ผลกระทบความเร็วลมต่ออาคารในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรณีศึกษาอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์

Wind Effects on Buildings in Northeast Thailand: Case Study of Buriram Community College Building

ดร.จิรวัฒน์ วิมุตติสุขวิริยา [1]
Dr.Chilawad Vimuttisukviriya [1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความเร็วลมสำหรับใช้ในการคำนวณแรงลมที่กระทำต่ออาคารในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเป็นความเร็วลมพื้นฐานที่คาบการกลับ 50 ปี ใช้แบบจำลองทางสถิติวิธี Gumbel และ Reverse Weibull ความเร็วลมที่ได้เป็นความเร็วลมต่ำสุดเพื่อใช้คำนวณน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากลม งานวิจัยนี้เลือกอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ค่าแรงลมสูงสุดอยู่ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดมุกดาหาร และค่าความเร็วลมต่ำสุดอยู่ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดร้อยเอ็ด อนึ่งความเร็วลมวิธี Gumbel ควรใช้ในการคำนวณแรงลมสำหรับอาคารชั่วคราวในพื้นที่ภาคพื้นทวีป ส่วนแผนที่ความเร็วลมวิธี Reverse Weibull ควรใช้ในการคำนวณแรงลมสำหรับอาคารที่มีความสำคัญ ค่าแรงลมภายนอกกระทำกับอาคารคำนวณตามข้อกำหนดมาตรฐาน ASCE 7-10 วิธี Reverse Weibull และกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550 ต่างมีค่ามากกว่าข้อกำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และในกรณีศึกษาอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์พบว่าฝ้าเพดานที่ชั้นสามของอาคารพังเนื่องจากแรงยกของลม ค่าแรงลมยกดังกล่าวมีค่า 25 kg/m2, 46.2 kg/m2 และ 42.4 kg/m2 ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ACSE 7-10 วิธี Gumbel, Reverse Weibull และกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ความเร็วลม, แรงลม, Gumbel, Reverse Weibull

[1] จิรวัฒน์ วิมุตติสุขวิริยา อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

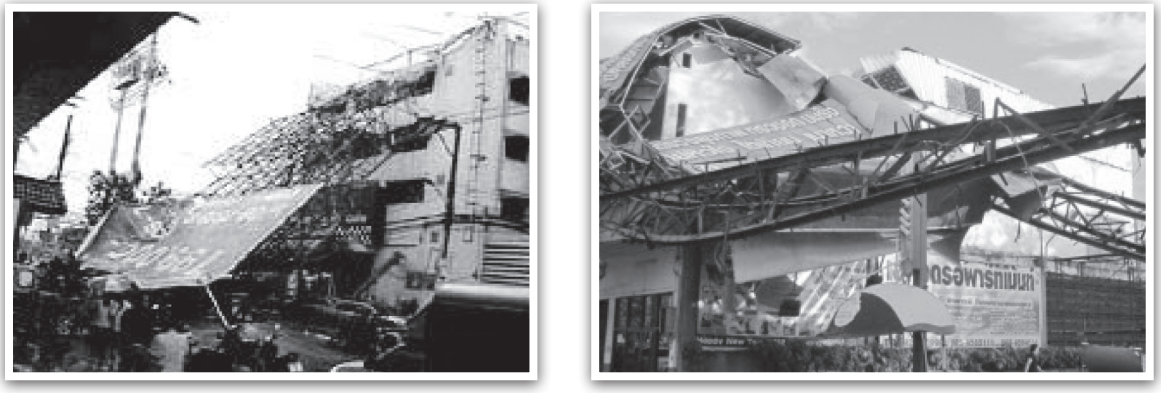
ABSTRACT

The purpose of this research is to predict wind speeds for computing the minimum wind load for building design in Northeast Thailand. To determine the basic wind speeds for 50 year return period the Gumbel and Reverse Weibull Method were used. This basic wind speeds can then be used to compute the minimum wind load of buildings in Northeast Thailand. This research interested in a case study of Buriram Community College Building. It was found that the maximum

wind speed was at Mukdahan Station and the minimum wind speed was at Roi Et Station. Moreover, wind map of Gumbel Method should use to calculate wind forces for temporary buildings in inland area and wind map of Reverse Weibull Method should use to apply for important buildings. External wind loads according to ASCE 7-10 code based on Reverse Weibull and the B.E. 2550 of Department of Public Works were higher than the B.E. 2522 Building Decree. Moreover, in case study of a Buriram Community College Building in open terrain, the ceilings at top floor were failure because of the uplift wind force. This uplift wind force was 25 kg/m2, 42.4 kg/m2 and 49.8 kg/m2 according to ACSE 7-10 based on Gumbel, Reverse Weibull and the B.E. 2550 of Department of Public Works, respectively.
Key word : wind speed, wind load, Gumbel, Reverse Weibull

บทนำ

แรงลมถือได้ว่าเป็นภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีอาคารและสิ่งก่อสร้างในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยได้รับความเสียหายเนื่องจากแรงลม รูปที่ 1 เป็นส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความเสียหายของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่เนื่องจากแรงลมและรูปที่ 2 แสดงถึงความเสียหายของโคมไฟส่องสนามศรีนครจังหวัดศรีษะเกษ อิทธิพลของแรงลมได้ทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกขณะสาเหตุเนื่องจากสภาพบรรยากาศที่แปรปรวนจากวิกฤตโลกร้อน ภัยธรรมชาติดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของอาคารและสิ่งก่อสร้างมาโดยตลอด แรงลมจะสร้างความเสียหายแก่สิ่งก่อสร้างขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิเช่น รูปร่างของอาคาร วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สถานที่ตั้ง อายุการใช้งานอาคาร และความทันสมัยของข้อกำหนดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบอาคาร เป็นต้น (Liu, H., 1991 and Simiu, E. & Scanlan, R.H., 1996).



รูปที่ 1 การวิบัติของป้ายโฆษณาเนื่องจากแรงลม (www.bkknew.net และ http://www.udon-city.com)

รูปที่ 2 ความเสียหายของโคมไฟส่องสนามศรีนคร จังหวัดศรีษะเกษ (http://www.thailandsusu.com)

อาคารที่ก่อสร้างในอดีตที่ผ่านมาจะวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านทานแรงลมตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งค่าน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลมดังกล่าวถือเป็นแรงลมสถิตย์กระทำในทิศตั้งฉากกับผิวภายนอกอาคารแปรเปลี่ยนตามความสูง งานวิจัยก่อนหน้านี้ได้นำเสนอตรงกันว่าข้อกำหนดน้ำหนักบรรทุกจรเนื่องจากแรงลมตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ไม่ครอบคลุมในบางกรณี เช่น อาคารที่ใช้วัสดุมวลเบา หรืออาคารที่ตั้งอยู่ในพื้นที่แบบเปิดโล่ง (นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ, 2538 ; จามรพันธุ์ จียาศักดิ์, 2540 ; อติวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะ, 2545) เนื่องจากข้อกำหนดนี้สามารถใช้ได้กับทุกพื้นที่ของประเทศไทยโดยมิได้คำนึงถึงสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศรวมถึงปัจจัยด้านอื่นประกอบการพิจารณา สำหรับพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นแรงลมได้ส่งผลกระทบต่ออาคารและสิ่งก่อสร้างเช่นเดียวกับพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศไทย หนึ่งในเหตุการณ์ที่แรงลมสร้างความเสียหายแก่อาคาร ได้แก่ อาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ทั้ง ๆ ที่ใช้แบบก่อสร้างคล้ายกับอาคารเรียนสิ่งทอมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ แต่ผลกระทบกลับรุนแรงมากกว่า ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอผลการศึกษาผลกระทบของลมที่มีต่ออาคารหลังดังกล่าวและนำมาเป็นกรณีศึกษา ตลอดจนวิเคราะห์หาสาเหตุและการป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงลม

วัตถุประสงค์

1. ทำนายความเร็วลมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมจากสถานีตรวจอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงลมที่กระทำต่ออาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศแบบเปิดโล่งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
3. วิเคราะห์หาสาเหตุและนำเสนอวิธีการป้องกันอาคารจากแรงลม กรณีศึกษาอาคารวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์

สมมติฐานการวิจัย

1. ความเร็วลมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นความเร็วลมสูงสุดที่บันทึกจากสถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่แบบเปิดโล่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. ความสูงเครื่องมือวัดความเร็วลมของแต่ละสถานีตรวจอากาศที่แตกต่างกันจะถูกแปลงเป็นความสูงมาตรฐานที่ 10 เมตร
3. การคำนวณแรงลมจะใช้มาตรฐาน ASCE 7-10 และกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550

ขอบเขตการวิจัย

1. ข้อมูลความเร็วลมจะใช้ข้อมูลที่บันทึกระหว่างปี พ.ศ. 2503 ถึง 2554 รวมทั้งสิ้น 52 ปี

2. ในการทำนายความเร็วลมในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์จะใช้ข้อมูลความเร็วลมของสถานีตรวจอากาศสุรินทร์เนื่องจากอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน

3. การคำนวณแรงลมจะใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับกรณีศึกษาอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลความเร็วลมจากสถานีตรวจอากาศในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากกรมอุตุนิยมวิทยา

2. ทำนายความเร็วลมสูงสุดที่คาบการกลับ 50 ปีจากฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นและแปลงเป็นความเร็วลมพื้นฐานที่คาบการกลับ 50 ปี

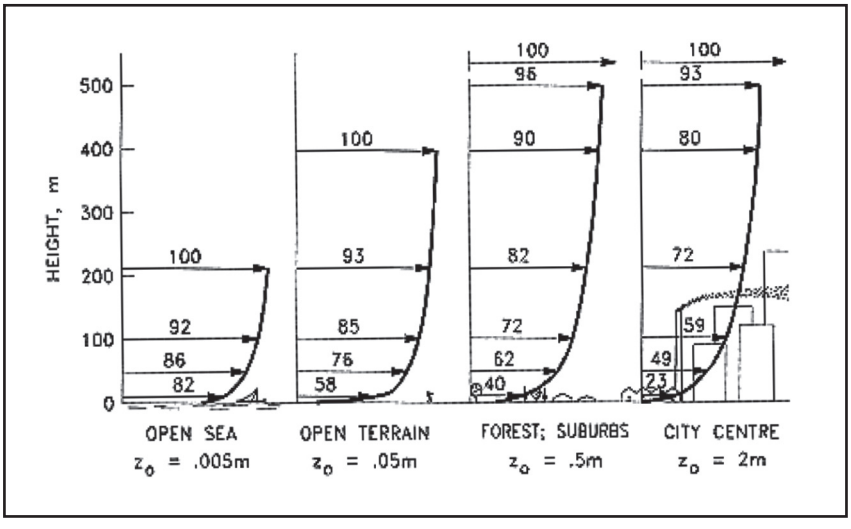
3. ศึกษาสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์และสภาพความเสียหายของอาคารซึ่งนำมาเป็นกรณีศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้

4. คำนวณแรงลมกระทำต่ออาคารตามข้อกำหนดในมาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASCE 7-10 และกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550

5. วิเคราะห์หาสาเหตุและเสนอแนะวิธีป้องกันอาคารจากแรงลม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การกระจายตัวของความเร็วลมจะแปรเปลี่ยนไปตามความสูงและความขรุขระดังแสดงในรูปที่ 3 แรงลมที่กระทำกับโครงสร้างจะมีทั้งแรงอัดและแรงดึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการอาทิเช่น รูปร่างอาคารและทิศทางลม เป็นต้น ทั้งนี้ในการออกแบบอาคารจำเป็นจะต้องรู้ความเร็วลมสูงสุดที่คาบการกลับต่าง ๆ จากแบบจำลองทางสถิติ Simiu and Heckert (1996) ได้นำเสนอขั้นตอนการเลือกใช้ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นโดยการพิจาณาจากค่าพารามิเตอร์ระยะปลาย (Tail Length Parameter) หากค่าพารามิเตอร์ระยะปลาย มากกว่าศูนย์จะเหมาะกับวิธี Fre'chet หากค่าเท่ากับศูนย์จะเหมาะกับวิธี Gumbel และหากน้อยกว่าศูนย์ก็จะเหมาะกับวิธี Reverse Weibull



รูปที่ 3 การกระจายความเร็วลม ณ สภาพภูมิประเทศแบบต่างๆ (Cermak, J.E., 1976)

สำหรับประเทศไทยนั้น นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ (2538) ได้นำเสนอการแจกแจงวิธี Gumbel ส่วน อติวัฒน์ วิมุตตะสูง วิริยะและมงคล จิรวัชรเดช (2547) ได้เสนอวิธี Reverse Weibull ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ระยะปลายเฉลี่ยจากสถานีตรวจอากาศทั่วประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะนำเสนอฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นทั้งสองวิธี ได้แก่ วิธี Gumbel และ วิธี Reverse Weibull เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าความเร็วลม

1. การแจกแจงความน่าจะเป็นวิธี Gumbel

วิธี Gumbel หรือ Extreme Distribution Type I เป็นวิธีที่ใช้ทำนายความเร็วลมที่มักเกิดขึ้นกับสภาพภูมิประเทศบนภาคพื้นทวีป การแจกแจงความน่าจะเป็นวิธี Gumbel ใช้ค่าพารามิเตอร์จำนวน 2 ตัว ได้แก่ พารามิเตอร์สมุฏฐาน (Location Parameter, a) และพารามิเตอร์สัดส่วน (Scale Parameter, b) สำหรับฟังก์ชั่นการแจกแจงความถี่ความเร็วลม, $F_G(V)$ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F_G(V) = 1 - \exp\left\{-\exp\left[\frac{-(V-a)}{b}\right]\right\} \qquad (1)$$

2. การแจกแจงความน่าจะเป็นวิธี Reverse Weibull

วิธี Reverse Weibull หรือ Extreme Distribution Type III เป็นวิธีที่ใช้ทำนายความเร็วลมที่มักเกิดขึ้นกับสภาพภูมิประเทศแนวชายฝั่งทะเลหรือพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของพายุ การแจกแจงความน่าจะเป็นวิธี Reverse Weibull ใช้ค่าพารามิเตอร์จำนวน 3 ตัว ได้แก่ พารามิเตอร์สมุฏฐาน (Location Parameter, Υ) , พารามิเตอร์สัดส่วน (Scale Parameter, η) และพารามิเตอร์รูปร่าง (Shape Parameter, β) และค่าพารามิเตอร์รูปร่างมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ระยะปลาย สำหรับขั้นตอนการคำนวณสามารถอธิบายได้ดังนี้ (Simiu, E. and Heckert, N. A., 1996) สำหรับฟังก์ชั่นการแจกแจงความถี่ความเร็วลม, $F_W(V)$ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F_W(V) = \exp\left\{-\left[\frac{\left(\gamma - V\right)}{\eta}\right]^{\beta}\right\} \quad , \quad V < \gamma \qquad (2)$$

3. เวลาเฉลี่ย

เวลาเฉลี่ย (Averaging Time : t) มีหน่วยเป็นวินาที การนำข้อมูลที่บันทึกโดยสถานีตรวจอากาศมาใช้งานจำเป็นต้องมีการปรับปรุงให้มีความสอดคล้องกับเวลาเฉลี่ยตามข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐาน การปรับปรุงสามารถกระทำได้โดยสมการของ Durst (Simiu, E. and Scanlan, H., 1996) โดยนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมสูงสุดที่เวลาเฉลี่ย t วินาที (V_t) กับความเร็วลมสูงสุดที่เวลาเฉลี่ยหนึ่งชั่วโมง (V_{3600}) ซึ่งได้มาจากความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความปลอดภัย (Safety Index: ψ), ค่าสัมประสิทธิ์ขึ้นอยู่กับเวลาเฉลี่ย $(V_{(t)})$ ความสูงเครื่องมือวัด (h) และความขรุขระพื้นผิว (h_0) ดังสมการที่แสดงต่อไปนี้

$$\frac{V_t}{V_{3600}} = 1 + \left(\frac{\psi^{\frac{1}{2}} c_{(t)}}{2.5 \ln\left(\frac{h}{h_0}\right)}\right) \qquad (3)$$

4. ความเร็วลมที่ความสูงเหนือระดับพื้นดิน

ความสูงมาตรฐาน z เหนือระดับพื้นดินมีค่าเท่ากับ 10 เมตร โดยที่ความเร็วลมผิวพื้น V มีการกระจายตัวตามความสูง (Boundary Layer) แตกต่างกันซึ่งได้รับอิทธิพลจากความขรุขระพื้นผิวและสภาพภูมิประเทศที่แวดล้อม ความสัมพันธ์ของการกระจายความเร็วลมตามความสูงจากระดับพื้นดินสามารถหาได้โดยใช้กฎยกกำลัง (Power Law) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ยกกำลัง α ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{V}{V_g} = \left(\frac{z}{z_g}\right)^{\alpha} \qquad (4)$$

เมื่อ V_G คือ ความเร็วลมเกรเดียนท์ (Gradient Wind Speed)

Z_G คือ ความสูงเกรเดียนท์ (Gradient Height)

5. การคำนวณแรงลมตามมาตรฐาน ASCE 7

การคำนวณแรงลมตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ASCE 7-10 นั้นมีตัวแปรหลายตัว วิธีการคำนวณที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีอย่างง่าย โดยความเร็วลมพื้นฐาน (Basic Wind Speed: V) ที่ใช้ในการคำนวณเป็นความเร็วลมที่คาบการกลับ 50 ปีที่เวลาเฉลี่ย 3 วินาที ตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบด้วย แฟคเตอร์ภูมิประเทศ (Topographic Factor: *Kzt*), แฟคเตอร์ทิศทางลม (Wind Directionality Factor: *Kd*), สัมประสิทธิ์ความเร็วเปิด (Velocity Pressure Exposure Coefficient: *Kz*), แฟคเตอร์ความกระโชกของลม (Gust Effect Factor: *G*), สัมประสิทธิ์ความดันภายนอก (External Pressure Coefficient: *Cp*), และสัมประสิทธิ์ความดันภายใน (Internal Pressure Coefficient: *Cpi*) ตามลำดับ สมการที่ใช้ในการคำนวณความดันเนื่องจากความเร็วลม (Velocity Pressure: q_z) และ แรงลม (Wind Pressure, *P*) ดังสมการที่แสดงต่อไปนี้

$$q_z = 0.613\ Kz\ Kzt\ Kd\ V^2 I \qquad (N/m^2) \qquad (5)$$

$$P = q\ G\ Cp - q\ (\ G\ Cpi\ ) \qquad (N/m^2) \qquad (6)$$

6. การคำนวณแรงลมตามข้อกำหนดกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550

ข้อกำหนดการออกแบบอาคารต้านแรงลมของกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550 ใช้ความเร็วลมที่คาบการกลับ 50 ปี ที่เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณจะประกอบด้วยค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (*Iw*), ความหนาแน่นของมวลอากาศ , ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (*Ce*), ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชก (*Cg*) และค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (*Cp*) สมการที่ใช้คำนวณความดันเนื่องจากความเร็วลม (*q*) และสมการแรงลม (*P*) ดังสมการที่แสดงต่อไปนี้

$$q = \frac{1}{2}\frac{\rho}{g}\bar{v}^2 \qquad (kg/m^2) \qquad (7)$$

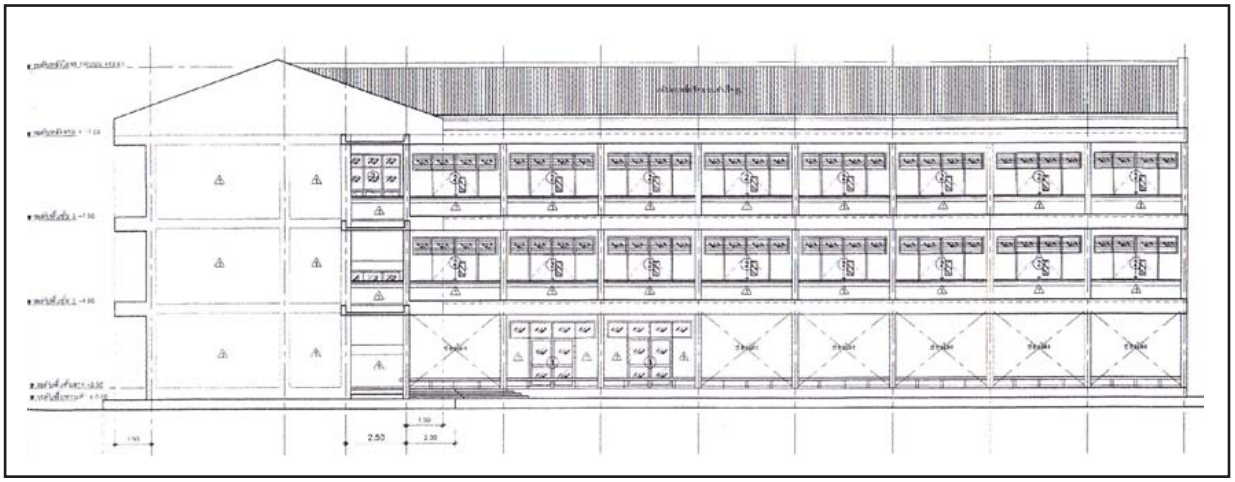
$$P = Iw\ q\ Ce\ Cg\ Cp \qquad (kg/m^2) \qquad (8)$$

รูปที่ 4 สถานที่ตั้งอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์ (http://maps.google.co.th)

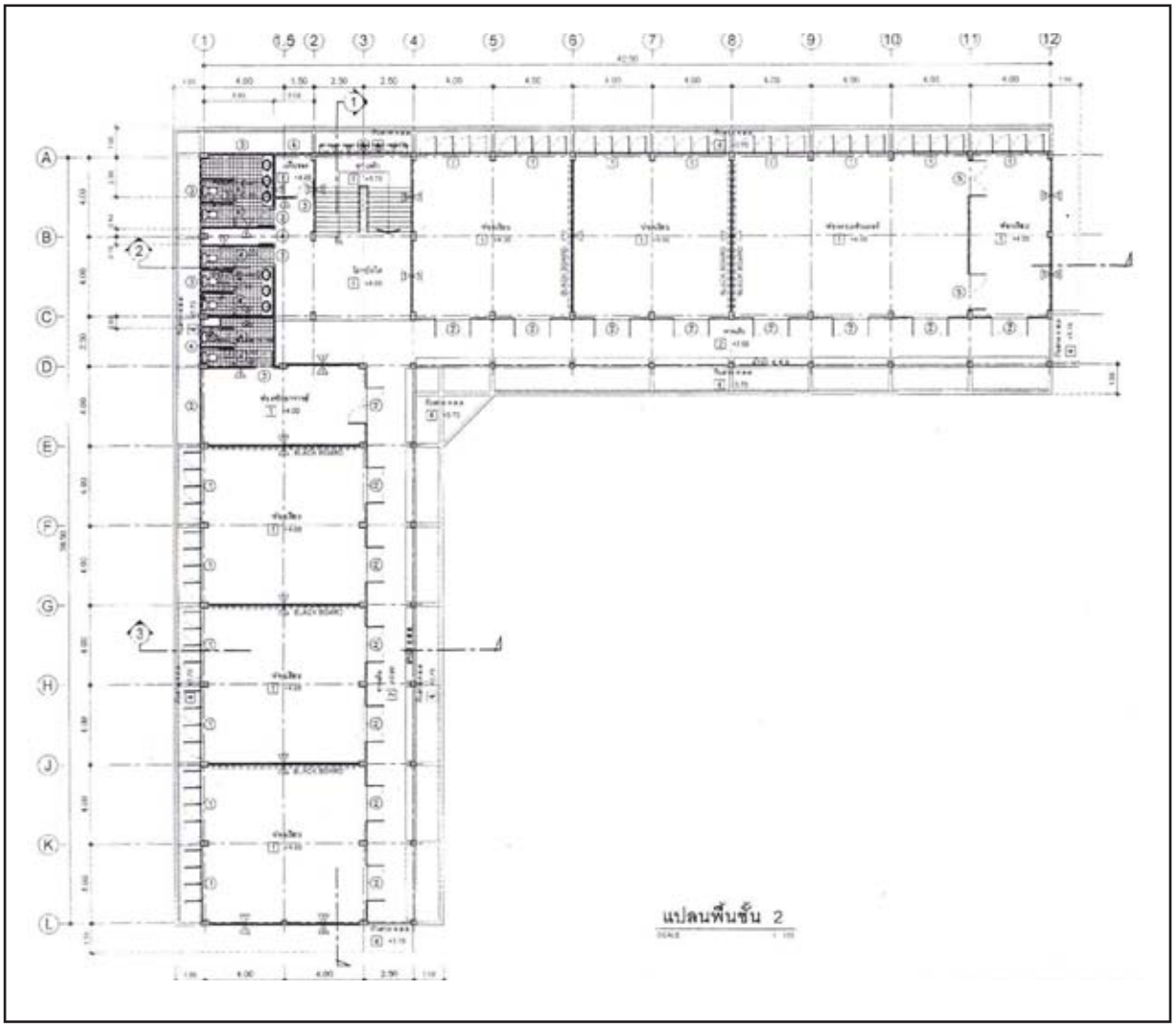
รูปร่างและสภาพแวดล้อมอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์

งานวิจัยนี้ได้เลือกอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์เป็นกรณีศึกษาผลกระทบเนื่องจากแรงลม อาคารหลังนี้ใช้แบบก่อสร้างคล้ายกับอาคารเรียนสิ่งทอของมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อาคารเรียนหันหน้าไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 219 อยู่ด้านหน้าดังแสดงในรูปที่ 4 อาคารตั้งห่างจากทางหลวงประมาณ 200 เมตร พื้นที่โดยรอบส่วนใหญ่เป็นที่โล่ง ด้านหน้ามีอาคารตลาดองค์การบริหารส่วนตำบลบัวทอง พื้นที่ระหว่างอาคารตลาดและอาคารเรียนเป็นลานจอดรถและถนน พื้นที่ข้างทิศเหนือเป็นอาคารอำนวยการ ถนน และสวนป่าตามลำดับ อาคารหลังนี้เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 3 ชั้น รูปตัวแอล (L-Shape) ระบบพื้นเป็นพื้นสำเร็จวางบนคาน ฐานรากเป็นระบบเสาเข็ม โครงสร้างหลังคาเป็นโครงเหล็กถักทุกระยะ 4 เมตรโดยมีระยะระหว่างจุดรองรับ 8 เมตร ใช้กระเบื้องเหล็กรีดลอน (Metal Sheet) เป็นวัสดุมุงหลังคา ใช้แปเหล็กขนาด C 125 x 50 x 20 x 3.2 มม. ทุกระยะเรียง 1 เมตร กระเบื้องยึดติดกับแปโดยใช้วัสดุยึดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยระยะห่างของเสาทุก 4 เมตร ตามแนวยาวอาคาร และระยะห่าง 8 เมตร ตามแนวขวาง บันไดอยู่ตำแหน่งมุมของตัวแอล ผนังโถงบันไดเป็นกระจกติดตายและหน้าต่างกระจกบานกระทุ้ง ผนังอาคารเป็นผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบเรียบสองด้าน เพดานชั้นล่างและชั้น 2 จะใช้ท้องพื้นคอนกรีตอัดแรงเป็นฝ้า ส่วนชั้นที่ 3 เป็นระบบฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดฉาบเรียบยึดกับโครงคร่าวอลูมิเนียมทุกระยะ 0.60 x 0.60 เมตร รายละเอียดของรูปด้านและแปลนพื้นแสดงในรูปที่ 5 ถึง 7 หน้าห้องเรียนจะมีช่องลมบานเกล็ดอยู่เหนือประตู โถงทางเดินหน้าห้องเรียนกว้าง 2.5 เมตร และมีกันสาดกว้าง 1 เมตร ประตูห้องเรียนเป็นไม้อัดบานคู่ขนาด 0.9 x 2.0 เมตร หน้าต่างเป็นกระจกวงกรอบเหล็กบานกระทุ้ง

รูปที่ 5 รูปด้านหน้าอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 6 รูปด้านอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 7 แปลนพื้นชั้นสองและชั้นสามอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์

ผลการทำนายความเร็วลมและการวิเคราะห์ผลกระทบแรงลม

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่บันทึกโดยกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 12 สถานี ประกอบด้วย สถานีอุบลราชธานี อุดรธานี หนองคาย เลย สกลนคร นครพนม มุกดาหาร ขอนแก่น นครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ด และชัยภูมิ โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นความเร็วลมสูงสุดรายวัน รายเดือน และรายปีตามลำดับ สภาพพื้นที่ของสถานีตรวจอากาศ ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศแบบเปิดโล่ง ยกเว้นบางสถานีที่ตั้งอยู่ในตัวเมืองและมีอาคารกีดขวางทางลม เช่น สถานีตรวจอากาศจังหวัดนครราชสีมา สำหรับสถานีที่ตั้งอยู่ในสนามบินจะมีสภาพภูมิประเทศแบบเปิดโล่งตลอดเวลา เพื่ออำนวยความปลอดภัยในการบิน เช่น สถานีตรวจอากาศจังหวัดอุบลราชธานี และอุดรธานี เป็นต้น

ผลการทำนายความเร็วลมพื้นฐานที่คาบการกลับ 50 ปีของแต่ละสถานี แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากตารางจะสังเกตได้ว่าความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดมุกดาหาร และความเร็วลมต่ำสุด อยู่ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดร้อยเอ็ด ทั้งนี้สถานีตรวจอากาศจังหวัดมุกดาหารมีความเร็วลมสูงสุดเนื่องจากตั้งอยู่ใกล้กับชายฝั่งทะเลของประเทศเวียดนามซึ่งได้รับอิทธิพลลมมรสุมจากทะเลจีนใต้ สำหรับพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์งานวิจัยนี้ขอเสนอแนะให้ใช้ความเร็วลมของสถานีตรวจอากาศจังหวัดสุรินทร์เนื่องจากอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ค่าความเร็วลมพื้นฐานวิธี Gumbel มีค่า 56.92 และ 19.05 เมตรต่อวินาที ที่เวลาเฉลี่ย 3 วินาทีและ 1 ชั่วโมงตามลำดับ วิธี Reverse Weibull มีค่า 40.62 และ 26.45 เมตรต่อวินาที ที่เวลาเฉลี่ย 3 วินาทีและ 1 ชั่วโมงตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี Reverse Weibull ทำนายความเร็วลมได้สูงกว่าวิธี Gumbel อนึ่งความเร็วลมวิธี Gumbel ควรใช้ในการคำนวณแรงลมสำหรับอาคารชั่วคราวในพื้นที่ภาคพื้นทวีป ส่วนแผนที่ความเร็วลมวิธี Reverse Weibull ควรใช้ในการคำนวณแรงลมสำหรับอาคารที่มีความสำคัญ

ตารางที่ 1 ผลการทำนายความเร็วพื้นฐานที่คาบการกลับ 50 ปี

ชื่อสถานี	วิธี Gumbel (เวลาเฉลี่ย 3 วินาที)		วิธี Reverse Weibull (เวลาเฉลี่ย 3 วินาที)		วิธี Gumbel (เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง)		วิธี Reverse Weibull (เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง)	
	(น๊อต)	(เมตร/วินาที)	(น๊อต)	(เมตร/วินาที)	(น๊อต)	(เมตร/วินาที)	(น๊อต)	(เมตร/วินาที)
หนองคาย	56.75	29.17	85.34	43.87	37.14	19.09	55.83	28.70
เลย	53.03	27.26	70.11	36.04	34.43	17.70	45.52	23.40
อุดรธานี	60.46	31.08	86.74	44.59	40.39	20.76	57.93	29.78
สกลนคร	53.73	27.62	75.87	39.00	34.79	17.88	49.10	25.24
นครพนม	49.46	25.41	74.39	38.24	32.10	16.50	48.30	24.83
ขอนแก่น	54.10	27.81	74.25	38.17	35.04	18.01	48.07	24.71
มุกดาหาร	65.27	33.55	101.68	52.27	42.39	21.79	66.24	33.94
ชัยภูมิ	49.80	25.60	73.16	37.61	32.90	16.91	48.34	24.85
ร้อยเอ็ด	46.82	24.07	66.28	34.07	30.46	15.66	43.10	22.16
อุบลราชธานี	56.55	29.07	74.81	38.46	37.43	19.24	49.53	25.46
นครราชสีมา	57.50	29.56	86.31	44.37	37.39	19.22	56.14	28.86
สุรินทร์	56.92	29.26	79.02	40.62	37.06	19.05	51.45	26.45

งานวิจัยนี้ได้เลือกอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์เป็นกรณีศึกษาผลกระทบเนื่องจากแรงลม เมื่อวิเคราะห์พื้นที่โดยรอบอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนพบว่าพื้นที่ด้านหน้า ด้านหลังและด้านข้างทิศใต้เป็นพื้นที่โล่งขนาดใหญ่ทั้งสามด้าน ซึ่งมีสวนป่าเป็นแนวกันลมอยู่ทางทิศเหนือเพียงด้านเดียวเท่านั้น จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของลมที่พัดเมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2553 ลมได้พัดโต๊ะอาหารกระจัดกระจายไปทั่วโถงชั้นล่าง ต้นไม้และกิ่งไม้ด้านหลังบริเวณสวนป่าโค่นและหัก สิ่งปลูกสร้างชั่วคราวในบริเวณใกล้เคียงกับวิทยาลัยชุมชนเสียหายเกือบทั้งหมด

รูปที่ 8 แสดงความรุนแรงของลมวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2553 ลมได้พัดโต๊ะอาหารกระจัดกระจายไปทั่วโถงชั้นล่าง อาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน และกิ่งไม้บริเวณสวนป่าหักโค่น

รูปที่ 9 สภาพฝ้าเพดานบริเวณช่องบันไดชั้น 3 ที่พังเสียหายอย่างหนัก

รูปที่ 10 สภาพฝ้าเพดานห้องเรียนใกล้กับโถงบันไดทิศใต้

รูปที่ 9 แสดงสภาพความเสียหายของฝ้าเพดานบริเวณโถงบันไดชั้น 3 ฝ้าเพดานนี้เป็นยิปซั่มบอร์ดฉาบเรียบยึดติดกับโครงคร่าวอะลูมิเนียม จากภาพจะเห็นว่าแผ่นยิปซั่มบอร์ดหลุดร่วงมากองกับพื้นแทบทั้งหมด สาเหตุประการหนึ่งเนื่องการก่อสร้างฝ้าเพดานนี้ผิดหลักวิชาการ ระบบฝ้าเพดานของอาคารดังกล่าวถูกแขวนกับโครงหลังคาจึงรับน้ำหนักได้เฉพาะน้ำหนักฝ้าเพดาน ถึงอย่างไรก็ตามหากก่อสร้างอย่างถูกหลักวิชาการก็มิอาจยืนยันได้ว่าจะสามารถรับแรงยกได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้บริษัทผู้ผลิตระบุเพียงการรับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งไม่เกิน 200 kg/ เท่านั้น แต่มิได้ระบุความสามารถต้านทานแรงยกของลม

รูปที่ 10 แสดงความเสียหายของฝ้าเพดานห้องเรียนชั้น 3 ใกล้โถงบันได ความเสียหายของฝ้าเพดานภายในห้องเรียนเป็นระบบฝ้าเพดานฉาบเรียบ ผลกระทบจากลมได้สร้างความเสียหายอย่างมากบริเวณใกล้โถงบันไดและจะเบาลง ณ ห้องที่อยู่บริเวณปีกอาคารทั้งสองด้าน

ผลการคำนวณแรงลม

ในการคำนวณแรงลมออกแบบสำหรับงานวิจัยนี้จะใช้พารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและรูปร่างอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งตั้งอยู่ในภูมิประเทศแบบเปิดโล่ง การคำนวณแรงลมตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ASCE 7-10 ใช้สมมติฐานการคำนวณดังนี้คือ อาคารเป็นอาคารเตี้ยหลังคาทรงจั่ว (Gable Roof) ลมกระทำด้านหน้าตั้งฉากกับอาคาร แรงลมกระทำภายในห้องเรียนจะสมมติให้ลมพัดเข้าและออกด้านเดียว ภายในห้องเรียนมีผนังกันทุกด้าน แรงลมที่คำนวณได้จะกระทำเท่ากันทุกทิศทางรอบห้องเรียน ทั้งนี้ความเร็วลมพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณเป็นความเร็วลมที่คาบการกลับ 50 ปีที่เวลาเฉลี่ย 3 วินาที ค่าความดันเนื่องจากความเร็วลมและแรงลม แสดงในตารางที่ 2

สำหรับข้อกำหนดการออกแบบอาคารต้านแรงลมของกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550 ใช้สมมติฐานการคำนวณดังนี้คือ ความเร็วลมที่ใช้ในการออกแบบเป็นความเร็วลมที่คาบการกลับ 50 ปี ที่เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมงของจังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งเป็นพื้นที่กลุ่มที่ 1 ที่ระบุในแผนที่ความเร็วลมของกรมโยธาธิการและผังเมือง สำหรับค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (Iw) งานวิจัยนี้เลือกใช้ 1.15 เนื่องจากเป็นอาคารสาธารณะ ความหนาแน่นของมวลอากาศเท่ากับ 1.25 kg/ ความสูงเฉลี่ยอาคาร 12 เมตร ค่าความดันเนื่องจากความเร็วลมและแรงลมแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงลมกระทำภายนอกอาคารที่ความสูง 10 เมตร ณ พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์

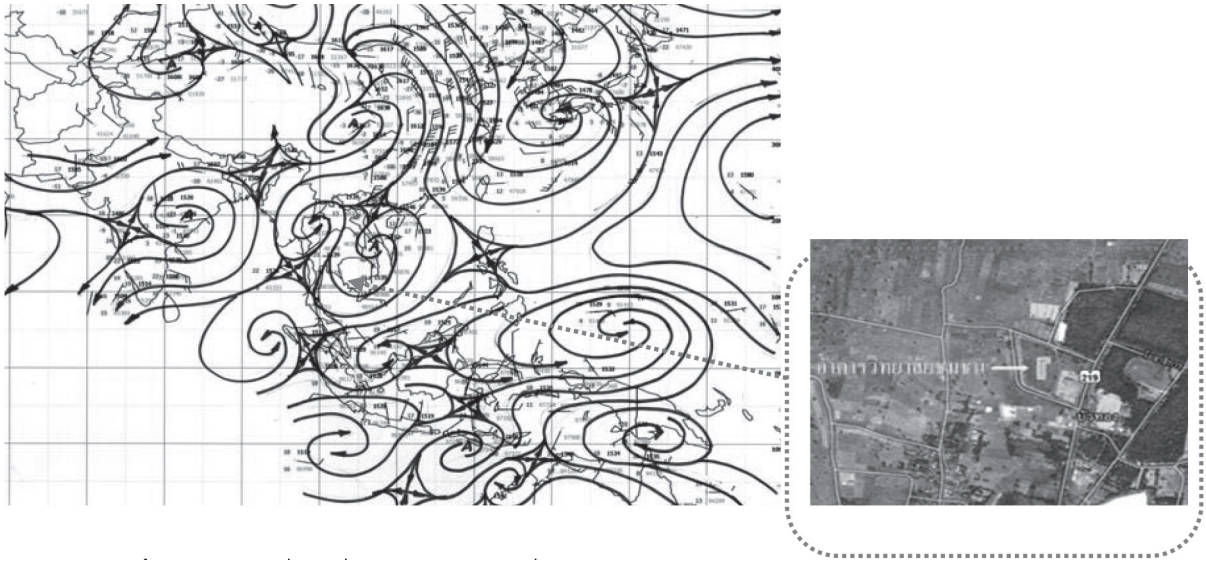
มาตรฐาน ASCE 7-10	*V* (m/s)	*Kz*	*Kzt*	*Kd*	q_z (kg/m^2)	*G*	*Cp*	*P* (kg/m^2)
ASCE 7 (Gumbel)	29.26	1.0	1.0	0.85	45.5	0.85	0.8	35.6
ASCE 7 (Reverse Weibull)	40.62	1.0	1.0	0.85	87.6	0.85	0.8	68.5
กรมโยธาธิการ (2550)	*V* (m/s)	**r** kg/ m^3	*Iw*	*q* (kg/m^2)	*Ce*	*Cg*	*Cp*	*P* (kg/m^2)
	25	1.25	1.15	39.8	1.03	2.0	0.8	75.4
พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร (2522)	-	-	-	-	-	-	-	50.0

จากการคำนวณพบว่าค่าแรงลมกระทำตั้งฉากกับผิวภายนอกอาคารตามข้อกำหนดของ ASCE 7-10 วิธี Gumbel มีค่า 35.6 kg/m2 และวิธี Reverse Weibull มีค่า 68.5 kg/m2 สำหรับกรมโยธาธิการและผังเมืองมีค่าแรงลมเท่ากับ 75.4 kg/m2 ส่วนพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 มีค่าเท่ากับ 50.0 kg/m2 ตามลำดับ จะสังเกตเห็นว่าแรงลมกระทำดังกล่าวเป็นแรงภายนอกซึ่งไม่ได้สร้างความเสียหายแก่ผนังหรือหลังคาอาคารเรียนเนื่องจากเป็นอาคารเตี้ย แต่เมื่อพิจารณาแรงลมที่กระทำภายในห้องซึ่งเป็นห้องเปิดที่ลมสามารถผ่านเข้าออกได้ทางเดียวจะพบว่า

1. คำนวณแรงลมที่กระทำภายในห้องเปิดให้ลมเข้าและออกทางเดียวตามมาตรฐาน ASCE 7-10 ได้กำหนดค่า *G Cpi* เท่ากับ 0.55 สามารถคำนวณค่าแรงลมวิธี Gumbel ได้เท่ากับ 25.0 kg/m2 และวิธี Reverse Weibull ได้เท่ากับ 46.2 kg/m2 ตามลำดับ

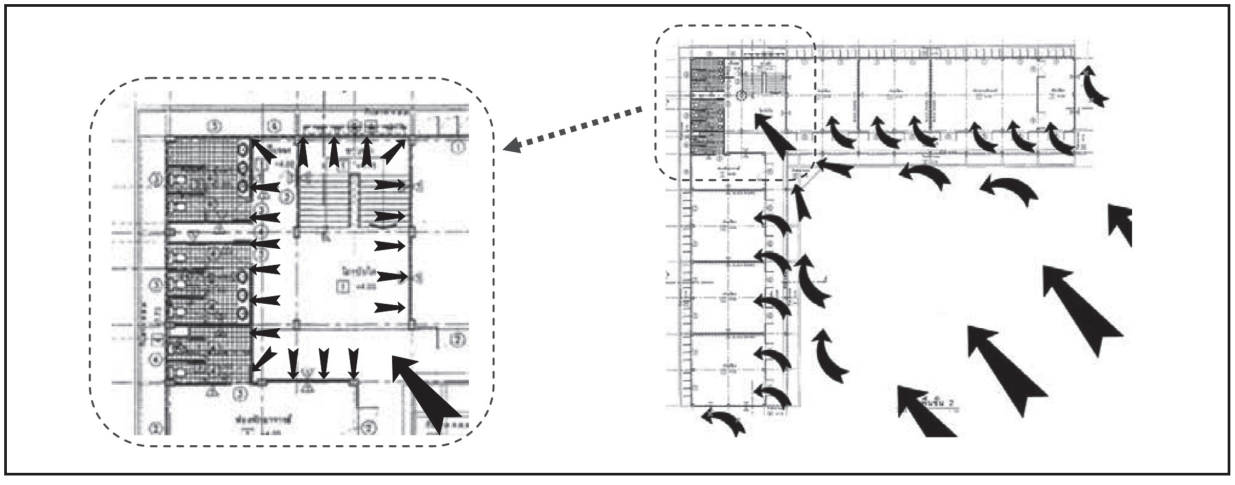
2. สำหรับข้อกำหนดของกรมโยธาธิการและผังเมืองระบุ Cpi กรณีดังกล่าว มีค่า 0.45 แต่เนื่องจากรายการคำนวณได้ระบุแรงลมภายนอกด้านรับแรงดึงไว้ดังนั้นจึงนำแรงดึงดังกล่าวมาพิจารณา ซึ่งแรงดึงมีค่าเท่ากับ 42.4 kg/m2

เมื่อพิจารณาแรงลมที่กระทำภายในห้องเรียนตามมาตรฐาน ASCE 7 วิธี Reverse Weibull และกรมโยธาธิการและผังเมือง จะพบว่าแรงลมภายในห้องเรียนมีค่า ประมาณ 46.2 และ 42.4 kg/m^2 นั้นหมายความว่าแรงดังกล่าวจะเป็นแรงยกฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยพร้อมโครงคร่าวอะลูมิเนียมประมาณ 6 kg/m^2 หรืออาจกล่าวได้ว่าระบบฝ้าเพดานชั้น 3 ของอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนควรจะสามารถรับแรงยกอย่างน้อย 40.2 และ 36.4 kg/m^2 ได้ตามลำดับ

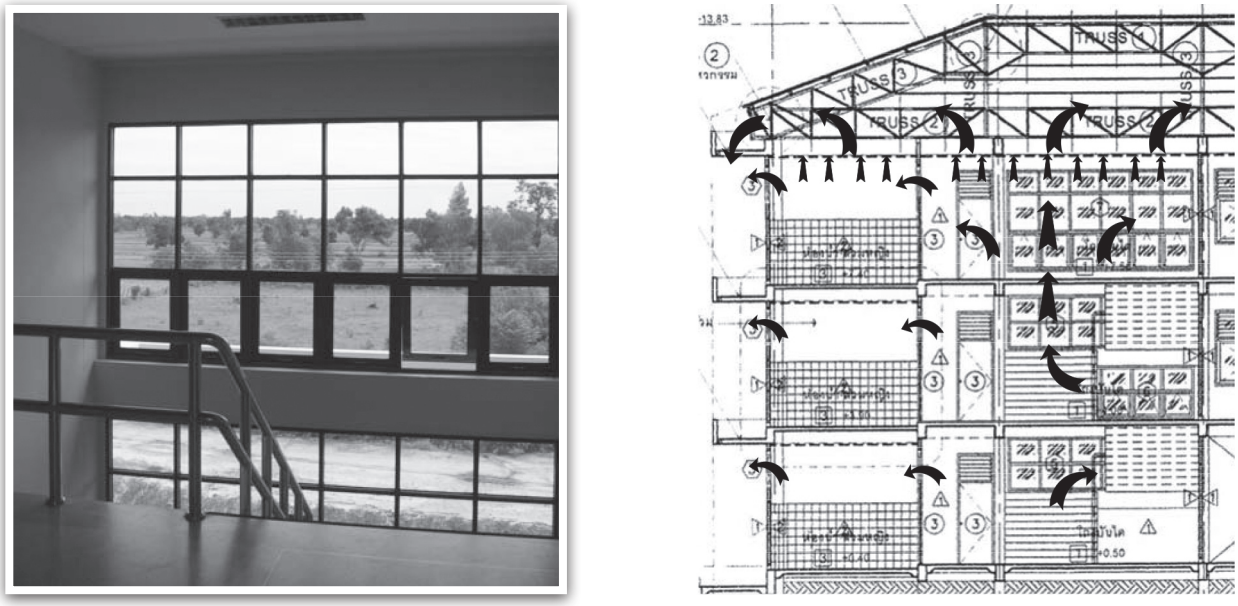


รูปที่ 11 การเคลื่อนที่ของอากาศวันที่ 10 มีนาคม 2553 (http://www.thaiwater.net)

ภายหลังจากสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลความเสียหายของอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชนที่มีสาเหตุจากพายุฤดูร้อนในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือดังแสดงในรูปที่ 11 และพบว่าฝ้าเพดานชั้นที่ 3 เกือบทั้งหมดเสียหาย พื้นที่ที่เสียหายหนักสุดอยู่บริเวณโถงบันไดซึ่งเป็นมุมของอาคาร คณะผู้วิจัยยังพบอีกว่าอาคารหลังนี้ได้ปรับแบบแปลนชั้นล่างซึ่งต่างจากอาคารเรียนสิ่งทอ โดยชั้นล่างก่อสร้างเป็นห้องสำนักงานและห้องเรียนซึ่งเดิมเป็นโถงเอนกประสงค์ที่เปิดโล่ง การที่ชั้นล่างเป็นห้องเรียนและสำนักงานจะส่งผลให้ลมไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านอาคารได้ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้จะพัดเข้าด้านหน้าอาคารและเมื่อชนผนังห้องของปีกทั้งสองด้านของอาคารก็จะทำให้ลมถูกบีบให้เคลื่อนที่เข้าสู่ช่องบันไดดังแสดงในรูปที่ 12 และเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนตามลำดับ



รูปที่ 12 การเคลื่อนที่ของลมบริเวณโถงบันได



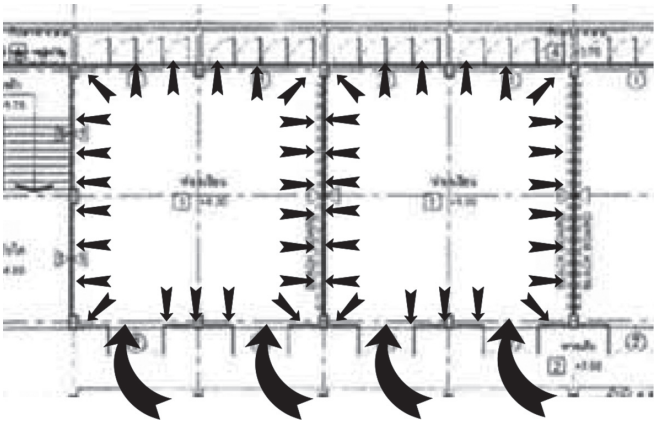
รูปที่ 13 ช่องแสงและช่องลมบริเวณโถงบันไดและการเคลื่อนที่ของลม

จากรูปที่ 13 แสดงช่องแสงและช่องลมบริเวณโถงบันได บางส่วนเป็นช่องแสงกระจกติดตายตัวและบางส่วนเป็นหน้าต่างกระจกบานกระทุ้งในแนวดิ่ง ลักษณะการใช้อาคารโดยส่วนใหญ่หน้าต่างจะถูกปิดไว้ตลอดเวลาเพื่อความปลอดภัย การที่หน้าต่างช่องลมปิดทั้งหมดทำให้ลมไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านอาคารไปได้ ลมที่ถูกบีบจากปีกอาคารทั้งสองด้านจะมารวมกันบริเวณนี้และเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ฉะนั้นเพื่อลดแรงลมที่กระทำต่อฝ้าเพดานด้านบนจึงควรเปลี่ยนช่องแสงจากกระจกติดตายเป็นช่องลมบานเกล็ดที่ลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้และควรเปิดหน้าต่างบานกระทุ้งทุกบาน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยควรติดลูกกรงเหล็กดัดด้านในเมื่อต้องการเปิดหน้าต่าง

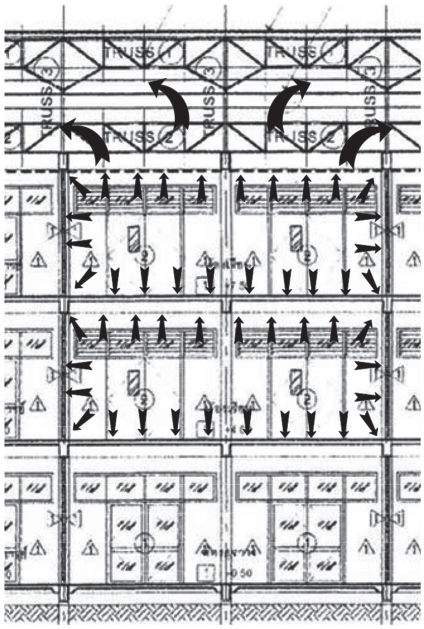
รูปที่ 14 ช่องลมด้านหน้าและด้านหลังห้องเรียนตลอดแนว

จากรูปที่ 14 แสดงช่องลมบานเกร็ดด้านหน้าห้องเรียนตลอดแนวทำให้ลมสามารถผ่านเข้าห้องเรียนได้อย่างอิสระ แต่ด้านหลังห้องเรียนเป็นกระจกติดตายลมไม่สามารถผ่านได้เลยทำให้ลมที่พัดเข้ามาในห้องเมื่อชนกับผนังอิฐมอญจึงพัดขึ้นด้านบนดังแสดงในรูปที่ 15 เมื่อลมพัดขึ้นจะยกฝ้าเพดานฉาบเรียบให้เคลื่อนที่ขึ้น ทั้งนี้ฝ้าเพดานโดยทั่วไปจะออกแบบให้รับน้ำหนักของยิปซั่มบอร์ดเท่านั้น ดังนั้นเมื่อมีแรงยกปริมาณมากกว่าน้ำหนักเพดานจึงทำให้ฝ้าเพดานขาดเสถียรภาพและเกิดความเสียหายตามมา

การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการเปลี่ยนกระจกบานเกล็ดด้านหน้าเป็นกระจกติดตาย การเปลี่ยนช่องลมด้านหน้านี้จะเป็นผลดีหากปิดห้องเรียนทั้งหมดเมื่อไม่มีการเรียนการสอน และลมจะไม่สามารถผ่านเข้าห้องเรียนได้เลย แต่หากต้องเปิดใช้งานในเวลาเรียนต้องมีการเสริมกำลังให้ระบบฝ้าเพดานเป็นกรณีพิเศษ ในการเสริมความแข็งแรงให้ฝ้านั้นจำเป็นอย่างยิ่งในบริเวณโถงบันไดซึ่งต้องรับแรงลมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ขั้นตอนการเสริมความแข็งแรงให้ฝ้าเพดานมีความซับซ้อนดังนั้นจึงควรนำมาเป็นกรณีศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต



(ก)



(ข)

รูปที่ 15 การเคลื่อนที่ของลมในห้องเรียน (ก) แปลนห้องเรียน และ (ข) รูปตัด

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการคำนวณความเร็วลมสูงสุดที่บันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ 2503 ถึง พ.ศ. 2553 พบว่าวิธี Reverse Weibull จะมีค่ามากกว่าวิธี Gumbel ไม่ว่าจะเป็นเวลาเฉลี่ย 3 วินาที หรือ 1 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยทุกสถานีประมาณ 43 เปอร์เซ็น หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธี Reverse Weibull มีความปลอดภัยกว่าวิธี Gumbel

2. เมื่อเทียบความเร็วลมที่คำนวณได้กับแผนที่ความเร็วลมของกรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามแผนที่ของกรมโยธาธิการและผังเมืองอยู่ใน Zone 1 มีค่าความเร็วลม 25.0 เมตรต่อวินาที วิธี Reverse Weibull มีค่าเฉลี่ยประมาณ 26.11 เมตรต่อวินาที วิธี Gumbel มีค่า 18.3 เมตรต่อวินาที และพื้นที่ที่ติดกับแม่น้ำโขงตั้งอยู่ใน Zone 2 มีค่าความเร็วลม 27.0 เมตรต่อวินาที วิธี Reverse Weibull มีค่าเฉลี่ยประมาณ 27.4 เมตรต่อวินาที วิธี Gumbel มีค่า 18.9 เมตรต่อวินาที หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธี Reverse Weibull มีค่าใกล้เคียงมากกว่าวิธี Gumbel นั่นเอง

3. ความเร็วลมพื้นฐานของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่คาบการกลับ 50 ปีที่เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง นำเสนอในงานวิจัยนี้พบว่าความเร็วลมสูงสุดอยู่ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดมุกดาหารวิธี Reverse Weibull มีค่า 33.94 เมตรต่อวินาที วิธี Gumbel มีค่า 21.79 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมต่ำสุดอยู่ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดร้อยเอ็ดวิธี Reverse Weibull มีค่า 22.16 เมตรต่อวินาที วิธี Gumbel มีค่า 15.66 เมตรต่อวินาที

4. ผลการคำนวณแรงลมที่กระทำกับอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์ ใช้ความเร็วลมจากสถานีตรวจอากาศจังหวัดสุรินทร์ และค่าแรงลมที่คำนวณได้จากมาตรฐาน ASCE 7-10 วิธี Gumbel มีค่า 35.6 kg/m2 และวิธี Reverse Weibull มีค่า 68.5 kg/m2 สำหรับแรงลมตามข้อกำหนดของกรมโยธาธิการและผังเมืองมีค่า 75.4 kg/m2 ซึ่งค่าที่นำเสนอเป็นค่าแรงลมตั้งฉากกับผิวอาคารภายนอก หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าแรงลมออกแบบที่กระทำภายนอกอาคารตามมาตรฐาน ASCE 7-10 วิธี Reverse Weibull และกรมโยธาธิการและผังเมืองได้ค่ามากกว่ากับพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งมีค่า 50 kg/m2 ส่วนวิธี Gumbel ได้ค่าน้อยกว่า

5. ค่าแรงลมออกแบบกระทำภายในห้องเรียนที่เปิดให้ลมสามารถเข้าออกได้เพียงด้านเดียวตามมาตรฐาน ASCE 7-10 วิธี Gumbel มีค่าเท่ากับ 25 kg/m2 และ Reverse Weibull มีค่าเท่ากับ 46.2 kg/m2 ส่วนกรมโยธาธิการและผังเมืองมีค่าเท่ากับ 42.4 kg/m2 ค่าแรงลมภายในห้องเรียนเป็นแรงยกที่สร้างความเสียหายแก่ฝ้าเพดานชั้น 3 ของอาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์

6. อาคารเรียนวิทยาลัยชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์เป็นอาคารรูปตัวแอลจึงทำให้ลมที่พัดมาด้านหน้าอาคารถูกบีบอัดเข้าทางโถงบันได ช่องแสงและช่องลมบริเวณโถงบันไดส่วนใหญ่เป็นกระจกติดตายทำให้ลมไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ ลมที่ถูกบีบจากปีกอาคารทั้งสองด้านจะมารวมกันบริเวณนี้และเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ฉะนั้นเพื่อลดแรงลมที่กระทำต่อฝ้าเพดาน

ด้านบนจึงควรเปลี่ยนช่องแสงเพื่อให้ลมสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้และควรเปิดหน้าต่างบริเวณโถงบันได

7. ช่องลมบานเกล็ดด้านหน้าห้องเรียนทำให้ลมสามารถผ่านเข้าห้องเรียนได้แต่ด้านหลังห้องเรียนเป็นกระจกติดตาย ลมไม่สามารถผ่านได้เลยทำให้ลมที่พัดเข้ามาในห้องเมื่อชนกับผนังอิฐมอญจึงพัดขึ้นด้านบน เมื่อลมพัดขึ้นจะยกฝ้าเพดานให้เคลื่อนที่ขึ้นเนื่องจากฝ้าเพดานมีความแข็งแรงน้อยกว่าผนัง อีกทั้งฝ้าเพดานรับแรงในแนวดิ่งเฉพาะน้ำหนักของยิปซั่มบอร์ดเท่านั้น

8. การลดความรุนแรงของลมที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือการสร้างสิ่งกีดขวางทางลม ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดคือการปลูกต้นไม้รอบอาคารเป็นแนวป้องกัน ต้นไม้ที่จะนำมาปลูกควรเป็นต้นไม้ทั้งชนิดที่โตเร็วและโตช้า แต่วิธีการนี้จำเป็นต้องใช้ระยะเวลานานจนกว่าต้นไม้ที่ปลูกจะโตจนสามารถเป็นแนว บังลมได้

เอกสารอ้างอิง

จามรพันธุ์ จียาศักดิ์. (2540). **ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยแรงลมและการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กต้านพายุไต้ฝุ่นในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนากร จงวิลาสลักษณ์. (2540). **การศึกษาแบบจำลองสำหรับแรงลมและแรงแผ่นดินไหว สำหรับพระราชบัญญัติควบคุมอาคารในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ. (2538). **ความเร็วลมออกแบบและหน่วยแรงลมออกแบบเสนอแนะสำหรับประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ และ พูลศักดิ์ เพียรสุสม. (2539). **ความเร็วลมและแรงลมสำหรับการออกแบบโครงสร้าง.** โยธาสาร: 18-26.

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, พูลศักดิ์ เพียรสุสม และ นรินทร์ เอื้อศิริวรรณ. (2539). **หน่วยแรงลมสำหรับการออกแบบอาคารสูงในประเทศไทย.** ใน เอกสารการสัมมนาวิชาการเรื่อง ผลกระทบเนื่องจากลมที่มีต่อโครงสร้างอาคารสูง และโครงสร้างที่มีความชะลูด (127-140). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

โยธาธิการ, กรม. (ม.ป.ป.). **พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พุทธศักราช 2522.** กรุงเทพฯ: กรมโยธาธิการ.

โยธาธิการและผังเมือง, กรม. (2550). **มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร.** กรุงเทพฯ: กรมโยธาธิการและผังเมือง.

ไสว สุวรรณพงศ์. (2514). **คู่มือเครื่องมือตรวจอากาศ.** กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.

อติวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะ (2545). **แผนที่ความเร็วลมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสำหรับประเทศไทย,** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อติวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะและ มงคล จิรวัชรเดช (2547). **ความเร็วลมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับประเทศไทย** การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมสำหรับการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, CD-Rom.

อติวัฒน์ วิมุตตะสูงวิริยะและ มงคล จิรวัชรเดช (2547). **ความเร็วลมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสำหรับประเทศไทย,** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, เพชรบุรี, STR 41-46.

อุตุนิยมวิทยา, กรม. (2534). **สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ.2504-2533).**กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.

อุทัย ฤกษ์ศิริรัตน์. (2533). **ค่าแรงลมสถิตเทียบเท่าเพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบอาคารสูงในกรุงเทพ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American Society of Civil Engineers (ASCE 7-98). (2005). **Minimum Design Loads for Buidings and Other Structures.** Virginia: The American Society of Civil Engineers.

American Society of Civil Engineers (ASCE 7-10). (2010). **Minimum Design Loads for Buidings and Other Structures.** Virginia: The American Society of Civil Engineers.

Gross, J.L., Heckert, N.A., Lechner, J.A. and Simiu, E. (1994). Extreme Winds Estimation by Peaks Over Threshold and Epochal Methods. **Structures Congress XII** (Vol. 2): 1472-1477.

Heckert, N.A., Simiu, E. and Whalen, T. (1998). Estimates of Hurricane Wind Speeds by Peaks Over Threshold Method. **Journal of Structural Engineering** April 1998: 445-449.

Mehta, K.C. and Perry, D.C. (2002). **Guide to the Use of the Wind Load Provisions of ASCE 7-98.** Virginia: The American Society of Civil Engineers.

Simiu, E. (1994). Chaotic Behavior of Coastal Currents Due to Random Wind Forcing. In **Oceans Engineering for Today's Technology and Tomorrow's Preservation** (Vol. 3): 11-16.

Simiu, E and Heckert, N.A. (1996). **Extreme Wind Distribution Tails: A Peaks Over Threshold Approach.** Journal of Structural Engineering May 1996 : 539-547.

Simiu, E and Heckert, N.A. (n.d.). **Estimation of Extreme Wind Speeds.** Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology.

Simiu, E. and Scanlan, R.H. (1996). **Wind Effects on Structures : Fundamentals and Applications to Design.** New York: John-Wiley & Sons.