บทที่ 1

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ความนำ

จากการที่กรุงเทพมหานคร มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ทำให้ที่ดินมีราคาสูงมากขึ้นหลายเท่าตัวในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การลงทุนในโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ที่มีความสูงมากๆ จึงเป็นทางออกที่คุ้มค่าต่อการลงทุนอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

ด้วยความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรม วัสดุหลายประเภทได้ถูกนำมาใช้แทนผนังก่ออิฐฉาบปูนทั้งโดยรอบอาคารและภายในอาคาร กระจกได้ถูกนำมาใช้เป็นผนังรอบอาคารอย่างแพร่หลายด้วยข้อดีหลายด้าน เช่น ความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรม ความรวดเร็วในการติดตั้ง ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้างลงได้ และน้ำหนักที่เบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนในรูปแบบเดิม

การวิเคราะห์หาค่าแรงลมที่กระทำต่อผนังรอบอาคาร กลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบผนังกระจกให้มีความแข็งแรงเพียงพอ ไม่เกิดการวิบัติอันจะนำไปสู่อันตรายต่อผู้ใช้อาคารและผู้ที่สัญจรไปมา

ข้อกำหนดต่างๆ เช่น ANSI CODE A58.1-1982 ได้กำหนดแนวทางสำหรับการวิเคราะห์หาค่าความดันลมออกแบบสำหรับอาคารสูงทั่วไปไว้ โดยพิจารณาถึงผลของรูปทรงจากสัดส่วนของความลึกต่อความกว้างของอาคาร สภาพภูมิประเทศของบริเวณที่ตั้งอาคาร และความสูงของอาคาร ตลอดจนพฤติกรรมของแรงลมตามธรรมชาติ

อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดเหล่านั้นไม่สามารถครอบคลุมได้ถึงผลกระทบจากอาคารข้างเคียง ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะมีจำนวนมากขึ้นในอนาคต จากการศึกษาของ Peterka และ Cermak [1] พบว่าอาคารข้างเคียงมีผลทำให้ค่าความดันลมสูงสุดที่เกิดขึ้นบนอาคารที่พิจารณาเปลี่ยนแปลงไปทั้งในทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นกับตำแหน่งที่ตั้งของอาคารเหล่านั้นเปรียบเทียบกับทิศทางลม

การทดสอบสำหรับการออกแบบอาคารสูงโดยใช้อุโมงค์ลม จึงได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถสะท้อนถึงผลกระทบของอาคารข้างเคียงและสภาพภูมิประเทศโดยรอบ ตลอดจนทิศทางลมที่กระทำต่อตัวอาคารที่พิจารณา การทดสอบที่ทำขึ้นเพื่อหา ค่าความดันลมออกแบบสำหรับผนังรอบอาคาร เรียกว่า การทดสอบแบบจำลองแบบแข็ง (Rigid Model Test) โดยผลที่ได้รับจากการทดสอบจะอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ความดันลม (Wind Pressure Coefficient) ซึ่งเมื่อนำไปพิจารณาประกอบกับค่าความเร็วลมจากข้อมูลของสถานีตรวจอากาศ ก็จะทำให้ได้ค่าความดันลมสูงสุดสำหรับใช้ในการออกแบบผนังรอบอาคาร

ค่าความดันลมสูงสุดที่ได้จากการทดสอบภายในอุโมงค์ลม จะได้จากผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุด (Peak Pressure Coefficient) และค่าความดันลมพลวัตที่ระดับความสูงอ้างอิง (Reference Dynamic Wind Pressure) ซึ่งแปรตามค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงอ้างอิงเช่นกัน

เป็นที่ทราบกันดีว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุด มีค่าขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ทิศทางลมและผลกระทบจากอาคารข้างเคียง และไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในทิศทางที่ความเร็วลมมีค่าสูงสุด ดังนั้นการหาค่าความดันลมสูงสุดโดยพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุดเกิดขึ้นในทิศทางที่ความเร็วลมมีค่าสูงสุด ย่อมได้ค่าที่มากเกินไปสำหรับการออกแบบทั่วไป ทำให้ไม่ประหยัดในการใช้งาน

การพิจารณาถึงผลกระทบของทิศทางลม ย่อมทำให้สามารถออกแบบผนังรอบอาคารได้อย่างประหยัดและสามารถกำหนดค่าความปลอดภัยในการออกแบบได้อย่างสม่ำเสมอและเหมาะสมตลอดพื้นที่ผิวของอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุด เนื่องจากแรงลมที่กระทำต่ออาคารสูง เพื่อใช้ในการออกแบบผนังรอบอาคาร โดยการทดสอบแบบจำลองแบบแข็งภายในอุโมงค์ลม

2. ศึกษาการหาค่าความดันลมสูงสุด เนื่องจากแรงลมที่คาบการกลับ (Return Period) ต่างๆ จากการทดสอบแบบจำลองแบบแข็งและข้อมูลความเร็วลมสูงสุดจากสถานีตรวจอากาศ โดยพิจารณาและไม่พิจารณาถึงผลกระทบของทิศทางลม

3. ศึกษาการหาค่าความดันลมสูงสุด สำหรับการออกแบบผนังรอบอาคารจากข้อกำหนดของ ANSI A58.1-1982

4. เปรียบเทียบค่าความดันลมสูงสุดที่ได้จากข้อกำหนดของ ANSI A58.1-1982 และการทดสอบภายในอุโมงค์ลม โดยไม่พิจารณาถึงผลกระทบของทิศทางลมเพื่อให้ทราบถึงความจำเป็นสำหรับการทดสอบภายในอุโมงค์ลม

5. เปรียบเทียบค่าความดันลมสูงสุดที่ได้จากการทดสอบภายในอุโมงค์ลม โดยพิจารณาและไม่พิจารณาผลกระทบของทิศทางลม เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการหาค่าความดันลมสูงสุด สำหรับการออกแบบผนังรอบอาคารที่เหมาะสมต่อไป

งานวิจัยที่ผ่านมา

ผลงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของทิศทางลมต่อค่าหน่วยแรงลมบนผนังรอบอาคาร มีดังนี้

Davenport [2] ได้เสนอแนวทางในการทำนายผลของทิศทางลมที่มีต่อการตอบสนองของโครงสร้างในปี ค.ศ 1977 โดยอาศัยการกระจายของความน่าจะเป็นร่วม (Joint Probability Distribution) ของความเร็วลม (Wind speeds) และทิศทาง (Direction) ประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมที่ได้จากการทดสอบภายในอุโมงค์ลมและทฤษฎีของ Rice [3] เกี่ยวกับการคาดหวังอัตราการข้ามขอบเขตที่กำหนดต่อหนึ่งหน่วยเวลา ขั้นตอนต่างๆ สามารถอธิบายตามรูปที่ 1-1 ได้ดังนี้

รูปที่ 1-1 ก. และ 1-1 ข. เป็นขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองภายในอุโมงค์ลม เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมเฉลี่ยและสูงสุดที่เกิดขึ้น โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุดนี้จะมีค่า

เปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางลม ซึ่งเมื่อนำมาพล็อตเป็นเส้นกราฟ จะได้เส้นแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุดตามรูปที่ 1-1 ค. จากผลนี้จะสามารถหาค่าความเร็วลมที่ทิศทางต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดความดันค่าที่กำหนด รูปที่ 1-1 ฉ. แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วลมที่สอดคล้องกับความดันลมสูงสุดค่าต่างๆ ที่กำหนด

จากข้อมูลของความเร็วลมในทิศทางต่างๆ จากสถานีตรวจอากาศ สามารถนำมาหาการกระจายของความน่าจะเป็นร่วมระหว่างความเร็วลมและทิศทางดังแสดงในรูปที่ 1-1 ง. ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับรูปที่ 1-1 ฉ. จะทำให้ได้ค่าความน่าจะเป็นที่ค่าความดันลมสูงสุดที่เกิดขึ้นเกินค่าความดันลมสูงสุดที่กำหนด

โดยการประยุกต์ทฤษฎีของ Rice เพื่อคำนวณอัตราการข้ามชั้นความเร็วด้วยความลาดบวก (Rate of Crossing with Positive Slope) จะสามารถหาค่าคาบเวลากลับ สำหรับค่าความดันลมสูงสุดค่าหนึ่งๆ ผลอันนี้เป็นประโยชน์ในการนำไปออกแบบผนังรอบอาคารรับแรงลม

ตัวแปรสุ่มที่เสนอโดย Simiu และ Filliben [5] คือ

$$r^{dir} = MAX\ [\ Cp^{1/2}\ (\alpha i)\ V\ (\alpha i)\ ] \qquad (1\text{-}1)$$

โดยที่ r^{dir} คือ ตัวแปรสุ่มของการกระจายค่าความดันลม ที่พิจารณาถึงผลของทิศทางลมที่เกี่ยวข้องกับความเร็วลม (Wind Speeds) และการตอบสนองทางด้านอากาศพลศาสตร์

Cp (αi) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุด (Peak Pressure Coefficient) หรือค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมดูดสูงสุด (Peak Suction Coefficient) จากการทดสอบแบบจำลองแบบแข็งภายในอุโมงค์ลมในทิศทาง αi โดยไม่พิจารณาเครื่องหมาย

V (αi) คือ ค่าความเร็วลมสูงสุดในทิศทาง αi ในรอบปีจากข้อมูลลมของสถานีตรวจอากาศ

αi คือ ทิศทางลมที่พิจารณา ซึ่ง Simiu และ Filliben [5] ได้แบ่งออกเป็น 8 ทิศทาง โดยที่ i = 1,2,3,..,8 และ

1 = ทิศเหนือ (North, N)

2 = ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast, NE)

3 = ทิศตะวันออก (East, E)

4 = ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast, SE)

5 = ทิศใต้ (South, S)

6 = ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest, SW)

7 = ทิศตะวันตก (West, W) และ

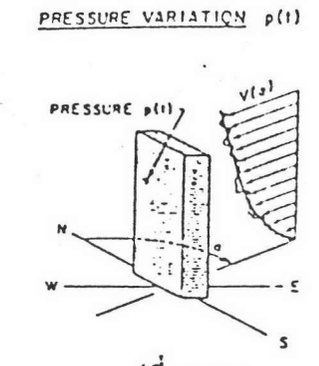
8 = ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (Nothwest, NW)

ในปี ค.ศ. 1983 Wen [6] ได้ศึกษาผลกระทบของทิศทางลมต่อความน่าเชื่อถือของโครงสร้าง โดยการแก้ปัญหาในรูปของเวคเตอร์ (Vector Process) และนิยามความน่าเชื่อถือของโครงสร้างจากการข้ามขอบเขต ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Structural Resistance Boundary) โดยเวคเตอร์ของแรงลม และในปีต่อมา Wen [7] ได้นำข้อมูลความเร็วลมจาก Weather Bureau Airport Stations (WBAS) ซีแอตเติ้ล และ บัลติมอร์ จากปี คศ. 1979 มาใช้ในการศึกษาผลกระทบของทิศทางลมต่อความน่าเชื่อถือของโครงสร้างในรูปของเวคเตอร์ ดังที่ได้เสนอในปี คศ. 1983 [6] และศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการทำนายผลกระทบของทิศทางลม ในระยะยาวจากข้อมูลความเร็วลมในช่วงเวลาสั้นๆ

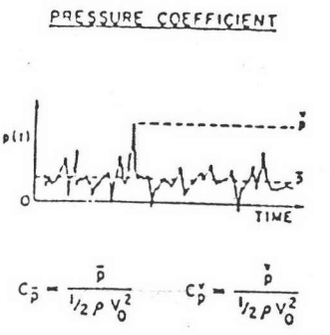
ขอบข่ายของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ความดันลมสูงสุดและสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมดูดสูงสุด จากการทดสอบแบบจำลองแบบแข็ง โดยใช้โครงการอาคาร JEWELRY TRADE CENTER เป็นกรณีศึกษา โดยจะพิจารณาผลของทิศทางลมเฉพาะ 8 ทิศทาง ทุก 45 องศา และใช้ข้อมูลความเร็วลมสูงสุดจากสถานีตรวจอากาศ สนามบินดอนเมือง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 ถึง ปี พ.ศ. 2533

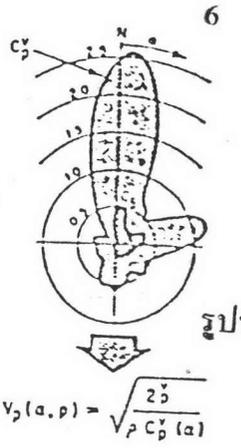
สภาพภูมิอากาศบริเวณที่ตั้งโครงการ จะถูกกำหนดให้เป็นสภาพอากาศแบบปกติ และการวิเคราะห์หาค่าความเร็วลมสูงสุด ตลอดจนความดันลมสูงสุดและหน่วยแรงลมดูดสูงสุดจะกระทำเฉพาะคาบการกลับที่ 50 ปี โดยใช้ทฤษฎีค่าปลายสุดแบบที่ 1 ในการหาค่าความเร็วลมสูงสุดและวิธีการที่เสนอโดย Simui และ Filliben [5] ในการหาค่าแรงดันลมสูงสุดและหน่วยแรงลมดูดสูงสุด สำหรับการออกแบบผนังรอบอาคารที่พิจารณาถึงผลกระทบของทิศทางลม



รูปที่ 1-1 ก

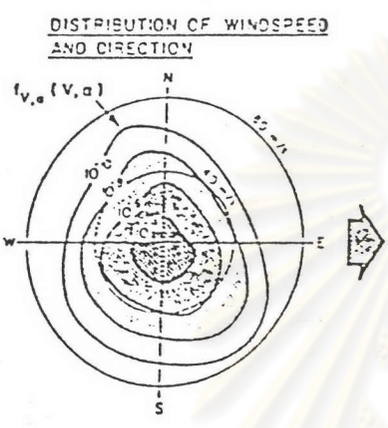


รูปที่ 1-1 ข

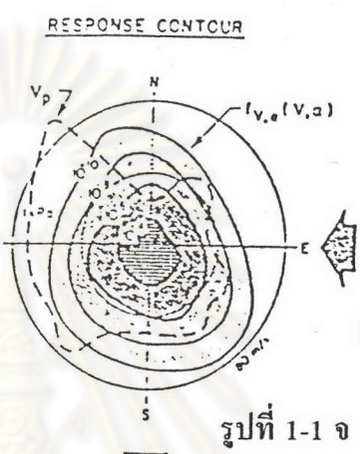


รูปที่ 1-1 ค

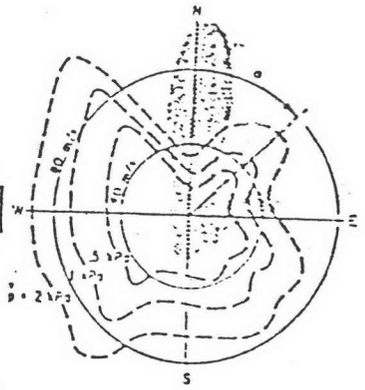
$$V_p(\alpha, p) = \sqrt{\frac{2\hat{p}}{\rho C_p^{\hat{}}(\alpha)}}$$



รูปที่ 1-1 ง



รูปที่ 1-1 จ



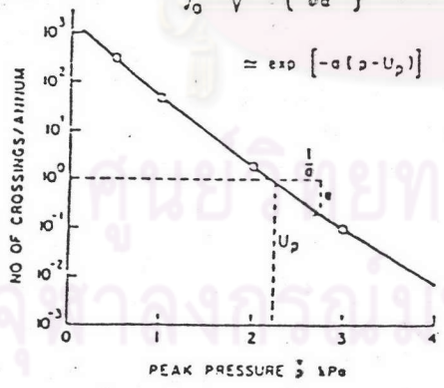
รูปที่ 1-1 ฉ

ช PARENT DISTRIBUTION OF PRESSURE : $F_p(p) = \int_0^{2\pi} \int_0^{V_p} f_{V,\alpha}(V,\alpha)\, dV\, d\alpha$

ซ AVERAGE CROSSING RATE

$$N_p^{\hat{}}(p) = \sqrt{2\pi}\,\nu\sigma \int_0^{2\pi} \sqrt{1 + \left\{\frac{\partial \ln V_p}{\partial \alpha}\right\}^2} f_{V,\alpha}(V,\alpha)\, d\alpha$$

$$\simeq \exp\left[-a(p - U_p)\right]$$



รูปที่ 1-1 ขั้นตอนการหาค่าความดันลมสูงสุด สำหรับการออกแบบผนังรอบอาคาร โดยพิจารณาถึงผลกระทบของทิศทางลม ตามแนวทางของ Davenport [2]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย