703.1	-761.7	820.1	-888.5	946.1	-1025.0	1012.5	-1096.9
		10	683.6	-742.2	797.3	-865.7	919.8	-998.7	984.4	-1068.8
	3 (บริเวณมุม)	1	742.2	-820.3	865.7	-956.8	998.7	-1103.8	1068.8	-1181.3
		2	722.7	-781.3	842.9	-911.3	972.4	-1051.3	1040.6	-1125.0
		5	703.1	-761.7	820.1	-888.5	946.1	-1025.0	1012.5	-1096.9
		10	683.6	-742.2	797.3	-865.7	919.8	-998.7	984.4	-1068.8
กำแพง	4 (บริเวณกลาง)	1	800.8	-703.1	934.0	-820.1	1077.5	-946.1	1153.1	-1012.5
		2	765.6	-691.4	893.0	-806.5	1030.2	-930.4	1102.5	-995.6
		5	730.5	-652.3	852.0	-760.9	982.9	-877.8	1051.9	-939.4
		10	703.1	-636.7	820.1	-742.7	946.1	-856.8	1012.5	-916.9
		20	664.1	-609.4	774.6	-710.8	893.6	-820.0	956.3	-877.5
		50	632.8	-585.9	738.1	-683.4	851.5	-788.4	911.3	-843.8
	5 (บริเวณขอบ)	1	800.8	-820.3	934.0	-956.8	1077.5	-1103.8	1153.1	-1181.3
		2	765.6	-781.3	893.0	-911.3	1030.2	-1051.3	1102.5	-1125.0
		5	730.5	-718.8	852.0	-838.4	982.9	-967.2	1051.9	-1035.0
		10	664.1	-636.7	774.6	-742.7	893.6	-856.8	956.3	-916.9
		20	664.1	-636.7	774.6	-742.7	893.6	-856.8	956.3	-916.9
		50	632.8	-585.9	738.1	-683.4	851.5	-788.4	911.3	-843.8

ตารางที่ ค-5 (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	พื้นที่รับลม ($ม^2$)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	31.9	-73.7	37.2	-86.0	42.9	-99.2	45.9	-106.1
		2	30.3	-68.5	35.3	-79.9	40.7	-92.2	43.6	-98.7
		5	25.9	-62.9	30.2	-73.4	34.8	-84.7	37.3	-90.6
		10	23.9	-59.8	27.9	-69.7	32.2	-80.4	34.4	-86.0
	2 (บริเวณขอบ)	1	31.9	-99.6	37.2	-116.2	42.9	-134.0	45.9	-143.4
		2	30.3	-99.6	35.3	-116.2	40.7	-134.0	43.6	-143.4
		5	25.9	-99.6	30.2	-116.2	34.8	-134.0	37.3	-143.4
		10	23.9	-79.7	27.9	-92.9	32.2	-107.2	34.4	-114.7
	3 (บริเวณมุม)	1	31.9	-215.1	37.2	-250.9	42.9	-289.5	45.9	-309.8
		2	30.3	-171.3	35.3	-199.8	40.7	-230.5	43.6	-246.7
		5	25.9	-121.5	30.2	-141.7	34.8	-163.5	37.3	-175.0
		10	23.9	-79.7	27.9	-92.9	32.2	-107.2	34.4	-114.7
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	43.8	-99.6	51.1	-116.2	59.0	-134.0	63.1	-143.4
		2	41.8	-93.6	48.8	-109.2	56.3	-126.0	60.2	-134.8
		5	35.9	-87.6	41.8	-102.2	48.2	-117.9	51.6	-126.2
		10	31.9	-83.7	37.2	-97.6	42.9	-112.6	45.9	-120.5
	2 (บริเวณขอบ)	1	43.8	-165.3	51.1	-192.8	59.0	-222.4	63.1	-238.1
		2	41.8	-149.4	48.8	-174.2	56.3	-201.0	60.2	-215.1
		5	35.9	-123.5	41.8	-144.0	48.2	-166.2	51.6	-177.8
		10	31.9	-105.6	37.2	-123.1	42.9	-142.0	45.9	-152.0
	3 (บริเวณมุม)	1	43.8	-199.2	51.1	-232.3	59.0	-268.0	63.1	-286.8
		2	41.8	-189.2	48.8	-220.7	56.3	-254.6	60.2	-272.5
		5	35.9	-173.3	41.8	-202.1	48.2	-233.2	51.6	-249.5
		10	31.9	-159.3	37.2	-185.9	42.9	-214.4	45.9	-229.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศาแต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	75.7	-71.7	88.3	-83.6	101.8	-96.5	109.0	-103.3
		2	73.7	-69.7	86.0	-81.3	99.2	-93.8	106.1	-100.4
		5	71.7	-65.7	83.6	-76.7	96.5	-88.4	103.3	-94.6
		10	69.7	-61.7	81.3	-72.0	93.8	-83.1	100.4	-88.9
	2 (บริเวณขอบ)	1	75.7	-83.7	88.3	-97.6	101.8	-112.6	109.0	-120.5
		2	73.7	-79.7	86.0	-92.9	99.2	-107.2	106.1	-114.7
		5	71.7	-77.7	83.6	-90.6	96.5	-104.5	103.3	-111.9
		10	69.7	-75.7	81.3	-88.3	93.8	-101.8	100.4	-109.0
	3 (บริเวณมุม)	1	75.7	-83.7	88.3	-97.6	101.8	-112.6	109.0	-120.5
		2	73.7	-79.7	86.0	-92.9	99.2	-107.2	106.1	-114.7
		5	71.7	-77.7	83.6	-90.6	96.5	-104.5	103.3	-111.9
		10	69.7	-75.7	81.3	-88.3	93.8	-101.8	100.4	-109.0
กำแพง	4 (บริเวณกลาง)	1	81.7	-71.7	95.3	-83.6	109.9	-96.5	117.6	-103.3
		2	78.1	-70.5	91.1	-82.2	105.1	-94.9	112.4	-101.5
		5	74.5	-66.5	86.9	-77.6	100.2	-89.5	107.3	-95.8
		10	71.7	-64.9	83.6	-75.7	96.5	-87.4	103.3	-93.5
		20	67.7	-62.1	79.0	-72.5	91.1	-83.6	97.5	-89.5
		50	64.5	-59.8	75.3	-69.7	86.8	-80.4	92.9	-86.0
	5 (บริเวณขอบ)	1	81.7	-83.7	95.3	-97.6	109.9	-112.6	117.6	-120.5
		2	78.1	-79.7	91.1	-92.9	105.1	-107.2	112.4	-114.7
		5	74.5	-73.3	86.9	-85.5	100.2	-98.6	107.3	-105.5
		10	67.7	-64.9	79.0	-75.7	91.1	-87.4	97.5	-93.5
		20	67.7	-64.9	79.0	-75.7	91.1	-87.4	97.5	-93.5
		50	64.5	-59.8	75.3	-69.7	86.8	-80.4	92.9	-86.0

ตารางที่ ค-6 ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบผนังภายนอกอาคารและหลังคา สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 2 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร

(มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	พื้นที่รับลม ($ม^2$)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	546.9	-957.0	637.9	-1116.3	735.9	-1287.8	787.5	-1378.1
		2	531.3	-906.3	619.7	-1057.1	714.9	-1219.5	765.0	-1305.0
		5	488.3	-851.6	569.5	-993.3	657.0	-1145.9	703.1	-1226.3
		10	468.8	-820.3	546.8	-956.8	630.8	-1103.8	675.0	-1181.3
	2 (บริเวณขอบ)	1	546.9	-1210.9	637.9	-1412.4	735.9	-1629.4	787.5	-1743.8
		2	531.3	-1210.9	619.7	-1412.4	714.9	-1629.4	765.0	-1743.8
		5	488.3	-1210.9	569.5	-1412.4	657.0	-1629.4	703.1	-1743.8
		10	468.8	-1015.6	546.8	-1184.6	630.8	-1366.6	675.0	-1462.5
	3 (บริเวณมุม)	1	546.9	-2343.8	637.9	-2733.8	735.9	-3153.8	787.5	-3375.0
		2	531.3	-1914.1	619.7	-2232.6	714.9	-2575.6	765.0	-2756.3
		5	488.3	-1425.8	569.5	-1663.0	657.0	-1918.5	703.1	-2053.1
		10	468.8	-1015.6	546.8	-1184.6	630.8	-1366.6	675.0	-1462.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	664.1	-1210.9	774.6	-1412.4	893.6	-1629.4	956.3	-1743.8
		2	644.5	-1152.3	751.8	-1344.1	867.3	-1550.6	928.1	-1659.4
		5	585.9	-1093.8	683.4	-1275.8	788.4	-1471.8	843.8	-1575.0
		10	546.9	-1054.7	637.9	-1230.2	735.9	-1419.2	787.5	-1518.8
	2 (บริเวณขอบ)	1	664.1	-1855.5	774.6	-2164.2	893.6	-2496.7	956.3	-2671.9
		2	644.5	-1699.2	751.8	-1982.0	867.3	-2286.5	928.1	-2446.9
		5	585.9	-1445.3	683.4	-1685.8	788.4	-1944.8	843.8	-2081.3
		10	546.9	-1269.5	637.9	-1480.8	735.9	-1708.3	787.5	-1828.1
	3 (บริเวณมุม)	1	664.1	-2187.5	774.6	-2551.5	893.6	-2943.5	956.3	-3150.0
		2	644.5	-2089.8	751.8	-2437.6	867.3	-2812.1	928.1	-3009.4
		5	585.9	-1933.6	683.4	-2255.3	788.4	-2601.8	843.8	-2784.4
		10	546.9	-1796.9	637.9	-2095.9	735.9	-2417.9	787.5	-2587.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศาแต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	976.6	-937.5	1139.1	-1093.5	1314.1	-1261.5	1406.3	-1350.0
		2	957.0	-918.0	1116.3	-1070.7	1287.8	-1235.2	1378.1	-1321.9
		5	937.5	-878.9	1093.5	-1025.2	1261.5	-1182.7	1350.0	-1265.6
		10	918.0	-839.8	1070.7	-979.6	1235.2	-1130.1	1321.9	-1209.4
	2 (บริเวณขอบ)	1	976.6	-1054.7	1139.1	-1230.2	1314.1	-1419.2	1406.3	-1518.8
		2	957.0	-1015.6	1116.3	-1184.6	1287.8	-1366.6	1378.1	-1462.5
		5	937.5	-996.1	1093.5	-1161.8	1261.5	-1340.3	1350.0	-1434.4
		10	918.0	-976.6	1070.7	-1139.1	1235.2	-1314.1	1321.9	-1406.3
	3 (บริเวณมุม)	1	976.6	-1054.7	1139.1	-1230.2	1314.1	-1419.2	1406.3	-1518.8
		2	957.0	-1015.6	1116.3	-1184.6	1287.8	-1366.6	1378.1	-1462.5
		5	937.5	-996.1	1093.5	-1161.8	1261.5	-1340.3	1350.0	-1434.4
		10	918.0	-976.6	1070.7	-1139.1	1235.2	-1314.1	1321.9	-1406.3
กำแพง	4 (บริเวณกลาง)	1	1035.2	-937.5	1207.4	-1093.5	1392.9	-1261.5	1490.6	-1350.0
		2	1000.0	-925.8	1166.4	-1079.8	1345.6	-1245.7	1440.0	-1333.1
		5	964.8	-886.7	1125.4	-1034.3	1298.3	-1193.2	1389.4	-1276.9
		10	937.5	-871.1	1093.5	-1016.0	1261.5	-1172.1	1350.0	-1254.4
		20	898.4	-843.8	1047.9	-984.2	1208.9	-1135.4	1293.8	-1215.0
		50	867.2	-820.3	1011.5	-956.8	1166.9	-1103.8	1248.8	-1181.3
	5 (บริเวณขอบ)	1	1035.2	-1054.7	1207.4	-1230.2	1392.9	-1419.2	1490.6	-1518.8
		2	1000.0	-1015.6	1166.4	-1184.6	1345.6	-1366.6	1440.0	-1462.5
		5	964.8	-953.1	1125.4	-1111.7	1298.3	-1282.5	1389.4	-1372.5
		10	898.4	-871.1	1047.9	-1016.0	1208.9	-1172.1	1293.8	-1254.4
		20	898.4	-871.1	1047.9	-1016.0	1208.9	-1172.1	1293.8	-1254.4
		50	867.2	-820.3	1011.5	-956.8	1166.9	-1103.8	1248.8	-1181.3

ตารางที่ ค-6 (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	พื้นที่รับลม ($ม^2$)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	55.8	-97.6	65.0	-113.8	75.0	-131.3	80.3	-140.5
		2	54.2	-92.4	63.2	-107.8	72.9	-124.4	78.0	-133.1
		5	49.8	-86.8	58.1	-101.3	67.0	-116.9	71.7	-125.1
		10	47.8	-83.7	55.8	-97.6	64.3	-112.6	68.8	-120.5
	2 (บริเวณขอบ)	1	55.8	-123.5	65.0	-144.0	75.0	-166.2	80.3	-177.8
		2	54.2	-123.5	63.2	-144.0	72.9	-166.2	78.0	-177.8
		5	49.8	-123.5	58.1	-144.0	67.0	-166.2	71.7	-177.8
		10	47.8	-103.6	55.8	-120.8	64.3	-139.4	68.8	-149.1
	3 (บริเวณมุม)	1	55.8	-239.0	65.0	-278.8	75.0	-321.6	80.3	-344.2
		2	54.2	-195.2	63.2	-227.7	72.9	-262.7	78.0	-281.1
		5	49.8	-145.4	58.1	-169.6	67.0	-195.6	71.7	-209.4
		10	47.8	-103.6	55.8	-120.8	64.3	-139.4	68.8	-149.1
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	67.7	-123.5	79.0	-144.0	91.1	-166.2	97.5	-177.8
		2	65.7	-117.5	76.7	-137.1	88.4	-158.1	94.6	-169.2
		5	59.8	-111.5	69.7	-130.1	80.4	-150.1	86.0	-160.6
		10	55.8	-107.6	65.0	-125.5	75.0	-144.7	80.3	-154.9
	2 (บริเวณขอบ)	1	67.7	-189.2	79.0	-220.7	91.1	-254.6	97.5	-272.5
		2	65.7	-173.3	76.7	-202.1	88.4	-233.2	94.6	-249.5
		5	59.8	-147.4	69.7	-171.9	80.4	-198.3	86.0	-212.2
		10	55.8	-129.5	65.0	-151.0	75.0	-174.2	80.3	-186.4
	3 (บริเวณมุม)	1	67.7	-223.1	79.0	-260.2	91.1	-300.2	97.5	-321.2
		2	65.7	-213.1	76.7	-248.6	88.4	-286.8	94.6	-306.9
		5	59.8	-197.2	69.7	-230.0	80.4	-265.3	86.0	-283.9
		10	55.8	-183.2	65.0	-213.7	75.0	-246.6	80.3	-263.9
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศาแต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	99.6	-95.6	116.2	-111.5	134.0	-128.6	143.4	-137.7
		2	97.6	-93.6	113.8	-109.2	131.3	-126.0	140.5	-134.8
		5	95.6	-89.6	111.5	-104.5	128.6	-120.6	137.7	-129.1
		10	93.6	-85.6	109.2	-99.9	126.0	-115.2	134.8	-123.3
	2 (บริเวณขอบ)	1	99.6	-107.6	116.2	-125.5	134.0	-144.7	143.4	-154.9
		2	97.6	-103.6	113.8	-120.8	131.3	-139.4	140.5	-149.1
		5	95.6	-101.6	111.5	-118.5	128.6	-136.7	137.7	-146.3
		10	93.6	-99.6	109.2	-116.2	126.0	-134.0	134.8	-143.4
	3 (บริเวณมุม)	1	99.6	-107.6	116.2	-125.5	134.0	-144.7	143.4	-154.9
		2	97.6	-103.6	113.8	-120.8	131.3	-139.4	140.5	-149.1
		5	95.6	-101.6	111.5	-118.5	128.6	-136.7	137.7	-146.3
		10	93.6	-99.6	109.2	-116.2	126.0	-134.0	134.8	-143.4
กำแพง	4 (บริเวณกลาง)	1	105.6	-95.6	123.1	-111.5	142.0	-128.6	152.0	-137.7
		2	102.0	-94.4	118.9	-110.1	137.2	-127.0	146.8	-135.9
		5	98.4	-90.4	114.8	-105.5	132.4	-121.7	141.7	-130.2
		10	95.6	-88.8	111.5	-103.6	128.6	-119.5	137.7	-127.9
		20	91.6	-86.0	106.9	-100.4	123.3	-115.8	131.9	-123.9
		50	88.4	-83.7	103.1	-97.6	119.0	-112.6	127.3	-120.5
	5 (บริเวณขอบ)	1	105.6	-107.6	123.1	-125.5	142.0	-144.7	152.0	-154.9
		2	102.0	-103.6	118.9	-120.8	137.2	-139.4	146.8	-149.1
		5	98.4	-97.2	114.8	-113.4	132.4	-130.8	141.7	-140.0
		10	91.6	-88.8	106.9	-103.6	123.3	-119.5	131.9	-127.9
		20	91.6	-88.8	106.9	-103.6	123.3	-119.5	131.9	-127.9
		50	88.4	-83.7	103.1	-97.6	119.0	-112.6	127.3	-120.5

ตารางที่ ค-7 ค่าหน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบผนังภายนอกอาคารและหลังคา สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ A มีความสูง (h) เท่ากับ 10 เมตร และมีช่องเปิดเป็นไปตามข้อกำหนดในกรณีที่ 3 ของหน่วยแรงลมภายในอาคาร

(มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	พื้นที่รับลม ($ม^2$)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	742.2	-1269.5	865.7	-1480.8	998.7	-1708.3	1068.8	-1828.1
		2	726.6	-1218.8	847.5	-1421.6	977.7	-1640.0	1046.3	-1755.0
		5	683.6	-1164.1	797.3	-1357.8	919.8	-1566.4	984.4	-1676.3
		10	664.1	-1132.8	774.6	-1321.3	893.6	-1524.3	956.3	-1631.3
	2 (บริเวณขอบ)	1	742.2	-1523.4	865.7	-1776.9	998.7	-2049.9	1068.8	-2193.8
		2	726.6	-1523.4	847.5	-1776.9	977.7	-2049.9	1046.3	-2193.8
		5	683.6	-1523.4	797.3	-1776.9	919.8	-2049.9	984.4	-2193.8
		10	664.1	-1328.1	774.6	-1549.1	893.6	-1787.1	956.3	-1912.5
	3 (บริเวณมุม)	1	742.2	-2656.3	865.7	-3098.3	998.7	-3574.3	1068.8	-3825.0
		2	726.6	-2226.6	847.5	-2597.1	977.7	-2996.1	1046.3	-3206.3
		5	683.6	-1738.3	797.3	-2027.5	919.8	-2339.0	984.4	-2503.1
		10	664.1	-1328.1	774.6	-1549.1	893.6	-1787.1	956.3	-1912.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	859.4	-1523.4	1002.4	-1776.9	1156.4	-2049.9	1237.5	-2193.8
		2	839.8	-1464.8	979.6	-1708.6	1130.1	-1971.1	1209.4	-2109.4
		5	781.3	-1406.3	911.3	-1640.3	1051.3	-1892.3	1125.0	-2025.0
		10	742.2	-1367.2	865.7	-1594.7	998.7	-1839.7	1068.8	-1968.8
	2 (บริเวณขอบ)	1	859.4	-2168.0	1002.4	-2528.7	1156.4	-2917.2	1237.5	-3121.9
		2	839.8	-2011.7	979.6	-2346.5	1130.1	-2707.0	1209.4	-2896.9
		5	781.3	-1757.8	911.3	-2050.3	1051.3	-2365.3	1125.0	-2531.3
		10	742.2	-1582.0	865.7	-1845.3	998.7	-2128.8	1068.8	-2278.1
	3 (บริเวณมุม)	1	859.4	-2500.0	1002.4	-2916.0	1156.4	-3364.0	1237.5	-3600.0
		2	839.8	-2402.3	979.6	-2802.1	1130.1	-3232.6	1209.4	-3459.4
		5	781.3	-2246.1	911.3	-2619.8	1051.3	-3022.3	1125.0	-3234.4
		10	742.2	-2109.4	865.7	-2460.4	998.7	-2838.4	1068.8	-3037.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศาแต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	1171.9	-1250.0	1366.9	-1458.0	1576.9	-1682.0	1687.5	-1800.0
		2	1152.3	-1230.5	1344.1	-1435.2	1550.6	-1655.7	1659.4	-1771.9
		5	1132.8	-1191.4	1321.3	-1389.7	1524.3	-1603.2	1631.3	-1715.6
		10	1113.3	-1152.3	1298.5	-1344.1	1498.0	-1550.6	1603.1	-1659.4
	2 (บริเวณขอบ)	1	1171.9	-1367.2	1366.9	-1594.7	1576.9	-1839.7	1687.5	-1968.8
		2	1152.3	-1328.1	1344.1	-1549.1	1550.6	-1787.1	1659.4	-1912.5
		5	1132.8	-1308.6	1321.3	-1526.3	1524.3	-1760.8	1631.3	-1884.4
		10	1113.3	-1289.1	1298.5	-1503.6	1498.0	-1734.6	1603.1	-1856.3
	3 (บริเวณมุม)	1	1171.9	-1367.2	1366.9	-1594.7	1576.9	-1839.7	1687.5	-1968.8
		2	1152.3	-1328.1	1344.1	-1549.1	1550.6	-1787.1	1659.4	-1912.5
		5	1132.8	-1308.6	1321.3	-1526.3	1524.3	-1760.8	1631.3	-1884.4
		10	1113.3	-1289.1	1298.5	-1503.6	1498.0	-1734.6	1603.1	-1856.3
กำแพง	4 (บริเวณกลาง)	1	1230.5	-1250.0	1435.2	-1458.0	1655.7	-1682.0	1771.9	-1800.0
		2	1195.3	-1238.3	1394.2	-1444.3	1608.4	-1666.2	1721.3	-1783.1
		5	1160.2	-1199.2	1353.2	-1398.8	1561.1	-1613.7	1670.6	-1726.9
		10	1132.8	-1183.6	1321.3	-1380.5	1524.3	-1592.6	1631.3	-1704.4
		20	1093.8	-1156.3	1275.8	-1348.7	1471.8	-1555.9	1575.0	-1665.0
		50	1062.5	-1132.8	1239.3	-1321.3	1429.7	-1524.3	1530.0	-1631.3
	5 (บริเวณขอบ)	1	1230.5	-1367.2	1435.2	-1594.7	1655.7	-1839.7	1771.9	-1968.8
		2	1195.3	-1328.1	1394.2	-1549.1	1608.4	-1787.1	1721.3	-1912.5
		5	1160.2	-1265.6	1353.2	-1476.2	1561.1	-1703.0	1670.6	-1822.5
		10	1093.8	-1183.6	1275.8	-1380.5	1471.8	-1592.6	1575.0	-1704.4
		20	1093.8	-1183.6	1275.8	-1380.5	1471.8	-1592.6	1575.0	-1704.4
		50	1062.5	-1132.8	1239.3	-1321.3	1429.7	-1524.3	1530.0	-1631.3

ตารางที่ ค-7 (ต่อ)

(หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	พื้นที่รับลม ($ม^2$)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	75.7	-129.5	88.3	-151.0	101.8	-174.2	109.0	-186.4
		2	74.1	-124.3	86.4	-145.0	99.7	-167.2	106.7	-179.0
		5	69.7	-118.7	81.3	-138.5	93.8	-159.7	100.4	-170.9
		10	67.7	-115.5	79.0	-134.7	91.1	-155.4	97.5	-166.4
	2 (บริเวณขอบ)	1	75.7	-155.4	88.3	-181.2	101.8	-209.0	109.0	-223.7
		2	74.1	-155.4	86.4	-181.2	99.7	-209.0	106.7	-223.7
		5	69.7	-155.4	81.3	-181.2	93.8	-209.0	100.4	-223.7
		10	67.7	-135.4	79.0	-158.0	91.1	-182.2	97.5	-195.0
	3 (บริเวณมุม)	1	75.7	-270.9	88.3	-316.0	101.8	-364.5	109.0	-390.1
		2	74.1	-227.1	86.4	-264.8	99.7	-305.5	106.7	-327.0
		5	69.7	-177.3	81.3	-206.8	93.8	-238.5	100.4	-255.3
		10	67.7	-135.4	79.0	-158.0	91.1	-182.2	97.5	-195.0
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	87.6	-155.4	102.2	-181.2	117.9	-209.0	126.2	-223.7
		2	85.6	-149.4	99.9	-174.2	115.2	-201.0	123.3	-215.1
		5	79.7	-143.4	92.9	-167.3	107.2	-193.0	114.7	-206.5
		10	75.7	-139.4	88.3	-162.6	101.8	-187.6	109.0	-200.8
	2 (บริเวณขอบ)	1	87.6	-221.1	102.2	-257.9	117.9	-297.5	126.2	-318.4
		2	85.6	-205.2	99.9	-239.3	115.2	-276.1	123.3	-295.4
		5	79.7	-179.3	92.9	-209.1	107.2	-241.2	114.7	-258.1
		10	75.7	-161.3	88.3	-188.2	101.8	-217.1	109.0	-232.3
	3 (บริเวณมุม)	1	87.6	-254.9	102.2	-297.4	117.9	-343.1	126.2	-367.1
		2	85.6	-245.0	99.9	-285.8	115.2	-329.7	123.3	-352.8
		5	79.7	-229.1	92.9	-267.2	107.2	-308.2	114.7	-329.8
		10	75.7	-215.1	88.3	-250.9	101.8	-289.5	109.0	-309.8
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศาแต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (บริเวณกลาง)	1	119.5	-127.5	139.4	-148.7	160.8	-171.5	172.1	-183.6
		2	117.5	-125.5	137.1	-146.4	158.1	-168.8	169.2	-180.7
		5	115.5	-121.5	134.7	-141.7	155.4	-163.5	166.4	-175.0
		10	113.5	-117.5	132.4	-137.1	152.8	-158.1	163.5	-169.2
	2 (บริเวณขอบ)	1	119.5	-139.4	139.4	-162.6	160.8	-187.6	172.1	-200.8
		2	117.5	-135.4	137.1	-158.0	158.1	-182.2	169.2	-195.0
		5	115.5	-133.4	134.7	-155.7	155.4	-179.6	166.4	-192.2
		10	113.5	-131.5	132.4	-153.3	152.8	-176.9	163.5	-189.3
	3 (บริเวณมุม)	1	119.5	-139.4	139.4	-162.6	160.8	-187.6	172.1	-200.8
		2	117.5	-135.4	137.1	-158.0	158.1	-182.2	169.2	-195.0
		5	115.5	-133.4	134.7	-155.7	155.4	-179.6	166.4	-192.2
		10	113.5	-131.5	132.4	-153.3	152.8	-176.9	163.5	-189.3
กำแพง	4 (บริเวณกลาง)	1	125.5	-127.5	146.4	-148.7	168.8	-171.5	180.7	-183.6
		2	121.9	-126.3	142.2	-147.3	164.0	-169.9	175.5	-181.8
		5	118.3	-122.3	138.0	-142.6	159.2	-164.6	170.4	-176.1
		10	115.5	-120.7	134.7	-140.8	155.4	-162.4	166.4	-173.8
		20	111.5	-117.9	130.1	-137.5	150.1	-158.7	160.6	-169.8
		50	108.4	-115.5	126.4	-134.7	145.8	-155.4	156.0	-166.4
	5 (บริเวณขอบ)	1	125.5	-139.4	146.4	-162.6	168.8	-187.6	180.7	-200.8
		2	121.9	-135.4	142.2	-158.0	164.0	-182.2	175.5	-195.0
		5	118.3	-129.1	138.0	-150.5	159.2	-173.7	170.4	-185.9
		10	111.5	-120.7	130.1	-140.8	150.1	-162.4	160.6	-173.8
		20	111.5	-120.7	130.1	-140.8	150.1	-162.4	160.6	-173.8
		50	108.4	-115.5	126.4	-134.7	145.8	-155.4	156.0	-166.4